# Metodika simulace produkce plodin, hospodaření s vodou a živinami, klimatických rizik a environmentální udržitelnosti v DSSAT


Vedoucí autorského kolektivu

**doc. Dr. Mgr. Vera Potopová**



Digitální vydání: ČZU – 2023

# Methodology for simulating crop production, water and nutrient management, climate risks and environmental sustainability in DSSAT

**Assoc. Prof. Vera Potopová**

Digital edition: ČZU – 2023

# Metodika simulace produkce plodin, hospodaření s vodou a živinami, klimatických rizik a environmentální udržitelnosti v DSSAT

**Autorský kolektiv:**
doc. Dr. Mgr. Vera Potopová
Md Rafique Ahasan Chawdhery
Ing. Nina Muntean
Dr. Gerrit Hoogenboom
Dr. Kenneth J. Boote
Mgr. Marie Musiolková, Ph.D.

*Katedra agroekologie a rostlinné produkce*
*Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů*
*Česká zemědělská univerzita v Praze*

*Zemědělské a biologické inženýrství*
*Floridská univerzita (University of Florida, UF) ve Spojených státech amerických*

**Lektoroval:** doc. Dr. Mgr. Vera Potopová
**Jazyková korektura:** Mgr. Marie Musiolková, Ph.D.

**Odborní recenzent:** doc. Petr Hlavinka, Ph.D. (Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.)

**Grafický design**: Iradion Jachiu

**Vydala**: Katedra agroekologie a rostlinné produkce, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol

**Rok vydání**: 2023

**ISBN 978-80-213-3254-6**

© doc. Dr. Mgr. Vera Potopová

https://home.czu.cz/potop/uvod

**Citation:** Vera Potopová, Md Rafique Ahasan Chawdhery, Nina Muntean, Gerrit Hoogenboom, Kenneth J. Boote, Marie Musiolková. 2023. *Metodika simulace produkce plodin, hospodaření s vodou a živinami, klimatických rizik a environmentální udržitelnosti v DSSAT*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 1–394 p. ISBN 978-80-213-3254-6.

**Contributing authors:**

**Assoc. prof. Vera Potopová**
Department of Agroecology and Crop Production
Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources
Czech University of Life Sciences Prague (ČZU), Czech Republic

**Md Rafique Ahasan Chawdhery**
Department of Agroecology and Crop Production
Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources
Czech University of Life Sciences Prague (ČZU), Czech Republic

**Ing. Nina Muntean**
Department of Agroecology and Crop Production
Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources
Czech University of Life Sciences Prague (ČZU), Czech Republic

**Dr. Gerrit Hoogenboom**
Professor & Preeminent Scholar
Agricultural and Biological Engineering
University of Florida, USA

**Dr. Kenneth J. Boote**
Adjunct Professor, ABE Dept.
Professor Emeritus, Agronomy
University of Florida, USA

**Mgr. Marie Musiolková, Ph.D.**
Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources
Czech University of Life Sciences Prague (ČZU), Czech Republic

**Graphic design**: Iradion Jachiu

**Expert reviewer:**

Assoc. prof. Petr Hlavinka, Ph.D. (Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences)

**Published**: Department of Agroecology and Crop Production, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague

**Year of publication**: 2023

**ISBN 978-80-213-3254-6**

© doc. Dr. Mgr. Vera Potopová

# Abstract

## Methodology for simulating crop production, water and nutrient management, climate risks, and environmental sustainability in DSSAT

Biodiversity loss and ecosystem degradation are critical risks for every region due to global warming. Adapting to these changes for sustainable crop production is an urgent challenge for those who manage the environment.

This book introduces the latest information technologies and their applications in agriculture, including decision support systems, crop simulation models, and other computer tools. It will also help users to deal with regional crop production problems and issues related to agriculture, natural resource and cropping system management, food security, climate change, and variability. The book is divided into two parts, theoretical and practical. The theoretical part summarizes basic information on simulations of crop production, water and nutrient management, climate risks, and environmental sustainability. The practical part presents the procedures for working in DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer).

The application of the DSSAT growth model aims to understand the synergies of weather, climate change, soil, water, crops, and agrotechnology in the context of adaptation and mitigation to future climate changes to ensure the potential sustainability of landscapes concerning ecosystems, biodiversity, and human communities at global and regional scales.

This book offers users adequate supplementary training to enable them to consequently meet the demands of the changing climate. It provides possible models of crop adaptation measures and assesses the effectiveness of adaptation processes at the farm, district, and county levels. The potential consequences of climate change on crop growth, development, and yield parameters of crops are analyzed.

Applying growth models during practical exercises will allow students and researchers to simulate the soil-plant-atmosphere system dynamics. It will enhance the synergy between climatology and other subjects studied by the faculty effectively and attractively. The audiences will be able to independently propose new possibilities for the application of green infrastructure in the context of the landscape planning process, taking into account landscape characteristics such as topography, vegetation, soil, water resources, agrotechnology, crop zoning under new climatic conditions, as well as to offer intelligent solutions to reduce the adverse impacts of meteorological extremes on crop production and the environment, and also to apply the knowledge gained to (i) climate change assessment: Impacts, Adaptation and Vulnerability, (ii) mitigation of climate change in crop production, (iii) carbon neutrality (carbon neutrality, net-zero carbon) and climate neutrality (net-zero emissions), (iv) efficient nutrient management (NPK net-utilization), (v) strategies and practices in precision agriculture, and (vi) implementation of the Green Deal in the country.

*Vera Potopová*

# Předmluva

Ztráta a degradace biologické rozmanitosti, poškození ekosystémů a jejich transformace jsou v důsledku globálního oteplování klíčovými riziky pro každý region, a tato rizika budou i nadále eskalovat s každým navýšením globálního oteplení. Přizpůsobení rostlinné výroby těmto změnám je naléhavou výzvou pro všechny, kdo hrají roli při správě zastavěného a přírodního prostředí. Tato kniha vás seznámí s nejnovějšími informačními technologiemi a jejich aplikacemi v zemědělství, včetně systémů pro podporu rozhodování, simulačních modelů plodin a dalších počítačových nástrojů. Měla by vám také pomoci s řešením problémů na regionální úrovni v otázkách souvisejících s rostlinnou výrobou a dalšími otázkami spojenými se zemědělstvím, řízením přírodních zdrojů a pěstitelských systémů a potravinovou bezpečností, jakožto i problémů spojených se změnou a proměnlivostí klimatu. Kniha je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou shrnuty základní informace o simulacích produkce plodin, hospodaření s vodou a živinami, klimatických rizik a environmentální udržitelnosti. V praktické části jsou uvedeny postupy pro práci v programu DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer). Cílem aplikace růstových modelů DSSAT je porozumět synergii počasí, změny klimatu, půdy, vody, zemědělských plodin a agrotechniky v souvislostech mitigace a adaptace na budoucí změnu klimatu, které zajišťují budoucí udržitelnost krajiny, a to s ohledem na ekosystémy, biologickou rozmanitost a lidská společenství na globální a regionální úrovni. Tato odborná kniha nabízí uživatelům odpovídající doplňkový materiál, který jim umožní neustále naplňovat požadavky měnícího se klimatu. Nabízí možné adaptace pro modelové plodiny a posouzení efektivity adaptačních opatření na úrovni farmy, okresu a kraje. Jsou analyzovány příčiny, projevy i možné důsledky změny klimatu na růst, vývoj a výnosové parametry zemědělských plodin. Uplatnění růstových modelů během praktických cvičení umožní studentům a výzkumníkům sledovat vazby systému půda – rostlina – atmosféra. Velmi efektivním a atraktivním způsobem posílí synergii mezi klimatologií a ostatními studovanými předměty na fakultě. Studenti budou umět samostatně navrhnout nové možnosti aplikace zelené infrastruktury v souvislostech s procesem plánování krajiny s ohledem na charakteristiky krajiny, jako je topografie, vegetace, půda, vodní zdroje, agrotechnologie či rajonizace plodin v nových klimatických podmínkách, dále nabídnout chytré řešení pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na rostlinnou výrobu a životní prostředí a také aplikovat získané poznatky do (i) hodnocení změny klimatu: dopady, adaptace a zranitelnost, (ii) zmírňování změny klimatu v rámci rostlinné výroby, (iii) uhlíkové neutrality (carbon neutrality, net-zero carbon) a klimatické neutrality (climate neutrality, net-zero emissions), (iv) efektivního hospodaření s živinami (čisté využití NPK), (v) strategií a postupů v precizním zemědělství a (vi) implementací Zelené dohody v ČR.

*Vera Potopová*

# Poděkování

Publikace byla podpořena projektem TA ČR Prostředí pro život SS02030027: **Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu**.

Řešitelský tým vědců v rámci projektu **"Adaptační potenciál odolnosti pšenice k suchu, horku a mrazu"** (NAZV č. QK1910269) navrhuje adaptační opatření, která umožní výrazně snížit škody způsobené aktuálními abiotickými faktory – suchem, horkem a mrazem při pěstování pšenice na našem území. Odborníci z oblasti agrometeorologie a fenologie, molekulární genetiky a šlechtění testují nové ochranné prostředky a vytvářejí nástroje pro sledování aktuálního vývoje odolnosti a případného poškození porostů pšenice v oblastech jejího pěstování v ČR.

Doc. Dr. Mgr. Vera Potopová je mezinárodně uznávanou expertkou v oblasti "crop modelling", tj. v oblasti modelování růstových parametrů teplomilných zelenin pod závlahou. Ve dnech 16. – 21. 05. 2022 se zúčastnila mezinárodního semináře o programu DSSAT (International training program on DSSAT) s názvem "Assessing crop production, nutrient management, climatic risk and environmental sustainability with simulation models" na University of Georgia v Atlantě. Šlo o setkání mimořádné v tom, že se semináře zúčastnila komunita expertů pracujících s růstovými modely na nejvyšší možné odborné úrovni. Klíčovou součástí vzdělávacího programu workshopu byly prezentace o využití růstových modelů v konkrétních situacích, které přednesli jednotliví účastníci. Na kurzu se sešli vědci, kteří se věnují práci s růstovými modely, a došlo ke vzájemnému porovnání a předání zkušeností. Na základě zjištěných poznatků byla diskutována kalibrace a případná úprava modelu pro podmínky České republiky. Pro tuto knihu byly využity přepracované materiály z tréninku "DSSAT 2022". Zvláštní poděkování patří prof. Gerritu Hoogenboomovi a Dr. Kentu Bootovi, kteří jsou emeritními profesory v oboru agronomie a zemědělské a biologické inženýrství na Floridské univerzitě (University of Florida) ve Spojených státech amerických.

## Osvědčení doc. Very Potopové o účasti na workshopu

DSSAT FOUNDATION · IFDC · AUBURN UNIVERSITY · UF UNIVERSITY of FLORIDA

*Certificate of Achievement*

*awarded to*

**Vera Potopová**

*for successfully completing*

***DSSAT 2022***

***International Training Program***

***Assessing Crop Production, Water and Nutrient Management, Climatic Risk and Environmental Sustainability with Simulation Models***

May 16 - 21, 2022
Griffin, Georgia, USA

**Dr. David Buntin**, Assistant Provost and Director, UGA Griffin Campus

**Dr. Gerrit Hoogenboom**, Preeminent Scholar and Professor, University of Florida

**Training Program Faculty**
Dr. Gerrit Hoogenboom, University of Florida
Dr. Bill Batchelor, Auburn University
Dr. Kenneth Boote, University of Florida
Dr. Vijaya Joshi, University of Florida
Mr. Fabio Oliveira, University of Florida
Dr. Willingthon Pavan, International Fertilizer Development Center
Dr. Cheryl Porter, University of Florida
Mr. Oscar Castillo Romero, University of Florida
Dr. Vakhtang Shelia, University of Florida

Více informací můžete nalézt zde:

https://dssat.net/training

www.centrum-voda.cz

# Posudek

**doc. Petr Hlavinka, Ph.D.** (Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.)

Růstové modely jsou nástrojem k hodnocení produkčních podmínek a procesů rostlinné výroby. O jejich významu svědčí rozsah výzkumu a studií u nás i celosvětově. Mezi základní aplikace patří podpora rozhodovacích procesů či optimalizace pěstebních postupů, nicméně velký význam nacházejí v souvislosti s hodnocením vlivu probíhající změny klimatu na zemědělství a životní prostředí. Jsou používány pro kvantifikaci dopadů měnícího se klimatu v současnosti i pro různé scénáře budoucího vývoje a rovněž k hledání možných adaptačních opatření. Lze je využít i pro návrh mitigačních opatření vedoucích ke zmírnění příčin změny klimatu a opatření pro zlepšení životního prostředí. Mezi konkrétní aplikace patří optimalizace výživy s potenciálem i v oblasti precizního zemědělství, dále se jedná o efektivní využití závlah, střídání plodin, odrůdové složení až po hledání postupů k vyšší sekvestraci uhlíku v půdě. Forma virtuálních experimentů v prostředí *in silico (tj. spočtených počítačem)* umožňuje efektivně řešit jak analýzy v rámci jednotlivých sezón s velmi vysokým počtem variant, tak dlouhodobé simulace, které by v případě polních experimentů byly mimořádně náročné, ne-li nereálné. S postupným rozvojem výpočetní techniky i modelů samotných se jejich potenciál stále zvyšuje. Současně je třeba si uvědomit, že růstové modely nemohou nahradit polní pokusy a platí, že mimořádný potenciál přináší jejich propojení. Tyto postupy jsou uplatňovány jak v oblasti vědy a výzkumu, tak v rámci vzdělávacího procesu, kde nabízí řadu možností k vyšší atraktivitě i efektivitě. V případě systému DSSAT se jedná o nástroj, který je používán v řadě zemí světa včetně České republiky. Mezi jeho výhody z hlediska pedagogického procesu patří mimo jiné i přehlednost uživatelského rozhraní.

Kniha pojednává o velmi aktuální problematice a je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Text je přehledně členěn do kapitol a vhodně doplněn schématy a obrázky pro lepší pochopení složité problematiky práce s růstovými modely a jejich součástmi a také řeší specifika vstupních dat, nastavení simulací a zpracování výstupů. V první části jsou shrnuty základní informace o simulacích produkce plodin, hospodaření s vodou a živinami, klimatických rizik a environmentální udržitelnosti a jsou zmíněna i omezení růstových modelů. V praktické části jsou uvedeny postupy pro práci v programu DSSAT, kde jsou popsána konkrétní řešení simulací od jednodušších analýz až po ty komplexní. Velmi užitečná část je zaměřená na konkrétní případové studie pokrývající zprovoznění růstového modelu, přípravu vstupních dat, možnosti citlivostní analýzy, simulace produkčních úrovní, prognózy výnosů v rámci běžící sezóny, střídání plodin v rámci dlouhodobých experimentů, základy prostorových simulací apod. Řešena je i otázka implementace scénářů změny klimatu. Cenným příkladem jsou simulace růstu rajčat v podmínkách ČR nástrojem CROPGRO-Tomato. Kniha je vhodným doplněním dostupné literatury popisující problematiku využití růstových modelů.

# Obsah

*TEORETICKÁ ČÁST*
***Kapitola 1:*** *Co je to model DSSAT?* _____ *12*
***Kapitola 2:*** *DSSAT, IBSNAT a ICASA: Historie a přehled* ***Chyba! Záložka není definována.***
***Kapitola 3:*** *Koncept minimálního souboru dat* _____ *19*
***Kapitola 4:*** *Systém souborů DSSAT* _____ *22*
***Kapitola 5:*** *Vstupy a nástroje údajů o počasí* _____ *28*
***Kapitola 6:*** *Vstupy a nástroje půdních dat* _____ *41*
***Kapitola 7:*** *Modelování půdní organické hmoty* _____ *49*
***Kapitola 8:*** *Simulace produkce limitované fosforem v půdě a rostlinách* _____ *56*
**Kapitola 9:** *Produkce limitovaná dusíkem: Procesy v rostlinách* _____ *60*
***Kapitola 10:*** *Produkce limitovaná dusíkem: Procesy v půdě* _____ *68*
***Kapitola 11:*** *Experimenty a data pro hodnocení a aplikace modelu* _____ *74*
***Kapitola 12:*** *Soubory a nástroje experimentálních dat* _____ *79*
***Kapitola 13:*** *Sběr experimentálních dat – hodnocení modelu* _____ *85*
***Kapitola 14:*** *Simulace produkce limitované vodou: Bilance půdní vody* _____ *97*
***Kapitola 15:*** *Automatické zavlažování pomocí řízení růstových fází v DSSAT v4.8* _____ *108*
***Kapitola 16:*** *Koncept genetických koeficientů: Druh vs. ekotyp vs. odrůda. Genetické koeficienty – CROPGRO* _____ *110*
***Kapitola 17:*** *Odhadování parametrů specifických pro jednotlivé odrůdy pomocí bayesovských technik: Nástroj GLUE (Odhad nejistoty na základě zobecněné pravděpodobnosti)* _____ *117*
***Kapitola 18:*** *Genotypové koeficienty – Modely obilovin* _____ *121*
***Kapitola 19:*** *Hodnocení nejistoty a rizika pomocí simulačních modelů plodin* _____ *133*
***Kapitola 20:*** *Simulace dlouhodobého střídání plodin* _____ *144*
***Kapitola 21:*** *Zlepšení výnosů a analýza rozdílu ve výnosech* _____ *149*
***Kapitola 22:*** *Předpověď výnosů v sezóně* _____ *157*
***Kapitola 23:*** *Vliv změny klimatu a klimatických výkyvů na rostlinnou výrobu* _____ *174*

**PRAKTICKÁ ČÁST**

*Instalace DSSAT verze 4.8* _____ *182*
*Spuštění růstového modelu v DSSAT* _____ *186*
*Využití nástroje WEATHERMAN pro vytvoření a kontrolu souborů dat o počasí pro použití s růstovými modely* _____ *190*
*Soubory a nástroje půdních dat* _____ *198*
*Nástroj pro analýzu citlivosti* _____ *214*
*Pokyny pro instalaci a spuštění programu GLUE* _____ *219*
*Kalibrace koeficientu kultivaru pomocí nástroje GLUE* _____ *240*
*Analýza citlivosti kultivaru* _____ *246*
*Vytváření souborů měření plodin pro hodnocení modelu* _____ *250*

*Experimenty a data pro vyhodnocení a aplikace modelu* ____ *258*
*Kalibrace a vyhodnocení modelů DSSAT pomocí dat analýzy růstu v sezóně* ____ *263*
*Produkce limitovaná vodou*____ *265*
*Simulace potenciální výroby*____ *271*
*Produkce limitovaná dusíkem* ____ *280*
*Produkce limitovaná fosforem*____ *286*
*Sezónní analýza* ____ *290*
*Případová studie – Chiang Mai, Thajsko* ____ *297*
*Prostorová analýza* ____ *299*
*Vytvoření rotace plodin nebo sekvenčního souboru FileX pomocí nástroje XBUILD* ____ *303*
*Simulace rotace plodin v dlouhodobých experimentech*____ *312*
*Vytvoření souborů FileX a FileT pro simulaci poškození škůdci a chorobami*____ *323*
*Prognóza výnosu v průběhu sezóny* ____ *326*
*Modelování dopadu změny klimatu* ____ *328*
*Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO- Tomato v České republice. Vstupy a nástroje počasí*____ *330*
*Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO- Tomato v České republice. Vstupy a nástroje v půdním modulu.*____ *343*
*Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO- Tomato v České republice. Vstupy a nástroje v agronomickém modulu.* ____ *352*
*Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO- Tomato v České republice. Predikce výnosových parametrů jako funkce půda–rostlina–atmosféra.*____ *371*
*Doporučená literatura*____*393*

## Co je to model DSSAT?

### Definice č. 1

Model je informativní reprezentace objektu, osoby nebo systému. Původně, v anglickém jazyce na konci 16. století, termín označoval plány budovy. Byl odvozen přes francouzštinu a italštinu z latinského modulus, tedy míra.

### Definice 2

Modely lze rozdělit na fyzické modely (např. model letadla) a abstraktní modely (např. matematické výrazy popisující vzorce chování). Abstraktní nebo konceptuální modely mají pro filozofii vědy zásadní význam, neboť téměř každá vědecká teorie v sobě obsahuje nějaký model fyzické nebo lidské sféry.

### Počítačový simulační model

Počítačový simulační model je matematickou reprezentací systému reálného světa. Simulační modely plodin integrují současné nejmodernější vědecké poznatky z mnoha různých oborů, včetně fyziologie plodin, šlechtění rostlin, agronomie, agrometeorologie, fyziky půdy, chemie půdy, půdní úrodnosti, patologie rostlin, entomologie, ekonomie a mnoha dalších.

### Modely nejsou dokonalé a před použitím vyžadují pečlivé testování a validaci.

## Proč zrovna modely?

- Tradiční agronomický přístup:
  - *Experimentální pokus a chyba*
- Systémový přístup
  - *Počítačové modely*
  - *Experimentální údaje*
- Potřebujeme porozumět, předvídat, kontrolovat a řídit
- Možnosti adaptivního řízení a snižování rizik

## Trénink aplikace modelu DSSAT (Systém podpory rozhodování pro transfer agrotechnologií)

### Cíl

- ✓ Získat praktické zkušenosti s komplexním počítačovým modelem pro simulaci růstu, vývoje a výnosu plodin a dynamiky vody, živin a uhlíku v půdě a rostlinách.

### Specifické cíle

- ✓ Provoz systému pro podporu rozhodování o přenosu agrotechnologií (DSSAT) založeného na systému Windows
- ✓ Popis modelu systému DSSAT-CSM (Cropping System Model) a jeho modulů, včetně CROPGRO a CERES, a vědeckých poznatků o těchto modelech
- ✓ Minimální požadavky na data a sběr experimentálních dat pro simulaci systémů
- ✓ Použití modelu DSSAT-CSM ke zlepšení řízení systémů pěstování plodin

### Přístup

- ✓ Cyklus přednášek na předmětech *Klimatické změny, modelování a adaptační opatření*, *Klimatické změny a jejich vliv na zahradu*, *Advanced meteorology and climatology* (výuka zahraničních studentů), *Nauka o přírodě a rostlinách* a *Zmírňování změny klimatu a krajinářská architektura* (výuka studentů v programu Architektura, urbanismus a krajinářská architektura na ČVUT)
- ✓ Cvičení na počítači
- ✓ Práce s vlastními daty nebo daty poskytnutými mentorem
- ✓ Diskuse o výsledcích
- ✓ Neformální interakce s vyučujícími

***Přehled cvičení na počítači***

- ✓ Úvod do DSSAT
- ✓ Růst a vývoj
- ✓ Simulace potenciální výroby
- ✓ Údaje o počasí pro simulaci
- ✓ Genetické koeficienty pro růst a vývoj
- ✓ Odhad genetických koeficientů

***Simulace produkce s omezeným množstvím vody***

- ✓ Data o půdě nutná pro simulaci produkce
- ✓ Simulace produkce omezené dusíkem
- ✓ Simulace produkce omezené fosforem
- ✓ Modelování organického uhlíku v půdě

***Hodnocení dat a modelů***

- ✓ Experimentování a sestavování vstupních dat
- ✓ Kalibrace a vyhodnocení modelů

***Aplikace pro problémy reálného světa***

- ✓ Vyhodnocování rizik a udržitelnosti
- ✓ Sezónní a ekonomická analýza
- ✓ Střídání plodin

***Příklady aplikací***

- ✓ Nástroje pro prostorové modelování plodin
- ✓ Zlepšení výnosů a analýza výnosových ztrát
- ✓ Změna klimatu a variabilita klimatu

***Cvičení***

- ✓ Sezónní analýza
- ✓ Prostorová analýza
- ✓ Analýza střídání plodin
- ✓ Analýza škod způsobených škůdci a chorobami
- ✓ Předpověď v průběhu sezóny
- ✓ Případová studie – Chiang Mai, Thajsko
- ✓ Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO-Tomato v České republice

***Mějte prosím na paměti, že:***

Modely nejsou náhradou experimentů a monitorování, ale nástrojem pro zvýšení efektivity výzkumu, pro uspořádání složitosti a v konečném důsledku pro poskytování užitečných informací zúčastněným stranám. Modely nejsou náhradou kritického myšlení, ale nástrojem pro zlepšení posouzení situace a také intuice.

***Některé hlavní zásady***

- ✓ Zaměření na experimenty, data a pochopení výkonnosti
- ✓ Společné minimální požadavky na data
- ✓ Modely a experimenty se doplňují
- ✓ Modely je třeba vyhodnocovat
- ✓ Použití modelů k optimalizaci řízení za účelem dosažení požadovaných cílů

Růstové modely v rámci programu DSSAT, verze 4.8, které jsou v současné době k dispozici jako součást modelů pěstebních systémů (CSM), zahrnují:

- ✓ Biofyzikální modely řízení plodin, půdy a počasí
- ✓ Experimentální data pro kalibraci a hodnocení modelů
- ✓ Nástroje pro zadávání dat
- ✓ Aplikační programy pro analýzu různých scénářů

**Simulační modely plodin**

**Na základě znalostí o rostlinách, půdě, počasí a interakcích**

- ✓ Morfologický a fenologický vývoj
- ✓ Fotosyntéza, dýchání, růst
- ✓ Příjem vody z kořenů, vliv stresu na růstové procesy

Předpověď růstu, výnosu, načasování (výstupy)

**Potřebné vstupní informace**

- ✓ Charakteristiky pole, půdy
- ✓ Denní údaje o počasí
- ✓ Charakteristiky odrůdy
- ✓ Management

Lze použít k provádění experimentů „*co kdyby*“. Výzkumný, výukový a ekonomický nástroj pro analýzu produkce plodin.

**Zahrnuje**

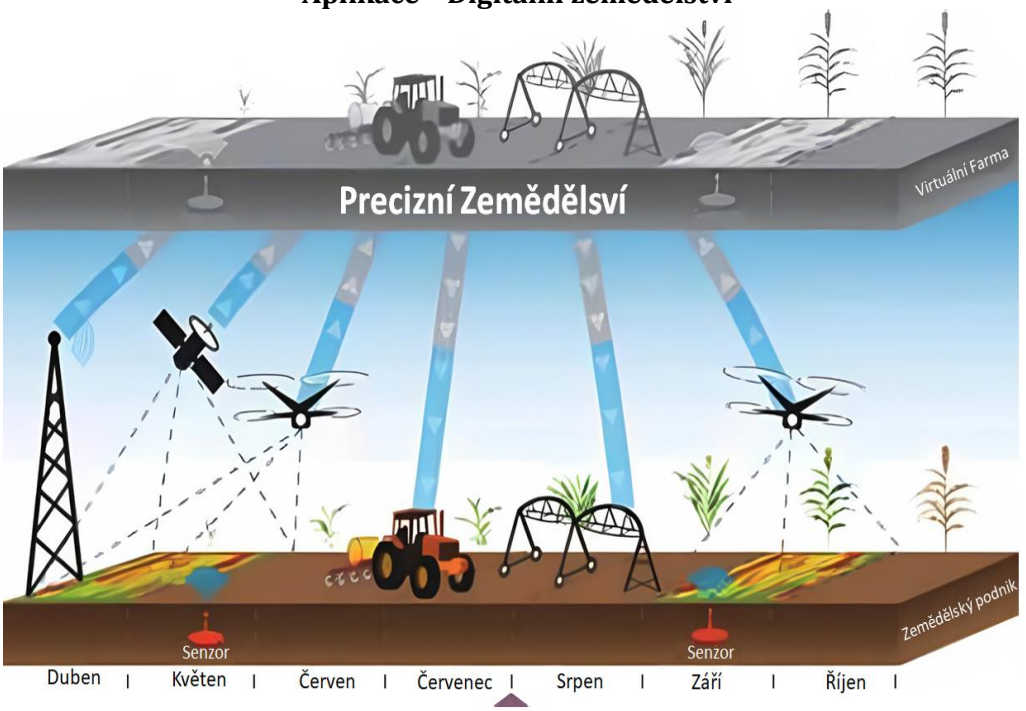
- ✓ Modely plodina – půda – počasí
- ✓ Nástroje pro analýzu (nejistota, ekonomika)
- ✓ Podpůrný software (grafika, generátor meteorologických dat)
- ✓ Vazby na GIS, analýza prostorové variability
- ✓ Nástroje, které pomáhají uživatelům integrovat data s modely

**Umožňují zejména:**

- ✓ Přizpůsobit a vyhodnotit modely pro vlastní podmínky a potřeby
- ✓ Začlenit vlastní data uživatelů ve standardních formátech
- ✓ Nahlédnout do otázek „co kdyby“ týkajících se produkce, ziskovosti a stability
- ✓ Pochopit reakce a interakce, které se vyskytují v terénu

✓ Buďte detektivem modelu

**Aplikace – Digitální zemědělství**




**Hodnocení a testování modelů plodin pro zamýšlené aplikace je velmi důležité**

- ✓ Proveďte analýzu citlivosti modelu, kriticky vyhodnoťte výsledky na základě stávajících znalostí a trendů
- ✓ Prokažte schopnost znovu vytvořit výsledky ze stávajících a/nebo nových experimentů
- ✓ Souhlasí závěry modelů se závěry experimentů?
- ✓ Vyhodnoťte výsledky pomocí nezávislých údajů
- ✓ Buďte obezřetní a ujistěte se, že vstupní údaje vykazují požadovanou přesnost
- ✓ Buďte kritičtí a charakterizujte omezení

# DSSAT, IBSNAT a ICASA: Historie a přehled

## Úvod

- ✓ S modelováním růstu plodin začali nizozemští a američtí výzkumníci koncem 60. let 20. století.
- ✓ Hledali metodu předpovídání růstu a výnosu plodin, aby mohli lépe navrhovat systémy hospodaření a kvantifikovat vlivy počasí.
- ✓ Rozvinuto do nizozemských modelů (SUCROS) a amerických modelů bavlny, kukuřice a podzemnice olejné.

**Některé hlavní snahy o modelování plodin od roku 2010 do současnosti:**

- ✓ Iniciativa APSIM (CSIRO a Univ of Queensland, Austrálie)
- ✓ STICS (INRA, Francie)
- ✓ GECROS & LINTUL (Wageningen Univ, Nizozemsko)
- ✓ WOFOST (Alterra & Wageningen Univ, Nizozemsko)
- ✓ DSSAT (USA a další)
- ✓ EPIC/APEX (USDA, Temple, Texas. J. Williams)
- ✓ CROPSYST (Washington State University, C. Stockle & M. Donatelli)
- ✓ INFOCROP (Indie)
- ✓ AquaCrop (FAO)
- ✓ HERMES & MONIKA (ZALF, Leibniz, Německo)
- ✓ SIMPLACE (Univerzita Bonn, Německo)
- ✓ Různé další, především modely pro jednotlivé plodiny

**Projekt IBSNAT (1982–1993)**

- ✓ Mezinárodní síť výzkumných pracovníků, kteří se zajímají o aplikaci systémových nástrojů do pěstitelských systémů
- ✓ Financováno americkou Agenturou pro mezinárodní rozvoj s cílem řešit potravinovou bezpečnost v rozvojových zemích.
- ✓ Sídlo na Havajské univerzitě
- ✓ Goro Uehara, hlavní řešitel, a Fred Beinroth, spoluřešitel
- ✓ Produkty:
    - DSSAT (nyní verze 4.8)

- Experimentální data pro modelování a datové standardy
- Síť vyškolených uživatelů

**Některé historické poznámky k DSSAT**

- ✓ Projekt IBSNAT, 1982–93 1983–86 – Koncepce minimálního souboru dat
- ✓ Původními modely byly modely CERES-Maize, CERES-Wheat a SOYGRO Soybean.
- ✓ Datové standardy pro kompatibilitu modelů (1986, 1994)
- ✓ DSSAT v2.1 vydaný v roce 1986
- ✓ ICASA vytvořena v roce 1994
- ✓ Změna struktury ICASA, podzim 2002 – jaro 2003
- ✓ DSSAT verze 3.5 vydána v roce 1998 (po ukončení projektu)
- ✓ DSSAT Cropping System Model, DSSAT v4 vydán na začátku roku 2004
- ✓ DSSAT verze 4.02 v roce 2006, v4.5 v roce 2012, v4.6 v roce 2015
- ✓ DSSAT verze 4.7 v roce 2017, v4.7.5 v roce 2019
- ✓ DSSAT verze 4.8 v roce 2021

**Odůvodnění pro modelování a analýzu systémů**

***Problémy***

- ✓ Přenositelnost půdních a agronomických dat
- ✓ Přenositelnost výsledků výzkumu
- ✓ Rozdíl mezi potřebnými informacemi a informacemi vytvořenými tradiční metodou „pokus-omyl“ v oblasti půdy a agronomického výzkumu

**Model pěstebního systému v systému DSSAT**

- ✓ Vyvinut z CERES-Maize a CERES-Wheat (J. Ritchie, C. A. Jones a kol.) a ze SOYGRO a PNUTGRO (K. J. Boote, J. W. Jones a kol.)
- ✓ Původně se jednalo o samostatné programy, z nichž každý měl vlastní půdu, plodinu, management a povětrnostní složky
- ✓ Velké potíže s kompatibilitou, údržbou a přidáváním nových plodin
- ✓ To vedlo k vytvoření programu DSSAT, který byl pojmenován v roce 1985 a poprvé vydán v roce 1986 s těmito plodinami: kukuřice, pšenice, sója a podzemnice olejná

# Koncept minimálního souboru dat

## Úvod

## Co je minimální soubor dat?

- ✓ Počítačové modely potřebují ke svému fungování určitý soubor vstupních dat
- ✓ Různé modely vyžadují různé sady vstupních dat
- ✓ Je definován minimální soubor dat, který:
  - lze relativně snadno shromáždit v terénních podmínkách
  - poskytuje přiměřené odpovědi
- ✓ Pojem „minimum“ má pro různé modely různý význam
- ✓ Minimální soubor dat lze tedy vytvořit pouze s ohledem na konkrétní použití

## Tři různé úrovně údajů pro běh počítačového modelu

Úroveň 1:

- ✓ Minimální údaje, aby bylo možné spustit model pro konkrétní experiment nebo aplikaci

Úroveň 2:

- ✓ Minimální údaje potřebné pro testování nebo vyhodnocení modelu

Úroveň 3:

- ✓ Minimální údaje potřebné pro vývoj modelu

## Sběr dat a specifické definice

- ✓ Počasí
- ✓ Půda
- ✓ Experimentální data

## Data úrovně 1: Obsluha počítače

- ✓ Prostředí:
  - Údaje o počasí
    - Denní maximální teplota

        - Denní minimální teplota
        - Srážky
        - Sluneční záření

    - Půdní data
        - Informace o povrchu půdy:
            - Barva, propustnost, odvodnění
        - Informace o půdním profilu:
            - Zadržování vody, obsah dusíku a organické hmoty

✓ Management plodin:

*Specifický experiment:*

- Zavlažování
    - Termíny a množství závlahy
- Anorganická (chemická) hnojiva
    - Termíny, množství a typ hnojiva
- Organická hnojiva (rostlinný a živočišný hnůj atd.)
    - Termíny, množství a typ hnojiva
- Zpracování půdy
    - Termíny a způsob zpracování půdy
- Sklizňové operace
- Ostatní aplikace (chemických látek)

## Data úrovně 2: Hodnocení modelu (mimo údaje úrovně 1)

✓ Měření plodin:
- Výnos a složky výnosu:
    - Biomasa, počet semen, velikost semen atd. při sklizni
- Fenologie:
    - Termíny kvetení (50 %), fyziologická zralost, sklizňová zralost, první semeno atd.
- Analýza růstu:
    - Složky biomasy (listy, stonek, semena/zrna atd.) v pravidelných časových intervalech

✓ Měření půdy:
- Specifický experiment
- Vlhkost půdy v různých hloubkách v průběhu času
- Dusík/uhlík/fosfor v půdě v různých hloubkách v čase

## Data úrovně 3: Vývoj modelu (mimo údaje úrovní 1 a 2)

- ✓ Výzkumné zprávy/publikace
- ✓ Podrobné experimenty včetně
  - reakce na teplotu, vodu, dusík a dalších faktorů
- ✓ Specifické experimenty k řešení „mezer ve znalostech“

## Použití v samotném modelování

- ✓ Pro realistické použití modelu (v neextrémní agroekologické zóně)
  - by měla být využita většina vstupních datových položek úrovně 1
- ✓ Úroveň 1 byla proto považována za minimální soubor vstupních dat pro model (podle použití IBSNAT)

## Použití při hodnocení modelu

- ✓ Pro hodnocení modelu by měl model využívat většinu vstupních datových položek úrovně 1 a pozorovaných dat úrovně 2:

  1. Výnos
  2. Fenologie (datum zralosti)
  3. Fenologie (datum kvetení)
  4. Složky výnosu (velikost semen nebo počet semen)
  5. Konečná biomasa (sklizňový index/harvest index)

# Systém souborů DSSAT

## Standardy souborů DSSAT

- ✓ Konvence pro pojmenování souborů
- ✓ Umístění souborů
- ✓ Systémová komunikace a výměna informací
- ✓ Klíč k úspěšnému fungování
  - ✓ DSSAT a všechny jeho složky

## Typy souborů DSSAT

- ✓ Soubory managementu plodin

Nakládání s posklizňovými zbytky (setí, zavlažování, hnojení, organická hmota, obdělávání půdy, sklizeň)

- ✓ Soubory počasí

Počasí (denní úhrn srážek, sluneční záření, maximální a minimální teploty…)

- ✓ Soubory půdy

Půdní podmínky (chemické vlastnosti podle vrstvy) (fyzikální a chemické vlastnosti podle vrstvy)

- ✓ Soubory specifického genotypu plodin

Genetika (specifická pro odrůdu, parametry ovlivňující růst a vývoj)

- ✓ Soubory pozorovaných dat

Pozorování (souhrn a časové řady)

- ✓ Soubory škůdců
- ✓ Ekonomické soubory

## Konvence pojmenovávání souborů DSSAT

- ✓ název souboru je vždy tvořen 12 znaky (stará konvence DOSu):
- ✓ **AABBYYnn.fff**
  - AA = ID instituce
  - BB = ID lokality
  - YY = rok
  - nn = číslo experimentu (nebo počet let počasí)

Příklady:

- ✓ UFGA7801.fff
- ✓ GAGR2201.fff

## Soubory experimentů DSSAT

Managementové události (setí, zavlažování, hnojení, organická hmota, obdělávání půdy, sklizeň)

***Soubor FileX***

- ✓ Přípona souboru pro správu plodin: *ccX*, kde cc je kód plodiny
  - AABBYYnn.SBX
  - AABBYYnn.MZX
- ✓ Příklady:
  - UFGA7801.SBX
  - GAGR2201.MZX

12písmenný název souboru:
AABBYYnn.fff
AA = ID instituce
BB = ID lokality
YY = rok
nn = číslo experimentu (nebo počet let počasí)

## Soubory analýzy DSSAT

Managementové události (setí, zavlažování, hnojení, organická hmota, obdělávání půdy, sklizeň)

- ✓ Přípona souboru managementu plodin pro aplikace:
  - Sezónní aplikace, aplikace pro předpověď klimatických změn a výnosů: *.SNX*

    UFGA7801.SNX, GAGR1801.SNX
  - Aplikace pro střídání plodin/sekvence: .SQX:

    UFGA7801.SQX, GAGR1801.SQX
  - Prostorové aplikace: .GSX

## Soubory DSSAT s pozorovanými daty

### Pozorování (souhrn a časové řady)

- ✓ Soubory FileA a FileT
- ✓ Přípona souboru s experimentálními daty:
  - .ccA pro souhrnná data
  - .ccT pro data časových řad

Příklady:

- ✓ UFGA7801.SBA & UFGA7801.SBT
- ✓ GAGR2201.MZA & GAGR2201.MZT

## Soubory počasí DSSAT

Počasí (denní úhrn srážek, sluneční záření, maximální & minimální teploty...)

- ✓ Soubor FileW
- ✓ Přípona souboru počasí:
  - .WTH = měřená / zaznamenaná data
  - .WTG = generovaná data

Příklady:

- ✓ UFGA7801.WTH
- ✓ GAGR2201.WTH

## Soubory půdy DSSAT

Půdní podmínky (fyzikální a chemické vlastnosti jednotlivých vrstev půdy)

- ✓ Soubor FileS
- ✓ Přípona souboru počasí: .SOL
- ✓ Výchozí půdní soubor:
  - SOIL.SOL
- ✓ Volitelný půdní soubor:
  - AA.SOL, kde AA je kód instituce
  - Příklady:

    UF.SOL

    GA.SOL

## Názvy souborů DSSAT

- ✓ Pokus se sójou provedený na Floridské univerzitě v Gainesville v roce 1978
  - UFGA7801.SBX
  - UFGA7801.SBA
  - UFGA7801.SBT
  - UFGA7801.WTH
  - SOIL.SOL nebo UF.SOL

## Názvy souborů DSSAT

- ✓ Pokus s kukuřicí provedený na University of Georgia v Griffinu v roce 2022
  - GAGR2201.MZX
  - GAGR2201.MZA
  - GAGR2201.MZT
  - GAGR2201.WTH
  - SOIL.SOL nebo GA.SOL

## Genotypové soubory DSSAT

Soubory specifické pro jednotlivé plodiny:

- ✓ Kultivar: ccmmm048.CUL
- ✓ Ekotyp: ccmmm048.ECO
- ✓ Druh: ccmmm048.SPE

Genetika (specifická pro odrůdu, parametry ovlivňující růst a vývoj)

kde:

cc je kód plodiny (MZ = maize (kukuřice), SB = soybean (sója) atd.)

mmm je kód modelu (CER pro CERES, GRO pro CROPGRO atd.)

## Genotypové soubory DSSAT

| **Ceres-Kukuřice**<br>• MZCER048.CUL<br>• MZCER048.ECO<br>• MZCER048.SPE | **IXIM-Kukuřice**<br>• MZIXM048.CUL<br>• MZIXM048.ECO<br>• MZIXM048.SP |
|---|---|
| **Sója (CROPGRO model)**<br>• SBGRO048.CUL<br>• SBGRO048.ECO<br>• SBGRO048.SPE | **Rajče (CROPGRO model)**<br>• TMGRO048.CUL<br>• TMGRO048.ECO<br>• TMGRO048.SPE |

## Názvy souborů DSSAT

Soubory škůdců:

- ✓ Přípona .PST
- ✓ ccmmm048.PST
- ✓ Příklady: PNGRO048.PST, MZCER048.PST

Ekonomické soubory:

- ✓ Přípona .PRI
- ✓ Příklad: UFGA9801.PRI

## Názvy výstupních souborů DSSAT

- ✓ Overview.OUT
- ✓ Summary.OUT
- ✓ Evaluate.OUT

- ✓ Mgmtops.OUT
- ✓ Plantgro.OUT
- ✓ PlantN.OUT
- ✓ Info.OUT
- ✓ Warning.OUT
- ✓ Error.OUT

Weather.OUT
ET.OUT
SoilWat.OUT

SoilNi.OUT
SoilOrg.OUT
SoilTemp.OUT
SoilWatBal.OUT
SoilNiBal.OUT
SoilNoBal.OUT

Možnost výstupního formátu **CSV** pro většinu denních výstupních souborů.

## Umístění souborů DSSAT

*DSSATPRO.V48:*

- ✓ Definuje umístění všech datových a modelových adresářů
- ✓ Komunikace a výměna informací mezi různými moduly
- ✓ Modifikuje se prostřednictvím „Configuration Option“ (volby konfigurace) v prostředí DSSAT

# Vstupy a nástroje údajů o počasí

## Údaje o počasí

- ✓ Minimální dataset
- ✓ Struktura souboru počasí
- ✓ Nástroj Weatherman
- ✓ Cvičení

## Minimální dataset

- ✓ Minimální soubor dat, která mohou experimentátoři snadno shromáždit
- ✓ Minimální soubor dat, který lze použít jako vstup do modelů a který zaručí spolehlivé simulace příslušných procesů

## Minimální údaje o počasí

*Pozorování na lokalitě*

- ✓ Zeměpisná šířka
- ✓ Dlouhodobá průměrná teplota
- ✓ Amplituda nejvyšší a nejnižší dlouhodobé průměrné měsíční teploty

*Denní pozorování*

- ✓ Maximální teplota vzduchu
- ✓ Minimální teplota vzduchu
- ✓ Sluneční záření
- ✓ Úhrn srážek

```
*WEATHER : GRIFFIN,GEORGIA,USA
@ INSI      LAT     LONG  ELEV   TAV   AMP REFHT WNDHT
  GAGR   33.262  -84.284  299.  20.0  12.1   2.0   3.5
@DATE  SRAD  TMAX  TMIN  RAIN
00001   9.1  20.5   9.5   0.0
00002   8.6  22.8  12.1   0.0
00003   8.3  23.4  12.3   0.0
00004   7.6  17.7   4.1   5.3
00005  14.1   9.9  -0.5   0.0
00006  13.1  12.1  -2.4   0.0
00007  13.8  15.4   1.5   0.0
00008   6.6  13.1   2.1   0.0
00009   2.0  17.1   7.2  45.2
00010  14.0  18.5   8.6  28.7
```

```
$WEATHER DATA : Ihinger Hof, Stuttgart, Germany
! https://www.wetter-bw.de/Agrarmeteorologie-BW
! University of Hohenheim, E. Memic

@ INSI      LAT     LONG  ELEV   TAV   AMP REFHT WNDHT
  UHIH   48.750    8.917   475   9.6  17.3   2.0 -99.0
@  DATE  SRAD  TMAX  TMIN  RAIN  DEWP  WIND  RHUM
2020001   5.8   4.2  -4.5   0.0  -2.2  89.9  94.6
2020002   5.7   4.3  -6.0   0.0  -2.7  86.4  93.9
2020003   3.0   7.3   0.2   0.0   1.8 247.1  92.3
2020004   3.0   5.3   1.2   1.6   1.4 301.5  92.1
2020005   2.0   4.3  -1.0   0.1   1.4 102.0  95.8
2020006   6.8   5.5  -3.1   0.0  -1.1  99.4  94.5
2020007   2.2   4.7  -0.2   0.0   0.6 165.0  90.5
2020008   1.4   7.1  -1.0   0.0   1.6 114.9  91.3
2020009   3.5  12.5   5.2   0.2   5.4 183.2  85.4
2020010   4.8   9.4   4.2   0.9   3.6 292.0  83.8
```

## Konvence pojmenovávání souborů

AABBYYnn.WTH

- ✓ AA = ID instituce
- ✓ BB = ID lokality
- ✓ YY = Rok pozorování
- ✓ nn = Počet let (výchozí nastavení = 01)

## Konvence pojmenovávání souborů

GAGR2201.WTH

- ✓ GA = University of Georgia
- ✓ GR = Griffin
- ✓ 22 = 2022
- ✓ 01 = 1 rok údajů o počasí

Více souborů:

- GAGR9101.WTH
- GAGR9201.WTH
- …
- GAGR9901.WTH
- GAGR0001.WTH
- …
- GAGR220

Nebo jako jediný soubor: GAGR9132.WTH

## Nástroj WeatherMan

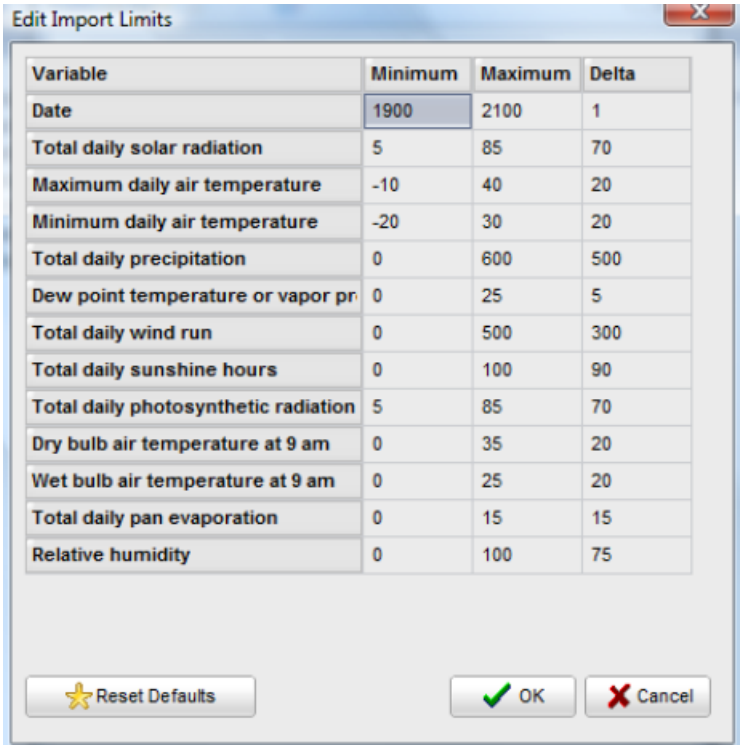
- ✓ Nástroj pro správu dat o počasí
- ✓ Import dat
- ✓ Export dat ve formátu DSSAT
- ✓ Doplnění chybějících údajů
- ✓ Generování stochastických údajů o počasí
- ✓ Shrnutí údajů o počasí

## Kvalita dat

- ✓ Chybějící data: Aplikace -99
- ✓ Chybná data
  - Úhrn srážek < 0,0 mm
  - Sluneční záření =< 0,0 W $m^{-2}$ (nebo jiná jednotka)
  - Tmax < Tmin
  - Tmax > Extrémní maximum
  - Tmin < Extrémní minimum

## Kontrola rozsahu

```
*RANGE CHECK VALUES
@       SRAD   TMAX   TMIN   RAIN   DEWP   WIND   SUNH    PAR   TDRY   TWET   EVAP
MIN :    5.0    5.0 -20.0    0.0    0.0    0.0    0.0    5.0    0.0    0.0    0.0
MAX :   85.0   40.0   30.0 600.0   25.0 500.0 100.0   85.0   35.0   25.0   15.0
RATE:   70.0   20.0   20.0 500.0    5.0 300.0   90.0   70.0   20.0   20.0   15.0

*FLAGGED DATA COUNT
@BEGYR BEGMN BEGDY ENDYR ENDMN ENDDY
  1984     1      1  1988    12    30
@          TOTAL    RAIN    TMAX    TMIN    SRAD    SUNH    DEWP    WIND    PAR    TDRY    TWET    EVAP
Total   :   7284    1821    1821    1821    1821       0       0       0       0       0       0       0
Valid   :   7276    1821    1821    1821    1813       0       0       0       0       0       0       0
Missing:       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
Error   :      0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
Above   :      0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
Below   :      8       0       0       0       8       0       0       0       0       0       0       0
Rate    :      0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
```




## Generátory počasí

- ✓ Generování denních hodnot počasí pro maximální a minimální teplotu, sluneční záření a srážky
- ✓ Vstupem jsou klimatická data
- ✓ WGEN
    - Nejméně 5 let denních dat

- ✓ SIMMETEO
  - Nejméně 5 let denních dat

- ✓ Klimatický soubor
  - Jeden soubor pro lokalitu
    - AABB.CLI
      - AA = ID instituce
      - BB = ID lokality
    - Příklad: GAGR.CLI

**Hlavička**

```
*CLIMATE : Griffin,Georgia,USA
@ INSI      LAT     LONG  ELEV   TAV   AMP  SRAY  TMXY  TMNY  RAIY
  GAGR   33.262  -84.284   299  16.1   9.4  15.6  22.5   9.7  1193
@START  DURN  ANGA  ANGB REFHT WNDHT SOURCE
  1987    11  0.25  0.50   2.0   3.5 Calculated_from_daily_data
@ GSST  GSDU
     1   365
```

**Měsíční průměry – Simmeteo**

```
*MONTHLY AVERAGES
@MONTH  SAMN  XAMN  NAMN  RTOT  RNUM  SHMN  AMTH  BMTH
     1   8.9  13.0   0.7 128.2  13.4 -99.0 0.250 0.500
     2  11.7  15.1   2.3 111.3  10.0 -99.0 0.250 0.500
     3  15.7  18.9   5.5 119.8  10.3 -99.0 0.250 0.500
     4  20.1  22.7   8.0  91.4   8.7 -99.0 0.250 0.500
     5  20.9  26.8  13.2  70.0   9.7 -99.0 0.250 0.500
     6  20.6  30.0  17.5  88.1  10.9 -99.0 0.250 0.500
     7  21.0  31.6  19.6 118.4  13.3 -99.0 0.250 0.500
     8  19.1  30.8  19.1  87.3   9.8 -99.0 0.250 0.500
     9  16.6  27.9  15.9 120.9  10.0 -99.0 0.250 0.500
    10  13.6  22.4   9.0  68.4   7.8 -99.0 0.250 0.500
    11  10.7  17.3   4.3  96.4   8.9 -99.0 0.250 0.500
    12   8.2  14.0   1.5  93.3  11.0 -99.0 0.250 0.500
```

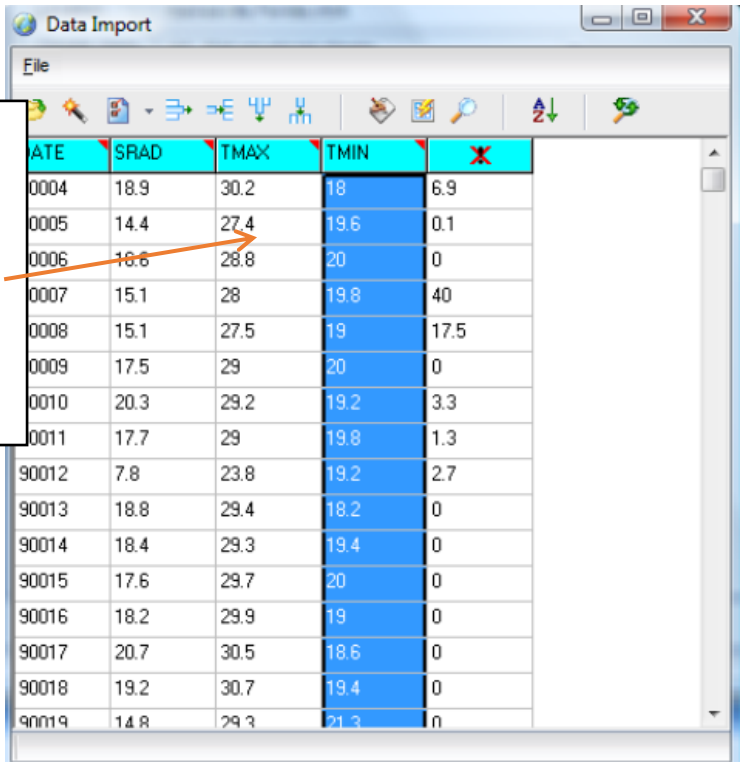
**Parametry WGEN**

```
*WGEN PARAMETERS
@  MTH   SDMN   SDSD   SWMN   SWSD   XDMN   XDSD   XWMN   XWSD   NAMN   NASD ALPHA   RTOT    PDW   RNUM
    1   11.0    3.2    6.2    3.4   12.9    4.6   13.0    4.3    0.7    5.4 0.678  128.2  0.305   13.4
    2   13.4    4.5    8.5    4.5   15.3    5.0   14.8    4.8    2.3    5.9 0.647  111.3  0.262   10.0
    3   18.3    4.5   10.3    5.7   20.0    5.3   16.8    5.3    5.5    5.3 0.634  119.8  0.242   10.3
    4   22.4    4.8   14.4    6.6   23.0    4.8   21.8    4.9    8.0    5.0 0.590   91.4  0.228    8.7
    5   23.0    4.6   16.3    6.3   27.3    3.5   25.6    4.3   13.2    4.1 0.645   70.0  0.243    9.7
    6   22.3    4.1   17.5    5.7   30.5    3.4   29.1    3.5   17.5    2.6 0.645   88.1  0.262   10.9
    7   22.9    3.1   18.6    5.1   32.4    2.1   30.7    2.7   19.6    1.5 0.536  118.4  0.246   13.3
    8   20.4    3.6   16.4    5.1   31.4    2.4   29.7    2.9   19.1    2.1 0.528   87.3  0.200    9.8
    9   18.8    3.5   12.1    5.5   28.6    3.1   26.5    5.0   15.9    3.5 0.535  120.9  0.192   10.0
   10   15.4    3.9    8.3    5.1   22.9    4.0   21.0    3.9    9.0    5.0 0.593   68.4  0.177    7.8
   11   11.9    3.1    7.7    4.1   17.4    5.0   17.2    4.9    4.3    5.2 0.527   96.4  0.229    8.9
   12    9.7    2.9    5.6    3.2   13.8    4.5   14.4    4.7    1.5    5.5 0.582   93.3  0.289   11.0
```

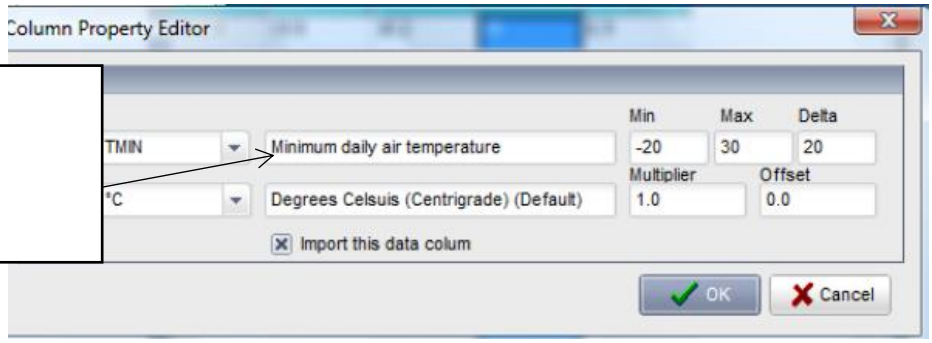
## Nástroj Weatherman

- ✓ Import z textových souborů a dále ze souborů CSV, XLS, XLSX nebo DBF
- ✓ Data se ukládají do databáze a exportují se do meteorologických souborů DSSAT
- ✓ Interaktivní správa dat a analýza klimatu

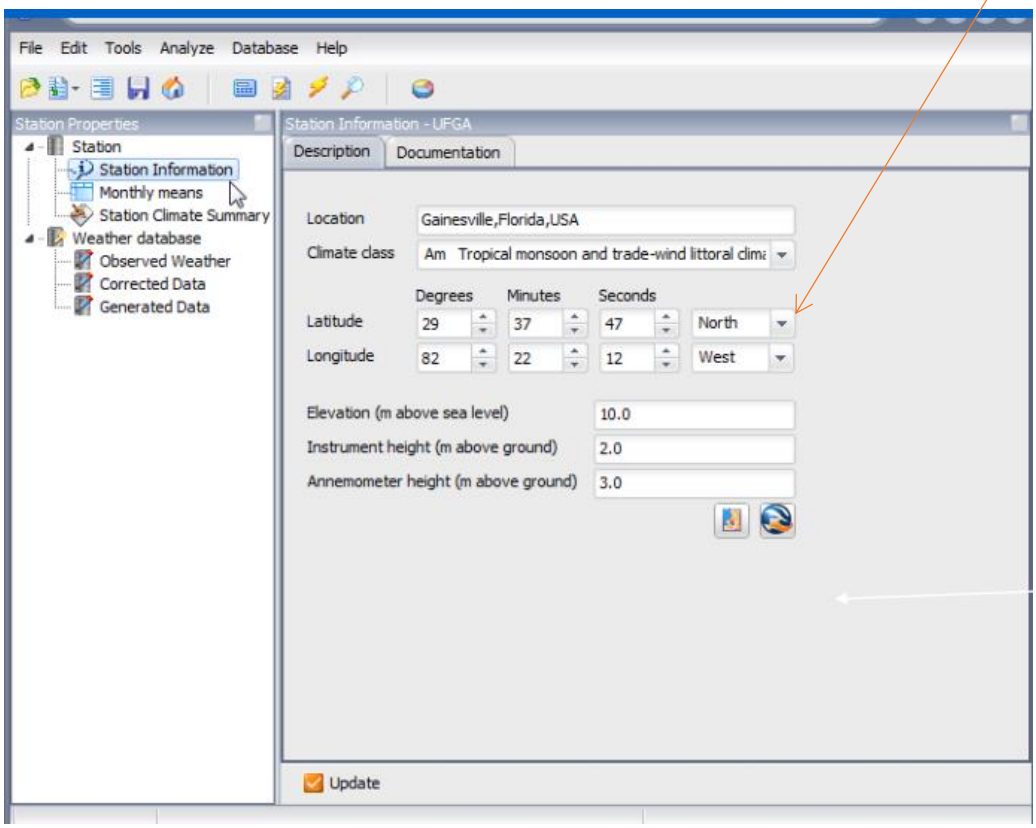
Data lze interaktivně zadávat z importovaných textových, CSV, XLS, XLSX nebo DBF souborů.

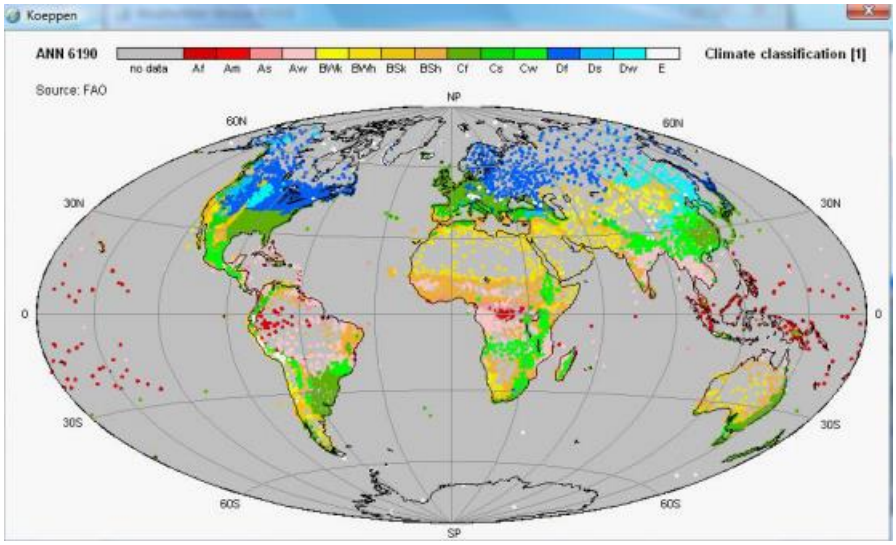


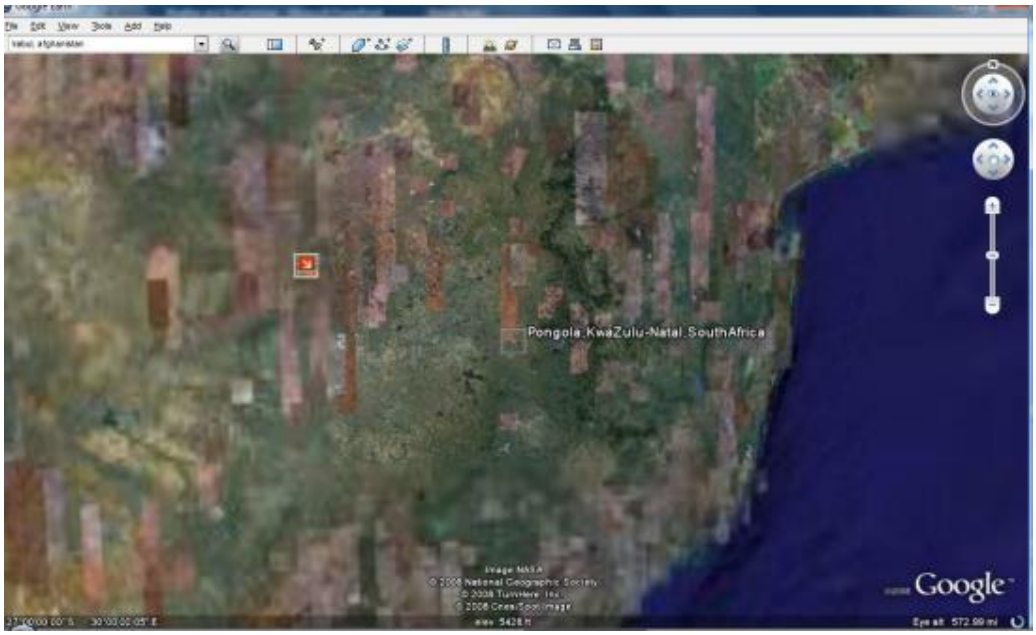
Sloupce lze definovat interaktivně



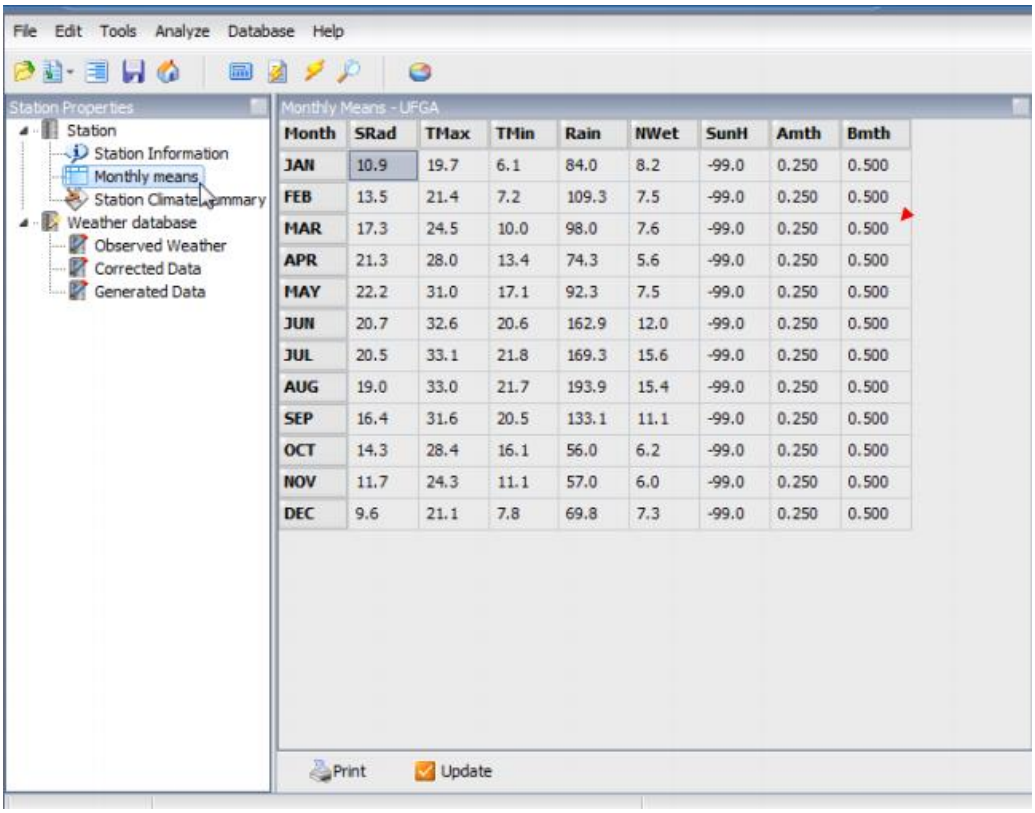

Informace o stanici lze upravovat




Koeppen
ANN 6190
Climate classification [1]
no data
Af
Am
As
Aw
BWk
BWh
BSk
BSh
Cf
Cs
Cw
Df
Ds
Dw
E
Source: FAO
NP
60N
30N
0
30S
60S
SP


Pongola_KwaZulu-Natal_SouthAfrica
Google

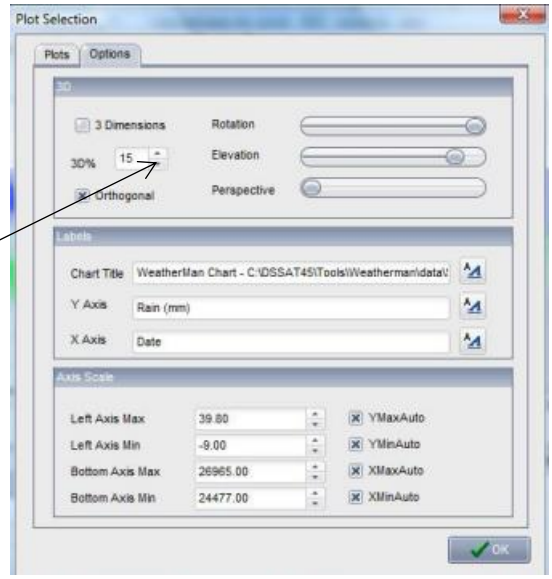
**Měsíční průměry jsou vypočítány a mohou být editovány.**




| Month | SRad | TMax | TMin | Rain | NWet | SunH | Amth | Bmth |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 10.9 | 19.7 | 6.1 | 84.0 | 8.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| FEB | 13.5 | 21.4 | 7.2 | 109.3 | 7.5 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| MAR | 17.3 | 24.5 | 10.0 | 98.0 | 7.6 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| APR | 21.3 | 28.0 | 13.4 | 74.3 | 5.6 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| MAY | 22.2 | 31.0 | 17.1 | 92.3 | 7.5 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| JUN | 20.7 | 32.6 | 20.6 | 162.9 | 12.0 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| JUL | 20.5 | 33.1 | 21.8 | 169.3 | 15.6 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| AUG | 19.0 | 33.0 | 21.7 | 193.9 | 15.4 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| SEP | 16.4 | 31.6 | 20.5 | 133.1 | 11.1 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| OCT | 14.3 | 28.4 | 16.1 | 56.0 | 6.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| NOV | 11.7 | 24.3 | 11.1 | 57.0 | 6.0 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| DEC | 9.6 | 21.1 | 7.8 | 69.8 | 7.3 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |

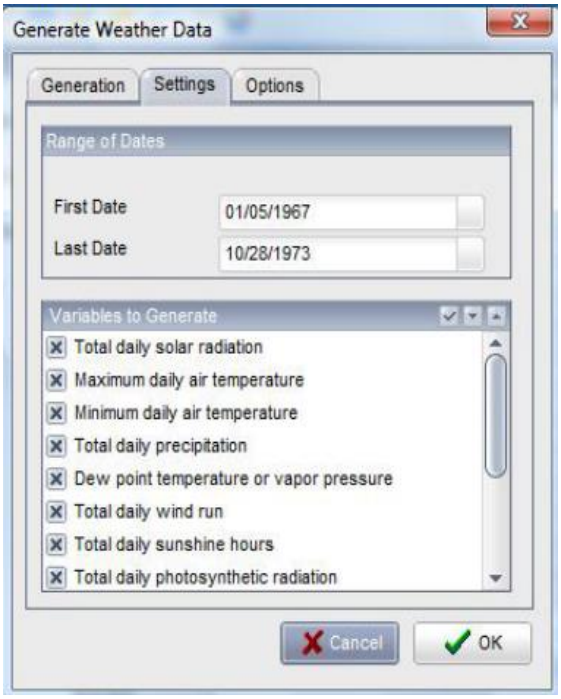
**Data mohou být graficky analyzována.**

Proměnné pro vykreslení, 3D, barvy atd. lze dynamicky upravovat.

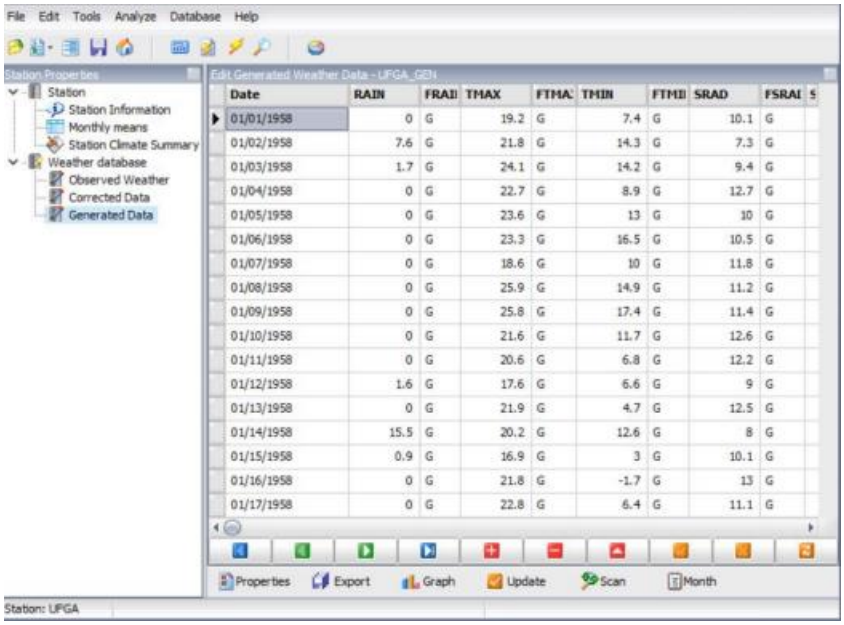


## Stochastické generování počasí

- ✓ Vyplnění mezer v archivních údajích
- ✓ Generování dat na základě průměru a rozptylu
- ✓ Škálování tak, aby odpovídalo měsíčním cílům



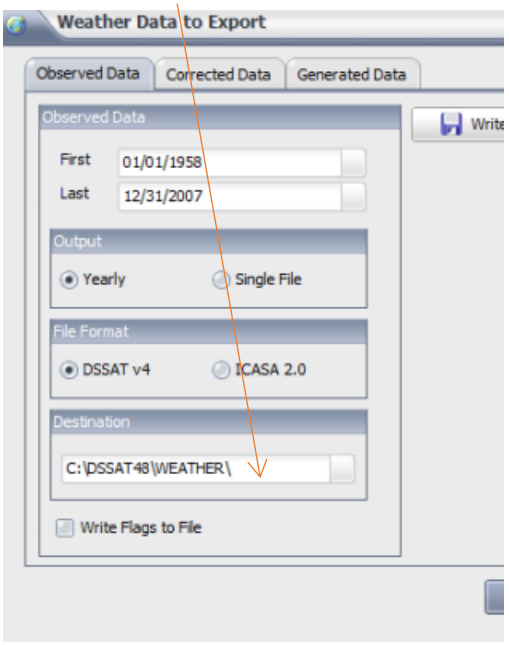

- ✓ Samostatné databáze jsou vytvořené z archivních dat
- ✓ Korigovaná data mohou být kombinací naměřených agenerovaných dat pro záznamy o počasí.

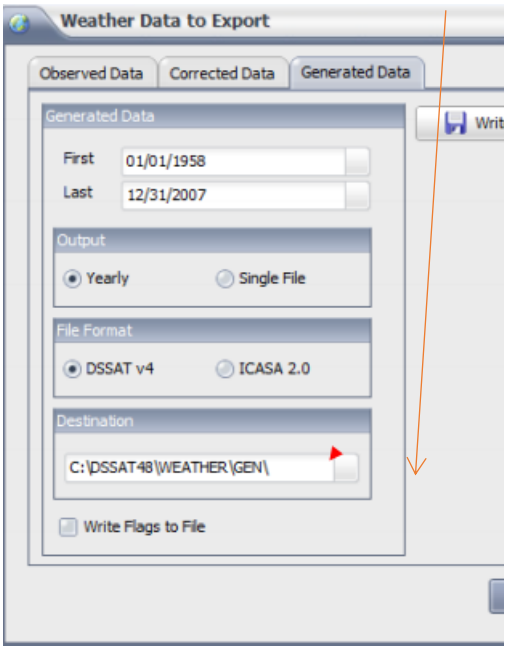


**Data lze následně exportovat pro použití v systému DSSAT.**

Soubory WTH jsou exportovány do adresáře počasí (Weather).

Soubory WTG jsou exportovány do adresáře Gen.



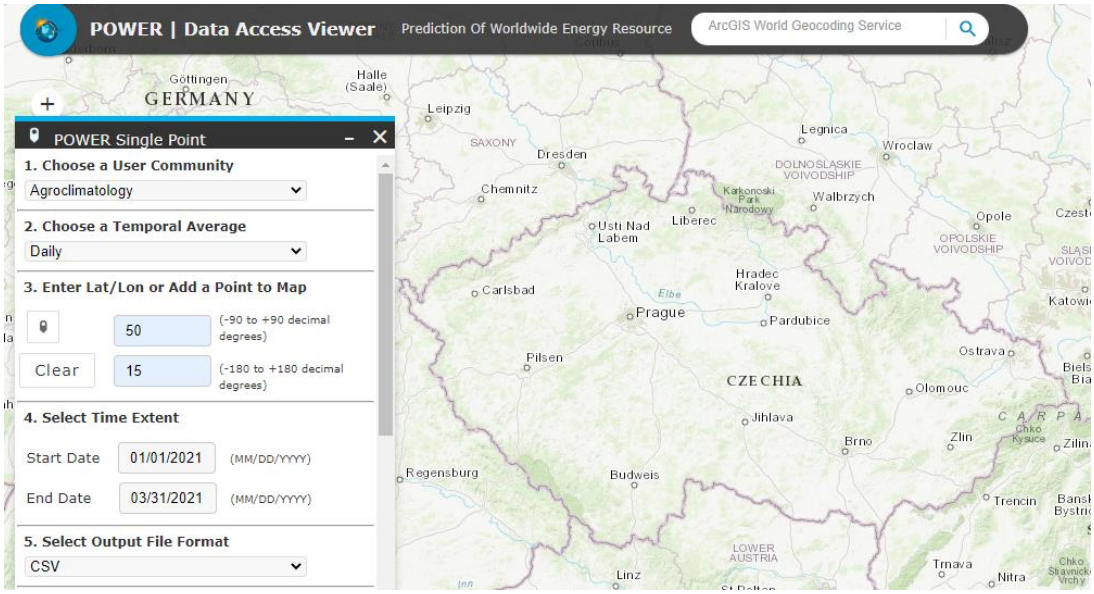




**Další zdroje údajů o počasí**

- ✓ NASA Power – projekt The Power
- ✓ Předpověď NASA o světových zdrojích energie (NASA Prediction of Worldwide Energy Resources)
- ✓ https://power.larc.nasa.gov

**NASA Power**

- ✓ Denní data s rozlišením 0,5 obloukového stupně
- ✓ Denní celkové sluneční záření – dobrá kvalita
- ✓ Denní maximální a minimální teplota – dobrá kvalita
- ✓ Denní úhrn srážek – sporná kvalita



POWER_Point_Daily_20210101_20210301_029d6667N_082d3344W_LST - Notepad

File Edit Format View Help

```
$WEATHER DATA: NASA

! T2M     Temperature at 2 Meters (C)
! TMIN     Temperature at 2 Meters Minimum (C)
! TMAX     Temperature at 2 Meters Maximum (C)
! TDEW     Dew/Frost Point at 2 Meters (C)
! RH2M     Relative Humidity at 2 Meters (%)
! RAIN     Precipitation Corrected (mm)
! WIND     Wind Speed at 2 Meters (m/s)
! SRAD     All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (MJ/m^2/day)
! Mean elevation for source NASA/POWER data tile (0.5 x 0.625 grid cell) = 25.35m

@ INSI   WTHLAT  WTHLONG   WELEV   TAV  AMP  REFHT  WNDHT
  NASA   29.667  -82.334   25.35   9.1  8.6      2      2

@  DATE     T2M    TMIN    TMAX    TDEW    RH2M    RAIN    WIND    SRAD
2021001    21.8    18.6    27.1    19.3    86.7     nan     1.3    10.4
2021002    21.4    18.1    26.3    19.4    89.2     nan     1.3     6.0
2021003    16.7     9.5    20.7    13.0    81.2     nan     1.3    11.2
2021004    10.5     5.0    18.3     4.9    73.0     nan     1.0    15.2
2021005    11.8     6.0    20.5     7.6    76.6     nan     1.2    13.7
2021006    10.6     3.6    19.1     4.2    70.4     nan     0.8    13.9
2021007    14.2     6.9    22.0    10.4    80.5     nan     1.4     8.7
2021008    12.3     6.9    15.3     8.2    77.9     nan     1.7     8.5
2021009     6.5     2.2    12.2     1.8    74.4     nan     1.2     7.7
2021010     5.9     0.1    12.5     1.6    76.2     nan     0.8    13.1
2021011    12.8     4.8    22.3     9.8    83.5     nan     1.1     8.8
2021012    13.1     6.9    15.9    10.4    84.7     nan     1.2     4.5
2021013     9.3     6.8    13.9     6.2    82.6     nan     0.8     5.2
```

## Souhrn

- ✓ Soubory počasí DSSAT V4.8 jsou kompatibilní s dřívějšími verzemi; stanice vytvořené v dřívějších verzích lze importovat
- ✓ Výchozí soubory počasí DSSAT v4.8 nyní používají jako vstupní údaj čtyřmístný identifikator pro rok
- ✓ Větší flexibilita při importu, úpravách a tvorbě grafů archivních meteorologických dat
- ✓ Nová jediná databáze obsahuje všechna archivní data
- ✓ Vyvíjejí se nové generátory počasí (dlouhodobé cíle, ENSO a GCM)

# Vstupy a nástroje půdních dat

## Minimální dataset

- ✓ Minimální soubor dat, která mohou experimentátoři snadno shromáždit
- ✓ Minimální soubor dat, který lze použít jako vstup do modelů a který zaručí spolehlivé simulace příslušných procesů

## Půdní data

- ✓ Půdní metadata
- ✓ Vlastnosti povrchu půdy
- ✓ Vlastnosti půdního profilu

## Půdní metadata

- ✓ Název půdní série
- ✓ Zeměpisná šířka
- ✓ Zeměpisná délka
- ✓ Název místa / lokality
- ✓ Stát
- ✓ Název půdního typu

## Vlastnosti povrchu půdy

- ✓ Albedo (barva) půdy
- ✓ Číslo odtokové křivky
- ✓ Koeficient odvodnění
- ✓ Koeficient mineralizace dusíku v půdě
- ✓ Faktor úrodnosti půdy
- ✓ Metody analýzy pH, fosforu a draslíku

## Vlastnosti půdního profilu

### Fyzikální parametry

- ✓ Hloubka nebo tloušťka půdní vrstvy
- ✓ Textura půdy – používá se pro výpočet dalších parametrů
    - jílovité (%)
    - hlinité (%)
    - písčité

- ✓ Objemová hmotnost
- ✓ $K_{sat}$: nasycená hydraulická vodivost
- ✓ Pedotransferové funkce pro stanovení LL, DUL a SAT (viz níže)

### Chemické parametry

- ✓ Organický uhlík (%)
- ✓ Půdní dusík
- ✓ pH (vody)
- ✓ Kapacita kationtové výměny

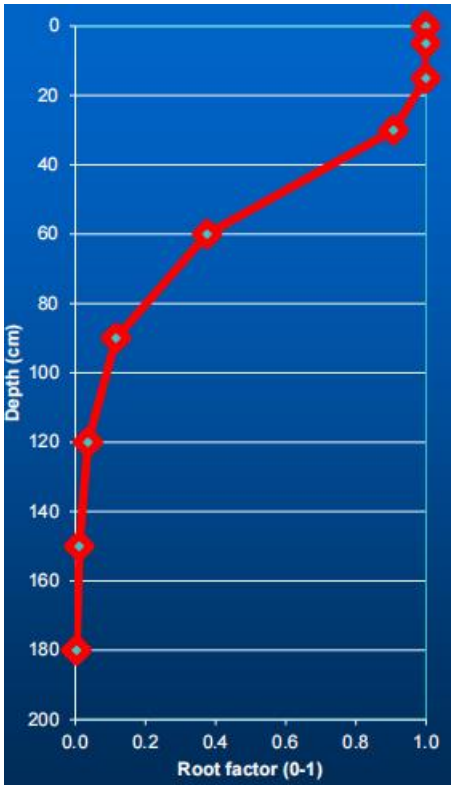
### Biologické parametry

- ✓ Rozložení růstu kořenů
    - relativní faktor (0–1)
    - exponenciální rozpad

### Vodní bilance půdy

- ✓ Překlápěcí kbelík nebo kaskádový přístup
- ✓ Tři kritické vstupy pro půdní vrstvy
    - Dolní hranice vodní kapacity půdy (LL)
        - bod trvalého vadnutí
    - Horní mez odvodnění (DUL)
        - polní kapacita
    - Obsah vody v nasycené půdě (SAT)

## Distribuční funkce růstu kořenů




SRGF

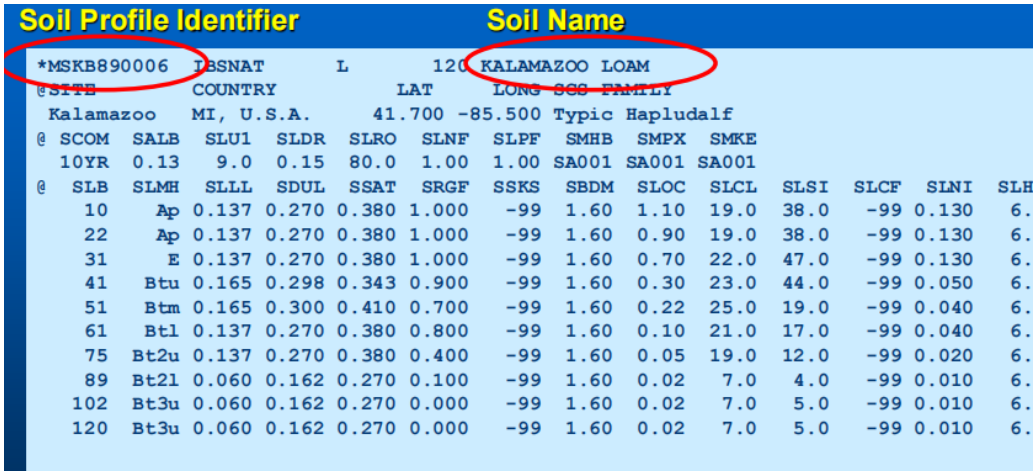
- ✓ relativní faktor (0–1), 1,0 pro povrch půdy
- ✓ exponenciální rozpad

Běžný problém: příliš malé rozložení kořenů v hloubce

## Konvence pojmenovávání půdních souborů

- ✓ Vstupní půdní soubor:
  - SOIL.SOL
  - AA.SOL
    - AA = Identifikátor instituce
    - IT.SOL
- ✓ Identifikátor půdního profilu
  - AABBYYnnnn
    - AA = Identifikátor instituce
    - BB = Identifikátor lokality
    - YY = Rok
    - nnnn = Číslo profilu
- ✓ Příklad: ITHY990001

## Hlinitá půda Kalamazoo




*MSKB890006 IBSNAT L 120 KALAMAZOO LOAM
@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
Kalamazoo MI, U.S.A. 41.700 -85.500 Typic Hapludalf

| @ SCOM | SALB | SLU1 | SLDR | SLRO | SLNF | SLPF | SMHB | SMPX | SMKE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10YR | 0.13 | 9.0 | 0.15 | 80.0 | 1.00 | 1.00 | SA001 | SA001 | SA001 |

| @ SLB | SLMH | SLLL | SDUL | SSAT | SRGF | SSKS | SBDM | SLOC | SLCL | SLSI | SLCF | SLNI | SLH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ap | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 1.10 | 19.0 | 38.0 | -99 | 0.130 | 6. |
| 22 | Ap | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 0.90 | 19.0 | 38.0 | -99 | 0.130 | 6. |
| 31 | E | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 0.70 | 22.0 | 47.0 | -99 | 0.130 | 6. |
| 41 | Btu | 0.165 | 0.298 | 0.343 | 0.900 | -99 | 1.60 | 0.30 | 23.0 | 44.0 | -99 | 0.050 | 6. |
| 51 | Btm | 0.165 | 0.300 | 0.410 | 0.700 | -99 | 1.60 | 0.22 | 25.0 | 19.0 | -99 | 0.040 | 6. |
| 61 | Btl | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 0.800 | -99 | 1.60 | 0.10 | 21.0 | 17.0 | -99 | 0.040 | 6. |
| 75 | Bt2u | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 0.400 | -99 | 1.60 | 0.05 | 19.0 | 12.0 | -99 | 0.020 | 6. |
| 89 | Bt2l | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.100 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 4.0 | -99 | 0.010 | 6. |
| 102 | Bt3u | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.000 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 5.0 | -99 | 0.010 | 6. |
| 120 | Bt3u | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.000 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 5.0 | -99 | 0.010 | 6. |

## Hlinitá půda Kalamazoo

### Metadata

*MSKB890006 IBSNAT L 120 KALAMAZOO LOAM
@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
Kalamazoo MI, U.S.A. 41.700 -85.500 Typic Hapludalf

| @ SCOM | SALB | SLU1 | SLDR | SLRO | SLNF | SLPF | SMHB | SMPX | SMKE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10YR | 0.13 | 9.0 | 0.15 | 80.0 | 1.00 | 1.00 | SA001 | SA001 | SA001 |

| @ SLB | SLMH | SLLL | SDUL | SSAT | SRGF | SSKS | SBDM | SLOC | SLCL | SLSI | SLCF | SLNI | SLHW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ap | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 1.10 | 19.0 | 38.0 | -99 | 0.130 | 6.5 |
| 22 | Ap | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 0.90 | 19.0 | 38.0 | -99 | 0.130 | 6.5 |
| 31 | E | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 1.000 | -99 | 1.60 | 0.70 | 22.0 | 47.0 | -99 | 0.130 | 6.5 |
| 41 | Btu | 0.165 | 0.298 | 0.343 | 0.900 | -99 | 1.60 | 0.30 | 23.0 | 44.0 | -99 | 0.050 | 6.5 |
| 51 | Btm | 0.165 | 0.300 | 0.410 | 0.700 | -99 | 1.60 | 0.22 | 25.0 | 19.0 | -99 | 0.040 | 6.0 |
| 61 | Btl | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 0.800 | -99 | 1.60 | 0.10 | 21.0 | 17.0 | -99 | 0.040 | 6.0 |
| 75 | Bt2u | 0.137 | 0.270 | 0.380 | 0.400 | -99 | 1.60 | 0.05 | 19.0 | 12.0 | -99 | 0.020 | 6.0 |
| 89 | Bt2l | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.100 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 4.0 | -99 | 0.010 | 6.0 |
| 102 | Bt3u | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.000 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 5.0 | -99 | 0.010 | 6.0 |
| 120 | Bt3u | 0.060 | 0.162 | 0.270 | 0.000 | -99 | 1.60 | 0.02 | 7.0 | 5.0 | -99 | 0.010 | 6.0 |

## Hlinitá půda Kalamazoo

### Vlastnosti povrchu půdy

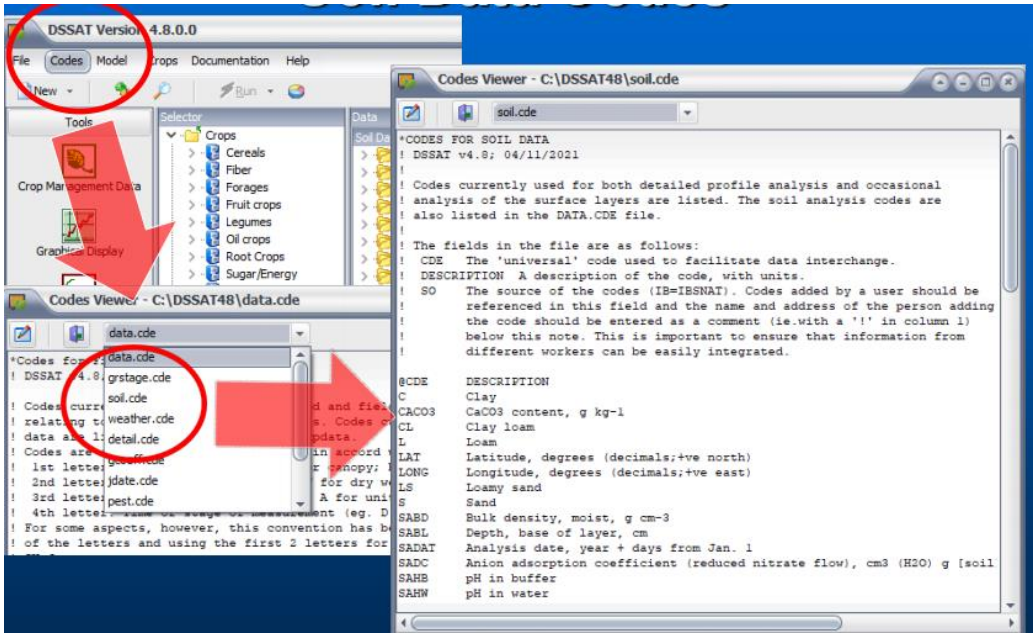
```
*MSKB890006  IBSNAT       L        120 KALAMAZOO LOAM
@SITE        COUNTRY           LAT     LONG SCS FAMILY
 Kalamazoo   MI, U.S.A.      41.700 -85.500 Typic Hapludalf
@ SCOM  SALB   SLU1   SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
  10YR  0.13    9.0   0.15  80.0  1.00  1.00 SA001 SA001 SA001
@   SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW
     10    Ap 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  1.10  19.0  38.0   -99 0.130   6.5
     22    Ap 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  0.90  19.0  38.0   -99 0.130   6.5
     31     E 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  0.70  22.0  47.0   -99 0.130   6.5
     41   Btu 0.165 0.298 0.343 0.900   -99  1.60  0.30  23.0  44.0   -99 0.050   6.5
     51   Btm 0.165 0.300 0.410 0.700   -99  1.60  0.22  25.0  19.0   -99 0.040   6.0
     61   Btl 0.137 0.270 0.380 0.800   -99  1.60  0.10  21.0  17.0   -99 0.040   6.0
     75  Bt2u 0.137 0.270 0.380 0.400   -99  1.60  0.05  19.0  12.0   -99 0.020   6.0
     89  Bt2l 0.060 0.162 0.270 0.100   -99  1.60  0.02   7.0   4.0   -99 0.010   6.0
    102  Bt3u 0.060 0.162 0.270 0.000   -99  1.60  0.02   7.0   5.0   -99 0.010   6.0
    120  Bt3u 0.060 0.162 0.270 0.000   -99  1.60  0.02   7.0   5.0   -99 0.010   6.0
```

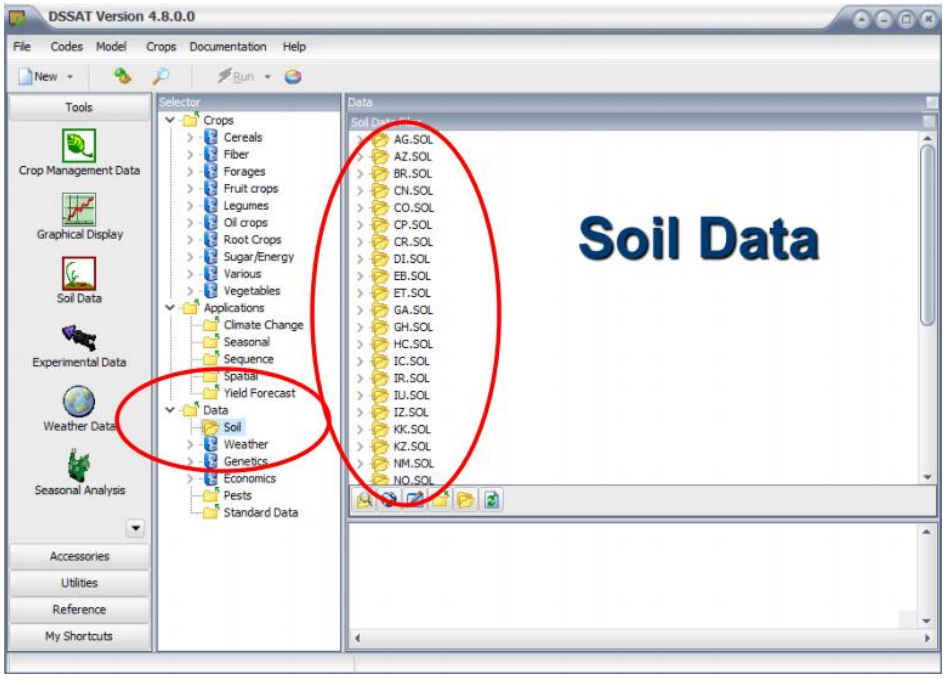
## Hlinitá půda Kalamazoo

### Vlastnosti profilu

```
*MSKB890006  IBSNAT       L        120 KALAMAZOO LOAM
@SITE        COUNTRY           LAT     LONG SCS FAMILY
 Kalamazoo   MI, U.S.A.      41.700 -85.500 Typic Hapludalf
@ SCOM  SALB   SLU1   SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
  10YR  0.13    9.0   0.15  80.0  1.00  1.00 SA001 SA001 SA001
@   SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW
     10    Ap 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  1.10  19.0  38.0   -99 0.130   6.5
     22    Ap 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  0.90  19.0  38.0   -99 0.130   6.5
     31     E 0.137 0.270 0.380 1.000   -99  1.60  0.70  22.0  47.0   -99 0.130   6.5
     41   Btu 0.165 0.298 0.343 0.900   -99  1.60  0.30  23.0  44.0   -99 0.050   6.5
     51   Btm 0.165 0.300 0.410 0.700   -99  1.60  0.22  25.0  19.0   -99 0.040   6.0
     61   Btl 0.137 0.270 0.380 0.800   -99  1.60  0.10  21.0  17.0   -99 0.040   6.0
     75  Bt2u 0.137 0.270 0.380 0.400   -99  1.60  0.05  19.0  12.0   -99 0.020   6.0
     89  Bt2l 0.060 0.162 0.270 0.100   -99  1.60  0.02   7.0   4.0   -99 0.010   6.0
    102  Bt3u 0.060 0.162 0.270 0.000   -99  1.60  0.02   7.0   5.0   -99 0.010   6.0
    120  Bt3u 0.060 0.162 0.270 0.000   -99  1.60  0.02   7.0   5.0   -99 0.010   6.0
```

## Kódy půdních dat



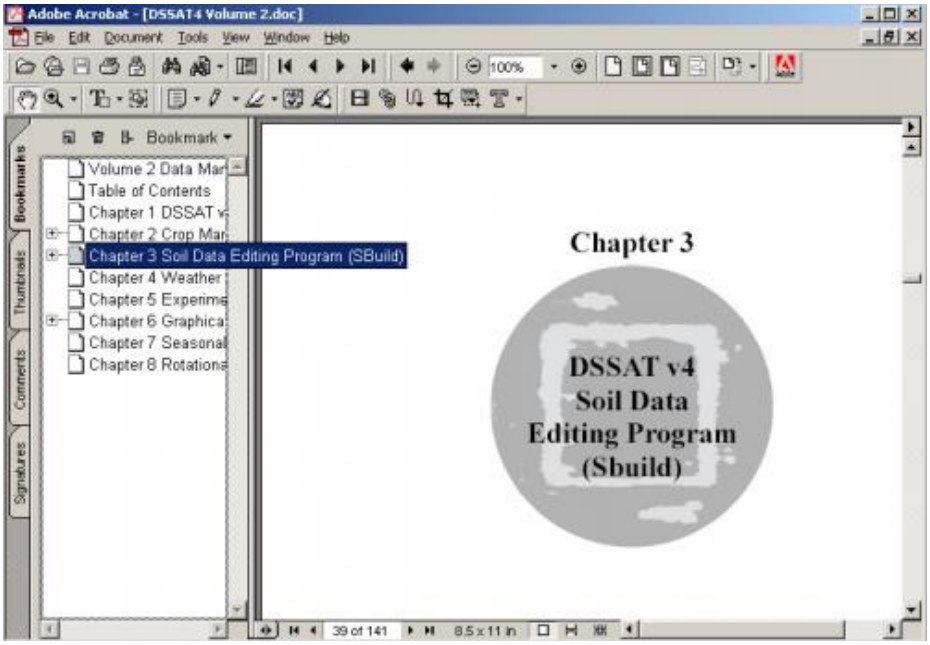
**Půdní profily WISE: https://www.isric.org/explore/wise-Databases**

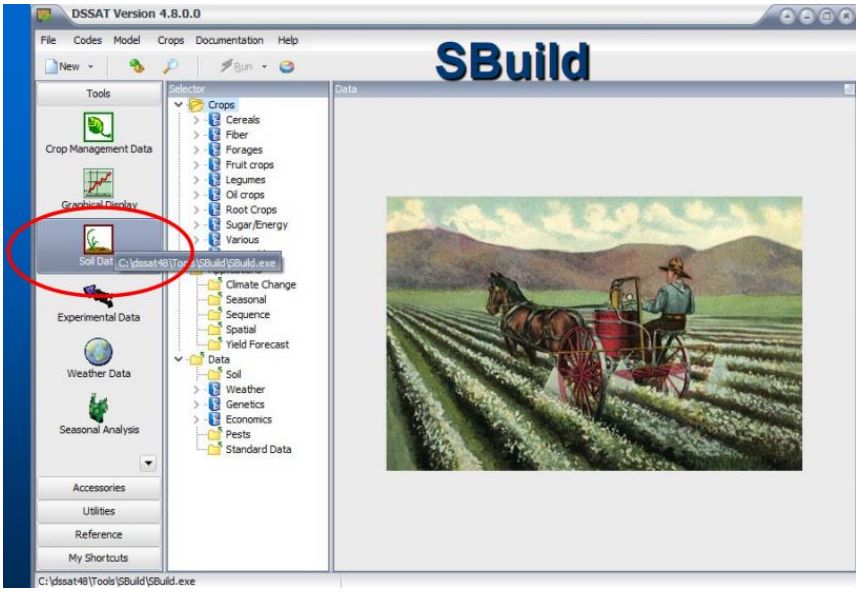
Databáze odvozené od WISE lze použít k řešení řady globálních problémů, hodnocení produkce plodin, zranitelnosti půdy vůči znečištění, zásob uhlíku v půdě a změn a potenciálu plynných emisí v půdě. Databáze obsahuje soubor údajů o půdních profilech, které jsou považovány za reprezentativní pro půdní jednotky *Půdní mapy světa FAO* a později Harmonizované světové databáze půd (HWSD). Tyto profily byly použity k odhadu půdních vlastností podle půdní jednotky FAO a hloubkové zóny, včetně:

- ✓ organického uhlíku
- ✓ celkového dusíku
- ✓ pH vody
- ✓ kapacity kationtové výměny
- ✓ nasycení hliníkem
- ✓ obsahu vápníku a uhličitanu
- ✓ výměnného sodíku, elektrické vodivosti, objemové hmotnosti
- ✓ frakcí písku, jílu a hlíny

## Nástroj SBuild

- ✓ Vytvoření/úprava vstupních souborů půdy pro vyhodnocení a použití simulačních modelů plodin pro DSSAT verze 4.8





**Pozor!**

- ✓ Ukládání dat v nástroji SBuild probíhá ve dvou fázích.
- ✓ SBuild vyžaduje, abyste nejprve uložili PROFIL. Až poté uložte soubor! Obojí musíte provést v tomto pořadí, jinak můžete o svá data přijít.
- ✓ Po dokončení nejprve zavřete PROFIL a poté soubor.

# Modelování půdní organické hmoty

## Úvod

### Proč modelovat půdní uhlík?

- ✓ Úrodnost půdy
  - systémy s nízkými vstupy
  - osvědčené postupy hospodaření
- ✓ Dlouhodobé simulace – udržitelnost půdních systémů (sekvestrace/ztráta uhlíku v půdě)
- ✓ Možnosti hospodaření s posklizňovými zbytky pěstovaných plodin
- ✓ Konvenční obdělávání půdy vs. systémy bez obdělávání půdy
- ✓ Zvýšení schopnosti půdy zadržovat vodu
- ✓ Snížení výkyvů teploty půdy

### Moduly půdní organické hmoty (SOM) v DSSAT

- ✓ Dva moduly SOM v DSSAT
  - Godwin-Singh – model založený na modelu CERES
  - Parton – model založený na modelu CENTURY
- ✓ Přepínání v ovládacích prvcích simulace umožňuje uživateli volbu
  - Modul CERES je výchozí pro experimenty v jediné sezóně
  - Modul CENTURY je výchozí pro režim střídání (rotace) plodin

### Kdy použít modul půdní organické hmoty CENTURY a kdy CERES?

- ✓ Godwin-Singh / CERES
  - Jednodušší model, jednodušší vstupy
  - Vhodný pro systémy s velkým množstvím vstupů, simulace v jedné sezóně
- ✓ Parton / CENTURY
  - Složitější model, obtížnější parametrizace
  - Užitečný pro zkoumání dlouhodobé dynamiky uhlíku, sekvestrace uhlíku a udržitelnosti

## MODEL DSSAT-CENTURY SOM

- ✓ Příklad toků uhlíku, dusíku a fosforu z rozkládající se organické hmoty do jiného zásobníku organické hmoty. Dusík a fosfor mohou být v tomto procesu buď imobilizovány, nebo mineralizovány. Uhlík se ztrácí jako $CO_2$ do atmosféry.

## Rychlost rozkladu organické hmoty

- ✓ Maximální míra rozkladu pro každý zásobník je uvedena v externím souboru SOMFX048.SDA
- ✓ Skutečná míra rozkladu se vypočítává na denní bázi na základě:
  - teploty půdy
  - půdní vlhkosti
  - textury půdy
  - nedávného zpracování půdy

## Modelované procesy

- ✓ Mineralizace dusíku a fosforu do anorganických zásobníků
- ✓ Imobilizace dusíku a fosforu z anorganických zásobníků
- ✓ Emise $CO_2$ z rozkladu půdní organické hmoty
- ✓ Emise $N_2O$, NO a $N_2$
- ✓ Emise metanu (nové ve verzi 4.8)

## Minimální údaje pro model CENTURY

- ✓ Celkový půdní organický uhlík (soubor půdy (Soil file) nebo oddíl půdní analýzy (Soil Analysis) v souboru FileX)
- ✓ Textura půdy (soubor půdy – Soil File)

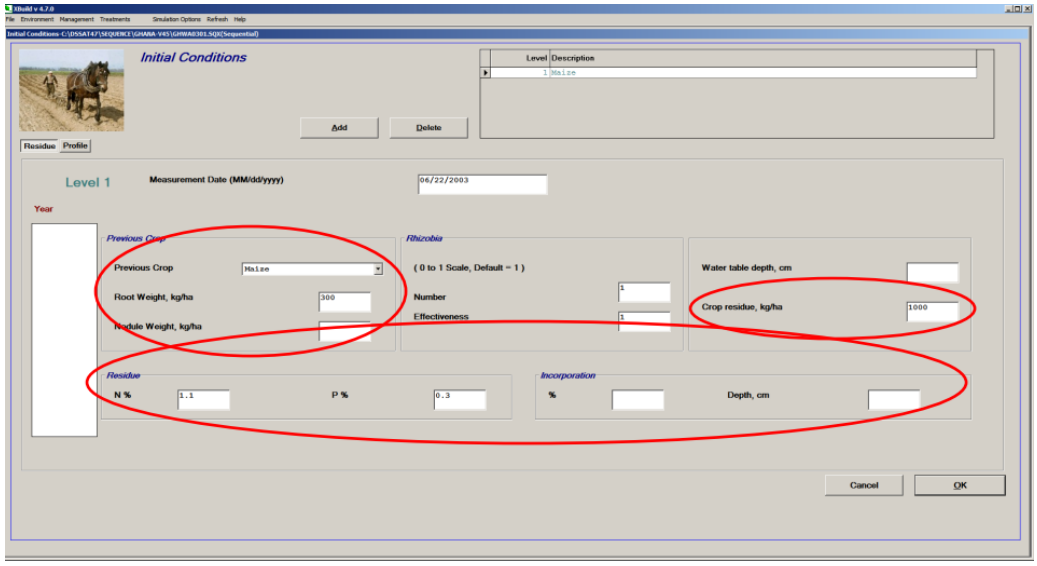
## Data v souboru půdy (Soil File)

```
*SUMO930002  MOROGORO, TZ SALO 100   OXISOL ISOHYPERTHEMIC, ARIDIC  TROPUSTIC

@SITE        COUNTRY          LAT     LOG  SCS FAMILY
 MOROGORO    TANZANIA        -6.5    37.3 REDDISH BROWN SAND LOAM

@ SCOM  SALB  SLUI  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE  SRGP
  2.5YR  0.12   6.0  0.50  84.0  1.00  0.80 IB001 SA005 IB001 IB003

@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI
    10    Ap 0.091 0.227 0.382 1.000 16.56  1.55  1.13  60.0  20.0  20.0  0.06
    20    Ap 0.066 0.202 0.382 0.841 16.56  1.55  1.13  65.0  30.0  15.0  0.06
    30     E 0.104 0.240 0.399 0.499 16.16  1.50  0.76  65.0  15.0  30.0  0.05
    40    AB 0.125 0.261 0.365 0.338 16.56  1.60  0.76  53.0  13.0  24.0  0.06
    50    B1 0.088 0.224 0.382 0.166  6.98  1.55  0.70  65.0  13.0  22.0  0.05
    60    B2 0.165 0.301 0.347 0.134  5.98  1.65  0.70  55.0  10.0  35.0  0.04
    70    B2 0.053 0.189 0.417 0.019  5.98  1.45  0.40  68.0  15.0  17.0  0.04
    80    B2 0.159 0.295 0.417 0.016 16.55  1.45  0.33  40.0  24.0  36.0  0.05
    90    B3 0.154 0.290 0.434 0.012  5.99  1.40  0.33  35.0  30.0  35.0  0.05
   100    B3 0.089 0.225 0.472 0.003  5.99  1.29  0.30  38.0  22.0  20.0  0.03
```

## Minimální údaje pro model CENTURY

- ✓ Celkový půdní organický uhlík (soubor půdy (Soil File) nebo soubor FileX)
- ✓ Textura půdy (soubor půdy – Soil File)
- ✓ Čerstvá organická hmota ze zbytků předchozí plodiny (soubor FileX)

## Počáteční vstup čerstvé organické hmoty



## Soubor s charakteristikami reziduí RESCH048.SDA ve složce StandardData

```
!RETYP  Residue type code
!CR     Crop type (if applicable)
!AM     Area covered per unit dry weight of residue (cm2/g = ha/kg*10^5)
!WATFAC Saturation water content of surface mulch (kg[H2O]/kg[DM] = mm-ha/kg * 10^4)
!EXTFAC Mulch layer light extinction coefficient
!PSLIG  Proportion of lignin in surface residue (fraction)
!SCN    N content of initial surface (shoots) residue (%)
!SCP    P content of initial surface (shoots) residue (%)
!PRLIG  Proportion of lignin in subsurface residue (fraction)
!RCN    N content of initial subsurface (roots) residue (%)
!RCP    P content of initial subsurface (roots) residue (%)

*CHARACTERISTICS
!Res Crop |---------------- Surface ----------------| |-- Sub-surface --|
!Type  ID   Cover  Satur.  Evapor  Lignin  Nitr  Phos  Lignin  Nitr  Phos
@RETYP CR      AM  WATFAC  EXTFAC   PSLIG   SCN   SCP   PRLIG   RCN   RCP Description
!Generic Crops
 RE001 --      37     3.8    0.80    0.10  1.10  0.20    0.15  0.90  0.09 Generic crop residue
 RE101 --      32     3.8    0.50    0.12  1.20  0.25    0.18  0.75  0.06 Generic legume residue
 RE201 --      37     3.5    0.85    0.08  1.10  0.32    0.10  0.90  0.16 Generic cereal crop residue
 RE301 --      40     3.5    0.80    0.07  1.10  0.13    0.11  0.90  0.06 Generic grass
 RE999 DC      32     3.8    0.80    0.20  0.40  0.04    0.30  0.25  0.02 Decomposed crop residue

!Cereals
!RETYP CR      AM  WATFAC  EXTFAC   PSLIG   SCN   SCP   PRLIG   RCN   RCP Description
 RE202 ML      30     3.5    0.85    0.09  1.10  0.32    0.10  0.90  0.16 Pearl millet residue
 RE203 MZ      30     3.5    0.86    0.10  1.10  0.32    0.10  0.90  0.16 Maize residue
 RE204 SG      30     3.5    0.85    0.06  1.10  0.20    0.10  0.90  0.10 Sorghum residue
 RE205 WH      45     5.0    0.85    0.06  0.59  0.16    0.10  0.50  0.08 Wheat residue
 RE206 BA      40     3.8    0.85    0.03  1.90  0.54    0.06  1.50  0.27 Barley
 RE207 RI      40     3.8    0.85    0.04  0.75  0.10    0.07  0.60  0.10 rice
 RE208 --      42     3.8    0.81    0.03  2.00  0.55    0.06  1.50  0.27 rye
```

## Minimální údaje pro model CENTURY

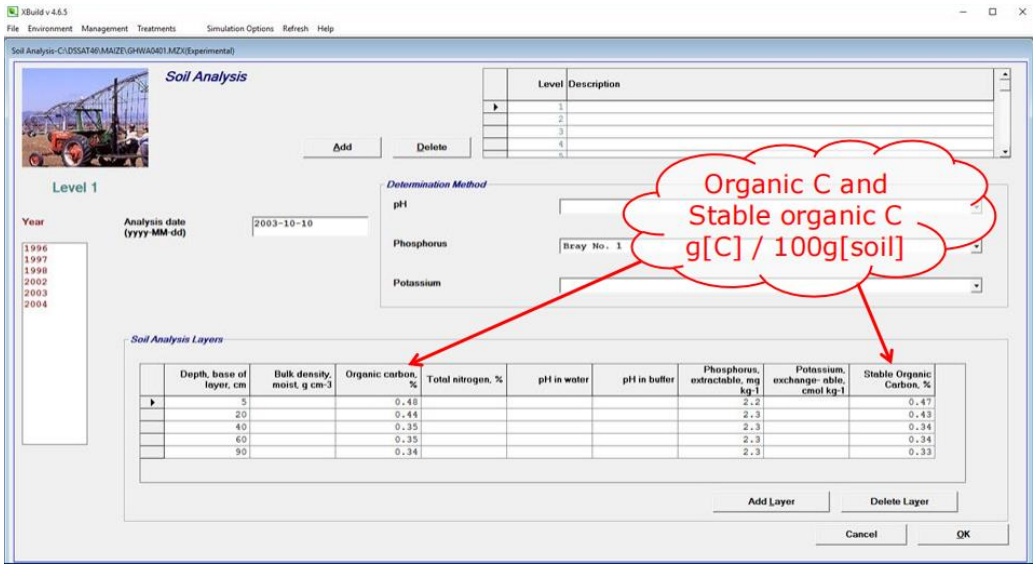
- ✓ Celkový půdní organický uhlík (soubor půdy (Soil File) nebo soubor FileX)
- ✓ Textura půdy (soubor půdy – Soil File)
- ✓ Čerstvá organická hmota ze zbytků předchozí plodiny (soubor FileX)
- ✓ Zbývající vstupy závisí na způsobu inicializace zásobníků půdní organické hmoty.

## Inicializace zásobníků půdního organického uhlíku pro model CENTURY v DSSAT-CSM

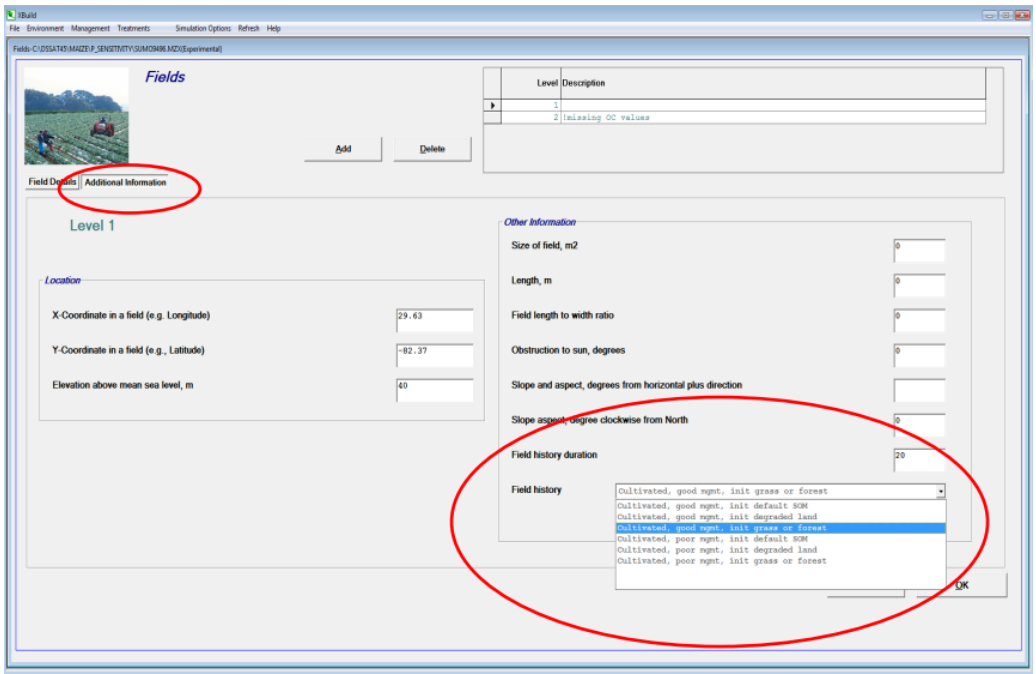
- ✓ **Tři možnosti pro odhad stabilního uhlíku v DSSAT:**
- ✓ **NEJLEPŠÍ**: Použijte naměřené hodnoty celkového organického uhlíku a stabilního organického uhlíku (SOC3) v závislosti na hloubce, zadané přímo do sekce Analýza půdy.
    - Náhradní řešení: Proveďte iterační „spin-up“ simulace s naměřeným celkovým organickým uhlíkem jako cílem pro určení podílů SOM1, SOM2 a SOM3 v době počátečních podmínek.
- ✓ Poskytněte historii plodin, aby model mohl odhadnout stabilní organický uhlík (SOM3) pomocí textury půdy.

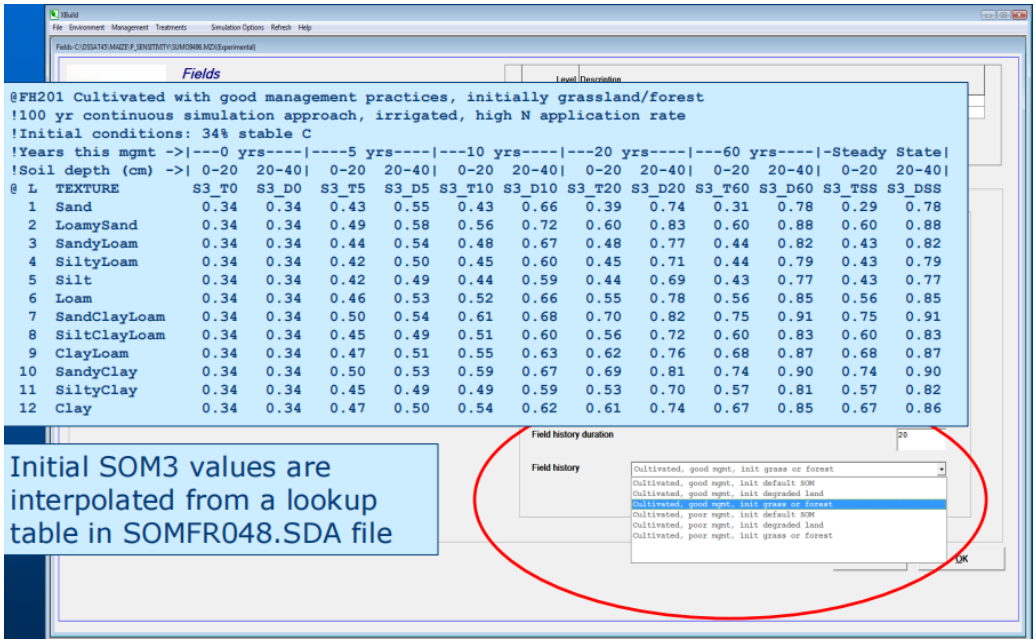
✓ Model odhadne SOM3 pomocí rovnice Adiku (výchozí nastavení, pokud nejsou poskytnuty žádné další informace).

## Metoda 1: změřený celkový půdní uhlík a stabilní půdní uhlík




## Metoda 2: Historie pole (Field history)






## Metoda 3: Rovnice Adiku

- ✓ Podíl stabilního uhlíku je v regresní rovnici založen na textuře půdy (ta je pevně zakotvena v modelu):
    - SOM3 = 0,015 · (jíl + jemné částice) + 0,069

## Inicializační data pro simulace CENTURY

- ✓ Krok 1: U všech tří metod začněte s hodnotou zadanou uživatelem.
    - Celkový organický uhlík (půdní soubor nebo část souboru FileX věnovaná analýze půdy)

- ✓ Krok 2: Stabilní uhlík (SOM3) se zadává buď přímo (metoda 1), nebo se odhaduje pomocí modelu (metody 2 a 3):
    - Přímý vstup naměřených hodnot stabilního uhlíku
    - Odhad na základě historie pole / lokality
    - Regresní rovnice na základě údajů o textuře půdy

- ✓ Krok 3: Předpokládá se, že aktivní (SOM1) a přechodné (SOM2) zásobníky tvoří 5 % a 95 % zbývající půdní organické hmoty (SOM).

## Soubor INFO.OUT poskytuje informace o odhadu zásobníku SOM

- ✓ Organický uhlík ve svrchních 20 cm půdy v průběhu času pro jílovité písky Tifton se dvěma počátečními obsahy organické hmoty (vysoký organický uhlík = 0,74 % a nízký organický uhlík = 0,35 %) a dvěma počátečními frakcemi stabilní organické hmoty (vysoký stabilní uhlík = 90 %, nízký stabilní uhlík = 40 %).

## Nejistoty

- ✓ Inicializace půdní organické hmoty (SOM) a čerstvé organické hmoty (FOM)
  - Frakce SOM3 výrazně ovlivňuje rychlost rozkladu SOM a mineralizaci dusíku
  - Počáteční FOM má značný vliv na rozklad a uvolňování dusíku v následující sezóně
  - Počáteční obsah $NO_3$ a $NH_4^+$ v půdním profilu
- ✓ Maximální rychlost rozkladu různých zásobníků
  - Strukturní a metabolické zásobníky SOM1, SOM2, SOM3 a FOM
- ✓ Vliv okolního prostředí na rychlost rozkladu
  - Obsah vody v půdě
  - Teplota
  - pH
  - Textura

## Závěrečné poznámky

- V systémech s nízkými vstupy mohou být půdní parametry mnohem důležitější než koeficienty odrůdy.
- Některé parametry a počáteční podmínky je obtížné měřit:
  - Pro odhad použijte zástupná měření (proxy measurements).
  - Použijte inverzní modelování, podobný postup pro půdní koeficienty a koeficienty odrůdy (kalibrace).
  - K odhadu počátečních podílů uhlíku v půdě použijte metodu spin-up.

# Simulace produkce limitované fosforem v půdě a rostlinách

## Význam fosforu (P)

- ✓ 11. nejrozšířenější prvek v zemské kůře
- ✓ Prakticky každá živá buňka potřebuje fosfor
- ✓ Neobnovitelný zdroj s omezenými zásobami
- ✓ P je jednou z hlavních živin potřebných pro rostliny (NPK)
- ✓ Mnoho půd má nedostatek fosforu dostupného pro rostliny
- ✓ Písčité půdy mají nízký obsah fosforu
- ✓ Půdy s obsahem Fe, Al, Ca a jílu vážou fosfor
- ✓ P je ve srovnání s N a K zdaleka nejméně pohyblivý, a proto je jeho dostupnost pro rostliny omezená

## Proč modelujeme produkci omezenou fosforem?

Závislost produkce potravin na fosfátových hnojivech vyžaduje udržitelné postupy hospodaření, tak aby byla zajištěna jejich ekonomická životaschopnost a dostupnost pro zemědělce.

## Aplikace model fosforu

- ✓ Bilance anorganického fosforu v půdě
  - Přeměna zásobníků anorganického fosforu
  - Přidávání hnojiv
  - Fosfor dostupný rostlinám
- ✓ Bilance organického fosforu v půdě
  - Přeměna zásobníků organického fosforu
  - Mineralizace a imobilizace
- ✓ Obecný modul fosforu pro rostliny (v současné době jsou propojeny sója, podzemnice olejná, rýže, čirok a kukuřice)
  - Rostlinná potřeba fosforu
  - Příjem fosforu kořeny
  - Stresy způsobené nedostatkem fosforu ovlivňující rozdělování a růst

## Model fosforu v půdě a plodinách

## Anorganické procesy v půdě

- ✓ Fosfor dostupný rostlinám: rostliny přijímají fosfor pouze z roztoku v kořenové zóně.
- ✓ Dostupnost fosforu závisí na vlastnostech půdy a na rozložení a obsahu vody v kořenech.
- ✓ Kořenový zásobník nestabilního fosforu přijímá fosfor přímo z:
  - nestabilního fosforu mimo kořeny (s prorůstáním kořenů)
  - aplikace hnojiv
  - zásobníku kořenového aktivního fosforu
  - organických zásobníků (mineralizace / imobilizace)
- ✓ Fosforečné hnojivo může být pásové, aplikované „v kopečku“ nebo rozmetané; zapracované, vstřikované nebo aplikované na povrch.

## Procesy půdní organické hmoty

- ✓ Fosfor se pohybuje s uhlíkem
- ✓ Fosfor se může přeměňovat mineralizací nebo imobilizací
  - v závislosti na poměru C:P při přeměnách organické hmoty
- ✓ Čistý mineralizovaný fosfor se přidává do anorganických zásobníků.

## Procesy rostlinného fosforu

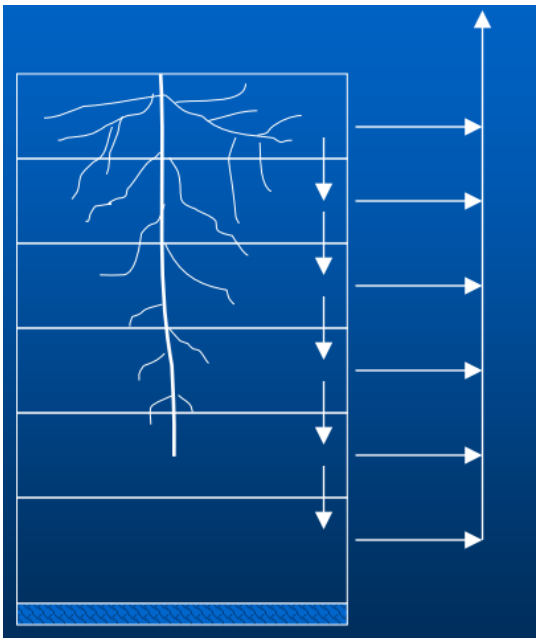
- ✓ Denní příjem fosforu je minimem půdní zásoby a potřeby rostlin.

- ✓ Zásobou fosforu v půdě pro každý den je roztok fosforu v zóně v blízkosti kořenů (poloměr kolem kořenů v závislosti na druhu).
- ✓ Semena mají při přidělování fosforu přednost.
- ✓ Fosfor může být do semen remobilizován z výhonků, kořenů a obalů semen.

## Data rostlinného fosforu – soubor pro konkrétní druh

```
*PHOSPHORUS CONTENT (g [P]/g [shoot])
  0.0070   0.0025   0.0020  Optimum Shoot Conc (emerg, End L. Growth, p. mat)
   -99.0    -99.0    -99.0  Optimum Leaf Conc  (   "              "           "     )
   -99.0    -99.0    -99.0  Optimum Stem Conc  (   "              "           "     )
  .00041   .00041   .00041  Optimum Root Conc  (   "              "           "     )
  0.0050   0.0050   0.0005  Optimum Shell Conc (   "              "           "     )
  0.0035   0.0035   0.0035  Optimum Seed Conc  (   "              "           "     )

  0.0040   0.0015   0.0010  Minimum Shoot Conc (emerg, End L. Growth, p. mat)
   -99.0    -99.0    -99.0  Minimum Leaf Conc  (   "              "           "     )
   -99.0    -99.0    -99.0  Minimum Stem Conc  (   "              "           "     )
  .00020   .00020   .00020  Minimum Root Conc  (   "              "           "     )
  0.0025   0.0025   .00025  Minimum Shell Conc (   "              "           "     )
  .00175   .00175   .00175  Minimum Seed Conc  (   "              "           "     )

    25.0     15.0      9.3  Maximum Veg N:P ratio (emergence, eff. grain fill, phys. mat)
     4.2      2.7      2.1  Minimum Veg N:P ratio (emergence, eff. grain fill, phys. mat)

    0.80     1.00  SRATPHOTO, SRATPART
    0.10           FracPMobil - max fraction of P which can be mobilized from leaf & stem / day
  0.0028           ROOTRAD - radius of cylinder around roots from which soil P can be extracted (m)
```

Optimální a minimální koncentrace fosforu (%) v různých částech rostliny v závislosti na druhu a odpovídající maximální a minimální poměr N:P ve třech růstových fázích kukuřice.



Funkce
- ✓ hustoty délky kořenů
- ✓ dostupné vody, dusíku a fosforu
- ✓ blízkosti kořenů k fosforu

## Příjem fosforu = Minimum (zdroje, potřeba)

- ✓ Součet potřeby pro nový přírůstek a nedostatku stávajících pletiv
- ✓ Zdroje, součet v půdních vrstvách, funkce hustoty kořenů, obsah fosforu v půdním roztoku, půdní voda, umístění fosforu a rozložení kořenů

## Rozdělení

- ✓ Fosfor odebraný z půdy je nejprve použit k uspokojení potřeby semen. Pokud příjem nestačí k uspokojení této potřeby, semena si vezmou fosfor z vegetativních pletiv.
- ✓ Případné přebytečné zásoby fosforu po uspokojení potřeby semen jsou posílány do obalů semen.
- ✓ Po uspokojení reprodukční potřeby je fosfor dodáván do vegetativních pletiv.

## Mobilizační zásobníky

- ✓ Poptávka po fosforu semeny je nejprve uspokojena mobilizací fosforu z jiných rostlinných pletiv.
- ✓ Mobilizace fosforu z rostlinných pletiv (v závislosti na druhu) může probíhat třemi způsoby:
    - Dodávkou fosforu z výhonků, kořenů a obalů semen, pokud aktuální koncentrace fosforu přesahuje optimum.
    - Uvolňováním fosforu z výhonků, kořenů a obalů vlivem úbytku hmoty pletiv v důsledku mobilizace dusíku a uhlíku.
    - Příjem fosforu z výhonků, kořenů nebo pletiv obalů semen pro podporu růstu semen, i když se tím sníží obsah fosforu v těchto rostlinných orgánech pod optimální koncentraci.

## Stresy způsobené nedostatkem nebo nadbytkem fosforu

- ✓ Indikátor stresu fosforem (PFAC) ovlivňuje fotosyntézu, rozvoj listů a kořenů
    - Rozdělení výhonků, fenologie u některých plodin:

$$PFAC = 1{,}0 - (P_c - P_a) / (P_c - P_m)$$

    - Optimální koncentrace fosforu ($P_c$): koncentrace fosforu, při které nastává maximální růst
    - Minimální koncentrace fosforu ($P_m$): koncentrace fosforu, při které se růst zastaví
    - $P_a$ je aktuální koncentrace fosforu ve vegetativních částech rostlin

## Dynamika rostlinného fosforu

- ✓ V současné době je generický model rostlinného fosforu spojen se sójou, podzemnicí olejnou, kukuřicí, čirokem a rýží.
- ✓ Je možné připojit i další plodiny, ale nemáme dostatek údajů pro parametrizaci těchto plodin.
- ✓ Kteroukoli z plodin CROPGRO by bylo možné velmi snadno propojit pouze s externími parametry.
- ✓ Ostatní plodiny by kromě externích parametrů vyžadovaly i změny v kódu modelu.

# Produkce limitovaná dusíkem: Procesy v rostlinách

## Aplikace modulů: Management dusíku

- ✓ Určení optimální dávky dusíku, optimálního načasování dávky dusíku
- ✓ Reakce výnosu na dusík v konkrétním roce nebo v dlouhodobém horizontu
- ✓ Vliv na kvalitu plodin (koncentrace bílkovin)
- ✓ Vyplavování $NO_3$ v konkrétních letech nebo v dlouhodobém horizontu
- ✓ Vliv porostu plodin, období úhoru
- ✓ Optimální zavlažování v závislosti na hnojení dusíkem

Příjem dusíku versus příspěvek z fixovaného dusíku.

## Bilance rostlinného dusíku

- ✓ Modul dynamiky půdního dusíku je shodný pro všechny modely DSSAT.
- ✓ Model pěstebního systému (CSM)
  - Příjem dusíku kořenovým systémem
  - Specifický pro jednotlivé plodiny
    - Soubor pro každý druh
- ✓ Stavové proměnné související s dusíkem
  - Množství dusíku v půdě (kg/ha)
  - Koncentrace dusíku v rostlinných pletivech
- ✓ Rychlost příjmu dusíku
  - Denní příjem dusíku kořenovým systémem
  - Potřeba dusíku u rostlin závisí na rychlosti růstu rostlin, růstové fázi a obsahu dusíku v rostlinných orgánech

**Rozdělení dusíku v rostlinných orgánech**

| CERES | IXIM |
|---|---|
| Dusík ve výhoncích | Dusík v listech |
| | Dusík ve stoncích |
| | Dusík v klasech |
| Dusík v kořenech | Dusík v kořenech |
| Dusík v semenech | Dusík v semenech |

## Simulace rostlinného dusíku v CSM-CERES

- ✓ Model se snaží porovnat koncentrace dusíku ve výhoncích a kořenech s koncentracemi dusíku předem definovanými jako přiměřené nebo kritické.
- ✓ Model každý den vyhodnocuje:
  - Potřebu dusíku v rostlinách
  - Potenciální zásobu dusíku v půdě
- ✓ Denní příjem dusíku rostlinami je minimem poptávky rostlin a zásoby dusíku v půdě.
- ✓ Výpočet používá dvě cílové koncentrace dusíku, které klesají s fyziologickým věkem.
  - Kritická koncentrace dusíku ($N_c$): koncentrace, při které dochází k maximálnímu růstu.
  - Minimální koncentrace dusíku ($N_m$): koncentrace, při které se růst zastaví.
- ✓ NF je indikátor stresu dusíkem, který ovlivňuje fotosyntézu, rozvoj listů a koncentraci dusíku v semenech.

$$NF = 1{,}0 - (N_c - N_a) / (N_c - N_m)$$

- ✓ $N_a$ je skutečná koncentrace dusíku v pletivech (výhonky a kořeny).

- ✓ Potřeba dusíku v rostlinách má dvě složky:
  - Potřeba dusíku v nedostatku, dusík potřebný k dosažení kritické koncentrace ve stávající sušině (DM).
  - Růstová potřeba, dusík potřebný k dosažení kritické koncentrace v dnešním potenciálním růstu sušiny.
    Růstová poptávka dusíku = potenciální růst sušiny · $N_c$
- ✓ Potenciální zásoba dusíku v půdě se počítá až do hloubky kořenů na vrstvu $NO_3$+$NH_4$ omezenou:
  - Hustotou délky kořenů
  - Obsahem vody v půdě
  - Faktorem rozložení kořenů (SRGF, definovaný v půdním profilu)

## Potenciální zásoba dusíku v půdě

Potenciální zásobu dusíku v půdě model vypočítá až do hloubky kořenů na vrstvu $NO_3$+$NH_4$, která je omezená hustotou délky kořenů, obsahem vody v půdě a faktorem rozložení kořenů:

$$PNO_3U(L) = RFAC \cdot SMDF \cdot FNO_3 \cdot NO_3(L) \cdot DLAYR(L)$$

$$PNH_4U(L) = RFAC \cdot SMDF \cdot FNH_4 \cdot (NH_4(L) - 0{,}5) \cdot DLAYR(L)$$

$$TRNU\ (kg/ha) = \Sigma(PNO_3U(L) + PNH_4U(L))$$

## Poptávka rostlin po dusíku

Celková potřeba dusíku v rostlinách zahrnuje potřebu výhonků a kořenů:

1. Potřeba dusíku pro růst výhonků
2. Potřeba dusíku při nedostatku výhonků
3. Potřeba dusíku pro růst kořenů
4. Potřeba dusíku při nedostatku kořenů

***Celková potřeba*** dusíku rostlinami (kg $ha^{-1}$): ANDEM = 1 + 2 + 3 + 4

***Skutečný příjem*** dusíku rostlinami:

Skutečný příjem dusíku na vrstvu je minimum mezi potřebou dusíku rostlinami (ANDEM) a potenciální zásobou dusíku v půdě (TRNU):

**NU (kg/ha) = Min (ANDEM, TRNU)**

V případě potřeby se přepočítá příjem $NO_3$, $NH_4$ na vrstvu (aby se v případě nepotřeby dusík ponechal v půdě).

U dobře hnojené plodiny je ANDEM často mnohem nižší než TRNU, zejména na začátku sezóny.

## Faktory stresu dusíkem u rostlin

Tři faktory stresu dusíkem v modelu CERES:

NSX = NF (rozvoj)

NSG = 0,6 + 0,4 NF; NF > 0,5 růst

0,2 + 1,2 NF; NF < 0,5

NSKN = 0,2 + NF (počet jader)

## Úprava rychlosti růstu pro stres

*CARBO = PCARB · AMIN1 (PRFT, SWFAC, NSG, PStres1) · SLPF*

CARBO – denní růst rostliny, g / rostlina

PRFT – teplotní účinek

SWFAC – účinek sucha

NSG – účinek dusíku

PStres1 – účinek fosforu

SLPF – účinek faktoru úrodnosti půdy (ze souboru soil.sol)

## Úprava rychlosti rozvoje listů ve stresových podmínkách

Leaf Area Growth = Fn (Leaf No, Thermal time, Leaf Appearance Rate) · AMIN1($NS_X$, TURFAC, (1,0 – SATFAC), PStres2)

TURFAC – účinek vodního stresu

$NS_X$ – účinek dusíku

PStres2 – účinek fosforu

SATFAC – účinek zavlažování

## Obsah dusíku v semenech

- ✓ Během vývoje semen je dusík remobilizován do semen.
- ✓ Koncentrace dusíku v semenech se zvyšuje při vysoké teplotě a vodním deficitu, ale snižuje se při stresu způsobeném nedostatkem dusíku.
- ✓ Dostupné zásoby dusíku ve výhoncích (NPOOL1) a kořenech (NPOOL2), tj. dusík nad minimální koncentraci
    - *NPOOL1 = TOPWT · ($N_a$ –$N_m$)*
    - *NPOOL2 = RTWT · ($N_a$ – $N_m$)*
- ✓ Pohyblivý dusík/den = *xnfx (NPOOL1 + NPOOL2)*
    - kde frakce využitá za den (xnf) je:
        - *xnf = 0,15 + 0,25 · NF*

## Požadavek dusíku u semen

- GN (%) = (0,4 + 1,3 · NF) · Max (WF, TF)
- GND (g/pl) = Ggro · GN

## Bilance dusíku v CSM-CERES-Kukuřice: Příjem dusíku, koncentrace dusíku, vliv na růst a BMP pro minimalizaci vyplavování dusíku

- ✓ Příklady účinků dusíku na růst
- ✓ Příklady příjmu dusíku
- ✓ Příklady koncentrací dusíku v pletivech
- ✓ Aplikace modelů CSM-CERES pro zlepšení osvědčených postupů hospodaření pro nakládání s dusíkem a minimalizaci vyplavování dusíku

## Bilance dusíku v rostlinách v programu CROPGRO

- ✓ Zásoba dusíku = příjem dusíku + fixace dusíku + pohyblivý dusík
- ✓ Dodávka uhlíku = (hrubý Pg – Rm) – asimilační náklady dusíku + pohyblivý $CH_2O$
- ✓ Příjem dusíku kořeny závisí na půdních/kořenových faktorech a na potřebě dusíku

## Bilance dusíku v CROPGRO

- ✓ Zásobování uhlíkem / fotosyntéza
- ✓ Poptávka po dusíku
- ✓ Příjem dusíku
- ✓ Mobilizace dusíku
- ✓ Alokace uhlíku do hlízek
- ✓ Fixace dusíku (pokud je rychlost příliš nízká, uhlík jde do růstu hlízek)
- ✓ Růst závislý na dodávkách uhlíku a dusíku
- ✓ Priorita růstu (semena, jejich obaly, pak se dělí mezi vegetativní části)

## Výpočet poptávky po dusíku v CROPGRO

Poptávka po dusíku je součtem:

- ✓ Požadavek nového růstu dnes vyrostlých pletiv (semeno, obal, list, stonek, kořen). Předpokládají se pletiva s vysokou koncentrací dusíku (dusík není omezující).
- ✓ Požadavek na zvýšení příjmu dusíku, pokud je skutečná koncentrace dusíku ve „stávajících" vegetativních pletivech nižší než potenciální koncentrace dusíku.
    - NENÍ TAK SILNÝ JAKO CERES.
    - Nedostatek klesá po začátku tvorby semen.

## Příjem dusíku v CROPGRO

Závisí na:

hustotě délky kořenů, dostupnosti vody v půdě, asymptotické funkci koncentrace $NO_3$ a $NH_4$ v každé vrstvě.

- ✓ Maximální příjem na jednotku délky kořene je v souboru pro jednotlivé druhy.
- ✓ Příjem dusíku nesmí překročit potřebu dusíku.

## Mobilizace dusíku v CROPGRO

- ✓ Závisí na druhové rychlosti (podíl za den) a teplotě.
    - Mobilizace dusíku z vegetativních pletiv.

- Zrychluje se až dvojnásobně, když rozdělení do lusků dosáhne 100 %.
- Pomalejší, pokud není dostatečný přísun uhlíku, který by odpovídal mobilizovanému dusíku.

✓ Pokud příjem dusíku a jeho mobilizace je menší než potřeba dusíku, vypočítá se fixace dusíku.

## Fixace dusíku v CROPGRO

✓ Přidělení uhlíku hlízkám, pokud je potřeba dusíku vyšší než dostupný dusík (z příjmu a mobilizace).
✓ Fixace potřebného dusíku až do limitu hmotnosti hlízek a druhově definované specifické aktivity hlízek.
✓ Při nedostatečné hmotnosti hlízek je využito $CH_2O$ k růstu hlízek.
✓ Fixace dusíku závisí také na tepelné časové prodlevě pro infekci, počáteční velikosti hlízek, „obtokovém" toku do hlízek, teplotě, vodním deficitu rostlin, zaplavení a stáří hlízek.

## Vliv dusíku na vegetativní růst

✓ Pokud je koncentrace dusíku nad kritickou hodnotou, je umožněn růst rostliny normální rychlostí, ale je zvýšena koncentrace dusíku.
✓ Pokud koncentrace dusíku klesne pod kritickou hodnotu „Ncrit. = potřebné minimum" pro růst, pak je růst úměrně snížen pro udržení minimální koncentrace dusíku.
✓ Rozdělení uhlíku do kořenů se zvyšuje, jakmile poměr nabídky dusíku a jeho potřeby (veg) klesne pod 0,7.
✓ Snížení rychlosti fotosyntézy při poklesu koncentrace dusíku v listech.

## Účinek dusíku na reprodukční růst

✓ Priorita pro dostupný dusík: semena, jejich obaly, pak vegetativní části rostliny.
✓ Literatura uvádí, že rychlost růstu semen se při nedostatku dusíku téměř nesnižuje. Semena se vyvíjejí spíše při nižší koncentraci dusíku.
✓ Pokud je koncentrace dusíku pro růst semen nedostatečná, je snížena především koncentrace dusíku v semenech, ale také se postupně snižuje rychlost jejich růstu podle asymptotické reakce na poměr dodávky a požadavků dusíku.
✓ Pokud je dusíku nadbytek, zvyšuje se jeho koncentrace v semenech.

## Akumulace $CH_2O$ při deficitu dusíku

- ✓ Nová vegetativní pletiva mají počáteční nízkou koncentraci $CH_2O$.
- ✓ Pokud je dusík limitující (nový růst se nemůže udržet při minimální koncentraci dusíku), pak je růst omezen a přebytečný $CH_2O$ se ukládá ve stonku a listech (nižší specifická listová plocha).

## Mobilizace dusíku a senescence

- ✓ Hmotnost mobilizovaných bílkovin (nebo $CH_2O$) se odečte od hmotnosti listů, stonků, kořenů nebo obalů lusků. Specifická listová plocha se zvýší.
- ✓ Na každý gram mobilizovaných bílkovin se ztratí dané dodatečné množství listové hmoty (SENRTE g) vyčerpaného dusíku a listová plocha se sníží.
- ✓ Na každý gram starého listu se ztratí PORPT (gramů) řapíku (= stonku) a odstraní se ze zásobníku stonku.
- ✓ S úbytkem dusíku se snižuje rychlost fotosyntézy a dýchání.

Důvody:

1) Fixace dusíku je nákladnější než redukce $NO_3$
2) Vyšší příjem dusíku zvyšuje koncentraci dusíku

## Závěry

- ✓ Popsali jsme příjem dusíku v CERES a CROPGRO a fixaci dusíku v CROPGRO:
  - Potřeba dusíku v plodinách = f (denní nárůst sušiny a potřeba „nedostatku“)
  - Příjem dusíku kořeny = f (RLD, $NO_3$, $NH_4$, stav vody)
  - CROPGRO: při denním deficitu dusíku se $CH_2O$ posílá do hlízek, aby byl podpořen růst hlízek a aktivita nitrogenázy
- ✓ Účinky stresu způsobeného dusíkem:
  - CERES – proporcionálně k NF, když je $N_a$ nižší než $N_c$ (cíl), snižuje se rozvoj indexu listové plochy, růst pletiv, růst semen.
  - CROPGRO – denní stres dusíkem = přísun dusíku / poptávka po dusíku, dochází k přímému skrytému vlivu dusíku na listovou fotosyntézu. Více se mění NSTRES.
- ✓ Simulace se sójou ukazují přiměřené chování ve srovnání s údaji o růstu hlízek, rychlosti fixace dusíku, akumulaci dusíku a koncentraci dusíku v pletivech.
- ✓ Modely CROPGRO pro jiné plodiny než luštěniny jsou přiměřené, ale zvažují nový přístup pro zpětnou vazbu na fotosyntézu a růst, protože při stresu z nedostatku dusíku se hromadí příliš mnoho $CH_2O$.

## Produkce limitovaná dusíkem: Procesy v půdě

**Využití dusíku**

- ✓ Růst světové poptávky po hnojivech.

V příštím desetiletí bude potřeba 1,2 milionu tun dusíkatého hnojiva ročně.

- ✓ Nízká účinnost

Pouze 30–40 % dusíku aplikovaného na obiloviny v rozvojových zemích je plodinami využito.

**Využití energie**

**Výroba močoviny vyžaduje fosilní paliva.**

- ✓ Současné metody vyžadují k výrobě jedné tuny močoviny ekvivalent čtyř barelů ropy.

**Náklady na hnojiva**

- ✓ Ceny suchých močovinových hnojiv jsou o 143 % vyšší než v předchozím roce, ale jen o 13 % vyšší než předchozí historické maximum z roku 2012.

4 barely ropy

1 tuna močoviny

**Přísun půdního dusíku do rostlin**

- ✓ Rostliny využívají pouze anorganický dusík ($NH_4^+$, $NO_3^-$)
- ✓ Mineralizace znamená přeměnu organického dusíku na anorganický dusík
- ✓ Mineralizace je nezávislá na potřebě rostlin (jedná se o mikrobiologický proces)
- ✓ Přítomnost rostlin (kořenové exudáty a příjem) může ovlivnit mineralizaci
- ✓ Anorganický dusík nevyužitý rostlinami může být ze systému ztracen, např. vyluhováním, denitrifikací, volatilizací

**Půdní organická hmota (C, N, P ...)**

- ✓ Organický uhlík, dusík a fosfor s dalšími prvky v půdní organické hmotě.
- ✓ Při rozkladu půdní organické hmoty se uvolňuje $CO_2$ do atmosféry a živiny do půdy (dusík, fosfor a další).
- ✓ Organická hmota je prospěšná pro zdraví půdy, včetně schopnosti zadržovat vodu, potenciálu zásobování živinami, struktury půdy, odtoku, eroze...
- ✓ Půda také slouží jako zásobárna uhlíku (je uložen v organické hmotě). Je užitečná při ukládání uhlíku jako jeden z mechanismů kompenzace emisí $CO_2$ do atmosféry.

**Faktory ovlivňující přísun dusíku k rostlinám**

- ✓ Minerální dusík v kořenové zóně:
  - o Koncentrace amoniakálního dusíku v půdním roztoku
  - o Koncentrace dusičnanů v půdním roztoku
- ✓ Hustota délky kořenů
- ✓ Maximální příjem dusíku na jednotku délky kořene
- ✓ Dostupnost vlhkosti v půdě

**Kritéria modelování dusíku**

- ✓ Model je jednoduchý.
- ✓ Model zohledňuje dynamiku organického a anorganického uhlíku a dusíku.
- ✓ Model vyžaduje několik vstupů.
- ✓ Model vyžaduje vstupy, které mohou uživatelé snadno získat.
- ✓ Model simuluje rezidua různého složení.
- ✓ Model pracuje na různých půdách.
- ✓ Model poskytuje spolehlivé simulace příslušných procesů.

**Simulované procesy v modulu minerálního dusíku**

| Simulovaný proces | Hlavní faktory ovlivňující uvedený proces |
|---|---|
| | PŘÍSUN PŮDNÍHO DUSÍKU |
| Mineralizace/ Imobilizace | Teplota půdy, půdní voda, poměr C/N, zásobník uhlíku, složení zbytků (reziduí) |
| Nitrifikace | Teplota půdy, půdní voda, půdní pH, koncentrace $NH_4^+$ |
| Denitrifikace | Teplota půdy, půdní voda, půdní pH, půdní uhlík |
| Vyluhování dusičnanů | Odvodnění, adsorpce dusičnanů |
| Volatilizace | Teplota půdy, půdní voda, půdní pH, výpar z povrchu půdy, koncentrace $NH_3$ |
| Hydrolýza močoviny | Teplota půdy, půdní voda, půdní pH, půdní uhlík |
| Příjem | Půdní voda, anorganický dusík, potřeba dusíku u plodin, hustota délky kořenů, účinnost příjmu kořeny |

**Dvě možnosti pro modelování SOM v DSSAT**

- ✓ Modul organické hmoty G-CERES, Godwin-Singh založený na modelu Papran (Seligman a van Keulen).
- ✓ Modul organické hmoty P-CENTURY (Parton et al.).
- ✓ Oba modely mají stejný modul minerálního dusíku (příjem dusíku, vyluhování dusíku atd.).
- ✓ Varianta CENTURY (P) je doporučena pro podmínky s nízkými vstupy a při střídání plodin.

**Procesy půdní organické hmoty CERES**

- ✓ Jeden zásobník půdní organické hmoty (SOM)
- ✓ Rostlinné zbytky jsou rozdělené na 3 složky:
  - Sacharidy (0,2)
  - Celulóza (0,7)
  - Lignin (0,1)
- ✓ Každý zásobník má maximální rychlost rozkladu, která je ovlivněna vlhkostí půdy, teplotou půdy a poměrem uhlíku a dusíku (pokud < 25, pak bez vlivu):
  - Půdní organická hmota ($8{,}3 \cdot 10^{-5}$ za den)
  - Sacharidy (0,2 za den)
  - Celulóza (0,05 za den)
  - Lignin (0,0095 za den)
- ✓ Výchozí hodnoty lze změnit v souboru RESCH048.SDA, který se nachází v adresáři standardních dat.

**Mineralizace a imobilizace**

- ✓ Mineralizace
  - Čisté uvolňování minerálního dusíku rozkladem organického materiálu
- ✓ Imobilizace
  - Přeměna anorganického materiálu na organický (tento ale není k dispozici rostlinám pro okamžitý příjem)
- ✓ Oba procesy jsou mikrobiální

**Modelování rychlosti transformace**

- ✓ Kinetika prvního řádu
- ✓ Rychlost ~ $K_C$ · (koncentrace mínus prahová hodnota) · f (T, W, pH)
- ✓ Dusík se pohybuje s vodou
  - Předpokládá se, že dusík je dobře promíchán s vodou
  - Hmotnostní tok pro dusičnany a močovinu
  - Difuze pro amoniak
  - Možnost absorpce aniontů, která zpomaluje pohyb dusičnanů

**Vstupy pro procesy půdního dusíku (půdní profil)**

- ✓ Kromě vstupů potřebných pro simulaci vodní bilance je třeba pro každou vrstvu půdy uvést následující údaje:
  - Objemová hmotnost ($g/cm^3$)
  - Organický uhlík (%)
  - Textura (jíl a jemné částice, %)
  - Celkový dusík (%)
    - Vypočítá se pomocí poměru C:N 10:1, pokud není znám nebo pokud je poměr ze vstupů uhlíku a dusíku v souborech nerealistický.
  - pH půdní vody

**Vstupy pro procesy půdního uhlíku a dusíku (soubor File X)**

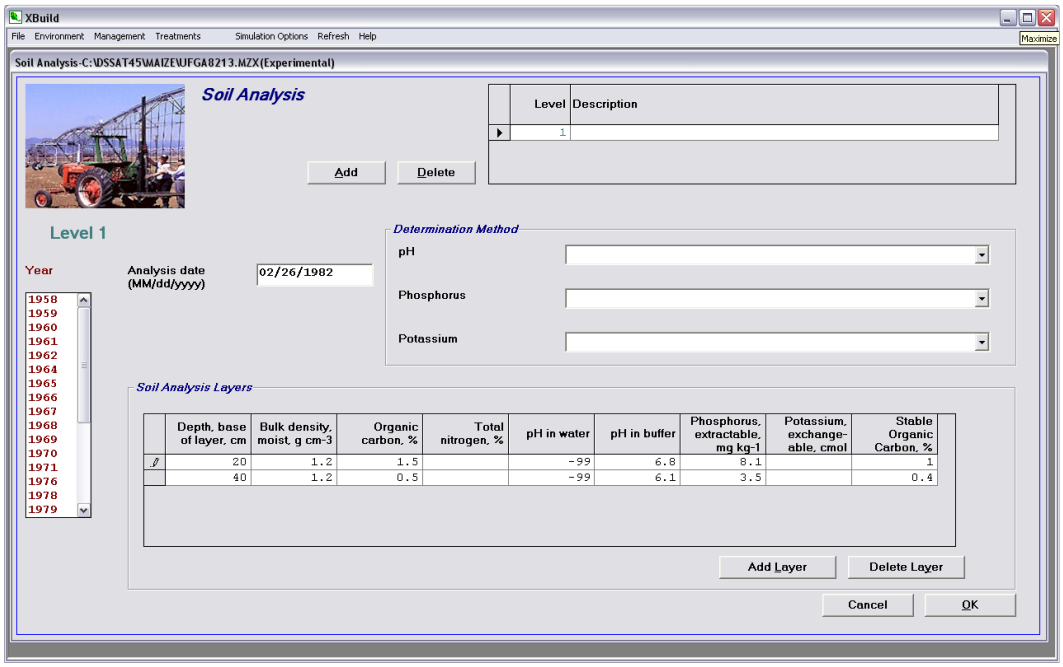
- ✓ Musí být zapnutý přepínač vyvážení dusíku (možnosti simulace)
- ✓ Je nutné vybrat, který model SOM má být použit (G=CERES, P=CENTURY).
- ✓ V počátečních podmínkách je potřeba zadat počáteční amoniak ($NH_4^+$) a dusičnany ($NO_3^-$) pro každou vrstvu půdy v jednotkách g/mg.
- ✓ V počátečních podmínkách je potřeba znát tyto údaje:
  - Hmotnost kořenů předchozí plodiny (hmotnost sušiny v kg/ha)
  - Zbytky předchozí plodiny: hmotnost sušiny (kg/ha), obsah dusíku (%), podíl zapravení (%) a hloubka zapravení (cm) posklizňových zbytků
- ✓ Analýza půdy: Půdní organický uhlík pro každou vrstvu půdy (hmotnostní %) a pasivní půdní organický uhlík pro každou vrstvu (SOM3) – volitelné

(Poznámka: Vstupy půdní analýzy jsou nadřazeny údajům ze souboru Soil.sol).

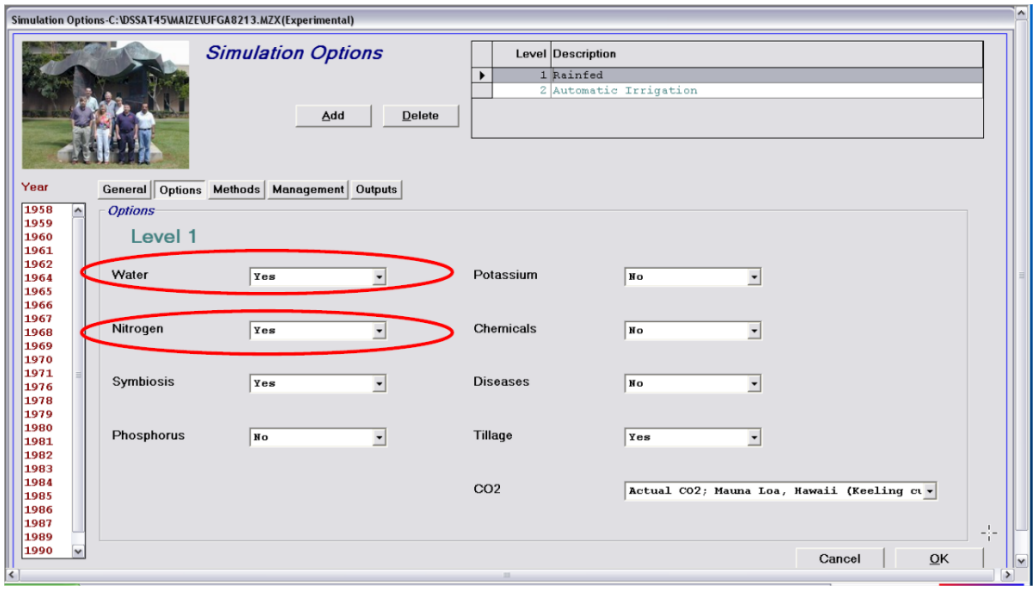
### Vstupy pro procesy půdního uhlíku a dusíku (soubor FileX)

- ✓ Na poli: Historie pěstování: intenzita hospodaření, roky, kdy se takto pěstovalo, stav pole před touto historií (degradované, obdělávané s dobrým hospodařením, obdělávané s nízkými vstupy, travnaté nebo lesní porosty).
- ✓ V organických dodatcích: datum aplikace, hmotnost sušiny (kg/ha), obsah dusíku (%), podíl zapraveného dusíku (%) a hloubka zapravení (cm).
- ✓ U hnojiv: datum aplikace, typ hnojiva (např. močovina), způsob aplikace (např. pásová), způsob zapravení, hloubka aplikace (cm) a množství aplikovaného dusíku (dusíku, nikoliv typu hnojiva).

### Vstupy analýzy půdy



## Možnosti simulací



# Experimenty a data pro hodnocení a aplikace modelu

Mnohým vědcům, kteří se zabývají modelováním, není jasné, jaký typ experimentů je pro vyhodnocení a použití modelu nutný a jaké minimum informací by mělo být při těchto experimentech shromážděno.

## *Cíle*

Poskytnout jasné a stručné shrnutí sběru experimentálních dat pro hodnocení a použití modelu.

## *Experimenty a modelování*

*Lokalizace experimentů*

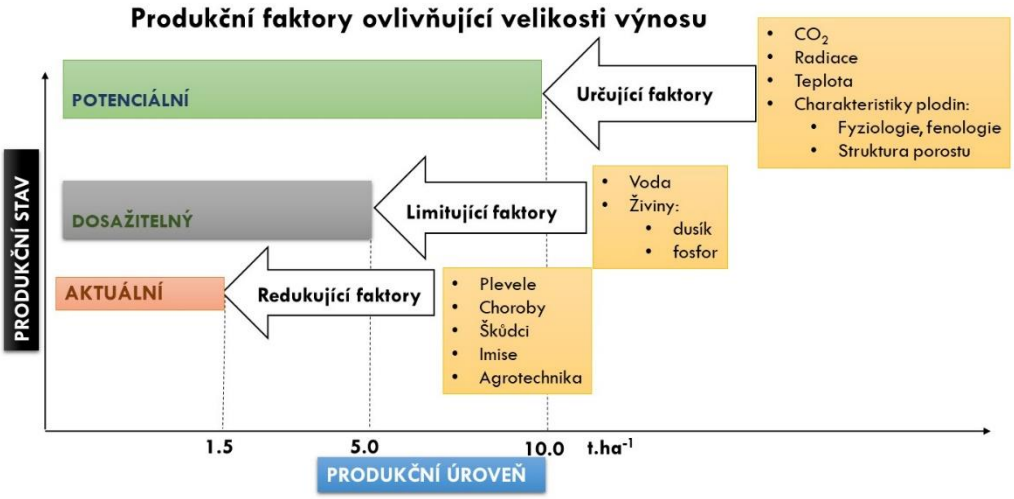
- ✓ na stanici
- ✓ na farmě

*Obecné účely experimentů*

- ✓ Hodnocení použitých technologií
  - Charakteristika faktorů omezujících výnos, aby bylo možné se zaměřit na vývoj a hodnocení technologií.
  - Pochopení vzájemného působení managementu, živin a vody, opět s cílem zdokonalit technologie.
  - Dlouhodobá udržitelnost půdy.
  - NE pouze k testování modelů. Hodnocení a používání modelů by mělo být v kontextu cílů a úkolů výzkumu.

*Obecné účely použití modelů*

- ✓ Porozumět výsledkům experimentů a interpretovat je.
- ✓ Zvýšit kvalitu terénního výzkumu a z něj získaných výsledků.
- ✓ Diagnostikovat mezery ve výnosech: potenciální – dosažitelné – skutečné na stanicích a v zemědělských podnicích, aby bylo možné vyvinout technologie, které se budou testovat v terénu.
- ✓ Pomáhat zveřejňovat výsledky polních pokusů prostřednictvím analýzy.
- ✓ Odhadovat dopady na produkci, využití vody/účinnost využití vody v měřítku od pole po povodí a výše.
- ✓ Odhadnout ekonomické důsledky různých technologií.
- ✓ Posílit mezioborový výzkum (půdoznalci, agronomové, ekonomové, inženýři, vědci zabývající se GIS nebo dálkovým průzkumem atd.).




*Schematický přehled produkčních faktorů a jim odpovídajících produkčních úrovní*

## *Vyžadované denní údaje o počasí*

1. Minimální a maximální teplota vzduchu
2. Úhrn srážek
3. Sluneční záření
4. Teplota rosného bodu (vlhkost) (pokud je dostupná na automatické meteorologické stanici)
5. Průměrná denní rychlost větru (pokud je dostupná na automatické meteorologické stanici)

Bylo by vhodné, aby automatické meteorologické stanice shromažďovaly denní údaje o počasí v oblastech, kde se mají provádět experimenty. Kromě toho je třeba mít k dispozici údaje o srážkách na všech místech, kde se provádějí pokusy, a to jak na farmě, tak na stanici. V opačném případě nebude možné interpretovat reakci výnosu plodin nebo pochopit interakce vody, živin a hospodaření. V oblastech, kde se provádí několik pokusů, by se mohla měřit teplota a sluneční záření. Obecně se teploty a sluneční záření mohou na vzdálenost přibližně 50 km měnit jen málo, ale neplatí to v blízkosti pobřeží nebo při změnách nadmořské výšky v oblasti. Meteorologickou stanici by bylo možné umístit do středu oblasti, kde se budou provádět pokusy na farmě a na stanici.

## *Půdní data*

Potřebné údaje o půdě zahrnují:

### 1. Informace o povrchu půdy

- ✓ Půdní taxonomie (pokud je dostupná)

- ✓ Sklon půdy
- ✓ Barva půdy
- ✓ Kameny (%)

### 2. Údaje o půdním profilu pro každý půdní horizont, ve kterém pravděpodobně rostou kořeny

- ✓ Textura půdy (% písku, jílu a jemných částic)
- ✓ Půdní organický uhlík
- ✓ Objemová hustota je žádoucí informaci
- ✓ Žádoucí je měření LL (obsah vody v půdě v bodě vadnutí) a DUL (polní kapacita) (možná bude nutné je odhadnout).

### 3. Výchozí půdní podmínky a roční měření

- ✓ Počáteční živiny ($NO_3$, $NH_4$, P) v závislosti na hloubce
- ✓ Další chemické vlastnosti půdy podle potřeby pro experimentální cíle
- ✓ Roční měření uhlíku v půdě v závislosti na hloubce
- ✓ Hloubka zakořenění (na vrcholu vegetačního růstu)

### 4. Povrchové zbytky, hnůj

- ✓ Typ plodiny, typ hnoje
- ✓ Množství sušiny (kg/ha)
- ✓ Procentuální obsah dusíku, uhlíku a fosforu
- ✓ Obsah $NO_3$ a $NH_4$, které jsou využitelné jako hnojivo
- ✓ % půdního pokryvu, který je využitelný pro povrchové zbytky

## *Údaje o hospodaření*

### Výsadba

- ✓ Datum
- ✓ Rozteč mezi rostlinami, hustota (počet/ha)
- ✓ Plodina, název a vlastnosti odrůdy
- ✓ Způsob výsadby (řádek atd.)

### Vstupní informace

- ✓ Načasování a množství zavlažování
- ✓ Načasování, množství, distribuce, umístění a typ hnojiva
- ✓ Typ a množství přidávaných zbytků, hloubka zapravení a %
- ✓ Množství a typ přidávaného hnoje, hloubka zapravení a %
- ✓ Použité chemické látky a jejich účel

***Měření reakce plodin a půdy***

## 1. Měření odpovědi

- ✓ Ošetření (kombinace podmínek)
- ✓ Výnos a složky výnosu (viz https://dssat.net/gene-based-modeling)
  - i. Výnos semen (kg/ha)
  - ii. Datum kvetení a datum zralosti (pokud možno čas prvního výsevu)
  - iii. Počet hlavních kmenových uzlin
  - iv. Nadzemní biomasa bez semen
  - v. Hustota rostlin při sklizni
  - vi. Počet klasů, lusků nebo jiných plodových struktur na jednotku plochy
  - vii. Koncentrace dusíku a fosforu v semenech a vegetativních orgánech.

- ✓ Pozorování
  - i. Plevely a jejich management
  - ii. Škůdci a choroby, výskyt, intenzita, škody

## 2. Měření potřebná v několika experimentech

Dva typy údajů poskytují zásadní informace týkající se dynamiky využívání vody a reakce růstu. Je však nákladné a časově náročné je získat, takže není praktické shromažďovat tyto údaje ve všech pokusech, z nichž mnohé budou pravděpodobně na polích zemědělců. Údaje získané z těchto měření na několika málo místech by výrazně zvýšily důvěru v použití modelů k předpovědi těchto reakcí na polích, kde se neměří. Zejména využití vody plodinami je velmi důležité pro tvorbu výnosu a je důležité pro jakoukoli technologii zaměřenou na zvýšení produktivity a udržitelnosti půdy v zemědělství využívajícím dešťové srážky. Modely předpovídají růst kořenů a spotřebu vody, ale věrohodnost těchto předpovědí bude vyžadovat kvalitní vstupní údaje a také vyhodnocení v půdách a systémech pěstování plodin v regionu, ve kterém mají být použity. Proto se navrhují následující měření.

- ✓ Obsah vody v půdě v závislosti na hloubce. Žádoucí jsou týdenní nebo častější odečty. Odběr vzorků vlhkosti po delším vlhkém období může být užitečný pro stanovení horní hranice zásoby vody pro příslušné vrstvy půdy. Odběr vzorků vlhkosti po dobře vzrostlé plodině, u které dochází k terminálnímu vysychání, je užitečný pro stanovení dolní hranice odběru vody z plodiny.
- ✓ Měření růstové analýzy 4–8× během sezóny. Obecně by se tyto vzorky odebíraly pouze při pokusech na stanici, u některých pokusů hlavně

proto, abyste se ujistili, že máte dobré genetické koeficienty a můžete simulovat dosažitelný výnos nebo potenciální výnos. To je popsáno v DSSAT v3.5 Vol 4–8. Je však lepší sklízet vzorky ve stanovených intervalech (řekněme 4×, rozložené během roku, a jeden při závěrečné sklizni).

i. Nadzemní biomasa
ii. Hmotnost listů, stonků, semen, klasů (lusků)
iii. Počet hlavních kmenových uzlin a listů
iv. Index listové plochy
v. Koncentrace dusíku a fosforu v jednotlivých rostlinných orgánech
vi. Počet klasů (lusků) na metr čtvereční

Úrodnost půdy

i. Analýza obsahu dusičnanů (ppm) pro půdní vrstvy a časy odběru vzorků jsou stejné jako u půdní vody.
ii. Půdní organická hmota (%) pro půdní vrstvy do hloubky kořenů. Alespoň 1 celý profil/typ půdy. U ostatních lokalit se stejným typem půdy postačí vzorek povrchové vrstvy. V tomto případě je nejlepší, aby se tloušťka vrstvy vztahovala na nevzorkovaný profil. Celkový obsah dusíku v půdě je užitečný pro stanovení poměru C:N.

# Soubory a nástroje experimentálních dat

## Soubory pro měření plodin

- ✓ soubor FileA: Průměr / Souhrn / Konec sezóny
- ✓ soubor FileT: Časové řady

## Účel

- ✓ Dokumentování experimentů
- ✓ Kalibrace a vyhodnocení modelů plodin
- ✓ Vyhodnocení výkonnosti modelu

## Soubor File A

- ✓ Průměrný výkon pro každé ošetření (kombinaci podmínek)
- ✓ Šířka 6 znaků
- ✓ Hlavička obsahuje 4 nebo 5 znaků
- ✓ Souhrnná část souboru DATA.CDE

```
*EXP.DATA (A): UFGA7601 PN IRRIGATED, FLORUNNER

@TRNO    HWAM   HWUM   H#AM   H#UM   LAIX   CWAM   BWAH   ADAT   MDAT   PD1T
     1 4265.  .5186   823.   1.58   6.41 9267. 3127.    161    259    180
```

## Soubor File T

- ✓ Časové řady hodnot proměnných v průběhu vegetačního období podle ošetření (kombinace podmínek)
- ✓ Každé měření je spojeno s datem měření
- ✓ Šířka 6 znaků
- ✓ Hlavička obsahuje 4 nebo 5 znaků
- ✓ Části RŮSTU (GROWTH), DUSÍKU (NITROGEN) a VODY (WATER) souboru DATA.CDE

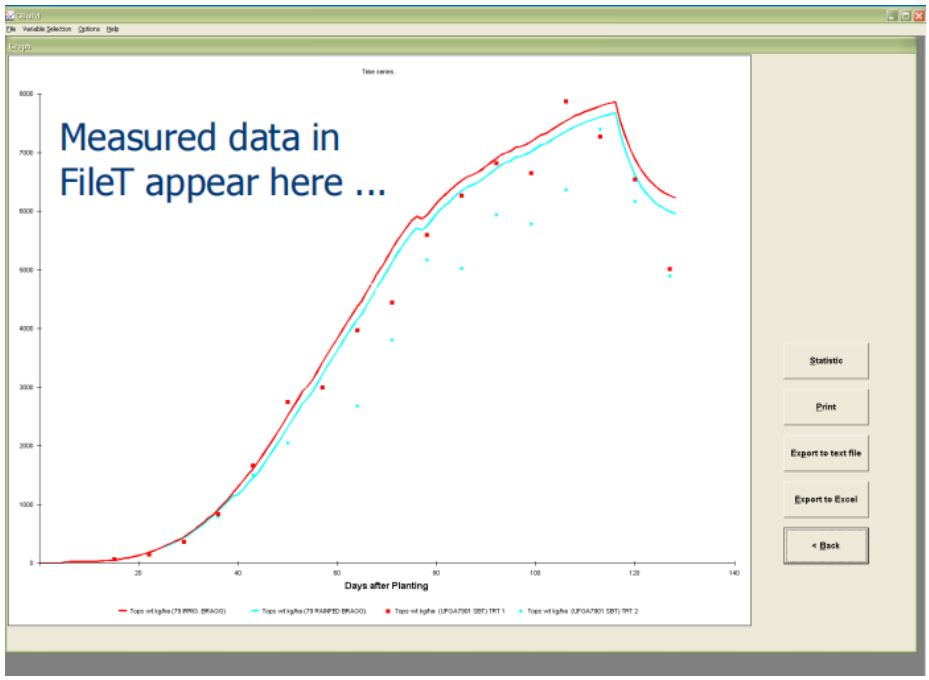
```
*EXP.DATA (T): UFGA7601PN IRRIGATED, FLORUNNER

@TRNO   DATE   LAID  P#AD  SWAD  GWAD  LWAD  CWAD  PWAD  SHAD  HIPD  SH%D
     1 76147   0.11    0.    44.    0.    50.    93.    0.    0. 0.000   0.0
     1 76154   0.26    0.    60.    0.   135.   195.    0.    0. 0.000   0.0
     1 76161   0.52    0.   145.    0.   221.   366.    0.    0. 0.000   0.0
```

## Zde se objeví data souboru FileA…

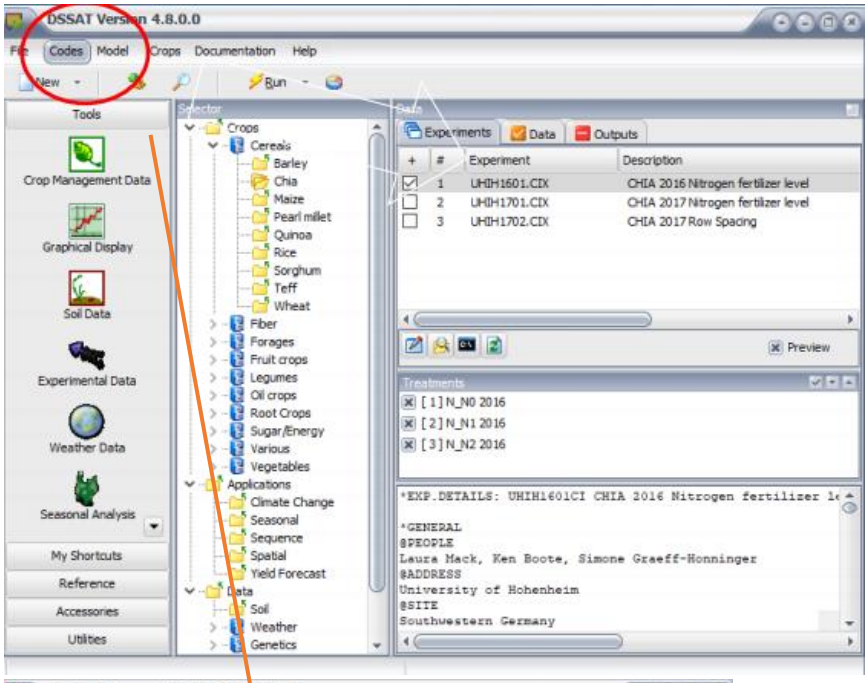
*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

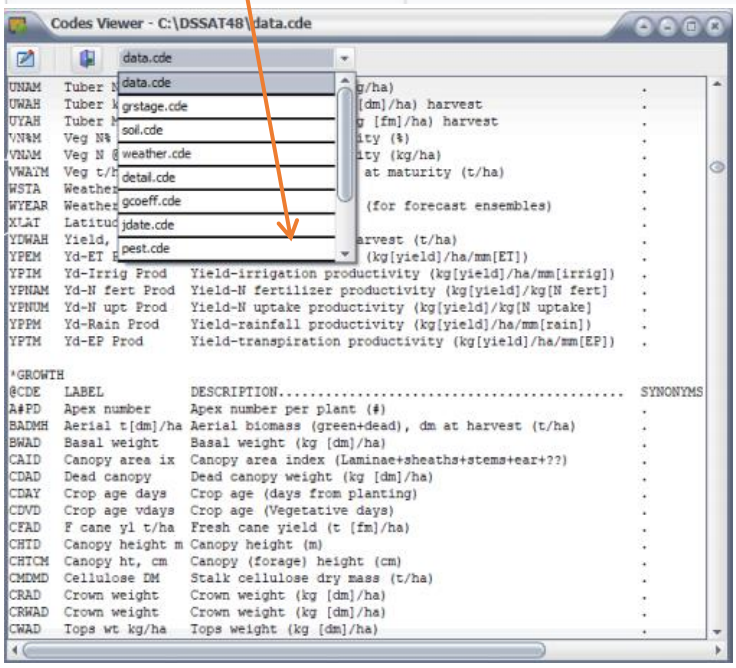
| @ VARIABLE | SIMULATED | MEASURED |
|---|---|---|
| Anthesis day (dap) | 81 | 79 |
| Physiological maturity day (dap) | 140 | 139 |
| Yield at maturity (kg dm/ha) | 2688 | 2527. |
| Number at maturity (no/m2) | 1009 | 1245. |
| Unit wt at maturity (g dm/unit) | 0.2665 | 0.203 |
| Number at maturity (no/unit) | 173.9 | 215. |
| Tops weight at maturity (kg dm/ha) | 9206 | 7801. |
| By-product harvest (kg dm/ha) | 6517 | 5274. |
| Leaf area index, maximum | 2.05 | 3.24 |
| Harvest index at maturity | 0.292 | -99 |
| Grain N at maturity (kg/ha) | 33 | 23.0 |
| Tops N at maturity (kg/ha) | 74 | 37.6 |
| Stem N at maturity (kg/ha) | 40 | 14.6 |
| Grain N at maturity (%) | 1.2 | 0.91 |
| Tops weight at anthesis (kg dm/ha) | 5489 | -99 |
| Tops N at anthesis (kg/ha) | 53 | -99 |
| Leaf number per stem, maturity | 30.74 | -99 |

Maize YIELD : 2688 kg/ha [DRY WEIGHT]



# Datové kódy


DSSAT Version 4.8.0.0
File
Codes
Model
Crops
Documentation
Help
New
Run
Tools
Crop Management Data
Graphical Display
Soil Data
Experimental Data
Weather Data
Seasonal Analysis
My Shortcuts
Reference
Accessories
Utilities
Selector
Crops
Cereals
Barley
Chia
Maize
Pearl millet
Quinoa
Rice
Sorghum
Teff
Wheat
Fiber
Forages
Fruit crops
Legumes
Oil crops
Root Crops
Sugar/Energy
Various
Vegetables
Applications
Climate Change
Seasonal
Sequence
Spatial
Yield Forecast
Data
Soil
Weather
Genetics
Data
Experiments
Data
Outputs
# Experiment Description
1 UHIH1601.CIX CHIA 2016 Nitrogen fertilizer level
2 UHIH1701.CIX CHIA 2017 Nitrogen fertilizer level
3 UHIH1702.CIX CHIA 2017 Row Spacing
Preview
Treatments
[1] N_N0 2016
[2] N_N1 2016
[3] N_N2 2016
*EXP.DETAILS: UHIH1601CI CHIA 2016 Nitrogen fertilizer le
*GENERAL
@PEOPLE
Laura Mack, Ken Boote, Simone Graeff-Honninger
@ADDRESS
University of Hohenheim
@SITE
Southwestern Germany


Codes Viewer - C:\DSSAT48\data.cde
data.cde
data.cde
grstage.cde
soil.cde
weather.cde
detail.cde
gcoeff.cde
jdate.cde
pest.cde
UNAM Tuber N g/ha) .
UWAH Tuber k [dm]/ha) harvest .
UYAH Tuber M g [fm]/ha) harvest .
VN%M Veg N% ity (%) .
VNAM Veg N @ ity (kg/ha) .
VWAYM Veg t/h at maturity (t/ha) .
WSTA Weather .
WYEAR Weather (for forecast ensembles) .
XLAT Latitud .
YDWAH Yield, arvest (t/ha) .
YPEM Yd-ET P (kg[yield]/ha/mm[ET]) .
YPIM Yd-Irrig Prod Yield-irrigation productivity (kg[yield]/ha/mm[irrig]) .
YPNAM Yd-N fert Prod Yield-N fertilizer productivity (kg[yield]/kg[N fert] .
YPNUM Yd-N upt Prod Yield-N uptake productivity (kg[yield]/kg[N uptake] .
YPPM Yd-Rain Prod Yield-rainfall productivity (kg[yield]/ha/mm[rain]) .
YPTM Yd-EP Prod Yield-transpiration productivity (kg[yield]/ha/mm[EP]) .
*GROWTH
@CDE LABEL DESCRIPTION..... SYNONYMS
A#PD Apex number Apex number per plant (#) .
BADMH Aerial t[dm]/ha Aerial biomass (green+dead), dm at harvest (t/ha) .
BWAD Basal weight Basal weight (kg [dm]/ha) .
CAID Canopy area ix Canopy area index (Laminae+sheaths+stems+ear+??) .
CDAD Dead canopy Dead canopy weight (kg [dm]/ha) .
CDAY Crop age days Crop age (days from planting) .
CDVD Crop age vdays Crop age (Vegetative days) .
CFAD F cane yl t/ha Fresh cane yield (t [fm]/ha) .
CHTD Canopy height m Canopy height (m) .
CHTCM Canopy ht, cm Canopy (forage) height (cm) .
CMDMD Cellulose DM Stalk cellulose dry mass (t/ha) .
CRAD Crown weight Crown weight (kg [dm]/ha) .
CRWAD Crown weight Crown weight (kg [dm]/ha) .
CWAD Tops wt kg/ha Tops weight (kg [dm]/ha) .

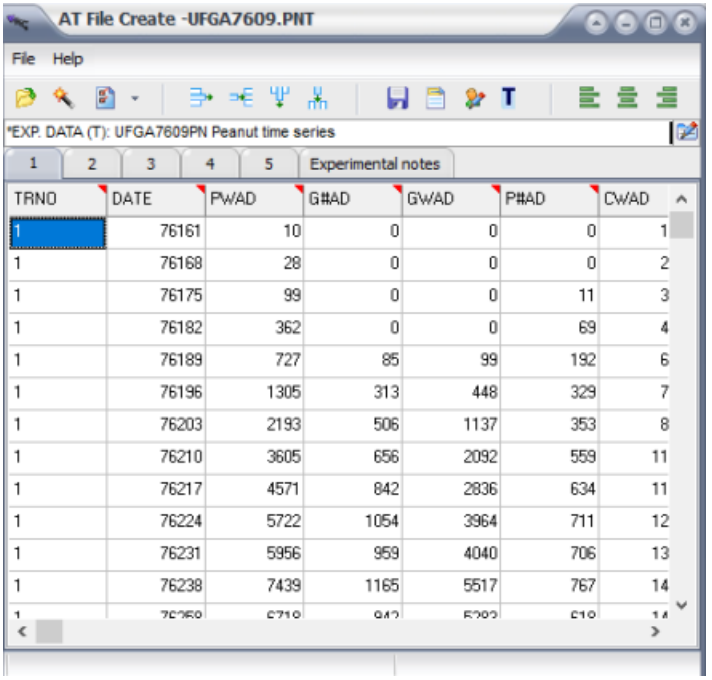
Sběr dat

- ✓ Různé formáty souborů
  - Soubory ASCII
  - Excel
  - Více...
- ✓ Oddělovače
  - Mezerník, čárka
- ✓ Jednotky veličin
- ✓ Formáty datumů
- ✓ ....

## Vytvoření souboru (AT File Create)

- ✓ Nástroj pro zadávání experimentálních dat
  - formáty XLS, text, DBF, CSV...
- ✓ Více sekcí, komentáře, možnost rozšíření o nové definice dat
- ✓ Automatické formátování a vlastní dokumentace

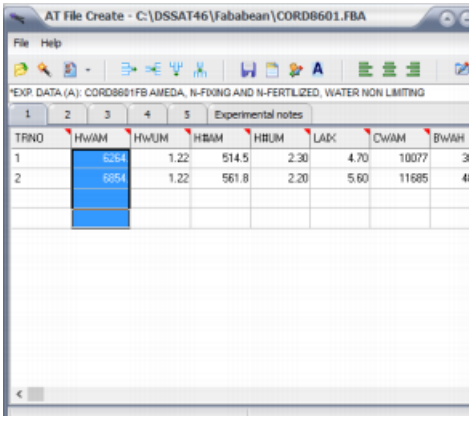
- ✓ Definice záhlaví
- ✓ Zadávání dat a definice sloupců
- ✓ Převod jednotek



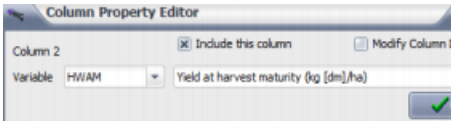

| TRNO | DATE | PWAD | GWAD | GWAD | PWAD | CWAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 76161 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 76168 | 28 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1 | 76175 | 99 | 0 | 0 | 11 | 3 |
| 1 | 76182 | 362 | 0 | 0 | 69 | 4 |
| 1 | 76189 | 727 | 85 | 99 | 192 | 6 |
| 1 | 76196 | 1305 | 313 | 448 | 329 | 7 |
| 1 | 76203 | 2193 | 506 | 1137 | 353 | 8 |
| 1 | 76210 | 3605 | 656 | 2092 | 559 | 11 |
| 1 | 76217 | 4571 | 842 | 2836 | 634 | 11 |
| 1 | 76224 | 5722 | 1054 | 3964 | 711 | 12 |
| 1 | 76231 | 5956 | 959 | 4040 | 706 | 13 |
| 1 | 76238 | 7439 | 1165 | 5517 | 767 | 14 |

Definování mřížky

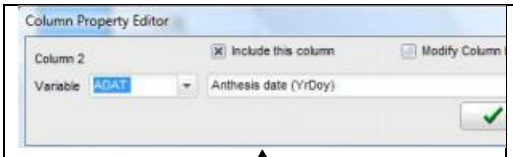
Definování ID experimentu



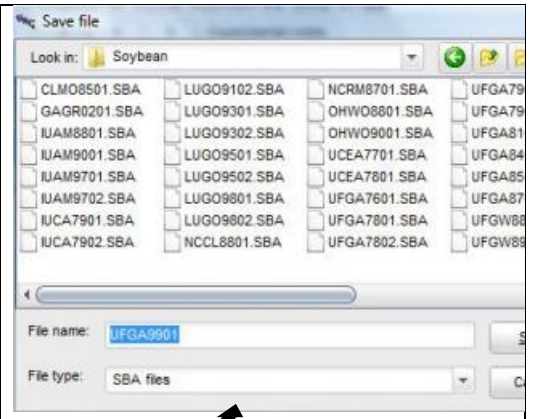

Poté importujeme nezpracovaná data nebo je zadáme ručně.



## Definování sloupce




Vyberte správnou proměnnou. Pokud jednotky proměnné nejsou v databázi, vyberte ručně multiplikátory a upravte je. *Nakonec uložte svůj soubor.*



# Sběr experimentálních dat – hodnocení modelu

## Co je to validace?

- ✓ Porovnání výstupů modelu se stavovými veličinami naměřenými v terénu.
- ✓ Model nelze skutečně validovat, ale pouze INVALIDOVAT = „model se neosvědčil pro místní podmínky a strategie řízení“.
- ✓ Vhodnějším termínem je HODNOCENÍ výkonnosti modelu.

## Hodnocení modelu

- ✓ Před jakoukoli aplikací modelu je velmi důležité zjistit jeho věrohodnost na základě údajů shromážděných na konkrétním místě.
- ✓ Proč model vyhodnocujete? Schopnost předpovědět reakci na nedostatek vody? Termín výsevu? Teplotu? Přírůstek sušiny? Konečnou biomasu? Akumulaci dusíku? Vyplavování dusíku? Jinými slovy, jaké proměnné a procesy a v jakém prostředí?

**Dostupné stavové veličiny modelu**

| HMOTNOST (g/m$^2$) | OSTATNÍ |
|---|---|
| Listy | Index listové plochy |
| Stonky + řapíky | Vegetativní fáze růstu |
| Kořeny | Reprodukční fáze růstu |
| Obal lusku / Obal semene | Počet lusků/m$^2$ |
| Semena | Počet semen nebo zrn/m$^2$ |
| Koncentrace dusíku / akumulace dusíku | Hustota délky kořenů podle vrstev<br>Obsah vody v půdě podle vrstev |

### Modelované rychlostní procesy

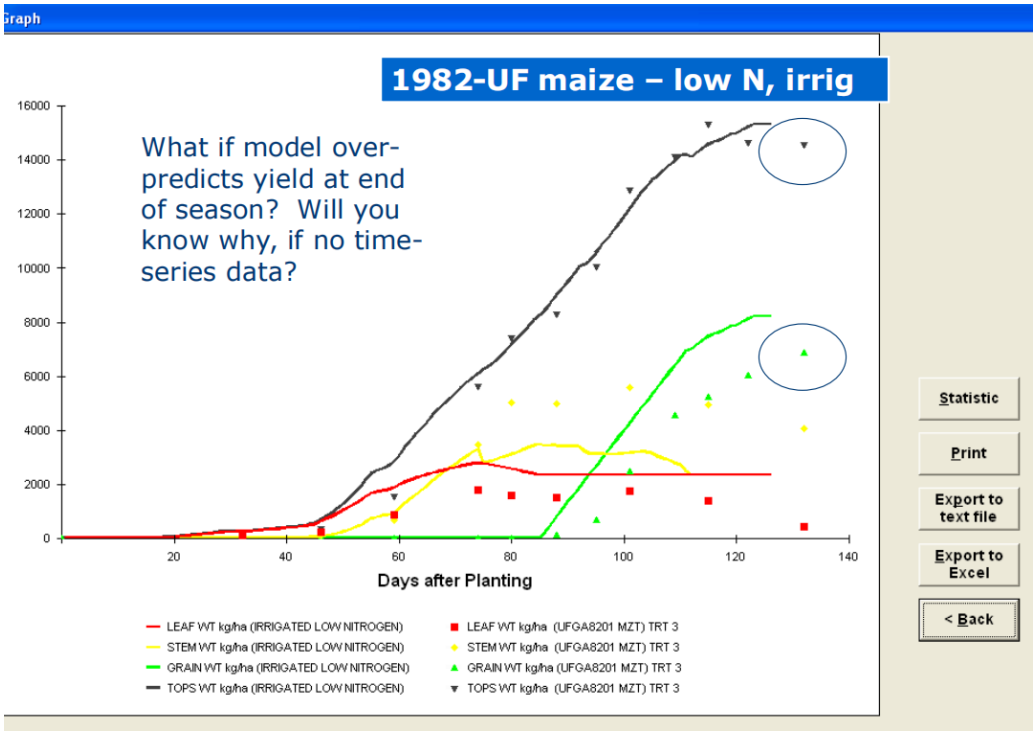
- ✓ Denní hrubá asimilace
- ✓ Hodinová asimilace koruny, hodinová asimilace listů
- ✓ Denní respirace
- ✓ Denní asimilace dusíku
- ✓ Denní transpirace
- ✓ Denní výpar z půdy
- ✓ Denní fixace vzdušného dusíku

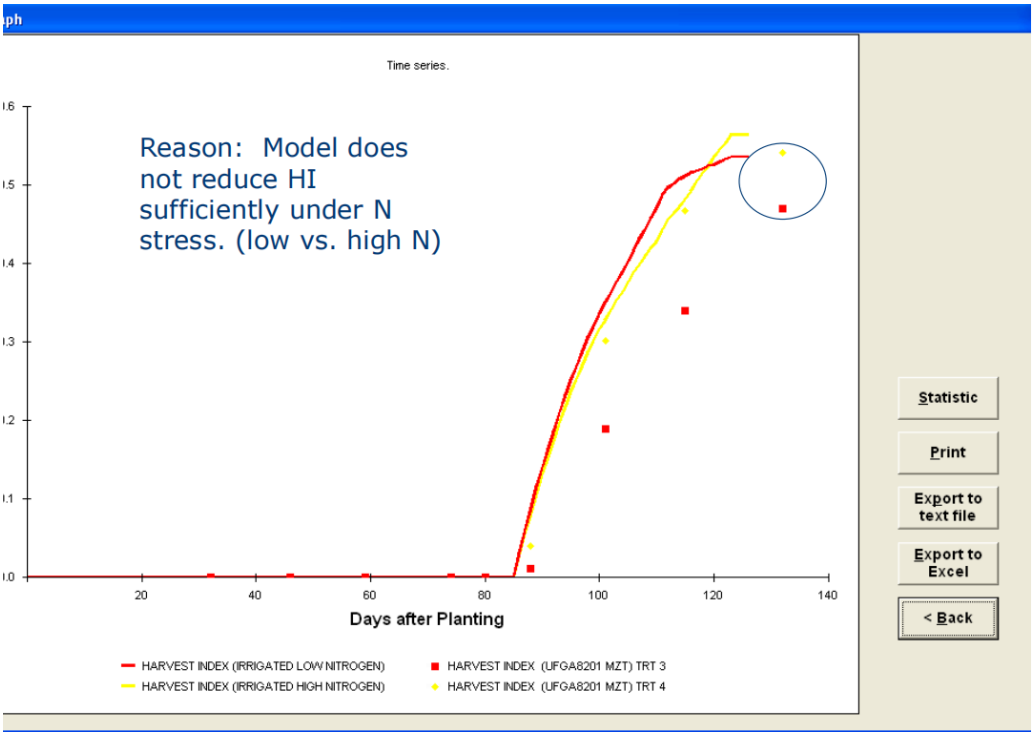
## Několik úrovní hodnocení

| Úroveň | Intenzita a počet vzorkovaných proměnných |
|---|---|
| 1. Informační testování<br><br>2. Hodnocení<br><br>3. Vývoj a kalibrace | Minimum<br><br><br><br>Maximum |

## Informační testování

- ✓ Vstupy modelu (nutné pro běh modelu)
  - Počasí
  - Půda
  - Hospodaření (management)
  - Genetika (koeficienty kultivaru)
- ✓ Konečný výnos a složky výnosu (velikost semen, počet semen, % obalení semen, % obalení). Test na konci sezóny.






## Minimální hodnocení modelu

- ✓ Vstupy
  - Počasí, půda, hospodaření, genetika
- ✓ Konečný výnos, velikost semen, % obalení (shelling %)
- ✓ Minimální vzorky růstu
  - Listy
  - Stonky a řapíky
  - Hmotnost a počet lusků
  - Vegetativní a reprodukční fáze

} dvoutýdenní intervaly nebo odběr vzorků v jednotlivých růstových fázích

## Maximum dat pro optimální kalibraci

## Hodnocení a vývoj

- ✓ Vstupy
- ✓ Počasí, půda, hospodaření, genetika
- ✓ Konečný výnos a složky výnosu
- ✓ Intenzivnější odběr vzorků růstu, cca. 7–10denní intervaly

| | |
|---|---|
| LAI | Počet lusků |
| Listy | Počet semen |
| Stonky & Řapíky | Hmotnost kořenů nebo hustota jejich délky, vegetativní a reprodukční fáze |
| Obal lusků | Obsah půdní vody |
| Semena | Půdní dusík |

### Zaznamenání problémů se škůdci

Hmyz, choroby a plevele (záznam počtu nebo následků (škod)).

- ✓ Choroby (% plochy s chorobami nebo jiné)
- ✓ Defoliace (%)
- ✓ Hlísti
- ✓ Vizuální přítomnost hmyzu, chorob nebo plevelů

### Techniky odběru vzorků růstu plodin (pro hodnocení modelů)

- ✓ Princip:
  - Odebírejte velký vzorek biomasy, abyste minimalizovali chyby (vysoké CV) spojené s hraničními problémy.
  - Odeberte malý dílčí vzorek pro rozdělení na části, protože CV jsou pro frakce a poměry nízké.

### Špatná alternativa: Vyšší CV

- ✓ Vzorek náhodných rostlin pro hmotnost nebo listovou plochu na rostlinu
- ✓ Hmotnost/rostlina × počet rostlin/$m^2$ = hmotnost/$m^2$

30–40 % CV

Vynásobení populací nesnižuje CV.

### Vliv vzorkované oblasti na variační koeficient pro:

- ✓ Biomasu závislou na ploše
  - Vysoké CV
  - Hranice je kritická

- ✓ Podíly a poměry nezávislé na ploše
  - Nízké CV
  - Vnitřní znaky, frakce a poměry rostlin
    - Větší genetická kontrola
    - Principy rostlinné alometrie

## Odběr vzorků pro analýzu růstu plodin

- ✓ Požadavky:
  - 4 nebo více replikací
  - Randomizovaný kompletní blokový návrh (RCBD) versus zcela náhodný návrh (CRD)
  - Systematické nebo náhodné (*v rámci opakování*)
  - Správné ohraničení velkého vzorku: Vzorek musí být na všech čtyřech stranách ohraničen podobnými rostlinami.
  - Je důležitá jednotnost přístupu.

Velký vzorek pro biomasu ~ 1 $m^2$ pozemku ohraničeného ze všech 4 stran*

* Zásadou je, že okraj by měl být ve stejné vzdálenosti jako je výška rostliny, pokud se jedná o celosezónní výsadbu. U kukuřice to jsou 2 metry od okraje.

## Dílčí vzorek

- ✓ Vezměte reprezentativní rostlinu (ne největší, ne nejmenší, ale střední a ohraničenou). Pokud je zrno malé, vezměte cca 10 rostlin s celými „trsy“ palic. Pokud je plodina menší, 2 rostliny jsou v pořádku.

    - Vegetativní fáze
    - Reprodukční fáze
    - Výška
    - Počet uzlin na hlavním stonku

  - Rozdělení na části (list, stonek, lusk atd.)
    - Listová plocha
    - Počet lusků (sója > 1cm, arašídy – plná velikost)
    - Počet klasů (kukuřice)

- Poté vzorky vysušte v sušičce při 60 °C po dobu 40 hodin.
  - Hmotnost listů
  - Stonek + řapík
  - Hmotnost obalů lusků
  - Hmotnost semen
  - Počet semen
- Omezený prostor sušárny?
  - Změřte % sušiny u dílčího vzorku.
  - Změřte čerstvou hmotnost na poli u dílčího vzorku a velkého vzorku.

### Výpočet podílů a poměrů z podvzorku suchých hmotností:

- ✓ Podíl stonku a řapíku = (Hmotnost sušiny stonku a řapíku) / Hmotnost rostlinné sušiny
- ✓ Podíl obalů lusků = Sušina obalů lusků / Hmotnost rostlinné sušiny
- ✓ Podíl semen = Sušina semen / Hmotnost rostlinné sušiny
- ✓ Podíl listů = Sušina listů / Hmotnost rostlinné sušiny
- ✓ Specifická listová plocha = Listová plocha / Hmotnost listové sušiny
- ✓ Specifický počet lusků = Počet lusků / Hmotnost sušiny jedné rostliny
- ✓ Specifický počet semen = Počet semen / Hmotnost sušiny jedné rostliny
- ✓ Semena / Lusky = Počet semen / Počet lusků
- ✓ „Tresh“ = Sušina semen / Hmotnost semen a lusků
- ✓ Hmotnost na semeno = Celková hmotnost semen / Počet semen

### Ukázka konverze

- ✓ Vypočítejte hmotnost nebo počet složek plodiny na jednotku plochy pomocí biomasy (g/m$^2$) z velkoplošného vzorku a poměrů vypočtených z dílčího vzorku.
- ✓ Pokud byl dílčí vzorek součástí velkoplošného vzorku, nezapomeňte jeho hmotnost znovu přičíst k biomase. Poté vydělte plochou vzorku.

### Odběr vzorků ve fázi růstu plodiny

- ✓ Vegetativní stádia: Průběžné v přírodě. Stačí jednou týdně.
- ✓ Reprodukční fáze: Důležitější, samostatná. Vzorky odebírejte 2 až 3× týdně.



Nejvýznamnější růstové fáze:

- ✓ Kvetení u kukuřice
- ✓ R3 (začátek tvorby lusků u sóji, podzemnice olejné, fazolu)
- ✓ R5 (začátek tvorby semen u sóji, podzemnice olejné, fazolu)
- ✓ R7 (počátek zralosti u sóji) a R8 (95 % zralých lusků = připravenost ke sklizni)
- ✓ R3 a R5 jsou pro modely CROPGRO rozhodující, protože znamenají posun v přidělování asimilátů k reprodukčnímu růstu
- ✓ R7 u sóji znamená konec rychlého růstu semen pro první semena
- ✓ Fyziologická zralost u kukuřice označuje konec plnění semen
- ✓ Počty květů:
    - Počet květů je pro modely hmotnostní bilance méně důležitý, protože relativní spotřeba energie na tvorbu květů je minimální a počet květů převyšuje počet nesených lusků.

- ✓ Příspěvek k fotosyntéze zelených nelistových pletiv:
    - Odhad zelené plochy listové pochvy a klasu (obiloviny) nebo lusku, řapíku a stonku (luštěniny). Modely se tímto zatím nezabývají, ale je to potřeba. Údaje z Boote: lusk, řapík a stonek tvoří asi 15 % zelené plochy u sóji a bobu.

## Jaká data byste měli shromažďovat?

## Záleží na tom, co testujete.

- ✓ Vodní bilance
    - Obsah vody podle hloubky? Odtok? Přísun vody z deště a zavlažování? Index listové plochy?

- ✓ Bilance dusíku
    - Hmotnost rostlin? Koncentrace dusíku v pletivech? Počáteční $NO_3$, $NH_4$, půdní organický uhlík? Stejné jako u vodní bilance?

- ✓ Bilance rostlinného uhlíku (sušina)
    - Hmotnost rostliny, hmotnost komponent, index listové plochy atd.?

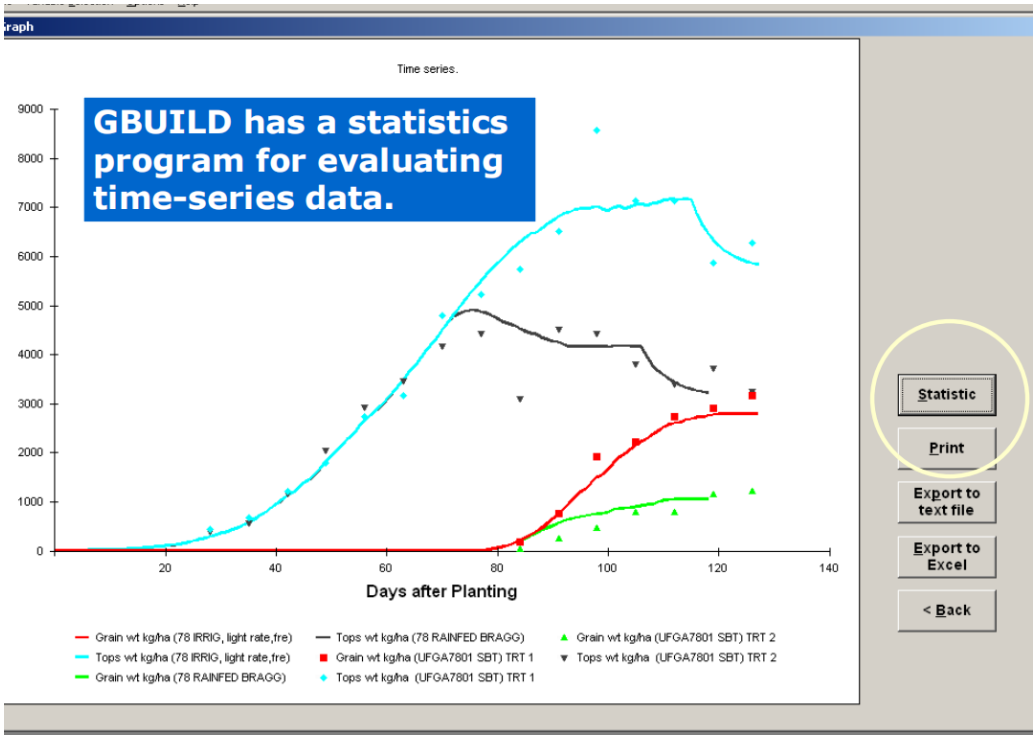
- ✓ Úrodnost půdy (účinky specifické pro danou lokalitu)
    - Vlastnosti půdy související se zadržováním vody
    - Počáteční hodnoty $NO_3$, $NH_4$, půdního organického uhlíku, historie plodin pro „zásobníky“ půdního organického uhlíku.
    - Půdní testy (pH, N, P, K, mikroživiny, půdní organicý uhlík)

- Analýzy růstu plodin (sklon akumulace DM).
- Konečný výnos a biomasa

✓ Ostatní

## Hodnocení modelu: Některá statistická kritéria

- ✓ Simulovaná křivka prochází v rámci určité směrodatné odchylky kolem pozorovaných dat
- ✓ Minimalizace součtů čtverců odchylek simulací od pozorování (nízká RMSE).
- ✓ Vysoký Wilmottův d-index
- ✓ Účinnost modelování
- ✓ Udržení vysokého $r^2$ simulovaných a pozorovaných dat (není tak důležité jako d-index)
  - Šikmost 1:1
  - Průsečík s osou *y* blízký nule

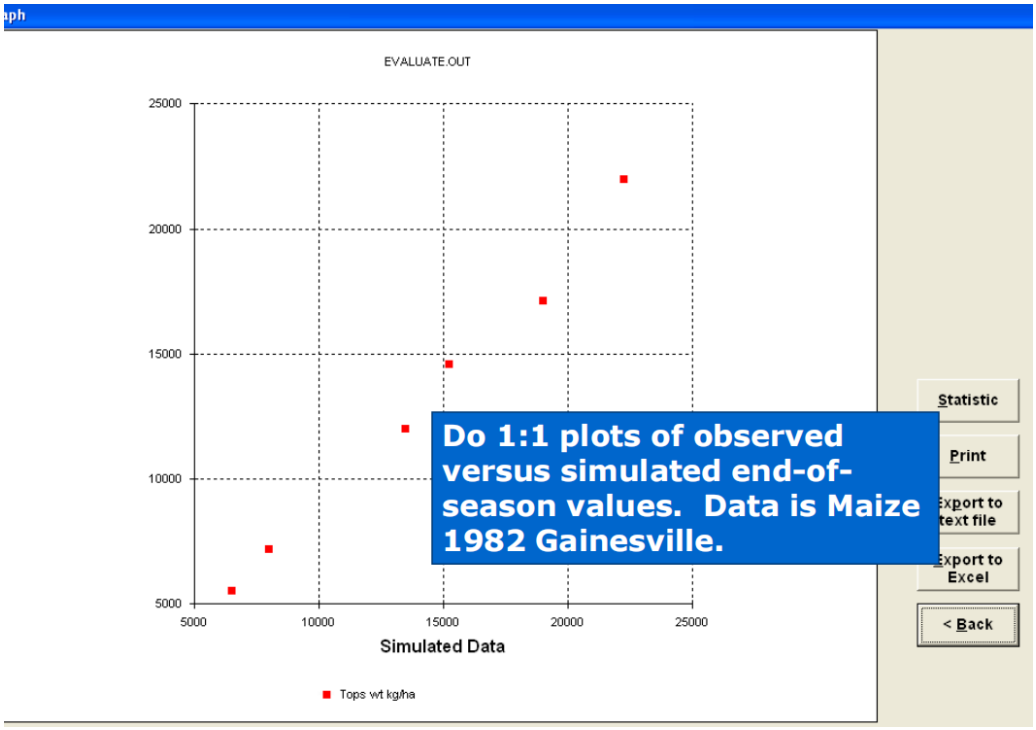


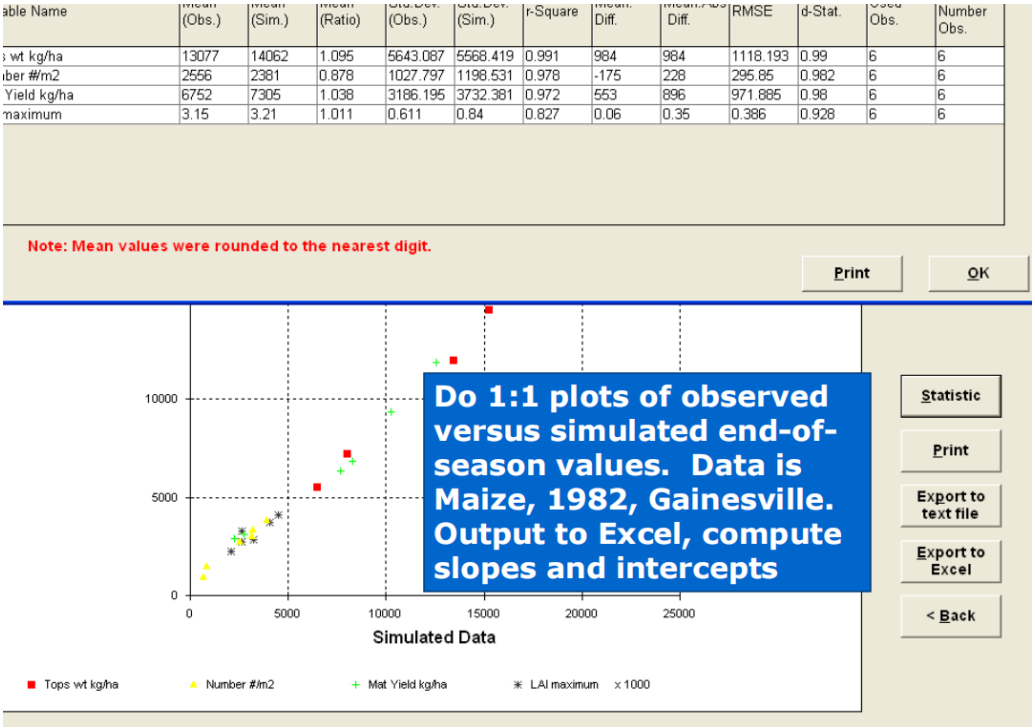
| Variable Name | | Mean (Obs.) | Mean (Sim.) | Mean (Ratio) | Std.Dev. (Obs.) | Std.Dev. (Sim.) | Std.Dev. (Ratio) | Mean. Diff. | Mean.Abs Diff. | RMSE | d-Stat. | Used Obs. | Total Number Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grain wt kg/ha | ( Run 1) | 1983 | 1830 | 0.958 | 1045.138 | 959.154 | 0.107 | -153 | 162 | 222.19 | 0.988 | 7 | 7 |
| Tops wt kg/ha | ( Run 1) | 4485 | 4437 | 0.967 | 2530.126 | 2463.866 | 0.116 | -48 | 317 | 486.834 | 0.99 | 15 | 15 |
| Grain wt kg/ha | ( Run 2) | 465 | 695 | 2.259 | 289.999 | 290.851 | 1.396 | 231 | 231 | 241.948 | 0.855 | 5 | 7 |
| Tops wt kg/ha | ( Run 2) | 2960 | 3070 | 1.01 | 1410.217 | 1547.778 | 0.165 | 110 | 297 | 463.509 | 0.975 | 13 | 15 |

Note: Mean values were rounded to the nearest digit.

Print OK

- ✓ Vypočet průměru, poměru, $r^2$, RMSE a d-statistiky pozorovaných hodnot v porovnání se simulovanými údaji v sezóně. Data jsou z roku 1978, je studována sója, lokalitou je Gainesville.






## Shrnutí hodnocení modelu

- ✓ Vyžaduje údaje o plodinách v sezóně a na konci sezóny, údaje o počasí, půdě a hospodaření.
- ✓ Statistika (časové řady a údaje na konci sezóny) – porovnání simulovaných a pozorovaných údajů:
  - d-statistika, RMSE, ME, šikmost a průsečík s osou *y*
  - regrese ($r^2$) může být zavádějící
- ✓ Další krok: Častá rekalibrace modelu?
- ✓ Logické pořadí při kalibraci: systematické a iterativní
  - Nejdříve fenologie, pak vegetace, reprodukce, pak výnosy.
  - Cenné jsou informace o časových řadách.

## Systematický přístup a pořadí kalibrace

- ✓ Používejte pouze ošetření (kombinace podmínek), která vykazují minimální stres prostředí:
  - dostatečné množství vody
  - dostatečné množství dusíku
  - ostatní faktory úrodnosti
  - dobrá kontrola hmyzu a chorob

## Systematický přístup a pořadí kalibrace

- ✓ Krok 1
  - Kalibrace vývoje plodin na základě aktuálních údajů o počasí.
    - Datum kvetení, datum zralosti atd.
- ✓ Krok 2
  - Kalibrace akumulace sušiny porovnáním pozorovaných a simulovaných údajů.
    - Biomasa a složky plodiny, index listové plochy atd.
- ✓ Krok 3
  - Kalibrace výnosu a složek výnosu
    - Výnos zrna a jeho složky atd.

## Přístup ke kalibraci: Životní cyklus plodiny

- ✓ Vyberte skupinu zralosti, tržní typ nebo ekotyp. Najděte takovou, která předpovídá kvetení a zralost blízkou Vaší odrůdě. Pomáhá ostatním znakům, aby byly „v dosahu“.
- ✓ Předpokládejte, že kritická délka krátkého dne a citlivost na fotoperiodu jsou správné, pokud jsou blízké pro kvetení a zralost. Pokud ne, upravte CSDL nebo P2 pro kultivar citlivý na délku dne.
- ✓ Pokud je blízko antéza, je v pořádku upravit P1 pro kukuřici nebo EM-FL (fototermické dny od vzejití do prvního květu) pro luskoviny.
- ✓ Srovnejte simulovaná a pozorovaná data kvetení.
- ✓ Poté upravte SD-PM (fototermické dny mezi prvním semenem a fyziologickou zralostí). Nebo P5 pro CERES-kukuřice/pšenice. [Model kukuřice: Vymažte všechna ošetření, která říkají „rostlina předčasně dozrála kvůli stresu“].
- ✓ Srovnejte simulované a pozorované hodnoty pro fyziologické parametry.

## Přístup ke kalibraci: Akumulace sušiny

- ✓ LFMAX nebo RUE:
  - Upravte pouze v případě, že dvě odrůdy nebo dva hybridy vykazují při pěstování na stejné půdě rozdílnou míru akumulace sušiny
- ✓ SLPF:
  - Upravte, pokud se stanoviště liší v úrodnosti
  - Upravte, pokud máte pouze jedno stanoviště

## Přístup ke kalibraci: Index listové plochy a specifická listová plocha

- ✓ Menší dopady na akumulaci sušiny
  - SLAVR (Specifická listová plocha)
  - FL-LF (Doba do konce expanze listové plochy)
  - FL-SH (Doba do začátku přírůstku lusků)
  - FL-SD (Doba začátku růstu semen)
- ✓ Pro CERES upravte PHINT pro počet listů, ovlivňuje LAI.
- ✓ Vykreslete SLA (pouze CROPGRO)
  - Upravte SLAVR tak, aby odpovídala pozorované a simulované SLA.

## Shrnutí kalibrace modelu

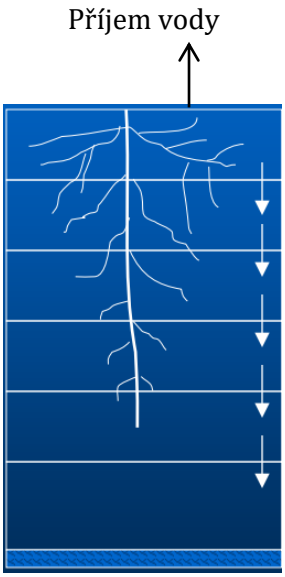
- ✓ Logické pořadí, systematické, iterativní
  - Nejprve fenologie, vegetační fáze, reprodukční fáze, pak výnosy.
  - Cenné jsou informace o časových řadách.
- ✓ Statistiky (o časových řadách a konci sezóny)
  - D-statistika, RMSE, ME, šikmost a průsečík s osou *y*
  - Regrese ($r^2$) může být zavádějící

# Simulace produkce limitované vodou: Bilance půdní vody

## Simulace vody

- ✓ Výpočty vodní bilance
- ✓ Potenciální evapotranspirace
- ✓ Výpar z půdy
- ✓ Transpirace rostlin
- ✓ Příjem vody kořeny
- ✓ Odtok
- ✓ Infiltrace
- ✓ Proudění vody v půdě (redistribuce)
- ✓ Hluboká drenáž

## Vodní bilance




Mezi stavové proměnné patří
- obsah vody v půdě podle výpočetní vrstvy

## Definice

- ✓ Dolní mez (LL) – obsah vody po odčerpání veškeré vody z kořenů.
- ✓ Horní mez odvodnění (DUL) – obsah vody po odvodnění nasycené půdy do ustáleného stavu.
- ✓ Nasycená vodní kapacita (SAT) – maximální objem vody, který může půda zadržet (všechny póry jsou zaplněny vodou).

## Důležité parametry půdního profilu

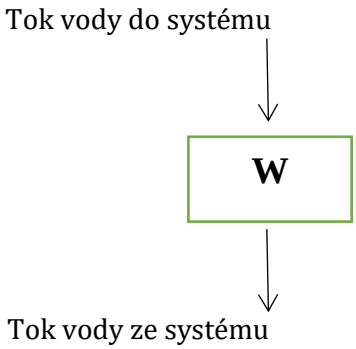
| | |
|---|---|
| L | = Číslo vrstvy |
| Z(L) | = Hloubka vrstvy L, v mm |
| LL(L) | = Dolní limit dostupnosti vody, v jednotkách $mm^3$ [voda] $mm^{-3}$[půda], přibližně bod vadnutí |
| DUL(L) | = Horní hranice obsahu vody při odvodnění, přibližně polní kapacita |
| SAT(L) | = Obsah vody v nasycené půdě |
| WR(L) | = Kořenový preferenční faktor pro rozložení růstu nových kořenů s hloubkou v půdě. V půdním souboru = SRGF |

## Cíl: Výpočet faktorů vodního stresu

- ✓ Vodní stres ovlivňuje fotosyntézu, fenologii, expanzní a růstové procesy, stárnutí.
- ✓ Pokud atmosférická potřeba vody převyšuje schopnost půdy a kořenového systému vodu dodávat, dochází k vodnímu stresu rostlin.

## Simulace bilance půdní vody

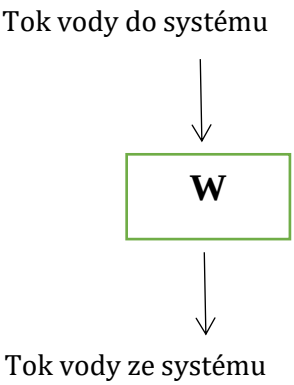
- ✓ Procesy na povrchu půdy
  - Odtok vody z povrchu
  - Vsak vody
  - Půdní výpar
  - Rostlinná transpirace
- ✓ Procesy v dolní části profilu
  - Odvodnění/hluboké průsaky
- ✓ Procesy v půdním profilu
  - Jednorozměrné proudění vody v půdě
  - Nasycené proudění
  - Nenasycené proudění
  - Vzestupné proudění




## Simulace bilance půdní vody

- ✓ Vstupy
  - Denní úhrn srážek
  - Data a množství závlahy
  - Denní sluneční záření
  - Denní teplota vzduchu
- ✓ Stavové proměnné související s plodinami
  - Index listové plochy
  - Hustota délky kořenů v každé hloubce
- ✓ Stavová proměnná půdní vody a počáteční podmínky
  - Objemový obsah půdní vody v každé vrstvě
- ✓ Parametry ... KTRANS (KCAN) v souboru ekotypu

## Základní rovnice hmotnostní bilance




Rovnice hmotnostní bilance

$\frac{dW}{dt}$ = vstup – výstup

Eulerova integrace (denní)

Wt + dt = Wt + (tok do – tok z) dt

**Simulace bilance půdní vody**

$$dW/dt = P + I - R - D - E_S - E_P$$

dW/dt = Čistá rychlost změny zásob vody v půdě v jednotkách $mm^3$[voda] $mm^{-2}$[plocha] $d^{-1}$ nebo mm $d^{-1}$.

- ✓ P = Srážky za den, mm $d^{-1}$
- ✓ I = Množství závlahy za den, mm $d^{-1}$
- ✓ R = Povrchový odtok za den, mm $d^{-1}$
- ✓ D = Odtok ze dna profilu za den, mm $d^{-1}$
- ✓ $E_s$ = Výpar z půdy za den, mm $d^{-1}$
- ✓ $E_p$ = Výpar z rostlin (transpirace) za den, mm $d^{-1}$

## Odtok vody a její infiltrace

- ✓ Infiltrace = P + I – R mm $d^{-1}$
- ✓ P = Srážky, mm $d^{-1}$
- ✓ I = Závlaha, mm $d^{-1}$
- ✓ R = Povrchový odtok, mm $d^{-1}$
  - Vypočítán metodou Curve Number US NRCS
  - Závisí na denním úhrnu srážek
  - Závisí na půdním pokryvu, hospodaření, typu půdy
  - CN = 0 ... žádný odtok
  - CN = 100 ... Všechny srážky odtékají

## Nasycený tok (odvodnění)

Exponenciální odtok vody nad horní hranicí odvodnění,

$$DR(L) = -SWCON \cdot (SW(L) - DUL(L)) \cdot Z(L)$$

kde

| | |
|---|---|
| L | Číslo vrstvy |
| DR(L) | Odtok z vrstvy L za den, mm |
| SWCON | Podíl odtečené vody za den, $t^{-1}$ |
| Z(L) | Hloubka vrstvy L, mm |
| SW(L) | Obsah půdní vody ve vrstvě L za den |

| | |
|---|---|
| LL(L) | Dolní mez půdní vody extrahovatelné rostlinami ve vrstvě L |
| DUL(L) | Horní hranice odvodnění ve vrstvě L |
| SAT(L) | Nasycený obsah půdní vody |

## Odvodnění

## Redistribuce vody

$$FLOW(L) = \frac{DBAR \cdot GRAD}{DIST}$$

FLOW(L) = Proudění nenasycené vody z vrstvy L do vrtvy L+1, mm $d^{-1}$

DIST = Průměrná vzdálenost toku nebo $0,5 \cdot (Z_L + Z_{L+1})$

DBAR = Průměrná difuzivita vody v půdě, předpokládaná jako $0,88 \cdot EXP\ (35,4 \cdot SWBAR \cdot 0,5)$

$SWBAR = (\theta_L \cdot Z_L + \theta_{L+1} \cdot Z_{L+1}) / (Z_L + Z_{L+1})$

$GRAD = (\theta_{L+1} / ESW_{L+1} - \theta_L / ESW_L) \cdot (ESW_{L+1} \cdot Z_{L+1} + ESW_L \cdot Z_L) / (Z_L + Z_{L+1})$

## Evapotranspirace

## Potenciální evapotranspirace ($ET_o$)

Priestley-Taylorova rovnice

Vstupy: Celkové sluneční záření

Tmax a Tmin

$$ET_o = DELTA/(DELTA+GAMMA) \cdot R_{net} \cdot C \text{ (tj. rovnovážný výpar} \cdot C)$$

kde DELTA = Sklon křivky tlaku par a teploty

GAMMA = Psychometrická konstanta

$R_{net}$ = Globální záření, MJ $m^{-2}$ $d^{-1}$

C = Koeficient závislosti na teplotě

Globální záření je vypočteno ze SRAD, celkového toku slunečního záření

## Evapotranspirace

## Potenciální evapotranspirace ET ($ET_o$)

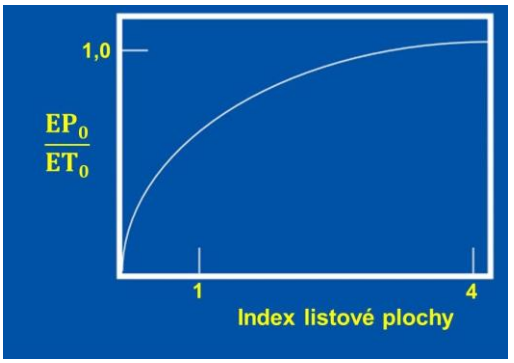
- ✓ Případně pomocí Penmanovy-Monteithovy rovnice, jak ji zavedla FAO (FAO 56).
  - $ET_o$ = DELTA/(DELTA+GAMMA) · $R_{net}$ · f(WIND, HUM)
  - Vyžaduje další vstupy údajů o počasí
    - Rychlost větru
    - Relativní vlhkost (CSM zadává teplotu rosného bodu)

## Evapotranspirace

## Rozdělení $ET_o$ na $EP_o$ a $ES_o$

$ES_o$
• Potenciální půdní evaporace
• ESo = ($ET_o$/1,1) · (EXP(-0,4 · LAI)

$EP_o$
• Potenciální evaporace z rostlin
• $EP_o$ = $ET_o$ – ES



## Evapotranspirace

## Výpočet rychlosti vypařování omezeného půdou, $ES_o$

Výchozí nastavení: Volitelné:
Model výparu z půdy odvozený z difuzní teorie Suleimana a Ritchieho (2003):

$$\Delta\theta_{ES_{z,t}} = -(\theta_{z,t} - \theta_{AD,z}) \cdot F_z$$

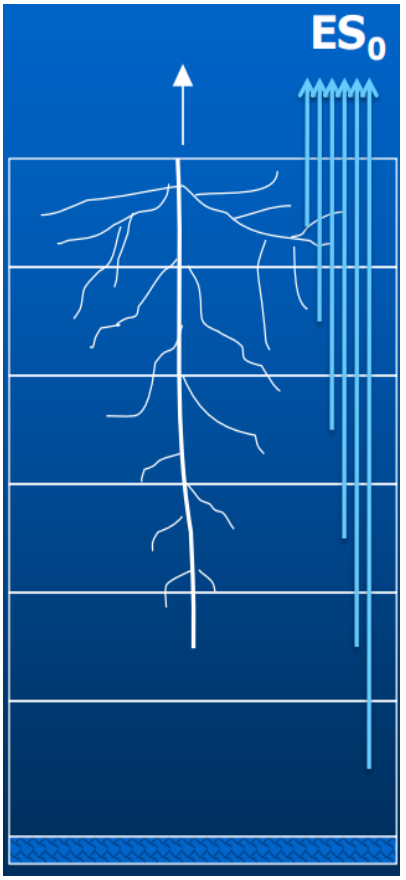
Kde
$\Delta\theta_{ES_{z,t}}$ = maximální denní změna objemového obsahu vody v hloubce $z$ v důsledku výparu za den $t$ ($cm^3\ cm^{-3}\ d^{-1}$)

$\theta_{z,t}$ = objemový obsah vody v hloubce $z$, den $t$

$\theta_{AD,z}$ = obsah suché vody ve vzduchu v hloubce $z$ ($cm^3\ cm^{-3}$)

$F_z$ = koeficient přenosu pro půdu v hloubce $z$ ($d^{-1}$). $F_z$ se odhaduje empiricky z mezních hodnot zadržení vody.

$z$ = průměrná hloubka půdní vrstvy (cm)




**Výpočet výparu omezeného půdou**

## Evapotranspirace

## Výpočet rychlosti vypařování omezeného půdou, $ES_s$

Pokud SUM(ES) < U, pak $ES = ES_s$

SUM(ES) = Celkový výpar z půdy od posledního smáčení půdy, mm

U = Horní hranice půdy E pro výpar ve fázi 1, hloubka, mm

Jinak, $ES_s = C \cdot t^{1/2} - C \cdot (t-1)^{1/2}$

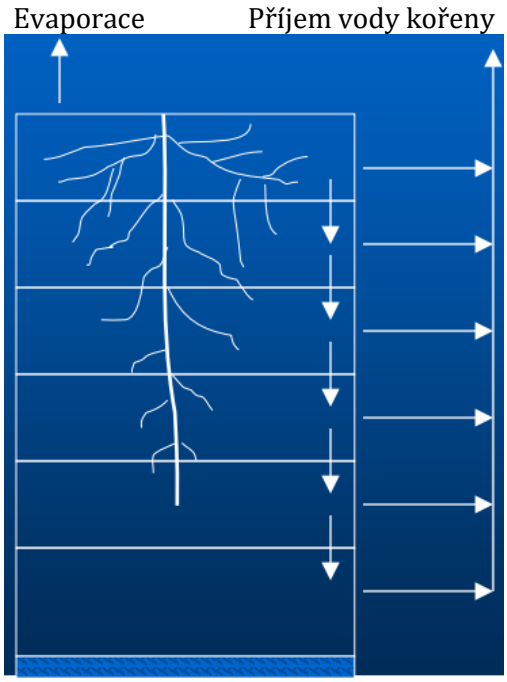
Fáze 1: limitováno energií

Fáze 2: limitováno půdou

## Souhrn pro evapotranspiraci

## Pořadí výpočtů

- ✓ Potenciální ET ($ET_o$)
- ✓ Rozdělení $ET_o$ na $EP_o$ a $ES_o$
- ✓ Výpočet výparu omezeného půdou, $ES_s$
- ✓ Skutečný výpar z půdy ES = MIN ($ES_o$, $ES_s$)
- ✓ Přepočet $EP_o = ET_o - ES$
- ✓ Vypočet limitovaného příjmu vody kořeny, $EP_r$
- ✓ Skutečná transpirace rostlin, EP = MIN ($EP_o$, $EP_r$)
- ✓ Skutečná evapotranspirace, ET = EP + ES




Příjem vody kořeny je vypočítán podle rovnice radiálního proudění.

Je funkcí

- délky kořenů v každé vrstvě půdy
- dostupnosti vody v každé vrstvě půdy
- odporu vůči proudění vody v kořenech

## Růst kořenů

- ✓ Rychlost růstu kořenů (cm/den) = $CH_2O_{Roots}$ · cm kořenů/g $CH_2O$
- ✓ Problém – Kde rostou kořeny?
- ✓ WR(L) = Relativní schopnost kořenů růst ve vrstvě půdy L
  - Závisí na půdě a je definována jako SRGF(L) v souboru soil.sol
- ✓ RGR(L) = (RGR · WR(L)) / SUMWR

- ✓ Když je vrstva suchá, růst kořenů se snižuje, pokud je SW(L) menší než 1/4 (DUL – LL), tj. kořeny mají tendenci růst ve vlhké půdě. Kořeny však nerostou ani v půdě nasycené vodou, např. do 2 % jednotek SAT(L).
- ✓ Časná sezóna: Hloubka kořenů se vypočítá jako f (DD), aby se určilo, jak rychle postupuje kořenová fronta. To určuje celkový počet vrstev, ve kterých rostou kořeny.
- ✓ WR(L) je vstup, který se v souboru soil.sol ve skutečnosti nazývá SGRF(L).

## Souhrn denního růstu kořenů

- ✓ Hmotnost růstu kořenů závisí na přidělení přírůstku kořenům.
- ✓ Délka růstu kořenů závisí na parametru poměru délky a hmotnosti definovaném v souboru SPE.
- ✓ Místo růstu kořenů závisí na funkci WR a na vodních podmínkách v půdě v daný den.
- ✓ V závislosti na vodních podmínkách v půdě dochází ke stárnutí kořenů (stárnou více v zaplavených nebo suchých podmínkách).

## Nedostatek vody

- ✓ Expanzivní růst (listová plocha nebo specifická listová plocha, výška, šířka)
- ✓ Procesy regulované průduchy
  - Fotosyntéza
  - Transpirace
- ✓ Stárnutí listů
- ✓ Vývoj rostlin
  - Organogeneze, vznik nových listů
  - Vývoj reprodukční fáze

## Faktor vodního stresu (TURFAC)

- ✓ TURFAC = Stres suchem založený na turgoru
  - Pokud je potenciální příjem vody kořeny > 1,5 · potenciální transpirace (požadavek), pak
    - TURFAC = 1
    - Žádný stres suchem
  - Pokud je potenciální příjem vody kořeny < 1,5 · potenciální transpirace, pak
    - TURFAC (= PRWU / 1,5 · $EP_o$)
    - n < 1 a stres suchem snižuje expanzivní růst

## Faktor vodního stresu (SWFAC)

- ✓ SWFAC = Stres suchem
  - Pokud je potenciální příjem vody kořeny > 1,0 · potenciální transpirace (požadavek), pak
    - SWFAC = 1
    - Žádný stres suchem
  - Pokud je potenciální příjem vody kořeny < 1,0 · potenciální transpirace, pak
    - SWFAC = PWRU / $EP_o$
    - n < 1 a stres suchem snižuje transpiraci a fotosyntézu

## Účinek vodního stresu

- ✓ Fotosyntéza
- ✓ Uzavření průduchů za omezených vodních podmínek snižuje EP a fotosyntézu (Pg)
- ✓ Pg = k · EP / VPD
- ✓ 20% snížení EP v důsledku omezené půdní vody způsobí 20% snížení Pg, pokud je VPD konstantní.
- ✓ SWFAC = PRWU / $EP_o$ a Pg = $Pg_o$ · SWFAC
- ✓ Expanze listů
- ✓ Snížení před Pg a nové zvýšení LAI je sníženo o TURFAC, TURFAC = PRWU / (1,5 · $EP_o$)

## Účinky vodního stresu

- ✓ Pokud $Xr^o$ = normální rozdělení na kořeny, rozdělení na den s vodním stresem se vypočítá takto:

$$Xr = Xr^o + ATOP \cdot (1 - TURFAC) \cdot (1 - Xr^o)$$

kde ATOP = Maximální změna rozdělení při silném stresu

Pokud je ATOP 0,50 a 80 % nového přírůstku je normálně rozděleno na nadzemní část a 20 % na kořeny, pak s rostoucím stresem nebo s tím, jak se TURFAC blíží 0, by Xr bylo 0,20 + 0,4 = 0,60.

## Shrnutí výpočtů vodní bilance

- ✓ Výpočet potenciální ET
- ✓ Rozdělení na potenciální transpiraci rostlin a potenciální výpar vody z půdy
- ✓ Výpočet omezení půdy pro povrchový výpar
- ✓ Skutečný výpar z půdy je minimum z těchto dvou hodnot
- ✓ Výpočet omezení kořenového systému pro příjem vody z půdy
- ✓ Skutečná transpirace rostlin je minimální z obou hodnot
- ✓ Skutečná ET = součet skutečné transpirace a výparu
- ✓ Výpočty vodního stresu jsou založeny na poměru maxima kořenového příjmu vody a atmosférické potřeby vody.

## Zkušenosti s předpovídáním vodní bilance, ET a reakce výnosů plodin na vodu

- ✓ Bilance vody v Ritchieho sklápěcím vědru funguje uspokojivě, pokud jsou DUL, LL a rozložení kořenů správné.
- ✓ Nejlepší možnosti ET plodin (PT a FAO56-PM-ref).
- ✓ Dobrý vztah biomasy a výnosu k sezónní evapotranspiraci.
- ✓ Dobré předpovědi vlivu vodního stresu na růst sušiny, index listové plochy, specifickou listovou plochu, stárnutí listů, fixaci dusíku.

Je třeba zlepšit infiltraci odtoku, podmínky vznikající v důsledku vysoké hladiny podzemní vody atd.

## Důsledky pro kalibraci modelu

- ✓ Kořenový růstový faktor má silný vliv na vodní stres.
- ✓ LL a DUL ovlivňují schopnost zadržovat vodu v každé vrstvě.
- ✓ Při kalibraci modelu prozkoumejte vzorce vodního stresu a v případě potřeby zvažte úpravu RGF a vlastností půdy.

## Zadržování vody v krajině → protiodtokové úpravy (např. způsob orby)

- ✓ Půda potřebuje organickou hmotu, která má nejen produkční funkci, ale také udržuje hydrologický cyklus.
- ✓ Čím vlhčí je půda, tím více vody absorbuje (půda zadrží 10× více vody než přehrady).
- ✓ Stromy jsou přirovnávány ke klimatizačním jednotkám – zatímco ty mívají výkon v řádu jednotek kilowattů, každý strom chladí výkonem desítek kilowattů.

- ✓ Naopak vodní hladina je na tom podobně jako klimatizační jednotka.
- ✓ Nejhorší z hlediska vypařování vody je potom pole bez plodin.
- ✓ Na rozdíl od lesů, které jsou schopny hodně vypařovat, agrosystémy v podobě polí s plodinami vypařují zpravidla stejně nebo méně, než je výpar z volné hladiny vody.
- ✓ To znamená, že čím je větší rozloha zemědělsky obdělávané půdy a současně čím déle během roku zůstává tato půda nepokryta vegetací, tím více působí jako radiátor, který krajinu vysušuje a otepluje.
- ✓ Voda v krajině má významný vliv na zmírňování/zesilování klimatických změn
    - Strom transpiruje za letního slunného dne cca 10 h → 280 kWh / 10 h = 28 kW → Výpar až 400 l/den = **28 kW je průměrný chladící výkon tohoto stromu**

## Význam evapotranspirace při translokaci energie

- ✓ Uvolní se zjevné teplo cca 56 000 GWh (roční produkce všech elektráren v ČR) + nároky na vodu (podzemní/povrchovou)
- ✓ Množství zjevného tepla uvolňovaného z 20 $km^2$ odvodněného povrchu odpovídá přibližně instalovanému výkonu uhelných elektráren v ČR (12 000 MW)
    - V ČR dopadne za den na 1 $m^2$ až 25 MJ sluneční energie (6 kWh).
    - Maximální tok za letního slunného dne je až 1000 $W \cdot m^{-2}$ → 1000 MW · 100 $ha^{-1}$ (1 $km^2$)
    - Během jednoho letního dne se odpaří 3 až 5 litrů vody z povrchu o velikosti 1 $m^2$.
    - Skupenské teplo vypařování je 2,5 MJ na 1 litr $H_2O$.

**7,5–12,5 $MJ \cdot m^2 \cdot den$**

**→ Pokud není voda k dispozici, tak se energie Slunce dopadající na zemský povrch změní v teplo. → Energie dopadající na 100 ha odpovídá dokonalému spálení 750 tun uhlí.**

# Automatické zavlažování pomocí řízení růstových fází v DSSAT v4.8

Model pěstebního systému DSSAT má schopnost řídit automatické zavlažování pomocí růstových fází. To se provádí prostřednictvím sekce Simulation Controls (Ovládací prvky simulace) v souboru FileX. V rámečku 1 je uvedena ukázková sada ovládání zavlažování pomocí automatického zavlažování řízeného růstovými fázemi, která slouží k demonstraci možností v tomto dokumentu.

Přepínač IRRIG je nastaven na „A“ nebo „F“ pro automatiku s vypočtenými („A“) nebo s pevnými („F“) množstvími závlahy, jako v předchozích verzích CSM. Sekce automatické závlahy nyní umožňuje více řádků, z nichž každý odpovídá začátku růstové fáze uvedené ve sloupci IRON (zapnutá závlaha). Růstová stádia závisí na aktuálně simulované plodině a jsou uvedena v souboru GRSTAGE.CDE. Například v rámečku 2 jsou uvedena růstová stadia pro kukuřici Ceres ze souboru GRSTAGE.CDE. Ve vzorových simulačních kontrolách v rámečku 1 začíná první řádek kontrol v růstové fázi 7, datum výsevu; druhá sada kontrol začíná v růstové fázi 2, iniciace květu, a poslední sada kontrol začíná v růstové fázi 4, R2 nebo plnění zrna.

**Pozor! GRSTAGE.CDE nemusí být zcela aktuální pro všechny plodiny! Nezapomeňte pečlivě zkontrolovat výstupy, abyste se ujistili, že máte k dispozici očekávané načasování zavlažování.**
V každé sadě kontrolních prvků fáze růstu lze nastavit tyto proměnné:

- ✓ IMDEP – hloubka managementu zavlažování (cm)
- ✓ ITHRL – spodní práh dostupné vody pro spuštění zavlažování (%)
- ✓ ITHRU – horní hranice dostupné vody pro výpočet množství závlahy (pro IRRIG = „A“)

- ✓ **IRON – fáze růstu, ve které se zapínají pravidla zavlažování**
- ✓ IMETH – způsob zavlažování
- ✓ IRAMT – množství zavlažování (mm, pro IRRIG = „F“)
- ✓ IREFF – efektivita zavlažování (%)
- ✓ AVWAT – dostupná voda (mm)

**IFREQ – minimální počet dní mezi zavlažovacími událostmi**

Proměnné IMDEP, ITHRL, IMETH, IRAMT a IREFF fungují stejně jako

v předchozí verzi automatických zavlažovacích rutin. Proměnné ITHRU a IRON byly dříve k dispozici v Simulation Controls, ale v modelu se nepoužívaly. Dvě nové proměnné jsou AVWAT a IFREQ.

**ITHRU** umožňuje vypočítat deficitní zavlažovací množství při použití možnosti „A“. Dříve model počítal množství závlahy potřebné k naplnění půdního profilu na 100 % dostupné vody. Nyní model používá ITHRU k nastavení obsahu vody v půdě po zavlažování.

**IRON** umožňuje uživateli zadat různá pravidla automatické závlahy v závislosti na růstové fázi. Pravidla nabývají účinnosti na začátku růstové fáze IRON a pokračují, dokud nejsou pravidla změněna jiným zadáním. Poslední zadaná pravidla jsou platná až do konce simulace.

**AVWAT** se používá k omezení zavlažování v případě nedostatku vodních zdrojů. Lze ji nastavit pro každou růstovou fázi zvlášť. Pokud má kladnou hodnotu AVWAT pouze první růstová fáze, pak se toto množství použije k omezení dostupných zdrojů vody pro zavlažování během celé sezóny. Pokud je pro kteroukoli růstovou fázi uvedena hodnota „-99“ nebo prázdná hodnota, předpokládá se, že zdrojová voda pro zavlažování je neomezená, stejně jako v předchozích verzích modelu.

**IFREQ** se používá k omezení četnosti zavlažování, jako je tomu u zavlažovacího systému se středovým vývodem. Proměnnou lze zadat jako reálné číslo, ale pro porovnání s počtem dní od předchozí aplikace závlahy se zaokrouhluje na nejbližší celé číslo.

Při použití zavlažování v růstové fázi je důležité podrobně sledovat výstupy alespoň po dobu jedné sezóny a zkontrolovat, zda jsou zavlažovací akce prováděny správně. Nejlepším způsobem, jak to provést, je zapnout soubor MgmtEvents.OUT pomocí přepínače OPOUT v okně Simulation Controls.

Soubor *MgmtEvents.OUT* uvedený v rámečku 3 byl vytvořen pomocí ovládacích prvků v souboru FileX v rámečku 1, přičemž základem byl experiment DSSAT UFGA8201.MZX. V tomto příkladu nebyla přidána žádná závlaha až do doby po zahájení kvetení, protože srážky byly dostatečné k udržení obsahu vody v půdě nad spodní prahovou hodnotou (ITHRL) v rámci hloubky řízení (IMDEP). Množství závlahy mezi počátkem kvetení a plněním zrna je omezeno na 50 mm dostupné vody stanovené pro 2. růstovou fázi (AVWAT). Množství závlahy se vypočítá na základě deficitu vody v půdě v rámci hloubky řízení a uživatelem zadané horní hranice pro naplnění půdního profilu (ITHRU). Frekvence zavlažování (IFREQ) v tomto časovém období byla omezena na 1× týdně. Na začátku plnění zrna byla provedena jedna aplikace závlahy. Po této době stačily srážky k udržení vlhkosti půdy nad spodní prahovou hodnotou až do zralosti a sklizně.

# Kapitola 16

## Koncept genetických koeficientů: Druh vs. ekotyp vs. odrůda. Genetické koeficienty – CROPGRO.

**DSSAT – rodina modelů GRO**
Samostatné modely

- ✓ SOYGRO: simulační model sóji
- ✓ PNUTGRO: simulační model podzemnice olejné
- ✓ BEANGRO: simulační model fazolu (*1989)*

Jeden obecný model

- ✓ CROPGRO: generický model luskovin pro sóju, podzemnici olejnou, fazol obecný, cizrnu, hrachor a další plodiny – *1994, 1996, 1998 (V3.5)*

**DSSAT v4.8 (2021)**

- ✓ Model systému pěstování plodin CSM (2004 – současnost)
- ✓ Modulární simulační model plodin
- ✓ Sdílení půdní vody, dusíku, fosforu, draslíku a půdní organické hmoty v půdní jednotce
- ✓ Modul CROPGRO pro sóju, podzemnici olejnou, suché boby, bob a další luštěniny na zrno
- ✓ Modul CERES pro kukuřici, pšenici, rýži a další obiloviny
- ✓ Modul SUBSTOR pro brambory
- ✓ Modul CROPGRO pro bavlnu, rajčata, řepku, zvonek, papriky, fazolí, světlici barvířskou a zelí
- ✓ Modul CROPGRO pro víceleté pícniny, např. vojtěšku
- ✓ Modul CANEGRO pro cukrovou třtinu
- ✓ Modul pro maniok

**Model systému pěstování plodin (CSM)**

***Druhové parametry a funkce***
Definují citlivost procesů v plodinách na faktory prostředí, včetně teploty, slunečního záření, $CO_2$, složení rostlin, inicializaci a také další funkce a parametry.

***Ekotypové koeficienty***

Definují koeficienty pro skupiny odrůd, které vykazují podobné reakce na podmínky prostředí.

**Model systému pěstování plodin (CSM)**

- ✓ CSM-CERES-Maize (Kukuřice)
  - 6 odrůdových koeficientů
- ✓ CSM-IXIM-Maize (Kukuřice)
  - 8 odrůdových koeficientů
- ✓ CSM-CERES-Wheat (Pšenice)
  - 7 odrůdových koeficientů
- ✓ CSM-CERES-Rice (Rýže)
  - 11 odrůdových koeficientů

**Model systému pěstování plodin (CSM)**

- ✓ CSM-CROPGRO-Soybean/Peanut/Dry Bean/Chickpea/Faba Bean/Cowpea/Pigeonpea (sója/arašídy/suché fazole/cizrna/bob/hrách/ vigna čínská /holubí hrách)
- ✓ CSM-CROPGRO-Cotton/Tomato/Canola, Safflower, Cabbage/Bell pepper/Green bean (bavlna/rajče/kanola, světlice barvířská, zelí/paprika/zelené fazole)
  - 18 odrůdových koeficientů
  - 18 ekotypových koeficientů
- ✓ CSM-CROPGRO-Perennial Forage (Víceleté pícniny)
- ✓ CSM-SUBSTOR-Potato (Brambory)
  - 6 odrůdových koeficientů
- ✓ Odrůdové koeficienty nejsou přímo spojeny s konkrétními geny a je obtížné je určit

**GENEGRO – Snaha o zohlednění genů**

- ✓ GeneGro Verze 1
  - založena na modelu BEANGRO
  - 15 odrůdových & 15 ekotypových koeficientů

- 7 genů (GC jako funkce 7 genů)

✓ CSM-GeneGro
- 15 odrůdových koeficientů

✓ Ø 7 lokusů E pro sóju (2002, Messina, 2006)
✓ Ø 7 genů (lokusů) pro fazol obecný (2003)
✓ Ø digitální hodnoty (0,1)

**CROPGRO – Druhové znaky**

**„Read-in" druhový soubor**

**Uživatelé jej nesmí měnit**

- ✓ Inicializované aspekty rostlin
- ✓ Složení pletiv
- ✓ Znaky fotosyntézy, reakce na koncentraci dusíku
- ✓ Reakce procesů na teplotu, vodní deficit, sluneční záření
- ✓ Procesy zahrnují fotosyntézu, respiraci, fixaci dusíku, vývoj plodiny, růst listové plochy, přírůstek lusků, růst semen, stárnutí plodiny v reakci na klimatické faktory

**CROPGRO – Druhový soubor**

**Příklad – Parametry pro L a C fotosyntézu**

Druhové složení pletiv: PROLFI, PCARLF, PLIPLF, PLIGLF, POALF a PMINLF jsou obsahy bílkovin, celulózy, lipidů, ligninu a organických látek. PROLFI, PROLFG a PROLFF jsou maximální, „kritické" při limitním dusíku a konečné hladiny senescenčních proteinů v listovém pletivu.

**CROPGRO – Druhový soubor**

**Příklad – Zásadní teploty pro reprodukci**

**Procesy**

- ✓ Druhový soubor definuje Tb, Topt1, Topt2, Tmax a tvar funkcí pro vliv teploty na procesy, jako je přidávání lusků nebo rychlost růstu jednotlivých semen.

| Počet | Tb | Topt1 | Topt2 | Tmax | Tvar | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø | 14,0 | 21,0 | 26,5 | 40,0 | QDR | Přidávání lusků |
| Ø | 6,0 | 21,0 | 23,5 | 41,0 | QDR | Růst semen |

**CROPGRO – Druhový soubor**

**Příklad – Zásadní teploty pro fenologii**

- ✓ Soubor druhů definuje Tb, Topt1, Topt2 a Tmax pro tři různé růstové fáze: 1) vegetativní, 2) reprodukční do 1. semene, 3) reprodukční po 1. semeni.

| | Tb | Topt1 | Topt2 | Tmax | Type | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø | 7,0 | 28,0 | 35,0 | 45,0 | 1 | Veg (Vstg) |
| Ø | 6,0 | 26,0 | 30,0 | 45,0 | 2 | Rep-1 |
| Ø | -15,0 | 26,0 | 34,0 | 45,0 | 3 | Rep-2 |

**ODRŮDOVÉ vlastnosti: V rámci jednoho druhu se liší mezi odrůdami.**

**Uživatelé mohou měnit odrůdové vlastnosti.**

- ✓ Znaky, které určují délku životního cyklu a fází, citlivost na délku dne (modifikátory fáze).
- ✓ Reprodukční znaky, jako je doba plnění semen, doba přidávání lusků, velikost semen, počet semen na lusk.
- ✓ Vegetační a růstové znaky, jako jsou specifická listová plocha, determinace, rychlost listové fotosyntézy.
- ✓ Složení semen (olej, bílkoviny).

**Odrůdové koeficienty pro CROPGRO – Doba trvání životního cyklu**

| NÁZEV | HODNOTA | DEFINICE |
|---|---|---|
| **EM-FL** | 19,0 | Doba mezi vzejitím rostliny a objevením se květu (R1) (PD) |
| **FL-SH** | 6,0 | Doba mezi prvním květem a prvním luskem (R3) (PD) |
| **FL-SD** | 14,0 | Doba mezi prvním květem a prvním semenem (R5) (PD) |

| | | |
|---|---|---|
| **SD-PM** | 33,2 | Doba mezi prvním semenem (R5) a počátkem zralosti (R7) (PD) |

**Odrůdové koeficienty pro CROPGRO – Fázové modifikátory**

| NÁZEV | HODNOTA | DEFINICE |
|---|---|---|
| CSDL | 13,40 | Kritická délka krátkého dne, pod kterou probíhá reprodukční vývoj bez vlivu délky dne (hodiny) |
| PPSEN | 0,285 | Sklon relativní reakce vývoje na fotoperiodu v závislosti na čase (1/hod.) |

**Odrůdové koeficienty pro CROPGRO – Vegetativní**

| **NÁZEV** | **HODNOTA** | **DEFINICE** |
|---|---|---|
| **FL-LF** | 26,0 | Doba mezi prvním květem (R1) a koncem expanze listů (PD) |
| **LFMAX** | 1,030 | Maximální rychlost listové fotosyntézy při 30 °C, 350 ppm $CO_2$ a vysokém osvětlení (mg $CO_2/m^{2-s}$) |
| **SLAVR** | 375 | Specifická listová plocha odrůdy za standardních podmínek ($cm^2/g$) |
| **SIZLF** | 180 | Maximální velikost celého trojlístku (trojlístky) ($cm^2$) |

**Odrůdové koeficienty pro CROPGRO – Reprodukční**

| **NÁZEV** | **HODNOTA** | **DEFINICE** |
|---|---|---|
| **XFRT** | 1,00 | Maximální podíl denního přírůstku, který se rozdělí na semena + obal semene |
| **WTPSD** | 0,19 | Maximální potenciální hmotnost jednoho semene (g) |
| **SFDUR** | 23,0 | Doba plnění semen pro kohortu lusků za standardních růstových podmínek (PD) |
| **SDPDV** | 2,20 | Průměrné množství semen na lusk za standardních podmínek růstu (počet/lusk) |
| **PODUR** | 10,0 | Doba potřebná k dosažení konečného zatížení lusku za optimálních podmínek (PD) |

**Bývalé *ekotypové* koeficienty (V4.0) pro CROPGRO (nyní jako odrůdové koeficienty ve V4.8)**

| **NÁZEV** | **HODNOTA** | **DEFINICE** |
|---|---|---|
| **SDPRO** | 0,40 | Potenciální bílkovina v semenech (podíl) |
| **SDLIP** | 0,20 | Potenciální olej v semenech (podíl) |

| | | |
|---|---|---|
| **THRESH** | 78,0 | Maximální (hmotnostní) procento semen v luscích (vyloupaná semena v %) |

**CROPGRO – Ekotypový soubor**

- ✓ Parametry, které se mění méně často a platí pro velké třídy kultivarů v rámci jednoho druhu.

| @ECO# | ECONAME..... | MG | TM | THVAR | PL-EM | EM-V1 | V1-JU | JU-R0 | PM06 | PM09 | LNGSH | R7-R8 | FL-VS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DETERM | DETERMINATE | 07 | 01 | 0.0 | 3.6 | 6.0 | 0.0 | 05.0 | 0.0 | 0.35 | 10.0 | 12.0 | 9.00 |
| INDETE | INDETERMINATE | 03 | 01 | 0.0 | 3.6 | 6.0 | 0.0 | 05.0 | 0.0 | 0.35 | 10.0 | 12.0 | 26.00 |
| SB1000 | MATURITY GP 00 | 00 | 01 | 0.0 | 3.6 | 6.0 | 0.0 | 05.0 | 0.0 | 0.35 | 10.0 | 12.0 | 25.00 |

| NÁZEV | HODNOTA | DEFINICE |
|---|---|---|
| **FL-VS** | 26,0 | Doba od prvního květu do ukončení vývoje uzliny hlavního stonku (PD) |

# Odhadování parametrů specifických pro jednotlivé odrůdy pomocí bayesovských technik: Nástroj GLUE. Odhad nejistoty na základě zobecněné pravděpodobnosti.

**Dva přístupy k odhadu parametrů**

- ✓ Frekvenční metoda
  - Parametry jsou pevně dané hodnoty
  - Na základě vzorku dat
  - Maximální věrohodnost, nejmenší čtverce atd.
- ✓ Bayesovská metoda
  - Hodnoty parametrů mají pravděpodobnostní rozdělení
  - Na základě vzorku dat a předběžných informací o vstupních parametrech
- ✓ Příklady:
  - Odhad nejistoty se zobecněnou pravděpodobností (GLUE)
  - Metropolis-Hastings
  - Markovův řetězec Monte Carlo (MCMC) atd.

**GLUE – Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (Odhad nejistoty se zobecněnou pravděpodobností)**

- ✓ Dvoufázový proces:
  - Definice známé informace o parametru (prioritní rozdělení)
  - Výpočet nového rozdělení pravděpodobnosti pomocí Bayesovy metody (rozdělení posteriorní pravděpodobnosti)
  - Věty na základě předchozího rozdělení a dostupných dat

**Metoda GLUE**

- ✓ Screening sady vstupních parametrů
  - Hrubý písek = soubor parametrů při předchozím rozdělení
  - Síto = Pravděpodobnostní funkce
  - Jemný písek = soubor parametrů podle posteriorního rozdělení

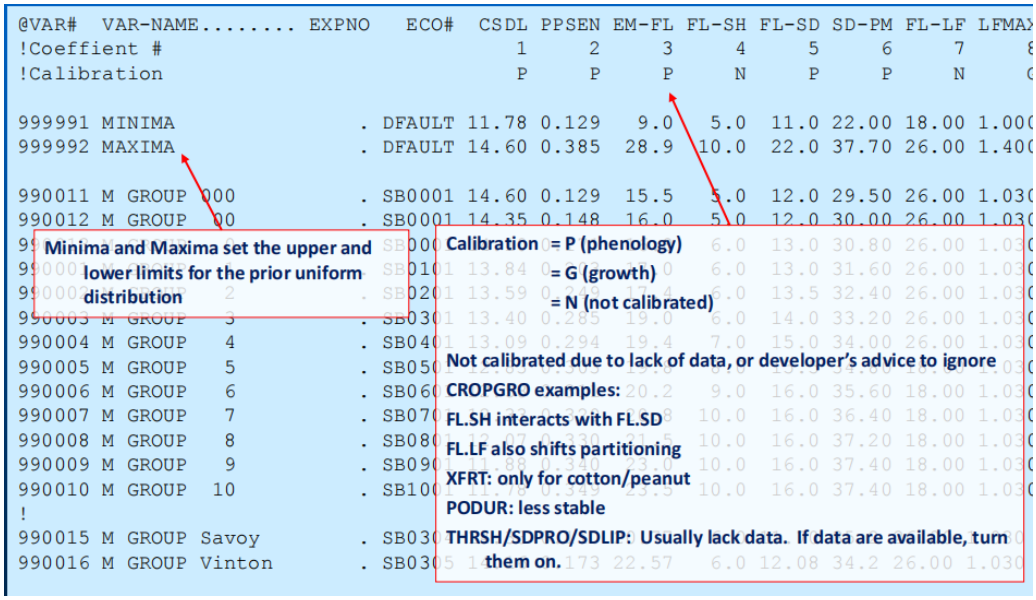
**Postup metody GLUE**

- ✓ Definice dřívějšího rozdělení (pevné rovnoměrné rozdělení, uvedené v souborech kultivarů DSSAT)
- ✓ Vygenerování náhodné sady parametrů (pro nejlepší odhad rozdělení parametrů se doporučuje minimálně 10 000)
- ✓ Spuštění modelu pro každou sadu parametrů
- ✓ Výpočet pravděpodobnosti pro každou sadu parametrů
- ✓ Výpočet posteriorního rozdělení
- ✓ Získání optimální sady parametrů

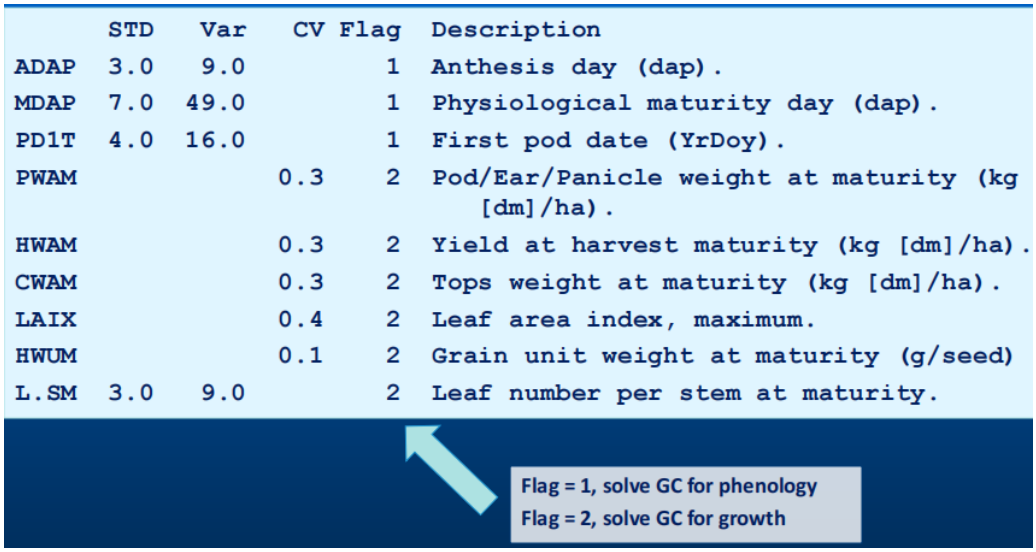
**Postupy GLUE (pokračování)**

- ✓ Dva průchody
  - o První průchod odhaduje fenologické parametry
  - o Druhý průchod odhaduje růstové parametry
- ✓ Odrůdové soubory DSSAT
  - o Řídicí parametry pro optimalizaci fenologie nebo růstu
  - o Určují předběžné (rovnoměrné) rozdělení pomocí maximálních a minimálních hodnot
- ✓ Externí soubor: MeasurementVariance.csv
  - o Rozptyl chyby modelu (odhadnutý)

## Odrůdový soubor nastavuje prioritu rovnoměrného rozdělení




## Rozptyl (MeasurementVariance.csv)



**Předpoklady**

- ✓ Rovnoměrné rozdělení priorit pro parametry
- ✓ Chyby mezi simulovanými a pozorovanými hodnotami jsou normálně rozdělené a nestranné
- ✓ Rozptyly chyb modelu jsou známé (*uživatelům jsme poskytli odhadnuté výchozí rozptyly*)

**Tipy, triky a rizika**

- ✓ Pro odhad parametrů používejte co nejvíce bezstresových kombinací podmínek
- ✓ Pro nejlepší odhad použijte alespoň 10 000 běhů modelu
- ✓ Hodnoty v sezóně se v této metodě nepoužívají. Ručně zpřesněte výsledky pomocí údajů z pozorování časových řad.
- ✓ *Pečlivě kontrolujte své výsledky!*

**Nástroj GLUE v programu DSSAT**

- ✓ Napsán v jazyce R
  - Statistické výpočty a tvorba grafů
  - Volně interpretovaný jazyk s otevřeným zdrojovým kódem
  - http://www.r-project.org/
- ✓ Uživatelské rozhraní GLUESelect v programu DSSAT

# Genotypové koeficienty – Modely obilovin

## Soubory genotypových koeficientů

Pro větší pohodlí jsou koeficienty pro jeden druh plodiny uloženy ve třech různých souborech:

| | |
|---|---|
| Odrůda | Koeficienty pro jednu odrůdu (znaky se u jednotlivých odrůd liší) |
| Ekotyp | Koeficienty ekotypu společné pro skupinu odrůd |
| Druh | Druhové koeficienty společné pro všechny odrůdy (specifické znaky plodiny) |

## Genotyp (Odrůda)

**Koeficienty**

- ✓ Genotypové koeficienty (GC) řídí životní cyklus a rychlost reprodukčního růstu.
- ✓ GC shrnují způsob, jakým konkrétní odrůda plodiny:
  - Rozděluje svůj životní cyklus.
  - Reaguje na různé aspekty prostředí (např. délka dne, teplota).
  - Vzniká nebo se morfologicky mění.

**Příklad souboru odrůdy (Cultivar file)**

- ✓ Soubory odrůdy jsou uloženy v adresáři C:\DSSAT48\GENOTYPE
  - Kukuřice: MZCER048.CUL
  - Proso: MLCER048.CUL
  - Čirok: SGCER048.CUL
  - Rýže: RICER048.CUL
  - Pšenice: WHCER048.CUL
  - Ječmen: BACER048.CUL
- ✓ Odrůdové koeficienty musí být určeny pro každou odrůdu.

Tři typy odrůdových koeficientů, které se týkají:

- ✓ **Životního cyklu.** Trvání fází a jejich modifikátory (např. citlivost na délku dne).
- ✓ **Vegetativního růstu.** Rychlost výskytu listů, standardní velikost trsu.
- ✓ **Reprodukčního růstu.** Velikost a počet semen (zrn).

## Odrůdové koeficienty

```
------------ Life Cycle ----------------
  P1              P1
  P2              P2O (~CSDL)
                  P2R
  P5              P5
------------ Leaf Appearance----------
PHINT           PHINT
---------- Reproductive Growth ---------
  G2          G1 & G4 (Millet & Sorghum)
  G3          G1, G2, G3 (Rice)
              THOT, TCLDP, TCLDF (Rice)
```

***Kukuřice***

| Var | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| **P1** | Teplotní suma od vzejití semenáčku do konce juvenilní fáze, během níž rostlina nereaguje na fotoperiodu. | Stupeň-den nad základní hodnotu 8 °C | 100–400 °C-den |
| **P2** | Zpoždění ve vývoji (dny) za každou hodinu, kdy je délka dne vyšší než 12,5 hodiny. Pokud je délka dne kratší než 12,5 hodiny, probíhá vývoj maximální rychlostí. | Dny/hodina | 0–4,0 dny/hodina |
| **P5** | Teplotní suma od „silking“ do fyziologické zralosti. | Stupeň-den nad základní hodnotou 8 °C | 600–900 °C-den |
| **PHINT** | Fylochronový interval. Interval v sumě teplot po sobě jdoucími objeveními se špiček listů. | °C-den na špičku | 40–55<br>**Nikdy >55** |
| **G2** | Maximální možný počet jader na rostlinu | Jádra/rostlina | 500–1000 |
| **G3** | Rychlost růstu jádra ve fázi lineárního plnění zrna za optimálních podmínek | mg/den | 5–12 mg/jádro/den |

Vliv odrůdy kukuřice (P1 a P2) na životní cyklus a výnos zrna v Iowě za deset let při výhradním zavlažování deštěm. Ostatní znaky jsou konstantní: P5 = 685, G2 = 908, G3 = 10.

Nejvyšší výnos v Iowě

| Odrůda | P1 | P2 | Kvetení | Zralost | Výnos |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | dny | kg ha$^{-2}$ |
| 2CP170 | 120 | 0,00 | 55,8 | 100,33 | 8282 |
| F478 × W705A | 140 | 0,00 | 59,2 | 103,5 | 8672 |
| F16 × F19 | 165 | 0,00 | 62,3 | 107,1 | 8817 |
| DeKalb XL45 | 150 | 0,40 | 63,7 | 108,8 | 9036 |
| B14 × C103 | 180 | 0,50 | 67,7 | 113,2 | 8850 |
| A632 × VA26 | 240 | 0,30 | 73,7 | 120,6 | 8734 |
| PIO 3147 | 255 | 0,76 | 77,0 | 124,7 | 8812 |
| H6 | 310 | 0,30 | 82,5 | 132,1 | 8992 |
| H.OBREGON | 360 | 0,80 | 92,9 | 147,6 | 9717 |

Vliv odrůdy kukuřice (P1 a P2) na životní cyklus a výnos zrna na Floridě za deset let při výhradním zavlažování deštěm. Ostatní znaky jsou konstantní: P5 = 685, G2 = 908, G3 = 10.

Výnos na Floridě

| Odrůda | P1 | P2 | Kvetení | Zralost | Výnos |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | dny | kg ha$^{-2}$ |
| 2CP170 | 120 | 0,00 | 60,5 | 99,8 | 3143 |
| F478 × W705A | 140 | 0,00 | 63,1 | 101,6 | 3305 |
| F16 × F19 | 165 | 0,00 | 65,9 | 106,5 | 3618 |
| DeKalb XL45 | 150 | 0,40 | 65,6 | 103,6 | 3624 |
| A632 × VA26 | 240 | 0,30 | 77,8 | 116,0 | 4860 |
| PIO 3147 | 255 | 0,76 | 79,3 | 117,5 | 4833 |
| H6 | 310 | 0,30 | 85,7 | 122,9 | 4569 |
| H.OBREGON | 360 | 0,80 | 91,4 | 128,1 | 4904 |

Vliv odrůdových znaků kukuřice na životní cyklus a výnos zrna v Iowě za 10 let při výhradním zavlažování deštěm. Ostatní znaky jsou konstantní: P1 = 240, P2 = 0,30.

| Odrůda | P5 | G2 | G3 | Kvetení | Zralost | Výnos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | dny | kg ha$^{-2}$ |
| P5 = 685 | 685 | 908 | 10 | 73,7 | 120,6 | 8734 |
| P5 = 785 | 785 | 908 | 10 | 73,7 | 128,8 | 10181 |
| P5 = 885 | 885 | 908 | 10 | 73,7 | 138,4 | 12112 |
| | | | | | | |
| G2 = 908 | 685 | 908 | 10 | 73,7 | 120,6 | 8734 |
| G2 = 808 | 685 | 808 | 10 | 73,7 | 120,6 | 8209 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G2 = 708 | 685 | 708 | 10 | 73,7 | 120,6 | 7377 |
| G3 = 10 | 685 | 908 | 10 | 73,7 | 120,6 | 8734 |
| G3 = 8 | 685 | 908 | 8 | 73,7 | 120,6 | 7360 |
| G3 = 6 | 685 | 908 | 6 | 73,7 | 120,6 | 5724 |

## Čirok, proso a rýže

| Odrůda | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| P2O | Kritická fotoperioda (CSDL) neboli nejdelší délka dne (v hodinách), při které probíhá vývoj maximální rychlostí. Při hodnotách vyšších než P2O se rychlost vývoje snižuje. | hodiny | 11,5–16,0 |
| P2R | Míra zpoždění fázového vývoje vedoucího k iniciaci lat (vyjádřená ve stupních dnů) pro každou hodinu zvýšení fotoperiody nad P2O. | GDD | 1–300 |

***Čirok a proso***

| Odrůda | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| G1 | Měřítko relativní velikosti listu (používá se místo SLA). | | 0–20 |
| G2 | (Čirok) Měřítko pro rozdělování asimilátů do laty. | | 1–8 |
| G4 | (Proso) Měřítko pro rozdělování asimilátů do stébla. Stejně jako XFRUIT v CROPGRO. Ne větší než 1,0. | | 0–1,0 |
| G5 | (Proso) Měřítko velikosti zrn (nové) | mg | 7–12 |



***Další odrůdové koeficienty pro rýži***

| Odrůda | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| G1 | Koeficient potenciálního počtu klásků se odhaduje z počtu klásků na g suché hmotnosti hlavního kulmu (bez listových čepelí a pochvy) a klásků při kvetení. | | 50–65 |
| G2 | Hmotnost jednoho zrna za ideálních pěstebních podmínek, tj. bez omezení světla, vody, živin a bez škůdců a chorob. | g | 0,022–0,030 |
| G3 | Skalární koeficient vegetativního růstu pro odnožování vzhledem k odrůdě IR64 za ideálních podmínek. Odrůda s vyšší kultivací by měla koeficient vyšší než 1,0. | | 0,6–1,5 |
| THOT | Teplota, při jejímž překročení je sterilita klásků ovlivněna vysokou teplotou. | °C | 25–34 |
| TCLDP | Teplota, pod kterou je iniciace laty dále zpožděna (kromě P1, P2O a P2R) nízkou teplotou. | °C | 12–18 |
| TCLDF | Teplota, pod kterou je sterilita klásků ovlivněna nízkou teplotou. | °C | 10–20 |

***Pšenice a ječmen (CERES/CROPSIM)***

| Odrůda | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| P1V VREQ | Doba vernalizace potřebná k dokončení vernalizace při teplotách v optimálním rozmezí. | Dny | 0-60 |
| P1D | Snížení rychlosti při 10hodinové změně fotoperiody. | % | 0–150 |
| P5 | Teplotní suma od počátku lineárního plnění zrna do fyziologické zralosti. | Stupeň-den nad základní hodnotou 0 °C | 600–900 |

***Pšenice a ječmen (CERES/CROPSIM)***

| Odrůda | Definice | Jednotky | Typický rozsah |
|---|---|---|---|
| G1 GNOWT | Počet nasazených jader na jednotku hmotnosti na konci kvetení. | Jádra/g suché hmotnosti | 15–30 |
| G2 GWTS | Konečná velikost jádra za optimálních podmínek. | mg | 20–60 |
| G3 SHWTS | Standardní hmotnost jednoho kmene bez zatížení, včetně zrna v době zralosti. | g suché hmotnosti | 1,0–2,5 |
| PHINT | Fylochronový interval. Interval v tepelném čase mezi po sobě jdoucími výskyty listových špiček. | °C-dny/špička | 60–100 |

**Ekotypové koeficienty**

- ✓ Většina modelů CERES má nyní ekotypové soubory.
- ✓ Ekotypové parametry jsou znaky, které jsou společné mnoha odrůdám.
  - Vegetační a reprodukční reakce na teplotu
  - Účinnost využití záření (pozor!!!*)
- ✓ ** RUE měňte pouze v případě, že se dva ekotypy na stejném stanovišti liší!*

***Příklad: Ekotypové koeficienty pšenice***

**Pozor. Neměňte je.**

- ✓ Celkem 32 koeficientů, který se týkají:
  - trvání fází a modifikátorů
  - zachycení a využití záření
  - velikostí listů, specifické plochy, dlouhověkosti
  - odnožování na stanovišti
  - růstu do výšky a hloubky kořenů
  - akumulace zásob
  - teplotní základny pro plnění zrna
  - akumulace dusíku v zrnu
  - prahových hodnot stresových faktorů
  - otužování za studena

**Ekotypové koeficienty**

- ✓ Byla definována knihovna ekotypových koeficientů
- ✓ Začněte výběrem knihovny
- ✓ Potřebujete zkušenosti s úpravou koeficientů
- ✓ Nachází se v adresáři: C:\DSSAT48\GENOTYPE
  - Kukuřice: MZCER048.ECO
  - Proso: MLCER048.ECO
  - Čirok: SGCER048.ECO
  - Rýže: RICER048.ECO
  - Pšenice: WHCER048.ECO
  - Ječmen: BACER048.ECO

**Druhové koeficienty**

- ✓ Všechny modely CERES mají nyní druhové znaky, ačkoli tyto znaky nejsou u jednotlivých plodin konzistentní.
- ✓ Druhové znaky jsou charakteristiky, které definují rozdíly mezi rostlinnými druhy (až 100 u obilovin).
- ✓ Mezi tyto znaky patří např.:
  - Počáteční podmínky vzniku
  - Reakce na teplotu
  - Reakce na $CO_2$
  - Reakce na vodní stres
  - Složení pletiv
  - Šok z přesazení (rýže)
- ✓ **Tento soubor byste neměli měnit!*

**Druhové koeficienty**

- ✓ Uloženy v adresáři: C:\DSSAT48\GENOTYPE
  - Kukuřice: MZCER048.SPE
  - Proso: MLCER048.SPE
  - Čirok: SGCER048.SPE
  - Rýže: RICER048.SPE
  - Pšenice: WHCER048.SPE
  - Ječmen: BACER048.SPE

**Druhové koeficienty**

Příklad – Teplotní reakce pro pšenici

Odezvy definované v závislosti na Tb, Topt1, Top2 a Tmax:

| | Dev1 | Dev2 | Phs | Vern |
|---|---|---|---|---|
| Tb | 0 | 0 | 0 | -5 |
| Topt1 | 26 | 26 | 10 | 0 |
| Topt2 | 50 | 50 | 25 | 7 |
| Tmax | 60 | 60 | 35 | 15 |

Příklad – reakce na $CO_2$ u rostlin C3

| **$CO_2$** | **Fotosyntéza** |
|---|---|
| 220 | 0,71 |
| 330 | 1,00 |
| 440 | 1,08 |
| 550 | 1,17 |
| 660 | 1,25 |
| 770 | 1,32 |
| 880 | 1,38 |
| 990 | 1,43 |

**Analýza citlivosti**

Je velmi užitečné provést podrobnou analýzu citlivosti koeficientů odrůd a vytvořit grafy, které ukazují, jak se mění různé výsledky růstu a vývoje v závislosti na změnách hodnot koeficientů. To vám pomůže při odhadu koeficientů kultivarů pro experimentální data.

**Fáze ISTAGE 1: Od vzejití do konce juvenilní fáze**

- ✓ Přibližně V5–V6
- ✓ Řídí se koeficientem P1 v souboru odrůdy
- ✓ Pšenice a ječmen, funkce teploty, délky dne a vernalizace
- ✓ Rychlost vývoje závisí pouze na teplotě porostu (základ 8 °C pro kukuřici a čirok, základ 10 °C pro proso a 9 °C pro rýži).

- ✓ Po ukončení této fáze přechází rostlina do fáze citlivé na fotoperiodu.

**Fáze ISTAGE 2 (Kukuřice): Od konce juvenilní fáze k iniciaci kolénka**

- ✓ Rychlost vývoje závisí pouze na fotoperiodě.
- ✓ Pokud je fotoperioda kratší než 12,5 h, všechny genotypy dosáhnou iniciace kolénka 4 dny po začátku této fáze.
- ✓ Pokud je fotoperioda delší než 12,5 h, pak se vývoj opožďuje o P2 dny za každou hodinu prodloužení nad 12,5 h.
- ✓ Délka této fáze určuje konečný počet listů, a tím ovlivňuje datum kvetení.

**Fáze ISTAGE 3 (Kukuřice): Od iniciace kolénka k metání**

- ✓ První den se vypočítá počet listů (TLNO) a doba trvání GDD (P3) ISTAGE 3.

  $TLNO = SUMDTT / (PHINT \cdot 0{,}5) + 5{,}0$

  $P3 = ((TLNO + 0{,}5) \cdot PHINT) - SUMDTT$

- ✓ SUMDTT – Kumulativní GDD od vzniku do konce ISTAGE 2.
- ✓ PHINT – Počet GDD potřebných k tomu, aby se objevila špička listu (definováno v souboru odrůdy).
- ✓ Nízké hodnoty PHINT dávají větší počet listů (a vyšší LAI) a kratší trvání ISTAGE 3.

| | Rychlost primordia je 2krát větší |
|---|---|
| PLAG | plocha dnešních nových listů, $cm^2$/rostlina |
| XN | počet nejstarších expandujících listů |
| TI | podíl dnes vytvořených listů |
| XNTI | počet listů při začátku střapce |
| GROLF | dnes vytvořená nová listová hmota, g/rostlina |
| GROSTM | dnes vytvořená nová hmota stonku, g/rostlina |

- ✓ Růst kořenů se vypočítá podle rovnice:

GRORT = CARBO – GROLF – GROSTM

Kořenová hmota získá "zbytek" PCARB

✓ Nakonec se aktualizují stavové proměnné

PLA = PLA + PLAG

LFWT = LFWT + GROLF

STMWT = STMWT + GROSTM

RTWT = RTWT + GRORT

**Fáze ISTAGE 4 (Kukuřice): Od metání do začátku plnění semen**

✓ Předpokládá se, že k opylení dojde během prvních 170 GDD po výsevu. ISTAGE 4 tedy trvá 170 GDD.

Slouží k nastavení počtu zrn jako f(PCARB)

- ✓ Průměrná míra růstu plodin se vypočítá podle:

Přidá sem dočasný účinek

$$PSKER = \frac{SUMP \cdot 1000}{IDURP} \cdot \frac{3{,}4}{5{,}0}$$

- ✓ PSKER = průměrný CGR během ISTAGE 4, g/rostlinu
- ✓ SUMP = kumulativní přírůstek plodiny během ISTAGE 4, g/rostlinu
- ✓ IDURP = délka trvání ISTAGE 4 (opylení) v kalendářních dnech

**Fáze ISTAGE 4 (Kukuřice): Výpočet počtu zrn (semen) na rostlinu**

$$GPP = G2 \cdot \frac{PSKER}{7200} + 50$$

- ✓ GPP = počet zrn na rostlinu, počet/rostlina
- ✓ G2 = genetický přínos potenciálního počtu zrn na rostlinu, počet/rostlina
- ✓ PSKER = průměrný CGR při opylení, g/rostlina
- ✓ 7200 = maximální přípustná CGR během opylení, g/rostlina
- ✓ 50 = minimální počet opýlených zrn na rostlinu, g/rostlina

**Fáze ISTAGE 5: Efektivní doba plnění zrn (semen)**

- ✓ Fáze končí, když SUMDTT = P5 · 0,95, kde P5 je GDD od „silking“ do zralosti.
- ✓ Stárnutí listů se zvyšuje a jediným aktivně rostoucím pletivem jsou klasy, stonky a kořeny.
- ✓ Růst je citlivý na vodní a dusíkatý stres, počet jader a rychlost růstu jader.

**Fáze ISTAGE 5: Rychlost růstu zrn (semen)**

$$GROGRN = RGFILL \cdot GPP \cdot G3 \cdot 0{,}001 \cdot (0{,}45 + 0{,}55 \cdot SWDF1)$$

- ✓ RGFILL = vliv teploty na plnění zrn (semen)
- ✓ GROGRN = denní přírůstek zrna, g/rostlina/den
- ✓ GPP = počet zrn, zrno/rostlina
- ✓ G3 = potenciální přírůstek zrna, mg/zrno/den
- ✓ SWDF1 = vliv půdní vlhkosti na růst
- ✓ GPP je pevně stanovena na ISTAGE4, G3 je konstanta = téměř lineární

**Fáze ISTAGE 6 (Kukuřice): Od konce plnění zrn do zralosti**

- ✓ ISTAGE = 6, když SUMDTT=P5
- ✓ V obdobích, kdy je teplota velmi nízká, nemusí model nikdy dosáhnout fyziologické zralosti. Pokud rychlost růstu na několik dní klesne pod prahovou hodnotu, simulace se zastaví.
- ✓ „Plodina dozrála v den *XXX* z důvodu zpomaleného plnění zrna.“ Tato situace nastane, když je rychlost růstu zrna nižší než 10 % „normálu“ po dobu 5 po sobě jdoucích dnů. Je to způsobeno teplotou nebo deficitem vody.
- ✓ „Růstový program pro selhání plodiny ukončen.“ Tato situace nastane, když je 7 po sobě jdoucích dnů CARBO (Ps) nižší než 0,001 g/rostlina. Je to způsobeno vlivem teploty, sucha nebo stresu z nedostatku dusíku na fotosyntézu (viz Tb, Topt, SWFAC).

# Hodnocení nejistoty a rizika pomocí simulačních modelů plodin

**Nejistota a riziko**

- ✓ Život je riskantní.
- ✓ Budoucnost je nejistá.
- ✓ Zítřejší počasí je nejisté.
- ✓ Budoucí klima je nejisté.
- ✓ Dopředu nevíme, jaký bude výsledek.
- ✓ Víme, že existuje šance, že výsledek bude vysoký (nebo nízký, nebo ...).
- ✓ Jsou nejistota a riziko totéž?

**Některá vyjádření rizika**

- ✓ Šance na ztrátu peněz.
- ✓ Pravděpodobnost, že nebudete mít dostatek potravin.
- ✓ Pravděpodobnost poškození životního prostředí.
- ✓ Pravděpodobnost, že povodeň zničí úrodu.
- ✓ Pravděpodobnost nežádoucích následků.

**Nejistota**

- ✓ Nejistota: nedostatek jistoty.
- ✓ Stav omezených znalostí, kdy není možné přesně popsat stávající stav, budoucí výsledek nebo více než jeden možný výsledek.

**Riziko**

- ✓ Riziko je možnost, že zvolená činnost nebo aktivita (včetně volby nečinnosti) povede ke ztrátě (nežádoucímu výsledku).
- ✓ Tento pojem předpokládá, že volba, která má vliv na výsledek, někdy existuje (nebo existovala).

**Jaký je rozdíl mezi rizikem a nejistotou?**

- ✓ Obojí znamená pochybnost a nejednoznačnost výsledku události, ale z různých důvodů.

- ✓ O RIZIKU mluvíme tehdy, když nevíme, jaký bude výsledek, ale víme, že se jedná o rozložení výsledků.

- ✓ NEJISTOTA je situace, kdy nevíme, jaký je výsledek a neznáme ani jeho rozdělení.

**Nejistota a riziko**

- ✓ Zemědělství je „riskantní“ podnikání
  - Variabilita počasí
    - Denní, sezónní, prostorová
    - Extrémní události
  - Ceny mohou být neznámé
  - Může dojít k výskytu škůdců
  - Politika se může změnit
- ✓ Modelové předpovědi mohou pomoci snížit nejistotu a riziko

**Nejistota a riziko**

- ✓ Výběr plodiny, odrůdy
- ✓ Zavlažování
- ✓ Diverzifikace podniků
- ✓ Monitorování
- ✓ Agrochemické vstupy
- ✓ Kontrolované prostředí
- ✓ Marketing
- ✓ Pojištění
- ✓ Politika

**Hodnocení rizik a způsoby jejich snižování**

- ✓ Modely simulace plodin integrují interakci počasí, půdy, řízení a genetických faktorů.
- ✓ Používejte simulační modely plodin k provádění scénářů „co kdyby“.
- ✓ Vypracování alternativních postupů hospodaření, které budou pro zemědělce přínosem.
- ✓ Rizikové faktory: počasí a cenová nejistota, dva z hlavních zdrojů.

**Zdroje nejistoty**

- ✓ Modely
- ✓ Parametry
- ✓ Vstupy
    - Počasí
    - Ceny

**Použití DSSAT při analýze rizik**

- ✓ Polní měřítko
- ✓ Je třeba poskytnout také volitelné činnosti pro analýzy v měřítku zemědělských podniků (tj. lineární programování nebo jiné optimalizační metody)
- ✓ Důraz na nejistotu počasí (modely plodin)
- ✓ Odhad ekonomických rizik rovněž s využitím nákladů na vstupy, ceny a její nejistoty, rozdělení pravděpodobnosti (program pro sezónní analýzu)

**Kontext**

- ✓ Počasí v příští sezóně je nejisté
- ✓ Předpokládá se, že variabilita historických údajů o počasí popisuje nejistotu počasí v příští sezóně
- ✓ „Experiment“ se provádí zadáním možného systému řízení nad řadou údajů o počasí z předchozích let
- ✓ Takto je vytvořeno rozdělení výnosů (a dalších výstupů), které převádí nejistotu v počasí na nejistotu ve výnosech – pro konkrétní způsob řízení
- ✓ V experimentu se simulují další „způsoby“ hospodaření

**Možnosti měřítka pole**

- ✓ Scénáře „co kdyby“:
    - Jakou plodinu zasadit
    - Jaký kultivar nebo odrůdu zvolit
    - Kdy vysadit
    - Jaké rozteče použít
    - Jaké vstupy použít a kdy je použít
    - Další faktory řízení

**Analýza v měřítku farmy**

- ✓ Využití půdy, možnosti hospodaření – diverzifikace
- ✓ Investice do vybavení, technologie
- ✓ Výběr nájemních polí

**Analýza**

- ✓ Pravděpodobnostní rozdělení výnosu, vyplavování N, termínu sklizně atd.
- ✓ Výpočet zisku pro každý rok „realizace“, s použitím pevné ceny nebo kombinací nejistot výnosu a ceny
- ✓ Pravděpodobnostní rozdělení zisku
- ✓ Pravděpodobnostní výroky o zisku
- ✓ Výběr nejlepších postupů hospodaření vzhledem k maximálnímu zisku, minimálnímu riziku nízkého zisku, výnosu nebo jiným kritériím

**Použití DSSAT k analýze nejistoty**

1. Simulujte *n* let analyzovaného hospodaření s použitím historických údajů o počasí a vlastnostech půdy v dané lokalitě.

2. Každý rok začíná se stejnými počátečními půdními podmínkami.

3. Předpokládá se, že každá hodnota výnosu má stejnou pravděpodobnost, že nastane v budoucnosti (za předpokladu, že statistické vlastnosti počasí v budoucnosti jsou stejné).

4. Vytvořte kumulativní rozdělení pravděpodobnosti.

5. Vypočítejte statistické vlastnosti (průměr, rozptyl atd.).

**Program pro sezónní analýzu**

- ✓ Hodnocení rozhodnutí o řízení za jednu sezónu.
- ✓ Pro vyhodnocení každé možnosti řízení použijte alespoň 30 let historických údajů, abyste zohlednili roční proměnlivost počasí.
- ✓ Vstupy
  - Různé řízení
  - Různé ceny
- ✓ Výstupy
  - Biofyzikální výstupy
  - Výstupy související se životním prostředím
  - Ekonomické výstupy

**Program pro sezónní analýzu**

*FAKTORY HOSPODAŘENÍ*

- ✓ Vstupy
  - Množství zavlažování
  - Množství hnojiv (dusík a fosfor)
  - Datum aplikace chemických látek
  - Datum výsadby
  - Výběr plodin
  - Výběr kultivaru nebo odrůdy
  - Další vstupy

**Program pro sezónní analýzu**

*FAKTORY HOSPODAŘENÍ*

- ✓ Automatické hospodaření
  - Závlaha
    - Obsah vody v půdě (práh a hloubka)
  - Hnojiva
    - Dny po výsadbě
  - Výsadba
    - Obsah vody v půdě
    - Teplota půdy
  - Sklizeň
    - Obsah vody v půdě

*BIOFYZIKÁLNÍ FAKTORY*

- ✓ Fenologické složky
  - Datum výsadby
  - Datum kvetení
  - Datum sklizňové zralosti
  - Datum sklizně
- ✓ Výnos a složky výnosu

*BIOFYZIKÁLNÍ FAKTORY*

- ✓ Fenologické složky
- ✓ Výnos a složky výnosu
  - Výnos semen/zrn/plodů
  - Velikost semen/zrn/plodů

- Počet semen/zrn/plodů
- Výnos píce/biomasy
- Výnos čerstvých plodů
- Ostatní

*ENVIRONMENTÁLNÍ FAKTORY*

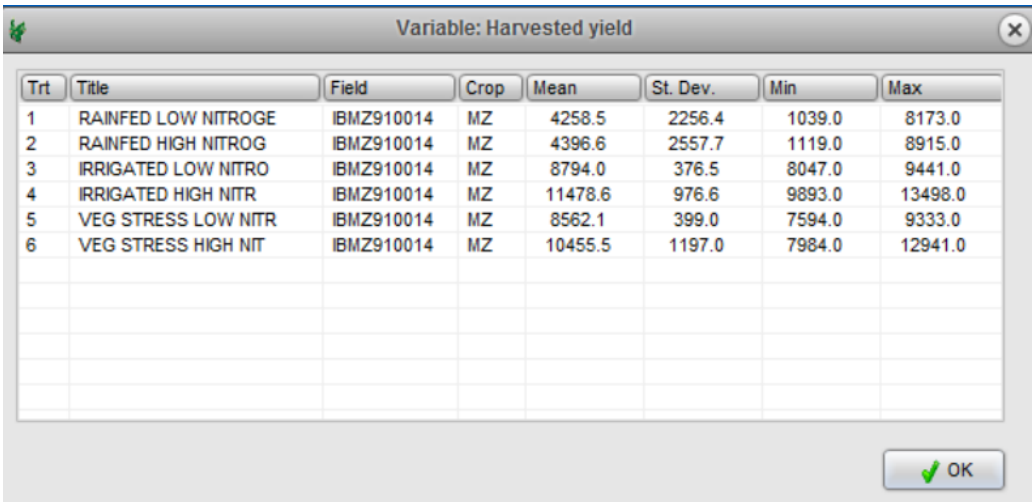
- ✓ Znečištění
  - Vyluhování dusíku
  - Odtok
  - Další faktory životního prostředí

**Program pro sezónní analýzu**

- ✓ Průměrná hodnota
- ✓ Směrodatná odchylka
- ✓ Minimální a maximální hodnoty
- ✓ Percentily (25, 50, 75)
- ✓ Kumulativní rozdělení pravděpodobnosti
- ✓ Dominantní scénáře (Mean-Gini dominance)

**Program pro sezónní analýzu**

- ✓ Průměr a směrodatná odchylka, tj. výnos...
- ✓ Minimální a maximální hodnoty




| Trt | Title | Field | Crop | Mean | St. Dev. | Min | Max |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RAINFED LOW NITROGE | IBMZ910014 | MZ | 4258.5 | 2256.4 | 1039.0 | 8173.0 |
| 2 | RAINFED HIGH NITROG | IBMZ910014 | MZ | 4396.6 | 2557.7 | 1119.0 | 8915.0 |
| 3 | IRRIGATED LOW NITRO | IBMZ910014 | MZ | 8794.0 | 376.5 | 8047.0 | 9441.0 |
| 4 | IRRIGATED HIGH NITR | IBMZ910014 | MZ | 11478.6 | 976.6 | 9893.0 | 13498.0 |
| 5 | VEG STRESS LOW NITR | IBMZ910014 | MZ | 8562.1 | 399.0 | 7594.0 | 9333.0 |
| 6 | VEG STRESS HIGH NIT | IBMZ910014 | MZ | 10455.5 | 1197.0 | 7984.0 | 12941.0 |

**Analýza biofyzikálních proměnných**

- ✓ Kumulativní rozdělení pravděpodobnosti

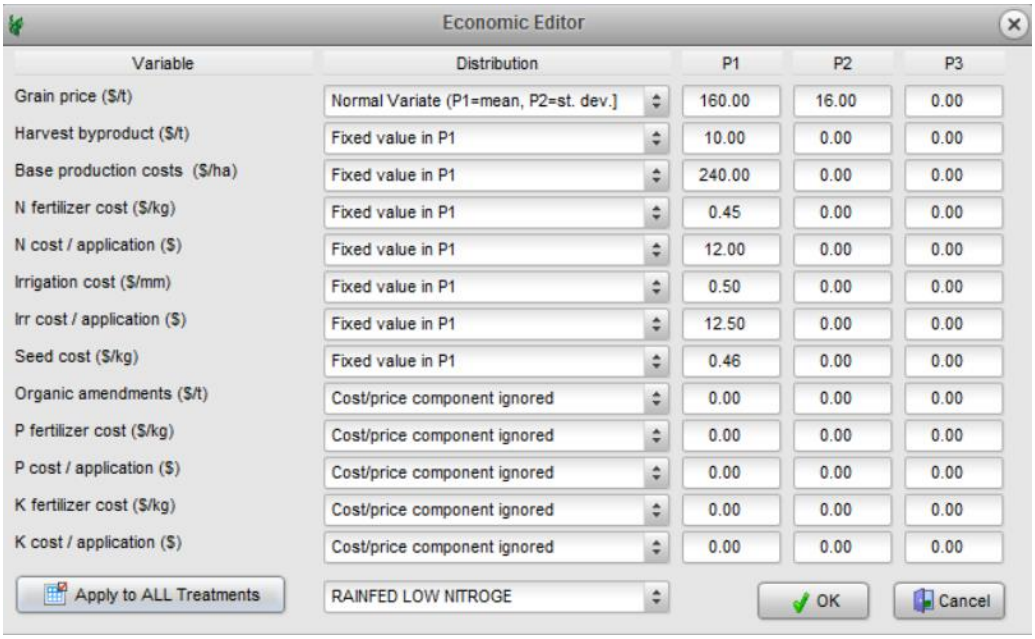
**Program pro sezónní analýzu**

*EKONOMICKÉ FAKTORY*

- ✓ Hrubé marže a čistý výnos
- ✓
- ✓ Cena:
  - o semen/zrn
  - o vedlejších produktů
- ✓ Náklady na vstupy:
  - o semena
  - o závlaha
  - o hnojiva
  - o fixní náklady

**Ekonomické vstupy**

**Dílčí analýza rozpočtu**



**Program pro sezónní analýzu**

*EKONOMICKÉ FAKTORY*

- ✓ Hrubá marže = čistý výnos
- ✓ Hrubá marže = Cena · Výnos – Výrobní náklady
- ✓ Hrubá marže = $Cena_{i,k} \cdot Výnos_{i,k} - \Sigma(C_{j,k} \cdot Vstup_{j,k})$ – Základní výrobní náklady
  - o i = výnosová složka
  - o j = vstupní složka
  - o k = rok
- ✓ Pokud jsou cena a náklady pevné (jisté), nejistota hrubé marže vychází pouze z nejistoty (rozdělení) výnosu, která je způsobena nejistotou počasí.
- ✓ Pokud je nejistá i cena, použije se k výpočtu nejistoty hrubé marže rozdělení Výnosu, Ceny a Nákladů (konvoluce dvou náhodných veličin).

**Rozhodovací kritéria**

- ✓ Analýza střední hodnoty a rozptylu (EV)
- ✓ Stochastická analýza dominance (SD)
  - o Stochastická dominance prvního řádu (FSD)
  - o Stochastická dominance druhého řádu (SSD)
- ✓ Analýza Mean-Gini dominance (MGD)

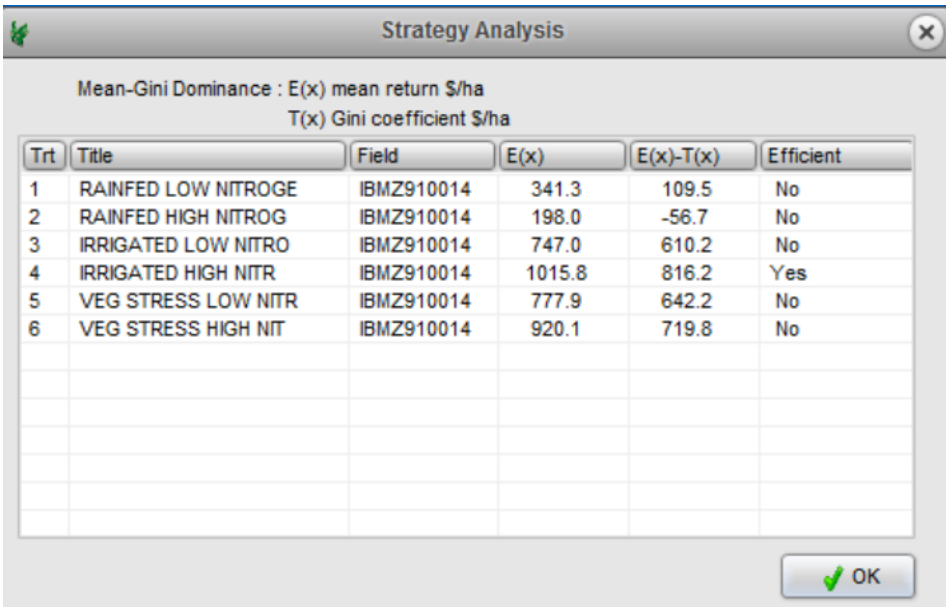
**Rozhodovací kritéria**

- ✓ Analýza střední hodnoty a rozptylu (EV)
  - o E = Střední hodnota
  - o V = Rozptyl
- ✓ Efektivní EV
  - o Vysoké a střední hodnoty
  - o Nízký rozptyl
- ✓ Analýza střední hodnoty a rozptylu
  - o A dominuje B, jestliže
    - E(A) = E(B) a V(A) < V(B)
  - o A dominuje B, jestliže
    - V(A) = V(B) a E(A) > E(B)

- ✓ Stochastická analýza dominance (SD)
  - Stochastická dominance prvního řádu (FSD)
    - Kumulativní distribuční funkce
  - A dominuje nad B, jestliže CDF zisků z A leží napravo od CDF B v celém pravděpodobnostním intervalu 0 až 1.
  - Pokud se CDF A a B protínají, nelze dominanci podle FSD stanovit.
  - Je-li plocha mezi oběma CDF pod bodem průsečíku větší než plocha mezi oběma CDF nad bodem průsečíku, pak A dominuje B podle stochastické dominance druhého řádu (SSD).
  - SSD předpokládá, že rozhodovatel je averzní k riziku.

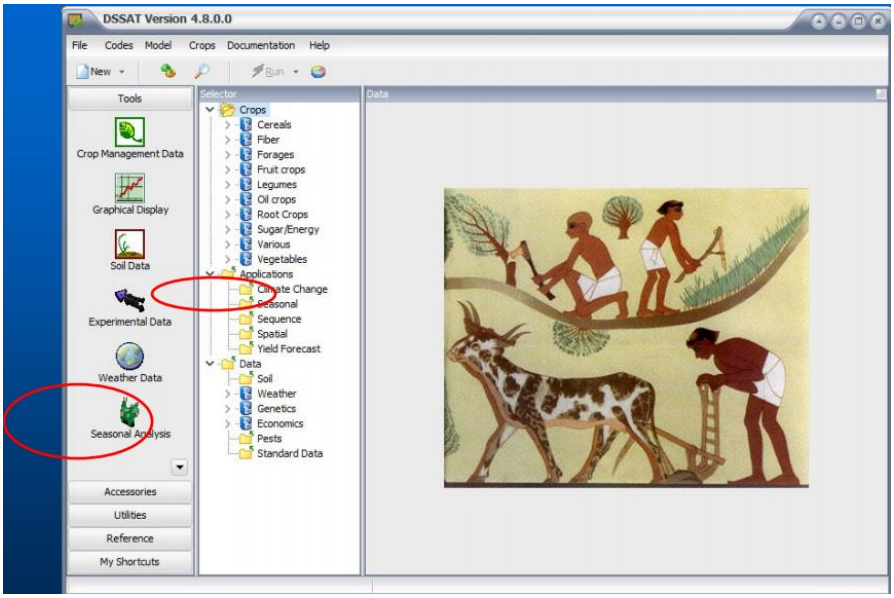
- ✓ Analýza Mean-Gini dominance (MGD)
  - A dominuje nad B, jestliže
    - E(A) >= E(B) a
    - E(A) – G(A) >= E(B) – G(B)
  - G = Giniho koeficient rozdělení A a B
  - MGD předpokládá, že rozhodovatel je averzní k riziku.

**Analýza strategie (Mean Gini koeficient)**




| Trt | Title | Field | E(x) | E(x)-T(x) | Efficient |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RAINFED LOW NITROGE | IBMZ910014 | 341.3 | 109.5 | No |
| 2 | RAINFED HIGH NITROG | IBMZ910014 | 198.0 | -56.7 | No |
| 3 | IRRIGATED LOW NITRO | IBMZ910014 | 747.0 | 610.2 | No |
| 4 | IRRIGATED HIGH NITR | IBMZ910014 | 1015.8 | 816.2 | Yes |
| 5 | VEG STRESS LOW NITR | IBMZ910014 | 777.9 | 642.2 | No |
| 6 | VEG STRESS HIGH NIT | IBMZ910014 | 920.1 | 719.8 | No |

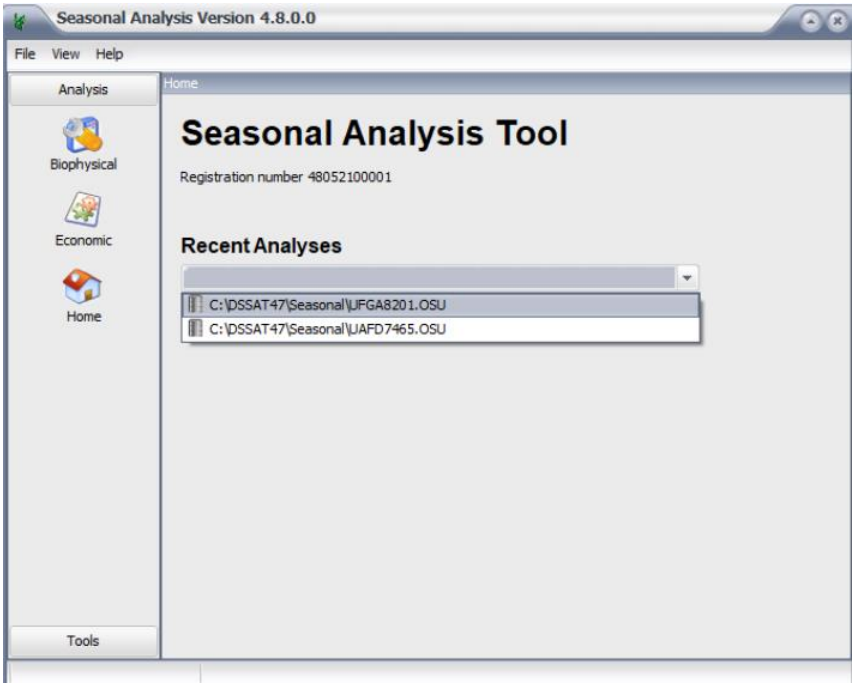
## Cvičení sezónní analýzy




Kroky:

1. Vytvořte soubor pro správu
2. Spusťte model, všechna ošetření (kombinace podmínek)
3. Spusťte program Sezónní analýza
4. Nastavte ceny a náklady
5. Analyzujte výsledky

**Nástroj pro sezónní analýzu**




**Rozhodovací kritéria**

- ✓ Mějte na paměti, že modely nejsou dokonalé.
- ✓ Zkontrolujte kvalitu vstupních dat (počasí, půda atd.).
- ✓ DSSAT a aplikační programy poskytují možnosti alternativních postupů hospodaření; neposkytují konečnou odpověď.
- ✓ Za konečné rozhodnutí je zodpovědný ten, kdo rozhoduje.
- ✓ Jedná se spíše o „systémy pro podporu diskuse“ než o „systémy pro podporu rozhodování“.

# Simulace dlouhodobého střídání plodin

**Udržitelnost zemědělských systémů: Biofyzikální aspekty**

- ✓ Degradace půdy
- ✓ Úbytek půdní organické hmoty, úrodnost
- ✓ Nárůst škůdců a chorob
- ✓ Snížení výnosu
- ✓ Chudoba a nedostatek potravin
- ✓ Zvýšený obsah $CO_2$ v atmosféře, globální změna klimatu
- ✓ Jaké jsou potenciální dopady hospodaření s půdou v dlouhodobém horizontu?
- ✓ Jak můžeme hospodařit, abychom udrželi produktivitu a zachovali půdu a další přírodní zdroje?

**Zdraví půdy: Zlepšení úrodnosti půdy a obsahu uhlíku v půdě**

- ✓ Zvýšení množství půdní organické hmoty by:
  - Zvýšilo dostupnost živin pro plodiny, a tím by došlo ke zvýšení výnosů, příjmů a potravinové bezpečnosti.
  - Zlepšilo účinnost využívání vody a živin – snížení ztrát a znečištění životního prostředí.
  - Poskytlo úložiště uhlíku, jeho odebrání z atmosféry a ukládání do půdy, čímž by se přispělo ke snižování koncentrace atmosférického $CO_2$ a globálního oteplování sekvestrací uhlíku.

**Střídání plodin v DSSAT**

- ✓ Více než 40 různých plodin
- ✓ Identické hodnoty pro
  - Vodní bilanci půdy
  - Bilanci dusíku v půdě
  - Bilanci uhlíku v půdě
  - Fosfor v půdě (pro omezené plodiny)
  - Zpracování půdy
- ✓ Program pro střídání plodin/analýzu posloupnosti plodin, životního prostředí a ekonomických proměnných

**Simulace střídání plodin pomocí systému DSSAT**

- ✓ Inicializace půdy jednou na začátku simulace.
- ✓ Simulace změn a trendů v průběhu několika let.
    - Výnos
    - Půdní organický uhlík
    - Ostatní výstupy

**Otázky**

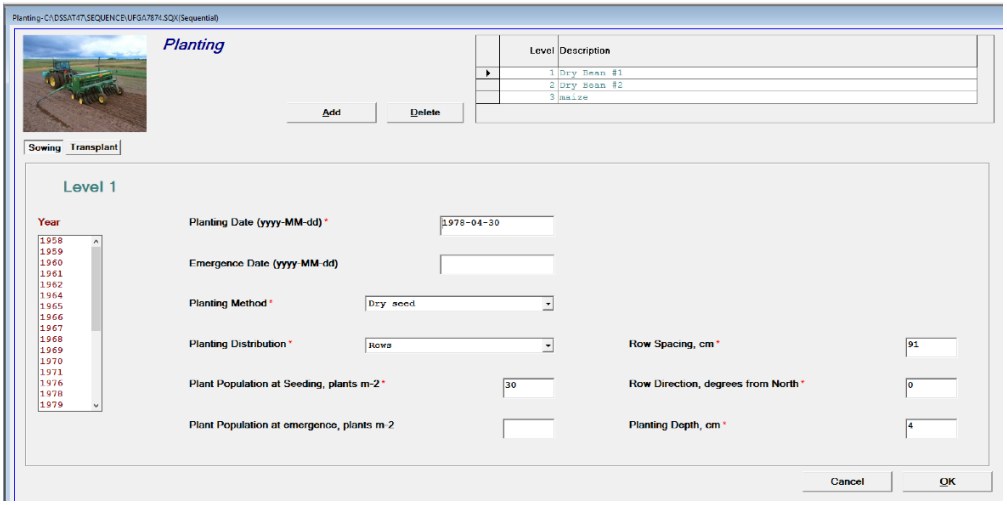
- ✓ Existují postupy hospodaření, které vedou ke zvýšení obsahu uhlíku v půdě?
- ✓ Mohou tyto postupy hospodaření vést také k vyšším výnosům, větší udržitelnosti pro zemědělce?
- ✓ Jak půda a klima ovlivňují sekvestraci uhlíku v půdě?
- ✓ Jak by změna klimatu ovlivnila množství uhlíku v půdě při dlouhodobém střídání plodin?
- ✓ Jak přispívá systém pěstování plodin ke změně klimatu?

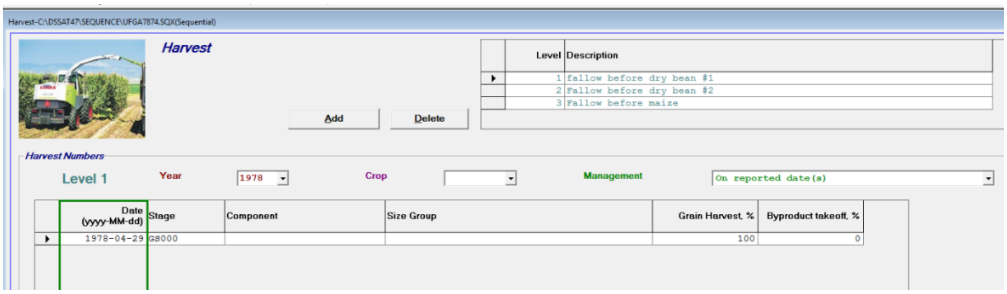
**Udržitelnost zemědělských systémů**

- ✓ Zemědělské systémy jsou složité.
- ✓ Udržitelnost by měla být hodnocena v kontextu střídání plodin, nikoliv v rámci experimentů na jednu sezónu.
- ✓ Pokusy se střídáním plodin jsou náročné na zdroje a vyžadují dlouhodobý závazek.
- ✓ DSSAT může být velmi cenným nástrojem pro stanovení dopadu různých scénářů řízení střídání plodin.
- ✓ Doporučuje se určité hodnocení výkonnosti modelu.

# Kalendář managementu plodin

| | Level | Rot. Num. | Rot. Option | Crop Comp. | Description | Cultivar | Field | Soil. Anal. | Init. Cond. | Plant. | Irrigat. | Fertil. | Resid. | Chem. App. | Tillage | Env. Mod. | Harv. | Sim. Contr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ▶ | 1 | 1 | 1 | 0 | Fallow | 2 | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | 1 |
| | 1 | 2 | 1 | 0 | Bean | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 2 |
| | 1 | 3 | 1 | 0 | Fallow | 2 | 1 | | | | | | | | 2 | | 2 | 1 |
| | 1 | 4 | 1 | 0 | Bean | 1 | 1 | | | 2 | | | | | | | | 3 |
| | 1 | 5 | 1 | 0 | Fallow | 2 | 1 | | | | | | | | 3 | | 3 | 1 |
| | 1 | 6 | 1 | 0 | Maize | 3 | 1 | | | 3 | | 1 | | | | | | 4 |



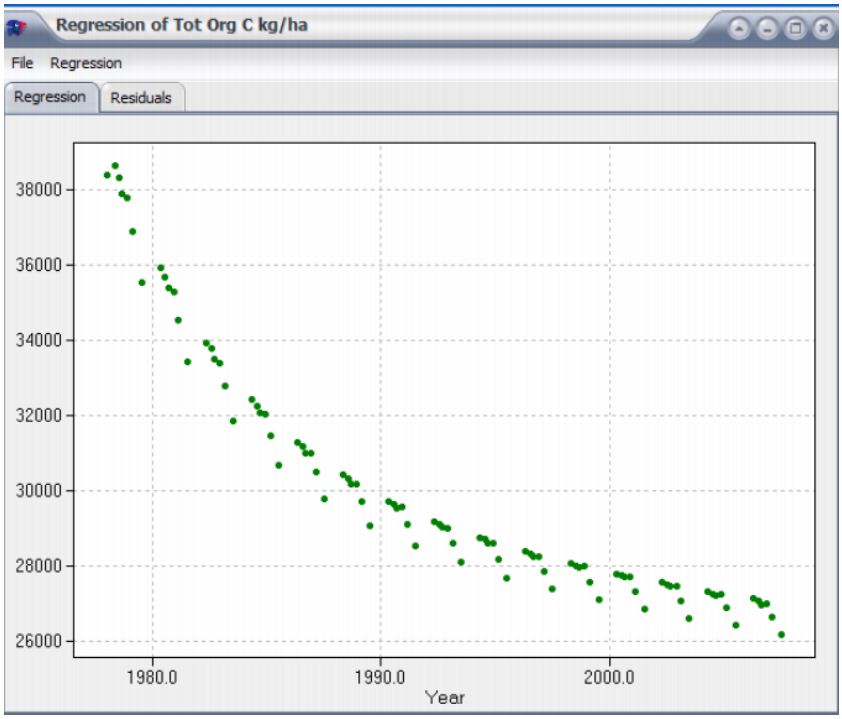



# UFGA7874.SQX Management events file

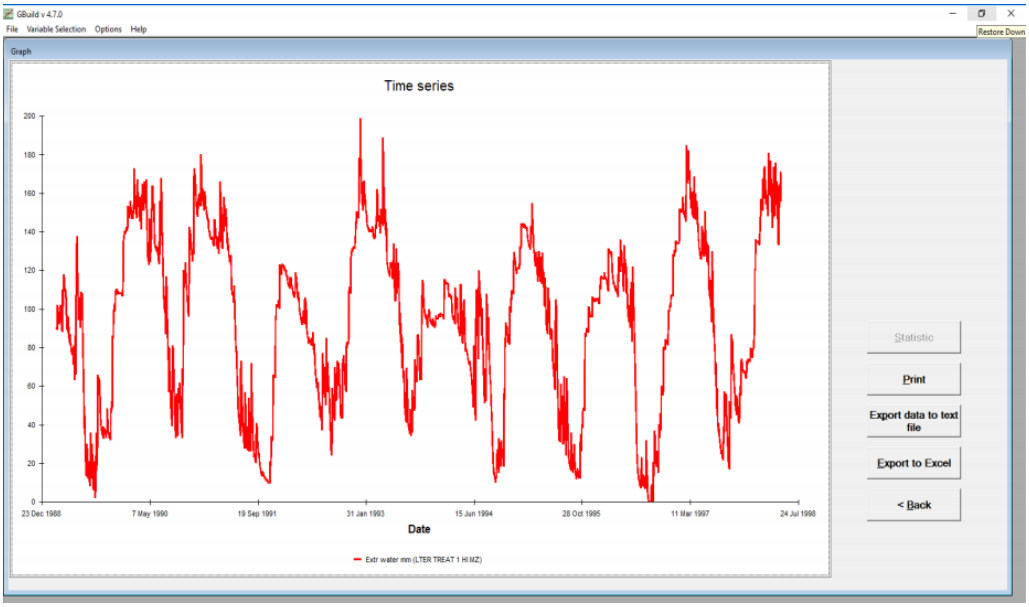
*MANAGEMENT OPERATIONS EVENT SUMMARY
*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.7.1.002 -develop MAY 18, 2018; 09:25:16

| @RUN | Date | DOY | DAS | DAP | CR | Stage | Operation | Quantities |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | APR 24, 1978 | 114 | 114 | 113 | FA | | Tillage | 20.0 cm |
| 1 | APR 29, 1978 | 119 | 119 | 118 | FA | End Sim | | |
| 2 | APR 30, 1978 | 120 | 1 | 0 | BN | | Planting | |
| 2 | APR 30, 1978 | 120 | 1 | 0 | BN | 15 Sowing | | |
| 2 | MAY 5, 1978 | 125 | 6 | 5 | BN | 03 End Juven. | | |
| 2 | MAY 9, 1978 | 129 | 10 | 9 | BN | 02 Unifoliate | | |
| 2 | MAY 10, 1978 | 130 | 11 | 10 | BN | 04 Flower Ind | | |
| 2 | MAY 24, 1978 | 144 | 25 | 24 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | MAY 29, 1978 | 149 | 30 | 29 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | JUN 5, 1978 | 156 | 37 | 36 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | JUN 8, 1978 | 159 | 40 | 39 | BN | 05 First Flwr | | |
| 2 | JUN 12, 1978 | 163 | 44 | 43 | BN | 06 First Pod | | |
| 2 | JUN 17, 1978 | 168 | 49 | 48 | BN | 08 First Seed | | |
| 2 | JUN 20, 1978 | 171 | 52 | 51 | BN | 12 End Msnode | | |
| 2 | JUN 23, 1978 | 174 | 55 | 54 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | JUN 27, 1978 | 178 | 59 | 58 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | JUN 28, 1978 | 179 | 60 | 59 | BN | 09 End Pod | | |
| 2 | JUL 1, 1978 | 182 | 63 | 62 | BN | | Irrigation | 15.0 mm |
| 2 | JUL 2, 1978 | 183 | 64 | 63 | BN | 13 End Leaf | | |
| 2 | JUL 8, 1978 | 189 | 70 | 69 | BN | 10 Phys. Mat | | |
| 2 | JUL 17, 1978 | 198 | 79 | 78 | BN | Phys. Maturity | | |
| 2 | JUL 17, 1978 | 198 | 79 | 78 | BN | 16 Harvest | | |
| 2 | JUL 17, 1978 | 198 | 79 | 78 | BN | | Harvest Yield | 1687. kg/ha |
| | | | | | | | Surface residue | 2269. kg/ha carryover |
| | | | | | | | Root residue | 438. kg/ha carryover |

## Dlouhodobé strategie pro půdní uhlík




## MSKB8901.SQX – Sezónní chování půdní vody



# Zlepšení výnosů a analýza rozdílu ve výnosech

**Nástroj: Syntéza a interpretace**

- ✓ Integrace bilance uhlíku, dusíku a vody v půdě ze základních procesů.
- ✓ Otestujte publikované vztahy procesů ke světlu, teplotě, vodě, dusíku. „Mezery" ve znalostech?
- ✓ Hypotéza příčin rozdílu ve výnosu, ať už jde o úrodnost, počasí nebo vliv škůdců (příležitosti!).
- ✓ Hypotéza genetického zlepšení výnosů (globální budoucnost a CGIAR plodin!).

**Analýzy citlivosti modelu k hypotéze zlepšení výnosů**

- ✓ Jaká je realističnost modelu pro zobrazení jednotlivých fyziologických procesů (způsobu účinku)?
- ✓ Je možné měnit pouze znaky, které model zohledňuje.
- ✓ Je možné změnit znaky v rámci rozsahu uváděných hodnot (promluvte si se šlechtiteli rostlin a prostudujte literaturu).
- ✓ CROPGRO – příklady období plnění, determinace, fotosyntézy, listového dusíku, pohyblivého dusíku.

**Reakce výnosu sóji na dobu plnění v Iowě: Při pevné délce sezóny způsobila delší doba plnění nižší LAI, méně MS uzlů, méně kořenů, více vodního stresu.**

**Listová fotosyntéza – nespojitá vs. pleiotropní vazba na SLW**

- ✓ Sója má genetickou variabilitu pro Pmax, ale ta je většinou spojena se zvýšenou SLW.
- ✓ Přijatelné rozmezí pro sóju je přibližně 0,92 až 1,17, průměrně 1,05 mg $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$.
- ✓ Při odpojení získáme 3 až 4% zvýšení výnosu na 10% zvýšení Pmax, ale stává se asymptotickým.
- ✓ Při spojení se SLW se výnos zvýší o 1 až 2 % na 10% zvýšení Pmax (ve středním bodě). Jde o jednoznačné optimum, protože větší SLW způsobuje nižší LAI.

Reakce výnosu zrna sóji na zvyšující se listovou Ps: bez vazby nebo ve vazbě na SLW, ve srovnání s genetickým rozsahem.

**Globální budoucnost:** Virtuální odrůdy a technologie pro zlepšení potravinové bezpečnosti v podmínkách změny klimatu

*Realistické zobrazení regionů a genetického zisku*

- ✓ Potřebujeme pozorované počasí a realistické scénáře GCM
- ✓ Půdy reprezentativní pro dané regiony (vodní kapacita, organický uhlík v půdě, historie plodin – kvalita půdy, počáteční podmínky)
- ✓ Management reprezentativní pro dané regiony (termíny setí, hustota setí, hnojení, poškození škůdci)
- ✓ Odrůdy reprezentativní pro daný region
- ✓ Realistický pohled na genetický zisk (různé znaky jsou v rozmezí uváděných hodnot)
- ✓ Je potřeba znát omezení modelů plodin: Potřeba znaků pro zamokření, zasolení, nasycení půdy hliníkem atd.

**Znaky VCM pro CROPGRO-Bean: Jamapa, konzervativní změny GC**

| VCM-Jamapa (heat sus) | EMFL | FLSD | SDPM | LFMAX | PODUR | SFDUR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ptd | ptd | ptd | mg/m2/s | ptd | ptd |
| Jamapa-baseline | 29.0 | 10.5 | 20.20 | 1.00 | 11.0 | 20.0 |
| Jama-10%shorter cycle | 26.1 | 9.5 | 18.20 | 1.00 | 11.0 | 20.0 |
| Jama-10%longer cycle | 31.9 | 11.5 | 22.20 | 1.00 | 11.0 | 20.0 |
| Jamapa-base+yield | 29.0 | 10.5 | 20.20 | 1.10 | 10.0 | 22.0 |
| Jama-10%short+yield | 26.1 | 9.5 | 18.20 | 1.10 | 10.0 | 22.0 |
| Jama-10%longer+yield | 31.9 | 11.5 | 22.20 | 1.10 | 10.0 | 22.0 |

- ✓ Opakovaná odolnost vůči teplu (2 °C tolerantnější lusky, výplň zrna, dělení)
- ✓ Opakování s 6 VCM citlivými na teplo a 6 tolerantními na teplo, s tolerancí k suchu: s +5 % (DUL–LL) a posunutou hloubkou zakořenění.

**Vytvoření souboru druhů suchých fazolí odolných vůči teplu**

```
Heat Susceptible (Default species file – Dry Bean)
  7.0   22.0  25.0  36.0  QDR       FNPDT(1-4),TYPPDT-TEMP EFFECT ON POD SET
  4.0   23.0  25.0  38.0  QDR       FNSDT(1-4),TYPSDT-TEMP EFFECT ON SD GRWTH
  0.0   10.0  15.0  30.0  38.0  60.0  XXFTEM(1-6),TEMPERATURES
 1.00   1.00  1.00  1.00  0.00  0.40   YXFTEM(1-6),REL CHG IN PARTIT
```

```
Heat Tolerant (Modified species file – Dry Bean)
  7.0   22.0  27.0  38.0  QDR       FNPDT(1-4),TYPPDT-TEMP EFFECT ON POD SET
  4.0   23.0  27.0  40.0  QDR       FNSDT(1-4),TYPSDT-TEMP EFFECT ON SD GRWTH
  0.0   10.0  15.0  32.0  40.0  60.0  XXFTEM(1-6),TEMPERATURES
 1.00   1.00  1.00  1.00  0.00  0.40   YXFTEM(1-6),REL CHG IN PARTIT
```

**Výsledné znaky VCM pro CROPGRO-Dry Bean: Jamapa, 2 sezóny v Palmiře, 2 sezóny v Popayanu, 1 sezóna v Gainesville, Florida**

| VCM Jamapa Heat Susceptible | Anth. | Mature | Seed Yield | Final Biomass | Cycle Effect | Yield Effect | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | - - days - - | | - - kg/ha - - | | - - ratio - - | | |
| Jamapa-baseline | 41.2 | 80.6 | 2686 | 4611 | | | |
| Jama-10%shortcycle | 37.6 | 73.2 | 2193 | 3737 | 0.82 | | |
| Jama-10%longercycle | 44.8 | 88.0 | 3141 | 5557 | 1.17 | | |
| Jamapa-base+yield | 41.2 | 80.6 | 3002 | 5076 | | 1.12 | |
| Jama-10%short+yield | 37.6 | 73.2 | 2442 | 4118 | 0.81 | 1.11 | |
| Jama-10%longer+yield | 44.8 | 88.0 | 3487 | 6085 | 1.16 | 1.11 | 1.30 |

Teplotně tolerantní znak přinesl 3,3% výnosový přínos v průběhu 5 sezón s nulovým účinkem v Popayanu a velkým účinkem (11,3 %) na Floridě.

**Původ interakcí mezi genotypem a prostředím z modelové perspektivy**

- ✓ Různé životní cykly, rozdílné trvání fází... Pokud se E mění během sezóny.
- ✓ Rozdílná teplotní citlivost procesu: Pokud se teplota v E liší (pro lokalitu a rok).
- ✓ Rozdílné zakořenění nebo znak WUE: Pokud je deficit vody, ale závisí na načasování.
- ✓ Závisí na tom, zda je znak/proces neutrální nebo nákladný při dobrém E.

- ✓ Lokalita (=E), liší se WHC půdy, srážky, teplota.
- ✓ Management (=E), liší se dodávka dusíku nebo zavlažování.
- ✓ Simulovaná GxE je způsobena $CO_2$, vodou, dusíkem a teplotou.

| Response to genetic modifications for rainfed soybean simulated in Iowa, mean 20 yrs, at 350 vs. 500 ppm $CO_2$. | | |
|---|---|---|
| Cultivar Trait | 350 ppm | 500 ppm |
| Additivity & CO2 responsiveness | % | % |
| Wm-82 (std yield, 3403 and 4084 kg ha$^{-1}$) | ----- | ----- |
| Determinant (Det) | 0.30 | **2.25** |
| +10% R5-R7(EFP) | 5.29 | **6.00** |
| +10% SLW | 1.06 | 1.37 |
| +10% Amax | 5.94 | 4.93 |
| 10% slower N mob | 3.36 | 2.81 |
| Det, +10% EFP | 2.30 | **5.26** |
| Det, +10% EFP, +10% SLW | 2.74 | **5.81** |
| Det, +10% EFP, +10% Amax | 9.00 | **11.30** |
| Det, +10% EFP, Nmob | 6.65 | **9.71** |
| Det, +10% EFP, +10% SLW, Nmob | 7.26 | **10.27** |
| Det, +10% EFP, +10% Amax, Nmob | 13.70 | **15.82** |
| 15%EFP, 15%Amax, Nmob | 20.59 | 19.84 |
| 15%EFP, 15%Amax, Nmob, leaf N conc | 23.93 | 21.82 |

G x E?

G x E?

†† Vyseto v den 302 na velmi jemném montmorillonitickém jílu při kapacitě pole

**Nástroj k diagnostice mezer ve výnosech**

- ✓ V rozvojových zemích (a USA) může být produkce nižší než klimatický potenciál.
- ✓ Použijte model jako nástroj „Co by se stalo, kdyby“ a předpokládejte příčiny související s vodou, úrodností půdy, chorobami, škůdci, špatným hospodařením a počasím.
- ✓ Příklady z Ghany, Beninu, Indie a USA ukazují, že hlavní ztráty na výnosech podzemnice olejné jsou v důsledku chorob listů a háďátek.

**Definice výnosových/produkčních úrovní**

- ✓ Potenciální výnos: Výnos dosažitelný při slunečním záření, teplotě, délce dne, za předpokladu, že není omezena voda, dusík, úrodnost a nejsou přítomni škůdci.

- ✓ Kalibrace modelu pro pole bez omezení.
- ✓ Na nových polích: Spusťte model se zadaným slunečním zářením, teplotou a délkou dne.
- ✓ „Výnosová mezera“, pokud je skutečný výnos nižší než předpokládaný klimatický potenciální výnos.
- ✓ To není konec příběhu – jaké jsou příčiny?

**„Výnosová ztráta“, pokud je výnos nižší než klimatický potenciál – hledání příčin**

- ✓ Je sklon akumulace sušiny menší než simulovaný?
  - Chudé stanoviště?
  - Je voda dostatečná? Ano, pokud se jedná o rýžoviště nebo je plodina zavlažována a pokud simulace vody v půdě nevykazuje žádná omezení.
  - Je limitující dusík, fosfor, draslík, pH nebo zasolení?
  - Vyskytují se choroby, hlísti nebo hmyz? Znečišťující látky v ovzduší?
  - Zůstávají listy na rostlině zelené?
- ✓ Provádění experimentů k ověření hypotéz.
- ✓ Může počasí způsobit výnosovou ztrátu? Diskutujte později.

**Zohlednění rozdílu ve výnosech podzemnice olejné v Beninu – snížení populace z 11 na 6,6 rostlin/m², přidání skvrnitosti listů, SLFP z 0,92 na 0,85**

**Rozdíl ve výnosech (kg/ha) podzemnice olejné v důsledku vodního deficitu a biotického stresu v roce 1997 v Ghaně**

| Datum výsevu | Voda není omezující (Sim) (1) | Voda omezující (Sim) (2) | Pozorovaný výnos lusků kg/ha (3) | Rozdíl ve výnosech (deficit vody) (1) – (2) | Rozdíl ve výnosech (biotický stres) (2) – (3) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Odrůda | Čínský (Chinese) | | |
| 29. května | 2952 | 2866 | 3163 | 86 | -297 |
| 26. června | 3076 | 2972 | 1484 | 104 | 1488 |
| 24. července | 3048 | 2941 | 740 | 107 | 2201 |
| | | Odrůda | F-Mix | | |
| 29. května | 4330 | 3889 | 3124 | 441 | 765 |
| 26. června | 4316 | 3925 | 2029 | 391 | 1896 |
| 24. července | 4587 | 2894 | 1421 | 1693 | 1473 |

- ✓ Projekt CRSP pro výzkum podzemnice olejné
- ✓ Výsledky z Floridy, Ghany, Beninu; Naab; kalibrovaná půda pro DUL, LL atd.

**Simulovaný procentuální rozdíl ve výnosech dvou odrůd podzemnice olejné v důsledku vodního deficitu a biotického stresu, průměr za 13 let v Ghaně, 1986–1998.**

| Datum výsevu | % ztráty v důsledku vodního deficitu | % ztráty v důsledku vodního deficitu | % ztráty v důsledku škůdců a vodního deficitu | % ztráty v důsledku škůdců a vodního deficitu |
|---|---|---|---|---|
| | Chinese | F-mix | Chinese | F-mix |
| 22. května | 10 | 12 | 21 | 21 |
| 19. června | 4 | 13 | 37 | 25 |
| 20. července | 8 | 42 | 59 | 51 |
| 17. srpna | 63 | 82 | 74 | 85 |

**Mezery ve výnosech – příčiny v Ghaně**

- ✓ Půdní voda? Ne tak velký úbytek, jak se očekávalo. Měli jsme k dispozici údaje o půdní vodě pro testování simulované vodní bilance půdy.
- ✓ Úrodnost? Nepřímá. SLPF 0,86 (Ghana) oproti 0,92 (USA). Potvrzeno pomocí experimentů s fosforem.
- ✓ Listové choroby? Nepřímé, vstupují do defoliace listů. Potvrzeno zkouškami s fungicidy.
- ✓ Řízení? Simulace účinku dobrých a špatných porostů (problém zemědělců). Simulace dobrých termínů setí vs. neoptimálních termínů.

**Experimenty s fungicidy v Ghaně**

- ✓ Simulační analýzy naznačily, že ztráty na výnosech v důsledku působení chorob dosahují 50 až 70 %.
- ✓ V Ghaně, kde se nepoužívají fungicidy, je listová skvrnitost na podzemnici olejné běžná.
- ✓ To naznačuje potřebu pokusů, které by ověřily možné zvýšení výnosů pomocí fungicidů.

| Vliv doby výsevu, odrůdy a fungicidu na výnos lusků za 3 roky v Nyankpale a 2 roky ve Wa, Ghana. Výsledky projektu CRSP pro podzemnici olejnou, Florida, Ghana. | | |
|---|---|---|
| Ošetření (kombinace podmínek) | Výnos, kg/ha | Procentuální změna |
| ***Čas výsevu*** | | |
| Brzký | 2680 | |
| Střední | 2232 | -16,7 |
| Pozdní | 1768 | -34,0 |
| ***Odrůda*** | | |
| Chinese | 1874 | |
| F-mix | 2580 | 37,7 |
| ***Fungicid*** | | |
| – Fungicid | 1687 | |
| + Fungicid | 2768 | 64,1 |

Při časném výsevu vyprodukovala odrůda F-mix s fungicidem 3860 kg/ha ve srovnání s 1740 kg/ha u odrůdy Chinese bez fungicidu.

**Cíle pokusů prováděných přímo na farmě**

- ✓ Testovat vliv aplikace fungicidů a fosforu na výnosy rostlin podzemnice olejné na polích zemědělců.
- ✓ Kvantifikovat výnosové mezery na polích zemědělců.
- ✓ Určit postupy hospodaření pro zlepšení výnosů na farmě.

Vliv aplikace fungicidů a fosforu na výnos podzemnice olejné (kg/ha) v pokusech řízených zemědělci ve dvou vesnicích (Piisi a Nakor) poblíž Wa, Ghana (J. B. Naab, Peanut CRSP)

| Ošetření | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | Průměr |
|---|---|---|---|---|---|
| | - - - - - - - - - - kg/ha - - - - - - - - - - | | | | |
| $F_0P_0$ | 654 | 570 | 454 | 314 | 501 |
| $FgP_0$ | 1000 | 886 | 613 | 1020 | 880 |
| $FgP_{60}$ | 1148 | 1042 | 842 | 1114 | 1037 |

$F_oP_o$ – Farmářská praxe, odrůda Chinese, bez fungicidu, bez fosforu

$FgP_o$ – Odrůda Chinese, s fungicidem, bez fosforu; účinek fungicidu +76 %

$FgP_{60}$ – Odrůda Chinese s fungicidem, +60 kg/ha fosforu; účinek fungicidu a fosforu +107 %; účinek samotného fosforu byl 18 %

**Závěry**

- ✓ Jak listové choroby, tak nedostatek fosforu byly faktory omezující výnos podzemnice olejné v podmínkách zemědělských podniků v Ghaně.
- ✓ V pokusech na farmách byla aplikace fungicidů účinná v boji proti listovým skvrnitostem a zvýšila výnos semen o 48 % nebo i více.
- ✓ V pokusech na farmách hnojení fosforem zvýšilo výnos o 40 % .
- ✓ Účinky fungicidu a fosforečného hnojiva byly aditivní a kombinace obou látek zvýšila výnos o 100 %.

# Předpověď výnosů v sezóně

- ✓ Předpověď výnosů pomocí modelu plodin založeného na procesech
- ✓ Případová studie – Předpověď výnosů pomocí DSSAT
- ✓ Prostorová předpověď výnosů
- ✓ Případová studie – Regionální předpověď výnosů pomocí CRAFTu
- ✓ Ukázka historického vzorkování počasí

**Proč předpovídat výnosy?**

- ✓ Zemědělství: Nejistota a riziko
  - Proměnlivost počasí
    - Denní, sezónní, prostorová
    - Extrémní události
  - Ceny mohou být neznámé
  - Mohou se vyskytnout ohniska škůdců
  - Politika se může změnit
  - atd.
- ✓ Vysoké náklady na riziko a nejistotu
  - Riziko nevýhody
  - Ovlivňují zemědělce, trhy, vlády, potravinový systém, produkci potravin a jejich ceny
  - Zvyšuje se variabilita klimatu
- ✓ Řízení klimatických rizik
- ✓ Hodnota včasného řízení bezpečnosti potravin
- ✓ Očekává se, že dobře ověřený systém předpovědi produkce plodin zlepší rozhodování a včasné kroky

**Metody předpovědí výnosů**

- ✓ Předpověď historických výnosů
- ✓ „Průzkum“ nebo monitorování
- ✓ Statistické modely
- ✓ Dálkový průzkum
- ✓ Modely plodin

**Předpověď výnosů – Historické časové řady výnosů**

- ✓ Klouzavý průměr
- ✓ Vyhlazování
- ✓ Regrese
- ✓ Atd.

**Předpověď výnosů – „Průzkum“ nebo monitorování**

- ✓ Hodnocení stavu plodiny odborníky
- ✓ Pozorování a měření se provádějí v průběhu celého vegetačního období plodin:
  - Počet klásků a procento jejich plodnosti, procento poškození škůdci a houbami, procento napadení plevely atd.
- ✓ Ze získaných údajů lze předpovědět výnos pomocí:
  - Regresních metod,
  - Poznatků z místních expertiz,
  - Atd.

**Předpověď výnosů – Statistické modely**

- ✓ Jednoduchý statistický model je sestaven pomocí matice s historickými výnosy a několika agrometeorologickými parametry (např. teplota a srážky).
- ✓ Poté se odvodí regresní rovnice výnosu jako funkce jednoho nebo několika agrometeorologických parametrů.
- ✓ Výhody:
  - výpočet je snadný,
  - k provedení modelu je zapotřebí méně času,
  - požadavky na data jsou omezené.
- ✓ Omezení:
  - omezené mimo rozsah hodnot, pro které je model parametrizován.
  - výstup nemá žádný agronomický význam,
  - nezohledňuje kontinuum půda-rostlina-atmosféra, což je důležité při práci s regiony s různými půdními typy.

**Předpověď výnosů – Dálkové průzkum**

- ✓ Předpověď pomocí družicového dálkového průzkumu a měřených meteorologických pozorování na zemi.
- ✓ Lineární regresní model pro výnosy na základě snímků NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).
- ✓ Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA), snímky MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).
- ✓ Tematický mapovač LANDSAT.

### Předpověď výnosů – Modely plodin

- ✓ Modely plodin předpovídají výnos v závislosti na denních meteorologických údajích, řízení plodin a genetice.
- ✓ Lze je použít v prostoru a čase.
- ✓ Jsou založeny na místních údajích.
- ✓ Mohou být rychle aktualizovány, jakmile jsou k dispozici údaje o počasí.
- ✓ Lze je použít pro
    - o předpověď výnosu v průběhu sezóny,
    - o posouzení dopadů změny klimatu, přizpůsobení se této změně a její zmírnění.

### Simulační modely plodin jako nástroje pro předpověď výnosů

- ✓ Požadavky na vstupní údaje
    - o Přístup k aktuálním a historickým denním údajům o počasí
    - o Místní půdní charakteristiky
    - o Řízení plodin
- ✓ Výhody
    - o Přímá předpověď výnosu
    - o Žádná závislost na družicových datech
    - o Lze provozovat lokálně – zdarma!

### Údaje o počasí pro předpověď

Zásady:

- ✓ Pomocí údajů o počasí až do současnosti, poté vyplňte pro zbytek vegetačního období:
    - o Vzorek z historických údajů o počasí
    - o Generátory počasí
    - o Sloučení s desetidenními předpověďmi počasí
    - o Předpovědi klimatu s nižším měřítkem

## Případová studie – Předpověď výnosů pomocí DSSAT

### Předpověď výnosů pšenice – případová studie

- ✓ Lokalita Petropavlovsk
- ✓ Dlouhodobé denní údaje o počasí – Kazhydromet
    - o Půdy – FAO/ISRIC
    - o Zavlažováno deštěm, nízké vstupy
- ✓ Vyhodnocení modelu
    - o Národní výnos FAO

- Oblast Akmola

**Předpověď souboru 1. dubna 2019 (den 91)**

- ✓ Předpověď výnosů souboru – 1. dubna 2019
- ✓ Aktuální data o počasí od 1. ledna do 1. dubna 2019 pro Petropavlovsk
- ✓ Historické údaje o počasí pro roky 1984 až 2018
- ✓ Každá čára představuje jiné počasí ze souboru

**Předpověď souboru 1. srpna 2019 (den 213)**

- ✓ Předpověď výnosů souboru – 1. srpna 2019
- ✓ Aktuální data o počasí od 1. ledna do 1. srpna 2019 pro Petropavlovsk
- ✓ Historické údaje o počasí pro roky 1984 až 2018
- ✓ Každá čára představuje jiné počasí ze souboru

**Předpověď výnosů**

- ✓ Měsíční předpovědi od 1. dubna do 1. srpna
- ✓ Předpovídaná variabilita a nejistota výnosu pšenice se snižuje u pozdějších termínů předpovědi
- ✓ Přesná předpověď k 1. červenci
- ✓ Výrazná změna mezi daty předpovědi 1. června a 1. července
- ✓ Předpověď se zlepšuje s tím, jak jsou k dispozici aktuálnější informace o počasí

**Koncepce prostorové predikce výnosů**

**Soubor nástrojů pro regionální zemědělské prognózy CCAFS – CRAFT**

- ✓ Osnova
- ✓ Základní pojmy
- ✓ Moduly
- ✓ Pracovní postupy
- ✓ Případová studie

**CRAFT**

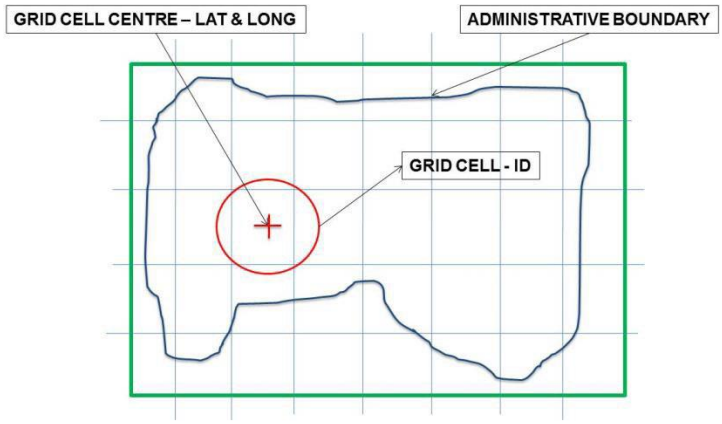
- ✓ Počítačový systém na podporu rozhodování pro předpověď výnosů v sezóně a analýzu zemědělských rizik spojených s rostoucí variabilitou klimatu a extrémními jevy, jakož i pro studie dopadů změny klimatu.
- ✓ Rámec pro spouštění více simulačních modelů plodin v rámci jednotného uživatelského rozhraní a pro prostorovou agregaci simulovaných výsledků do interaktivních tematických map.
- ✓ Obsahuje:
  - uživatelsky přívětivou klientskou aplikaci

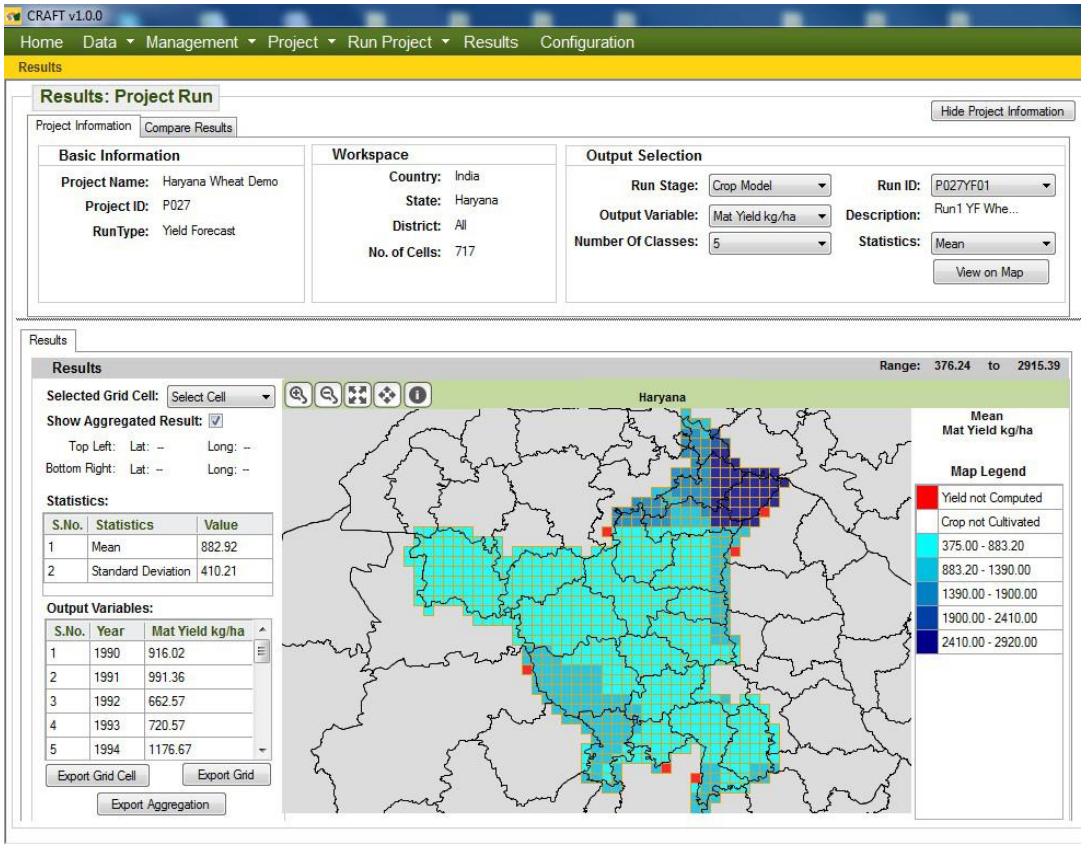
- databázi, která obsahuje všechna vstupní a výstupní data potřebná pro modely, včetně údajů o hospodaření s plodinami, půdě, počasí a klimatu
- integrovaný mapový objekt GIS

**Základní koncepce**

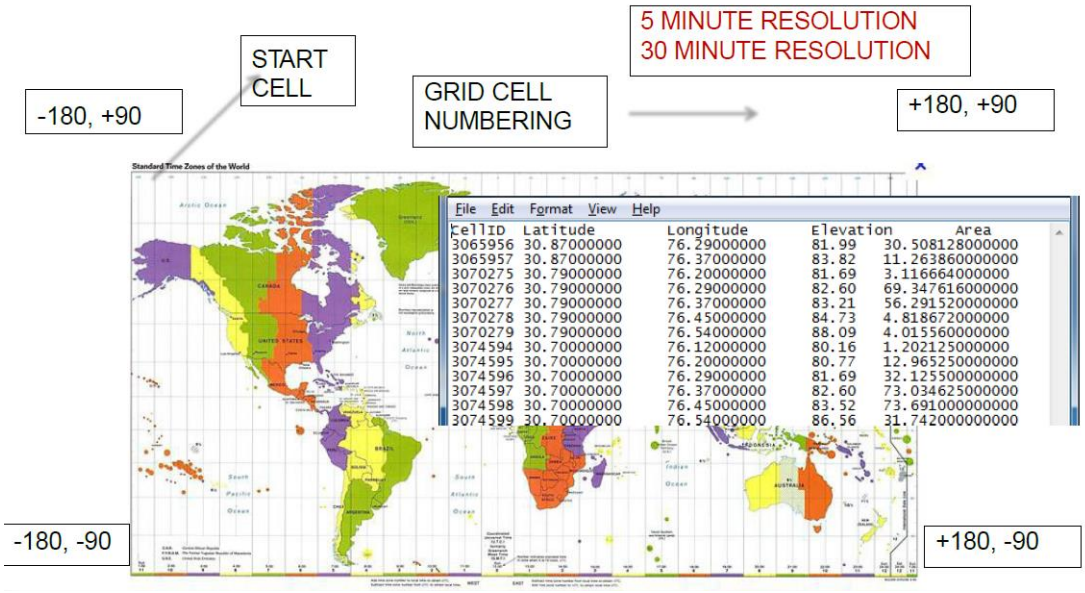
- ✓ Mřížky a referenční mřížky
- ✓ Administrativní hranice a schematizace
- ✓ Datové sady s mřížkami
- ✓ Projekty a běhy
- ✓ Pracovní postupy

**MŘÍŽKOVÁ KONCEPCE**



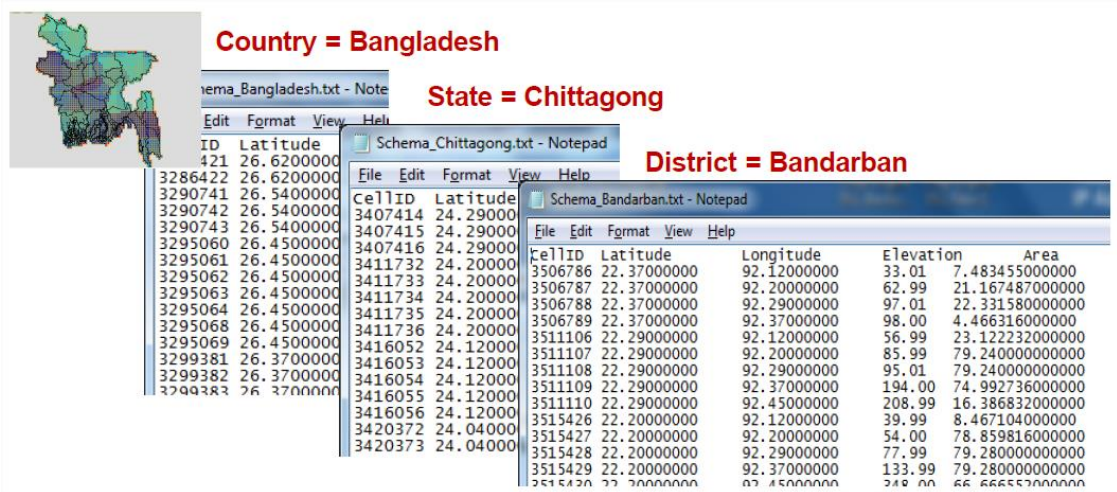



## Referenční mřížky

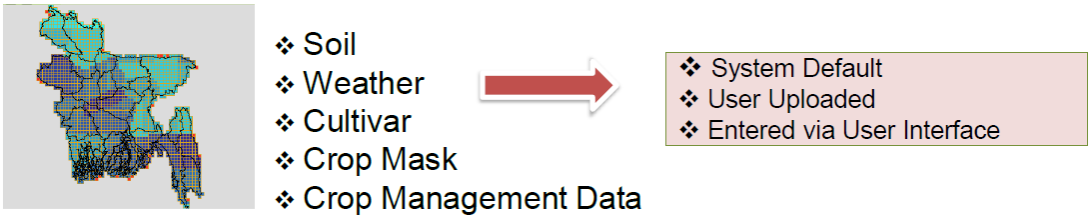


## Administrativní hranice a schematizace

- ✓ Úroveň 1 – Země
- ✓ Úroveň 2 – Stát / Provincie
- ✓ Úroveň 3 – Okres




## Požadavky na prostorová data – Soubory dat v mřížce



## CropMask

Soil_Bangladesh.txt - Notepad

File Edit Format View Help

| CELL5M | SoilProfile | SharePCT |
|---|---|---|
| 3286421 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3286422 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3290741 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3290742 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3290743 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3295060 | WI_CMUZ004 | 15.00 |
| 3295060 | WI_FLBW221 | 15.00 |
| 3295060 | WI_PHCF014 | 10.00 |
| 3295060 | WI_CMCH010 | 10.00 |
| 3295060 | WI_PHUY061 | 20.00 |
| 3295060 | WI_CMIT043 | 20.00 |
| 3295060 | WI_CMTN008 | 10.00 |
| 3295061 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3295062 | WI_CMIT043 | 100.00 |
| 3295063 | WI_CMIT043 | 100.00 |

CropMask_Fatehg...

File Edit Format View Help

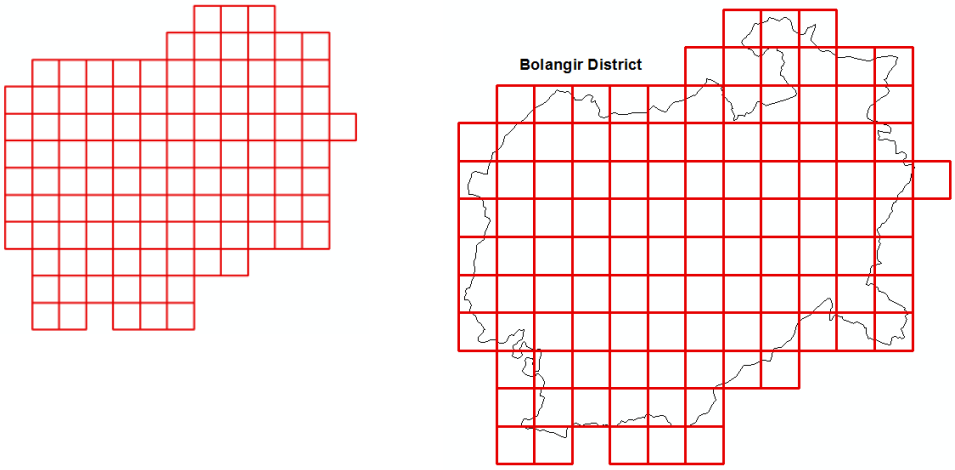
| CellID | Percent |
|---|---|
| 3065956 | 0.76 |
| 3065957 | 0.39 |
| 3070275 | 0.80 |
| 3070276 | 0.76 |
| 3070277 | 0.53 |
| 3070278 | 0.50 |
| 3070279 | 0.57 |
| 3074594 | 0.80 |
| 3074595 | 0.69 |
| 3074596 | 0.70 |
| 3074597 | 0.69 |
| 3074598 | 0.67 |
| 3074599 | 0.59 |

### Krok 1: Import datových sad

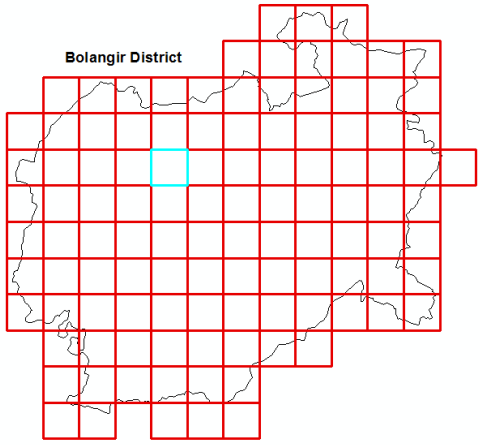
Datová sada 1: Bolangir District (Okres Bolangir)

Datové vrstvy v ArcGIS

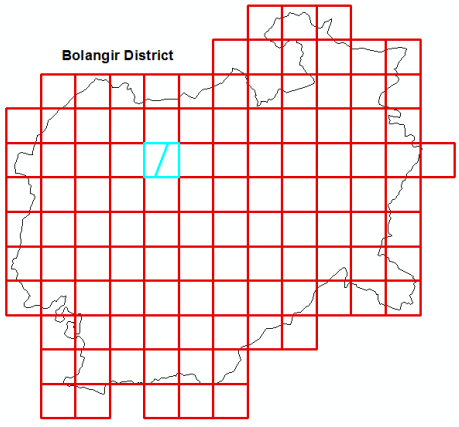
Datová sada 2: Datové mřížky



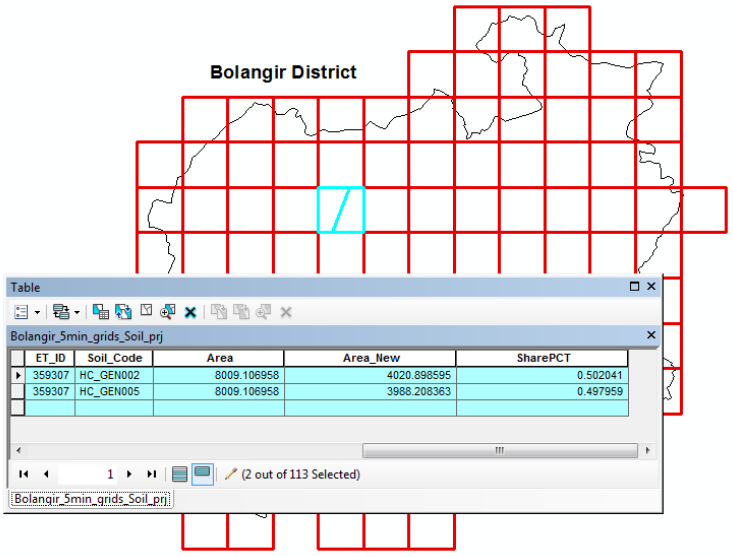

## Krok 2: Výběr prvků mřížky




## Krok 3: Úprava prvků mřížky



## Krok 4: Aktualizace informací o vlastnostech půdy v tabulce




## Krok 5: Export datové sady

Table

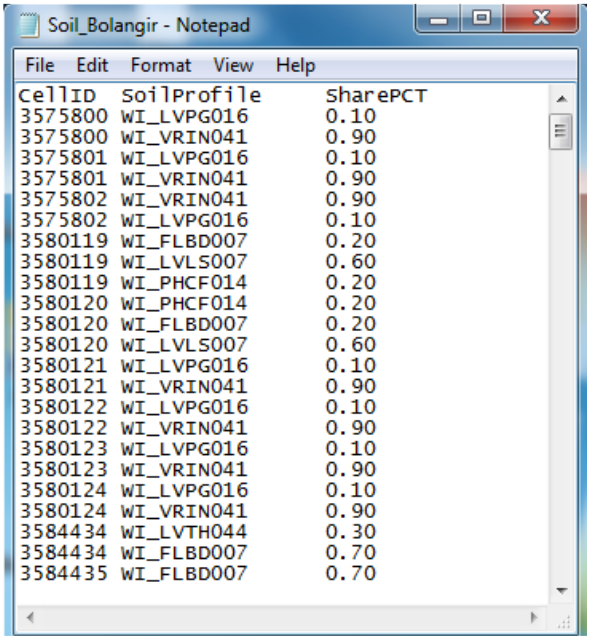
Bolangir_5min_grids_Soil_prj

| Id | Grid_ID | X | Y | Soil_Code | Area | Area_New | SharePCT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 5744441 | 83.375 | 20.791667 | HC_GEN008 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5744442 | 83.458333 | 20.791667 | HC_GEN008 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5744443 | 83.541667 | 20.791667 | HC_GEN008 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5740120 | 83.291667 | 20.708333 | HC_GEN008 | 8009.106958 | 8009.106958 | 1 |
| 0 | 5740121 | 83.375 | 20.708333 | HC_GEN008 | 8009.106958 | 8009.106958 | 1 |
| 0 | 5740122 | 83.458333 | 20.708333 | HC_GEN008 | 8009.106958 | 8009.106958 | 1 |
| 0 | 5740123 | 83.541667 | 20.708333 | HC_GEN008 | 8009.106958 | 8009.106958 | 1 |
| 0 | 5740117 | 83.041667 | 20.708333 | HC_GEN005 | 8009.106958 | 3988.208363 | 0.497959 |
| 0 | 5740117 | 83.041667 | 20.708333 | HC_GEN002 | 8009.106958 | 4020.898595 | 0.502041 |
| 0 | 5748754 | 82.791667 | 20.875 | HC_GEN0001 | 8000.472779 | 8000.472779 | 1 |
| 0 | 5748755 | 82.875 | 20.875 | HC_GEN0001 | 8000.472779 | 8000.472779 | 1 |
| 0 | 5748756 | 82.958333 | 20.875 | HC_GEN0001 | 8000.472779 | 8000.472779 | 1 |
| 0 | 5744433 | 82.708333 | 20.791667 | HC_GEN0001 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5744434 | 82.791667 | 20.791667 | HC_GEN0001 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5744435 | 82.875 | 20.791667 | HC_GEN0001 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5744436 | 82.958333 | 20.791667 | HC_GEN0001 | 8004.798221 | 8004.798221 | 1 |
| 0 | 5740113 | 82.708333 | 20.708333 | HC_GEN0001 | 8009.106958 | 8009.106958 | 1 |

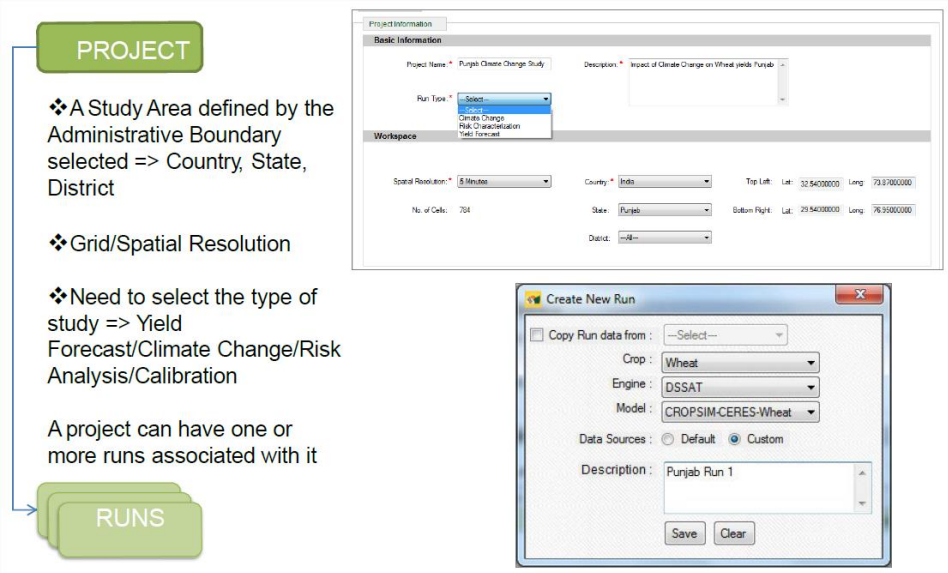
0 (0 out of 113 Selected)

Bolangir_5min_grids_Soil_prj

## Krok 6: Převedení exportované datové sady do formátu CRAFT




## Projekty a běhy (spuštění) modelů




- ✓ Studijní oblast vymezená vybranou administrativní hranicí => země, stát, okres
- ✓ Síťové/prostorové rozlišení
- ✓ Je třeba vybrat typ studie => Předpověď výnosu/Změna klimatu/Analýza rizik/Kalibrace

K projektu může být přiřazen jeden nebo více běhů.

**Propojení s klimatickými předpověďmi – CPT**

Nástroj pro předvídání klimatu (Climate Predictability Tool, CPT) je snadno použitelný softwarový balíček pro vytváření sezónních klimatických předpovědí na míru.

Verze:

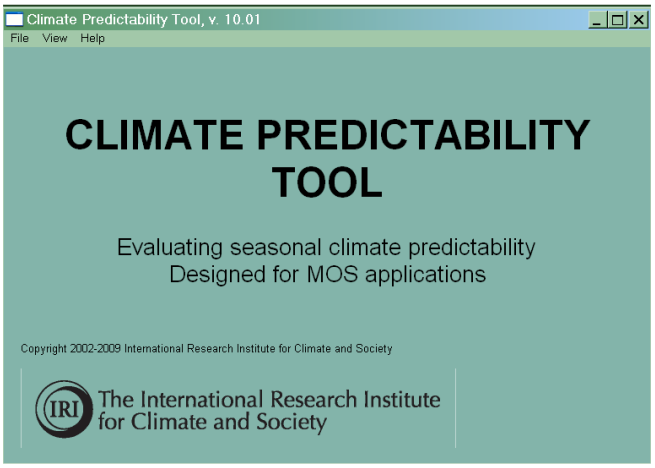
- ✓ Windows
- ✓ Dávka pro Linux
- ✓ Dávka pro Windows (pro CRAFT)

## Co dělá systém CPT

- ✓ CPT je nástroj pro statistické předpovědi a statistické snižování měřítka.
- ✓ Konkrétně je CPT určen k vytváření statistických předpovědí sezónního klimatu pomocí
  - výstupů z GCM, nebo
  - polí teplot mořského povrchu (SST).
- ✓ Je snadný na pochopení a používání.
- ✓ Je navržen pro použití mřížkových dat (výstupy z GCM a SST) jako prediktorů.
- ✓ Jako prediktory používá hlavní komponenty (PC nebo EOF).
- ✓ Provádí přísnou křížovou validaci.
- ✓ Umožňuje provádět předpovědi pomocí PCR nebo CCA.

## CRAFT – CPT

- Statistický přístup k integraci sezónní klimatické předpovědi s výnosy plodin pomocí prediktorů, jako jsou SST, atmosférické parametry a výstupy GCM.



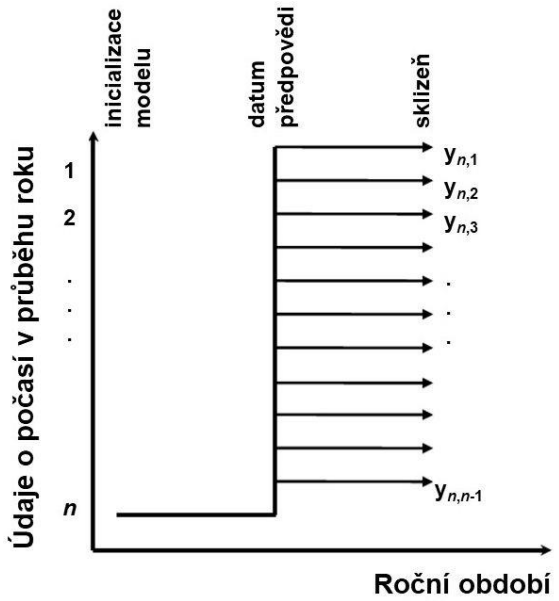
**CPT**

| Metoda | Prediktor (X) | Předvídaná proměnná (Y) |
|---|---|---|
| Kanonická korelace | Prostorové pole | Prostorové pole |
| **Regrese hlavních komponent** | **Prostorové pole** | **Nezávislé body** |
| Vícenásobná lineární regrese | Nezávislé body | Nezávislé body |

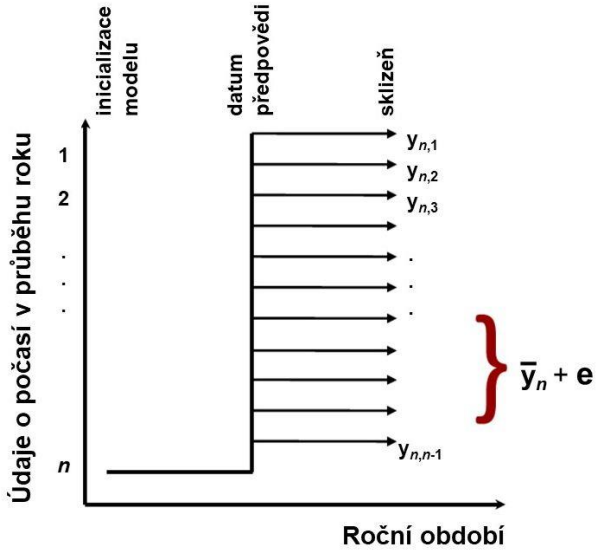
- ✓ Zvláštní případ: Předpovídání jednoho bodu pomocí PCR:
- ✓ Obecná formulace: $y = X \cdot b + e$
  - X – matice časové řady předních PC (n–1 let po kPC)
  - b – vektor přizpůsobených regresních koeficientů (kPC)
  - y – vektor časové řady předpovědí (n–1 let)
  - e – vektor časové řady křížově ověřených reziduí (n–1 let)
- ✓ Prognóza v běžném roce n: $\hat{y} = b \cdot x_n$
  - $x_n$ – vektor prediktorů v aktuálním roce (kPC)
  - Rozdělení prognózy získané z $\hat{y} + e$

**CPT pro předpověď výnosů plodin**

Simulujte s údaji o počasí z aktuálního roku až do data předpovědi a poté s údaji o počasí z každého minulého roku až do sklizně.

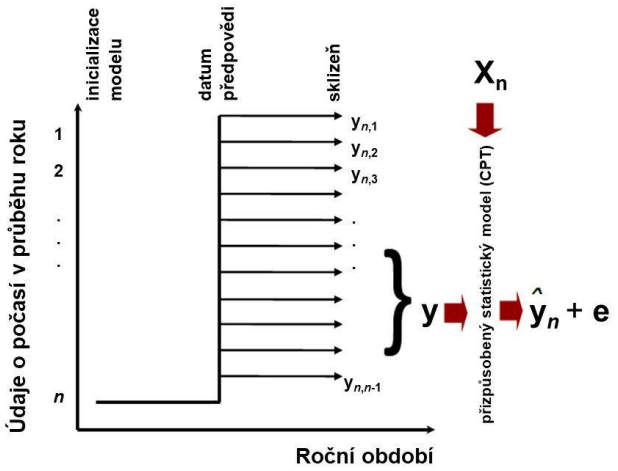


Vektor $y_n$ n–1 simulovaných výnosů poskytuje střední hodnotu y_ a rozdělení.




Vektor $y_n$ výnosů simulovaných s předcházejícím počasím v roce n je předpovídaná proměnná.

Aktuální rok $\hat{y}_n$ se předpovídá pomocí přizpůsobeného statistického modelu (CPT) a aktuálního predikčního vektoru $x_n$.

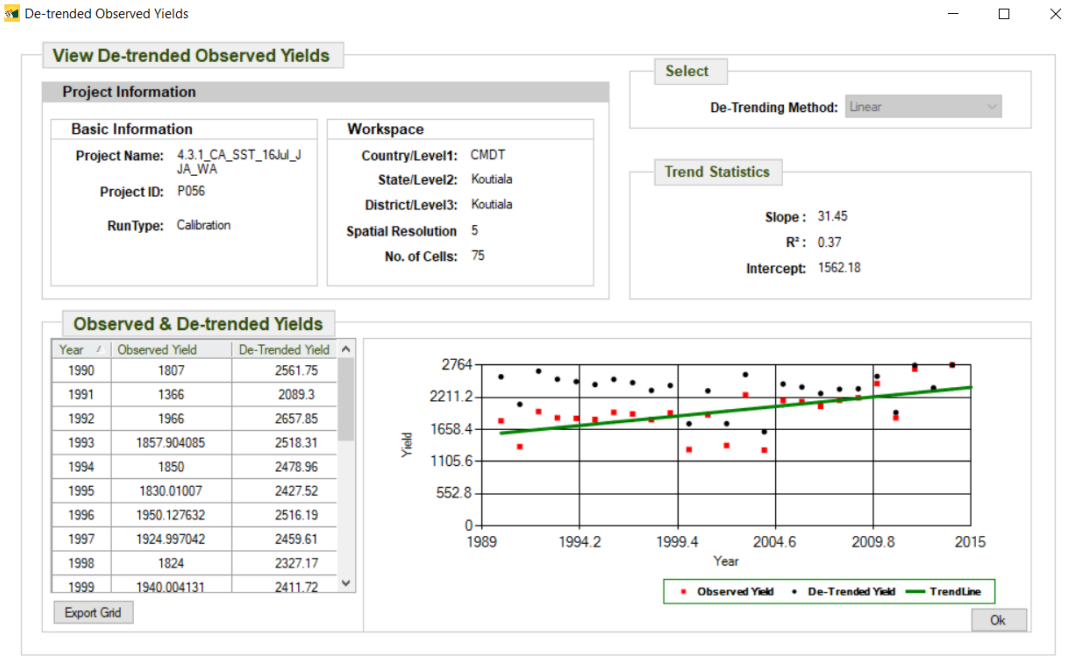



## Pravděpodobnostní předpovědi

- ✓ Rozložení chyb (c) na základě křížově ověřených reziduí zpětné předpovědi (a, b).
- ✓ Přidáním rozdělení chyb k aktuální předpovědi získáme rozdělení předpovědi.
- ✓ CPT přizpůsobí rozdělení chyb parametrickému (vyhlazenému) rozdělení.
- ✓ Může být nutné korigovat šikmost pomocí transformace.

## Detrendování historických výnosových dat

- ✓ Výnos má často rostoucí tendenci v čase
  - technologická zlepšení, jako jsou nové odrůdy nebo lepší management plodin.
- ✓ Časové řady pozorovaných údajů o výnosech by měly být pro některé účely detrendovány.
- ✓ Byly zavedeny lineární a kvadratické detrendingové algoritmy.
- ✓ Oba regresní modely lze v čase přizpůsobit metodou nejmenších čtverců.
- ✓ Po simulaci trendu pomocí příslušného statistického modelu se použije rozkladný model k odstranění simulovaného trendu.

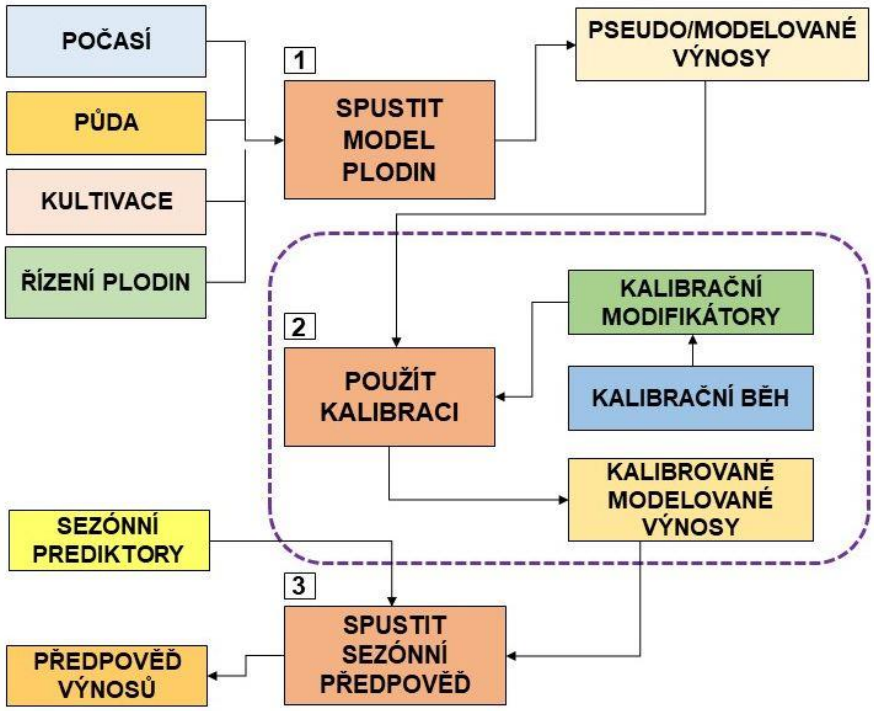



## Kalibrace

- ✓ Kalibrační proces v systému CRAFT je založen na dlouhodobě pozorovaných regionálních údajích o výnosu poté, co jsou volitelně kalibrovány pěstitelské parametry modelů pro soubor buněk.
- ✓ V rámci tohoto empirického kalibračního procesu:
  - výnosy jsou simulovány pro všechny roky, pro které jsou k dispozici pozorované výnosy;

- a poté se pomocí lineární regrese mezi pozorovaným a simulovaným výnosem určí hodnota kalibračního modifikačního faktoru.

**Pracovní postup – Provedení předpovědi výnosů**



## Uživatelské rozhraní CRAFT

## Souhrn

- ✓ Na základě aktuálního a dlouhodobého historického denního počasí sestavuje DSSAT předpověď výnosu a jeho složek.
- ✓ Přesnost předpovědi se zvyšuje až do konce sezóny.
- ✓ V případě dostupnosti gridových datových sad pro danou oblast lze prostorovou předpověď výnosů provádět pomocí CRAFTu.

# Vliv změny klimatu a klimatických výkyvů na rostlinnou výrobu

**Klima a zemědělství**

- ✓ Klima je hlavní hnací silou zemědělství
  - Co pěstovat
  - Kde pěstovat
  - Jak hospodařit
- ✓ Půda hraje hlavní roli
- ✓ Další faktory
  - Lidské potřeby, dostupnost a přístup na trh atd.

**Zemědělství je riskantní podnik**

- ✓ Nadměrné srážky/ záplavy
- ✓ Sucho
- ✓ Mrazy
- ✓ Vítr
- ✓ Hurikány / tornáda
- ✓ Sezónní výkyvy teplot, načasování a množství srážek

**Počasí a klima – možnosti snižování rizik**

Změna klimatu vede k tomu, že extrémní meteorologické události jako vlny veder, silné přívalové deště, bouře či období sucha jsou v mnoha oblastech světa stále častější a intenzivnější. Tyto události mají často významné dopady na společnost: ztráta úrody či zemědělské půdy, zničení majetku, vážné narušení ekonomiky apod.

Krátkodobé a dlouhodobé adaptační strategie mohou být jednou z možných reakcí na nepříznivé dopady klimatických změn, kterým by měl čelit zemědělský systém v České republice. Řešení je však komplikované vzhledem k velké rozmanitosti dotčených ekosystémů a následným očekávaným dopadům změny klimatu na zemědělství.

**Denní vlivy počasí – teplota**

- ✓ Evapotranspirace
- ✓ Vegetační vývoj
- ✓ Reprodukční vývoj
- ✓ Fotosyntéza
- ✓ Rychlost růstu listů

- ✓ Kvetení, tvorba semen, rychlost růstu
- ✓ Rozklad půdní organické hmoty
- ✓ Příjem živin
- ✓ …

**Denní vlivy počasí – srážky**

- ✓ Dostupnost vody v půdě
- ✓ Vodní stres a jeho vliv na růstové procesy
- ✓ Rozklad organické hmoty v půdě
- ✓ Dynamika živin v půdě

**Denní vlivy počasí – sluneční záření**

- ✓ Fotosyntéza
- ✓ Potenciální evapotranspirace, tedy skutečná evapotranspirace a vodní stres rostlin
- ✓ Teplota v půdě a v koruně stromu / v porostu (mikroklima)

**Denní vlivy počasí – $CO_2$**

- ✓ Fotosyntéza
- ✓ Potenciální evapotranspirace a využití vody plodinami

**Délka dne / fotoperioda**

- ✓ Reprodukční vývoj
- ✓ Rozdělení sušiny

**Změna klimatu a proměnlivost klimatu**

- ✓ Dopad změny a proměnlivosti klimatu na zemědělskou produkci a možnosti zmírnění a přizpůsobení se změně klimatu.
    - o Budoucí problémy lze studovat pomocí simulačních modelů
    - o Scénáře typu „co když“

**Proměnlivost klimatu**

***Vliv proměnlivosti klimatu na rostlinnou produkci a potravinovou bezpečnost***

- ✓ Teplota povrchu Tichého oceánu a jižní oscilace (ENSO).
- ✓ Analyzovat historické události související s extrémními povětrnostními podmínkami (sucho, povodně).

- ✓ Předpovídat dopad budoucích událostí.

**Příklady vlivu teploty na biomasu a výnos lusků podzemnice olejné**

- ✓ Sezónní experimenty ve sluncem osvětlených komorách s řízeným prostředím, při 350 nebo 700 ppm $CO_2$ a při denních teplotních cyklech v přirozených denních podmínkách.
- ✓ Záření (propustnost 85 %), přirozená délka dne a polní půdní profil.
- ✓ Ošetření při teplotách 32/22, 36/26, 40/30 a 44/34 °C (max/min denní cykly).
- ✓ Vzorky biomasy a výnosu lusků se odebíraly pouze při konečné sklizni (plocha 1 × 2 m).

Závislost výnosu biomasy a lusků na teplotě u podzemnice olejné Georgia Green pěstované při 350 ppm $CO_2$. Výchozí simulace modelu CROPGRO-Peanut.

Testovaná odpověď modelu CROPGRO-Soybean na teplotu. Blízká podobnost s pozorovanými hodnotami. Při teplotách nad 30 °C (průměr) se výnos semen sóji snížil, až do úplného selhání při 39 °C.

**Teplotní citlivost HI pěti plodin**

**Zvýšená teplota snížila sklizňový index v důsledku nižších výnosů semen způsobených sníženým nasazením semen. Nižší nasazení semen bylo způsobeno především sníženou produkcí pylu a/nebo jeho nižší životaschopností.**

**Posouzení vlivu změny klimatu v příštích 30 letech na produkci plodin v USA (2008 SAP4.3, Hatfield, Boote et al.)**

| Plodiny | Výnos zrna | | | | ET | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aktuální teplota (°C) | Teplota (1,2 °C) | $CO_2$ (380 až 440) | Teplota & Účinek $CO_2$ | Teplota (1,2 °C) | $CO_2$ (380 až 440) |
| | Změna v % | | | | | |
| Kukuřice – Středozápad | 22,5 | -4,0 | +1,0 | -3,0 | +1,8 | |
| Kukuřice – Jih | 26,7 | -4,0 | +1,0 | -3,0 | +1,8 | |
| Sója – Středozápad | 22,5 | +2,5 | +7,4 | +9,9 | +1,8 | -2,1 |
| Sója – Jih | 26,7 | -3,5 | +7,4 | +3,9 | +1,8 | -2,1 |
| Pšenice / pláně | 19,5 | -6,7 | +6,8 | +0,1 | +1,8 | -1,4 |
| Rýže – Jih | 26,7 | -12,0 | +6,4 | -5,6 | +1,8 | -1,7 |
| Čirok | | -9,4 | +1,0 | -8,4 | +1,8 | -3,9 |
| Bavlna / Jih | 26,7 | -5,7 | +9,2 | +3,5 | +1,8 | -1,4 |
| Arašídy / Jih | 26,7 | -5,4 | +6,7 | +1,3 | +1,8 | |
| Suché fazole | 23 | -8,6 | +6,1 | -2,5 | +1,8 | |

* Z pokusů, bez modelování

**Změna klimatu a modely plodin – hodnocení dopadů**

- ✓ Studie financovaná americkou Agenturou pro ochranu životního prostředí, jejímž cílem je zjistit dopad změny klimatu na globální zemědělství.
- ✓ Studie využívala modely plodin DSSAT propojené s globálními klimatickými modely pro poskytování odhadů výnosů podle různých scénářů změny klimatu.
- ✓ Stejnou metodiku používají vědci ve více než 20 zemích.

**Modelová místa pro mezinárodní studii o změně klimatu**

**Agregované změny výnosů modelu plodin DSSAT pro zvýšení teploty o +2 °C a +4 °C, +$CO_2$**

**Mezinárodní studie o změně klimatu – důsledky**

- ✓ Odpovědi v závislosti na severní a jižní zeměpisné šířce
- ✓ Nejškodlivější účinky: vyšší teplota a nižší srážky
- ✓ Kompenzační účinky $CO_2$ pro určité zvýšení teploty a snížení srážek
- ✓ Potenciální přínosy změny odrůd a termínů výsadby při změně klimatu
- ✓ Potřeba odrůd odolných vůči teplu, zejména v nižších zeměpisných šířkách

**Změna klimatu v DSSAT**

**Použití jednoduchých, nekorelovaných změn klimatických proměnných**

- ✓ Každá klimatická proměnná je změněna oproti své hodnotě v historických souborech.
- ✓ Snadno proveditelné v DSSAT pomocí sekce „Modifikace klimatu“ ve FileX.
- ✓ Nezahrnuje přirozené korelace, které existují mezi denními proměnnými počasí.
- ✓ Co když:

- Změna teploty o x °C
- Srážky o y %

**Používání klimatických modelů – GCM**

- ✓ Výsledky globálního klimatického modelu
  - Simulace klimatu při předpokládaném obsahu a složení skleníkových plynů v atmosféře.
  - Obvykle zkreslené, takže se počítají změny měsíčních srážek, teploty, slunečního záření a používají se k úpravě historických denních údajů o počasí (generátory počasí, úprava jednotlivých denních proměnných atd.).
  - Vytvoří se více než 30 let „klimatických změn" denních souborů s počasím.

**Používání klimatických modelů**

- ✓ Modely plodin využívají skutečné denní údaje o počasí (za více než 30 let) i denní údaje o počasí v souvislosti se „změnou klimatu".
- ✓ Relativní změny výnosů atd. se počítají poměrem simulovaných výnosů s použitím denních údajů o počasí „změny klimatu" k výnosům s pozorovanými údaji o počasí.
- ✓ V systému DSSAT by byly k dispozici soubory s denními údaji o počasí pro oba klimatické scénáře (současný i změněný) a modely by se spouštěly pro každý z nich.

**DSSAT & změna klimatu**

- ✓ Posouzení dopadu na výnosy – dopad změny klimatu na výnosy a zemědělskou produkci v roce 2050 a později
- ✓ Budoucí hospodaření s plodinami?
- ✓ „Přístup hloupého zemědělce"
- ✓ Je vhodné prozkoumat adaptaci prostřednictvím hodnocení:
  - Alternativních plodin
  - Odrůd odolných vůči teplu a suchu
  - Ideotypů – budoucích odrůd, které budou dobře růst v určitém prostředí
  - Termínů výsadby
  - Vstupů

**Aplikace předpovědi klimatu**

## Překlenutí propasti mezi tvůrci a uživateli informací o klimatu

- ✓ Zjištění potřeby uživatelů ohledně informací o klimatu a vnímání klimatických rizik.
- ✓ Vyhodnocení užitečnosti a omezení klimatických předpovědí.
- ✓ Převedení klimatických prognóz do podpory rozhodování v zemědělství.
- ✓ Předvedení úspěšné předpovědní aplikace pracující v úzké spolupráci se zemědělskými poradci.

**Poučení z proměnlivosti klimatu**

- ✓ Vysoký zájem o proměnlivost klimatu, který je však třeba rozvíjet na místní úrovni.
    - Jednotliví zemědělci, farmáři, lesníci
    - Instituce (např. poradci, výzkumní pracovníci)
        - Samotný výzkum nestačí, zásadní je participativní přístup a společné učení.
        - Zapojení poradenských služeb – mandát širší než jen zemědělství, hospodaření s lesní půdou, městské trávníky a golfová hřiště atd.

- ✓ Omezený zájem o změnu klimatu, dokonce i nevíra.
- ✓ Úspěchy ve využívání informací o proměnlivosti klimatu a předpovědích klimatu je třeba lépe propojit s úsilím o řešení změny klimatu.
- ✓ Je zapotřebí integrovaných iniciativ, participativního přístupu pro společné učení a šíření informací se zapojením širokého spektra talentů a institucí.
- ✓ V konečném důsledku závisí dopady změny klimatu na zemědělství na změnách v proměnlivosti klimatu a extrémních jevech.

## Pařížská dohoda – dopady globálního výnosu při oteplení o 1,5–2,0 °C

**Kukuřice**

- ✓ Výnosy kukuřice bez závlahy klesají ve většině oblastí světa s teplotou +1,5 °C.
- ✓ Když se globální oteplování pohybuje od +1,5 do +2,0 °C, výnosy kukuřice bez závlahy dále klesají.
- ✓ Zavlažované plodiny reagují stejně jako plodiny bez závlahy. Velké ztráty výnosu zavlažované kukuřice jsou na většině území Severní Ameriky, Číny a jižní Evropy.

- ✓ Předpokládá se, že globální výnos kukuřice se sníží o 10–20 % při každém zvýšení teploty o 1 °C bez adaptace.
- ✓ Použití adaptačních strategií podnícených zemědělci změnou data výsadby a odrůdy plodiny může zmírnit účinky oteplování o 0,5 °C na výnosy kukuřice; teploty vyšší o více než 1 °C však negativně ovlivní výnos ve většině zemí.

**Pšenice**

- ✓ Výnosy pšenice bez závlahy poklesly (< 5 %) ve světě při +1,5 °C na hlavních pšeničných pásech severoamerických plání (North American Great Plains) a Evropy.
- ✓ Větší ztráty jsou patrné v severní australské pánvi Murray-Darling, ve východní Jihoafrické republice a v severní Argentině, zatímco západní Asie a severočínská nížina vykazují značné zvýšení výnosu.
- ✓ Zavlažované plodiny reagují stejně jako plodiny bez závlahy.

**Sója**

- ✓ Ve světě s teplotou +1,5 °C se předpokládá, že se výnosy sóji zlepší ve velké části východní Evropy a severozápadní Asie a mírně se sníží ve vnitrozemí Severní Ameriky a v rovníkových částech Jižní Ameriky a východní Asie.
- ✓ U sóji může být adaptace (včetně výsadby dříve v sezóně a změny odrůdy) účinná při teplotách vyšších o 4 °C.

**Rýže**

- ✓ Změny výnosu rýže ve světě s teplotou +1,5 °C jsou malé v hlavních produkčních regionech v Asii, zatímco se předpokládá zvýšení výnosů v tropické Africe a Jižní Americe.

**Po zahrnutí všech nejistot nelze dospět k závěru**, zda je oteplení o 1,5 °C lepší nebo horší než oteplení o 2 °C, pokud jde o globální dopad na zemědělství.

- Bez účinků $CO_2$ by byla produkce všech čtyř plodin ve světě s oteplením o +2 °C nižší ve srovnání se současnou situací. Díky účinkům $CO_2$ se však výnosy pšenice, rýže a sóji ve světě s oteplením o +2 °C zlepšují: téměř ve všech regionech světa efekt zvýšené koncentrace $CO_2$ v atmosféře do značné míry překonává negativní dopady teploty a srážek.
- Avšak u výnosů kukuřice je tento příznivý účinek $CO_2$ mnohem nižší a výnosy dále klesají, jak teploty stoupají na světovou teplotu vyšší o +2 °C.

# Instalace DSSAT verze 4.8

## Hardwarové požadavky DSSAT

Program DSSAT, verze 4.8, by měl být nainstalován na počítači s operačním systémem Windows s alespoň 512 MB paměti a 1 GB místa na pevném disku. Je doporučen systém Windows 7, 8 nebo 10. Program DSSAT bude fungovat i na počítačích s operačním systémem Windows Vista, ale již není doporučena instalace v operačním systému Windows XP. V případě problémů s těmito operačními systémy nahlédněte do dokumentace Readme. DSSAT lze také nainstalovat na operační systémy Mac OS pomocí tzv. „VirtualBoxu".

## Obsah DSSAT verze 4.8

Program DSSAT, verzi 4.8, lze stáhnout z webové stránky http://www.DSSAT.net. Instalace DSSAT v4.8 obsahuje následující programy:

***Nástroje***

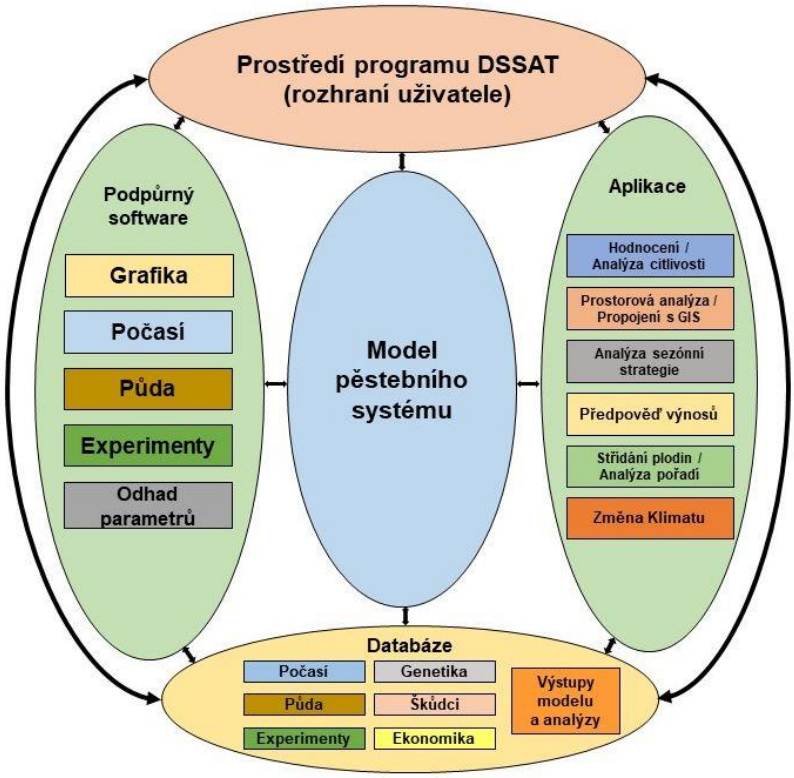
- ✓ Prostředí DSSAT verze 4.8
- ✓ Model pěstebních systémů (CSM) a související soubory s parametry jednotlivých druhů a kultivarů
- ✓ Vzorové datové soubory pro všechny plodiny, včetně hospodaření s plodinami, údajů o počasí a půdě a naměřených a zaznamenaných polních pozorování
- ✓ XBuild – experimentální nástroj pro zadávání dat
- ✓ GBuild – nástroj pro vytváření grafů
- ✓ SBuild – nástroj pro půdní data
- ✓ ATCreate – nástroj pro zadávání experimentálních dat
- ✓ Weatherman – nástroj pro údaje o počasí
- ✓ VARAN – program pro sezónní analýzu
- ✓ SUSTAIN – program pro analýzu sekvence a rotace plodin
- ✓ Gencalc – nástroj pro výpočet genotypového koeficientu

***Příslušenství***

- ✓ GLUE – odhad koeficientu kultivaru
- ✓ DSSATSens – nástroj pro analýzu citlivosti
- ✓ ICSim – nástroj pro úvodní simulaci plodiny
- ✓ Weather Analogue – Určení let, které jsou z hlediska počasí podobné současným meteorologickým podmínkám.

Růstové modely v rámci programu DSSAT, verze 4.8, které jsou v současné době k dispozici jako součást modelu pěstebních systémů (CSM), zahrnují:

- Obiloviny: kukuřice, pšenice, ječmen, rýže, čirok, proso, milička, quinoa, šalvěj hispánská (chia semínka)
- Luštěniny: sója, arašídy, fazole, vigna, bob, sametové fazole (*Mucuna pruriens*), cizrna, kajan
- Okopaniny: brambory, maniok, kolokázie, xantosoma, cukrová řepa
- Olejniny: řepka, světlice, slunečnice
- Zelenina: rajčata, papriky, zelí, sladká kukuřice, zelené fazolky
- Pícniny: vojtěška, bahia, troskut, brachiaria
- Bavlna
- Cukrová třtina
- Ananas
- Model černého úhoru




## Stažení programu

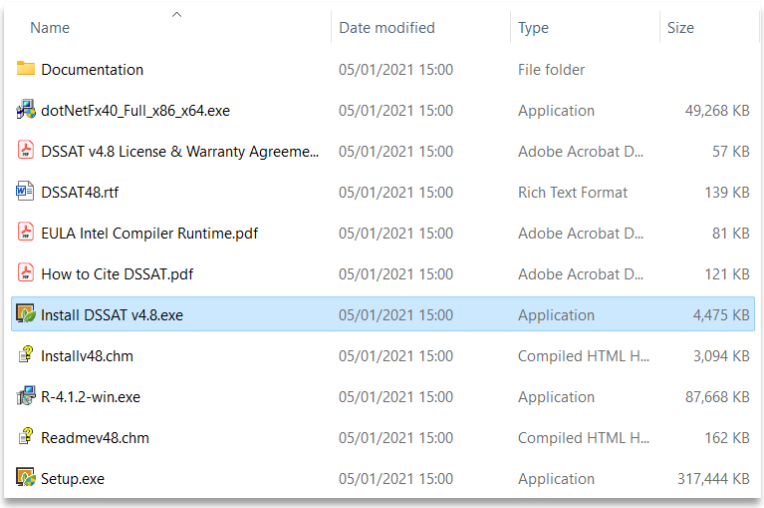
1. Zkopírujte složku „DSSAT4.8 Install“ staženou z webového odkazu, flash-disku nebo jiného média na vaši plochu nebo jiné vhodné místo ve vašem počítači. (Je doporučeno, abyste si zkopírovali instalační verzi DSSAT na

váš disk jako zálohu, pokud nepoužíváte flash-disk jako zdroj pro vaši instalaci.)

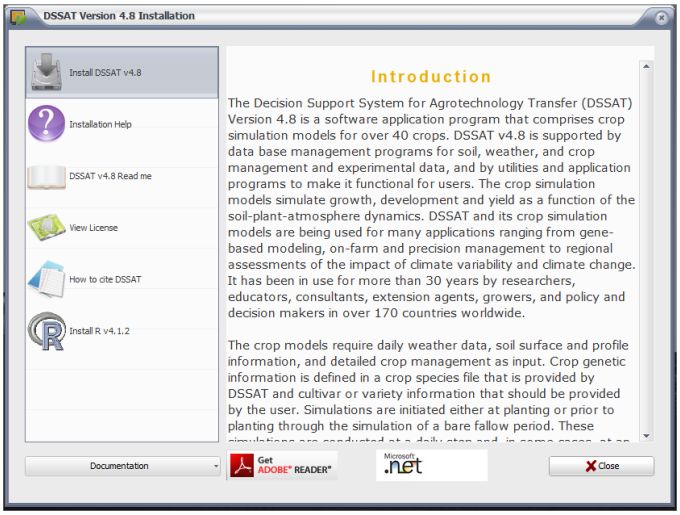
2. DSSAT lze nainstalovat na více počítačů pomocí stejného sériového čísla. Je ale doporučeno, abyste své sériové číslo nesdělovali svým kolegům.

## Instalace programu

1. Otevřete instalační adresář DSSAT48 a otevřete soubor **Install DSSAT v4.8.exe.**




2. Klikněte na tlačítko **Install DSSAT v4.8**. Všechna data DSSAT, model a související aplikace byly začleněny do jednotného instalačního programu. Postupujte podle pokynů, vyberte výchozí nastavení a DSSAT se nainstaluje do vašeho počítače.




Vždy je nejlepší nainstalovat DSSAT do výchozího umístění na disku C.

3. Po instalaci jsou k dispozici dvě další možnosti nabídky, Nápověda při instalaci a soubor ReadMe pro DSSAT. Tyto obsahují informace

o odstraňování problémů s instalačním procesem a o funkcích DSSAT. Pro minimalizaci problémů s instalací je nejdůležitější zajistit, aby váš počítač měl nainstalovány všechny nejnovější aktualizace od společnosti Microsoft.

4. Nainstalujte softwarový balíček R. Software R se používá pro odhad koeficientu kultivaru GLUE. Pokud nemáte software R nainstalovaný, nainstalujte si jej před výpočtem odhadu koeficientu kultivaru GLUE.
5. Zaregistrujte svou kopii DSSAT pomocí poskytnutého formuláře. Tím zajistíte, že budete informováni o aktualizacích a nových vydání programu DSSAT.
6. Existují dvě tlačítka pro další možnosti instalace, které mohou, ale nemusí být vyžadovány pro správné spuštění DSSAT.
    a. K přečtení dokumentace modelu a poskytnutých výzkumných prací ve formátu PDF je vyžadován Adobe Reader. Pokud nemáte nainstalovaný Adobe, je doporučena jeho instalace.
    b. Jedna aplikace (GenCalc) vyžaduje, aby byl nainstalován balíček Microsoft.Net. Většina počítačů má tento balíček již nainstalovaný. Odkaz spustí malý instalační program, který stáhne požadované soubory .Net. Tento balíček může mít velikost až 100 MB a měl by být stažen (pokud jej ještě nemáte nainstalovaný) ve chvíli, kdy GenCalc zobrazí varování nebo chybu při prvním použití.
7. Je doporučeno se registrovat pro odběr novinek na webové stránce DSSAT wvvw.DSSAT.net. Přihlášení k odběru novinek DSSAT je zdarma. Budou Vám pravidelně zasílány informace týkající se DSSAT a také oznámení o nadcházejících workshopech, setkáních a souvisejících akcích.

## Praktické cvičení 2:

# Spuštění růstového modelu v DSSAT

## Úvod

Model pěstebních systémů (CSM) DSSAT je nejdůležitější součástí DSSAT verze 4.8. Je důležité porozumět fungování a chování růstových modelů v CSM předtím, než mohou být aplikovány na situace a problémy reálného světa, jako je precizní zemědělství a management.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete schopni:

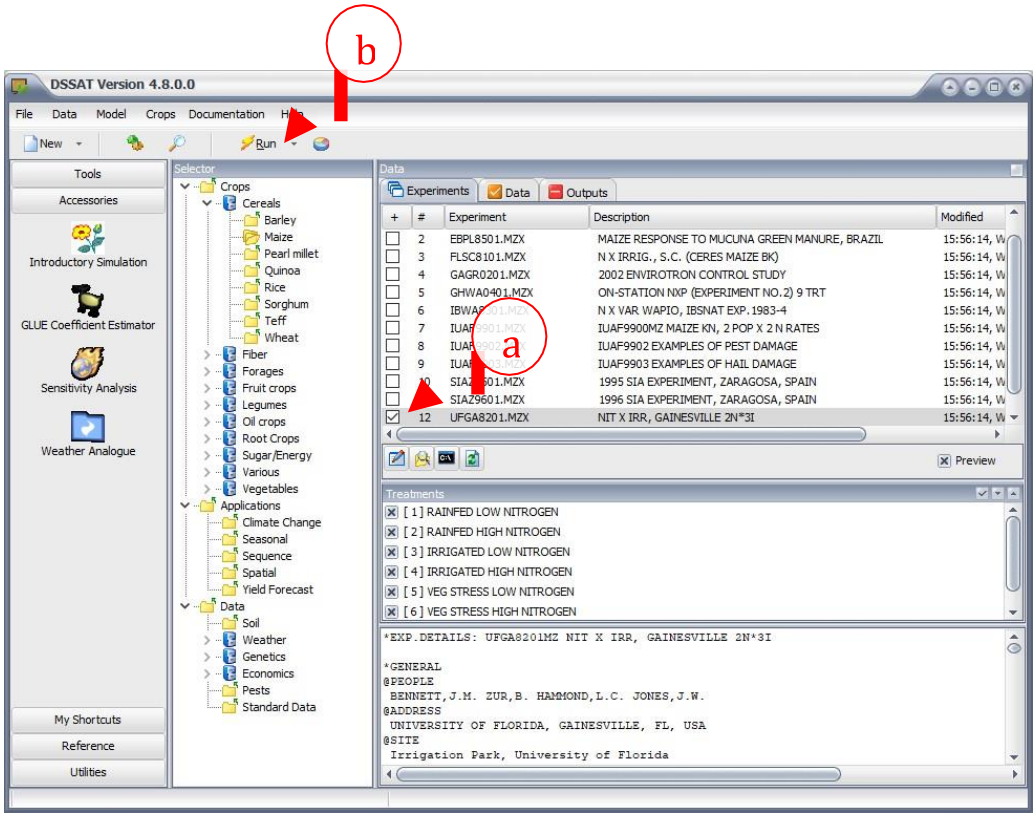
- ✓ Spustit simulační růstový model.
- ✓ Využít grafický program k analýze simulací.

## Cvičení

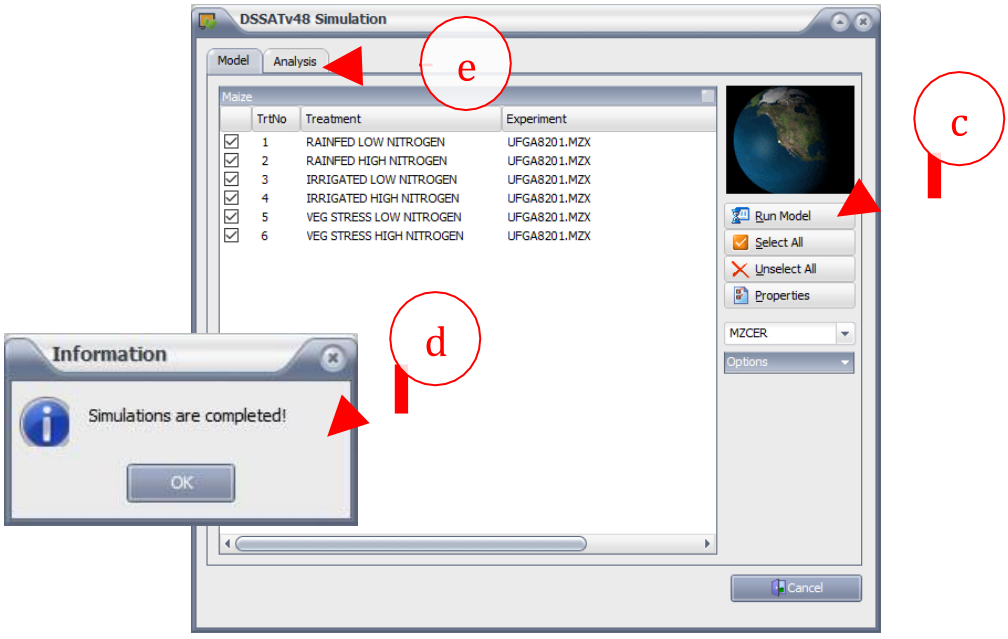
### 1. Spuštění růstového modelu

V prostředí DSSAT v4.8 vyberte *Crops* (*Plodiny*), pak rozbalte soubory v nabídce *Cereals* (*Obiloviny*) a vyberte *Maize* (*Kukuřice*). Napravo od výběrového stromu je seznam experimentů (reálných i hypotetických). Vyberte například experiment UFGA8201.MZX. Toto je experiment provedený v Gainesville na Floridě v roce 1982. Kombinace podmínek, které byly použity v experimentu jsou uvedeny níže. V tomto případě bylo použito celkem šest kombinací podmínek: tři úrovně vody a dvě úrovně dusíkatých hnojiv. Vyberte všech šest kombinací podmínek pomocí myši (Obrázek 2a), a pak klikněte na tlačítko *Run* (*Spustit*) na řádku nástrojové lišty (Obrázek 2b). Objeví se další obrazovka se souhrnnými informacemi o běhu, který se chystáte provést (Obrázek 3). Vyberte *Run Model* (*Spustit model*) (Obrázek 3c) a modely pro všech šest kombinací podmínek se spustí v režimu BATCH. Po dokončení výpočtů se objeví dialogové okno indikující dokončení simulací (Obrázek 3d).

Vyberte tabulku *Analysis* (*Analýza*) (Obrázek 3e), poté vyberte soubor OVERVIEW.OUT a stiskněte tlačítko *View* (*Náhled*), jak je ukázáno na Obrázku 4. V souboru přejděte dolů, abyste viděli výsledky pro každou kombinaci podmínek. Jedna část obsahuje simulované výsledky a pozorované hodnoty pro vyhodnocení modelu. Porovnejte simulované a pozorované výnosy a pokuste se vysvětlit rozdíl. Podívejte se také na některé další proměnné.

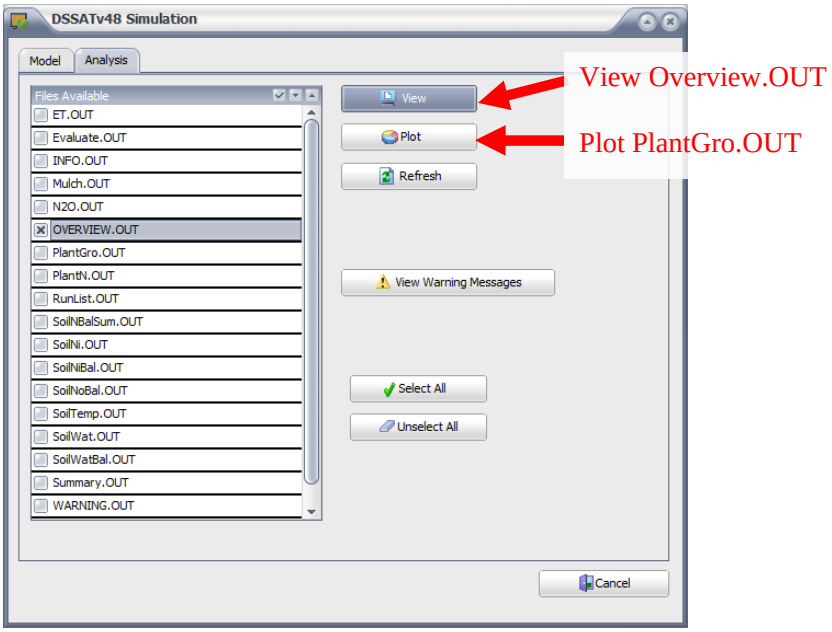



*Obrázek 2 Hlavní obrazovka DSSAT v4.8 zobrazující výběry provedené za účelem simulace kukuřice.*




*Obrázek 3 Vyskakovací okno zobrazující výpočty, které se mají uskutečnit.*

Po zobrazení tohoto souboru můžete také vybrat výstupy z jednotlivých modulů, abyste viděli výsledky simulace časových řad. Například soubor PlantGro.OUT simuloval proměnné růstu plodin v průběhu času; SoilWat.OUT obsahuje simulované půdní proměnné atd.




*Obrázek 4 Okno simulace zobrazující tabulku Analýza (Analysis) pro zobrazení výstupů a pro vykreslení výsledků.*

## 2. Grafické výstupy

V okně simulace DSSATv48 (Obrázek 4) vyberte soubor dynamických výsledků, který chcete zobrazit v grafu (tj. PlantGro.OUT, SoilWat.OUT, SoilNi.OUT atd.). Výstupní soubory mají příponu „OUT“. Například můžete vybrat PlantGro.OUT a stiskněte tlačítko *Plot* (*Graf*) pro vykreslení výsledků pro proměnné růstu rostlin. Vytvářejte různé grafy:

- ✓ V části *PlantGro Variables* vykreslete fázi růstu, index listové plochy (LAI), hmotnost vrcholků a hmotnost semen/zrn pro všechny kombinace podmínek. Pomocí možnosti Statistika také můžete zjistit, kolik chyb má model při simulaci každé proměnné pro každou kombinaci podmínek. Chcete-li zobrazit číselné výsledky, exportujte graf do tabulky. Poznámka: Tento úkon vyžaduje, abyste měli na Vašem počítači nainstalovaný program Excel.
- ✓ V části *PlantGro Variables* také vykreslete simulované a pozorované hodnoty výnosu semen/zrn, LAI a hmotnosti natě (tuto funkci najdete v nabídce OPTIONS v grafickém programu).

- ✓ Pro proměnné vody (*Water Variables*) (SoilWat.OUT) vykreslete zavlažování pozemku a celkovou extrahovatelnou půdní vodu.
- ✓ Pro proměnné počasí (*Weather Variables)* (Weather.OUT) vykreslete minimální a maximální teplotu, srážky a sluneční záření.
- ✓ Pro proměnné dusíku (*Nitrogen Variables)* (SoilNi.OUT a PlantN.OUT) vykreslete celkový obsah $NO_3$ v půdě, vyluhování dusíku a příjem dusíku rostlinami.
- ✓ Pro vyhodnocení výnosu a jeho složek, stejně jako pro hlavní vývojové fáze (Evaluate.OUT), vykreslete pozorovaný konečný výnos oproti simulovanému konečnému výnosu a dalším relevantním proměnným.

## *Samostatná práce 1*

- ✓ Pokuste se vysvětlit podobnosti a rozdíly mezi šesti kombinacemi podmínek. Předpovídá model to, co jste očekávali?

## *Samostatná práce 2*

- ✓ V DSSAT existují modely pro více než 40 plodin. Opusťte sekci Analýza a z panelu Výběr (*Selector*) vyberte jinou hlavní skupinu plodin, jako jsou obiloviny nebo luštěniny, a poté vyberte plodinu, která vás zajímá. Každá plodina má také alespoň jeden skutečný experiment minimálně s jednou kombinací vstupních podmínek, které byly použity pro kalibraci a vyhodnocení modelu plodiny. Vyberte experiment a kombinaci podmínek a spusťte model. Zobrazte a vykreslete soubory popsané v části Grafické výstupy. Předpovídá model to, co jste očekávali?

## Praktické cvičení 3:

# Využití nástroje WEATHERMAN pro vytvoření a kontrolu souborů dat o počasí pro použití s růstovými modely

## Úvod

Nástroj **WeatherMan** může být využit k:

- ✓ Ukládání dat o počasí do databáze
- ✓ Zadokumentování informací o meteorologické stanici
- ✓ Importu dat o počasí z textových souborů, excelových souborů či souborů ve formátu CSV nebo DBF
- ✓ Převedení jednotek v datech o počasí na jednotky používané v růstových modelech DSSAT
- ✓ Úpravě dat o počasí
- ✓ Exportu do formátů DSSAT nebo ICASA
- ✓ Doplnění chybějících údajů
- ✓ Vygenerování údajů o počasí
- ✓ Vygenerování měsíčních průměrů pro údaje o počasí
- ✓ Vykreslení grafů dat o počasí

V rámci toho kurzu použijeme nástroj DSSAT **WeatherMan** k importu některých dat o počasí pro lokalitu v Griffin, Georgia, USA, a poté data exportujeme do standardních souborů WTH, které lze použít s růstovými modely plodin. Získáte excelovou tabulku (GRGR-Raw.xls) k importu v další části kurzu.

## Cíle

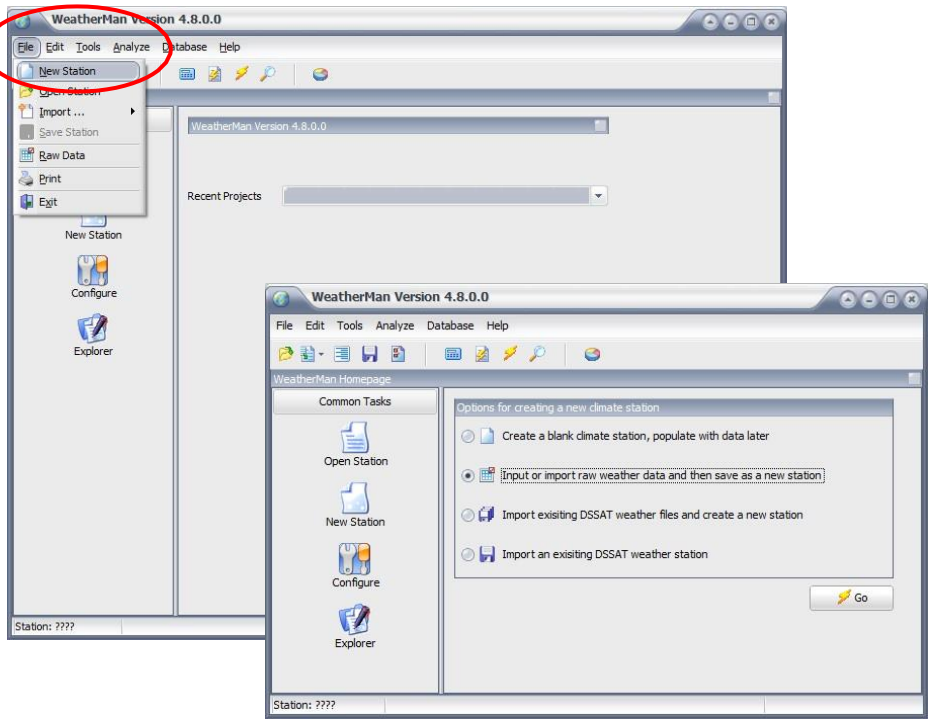
Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Importovat údaje o počasí z jiného formátu, než je DSSAT.
- ✓ Exportovat soubory s daty o počasí do formátu DSSAT a převést jednotky proměnných.

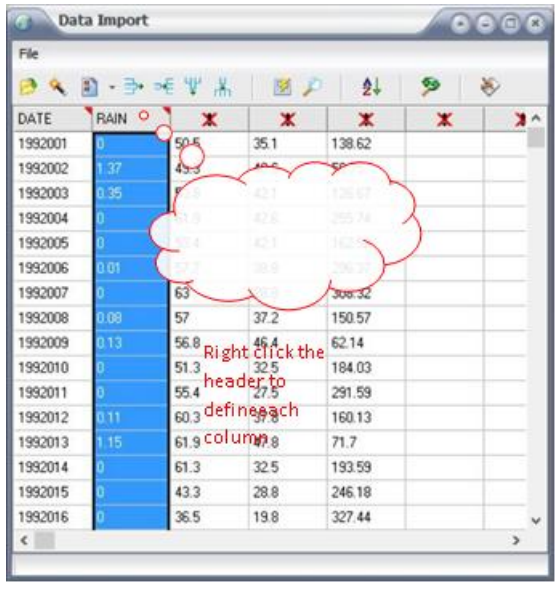
## Praktické cvičení

1. V prostředí DSSAT v4.8 vyberte „Údaje o počasí“ („Weather Data“) z panelu zástupců nástrojů na levé straně obrazovky. Vyberte „Soubor“ („File“) a poté „Nová stanice“ („New Station“). Chcete-li zadat nezpracovaná data z formátu XLS do databáze WeatherMan, vyberte „Zadat nebo importovat nezpracované údaje o počasí“ („Input or import raw weather data“) z nabídky „Možnosti pro vytvoření nové klimatické stanice“ („Options for

creating a new climate station"); potom klikněte na tlačítko „Go". Tím se zobrazí mřížka pro import dat.



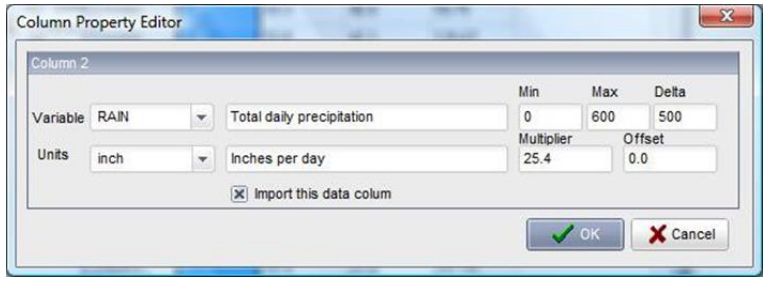

2. Otevřete soubor nezpracovaných dat výběrem možnosti „*Otevřít*" („*Open*") z rozbalovací nabídky „*Soubor*" („*File*") a procházením vyberte soubor s daty XLS. Nezpracovaná data by se nyní měla objevit v mřížce importu dat.
3. Kliknutím pravým tlačítkem na záhlaví každého sloupce nastavíte správnou proměnnou a jednotky pro daný sloupec. Modely DSSAT vyžadují údaje o počasí ve specifických jednotkách, avšak údaje o počasí lze importovat v mnoha různých jednotkách a pomocí nástroje Weatherman je lze převést na správné jednotky.



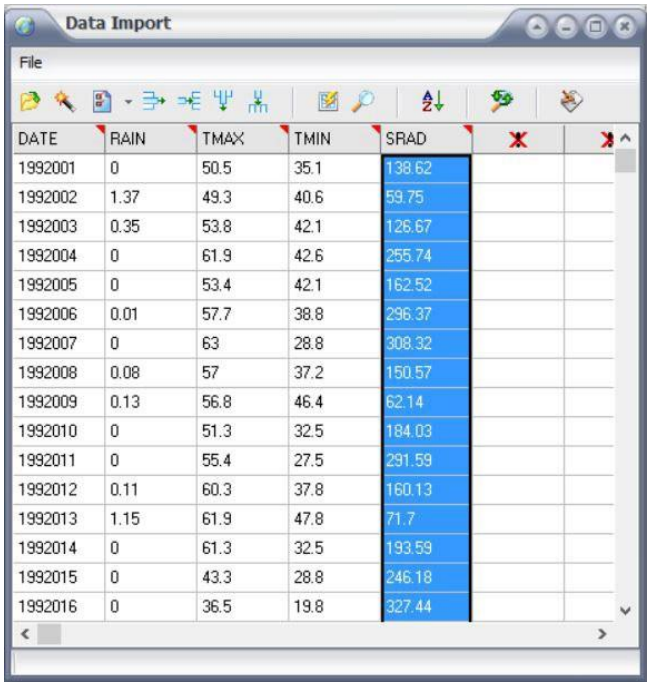
Nezpracovaná data pro toto praktické cvičení obsahují následující proměnné a jednotky:

- ✓ Datum (YYYYDOY) (Rok a číslo dne v roce)
- ✓ Srážky (palce)
- ✓ Maximální teplota (°F)
- ✓ Minimální teplota (°F)
- ✓ Sluneční záření (cal/cm$^2$)

Po kliknutí pravým tlačítkem na záhlaví sloupce se zobrazí dialogové okno (vpravo) pro každý sloupec dat.

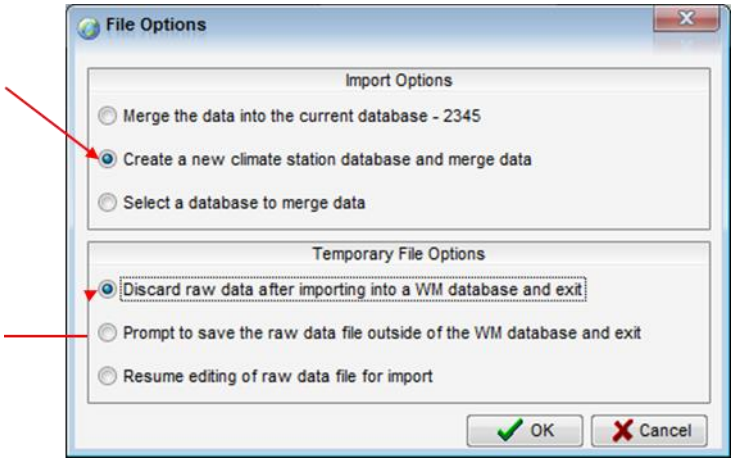


4. Z rozbalovací nabídky Soubor vyberte „Importovat data do WM“ („Import data into WM”). Vyberte možnost „Vytvořit novou databázi klimatické stanice a sloučit data“ („Create new climate station database and merge data“) a po zobrazení výzvy zadejte čtyřmístný kód pro tuto meteorologickou stanici (GRGR). V datovém adresáři Weatherman je nyní vytvořen nový databázový soubor.




| DATE | RAIN | TMAX | TMIN | SRAD |
|---|---|---|---|---|
| 1992001 | 0 | 50.5 | 35.1 | 138.62 |
| 1992002 | 1.37 | 49.3 | 40.6 | 59.75 |
| 1992003 | 0.35 | 53.8 | 42.1 | 126.67 |
| 1992004 | 0 | 61.9 | 42.6 | 255.74 |
| 1992005 | 0 | 53.4 | 42.1 | 162.52 |
| 1992006 | 0.01 | 57.7 | 38.8 | 296.37 |
| 1992007 | 0 | 63 | 28.8 | 308.32 |
| 1992008 | 0.08 | 57 | 37.2 | 150.57 |
| 1992009 | 0.13 | 56.8 | 46.4 | 62.14 |
| 1992010 | 0 | 51.3 | 32.5 | 184.03 |
| 1992011 | 0 | 55.4 | 27.5 | 291.59 |
| 1992012 | 0.11 | 60.3 | 37.8 | 160.13 |
| 1992013 | 1.15 | 61.9 | 47.8 | 71.7 |
| 1992014 | 0 | 61.3 | 32.5 | 193.59 |
| 1992015 | 0 | 43.3 | 28.8 | 246.18 |
| 1992016 | 0 | 36.5 | 19.8 | 327.44 |

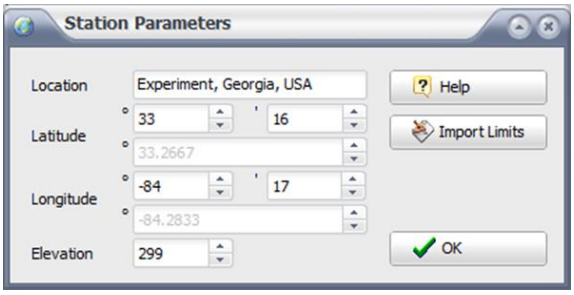
Konečné dialogové okno Import dat by mělo vypadat jako na obrázku:



Budete vyzváni k zadání některých počátečních informací o klimatické stanici, kterou importujete; zadejte zeměpisnou šířku a délku, jak je uvedeno níže.

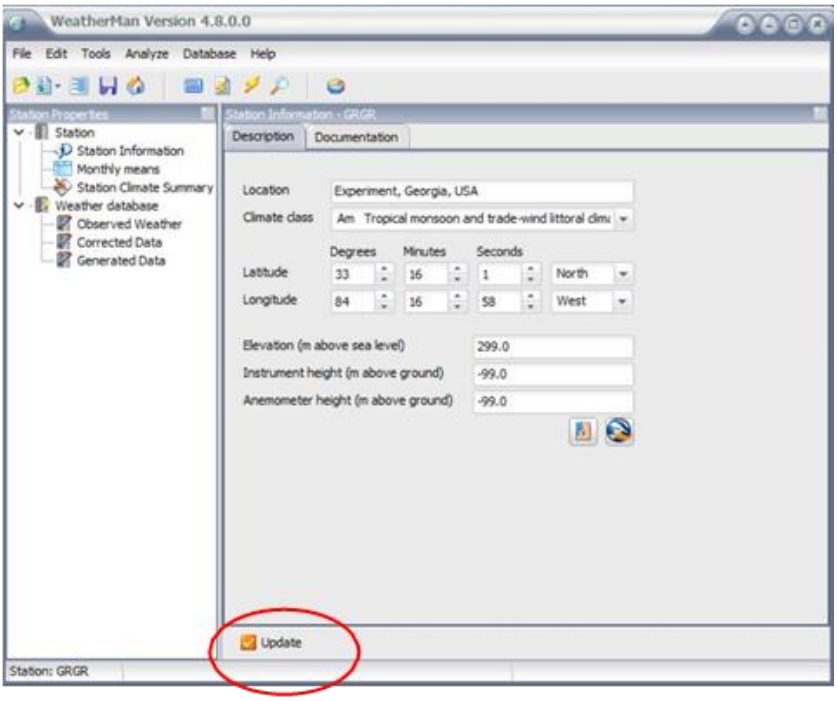
Název: Experiment, Georgia
Zem. šířka: 33° 16’ N
Zem. délka: 84° 17’ W
Nadm. výška: 299 m

Zavřete dialogové okno „Import nezpracovaných dat“ (bez uložení souboru) a pokračujte dále.

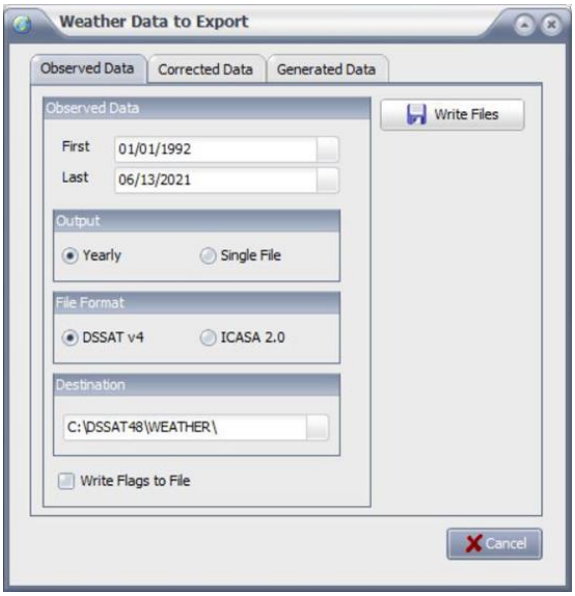



5. Zobrazí se okno „Upravit informace o stanici“ („Edit Station Information“).

Stisknutím tlačítka **Aktualizovat** (**Update**) uložíte svá data. Pokud je nainstalována aplikace Google Earth, kliknutím na ikonu Google Earth zkontrolujte souřadnice stanice.

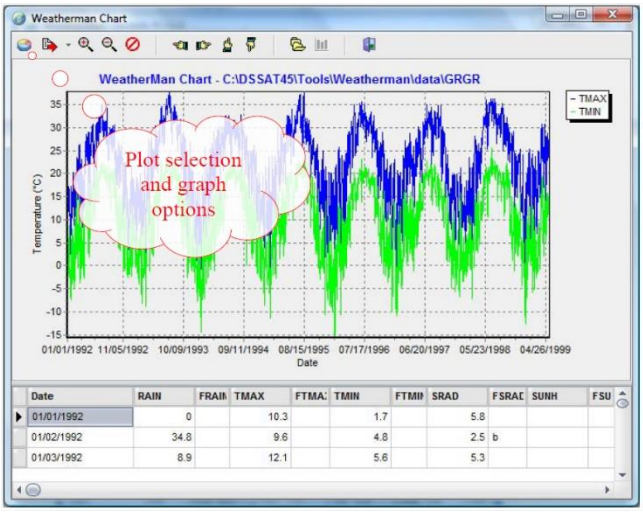


6. Z rozbalovací nabídky WeatherMan File vyberte „Uložit stanici“ („Save Station“). Vyberte formát DSSAT v4 a klikněte na „Zapsat soubory“ („Write Files“) pro uložení souborů do adresáře počasí DSSAT48.




Nyní byste měli mít soubory počasí v adresáři DSSAT48 Weather s názvem GRGR9201.WTH, GRGR9301.WTH, … GRGR2101.WTH. Nyní mohou být využity růstovými modely plodin.

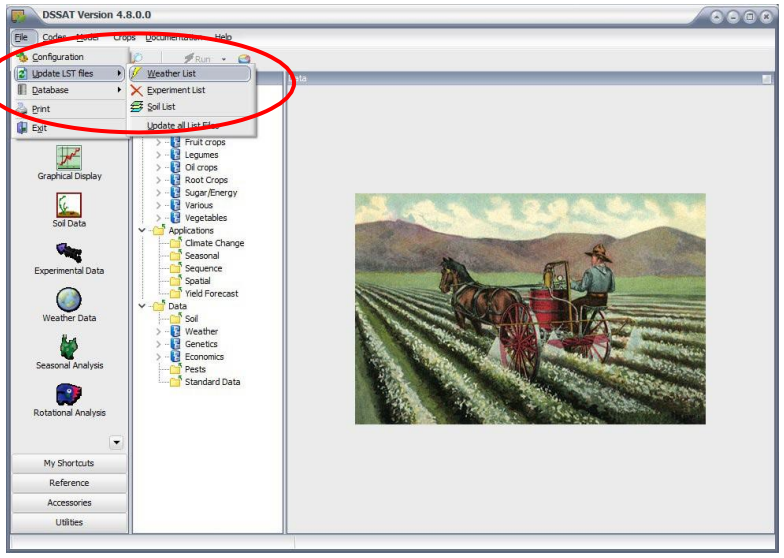
7. Než opustíte nástroj WeatherMan, vykreslete některá právě zadaná data kliknutím na „Graf“ („Graph“) z rozbalovací nabídky „Analýza“ („Analyze“) na hlavní obrazovce nástroje WeatherMan. Na obrazovce grafu nástroje Weatherman lze k pohybu po grafu použít „ruční“ šipky. Chcete-li vybrat proměnnou, kterou chcete vykreslit, použijte ikonu „Výběr grafu“ („Plot Selection“) v levém horním rohu okna grafu.



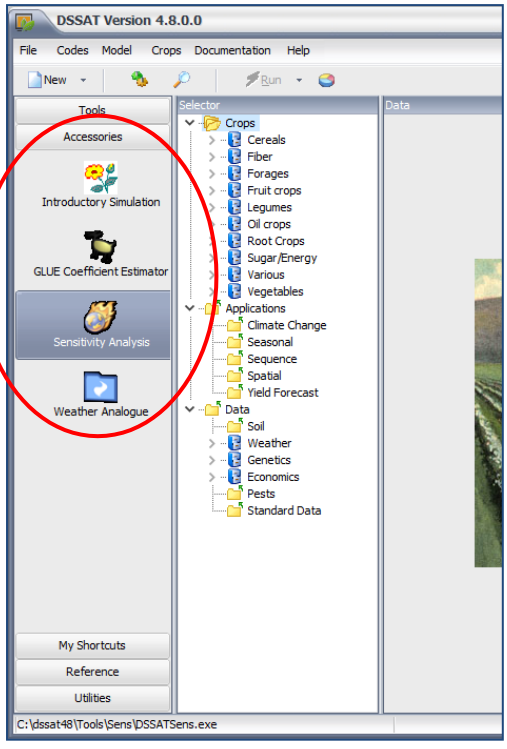

8. Opusťte nástroj WeatherMan. V prostředí DSSAT v4.8 ve výběrovém panelu ve stromové struktuře „Data“ otevřete Počasí (Weather) → Denní (Daily) a zobrazte soubory, které jste právě vytvořili a exportovali z nástroje WeatherMan. Vyberte jeden z nových souborů počasí a zobrazte jej. Všimněte si, že soubory počasí se nazývají **GRGR9201.WTH, GRGR9301.WTH, … GRGR2101.WTH.**

## *Samostatná práce 1*

Chcete-li spustit soubor UFGA8201.MZX s novými soubory počasí, které jste vytvořili, musíte nejprve aktualizovat soubor wth.lst, aby byly nově vytvořené soubory počasí nalezeny v analýze citlivosti CSM. Chcete-li to provést, přejděte z prostředí DSSAT na „Soubor“ („File“) – „Aktualizovat soubory LST“ („Update LST files“) a aktualizujte soubor se seznamem počasí. Možnost „Soubor“ („File“) lze nalézt v levé horní části rozhraní DSSAT.

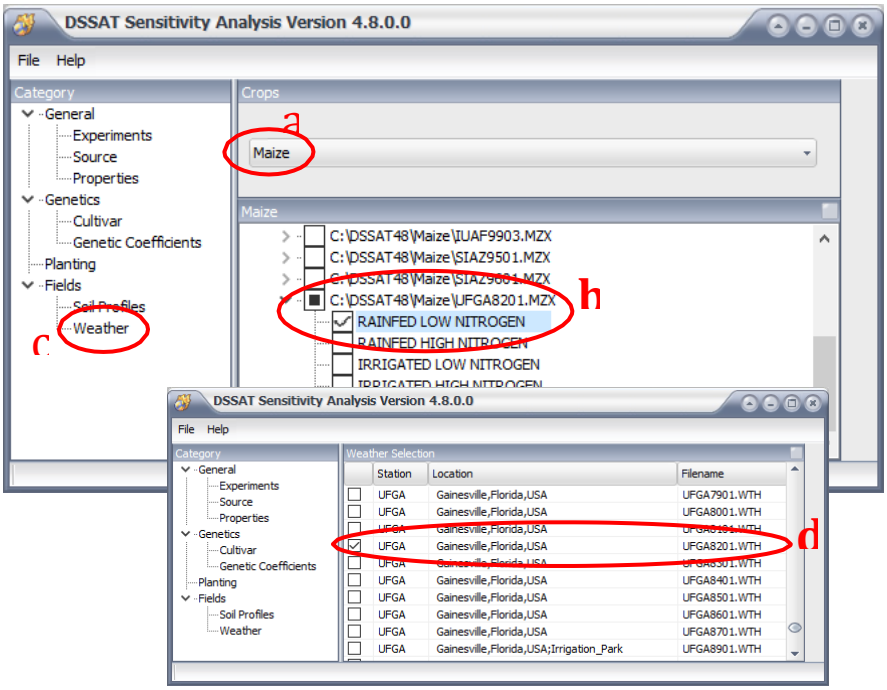



Jakmile dokončíte aktualizaci prostředí, použijete nástroj pro analýzu citlivosti („Sensitivity Analysis Tool“), který najdete na kartě Příslušenství („Accessories“) v prostředí DSSAT.




1. Otevřete nástroj „Sensitivity Analysis Tool“ ze záložky „Příslušenství“ („Accessories“) v levém panelu prostředí DSSAT.

2. Vyberte kukuřici (Maize) z nabídky „Výběr plodiny“ („Crop Selection“) a poté vyberte první kombinaci podmínek v experimentu UFGA8201.MZX.




3. Vyberte jeden nebo více Vašich nových souborů počasí a soubor počasí UFGA8201.WTH v části „Pole a počasí“ („Fields and Weather“) a postupujte podle výše uvedených postupů pro nastavení kombinace podmínek, spuštění modelu a grafických výstupů.

## *Samostatná práce 2*

Zadejte svá vlastní data pomocí nástroje Weatherman. Pro automatizovanou meteostanici, která zaznamenává alespoň denní maximální a minimální teplotu, denní úhrn srážek a denní sluneční záření, doporučujeme zadat alespoň 10 let denních údajů o počasí. Připravte data v tabulkovém formátu, který je podobný uvedenému příkladu. Vaše tabulka by měla obsahovat alespoň sloupce pro rok, den v roce nebo měsíc a den v měsíci, maximální teplotu, minimální teplotu, srážky a celkové denní sluneční záření. Jakmile připravíte údaje o počasí, postupujte podle kroků uvedených v části Praktické cvičení (kroky 1 až 8). S ohledem na konvence pojmenování používá DSSAT pro soubory počasí čtyřmístný kód. První dva znaky mohou představovat kód vaší země a třetí a čtvrtý znak mohou představovat první dva znaky města, kde se meteorologická stanice nachází.

Jakmile úspěšně zadáte údaje o počasí, můžete se také pokusit spustit model s vašimi vlastními údaji o počasí pomocí kroků uvedených v části Samostatná práce 1 nebo vybrat jinou plodinu a experiment uvedený v DSSAT.

# Soubory a nástroje půdních dat

## Úvod

Informace o půdě jsou pro simulaci reakcí plodin zcela zásadní. DSSAT verze 4.8 má rozsáhlou databázi půd, kterou lze použít pro účely obecné simulace. Pokud však chcete definovat svůj vlastní experiment, tyto popisy půdních profilů jsou často příliš obecné. V těchto případech je potřeba do databáze půd přidat experimentální půdní data. Další informace o půdních datech v rámci DSSAT verze 4.8 a o přidávání informací o půdách do databáze lze nalézt v dokumentaci DSSAT verze 3.5 v kapitole 7 svazku 1 (strany 49–90) a v druhém svazku dokumentace DSSAT verze 4.

Údaje o charakteristice půdního profilu běžně shromažďované půdními odborníky při provádění průzkumu půdy jsou poskytovány pro dva různé půdní profily. Účelem tohoto praktického cvičení je uvést zkušenosti s používáním programu v DSSAT verze 4.8 pro převod dat půdních charakteristik na vstupy půdního profilu potřebné pro spuštění růstových modelů. Úplný popis regresních vztahů použitých pro odvození dolní a horní meze, saturace atd. lze nalézt v materiálu „Vstupy půdy a počasí pro růstové modely IBSNAT“ od Ritchieho et al. Metody používané pro odhad limitů zadržování vody pro půdní profil jsou popsány v publikaci Gijsmanema et al. (2002).

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit nové půdní profily pomocí údajů o půdní charakterizaci.
- ✓ Použít nové půdy v databázi DSSAT pro stávající experimenty.

## Praktické cvičení

V tomto cvičení budete používat dva doplňkové soubory:

1. Půdní data sady Umariya
2. Charakterizační data pro vybrané půdy Georgie – půdní sada: Orangeburg

Chcete-li zahájit toto cvičení, vyberte nástroj Soil Data tool (SBuild) v části nástrojů v DSSAT verze 4.8. Údaje o půdě uložené v DSSAT v4.8 jsou v souborech s příponou SOL. Primární půdní soubor se jmenuje SOIL.SOL a lze jej nalézt v adresáři C:\DSSAT48\SOIL. SBuild umožňuje uživatelům přidávat nové půdní profily do

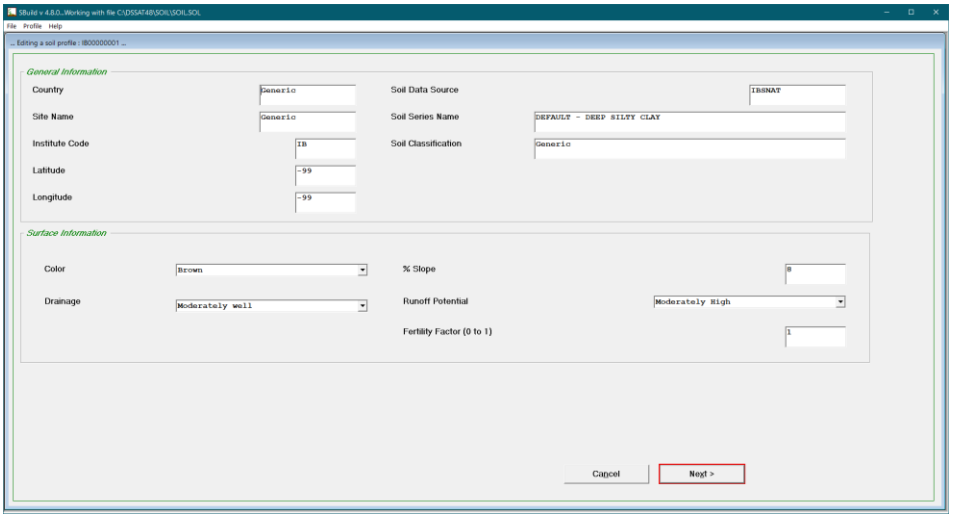
databáze půd, které jsou uloženy v tomto souboru, nebo upravovat informace o půdním profilu, které již v tomto souboru jsou. Je navržen tak, aby nejprve vybral, který soubor se má použít (např. SOIL.SOL nebo UF.SOL), pak do tohoto souboru přidal novou půdu, nebo vybral, kterou půdu v souboru chcete upravit. Při prvním spuštění programu se otevře soubor SOIL.SOL. Panel nástrojů obsahuje položky *Soubor* (*File*), *Profil* (*Profile*), *Možnost* (*Option*) a *Nápověda* (*Help*).

V části *Soubor* (*File*) mohou uživatelé zobrazit soubor, který byl otevřen (tj. SOIL.SOL), vytisknout jej, uložit a zavřít. V této části mohou uživatelé také otevřít jiný půdní soubor, například UF.SOL, který může obsahovat půdy pro konkrétní stát nebo oblast. Když je soubor půdy otevřený, uživatelé mohou vybrat profil k úpravě (položka *Profil* na panelu nástrojů, Obrázek 5) nebo k vytvoření nové půdy. V části *Profil* (*Profile*) mohou uživatelé také vytisknout nebo zobrazit data konkrétního profilu, se kterými se pracuje, uložit je a zavřít. Veškeré akce provedené pod touto položkou *Profil* budou provedeny s jediným půdním profilem, nikoli s celou sadou půd v datovém souboru, jak je tomu v případě části *Soubor*.

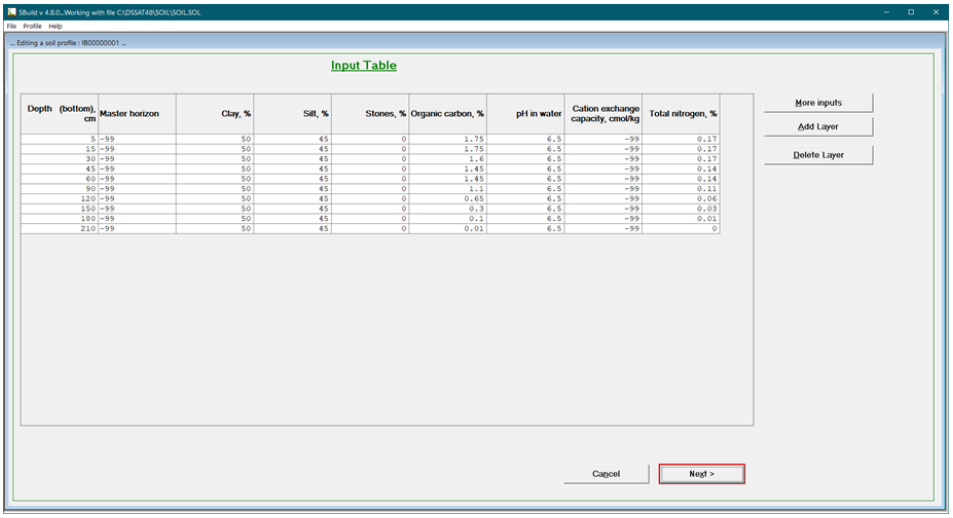
Pro vytvoření nového půdního profilu v DSSAT jsou k dispozici dvě možnosti:

1. Ruční zadání půdních dat pro soubor SOIL.SOL
2. Úprava existujícího půdního profilu a jeho uložení pod jiným názvem, případně nahrazení původního souboru

Chcete-li zobrazit existující půdní profil v souboru SOIL.SOL, vyberte *Profil* (*Profile*), poté klikněte na tlačítko *Upravit* (*Edit*) a vyberte některou z uvedených půd. V tomto příkladu používáme výchozí profil půdy *Default Deep Silty Clay* s ID profilu půdy „IB00000001“. Jste vedeni celkem třemi základními obrazovkami, které umožňují vytvoření nového půdního profilu v databázi nebo úpravu stávajícího profilu. Na obrázku 6 vidíte obrazovku, na které zadáváte data pro různé vrstvy půdy. Při zadávání každé proměnné věnujte zvýšenou pozornost jednotkám a v případě potřeby jednotky převeďte. V pravé horní části obrázku 6 je tlačítko pro zadání *více vstupů* (*More Inputs*). Tato data nejsou běžně potřebná pro aktuální model pěstebních systémů DSSAT (jako jsou informace o fosforu), ale mohou být potřebná později.

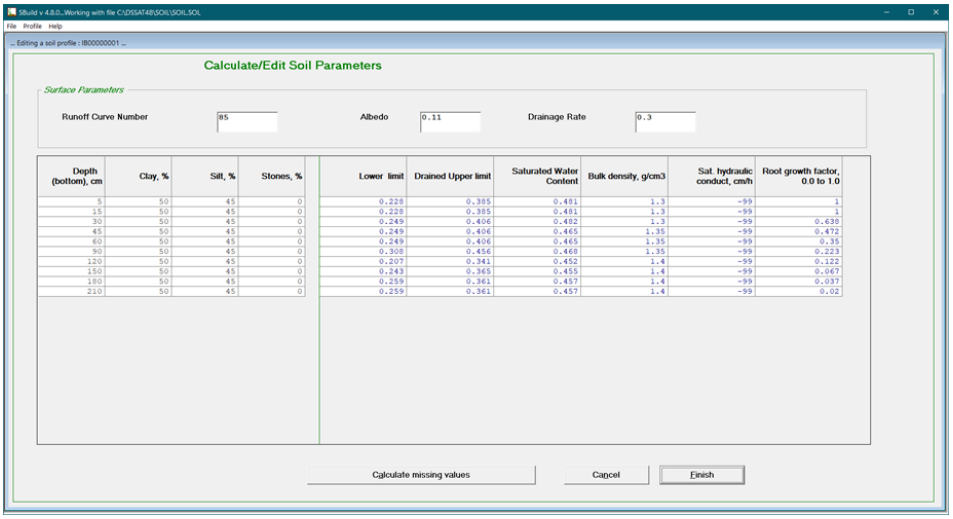



*Obrázek 5 Hlavní obrazovka SBuild po otevření půdního souboru k editaci. Tato obrazovka umožňuje uživatelům zadávat obecné informace a charakteristiky povrchu. Všimněte si položek hlavního menu v horní části okna.*




*Obrázek 6 Obrazovka pro zadávání dat pro každou vrstvu v profilu. Další informace o vrstvě lze zadat výběrem tlačítka Více vstupů (More Inputs).*

Stisknutím tlačítka Další (Next) se zobrazí poslední obrazovka (Obrázek 7). První čtyři sloupce této obrazovky jsou stejné jako na předchozí obrazovce. V tomto bodě můžete zadat limity zadržování vody v půdě pro každou vrstvu půdy, stejně jako objemovou hmotnost, hydraulickou vodivost a růstový faktor kořenů. Tyto proměnné lze také vypočítat z dalších informací, které byly zadány stisknutím tlačítka Vypočítat chybějící hodnoty (Calculate Missing Values) ve spodní části obrazovky. Výpočty jsou založeny na Saxtonově a Rawlsově metodě, jak je popsáno v publikaci Gijsmana et al., 2002.




*Obrázek 7 Závěrečná obrazovka zobrazující limity zadržování vody atd., které lze zadat ručně nebo odhadnout z jiných informací již zadaných do souboru.*

## *Samostatná práce 1*

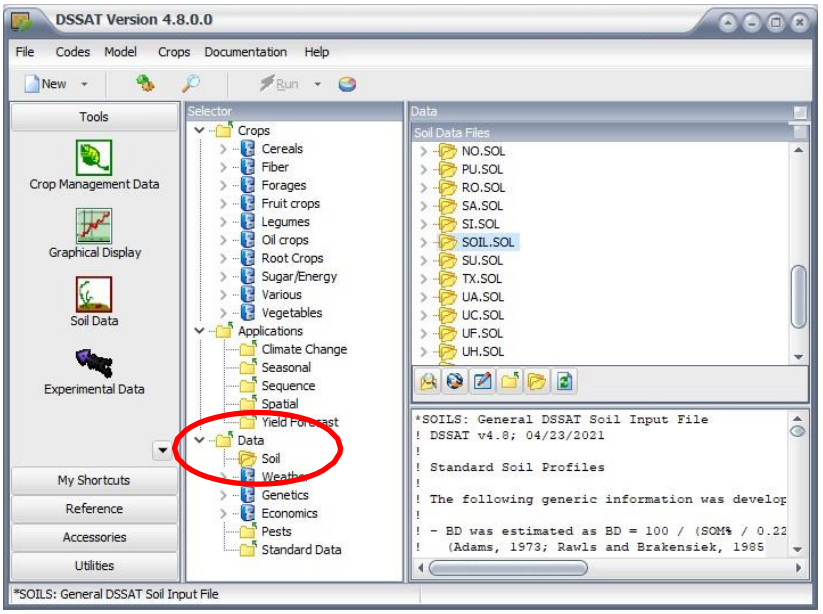
Po prozkoumání tří vstupních obrazovek byste nyní měli být schopni poskytnout vhodné vstupy pro vytvoření nového půdního profilu převzetím dat z listů **PRIMÁRNÍCH CHARAKTERIZAČNÍCH DAT** (**PRIMARY CHARACTERIZATION DATA**), která jsou poskytována pro ***datovou sadu Umariya***. Postup přidání nového půdního profilu do databáze půd si můžete přečíst ve svazku 1 dokumentace DSSAT V3.5 na straně 62 a dále ve svazku 2 dokumentace DSSAT V4. Popis vstupů a jejich jednotek poskytuje užitečné informace při vytváření půdy. Pečlivě identifikujte všechna vstupní data požadovaná na různých obrazovkách na dodaných listech pro datovou sadu Umariya.

Před vytvořením nového profilu musíte stávající profil ***ZAVŘÍT***. Vyberte profil (Profile) a potom klikněte na tlačítko Zavřít (Close). Pokud jste data již uložili, odpovězte na výzvu „Ano“. Začněte s vytvářením nového profilu. Vyberte Profil (Profile) a Nový (New). Po dokončení zadávání nové půdy nezapomeňte ***ULOŽIT*** profil a poté ***ULOŽIT*** soubor. ***NEPOUŽÍVEJTE funkci Uložit jako!*** Ukončete program SBuild a proveďte níže popsané samostatné práce.

## *Samostatná práce 2*

Prohlédněte si soubor SOIL.SOL v adresáři C:\DSSAT48\SOIL. Zkontrolujte, zda jsou půdy, které jste přidali, připojeny na konci seznamu. Porovnejte hodnoty pro novou půdu s hodnotami půd s podobnou texturou v SOIL.SOL. Půdní profily můžete procházet pomocí prostředí DSSAT (níže). Najdete zde mnoho různých půdních souborů, všechny s příponou „SOL“ a se dvěma hlavními znaky spojenými s institutem, např. UF.SOL pro půdní profily University of Florida, se státem, např.

TX.SOL pro Texas, USA, nebo půdní databáze, např. WI.SOL pro půdní databázi WISE poskytovanou ISRIC v Nizozemsku.




## *Samostatná práce 3*

Zadejte údaje o charakterizaci půdy pro půdní sérii Orangeburg (pedon č. 2) pomocí stejných postupů, které jsou uvedeny v části Samostatná práce 1.

Jakmile zadáte tento nový půdní profil, postupujte podle následujících pokynů:

1. Prohlédněte si soubor SOIL.SOL v adresáři C:\DSSAT48\SOIL. Zkontrolujte, zda jsou půdy, které jste přidali, připojeny na konci seznamu.
2. Porovnejte hodnoty pro novou půdu s hodnotami půd se stejnou nebo podobnou řadou půd v souboru SOIL.SOL.
3. Porovnejte hodnoty pro odvodněnou horní mez (DUL) a dolní mez rostlinné extrahovatelné půdní vody (LL) s hodnotami 1/3 bar a 15 bar uvedenými pro půdu Orangeburg.

## *Samostatná práce 4*

Pokuste se najít úplný půdní profil pro vaši zemi. Požadované informace jsou podobné údajům uvedeným pro dva příklady profilů. Zadejte prosím data charakterizace půdy pro váš půdní profil pomocí SBuild.

Jakmile zadáte tento nový půdní profil, prohlédněte si soubor SOIL.SOL v adresáři C:\DSSAT48\SOIL. Zkontrolujte, zda jsou půdy, které jste přidali, připojeny na konci seznamu. V následujících cvičeních použijete váš profil pro vaši zemi.

## Půdní data sady Umariya

**Klasifikace:** Jemné, montmorillonitické, hypertermické, vertikální ustochrepty (typ půd)

**Typ lokality:**

- ✓ **Vesnice** – Umariya
- ✓ **Tehsil** – Umariya
- ✓ **Okres** – Shahdol

**Souřadnice** – 23°30' N zeměpisná šířka a 80°45' E zeměpisná délka

**Číslo profilu** – 64A/G59

**Fyziografická pozice:** Východní plošina Baghelkhand (sedimentace v Gondwaně), údolí.

**Nadmořská výška:** 380 m n. m.

**Hladina podzemní vody:** 10 m.

**Srážky:** 1100–1200 mm.

**Sklon, eroze a reliéf:** Velmi mírně se svažující (1–3% svahy), velmi mírná eroze, normální.

**Odvodnění a propustnost:** Dobře odvodněné, středně pomalé.

**Využití půdy a vegetace:** Pole – rýže, pšenice, cizrna; Tendu, Mahua, Sal.

**Geologie a matečné horniny**: Pískovec, naplaveniny.

**Rozšíření a rozsah:** Rozšířený v Tahsil Umariya, okres Shahdol (MP 642-646; 243 580 ha).

**Půdní typ:** typický Haplustalfs (19 650 ha), chromický Haplustalfs (9 660 ha).

**Typický pedon:** Barvy jsou pro suchou půdu uvedeny jinak. Umariya – písčito-hlinitá půda, kultivovaná.

| | | |
|---|---|---|
| **Ap** | 0–11 cm | Hnědá až tmavě hnědá (10YR 4/3) hlinitopísčitá; tmavě hnědá (10YR 3/3); střední, středně subangulární bloky; velmi tvrdá, pevná, lepivá a plastická; pH 6,7; jasná hladká hranice. |
| **B1** | 11–31 cm | Velmi tmavě šedohnědá (10YR 3/2 M) písčitá půda; střední, subangulární hranaté pedy s lesklým tlakovým čelem; pevná, velmi lepivá a velmi plastická; pH 6,4; postupná hladká hranice. |

| | | |
|---|---|---|
| **B12** | 31–50 cm | Velmi tmavě našedlá (10YR 3/2 M) písčitá půda; silné, hrubé hranaté pedy s tlakovým čelem; velmi lepivá a velmi plastická; pH 6,4. |
| **B2** | 50–75 cm | Tmavě hnědá (10YR 3/3 M) písčitá půda; hrubé, silné, subangulární bloky; tvrdá, drobivá; velmi lepivá a velmi plastická. |
| **B31** | 75–100 cm | Tmavě hnědá (10YR 4/3 M) jílovitá půda; hrubá, silná, subangulární, hranatá; tvrdá, drobivá; velmi lepivá a velmi plastická. |
| **B32** | 100–125 cm | Tmavě hnědá (10YR 3/3 M) jílovitá půda; hrubá, silná, subangulární, hranatá; tvrdá, drobivá; velmi lepivá a velmi plastická. |
| **B33** | 125–150+ cm | Tmavě žlutohnědá (10YR 4/3 M) jílovitá půda; hrubá, silná, subangulární, hranatá; tvrdá, drobivá; velmi lepivá a velmi plastická. |

**Rozsah charakteristik**

Hloubka půdy je 120–150 cm. Mocnost horizontu A je 30–50 cm. Jeho barva je v odstínu 10YR, hodnota 3–4 a sytost 2–3. Textura je jílovitá. Mocnost horizontu B je 70–100 cm. Jeho barva je v odstínu 10YR, hodnota 3 a sytost 3–4. Textura je hlinitá s hlubokými trhlinami širokými až 75 cm.

**Půdy a jejich taxonomie**

Jemné, montmorillonitické, hypertermické, chromické Haplustalfs; jemné, hlinité, hypertermické, typické Haplustalfs.

**Interpretace** – Mají středně dostupnou kapacitu zadržování vody a retenční kapacitu a střední stav plodnosti.

*a. Interpretační seskupení:*

- Podtřída využití půdy: Iles
- Zavlažitelnost: 2s
- Produkční potenciál: Medium

*b. Výnos: Na základě údajů farmářů*

| Plodiny | Farmářské postupy | Vylepšené postupy |
|---|---|---|
| | (výnos q/ha$^{-1}$) | |
| 1. Rýže | 10–12 | 15–20 |
| 2. Pšenice | 10–15 | 20–30 |
| 3. Cizrna | 7–8 | 10–12 |

## Analytická data

| Horizont | Hloubka | Průměr částic (mm) | | | Hrubé fragmenty >2 mm % celé půdy |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Písčité (2,0–0,05) | Hlinité (0,05–0,002) | Jílovité (<0,002) | |
| | (cm) | | (%) | | |
| **Ap** | 0–11 | 62,3 | 13,2 | 24,5 | – |
| **B1** | 11–31 | 55,2 | 18,4 | 36,4 | – |
| **B12** | 31–50 | 45,6 | 11,1 | 43,3 | – |
| **B2** | 50–75 | 38,9 | 12,9 | 48,2 | – |
| **B31** | 75–100 | 33,8 | 13,6 | 52,6 | – |
| **B32** | 100–125 | 32,4 | 10,7 | 56,9 | – |
| **B33** | 125–150+ | 30,3 | 14,3 | 55,4 | – |

| Hloubka | Organický Uhlík | $CaCO_3$ | Elektrická vodivost (1:2,5) (Půda:Voda) | pH Půda:Voda (1:2,5) | | Objemová hmotnost | Zadržování vody | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $H_2O$ | KCl | | 33 kPa | 1,500 kPa |
| **(cm)** | (%) | (%) | ($dSm^{-1}$) | | | ($mg\ m^{-3}$) | | |
| **0–11** | 0,97 | – | <0,2 | 6,7 | – | – | – | – |
| **11–31** | 0,66 | – | <0,2 | 6,4 | – | – | – | – |
| **31–50** | 0,50 | – | <0,2 | 6,4 | – | – | – | – |
| **50–75** | 0,40 | – | <0,2 | 6,4 | – | – | – | – |
| **75–100** | 0,30 | – | <0,2 | 5,7 | – | – | – | – |
| **100–125** | 0,25 | – | <0,2 | 5,6 | – | – | – | – |
| **125–150+** | 0,10 | – | <0,2 | 5,7 | – | – | – | – |

| Hloubka | Výměnné kationty | | | | | Kapacita kationtové výměny | Základní nasycení |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ca | Mg | Na | K | Sum | | |
| **(cm)** | ($cmol(+)kg^{-1}$) | | | | | ($cmol(+)kg^{-1}$) | (%) |
| **0–11** | 11,3 | 4,5 | 0,6 | 0,3 | 16,7 | 18,5 | 90 |
| **11–31** | 12,4 | 3,5 | 0,8 | 0,4 | 17,1 | 19,3 | 89 |
| **31–50** | 14,3 | 5,5 | 0,9 | 0,5 | 21,2 | 24,5 | 87 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **50–75** | 17,3 | 9,2 | 0,6 | 0,3 | 27,4 | 31,3 | 88 |
| **75–100** | 19,5 | 9,8 | 0,8 | 0,2 | 30,3 | 33,5 | 90 |
| **100–125** | 21,4 | 10,4 | 0,8 | 0,3 | 32,9 | 36,4 | 90 |
| **125–150+** | 24,4 | 11,3 | 0,4 | 0,2 | 36,3 | 39,5 | 92 |

## Charakterizační data pro vybrané půdy Georgie

Henry F. Perkins

### 1. Úvod

Tato zpráva je sestavena za účelem uvedení fyzikálních, chemických, mineralogických a morfologických dat půd Georgie. Tato data byla získána v období od roku 1954 do roku 1986 jako součást průzkumu půd a dalších výzkumných aktivit. Některá data byla zveřejněna ve vědeckých časopisech a v regionálních a státních bulletinech. Velká část dat je však shrnuta z nepublikovaných zpráv, které potenciálním uživatelům nejsou snadno dostupné.

Tato zpráva obsahuje údaje, které tvoří téměř úplnou charakteristiku vybraných půdních sad. Ačkoli byly během období studie provedeny změny v analytických metodách, data vybraná pro tuto zprávu byla získána metodami, které jsou dostatečně podobné, aby umožnily přímé srovnání charakterizačních dat mezi pedony různých sad a mezi pedony v rámci stejné sady. Morfologické popisy uvedené v této zprávě byly původně připraveny jako pracovní dokumenty pro splnění specifických potřeb v době odběru vzorků. Tyto popisy byly upraveny, aby zajistily kontinuitu formátu podle terminologie půdní taxonomie.

Některé pedony již nepředstavují půdní sadu, pro kterou byly vybrány v době odběru vzorků. Během editace a kompilace dat byla na každý pedon aplikována taxonomická kritéria. Všechny pedony byly klasifikovány do úrovně rodiny a korelovány s koncepty současné sady. Pokud data naznačují, že se pedon vyskytl mimo rozsah jakékoli existující sady, byl pojmenován jako varianta ze sady nebo jako taxadjunkce k sadě. Taxadjunkce jsou půdy mimo uvedenou sadu ve vztahu k limitům v morfologii a složení, ale nikoli v rámci limitů jiné sady. Jsou však dostatečně podobné jmenovaným sadám v morfologických a kompozičních charakteristikách, takže chování a/nebo změněné potenciály využití území nejsou evidentní. Varianty jsou půdy značně mimo rozsahy definovaných sad do té míry, že chování je významně ovlivněno a nelze je považovat za taxadjunkci k sadě.

### 2. Metodika

Morfologické popisy byly provedeny ve vykopaných jámách nebo čerstvých zářezech vozovky podle metod srovnatelných s metodami uvedenými v SSIR č. 1 (Soil Conservation Service 1972). Hromadné vzorky a neporušené vzorky hrud

a/nebo jádra pro analýzu byly odebrány z každého genetického horizontu pro každý profil.

Distribuce velikosti částic pro písek, hlínu a jíl byla stanovena podle metod srovnatelných s metodami podle Daye (1965). Písek byl frakcionován suchým prosíváním po dispergaci a odstranění hlíny a jílu proběhlo promytím deionizovanou vodou (Soil Conservation Service 1972). Obsah částic >2 mm v průměru byl stanoven suchým prosíváním. Objemová hmotnost byla získána hrudkovou metodou popsanou Blakem (1965) s použitím saranu jako náhrady parafínu jako svrchní vrstvy (Brasher et al. 1966) nebo jádrového vzorkovače Uhland (Long et al. 1969). Hydraulická vodivost byla stanovena metodou konstantní hlavní metody Klute (1965). Hodnoty vlhkosti půdy byly získány podle Richardse (1965) a byla také vypočítána dostupná vlhkost na jednotku objemu.

Organický uhlík byl stanoven mokrou oxidací (Peech et al. 1947). Hodnoty pH byly stanoveny v poměru půdy 1:1 k deionizované vodě, půdy 1:2 k 0,01 M $CaCl_2$ a půdy 1:1 ke KCl pomocí linkového měřiče. Kapacita kationtové výměny (KKV) byla získána pomocí N octanu amonného, pH 7,0, podle Peech et al. (1947). Některé hodnoty KKV byly vypočítány jako součet výměnných kationtů plus vyměnitelného vodíku (uvedený jako takový, kde to bylo vhodné). Výměnný Ca, Mg, K, Zn, Mn a Fe byly extrahovány pomocí N octanu amonného, pH 7,0 (Peech et al. 1947) a výměnné kationty byly stanoveny atomovou absorpční nebo atomovou emisní spektrofotometrií. Volné Fe bylo získáno modifikací Debsovy metody s použitím dithioničitanu sodného pro extrakci, jak navrhuje Kilmer (1960). Kyselinou extrahovatelné Fe bylo získáno atomovou absorpcí po extrakci dvojitou kyselinou (Page et al. 1965). Uhličitan byl stanoven podle metody navržené v publikaci Soil Conservation Service (1972). Výměnný vodík byl získán metodou podle Adamse a Evanse (1962) a výměnný hliník byl extrahován podle metody 6G1 (Soil Conservation Service 1972) a stanoven atomovou absorpcí a spektrofotometrií. Vyměnná kyselost a procento nasycení zásadami byly vypočítány pomocí KKV a vyměnných zásad. Fosfor byl stanoven kolorimetricky využitím molybdátu amonného a chloridu cínatého po extrakci dvojitou kyselinou (Page et al. 1965).

Mineralogie jílové frakce byla stanovena diferenciální termální analýzou (DTA) a rentgenovou difrakční analýzou (XRD). Samonahrávací přístroj využívající mikrovzorky a zvýšení teploty o 20 °C/min. byl použit na DTA neošetřených vzorků. Hořčíkem nasycené glykolované vzorky, draslíkem nasycené a tepelně zpracované (500 °C) vzorky byly analyzovány pomocí XRD s využitím záření Cu a K.

## 3. Data

Morfologické popisy a vybrané chemické, fyzikální a mineralogické údaje jsou uvedeny pro 268 půdních pedonů. Lokality s 1 až 25 pedony každé z 96 sad (Soil Series Index, pp I to VI) představují 17 velkých půdních skupin (Soil Series Classification Index, pp VII to XIII). Půdy byly shromážděny z 50 okresů (County

Index of Soil Series, XIV až XIX) představujících pět z osmi půdních provincií Georgie.

Průměrná roční teplota se v Georgii pohybuje od přibližně 56 °F v horách do 69 °F v pobřežních oblastech. Průměrné lednové teploty se pohybují od 39 °F do 55 °F a průměrné srpnové teploty se pohybují od 73 °F do 82 °F od hor k pobřeží. Počet dnů bez mrazu se pohybuje přibližně od 170 do 290 dnů. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od méně než 40 do více než 68 palců.

| **Půdní sada: Orangeburg** | **Profil č. 2** |
|---|---|
| Lokalita: Peach County<br>Klasifikace: Typické paleudultské půdy; jemnohlinité, křemičité, termické půdy<br>Matečná hornina: Zbytky ze středně jemných mořských sedimentů<br>Sklon svahu: – | Vzorek č.: S62GA-111-10<br>Fyziografie a geomorfologie: Téměř na úrovni silně svažitých pahorkatin jižních pobřežních plání<br>Odvodnění: Dobře odvodněné<br><br>Propustnost: Střední |

| **Vegetace: Horizont** | **Hloubka kultivace (cm)** | **Popis morfologie** |
|---|---|---|
| **Ap** | 0–18 | Velmi tmavý šedohnědý (10YR 3/2) hlinitý jemný písek; slabá jemnozrnná struktura; velmi drobivý; četné jemné kořeny; náhlá zvlněná hranice. |
| **AB** | 18–28 | Žlutočervená (5YR 4/6) jemná písčitá až světlá písčito-jílovitá půda; slabá jemnozrnná struktura; velmi drobivá; průniky Ap horizontu; mnoho jemných kořenů; jasná zvlněná hranice. |
| **BA** | 28–38 | Tmavě červená (2,5YR 3/6) až tmavě červenohnědá (2,5YR 3/4) jemná písčitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá; určité promíchání povrchové půdy; mnoho kořenů, kořenových kanálků a běžných pórů; jasná hladká hranice. |
| **Btl** | 38–74 | Tmavě červená (2,5YR 3/6) písčitá jílovitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá; běžné jemné kořeny, póry a kořenové kanály; několik velmi tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách; difuzní hladká hranice. |
| **Bt2** | 74–122 | Tmavě červená (2,5YR 3/6) písčito-jílovitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá; běžné jemné kořeny, póry a kořenové kanály; několik velmi tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách; difuzní hladká hranice. |
| **Bt3** | 122–150 | Tmavě červená (10R 3/6) písčitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá až pevná, za |

| | | |
|---|---|---|
| | | sucha tvrdá; běžné tenké skvrnité jílové filmy na pedových plochách; několik jemných kořínků, kořenových kanálků a pórů, difuzní hladké ohraničení. |
| **Bt4** | 150–180 | Tmavě červená (10R 3/6) písčitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá až pevná; několik tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách; málo kořenových kanálů. |

**Průměrná teplota: (°F)**

| L | Ú | B | D | K | Č | Č | S | Z | Ř | L | P | Roční průměr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47,7 | 49,7 | 56,7 | 65,2 | 72,4 | 78,6 | 80,7 | 80,5 | 76,0 | 65,9 | 55,8 | 48,8 | 64,7 |

**Průměrný úhrn srážek (in)**

| L | Ú | B | D | K | Č | Č | S | Z | Ř | L | P | Roční suma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,38 | 4,68 | 4,55 | 3,64 | 3,80 | 3,81 | 5,03 | 3,73 | 3,88 | 1,75 | 2,46 | 4,07 | 45,78 |

*Zdroj: Byrd, H. J. 1965. M.S. Degree Thesis, UGA Libraries*

**Půdní sada: Orangeburg Profil č.: 2**

Laboratorní data

* Kao – kaolinit; Verm – vermikulit; Gi – gibsit

| Horizont | Částice | | Distribuce velikosti částic | | | | | | | | Textura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Depth (cm) | -2mm | vcs | cs | ms | fs | vfs | Písek | Hlína | Jíl | Třída |
| **Ap** | 0–18 | – | 2,4 | 9,1 | 9,6 | 35,5 | 20,9 | 77,5 | 15,8 | 6,7 | lfs |
| **AB** | 18–28 | – | 2,3 | 9,2 | 9,6 | 32,2 | 19,8 | 73,1 | 13,8 | 13,1 | fsl |
| **BA** | 28–38 | – | 2,6 | 9,7 | 8,8 | 29,4 | 17,6 | 68,1 | 12,4 | 19,5 | fsl |
| **Bt1** | 38–74 | – | 2,2 | 7,0 | 7,2 | 25,2 | 16,4 | 58,0 | 10,4 | 31,6 | scl |
| **Bt2** | 74–122 | – | 2,2 | 7,2 | 7,2 | 24,4 | 15,6 | 56,6 | 8,0 | 35,4 | sc |
| **Bt3** | 122–150 | – | 2,8 | 6,8 | 6,8 | 23,2 | 14,9 | 54,5 | 6,6 | 38,9 | sc |
| **Bt4** | 150–180 | – | 3,0 | 7,6 | 6,5 | 23,9 | 14,4 | 55,4 | 5,2 | 39,4 | sc |

| Horizont | Hloubka | PH | Voda |
|---|---|---|---|

| | | 1:1 $H_2O$ | 1:1 KCl | Organický uhlík | Objemová hmotnost | | | Dostupná voda (FC*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 1/3 Bar | 15 Bar | |
| | (cm) | | | (%) | (g/cm³) | W | (%) | (cm³/cm³) |
| **Ap** | 0–18 | 5,2 | 4,6 | 1,02 | 1,71 | 8,2 | 2,8 | 0,09 |
| **AB** | 18–28 | 5,0 | 3,9 | 0,22 | 1,68 | 7,5 | 4,2 | 0,06 |
| **BA** | 28–38 | 5,1 | 4,2 | 0,18 | 1,72 | 10,2 | 6,0 | 0,07 |
| **Btl** | 38–74 | 5,5 | 4,6 | 0,10 | 1,74 | 14,0 | 9,9 | 0,07 |
| **Bt2** | 74–122 | 5,8 | 5,0 | 0,08 | 1,72 | 16,3 | 11,3 | 0,09 |
| **Bt3** | 122–150 | 5,9 | 5,2 | 0,04 | 1,74 | 17,7 | 12,7 | 0,09 |
| **Bt4** | 150–180 | 5,0 | 4,4 | 0,06 | 1,71 | 16,9 | 12,8 | 0,07 |

** FC = Field Capacity*

| Horizont | Hloubka | KKV | Výměnné prvky | | | | | | | Volné Fe | Výměnná kyselost | Báze | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ca | Mg | K | Na | Al | Zn | Mn | | | Saturace | p |
| | (cm) | | (meq/100g) | | | | — | (ug/g) | | (%) | (meq/100g) | (?) | (ug/g) |
| **Ap** | 0–18 | 7,9 | 2,4 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,07 | – | – | 0,4 | 4,7 | 40 | – |
| **AB** | 18–28 | 4,7 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | <0,1 | 0,58 | – | – | 0,7 | 3,4 | 28 | – |
| **BA** | 28–38 | 5,2 | 1,4 | 0,2 | 0,2 | <0,1 | 0,48 | – | – | 1,1 | 3,4 | 35 | – |
| **Btl** | 38–74 | 6,7 | 2,5 | 0,6 | 0,2 | <0,1 | 0,28 | – | – | 1,8 | 3,4 | 49 | – |
| **Bt2** | 74–122 | 6,1 | 2,1 | 0,9 | 0,1 | <0,1 | 0,06 | – | – | 2,3 | 3,0 | 51 | – |
| **Bt3** | 122–150 | 5,0 | 1,2 | 0,7 | 0,1 | <0,1 | 0,04 | – | – | 2,6 | 3,0 | 40 | – |
| **Bt4** | 150–180 | 5,6 | 1,2 | 0,7 | 0,1 | <0,1 | 0,42 | – | – | 2,8 | 3,6 | 36 | – |

| Horizont | Hloubka | Jíl | Minerály (%)* | |
|---|---|---|---|---|
| | [cm] | | | |
| **Ap** | 0–18 | Kao 30, | Verm 15–30, | Gi 1 |
| **Bt2** | 74–122 | Kao 42, | Verm 15–30, | Gi 2 |
| **Bt4** | 150–180 | Kao 38, | Verm 15–30, | Gi <1 |

** Kao – kaolinit; Verm – vermikulit; Gi – gibsit*

**Půdní sada: Orangeburg (taxadjunkce) Pedon č. 3**

Lokalita: Houston County

Vzorek č.: S62GA-076-2

Klasifikace: Typické paleudultské půdy; jemnohlinité, křemičité, termické půdy

Fyziografie a geomorfologie: Téměř rovná až silně svažitá pahorkatina jižní pobřežní nížiny

Mateční hornina: Zbytky ze středně jemných mořských sedimentů

Odvodnění: Dobře odvodněné

Propustnost: Střední

Sklon svahu: <2“

Vegetace: Kultivovaná

| Horizont | Hloubka (cm) | Popis morfologie |
|---|---|---|
| **Ap** | 0–20 | Tmavě šedohnědý (10YR 4/2) až velmi tmavě šedohnědý (10YR 3/2) hlinitý jemný písek; slabá jemnozrnná struktura; velmi drobivý; mnoho jemných kořenů; náhlá zvlněná hranice. |
| **AB** | 20–30 | Žlutočervená (5YR 4/6) jemná písčitá půda; slabá jemnozrnná struktura; průnik Ap horizontu s určitým promícháním; četné jemné kořeny; velmi drobivá; jasná zvlněná hranice. |
| **Bt1** | 30–43 | Tmavě červená (2,5YR 3/6) jemná písčitá půda; velmi slabá střední subangulární bloková struktura; velmi drobivá; mnoho jemných kořenů; některé intruze povrchové půdy v kořenových kanálech a pórech; jasná hladká hranice. |
| **Bt2** | 43–71 | Tmavě červená (2,5YR 3/6) písčito-jílovitá půda; slabá střední subangulární bloková struktura; drobivá; povrchová půda v kořenových kanálech a pórech; běžné jemné kořeny; několik tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách; postupná hladká hranice. |
| **Bt3** | 71–97 | Náhodný horizont; podobný horizontu B21t. |
| **Bt4** | 97–124 | Tmavě červená (10R 3/6) písčitá půda; slabá střední subangulární kvádrová struktura; drobivá; několik tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách; běžné jemné kořeny; běžné póry a kořenové kanály; postupná hladká hranice. |
| **Bt5** | 124–155 | Náhodný horizont; podobný horizontu B23t. |
| **Bt6** | 155–180 | Tmavě červená (10R 3/6) písčitá půda; masivní, lámající se ve slabou střední subangulární kvádrovou strukturu; pevná, za sucha tvrdá; běžné skvrnité hliněné filmy na pedových plochách; postupná hladká hranice. |
| **BC** | 180–282 | Tmavě červená (10R 3/6) písčitá půda; masivní; pevná, za sucha tvrdá; obsahuje několik tenkých skvrnitých jílových filmů na pedových plochách. |

*Klimatická data: Hawkinsville (1949–1979)*

**Průměrná teplota: (°F)**

| L | Ú | B | D | K | Č | Č | S | Z | Ř | L | P | Roční průměr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47,7 | 49,7 | 56,7 | 65,2 | 72,4 | 78,6 | 80,7 | 80,5 | 76,0 | 65,9 | 55,8 | 48,8 | 64,7 |

**Průměrný úhrn srážek (in)**

| L | Ú | B | D | K | Č | Č | S | Z | Ř | L | P | Roční suma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,38 | 4,68 | 4,55 | 3,64 | 3,80 | 3,81 | 5,03 | 3,73 | 3,88 | 1,75 | 2,46 | 4,07 | 45,78 |

*Zdroj: Byrd, H. J. 1965. M.S. Degree Thesis UGA Libraries*

## Půdní sada: Orangeburg (taxadjunkce) Pedon č. 3

**Laboratorní data**

| Horizont | Hloubka | Částice | Distribuce velikosti částic | | | | | | | | Třída textury |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | >2mm | vcs | cs | ms | fs | vfs | Písek | Hlína | Jíl | |
| | (cm) | % | % | % | % | % | % | % | % | % | |
| **Ap** | 0–20 | – | 1 ,5 | 8,0 | 12,4 | 50,3 | 13,7 | 85,9 | 10,0 | 4,1 | lfs |
| **AB** | 20–30 | – | 1,0 | 7,9 | 10,8 | 42,9 | 11,8 | 74,4 | 12,2 | 13,4 | fsl |
| **Bt1** | 30–43 | – | 1 ,0 | 6,1 | 9,4 | 40,4 | 11,5 | 68,4 | 11,8 | 19,8 | fsl |
| **Bt2** | 43–71 | – | 1 ,1 | 5,6 | 8,7 | 36,5 | 10,4 | 62,3 | 10,5 | 27,2 | scl |
| **Bt3** | 71–97 | – | 1,3 | 6,2 | 8,9 | 33,9 | 9,2 | 59,5 | 8,8 | 31,7 | scl |
| **Bt4** | 97–124 | – | 1,5 | 5,8 | 7,8 | 31,3 | 8,5 | 54,9 | 6,7 | 38,4 | sc |
| **Bt5** | 124–155 | – | 1,2 | 5,6 | 7,5 | 30,4 | 7,9 | 52,6 | 5,5 | 41,9 | sc |
| **Bt6** | 155–180 | – | 1 ,1 | 6,2 | 8,0 | 30,2 | 7,6 | 53,1 | 4,6 | 42,3 | sc |
| **BC** | 180–282 | – | 1,0 | 5,4 | 7,7 | 30,9 | 7,3 | 52,3 | 2,7 | 45,0 | sc |

| Horizont | Hloubka | pH | | Organický uhlík | Objemová hmotnost | Voda | | Dostupná voda (FC*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1:1 | 1:1 | | | 1/3 Bar | 15 Bar | |
| | (cm) | $H_2O$ | KCl | (%) | (g/cm³) | (%) | (%) | (cm³/cm³) |
| **Ap** | 0–20 | 5,9 | 5,3 | 0,40 | 1,64 | 5,1 | 1,8 | 0,05 |
| **AB** | 20–30 | 5,3 | 4,5 | 0,20 | 1,73 | 7,2 | 4,4 | 0,05 |
| **Bt1** | 30–43 | 5,3 | 4,6 | 0,10 | 1,68 | 9,7 | 6,2 | 0,06 |
| **Bt2** | 43–71 | 5,6 | 4,7 | 0,08 | 1,70 | 12,3 | 8,5 | 0,06 |
| **Bt3** | 71–97 | 5,7 | 5,1 | 0,06 | 1,76 | 15,4 | 10,4 | 0,09 |
| **Bt4** | 97–124 | 5,1 | 4,5 | 0,04 | 1,80 | 16,3 | 12,7 | 0,06 |
| **Bt5** | 124–155 | 4,8 | 4,1 | 0,04 | 1,76 | 17,7 | 14,2 | 0,06 |
| **Rt6** | 155–180 | 4,9 | 4,2 | 0,02 | 1,75 | 18,4 | 14,2 | 0,07 |
| **BC** | 180–282 | 5,0 | 4,3 | 0,02 | – | – | 14,6 | |

| Horizont | Hloubka | KKV* | Výměnné prvky | | | | | | | Volné Fe | Výměnná kyselost | Základní nasycení | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ca | Mg | K | Na | Al | Zn | Mn | | | | |
| | (cm) | (meq/100g) | | | | | | (µg/g) | | (%) | (meq/100g) | (%) | (µg/g) |
| **Ap** | 0–20 | 3,6 | 1,5 | 0,4 | 0,2 | <0,1 | 0,00 | – | – | 0,3 | 1,5 | 58 | – |
| **AB** | 20–30 | 3,6 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | <0,1 | 0,20 | – | – | 0,7 | 2,3 | 36 | – |
| **Bt1** | 30–43 | 4,7 | 1,1 | 0,6 | 0,2 | <0,1 | 0,24 | – | – | 1,2 | 2,8 | 40 | – |
| **Bt2** | 43–71 | 5,5 | 1,7 | 0,7 | 0,1 | <0,1 | 0,16 | – | – | 1,7 | 3,0 | 45 | – |
| **Bt3** | 71–97 | 5,7 | 1,9 | 0,9 | 0,1 | <0,1 | 0,06 | – | – | 2,1 | 2,8 | 51 | – |
| **Bt4** | 97–124 | 5,8 | 1,4 | 0,8 | <0,1 | <0,1 | 0,21 | – | – | 2,6 | 3,6 | 38 | – |
| **Bt5** | 124–155 | 5,5 | 0,7 | 0,5 | <0,1 | 0,1 | 0,84 | – | – | 3,1 | 4,2 | 24 | – |
| **Rt6** | 155–180 | 5,6 | 0,7 | 0,6 | <0,1 | 0,1 | 0,67 | – | – | 3,2 | 4,2 | 25 | – |
| **BC** | 180–282 | 5,3 | 0,8 | 0,6 | <0,1 | 0,1 | 0,58 | – | – | 3,6 | 3,8 | 28 | – |

** KVK ... Kapacita kationtové výměny*

# Praktické cvičení 5:

## Nástroj pro analýzu citlivosti

### Úvod

Nástroj DSSAT pro analýzu citlivosti (Sensitivity Analysis Tool) je nový nástroj, který je stále ve vývoji. Umožňuje uživateli snadno měnit běžné vstupy do modelu a testovat tak citlivost modelu na různá vstupní data. Celkovým přístupem analýzy citlivosti je zachovat stejné všechny vstupy modelu až na jeden a poskytnout řadu vstupů pro tento koeficient nebo parametr.

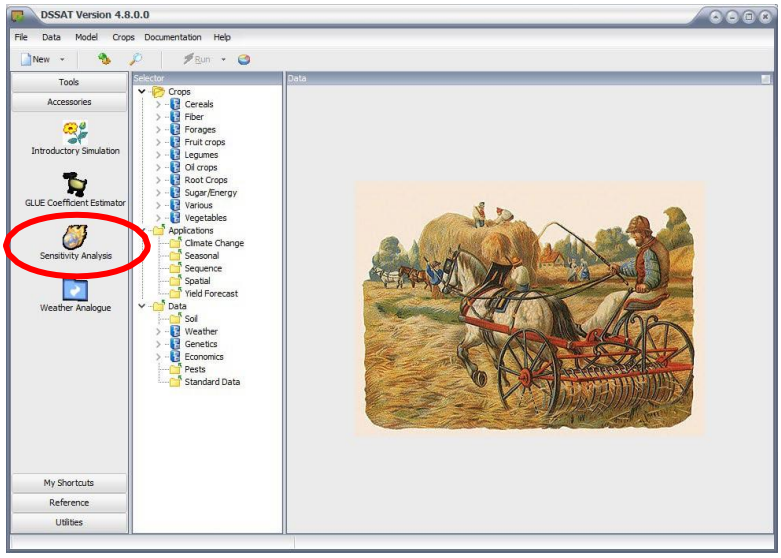
### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vybrat různé podmínky prostředí a managementu jako vstupy a testovat citlivost modelu.
- ✓ K analýze simulací použít grafický program.

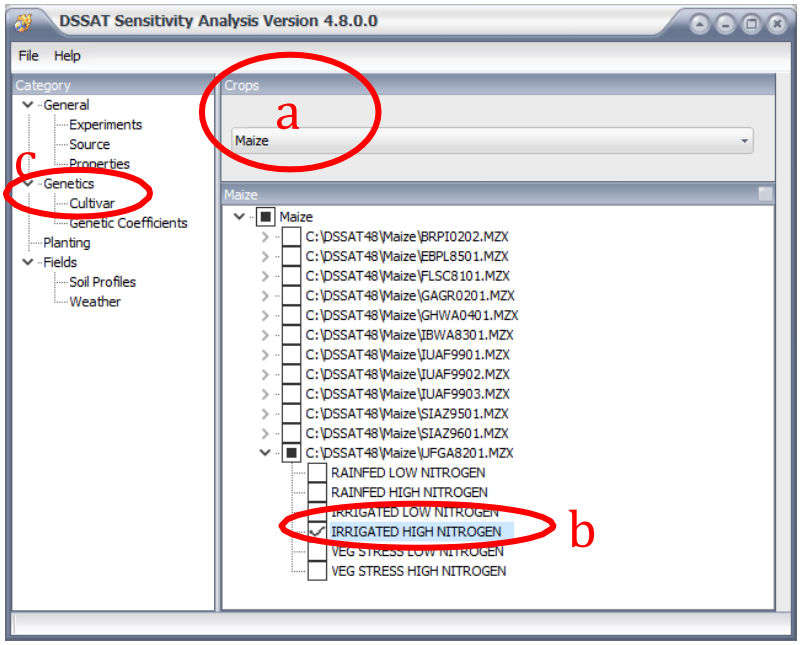
### Praktické cvičení

1. V prostředí DSSAT v4.8 vyberte Příslušenství („Accessories“).
2. V části Příslušenství vyberte nástroj Analýza citlivosti („Sensitivity Analysis tool“) (Obrázek 8).

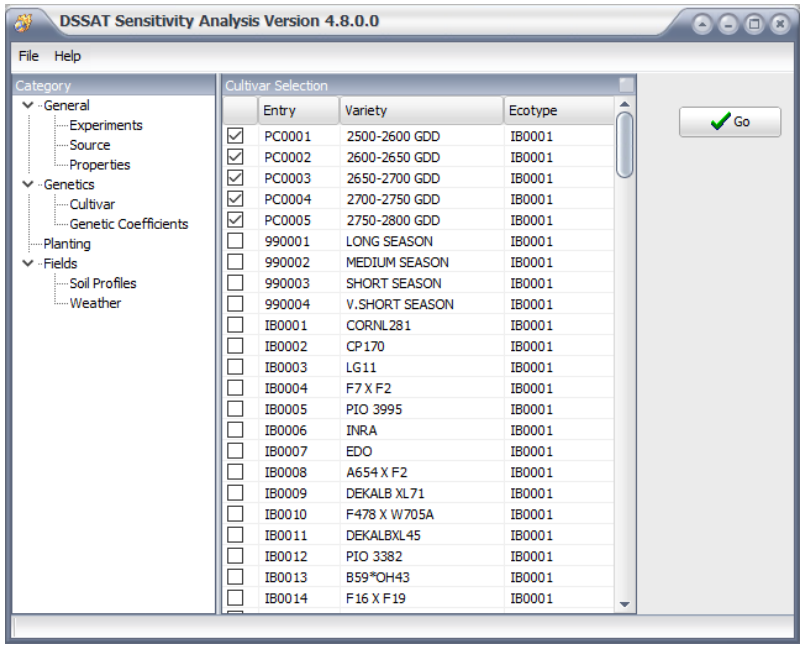



*Obrázek 8 Nástroj pro analýzu citlivosti v části Příslušenství („Accessories“).*

3. Vyberte kukuřici (Maize) v části „Plodiny“ („Crops“) (Obrázek 9a) a kombinaci podmínek „Irrigated High Nitrogen“ (zavlažované, vysoký dusík) v experimentu UFGA8201.MZX (Obrázek 9b).
4. Vyberte možnost kultivar (Cultivar) (Obrázek 9c) a poté vyberte tolik kultivarů, kolik chcete (Obr. 10). Poté stiskněte tlačítko „go“.

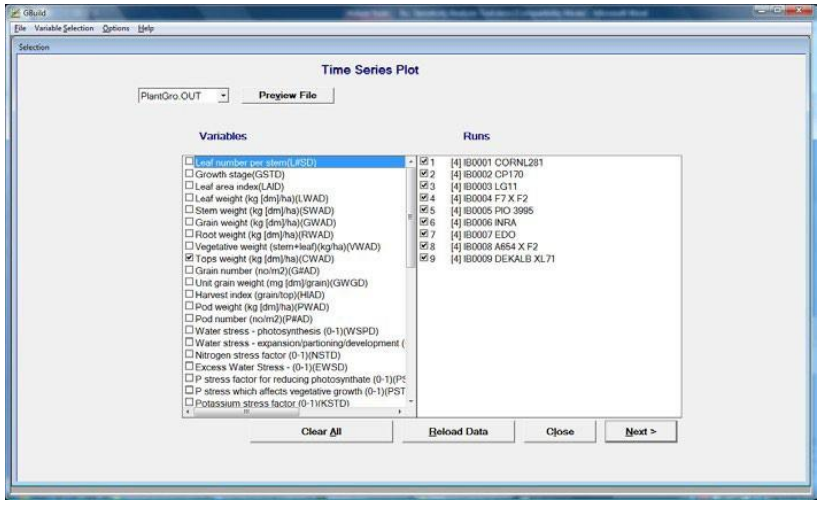



*Obrázek 9 Výběr plodiny, experimentu a kombinace podmínek pro analýzu citlivosti.*



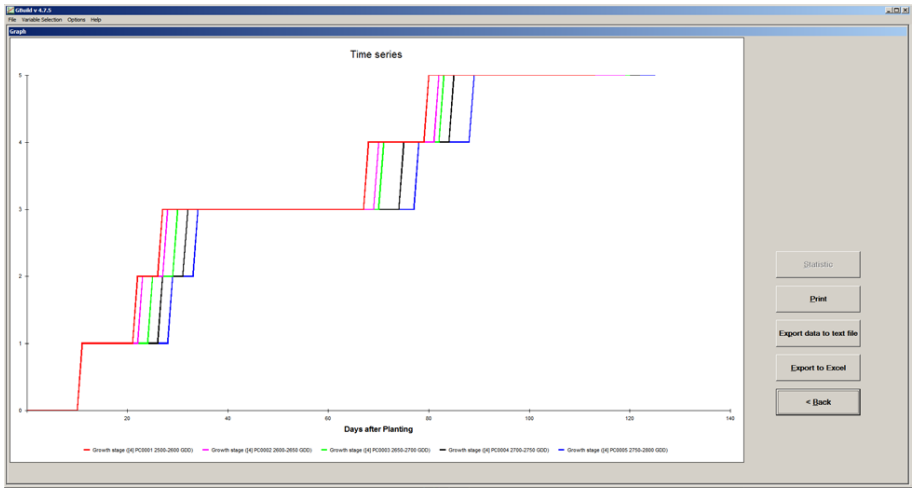

*Obrázek 10 Výběr kultivaru.*

5. Dále stiskněte tlačítko „Vytvořit experiment“ („Create Experiment“), uložte jej pod výchozím názvem a poté klikněte na tlačítko „Zobrazit experiment“ („View Exp“) pro zobrazení souboru FileX, který jste vytvořili. Dále klikněte na tlačítko „Spustit model“ („Run Model“) a poté kliknutím na tlačítko „Analýza“ („Analysis“) vykreslete výsledky pomocí GBuild. Vyberte PlantGro.Out a podívejte se na stádium růstu (Growth Stage) a další proměnné růstu rostlin, jako je listová plocha (LAI), hmotnost vrcholků (Tops weight) a hmotnost semen (Grain weight).



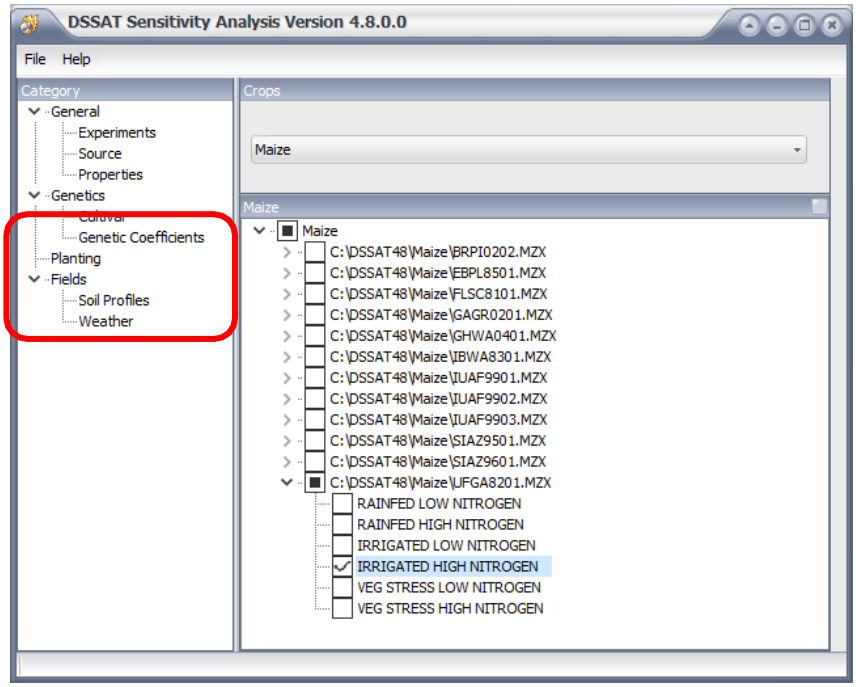



*Obrázek 11 Možnosti výběru proměnných a kombinace podmínek v grafickém programu GBuild.*




*Obrázek 12 Výstup časových řad.*

6. Ostatní proměnné lze rychle zobrazit; je možné vybrat různé půdy a různé možnosti výsadby (datum výsadby, hloubka, populace a rozteč řádků). Kultivarové znaky mohou být různé. Lze také vybrat alternativní půdy a počasí, ale to nemusí fungovat konzistentně.




*Obrázek 13 Dodatečné možnosti pro nástroj analýzy citlivosti.*

Všimněte si, že v analýze citlivosti zatím není k dispozici výběr hnojiva a závlahy.

## *Samostatná práce*

1. **Test data výsevu:** V sekci plodiny (Crop) vyberte kukuřici (**Maize**) a kombinaci podmínek **Rainfed High Nigrogen** (zavlažováno pouze deštěm, vysoká koncentrace dusíku) v experimentu UFGA8201.MZX. Vyberte výsadbu, vytvořte 20denní přírůstek a proveďte 6 iterací (získáte 7 termínů setí). Vytvořte tři grafy, jeden pro listovou plochu (LAI), druhý pro hmotnost vrcholků (Top weight) a poslední pro hmotnost semen (Grain weight). V GBUILD použijte spíše možnost data setí než dny po výsadbě, abyste si mohli vizualizovat různá data. Diskutujte o důvodech kolísání výnosu v závislosti na datu výsevu.

2. **Vícenásobné skupiny zralosti sóji:** V sekci plodiny vyberte sóju (**Soybean**) a kombinaci podmínek **Rainfed Bragg** v experimentu UFGA7901.SBX. Vyberte „Genetika“ („Genetics“) – „Kultivar“ („Cultivar“). Vyberte skupiny 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 a 10. To téměř pokrývá celou škálu dostupných skupin zralosti sójových bobů. Vytvořte čtyři grafy, jeden pro listovou plochu (LAI), druhý pro hmotnost vrcholků (Top weight), třetí pro hmotnost semen (Grain weight) a poslední pro index sklizně (Harvest index). Které skupiny zralosti mají v Gainesville nejvyšší výnos? Diskutujte o důvodech kolísání výnosu.

3. **Analýzy genetické citlivosti:** V sekci plodiny vyberte arašídy (**Peanut**) a kombinaci podmínek **Irrigated** (zavlažováno) v experimentu UFGA7601.PNX. Vyberte „Genetika“ – „Genetické koeficienty“ („Genetic Coefficients“). Poté vyberte znak XFRT a změňte jej od 0,80 do 1,0 v krocích po 0,04, s 5 iteracemi. Než vyberete „Vytvořit experiment“ („Create exp“), vyberte „Kopírovat experimentální data“ („Copy experimental data“). Tím se zkopírují pozorovaná experimentální data do adresáře SensWork. Vykreslete hmotnost lusků (Pod weight), index sklizně lusku (Pod harvest index) a index sklizně (Harvest index). Diskutujte o tom, jak byste tuto metodu analýzy citlivosti použili k určení pravděpodobných genetických koeficientů. To lze provést s jinými vlastnostmi kultivaru, ale musíte vzít v úvahu ovlivnění cílových proměnných výstupů plodiny.

**Praktické cvičení 6:**

# Pokyny pro instalaci a spuštění programu GLUE

Jianqiang He, Cheryl Porter, Paul Wilkens, and James W. Jones 7. července 2010
Aktualizováno 22. srpna 2021

## 1. Přehled

K odhadu genotypově specifických koeficientů pro růstové modely DSSAT se používá program GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation). Jedná se o Bayesovu metodu odhadu, která využívá Monte Carlo vzorkování z předchozích rozdělení koeficientů a Gaussovu funkci pravděpodobnosti k určení nejlepší sady koeficientů na základě dat, která se používají v procesu odhadu. Program GLUE umožňuje uživatelům vybrat plodinu a kultivar, pro které mají být koeficienty odhadnuty. Program pak identifikuje všechny experimenty a kombinace podmínek v souborech dat DSSAT pro plodinu, která má měření pro daný kultivar. Uživatel pak může vybrat jeden nebo více experimentů a kombinací podmínek, které budou použity v procesu odhadu koeficientů. Další možností pro uživatele je upřesnění, zda odhadovat pouze ty koeficienty, které řídí fenologický vývoj, nebo pouze ty, kterésouvisí s expanzivním růstem sušiny, nebo oba typy. Obecně vzato by bylo užitečné odhadnout všechny parametry.

Program náhodně generuje uživatelem zadaný počet (N) sad parametrů z předchozí distribuce hodnot parametrů, nejprve pro fenologické parametry, poté pro růstové parametry. Program GLUE pak provede N simulačních běhů pro fenologické koeficienty a dalších N běhů pro růstové koeficienty. Výstupy modelu slouží k výběru souboru parametrů s maximální hodnotou pravděpodobnosti na základě porovnání simulovaných a pozorovaných proměnných, nejprve pro fenologické parametry, poté pro růstové parametry. Program také počítá nejistoty odhadů (rozptylů) pro každý parametr.

Koeficienty maximální pravděpodobnosti jsou zapsány do souboru ve stejném formátu jako soubor kultivaru pro vybranou plodinu. Tyto hodnoty lze zkopírovat do souboru CUL (např. MZCER048.CUL nebo SBGRO048.CUL atd.), aby fungovaly pro rutinní aplikace DSSAT a další vyhodnocování modelů.

Jaká měření se používají k odhadu koeficientů? Pro vývojové koeficienty se používají měření prvního květu, fyziologické zralosti a data výskytu prvního reprodukčního orgánu. Pro růstové koeficienty se používá konečný výnos zrna, nadzemní biomasa, maximální listová plocha během sezóny, konečná hmotnost lusku, konečný počet listů hlavního stonku a hmotnost jednotky zrna. Použijí se

tedy měření, která jsou v souboru A v DSSAT; jedná se o proměnné měřené pouze jednou během sezóny, z nichž většina byla měřena při sklizni.

Existuje několik předpokladů, které mohou mít významný vliv na výsledné parametry. Prvním z nich je předchozí rozdělení koeficientů, které jsou uloženy v souborech kultivaru pro každý model plodiny v řádcích označených jako „minima“ a „maxima“. Program GLUE předpokládá, že parametry mají rovnoměrné rozložení mezi minimálními a maximálními hodnotami. Toto je konzervativní předpoklad a hodnoty jsou uvedeny v souborech na základě předchozí práce s modely.

Druhým předpokladem je, že konečné chyby mezi simulovanými a pozorovanými hodnotami jsou normálně rozděleny a jsou objektivní. Předpokládané hodnoty rozptylů jsou uvedeny v souborech s názvem MeasurementVariance_All.csv a dalších. Tento předpoklad může být problém, zvláště pokud model není schopen velmi dobře popsat odezvy pro konkrétní experiment nebo pokud pozorování nejsou spolehlivá.

Další problém může nastat, pokud se v experimentu projevily vodní, nutriční nebo jiné stresové faktory, které buď nejsou v modelu zahrnuty nebo které model dobře nereprezentuje. Pokud je to možné, uživatelé by měli používat pouze takové kombinace podmínek, které se blíží podmínkám bez stresu, aby se tyto problémy minimalizovaly. Koeficienty odhadnuté pomocí kombinací podmínek se středně závažnými až závažnými účinky stresu nebudou spolehlivé. V každém případě by uživatelé měli pečlivě zkontrolovat výsledky z jakéhokoli procesu odhadu, aby se ujistili, že výsledky jsou realistické a poskytují dobrá srovnání s pozorováními použitými při odhadu.

Výsledky z procesu odhadu poskytují podmíněné odhady koeficientů. To znamená, že koeficienty jsou nejlépe nastavené vzhledem k použitým měřením, ale koeficienty také závisí na souboru pozorování použitých v procesu.

Dalším potenciálním problémem je fakt, že koeficienty odhadnuté z měření na konci sezóny nemusí správně reprodukovat výsledky pozorovaných časových řad, pokud by taková měření byla provedena. Je potvrzeno, že k tomu dochází v různých experimentech, kdy se používá pouze měření na konci sezóny, ať už s použitím GLUE nebo jiných metod odhadu. Pokud mají uživatelé k dispozici data časových řad, lze tato data použít k upřesnění koeficientů odhadnutých pomocí programu GLUE. V tomto typu Bayesovského procesu odhadu je možné použít měření a simulace v průběhu sezóny, ale existují určité komplikace, které znesnadňují vytvoření robustního a spolehlivého automatizovaného postupu.

Program GLUE je jedním ze dvou nástrojů v DSSAT pro odhadování kultivarových koeficientů pro různé plodiny. První nástroj, vyvinutý L. A. Huntem a dalšími, byl vyvinut ze softwaru GENCALC dostupného v DSSAT v3.5. Každý z nich má své

výhody a nevýhody. Nevýhody programu GLUE jsou v tom, že může pro výpočty vyžadovat mnoho času, v závislosti na počtu kombinací podmínek vybraných pro proces odhadu. Na druhé straně lze metodu GLUE použít bez zásahu uživatelů k vytvoření sady odhadovaných koeficientů. Poskytuje také odhady nejistot parametrů. Tato metoda nezávisí na heuristických pravidlech, takže ji lze jednoduše implementovat pro další plodiny, v případě jejich přidání do DSSAT.

## 2. Instalace programu GLUE

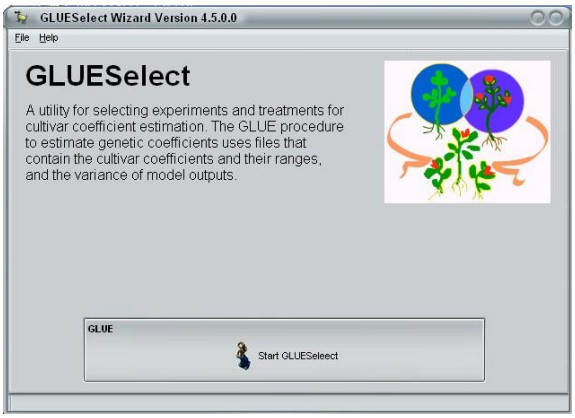
Program GLUE byl vyvinut pomocí statistického programovacího jazyka R. Než budete pokračovat, měli byste mít na svém počítači nainstalovaný program R. Instalační disk DSSAT má možnost nainstalovat R, jak je znázorněno níže. Měli byste vybrat tlačítko „Install R“, aby bylo R k dispozici pro použití při odhadu genetických koeficientů pomocí programu GLUE.

## 3. Použití programu GLUE k odhadu genetických koeficientů

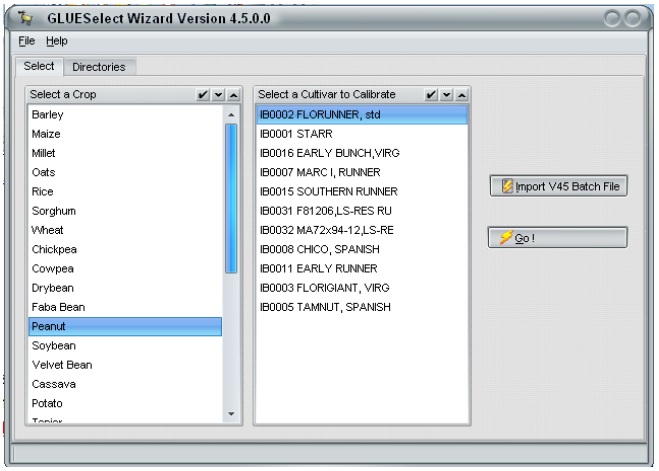
### 3.1 Nastavení podmínek pro odhad koeficientů pomocí GLUE

Program GlueSelect byl napsán Paulem Wilkensem (IFDC) jako nástroj pro DSSAT v4.5. Tento nástroj využívá velkou část kódu, který on a L. A. Hunt vyvinuli pro GenSelect, což je program pro odhad koeficientů kultivarů založený na pravidlech. V současné době program GLUE funguje pro většinu plodin. Plodiny, které jsou vyloučeny z GLUE, jsou uvedeny v souboru ../Tools/GLUE/GlueExcludedModels.csv. Tyto modely byly vyloučeny z různých důvodů, včetně toho, že soubory kultivarů nebyly aktualizovány pro program GLUE nebo plodiny mají nestandardní výstupní proměnné DSSAT, které ještě pro program GLUE nebyly nakonfigurovány. Jsme si však jisti tím, že program

správně odhadne kultivarové koeficienty pro následující plodiny: kukuřice, sója, arašídy, proso, čirok, cizrna, bavlna, bob, sladká kukuřice, rajčata, fazolky, rýže, pšenice a fazole. Uživatelé by měli koeficienty před použitím pečlivě zkontrolovat. To lze provést vložením odhadnutých parametrů do příslušného souboru CUL s následnou interaktivní simulací plodiny pro srovnání s pozorovanými daty.

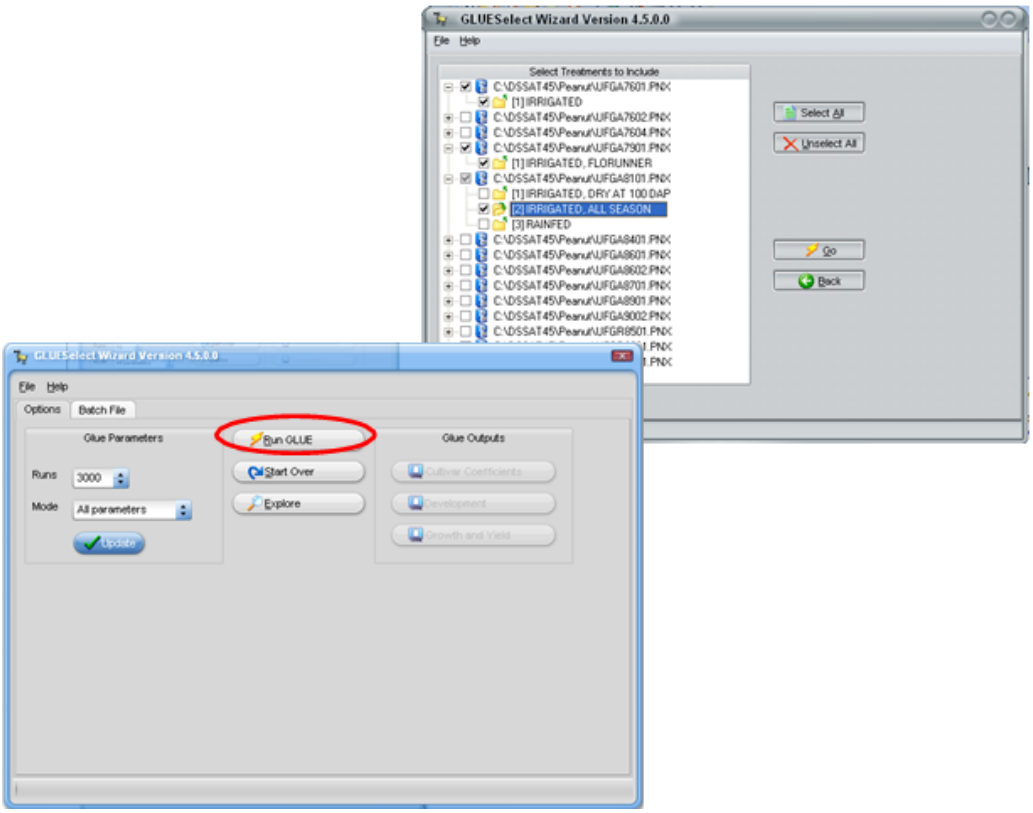



Definice rozsahů nejistot pro měřené proměnné pro všechny plodiny jsou uvedeny v souboru „MeasurementVariance_All.csv“ (viz Příloha A). Tento soubor je uložen v adresáři „C:\DSSAT48\Tools\GLUE\“. Předchozí distribuce parametrů se nacházejí v souborech kultivarů pro každý model plodiny v řádcích „maxima“ a „minima“. Kromě toho je v souboru každého kultivaru uvedeno, zda každý parametr souvisí s fenologií, růstem nebo není zahrnut v odhadu parametru. Pokročilí uživatelé modelů mohou tyto soubory upravovat a nastavovat různé rozsahy parametrů, měnit parametry, které mají být odhadovány, zavádět parametry pro nové plodiny a měnit pořadí, ve kterém jsou odhadovány.




Program GLUE je integrován do prostředí DSSAT48. Uživatel spustí program GlueSelect z nabídky „Nástroje DSSAT“ („DSSAT Tools“) a spustí proces, jak je znázorněno vlevo.

Druhá obrazovka GlueSelect zobrazuje všechny plodiny. Uživatel vybere plodinu, např. arašídy, jak je znázorněno vlevo, a poté konkrétní kultivar, který má být odhadnut (v tomto příkladu „FLORUNNER, std“). Po stisknutí tlačítka „Go“ na této obrazovce se objeví seznam experimentů a kombinace podmínek, jak je zobrazeno níže. V tomto příkladu byly vybrány tři vegetační období ze tří různých let a experimentů. Tyto kombinace podmínek budou simulovány pomocí metody GLUE k odhadu koeficientů, které mají maximální pravděpodobnost jak pro fenologická měření, tak pro měření růstu.




Třetí obrazovka GlueSelect zobrazuje konzolu pro ovládání aktuálních výpočtů GLUE a prohlížení výsledků (níže). V tomto příkladu má být 10 000 běhů pro všechny parametry, což znamená, že bude 10 000 běhů pro fenologické parametry a dalších 3 000 pro růstové parametry. Toto číslo lze změnit na několik, řekněme 10, abyste se ujistili, že program funguje správně. Výsledky z počtu běhů nižšího než 3 000 by však pravděpodobně neposkytly spolehlivé výsledky. Pokud se tedy změní číslo z 3 000 za účelem otestování postupu, pak se musí změnit zpět na číslo 3 000 (nebo vyšší), aby byly získány spolehlivé výsledky. Je v pořádku toto číslo zvýšit za účelem dalšího upřesnění výsledků, ale pokud tak učiníte, bude výpočet trvat déle.

## 3.2. Spuštění programu GLUE

Obrázek výše ukazuje, jak uživatelé spustí simulace pro odhad koeficientů pomocí tlačítka „Spustit GLUE“ („Run GLUE“). Před spuštěním GLUE možná budete chtít zakázat skenování souborů antivirovým softwarem. Naše zkušenost je taková, že systém bude fungovat mnohem rychleji, když je deaktivována antivirová kontrola souborů generovaných DSSAT. Běh programu GLUE může nějakou dobu trvat, například od 0,5 do 2 hodin, v závislosti na tom, kolik období je vybráno pro odhad koeficientů. Z této obrazovky lze zobrazit konečné odhadované koeficienty a zkopírovat je do souboru příslušného kultivaru (.CUL v adresáři

DSSAT48\Genetics) a také prohlížet statistiky (průměr, maximální pravděpodobnost a standardní odchylka odhadovaných koeficientů).

## 3.3 Výsledky programu GLUE

Hlavní výsledky, které budou uživatele zajímat, lze zobrazit výběrem tlačítka „Zobrazit koeficient kultivaru“ („View Cultivar Coefficient“) na hlavní obrazovce. Otevře se editor s konečnými hodnotami odhadovaných koeficientů. Formát souboru je stejný jako soubor CUL pro vybranou plodinu, takže je možné zkopírovat tuto novou sadu koeficientů kultivaru do příslušného souboru CUL a použít jej v dalších simulacích. Všimněte si, že po přidání nového kultivaru do libovolného souboru CUL byste měli použít funkci DSSAT k aktualizace všech seznamů („Update all Lists“).

Všechny výstupy DSSAT a GLUE výpočtů a běhů jsou uloženy v adresáři C:\DSSAT48\GLWork\. Obsah hlavních výstupních souborů je takovýto:

(a) ***Optimální parametry.*** Sada optimálních parametrů, která byla zvolena postupem GLUE, byla při generování dávkového souboru uložena jako soubor „CUL“ pojmenovaný podle názvu a ID vybraného kultivaru. Pokud byl například vybraný kultivar sóji „COBB“, pak soubor „CUL“ je pojmenován jako „SBIB0002 COBB.CUL“ (Tabulka 1 v příloze D).

(b) ***Statistika posteriorních distribucí (hodnoty průměru, standardní odchylky, maximální pravděpodobnosti).*** Dva soubory označené jako „PosteriorDistribution_1.txt“ a „PosteriorDistribution_2.txt“ (Tabulka 2 a 3 v příloze D) ukládají posteriorní distribuce pro každé kolo GLUE, včetně středních hodnot, standardních odchylek a sady parametrů, která má nejvyšší hodnotu pravděpodobnosti v tomto kole výpočtů programu GLUE.

(c) ***Tabulky empirického rozložení parametrů.*** Dva soubory označené jako „RandomParameterSetsAndProbability_1.txt“ a „RandomParameterSets AndProbability_2.txt“ (Tabulka 4 a 5, příloha D) ukládají skutečně použité sady parametrů a jejich odpovídající pravděpodobnosti nebo normalizované hodnoty pravděpodobnosti pro každé kolo výpočtů programu GLUE.

(d) ***Generované sady parametrů.*** Dva soubory označené jako „RealRandomSets_1.txt“ a „RealRandomSets_2.txt“ ukládají skutečně použitou sadu parametrů v každém kole výpočtů programu GLUE.

(e) ***Výsledky posledního běhu modelu.*** Soubor „Evaluate_output.txt“ ukládá obsah výstupního souboru „Evaluate.OUT“ pro každý běh modelu. Protože soubor „Evaluate_output.txt“ je zpracován po každém běhu modelu, bude po výpočtu programem GLUE v souboru „Evaluate_output.txt“ k dispozici pouze výsledek posledního běhu modelu. Tento soubor není potřeba pro

analýzu výsledků, ale je zde popsán, protože bude zobrazen v adresáři a uživatelé modelu by ho měli ignorovat.

(f) ***Výsledky pro výpočet hodnot pravděpodobnosti.*** Dva soubory „EvaluateFrame_1.txt“ a „EvaluateFrame_2.txt“ ukládají připojená data zpracovaných souborů „Evaluate_output.txt“ pro dvě kola výpočtů programu GLUE. V každém souboru jsou uloženy simulované a naměřené výstupy pro každou kombinaci podmínek a každý běh modelu.

(g) ***Kombinovaná hodnota pravděpodobnosti pro každou sadu parametrů.*** Dva soubory označené jako „IntegratedLikelihoodMatrix_Frame_1.txt“ a „IntegratedLikelihoodMatrix_Frame_2.txt” (nejsou zobrazeny) ukládají kombinované hodnoty pravděpodobnosti pro všechny kombinace podmínek v každém běhu modelu nebo pro sadu dosažených parametrů. Například v souboru „IntegratedLikelihoodMatrix_Frame_1.txt“ se ukládají kombinované hodnoty pravděpodobnosti pro pozorování „ADAP“, „MDAP“ a „PD1P“ pro první kolo výpočtů programu GLUE. V souboru „IntegratedLikelihoodMatrix_Frame_2.txt“ se ukládají kombinované hodnoty pravděpodobnosti pro pozorování „PWAM“, „HWAM“, „CWAM“, „LAIX“ a „L#SM“ pro druhé kolo výpočtů programu GLUE. Když je kombinovaná hodnota pravděpodobnosti v jednom sloupci „1“, znamená to, že pozorování chybí.

(h) ***Kombinovaná hodnota pravděpodobnosti pro každou kombinaci podmínek***. Pokud je v experimentu pro proceduru GLUE pouze kombinace dvou podmínek, pak následující soubory „IntegratedLikelihood Treatment_1_1.txt“, „IntegratedLikelihoodTreatment_1_2.txt“, „Integrated LikelihoodTreatment_2_1.txt“, respektive „IntegratedLikelihood Treatment_2_2.txt“, ukládají kombinované hodnoty pravděpodobnosti pro každou kombinaci podmínek v každém kole výpočtů programu GLUE. Například soubor „IntegratedLikelihoodTreatment_1_1.txt“ ukládá kombinovanou hodnotu pravděpodobnosti pro GLUE 1 a jednu podmínku pro všechny generované sady parametrů, stejně jako ostatní soubory. Tyto soubory můžete vidět v adresáři DSSAT48/GLWork po spuštění jakékoli procedury odhadu GLUE.

## 4. Jak přidat novou plodinu

Když je do DSSAT přidána nová plodina, lze také odhadnout koeficienty kultivaru pro tuto plodinu po přidání příslušných informací do souboru ParameterProperty.csv, pokud jsou konvence pojmenování pro měření a simulované výstupy standardizované a stejné jako u jiných plodin. Pokud se však záhlaví pro novou plodinu liší, je třeba do souboru MeasurementVariance_All.csv přidat další informace. Soubor MeasurementVariance_All.csv ukazuje, jak musí být v tabulce nastaveny další listy pro plodiny.

# Přílohy

## Příloha A

## Rozptyly pozorování většiny plodin

| | SMODCH | Rozptyl | CV | Značka | Popis |
|---|---|---|---|---|---|
| ADAP | 3 | 9 | | 1 | Den plného rozkvětu (dap*). |
| MDAP | 7 | 49 | | 1 | Den fyziologické zralosti (dap). |
| PD1T | 4 | 16 | | 1 | Den prvního lusku (YrDoy**). |
| PWAM | | | 0,3 | 2 | Hmotnost lusku / klasu / laty v době zralosti (kg [dm]/ha). |
| HWAM | | | 0,3 | 2 | Výnos ve sklizňové zralosti (kg [dm]/ha). |
| CWAM | | | 0,3 | 2 | Hmotnost vrcholků v době zralosti (kg [dm]/ha). |
| LAIX | | | 0,4 | 2 | Maximální index listové plochy. |
| HWUM | | | 0,1 | 2 | Hmotnost jednotky zrna v době zralosti (g/semeno) |
| L.SM | 3 | 9 | | 2 | Počet listů na stonku v době zralosti. Symbol „#“ byl změněn na „.“, protože je to symbol komentářů v R. |

* dap = day after planting; dny po výsevu / zasazení rostliny

** YrDoy = datum vyjádřené jako číslo roku následované číslem dne v roce

## Příloha B

## Dávkový soubor „COBB.SBC“ vytvořený pomocí GLUESelect

```
$BATCH(CULTIVAR):SBIB0002

COBB@FILEX                                TRTNO     RP     SQ     OP     CO
C:\DSSAT48\Soybean\UFGA8101.SBX               1      0      0      0      0
C:\DSSAT48\Soybean\UFGA8501.SBX               1      0      0      0      0
```

## Příloha C

## Dávkový soubor „GLUE.BAT“

```
C:\PROGRA~1\R\R-33~1.0\bin\x64\RTerm          --slave          <
C:\dssat48\Tools\Glue\Glue.r
```

# Příloha D

## Výstupní soubory procedury GLUE

1. Sada optimálních parametrů uložená jako soubor CUL (SBIB0002 COBB.CUL)

IB0002 COBB (8). SB0801 12.54 0.373 23.83 9.200 20.11 32.63 18.00 1.090 346.0 162.7 1.000 0.184 17.16 1.846 10.00 78.00 0.400 0.200

2. Posteriorní distribuce v prvním kole výpočtů programu GLUE (PosteriorDistribution_1.csv)

| Param | SB_CSDL | SB_PPSEN | SB_EM.FL | SB_FL.SH | SB_FL.SD | SB_SD.PM | SB_FL.LF | SB_LFMAX | SB_SLAVR | SB_SIZLF | SB_XFRT | SB_WTPSD | SB_SFDUR | SB_SDPDV | SB_PODUR | SB_THRSH | SB_SDPRO | SB_SDLIP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean | 12.174 | 0.303 | 23.286 | 9.2 | 18.558 | 31.511 | 18 | 1.03 | 375 | 190 | 1 | 0.158 | 23 | 1.9 | 10 | 78 | 0.4 | 0.2 |
| STDEV | 0.327 | 0.073 | 3.602 | 0 | 2.587 | 2.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MaxProbability | 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.2 | 20.113 | 32.635 | 18 | 1.03 | 375 | 190 | 1 | 0.158 | 23 | 1.9 | 10 | 78 | 0.4 | 0.2 |

3. Posteriorní distribuce v druhém kole výpočtů programu GLUE (PosteriorDistribution_2.csv)

| Param | SB_CSDL | SB_PPSEN | SB_EM.FL | SB_FL.SH | SB_FL.SD | SB_SD.PM | SB_FL.LF | SB_LFMAX | SB_SLAVR | SB_SIZLF | SB_XFRT | SB_WTPSD | SB_SFDUR | SB_SDPDV | SB_PODUR | SB_THRSH | SB_SDPRO | SB_SDLIP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean | 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.2 | 20.113 | 32.635 | 18 | 1.187 | 345.327 | 178.795 | 1 | 0.184 | 18.651 | 2.042 | 10 | 78 | 0.4 | 0.2 |
| STDEV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.105 | 25.85 | 27.183 | 0 | 0.008 | 1.324 | 0.22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MaxProbability | 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.2 | 20.113 | 32.635 | 18 | 1.09 | 346.041 | 162.69 | 1 | 0.184 | 17.165 | 1.846 | 10 | 78 | 0.4 | 0.2 |

4. Příklad náhodných sad parametrů a jejich hodnot pravděpodobnosti v prvním kole výpočtů programu GLUE (RandomParameterSetsAndProbability_1.txt)

| CSDL | PPSEN | EM.FL | FL.SH | FL.SD | SD.PM | FL.LF | LFMAX | SLAVR | SIZLF | XFRT | WTPSD | SFDUR | SDPDV | PODUR | THRSH | SDPRO | SDLIP | Probability |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.227 |
| 12.549 | 0.364 | 26.064 | 9.200 | 21.883 | 29.549 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.117 |
| 11.791 | 0.200 | 26.731 | 9.200 | 15.802 | 34.909 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.115 |
| 11.895 | 0.187 | 27.931 | 9.200 | 16.092 | 34.792 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.103 |
| 11.784 | 0.262 | 21.206 | 9.200 | 13.915 | 29.413 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.095 |
| 12.339 | 0.376 | 19.642 | 9.200 | 19.395 | 28.400 | 18.000 | 1.030 | 375.000 | 190.000 | 1.000 | 0.158 | 23.000 | 1.900 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.085 |

5. Příklad náhodných sad parametrů a jejich hodnot pravděpodobnosti v druhém kole výpočtů programu GLUE (RandomParameterSetsAndProbability_2.txt)

| CSDL | PPSEN | EM.FL | FL.SH | FL.SD | SD.PM | FL.LF | LFMAX | SLAVR | SIZLF | XFRT | WTPSD | SFDUR | SDPDV | PODUR | THRSH | SDPRO | SDLIP | Probability |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.090 | 346.041 | 162.690 | 1.000 | 0.184 | 17.165 | 1.846 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.016 |
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.029 | 342.632 | 189.759 | 1.000 | 0.186 | 17.602 | 1.775 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.015 |
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.110 | 330.573 | 174.342 | 1.000 | 0.186 | 17.317 | 2.364 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.015 |
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.011 | 307.951 | 203.991 | 1.000 | 0.190 | 17.585 | 2.005 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.015 |
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.082 | 339.885 | 225.893 | 1.000 | 0.194 | 18.123 | 1.792 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.015 |
| 12.538 | 0.373 | 23.831 | 9.200 | 20.113 | 32.635 | 18.000 | 1.150 | 375.298 | 163.908 | 1.000 | 0.191 | 17.539 | 1.719 | 10.000 | 78.000 | 0.400 | 0.200 | 0.014 |

**Definice koeficientů kultivarů pro CROPGRO**

| Název | Hodnota | Definice koeficientu kultivaru |
|---|---|---|
| **CSDL** | 13,40 | Kritická délka krátkého dne, pod kterou reprodukční vývoj postupuje rychle bez vlivu délky dne (h) |
| **PPSEN** | 0,285 | Sklon relativní odezvy vývoje na fotoperiodu s časem (1/h) |
| **EM-FL** | 19,0 | Doba od vzejití rostliny do prvního květu (pd †) |
| **FL-SH** | 6,0 | Doba mezi prvním květem a prvním luskem (pd †) |
| **FL-SD** | 14,0 | Doba mezi prvním květem a prvním semenem (pd †) |
| **SD-PM** | 34,0 | Doba mezi prvním semenem a fyziologickou zralostí (pd †) |
| **FL-LF** | 26,0 | Doba mezi prvním květem a koncem expanze listu (pd †) |
| **LFMAX** | 1,03 | Maximální rychlost fotosyntézy listů při 30 °C, 350 ppm $CO_2$ a vysokém osvětlení (mg $CO_2$ $m^2$ $s^{-1}$) |
| **SLAVR** | 375 | Specifická listová plocha kultivaru za standardních růstových podmínek ($cm^2$/g;) |
| **SIZLF** | 180 | Maximální velikost celého listu (složeného listu) ($cm^2$) |
| **XFRT** | 1,0 | Max. podíl denního růstu rozdělený na semeno a skořápku |
| **WTPSD** | 0,19 | Maximální hmotnost semene (g) |
| **SFDUR** | 23,0 | Doba plnění semen pro kohortu lusku (pd †) |
| **SDPDV** | 2,2 | Počet semen na lusk za standardních růstových podmínek (# $pod^{-1}$) |
| **PODUR** | 10,0 | Doba násady lusků (pd †) |
| **FL-VS*** | 12,0 | Čas od prvního květu do ukončení růstu hlavního stonku (pd †) |
| **SDPRO*** | 0,40 | Potenciální bílkoviny ze semen (podíl) |
| **SDLIP*** | 0,20 | Potenciální tuky ze semen (podíl) |
| **THRESH*** | 78,0 | Hmotnostní procento semen v luscích (procento) |

*† Fototermální den.* **Ekotypové rysy často používané k popisu kultivarů.*

# Koeficienty druhů CROPGRO – jednoduché definice

K. J. Boote

```
!*PHOTOSYNTHESIS PARAMETERS
40.00   61.00   0.68                         PARMAX,PHTMAX,KCAN
80.0    2.09    .0105                       CCMP,CCMAX,CCEFF; CO2 EFFECT ON PGCAN
1.90    5.50    20.0    20.0    QDR         FNPGN(4),TYPPGN-LEAF N EFFECT ON PG
3.00    22.0    34.0    45.0    LIN         FNPGT(4),TYPPGT-TEMP EFFECT-CANOPY PG
0.0     8.0     40.0    44.0    48.0  55.0  XLMAXT (6 VALUES)
0.0     0.0     1.0     0.8     0.0   0.0   YLMAXT (6 VALUES)
0.00    19.00   50.0    60.0    QDR         FNPGL(4),TYPPGL-TMIN EFFECT-LEAF PG
.0541   0.20    0.80    2.0                 PGEFF SCV KDIF, LFANGB
.0035   .0004   .3000   4.90    1.030       SLWREF,SLWSLO,NSLOPE,LNREF,PGREF

0.0 .001 .002 .003 .0035 .004 .005 .006 .008 .010 XPGSLW(1-10)
.162 .679 .867 .966 1.000 1.027 1.069 1.100 1.141 1.167 YPGSLW(1-10)
```

PARMAX A PHTMAX – definuje asymptotickou odezvu denní asimilace koruny na denní tok fotosynteticky aktivních fotonů, kde:

PHTMAX je asymptota (g $CH_2O/m^2$/day) a PARMAX je vyjádření molů PPFD (photosynthetic phon flux density – hustota toku fotosynteticky aktivních fotonů), při kterých je asimilováno 63 % maxima. Zvýšením PHTMAX dosáhnete zvýšení růstu sušiny (pouze pro denní volbu).

KCAN – koeficient úbytku světla pro denní volbu koruny, bezrozměrný.

CCMP, CCMAX a CCEFF – všechny jsou normalizované; definují odezvu denní asimilace koruny na $CO_2$ pro denní verzi. CCMP je bod kompenzace koruny, CCEFF je počáteční sklon a CCMAX je normalizovaný bod, který udává, že rychlost (asimilace) koruny může být 2,09krát vyšší při saturaci $CO_2$ než při 350 ppm $CO_2$.

FNPGN (4) a TYPPGN – toto je oboustranná obecná křivka, v tomto případě využívá pouze dva body nejvíce vlevo k popisu reakce fotosyntézy koruny i listů na koncentraci dusíku v listech. QDR definuje kvadratickou křivku zvyšování fotosyntézy od nuly při minimální koncentraci dusíku v listech k maximu při maximální koncentraci dusíku v listech. Stejná funkce odvozená z listu se používá pro možnosti listu a koruny; podprogram PHOTO jej však upraví pro volbu DAILY (denní) se změnou druhé odmocniny.

FNPGT (4), TYPPGT – další oboustranná obecná křivka, v tomto případě LIN znamená lineární 4bodové vyhledávání, které popisuje denní asimilaci koruny jako reakci na průměrnou denní teplotu.

Zbývající parametry fotosyntézy platí pouze pro možnost na úrovni listu (LEAF):

XLMAXT (6 hodnot) a YLMAXT (6 hodnot) – toto je 6bodová vyhledávací funkce, která popisuje relativní rychlost fotosyntetického přenosu elektronů (YLMAXT)

jako reakci na teplotu (XLMAXT). Používá se pouze pro volbu List a ovlivňuje vypočítanou fotosyntézu listů nasycených světlem.

FNPGL (4), TYPPGL – popisuje relativní vliv minimální noční teploty (TMIN) na rychlost fotosyntézy jednoho listu nasyceného světlem následujícího dne. Použijte pouze dvě hodnoty nejvíce vlevo, za předpokladu kvadratické/parabolické odezvy QDR (quantitative disease resistance – kvantitativní odolnost vůči chorobám) od 0,0 do 1,0 (žádný vliv) na fotosyntézu listů.

PGEFF – kvantová účinnost fotosyntézy listů, definovaná při 350 ppm $CO_2$, 21 % kyslíku a 30 °C. Soubor z publikovaných hodnot v literatuře, Ehlringer a Bjorkman.

SCV – rozptyl toku fotosynteticky aktivních fotonů jednotlivými listy (propustnost a odrazivost). KDIF – koeficient extinkce difuzního paprsku.

LFANGB – distribuce úhlu listu (typ), 2 = kulový, Campbell a Norman, 1989. Koruny rostlin: jejich růst, forma a funkce. Viz význam dalších „číslic“, které lze použít.

SLWREF – specifická hmotnost listu (SLW), při které je definována LFMAX.

SLWSLO – rychlost změny SLW s kumulativní hodnotou LAI.

NSLOPE – rychlost změny koncentrace dusíku v listech s kumulativní hodnotou LAI.

LNREF – koncentrace dusíku v listech, při které je definována LFMAX. Měla by být na maximální koncentraci dusíku, ale je o něco nižší. PGREF – používá se pouze pro možnost denní asimilace koruny. Umožňuje kultivarovou změnu LFMAX pro změnu denní asimilace koruny. PGREF by měl být střední hodnotou, nebo reprezentovat standardní používané kultivary, jako je Bragg. Nepoužívá se pro možnost fotosyntézy na úrovni listů v možnosti „hedgerow” (živý plot).

XPGSLW (1–10) a YPGSLW (1–10) – relativní změna v denní asimilaci koruny se změnou průměrné specifické hmotnosti listu, normalizovaná na 1,00 při SLWREF, což je hodnota, která definuje fotosyntézu listů.

```
!*RESPIRATION PARAMETERS
3.5E-04      .0040                    RES30C,R30C2
2.556 2.556  .360    2.830            RNO3C,RNH4C,RPRO,RFIXN
1.242 3.106  2.174   .929 0.05 1.13   RCH20,RLIP,RLIG,ROA,RMIN,PCH2O
```

RES30C – konstanta, g $CH_2O$/g DW/hod, která popisuje udržovací dýchání jako funkci celkové suché hmotnosti plodiny (mínus olej, bílkoviny a škrob v semenech). Konstanta je teplotně závislá.

R30C2 – konstanta, g $CH_2O$/g $CH_2O$ photosynthate/hod, která popisuje udržovací dýchání jako funkci korunové fotosyntézy. Konstanta je závislá na teplotě a sčítá se za 24 hodin.

RNO3C – hmotnost glukózy (v gramech) potřebné pro růstové dýchání a syntézu jednoho gramu bílkovin s dusičnany jako zdrojem dusíku.

RNH4C – hmotnost glukózy (v gramech) potřebné pro růstové dýchání a syntézu jednoho gramu bílkovin s amoniakem jako zdrojem dusíku. Stejné pro dusičnany, protože většina dusíku je přeměněna na $NO_3$ a existují nejisté dodatečné náklady na uhlík pro syntézu organických kyselin pro kationtovou rovnováhu pro rostliny s přísunem $NH_4$.

RPRO – náklady na resyntézu bílkovin z redukovaných N-aminokyselin po rozpadu bílkoviny.

RFIXN – hmotnost glukózy (v gramech) potřebné pro růstové dýchání a syntézu jednoho gramu bílkovin s fixací dusíku (hydrogenáza-negativní) jako zdrojem dusíku.

```
!*PLANT COMPOSITION VALUES
.356  .285  .125  .165  .110  .035  PROLFI,PROLFG,PROLFF,PROSTI,PROSTG,PROSTF
.092  .064  .056  .196  .196  .056  PRORTI,PRORTG,PRORTF,PROSHI,PROSHG,PROSHF
.400  .400  .300  0.03  0.08  0.8   SDPROS,SDPROG,PRONOD,PROMIN,PROMAX,THETA
.405  .649  .711  .434  .315  .480  PCARLF,PCARST,PCARRT,PCARSH,PCARSD,PCARNO
.025  .020  .020  .020  .050        PLIPLF,PLIPST,PLIPRT,PLIPSH,PLIPNO
.070  .070  .070  .280  .020  .070  PLIGLF,PLIGST,PLIGRT,PLIGSH,PLIGSD,PLIGNO
.050  .050  .050  .040  .040  .050  POALF,POAST,POART,POASH,POASD,POANO
.094  .046  .057  .030  .025  .050  PMINLF,PMINST,PMINRT,PMINSH,PMINSD,PMINNO
```

PROLFI, PROLFG, PROLFF – „maximální“, „v průběhu normálního růstu“ a „konečné“ koncentrace bílkovin v listovém pletivu. PROSTI, PROSTG, PROSTF – „maximální“, „v průběhu normálního růstu“ a „konečné“ koncentrace bílkovin ve stonkovém pletivu. PRORTI, PRORTG, PRORTF – „maximální“, „v průběhu normálního růstu“ a „konečné“ koncentrace bílkovin v pletivu kořenů. PROSHI, PROSHG, PROSHF – „maximální“, „v průběhu normálního růstu“ a „konečné“ koncentrace bílkovin v pletivu povrchu semene.

SDPROS, SDPROG – standardní koncentrace bílkovin v semenech, standardní koncentrace „růstové“ bílkoviny semen. Poznámka: nyní pouze standardní reference, může být změněna hodnotou specifickou pro kultivar v souboru ECO. Také může být modifikována nedostatkem či nadbytkem uhlíku nebo dusíku, jak je demonstrováno níže.

PRONOD – koncentrace bílkovin v hlízkách.

PROMIN, PROMAX – minimální a maximální koncentrace dusíku v semenech.

THETA – zakřivení pravoúhlé hyperboly pro omezení (snížení) rychlosti růstu semen pro udržení minimální koncentrace dusíku v semenech. Hodnota 0 je Michaelis-Mentenovo a 1,0 je Blackmanovo dvouřádkové omezení (poslední

umožňuje semenu růst normální rychlostí, ale při nižší koncentraci dusíku, dokud není dosaženo absolutního limitu (PROMIN)). Zakřivení 0,7 až 0,8 funguje nejlépe k pomalému omezení růstu semen při počáteční klesající koncentraci dusíku v semenech.

```
!*SEED COMPOSITION VALUES
7.168 23.65 0.908 0.180          LIPTB, LIPOPT, SLOSUM*100, CARMIN
```

LIPTB & LIPOPT – základní a optimální teplota lineární rovnice popisující změnu koncentrace tuků v semenech jako reakci na teplotu vzduchu. Stanoveno pro sóju E. L. Piperem na základě 20letých zkoušek severních a jižních regionálních odrůd.

SLOSUM*100 – změna (snížení) součtu tuků a bílkovin s rostoucí teplotou vzduchu. Stanoveno pro sóju na základě regionálních odrůdových zkoušek.

CARMIN – minimální koncentrace sacharidů pro tvorbu celulózy. Minimální množství strukturních sacharidů pro tvorbu celulózy u semen.

PCARLF, PCARST, PCARRT, PCARSH, PCARSD, PCARNO – koncentrace sacharidů pro tvorbu celulózy v pletivech listů, stonků, kořenů, povrchu semen, semen a hlízek.

PLIPLF, PLIPST, PLIPRT, PLIPSH, PLIPNO – koncentrace tuků v pletivech listů, stonků, kořenů, povrchu semen a hlízek.

PLIGLF, PLIGST, PLIGRT, PLIGSH, PLIGSD, PLIGNO – koncentrace ligninu v pletivech listů, stonků, kořenů, povrchu semen, semen a hlízek.

POALF, POAST, POART, POASH, POASD, POANO – koncentrace organických kyselin v pletivech listů, stonků, kořenů, povrchu semen, semen a hlízek.

PMINLF, PMINST, PMINRT, PMINSH, PMINSD, PMINNO – koncentrace minerálů v pletivech listů, stonků, kořenů, povrchu semen, semen a hlízek.

```
!*CARBON AND NITROGEN MINING PARAMETERS
0.025 0.75 .260 .090 0.35 0.15          CMOBMX, CADSTF, CADPR1, NMOBMX, NVSMOB, NRCVR
0.04 0.08 0.04 0.08                     ALPHL,ALPHS,ALPHR,ALPHSH
```

CMOBMX – maximální rychlost mobilizace sacharidů z vegetativních pletiv, poměr dostupné zásoby sacharidů za den; CADSTF – podíl zásob sacharidů, které jsou uloženy ve stonku; (1–CADSTF) – podíl zásob sacharidů, které jsou uloženy v listech.

CADPR1 – maximální část hmoty stonku, kterou lze po odkvětu využít ke skladování sacharidů těsně před plným zatížení semen. Akumulace sacharidů pokračuje po odkvětu (R1), dokud semena nejsou plně zatížena.

NMOBMX – maximální rychlost mobilizace bílkovin z vegetativních pletiv během reprodukčního růstu, podíl dostupných zásob bílkovin za den.

NVSMOB – maximální rychlost mobilizace sacharidů z pletiv během vegetativního růstu, podíl dostupných zásob sacharidů za den.

NRCVR – obrat bílkovin v hlízkách, nepříliš významná veličina. ALPHL – podíl růstu nových listových pletiv, která jsou dostupná sacharidům.

ALPHS – podíl růstu nových stonkových pletiv, která jsou dostupná sacharidům.

ALPHR – podíl růstu nových kořenových pletiv, která jsou dostupná sacharidům.

ALPHSH – podíl růstu nových pletiv osemení, která jsou dostupná sacharidům.

```
!*NITROGEN FIXATION PARAMETERS
.045 .170 .014          0.0 0.07 0.05 SNACTM, NODRGM, DWNODI, TTFIX, NDTHMX, CNODCR
   7.00    22.0    35.0    44.0   LIN     FNNGT(4),TYPNGT-TEMP EFF ON NOD GROWTH
   5.00    20.0    35.0    44.0   LIN     FNFXT(4),TYPFXT-TEMP EFF ON N FIX
   0.00    0.85    1.00    10.0   LIN     FNFXD(4),TYPFXD-REL SW-DRY EFF ON N FIX
   -.02    .001    1.00    2.00   LIN     FNFXW(4),TYPFXW-REL SW-WET EFF ON N FIX
   0.00    0.10    1.00    0.00   INL     FNFXA(4),TYPFXA-AGE EFF ON N FIX
```

SNACTN – specifická nitrogenázová aktivita hlízkových pletiv, hmotnost dusíku (v gramech) fixovaného na 1 g hmoty hlízek za den. NODRGM – relativní rychlost růstu hlízek, gram na gram za den.

DWNODI – počáteční hmotnost hlízek na rostlinu, gramy na rostlinu.

TTFIX – zpoždění iniciace hlízek ve fyziologických dnech (v praxi jsme nikdy neměli nenulovou hodnotu, je potřeba začít hned).

NDTHMX – maximální míra úhynu hlízek, podíl za den.

CNODCR – minimální spotřeba sacharidů na jednotku hmotnosti (g) hlízky za den, aby se zabránilo nástupu stárnutí hlízky.

FNNGT (4), TYPNGT – teplotní křivka (LIN pro lineární čtyřbodovou funkci) popisující relativní rychlost růstu hlízek vůči teplotě půdy (o této křivce toho moc nevíme a odvozujeme ji z terénních dat, viz Sexton et al., 1998).

FNFXT (4), TYPFXT – teplotní křivka (LIN pro lineární čtyřbodovou funkci) popisující relativní rychlost fixace dusíku vůči teplotě půdy (o této křivce toho moc nevíme a odvozujeme ji z terénních dat, viz Sexton et al., 1998).

FNFXD (4), TYPFXD – relativní vliv vodního deficitu rostlin na fixaci dusíku a růst hlízek. Zkušenosti ukázaly, že použití půdní vody v hloubce půdy 5–40 cm nedává dobré výsledky.

FNFXW (4), TYPFXW – relativní vliv přebytku půdní vody (mezi DUL a SAT) v hloubce půdy 5–40 cm na fixaci dusíku a růst hlízek.

FNFXA (4), TYPFXA – relativní účinek stárnutí na fixaci dusíku po začátku tvorby semen.

```
!*VEGETATIVE PARTITIONING PARAMETERS
0.0 1.5     3.3 5.0 7.8 10.5 30.0 40.0                  XLEAF VALUES
0.41 0.42 0.42 0.41 0.36 0.32    0.31 0.31              LEAF VALUES
0.09 0.13 0.21 0.29 0.37 0.49    0.49 0.49              YSTEM VALUES
0.55 0.58 0.55 0.24 1.00 0.05                           WTFSD,PORPT,FRSTMF,FRLFF,ATOP,FRCNOD
```

XLEAF, YLEAF, and YSTEM – rozdělení sušiny mezi vegetativní pletiva jako funkce vegetativního stadia, a to na list, stonek a kořen; součet se musí rovnat jedné.

WTFSD – podíl počáteční suché hmotnosti semene; je možné jej upravit pro různé velikosti semen.

PORPT – když listy stárnou, je degradována také hmota stonku v části blízké stárnoucímu listu. Jde o náhradu hmoty řapíku (v modelu to není reálná stavová proměnná). Lze uvažovat o poměru hmoty řapíku k hmotě listu. Pro rostlinu, která neztrácí řapíky, musí být tento poměr malý.

FRSTMF – podíl růstu sušiny vegetativních částí rostliny odpovídající stonku v „konečné“ fázi; NDLEAF, když je expanze listů zcela dokončena.

FRLFF – podíl růstu sušiny vegetativních částí rostliny odpovídající listu v „konečné“ fázi, NDLEAF, když je expanze listů zcela dokončena.

ATOP – maximální podíl sušiny výhonků, který může být převeden do růstu kořenů při maximálním deficitu vody (SWFAC = 0,0) v reakci na nedostatek vody.

FRCNOD – „bypassový“ tok pro růst hlízek; podíl sušiny nových kořenů, která je převedena na růst hlízek, primárně působí během raného vegetativního růstu. Zkušenosti s modelováním ukázaly, že je zadání této veličiny nutné, aby se zabránilo zpoždění ve tvorbě hlízek a fixaci dusíku.

```
!*LEAF GROWTH PARAMETERS
180.    350.    171.4   5.0     0.0             FINREF,SLAREF,SIZREF,VSSINK,EVMODC
950.    250.0   -.048   1.50                    SLAMAX,SLAMIN,SLAPAR,TURSLA
0.0     1.0     2.0     3.0     4.0     5.0     XVGROW(1-6), VSTAGE VALUES
0.0     20.0    55.0    110.0   200.0   320.0   YVREF(1-6), LEAF AREA VALUES,CM2
-50.0   00.0    12.0    22.0    60.0            XSLATM(1-5),TEMP VALUES
0.25    0.25    0.25    1.00    1.0             YSLATM(1-5),EFFECT ON SLA
```

FINREF – specifická listová plocha ($cm^2/g$) listů při vzejití rostlin, škálována přes SLAVAR.

SLAREF – specifická listová plocha ($cm^2/g$) standardního referenčního kultivaru na vrcholu rané vegetativní fáze, za optimální teploty, vody a světla.

SIZREF – předpokládaná plocha listu na trojčetný (tetrafoliátní) list pro list v poloze páté uzliny. Používáme ji k úpravě rychlosti expanze listové plochy pro první uzliny listu (VSSINK), abychom omezili rychlost expanze listové plochy až do VSSINK.

VSSINK – fáze vegetativního růstu, během které může být omezena expanze listové plochy a fotosyntéza. Po této vegetativní fázi růstu je růst zcela řízen zdrojem.

EVMODC – modifikátor rychlosti výskytu vegetativních uzlin pro prvních několik uzlin, primárně používaný pro arašídy; není příliš důležitý.

SLAMAX, SLAMIN, SLAPAR – tyto tři hodnoty popisují reakci specifické listové plochy dnešní nové listové plochy na sluneční záření: SLAMAX jsou (nejtenčí) listy, které mohou být pod slabým osvětlením, zatímco SLAMIN jsou (nejtlustší) listy, které mohou být pod silným osvětlením, SLAPAR popisuje zakřivení. Funkce a zakřivení pochází od Coxe et al. pro reakci arašídů na světlo ve fytotronu. SLAMAX a SLAMIN určují specifickou listovou plochu daného druhu. SLAVAR nebo SLAREF by se k tomu neměly používat.

TURSLA – vliv modifikátoru vodního stresu (TURFAC) na expanzi listové plochy; méně důležitý. XVGROW (1–6) – vyhledávací tabulka hodnot vegetativní fáze.

YVREF (1–6) – příslušná maximální plocha listů ($cm^2$/rostlina) v odpovídající fázi V, součást možného limitního rozšíření listové plochy pro první uzliny VSSINK.

XSLATM(1–5), YSLATM(1–5) – relativní vliv teploty na specifickou listovou plochu nově vytvořených listů.

```
!*LEAF SENESCENCE FACTORS
0.80 0.20 0.06 -2.22 -5.00          SENRTE,SENRT2,SENDAY,FREEZ1,FREEZ2
0.80 10.0  ICMP,TCMP(Light comp, time constant-senes)
! .....XSTAGE..... .....XSENMX.....
     0.0 5.0 14.0 30.0              3.0 5.0 10.0 30.0
! .....SENPOR..... .....SENMAX.....
     0.0 0.0 0.12 0.12              0.0 0.2 0.6 0.6
```

SENRTE – hmotnost (v gramech) listové hmoty (ve které jsou již vyčerpané dostupné listové bílkoviny), která se ztrácí na gram mobilizované bílkoviny.

SENRT2 – rychlost opadávání listů po fyziologické zralosti (R7), poměr na den.

SENDAY – maximální rychlost opadávání listů, poměr na den, v reakci na nedostatek vody.

```
!*ROOT PARAMETERS
25.0 7500. 0.020 0.1 .015 1.50 0.04 RTDEPI, RFAC1, RTSEN, RLDSM, RTSDF, RWUEP1, RWUMX
0.0 2.50 3.0 2.50 6.0 2.50 30.0 2.50          XRTFAC, YRTFAC
0.006 0.006          RTNO3, RTNH4
```

FREEZ1 – teplota, pod kterou jsou listy usmrceny, ale stonky, lusky a semena zůstávají naživu, vývoj do zralosti postupuje a semena mohou růst na mobilizovaných rezervách.

FREEZ2 – teplota, pod kterou se vývoj a simulace růstu plodin zastaví.

ICMP, TCMP – bod kompenzace světla (mol PPFD/$m^2$/d) a časová konstanta (dny) pro stárnutí spodních listů kvůli nadměrnému samozastínění korunou porostu.

SENPOR vs. XSTAGE – podíl opadu listů, ke kterému normálně dochází v dané fázi vegetativního vývoje.

SENMAX vs. XSENMX – maximální přípustný opad listů v důsledku vodního stresu, ke kterému může dojít v dané fázi vegetativního vývoje .

```
!*ROOT PARAMETERS
25.0 7500. 0.020 0.1 .015 1.50 0.04          RTDEPI, RFAC1, RTSEN, RLDSM, RTSDF, RWUEP1, RWUMX
0.0 2.50 3.0 2.50 6.0 2.50 30.0 2.50          XRTFAC, YRTFAC
0.006 0.006          RTNO3, RTNH4
```

RTDEPI – počáteční hloubka kořenů při vzejití, cm. FRAC1 – délka kořenů na jednotku hmotnosti (cm na g).

RTSEN – stárnutí kořenů, podíl za fyziologický den. RLDSM – více informací o stárnutí kořenů.

RTSDF – ještě více informací o stárnutí kořenů.

RWUEP1 – poměr potřeby odpařování; příjem vody pomocí kořenů, při kterém je TURFAC = 1,00 a klesá pod tento poměr. RWUMX – maximální příjem vody pomocí kořenů na jednotku délky kořene.

YRTFAC vs. XRTFAC – maximální rychlost zvětšování hloubky kořene, cm za fyziologický den. $RTNO_3$, $RTNH_4$ – maximální příjem $NO_3$ nebo $NH_4$ na jednotku délky kořene.

```
!*SEED AND SHELL GROWTH PARAMETERS
0.60  0.3   0.00  100.                    SETMAX, SRMAX, RFLWAB, XMPAGE
15.0  0.0   0.0                          DSWBAR, XFRMAX, SHLAG
14.0  21.0  26.5  40.0  QDR              FNPDT(1-4), TYPPDT-TEMP EFFECT ON POD SET
6.0   21.0  23.5  41.0  QDR              FNSDT(1-4), TYPSDT-TEMP EFFECT ON SD GRWTH
0.00  5.00  20.0  35.0  45.0  60.0       XXFTEM(1-6), TEMPERATURES
1.00  1.00  1.00  1.00  0.00  0.00       YXFTEM(1-6), REL CHG IN PARTIT
0.00  0.50  1.00  1.00                    XSWFAC(1-4)
0.00  1.00  1.00  1.00                    YSWFAC(1-4)
0.00  0.01  0.25  1.00  1.00              XSWBAR(1-5), REL WATER TOPSOIL
1.00  1.00  1.00  1.00  1.00              YSWBAR(1-5), EFFECT ON PNUT PEGGING
```

SETMAX – podíl počtu lusků a semen pro nastavení v dané kohortě, pokud je poměr nabídky a poptávky pro tuto kohortu menší než 1,0. Toto je koeficient, který funguje pouze tehdy, když se přidává posledních pár lusků. Z tohoto důvodu není tato hodnota příliš důležitá a má malý účinek.

SRMAX – podíl snižování potenciální rychlosti růstu jednotlivých semen za zcela neoptimální délky dne. RFLWAB – opad květů.

XMPAGE – maximální věk kohorty, po jehož překročení se růst semen zastaví. DSWBAR – hloubka plodové zóny pro arašídy, ve které podíl dostupné půdní vody ovlivňuje tvorbu plodů arašídů.

XFRMAX – stupeň zvýšení dělení do lusků; spíše než vegetativní růst, když během růstu lusku dochází k nedostatku vody.

SHLAG – fáze pomalého růstu (zpoždění) v růstu osemení (používá se především pro arašídy).

FNPDT (1–4), TYPPDT – relativní teplotní účinek (2stranný parabolický tvar, dva střední body jsou optimální), který ovlivňuje rychlost přidávání lusků. Převzato z několika zdrojů dat. Nedávné důkazy naznačují, že kultivary sóji se liší v této citlivosti lusku nastavené na chladnou teplotu. V další verzi bude použit ekotypový znak k úpravě této křivky. Nedávné důkazy ukazují, že optimální teplota je vyšší.

FNSDT (1–4), TYPSDT – relativní teplotní účinek (2stranný parabolický tvar, dva střední body jsou optimální), který ovlivňuje rychlost růstu jednotlivých semen. Funkce je převzata od Egliho a Wardlawa a byla potvrzena experimenty SPAR na Floridě.

YXFTEM (1–6) vs. XXFTEM (1–6) – tyto veličiny popisují 6bodovou křivku relativního rozdělení vůči teplotě. Dobrý důkaz pro teplotní účinky na horním konci, ale KJB si myslí, že YXFTEM by měl být 1,0 pod 20. Nastavte pomalejší fenologii (z chladné teploty) nebo pomalejší počet lusků jako primární důvod pro snížení výnosu na spodním konci.

YSWFAC (1–4) vs. XSWFAC (1–4) – tyto veličiny popisují vliv nedostatku vody v půdě na přidávání lusků, navíc k účinkům zásobování asimilátem.

YSWBAR (1–5) vs. XSWBAR (1–5) – relativní reakce věšení arašídových plodů v reakci na půdní vodu dostupnou pouze v horním SWBAR půdy. Funkce by neměla mít žádný vliv (měla by být nastavena na hodnotu 1,0) na sóju nebo fazol obecný.

```
!*POD LOSS PARAMETERS
N 6.0 .3961 -.865 1.00 0.00       DETACH,DWC,PR1DET,PR2DET,XP1DET,XP2DET
```

Bez vysvětlení jsou výše uvedené funkce ztráty lusků, které lze zapnout (označením Y), aby způsobily ztráty lusků u arašídů. Kalibrace jsou dostupné pro arašídy odrůdy Florunner od W. D. Batchelora. Nechte jej označený jako „N“, pokud nevíte, co děláte.

```
!*PHENOLOGY PARAMETERS
! TB          TO1         TO2         TM          I
7.0           28.0        35.0        45.0        1  VEGETATIVE DEVELOPMENT
6.0           26.0        30.0        45.0        2  EARLY REPRODUCTIVE DEVELOPMENT
-15.0         26.0        34.0        45.0        3  LATE REPRODUCTIVE DEVELOPMENT
```

Jedná se o 4bodovou vyhledávací funkci základní teploty (TB), prvního optima (TO1), druhého optima (TO2) a maximální teploty (TM). Relativní rychlost je nula u TB a TM a optimální (1,0) u TO1 a TO2. Mezi těmito body je možné použít lineární (LIN) nebo parabolickou (QDR) funkci. Příznak I = 1, 2 nebo 3 je příznak pro teplotní funkci ovlivňující pouze vegetativní fázi (V fázi), časný reprodukční a pozdní reprodukční vývoj. Viz použití 1, 2 nebo 3 v „cestovní mapě“ fenologického vývoje, která je uvedena níže.

```
!FOLLOWING LINE: STAGE; REF STAGE; PHOTOPERIOD FUNCTION; TEMPERATURE FUNCT;

!POINTER TO VEGD(1) OR REPDA(2) OR REPDB(3) TEMP SENS; SENS TO WATER;N; AND P

1   1   NON  LIN  1  -0.20  0.00  0.00  PLANT(STG 1) TO EMERG(STG 2) PHASE
2   2   NON  LIN  1  -0.20  0.00  0.00  EMERG(STG 2) TO V1(STG 3) PHASE
3   2   NON  LIN  1  -0.40  0.00  0.00  EMERG(STG 2) TO END JV(STG 4) PHASE
4   4   INL  LIN  2  -0.40  0.00  0.00  END JV(STG 4) TO FL IND(STG 5) PHASE
5   5   INL  LIN  2  -0.40  0.00  0.00  FL IND(STG 5) TO 1ST FL(STG 6) PHASE
6   6   INL  LIN  2  -0.40  0.00  0.00  1ST FL(STG 6) TO 1ST PEG(STG 7) PHASE
7   6   INL  LIN  2  -0.40  0.00  0.00  1ST FL(STG 6) TO 1ST POD(STG 8) PHASE
8   6   INL  LIN  2  -0.40  0.00  0.00  1ST FL(STG 6) TO 1ST SD(STG 9) PHASE
9   9   INL  LIN  3  0.70   0.40  0.00  1ST SD(STG 9) TO LST SD(STG 10) PHASE
10  9   INL  LIN  3  0.70   0.40  0.00  1ST SD(STG 9) TO PH MAT(STG 11) PHASE
11  11  NON  NON  1  0.00   0.00  0.00  PH MAT(STG 11) TO H-MAT(STG 12) PHASE
12  6   INL  LIN  2  -0.60  0.00  0.00  1ST FL(STG 6) TO LST VST(STG 13) PHASE
13  6   INL  LIN  2  -0.90  0.00  0.00  1ST FL(STG 6) TO LST LF(STG 14) PHASE
```

Existuje 13 fází životního cyklu (STAGE). Druhá hodnota (REF STAGE) udává stupeň, ve kterém se může spustit akumulátor nové fáze. Třetí parametr udává, zda neexistuje žádná fotoperiodická citlivost (NON) nebo naopak existuje fotoperiodická citlivost (INL = CSDL se sklonem PP-SEN). Čtvrtý parametr udává, zda má teplotní funkce používat lineární (LIN) nebo kvadratickou (QDR) nebo sinusovou (SIN) funkci a pátý parametr (1, 2 nebo 3) udává, kterou teplotní funkci použít. 6., 7. a 8. parametr udávají, zda je vývoj v této fázi citlivý na deficit vody, deficit dusíku nebo deficit fosforu (poslední zatím neexistuje). Fáze vpravo verbálně popisují fázi životního cyklu.

```
!*CANOPY HEIGHT AND WIDTH GROWTH PARAMETERS

! VSTAGE, FOLLOWED BY INTERNODE LENGTH PER NODE, THEN CANOPY WIDTH PER NODE
0.00 1.00 4.00 6.00 8.00 10.00 14.00 16.00 20.00 40.00                XVSHT(1-10)
.0300 .0530 .0630 .0660 .0690 .0660 .0620 .0510 .0340 .0060           YVSHT(1-10)
.0300 .0510 .0620 .0640 .0660 .0630 .0590 .0460 .0250 .0010           YVSWH(1-10)

-50.0 00.0 15.0 26.0 60.0                                  XHWTEM(1-5),TEMPERATURES
0.40 0.40 0.50 1.00 1.00                                   YHWTEM(1-5),RELATIVE EXPAN
0.00 5.00 7.50 10.00 15.00 20.00 30.00 80.00               XHWPAR(1-8),PAR VALUES
4.00 2.00 1.50 1.25 1.05 1.00 1.00 1.00                    YHWPAR(1-8),RELATIVE EXPAN
```

YVSHT (1–10) a YVSHH (1–10) vs. XVSHT (1–10) – tyto parametry popisují délku internodií (metry na internodium) a nárůst šířky koruny na internodium jako funkci vegetativní fáze uzliny. Raná internodia jsou kratší, střední jsou delší a některé plodiny zkracují délku pozdějších internodií.

YHWTEM (1–5) vs. XHWTEM (1–5) – tyto parametry popisují relativní vliv teploty na délku internodií.

YHWPAR (1–8) vs. XHWPAR (1–8) – tyto parametry popisují relativní prodloužení internodií vůči hustotě toku fotosynteticky aktivních fotonů (na mol).

```
!*EVAPOTRANSPIRATION
0.70 1.0     KEP, EORATIO
```

KEP – extinkční koeficient slunečního záření pro rozdělení potenciální ET vůči T. Dříve měl hodnotu KCAN + 0,15. Tato hodnota byla ale příliš vysoká, jak ukázaly experimenty Saua a Bootea. Snížením této hodnoty z 0,85 na 0,70 pro fázi V4,0 se zlepšily výsledky pro začátek sezóny (byl vytvořen menší vodní stres). Hodnota tohoto parametru by měla být podobná KCAN, který byl snížen z 0,70 na 0,68 pro fázi V4,0. Pro účely kalibrace jej zatím ukládejte odděleně.

EORATIO – tato veličina by měla být použita pouze pro novou referenční metodu FAO-56 pro výpočet ET pro zvýšení ET nad referenční metodu jako funkce zvýšení LAI. Doporučujeme hodnotu asi 1,1 pro sóju a bob. Tím se zvýší potenciální ET o poměr 1,1 při LAI 6 ve srovnání s referenční hodnotou (nízký trávník s LAI 2,88). Tento přístup je využíván také programem CROPSYS.

# Kalibrace koeficientu kultivaru pomocí nástroje GLUE

## Úvod

V tomto cvičení použijeme nástroj GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation – obecný odhad nejistoty pravděpodobnosti) v DSSAT v4.8 k odhadu parametrů genetických koeficientů pro konkrétní kultivar sóji.

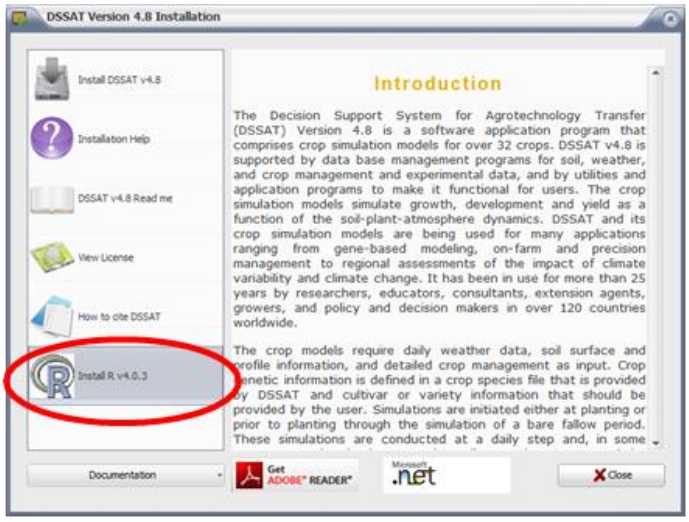
## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Inicializovat nástroj GLUE pro první použití.
- ✓ Nastavit soubory pro odhad parametrů kultivaru.
- ✓ Spustit nástroj GLUE.
- ✓ Analyzovat výstupy z nástroje GLUE.

## Software „R“

V tomto cvičení budete používat software „R“, který je potřeba nainstalovat před spuštěním programu GLUE. Kopie softwaru „R“ je poskytnuta jako součást instalačního programu DSSAT. Alternativně si můžete software stáhnout ze softwarového portálu „R“ na webové adrese https://www.r-project.org/.

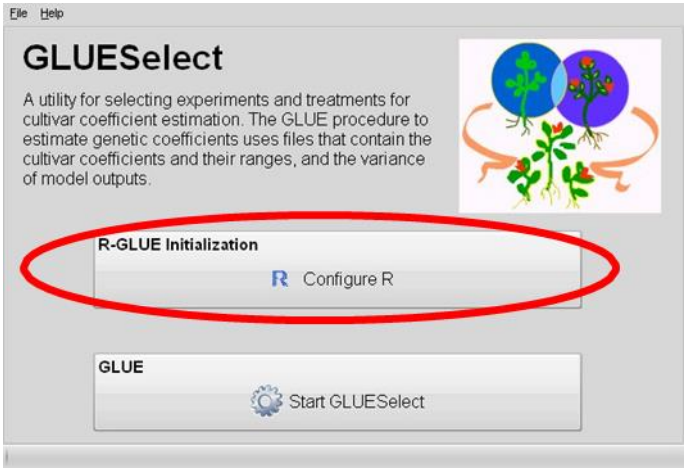


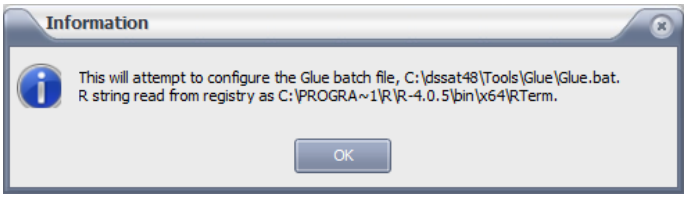

Po úspěšné instalaci softwaru „R“ postupujte podle pokynů uvedených níže.

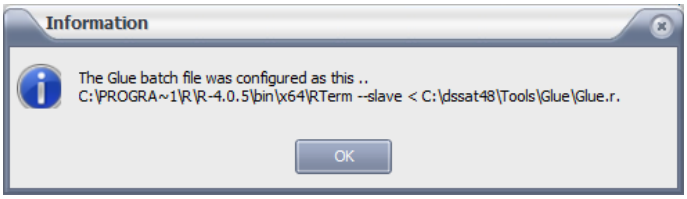
## Praktické cvičení

V sekci Příslušenství (Accessories) programu DSSAT v4.8 vyberte „GLUE Coefficient Estimator“.

1. Inicializujte GLUE pro první použití: Při prvním spuštění nástroje GLUE je třeba provést několik jednorázových kroků. Pokud je to úplně první spuštění nástroje GLUE, bude obrazovka vypadat jako na obrázku níže. Vyberte tlačítko „Konfigurovat R“ („Configure R”). Objeví se okno DOS a cesta k vaší instalaci R by měla být detekována a zapsána do souboru GLUE.BAT. Vícekrát se tato možnost konfigurace softwaru „R“ na obrazovce GLUESelect nezobrazí.



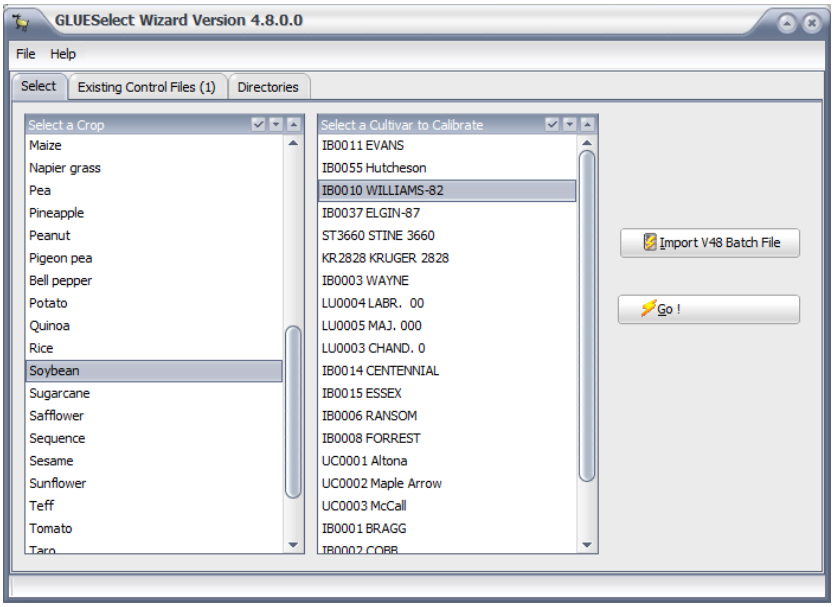




2. Spusťte GLUESelect: Klikněte na tlačítko „Start GLUESelect“.

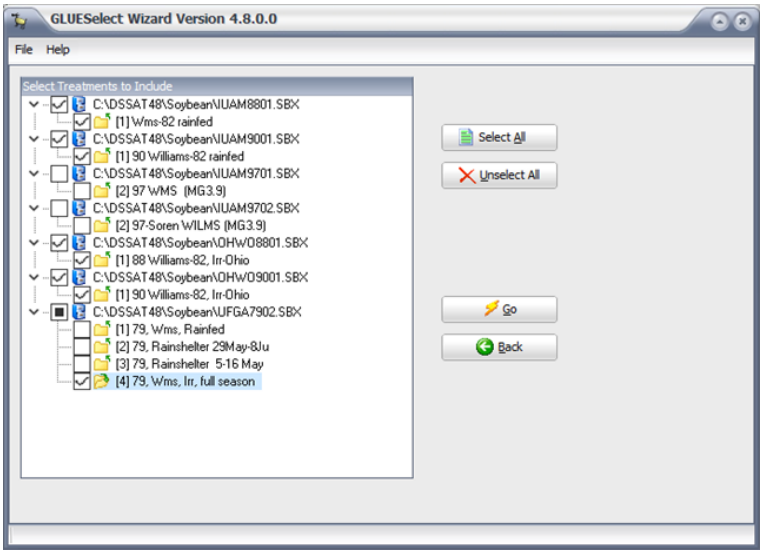
Na další obrazovce vyberte plodinu a poté kultivar, pro který chcete odhadnout parametry. Pro tento příklad zvolte sóju, kultivar typu „IB0010 WILLIAMS-82“.

Klikněte na tlačítko „Go!“.




3. Vyberte experimenty, které chcete optimalizovat: obecně je nejlepší odhadnout genetické parametry na základě experimentů, které pokrývají různorodou škálu termínů výsevu a zeměpisných šířek, které prošly minimálním vodním nebo dusíkovým stresem, pro které platí jak fenologická pozorování, tak konečný růst, a byla u nich také provedena měření výnosu. Z tohoto důvodu vybereme pro kultivar sóji „Williams“ následující experimenty a kombinace podmínek:
    - IUAM8801.SBX, kombinace podmínek 1 (vykazuje určitý vodní stres, ale má velmi dobré kalibrační údaje)
    - IUAM9001.SBX, kombinace podmínek 1
    - OHWO8801.SBX, kombinace podmínek 1
    - OHWO9001.SBX, kombinace podmínek 1
    - UFGA7902.SBX, kombinace podmínek 4 (zde probíhala plná závlaha; kombinace podmínek 1, 2 a 3 byly zatíženy vodním stresem).

Klikněte na tlačítko „Go“ a poté vyberte možnost „zálohování dat“ (pokud budete vyzváni) a uložte dávkový soubor GLUE.




**4.** Spusťte GLUE. V tomto okamžiku byste měli vidět obrazovku uvedenou níže. Počet běhů je v nástroji GLUE na začátku nastaven na hodnotu 10. Tento počet nestačí k adekvátnímu odhadu parametrů. Mělo by být použito alespoň 10 000 běhů. Kvůli času však v tomto cvičení nastavíme počet běhů na 100. Nejprve je potřeba kliknout na tlačítko „Update“ a poté stisknout tlačítko „Run GLUE“. Pro každou vybranou kombinaci podmínek proběhne 200 běhů (100 pro fenologii a poté 100 pro růstové parametry).

**Tip pro odstraňování problémů:** Pokud model nefunguje, zkontrolujte, zda jste správně nainstalovali software R. Pokud je již R na vašem počítači nainstalován, nakonfigurujte soubor R.bat výběrem „Setup GLUE bat file“ z rozbalovací nabídky Soubor (File).

**Tip pro odstraňování problémů:** Předtím, než zkusíte použít experimenty zvolené pro kalibraci v programu GLUE, se ujistěte, že tyto experimenty fungují správně i v prostředí DSSAT.

## *Samostatná práce 1*

Podívejte se na GLUE Outputs for Development (Výstupy GLUE pro vývoj) (Posterior Distribution 1) a Growth and Yield (Růst a výnos) (Posterior Distribution 2). Jak moc se tyto hodnoty liší od původních hodnot? Co ukazují distribuce o různých parametrech?

## *Samostatná práce 2*

Porovnejte simulace provedené s koeficienty kultivaru před a po změně parametrů pomocí nástroje pro analýzu citlivosti. (*TIP: K tomu budete muset zkopírovat řádek textu s parametry nového kultivaru do souboru kultivaru: C:\DSSAT48\Genotype\SBGRO048.CUL. Tento řádek textu vložte těsně pod originální údaje, IB0010 WILLIAMS-82. Změňte název kultivaru na „DS0001 DSSAT Workshop cul". Ujistěte se, že parametry kultivaru jsou zarovnány pod původními parametry.*).

Nástroj Sensitivity (Citlivost) můžete použít pro simulaci původního i nově vytvořeného kultivaru pro jednu kombinaci podmínek v jednom čase.

Porovnejte simulované konečné výnosy a také simulované časové průběhy indexu listové plochy, celkové hmotnosti vrcholků a výnosu zrna.

**Tip pro odstraňování problémů:** Při kopírování nových parametrů do souboru kultivaru zkontrolujte formát parametrů vašeho kultivaru. Hodnoty mohou být nesprávně zarovnány, dokonce i s textovým řetězcem dodaným pomocí GLUE.

## *Samostatná práce 3*

*Tento úkon spusťte přes přestávku, trvá dlouho. Pokud zrovna nemáte moc času, přejděte rovnou k Samostatné práci 5.*

Spusťte znovu nástroj GLUE s 500 běhy pro odhad parametrů. Jak to ovlivní odhadované parametry? Aktualizujte parametry svého nového kultivaru v souboru SBGRO048.CUL a simulujte experiment IUAM8801.SBX s kombinací podmínek 1. Porovnejte výnos, který získáte, s ostatními. Jsou stejné? Proč?

## *Samostatná práce 4*

*Tento úkon spusťte přes noc, trvá velmi dlouho. Pokud zrovna nemáte moc času, přejděte rovnou k Samostatné práci 5.*

Spusťte znovu nástroj GLUE s 10 000 běhy pro odhad parametrů. Jak to ovlivní odhadované parametry ve srovnání se Samostatnou prací 3? Aktualizujte parametry svého nového kultivaru v souboru SBGRO048.CUL a simulujte experiment IUAM8801.SBX s kombinací podmínek 1. Porovnejte výnos, který získáte, s ostatními. Jsou stejné? Proč?

## *Samostatná práce 5*

Poskytneme vám ukázkový soubor dat z Colorada, který byl nedávno opublikován. Kopie dokumentu je k dispozici v adresáři dokumentace DSSAT.

Anothai, J., C.M.T. Soler, A. Green, T.J. Trout, and G. Hoogenboom. 2013. Evaluation of two evapotranspiration approaches simulated with the CSM-CERES-Maize model under different irrigation strategies and the impact on maize growth, development, and soil moisture content for semi-arid conditions. Agricultural and Forest Meteorology 176(1):64–76.

Nejprve je potřeba zkopírovat tyto soubory do příslušných datových adresářů DSSAT. Zkopírujte soubor GR.SOL do adresáře \DSSAT48\Soil. Zkopírujte dva soubory počasí (*.WTH) do adresáře \DSSAT48\Weather. Zkopírujte datové soubory GRCO0801.MZX, GRCO0801.MZA, GRCO1001.MZX a GRCO1001.MZA do adresáře \DSSAT48\Maize.

Všimněte si, že se jedná o nový experiment, který zahrnuje nový kultivar. Ověřte kultivar identifikovaný v souboru s podrobnostmi o experimentu (GRCO0801.MZX) a vytvořte nový záznam v souboru kultivaru kukuřice (\DSSAT48\Genotype\MZCER048.CUL). Použijte jednu z existujících odrůd jako šablonu. Nepoužívejte tabulátor. Ujistěte se, že identifikátor kultivaru v souboru kultivaru odpovídá identifikátoru použitému v souboru s podrobnostmi experimentu. ID nového kultivaru je „CO0801“ a název kultivaru je „DEKALB 52-59 AF“.

Před spuštěním nástroje GLUE spusťte experiment s novým kultivarem z prostředí DSSAT. Před zahájením výpočtů odhadu parametrů kultivaru pomocí GLUE opravte všechny chyby.

Nyní spusťte nástroj GLUE pro kultivar DEKALB 52-59 AF. Po dokončení běhů aktualizujte koeficienty v souboru kultivaru. Možná budete chtít spustit nástroj GLUE podruhé a porovnat výsledky. Až budete s kalibrací hotovi, porovnejte simulované hodnoty s pozorovanými daty pro fenologii, výnos a konečnou biomasu.

## *Samostatná práce 6*

Pokud máte svá vlastní experimentální data, která zahrnují soubor managementu plodin, soubor počasí, půdní profil, pozorovaná data pro data kvetení a zralosti, výnos a složky výnosu, můžete nyní použít nástroj GLUE k odhadu koeficientů kultivaru pro vaši vlastní místní odrůdu.

# Praktické cvičení 8:

## Analýza citlivosti kultivaru

### Úvod

Pěstitelé a producenti mohou z důvodu maximalizace výnosů měnit pěstované kultivary nebo odrůdy. Růstové modely DSSAT zohledňují tento zdroj genetické variability. Pro každý model jsou kultivary charakterizovány specifickou sadou genetických koeficientů. Tyto koeficienty vyjadřují genetický potenciál každého kultivaru, odrůdy nebo hybridu nezávisle na všech environmentálních omezeních, jako půdě, počasí atd. Díky simulaci výnosu různých kultivarů v různých podmínkách je možné vybrat ten kultivar nebo ty kultivary, které nejlépe odpovídají dostupným zdrojům.

### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Spustit simulace s použitím různých kultivarů.
- ✓ Prozkoumat účinek změny specifického genetického koeficientu pro konkrétní kultivar v rámci skupiny zralosti.
- ✓ Vytvořit nový kultivar a přidat jej do souboru *.CUL.

### Cvičení

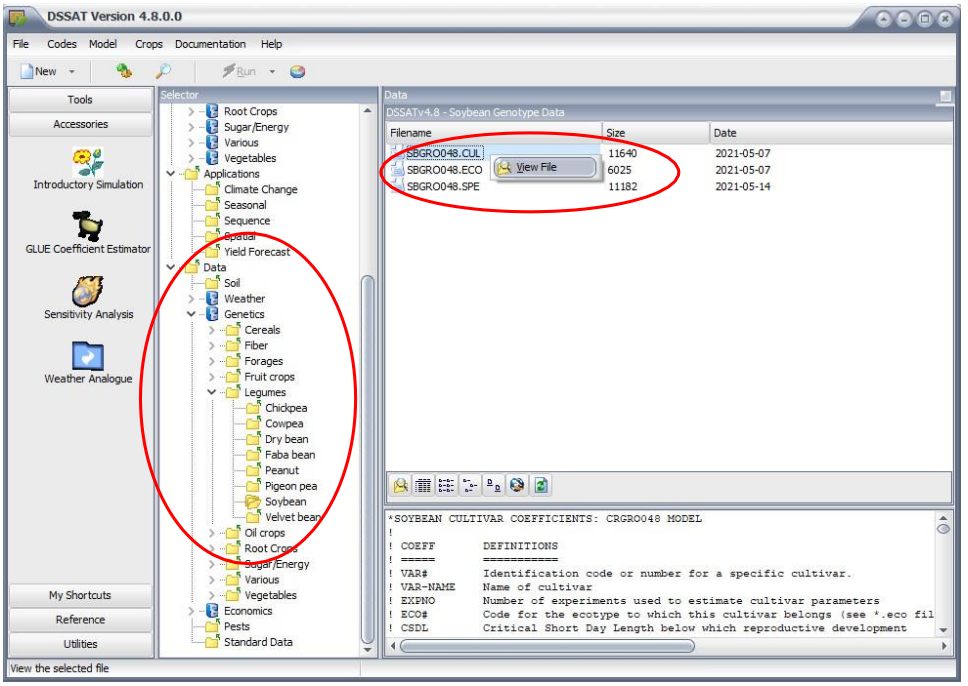
1. Vytvoření nového kultivaru sóji v DSSAT

Pokud chcete kalibrovat nový kultivar, který ještě neexistuje v databázi DSSAT, musíte vytvořit nový záznam v souboru kultivaru. Verze 4.8 programu DSSAT neobsahuje žádný „automatický“ software pro vytváření nových kultivarů, takže soubor kultivaru je nutné upravit v textovém editoru.

Chcete-li přidat nový kultivar sóji, vyberte „Data-Genetics-Legumes-Soybean“ a poté klikněte pravým tlačítkem myši na soubor SBGRO048.CUL a zobrazte jej (viz Obrázek 14). Tím se soubor otevře v programu Poznámkový blok. Zkopírujte záznam kultivaru pro skupinu Maturity Group 7 a poté změňte záznam nového kultivaru tak, aby měl jedinečné identifikační číslo a název. Udržujte totožný formát souboru! Nepoužívejte tabulátory! Uložte soubor a spusťte model. Pomocí nástroje pro analýzu citlivosti vyberte nový kultivar.

Později můžete použít nástroj XBuild nebo textový editor ASCII k úpravě souborů FileX tak, aby používaly nový kultivar. Po přidání nového kultivaru nezapomeňte obnovit databázi v nástroji XBuild.

Tento nový kultivar je nyní připraven k použití v části 4 uvedené níže.




*Obrázek 14 Výběr souboru kultivaru sóji.*

**2.** Vliv různých kultivarů na vývoj a výnos sóji.

Otevřete nástroj pro analýzu citlivosti (Sensitivity Analysis Tool) z prostředí DSSAT. Vyberte sóju jako plodinu, poté vyberte experiment UFGA7901, zavlažované podmínky (irrigated) a vyberte kultivary skupiny zralosti 3, 5 a 7. Stiskněte tlačítko „Go“ (Přejít) a „Create New Experiment“ (Vytvořit nový experiment) a následujte postupy používané dříve pro tento nástroj pro analýzu citlivosti. Pomocí tohoto nástroje uložte nově vytvořený soubor File X, spusťte nové simulace a pak se podívejte na výstupy souboru OVERVIEW.OUT nebo graficky znázorněte data časové řady pomocí GBUILD uvnitř nástroje. Odpovězte na požadované otázky.

## *Samostatná práce 1*

Pro každou kombinaci podmínek zaznamenejte počet dní do kvetení (Anthesis Day) a do fyziologické zralosti (Physiological Maturity Day) a výnos semene (Yield at Harvest Maturity). Vypočítejte počet dní od kvetení do fyziologické zralosti a vysvětlete, co způsobilo kolísání výnosu semen.

3. Analýza citlivosti jednotlivých znaků kultivaru
   a. **EM-FL: doba potřebná pro kultivar od vzejití do začátku květu za optimálních podmínek;** jednotkou jsou fototermální dny. Úkolem je prozkoumat účinky změny **EM-FL** vzhledem ke standardnímu výchozímu kultivaru Bragg, který byl pěstován v tomto experimentu. V novém nástroji pro analýzu citlivosti vyberte experiment UFGA7901, kombinace podmínek „zavlažované" (irrigated). V případě úpravy genetických koeficientů se ujistěte, že jste vybrali kultivar 990007, skupinu M, 7 jako svůj vzorový kultivar, předtím, než začnete upravovat genetické koeficienty, jako je **EM-FL**, o zadané přírůstky. Pro **EM-FL** použijte hodnoty 16,0, 20,0 a 24,0 dnů. Spusťte nové kombinace podmínek. Jaký vliv má EM-FL na skutečné dny potřebné ke kvetení (FLO) a zralosti (MAT)? Toto by byl jeden ze způsobů, jak byste mohli vytvořit časně nebo pozdně kvetoucí kultivar (stejně také kultivar s časnou nebo pozdní násadou lusků), za předpokladu, že jste zvolili přibližně správnou skupinu zralosti. Vytvořte grafy LAI, hmotnosti zrna, hmotnosti na semeno a indexu sklizně zrna (HI). Jaké jsou účinky na načasování růstu zrna, HI a LAI? Zaznamenejte hodnotu pro **EM-FL**, která vede k nejvyššímu výnosu.
   b. **SFDUR: efektivní doba plnění semen;** postupně nastavte **SFDUR** na hodnoty 13, 18, 23 a 28 PD (fototermální dny). Vykreslete hmotnost zrna, hmotnost na semeno, % osemení, počet lusků, počet semen a index sklizně semen. Co tento parametr dělá s dobou trvání nárůstu hmotnosti zrna, hmotností na semeno a indexem sklizně? Víte, jak vyhodnotit, zda je **SFDUR** správná? Proč je výnos omezený, když je **SFDUR** nízká? Zaznamenejte hodnotu pro **SFDUR**, která vede k nejvyššímu výnosu.
   c. **PODUR: trvání fáze rychlého přidávání lusků** (to je jeden z rozdílů mezi určitými a neurčitými kultivary). Postupně nastavte **PODUR** na hodnoty 7, 10, 13 a 16 PD (fototermální dny). Vykreslete počet lusků, hmotnost zrna a index sklizně v závislosti na čase. Pokud máte čas, podívejte se také na hmotnost stonků, listů a celkovou hmotnost plodiny. Co tato funkce dělá s relativním načasováním růstu zrna a indexem sklizně? Zaznamenejte hodnotu pro **PODUR**, která vede k nejvyššímu výnosu.
   d. **WTPSD: maximální hmotnost na semeno ve sklizňové zralosti;** postupně nastavte **WTPSD** na hodnoty 0,14, 0,18, 0,22 a 0,26 g/semeno. Vykreslete graf hmotnosti na semeno, procento

osemení, počet lusků, počet semen a výnos semene v závislosti na čase. Jaký vliv má **WTPSD** zejména na počet semen? Myslíte si, že je to v pořádku? Zaznamenejte hodnotu pro **WTPSD**, která vede k nejvyššímu výnosu.

e. **CSDL and PPSEN: kriticky krátká délka dne** (v hodinách) a **citlivost fotoperiody** (sklon, dny za hodinu). Simulujte standardní kultivar MG 7, poté pro druhou simulaci změňte **CSDL** z 12,33 na 12,07 h (toto je typická změna z MG 7 na MG 8), poté pro třetí simulaci změňte **PPSEN** z 0,32 na 0,33 (typická změna z MG 7 na MG 8). Zaznamenejte dny do květu a fyziologické zralosti. Vykreslete graf a diskutujte o vlivech na hmotnost zrna, HI, LAI a počet lusků. Zaznamenejte hodnotu **CSDL** a **PPSEN**, které vedou k nejvyššímu výnosu.

## *Samostatná práce 2*

Zaznamenejte konečné hodnoty výnosu semene, počet semen, velikost semen, datum květu a datum zralosti; porovnejte tyto hodnoty s výsledky získanými s použitím původních genetických koeficientů pro MG 7. Vysvětlete výsledky.

4. Vytvoření nového kultivaru sóji

Použijte kultivar, který jste vytvořili v části 1, změňte požadované genetické koeficienty na hodnoty určené simulací v předchozím praktickém cvičení 3. Použijte tedy kultivar ze skupiny zralosti 7 s optimálnějšími fototermickými dny do květu, zralosti a dalšími znaky.

V textovém editoru změňte hodnotu pro **EM-FL** z výchozí hodnoty na požadovanou hodnotu z praktického cvičení 3a. Udělejte totéž pro **SFDUR** ze cvičení 3b, **PODUR** ze cvičení 3c, **WTPSD** ze cvičení 3d a **CSDL** a **PPSEN** ze cvičení 3e. Uložte soubor a spusťte model. Pomocí nástroje pro analýzu citlivosti vyberte nový kultivar.

## *Samostatná práce 3*

**V analýze citlivosti vyberte nový kultivar, který jste vytvořili.** Je také vybrán původní kultivar ze skupiny zralosti 7, stejně jako kultivar ze skupiny zralosti 6 a kultivar ze skupiny zralosti 8. Porovnejte simulace pro tyto čtyři kultivary s ohledem na počet dní do kvetení, počet dní do zralosti, konečnou biomasu, konečný výnos a index sklizně. Který z těchto kultivarů poskytuje nejvyšší výnos? Který z těchto kultivarů má nejvyšší index sklizně? Který z těchto kultivarů má nejkratší vegetační období?

## Praktické cvičení 9:

# Vytváření souborů měření plodin pro hodnocení modelu

## Úvod

Toto cvičení předpokládá, že již máte shromážděná data z měření plodin, buď jako konečný výnos na konci sezóny, nebo jako vzorky odebrané během sezóny o růstu rostlin/půdní vodě/půdním dusíku nebo dusíku v rostlinách (viz další přednášky o technikách vzorkování růstu plodin a převodu na jednotky založené na půdě, kg/ha.) DSSAT, verze 4.8, obsahuje obslužný program (ATCreate) pro pohodlné zadávání dat měření plodin. ATCreate umí importovat data přímo ze souborů ve formátu XLS, CSV, ASCII nebo DBF, ale v našich příkladech budeme data vkládat ručně.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit soubory experimentů s průměrným výkonem (A) a časovým průběhem (T).
- ✓ Identifikovat, kde jsou zdokumentovány a použity definice proměnných pro záhlaví.
- ✓ Vykreslit graf pozorovaných dat ze souborů, které jste vytvořili.

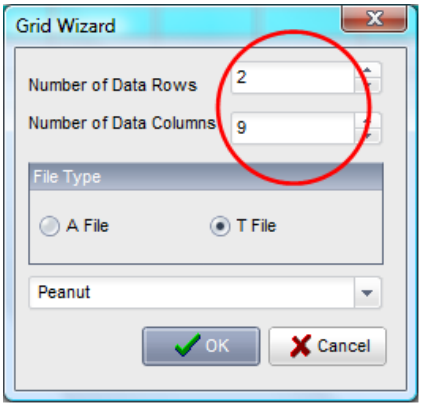
## Praktické cvičení

Chcete-li sestavit experimentální datové soubory, vyberte Experimentální data (Experimental Data) z nabídky nástrojů a spusťte ATCreate, který vám umožní vytvářet soubory FileA a FileT. Soubory vyžadují 2řádkové záhlaví (ve skutečnosti s dalšími volitelnými prázdnými řádky). Řádek s hvězdičkou (*) označuje typ souboru, který lze očekávat, a řádek se zavináčem (@) označuje, jaké lze očekávat proměnné a jejich pořadí. První příklad bude pro soubor FileT, údaje o růstu v sezóně.

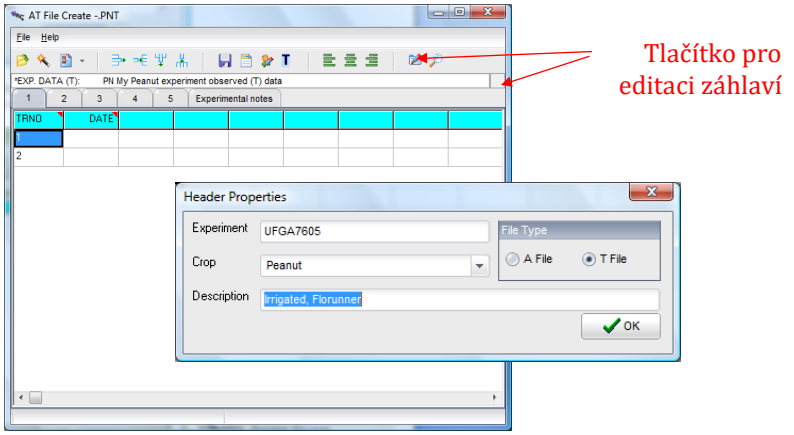
```
*EXP. DATA (T): UFGA7605PN Irrigated, Florunner

! File last edited on day 05/15/2008 at 11:44:30 AM
!
@TRNO     DATE   LAID P#AD SWAD GWAD   LWAD CWAD PWAD
    1    76147   0.11    0.   44.     0.   50.   93.    0.
    1    76238   5.07  603. 3842. 3650. 2309. 10957  4805.
```

**Vytvoření souboru FileT**

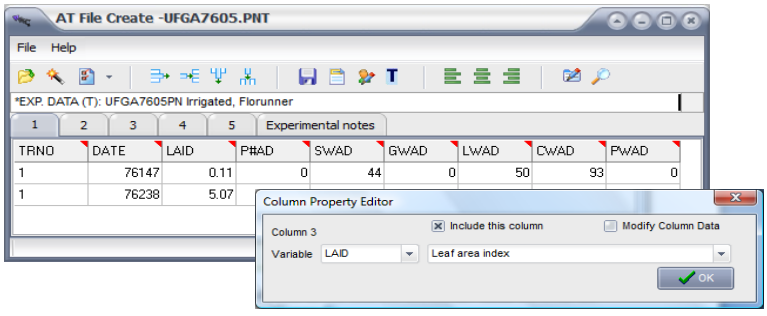
1. Chcete-li vytvořit soubor FileT, přejděte do možnosti Soubor-Wizard (File-Wizard) a vyplňte informace podle obrázku. Tento soubor bude vyžadovat 2 řádky a 9 sloupců. Řádky a sloupce lze samozřejmě dynamicky přidávat později.



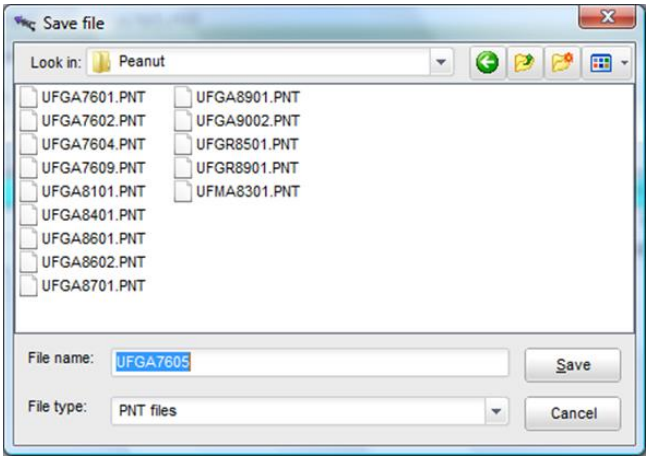

2. Klikněte na tlačítko „Upravit záhlaví souboru“ („File Header edit“), které vyvolá dialogové okno editoru záhlaví. Vyplňte dialogové okno vlastností záhlaví podle doporučení.




3. Dále zadejte data podle návodu uvedeného níže.
První dva sloupce jsou již standardně definovány. Chcete-li definovat proměnné pro každý sloupec, klikněte pravým tlačítkem na modrý řádek záhlaví a zobrazí se dialogové okno definice sloupce. Například pro sloupec 3 nastavte proměnné tak, jak je uvedeno níže.



4. Pokračujte a definujte všechny sloupce, jak popisuje cvičení. Poté uložte soubor do adresáře DSSAT48\Peanut.




První dva sloupce nalevo v souboru FileT musí obsahovat číslo kombinace podmínek a rok / den v roce (např. 76147), za nimiž následují sloupce s daty. Soubory mají pevný formát a vyžadují, aby data byla ve sloupcích o šířce 6 znaků. Pořadí datových sloupců není pevně dané. Podívejte se do souboru DATA.CDE a určete správné kódy experimentálních dat, které se mají použít v souboru FileT jako záhlaví pro sekce RŮST, VODA, DUSÍK a UHLÍK. Soubor DATA.CDE ilustruje definice „4písmenného“ záhlaví kódů a jednotek měření, ve kterých musí být data. Pokud budete úspěšní, bude váš soubor vypadat takto.

```
*EXP. DATA (T): UFGA7605PN Irrigated, Florunner
!
! File last edited on day 05/15/2008 at 11:44:30 AM
!
@TRNO  DATE  LAID  P#AD  SWAD  GWAD  LWAD  CWAD  PWAD
     1 76147  0.11    0.    44.    0.   50.   93.    0.
     1 76238  5.07  603.  3842.  3650.  2309. 10957.  4805.
```

**Vytvoření souboru FileA**

Pro vytvoření souboru průměrného výkonu (FileA) je postup stejný.

1. File-Wizard (1 řádek, 12 sloupců, arašídy, soubor A).
2. Zadejte data, jak je uvedeno níže.
3. Definujte sloupce.
4. Uložte jako soubor PNA do adresáře arašídů.

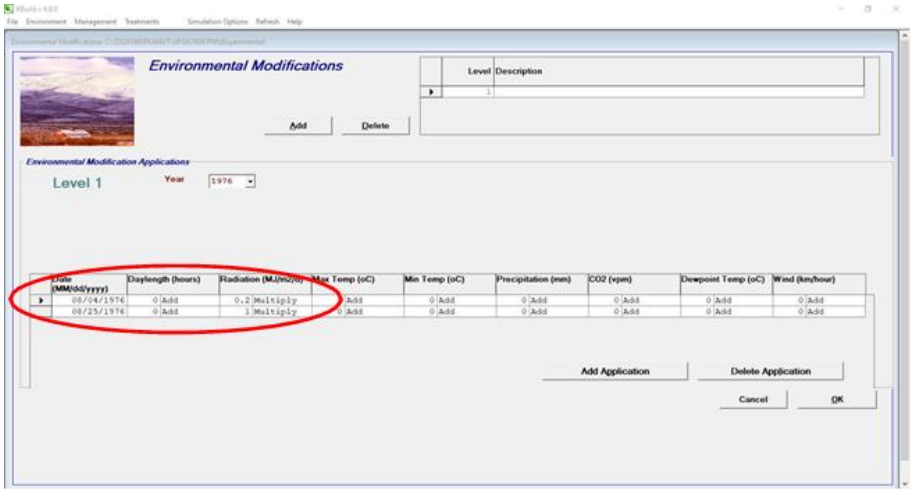
Soubor FileA na konci sezóny je podobný, kromě toho, že nevyžaduje den v roce. Viz názvy proměnných v záhlaví se 4 znaky v části SUMMARY souboru DATA.CDE.

```
*EXP.DATA (A): UFGA7605PN IRRIGATED, FLORUNNER
!
@TRNO  HWAM  HWUM  H#AM  H#UM  LAIX  CWAM  BWAH  ADAT  MDAT  PWAM  HIAM
     1  4265.   5186   823.  1.58  6.41  9267.  3127.   161   259  5326.  0.460
```

**Vytvoření souborů FileA a FileT pro konkrétní studii**

Máte k dispozici data o růstu v sezóně a konečné sklizni pro kontrolní kombinaci podmínek a jednu zastíněnou kombinaci podmínek ze studie zastínění arašídů z roku 1976. Studii provedli A. N. Hang, D. E. McCloud, K. J. Boote a W. G. Duncan (publikováno v Crop Science 24:109–115). Studie byla provedena v roce 1976 v Gainesville, takže soubor s daty o počasí, typu půdy a kultivaru Florunner jsou již k dispozici v programu DSSAT, verze 4.8, pro jinou studii (UFGA7601.PNX). Pro tento experiment byste měli vytvořit **nový** soubor FileX podle následujícího protokolu:

1. Upravte experiment s arašídy UFGA7601.PNX pomocí nástroje XBuild.
2. **Změňte číslo experimentu na číslo 9** (vytvoření názvu souboru **UFGA7609.PNX** pro studii zastínění).
3. Vše, co je potřeba udělat, je změnit datum výsadby a datum zahájení simulace na 22. dubna 1976 a změnit typ zavlažování na předpoklad optimálního („automatického“) zavlažování.
4. Přidejte také druhou kombinaci podmínek, pro kterou použijete nástroj XBuild k provedení **úpravy prostředí** k vytvoření zastínění. Nastavte sluneční záření na 20 % normálu během poslední části plnění lusků pro 21 dní, počínaje 4. srpnem 1976 a konče 24. srpnem 1976.




**Poznámka:** Při provádění úprav prostředí si musíte pamatovat dvě věci:

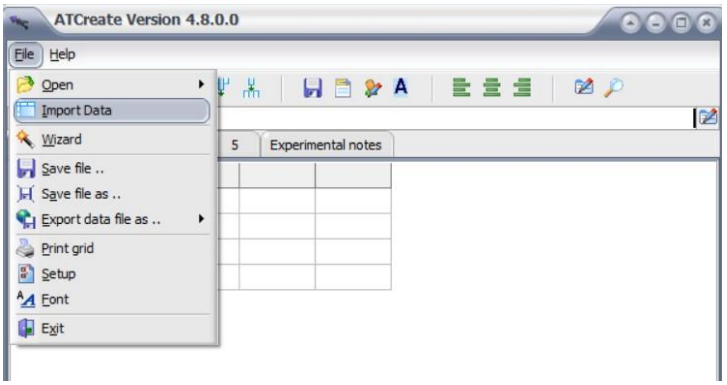
1) Můžete **násobit** konstantou, **sčítat** nebo **odečítat** konstantu nebo nastavit konstantní hodnotu (**nahradit**).

2) Úprava začíná v den, který určíte, a **ZŮSTANE** tak, dokud ji nezměníte. Pokud na krátkou dobu měníte výchozí prostředí, **musíte** nastavit podmínky zpět do normálu.

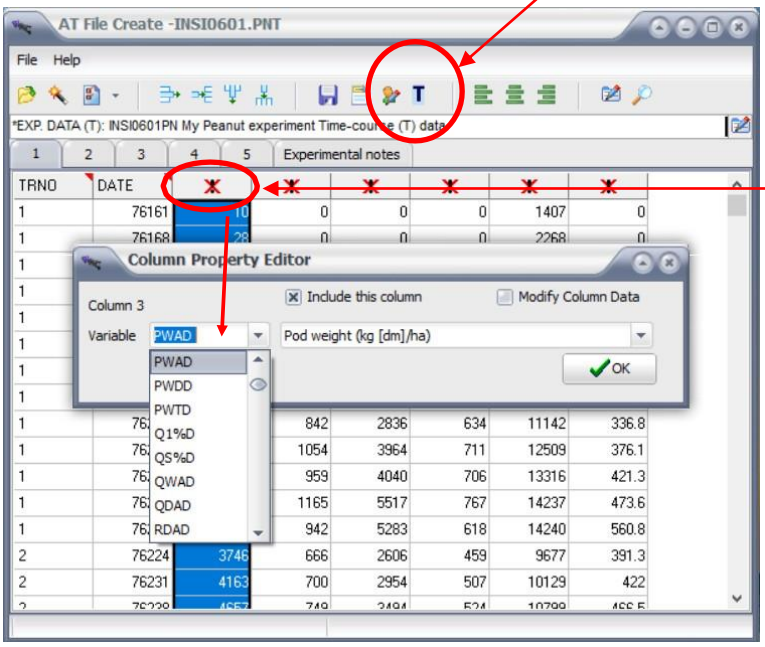
Pomocí funkce ATCreate vytvořte soubory UFGA7609.PNT a UFGA7609.PNA. Údaje pro soubor **PNA** (tabulka 1) a soubor **PNT** (tabulka 2) máte k dispozici samostatně (viz níže), ale možná vás bude zajímat, že data z posledního datumu vzorkování analýzy růstu v souboru časové řady (FileT) se také používají pro soubor souhrnných dat (FileA). Všechny jednotky jsou ve standardních jednotkách DSSAT, jak je popsáno v Data.CDE, takže nejsou nutné žádné převody jednotek.

**Níže uvedená data jsou také dostupná v tabulkách** PN_1976_Summary.xls a PN_1976_TimeSeriesData.xls, které obsahují kompletní sadu pozorování. Namísto ručního zadávání všech dat můžete importovat tabulky, jak je popsáno níže.

Chcete-li importovat data přímo z tabulek do ATCreate, vyberte „Importovat data“ („Import Data“) z menu Soubor (File).

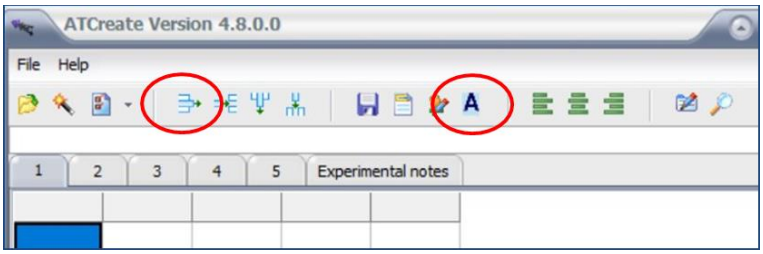


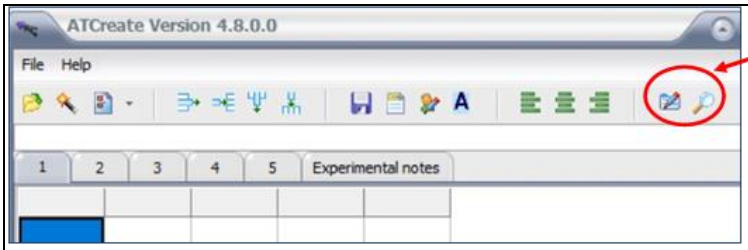
Přejděte do umístění, kam jste uložili stažené soubory aplikace Excel, a importujte data. Ujistěte se, že je vybrán správný typ souboru (A nebo **T**). Klikněte pravým tlačítkem na každé záhlaví a vyberte správný název proměnné z **nabídky vlastností záhlaví sloupce**.




Řádek záhlaví dat importovaný s daty bude muset být odstraněn pomocí ikony „smazat řádek“, jak je znázorněno níže.

Přepínejte mezi souborem FileA asouborem FileT pomocí ikony „AT toggle“.




Upravte **metadata souboru pomocí ikony „Upravit záhlaví souboru“**. Zde zadáte název souboru a plodiny, aby bylo možné tato data přiřadit k vašemu souboru experimentu.

***Table 1**. Final harvest data for File A, Peanut Shade Study 1976. Not all data are shown below. The File A requires a fixed 6-character column format so look at the template file. Some of this is the same data as the last in-season growth data, but requires a different header name.*

```
*EXP.DATA (A): UFGA7609PN Environmental Modification

@TRNO    PWAM  H#AM  HWAM  CWAM  HWUM
     1   6718   942  5283 14240 .5608
     2   5037   658  3611 11431 .5488
```

***Table 2**. In-season growth data for File T, Peanut Shade Study 1976. This file requires 6-character columns, but left to right order can be changed, beyond the TRNO and DATE. The correct four-character header is required above each data column, because that is read by the graphics program.*

```
*EXP.DATA (T): UFGA7609PN Environmental Modification

@TRNO    DATE  PWAD  G#AD  GWAD  P#AD  CWAD  GWGD
     1 76168    28     0     0     0  2268   0.0
     1 76182   362     0     0    69  4365   0.0
     1 76196  1305   313   448   329  7426 143.1
     1 76210  3605   656  2092   559 11039 318.9
     1 76224  5722  1054  3964   711 12509 376.1
     1 76231  5956   959  4040   706 13316 421.3
     1 76238  7439  1165  5517   767 14237 473.6
     1 76258  6718   942  5283   618 14240 560.8

     2 76224  3746   666  2606   459  9677 391.3
     2 76231  4163   700  2954   507 10129 422.0
     2 76238  4657   749  3494   524 10799 466.5
     2 76258  5037   658  3611   527 11431 548.8
```

## *Samostatná práce*

**Spusťte** experiment a zjistěte, zda se data zobrazují na obrazovkách modelu a jsou k dispozici pro zobrazení grafu vůči simulaci. Všimněte si, že podobné postupy pro zadávání experimentálních dat se používají, pokud máte data o půdní vodě, obsahu půdního dusíku nebo obsahu dusíku v rostlinách, a dokonce i o některých procesech v plodinách.

[Částečné sekce z DATA.CDE pro sekce SUMMARY a GROWTH.]

*Experimentální kódy pro data (EXPERIMENTAL DATA CODES)

* Souhrn (SUMMARY)

| | |
|---|---|
| ADAT ANTHESIS day | Datum kvetení (YRDOY; den v roce) |
| MDAT MATURITY day | Datum fyziologické zralosti (YRDOY; den v roce) |
| CWAM TOPS WT. kg/ha | Hmotnost vrcholků v době zralosti (kg dm/ha) |
| HWAM MAT YIELD kg/ha | Výnos v době zralosti (kg dm/ha) |
| BWAH BYPRODUCT kg/ha | Sklizeň vedlejších produktů (kg dm/ha) |
| HWUM WEIGHT mg/unit | Hmotnost v době zralosti (mg dm/jendotka) |
| H#AM NUMBER #/m2 | Počet v době zralosti (počet/$m^2$) |
| H#UM NUMBER #/unit | Počet v době zralosti (počet/jednotka) |
| LAIX LAI | Index listové plochy, maximum |
| PWAM POD WT kg/ha | Hmotnost lusků v době zralosti (kg/ha) |
| HIAM HARV INDEX | Index sklizně v době zralosti |
| THAM THRESH % | Mlácení % v době zralosti |

* Růst (GROWTH)

| | |
|---|---|
| CDAY CROP AGE days | Stáří plodiny (dny od výsadby) |
| L#SD LEAF NUMBER | Počet listů na stonek |
| GSTD GROWTH STAGE | Růstová fáze |
| LAID LAI | Index listové plochy |
| LWAD LEAF WT. kg/ha | Hmotnost sušiny listů (kg/ha) |
| SWAD STEM WT. kg/ha | Hmotnost sušiny stonků (kg/ha) |
| GWAD GRAIN WT. kg/ha | Hmotnost sušiny semen (kg/ha) |
| RWAD ROOT WT. kg/ha | Hmotnost sušiny kořenů (kg/ha) |
| CWAD BIOMASS kg/ha | Hmotnost sušiny plodiny (kg/ha) |
| G#AD SEED NO #/m2 | Počet semen (počet/$m^2$) |
| GWGD GRAIN WT. mg | Hmotnost sušiny semen (mg/grain) |
| HIAD HARVEST INDEX | Index sklizně (semena/vrcholky |
| PRSD SHOOT PARTITION | Rozdělení hmotnosti do výhonů |
| PWAD POD WT. kg/ha | Hmotnost sušiny lusků (kg/ha) |
| EWAD EAR WT. kg/ha | Hmotnost sušiny klasů (kg/ha) |
| SHAD SHELL WT. kg/ha | Hmotnost sušiny osemení (kg/ha) |
| P#AD POD NO./m2 | Počet lusků (počet/$m^2$) |
| E#AD EAR NO./m2 | Počet klasů (počet/$m^2$) |
| T#AD TILLER NO./m2 | Počet výhonů (počet/$m^2$) |
| WSPD PHOTO H20 STRS | Světelný faktor vodního stresu (0–1) |
| WSGD GROWTH H20 STRS | Růstový faktor vodního stresu (0–1) |
| NSTD N STRESS ratio | Stresový faktor dusíku (0–1) |
| LN%D LEAF N CONC % | Koncentrace listového dusíku (%) |
| SN%D STEM N CONC % | Koncentrace dusíku ve stonku (%) |
| SHND SHELL N CONC % | Koncentrace dusíku v osemení (%) |
| RN%D ROOT N CONC % | Koncentrace dusíku v kořenech (%) |
| HIPD POD HARVEST IND | Index sklizně lusků (lusk/vrcholek) |
| SLAD SLA cm2/g | Specifická listová plocha ($cm^2$/g) |

# Experimenty a data pro vyhodnocení a aplikace modelu

## Úvod

Často není jasné, jaké typy experimentů jsou vyžadovány pro vyhodnocení a aplikaci modelu a jaké minimum informací by se mělo v těchto experimentech shromáždit.

## Cíl

- ✓ Poskytnout jasné a stručné shrnutí pro sběr experimentálních dat pro vyhodnocení a aplikaci modelu.

## Experimenty a modelování

Chcete-li sestavit experimentální datové soubory, vyberte Experimentální data (Experimental Data) z nabídky nástrojů menu a spusťte ATCreate, který vám umožní vytvářet soubory FileA a FileT. Soubory vyžadují 2řádková záhlaví (s dalšími volitelnými prázdnými řádky).

*Místa experimentů*

- ✓ na stanici
- ✓ na farmě

*Obecné účely experimentů*

- ✓ hodnocení technologie
- ✓ charakteristika faktorů omezujících výnosy s cílem zaměřit se na vývoj a hodnocení technologií
- ✓ porozumění interakcím managementu, živin, vody, opět se zaměřením na úpravu technologií
- ✓ dlouhodobá udržitelnost půdy
- ✓ NEJEN pro testování modelů. Hodnocení a používání modelu by mělo být v kontextu cílů a záměrů výzkumu.

*Obecné účely použití modelu*

- ✓ porozumět experimentálním výsledkům a interpretovat je
- ✓ zvýšit kvalitu terénního výzkumu a výsledků z něj odvozených

- ✓ diagnostikovat mezery ve výnosu: potenciální – dosažitelný – skutečný při výzkumu na stanici a na farmě, což pomůže vyvinout technologie pro testování v terénu
- ✓ publikovat výsledky polních pokusů prostřednictvím analýzy odhadovaných dopadů na produkci, využití vody/efektivitu využití vody v měřítku od pole po povodí a vyšší územní celky
- ✓ odhadnout ekonomické důsledky různých technologií
- ✓ posílit interdisciplinární výzkum (půdní vědci, agronomové, ekonomové, inženýři, vědci zabývající se GIS/dálkovým průzkumem atd.)

## Vyžadované denní údaje o počasí

1. Minimální a maximální teplota
2. Srážky
3. Sluneční záření
4. Teplota rosného bodu (vlhkost) (pokud je k dispozici na automatické meteorologické stanici)
5. Průměrná denní rychlost větru (pokud je k dispozici na automatické meteorologické stanici)

Je důležité, aby automatické meteorologické stanice shromažďovaly denní údaje o počasí v oblastech, kde se mají provádět experimenty. Kromě toho je potřeba znát úhrny srážek na všech místech, kde se provádějí experimenty, na farmě i na stanici. Jinak nebude možné interpretovat odezvu výnosu plodin nebo pochopit interakce vody, živin a hospodaření. V oblastech, kde se provádí několik experimentů, by měla být měřena teplota a sluneční záření. Obecně se teplota a sluneční záření mohou na vzdálenost asi 50 km měnit jen málo, ale to neplatí v blízkosti pobřeží nebo když je v oblasti různorodá nadmořská výška. Meteorologická stanice by měla být umístěna uprostřed oblasti, kde se budou provádět experimenty na farmě a na stanici.

## Půdní data

Jsou potřebné informace o půdě včetně

1. Informace o povrchu půdy
   - ✓ Půdní taxonomie (je-li k dispozici)
   - ✓ Sklon půdy
   - ✓ Barva půdy
   - ✓ Podíl kamenů (%)

2. Údaje o půdním profilu pro každý půdní horizont, ve kterém pravděpodobně rostou kořeny
   - ✓ Textura půdy (procentuální zastoupení písku, hlíny, jílu)
   - ✓ Obsah organického uhlíku
   - ✓ Objemová hmotnost (žádoucí hodnota)
   - ✓ Hodnoty LL (bod vadnutí pro obsah půdní vody) a DUL (polní kapacita) jsou žádoucí (možná je bude nutné odhadnout)

3. Počáteční půdní podmínky a roční měření
   - ✓ Počáteční obsah živin ($NO_3$, $NH_4$, P) s hloubkou
   - ✓ Jiné chemické vlastnosti půdy podle potřeby experimentálních cílů
   - ✓ Roční měření půdního uhlíku s hloubkou
   - ✓ Hloubka zakořenění (při vrcholu vegetativního růstu)

4. Povrchová rezidua, hnojiva
   - ✓ Druh plodiny, druh hnojení
   - ✓ Množství sušiny (kg/ha)
   - ✓ Procentuální obsah dusíku a uhlíku (případně fosforu)
   - ✓ Obsah popela, $NO_3$, $NH_4$ užitečný pro hnojení
   - ✓ Procentuální pokrytí půdy použitelné pro povrchová rezidua

## Údaje ohledně organizace a managementu pěstování

### Výsadba

- ✓ Datum
- ✓ Rozteč a hustota rostlin (počet/ha)
- ✓ Plodina, název kultivaru a jeho vlastnosti
- ✓ Režim výsadby (řádek, svažitost atd.)

### Vstupní informace

- ✓ Načasování a množství zavlažování
- ✓ Načasování, množství, distribuce, umístění a typ hnojiva
- ✓ Typ a množství přidaných reziduí, hloubka zpracování a procentuální obsah

- ✓ Množství a druh přidávaného hnoje, hloubka zapravení a procentuální obsah
- ✓ Použité chemikálie a jejich účel

## Měření odezvy plodiny a půdy

1. **Měření odezvy**

- ✓ Kombinace podmínek
- ✓ Výnos a složky výnosu (viz DSSAT, v3.5, Volume 4–8, pp. 217–286 v dokumentaci k DSSAT 4)
    i. Výnos zrna (kg/ha)
    ii. Datum kvetení a datum zralosti (čas prvního semene, pokud ho znáte)
    iii. Počet uzlin hlavního stonku
    iv. Nadzemní biomasa (kromě semen)
    v. Hustota rostlin při sklizni
    vi. Počet klasů, lusků nebo jiných plodových struktur na jednotku plochy
    vii. Průměrná hmotnost na hmotnost
    viii. Koncentrace dusíku a fosforu v zrnech
- ✓ Pozorování
    i. Plevely, ochrana proti plevelům (viz DSSAT v3.5 Vol 4–8)
    ii. Choroby a škůdci, výskyt, intenzita, poškození

2. **Měření potřebná v několika experimentech**

Dva typy dat poskytují zásadní informace týkající se dynamiky využívání vody a odezvy růstu. Jsou však drahé a časově náročné, takže je nepraktické shromažďovat tato data ve všech experimentech, z nichž mnohé se pravděpodobně odehrávají na polích farmářů. Údaje získané z těchto měření na několika místech by výrazně zvýšily jistotu v použití modelů k předpovědi těchto reakcí v oblastech, kde se tyto údaje neměří. Zejména spotřeba vody plodinami je vysoce kritická pro tvorbu výnosů a je důležitá v jakékoli technologii zaměřené na zvýšení produktivity a udržitelnosti půd v zemědělství zavlažovaném deštěm. Modely předpovídají růst kořenů a příjem vody, ale věrohodnost těchto předpovědí bude vyžadovat dobré vstupy a také vyhodnocení v půdách a osevních systémech v regionu, ve kterém mají být použity. Proto jsou doporučena následující měření.

- ✓ Obsah půdní vody s hloubkou (TDR, neutronová sonda atd.). Je doporučeno měření jednou týdně nebo častěji. Odběr vzorků půdní vlhkosti po delším vlhkém období může být užitečný pro stanovení horních limitů akumulace vody pro příslušné vrstvy půdy. Odběr vzorků půdní vlhkosti následující

po vzrůstu plodiny, která prošla konečným sušením, je užitečný pro stanovení spodních limitů plodiny pro vyluhování vody. (Obvykle grafy s vysokým obsahem živin.)

- ✓ Měření analýzy růstu 4× až 8× během sezóny. Obecně by se vzorky pro některé experimenty odebíraly pouze v experimentech na stanici, hlavně proto, abyste se ujistili, že máte dobré genetické koeficienty a můžete simulovat dosažitelný výnos nebo potenciální výnos. Toto je popsáno v DSSAT, v3.5, Vol 4–8. Je však lepší sklízet vzorky ve stanovených intervalech (přibližně 4× v průběhu celého roku a jednou při konečné sklizni).

    i. Nadzemní biomasa

    ii. Hmotnost listů, stonků, semen a klasů (lusků)

    iii. Počet uzlin hlavního stonku, listy

    iv. Index listové plochy (eventuálně)

    v. Koncentrace dusíku a fosforu v částech rostlin

    vi. Počet klasů (lusků) na metr čtvereční

- ✓ Úrodnost půdy

    i. Analýza obsahu dusičnanů a dusíku ($N0_3$–N) (ppm) pro jednotlivé vrstvy půdy. Doba odběru vzorků musí být stejná jako doba odběru půdní vody.

    ii. Obsah zastoupení organického uhlíku v půdě (%) pro vrstvy půdy do hloubky zakořenění. Minimálně 1 celý profil/typ půdy. Pro další lokality se stejným typem půdy postačí vzorek povrchové vrstvy. V tomto případě je nejlepší, aby tloušťka vrstvy platila pro profil bez vzorku. Celkový obsah dusíku v půdě je užitečný pro stanovení poměru uhlíku a dusíku (C:N).

    iii. Hodnoty obsahu dostupného fosforu, celkového fosforu a organického fosforu pro vrchní dvě vrstvy půdy by měly být dostačující.

## Praktické cvičení 11:

# Kalibrace a vyhodnocení modelů DSSAT pomocí dat analýzy růstu v sezóně

## Úvod

Toto je „rozpracované“ cvičení s cílem vyhodnotit RMSE, koeficienty lineární regrese „a“ a „b“ a „d-statistiku“ analýz růstu v sezóně pro experiment s arašídy z roku 1984 za zavlažovaných podmínek (UFGA8401.PNX, kombinace podmínek 1). Budete se řídit radami z uživatelské příručky DSSAT, verze 3.5, svazek 4–7, a změníte správný znak kultivaru, abyste zlepšili výstup daného modelu. Pamatujte, že chcete mít nízkou hodnotu RMSE a vysokou „d-statistiku“. U lineární regrese chcete, aby hodnota „a“ byla co nejblíže 0,0 (to znamená, že průsečík je blízko nule), s hodnotou „b“ co nejblíže 1,0. Ze všech statistik je „d-statistika“ pravděpodobně nejcennější.

## Vyhodnocení

Nejprve upravte soubor experimentu UFGA8401.PNX tak, aby vytiskl data růstu s jednodenní frekvencí, aby se zlepšilo statistické vyhodnocení. Poté simulujte vybranou kombinaci podmínek a znázorněte graf čtyř různých proměnných: hmotnost vrcholů, hmotnost semen, počet semen a index sklizně lusku.

Nejprve vytvořte grafy pro modelové běhy bez úprav parametrů kultivaru. Vykreslete výsledky a uveďte statistické údaje spojené s každou z těchto čtyř proměnných. Tento krok vám poskytne vyhodnocení přesnosti předpovědi růstu arašídů v sezóně. Tento postup jsme zopakovali asi pro 12 různých kombinací podmínek a výsledky nejsou předpovídány tak dobře jako ostatní. Z tohoto důvodu vás necháme být hodnotitelem tohoto experimentu.

## Kalibrace

Podle návodu v podkladech pro váš předmět nebo podle uživatelské příručky DSSAT, verze 3.5, díl 4–7, změníte parametry kultivaru tak, abyste zlepšili predikci výstupů modelu. Uchovejte seznam každé změněné proměnné, hodnot použitých pro každou simulaci a statistiky každé ze čtyř proměnných v grafu. Tipy na čtyři parametry kultivaru, které je vhodné změnit:

- ✓ **LFMAX** pro hodnotu hmotnosti vrcholů a hmotnosti semen
- ✓ **FL-SH** a **FL-SD** (oba ve stejném směru a se stejnou změnou hodnoty) pro správné načasování hmotnosti semen, počtu semen a indexu sklizně lusku.
- ✓ **PODUR** pro správný počáteční sklon počtu semen a indexu sklizně lusku.

Pokud chcete, můžete upravit i ostatní proměnné, zejména XFRT, pokud není přidělení na lusk a semena vyvážené vzhledem k hmotnosti vrcholů.

Pomocí nástroje pro analýzu citlivosti vyberte arašídy (Peanuts) a kombinaci podmínek „zavlažované“ (irrigated) v experimentu provedeného v roce 1984 na University of Florida. Poté vyberte genetické koeficienty (Genetic Coefficients); zkontrolujte, zda je Florunner zobrazen jako vzorový kultivar. Vyberte LFMAX a použijte alespoň 10 iterací přírůstků, které jsou úměrné hodnotě koeficientu kultivaru. Vyberte možnost Přejít (Go). Na další obrazovce se ujistěte, že je zaškrtnuta možnost „Kopírovat experimentální data“ („Copy Experimental Data“), aby bylo možné zkopírovat experimentální data do pracovního adresáře. Vytvořte experiment, uložte soubor a spusťte model. Vyberte soubor PlantGro.OUT a vykreslete hmotnost vrcholů a hmotnost zrna. Poznamenejte si statistiky pro každý běh modelu a porovnejte je se statistikami pro původní parametry.

Opakujte stejné postupy pro FL-SH, FL-SD a PODUR, jak je popsáno níže.

## *Samostatná práce 1*

Vytvořte nový, optimalizovaný kultivar arašídů v souboru PNGRO048.CUL. Proveďte simulaci porovnávající výstupy modelu s použitím vylepšeného kultivaru ve srovnání s původním kultivarem. Porovnejte obě simulace na stejném grafu a diskutujte o změnách, které jste potřebovali provést a proč.

Nástroj pro analýzu citlivosti vám umožňuje změnit vždy pouze jeden parametr kultivaru. Můžete dále vylepšit predikci modelu tím, že provedete druhé procházení proměnnými pomocí nástroje pro analýzu citlivosti, ale tentokrát použijete jako základ optimalizovaný kultivar. Stejně jako dříve zdokumentujte všechny úpravy a souhrnné statistiky.

## *Samostatná práce 2*

Pro kalibraci použijte svá vlastní data.

## Praktické cvičení 12:

# Produkce limitovaná vodou

## Úvod

V tomto cvičení navážeme na soubor, který jsme vytvořili pro potenciální produkci, a do souboru FileX přidáme vstupní data potřebná k simulaci dynamické vodní bilance půdy a rostlin a k odhadu vlivu vodního stresu na růst a vývoj plodin.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit experiment limitovaný vodou pomocí XBuild.
- ✓ Identifikovat vstupy, které jsou nutné pro simulaci produkce s limitovanou vodou.
- ✓ Vytvořit šablonu experimentu, kterou upravíte v pozdějších cvičeních.

Zde jsou pokyny pro vytvoření souboru FileX s omezenou vodou, který je analogický se souborem s potenciální produkcí, který jste už vytvořili, tj. **UFGA8211.MZX**. Cílem je vytvořit velmi podobný soubor managementu plodiny, který umožní simulaci produkce se **zapnutými složkami vodní bilance modelu**. Všimněte si, že předpokládáme, že hnojivo není limitující pro produkci **bez** omezení dusíkem a **bez** omezení fosforem.

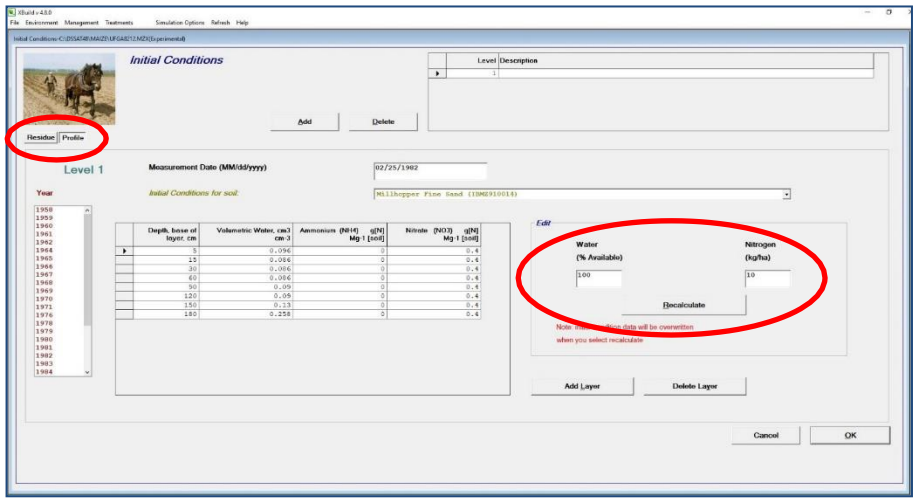
## Praktické cvičení

V části Nástroje programu DSSAT v4.8 spusťte Crop Management Data (XBUILD).

1. Postupujte podle pokynů uvedených dříve pro vytvoření souboru FileX pro potenciální management. Definujeme soubor experimentálního managementu plodin pro experiment provedený v roce 1982 na University of Florida v Gainesville. K identifikaci tohoto experimentu doporučujeme použít experiment číslo 12 (vytvoří se tím soubor FileX UFGA8212.MZX). Dejte tomuto experimentu nový název, který bude odrážet skutečnost, že nyní bude simulována vodní bilance. Kultivar je McCurdy84aa, vysazený 26. února 1982; datum vzcházení ponechte prázdné; metoda výsadby je „suché semeno“; distribuce rostlin je „řádky“; populace rostlin při výsevu a vzejití je 7,2 rostlin/m$^2$, rozteč řádků je 61 cm; směr řady je 0° od severu a hloubka výsadby je 7 cm.
2. Abychom mohli simulovat vodní bilanci pro toto prostředí, musíme specifikovat skutečný půdní profil. Pro pole použijte pole ID UFGA0001

a meteorologickou stanici Gainesville, Florida, USA (UFGA). Výběr půdy je důležitý pro produkci limitovanou vodou. Vyberte typ půdy Millhopper Fine Sand s ID půdy IBMZ910014. (Poznámka: Je definováno několik jemných písků Millhopper; ujistěte se, že jste vybrali správné ID půdy). Klikněte na „OK“.

3. Musíme také specifikovat některé počáteční podmínky pro novou půdu – konkrétně obsah vody v každé vrstvě půdy na začátku simulace. V části „Prostředí“ („Environment“) vyberte „Počáteční podmínky“ („Initial Conditions“). Zadejte datum pro počáteční podmínky, tedy datum měření půdních podmínek. Zadejte jej jako 25. února 1982 (jeden den před výsadbou). Zbývající informace v této části „Rezidua“ („Residue“) budou zadány, když budeme simulovat produkci s limitovaným obsahem dusíku.
4. Musíme také definovat počáteční podmínky půdní vody pro každou vrstvu. Klikněte na záložku „Profil“ („Profile“). Ve výchozím nastavení XBuild použije hodnoty odvodněného horního limitu půdy, které jsme vybrali v polích k definování počátečních vodních podmínek v půdě. V tomto okamžiku můžete upravit počáteční podmínky pomocí procenta dostupné vody. To vám umožní nastavit dostupné procento půdní vody (od spodního limitu po odvodněný horní limit). Nastavte dostupnou půdní vodu jako 100 % a dusík jako 10 kg/ha, poté zvolte „Přepočítat“ („Recalculate“). Všimněte si, jak se hodnoty hloubky půdy a objemové vody mění díky našemu výběru typu půdy Millhopper Fine Sand.



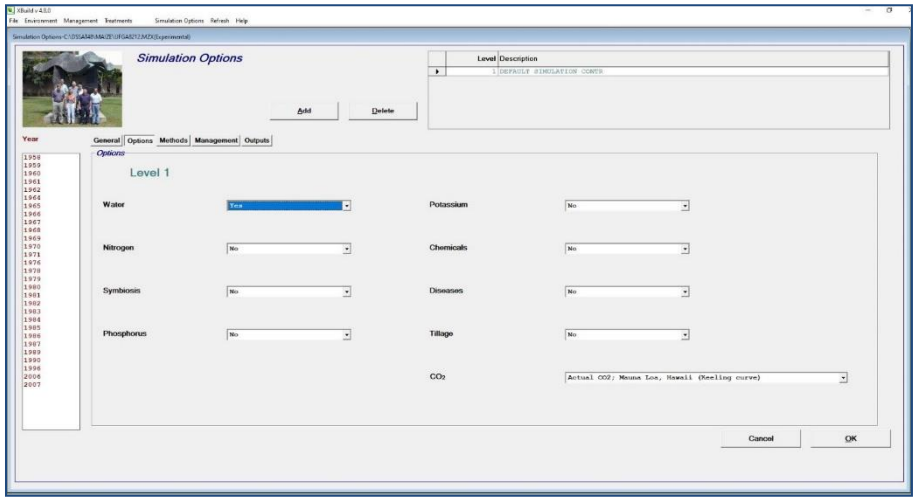

*Obrázek 15 Úprava počátečních podmínek*

Nyní znovu definujeme počáteční podmínky půdní vody pomocí hodnot uvedených níže. Všechny ostatní informace, včetně hloubky vrstev půdy, ponechte tak, jak jsou. Ignorujte půdní dusík, protože v tomto experimentu nebudeme simulovat dynamiku půdního a rostlinného dusíku.

| | |
|---|---|
| Vrstva 1: 0,086 | Vrstva 5: 0,076 |
| Vrstva 2: 0,086 | Vrstva 6: 0,076 |
| Vrstva 3: 0,086 | Vrstva 7: 0,130 |
| Vrstva 4: 0,086 | Vrstva 8: 0,258 |

Po dokončení nastavení vyberte „OK“ z nabídky profilu počátečních podmínek.

5. Abychom mohli simulovat vodní bilanci půdy pomocí simulačních modelů plodin, musíme zapnout sestavy vodní bilance. Přejděte na „Možnosti simulace“ („Simulation Options“). Na kartě „Obecné“ („General“) nastavte datum začátku simulace na 25. února 1982. Na kartě „Možnosti“ („Options“) nastavte vodní sestavy (water routines) na „Y“. Ujistěte se, že všechny ostatní možnosti jsou nastaveny na „No“, kromě $CO_2$, který by měl být nastaven na aktuální hodnotu, měřenou na Mauna Loa (Obrázek 16).

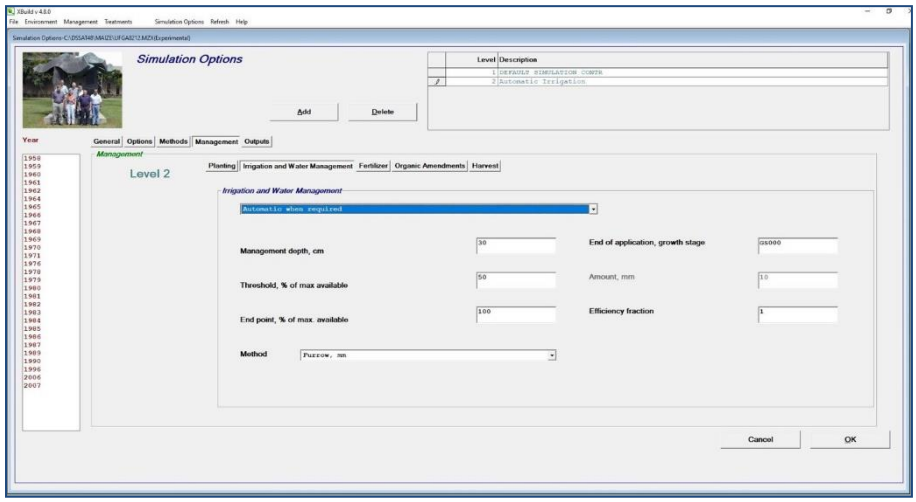



*Obrázek 26 Možnosti simulace pro produkci limitovanou vodou*

6. Je nutné také zapnout výstupní soubory vody. Přejděte na „Výstup“ („Output“) a ujistěte se, že je frekvence výstupu („Frequency of output“) nastavena na hodnotu „1“, výstupní soubory („Output files“) jsou nastaveny na „Výchozí“ („Default“), přehled („Overview“), souhrn („Summary“), růst („Growth“) a voda („Water“) jsou nastaveny na „Ano“ („Yes“) a zbývající možnosti jsou nastaveny na „Ne“ („No“), kromě hodnoty „Verbose“, která by měla být nastavena na „Normální výstup“ („Normal Output“) a hodnoty

„Provozní výstup“ („Operations Output“), která je nastavena na „Ano“ („Yes“). Klepněte na tlačítko „OK“.

7. Definujeme první kombinaci podmínek kliknutím na tlačítko „Treatment“ a budeme ji nazývat „Rainfed“ (závlaha pouze dešťovou vodou). Nastavte úroveň počátečních podmínek na „1“.
8. Přestože ještě není nastavení dokončeno, je vhodné nyní uložit soubor; vraťte se zpět do prostředí DSSAT a spusťte soubor, abyste ověřili, zda je vše v pořádku.
9. Nyní definujeme druhou kombinaci podmínek (treatment) jako zavlažované pomocí automatického zavlažování (možnost DSSAT). K tomu budeme muset nejprve přidat **novou úroveň** v možnostech simulace. Přejděte na „Možnosti simulace“ („Simulation Options“). Kliknutím na „Přidat“ („Add“) definujte druhou úroveň možností simulace. Tuto úroveň nazvěte „Automatické zavlažování“ („Automatic Irrigation“). Nyní vyberte **Management → Zavlažování a hospodaření s vodou (Irrigation and Water Management)**. Definujte typ zavlažování jako **„Automaticky, když je potřeba“ („Automatic when required“)**. Nyní můžete určit hloubku a práh managementu – použijte výchozí hodnoty 30 cm a 50% práh. Model tedy bude testovat obsah vody v horních 30 cm půdy každý den. Pokud je obsah vody v těchto horních 30 cm menší než 50 % kapacity, bude automaticky použito zavlažování, aby se obsah vody v půdě vrátil zpět na polní kapacitu, na horní limit odvodnění (Drained Upper Limit, DUL). Vaše obrazovka managementu zavlažování pro simulační možnosti úrovně 2 (automatické zavlažování) by měla vypadat podobně jako na obrázku 17. Klikněte na tlačítko „OK“.




*Obrázek 3 Nastavení automatického zavlažování*

10. Nyní je potřeba vytvořit druhou kombinaci podmínek. Vyberte možnost „Kombinace podmínek“ („Treatment“) a poté přidejte druhou kombinaci podmínek. Nazvěte tuto kombinaci podmínek „Automatické zavlažování“ a vyberte úroveň řízení simulace automatického zavlažování. Klikněte na „OK“, uložte soubor a ukončete XBuild.

**Spusťte** tento nový soubor FileX s modelem kukuřice. Sledujte dopady simulace vodní bilance ve srovnání se simulací potenciální produkce. Porovnejte jak podmínky závlahy dešťovou vodou, tak podmínky automatické závlahy.

## *Samostatná práce 1*

Zkuste spustit model se zapnutou a vypnutou vodní bilancí a porovnejte výsledky. Můžete toho dosáhnout tak, že nejprve přidáte novou sekci „Simulation Control“, která přepne vodní bilanci na „off“ a nastaví na „N“. Poté přidejte novou kombinaci podmínek v souboru FileX a vyberte novou sekci „Simulation Control“ pro simulaci potenciální produkce. Jaký dopad má vodní stres na různé růstové indexy? Můžete to analyzovat porovnáním podmínek závlahy pomocí dešťové vody s podmínkami potenciální produkce.

## *Samostatná práce 2*

V půdním souboru (SOIL.SOL) je 12 standardních půd, od mělkých, písčitých půd s velmi nízkou schopností zadržovat vodu až po hluboké jílovité půdy s velmi vysokou schopností zadržovat vodu. Zopakujte simulaci s každou z těchto půd (pomocí ***nástroje pro analýzu citlivosti***, půdy IB00000001 až IB00000012) pro podmínky růstu s limitovanou vodou (potenciální výsledek produkce je **stejný** bez ohledu na zvolený půdní profil). Alternativně můžete vytvořit 12 kombinací podmínek, z nichž každá obsahuje jinou půdu. Jak je ovlivněn výnos novými půdami za podmínek produkce limitované vodou? Který typ půdy poskytuje výnos nejbližší výnosu dosaženému při potenciální produkci?

## *Samostatná práce 3*

Při automatickém zavlažování specifikujeme hloubku a práh managementu, abychom vyhodnotili, zda má model dnes aplikovat závlahu plodiny. Výchozí hodnoty, které používáme, jsou hloubka 30 cm a práh 50 % vodní kapacity. Zkuste změnit každý z těchto parametrů (hloubka 10, 30, 50 a 70 cm) a kapacitu vody pro spuštění zavlažování (10, 30, 50, 70 a 90 %) a prozkoumejte, jak model reaguje z hlediska počtu aplikací vody, celkového množství aplikované závlahové vody a konečného výnosu. Zvažte, jak můžete model použít k plánování zavlažování na poli. Můžete usoudit (podíváte-li se na výsledky), kde bye bylo možné nastavit vlastní prahové hodnoty pro spuštění zavlažování, abyste mohli **současně**

minimalizovat náklady na zavlažování (počet aplikací a celkové množství aplikované vody v mm), a přitom stále minimalizovat vodní stres a udržovat vysoké výnosy semen. Toto cvičení můžete provést vytvořením sady kombinace podmínek, ve kterých tato nastavení změníte pomocí možností simulace.

## *Samostatná práce 4*

Kromě dat o počasí pro rok 1982 pro Gainesville můžete vybrat další roky s daty o počasí pro Gainesville. Když vybíráte nový rok, ujistěte se, že datum výsadby a datum začátku simulace odpovídají vybranému roku. Jaký to má dopad na výnos? Můžete vysvětlit tyto rozdíly a určit, zda jsou způsobeny vodním stresem?

## *Samostatná práce 5*

Ve cvičení, kde se pracovalo s nástrojem WeatherMan jste měli za úkol vytvořit jeden nebo více souborů s daty o počasí pro váš vlastní region nebo zemi. Ve cvičení, kde se pracovalo s nástrojem SBuild jste měli za úkol vytvořit nový půdní profil pro váš vlastní region nebo zemi. Nyní můžete vytvořit hypotetický experiment pro plodinu dle vašeho výběru pomocí stejných postupů popsaných výše, ale s použitím vlastních dat o počasí a půdě.

Ujistěte se, že všechny vaše roky odpovídají rokům, pro které máte údaje o počasí. Můžete si vybrat jakýkoli kultivar ze seznamu poskytnutého v XBuild; datum výsadby, rozestupy a další způsoby hospodaření s plodinami by měly být podobné těm, které jsou běžné ve vašem regionu nebo ve vaší zemi.

# Praktické cvičení 13:

## Simulace potenciální výroby

### Úvod

XBuild je nástroj v DSSAT v4.8, který se používá k vytvoření a úpravě souboru FileX nebo experimentálního souboru. Nejjednodušší soubor FileX popisuje potenciální produkci plodin, omezenou pouze genetickým potenciálem plodiny a prostředím (mimo srážky). Na tomto souboru budeme stavět později, když do systému přidáme stres z nedostatku vody a stres z nedostatku dusíku.

### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit experiment s potenciální produkcí pomocí XBuild.
- ✓ Orientovat se v rozhraní XBuild a vědět, které vstupy jsou a které nejsou nutné pro odhad potenciální produkce.
- ✓ Vytvořit šablonu experimentu, kterou použijete v pozdějších cvičeních, ve kterých přidáte možnosti pro produkci limitovanou vodou a dusíkem.

Níže vidíte pokyny pro vytvoření souboru FileX s potenciální produkcí, to znamená, že plodina není limitována dostupností vody nebo dusíku. Tento příklad je pro model kukuřice, ale bude platit pro jakýkoli model DSSAT.

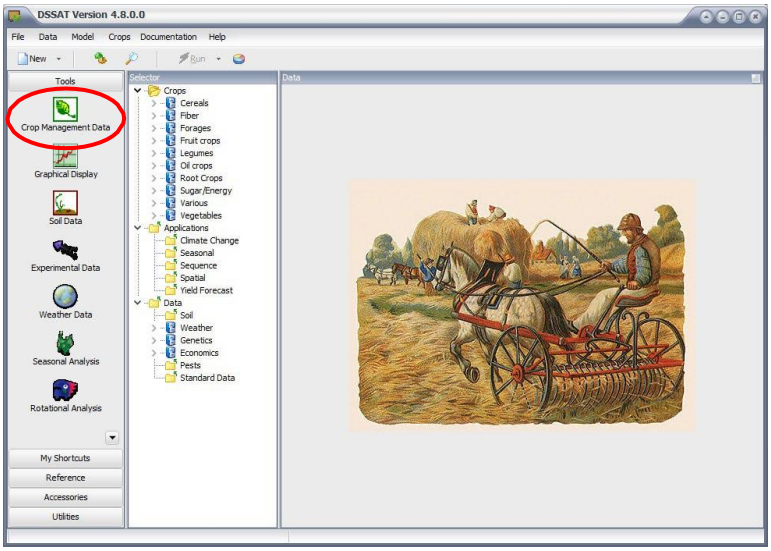
### Praktické cvičení

V prostředí DSSAT v4.8 vyberte *Nástroje* (*Tools*) na levém postranním panelu a jednou klikněte na ikonu s názvem Crop Management Data (Obrázek 18). Tím se spustí program XBuild pro úpravu existujícího souboru experimentu nebo pro vytvoření nového. Po dokončení práce se soubor uloží do jednoho z adresářů plodin pod DSSAT48 v závislosti na plodině, pro kterou jste zadali data.

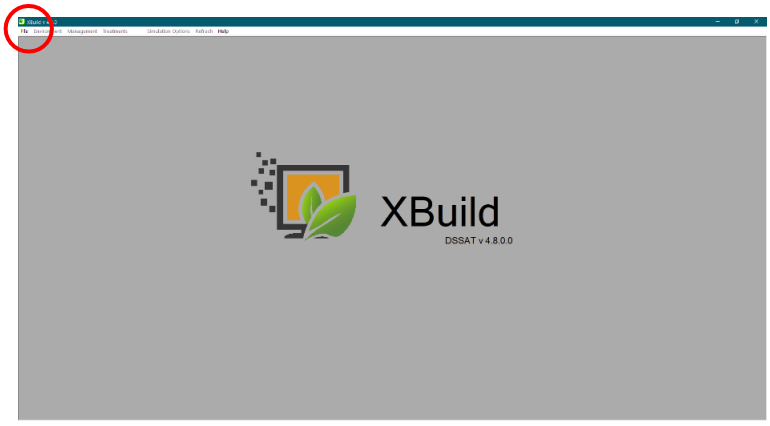
Jakmile jste v nástroji XBuild, vyberte „Soubor“ (File) a „Nový“ (New) (Obrázek 19). Pokud program spouštíte poprvé, bude vytvoření interní databáze trvat trochu déle.

V nabídkách v XBuild se můžete pohybovat dvěma různými způsoby:

- ✓ Použijte myš a klikejte na ikony.
- ✓ Pomocí klávesy <Tab> zvýrazněte požadované pole a stiskněte ***<Enter>***.




*Obrázek 48 Možnosti v části Nástroje pro výběr XBuild – Crop Management Data.*




*Obrázek 59 Hlavní úvodní obrazovka nástroje XBuild.*

Toto je experiment s potenciální produkcí, takže vytvoříme co nejjednodušší soubor FileX, který bude stále fungovat. Ze všech možností a nabídek, které se v nástroji XBuild objevují, potřebujeme zadat pouze několik položek (Obrázek 20).

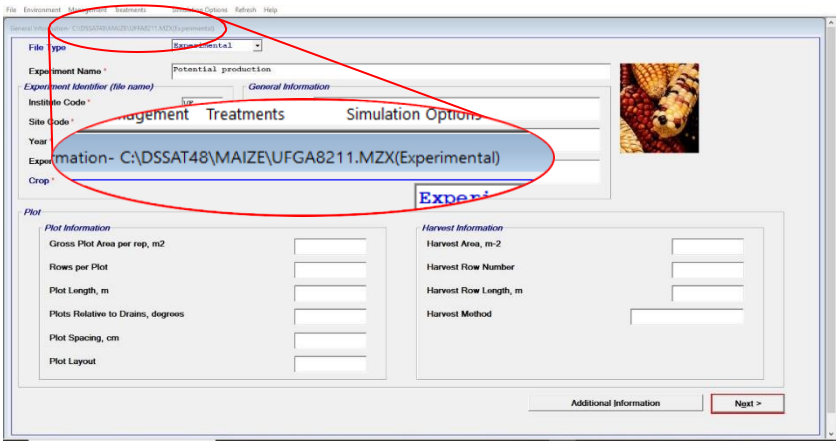
V části Obecné informace (experimentální) (General Information, Experimental) definujeme následující:

1. V části „Typ souboru“ („File Type“) vyberte „experimentální“, protože se bude jednat o soubor FileX založený na experimentálních datech.

Do pole „Název experimentu“ („Experiment Name“) zadejte název podle svého výběru – experiment pojmenujte jedinečným způsobem, aby jej bylo možné jasně identifikovat.

Zadejte „Kód instituce“ („Institute Code“), „Kód lokality“ („Site Code“) a „Číslo experimentu“ („Experiment Number“). Jako kód instituce použijeme UF (University of Florida), jako kód lokality použijeme GA (Gainesville). Data byla shromážděna v roce 1982 a jedná se o experiment číslo 11 v sérii experimentů v tomto roce pro tuto lokalitu. Jako plodinu vyberte kukuřici.

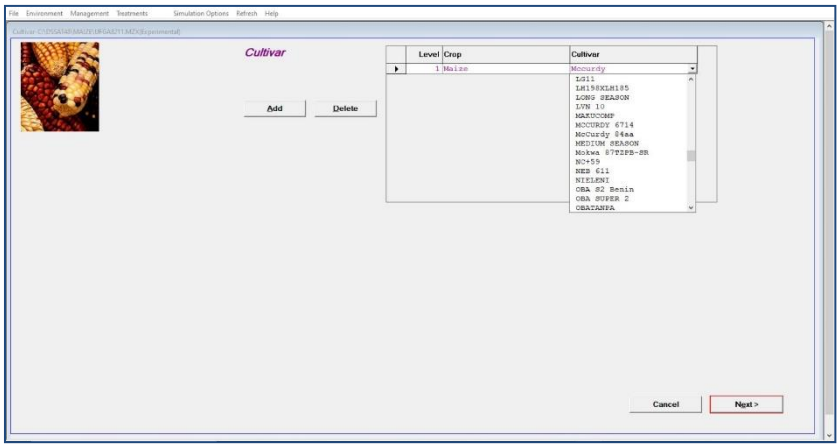
Jakmile budou tato pole vyplněna, podívejte se na záhlaví souboru – mělo by ukazovat to, co jste právě zadali, tj. UFGA8211.MZX.




*Obrázek 206 Obrazovka s obecnými informacemi.*

Kliknutím na tlačítko „Další“ („Next“) přejdete na další obrazovku.

2. Na nové obrazovce (Obrázek 21) vybereme „Kultivary“ („Cultivars“), např. pro určení odrůdy, kterou chceme pěstovat nebo simulovat. Kliknutím na pole kultivaru získáte seznam všech kultivarů kukuřice, jejichž genetické koeficienty byly vypočítány a umístěny do souboru genotypu. Najděte v seznamu kultivar McCurdy84aa a zvýrazněte jej.




*Obrázek 217 Obrazovka pro výběr kultivaru.*

Toto je první úroveň (úroveň 1) pro proměnnou kultivaru. Přidejte další úroveň kultivaru kliknutím na tlačítko „Přidat“ („Add“). Vyberte jiný kultivar z rozbalovací nabídky a přidejte druhý kultivar pro úroveň 2.

Kliknutím na tlačítko „Další“ („Next“) přejdete na další obrazovku.

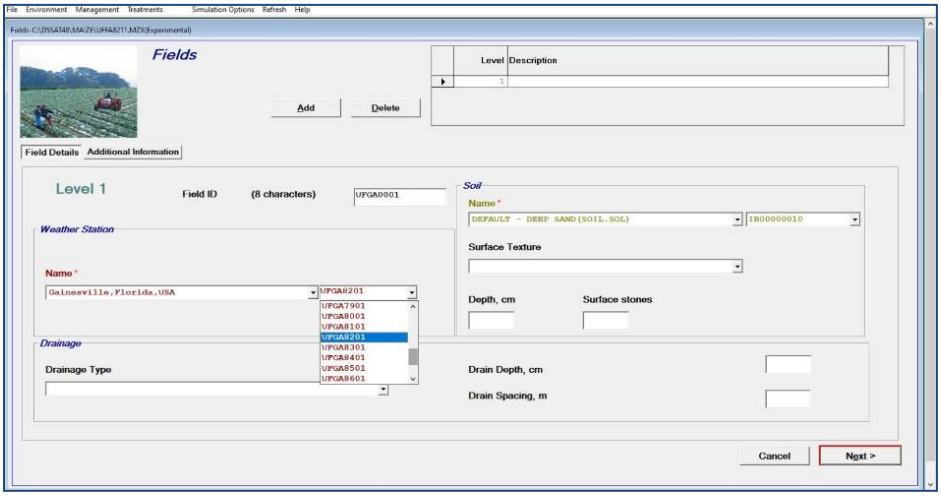
3. V dalším kroku upřesníme konkrétní podmínky související s místem experimentu (Obrázek 22). V horní části obrazovky můžeme uvést volitelný popis tohoto místa. Ve zbývající části panelu vyplníme následující:

*Identifikační číslo pole* (Field ID): UFGA0001

*Meteorologická stanice*: Vyberte ze seznamu „Gainesville, Florida, USA“. Pro druhou položku vedle jména vyberte rok a použijte stejný rok, jaký byl definován na „Obrazovce pro obecné zadávání“ („General input screen“); z rozevíracího seznamu byste měli vybrat ID meteorologické stanice „UFGA8201“.

*Název půdy*: Vyberte první výchozí půdu zobrazenou v seznamu. Půda nebude pro simulace použita, takže výběr výchozího typu nevadí. Pod přepínačem půdy a názvu půdy zadejte znak „D“ a poté přejděte dolů. Vybraná půda by měla mít název „Default – Deep Sand“ a její ID by mělo být „IB00000010“.

Kliknutím na tlačítko „Další“ („Next“) přejdete na další obrazovku.



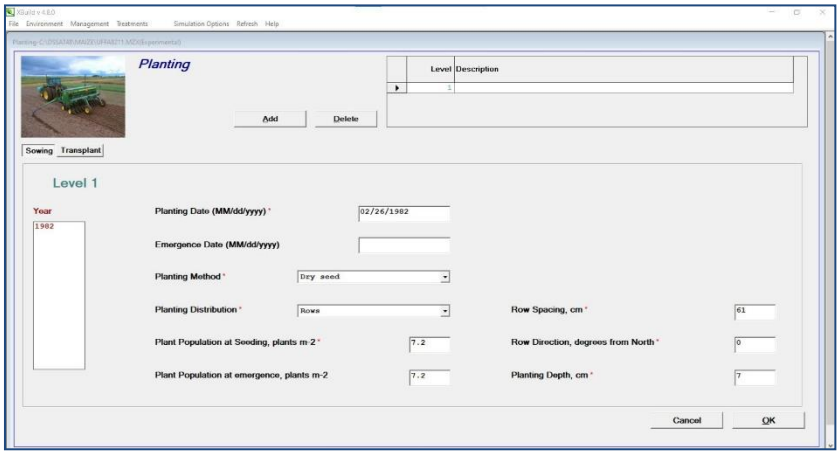

*Obrázek 82 Obrazovka pro zadání údajů o poli.*

4. Na další obrazovce definujeme informace o výsadbě (Obrázek 23) pomocí následujících proměnných:

| | |
|---|---|
| Datum výsadby: | 26. února 1982 |
| Datum vzcházení: | (ponechte prázdné – model jej vypočítá) |
| Způsob výsadby: | Suché semeno |
| Distribuce výsadby: | Řádky |
| Populace rostlin při výsevu: | 7,2 rostlin na $m^2$ |
| Populace rostlin při vzcházení: | 7,2 rostlin na $m^2$ |
| Vzdálenost řádků: | 61 cm |
| Směr řádků: | 0 ° od severu |
| Hloubka výsadby: | 7 cm |

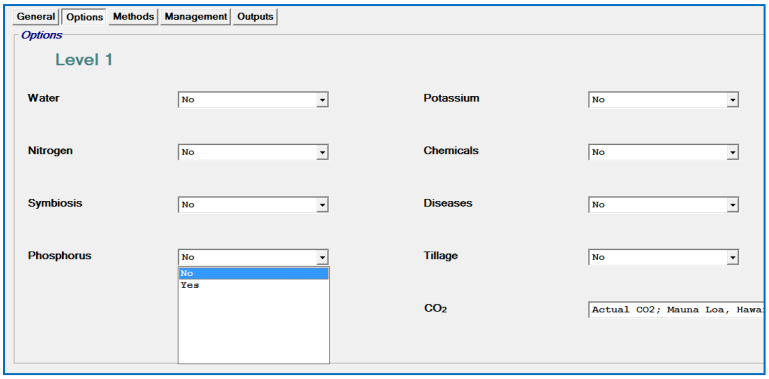
Pamatujte, že formát roku, měsíce a data se může ve vašem počítači lišit; použijte formát data zobrazený na obrazovce!

Pokud je vše v pořádku, klikněte na tlačítko „OK“. Zbývající obrazovky ignorujte, protože nesouvisí se simulací potenciální produkce.



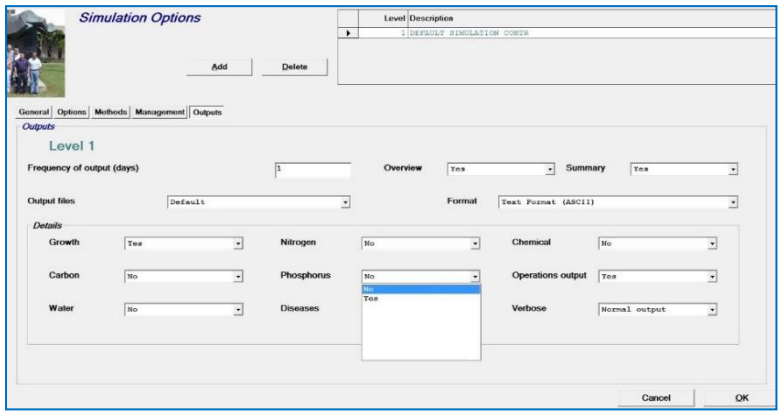

*Obrázek 93 Obrazovka s informacemi o výsadbě*

5. Zbývá vyplnit ještě jeden blok – ovládací prvky simulace. V horní liště nabídek vyberte „Možnosti simulace“ („Simulation Options“). Změníme pouze datum zahájení simulace na 2. ledna 1982, přibližně osm týdnů před výsadbou.
6. Protože se jedná o experiment potenciální produkce, musíme vypnout simulaci vody, dusíku, fosforu a draslíku. Na kartě „Možnosti“ („Options“) je vypněte zvolením „Ne“ („No“) pro možnost Voda a „Ne“ („No“) pro možnost Dusík (Obrázek 24 ukazuje část obrazovky „Možnosti simulace“ („Simulation Options“)).



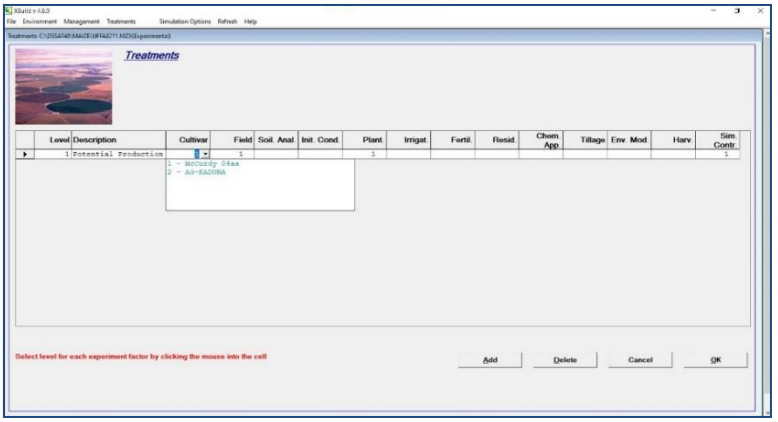

*Obrázek 10 Nastavení možností simulace.*

7. Je vhodné také řídit výstupy, které bude model generovat. Vyberte záložku „Výstupy“ („Outputs“) na obrazovce „Možnosti simulace“ („Simulation Options“) a změňte frekvenci výstupů na „1“ den (Obrázek 25). Vypněte (tj. nastavte na „Ne“) všechny podrobné výstupy kromě „Růst“ („Growth“) a „Provozní výstup“ („Operation output“). Zkontrolujte také, zda je „Verbose“ nastaveno na normální výstup. Soubory Přehled (Overview) a Souhrn (Summary) by měly být nastaveny na „Ano”.




*Obrázek 25 Specifika výstupu pro řízení simulace.*

8. Až to uděláte, zvolte „OK” a tím se vrátíte na obrazovku Obecné informace (General Information).
9. Nakonec musíte vytvořit kombinaci podmínek (treatment; Obrázek 26). Z hlavní nabídky vyberte „Treatment“. Všimněte si, že program již vybral první úroveň pro každou sekci. Kliknutím na „Cultivar“ můžete vidět, že jsou k dispozici dvě úrovně kultivarů, pokud jste je dříve definovali v sekci kultivarů. Definujte název kombinace podmínek, například „Potenciální produkce“, a kliknutím na „OK“ se vrátíte zpět na obrazovku „Obecné informace“ („General Information“).




*Obrázek 26 Obrazovka výběru a definice kombinace podmínek (treatment).*

Uložte soubor, který jste právě vytvořili pomocí „Soubor“ („File”) a „Uložit“ („Save”). Ve výchozím nastavení je soubor uložen do adresáře plodin spojeném s první plodinou experimentu a informacemi poskytnutými na obrazovce „Obecné informace“ („General Information”). V tomto případě bude soubor uložen jako UFGA8211.MZX v adresáři \DSSAT48\MAIZE. Ukončete nástroj XBuild.

- ✓ Vraťte se do prostředí DSSAT a spusťte experiment, který jste právě vytvořili, a to pomocí stejných postupů popsaných v předchozím cvičení o spuštění růstového modelu.
    - Pokud v seznamu nevidíte svůj nový experiment, musíte výběr souboru experimentu „obnovit“ („refresh“) pomocí ikony obnovení („refresh icon“).
    - Pokud jste neudělali žádné chyby, model bude simulovat potenciální produkci kukuřice.
    - Pokud jste udělali chybu při vytváření souboru, chybová hláška vás upozorní na chybu, kterou můžete opravit pomocí nástroje XBuild.

Všimněte si, že svůj soubor FileX můžete upravit v prostředí DSSAT. V části „Experiment s kukuřicí“ („Maize – Experiment“) zvýrazněte svůj experiment a poté klikněte pravým tlačítkem a vyberte možnost „Upravit“ („Edit“). Soubor experimentu můžete také zobrazit pomocí možnosti „Zobrazit“ („View“).

## *Samostatná práce 1*

Vytvořte graf proměnných **růstu rostlin** (**Plant Growth**), které vás zajímají. Dále vyberte proměnné **půdní voda** (**Soil water**), **rostlinný dusík** (**Plant Nitrogen**) nebo **dusík v půdě** (**Soil Nitrogen**) a graficky znázorněte libovolnou proměnnou. Jaké jsou výsledky? Proč jste dosáhli právě těchto výsledků? Uvědomte si, že

simulujete potenciální produkci a že simulace půdní vody, vody v rostlině a dusíkové bilance byla vypnuta.

## *Samostatná práce 2*

Pomocí nástroje Analýza citlivosti (Sensitivity Analysis Tool), který naleznete v nabídce postranního panelu Příslušenství (Accessories), spusťte model šestkrát a vyberte 6 různých datumů výsadby. První datum výsadby bude 26. února, a při každé další simulaci prodlužujte termín o 2 týdny. Všimněte si, jak změna data výsadby ovlivní výsledky modelu v rámci potenciální produkce. Liší se dobazralosti a výnos plodin podle data výsadby? Můžete odvodit proč?

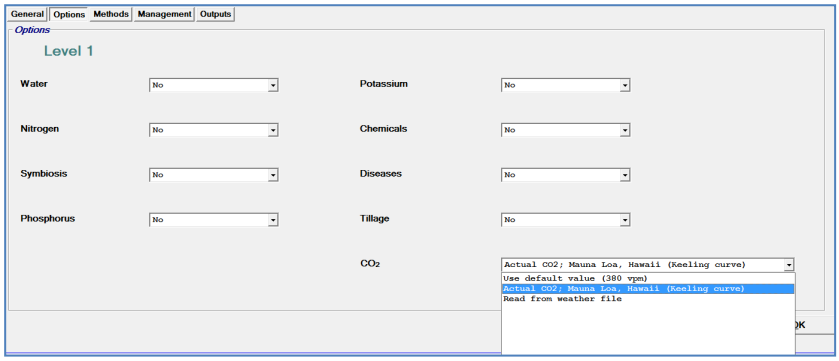
## *Samostatná práce 3*

Pomocí nástroje XBuild můžeme přidat druhou kombinaci podmínek (treatment), která bude identická s první kombinací podmínek, ale vybereme jiný kultivar. V DSSAT v4.8 znovu vyberte kukuřici a poté přejděte k experimentům. Zvýrazněte nebo vyberte experiment, který jste právě vytvořili, UFGA8211, klikněte pravým tlačítkem myši a vyberte „Upravit soubor“ („Edit File“). Přejděte na „Management a kultivary“ („Management and Cultivars“) a přidejte jeden nebo více kultivarů. Poté se v hlavní nabídce vraťte do „Kombinace podmínek“ („Treatments“) a klikněte na „Přidat“ („Add“). Tím přidáte novou kombinaci podmínek. Upravte svou úroveň kultivaru a popis ošetření pro různé kultivary, které jste definovali dříve v části úrovně kultivaru. Uložte tento soubor a spusťte model znovu. Porovnejte výsledky pro každý kultivar prohlížením přehledového souboru (Overview) nebo vykreslením některých proměnných růstu rostlin do grafu.

## *Samostatná práce 4*

V DSSAT existuje možnost buď definovat neměnnou koncentraci $CO_2$, nebo použít takovou koncentraci $CO_2$, jaká byla naměřena na Mauna Loa na Havaji. V nástroji XBuild přejděte na „Možnosti simulace“ („Simulation Options“) a poté vyberte „Možnosti“ („Options“; Obr. 27). Nastavte jednu úroveň řízení simulace („Simulation Control“) pomocí „výchozí hodnoty (default value) (380 ppm)“. Poté přidejte druhou úroveň řízení simulace a použijte aktuální údaje o $CO_2$ z Mauna Loa. Poté definujte dvě nové kombinace podmínek (treatments) s těmito dvěma různými úrovněmi řízení simulace, ale ostatní vstupy ponechte stejné. Spusťte model a zakreslete **počasí**, abyste viděli různé koncentrace $CO_2$. Určete také dopad koncentrace $CO_2$ na růst, rozdělení a výnos.

Poznámka: Výchozí hodnota 380 ppm odpovídá roku 2005. Pokud je váš experiment v tomto roce nebo od něj není příliš daleko, pak nemusíte vidět významné rozdíly vyplývající z různé koncentrace $CO_2$.

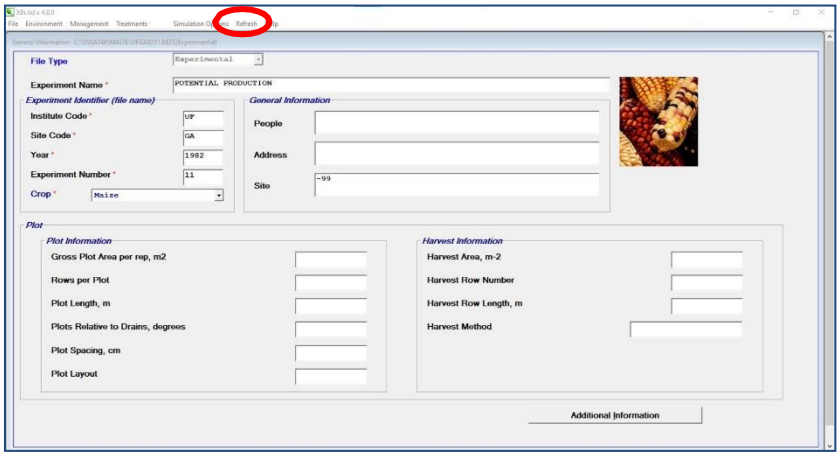



*Obrázek 11 Možnosti $CO_2$ v ovládacích prvcích simulace.*

## *Samostatná práce 5*

Zadejte hypotetický experiment pro plodinu, kterou jste si vybrali pro vaši zemi, a to pomocí stejných postupů popsaných v tomto cvičení. Doporučujeme použít data o počasí, která jste vytvořili v předchozím cvičení, a vybrat stejný výchozí profil půdy z tohoto cvičení. Jako kultivar vyberte jeden z kultivarů ze seznamu v XBuild (je možné, že vaše kultivary a odrůdy nejsou zahrnuty).

Poznámka: XBuild při svém prvním spuštění vytvoří interní databázi pro všechny soubory související s DSSAT. Když přidáváte kultivary, půdní data nebo údaje o počasí, musíte aktualizovat tuto interní databázi. Můžete to udělat výběrem funkce ***Refresh*** (Obr. 28) na panelu nabídek XBuild.




*Obrázek 12 Obnovení interní databáze XBuild.*

# Produkce limitovaná dusíkem

## Úvod

V tomto cvičení využijete soubor, který jste vytvořili pro produkci limitovanou vodou, a do souboru FileX přidáte vstupní data potřebná k simulaci dusíkové bilance **půdy a rostlin** a k odhadu vlivu **vodního a dusíkového stresu** na růst a vývoj plodin.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit experiment s limitovanou vodou a dusíkem pomocí nástroje XBuild.
- ✓ Identifikovat, které vstupy jsou nutné pro simulaci produkce s limitovaným dusíkem.
- ✓ Vytvořit graf všech dostupných denních výstupních dat generovaných modely.

Následující pokyny pro vytvoření souboru FileX s limitovaným dusíkem navazují na pokyny pro vytvoření souboru FileX s limitovanou vodou z předchozího cvičení pro vodu, tj. **UFGA8212.MZX**. Cílem tohoto cvičení je vytvořit velmi podobný soubor managementu plodin tak, aby bylo možné simulovat produkci plodin se ***zapnutou dusíkovou bilancí i složkami vodní bilance***. Všimněte si, že předpokládáme, že ostatní hnojiva nejsou omezující.

## Praktické cvičení

V části Nástroje (Tools) v programu DSSAT v4.8 spusťte nástroj XBuild.

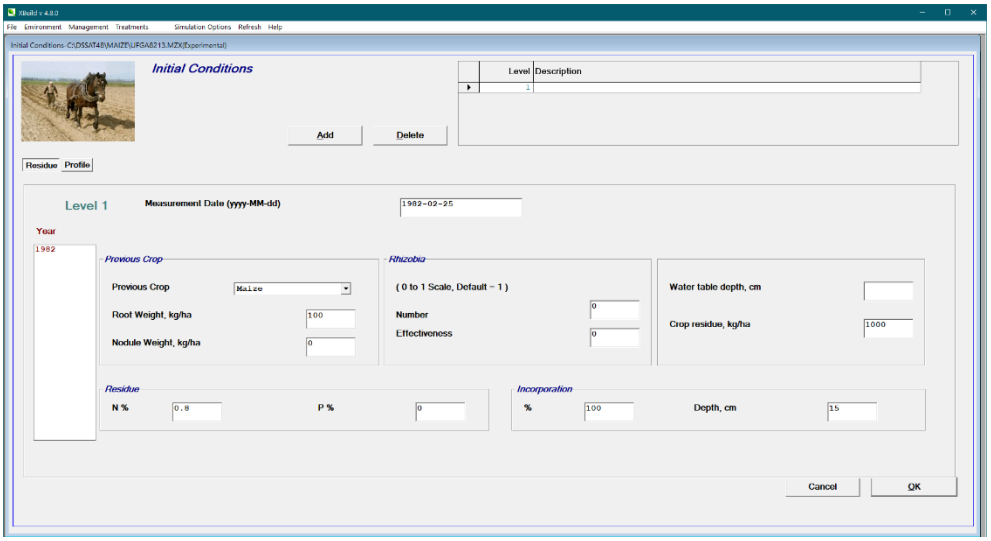
1. Postupujte podle dříve uvedených pokynů pro vytvoření souboru FileX pro potenciální produkci s limitovanou vodou. Použijte číslo experimentu **8213** (rok **1982**, číslo experimentu **13**) nebo něco podobného. Pojmenujte nový experiment tak, aby odrážel skutečnost, že nyní bude simulována vodní a dusíková bilance. Navrhovaný název je „Simulace dusíkové bilance“.
2. Experiment byl proveden na University of Florida v Gainesville v roce 1982. Plodinou je kukuřice, kultivar je *McCurdy84aa*, vysazený *26. února 1982*. Populace rostlin při výsevu a vzcházení je *7,2 rostlin na*

*m²*, rozteč řádků je *61 cm* a hloubka výsadby je *7 cm*. Půda *je Millhopper Fine Sand* s ID půdy *IBMZ910014*.

3. Nyní zadejte počáteční podmínky pro dusík. Ve volbě „Prostředí“ („Environment“) vyberte „Počáteční podmínky“ („Initial Conditions“). Definujte zbytek ponechaný na poli po předchozí plodině a související informace.

| | |
|---|---|
| Datum měření: | 25. února 1982 |
| Předchozí plodina: | kukuřice |
| Hmotnost kořenů předchozí plodiny (kg/ha): | 100 |
| Hmotnost hlízek předchozí plodiny (kg/ha): | 0 |
| Počet bakterií rodu Rhizobium: | 0 |
| Účinnost bakterií rodu Rhizobium: | 0 |
| Počáteční aplikace rostlinných zbytků (kg/ha): | 1000 |
| Počáteční zbytkový obsah dusíku (%): | 0,8 |
| Počáteční zbytkový obsah fosforu (%): | 0,0 |
| Počáteční zapravení zbytků (%): | 100,0 |
| Počáteční hloubka zapravení zbytků (cm): | 15 |

Vaše vstupní obrazovka by měla vypadat podobně jako na Obrázku 29.




*Obrázek 13 Vstupní obrazovka počátečních podmínek.*

4. Po zadání těchto informací zvolte „Profil“ („Profile“) pro přesun do nabídky „Vrstvy počátečních podmínek“ („Initial Conditions Layers“). Upravte každou z 8 vrstev; použijte stejné počáteční podmínky pro vodu jako v předchozím cvičení a zadejte počáteční obsah amoniaku a dusičnanů takto:

| Vrstva | Voda ($mm^3/mm^3$) | $NH_4$ (g/Mg) | $NO_3$ (g/Mg) |
|---|---|---|---|
| **1** | 0,086 | 1,5 | 0,6 |
| **2** | 0,086 | 1,5 | 0,6 |
| **3** | 0,086 | 1,5 | 0,6 |
| **4** | 0,086 | 1,5 | 0,6 |
| **5** | 0,076 | 0,6 | 0,6 |
| **6** | 0,076 | 0,6 | 0,6 |
| **7** | 0,130 | 0,5 | 0,6 |
| **8** | 0,258 | 0,5 | 0,6 |

Po dokončení klikněte na tlačítko „OK", čímž opustíte nabídku počátečních podmínek.

5. Vyberte „Možnosti simulace" („Simulation Options"), „Obecné" („General") a upravte datum zahájení simulace tak, aby bylo nastaveno na *25. února 1982*.
6. Pro simulaci dusíkové bilance půdy a rostlin je nutné zapnout sestavy dusíkové bilance půdy a rostlin. Přejděte na „Možnosti simulace" („Simulation Options") a „Možnosti" („Options"). Zapněte sestavy Voda (Water) a Dusík (N) výběrem „Ano" („Yes") pro tyto možnosti. Poté přejděte na „Možnosti simulace", „Správa" („Management") a změňte pole pro dusíkaté hnojivo na „V hlášených datech" („*On Reported Dates*").
7. Nakonec musíme zkontrolovat, zda je výstup dusíku modelem opravdu generován. Přejděte na „Možnosti simulace" („Simulation Options") a „Výstup" („Output") a ujistěte se, že „Výstup dusíku" („Nitrogen Output") je nastaven na „Ano" („*Yes*"). Vyberte „*OK*".
8. Nyní přidáme druhou úroveň „Možností simulace" („Simulation Options"). Přejděte na „Možnosti simulace" a „Přidat" („Add") úroveň. Pojmenujte tuto úroveň „Automaticky zavlažováno", podobně jako v předchozím cvičení pro produkci limitovanou vodou. Opět nastavíme automatickou závlahu. Přejděte na „Možnosti simulace", „Management". Pro pole zavlažování/management vody (irrigation/water management) vyberte „*Automaticky v případě potřeby*" („*Automatic when required*"). Použijte výchozí hloubku managementu a práh 30 cm a 50 %. Vyberte „OK".

(Tip: Pokud jste pro toto cvičení použili soubor FileX ze cvičení s limitovanou vodou, nezapomeňte změnit obě možnosti simulace na „Ano" pro simulaci dusíku.)

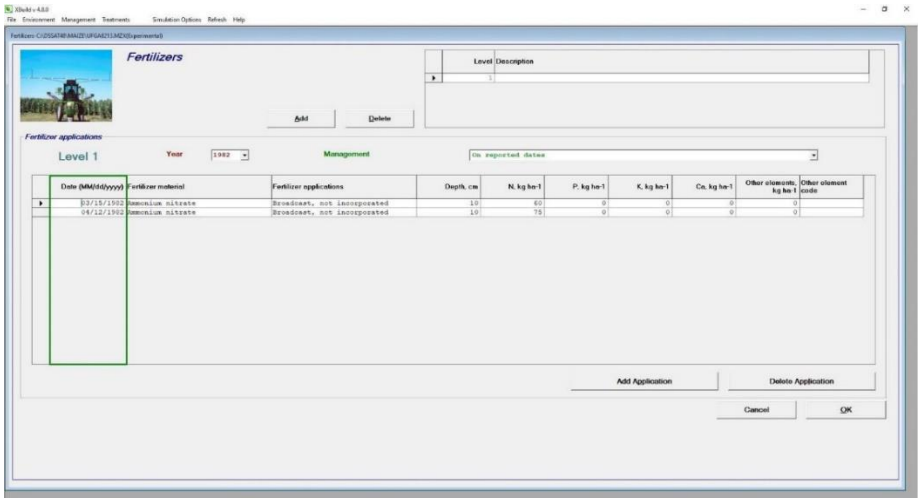
9. Nyní musíme definovat kombinaci podmínek. Přejděte na obrazovku „Kombinace podmínek" („Treatments"). Ujistěte se, že počáteční podmínky

jsou nastaveny na úroveň 1. Poté přidejte druhou kombinaci podmínek, změňte název nové kombinace podmínek a změňte úroveň řízení simulace na 2.

10. Uložte tento soubor a ujistěte se, že je uložen jako **UFGA8213.MZX**. Ukončete XBuild.

Spusťte soubor **FILEX** s modelem kukuřice. Sledujte dopady simulace dusíkové a vodní bilance ve srovnání se simulací potenciální produkce a simulací produkce limitované množstvím vody.

11. Po vašich simulacích přidejte kombinaci podmínek, za které je aplikováno dusíkaté hnojivo (Obrázek 30). Vyberte experiment, který jste vytvořili dříve, tj. **UFGA8213.MZX**, a upravte soubor. Přejděte na „Management" a „Hnojiva" („Fertilizers") a *aplikujte 60 kg[N]/ha dusičnanu amonného* dne *15. března 1982*. Hloubka aplikace je *10 cm* a metoda aplikace je *„Zeširoka, začleněno"* (*„Broadcast, incorporated"*). Přidejte další aplikaci dusíkatých hnojiv *75 kg/ha* dne *12. dubna 1982*, za použití stejného typu hnojiva, aplikační hloubky a způsobu aplikace jako při první aplikaci. Klikněte na *„OK"* a ukončete aplikaci hnojiva.




*Obrázek 30 Aplikace hnojiva.*

12. Nyní je nutné zkontrolovat, že dusíkaté hnojivo bude načteno ze souboru s podrobnostmi o experimentu. Přejděte na „Možnosti simulace" („Simulation Options") a „Management". Zkontrolujte, zda je pro obě úrovně pod položkou Dusík vybrána možnost *„V ohlášených datech"* (*„On reported dates"*) pro čtení vstupů ze souboru FileX. Pro ukončení klikněte na *„OK"*.
13. Nyní přidáme dvě nové kombinace podmínek, které zahrnují stejné aplikace dusíkatých hnojiv pro zavlažované podmínky i podmínky

s dusíkem. Vyberte „Kombinace podmínek“ („Treatments“) a poté přidejte dvě kombinace podmínek. Sestavte třetí kombinaci podmínek tak, aby zahrnovala závlahu deštěm s dusíkatým hnojivem, a čtvrtou kombinaci podmínek, která bude zahrnovat automatické zavlažování a dusíkaté hnojivo. Všimněte si, že úrovně pro simulační řízení jsou stejné pro podmínky 1 a 3 a pro podmínky 2 a 4. Koncentrace hnojiv jsou totožné pro podmínky 3 a 4, zatímco pro podmínky 1 a 2 jsou ponechány prázdné.

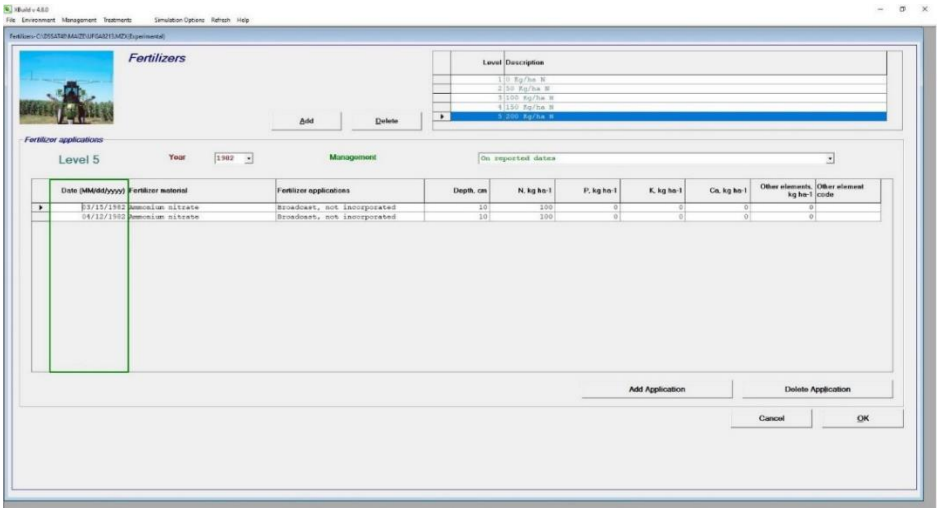
14. **Uložte** soubor a ukončete nástroj XBuild.

**Spusťte** tento nový soubor FILEX s modelem kukuřice. Sledujte dopady simulace dusíkové a vodní bilance na výnos a také na podmínky prostředí, jako je vyluhování dusíku.

***Pamatujte si!*** **Jedna kombinace podmínek může obsahovat více než jednu aplikaci zavlažování a/nebo hnojiva. Kombinace podmínek identifikuje jedinečnou kombinaci experimentálních vstupů, které mohou zahrnovat vícenásobnou aplikaci (v tomto případě) dusíkatého hnojiva.**

## *Samostatná práce 1*

Změnou aplikačního množství hnojiva můžete vytvořit jednoduchou reakční plochu pro aplikaci dusíku. Proveďte sérii simulací s 0, 50, 100, 150 a 200 kg/ha celkového dusíku aplikovaného úpravou rozdělené aplikace použité při kombinaci podmínek „hnojení a zavlažování“ (v tomto příkladu kombinace podmínek č. 4). Toho lze nejsnáze dosáhnout použitím nástroje XBuild a vytvořením řady nových kombinací podmínek s různými dávkami dusíkatého hnojiva (Obrázek 31). Můžete získat výsledky ze souboru OVERVIEW.OUT nebo SUMMARY.OUT pro konečný výnos zrna a zadat je do Excelu pro vykreslení odezvy výnosu na aplikovaný anorganický dusík. Souhlasíte s výsledky? Kromě toho se podívejte na vyluhování dusíku a příjem dusíku plodinami na každé úrovni plodnosti.




*Obrázek 14 Vstupy hnojiva pro jednu úroveň hnojiva (200 kg[N]/ha) vykazující dvě rozdělené aplikace.*

## *Samostatná práce 2*

Pomocí původního souboru FileX, který jste vytvořili, spusťte každou kombinaci podmínek v kombinaci s různými typy půd (jílovitá, hlinitá a písčitá půda) vybranými z databáze půd. Můžete toho dosáhnout dvěma způsoby: buď pomocí nástroje pro analýzu citlivosti (Sensitivity Analysis Tool), nebo úpravou souboru experimentu v XBuild. Všimněte si, jak různé typy půd ovlivňují parametry plodin (výnos, příjem dusíku atd.) a parametry půdy (vyluhování).

## *Samostatná práce 3*

Upravte svůj soubor FileX pomocí nástroje XBuild tak, abyste upravili vstupy, které ovlivní simulovanou dusíkovou bilanci. Zkuste například měnit počáteční množství zbytků (a koncentraci zbytkového dusíku), počáteční koncentrace $NO_3$ a $NH_4$ nebo množství dusíkatého hnojiva a podívejte se na účinky na příjem dusíku, vyluhování a výnos plodin.

## *Samostatná práce 4*

Ve cvičení s nástrojem WeatherMan jste měli za úkol vytvořit jeden nebo více souborů počasí pro váš vlastní region nebo zemi. Ve cvičení s nástrojem SBuild jste měli za úkol vytvořit nový půdní profil pro svůj vlastní region nebo zemi. Nyní můžete vytvořit hypotetický experiment pro plodinu dle vašeho výběru pomocí stejných postupů popsaných výše, ale s použitím vlastních dat o počasí a půdě. Ujistěte se, že všechny vaše roky odpovídají rokům, pro které máte údaje o počasí. Můžete si vybrat jakýkoli kultivar ze seznamu v XBuild; datum výsadby, rozestupy a další strategie hospodaření s plodinami by měly být podobné těm, které jsou běžné ve vašem regionu nebo zemi. Nyní můžete také přidávat různé koncentrace hnojiva a simulovat dopad na výnos, příjem dusíku a vyluhování dusíku.

# Produkce limitovaná fosforem

## Úvod

V tomto cvičení vytvoříte soubor pro simulaci experimentu s fosforem. Bude využit modul půdní organické hmoty Century.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit experiment s limitovaným fosforem pomocí XBuild.
- ✓ Identifikovat, které vstupy jsou nutné pro simulaci produkce limitované fosforem.
- ✓ Identifikovat vstupy požadované pro modul půdní organické hmoty Century (Partonova metoda).
- ✓ Porovnat účinky různých úrovní fosforečných hnojiv na produkci plodin.

Níže naleznete pokyny pro vytvoření souboru FileX s limitovaným fosforem pro pole v Ghaně. Cílem je simulovat výnosy kukuřice pomocí **vody, dusíku a fosforu jakožto složek modelu.**

## Praktické cvičení

Tento experiment je hypotetický, ale je založen na experimentu s dusíkatými a fosforečnými hnojivy, který provedl Dr. Jesse Naab ze Savannah Agricultural Research Institute ve Wa v Ghaně. Experiment je pro účely tohoto cvičení zjednodušen tak, aby zahrnoval pouze jednu úroveň dusíku a tři úrovně fosforu.

(Pokud jste spustili cvičení pro půdní organickou hmotu Century, můžete upravit soubor FileX vytvořený pro toto cvičení.)

V části Nástroje (Tools) programu DSSAT v4.8, spusťte Crop Management Data (XBuild).

1. Vytvořte soubor experimentu: Definujte soubor experimentálního managementu plodin pro experiment s kukuřicí, který provedl Savannah Agricultural Research Institute (SARI) v roce 2004 poblíž města Wa, Ghana. Toto bude první experiment a budeme simulovat produkci limitovanou vodou, dusíkem a fosforem. K identifikaci tohoto experimentu doporučujeme použít experiment číslo **02** (vytvoří se tím soubor FileX s názvem **SAWA0402.MZX**). Kultivar je *DeKalb XL71*, vysazený *17. června*

*2004*, populace rostlin je *7,5 rostlin/m²*, rozteč řádků je *75 cm* a hloubka výsadby je *5 cm*.

2. Půdní profil a počasí: Pro účely tohoto cvičení použijte obecný mělký písek (generic shallowsand), profil *IB00000012* (DEFAULT – SHALLOW SAND) z půdního souboru DSSAT 48 SOIL.SOL. Vyberte meteostanici Wa, Ghana (GHWA0401.WTH).

3. Počáteční podmínky: Je potřeba specifikovat počáteční podmínky pro půdu. V části „Prostředí" („Environment") vyberte „Počáteční podmínky" („Initial Conditions"). Zadejte datum pro počáteční podmínky – datum měření půdních podmínek, chcete-li. Zadejte *16. června 2004*. Předchozí plodina je úhor (Fallow), bez počátečních zbytků.

Je potřeba definovat počáteční hodnotu půdní vody a dusíku pro každou vrstvu půdy. Klikněte na záložku „Profil" („Profile"). Pro vodu ponechejte výchozí (defaultní) podmínky. Pro dusík zadejte následující hodnoty:

| Hloubka (cm) | $NO_3$ (ppm) | $NH_4$ (ppm) |
|---|---|---|
| 5 | 0,3 | 0,1 |
| 15 | 0,3 | 0,1 |
| 30 | 0,2 | 0,1 |
| 45 | 0,1 | 0,1 |
| 60 | 0,1 | 0,1 |

Po dokončení nastavení vyberte „OK" v nabídce profilu počátečních podmínek.

4. Analýza půdy. Výchozí profil mělké písčité půdy nezahrnuje údaje o půdním fosforu potřebné pro tento experiment, a proto do souboru experimentu přidáme část Analýza půdy, která tyto informace bude zahrnovat. Kromě toho použijeme modul půdní organické hmoty Century, který vyžaduje informace o organické hmotě přítomné v půdě. Tyto informace lze také zadat v části Analýza půdy, pokud je k dispozici.

Na obrazovce „Environment", „Soil Analysis" určete metodu extrakce fosforu jako „*Anion exchange resin*". Podle této metody je měřený fosfor ekvivalentní labilnímu fosforu. Další anorganické složky fosforu budou odhadnuty modelem z tohoto měření labilního fosforu.

V části Vrstvy analýzy půdy (Soil Analysis layers) zadejte následující informace:

| Hloubka půdy (cm) | Organický C (g/100 g) | Stabilní organický C (g/100 g) | Extrahovatelný P (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 0,49 | 0,48 | 3,0 |
| 15 | 0,48 | 0,47 | 2,5 |
| 30 | 0,30 | 0,29 | 1,0 |
| 45 | 0,10 | 0,10 | 0,5 |
| 60 | 0,10 | 0,10 | 0,5 |

5. Možnosti simulace. Nastavte datum začátku simulace na *16. června 2004*. Přejděte na „Možnosti simulace“ („Simulation Options“) a „Možnosti“ („Options“) a zapněte sestavy bilance vody, dusíku a fosforu. Ujistěte se, že všechny ostatní možnosti jsou nastaveny na „Ne“ („No“).

V části „Možnosti simulace“ („Simulation Options“) a „Metody“ („Methods“) zadejte metodu půdní organické hmoty Century (Parton).

V části „Management“ nastavte „Výsadba“ („Planting“) na „*K hlášenému datu*“ („*On reported date*“). Nastavte „Zavlažování a hospodaření s vodou“ („Irrigation and Water Management“) na „*Nezavlažováno*“ („*Not irrigated*“). Nastavte „Hnojivo“ („Fertilizer“) na „*V hlášených datech*“ („*On reported dates*“). Nastavte „Organické doplňky“ („Organic Amendments“) na „*Žádné aplikace*“ („*No applications*“). Nastavte „Sklízení“ („Harvest“) na „*V době zralosti*“ („*At Maturity*“).

Je potřeba také zapnout výstupní soubory vody, dusíku a fosforu. Přejděte na „Výstup“ („Output“) a ujistěte se, že frekvence výstupu (Frequency of output) je nastavena na „1“. Nastavte všechny možnosti výstupu na „Y“ kromě nemocí a chemikálií (Diseases and Chemical).

6. Úrovně aplikace hnojiv. Definujte tři úrovně aplikace hnojiva. Každá bude obsahovat 120 kg [N]/ha v podobě močoviny aplikované ve dvou dávkách po 60 kg. Fosfor bude aplikován v množství 0, 45 a 90 kg [$P_2O_5$]/ha jako jednoduchý superfosfát pro tři úrovně. Všechny aplikace jsou v režimu „broadcast“ a jsou zapracovány do hloubky 15 cm. Tyto údaje budou zadány v sekci „Management“ a „Hnojivo“ („Fertilizer“). Všimněte si, že množství fosforečných hnojiv je obvykle vyjádřeno v jednotkách $P_2O_5$, avšak model používá jednotky elementárního fosforu. Pro převod z kg [$P_2O_5$] na kg [P] se používá konverzní faktor 0,44. Harmonogram hnojení je následující:

| Datum (všechny úrovně) | Úrovně hnojiva | | | Typ hnojiva (všechny úrovně) |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| **17. 6. 2004** | 0 kg [P]/ha | 20 kg [P]/ha | 40 kg [P]/ha | jednoduchý superfosfát |
| **5. 7. 2004** | 60 kg [N]/ha | 60 kg [N]/ha | 60 kg [N]/ha | močovina |
| **15. 7. 2004** | 60 kg [N]/ha | 60 kg [N]/ha | 60 kg [N]/ha | močovina |

Zadejte údaje pro úroveň první kombinace podmínek, včetně nulového množství pro aplikaci fosforu dne 15. června. Poté přidejte dvě další úrovně. Aplikované množství fosforu lze nyní upravit pro úrovně hnojiva 2 a 3.

7. Kombinace podmínek: Definujte tři kombinace podmínek na obrazovce „Kombinace podmínek“ („Treatment“). Tyto tři kombinace podmínek určují tři úrovně hnojiva a mohou být pojmenovány jako „*0P, 120N*“, „*20P, 120N*“ a „*40P, 120N*“. Určete také úrovně pro počáteční podmínky (Initial Conditions) a analýzu půdy (Soil Analysis).
8. Uložte a spusťte tento nový soubor FileX s modelem kukuřice. Sledujte dopady různých úrovní aplikace fosforu.

### *Samostatná práce 1*

Prohlédněte si soubor MgmtEvent.OUT, abyste viděli, že všechny aplikace hnojiv byly správně zahrnuty do simulací pro každou kombinaci podmínek. Podívejte se na rozdíly ve výnosu a biomase se třemi aplikačními dávkami fosforečného hnojiva. Je růst omezen vodou nebo dusíkem? Kolik fosforu přijmou rostliny v porovnání s aplikovaným množstvím? Jaký je potenciální výnos plodiny?

### *Samostatná práce 2*

Podívejte se na optimální, minimální a aktuální koncentrace fosforu v listech pro všechny kombinace podmínek. Jak se mění v čase?

Podívejte se, jak se v průběhu času mění hodnoty půdního fosforu pro celkový, stabilní, aktivní, labilní, rozpustný a dostupný fosfor. Všimněte si, že data možná budete muset exportovat do Excelu, abyste mohli tyto grafy zobrazit ve stejném vertikálním měřítku.

Podívejte se na koncentrace rostlinného dusíku v průběhu času pro tři úrovně fosforu. Jaká je reakce rostlinného dusíku pro tyto tři kombinace podmínek?

### *Samostatná práce 3*

Vytvořte tři nové kombinace podmínek, ve kterých bude nastaven dvojnásobek počátečního obsahu fosforu v půdě. Přidejte druhou úroveň analýzy půdy s vyššími hodnotami půdního fosforu a poté přejděte na tuto druhou část analýzy půdy pro tyto tři nové kombinace podmínek.

Jak moc stávající půdní fosfor ovlivňuje výnos? Jak se mění obsah labilního fosforu v průběhu sezóny?

# Sezónní analýza

## Úvod

Sezónní analýza se používá ke studiu meziročních změn v produktivitě plodin v důsledku klimatu. Navrhli jsme několik cvičení, abychom vás seznámili s možnostmi sezónní analýzy DSSAT.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit a analyzovat sezónní soubor FileX.
- ✓ Použít generátor počasí (WGEN) ke generování simulovaného počasí.
- ✓ Prozkoumat variabilitu různých alternativ managementu v průběhu různých let.

Níže naleznete pokyny pro vytvoření souboru FileX s limitovaným fosforem pro pole v Ghaně. Cílem je simulovat výnosy kukuřice pomocí **vody, dusíku a fosforu jakožto složek modelu.**

## Praktické cvičení

### 1. Vyhodnoťte existující soubor FileX pro aplikace sezónní analýzy.

Přejděte na možnost Analýza (Analysis) a vyberte Sezónní (Seasonal). Pomocí prohlížeče, textového editoru ASCII nebo nástroje XBuild se podívejte na soubor experimentu UFGA7812.SNX, distribuovaný programem DSSAT, v4.8. Jakmile pochopíte, z čeho se experiment skládá, spusťte experiment a analyzujte soubor s výsledky (UFGA7812.OSU). Porovnejte biologicky optimální podmínky (maximální výnos) s ekonomicky optimálními podmínkami (maximální finanční návratnost) pomocí výchozích cen a nákladů v souboru UFGA7812.PRI. Pro vysvětlení získaných výsledků se podívejte zejména na výstupy zavlažování.

Co se stane, pokud se náklady na každou aplikaci zavlažování zvýší z 0,50 USD na 25,00 USD – které podmínky jsou v tomto případě ekonomicky optimální? Ujistěte se, že tyto náklady použijete pro všechny kombinace podmínek a před provedením analýzy uložte soubor.

## 2. Praktické cvičení s dusíkem

V tomto cvičení musíte najít optimální agro-ekonomický vstup dusíkatého hnojiva pro kukuřici na poli v Cotton Research Institute v Kadomě, v přírodní oblasti II ve středním Zimbabwe. Každý účastník použije pro začátek jiné roční období. Cílem je získat praxi při sestavování nového souboru experimentu a vidět vliv faktorů souvisejících s počasím na optimální množství hnojiv v různých letech.

Vytvořte nový soubor FileX s názvem KADO9901.SNX. V nabídce typu souboru v nástroji XBuild se prosím ujistěte, že jste vybrali možnost „Sezónní" („Seasonal") a ne „Experimentální" („Experimental"), protože se jedná o „hypotetický experiment", nikoli „skutečný" experiment.

**TIP**: V části A použije každý účastník jiný rok dat o počasí. V části B každý účastník spustí simulace pro všechny roky dat o počasí. Můžete si ušetřit čas výběrem možnosti „Dny po výsadbě" pro data aplikace hnojiva namísto zadávání skutečných dat pro váš rok v části A. NEJPRVE změňte tuto možnost v Možnosti simulace (Simulation Options) ● Management ● Hnojivo (Fertilizer), a poté také změňte možnost v Management ● Hnojivo (Fertilizer).

- ✓ **KULTIVARY**
  - Odrůda kukuřice je MH-16 z Malawi. Pokud tato odrůda není v databázi, budete ji muset zadat následujícím způsobem do souboru kultivaru kukuřice (soubor MZCER048.CUL):

    IB0098 MH-16 . IB0001 260.0 0.600 840.0 600.0 6.00 38.90

  - Před tím, než začnete pracovat se sezónním vstupním souborem, nejprve zkontrolujte soubor kultivaru kukuřice.

- ✓ **KOMBINACE PODMÍNEK / HNOJIVO**
  - Potřebujete optimalizovat množství močovinového dusíku aplikovaného ve dvou stejných dávkách, v den výsadby a po 30 dnech od výsadby. Hnojivo zapracujte do hloubky 5 cm. Nastavte tedy 10 nebo 12 úrovní hnojiv s různým množstvím aplikovaného dusíku.

- ✓ **POLE**
  - Použijte WISE DATABASE, SOIL ZW003 (WI_ARZW003).
  - Meteorologická stanice je KADO.

- ✓ **VSTUPNÍ PODMÍNKY**
  - Změňte datum měření tak, aby odráželo datum zahájení simulace, 7. října (nezapomeňte zohlednit Váš rok počasí, viz níže). Nastavte následující počáteční podmínky:
    - předchozí plodina = kukuřice (Maize)
    - počáteční hmotnost kořenového zbytku = 10 kg/ha
    - počáteční hmotnost hlízek = 0
    - počáteční povrchové zbytky plodin = 100 kg/ha
    - počáteční zbytek dusíku = 0,5 %
    - počáteční dostupná půdní voda = 50 %
    - počáteční půdní dusík = 5 kg/ha

- ✓ **PODROBNOSTI O PĚSTOVÁNÍ**
  - Výsadba dne 15. října, vysazená a vzešlá populace 3,7 rostlin na metr čtvereční. Rozteč řádků je 61 cm a hloubka výsadby je 7 cm.

- ✓ **ZÁVLAHA A VODNÍ MAGEMENT**
  - Tento experiment bude zavlažován deštěm (rainfed), takže nebudete používat žádné doplňkové zavlažování.

- ✓ **MOŽNOSTI SIMULACE**
  - Ponechejte je tak, jak jsou nastavené, s výjimkou určení 1 roku a opravte počáteční den simulace na 7. října, aby odrážel váš rok simulace.
  - Nezapomeňte změnit počasí na „Naměřená data“ („Measured Data“) v části Metody („Methods“), protože pro toto cvičení budete používat pozorovaná data o počasí.

## Část A

Pro počasí účastníci použijí jiné roční období (viz Tabulka 1). Soubory s daty o počasí mají název KADOnn0l.WTH, kde nn se pohybuje od 77 do 90.

Použijte následující fiktivní náklady a ceny v zimbabwských dolarech pro výpočet hrubé marže pro každou kombinaci podmínek, které spustíte (v rámci DSSAT v4):

$$GM = Y \cdot P - N \cdot C - F$$

Kde: GM je hrubá marže (Z$/ha); Y je výnos kukuřice (t/ha)
P je přijatá cena (400 Z$/t)
N je množství použité močoviny (N kg)
C je cena močoviny (2,0 Z$ /N kg)
F jsou ostatní fixní náklady (750 Z$ /ha)

*Tabulka 1 Přiřazení roků počasí k účastníkům*

| Soubory počasí | Účastník # | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1977–1978** | 1 | 14 | 27 | 40 | 53 |
| **1978–1979** | 2 | 15 | 28 | 41 | 54 |
| **1979–1980** | 3 | 16 | 29 | 42 | 55 |
| **1980–1981** | 4 | 17 | 30 | 43 | 56 |
| **1981–1982** | 5 | 18 | 31 | 44 | 57 |
| **1982–1983** | 6 | 19 | 32 | 45 | 58 |
| **1983–1984** | 7 | 20 | 33 | 46 | 59 |
| **1984–1985** | 8 | 21 | 34 | 47 | 60 |
| **1985–1986** | 9 | 22 | 35 | 48 | 61 |
| **1986–1987** | 10 | 23 | 36 | 49 | 62 |
| **1987–1988** | 11 | 24 | 37 | 50 | 63 |
| **1988–1989** | 12 | 25 | 38 | 51 | 64 |
| **1989–1990** | 13 | 26 | 39 | 52 | 65 |

Předpokládejme, že tyto náklady a ceny jsou s jistotou známy. Všechny ostatní náklady jsou nulové.

Najděte množství močovinového dusíku s přesností na 5 nebo 10 kg dusíku/ha pro vaši sezónu, které maximalizuje hrubou marži na hektar, aplikované podle specifikací (polovina při výsadbě, polovina po 30 dnech od výsadby). Ve svém protokolu uveďte křivky odezvy pro hrubou marži a výnos plus cokoli dalšího, např. vyluhování, příjem dusíku atd.

## Část B

Změňte všechny roky ve svém souboru FileX na 1977 a zopakujte experiment ve všech letech (použijte NYRS = 13) pomocí naměřených údajů o počasí. Analyzujte výsledky. Jaká je „paušálně“ ekonomicky optimální aplikační dávka hnojiva?

### 3. Cvičení na analýzu regionálních rizik a přijetí nových plodin

## Část A

Byli jste požádáni, abyste provedli malou regionální studii pro určitou oblast, která by určila, jaká by mohla být místní reakce na změnu odrůdy prosa z kultivaru Niger 1 na kultivar Niger 2 (viz níže). V oblasti jsou dva typy půdy, počasí je stejné.

Je zde 100 farem na půdě typu A (průměrná velikost 2 ha) a 150 farem na půdě typu B (průměrná velikost 1,8 ha). Dvacet procent zemědělců na půdě typu A nerado pěstuje proso.

Proveďte 10leté replikace na dvou typech půdy pro každý kultivar.

Použijte soubor FileX s názvem NIGE110l.SNX. Podívejte se na tento soubor, abyste pochopili, co je simulováno. Všimněte si, že dva typy půd jsou střední alfisol (č. 910083 – typ A) a nigerská písčitá půda (č. 910001 – typ B). Pro počasí je soubor FileX nastaven tak, aby používal data pro Tillabery, Niger. Ujistěte se, že jsou v databázi dvě požadované odrůdy prosa. Pokud ne, zadejte je následovně:

| | P1 | P2O | P2R | P5 | G1 | G4 | PHINT | GT | G5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Niger 1** | 120,0 | 12,00 | 142,0 | 590,0 | 1,00 | 0,60 | 43,00 | 1,0 | 11,0 |
| **Niger 2** | 120,0 | 12,00 | 125,0 | 360,0 | 2,00 | 0,50 | 43,00 | 1,0 | 11,0 |

V první části vašeho protokolu uveďte následující: průměrnou odezvu výnosu na každý typ půdy a průměrnou odezvu výnosu pro lokalitu s ohledem na výše uvedené informace, pokud by nová odrůda měla být v regionu přijata. Některé z těchto analýz budete muset provést mimo DSSAT.

## Část B

V této oblasti je velmi vysoká cenová sankce za pozdní zrání prosa. Cena přijatá za proso souvisí s D, počtem dní od výsadby do zralosti, a je vyjádřená:

$$\text{cena (CFA/tuna)} = 300 - D^2 \cdot 0{,}02$$

CFA je místní měna v Nigeru a dalších zemích západní Afriky. Předpokládejme, že náklady na produkci obou kultivarů jsou stejné. Vypočítejte a porovnejte přínosnost hrubé marže na hektar (neřešte variabilní náklady) dvou kultivarů na dvou typech půdy podle funkce:

$$\text{Přínosnost} = E - 0{,}35 \cdot V$$

kde E je očekávaná hrubá marže nebo součin průměrného výnosu a ceny a V je rozptyl hrubé marže nebo druhá mocnina součinu směrodatné odchylky výnosu a ceny.

Tuto analýzu budete muset provést mimo DSSAT.

Ve svém protokolu pro část B uveďte následující:

- ✓ Průměrnou cenovou pokutu mezi těmito dvěma odrůdami.
- ✓ V případě stejných podmínek: Jakou odrůdu by měli místní farmáři pěstovat, má-li být užitek maximalizován na dvou typech půdy?

- ✓ Pokud by zemědělci přijali novou odrůdu v souladu s maximalizací užitku, jaká by byla regionální odezva nyní?

## 4. Posouzení produkce plodin

Nastavte si sezónní experiment podle vlastního výběru. Vyberte si jakékoli prostředí z níže uvedených a vyberte si jakýkoli typ půdy a jakoukoli plodinu (ve svém souboru FileX můžete pěstovat kombinaci plodin). Nastavte soubor FileX s řadou kombinací podmínek (řekněme 4–8), spusťte jej a analyzujte.

Můžete se například podívat na: různé plodiny; různá místa; osázení; management dusíku. Experiment byste měli opakovat po několik let (nejméně 8). Když analyzujete výsledky z ekonomického hlediska, nezapomeňte použít náklady a ceny, které považujete za vhodné pro situaci, kterou simulujete.

Ve svém protokolu pro zbytek skupiny vysvětlete svůj experiment a ukažte své výsledky.

***Soubory počasí**:* Můžete použít soubory uvedené níže, protože obsahují zaznamenaná data a jsou poskytovány v adresáři s údaji o počasí. Jako možnost záznamu počasí (recorded option for weather) vyberte „měřené“ („measured“).

| Místo | Lokalita | ZŠ | ZD | NV (m) | Roky |
|---|---|---|---|---|---|
| **ALLU** | Lushnje, Albánie | 40,940 | 19,690 | 20 | 61–84 |
| **ANGU** | Anguededou, Pobřeží slonoviny | 5,380 | -3,280 | 80 | 78–90 |
| **COPA** | Palmira, Kolumbie | 3,480 | -76,370 | 965 | 66–84 |
| **DTCM** | Chiang Mai, Thajsko | 19,010 | 99,010 | 360 | 63–78 |
| **IRIW** | IRRI, Filipíny | 14,200 | 121,200 | 50 | 85–92 |
| **ITDE** | Delhi, Indie | 28,630 | 77,200 | 250 | 65–80 |
| **ITHY** | Hyderabad, Indie | 17,450 | 78,470 | 560 | 75–97 |
| **KADO** | Kadoma, Zimbabwe | -18,320 | 29,880 | 1149 | 77–90 |
| **UFGA** | Gainesville, FL, USA | 29,630 | -82,370 | 10 | 78–87 |
| **UYLE** | La Estanzuela, Uruguay | -34,000 | -57,000 | 50 | 66–92 |
| **WABI** | De Bilt, Nizozemsko | 52,100 | 5,200 | 37 | 59–88 |

ZŠ = zeměpisná šířka
ZD = zeměpisná délka
NV = nadmořská výška

Kromě toho existuje několik míst s již nastavenými klimatickými soubory, pro které můžete použít interní generátor počasí WGEN nebo Simmeteo. Příklady jsou uvedeny níže a další najdete v adresáři Počasí/Klima (Weather/Climate).

- ✓ Goiania, Brazílie (EBAF)
- ✓ Chitedze, Malawi (MWCZ)
- ✓ Gainesville, Florida (UFGA)
- ✓ Griffin, Georgie (GAGR)
- ✓ Plains, Georgie (GAPL)

# Praktické cvičení 17:

## Případová studie – Chiang Mai, Thajsko

### Úvod

Vrcholnou výzvou používání modelů pro simulaci plodin jsou případové studie, které se zabývají reálnými problémy, jako je optimalizace výnosu, maximalizace čisté návratnosti nebo minimalizace dopadu na životní prostředí, jako je vyluhování dusíku. Tato případová studie vám poskytuje příležitost použít model DSSAT v reálném prostředí, aby vám pomohla určit optimální strategii managementu plodin pro zemědělce s nedostatkem zdrojů v Chiang Mai v Thajsku.

### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Syntetizovat dovednosti práce s daty a analýzy dat získané během kurzu, abyste vyřešili reálný problém managementu plodin s mnoha omezeními.
- ✓ Vztáhnout agronomické postupy a environmentální omezení vůči ziskovosti podniku.

### Praktické cvičení

Musíte maximalizovat zisk pro jeden podnik na farmě. Půdní typ farmy je IBSB910015 s počátečními podmínkami uvedenými zde:

*INITIAL CONDITIONS

| @C | PCR | ICDAT | ICRT | ICND | ICRN | ICRE | ICWD | ICRES | ICREN | ICREP | ICRIP | ICRID |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SB | yyddd | 100 | -99 | 1,00 | 1,00 | -99,0 | 1000 | 0,80 | 0,00 | 100 | 15 |

| @C | ICBL | $SH_2O$ | $SNH_4$ | $SNO_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 0,086 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 15 | 0,086 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 30 | 0,086 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 60 | 0,086 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 90 | 0,076 | 0,6 | 0,6 |
| 1 | 120 | 0,076 | 0,6 | 0,5 |
| 1 | 150 | 0,130 | 0,6 | 0,5 |
| 1 | 180 | 0,258 | 0,6 | 0,5 |

Použijte **SEZÓNNÍ** analýzu **(SEASONAL)**. Použijte historické počasí z Chiang Mai **(DTCM)**. Neváhejte použít klimatický soubor Chiang Mai **(DTCM.CLI)** a pokud

chcete, použijte statistické generátory počasí WGEN nebo SIMMETEO. Udržujte však koncentraci $CO_2$ na 380 ppm a neprovádějte žádné úpravy počasí.

Kterou ze čtyř plodin budete pěstovat (fazole, kukuřici, sóju nebo pšenici), je jen na vás, stejně jako hospodaření s nimi.

Použijte jakýkoli termín výsadby, jakoukoli odrůdu, jakékoli zavlažování, hnojivo a jakoukoli rozteč řádků, s následující výjimkou: používejte pouze odrůdy aktuálně dostupné v databázi plodin.

**NEMĚŇTE** výchozí půdní podmínky. Konečné analýzy by měly být prováděny alespoň pro **10** sezón.

Ceny a náklady na pěstování jednotlivých plodin známé s jistotou jsou uvedeny zde:

| | FAZOLE | KUKUŘICE | SÓJA | PŠENICE |
|---|---|---|---|---|
| **Tržní cena za tunu** | 181,00 | 121,00 | 220,00 | 178,00 |
| **Cena vedlejšího produktu** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Základní výrobní náklady/ha** | 375,00 | 210,00 | 420,00 | 230,00 |
| **Náklady na N hnojivo/kg** | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| **Cena za aplikaci hnojiva** | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| **Náklady na závlahu/mm** | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| **Náklady na aplikaci závlahy** | 28,00 | 28,00 | 28,00 | 28,00 |
| **Cena osiva/kg** | 3,00 | 1,50 | 2,55 | 1,75 |

*(ostatní náklady jsou nulové)*

Ve svém protokolu si zaznamenejte svou experimentální strategii a výsledky.

Při nastavování nákladů a cen se **ujistěte**, že odpovídají příslušné plodině. Cílem je **maximalizovat čistý výnos** tak, že

- **CV** čistých výnosů [(směrodatná odchylka/průměr) · 100] **není větší než 25 %**.
- U obilovin nepřesahuje průměrná celková ztráta **dusíku** z faremního systému kvůli vyluhování hodnotu 30 kg/ha/rok.

Účastník kurzu, který maximalizuje čistý výnos a jehož optimální strategie bude reprodukovatelná ostatními účastníky, bude náležitě oceněn.

# Praktické cvičení 18:

## Prostorová analýza

## Úvod

Tradiční farmaření je založeno na homogenním hospodaření na polích. Například aplikace hnojiv jsou založeny na polních průměrech a mohou vést k neefektivnímu používání hnojiv, např. na některých místech dochází k vyluhování dusíku, na jiných místech může docházet k nedostatečnému hnojení. Prostorová analýza výnosu, vyluhování dusíku a dalších proměnných může poskytnout náhled, který by mohl vést k lepšímu řízení pěstování prostřednictvím managementu, který mění vstupy v prostoru pro minimalizaci nákladů, zvýšení účinnosti využití zdrojů a zvýšení zisků. Růstové modely plodin a nástroje pro analýzu v DSSAT verze 4.8 lze použít k simulaci a analýze prostorových variací v managementu, výnosu a dalších výstupech pro lepší pochopení důvodů prostorových odchylek na poli a porovnání možností managementu, které toto porozumění zohledňují. Použití GIS pro ukládání prostorových informací a pro zobrazování prostorových variací ve výstupech modelu je možné a doporučené. V tomto cvičení provedete modelové simulace, které využívají informace z prostorových databází, nasimulujete možnosti managementu a naučíte se, jak pro zobrazení výsledků propojit výstupy modelu s GIS.

## Cíl

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Simulovat systémy plodin na prostorově proměnlivém poli a vytvářet možnosti prostorového managementu pro srovnání s jednotným managementem.

## Praktické cvičení

### *Cvičení 1* – Simulace produkce sóji v prostorově proměnlivém poli

Pro toto cvičení vytvořte soubor FileX pro simulaci růstu a výnosu sóji na poli se 4 různými typy půdy. Každá oblast pole se může lišit ve výměře; v tomto případě mají zóny 1 a 2 každá 1 ha a zóny 3 a 4 mají každá 2 ha. Srážky/počasí jsou stejné pro všechny oblasti (soubory počasí pro Gainesville, Florida). Schéma pole je uvedeno níže. Každá plocha pole (polygon) má své identifikační číslo a svůj jednotný typ půdy. Vytvořte soubor FileX pro simulaci tohoto pole pro 10 let dat o počasí (od roku 1978 do roku 1987) pomocí dat o počasí pro Gainesville na Floridě. Vytvořte nový soubor FileX pro sóju se stejným managementem pro každou zónu na poli:

a. Kultivar sóji MG-6
b. Datum výsadby je 1. května každý rok, začátek v roce 1978
c. Rozteč řádků je 50 cm
d. Populace rostlin je 33 rostlin na metr čtvereční
e. Pole není zavlažováno
f. Není aplikováno žádné hnojivo do žádné části pole / půdního typu
g. Předchozí plodinou byla sója a na poli zbylo 1000 kg/ha slámy s obsahem dusíku 1,5 %.

Budete muset vytvořit čtyři různé prvky pole, jeden pro každou homogenní oblast. Půdy pro každou zónu jsou v tabulce níže. Všimněte si, že budete také potřebovat samostatné počáteční podmínky pro každou půdní zónu, protože vlastnosti půdy se pro každou zónu velmi liší. Předpokládejme, že počáteční podmínky jsou na DUL (nebo polní kapacitě) a že v půdním profilu je 25 kg/ha zbytkového anorganického dusíku.

Simulujte tyto čtyři polní systémy po dobu 10 let, jak je uvedeno výše. Pokud jste měli naměřená data za konkrétní rok, měli byste porovnat simulované výnosy s pozorovanými zónovými výnosy a dalšími proměnnými.

K analýze výkonu různých zón použijte program Sezónní analýza (Seasonal Analysis).

| | |
|---|---|
| **ID:** UF000001<br>**Půda:** Výchozí mělká písčitá půda (IB00000012)<br>**Management:** Sója, kultivar MG-6, datum výsadby 1. května, 33 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 1 ha | **ID:** UF000003<br>**Půda:** Výchozí mělká hlinitá půda (IB00000006)<br>**Management:** Sója, kultivar MG-6, datum výsadby 1. května, 33 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 2 ha |
| **ID:** UF000002<br>**Půda:** Výchozí středně písčitá půda (IB00000011)<br>**Management:** Sója, kultivar MG-6, datum výsadby 1. května, 33 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 1 ha | **ID:** UF000004<br>**Půda:** Výchozí hluboká naplavená půda (IB00000004)<br>**Management:** Sója, kultivar MG-6, datum výsadby 1. května, 33 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 2 ha |

*Obrázek 152 Schéma zobrazující atributy v každé zóně nebo oblasti pole. Management je pro tento příklad jednotný.*

## *Samostatná práce 1*

1. Jaký je průměrný výnos na poli? Jaká je celková produkce v kg na poli o výměře 6 ha?
2. Která oblast má největší rozptyl ve výnosu?
3. Jak byste vytvořili mapu variability výnosů na poli?

### *Cvičení 2* – Různé hospodaření v prostorově variabilním kukuřičném poli

Pro toto cvičení použijete pro simulaci produkce kukuřice stejné pole, které je popsáno výše. Schéma pole je uvedeno níže. Každá část pole (polygon) má své identifikační číslo a svůj jednotný typ půdy. Vytvořte soubor FileX pro simulaci tohoto pole pro 10 let (od roku 1978 do roku 1987) pomocí dat o počasí v Gainesville na Floridě. Je potřeba vytvořit nový soubor FileX pro kukuřici se stejným managementem pro každou zónu na poli:

a. Kultivar kukuřice je „Středně sezónní hybrid“ („Medium Season Hybrid“)
b. Datum výsadby je 1. dubna každého roku, počínaje rokem 1978
c. Rozteč řádků je 50 cm
d. Populace rostlin je 7 rostlin na metr čtvereční
e. Pole není zavlažováno
f. Dusíkaté hnojivo se aplikuje rovnoměrně do všech zón v dávce 400 kg N/ha jako dusičnan amonný a v den výsadby se zapraví do půdy do hloubky 5 cm.
g. Předchozí plodinou byla sója a na poli zbylo 1000 kg/ha slámy s obsahem dusíku 1,5 %.

| | |
|---|---|
| **ID:** UF000001<br>**Půda:** Výchozí mělká písčitá půda (IB00000012)<br>**Management:** Kukuřice „Medium Season Length“, datum výsadby 1. dubna, 7 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 1 ha | **ID:** UF000003<br>**Půda:** Výchozí mělká hlinitá půda (IB00000006)<br>**Management:** Kukuřice „Medium Season Length“, datum výsadby 1. dubna, 7 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 2 ha |
| **ID:** UF000002<br>**Půda:** Výchozí středně písčitá půda (IB00000011)<br>**Management:** Kukuřice „Medium Season Length“, datum výsadby 1. dubna, 7 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 1 ha | **ID:** UF000004<br>**Půda:** Výchozí hluboká naplavená půda (IB00000004)<br>**Management:** Kukuřice „Medium Season Length“, datum výsadby 1. dubna, 7 rostlin/m$^2$, rozteč řádků 50 cm<br>Výměra = 2 ha |

*Obrázek 33 Schéma zobrazující atributy v každé zóně nebo oblasti pole kukuřice.*

Management je pro tuto studii zpočátku jednotný, ale je třeba změnit management podle zón pro další analýzy možností.

Musíte vytvořit čtyři různé prvky pole, jeden pro každou homogenní oblast. Půdy pro každou zónu jsou uvedeny ve schématu. Všimněte si, že bude potřeba také nastavit samostatné počáteční podmínky pro každou půdní zónu, protože vlastnosti půdy se pro každou zónu velmi liší. Předpokládejme, že počáteční podmínky jsou na DUL (neboli polní kapacitě) a že v půdním profilu je 25 kg/ha zbytkového anorganického dusíku.

Simulujte tyto čtyři systémy managementu polních zón po dobu 10 let, jak je uvedeno výše. Pokud jste měli naměřená data za konkrétní rok, měli byste porovnat simulované výnosy s pozorovanými výnosy a dalšími proměnnými jednotlivých zón.

K analýze výkonu různých zón použijte program Sezónní analýza (Seasonal Analysis).

## *Samostatná práce 2*

1. Jaký je průměrný výnos na poli? Jaká je celková produkce v kg na celém šestihektarovém poli?
2. Která oblast má největší rozptyl ve výnosu?
3. Kolik dusíku se ztratí vyluhováním z každé zóny? Proč existují rozdíly ve variabilitě vyluhování dusíku mezi různými oblastmi managementu, s ohledem na to, že do každé bylo aplikováno stejné množství dusíku?
4. Jedním ze způsobů, jak vypočítat účinnost využití hnojiv, je vydělit příjem dusíku aplikovaným dusíkem. Vypočítejte efektivitu využití dusíkatého hnojiva pro každou oblast managementu.

Upravte vytvořený soubor FileX tak, aby se změnil management v různých zónách. Vaším cílem je najít management, který omezí vyplavování dusíku bez snížení výnosu, a v konečném důsledku tak maximalizovat čisté výnosy managementu celého pole. Upravte soubor FileX tak, aby pro každou zónu byly nastaveny různé úrovně hnojiva. Výsledkem bude soubor FileX se 4 úrovněmi managementu hnojiv, tj. s jednou úrovní managementu pro každou zónu.

5. Porovnejte celkovou produkci pole pro tento prostorově variabilní případ managementu s jednotným managementem dusíku.
6. Porovnejte vyluhování dusíku pro dvě možnosti managementu.
7. Porovnejte efektivitu využití dusíku pro tento nový prostorově variabilní způsob managementu s jednotným managementem pole.
8. Ekonomické analýzy lze také porovnávat pomocí sezónní analýzy pro každou zónu a srovnáním mezi dvěma způsoby managementu pole.

## Praktické cvičení 19:

# Vytvoření rotace plodin nebo sekvenčního souboru FileX pomocí nástroje XBUILD

## Úvod

Nástroj XBuild lze použít k nastavení sekvenčního souboru (SQX) pro plodinové sekvence a aplikace střídání plodin. Toto cvičení popisuje strategii a metody pro vytvoření nového souboru sekvence v prostředí DSSAT.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit a analyzovat sekvenční soubor.
- ✓ Použít generátor počasí (WGEN) ke generování simulovaného počasí.

## Cvičení

V tomto cvičení prozkoumáte anatomii existujícího sekvenčního souboru, pochopíte logiku konstrukce a vyvinete strategii pro vytváření souborů SQX. Soubor UFGA7874.SQX je k dispozici na webu pro stahování dat DSSAT. Jedná se o hypotetické střídání fazolí a kukuřice, kde jsou dvě sklizně fazolí v roce 1 a jedna sklizeň kukuřice v roce 2. V analýze střídání plodin používáme koncept střídání s úhorem k simulaci půdních procesů, které probíhají mezi sklizní jedné plodiny a zasetím další plodiny. Půdní procesy jsou simulovány nepřetržitě, zatímco se plodiny vysévají a sklízejí v průběhu střídání.

Rotační „jádro“ je posloupnost událostí managementu plodin, které se opakují, dokud není simulován požadovaný počet let. V tomto příkladu je rotačním jádrem úhor – fazole – úhor – fazole – úhor – kukuřice. Výslovně uvádíme období úhoru jako součást střídání plodin, abychom definovali události, které nastanou během těchto období úhoru, jako je například orba před setím další plodiny.

V sekvenčním souboru je každá událost spojena se složkou střídání plodin. Aby byly události a součásti střídání plodin organizovány, je užitečné sestavit kalendář managementu plodin před zadáním informací o managementu do nástroje XBuild. Tabulka 2 uvádí kalendář managementu plodin pro soubor UFGA7874.SQX.

*Tabulka 2 Kalendář managementu plodin pro soubor UFGA7874.SQX*

| Datum | Den v roce | Událost | Složka střídání plodin | Číslo střídání | Kultivar | Pěstování | Hnojivo | Zpracování půdy | Sklizeň | Sim Cntls |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CU | MP | MF | MT | MH | SM |
| 1978-01-01 | 1 | Zahájení simulace | Úhor 1 | 1 | 2 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| 1978-04-24 | 114 | Zpracování půdy před fazolemi 1 | | | | | | | | |
| 1978-04-29 | 119 | Ukončení úhoru událostí „sklizeň“ | | | | | | | | |
| 1978-04-30 | 120 | Začátek období pro výsadbu fazolí 1 | Fazole 1 | 2 | 1 | 1 | - | - | - | 2 |
| 1978-06-14 | 165 | Konec období pro výsadbu fazolí 1 | | | | | | | | |
| -- | -- | Sklizeň fazolí 1 v době zralosti | | | | | | | | |
| -- | -- | Zahájení úhoru 2 automaticky po sklizni fazolí 1 | Úhor 2 | 3 | 2 | - | - | 2 | 2 | 1 |
| 1978-08-27 | 239 | Zpracování půdy před fazolemi 2 | | | | | | | | |
| 1978-09-01 | 244 | Ukončení úhoru 2 událostí „sklizeň“ | | | | | | | | |
| 1978-09-02 | 245 | Začátek období pro výsadbu fazolí 2 | Fazole 2 | 4 | 1 | 2 | - | - | - | 3 |
| 1978-10-17 | 290 | Konec období pro výsadbu fazolí 2 | | | | | | | | |
| -- | -- | Sklizeň fazolí 2 v době zralosti | | | | | | | | |
| -- | -- | Zahájení úhoru 3 automaticky po sklizni fazolí 2 | Úhor 3 | 5 | 2 | - | - | 3 | 3 | 1 |
| 1979-02-14 | 45 | Zpracování půdy před kukuřicí | | | | | | | | |
| 1979-02-28 | 59 | Ukončení úhoru 3 událostí „sklizeň“ | | | | | | | | |
| 1979-03-01 | 60 | Začátek období pro výsadbu kukuřice | Kukuřice | 6 | 3 | 3 | 1 | - | - | 4 |
| 1979-04-01 | 91 | Konec období pro výsadbu kukuřice | | | | | | | | |
| den výsadby | | Hnojení | | | | | | | | |
| 30 dní po dni výsadby | | Hnojení | | | | | | | | |
| - | - | Sklizeň kukuřice v době zralosti | | | | | | | | |

Části sekvenčního souboru UFGA7874.SQX jsou pro vaši informaci reprodukovány na konci této kapitoly. Zobrazte soubor a všimněte si následujících záležitostí:

**Tabulka kombinace podmínek (Treatment table):**

- ✓ Existuje jedna kombinace podmínek a celkem šest rotací (střídání plodin).
- ✓ Složky střídání fazole, kukuřice a úhor mají úrovně kultivaru (CU). „Kultivar" úhoru se označuje jako -99 (nedefinováno).
- ✓ Úroveň pole (FL) je stejná pro každou rotaci.
- ✓ Počáteční podmínky (IC) jsou definovány pouze pro první rotační složku. Pro následující rotace zůstávají půdní procesy a stavové proměnné stejné jako v předchozí rotaci.
- ✓ Úrovně výsadby (MP) musí být definovány pro všechny skutečné složky plodin. Úrovně výsadby pro rotace úhoru jsou volitelné a v tomto příkladu se nepoužívají. Rotace úhoru začínají automaticky po sklizni předchozí plodiny.
- ✓ Komponenty úhoru jsou jedinečné v tom, že se musí definovat datum „sklizně". Složka úhoru je „sklizena" jeden den před datem výsadby (nebo obdobím výsadby) další plodiny. V tomto příkladu máme tři úrovně detailů sklizně (MH) pro tři složky úhoru. Datum „sklizně" je jeden den před výsadbou fazolí nebo kukuřice, která následuje po období úhoru.

Rotační komponenty uvedené v tabulce kombinací podmínek zahrnují kompletní rotační jádro, které určuje načasování všech managementových událostí (výsadba, aplikace hnojiv, zavlažování atd.) pro tuto simulaci. Toto rotační jádro se bude opakovat pro vygenerování dlouhodobé simulace. Rok pro všechna data managementových událostí bude v následujících opakováních rotačního jádra posunut.

**Řízení simulace (Simulation Control):**

- ✓ V tomto příkladu jsou čtyři úrovně řízení simulace. „Globální" řídící prvky (počet let, počet opakování, náhodný počet semen, datum začátku simulace, metoda pojmenování výstupního souboru atd.) se načítají z prvního bloku řízení simulace (Simulation Control). Další hodnoty těchto proměnných jsou v následujících blocích ignorovány.
- ✓ V sekci Výstupy je většina výstupů vypnuta, aby se minimalizovala velikost výstupních souborů pro tuto dlouhodobou simulaci.
- ✓ V části metod řízení simulace je metoda počasí nastavena na „W" pro sestavu generování počasí WGEN. Toto je nastaveno jako globální řídící prvek v prvním řízení simulace. Měsíční přehledy klimatu pro

meteorologickou stanici UFGA se používají ke generování denních údajů o počasí v rámci modelu.

- ✓ Počet let v prvním řídicím bloku simulace určuje dobu trvání kontinuální simulace. V tomto případě je NYRS nastaveno na 30 a počet opakování (NREPS) na 10. Použití opakování je relevantní pouze pro generovaná data o počasí. Každé opakování vygeneruje jiný soubor denních meteorologických dat na základě klimatologie shrnuté v měsíčních datech pro tuto meteorologickou stanici.
- ✓ Sekce řízení simulace (Simulation Control) se používá k nastavení období automatického sázení pro každou plodinu (zde fazole a kukuřici). Všimněte si, že v prvním roce proběhnou dvě sklizně fazolí, jedna vysazená mezi 30. dubnem a 14. červnem (úroveň řízení simulace 2) a druhá vysazená mezi 2. zářím a 17. říjnem (úroveň řízení simulace 3). Kukuřice je vysazena ve druhém roce mezi 1. březnem a 1. dubnem (úroveň řízení simulace 4).
- ✓ Aby bylo možné použít pevná data „sklizně" pro úhor, v řízení simulace nastavte metodu sklizně na Hlášené datum (data) (Reported Date(s)) nastavené na den před výsadbou další plodiny. Fazole a kukuřice se v tomto příkladu sklízejí v době zralosti.
- ✓ Aplikace hnojiv pro rotaci kukuřice jsou nastaveny na „Dny po výsadbě". To umožňuje automatické datum výsadby měnit v závislosti na počasí, ale relativní data aplikace hnojiv zůstávají konstantní.

Obdělávání půdy se provádí pět dní před obdobím výsadby pro každé setí. Jako takové jsou operace zpracování půdy spojeny se složkami rotace úhoru, které předcházejí rotacím plodin.

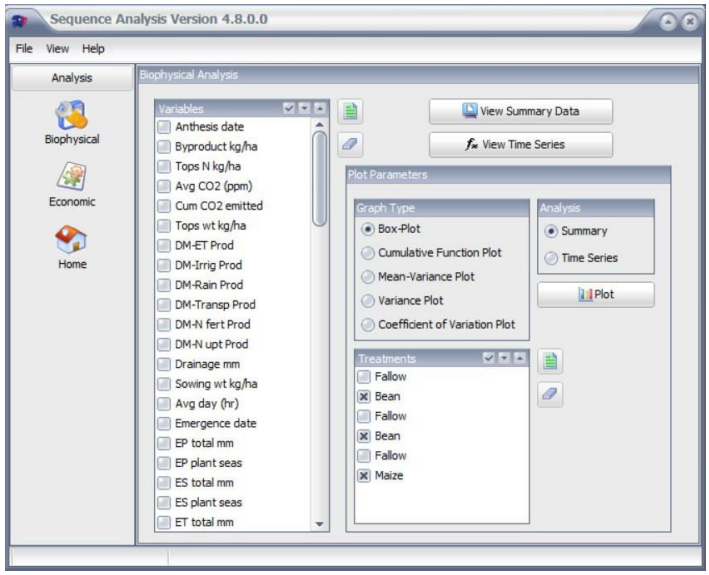
Pro vaše dnešní cvičení si prostudujte tento příklad a pokuste se jej znovu vytvořit. Dejte mu jiný název (např. UFGA7875) a zkuste jej sestavit od začátku pomocí nástroje XBuild. Pokud budete úspěšní, měly by obě simulace poskytnout stejné výsledky. Použijte kalendář managementu plodin (Tabulka 1) jako vodítko při zadávání komponent rotací, datumů a úrovní managementu. Následujte tyto kroky:

1. Nastavte rotační jádro, které definuje načasování všech managementových událostí (výsadba, aplikace hnojiva, zavlažování atd.) pro první cyklus rotací. Tyto události se budou opakovat pro vytvoření dlouhodobé simulace.
   Začněte nastavením první složky rotace (úhor), která zahrnuje „kultivar", pole, počáteční podmínky, zpracování půdy, sklizeň a řízení simulace. Pokračujte postupně s každou složkou rotací a podle potřeby přidejte úrovně kultivaru, výsadby, zpracování půdy, sklizně a simulace.
2. Při prvním zkušebním běhu se chceme ujistit, že všechny managementové události probíhají ve správném pořadí a že se správně opakují v každém

cyklu rotace. Chcete-li to provést, nastavte počet let v prvním bloku řízení simulace, abyste umožnili dvě kompletní simulace rotačního jádra. V tomto případě nastavte počet let na 4, protože doba rotace jádra je dva roky (rok 1 zahrnuje dvě výsadby fazolí, rok 2 má jednu výsadbu kukuřice). Pro tento počáteční testovací běh nastavte počet replikací na hodnotu 1.

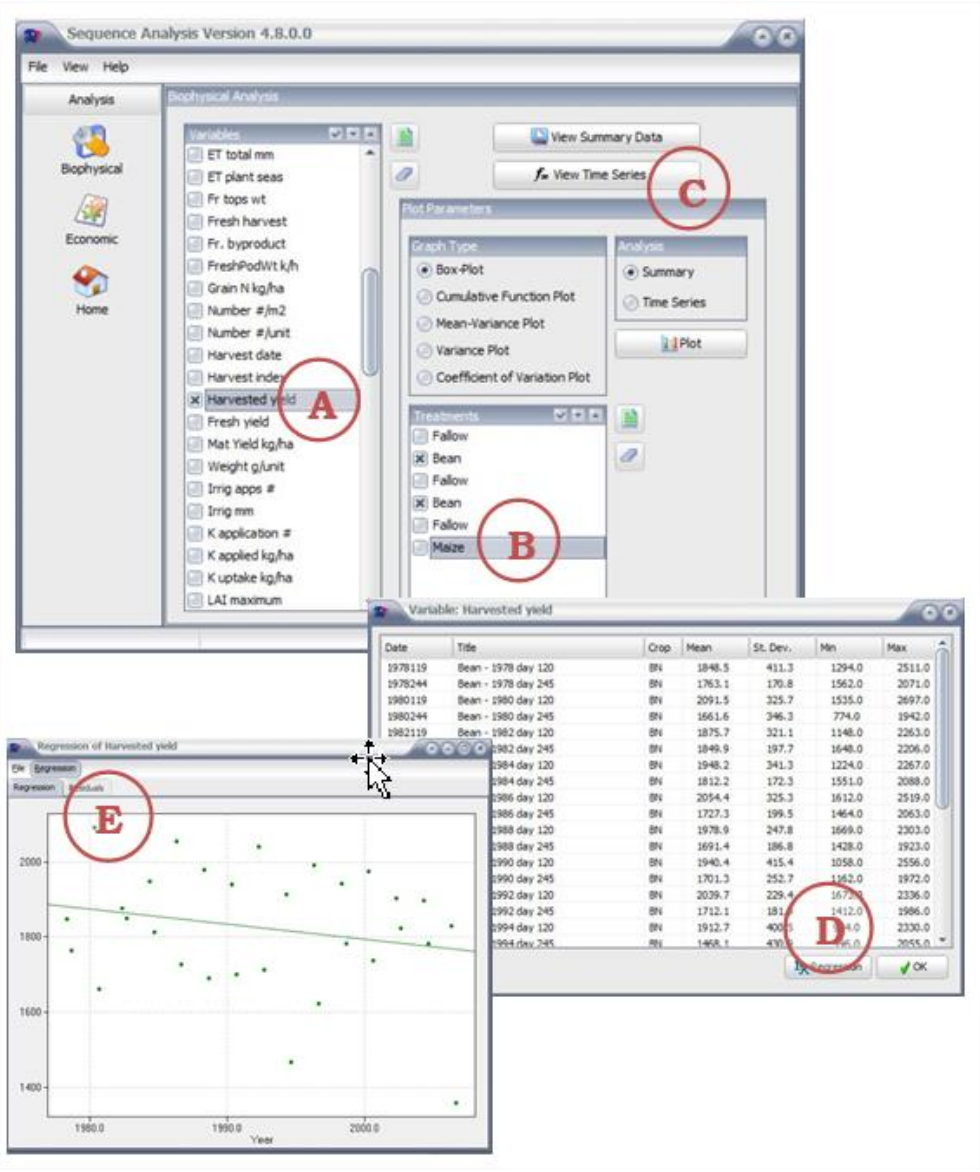
Chcete-li zkontrolovat, zda se managementové události opakují správně, nastavte „Operations Output“ na „Yes“. To vám umožní zobrazit soubor MgmtEvent.OUT (OME), který ukazuje chronologický seznam managementových událostí a vývojových fází rostlin.

3. Spusťte model, zkontrolujte soubory Summary.OUT (soubor OSU) a MgmtEvent.OUT (soubor OME) a ověřte, že vaše simulace funguje podle vašich očekávání. Probíhá výsev ve správných termínech pro oba cykly rotace? Jsou všechny procesy zpracování půdy simulovány podle očekávání?
4. Pokud vše vypadá v pořádku, upravte soubor a nastavte počet let simulace na 30. (Nejlepší je nastavit počet let simulace na celočíselný násobek délky rotačního jádra. Pokud tedy nastavíte dvouletou rotaci, nastavte počet let na sudé číslo.) Nastavte počet replikací na 10. Změňte „Operations Output“ na „**No**“.
5. Znovu spusťte simulaci pro plný počet let a replikací. Běh plné simulace pro 30 let a 10 replikací bude nějakou dobu trvat.




*Obrázek 16 Aplikace sekvenční analýzy*

6. Po dokončení simulace klikněte na záložku Analýza („Analysis“) v okně Simulace. Měla by se objevit aplikace Sekvenční analýza („Sequence Analysis“). Uložte soubor podle pobídky aplikace.
7. V aplikaci vyberte „Výnos sklizně“ („Harvested yield“), zvolte boxplot a časové řady, jak je znázorněno na obrázku níže, a vykreslete výsledky (viz Obrázek 34).




*Obrázek 35 Výběr možností lineární regrese*

8. Můžete se také podívat na trend pomocí regresní funkce. Chcete-li se například podívat na dlouhodobý trend výnosů fazolí v rámci tohoto režimu managementu (viz Obrázek 35):
    A. Vyberte „Sklizený výnos“ („Harvested yield“)
    B. Zrušte výběr kukuřice ze seznamu kombinace podmínek
    C. Vyberte „Zobrazit časové řady“ („View Time Series“)
    D. V tabulce, která se objeví, vyberte v dolní části regresi („Regression“).
    E. Vyberte „Lineární“ („Linear“) z nabídky „Regrese“.

9. Podívejte se na časové řady pro celkový organický uhlík, vyluhovaný dusík, datum zralosti, LAI. Existují nějaké dlouhodobé trendy? Existují rozdíly mezi jarními a podzimními sklizněmi fazolí? Simuluje model nějaké neúrody?

**Box 1. FileX UFGA7874.SQX**

```
*EXP.DETAILS: UFGA7874SQ BN-BN-MZ hypothetical rotation

*GENERAL
@PEOPLE
DSSAT Foundation
@ADDRESS
Gainesville, Florida
@SITE
Gainesville, Florida

*TREATMENTS                        -----------FACTOR LEVELS----------
@N R O C TNAME.................... CU FL SA IC MP MI MF MR MC MT ME MH SM
 1 1 1 0 Fallow                   2  1  0  1  0  0  0  0  0  1  0  1  1
 1 2 1 0 Bean                     1  1  0  0  1  0  0  0  0  0  0  0  2
 1 3 1 0 Fallow                   2  1  0  0  0  0  0  0  0  2  0  2  1
 1 4 1 0 Bean                     1  1  0  0  2  0  0  0  0  0  0  0  3
 1 5 1 0 Fallow                   2  1  0  0  0  0  0  0  0  3  0  3  1
 1 6 1 0 Maize                    3  1  0  0  3  0  1  0  0  0  0  0  4

*CULTIVARS
@C CR INGENO CNAME
 1 BN IB0001 PORILLO SINTETICO
 2 FA IB0001 -99
 3 MZ IB0035 McCurdy 84aa

*FIELDS
@L ID_FIELD WSTA....  FLSA  FLOB  FLDT  FLDD  FLDS  FLST SLTX  SLDP  ID_SOIL     FLNAME
 1 UFGA0001 UFGA       -99     0 IB000     0     0 00000 -99    180  IBSBS10015 -99
@L ............XCRD ............YCRD .....ELEV ..............AREA .SLEN .FLNR .SLAS FLHST FHDUR
 1             0               0     0                       0     0     0     0 FH201    20

*INITIAL CONDITIONS
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 1    SB 78166   100     0     1     1   180  1000    .8     0   100    15 -99
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 1     5  .086    .6   1.5
 1    15  .086    .6   1.5
 1    30  .086    .6   1.5
 1    45  .086    .6   1.5
 1    60  .086    .6   1.5
 1    90  .076    .6    .6
 1   120  .076    .6    .5
 1   150   .13    .6    .5
 1   180  .258    .6    .5

*PLANTING DETAILS
@P PDATE EDATE  PPOP  PPOE  PLME  PLDS  PLRS  PLRD  PLDP  PLNT  PACE  PENV  PLPH  SPRL
 1 78120   -99    30   -99     S     R    91     0     4   -99   -99   -99   -99     0
 2 78245   -99    25   -99     S     R    91     0     4   -99   -99   -99   -99     0
 3 79050   -99   7.2   -99     S     R    62     0     7   -99   -99   -99   -99     0

*FERTILIZERS (INORGANIC)
@F FDATE  FMCD  FACD  FDEP  FAMN  FAMP  FAMK  FAMC  FAMO  FOCD FERNAME
 1     0 FE001 AP002    15    60   -99   -99   -99   -99   -99 -99
 1    30 FE001 AP002    15    50   -99   -99   -99   -99   -99 -99

*TILLAGE AND ROTATIONS
@T TDATE TIMPL  TDEP TNAME
 1 78114 TI003    20 -99
 2 78239 TI003    20 -99
 3 79048 TI003    20 -99

*HARVEST DETAILS
@H HDATE  HSTG  HCOM HSIZE   HPC  HBPC HNAME
 1 78119 GS000   -99   -99   100     0 fallow before dry bean #1
 2 78244 GS000   -99   -99   100     0 Fallow before dry bean #2
 3 79049 GS000   -99   -99   100     0 Fallow before maize
```

```
*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.................... SMODEL
 1 GE             30    10     S 78001  1157 Fallow
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 1 OP              Y     Y     N     N     N     N     Y     D
@N METHODS     WTHER INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO NSWIT MESOM MESEV MESOL
 1 ME              W     M     E     R     S     C     R     1     P     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 1 MA              R     N     N     N     R
@N OUTPUTS     FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT VBOSE CHOUT OPOUT FMOPT
 1 OU              Y     N     A    10     N     N     N     N     N     N     Y     N     Y     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 1 PL          78113 78127    40   100    30    40    10
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 1 IR             30    50   100 IB001 IB001    10   .75
@N NITROGEN    NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
 1 NI             30    50    25 IB001 IB001
@N RESIDUES    RIPCN RTIME RIDEP
 1 RE            100     1    20
@N HARVEST     HFRST HLAST HPCNP HPCNR
 1 HA              0 79120   100     0

@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.................... SMODEL
 2 GE              1     1     S 78110  1157 Dry Bean #1
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 2 OP              Y     Y     N     N     N     N     N     D
@N METHODS     WTHER INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO NSWIT MESOM MESEV MESOL
 2 ME              W     M     E     R     S     L     R     1     P     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 2 MA              A     F     N     N     M
@N OUTPUTS     FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT VBOSE CHOUT OPOUT FMOPT
 2 OU              Y     N     Y     1     N     N     N     N     N     N     Y     N     Y     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 2 PL          78120 78165    10   100    30    40    10
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 2 IR             30    50   100 IB001 IB001    15   .75
@N NITROGEN    NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
 2 NI             30    50    25 IB001 IB001
@N RESIDUES    RIPCN RTIME RIDEP
 2 RE            100     1    20
@N HARVEST     HFRST HLAST HPCNP HPCNR
 2 HA              0 79120   100     0

@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.................... SMODEL
 3 GE              1     1     S 78110  1157 Dry Bean #2
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 3 OP              Y     Y     Y     N     N     N     N     D
@N METHODS     WTHER INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO NSWIT MESOM MESEV MESOL
 3 ME              W     M     E     R     S     L     R     1     P     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 3 MA              A     F     N     N     M
@N OUTPUTS     FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT VBOSE CHOUT OPOUT FMOPT
 3 OU              Y     N     Y     1     N     N     N     N     N     N     Y     N     Y     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 3 PL          78245 78290    10   100    30    40    10
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 3 IR             30    50   100 IB001 IB001    15   .75
@N NITROGEN    NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
 3 NI             30    50    25 IB001 IRA01
@N RESIDUES    RIPCN RTIME RIDEP
 3 RE            100     1    20
@N HARVEST     HFRST HLAST HPCNP HPCNR
 3 HA              0 79120   100     0

@N GENERAL     NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.................... SMODEL
```

```
 4 GE              1     1     S 78110  1157 Maize
@N OPTIONS     WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES  CHEM  TILL   CO2
 4 OP              Y     N     N     N     N     N     N     D
@N METHODS     WTHER INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO NSWIT MESOM MESEV MESOL
 4 ME              W     M     E     R     S     C     R     1     P     S     2
@N MANAGEMENT  PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
 4 MA              A     F     D     N     M
@N OUTPUTS     FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT VBOSE CHOUT OPOUT FMOPT
 4 OU              Y     N     Y     1     N     N     N     N     N     N     Y     N     Y     A

@  AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING    PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
 4 PL          79060 79091    10   100    30    40    10
@N IRRIGATION  IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
 4 IR             30    50   100 IB001 IB001    15   .75
@N NITROGEN    NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
 4 NI             30    50    25 IB001 IB001
@N RESIDUES    RIPCN RTIME RIDEP
 4 RE            100     1    20
@N HARVEST     HFRST HLAST HPCNP HPCNR
 4 HA              0 79120   100     0
```

# Praktické cvičení 20:

## Simulace rotace plodin v dlouhodobých experimentech

### Úvod

Sekvenční analýza může poskytnout náhled na udržitelnost systémů hospodaření po dlouhá období, zejména pokud jde o hospodaření s půdní vodou, dusíkem a uhlíkem. Definování a analýza sekvence střídání plodin pomocí FileX vyžaduje složitější strukturu souborů, aby bylo možné zahrnout střídání plodin a úhoru. Například období úhoru musí být „sklizeno“ před vysazením následující plodiny. Nástroj XBuild lze použít k nastavení sekvence v souboru FileX pro sekvence plodin a aplikace rotací.

### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vytvořit a analyzovat sekvenční soubor FileX.
- ✓ Prozkoumat variabilitu hospodaření s plodinami v řadě sekvencí počasí jednotlivých let.
- ✓ Použít generátor počasí (WGEN) ke generování simulovaného počasí.

### Praktické cvičení

**Cvičení 1**. V tomto cvičení prozkoumáme a upravíme soubor MSKB8901.SQX, rotační experiment prováděný na biologické stanici W. K. Kellogg (KBS) v Michiganu jako součást dlouhodobého ekologického výzkumu (LTER) v zemědělství řádkových plodin. Tento experiment zahrnuje prvních devět složek rotace kukuřice a sóji při konvenčním zpracování půdy a vysokých vstupech.

Při přemýšlení o pořadí střídání plodin je užitečné uspořádat managementové události v chronologickém pořadí. **Tabulka 3** uvádí kalendář managementových událostí pro rotaci MSKB.

V rotaci je devět složek, tak jak to bylo zahrnuto v instalaci DSSAT, ale přidáme desátou složku úhoru, která umožní tuto rotaci používat v opakované sekvenci.

V kalendáři střídání plodin je každá managementová událost zobrazena v chronologickém pořadí spolu s datem, popisem události, střídáním plodin souvisejícím s událostí a příslušnou úrovní faktorů souvisejících s tabulkou kombinace podmínek v souboru experimentu. Všimněte si, že v kalendáři hospodaření s plodinami se první dvě události zpracování půdy vyskytují před výsadbou kukuřice, ale jsou spojeny s rotací kukuřice. Nová rotace úhoru, kterou

přidáme jako desátou rotaci, umožní tyto dvě události zpracování půdy spojit s úhorem před výsadbou kukuřice, tak aby se mohly v sekvenci opakovat.

*Tabulka 2 MSKB9021.SQX – Kalendář hospodaření s plodinami*

| Datum | Rok | DOY | Managementová událost | Plodina | Rotace | CU | MP | MF | MT | MH | SM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1989-03-01 | 1989 | 60 | Začátek simulace | Kukuřice 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1989-04-21 | 1989 | 111 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1989-05-01 | 1989 | 121 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1989-05-04 | 1989 | 124 | Výsev kukuřice | | | | | | | | |
| 1989-06-27 | 1989 | 178 | Aplikace hnojiva | | | | | | | | |
| 1989-09-23 | 1989 | 266 | Sklizeň kukuřice | | | | | | | | |
| 1989-09-24 | 1989 | 267 | (Začátek úhoru) | Úhor 1 | 2 | 2 | 2 | - | 2 | 2 | 1 |
| 1990-05-25 | 1990 | 145 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1990-05-25 | 1990 | 145 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1990-05-28 | 1990 | 148 | Ukončení úhoru | | | | | | | | |
| 1990-05-29 | 1990 | 149 | Výsev sóji | Sója 1 | 3 | 3 | 3 | - | - | 3 | 2 |
| 1990-10-17 | 1990 | 290 | Sklizeň sóji | | | | | | | | |
| 1990-10-18 | 1990 | 291 | (Začátek úhoru) | Úhor 2 | 4 | 2 | 4 | - | 4 | 4 | 1 |
| 1991-04-25 | 1991 | 115 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1991-05-02 | 1991 | 122 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1991-05-02 | 1991 | 122 | Ukončení úhoru | | | | | | | | |
| 1991-05-03 | 1991 | 123 | Výsev kukuřice | Kukuřice 2 | 5 | 4 | 5 | 2 | - | 5 | 1 |
| 1991-06-15 | 1991 | 166 | Aplikace hnojiva | | | | | | | | |
| 1991-10-10 | 1991 | 283 | Sklizeň kukuřice | | | | | | | | |
| 1991-10-11 | 1991 | 284 | (Začátek úhoru) | Úhor 3 | 6 | 2 | 6 | - | 6 | 6 | 1 |
| 1992-05-15 | 1992 | 136 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1992-05-17 | 1992 | 138 | Ukončení úhoru | | | | | | | | |
| 1992-05-18 | 1992 | 139 | Výsev sóji | Sója 2 | 7 | 3 | 7 | - | 7 | 7 | 2 |
| 1992-05-18 | 1992 | 139 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1992-10-26 | 1992 | 300 | Sklizeň sóji | | | | | | | | |
| 1992-10-27 | 1992 | 301 | (Začátek úhoru) | Úhor 4 | 8 | 2 | 8 | - | 8 | 8 | 1 |
| 1993-04-28 | 1993 | 118 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1993-05-06 | 1993 | 126 | Ukončení úhoru | | | | | | | | |
| 1993-05-07 | 1993 | 127 | Výsev kukuřice | Kukuřice 3 | 9 | 5 | 9 | 3 | 9 | 9 | 1 |
| 1993-05-07 | 1993 | 127 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1993-07-01 | 1993 | 182 | Aplikace hnojiv | | | | | | | | |
| 1993-11-09 | 1993 | 313 | Sklizeň kukuřice | | | | | | | | |
| Nová rotace úhoru: | | | | | | | | | | | |
| 1993-11-10 | 1993 | 314 | (Začátek úhoru) | Úhor 5 (nový) | 10 | 2 | 10 | - | 1 | 10 | 1 |
| 1994-04-21 | 1994 | 111 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1994-05-01 | 1994 | 121 | Zpracování půdy | | | | | | | | |
| 1994-05-03 | 1994 | 123 | Ukončení úhoru | | | | | | | | |

1. V prostředí DSSAT přejděte na Aplikace – Sekvence a vyberte experiment MSKB8901. Klikněte pravým tlačítkem na tento experiment a vyberte „Zobrazit soubor“ („View file“). Tím se soubor FileX načte do textového editoru.
   a. V editoru se podívejte na kombinaci podmínek (viz Box 1 níže) a všimněte si, že existuje POUZE 1 kombinace podmínek (ve sloupci „N“), ale 9 rotačních komponent (ve sloupci „R“). Všimněte si také, že management každé rotace musí být definován tak, jak jste to udělali s kombinacemi podmínek v předchozích případech. To způsobí, že model spustí každou plodinu v sekvenci, počínaje složkou rotace 1, pak 2 atd.

**Box 1 Tabulka kombinace podmínek pro MSKB8901.SQX**

*TREATMENTS ----------FACTOR LEVELS----------

| @N | R | O | C | TNAME..... | CU | FL | SA | IC | MP | MI | MF | MR | MC | MT | ME | MH | SM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI MZ | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI SB | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 1 | 4 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 1 |
| 1 | 5 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI MZ | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 |
| 1 | 6 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 | 1 |
| 1 | 7 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI SB | 3 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 | 2 |
| 1 | 8 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 8 | 1 |
| 1 | 9 | 1 | 0 | LTER TREAT 1 HI MZ | 5 | 1 | 0 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 9 | 1 |

   b. Všimněte si následujícího:
      - ✓ Pro experiment střídání plodin je definováno pouze jedno pole (sloupec FL).
      - ✓ Existuje pouze jedna počáteční podmínka (IC), která je definována pro první den simulace. Po inicializaci půdy model nepřetržitě simuluje půdní vodu, dusík, uhlík a další půdní procesy po dobu trvání sekvence. Plodiny se sázejí a sklízejí střídavě, ale procesy v půdě jsou nepřetržité.
      - ✓ Období úhoru jsou výslovně uvedena. To proto, aby bylo možné upřesnit management v období úhoru.
      - ✓ Každá rotační složka má své vlastní datum výsevu. Sloupec MP v tabulce kombinací podmínek odkazuje na úroveň v sekci Výsadba (Planting) pro každou rotaci. Přesná data výsevu pro střídání s úhorem jsou volitelná, ale jsou zahrnuta v tomto souboru.

- ✓ Každá složka rotace má své vlastní datum sklizně (sloupec MH tabulky kombinací podmínek). Termíny sklizně musí být specifikovány pro úhor a jsou obecně stanoveny na jeden den před datem výsevu nebo automatickým obdobím výsevu další plodiny. V hypotetických experimentech se sklizeň plodin často provádí „v době zralosti“, ale v tomto příkladu jsou výslovně uvedena skutečně zaznamenaná data sklizně, protože se jednalo o skutečný experiment.
- ✓ Tento soubor neobsahuje oddíl analýzy půdy, ale často ji budete potřebovat k definování půdních podmínek, zejména pro fosfor, pH, organický uhlík atd. Tento oddíl analýzy půdy přepíše obecnější hodnoty ze souboru půdy.
- ✓ Soubor je nastaven tak, aby simuloval 9 let (NYERS – Simulation Options), i když trvání terénního experimentu popsaného souborem FileX bylo 5 let. Některé rotace se budou opakovat.

c. Tento soubor je pro skutečný experiment se střídáním plodin. Můžete tedy také vkládat naměřená data, podobně jako v jakémkoli jiném experimentu, jako je růst biomasy, půdní uhlík, výnos, LAI atd. Tato data bohužel nejsou v tomto příkladu k dispozici. Tyto údaje však najdete v souborech MSKB8901.SQT a MSKB8901.SQA pro všechny roky.

**2.** Otevřete soubor pro úpravy pomocí nástroje **XBuild** a podívejte se na Možnosti simulace (Simulation Options).

a. Změňte číslo experimentu z 1 na 21 a soubor uložte. Měl by být uložen jako **MSKB8921.SQX** ve složce DSSAT48\Sequence.

b. DSSAT má program pro analýzu sekvence, který analyzuje změny proměnných v průběhu času, včetně regrese pro zobrazení dlouhodobých trendů. Pro skutečné experimenty je však užitečné vykreslit výstupy pomocí nástroje GBuild. Chcete-li analyzovat simulovaná data časové řady pro střídání plodin, ujistěte se, že možnost Simulation Options – Outputs – Output Files je nastavena na **Experiment** a že soubory vody, dusíku, růstu a uhlíku jsou nastaveny na **Y**.

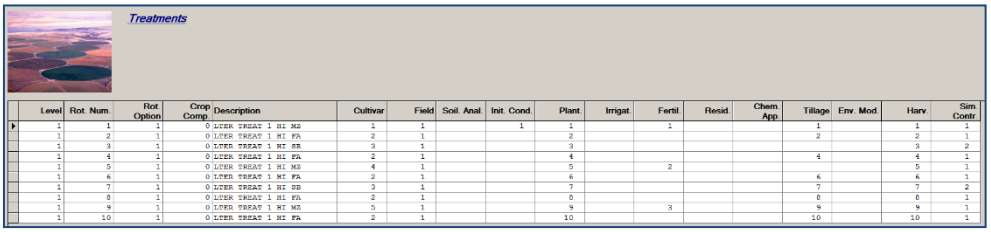
c. Nastavte provozní výstup (Operations output) na „Yes“. Tím se vygeneruje soubor MgmtEvent.OUT (nebo soubor OME), který obsahuje seznam všech managementových událostí v chronologickém pořadí. Je to užitečné pro kontrolu, zda jsou managementové události přiřazeny ke správné rotaci.

d. Protože se jedná o skutečný experiment, nastavte možnost $CO_2$ na „Aktuální $CO_2$“ (Možnosti simulace – Možnosti) (Simulation options – Options).

e. V části Metody nastavte „Metodu půdní organické hmoty“ („Method of Soil Organic Matter“) na „Century (Parton)“. To způsobí použití modelu

CENTURY. Tato možnost se doporučuje pro experimenty se střídáním plodin.

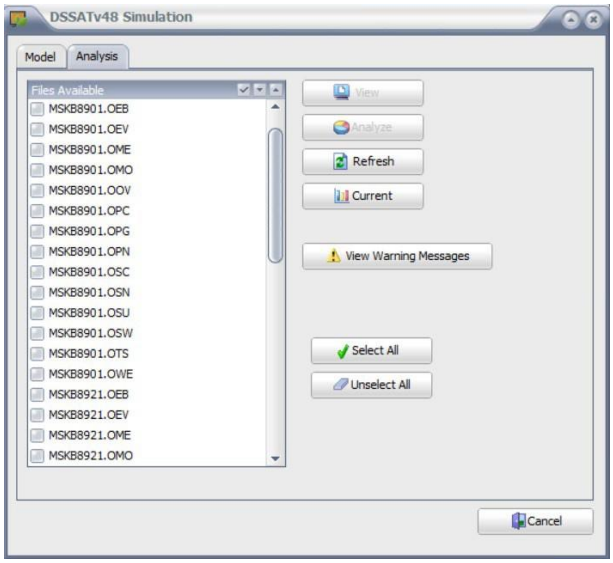
3. Chceme přidat další rotaci úhoru po třetí rotaci kukuřice na základě informací z kalendáře managementu plodin (Tabulka 1).
   a. V sekci výsadby přidejte novou úroveň výsadby replikovanou z druhého výsadbového „úhoru“ (tj. vyberte úroveň výsadby 2, přidejte novou úroveň výsadby a změňte datum). „Datum výsadby“ bude jeden den po poslední sklizni kukuřice nebo 10. listopadu 1993.
   b. Přidejte novou úroveň zpracování půdy, která je replikována z úrovně zpracování půdy 1. Změňte data tak, aby odpovídala datům v kalendáři managementu plodin (21. dubna 1994 a 1. května 1994).
   c. Přidejte sklizeň jeden den před datem prvního výsevukukuřice. Pamatujte, že se tato sekvence bude opakovat, takže datum ukončení úhoru by mělo být 3. května 1994.
   d. V tabulce kombinací podmínek zopakujte první rotaci úhoru (rotace 2) jako novou rotaci 10. Změňte úroveň výsadby na 10, úroveň zpracování půdy na 10 a úroveň sklizně na 10. Vaše tabulka kombinací podmínek by měla vypadat jako na Obrázku 36.




| Level | Rot. Num. | Rot. Option | Crop Comp. | Description | Cultivar | Field | Soil. Anal. | Init. Cond. | Plant | Irrigat. | Fertil. | Resid. | Chem. App. | Tillage | Env. Mod. | Harv. | Sim. Contr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI MZ | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | | | 2 | | | | | 2 | | 2 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI SB | 3 | 1 | | | 3 | | | | | | | 3 | 2 |
| 1 | 4 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | | | 4 | | | | | 4 | | 4 | 1 |
| 1 | 5 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI MZ | 4 | 1 | | | 5 | | 2 | | | | | 5 | 1 |
| 1 | 6 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | | | 6 | | | | | 6 | | 6 | 1 |
| 1 | 7 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI SB | 3 | 1 | | | 7 | | | | | 7 | | 7 | 2 |
| 1 | 8 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | | | 8 | | | | | 8 | | 8 | 1 |
| 1 | 9 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI MZ | 5 | 1 | | | 9 | | 3 | | | 9 | | 9 | 1 |
| 1 | 10 | 1 | 0 | LUER TREAT 1 HI FA | 2 | 1 | | | 10 | | | | | 10 | | 10 | 1 |

*Obrázek 17 Tabulka kombinací podmínek pro MSKB8921.SQX*

4. Uložte soubor, aktualizujte seznam souborů DSSAT a spusťte model pro aktualizovaný soubor.
   a. Na kartě Analýza najdete výstupní soubory z tohoto experimentu pojmenované pomocí kódu experimentu, nikoli pomocí výchozích názvů (Obrázek 37). Objeví se program pro sekvenční analýzu, ale místo toho, abyste jej použili pro tuto analýzu, podíváte se na některé výstupy v textovém editoru a pomocí nástroje GBuild. Po otevření tento sekvenční analyzátor (a všechna související okna) zavřete.




*Obrázek 187 Výpis výstupních souborů*

   b. Použijte nástroj GBuild k analýze výstupních souborů dusíku, růstu, uhlíku a vody (karta Analýza – vyberte svůj soubor – Analyzovat) (Analysis tab – select your file – Analyze). Pro správné zobrazení dat vyberte vždy pouze jeden výstupní soubor. Budete také muset (v GBuild) přejít do Options – Graph Type – Date a nastavit jej na Datum (Date), nikoli na Dny po výsadbě (Days after Planting). Vezměte prosím na vědomí, že výstupní soubory jsou uloženy podle identifikátorů experimentu (tj. MSKB8921) s různými příponami pro definování typů proměnných. Soubory, které by vás mohly zajímat a některé navrhované proměnné (nezahrnující) k vykreslení jsou:

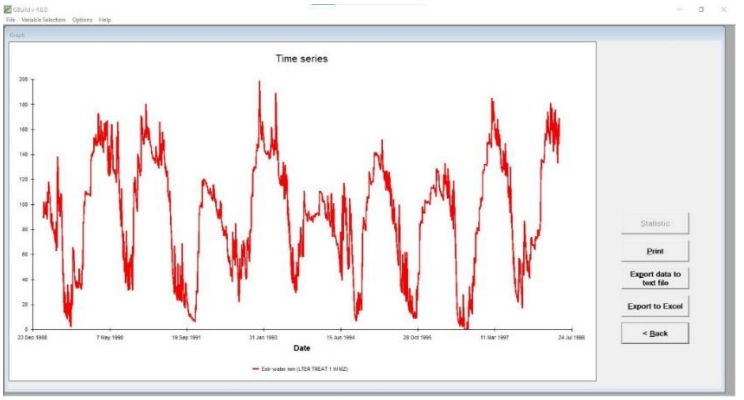
1) MSKB8921.OPG – Denní výstup růstu (stejný jako PlantGro.OUT)
   - Hmotnost vrcholů a hmotnost zrn
2) MSKB8921.OLC – podrobnosti o denním výstupu půdního uhlíku (pouze možnost Century)
   - Organický uhlík v horních 20 cm půdy (% C); organický uhlík + opad v horních 20 cm půdy (% C)
   - Celkový organický uhlík v půdě; celkový aktivní organický uhlík v půdě;

Celkový střední organický uhlík v půdě; celkový pasivní organický uhlík v půdě

- Organický uhlík v horních 20 cm půdy;
  Organický uhlík v hloubce 20 až 40 cm

3) MSKB8921.OSN – Denní výstupní soubor půdního dusíku (stejný jako SoilNi.OUT)
   - Celkový půdní dusík a $NO_3$ v různých úrovních
4) MSKB8921.OSW – Denní výstupní soubor půdní vody (stejný jako SoilWat.OUT)
   - Obsah půdní vody v horních 5 cm půdy vs. obsah vody v hloubce 60–90 cm
5) MSKB8921.OWE – Denní výstupní soubor počasí (stejný jako Weather.OUT)
   - Sluneční záření, délka dne, teplota

Zde je třeba poznamenat, že vlastnosti půdní vrstvy nejsou resetovány na výchozí podmínky, když je zasazena nová plodina, jako je tomu v sezónní analýze (viz Obrázek 38 zobrazující extrahovatelnou půdní vodu). Počáteční podmínky jsou nastaveny pouze jednou pro první rotační složku.




*Obrázek 19 Extrahovatelná půdní voda (ESW) v experimentu KBS-LTER.*

c. Otevřete soubor s názvem MSKB8921.OEV.
d. Prohlédněte si soubor MSKB8921.OME, abyste viděli managementové události, které se vyskytly pro každou rotaci, fáze plodin, ve kterých došlo ke každé managementové události, sklizený výnos a přenos půdy a povrchové organické hmoty do další rotace. Fragment souboru je reprodukován níže. K nalezení souboru ve složce DSSAT48\Sequence možná budete muset použít prohlížeč v počítači.

!

| @RUN | Date..... | DOY | DAS | DAP | CR | Stage | Operation | Quantities |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ! | | | | | | | | |
| 1 | MAR 1, 1989 | 060 | 1 | 0 | MZ | 14 Start Sim | | |
| 1 | APR 21, 1989 | 111 | 52 | 0 | MZ | | Tillage | 15.0 cm |
| 1 | MAY 1, 1989 | 121 | 62 | 0 | MZ | | Tillage | 15.0 cm |
| 1 | MAY 4, 1989 | 124 | 65 | 0 | MZ | | Planting | |
| 1 | MAY 4, 1989 | 124 | 65 | 0 | MZ | 07 Sowing | | |
| 1 | MAY 5, 1989 | 125 | 66 | 1 | MZ | 08 Germinate | | |
| 1 | MAY 20, 1989 | 140 | 81 | 16 | MZ | 09 Emergence | | |
| 1 | JUN 6, 1989 | 157 | 98 | 33 | MZ | 01 End Juveni | | |
| 1 | JUN 13, 1989 | 164 | 105 | 40 | MZ | 02 Floral Ini | | |
| 1 | JUN 27, 1989 | 178 | 119 | 54 | MZ | | Fertilizer | 123. kg[N]/ha |
| 1 | JUL 20, 1989 | 201 | 142 | 77 | MZ | 03 75% Silkin | | |
| 1 | AUG 1, 1989 | 213 | 154 | 89 | MZ | 04 Beg Gr Fil | | |
| 1 | SEP 16, 1989 | 259 | 200 | 135 | MZ | 05 End Gr Fil | | |
| 1 | SEP 20, 1989 | 263 | 204 | 139 | MZ | Phys. Maturity | | |
| 1 | SEP 20, 1989 | 263 | 204 | 139 | MZ | 06 Maturity | | |
| 1 | SEP 23, 1989 | 266 | 207 | 142 | MZ | 16 Harvest | | |
| 1 | SEP 23, 1989 | 266 | 207 | 142 | MZ | | Harvest Yield | 7590. kg/ha |
| | | | | | | | Root residue | 2343. kg/ha carryover |

**Cvičení 2.** Analyzujte sekvenční experiment EBAF1101, který je dodáván s distribuční verzí DSSAT. Než začnete, podívejte se na soubor FileX, abyste pochopili, co se v tomto experimentu děje.

1. Spusťte program pro sekvenční experiment EBAF1101.
2. Spusťte tabulkový procesor (např. MS Excel) a importujte výstupní soubor tohoto běhu, tj. EBAF1101.OSU, do tabulky.
3. Všimněte si záhlaví v horní části každého sloupce. K definicím hlaviček lze přistupovat prostřednictvím Data – Kódy (Data – Codes) v prostředí DSSAT. Najděte počáteční data a data sklizně a všimněte si posloupnosti událostí. Chybí nějaké dny?
4. Podívejte se na výnos sklizně kukuřice. Vykreslete výnos jako funkci data sklizně. Co se děje s výnosem? Můžete to vysvětlit vykreslením dalších proměnných? Zvažte některé proměnné půdní vody, půdního dusíku a půdního organického uhlíku.
5. Analyzujte další zajímavé proměnné.
6. Uložte výstupní soubor. Zkopírujte soubor EBAF1101.OSU do nového souboru s názvem EBAF1102.OSU. Upravte záhlaví tak, aby odráželo tuto změnu. Otevřete soubor **EBAF1101.SQX** v nástroji XBuild. V Možnostech simulace (Simulation Options) upravte „Metodu půdní organické hmoty“ („Method of Soil Organic Matter“) na „Century (Parton)“ ***pro každou úroveň možností simulace*** (1 a 2) a **uložte soubor**. Spusťte znovu tento sekvenční soubor a analyzujte výsledky. Porovnejte možnosti půdní organické hmoty Century/Parton a CERES/Godwin.

**Cvičení 3**. Nastavte nový soubor FileX pro experiment se střídáním kukuřice a arašídů v Hajdarábádu v Indii (kód lokality HY). Začněte vytvořením NOVÉHO experimentu v nástroji XBuild a vytvořte z něj SEKVENČNÍ soubor.

1. Před zahájením tohoto cvičení si vytvořte seznam plodin a managementových událostí, které chcete vložit do sekvenční simulace. Uspořádejte všechny managementové události včetně výsevu, sklizně, zavlažování, hnojení atd. v chronologickém pořadí. Pamatujte, že po každé plodině musí následovat období úhoru. Úhor musí mít nastaveno „datum sklizně" jeden den před výsevem další plodiny. Každé složce rotace přiřaďte číslo rotace. Tabulka níže představuje příklad tabulky managementových událostí, ale můžete si vytvořit svou vlastní. Tato sekvence událostí se bude opakovat pro vytvoření dlouhodobé simulace střídání plodin.

| Rotační složka | Plodina | Datum | Typ události |
|---|---|---|---|
| 1 | Kukuřice | 1. 7. 2000 | Výsev kukuřice |
| 1 | Kukuřice | 1. 7. 2000 | Aplikace hnojiva |
| 1 | Kukuřice | 1. 8. 2000 | Aplikace hnojiva |
| 2 | Úhor | 30. 6. 2001 | „Sklizeň" úhoru před arašídy |
| 3 | Arašídy | 1. 7. 2001 | Výsev arašídů |
| 4 | Úhor | 29. 6. 2002 | Zpracování půdy před setím kukuřice |
| 4 | Úhor | 30. 6. 2002 | „Sklizeň" úhoru před kukuřicí |

2. Přejděte na Management – Cultivar a vyberte jeden kultivar pro kukuřici a jedenpro arašídy. Zahrňte také úhor.

3. Přejděte na Environment – Fields a vyberte meteorologickou stanici: Hyderabad, Indie (kód: ITHY). Zadejte pole ITHY0001. Vyberte půdu „Default Medium Sandy Loam" (výchozí střední písčito-hlinitá půda). Klikněte na tlačítko OK.

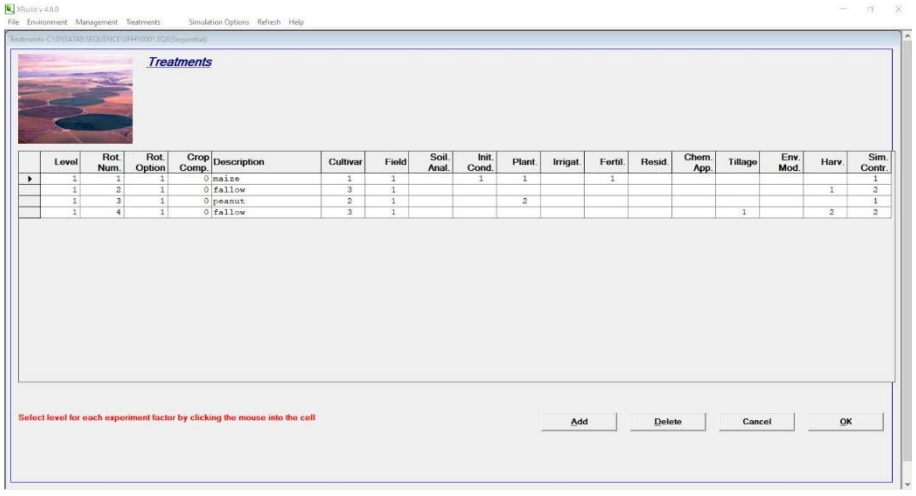
4. V Možnostech simulací (Simulation Options),
    a. nastavte datum zahájení simulace na termín dva měsíce před prvním výsevem kukuřice.
    b. pro tuto simulaci použijete interní generátor počasí. Nastavte metodu počasí na „WGEN".
    c. nastavte výsadbu (Planting) na „nahlášené datum" („On reported date").

d. plodiny by měly být sklízeny v době zralosti. Období úhoru by mělo být nastaveno na „sklizeň k datu nahlášení“ („harvest on reported date“).

5. V počátečních podmínkách (Initial Conditions) nastavte datum na datum zahájení simulace. Nastavte počáteční půdní vodu a půdní dusík.

6. Výsev kukuřice a arašídů nastavte pro každý rok na 1. července. Další management je na vás, ale měli byste se řídit plánem, který jste vytvořili ve svém chronologickém seznamu managementových událostí.
    a. Připomenutí: Termíny sklizně pro úhor musí být definovány (a nastaveny na jeden den před výsadbou další plodiny).
    b. Chcete-li aplikovat nějakou managementovou událost před datem výsevu plodiny, pak musí být spojena s obdobím úhoru před touto plodinou (viz rotace 4 v tabulce nahoře).

7. V sekci kombinace podmínek (Treatments) nastavte 4 rotační složky (kukuřice – úhor – arašídy – úhor) s jednou kombinací podmínek. Vyberte správnou úroveň managementu pro každou rotaci. Tyto 4 rotace tvoří základ, který se bude v průběhu dlouhodobé simulace opakovat. Viz Obrázek 39 pro příklad nastavení pro rotaci kukuřice a arašídů.
    a. Pro pokus se střídáním plodin by mělo být definováno jedno pole.
    b. Existuje pouze jedna počáteční podmínka, která začíná první rotací.
    c. Každá skutečná složka plodiny v rotaci má svou vlastní úroveň výsadby.
    d. Každá složka úhoru v rotaci má svou vlastní úroveň sklizně.




*Obrázek 209 Příklad obrazovky s kombinacemi podmínek pro rotaci kukuřice a arašídů*

8. Chcete-li zkontrolovat, zda jste rotaci správně nastavili, spustíte ji po omezený počet let a prohlédnete si soubor MgmtEvent.OUT (soubor OME), abyste viděli, že všechny vaše managementové události model provádí ve správných termínech. V možnostech simulace (Simulation Options) nastavte počet let na 5 a počet replikací na 1 a přepněte „Výstup operací“ („Operations output“) na „Yes“. Spusťte simulaci a zkontrolujte výstupy v souboru MgmtEvent.OUT (soubor OME).

9. Jakmile model běží správně a jste přesvědčeni, že všechny managementové události probíhají ve správném pořadí, nastavte počet let na 30 a počet replikací na 15. Vypněte výstup souboru MgmtEvent.OUT (OME soubor) a znovu spusťte simulaci.

10. K prozkoumání výsledků použijte nástroj pro sekvenční analýzu.

# Praktické cvičení 21:

## Vytvoření souborů FileX a FileT pro simulaci poškození škůdci a chorobami

### Úvod

Není bezpečné předpokládat, že terénní studie odrážejí pouze potenciální produkci nebo produkci omezenou pouze vodou a živinami. V mnoha případech jsou ztráty výnosů na polích farmářů a pokusných polích způsobeny škůdci či chorobami. Hmyz, choroby a háďátka mohou snížit růst a výnos plodin. Cílem tohoto praktického cvičení je ukázat, jak škůdci snižují růst a výnos plodin, a ilustrovat, jak vytvořit potřebné soubory pro simulaci poškození škůdci v modelu CSM-CROPGRO na základě zadání typických způsobů poškození, které lze pozorovat nebo odhadnout. Model CSM-CROPGRO byl navržen se spojovacími body pro zadávání škod způsobených škůdci (jak je možné použít při vyhledávání) a způsoby zadávání poškození škůdci (do souboru FileT).

### Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Vložit poškození škůdci do souborů experimentu s časovým průběhem (T).
- ✓ Identifikovat definice proměnných pro hlavičky používané k zadávání různých typů poškození.
- ✓ Upravit soubor FileX tak, abyste „zapnuli“ poškození škůdci pro simulaci s vlivem škůdců a bez něj.
- ✓ Vykreslit pozorovaná data ze souborů, které jste vytvořili.

### Praktické cvičení

**Vytvoření souborů FileT a FileX pro specifickou studii škůdců**

Experiment s arašídy z roku 1976 (UFGA7601.PNX ve vašem adresáři arašídů) měl nezamýšlenou epidemii skvrnitosti listů, protože *Cercospora* se stala odolnou vůči použitému fungicidu Benlate. Tato choroba v tom roce zasáhla celý americký arašídový průmysl a byla hlavním důvodem k obavám, dokud nebyl k dispozici chlorothalanil. Simulujte experiment s arašídy z roku 1976 a všimněte si, jak index listové plochy a listová hmota časem klesají. Nejedná se o přirozené stárnutí, protože nyní víme, že při řádné fungicidní kontrole skvrnitosti listů zůstávají listy arašídů zelené a LAI zůstává vysoký až do sklizně. Všimněte si také, jak model nadhodnocuje výnos lusků a biomasu, když nebere v úvahu škody.

**Práce se soubory FileT a FileX:** Již jste se naučili používat nástroj ATCreate k zadávání dat do souboru *.crT. Můžete zadat pozorované poškození škůdci do souboru FileT a upravit soubor FileX tak, aby byla zapnuta simulace chorob, načetla se data o poškození škůdci ze souboru FileT a byly vygenerovány simulace chorob.

**Úprava souboru FileX: Pomocí nástroje XBuild** vyberte experiment UFGA7601. Přidělte mu nové číslo experimentu, UFGA7603, a pojmenujte jej „Simulace škůdců" („Pest Simulation"). Nejprve v části Možnosti simulace – Management – Sklizeň (Simulation Options – Managemet – Harvest) změňte plánovanou sklizeň (scheduled harvest) na simulaci normálního konce životního cyklu (normal end of its life cycle). Pak přidejte druhou (novou) kombinaci podmínek a pojmenujte ji „plus skvrnitost listů" („plus leaf spot disease"). Vyberte tuto druhou kombinaci podmínek a poté přidejte novou úroveň v možnostech simulace (Simulation Options). Na úrovni 2 možností simulace upravte možnosti (Options) tak, abyste zapnuli sestavy onemocnění a škůdců (Disease and Pest Routines) (nastavte na Y). To umožní modelu načíst míru defoliace, kterou zadáte do souboru FileT. V části Výstup (Output) se také ujistěte, že výstupem jsou výstupní soubory choroby. Uložte svůj nový soubor FileX pod novým názvem a ukončete nástroj XBuild.

**Zadání poškození škůdci do souboru FileT:** Obvykle se procento defoliace a onemocnění listů hodnotí vizuálně pomocí nějakého standardního hodnocení. Pro toto cvičení vypočítáme procento vzniklé defoliace výpočtem procentuálního poklesu LAI, za předpokladu, že nastal jeden vrchol LAI, který byl zachován do zralosti. Udělejte to pro každé datum vzorkování LAI v současném souboru FileT, zaznamenejte den v roce a vypočítejte procento defoliace. Poté pomocí nástroje ATCreate zadejte toto procento defoliace do souboru FileT pod hlavičkou proměnných (PCLA). Než to uděláte, duplikujte experimentální data pro vytvoření dvou kombinací podmínek v souboru FileT, a to proto, abyste mohli simulovat experiment s chorobou a bez ní. Kombinace podmínek 1 bude bez choroby (protože choroba (Disease) byla vypnuta v řízení simulace (Simulation Control)), ale kombinace podmínek 2 bude mít položky pro vypočítanou defoliaci a choroba (Disease) byla v řízení simulace (Simulation Control) zapnuta.

**Nyní simulujte experiment:** Sledujte LAI, hmotnost listů, hmotnost stonku, hmotnost lusků, celkovou hmotnost plodiny a index sklizně lusků. Zlepšily se simulace růstu a výnosu lusků po zohlednění defoliace listů? Znamená to dostatečnou ztrátu výnosu?

**Přidání procenta nekrotické oblasti (PDLA):** Dosud jsme nezapočítávali nekrotickou oblast listů. To lze dodatečně provést zadáním procentuálních hodnot pod hlavičku PDLA. Nemáme skutečné záznamy, ale procento nekrózy na zbývajících listech způsobené skvrnitostí listů obvykle začíná na 1–2 % v době, kdy začíná defoliace, a dosahuje přibližně 10 % celkové plochy listů přibližně ve dvou

třetinách cyklu defoliace listů (do 100% defoliace). Můžete zkusit zadat i toto, abyste zjistili, zda to má další účinek.

Podívejte se na soubor PNGRO048.PST v adresáři PEST. Všimněte si definic jiných typů poškození a také možnosti modifikovat míru redukce fotosyntézy z důvodu nekrózy listů, PDLA. Naměřili jsme údaje o fotosyntéze listů, které ukazují, že pozorovaná nekróza vlivem skvrnitosti listů přispívá ke čtyřikrát většímu poklesu fotosyntézy listů (virtuální léze se chová, jako by byla zasažena čtyřikrát větší plocha listů, než je skutečné procento nekrotické plochy). Zkuste změnit tuto hodnotu z 1 na 4, abyste viděli účinek na poškození rostliny vlivem choroby.

# Prognóza výnosu v průběhu sezóny

## Úvod

Modely plodin lze použít k simulaci řady možných výstupů pro aktuální vegetační období. Obvykle můžeme získat údaje o počasí až do včerejška (nebo alespoň do několika dnů nazpět). Program DSSAT v4.8 obsahuje novou funkci, která využívá data o počasí pro aktuální období až do posledního dostupného dne. Poté buď vygeneruje počasí, nebo použije soubor historických dat o počasí pro zbytek období.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Nastavit soubor FileX pro odhad výnosu tam, kde nejsou známa budoucí data o počasí.
- ✓ Analyzovat rozložení možných výstupů pro aktuální období.

## Praktické cvičení

Připravte nový soubor FileX pro sklizeň arašídů rostoucích v aktuální sezóně poblíž Gainesville na Floridě. Před pár dny jste stáhli data o počasí z nedaleké meteostanice. Soubor obsahuje údaje o počasí od 1. října 1999 do aktuálního období (18. května 2022). Pomocí nového souboru FileX a historických údajů o počasí pro tuto lokalitu předpovězte výnos a další proměnné pro aktuální sezónu.

Nejprve si stáhněte soubor s údaji o počasí, UFAC9924.WTH, z Disku Google a zkopírujte jej do složky DSSAT48\Weather.

Dále vytvořte kopii experimentu UFGA7601.PNX pomocí Průzkumníka Windows. Tuto kopii pojmenujte UFAC2201.SNX a uložte ji do složky DSSAT48\YieldForecast. Soubory FileA a FileT nyní nepotřebujete, protože se jedná o hypotetickou analýzu.

Upravte tento soubor v nástroji XBuild a proveďte následující změny:

- V oddílu Pole (Fields) vyberte soubor počasí Alachua, Florida, USA. Vyberte soubor UFAC9923 v boxu napravo od názvu meteorologické stanice.
- V řízení simulace (Simulation Controls):
  - Nastavte datum začátku simulace na 1. května 2022.
  - Změňte počet let simulace na 20 let.
  - Nastavte zavlažování na „automaticky v případě potřeby“ („Automatic when required“). Ignorujte jakékoli záznamy o zavlažování

z experimentu z roku 1976 a předpokládejte, že experiment bude optimálně zavlažovaný.
    - Nastavte „Sklizeň v době zralosti“ („Harvest at maturity“) místo sklizně v nahlášeném datu („Harvest on the reported date“).
    - Nastavte možnost výstupu „Experiment“ místo výchozího nastavení, aby se názvy výstupních souborů přejmenovaly podle názvu experimentu.
- V tabulce kombinace podmínek (Treatments table) nastavte úroveň zavlažování na „none“ a úroveň sklizně na „none“. Poté v oddílu Management odstraňte úroveň zavlažování 1 a smažte úroveň sklizně 1. Ty již nejsou potřeba, protože používáme možnosti automatického zavlažování a sklizně v době zralosti.
- Změňte všechna data v souboru FileX na rok 2022. (Tip: Nastavte počáteční datum na datum zahájení simulace – 1. května 2022; změňte rok v datech výsadby a aplikace hnojiva na rok 2022.)
- Uložte soubor FileX, ukončete nástroj XBuild a spusťte experiment přes prostředí DSSAT.

## *Samostatná práce 1*

Použijte aplikaci VARAN (je to stejná aplikace jako pro sezónní analýzu), abyste viděli rozsah předpovědí výnosu a dalších proměnných na konci sezóny.

Nástroj GBuild lze použít k vykreslení výstupů časových řad z výstupů předpovědí výnosů, ale v současné době lze v nástroji GBuild otevřít pouze jeden soubor. Otevřete soubor UFAC2201.OPG a vykreslete hmotnost lusků.

Jak velké výkyvy můžeme očekávat ve výnosu v této sezóně? Jaké faktory mohou tyto odchylky způsobit?

Zavřete soubor OPG a otevřete soubor UFAC2201.OWE a vykreslete maximální teplotu (TMAX). Co vidíte na začátku sezóny a proč?

## *Samostatná práce 2*

Pomocí Excelu nebo jiného grafického programu vykreslete konečný výnos oproti některým dalším proměnným dostupným v souboru UFAC2201.OSU, abyste se pokusili vysvětlit část variability výnosů, kterou jste viděli v souboru UFAC2201.OPG.

## *Samostatná práce 3*

Co myslíte, že se stane s proměnlivostí předpovědí, když sezóna postupuje a pro tuto předpověď jsou k dispozici další údaje o počasí?

## Praktické cvičení 23:

# Modelování dopadu změny klimatu

## Úvod

Počítačové modely mohou být vynikajícími nástroji k určení potenciálního dopadu změny klimatu na zemědělskou produkci, včetně výnosů plodin, využívání zdrojů a změn životního prostředí. Mohou být také použity k vývoji strategií zmírňování (mitigací) a přizpůsobení (adaptací) na změny klimatu. Toto cvičení představuje simulaci účinků změny klimatu pomocí modelu CSM. Předpokládá, že uživatel je obeznámen s programem DSSAT a souvisejícími nástroji pro vytvoření příslušných vstupních souborů pro spuštění modelu CSM.

## Cíle

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- ✓ Simulovat potenciální dopad změny klimatu na výnos, využívání zdrojů a životní prostředí.
- ✓ Vyvinout adaptační strategie ke snížení potenciálního dopadu změny klimatu v důsledku změn koncentrace $CO_2$, teploty, srážek, slunečního záření a dalších meteorologických faktorů.
- ✓ Vyvinout zmírňující strategie ke snížení potenciálního dopadu zemědělství na změnu klimatu.

## Praktické cvičení

Během kurzu o programu DSSAT vám byly představeny různé přístupy a související nástroje programu DSSAT, které se zabývají interakcí genotypu · životního prostředí · typu hospodaření (managementu). Jaké typy scénářů jsou podle vás vhodné pro výzkum změny klimatu pomocí systémové analýzy a modelování? Možnosti, které je třeba zvážit, zahrnují:

- ✓ Oddíl úprav životního prostředí v souboru FileX.
- ✓ Vstup $CO_2$, jak je definován v sekci ovládání simulace (Simulation Control) souboru FileX a vstupní soubor $CO_2$ Mauna Loa.
- ✓ Externě upravené údaje o počasí založené na výstupech globálních klimatických modelů (GCM) nebo regionálních klimatických modelů (RCM).

- ✓ Změny v hospodaření s plodinami, včetně data výsadby, roztečí mezi rostlinami, vstupů zavlažování, vstupů hnojiv, vstupů organických úprav a zpracování půdy.
- ✓ Modifikace současných genotypových charakteristik, včetně existujících kultivarů nebo odrůd, stejně jako i virtuálních kultivarů nebo odrůd.
- ✓ Jiné vstupy, které považujete za vhodné.

## Praktické cvičení 24:

# Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO-Tomato v České republice. Vstupy a nástroje počasí.

## Úvod

Parametrizace modelu pro simulaci růstových a výnosových charakteristik konkrétního druhu, respektive odrůdy rajčete, jeho kalibrace a určení jeho chyby jsou základními kroky v procesu modelovaní zeleniny. Pro simulaci časového vývoje růstových a výnosových charakteristik rajčete jedlého odrůdy Thomas F1 a Pálava F1 při polním pěstování v podmínkách středního Polabí a Prahy byl využit model CROPGRO-Tomato (Potopová et al. 2020).

Pro zpřesnění simulace růstových a výnosových charakteristik a jejich závislosti na teplotě musely být v modelu upraveny kardinální teploty (tj. jak teplota ovlivňuje vegetativní i generativní fázi růstu rajčete, fotosyntézu, násadu plodů a tempo růstu a vývoje jednotlivých plodů). Kardinální teploty (Tb – hraniční teplota, Topt1 a Topt2 – minimální a maximální teplota, při které je rychlost fyziologického procesu nejvyšší, Tmax – maximální teplota fyziologického procesu) a letální teploty (Tlmin a Tlmax – letální minimum a letální maximum) popisují klíčové teplotní požadavky rostlinné produkce. Ideální podmínky pro růst a vývoj plodiny jsou v intervalu Topt1 a Topt2.

Tabulka 1. Hlavní principy modelování růstu a vývoje rostlin

| | Proces | CROPGRO |
|---|---|---|
| 1. | Fenologie | Funkce teploty a fotoperiody |
| 2. | Rozvoj listové plochy a absorpce záření | Vývoj listové plochy je řízen teplotou a dostupností asimilátů. |
| 3. | Využití záření | Efektivita využití záření. Konstantní hodnota efektivity využití záření se využívá pro převod absorbovaného záření na sušinu. |
| 4. | Tvorba sušiny | Je řízená teplotou jakožto faktorem fenologie, limitovaná dostupností asimilátů; přebytky asimilátů jsou ukládány do kořenů. |
| 5. | Tvorba kořenového systému | Exponenciální |
| 6. | Metoda výpočtu evapotranspirace | Priestley–Taylor |
| 7. | Dynamika vody | Kapacitní metoda, pohyb vody v půdě |
| 8. | Typ modelu | Plodinově selektivní, dynamický |
| 9. | Časový krok simulace | Denní |

https://agropocasi.cz/plodiny/zeleniny/

## Prahové hodnoty teploty vzduchu, půdy a úhrnu srážek

## Rajče jedlé *(Solanum lycopersicum)*

### *Teplotní požadavky:*

- ✓ klíčení: minimum 10 °C, optimum 20–25 °C
- ✓ růst: minimum 10 °C, optimum 20–28 °C, maximum 35 °C
- ✓ při teplotě pod 10 °C se zastavuje růst
- ✓ správné opylování v rozmezí teplot 15–30 °C
- ✓ teploty nad 35 °C způsobují problémy s vyzráváním plodů
- ✓ při teplotě půdy pod 12 °C je zpomalena mineralizace dusíku
- ✓ předpěstování sadby (slunečno: 18–20 °C ve dne, 12–14 °C v noci; zataženo: 17–19 °C)
- ✓ mulčování slámou při teplotě půdy nad 15 °C

### *Vláhové požadavky:*

- ✓ srážková potřeba plodiny: 450–500 mm
- ✓ při předpěstování sadby je potřebná zálivka o objemu 1,5–2 l/$m^2$

### *Choroby a škůdci:*

- ✓ plíseň rajčete
- ✓ alternáriová skvrnitost
- ✓ septoriová skvrnitost
- ✓ molice
- ✓ mšice
- ✓ třásněnky

## 1. Modul počasí v DSSAT: Vstupy a nástroje počasí

**WeatherMan: Meteorologický modul**

**Ukázkové přístroje v meteorologickém modulu**

Automatická meteorologická stanice v porostu

Campbell stokes – sluneční svit

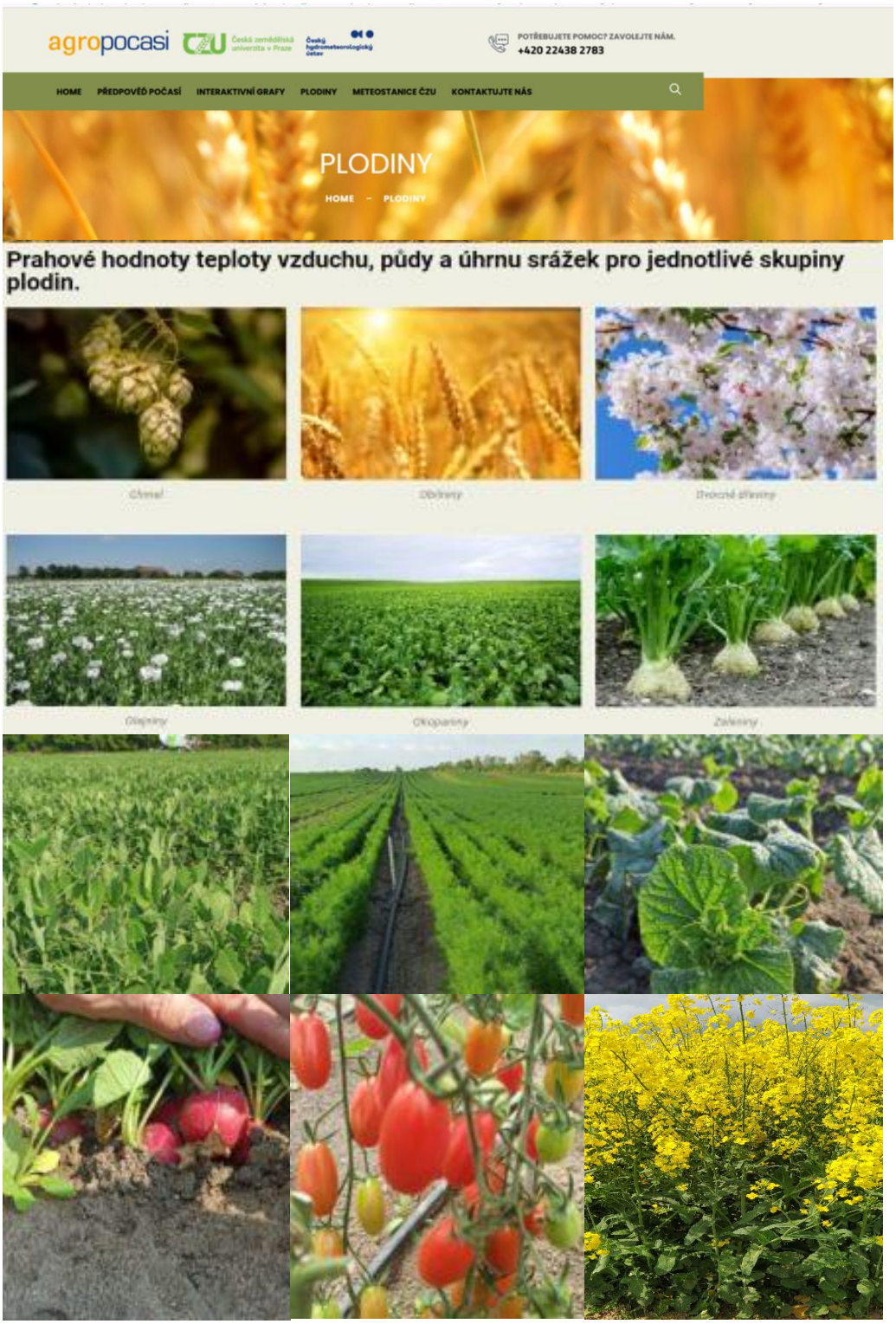
Pyranometr – globální záření

## Modelové vstupy

**WeatherMan: Meteorologický modul**

Vstupní datová sada → Model → Výstupní datová sada ↔ Měřená data z klimatické stanice nebo na farmě

☞ Vstupní datová sada: údaje o počasí




https://agropocasi.cz/

## 1. Hlavní úkol:

Použijte modul WEATHERMAN k vytvoření a kontrole datových souborů o počasí při aplikaci růstových modelů plodin.

Po dokončení tohoto praktického cvičení budete umět:

- Importovat údaje o počasí z jiného formátu než DSSAT.
- Exportovat soubory počasí do formátu DSSAT a proměnných jednotek.
- Simulovat vliv variability počasí na procesy růstu a vývoje rajčete v podmínkách České republiky.

**Zadání:** Simulace vývoje a výnosových parametrů zemědělských plodin na základě meteorologického modulu. Simulovaná změna výnosů jako funkce meteorologických podmínek. Grafické zpracování výstupů.

- **Meteorologická stanice:** CZMO (**CZ –** Česká zemědělská univerzita v Praze, **MO** – Mochov)
- **Zeměpisná šířka (LAT):** 50,08°
- **Zeměpisná délka (LONG):** 14,47°
- **Nadmořská výška:** 189 m n. m.
- **Stát:** ČR

## 2. Postup výpočtu:

- ✓ Vložte údaje o počasí do databáze
- ✓ Zadokumentujte informace o meteorologické stanici
- ✓ Importujte údaje o počasí z textových, excelových, CSV nebo DBF formátů
- ✓ Převeďte jednotky v datech o počasí na ty, které používají modely plodin DSSAT
- ✓ Upravte data o počasí
- ✓ Exportujte data do formátu DSSAT
- ✓ Vyplňte chybějící data
- ✓ Generujte data o počasí
- ✓ Generujte měsíční průměry pro data o počasí
- ✓ Graficky znázorněte počasí/povětrnostní charakteristiky

K importu některých údajů o počasí z Moodlu budete používat nástroj DSSAT WeatherMan a poté je exportujete do standardních souborů **WTH**, které lze použít s modely plodin. Přidáte excelovskou tabulku (GRGR-Raw.xls), kterou můžete importovat.

## 3. Návod na modelování povětrnostních podmínek během vegetačního období zemědělských plodin

### Modelové vstupy

**Vstupní datová sada: údaje o počasí**

- ✓ Minimální dataset může být snadno shromážděn experimentátory z meteorologických stanic
- ✓ Měřená data z klimatické stanice nebo z farmy
- ✓ Minimální data o počasí pro fungování modelů

- ✓ Denní měření
  - Maximální teplota vzduchu (TMAX)
  - Minimální teplota vzduchu (TMIN)
  - Globální sluneční záření (SRAD)
  - Úhrn srážek (RAIN)

**Meteorologická měření na farmě**

Struktura meteorologických dat v modelu viz prezentace na cvičení.

- ✓ Pozice přístrojů
- ✓ Zeměpisná šířka
- ✓ Zeměpisná délka
- ✓ Nadmořská výška
- ✓ Dlouhodobá průměrná teplota
- ✓ Amplituda nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce z dlouhodobého průměru teploty vzduchu
- ✓ Výška teplotního senzoru

**Konvence pojmenování souborů**

- ✓ AABBNNnn.WTH
  - AA = Identifikátor ústavu, univerzity, … (ID)
  - BB = ID lokality
  - NN = Rok pozorování
- ✓ CZMO1401.WTH
  - CZ = Česká zemědělská univerzita v Praze
  - MO = Mochov
  - 1401 = 2014 (číslo experimentu 01)
- ✓ CZMO1401.WTH
- ✓ CZMO1501.WTH
- ✓ CZMO1601.WTH
- ✓ ……..
- ✓ CZMO1801.WTH

- ✓ CZMO1901.WTH

**Obslužný program pro správu počasí**

- ✓ Importujte dataset
- ✓ Exportujte data ve formátu DSSAT
- ✓ Doplňte chybějící data
- ✓ Generujte stochastický meteorologický dataset

**Kontrola kvality dat**

- ✓ Chybějící data (jakákoli chybějící data v DSSAT se nazývají (-99))
- ✓ Chybná data
  - Úhrn srážek < 0,0
  - Hodnoty slunečního záření ≤ 0,0
  - Tmax < Tmin
  - Tmax > Extrémní maximum (Extreme_max)

**Generátory počasí**

- ✓ Generujte denní proměnné počasí pro maximální a minimální teplotu, sluneční záření a srážky
- ✓ Data o klimatu jako vstup
- ✓ Klimatický soubor
- ✓ Jeden soubor na polní pokus
  - AABB.*CLI*
    - AA = ID instituce
    - BB = ID lokality
- ✓ Importujte data ze souborů formátu txt, CSV, XLS nebo DBF
- ✓ Data jsou uložena v databázi a exportována do souborů počasí DSSAT (weather files)

**Přejmenování záhlaví parametrů počasí**

- ✓ Importujte data do souborů počasí (Weatherman) DSSAT
- ✓ Nové pojmenování meteorologické stanice se základními informacemi
- ✓ Nová meteorologická stanice s rozsahem pozorovaných let (tj. zde 01/01/2010 – 21/12/2020)
- ✓ WTH soubory jsou exportovány do adresáře počasí
- ✓ Data lze poté exportovat pro použití v DSSAT

**Je vytvořena nová meteorologická stanice**

- ✓ Informace o stanici lze upravit
- ✓ Měsíční sumarizace meteorologických charakteristik uplatněných v modelu
- ✓ Měsíční průměry se počítají a lze je upravovat

**Data lze upravovat interaktivně**

1. Pozorované počasí jsou hrubá, neopravená data importovaná do WM
2. Opravená data jsou v databázi s opravenými originálními daty (chybějící data atd.)
3. Generovaná databáze obsahuje stochasticky generované počasí na klimatické stanici.

**Grafické zpracování výstupů**

- ✓ Proměnné pro vykreslení, 3D, barvy apod. lze dynamicky upravovat
- ✓ Generujte data na základě střední hodnoty a rozptylu
- ✓ Z archivních dat se vytvářejí samostatné databáze
- ✓ Opravená data mohou být kombinací naměřených a generovaných dat
- ✓ Generovaná data jsou statisticky reprezentativní záznamy o počasí

**Shrnutí**

- ✓ Soubory počasí DSSAT se v některých případech mírně liší od předchozí verze
- ✓ Vyvíjejí se nové generátory počasí (vysokofrekvenční a nízkofrekvenční parametry, ENSO a GCM)
- ✓ Zvýšená flexibilita při importu, úpravách a vytváření grafů archivních údajů o počasí
- ✓ Při instalaci modelu je potřeba upravit formát data a času v počítači podle Spojeného království (tj. 9. 2. 2021 = 09/02/2021) – jinak model nebude fungovat)

## Samostatná práce

1. krok: V prostředí DSSAT vyberte WeatherMan z lišty nástrojů na levé straně obrazovky. Vyberte soubor „*File*“ a poté nová stanice „*New Station*“. Chcete-li přidat data z formátu XLS do databáze WeatherMan, vyberte v nabídce možnosti pro vytvoření nové klimatické stanice „*Options for Creating a New Climate Station*“, „Zadat nebo importovat data“ („*Input or Import Raw Data*“). Zobrazí se okno pro import dat. Otevřete soubor dat výběrem možnosti „Otevřít“ („*Open*“) z rozevírací nabídky „Soubor“ („*File*“) na obrazovce „Import dat“, přejděte na plochu a vyberte datový soubor XLS. Meteorologická data by se nyní měla objevit v okně pro import dat.

2. krok: Kliknutím pravým tlačítkem na záhlaví každého sloupce nastavíte správnou proměnnou a jednotky pro daný sloupec. Nezpracovaná data zahrnují následující proměnné a jednotky:

- ✓ Datum (YRDOY)
- ✓ TMAX (°C)
- ✓ TMIN (°C)
- ✓ SRAD (MJ $m^{-2}$ $d^{-1}$)
- ✓ RAIN (mm)

Klikněte pravým tlačítkem na každé pole záhlaví a definujte proměnnou v daném sloupci a jednotky pro tuto proměnnou. Modely DSSAT vyžadují údaje o počasí v konkrétních jednotkách, ale údaje o počasí lze importovat

v mnoha formátech a budou převedeny na správné jednotky. Zobrazí se dialogové okno pro formátování každého datového sloupce (viz prezentace na cvičení).

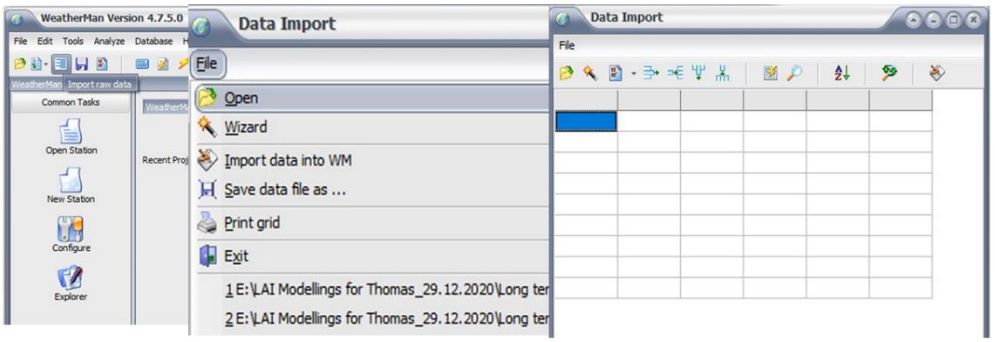
3. krok: Z rozbalovací nabídky „Soubor“ vyberte „Importovat data do WM“ („*Import data into WM*“). Vyberte možnost „Vytvořit novou databázi klimatických stanic a sloučit data“ („*Create new climate station database and merge data*“) a na výzvu zadejte čtyřmístný kód této meteorologické stanice (CZMO). V datovém adresáři Weatherman je nyní vytvořen nový databázový soubor.

4. krok: Zobrazí se výzva k zadání několika počátečních informací o importované klimatické stanici; zadejte zeměpisnou šířku a délku, jak je uvedeno níže.

| | |
|---|---|
| Název: | Polní pokus CZ, Mochov – kód: CZMO |
| Latitude: | 50.133 N |
| Longitude: | 14.783 E |
| Elevation: | 189 m |

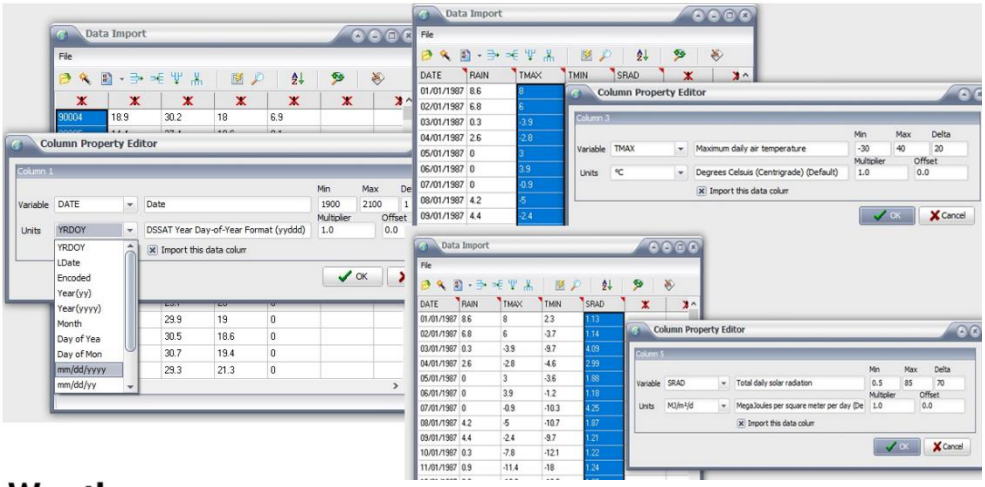
## Weatherman

- **Importovat data z formátu text, CSV, XLS, nebo DBF files**
- **Data jsou uložena v databázi a exportována do souborů počasí DSSAT (weather files)**



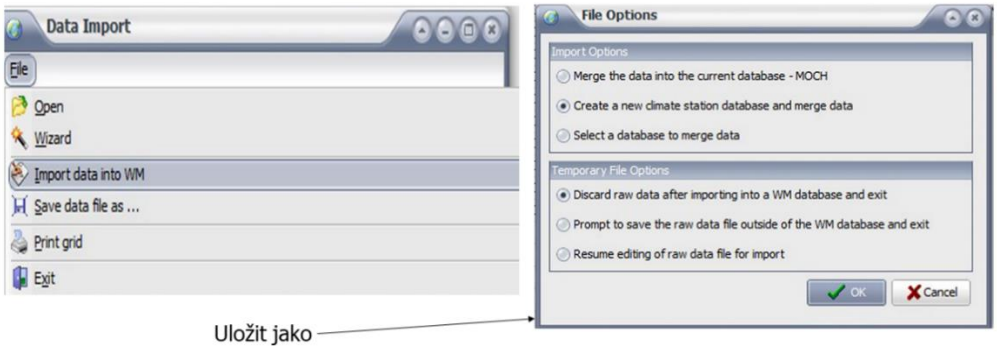
# Weatherman

- **Přejmenování záhlaví parametru počasí**




# Weatherman

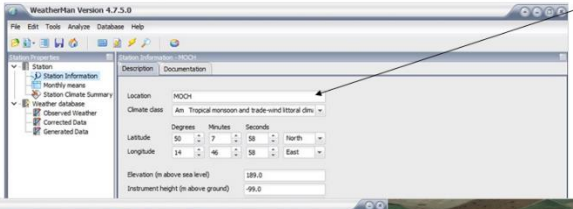
- Importujte data do souborů počasí (**Weatherman**) DSSAT

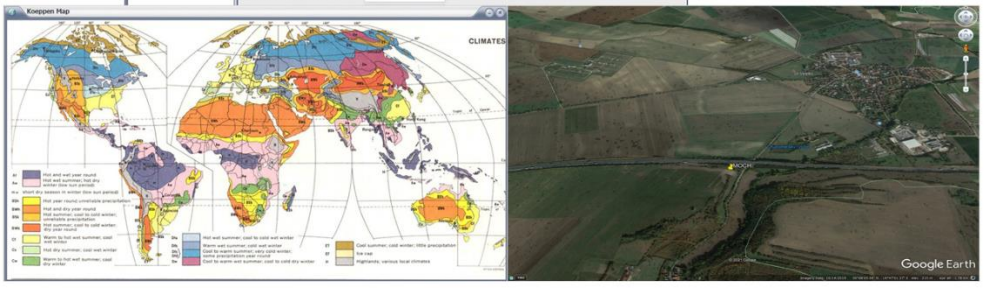



Uložit jako

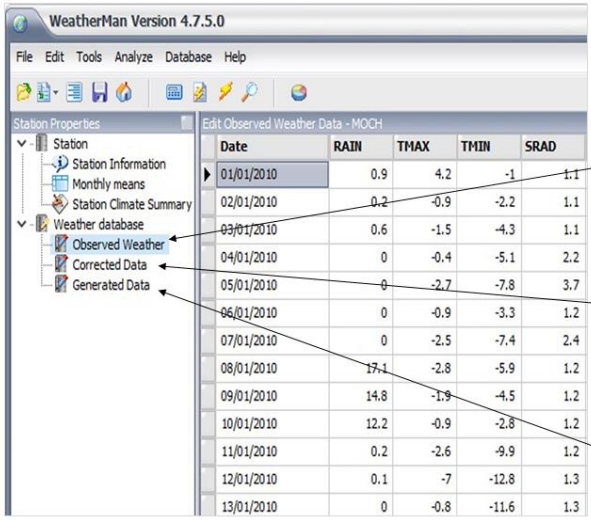
**Je vytvořena nová meteorologická stanice**

Informace o stanici lze upravit



# Data lze upravovat interaktivně



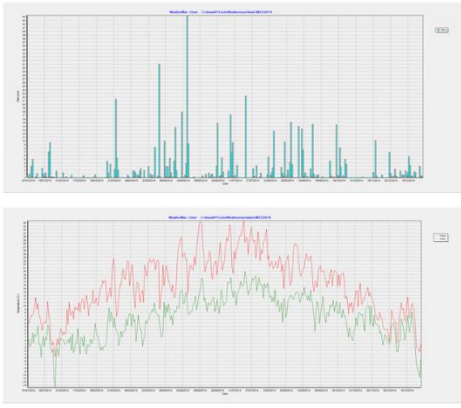

Pozorované počasí jsou hrubá, neopravená data importovaná do WM

Opravená data jsou v databázi s opravenými originálními daty (chybějící data atd.)

Generovaná databáze obsahuje stochasticky generované počasí na klimatické stanici

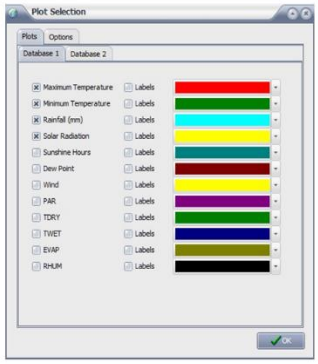
# Grafické zpracování výstupů

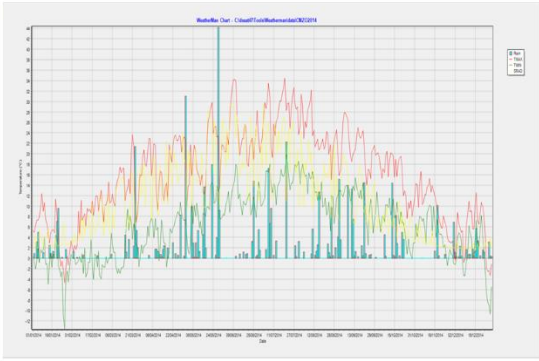
Proměnné pro vykreslení, 3D, barvy atd.
Lze dynamicky upravovat.



## Stochastic Weather Generation

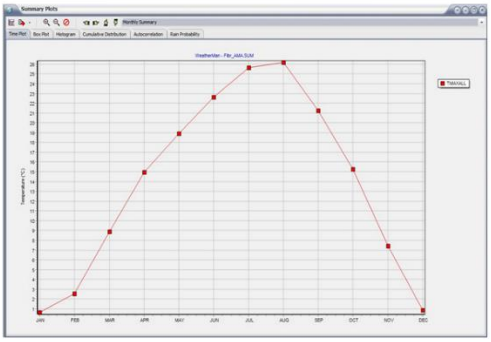
- **Generujte data na základě střední hodnoty a rozptylu**

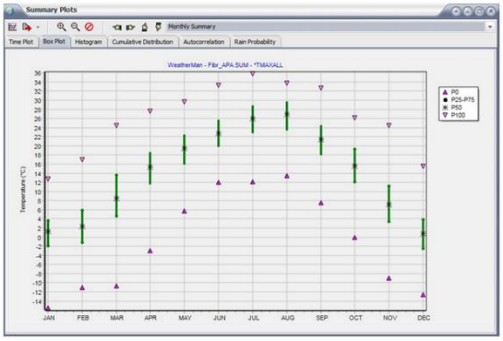


## Stochastic Weather Generation

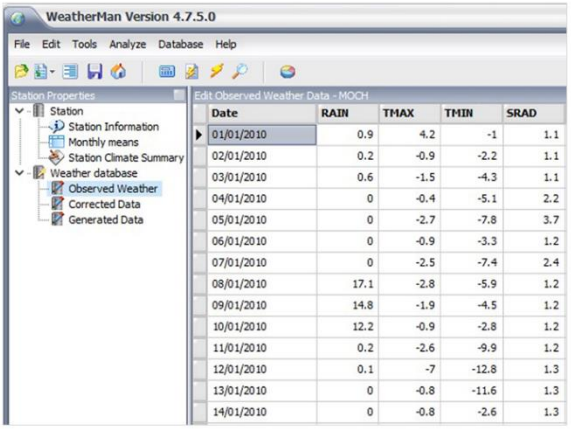
- **Generujte data na základě střední hodnoty a rozptylu**





## Stochastic Weather Generation

- **Z archivních dat se vytvářejí samostatné databáze**
- **Opravená data mohou být kombinací naměřených a generovaných; generovaná data jsou statisticky reprezentativní záznamy o počasí**




| Date | RAIN | TMAX | TMIN | SRAD |
|---|---|---|---|---|
| 01/01/2010 | 0.9 | 4.2 | -1 | 1.1 |
| 02/01/2010 | 0.2 | -0.9 | -2.2 | 1.1 |
| 03/01/2010 | 0.6 | -1.5 | -4.3 | 1.1 |
| 04/01/2010 | 0 | -0.4 | -5.1 | 2.2 |
| 05/01/2010 | 0 | -2.7 | -7.8 | 3.7 |
| 06/01/2010 | 0 | -0.9 | -3.3 | 1.2 |
| 07/01/2010 | 0 | -2.5 | -7.4 | 2.4 |
| 08/01/2010 | 17.1 | -2.8 | -5.9 | 1.2 |
| 09/01/2010 | 14.8 | -1.9 | -4.5 | 1.2 |
| 10/01/2010 | 12.2 | -0.9 | -2.8 | 1.2 |
| 11/01/2010 | 0.2 | -2.6 | -9.9 | 1.2 |
| 12/01/2010 | 0.1 | -7 | -12.8 | 1.3 |
| 13/01/2010 | 0 | -0.8 | -11.6 | 1.3 |
| 14/01/2010 | 0 | -0.8 | -2.6 | 1.3 |

## Praktické cvičení 25:

Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO-Tomato v České republice. Vstupy a nástroje v půdním modulu.

SBuild DSSAT v 4.7.5.0

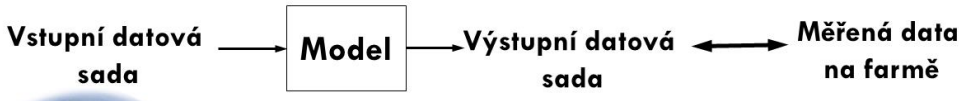
## 2. SBuild: Půdní modul

### Modelové vstupy: Správa půdních dat

SBuild

**Modelové vstupy: Správa půdních dat**

**SBuild: Půdní modul**



**Vstupní datová sada: analýza půdy**

### 1. Hlavní úkoly:

**Úloha 1**. Vytvořte nové půdní profily pomocí údajů o charakterizaci půdy.
**Úloha 2**. Pro nové experimenty použijte nově vytvořený půdní profil v databázi DSSAT.

### 2. Postup výpočtu:

- ✓ Uložte údaje o půdě do databáze

## 3. Návod na přípravu půdních dat do modulu SBuild

**Modelové vstupy**

- ✓ Minimální údaje o struktuře a textuře půdy pro fungování modelů
- ✓ Struktura souboru půdy
- ✓ SBuild

**Údaje o místu sběru**

- ✓ Zeměpisná šířka
- ✓ Zeměpisná délka
- ✓ Nadmořská výška

**Údaje o půdě lze sbírat polním sběrem půdy a laboratorní analýzou z konkrétních experimentálních míst.**

- ✓ Půdní sondy do hloubky cca 90 cm
- ✓ Odběry půdy pomocí Kopeckého válečků
- ✓ Gravimetrické odběry půdy

**Minimální údaje o rozboru půdy**

**A. Soubor dat o fyzikálních a hydrofyzikálních vlastnostech půdy**

- Obsah humusu
- Hloubka vrstvy půdy (cm)
- SLCL – jíl (%)
- SLSI – prach (%)
- SLSA – písek (%)
- BD, objemová hmotnost (g $cc^{-1}$)
  - hydraulická vodivost půdy:
- 1) LL, dolní hranice – lower limit ($cm^3$ $cm^{-3}$)
- 2) DUL, horní limitní kapacita pole – upper limit drain ($cm^3$ $cm^{-3}$)

**B. Půdní chemické údaje**

- poměr C:N (uhlíku a dusíku)
- SLHV – pH půdního roztoku
- CEC – kationtová výměnná kapacita (cmol $kg^{-1}$)
- SLOC – celkový obsah organického uhlíku (%) SLNI – celkový obsah dusíku (%)

- ✓ Půdní parametry využité v modelu jsou sledovány ve třech hloubkách: 0–20 cm, 20–60 cm a >60 cm.

**Konvence pojmenování souborů**

- ✓ AABBNNnn.SOL
  - AA = Identifikátor ústavu, univerzity, … (ID)
  - BB = ID lokality
  - NN = Rok pozorování
- ✓ CZMO1401.SOL
  - CZ = Česká zemědělská univerzita v Praze
  - MO = Mochov
  - 1400 = 2014 (rok pokusů)

**Struktura a hlavička souboru půdních dat**

*CZMO2014 Soil Survey SIL 90 Sandy Loam Mochov
@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
Mochov Czechia 50.08 14.47 Sandy Loam

**Sbuild**

- ✓ Obslužný program pro správu půdy
- ✓ Importujte dataset
- ✓ Exportujte data ve formátu DSSAT
- ✓ Doplňte chybějící data
- ✓ Generujte stochastický meteorologický dataset

**Kvalita dat**

- ✓ Chybějící data (jakákoli chybějící data v DSSAT se nazývají (-99))
- ✓ Chybná data:
  - vodní retenční kapacita půdy < Saturation capacity
  - faktor bonity (úrodnosti) půdy (<0 nebo >1)

**K popisu charakteristik se používají půdní hydrolimity:**

- ✓ Maximální vodní kapacita (maximální množství vody, které je půda schopna zadržet)
- ✓ Polní vodní kapacita (obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační)
- ✓ Bod vadnutí (obsah vody, při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě)
- ✓ Maximální kapilární vodní kapacita (schopnost půdy zadržovat vodu pro potřeby rostlin)
- ✓ Retenční vodní kapacita (obsah vody zadržený v kapilárních pórech)

## Samostatná práce

**Krok 1–2**: Data jsou uložena v databázi a exportována do půdních souborů DSSAT.
**Krok 3**: Zadejte základní informace o novém profilu (viz obrázky v prezentaci na cvičení).

- ✓ Název země
- ✓ Název lokality (site)
- ✓ Kód ústavu
- ✓ Zeměpisná šířka
- ✓ Zeměpisná délka
- ✓ Zdroj / umístění
- ✓ Název řady půdy, tj. hlinitá půda Mochov
- ✓ Třída textur, tj. hlinitá půda
- ✓ Max. 8 znaků, tj. CZMO2014

Informace o půdě v České republice: https://klasifikace.pedologie.cz/

**Krok 4:** Vyberte barvu půdy ze seznamu.
**Krok 5:** V seznamu vyberte typ odvodnění (drainage type).
**Krok 6, 7 & 8:** Vyberte sklon (%), odvodňovací potenciál a faktor bonity půdy.
**Krok 9:** Přidejte vrstvy půdy.
**Krok 10:** Přidejte všechna naměřená data o půdě.
**Krok 11:** Podle naměřených dat půdy a základních informací o půdě modul vypočítá chybějící / další soubor údajů a informací o vlastnostech půdy.
**Krok 12:** Stiskněte Dokončit (Finish).
**Krok 13:** Uložte jako nový soubor půdy z nabídky Profil (New soil).
**Krok 14:** Pojmenujte Nový půdní profil kódem podle pravidel pojmenování.
**Krok 15:** Kontrola po pojmenování náhledu na nový půdní profil z nabídky (Profile menu).
**Step 16:** Po pojmenování soubor uložte jako soubor z nabídky Soubor (Save As the file from File menu).
**Krok 17:** Nakonec soubor uložte do adresáře SOIL.SOL v DSSAT.
**Krok 18:** Zavřete soubor z nabídky Profil.
**Krok 19:** Stiskněte Ano (Press Yes).
**Krok 20:** Ukončete modul z nabídky Soubor (Exit the module from File menu).
**Krok 21:** Aktualizujte soubory LST z nabídky Soubor DSSAT (Update the LST files from DSSAT File menu).

## Přístroje pro odběr vzorků půdy

Základní zařízení pro odběr vzorků půdy

Jádro pro odběr vzorků půdy

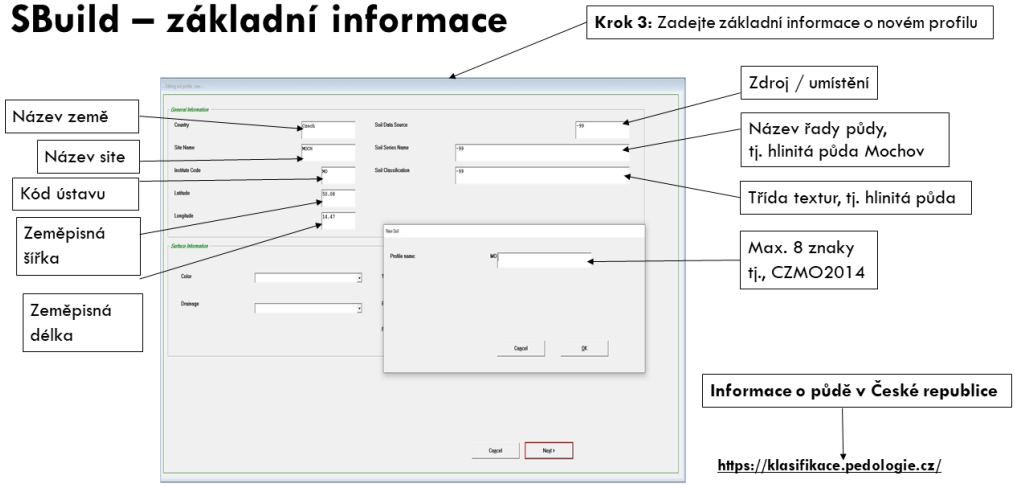
Extraktor půdy, např. rýč, šnek

## Laboratorní rozbor fyzikálních vlastností půd

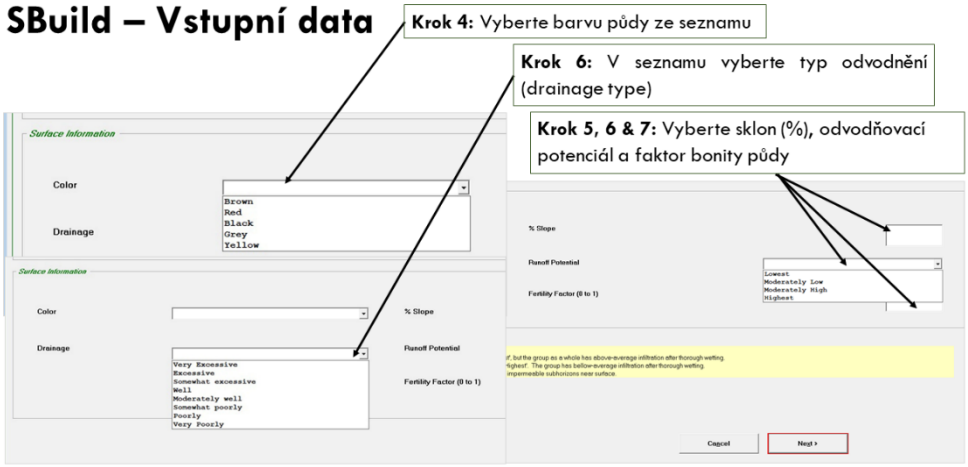
## Půdní MODUL - DSSAT (SBuild)

**Data jsou uložena v databázi a exportována do půdních souborů DSSAT**

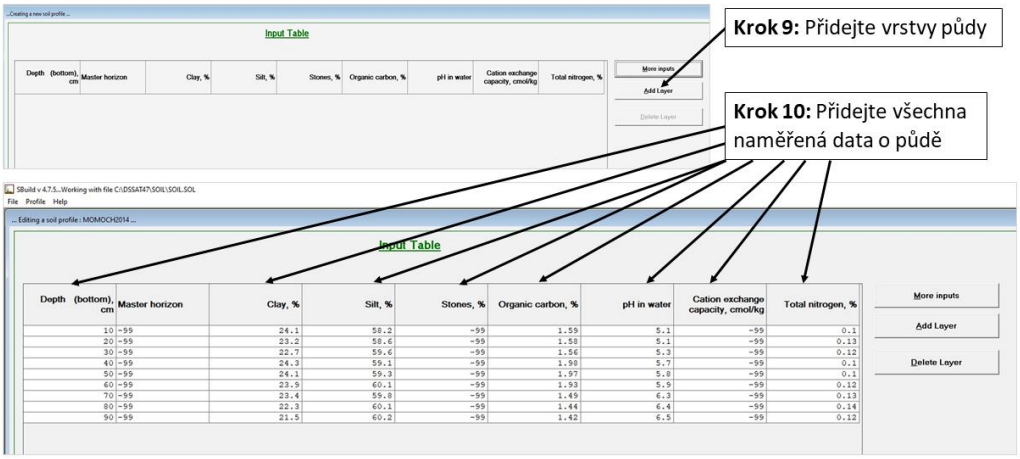
# SBuild – základní informace



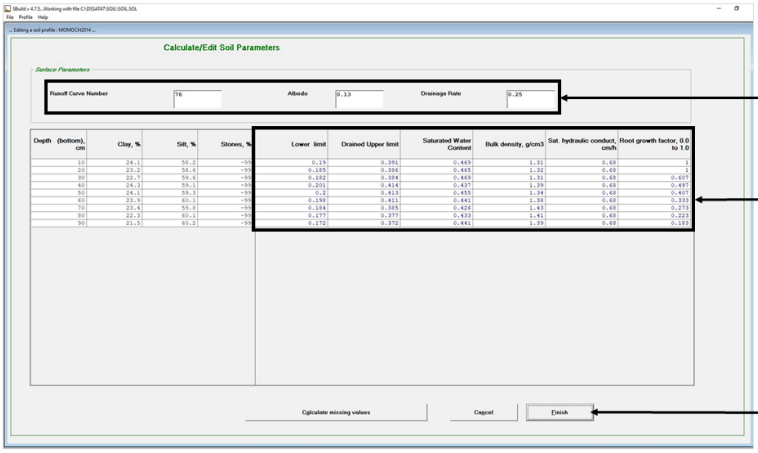

# SBuild – Vstupní data



# SBuild – Vstupní data

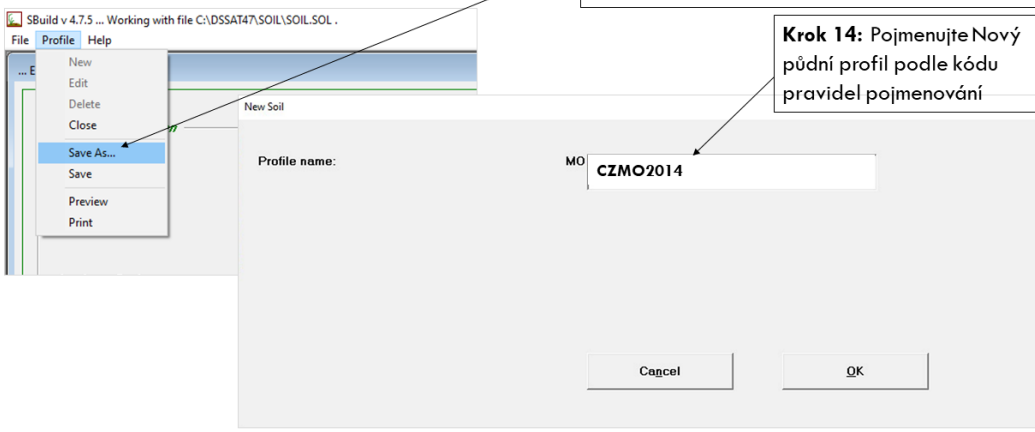



# Chybějící / dodatečný výpočet dat

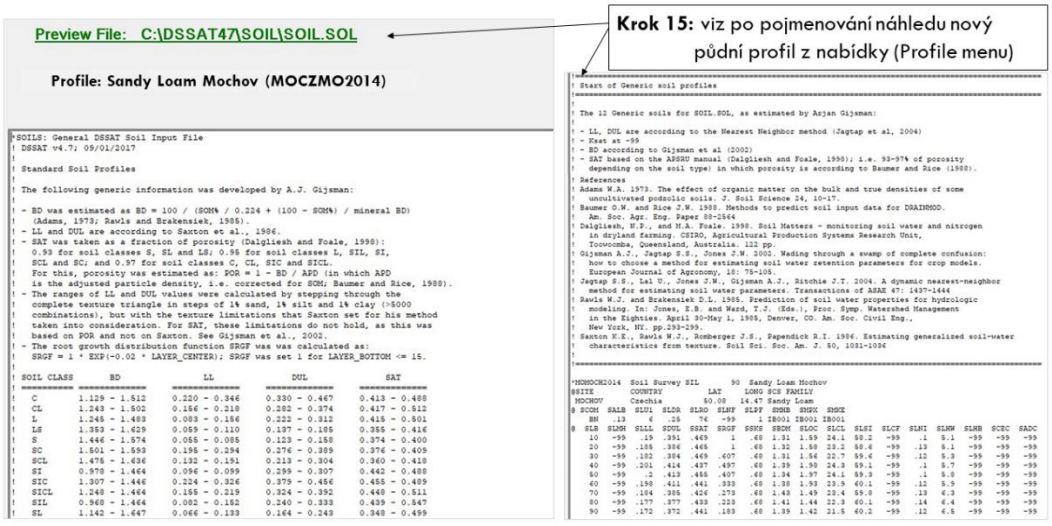


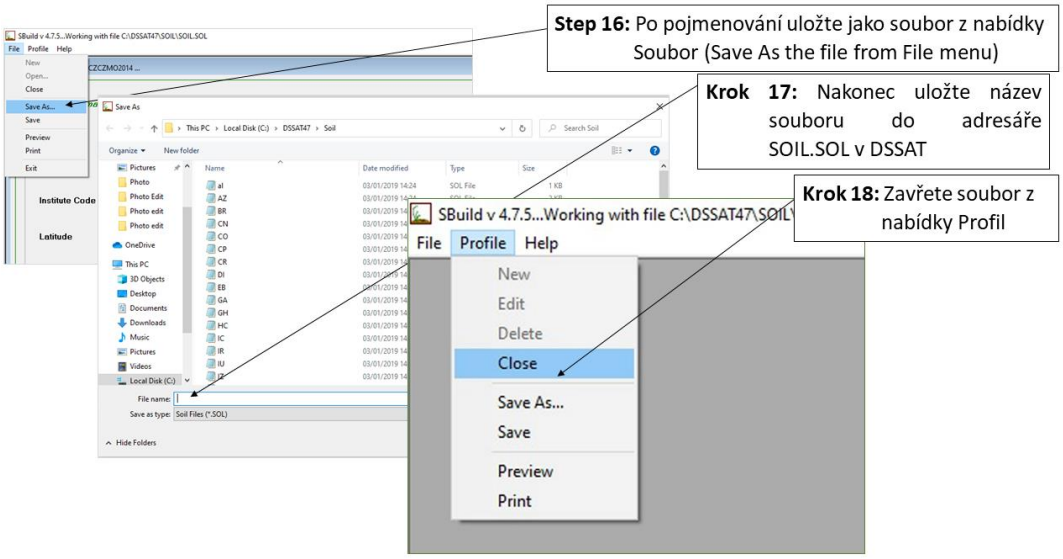
**Krok 13:** Uložit jako nový soubor půdy z nabídky Profil (New soil)

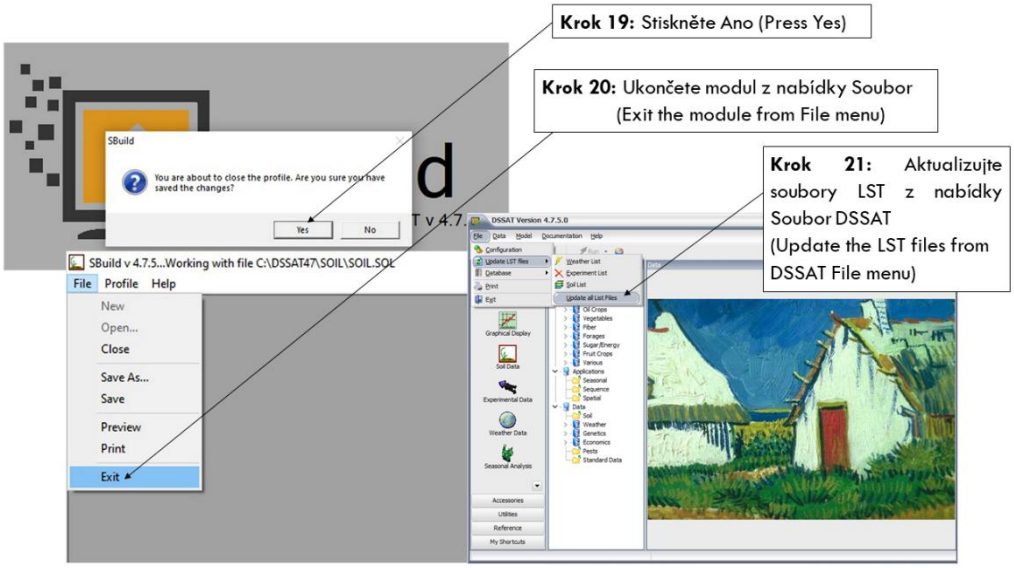
**Krok 14:** Pojmenujte Nový půdní profil podle kódu pravidel pojmenování




**Krok 15:** viz po pojmenování náhledu nový půdní profil z nabídky (Profile menu)



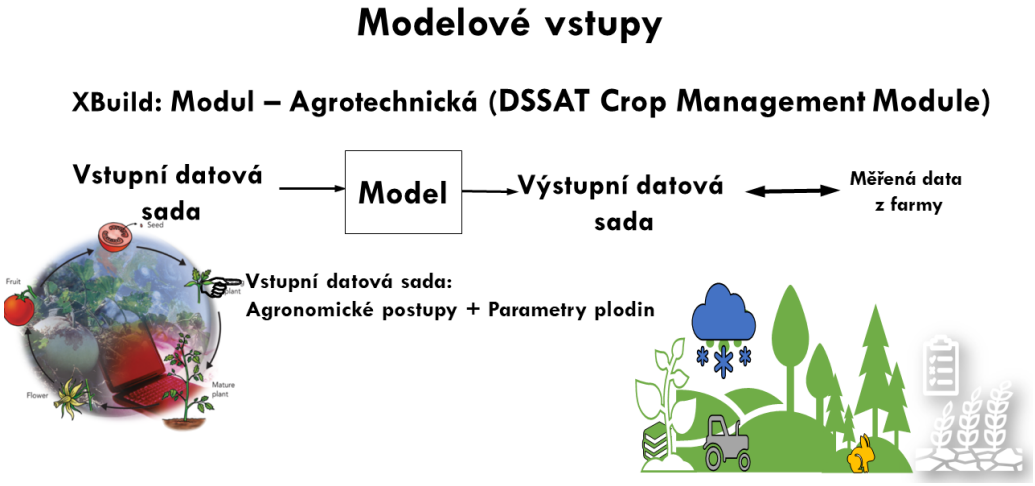

**Step 16:** Po pojmenování uložte jako soubor z nabídky Soubor (Save As the file from File menu)
**Krok 17:** Nakonec uložte název souboru do adresáře SOIL.SOL v DSSAT
**Krok 18:** Zavřete soubor z nabídky Profil
SBuild v 4.7.5...Working with file C:\DSSAT47\SOIL\
File Profile Help
New
Edit
Delete
Close
Save As...
Save
Preview
Print


**Krok 19:** Stiskněte Ano (Press Yes)
**Krok 20:** Ukončete modul z nabídky Soubor (Exit the module from File menu)
**Krok 21:** Aktualizujte soubory LST z nabídky Soubor DSSAT (Update the LST files from DSSAT File menu)
SBuild
You are about to close the profile. Are you sure you have saved the changes?
Yes
No
SBuild v 4.7.5...Working with file C:\DSSAT47\SOIL\SOIL.SOL
File Profile Help
New
Open...
Close
Save As...
Save
Preview
Print
Exit
DSSAT Version 4.7.5.0

# Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO-Tomato v České republice. Vstupy a nástroje v agronomickém modulu.

## 3. XBuild: Agronomický modul (DSSAT Crop Management Module)

**Modelové vstupy: Správa polního pokusu pro CROPGRO-Tomato**




## 1. Hlavní úkol:

**Úloha 1**. Aplikace růstových modelů pro lokální hodnocení dopadů počasí, půdních podmínek a agrotechniky na vybrané plodiny.
**Úloha 2**. Data jsou uložena v databázi a exportována do souborů správy plodin DSSAT.
**Úloha 3**. Pro nové experimenty použijte nově vytvořená data v Xbuild: Agronomický modul.

Experiment číslo: 1
Plodina: **Rajčata**
Polní indikátor: CZMO1401

- AA = Identifikátor ústavu, univerzity: CZ
- BB = ID lokality: MO
- NN = Rok pozorování: 2014

**Tabulka 2 Vstupní parametry: model – CROPGRO-Tomato**

| Vstupní parametry | Rok 2014 |
|---|---|
| Měřená data (počasí, půda apod.) | 13/02/2014 |
| Datum zahájení simulace (Sim.) | 15/02/2014 |
| Údaje o půdním rozboru | 13/02/2014 |
| Termín výsadby (Trans.) | 18/03/2014 |
| Způsob výsadby | Transplantace ze skleníku |
| Distribuce výsadby | řady |
| Transplantační hmotnost výsadby | 300 kg/ha |
| Listová plocha, LAI, maximum ($m^2$ $m^{-2}$) | 0,65 |
| Datum sklizně (datum) | 13/06/2014 |
| Hloubka v půdě (cm) (soil-module) | 150 |
| Rostliny na $m^2$ (sazenice) | 2 |
| Rostliny na $m^2$ (emergence) | 2 |
| Vzdálenost mezi rostlinami (cm) | 45 |
| Směr dle světových stran – Sever | 90 |
| Hloubka výsadby (cm) | 1 |
| Popis | CZMO1401 |
| Růstový model plodiny | CROPGRO |

## 2. Postup výpočtu:

- ✓ Systém podpory rozhodování pro model Agrotechnology Transfer (DSSAT)
- ✓ Modelový rámec
- ✓ Rozhraní DSSAT
- ✓ Rámec vstupu
- ✓ Vstupní komponenty DSSAT
- ✓ Provozní rámec – DSSAT
- ✓ Rámec výstupu
- ✓ Výstupní komponenty DSSAT
- ✓ Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)
- ✓ Simulované hodnoty
- ✓ Kalibrace a vyhodnocení modelu

## 3. Postup výpočtu: simulace růstu rostlin v XBuild modulu

- ✓ Vstupní datová sada
- ✓ Výstupní datová sada
- ✓ Měřená data z farmy

**Modelové vstupy**

**<u>Agronomické postupy + Parametry plodin (druh, odrůda)</u>**

- ✓ Termín výsadby
- ✓ Termín a dávka závlahy
- ✓ Termín a dávka hnojení
- ✓ Sklizeň

**Vstupní datová sada:**

- ✓ Minimální datová sada
- ✓ Struktura souboru půdy (Soil File Structure)
- ✓ XBuild (Crop Management Module)

**Sběr datového souboru pro správu plodin (Crop Management)**

- ✓ Data pro správu plodin lze sbírat během vegetačního období plodin z experimentálních pokusů nebo přímo na farmě (polích).

**Struktura souboru správy plodin**

EXP.DETAILS: CZMO1401TM 2014 MOCHOV
*GENERAL
@PEOPLE
@ADDRESS
CZU, Czechia
@SITE
Mochov
@NOTES
*TREATMENTS

**Konvence pojmenování souborů**

- AA = Identifikátor ústavu, univerzity (ID)
- BB = ID lokality
- NN = Rok pozorování

- ✓ CZMO1401.TMX
  - CZ = Česká zemědělská univerzita v Praze (ID instituce)
  - MO = Mochov (ID lokality)
  - 1401 = 2014 (Rok pozorování s číslem experimentu „01“)

**Aplikace Xbuild: Agronomický Modul**

- ✓ Obslužný program pro správu plodin
- ✓ Importujte datovou sadu
- ✓ Exportujte data ve formátu DSSAT
- ✓ Doplňte chybějící data

**Proveďte kontrolu dat a ověřte jejich kvalitu**

- ✓ Chybějící data (jakákoli chybějící data v DSSAT se nazývají (-99))
- ✓ Chybná data
- ✓ Pokud je datum experimentu mimo rozsah ročního období
- ✓ Pokud je datum transplantace dřívější než datum výsadby
- ✓ Pokud jsou data managementových událostí dřívější než datum výsadby
- ✓ Pokud je datum zralosti dřívější než datum kvetení atd.

## 4. Návod na simulaci růstu rostlin v agronomickém modulu XBuild (DSSAT)

## Struktura souboru správy plodin

**Uložte data v databázi a exportujte je do souborů správy plodin DSSAT:**

**Krok 1**: Otevřete XBuild kliknutím na modul DSSAT Crop Management Data.
**Krok 2**: XBuild rozhraní.
**Krok 3**: Klikněte na „New“ z nabídky Soubor.
**Krok 4**: Základní informace podle úmluvy o pojmenování souborů. Vyberte plodinu (Crop) a stiskněte tlačítko Next.
**Krok 5**: Nastavte podrobnosti pokusného pole:

- ✓ Pojmenujte pole – ID (8 znaků)
- ✓ Meteorologická stanice, název z „Weathermen datasetu v DSSAT adresáři“

**Krok 6**: Importujte typ půdy ze „Soil datasetu v DSSAT adresáři“.

- ✓ Povrchová textura
- ✓ Podle třídy textury půdy
- ✓ Uveďte hloubku podle „Poslední hloubky vzorkování půdy“
- ✓ Ponechte povrchové kameny jako „0000“

**Krok 7**: Analýza půdy – Uveďte datum analýzy (údaje o půdě) podle vzorkování půdy.
**Krok 8**: Zachovejte environmentální prostředí/Datum úprav přes „uložit jako“.
**Krok 9**: Vyberte svou odrůdu ze seznamu odrůd a stiskněte OK.
**Krok 10**: Postupy při výsadbě:

- ✓ Datum výsadby
- ✓ Metoda výsadby
- ✓ Distribuce výsadby
- ✓ Populace rostlin při setí (plodiny $m^{-2}$)

- ✓ Populace rostlin při vzniku (emergence) (plodiny $m^{-2}$)
- ✓ Řádkování (cm)
- ✓ Směr řádku (stupně od severu)
- ✓ Hloubka výsadby (cm)

**Krok 11:** Ponechejte datum zavlažování tak, jak je, pokud nebude prováděno zavlažování.
**Krok 12**: Zadejte datum organického hnojení a klikněte na „uložit jako".
**Krok 13:** Ponechte datum a možnosti organických změn – „uložit jako".
**Krok 14**: Zadejte datum chemického hnojení a klikněte na „uložit jako".
**Krok 15**: Ponechejte datum a „Obdělávání půdy – Tillage".**Krok 16**: Zadejte datum chemického hnojení a klikněte na možnost „uložit jako".
**Krok 17**: Pro „Kultivar" nastavte hodnotu „1".
**Krok 18:** Vyberte variantu pěstování jako „1".
**Krok 19:** Možnosti simulace XBuild – modelování (Simulation Options):

- Počáteční datum simulace
- Počáteční možnost „specifické datum"
- Náhodný počet semen „2150"
- Plodinový Modul „CROPGRO"
- Spustit rok (1)
- Možnosti opakování (1)

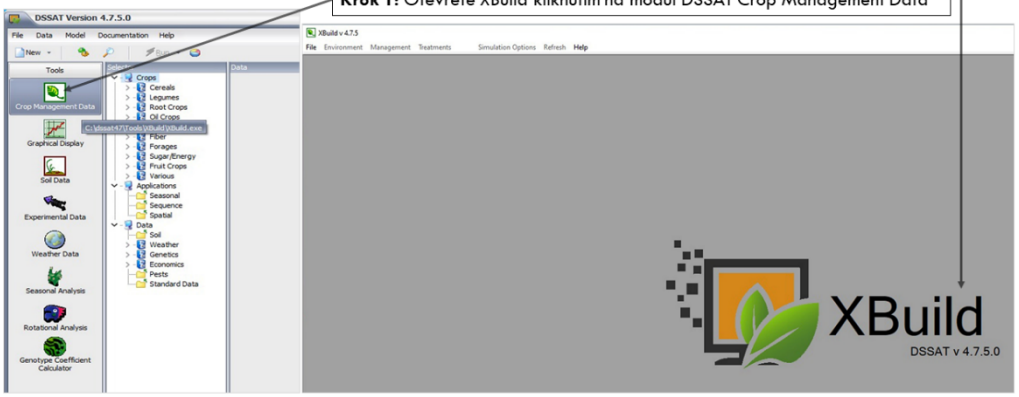
**Krok 20**: Nastavte možnost „Voda" na „Ano".
**Krok 21**: Nastavte „Počasí" na „Naměřená data".
**Krok 22**: Nastavte „Pěstování" na „Zadané datum".
**Krok 23:** Ponechte „Irri. & Water Manag." jako „Automatic when required".
**Krok 24:** Ponechte „Hnojivo" na „Zadané datum".
**Krok 25:** Ponechte „Org. Amendments" jako „On reported dates".
**Krok 26**: Ponechte „Sklizeň" na „Zadané datum".
**Krok 27:** Uložte soubor („Save As") z „File menu".
**Krok 28:** Uložte soubor („Save") do „Tomato crop directory of DSSAT".
**Krok 29:** Aktualizujte soubory LST z DSSAT File menu.
**Krok 30:** Zavřete soubor („Close") z „File menu".

# XBuild Modul – Agrotechnický (DSSAT)

**Data jsou uložena v databázi a exportována do souborů správy plodin DSSAT**

**Krok 2:** XBuild rozhraní

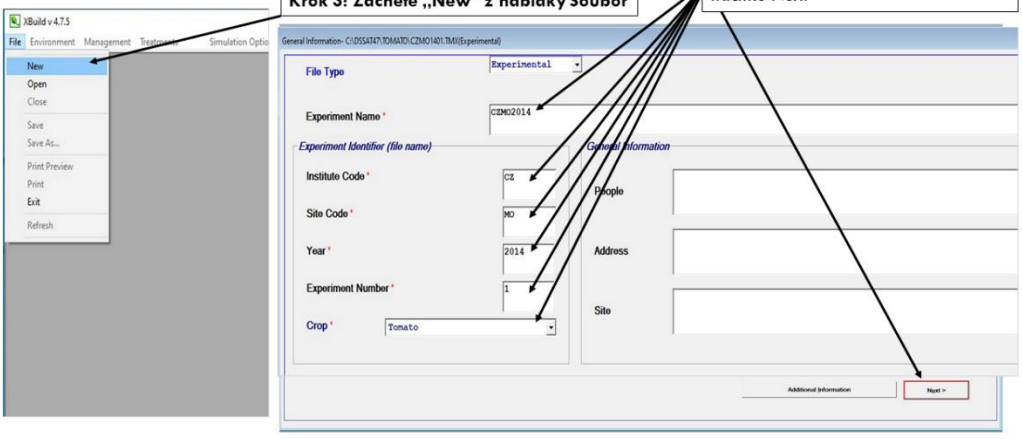
**Krok 1:** Otevřete XBuild kliknutím na modul DSSAT Crop Management Data



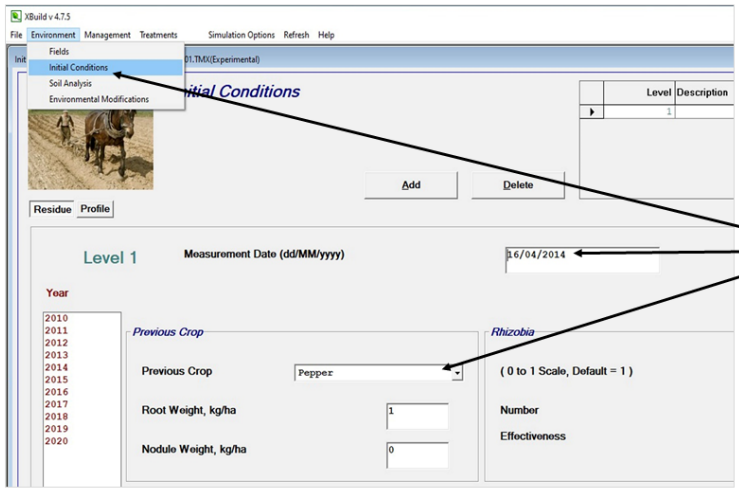

# XBuild – Základní informace

**Krok 3: Začněte „New" z nabídky Soubor**

**Krok 4:** Základní informace podle úmluvy o pojmenování souborů. Vyberte **plodinu (Crop)** a stiskněte tlačítko Next



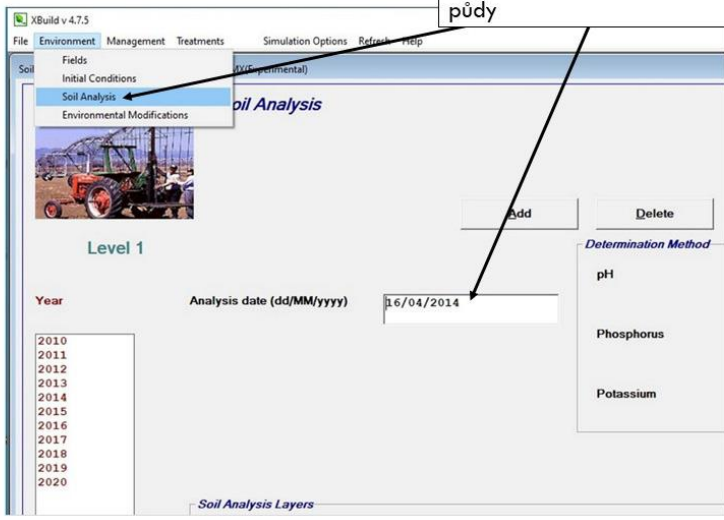
# XBuild – Data Input



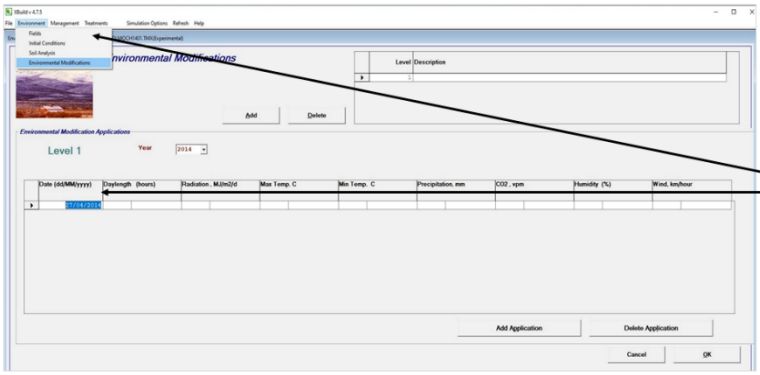

**Krok 6:** Počáteční podmínky
Uveďte datum měření
podle data setí
Předchozí plodina

# XBuild – Data Input

**Krok 7: Analýza půdy**
Uveďte datum analýzy
(údaje o půdě) podle vzorkování
půdy



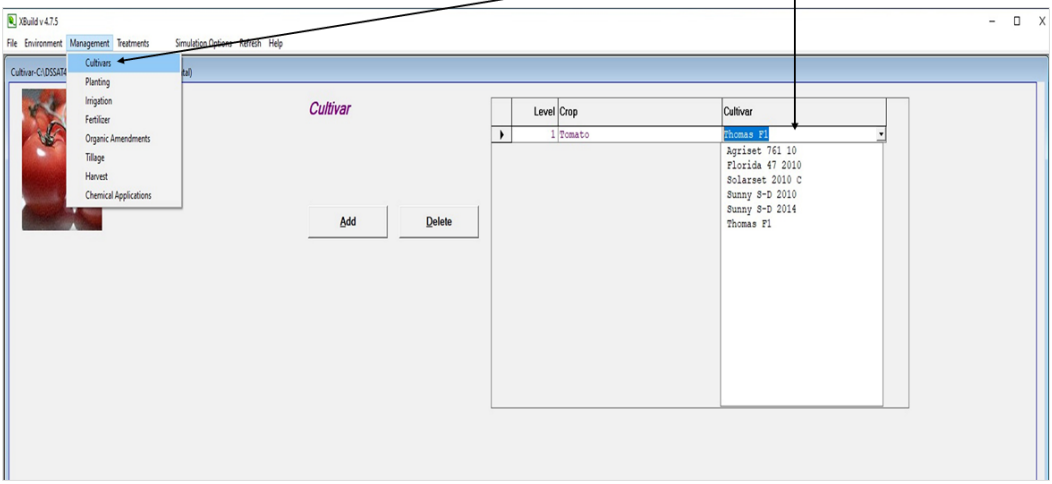
# XBuild – Vstupní Data



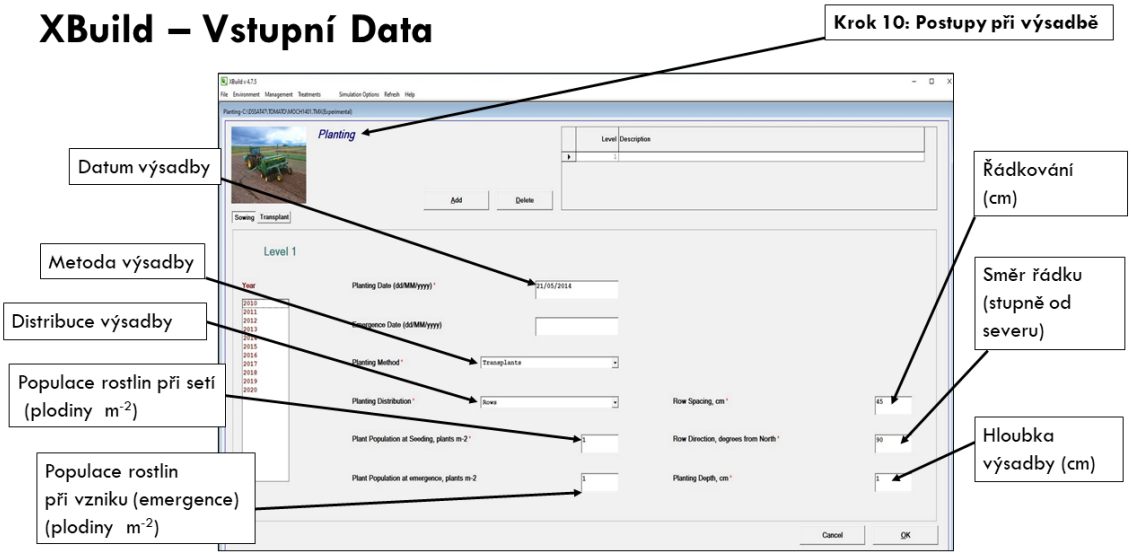

**Krok 8:** Zachovejte environmentální prostředí/ Datum úprav tak „uložit jako"

# XBuild – Vstupní Data

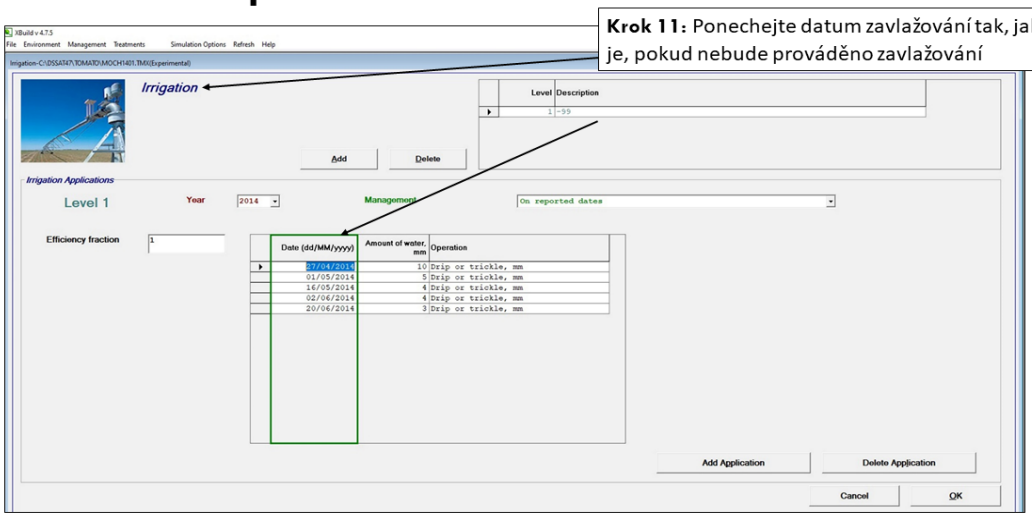
**Krok 9:** Vyberte svou odrůdu ze seznamu odrůd a Stiskněte OK



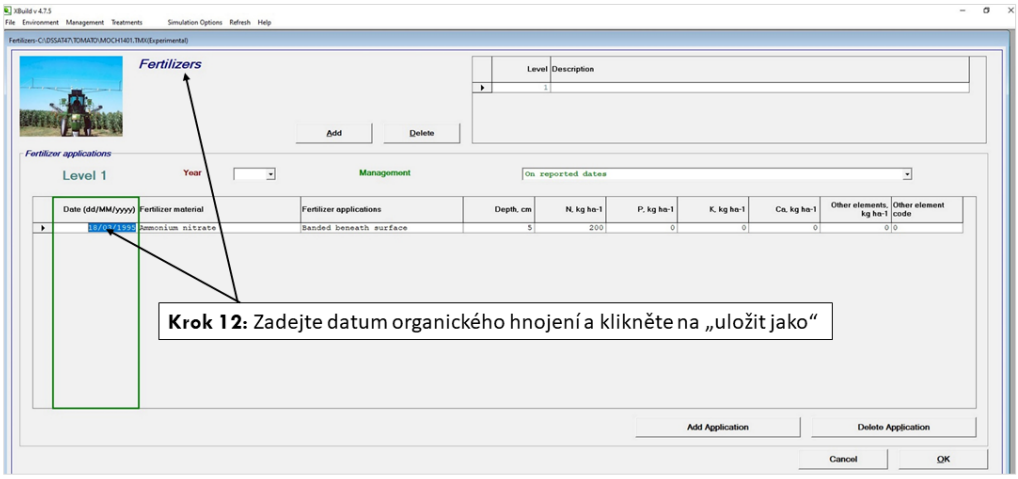
# XBuild – Vstupní Data



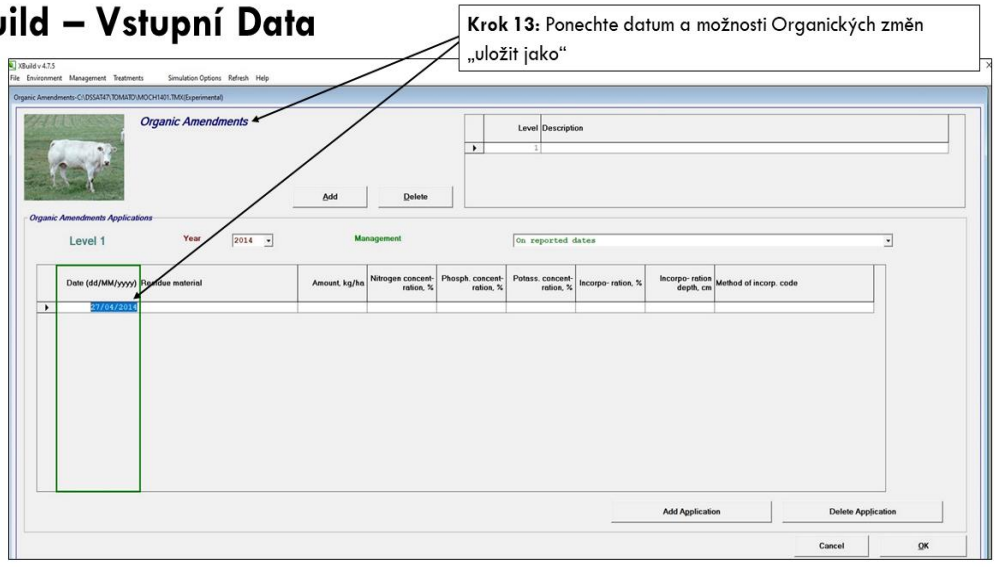

# XBuild – Vstupní Data



# XBuild – Vstupní Data

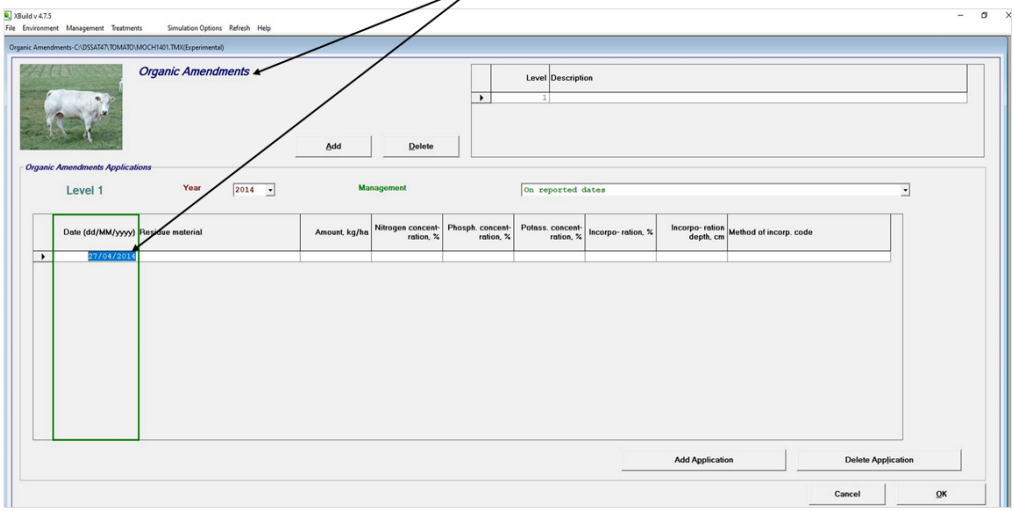



# XBuild – Vstupní Data

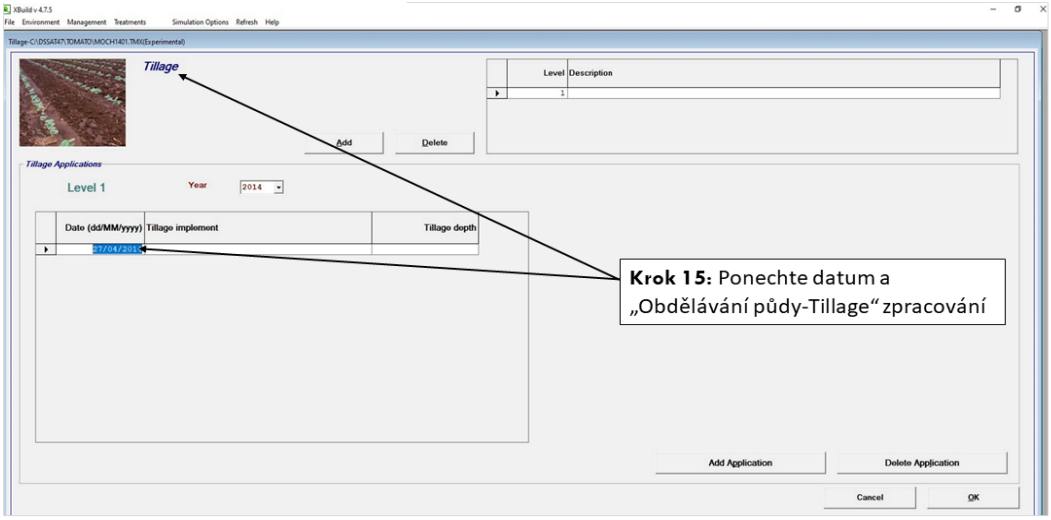


# XBuild – Vstupní Data

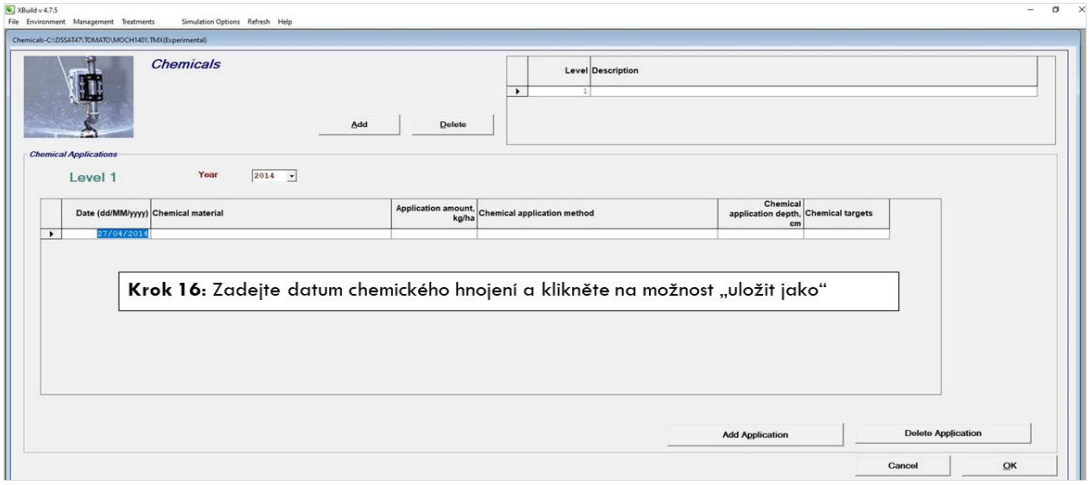
**Krok 14:** Zadejte datum organického hnojení a klikněte na „uložit jako“



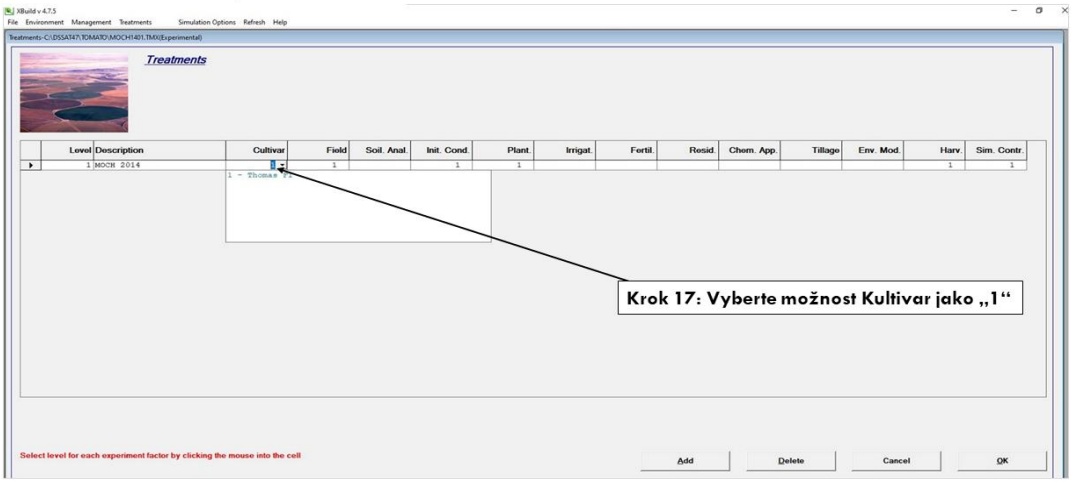
# XBuild – Vstupní Data



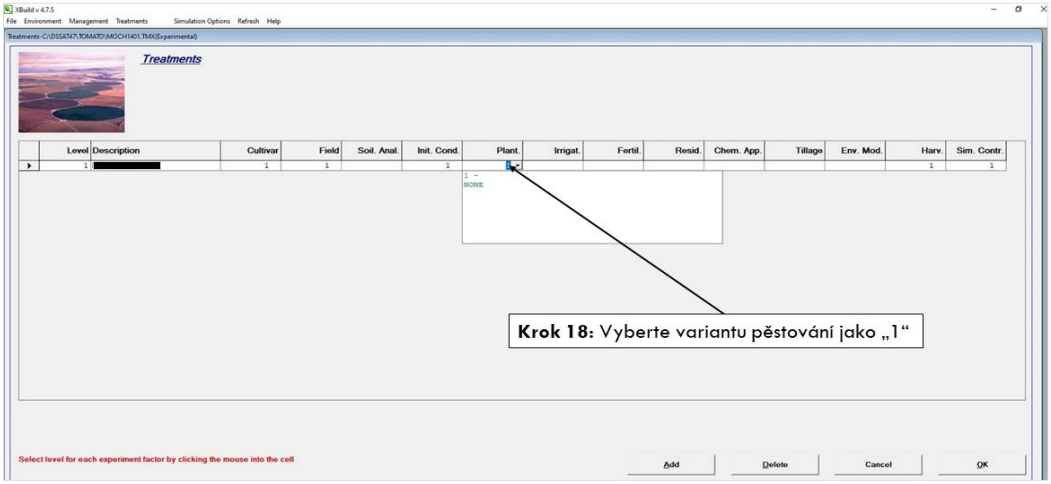

# XBuild – Vstupní Data



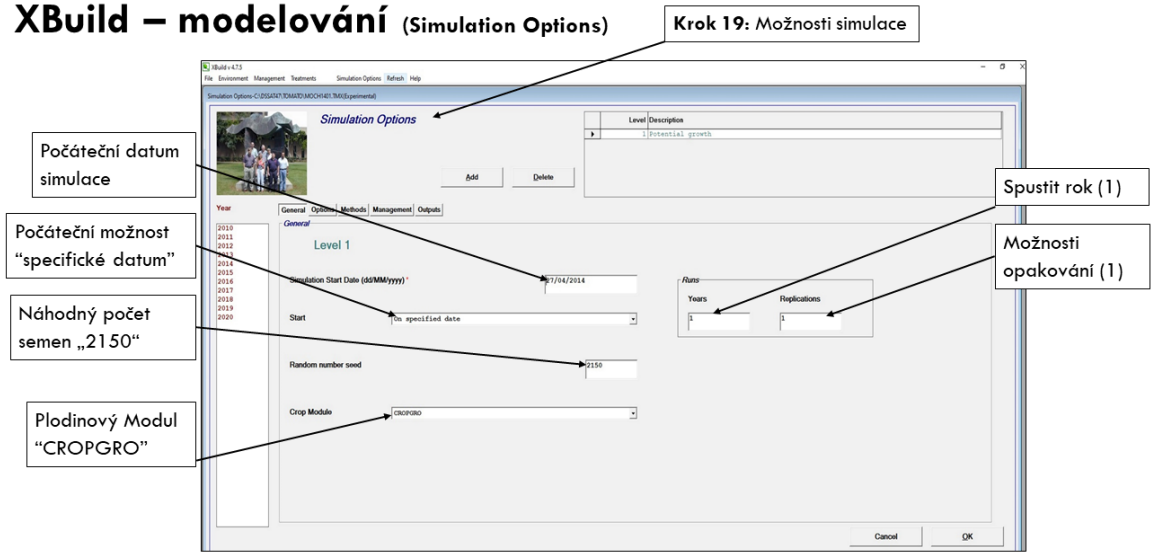
# XBuild – Vstupní Data



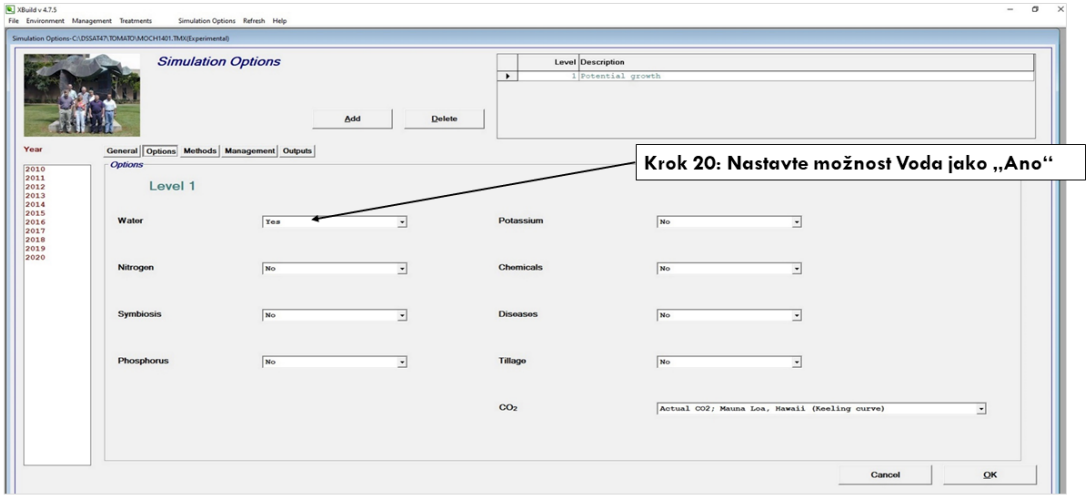
# XBuild – Vstupní Data



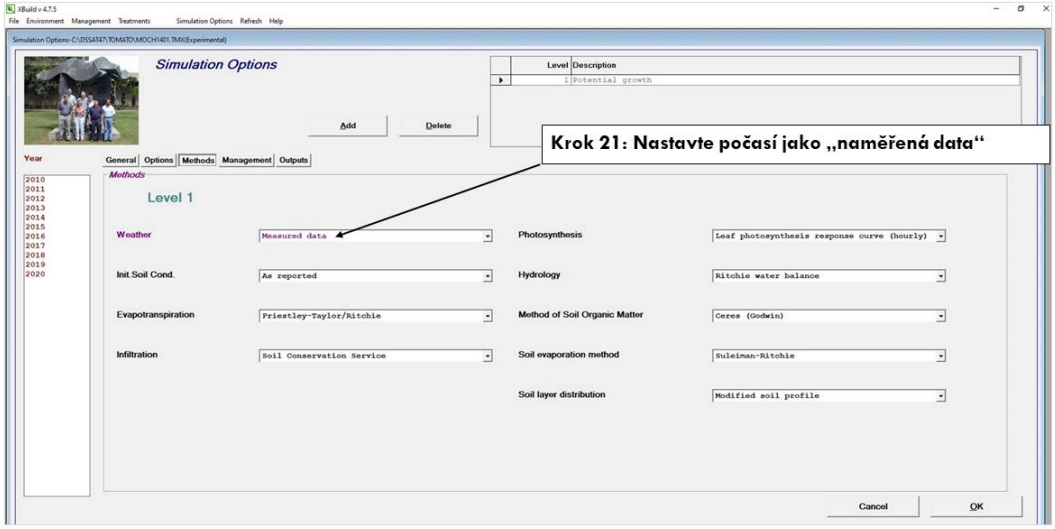

# XBuild – modelování (Simulation Options)



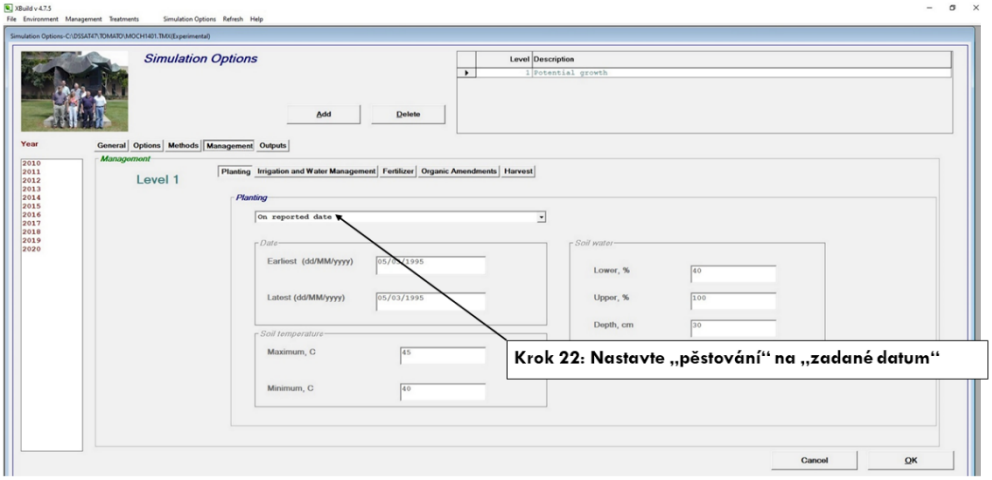
# XBuild – modelování (Simulation Options)



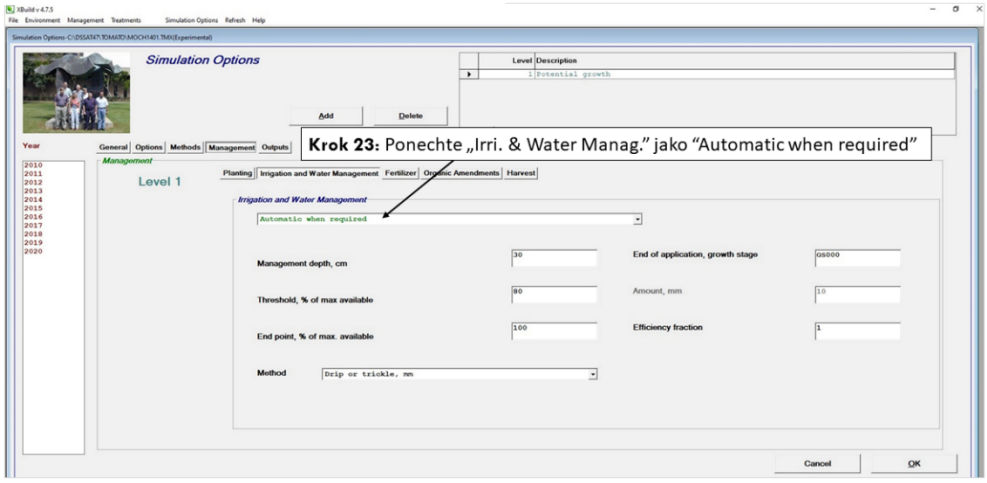

# XBuild – modelování (Simulation Options)



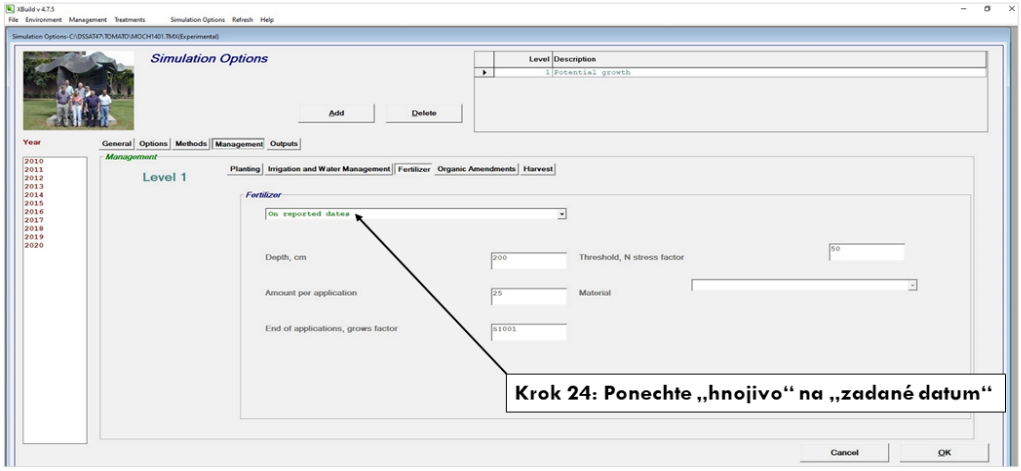
# XBuild – modelování (Simulation Options)



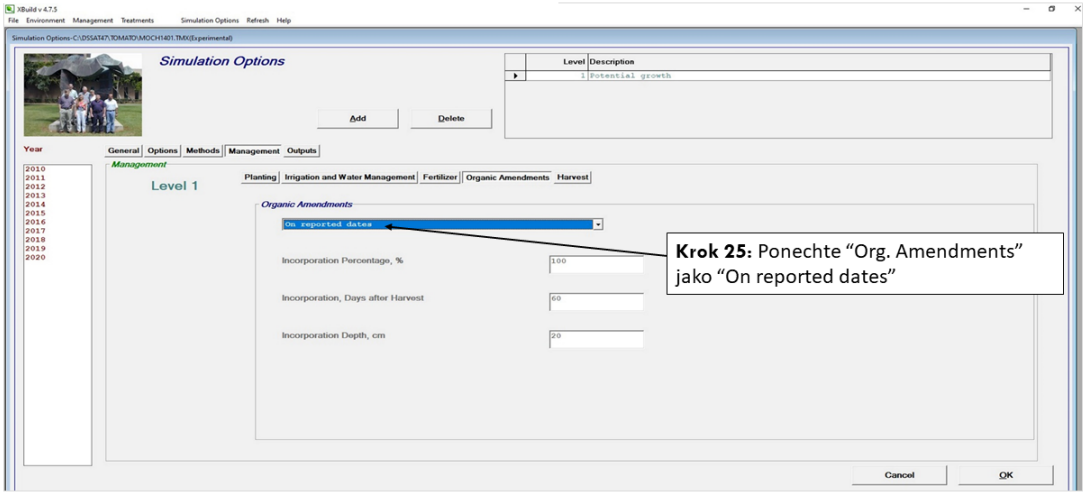

# XBuild – modelování (Options Setup)



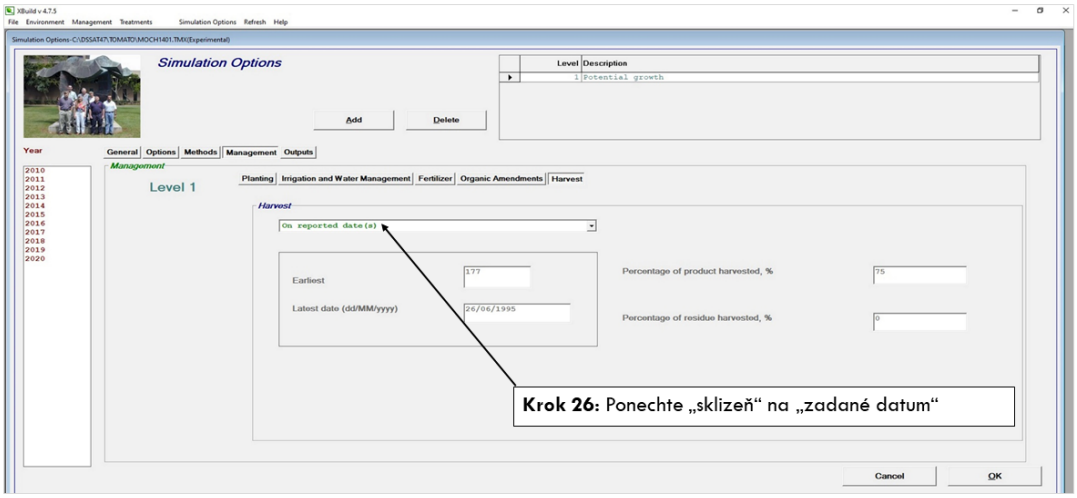
# XBuild – modelování (Options Setup)



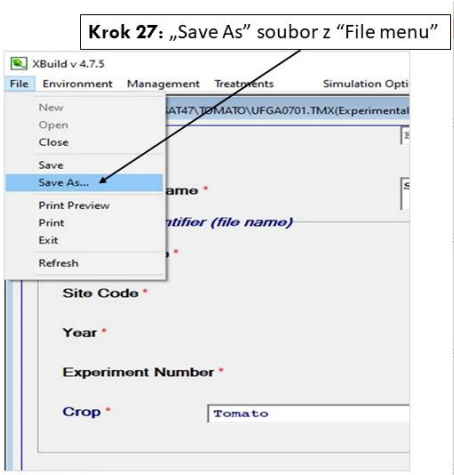

# XBuild – modelování (Options Setup)

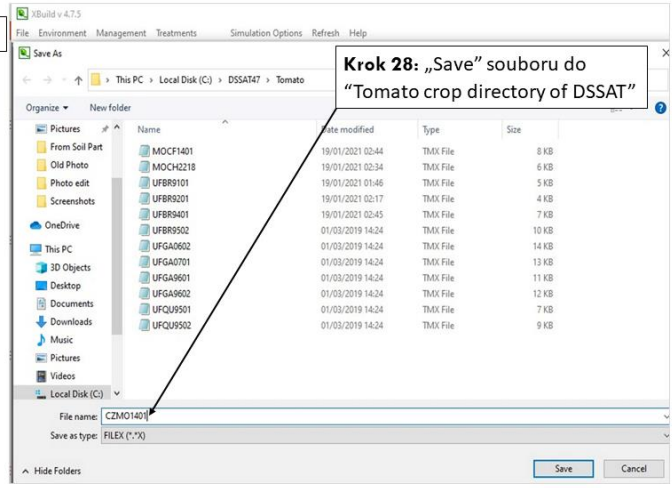


# XBuild – modelování (Options Setup)

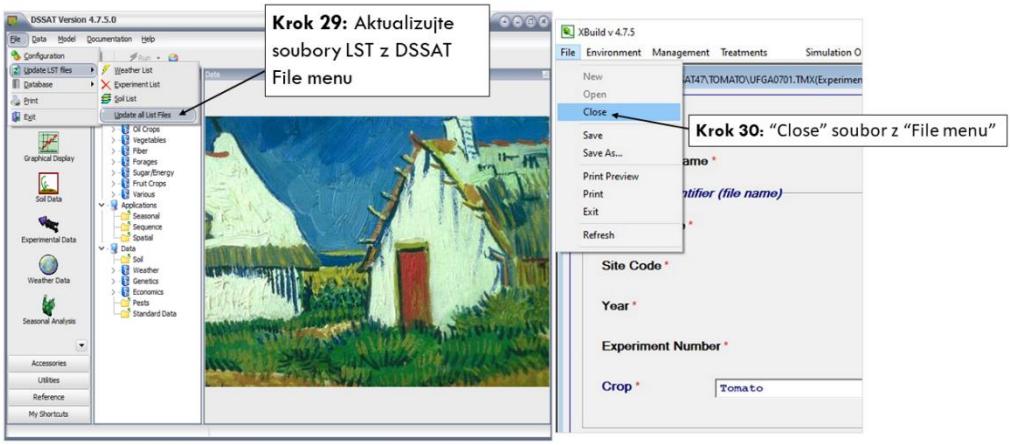



# XBuild – modelování (Options Setup)



# XBuild – modelování (Options Setup)



## Praktické cvičení 27:

Případová studie – Modelování simulace výnosových parametrů v CROPGRO-Tomato v České republice. Predikce výnosových parametrů jako funkce komplexu půda–rostlina–atmosféra.

**Návod na trénink propojení všech modulů v programu DSSAT**

### Modelové vstupy: Predikce výnosových parametrů jako funkce komplexu půda–rostlina–atmosféra

### 1. Parametrizace modelu

- Hodnoty daného parametru jsou nastaveny tak, aby jeho výpočet co nejpřesněji vystihoval při daných podmínkách skutečný stav v přírodě.

### 2. Postup výpočtu:

- ✓ Systém podpory rozhodování pro model Agrotechnology Transfer (DSSAT)
- ✓ Modelový rámec
- ✓ Rozhraní DSSAT
- ✓ Rámec vstupu
- ✓ Vstupní komponenty DSSAT
- ✓ Provozní rámec – DSSAT
- ✓ Rámec výstupu
- ✓ Výstupní komponenty DSSAT
- ✓ Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)
- ✓ Simulované hodnoty
- ✓ Kalibrace a vyhodnocení modelu

**Komponenty a modulární struktura růstového modelu DSSAT**

Vstupní rámec → CROPGRO model → Rámec výstupu → Simulovaná pozorování

**Hlavní program (ilustrace viz prezentace na cvičení):**

- ✓ Spuštění
- ✓ Spustit inicializaci
- ✓ Sezónní inicializace
- ✓ Rychlost výpočtu
- ✓ Integrace modulů
- ✓ Výstupy
- ✓ Sumarizace
- ✓ Konec

**Výstupy modelů:**

- ✓ Modul jednotky půdy (Land Unit Module) LAND.FOR
- ✓ Modul jednotky půdy je volán hlavním programem, aby provedl každý krok zpracování a následně volá každý z primárních modulů

**Primární moduly:**

- ✓ Počasí
- ✓ Správa plodin
- ✓ Komplex půda–rostlina–atmosféra
- ✓ Půda
- ✓ Plodina/Genetický koeficient

**Sekundární moduly:**

- ✓ Úpravy prostředí
- ✓ Termín výsadby
- ✓ Sklizeň
- ✓ Dávka závlahy
- ✓ Termín a dávka hnojení
- ✓ Posklizňové zbytky
- ✓ Zpracování půdy
- ✓ Teplota půdy
- ✓ Evapotranspirace
- ✓ Dynamika půdy
- ✓ Vlhkost půdy
- ✓ Dusík v půdě
- ✓ Fosfor v půdě
- ✓ Organická hmota Ceres
- ✓ Stoletá organická hmota
- ✓ CROPGRO

**VSTUPNÍ KOMPONENTY DSSAT**

**Simulace plodinového modelu**

- ✓ **Meteorologická data** (denní úhrn srážek, Tmax & Tmin, globální sluneční radiace)
- ✓ **Půdní data** (**soubor dat o fyzikálních a hydrofyzikálních vlastnostech půdy**)
- ✓ **Data pro správu plodin** (výsev, závlaha, hnojení, fenologie, sklizeň)
- ✓ **Genetická data – růstové parametry plodin a fenologie** (specifické parametry kultivaru, fáze růstu a vývoje)

**Výstup modelu: Výnos**

- ✓ Růstový model plodin
- ✓ Růst rostlin (zrno, biomasa, kořeny)
- ✓ Vývoj rostlin (klíčení semen, vzcházení, doba květu, plody, zralost)

**Validace růstových modelů**

**Kalibrace růstových modelů** = nastavení parametrů modelu tak, aby byla shoda s pozorováním co nejlepší.

**Validace růstových modelů** = ověření kalibrace modelu na nezávislém souboru dat.

- ✓ Skutečný výnos a simulovaný výnos, LAI, fenologie aj.
  - Mimořádně náročné na vstupní data – často je problematická kalibrace a evaluace!!!
  - Data pro kalibraci růstového modelu vycházejí z polních pokusů:
    - Tvorba kvalitních databází pro testování, srovnávání a zlepšení modelu (určení silných/slabých stránek modelu)
    - Využití v tzv. ansámblových simulacích

**Statistické vyhodnocení**

Vztah mezi naměřenými a modelovanými parametry:

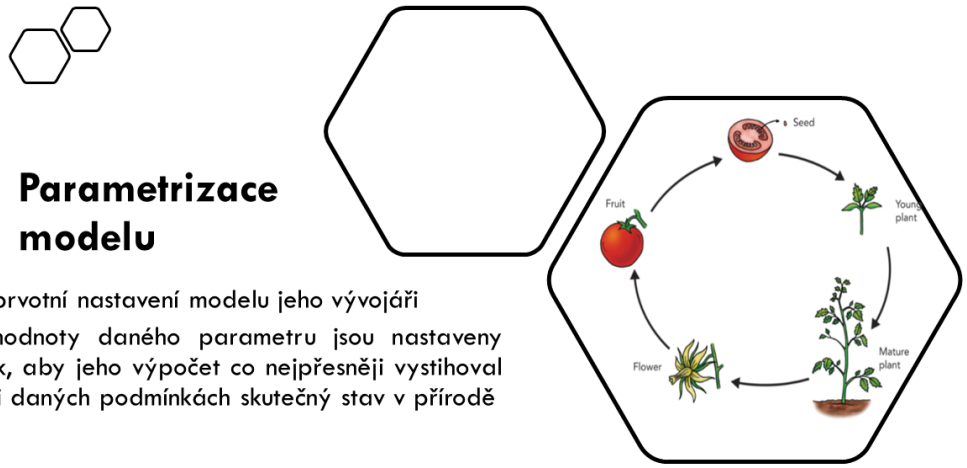
MBE – ukazatel průměrné systematické chyby

RMSE – střední kvadratická chyba popisující průměrnou absolutní odchylku mezi pozorovanými a modelovanými hodnotami:

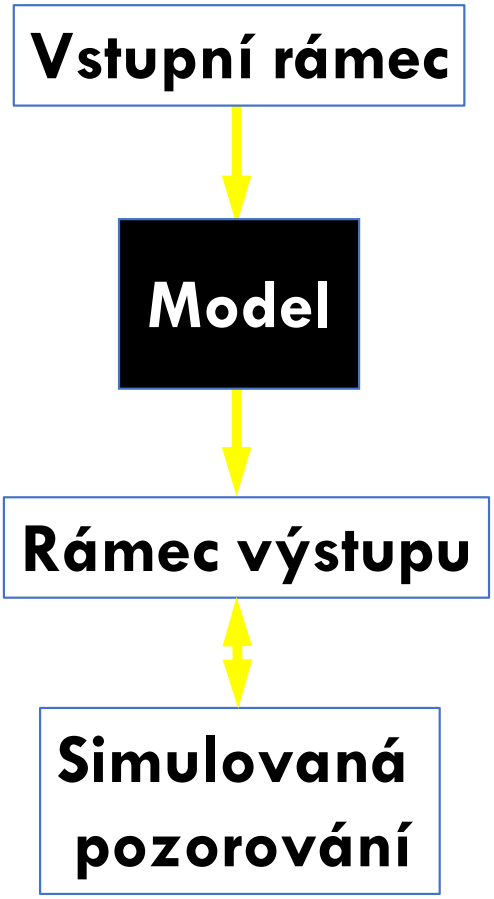
$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2}{n}} \qquad (1)$$

$$\text{NRMSE} = 100\,\frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2}}{\text{Omax} - \text{Omin}} \qquad (2)$$

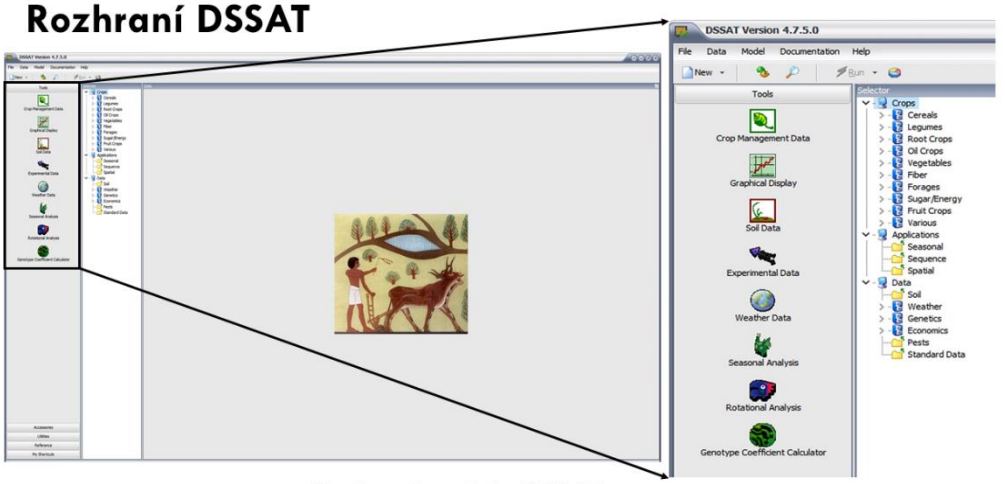
kde S jsou simulované hodnoty, O jsou pozorované hodnoty a „n“ je počet datových bodů v souboru. Omax a Omin jsou maximální a minimální hodnoty pozorování.



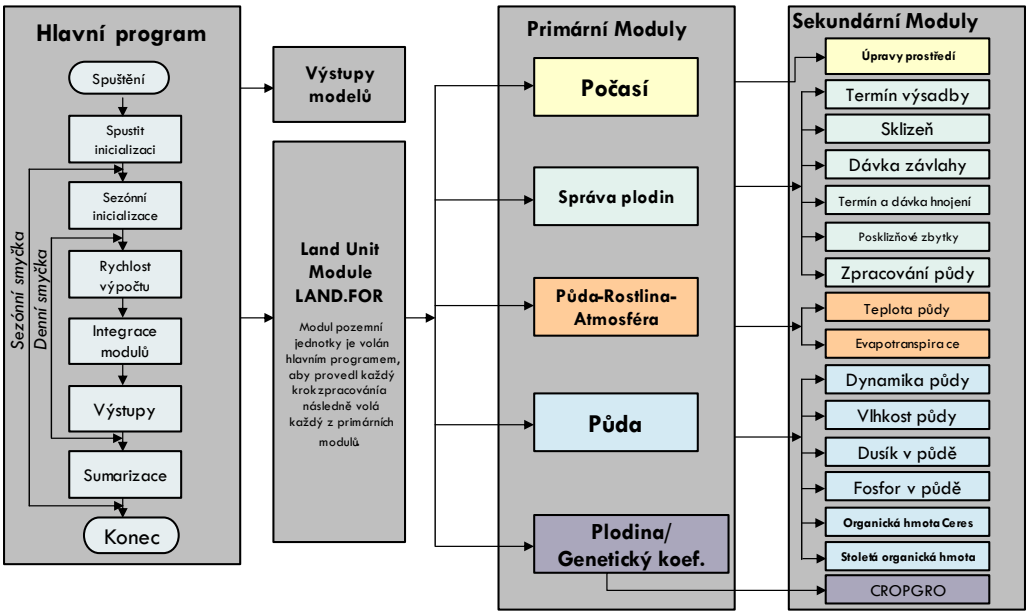
**Modelový rámec**




**Rozhraní DSSAT**

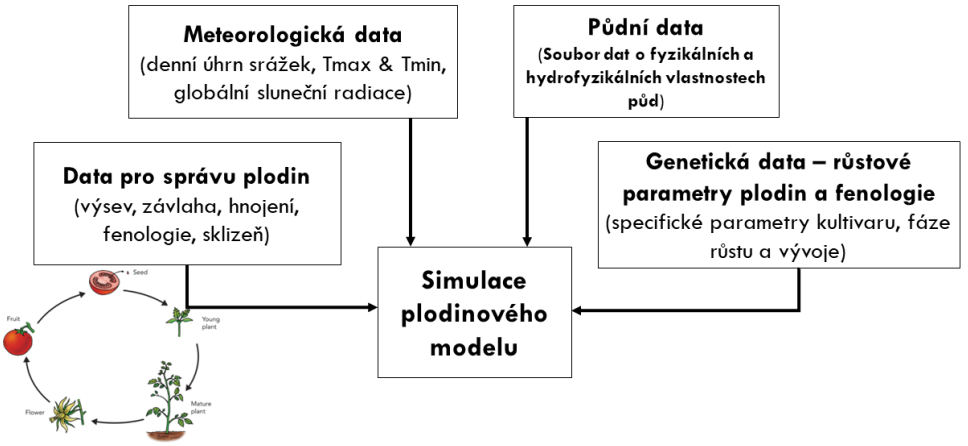



**Rozhraní modelu DSSAT**



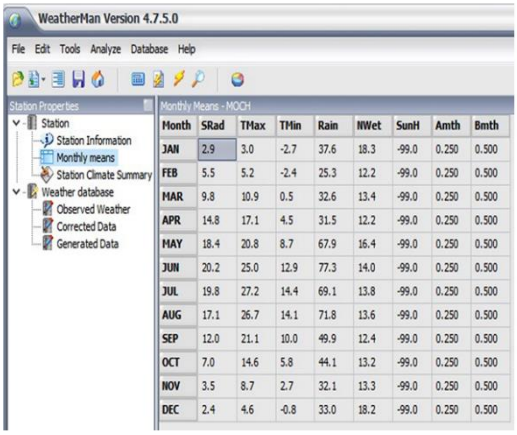

**Komponenty a modulární struktura růstových modelů DSSAT**

## ▪ Vstupní komponenty DSSAT

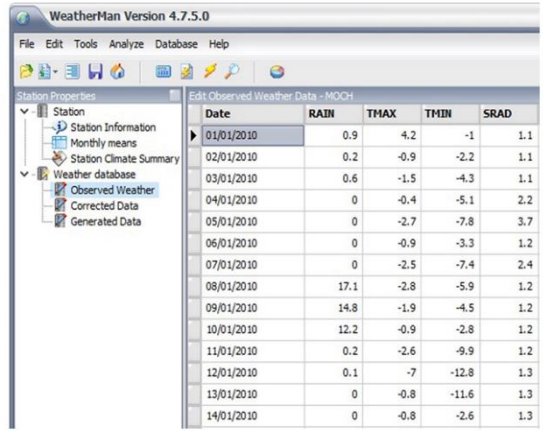


# ■ Vstupní komponenty DSSAT

## Modul Počasí




| Month | SRad | TMax | TMin | Rain | NWet | SunH | Amth | Bmth |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JAN | 2.9 | 3.0 | -2.7 | 37.6 | 18.3 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| FEB | 5.5 | 5.2 | -2.4 | 25.3 | 12.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| MAR | 9.8 | 10.9 | 0.5 | 32.6 | 13.4 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| APR | 14.8 | 17.1 | 4.5 | 31.5 | 12.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| MAY | 18.4 | 20.8 | 8.7 | 67.9 | 16.4 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| JUN | 20.2 | 25.0 | 12.9 | 77.3 | 14.0 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| JUL | 19.8 | 27.2 | 14.4 | 69.1 | 13.8 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| AUG | 17.1 | 26.7 | 14.1 | 71.8 | 13.6 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| SEP | 12.0 | 21.1 | 10.0 | 49.9 | 12.4 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| OCT | 7.0 | 14.6 | 5.8 | 44.1 | 13.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| NOV | 3.5 | 8.7 | 2.7 | 32.1 | 13.3 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |
| DEC | 2.4 | 4.6 | -0.8 | 33.0 | 18.2 | -99.0 | 0.250 | 0.500 |




| Date | RAIN | TMAX | TMIN | SRAD |
|---|---|---|---|---|
| 01/01/2010 | 0.9 | 4.2 | -1 | 1.1 |
| 02/01/2010 | 0.2 | -0.9 | -2.2 | 1.1 |
| 03/01/2010 | 0.6 | -1.5 | -4.3 | 1.1 |
| 04/01/2010 | 0 | -0.4 | -5.1 | 2.2 |
| 05/01/2010 | 0 | -2.7 | -7.8 | 3.7 |
| 06/01/2010 | 0 | -0.9 | -3.3 | 1.2 |
| 07/01/2010 | 0 | -2.5 | -7.4 | 2.4 |
| 08/01/2010 | 17.1 | -2.8 | -5.9 | 1.2 |
| 09/01/2010 | 14.8 | -1.9 | -4.5 | 1.2 |
| 10/01/2010 | 12.2 | -0.9 | -2.8 | 1.2 |
| 11/01/2010 | 0.2 | -2.6 | -9.9 | 1.2 |
| 12/01/2010 | 0.1 | -7 | -12.8 | 1.3 |
| 13/01/2010 | 0 | -0.8 | -11.6 | 1.3 |
| 14/01/2010 | 0 | -0.8 | -2.6 | 1.3 |

## Půdní modul

■ **Údaje o půdě v Půdním modulu jako vstupní komponenty DSSAT**

SBuild v 4.7.5 ... Working with file C:\DSSAT47\SOIL\SOIL.SOL .
File Profile Help

| Layer Depth (cm) | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | Organic Carbon (%) | pH in water | CEC (cmol kg-1) | Total nitrogen (%) | LL, Lower limit ($cm^3$ $cm^{-3}$) | DUL, Upper limit drain ($cm^3$ $cm^{-3}$) | BD, Bulk density (g $cc^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 24.1 | 58.2 | -99 | 1.59 | 5.1 | -99 | 0.1 | -99 | -99 | 1.31 |
| 20 | 23.2 | 58.6 | -99 | 1.58 | 5.1 | -99 | 0.13 | -99 | -99 | 1.32 |
| 30 | 22.7 | 59.6 | -99 | 1.56 | 5.3 | -99 | 0.12 | -99 | -99 | 1.31 |
| 40 | 24.3 | 59.1 | -99 | 1.98 | 5.7 | -99 | 0.1 | -99 | -99 | 1.39 |
| 50 | 24.1 | 59.3 | -99 | 1.97 | 5.8 | -99 | 0.1 | -99 | -99 | 1.34 |
| 60 | 23.9 | 60.1 | -99 | 1.93 | 5.9 | -99 | 0.12 | -99 | -99 | 1.38 |
| 70 | 23.4 | 59.8 | -99 | 1.49 | 6.3 | -99 | 0.13 | -99 | -99 | 1.43 |
| 80 | 22.3 | 60.1 | -99 | 1.44 | 6.4 | -99 | 0.14 | -99 | -99 | 1.41 |
| 90 | 21.5 | 60.2 | -99 | 1.42 | 6.5 | -99 | 0.12 | -99 | -99 | 1.39 |

**A. Soubor dat o fyzikálních a hydrofyzikálních vlastnostech půd**

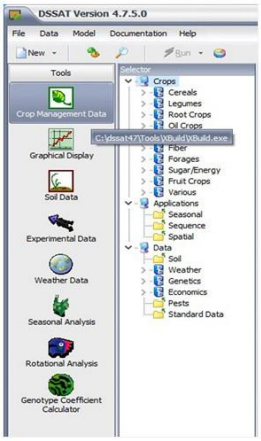
- Obsah humusu
- Hloubka vrstvy půdy (cm)
- SLCL – jíl (%)
- SLSI – prach (%)
- SLSA – písek (%)
- BD, objemová hmotnost (g $cc^{-1}$)
- hydraulická vodivost půdy:
- 1) LL, dolní hranice – lower limit ($cm^3$ $cm^{-3}$)
- 2) DUL, horní limitní kapacita pole – upper limit drain ($cm^3$ $cm^{-3}$)

SBuild
DSSAT v 4.7.5.0

**B. Půdní chemické údaje**

- poměr C:N
- SLHV – pH půdního roztoku
- CEC – kationtová výměnná kapacita (cmol $kg^{-1}$)
- SLOC – celkový obsah organického uhlíku (%) SLNI – celkový obsah dusíku (%)

# Půdní modul

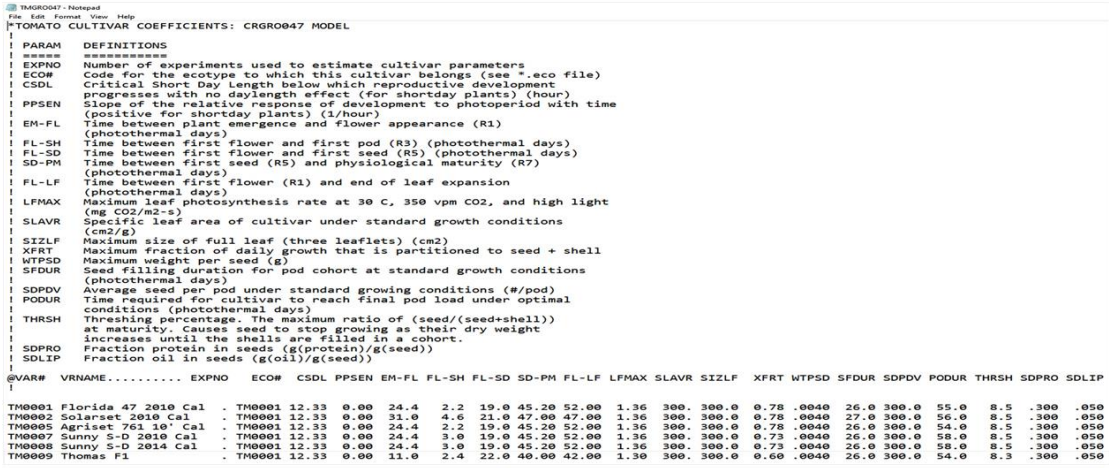


- Datum přípravy půdy (datum)
- Předchozí plodina (název)
- Způsob výsadby (suché osivo)
- Distribuce výsadby (řádky nebo vysílání)
- Populace rostlin při vzniku (rostlina / $m^2$)
- Datum výsadby (datum)
- Datum vzniku (datum)
- Hloubka výsadby (cm)
- Vzdálenost mezi rostlinami (cm)
- Rozteč řádků (cm)
- Datum kvetení (datum)
- Výška stříšky / rostliny (cm)
- Datum sklizně (datum)
- Index sklizně při zralosti
- Výnos sklizně (kg [dm] / ha)
- Maximální index listové plochy ($m^2$ $m^{-2}$)
- Datum prvního podu (datum)
- Datum prvního osiva (datum)

- Datum fyziologické zralosti (datum)
- Datum fáze zralosti při sklizni (datum)
- Nejvyšší hmotnost při kvetení (kg [dm] / ha)
- Nejvyšší hmotnost při zralosti (kg [dm] / ha)
- Hmotnost semen/sadby (kg [dm] / ha)
- Obilný olej při zralosti (%)
- Obilí N při zralosti (%)
- Počet semen v zralosti (počet / jednotka pod)
- Na jednotku hmotnosti při zralosti (g [dm] / ha)
- Počet lusků v době zralosti (počet / $m^2$)
- Počet semen v zralosti (počet / $m^2$)
- Hnojivo (je-li aplikováno – hnojivé materiály, datum aplikace, způsoby aplikace, množství (kg / ha))
- Zavlažování (je-li aplikováno – datum aplikace, množství vody (mm), způsob aplikace)

- **Údaje o půdě v Půdním modulu jako vstupní komponenty DSSAT**

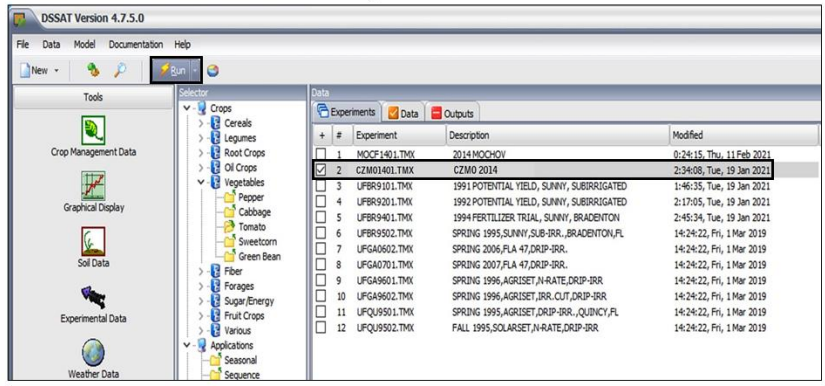
## Odrůdový genetický koeficient (Rajčata, Thomas F1) – růstový model DSSAT




```
*TOMATO CULTIVAR COEFFICIENTS: CRGRO047 MODEL
!
! PARAM    DEFINITIONS
! =====    ===========
! EXPNO    Number of experiments used to estimate cultivar parameters
! ECO#     Code for the ecotype to which this cultivar belongs (see *.eco file)
! CSDL     Critical Short Day Length below which reproductive development
!          progresses with no daylength effect (for shortday plants) (hour)
! PPSEN    Slope of the relative response of development to photoperiod with time
!          (positive for shortday plants) (1/hour)
! EM-FL    Time between plant emergence and flower appearance (R1)
!          (photothermal days)
! FL-SH    Time between first flower and first pod (R3) (photothermal days)
! FL-SD    Time between first flower and first seed (R5) (photothermal days)
! SD-PM    Time between first seed (R5) and physiological maturity (R7)
!          (photothermal days)
! FL-LF    Time between first flower (R1) and end of leaf expansion
!          (photothermal days)
! LFMAX    Maximum leaf photosynthesis rate at 30 C, 350 vpm CO2, and high light
!          (mg CO2/m2-s)
! SLAVR    Specific leaf area of cultivar under standard growth conditions
!          (cm2/g)
! SIZLF    Maximum size of full leaf (three leaflets) (cm2)
! XFRT     Maximum fraction of daily growth that is partitioned to seed + shell
! WTPSD    Maximum weight per seed (g)
! SFDUR    Seed filling duration for pod cohort at standard growth conditions
!          (photothermal days)
! SDPDV    Average seed per pod under standard growing conditions (#/pod)
! PODUR    Time required for cultivar to reach final pod load under optimal
!          conditions (photothermal days)
! THRSH    Threshing percentage. The maximum ratio of (seed/(seed+shell))
!          at maturity. Causes seed to stop growing as their dry weight
!          increases until the shells are filled in a cohort.
! SDPRO    Fraction protein in seeds (g(protein)/g(seed))
! SDLIP    Fraction oil in seeds (g(oil)/g(seed))
!
@VAR#  VRNAME.......... EXPNO   ECO#  CSDL PPSEN EM-FL FL-SH FL-SD SD-PM FL-LF LFMAX SLAVR SIZLF  XFRT WTPSD SFDUR SDPDV PODUR THRSH SDPRO SDLIP
!
TM0001 Florida 47 2010 Cal   . TM0001 12.33  0.00  24.4   2.2  19.0 45.20 52.00  1.36  300. 300.0  0.78 .0040  26.0 300.0  55.0   8.5  .300  .050
TM0002 Solarset 2010 Cal     . TM0001 12.33  0.00  31.0   4.6  21.0 47.00 47.00  1.36  300. 300.0  0.78 .0040  27.0 300.0  56.0   8.5  .300  .050
TM0005 Agriset 761 10' Cal   . TM0001 12.33  0.00  24.4   2.2  19.0 45.20 52.00  1.36  300. 300.0  0.78 .0040  26.0 300.0  54.0   8.5  .300  .050
TM0007 Sunny S-D 2010 Cal    . TM0001 12.33  0.00  24.4   3.0  19.0 45.20 52.00  1.36  300. 300.0  0.73 .0040  26.0 300.0  58.0   8.5  .300  .050
TM0008 Sunny S-D 2014 Cal    . TM0001 12.33  0.00  24.4   3.0  19.0 45.20 52.00  1.36  300. 300.0  0.73 .0040  26.0 300.0  58.0   8.5  .300  .050
TM0009 Thomas F1             . TM0001 12.33  0.00  11.0   2.4  22.0 40.00 42.00  1.30  300. 300.0  0.60 .0040  26.0 300.0  54.0   8.3  .300  .050
```

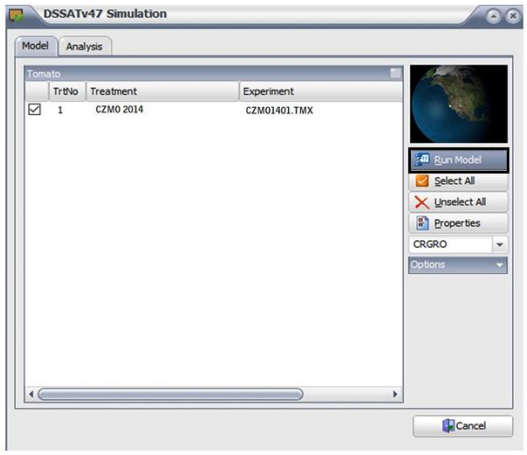
## Provozní rámec – DSSAT (např. Rajčata, odrůda Thomas F1, Mochov 2014)

Rajčata, Thomas F1

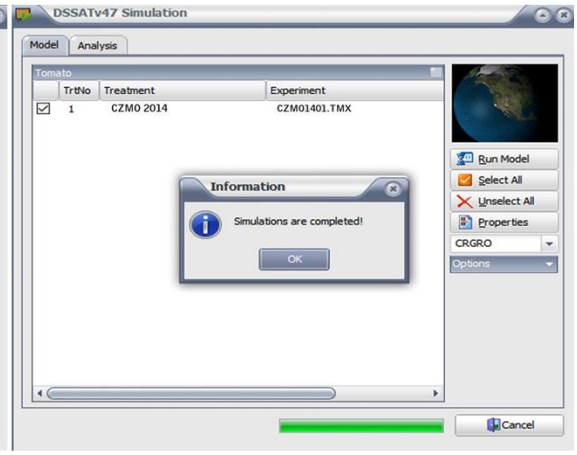



Provozní rámec modelu DSSAT pro plodiny – „RUN" (Běh modelu)

## Provozní rámec výstupu modelu DSSAT pro plodiny

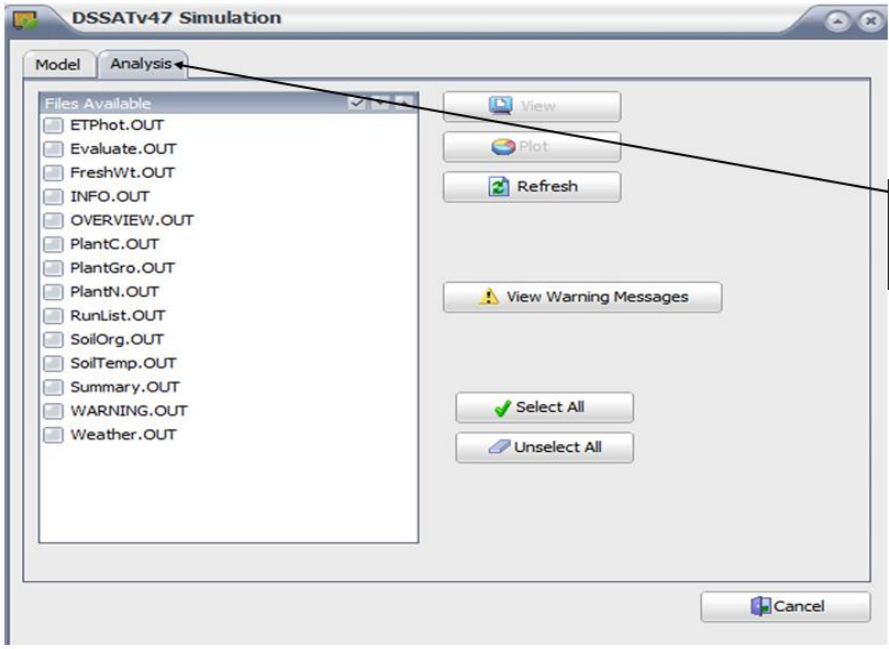



Provozní rámec výstupu modelu "Běh Modelu"

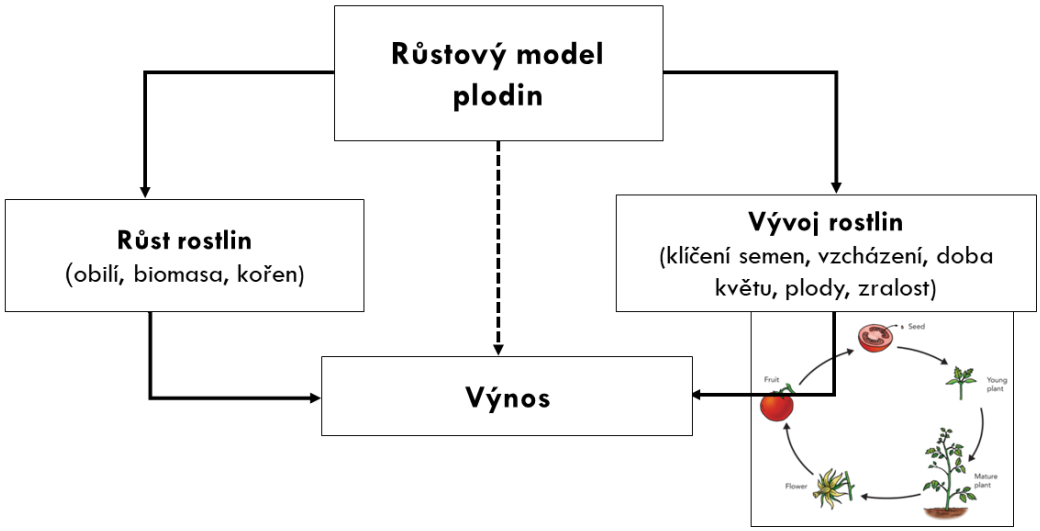



Provozní rámec výstupu modelu "simulace proběhla úspěšné"

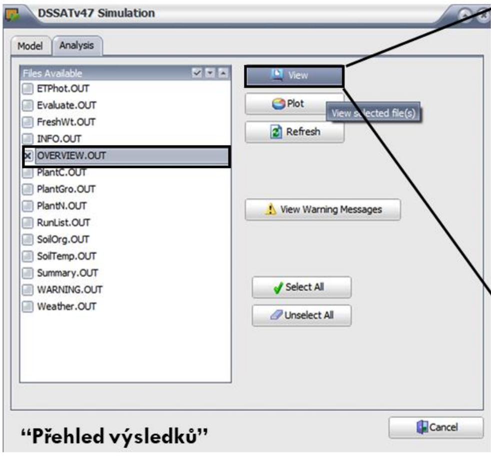
# Provozní rámec výstupu modelu DSSAT pro plodiny

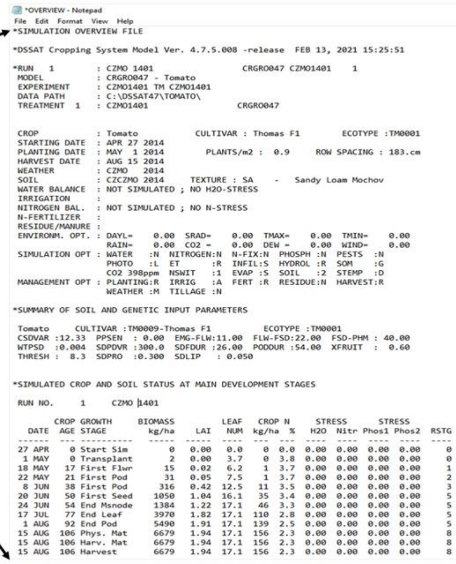



## Výstup modelu



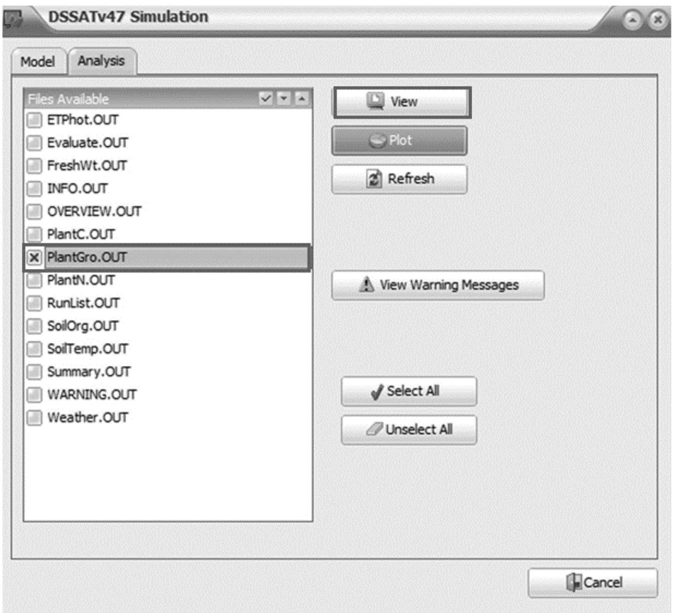
# Výstup modelu v DSSAT




```
*SIMULATION OVERVIEW FILE

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.7.5.008 -release  FEB 13, 2021 15:25:51

*RUN   1        : CZMO 1401                  CRGRO047 CZMO1401    1
 MODEL          : CRGRO047 - Tomato
 EXPERIMENT     : CZMO1401 TM CZMO1401
 DATA PATH      : C:\DSSAT47\TOMATO\
 TREATMENT  1   : CZMO1401                  CRGRO047


 CROP           : Tomato          CULTIVAR : Thomas F1       ECOTYPE :TM0001
 STARTING DATE  : APR 27 2014
 PLANTING DATE  : MAY  1 2014       PLANTS/m2 :  0.9     ROW SPACING : 183.cm
 HARVEST DATE   : AUG 15 2014
 WEATHER        : CZMO   2014
 SOIL           : CZCZMO 2014     TEXTURE : SA    -   Sandy Loam Mochov
 WATER BALANCE  : NOT SIMULATED ; NO H2O-STRESS
 IRRIGATION     :
 NITROGEN BAL.  : NOT SIMULATED ; NO N-STRESS
 N-FERTILIZER   :
 RESIDUE/MANURE :
 ENVIRONM. OPT. : DAYL=    0.00  SRAD=    0.00  TMAX=    0.00  TMIN=    0.00
                  RAIN=    0.00  CO2 =    0.00  DEW =    0.00  WIND=    0.00
 SIMULATION OPT : WATER   :N  NITROGEN:N  N-FIX:N  PHOSPH :N  PESTS   :N
                  PHOTO   :L  ET      :R  INFIL:S  HYDROL :R  SOM     :G
                  CO2 398ppm  NSWIT   :1  EVAP :S  SOIL   :2  STEMP   :D
 MANAGEMENT OPT : PLANTING:R  IRRIG   :A  FERT :R  RESIDUE:N  HARVEST:R
                  WEATHER :M  TILLAGE :N

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

 Tomato     CULTIVAR :TM0009-Thomas F1         ECOTYPE :TM0001
 CSDVAR :12.33  PPSEN  : 0.00  EMG-FLW:11.00  FLW-FSD:22.00  FSD-PHM : 40.00
 WTPSD  :0.004  SDPDVR :300.0  SDFDUR :26.00  PODDUR :54.00  XFRUIT  :  0.60
 THRESH :  8.3  SDPRO  :0.300  SDLIP   : 0.050


*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

 RUN NO.     1     CZMO 1401

        CROP GROWTH      BIOMASS         LEAF   CROP N      STRESS      STRESS
   DATE  AGE STAGE         kg/ha    LAI   NUM kg/ha   %   H2O  Nitr Phos1 Phos2  RSTG
 ------ --- ----------     -----  -----  ---- ---  ---  ----  ---- ----  ----  ----
 27 APR   0 Start Sim          0   0.00   0.0   0  0.0  0.00  0.00  0.00  0.00     0
  1 MAY   0 Transplant         2   0.00   3.7   0  3.8  0.00  0.00  0.00  0.00     0
 18 MAY  17 First Flwr        15   0.02   6.2   1  3.7  0.00  0.00  0.00  0.00     1
 22 MAY  21 First Pod         31   0.05   7.5   1  3.7  0.00  0.00  0.00  0.00     2
  8 JUN  38 First Pod        316   0.42  12.5  11  3.5  0.00  0.00  0.00  0.00     3
 20 JUN  50 First Seed      1050   1.04  16.1  35  3.4  0.00  0.00  0.00  0.00     5
 24 JUN  54 End Msnode      1384   1.22  17.1  46  3.3  0.00  0.00  0.00  0.00     5
 17 JUL  77 End Leaf        3970   1.82  17.1 110  2.8  0.00  0.00  0.00  0.00     5
  1 AUG  92 End Pod         5490   1.91  17.1 139  2.5  0.00  0.00  0.00  0.00     5
 15 AUG 106 Phys. Mat       6679   1.94  17.1 156  2.3  0.00  0.00  0.00  0.00     8
 15 AUG 106 Harv. Mat       6679   1.94  17.1 156  2.3  0.00  0.00  0.00  0.00     8
 15 AUG 106 Harvest         6679   1.94  17.1 156  2.3  0.00  0.00  0.00  0.00     8
```

# Výstup modelu v DSSAT




Výstupní soubor DSSAT – „Přehled“

## Výstup modelu v DSSAT

*PlantGro - Notepad

File Edit Format View Help

*GROWTH ASPECTS OUTPUT FILE

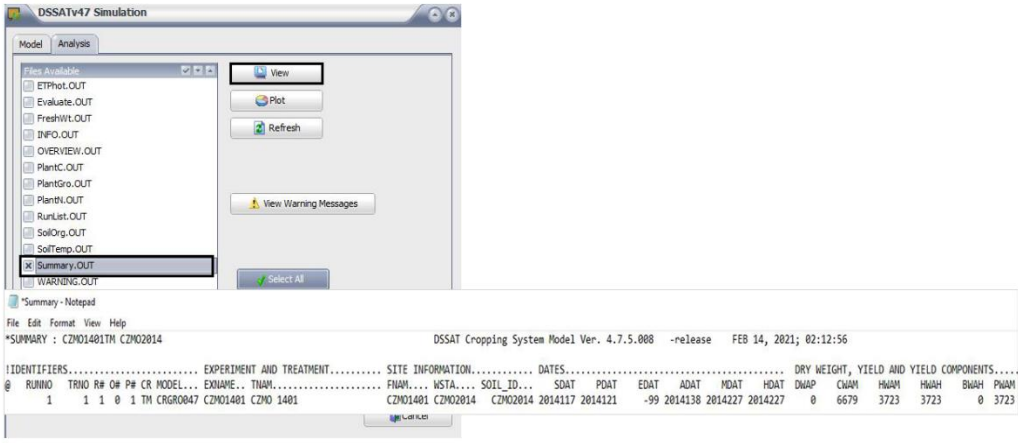
*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.7.5.008 -release FEB 13, 2021 15:25:51

*RUN 1 : CZMO 1401 CRGRO047 CZMO 1401 1
MODEL : CRGRO047 - Tomato
EXPERIMENT : CZMO1401 TM CZMO1401
DATA PATH : C:\DSSAT47\TOMATO\
TREATMENT 1 : CZMO 1401 CRGRO047

!
!

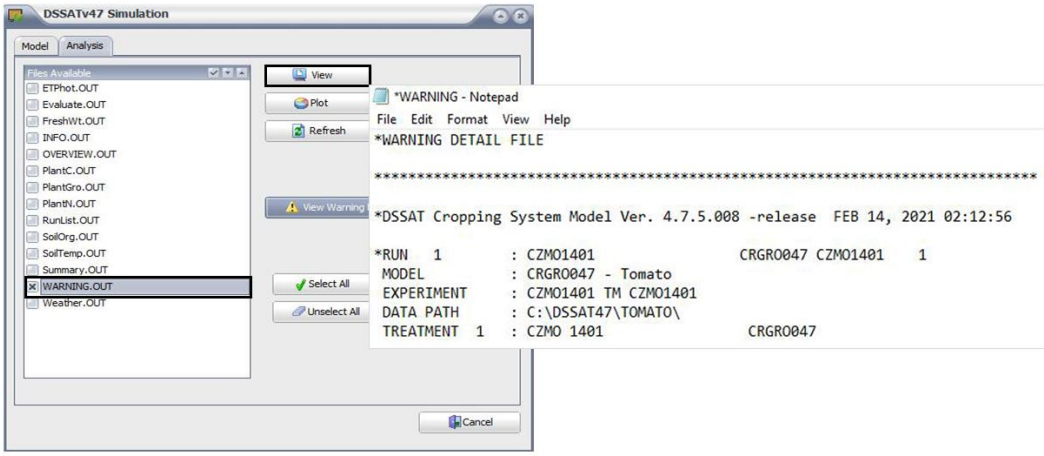
| @YEAR | DOY | DAS | DAP | L#SD | GSTD | LAID | LWAD | SWAD | GWAD | RWAD | VWAD | CWAD | G#AD | GWGD | HIAD | PWAD | P#AD | WSPD | WSGD | NSTD | PSTI1A | PST2A | KSTD | EWSD | LNXD | SHXD | HIPD | PWDD | PWTD | SLAD | CHTD | CWID | NWAD | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2014 | 121 | 5 | 0 | 3.7 | 0 | 0.003 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.32 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 220.3 | 0.03 | 0.03 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 122 | 6 | 1 | 3.9 | 0 | 0.003 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 220.9 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 123 | 7 | 2 | 4.0 | 0 | 0.003 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 220.9 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 124 | 8 | 3 | 4.0 | 0 | 0.003 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 220.9 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 125 | 9 | 4 | 4.1 | 0 | 0.003 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 220.8 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 126 | 10 | 5 | 4.3 | 0 | 0.003 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.26 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 225.9 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 127 | 11 | 6 | 4.5 | 0 | 0.004 | 2 | 2 | 0 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.24 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 229.0 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 128 | 12 | 7 | 4.7 | 0 | 0.005 | 2 | 2 | 0 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.25 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 231.1 | 0.09 | 0.09 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 129 | 13 | 8 | 5.0 | 0 | 0.007 | 3 | 3 | 0 | 3 | 5 | 5 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.24 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 238.8 | 0.09 | 0.09 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 130 | 14 | 9 | 5.2 | 0 | 0.008 | 4 | 3 | 0 | 3 | 6 | 6 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.25 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 239.4 | 0.09 | 0.10 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 131 | 15 | 10 | 5.4 | 0 | 0.010 | 4 | 3 | 0 | 3 | 7 | 7 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.23 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 239.6 | 0.10 | 0.10 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 132 | 16 | 11 | 5.6 | 0 | 0.011 | 5 | 4 | 0 | 4 | 8 | 8 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.23 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 238.3 | 0.10 | 0.10 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 133 | 17 | 12 | 5.7 | 0 | 0.013 | 5 | 4 | 0 | 4 | 9 | 9 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.23 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 237.0 | 0.10 | 0.10 | 0.0 | 0 |
| 2014 | 134 | 18 | 13 | 5.8 | 0 | 0.014 | 6 | 4 | 0 | 4 | 10 | 10 | 0 | 0.0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.23 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 235.1 | 0.10 | 0.11 | 0.0 | 0 |

## Výstup modelu v DSSAT



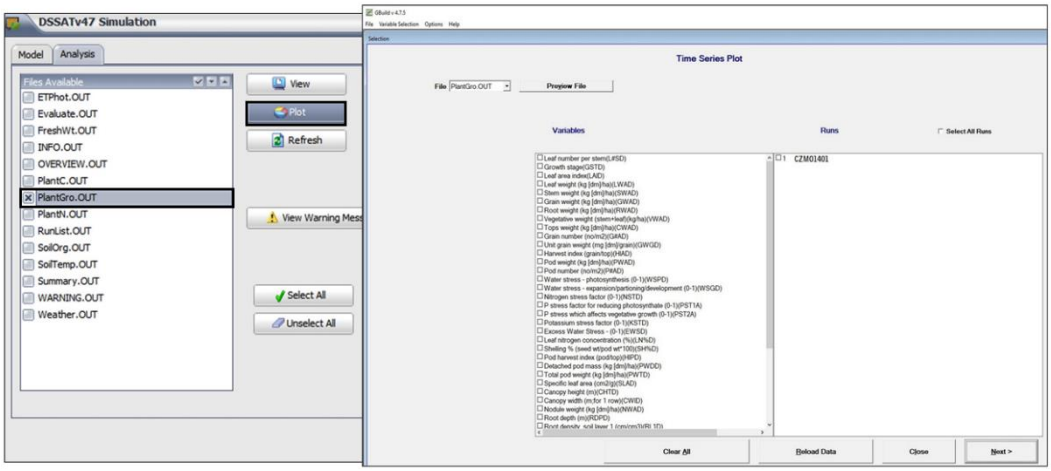

**Výstupní soubor DSSAT – „Shrnutí“**

# Výstup modelu v DSSAT



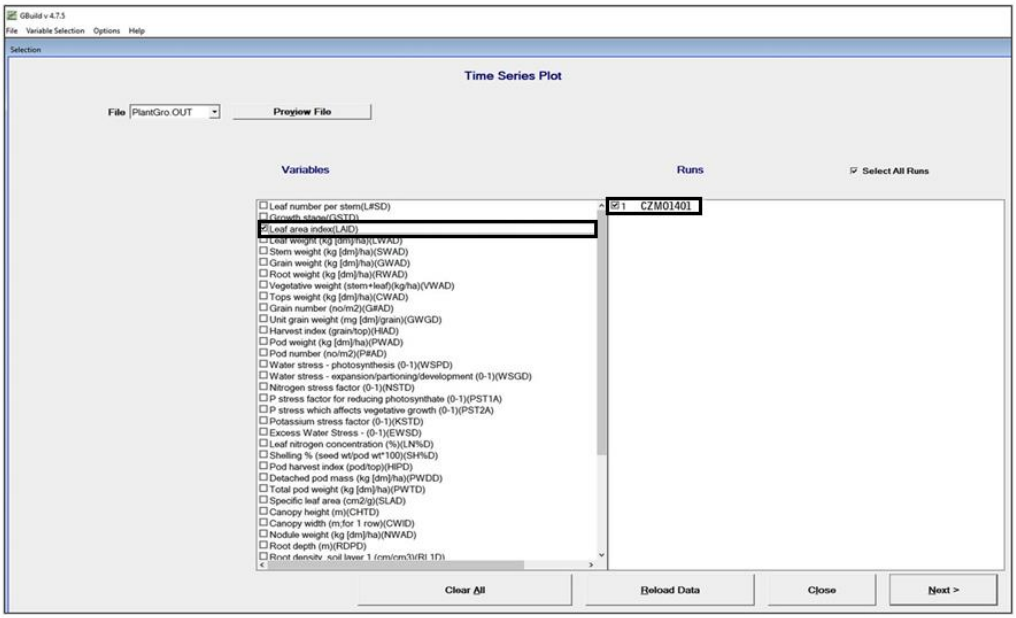

**Výstupní soubor DSSAT – „VAROVÁNÍ“**

- **Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)**



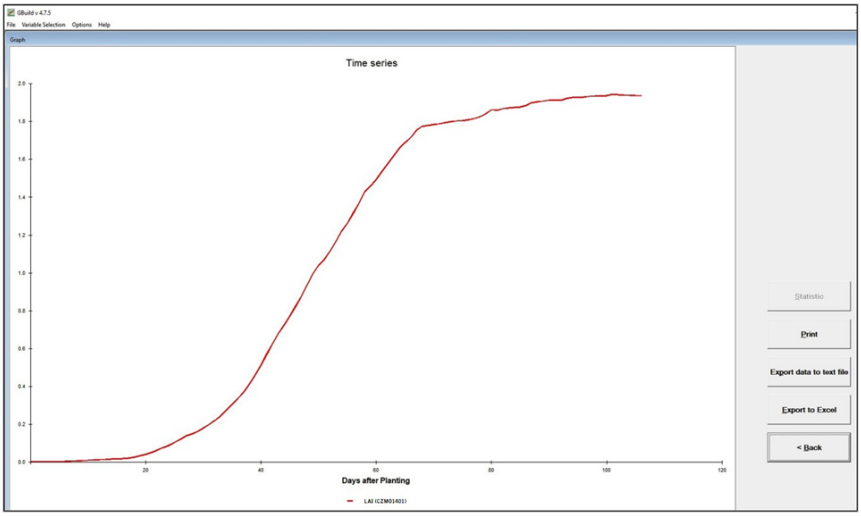

**Výstupní soubor DSSAT – „PlantGro-Time Series Plot“**

# ■ Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)



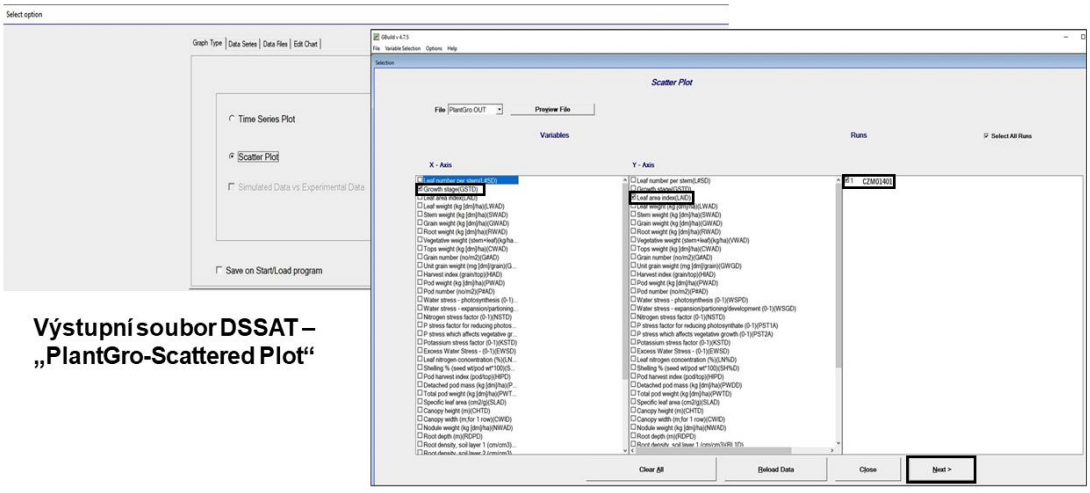

**Výstupní soubor DSSAT – „PlantGro-Time Series Plot“**

# ■ Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)




**Výstupní soubor DSSAT „Simulované LAI“**

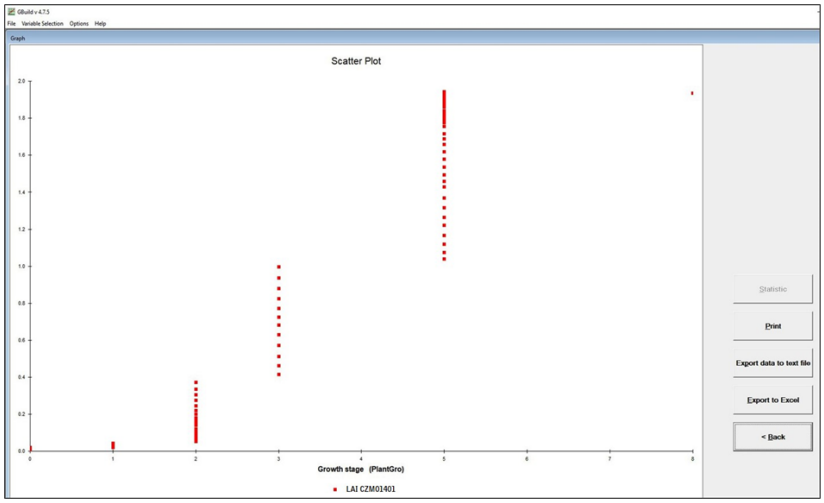
- **Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)**




**Výstupní soubor DSSAT – „PlantGro-Scattered Plot“**

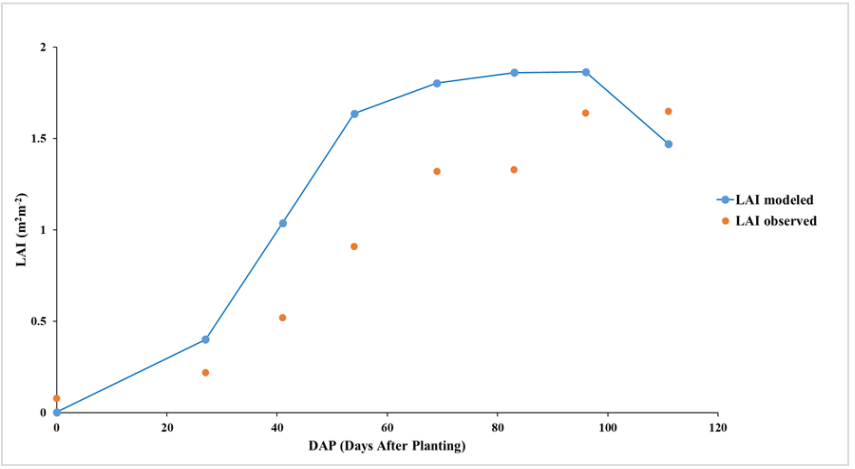
**Výstupní soubor DSSAT – „Graf (LAI vs růstová fáze)“**

- **Grafická výstupní složka DSSAT (grafy)**



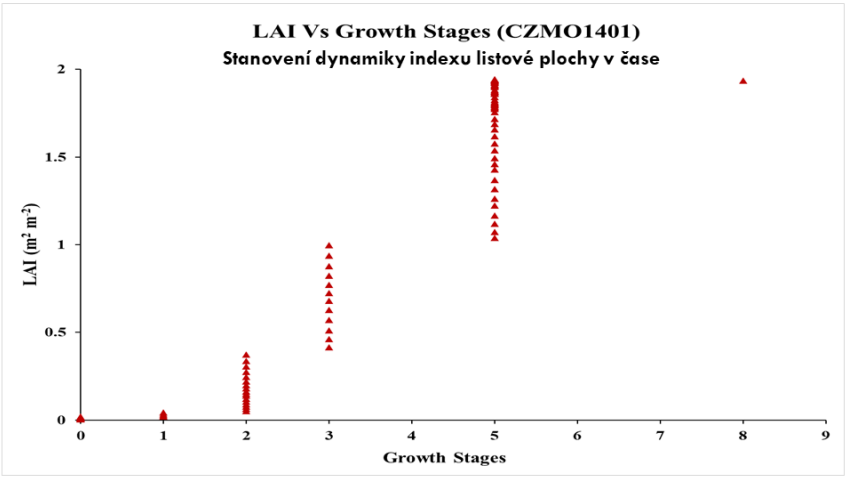

**Výstupní soubor DSSAT „Simulované LAI vs. fáze růstu“**

## Simulované parametry




**Index listové plochy (LAI) – pozorované vs modelované hodnoty**

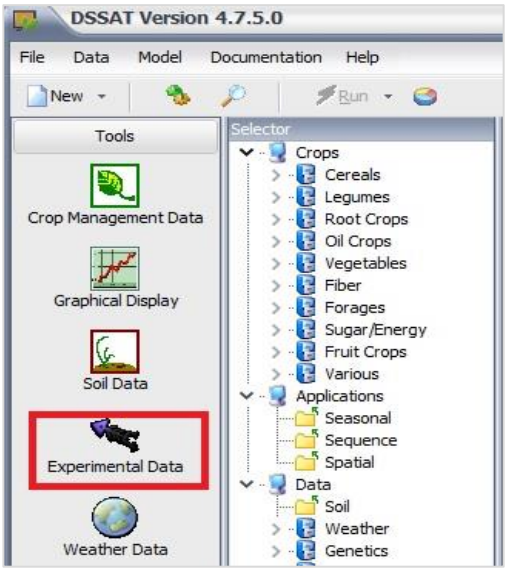
## Simulované parametry

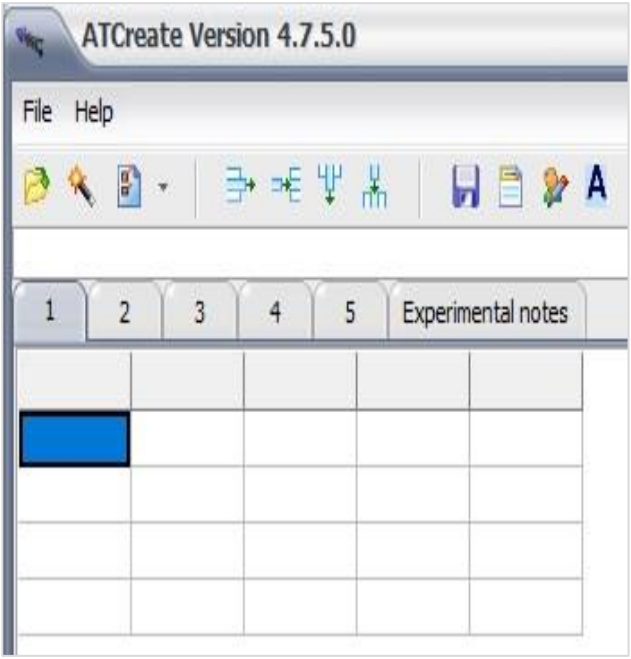



**Výstupní soubor DSSAT „Simulované LAI vs. fáze růstu" (CZMO1401)**

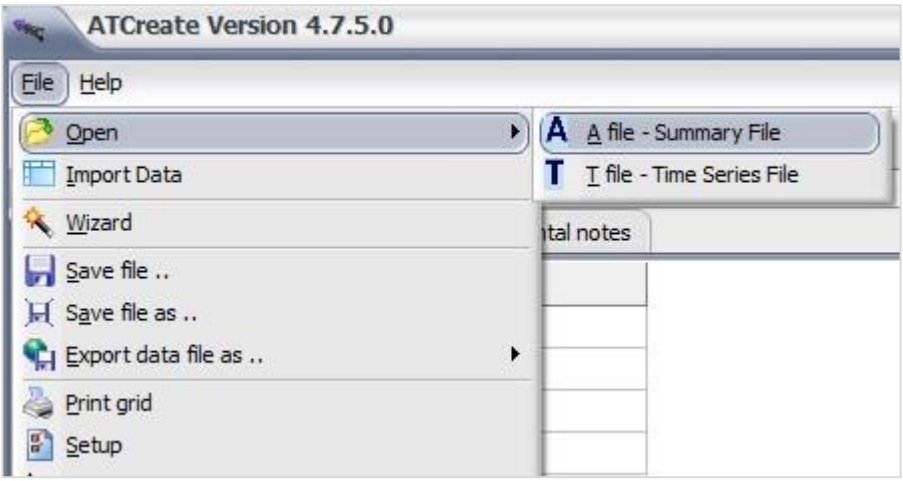
# Modul experimentálních dat:

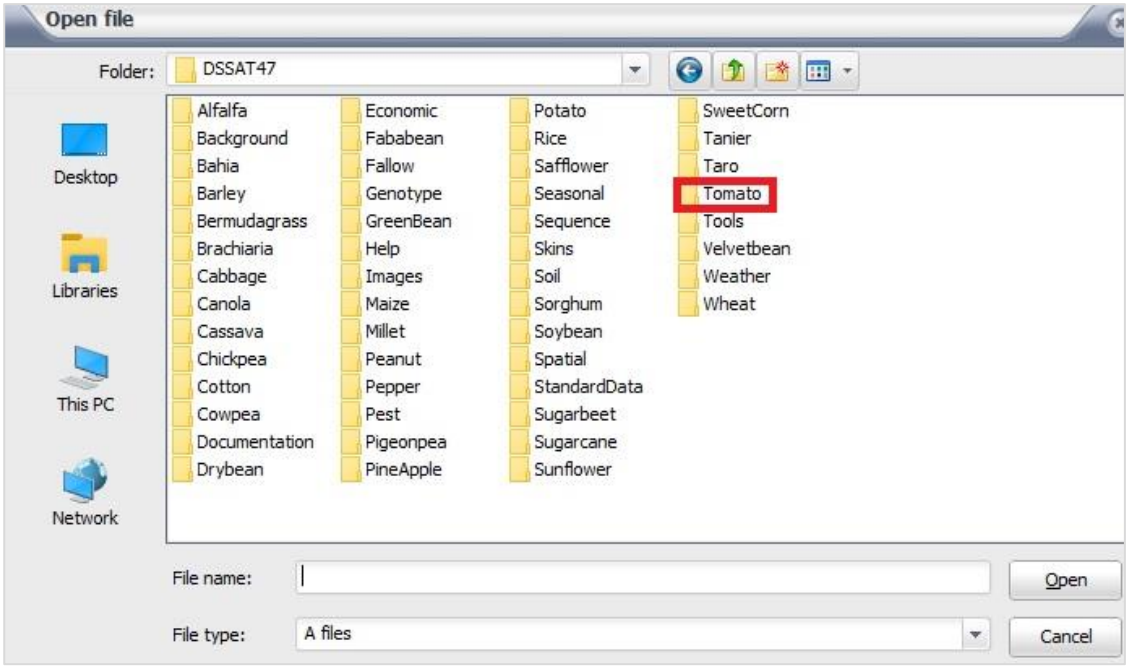
**Krok 1**: Otevřete program DSSAT a v levé liště nabídky klikněte na modul „Experimentální data". Objeví se nové okno „ATCreate".



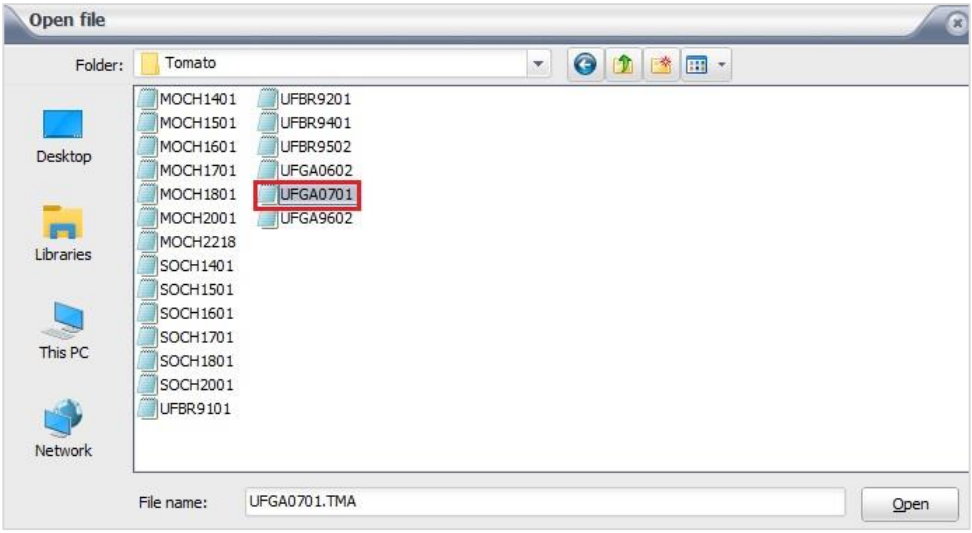



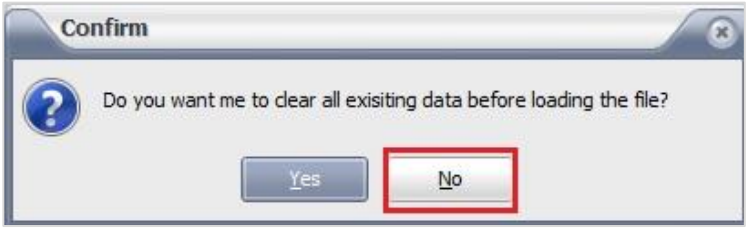

**Krok 2**: V okně „ATCreate“ klikněte na možnost „Soubor“ a z rozbalovací nabídky vyberte „Otevřít“ a možnost „Soubor – souhrnný soubor“. Kliknutím na „Soubor – souhrnný soubor“ se otevře další nové okno, kde je důležité vybrat vámi vybranou plodinu z adresáře souboru plodin DSSAT (např. „Tomato“).



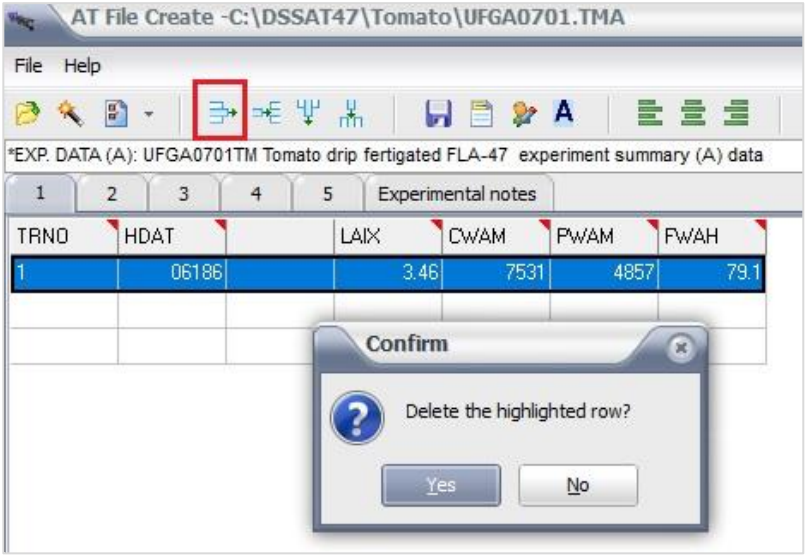




**Krok 3**: Po výběru konkrétní plodiny (např. rajče) se nyní všechny předem načtené „T soubory“ (.TMA) ze souborů rajčat otevřou v novém dialogovém okně. Vyberte libovolný soubor ze seznamu a klikněte na „Otevřít“. Kliknutím na „Otevřít“ se zobrazí jedno dialogové okno s potvrzením o vymazání všech existujících dat! Stiskněte prosím „NO“.




**Krok 4**: Po otevření souboru konkrétní plodiny nyní přepište parametry podle polní míry vybraného kultivaru v předem nahraných souborech T (.TMA). Nejprve odstraňte číselnou řadu s předem nahranými měřeními. Chcete-li řádek odstranit, vyberte řádek a klikněte na znak zobrazený v obdélníkovém rámečku na následujícím obrázku. Stiskněte „Ano“ pro potvrzení smazání. Nyní přidejte naměřená/vypočítaná data z experimentu ke všem parametrům. Jeden úplný soubor dat je uveden podle experimentálního souboru dat MOCHOV 2014 s rajčetem.

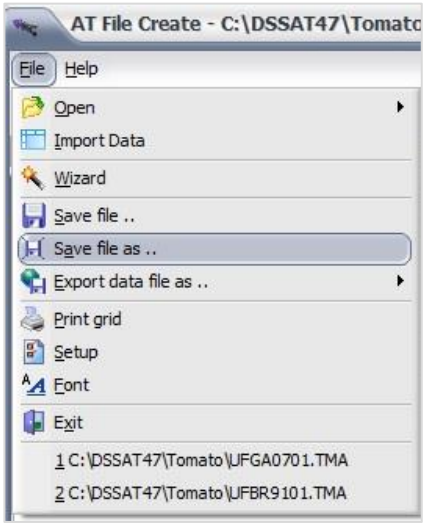


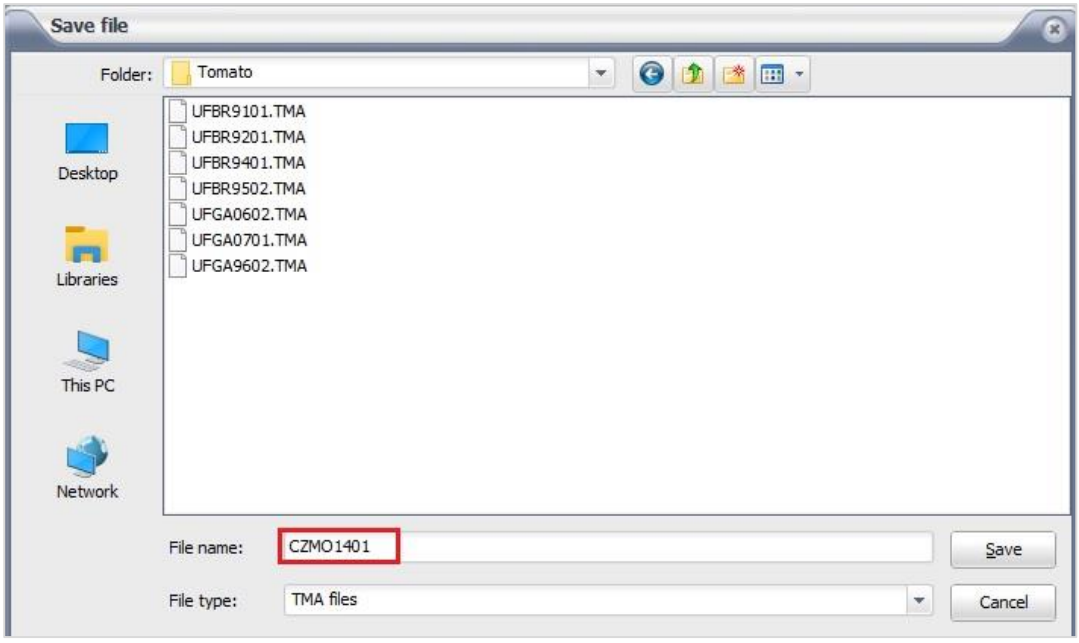

**MOCHOV 2014:**

**A File: CZMO1401**

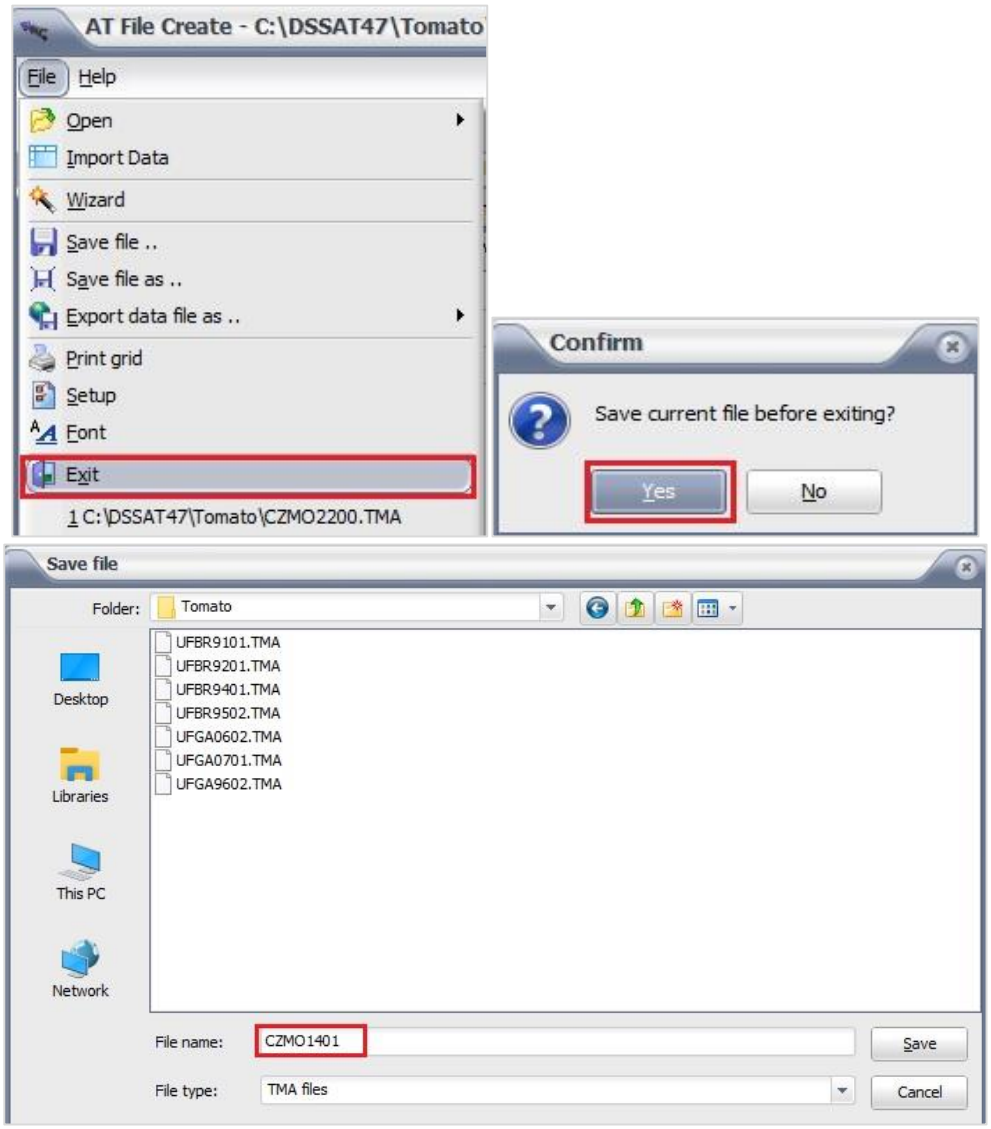
| TRNO | ADAP | MDAP | CWAM | LWAH | SWAH | PWAM | LAIX |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 56 | 76 | 5050 | 1280 | 2050 | 3060 | 1.85 |

**Krok 5**: Když bude nová datová sada začleněna, klikněte na „Soubor“ a poté v nabídce Soubor klikněte na „Uložit soubor jako“. Otevře se nové okno v adresáři plodin DSSAT. Použijte název souboru podle konvence pro pojmenování souborů (CZMO1401). Poté stiskněte „Uložit“.



**Krok 6**: Po úvodním „Uložit soubor jako“ klikněte na „Konec“ z možnosti „Soubor“. Objeví se další potvrzovací dialogové okno o „uložení aktuálního souboru před ukončením“. Stiskněte „Ano“. Otevře se stejný adresář plodin DSSAT pro konečné pořadí uložení, kde by měl soubor mít stejný název jako v předchozím kroku „Uložit“ (např. CZMO1401). Poté stiskněte tlačítko „Uložit“ a všechna okna se automaticky zavřou.




**Krok 7**: V hlavním rozhraní programu DSSAT klikněte na „Soubor“ a aktualizujte LST soubory pomocí „Aktualizovat všechny soubory seznamu“.

## Studijní literatura a studijní pomůcky


Boote, K.J., Rybak M.R., Scholberg J.M.S., Jones J.W. 2012. Improving the CROPGRO-tomato model for predicting growth and yield response to temperature. HortScience 47, 1038–1049.

Boote, K.J. (Ed.). 2019. Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom. https://shop.bdspublishing.com/store/bds/detail/workgroup/3-190-82506.

Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy 18:235-265.

Hoogenboom, G., C.H. Porter, K.J. Boote, V. Shelia, P.W. Wilkens, U. Singh, J.W. White, S. Asseng, J.I. Lizaso, L.P. Moreno, W. Pavan, R. Ogoshi, L.A. Hunt, G.Y. Tsuji, and J.W. Jones. 2019. The DSSAT crop modeling ecosystem. *In*: p.173-216 [K.J. Boote, editor] Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom (http://dx.doi.org/10.19103/AS.2019.0061.10)

Hoogenboom, G., C.H. Porter, V. Shelia, K.J. Boote, U. Singh, J.W. White, W. Pavan, F.A.A. Oliveira, L.P. Moreno-Cadena, J.I. Lizaso, S. Asseng, D.N.L. Pequeno, B.A. Kimball, P.D. Alderman, K.R. Thorp, M.R. Jones, S.V. Cuadra, M.S. Vianna, F.J. Villalobos, T.B. Ferreira, W.D. Batchelor, J. Koo, L.A. Hunt, and J.W. Jones. 2021. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.8 (DSSAT.net). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

Fernandes, J.M., W. Pavan, D. Pequeno, R. Wiest, C.A. Holbig, F. Oliveira, G. Hoogenboom. 2019. Improving crop pest/disease modeling. *In*: p.127-147 [K.J. Boote, editor] Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom. http://dx.doi.org/10.19103/AS.2019.0061.07.

Hoogenboom, G., C.H. Porter, K.J. Boote, V. Shelia, P.W. Wilkens, U. Singh, J.W. White, S. Asseng, J.I. Lizaso, L.P. Moreno, W. Pavan, R. Ogoshi, L.A. Hunt, G.Y. Tsuji, J.W. Jones. 2019. The DSSAT crop modeling ecosystem. *In*: p.173-216 [K.J. Boote, editor] Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom. http://dx.doi.org/10.19103/AS.2019.0061.10.

Muntean, N., Chawdhery, A.R., Potopová, Vera, Tűrkott, L. 2021. The ability of CROPGRO-Tomato model to simulate the growth characteristics of Thomas F1 tomato cultivar grown under open field conditions. *Journal of Agricultural Science*, 1–15. https://doi.org/10.1017/S0021859621000770.

Potop V., Türkott L. 2014. Agronomická evidence vstupních dat pro růstový model zelenin CROPGRO. Úroda 62, 405–408.

Potopová, V., Tűrkott, L., Hiřmanová, D. 2016a. CROPGRO-tomato model for simulated growth parametres of field-grown tomato in the Elbe lowland conditions. In: Crop modelling for Agriculture and Food Security under Global change. 15-17 March 2016, Berlin. 360-361.

Potop(ová) V., Mateescu E., Tűrkott L., Zahradníček P., Boroneant C., Constantinescu F., Iamandei M. 2016b. Application of DSSAT model to simulated thermophilic crops in

central and southern Europe. In: Mendel and Bioclimatology 03.09.2014, Brno: Mendel University in Brno. 273-285.
Potopová V., Zahradníček P., Štěpánek P., Tűrkott L., Farda A., Soukup J. 2016c. The impacts of key adverse weather events on the field-grown vegetable yield variability in the Czech Republic from 1961 to 2014. Int. J. Climatol. doi:10.1002/joc.4807.
Potopová, V. 2018. Nové poznatky, které jsou odrazem změny klimatu – vliv sucha na rostlinnou produkci. Agromanuál, roč. 13, č. 8, s. 102-105. ISSN: 1801-7673.
Potopová, V., Türkott, L., Muntean, N., Možný M. 2020. CROPGRO-Tomato model for simulating impact of compound climate events on tomato grown. In: the second international crop modelling symposium (iCROPM 2020). Crop Modelling for Agriculture and Food Security under Global Change. Montpellier, France 3-5 February 2020.
Potopová, V. 2020. Změna klimatu a jeho ochrana jako priorita politické debaty. In: Polaková J., Potopová V., Holec J. Ochrana přírodních zdrojů v kontextu politiky rozvoje venkova. 250 s. ISBN: 978-80-213-3017-7.
Potopová, V., Castraveț, T., Chawdhery, MD. R.A. 2022. Climate change, modelling, and adaptation measures. Lectures for students. Digital edition. Chisinau – 2022. Artpoligraf. 217 pp.