

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Potenciál pěstování sóji v podnebí České republiky**

**Bakalářská práce**

**Vojtěch Krýza**

**Rostlinná produkce**

**doc. Dr. Mgr. Vera Potopová**

**© 2021 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Potenciál pěstování sóji v České republice" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3. května 2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Dr. Mgr. Vere Potopové za její velmi vstřícný přístup a poskytování některých potřebných informací, které bych sám obtížně získával. Za zmínku stojí i pomoc pana Štěpána Pavelky z Argo Verdek a.s., díky kterému má práce vzhled do reality pěstování sóji v podnebí Podkrkonoší. Nesmím opomenout ani své spolužáky z Genderově nevyvážené skupiny za psychickou podporu.

# Potenciál pěstování sóji v podnebí České republiky

## Souhrn

Sója je jednou z nejpěstovanějších plodin světa. Její vývoj a výnos je výrazně ovlivněn proměnlivým počasím a klimatickými jevy. Cílem této bakalářské práce bylo určit, zda pěstování sóji luštinaté (*Glycine max* L.) má v České republice smysl a jestli v důsledku klimatické změny má sója potenciál na zařazení do dlouhodobých osevních postupů. Práce analyzuje vlhkostní a teplotní požadavky, vhodnou pěstební technologii a chyby, kterých se při pěstování sóji zemědělci dopouští. Dále jsou v práci rozebrány nároky rostlin sóji při setí pro různé typy oblastí v České republice.

V práci je zdůrazněn rozsáhlý výzkum z Jižní Ameriky, v němž je jasně dokázána důležitost přístupu vody pro rostliny sóji v prvních měsících vegetačního období. Dalším zaměřením této práce bylo vytvoření specifických osevních postupů pro zemědělské podniky s různými podmínkami pro pěstování sóji. Agrotechnické údaje od Agro Verdek a.s. byly demonstrovány v Kartě plodiny, která ukazuje průběh a zásahy do vegetace během jednoho roku v podnebí České republiky.

Vzhledem k tomu, že sója je pro svět důležitým zdrojem oleje a bílkovin, je rozsáhlá část práce věnována správné výživě sóji a ochraně před nejvýznamnějšími chorobami, škůdci, plevely. Tyto se praktiky po celém světě velmi různí. Trendem ve většině zemích, které pěstují sóju, jsou pěstební postupy s výraznými zásahy do porostu. Výsledky rešerše ukazují, že v posledních desetiletích vyvinuli vědečtí pracovníci ze zemědělských oborů velké úsilí, které vedlo k razantnímu zvýšení světové produkce sóji. USA, Brazílie, Argentina a Čína jsou hlavními zeměmi produkujícími sóju. Čína společně s Evropskou unií jsou největšími dovozci sóji. Česká republika je méně významným producentem i v rámci Evropské unie, kde se podílí na zhruba 1/60 celkové produkce.

Důležitým zjištěním je skutečnost, že v důsledku oteplování má sója luštinatá v České republice všechny předpoklady pro další procentuální růst mezi plodinami pěstovanými u nás. Sója je ovšem velmi citlivá na nedostatek vody. Zejména ve fázi květu až do naplnění lusků, což je od července do poloviny srpna. V tomto období může mít nedostatek vody fatální vliv na konečný výnos.

**Klíčová slova:** pěstování sóji, výnosy ve světě, klimatický model, růstový model.

# The potential of soybean cultivation in the climate of the Czech Republic

## Summary

Soybean is a widely cultivated crop; however, its growth and yield are markedly affected by adverse weather and climate events. The aim of the bachelor's thesis was to determine whether the cultivation of soybeans (*Glycine max. L*) in the climate change of the Czech Republic makes justification to include in permanent rotation. The thesis analyzes the moisture and temperature demands, the appropriate technology, the errors in their cultivation made by farmers. Furthermore, the thesis seeks to find requirements for sowing soybeans in various areas of the Czech Republic.

The work emphasizes extensive research in South America, which clearly demonstrates the importance of water demand in soybean cultivations during the first months of the growing season. Another focus of this work was to characterise the agrotechnice of soybeans designed for companies with different conditions for growing soybeans. The agrotechnice data from Agro Verdek a.s. was used to show a practical model of grown soybeans and how it is necessary to intervene with herbage during the growing season in the Czech Republic.

Since soybean is an important source of oil and protein for the world, an extensive part of the thesis is devoted to the nutrition of soybeans, protection against the most significant diseases, pests and weeds. Soybean production practices vary widely around the world. However, the trend in many countries is toward large scale, high input soybean production practices. The results of reserchers show that during the past decades, concerted efforts have been made by crop scientists and soybean growers leading to an increase in the world production of soybean. The United States, Brazil, Argentina, and China are major soybean-producing countries. China and the European Union are the largest importers of soybeans. The Czech Republic is a less important grower even within the European Union, accounting for about 1/60 of the total production. An important finding is the fact that due to warming, soybeans in the Czech Republic have all the prerequisites for further significant percentage growth among crops grown in our country. Despite of that, soybeans are extremely sensitive towards water deficiencies. This happens especially from the stage of flowering until pod filling which is from late July to mid-August. Within this period, water shortages cause massive flower and pod dropping and hence considerable yield losses.

**Key words:** soybean cultivation, world yields, climate model, growth model,

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Sója luštinatá (<i>Glycine max</i> L.).....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Význam sóji.....	11
3.1.2 Agrotechnika sóji.....	11
3.1.2.1 Setí sóji.....	13
3.1.2.2 Karta plodiny.....	15
3.1.2.3 Osevní postupy se zařazením sóji.....	16
3.1.3 Výživa sóji.....	18
3.1.4 Ochrana sóji.....	18
3.1.4.1 Plevel.....	18
3.1.4.2 Choroby.....	19
3.1.4.3 Škůdci.....	22
3.1.5 Šlechtění a semenářství.....	23
3.1.5.1 Odrůdy.....	24
3.1.6 Chemické složení a produkty.....	27
3.1.6.1 Produkty ze sóji.....	28
3.1.7 Vývoj osevních ploch.....	29
3.1.8 Abiotické faktory.....	31
3.1.8.1 Sluneční záření.....	32
3.1.8.2 Teplo.....	32
3.1.8.3 Atmosféra.....	32
3.1.8.4 Voda.....	32
3.1.8.5 Půda.....	32
3.1.9 Biotické faktory.....	33
3.1.9.1 Půdní organismy.....	33
3.1.9.2 Škůdci.....	33
3.1.9.3 Nemoci.....	33
3.1.9.4 Plevel.....	33
3.1.9.5 Člověk.....	33
<b>3.2 Sója a klima.....</b>	<b>34</b>

3.2.1	Růstové modely .....	35
3.2.1.1	WOFOST .....	37
3.2.1.2	DSSAT .....	38
3.2.1.3	HERMES.....	39
3.2.1.4	DAISY .....	40
3.2.1.5	AQUACROP .....	41
3.2.2	Agroklimatické podmínky v ČR v posledních 60 letech .....	41
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>45</b>

# 1 Úvod

Po celém světě stoupá zájem o pěstování sóji. Jinak tomu není ani v České republice. Proto bych se chtěl ve své bakalářské práci zabývat tím, jestli je sója opravdu tou perspektivní plodinou a má smysl pro podniky po celé České republice uvažovat nad jejím zařazením do stálého osevního postupu.

Pro začátek je potřeba ozřejmit, jak se sója pěstuje. Je plodinou zlepšujícího charakteru a obecně se dá říct, že má pozitivní vliv na půdu. Nezanedbatelný význam má i v osevních postupech, kde jako alternativa např. hrachu působí jako přerušovač intenzivních obilných sledů. Semena sóji obsahují značné množství významných bílkovin a velmi hodnotný tuk. Mezi luskovinami jí patří první místo v produkci bílkovin a tuků na jednotku plochy. Způsobem využití se řadí mezi olejní, biologicky mezi luskoviny.

Sója není náročná na výživu, většinu dusíku si umí získat sama a jen výjimečně ji musíme hnojit. Co je pro sóju Achillova pata, tak biologické faktory. Často v jejich porostech hrozí zaplevelování, kdy nejnebezpečnějším plevelem je pcháč oset. Velký potenciál na negativní ovlivnění výnosu mají i škůdci (např. sviluška chmelová) nebo choroby (např. fusariové vadnutí).

Šlechtitelským cílem u sóji je vyšlechtit odrůdu s jistým výnosem, odolnou jarním mrazíkům a chladu na začátku vegetace a vyšším nasazením lusků.

Podíl mezi všemi plodinami, které se pěstují na území České republiky se u sóji zvýšil zhruba třikrát za posledních 15 let. Momentálně plochy oseté sójou představují každoročně hodnoty kolem 0,5 % z celkové plochy. Ve světě je sója nejpěstovanější plodinou pro olej a patří mezi 4 nejfrekventovanější plodiny na polích vůbec.

Sója luštinatá je teplomilná plodina, a to jí dává předpoklad k nižším výnosům v podnebí České republiky. Hlavními limitními faktory pro její správný růst je teplota a vláha. Vývoj podnebí v posledních letech nasvědčuje, že se sóje bude více dařit a má velký potenciál se zařadit mezi tradiční rostliny pěstované v České republice.



## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je zjištění, zdali má sója při současném vývoji klimatu potenciál pro zařazení do stálého osevního postupu. Dále srovnání s okolními státy a světovými velmocemi v pěstování sóji a porovnání podnebí s Českou republikou. Součástí bude i sestavení osevního postupu se sójou a popsání jejich nároků na klima.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Sója luštinatá (*Glycine max* L.)

Slavík (2000) uvádí, že sója je podle taxonomického zařazení definována takto:

Rod: **sója** (*Glycine*)  
Čeleď: **bobovité** (*Fabaceae*)  
Řád: **bobotvaré** (*Fabales*)  
Třída: **vyšší dvouděložné** (*Rosopsida*)  
Oddělení: **krytosemenné**  
(*Magnoliophyta*)  
Podříše: **cévnaté** **rostliny**  
(*Tracheobionta*)  
Říše: **rostliny** (*Plantae*)



Obrázek 1: habitus sóji (Horčíčko 2004).

Sója pochází z východní Asie. V Evropě se pěstuje od 1. světové války. Je jednoletá, podobná fazolu (Dudík et al. 1966).

Kulturní sója je diploidizovaný tetraploid ( $2n=40$ , samosprašná dvouděložná rostlina). Sója luštinatá (*Glycine max*) zahrnuje přes 75 druhů. Sója může za vhodných podmínek narůst až 1,5 m, běžné porosty dorůstají do výšky cca 1 m. Kořenový systém je sestaven z hlavního kořene, který je kulový a zužuje se směrem dolů. Kolem něj se vytváří mohutná síť postranních kořenů, které jsou většinou delší než samotný hlavní kořen. Na hlavních i vedlejších kořenech se vyskytují drobné hlízky, které vznikají působením bakterií *Rhizobium japonicum*. Lodyha je hrubá, na průřezu okrouhlá, 0,5 – 0,8 m dlouhá. Kultivary sóji jsou z většiny pokryty trichomy. Primární listy má sója jednoduché, sekundární listy jsou většinou trojčetné. Při samotném nazrávání listy žloutnou a opadávají. Květenstvím jsou drobné hrozny, uspořádané po 3-8. Korunní lístky mohou být bílé až fialové. Plodem je lusk, který bývá bílý nebo lehce zakřivený a dosahuje délky od 2 do 7 cm. V lusku se nachází 1-4 semena (většinou 3). Na jedné rostlině se tvoří 20-40 lusků. Existují kultivary sóji, které mají semena podlouhlé či ploché, většinou ale nacházíme semena kulatá až oválná. Barva semen je velice různorodá, nejčastěji žlutá, ale může být i jiná (šedá, zelená, hnědá i černá). Sója je pěstovaná komerčně ze semene. Jednotlivé kultivary se v umělých podmínkách kříží pro šlechtitelské účely. Blizna je citlivá k opylení zhruba 24 hodin před

vykvetením a dalších 48 hodin po vykvetení. Díky tomu dochází většinou k opylení ještě před otevřením květu. Klíčivost výrazně klesá po 3 letech (Kuchtík et al. 1995).

### 3.1.1 Význam sóji

Sója obsahuje vysoké procento velmi hodnotných bílkovin (35 %) a poměrně mnoho tuku (18-22 %); rovněž má vysoký obsah lecitinu. Je hodnotnou potravinou, nezralá i zralá semena se buď konzervují, nebo konzumují přímo. Zralá semena se zpracovávají na mouku, uplatňují se při výrobě čokolády, do sýrů, kaseinu atd. Ze sójových semen se rovněž lisuje kvalitní olej, který se zpracovává v potravinářském průmyslu nebo je hodnotnou surovinou při výrobě laků, barev apod. Pokrutiny nebo extrahovaný šrot jsou výborným jadrným krmivem. Sója je také dobrým krmivem pro všechna domácí zvířata, a to jak nazeleno, tak i na seno nebo zrno (Dudík et al. 1966).

### 3.1.2 Agrotechnika sóji

Samotný způsob pěstování sóji se v průběhu let vyvíjí. Poznatky z 60. let od Dudík et al. (1966) říkají, že sóje nejvíce vyhovují půdy středně těžké až lehčí, hlinité, hlinitopísčité, dobře zásobené vápnem, biologicky činné. V osevním postupu se zařazuje po okopanině, olejině nebo i po obilnině. Snáší se i sama po sobě. Hnojí se k ní hlavně draselným a fosforečným hnojivem, v běžných podmínkách je třeba pro střední výnos 50-80 kg síranu amonného, 150-200 kg 40% draselné soli a 200-250 kg superfosfátu na 1 hektar. Sója požaduje dobře prokypřenou, čistou, včas na podzim hluboko zoranou půdu. Časně zjara se půda usmykuje a 2-3krát do setby vláčí, aby nevyschla, a došlo k zničení klíčících plevelů. Před setím by měla být rozmetána hnojiva a půda se podle potřeby ještě zkypří. Osivo se očkuje Nitrazonem s bakteriemi specifikovanými pro sóju. Semeno se vysévá do dobře prohřáté půdy (10-12 °C), do řádků širokých 30-40 cm nebo i 45 cm (k plečkování se dá použít nářadí připravené na cukrovku). Hloubka setí je 3-5 cm, výsevek 70-110 kg na 1 hektar. Během růstu se sója plečkuje. Plevel se hubí herbicidy (Gesagard 50 dávkou 2 kg na 1 ha). Půdní škraloup se před vzejitím a při vzcházení rozrušuje ježkovými válečky, po vytvoření 2 pravých lístků bránami (příčným vláčením); tím se také dá upravit počet rostlin v řádcích. Za optimální vzdálenost rostlin v širokých řádcích 30 cm se považuje 8-10 cm. Po vláčení se jednou až třikrát plečkuje. Menší plochy se sklízí travním žací strojem nebo speciální žací lištou na luskoviny, a to zrána za rosy, protože zralá semena snadno vypadávají. Na větší výměře se uplatní dvoufázová nebo i přímá sklizeň žací mlátičkou. Mlátí se opatrně, aby se semeno nepůlilo. Po sklizni se semeno přečistí a dosuší. Z 1 ha se sklízí 1-2 t semene a 2-3 t slámy, v příznivém stanovišti i více.

Pokud srovnáme výše zmíněné informace s vědomostmi, které máme o 50 let později, tak zde drobné nuance jsou. Jedním z rozdílů je dle Podrábský (2002) nevhodnost pěstování sóji po bramborách. Důvodem jsou podobná plevelná spektra. Stejně tak

nevhodnou předplodinou je slunečnice, jejíž výdrol sóju výrazně zapleveluje. Dále se také nedoporučuje pěstovat sóju po jiných luskovinách. Sója má vysoké nároky na vlhkost vzduchu a na půdní vláhu. Pro sóju je důležité v době květu a nasazování lusků, aby měla dostatek vody. Ideál pro sóju v našich podnebných podmínkách je roční úhrn srážek 580–600 mm. Při setí sóji je klíčovým parametrem teplota půdy, která by měla být minimálně 7,5 °C v závislosti na půdním druhu. Mladé rostliny mohou krátkodobě odolávat pozdním mrazíkům s teplotami kolem -3 až -5 °C. Standartní výsevek je kolem půl milionu klíčivých semen na hektar, což odpovídá 100–120 kilogramům na hektar. Díky větší velikosti semen se seje do hloubky 4–6 cm, vzdálenost mezi řádky je 25–30 cm. Dalším rozdílem oproti předešlým poznatkům je téměř vymizení pěstební technologie, kdy pěstujeme sóju na širší řádky s využitím plečkování (Houba et al. 2009). Vzhledem k předplodině je vhodná hnojená cukrovka nebo kukuřice. Dobrou předplodinou jsou i obilniny. Půdy vyžaduje hluboké, hlinité, jílovitohlinité nebo písčitohlinité, které jsou dobře provzdušněné (Lahola 1990).

Sója rozhodně nepatří mezi nejjednodušší plodiny pro pěstování a chyb vzniká několik:

- Špatné ošetření pcháče (*Cirsium arvense*) vede k výnosovým ztrátám. Obecně platí, že kde roste pcháč, neroste sója. Pokud není pcháč odstraněn preemergentně nebo v rámci zpracování půdy, nelze herbicidně redukovat během vegetace.
- Přílišnou kultivací půdy před zasetím dochází k nechtěnému provzdušnění půdy a ta je v době setí vyschlá.
- Sója potřebuje dostatek srážek, a proto nemůže být pěstována v oblastech srážkových stínů, kde je navíc půda hodně písčitá.
- Důležitý je správně srovnaný pozemek, aby vývoj probíhal rovnoměrně ve všech patrech rostliny a ta stihla uzrát i ve spodních patrech.
- Pokud byla předplodinou například cukrová řepa, je velké riziko kolejí. V místech kolejí je ztuhlá půda, kde sóje hůře prorůstají kořeny.
- Problémem bývá i odmítání použití preemergentních herbicidů. Postemergentní přípravky, s výjimkou graminicidů, stresují mladé rostliny sóji a následně dochází k částečné redukci porostu, zkrácení stébla a prodloužení vegetace.

- Chyby vznikají i při sklizni. Velké sklizňové ztráty vznikají nevysečením spodních pater lusků. Příčinou je špatné urovnění pozemku nebo přílišná rychlost. Ztráty vznikají také špatným seřizováním kombajnu – při sklizni je nutné sledovat, zda jsou všechna semena z lusků vymlácena a zda nevypadávají za kombajnem. V případě polehnutí porostu je nutné sklízet v protisměru (Podrábský 2002).



Obrázek 2: sklizeň sóji.

### 3.1.2.1 Setí sóji

U sóji je velice důležitou kapitolou setí. Při něm může vznikat několik chyb. Mezi ně patří zasazení hnojiva příliš mělce, kdy může docházet k zaschnutí klíčků a následkem je nevyrovnaný porost. Další chybou bývá vynechání aplikace inokulantů (Nitrazon N+, který obsahuje kmeny rizóbií a půdních bakterií, které jsou schopny nahradit až 30 kg N a zpřístupnit podobnou dávku P). Kvůli absenci inokulantů dochází ke ztrátám na výnosu až o 20 %, polehání porostů i nežádoucímu prodloužení vegetace o několik týdnů. Dalším problémem při setí může být podcenění výsevu, z kterého plyne nízký zaplevelený porost s malým počtem lusků v horních patrech rostliny (Podrábský 2002). Dle pokusů Štranc et al. (2012) se ukazuje, že teplotnost sóji, zejména v případě její počáteční růstové fáze, je poněkud přeceňována a na rozdíl od toho jsou její nároky na vláhu někdy podceňovány. Rovněž tak je málo brán zřetel na fotoperiodickou citlivost sóji na její nároky na délku dne. Ze sledování vyplývá, že při současném trendu stoupání průměrných teplot v důsledku globálního oteplování lze sóju vysévat již při teplotě půdy 7-8,5°C. Toto rozpětí teplot funguje pro sóju vysetou na lehčích, strukturnějších půdách, naopak na těžkých, méně strukturních půdách, které se vyznačují lepší vodivostí tepla a nacházejí se v celkově chladnějších polohách, je vhodné zahájit výsev při vyšší teplotě (8,5–9,5 °C). Pokud agronom volí časný výsev sóji do vlhčí půdy, měl by dodržet menší hloubku uložení semen. V závislosti na druhu půdy 2,5-4 cm. Vrchní vrstva půdy se díky postupnému vzestupu teplot vzduchu rychleji prohřívá a sója má čas při dostatečné vlhkosti půdy rychle nabobtnat, vyklíčit a rovnoměrně vzejít. Pokud dochází k setí sóji později, kdy bývá povrch půdy sušší, tak je vhodné semeno do vlhčí půdy kolem 5 cm. Limitní hloubkou je ovšem 6-7 cm, protože při hlubším setím dochází k přílišnému „vysílení“ semene. Při nevhodném počasí, kdy pole sužuje chlad, lze termín setí o pár týdnů odsunout. Důležitým prvkem je i maximální vlhkost půdy, která by neměla být nad 35 %. Půdní částice se lepí a půda se špatně prohřívá. Výsev za těchto podmínek je obtížný a nekvalitní. V případě,

že je pozdní nástup jara a musí být preferován pozdní výsev, tak je možné set i při nižších půdních teplotách (6-7 °C), protože je velice pravděpodobný brzký nástup vyšších teplot. Sója v České republice nemůže být pěstována ve všech výrobních oblastech. Se stoupající nadmořskou výškou se i logicky posouvá termín setí. V kukuřičné oblasti, kterou lze definovat nadmořskou výškou do 250 m je orientační termín výsevu 10. 4.-17. 4. v podoblastech K1, K2 i K3. V řepařské oblasti (nadmořská výška 250-350 m), v podoblastech Ř1 a Ř2 je orientační termín výsevu 15. 4.-25. 4. Méně vhodné je pěstování sóji v podoblastech Ř3 a Ř4. V obilnářské oblasti se dá pěstovat sója jen v podoblasti O1 s maximální nadmořskou výškou do 430 metrů s termínem 25. 4.-10. 5. Podle výzkumu Calviño (2003), kde bylo zkoumáno pěstování sóji v jednom roce s pšenicí, kdy byly provedeny dvě separátní sklizně v jihoamerických pampách, byl zjištěn významný vliv termínu a přísunu vody na výsledný výnos. V tabulce jsou znázorněny 2 pokusné roky, kdy byl zkoumán zavlažovaný a suchý porost v brzkém a pozdním termínu setí s různou šířkou řádku setí. K poznámkám nutno dodat, že Rok 1 byl sušší než Rok 2. Pokud byl dostatek srážek, tak sója měla relativně shodné výnosy i na nezavlažovaných pozemcích. Hlavním faktorem se podle demonstrovaného výzkumu zdá být termín setí, který velmi výrazně ovlivňoval výnos.

*Tabulka 1: výnos sóji v různých podmínkách.*

Termín setí	Dostupnost vody	Šířka řádku	Výnos (t/ha)
<i>Rok 1</i>			
19.12.	Zavlažované	0,19 cm	3,46
		0,38 cm	3
	Nezavlažované	0,19 cm	2,72
		0,38 cm	2,55
4.1.	Zavlažované	0,19 cm	2,45
		0,38 cm	2,38
	Nezavlažované	0,19 cm	2,41
		0,38 cm	2,26
<i>Rok 2</i>			
19.12.	Zavlažované	0,19 cm	3,96
		0,38 cm	3,91
	Nezavlažované	0,19 cm	3,84
		0,38 cm	3,67
4.1.	Zavlažované	0,19 cm	2,42
		0,38 cm	2,47
	Nezavlažované	0,19 cm	2,35
		0,38 cm	2,12

Závěrem ke kapitole setí sóji se dá říct, že velmi důležitým faktorem pro správný průběh vegetační doby porostu je celkový úhrn srážek a včasný termín setí, který zajistí

rovnoměrné a úplné dozrání porostu. Méně klíčovými faktory jsou šířka řádku a celkové teploty v průběhu vegetace.

### 3.1.2.2 Karta plodiny

Díky datům z Agro Verdek a.s. bylo možno sestavit reálnou kartu plodiny, která se týká sóji pěstované v roce 2020. Jak lze vidět v tabulce 2, tak agronom dodržel většinu zásad pro správné pěstování sóji. Předplodinou byla obilnina, u které je předpoklad jiného plevelného spektra. Příprava půdy proběhla dostatečně kvalitně a hluboko, kdy bylo kypřeno do hloubky 25 cm strojem Horsch terrano 4fx. Setí vzhledem k lokalitě (290 m n. m., řepařská oblast) proběhlo v dostatečně časný termín. Odrůda Silesia (viz kapitola 3.1.5.1.) je rovněž vhodnou, už jen svojí raností. Dle karty je i hezky demonstrováno použití preemergentního herbicidního ošetření, kdy byly použity totální herbicidy pro vyhubení všech vyskytujících se plevelů. Závažné choroby, které by výrazněji ovlivnily výsledný výnos porostu nebyly identifikovány. Rovněž se škůdci to bylo obdobně, kdy sice byla k vidění mšice maková (*Aphis fabae*), ale její působení nebylo natolik limitující, aby musel být proveden postřik. V tabulce 3 lze vidět, že sója ani na zmíněném porostu nebyla nijak hnojená. Sklizeň kvůli nevoli počasí proběhla opožděně o zhruba 2-3 týdny, kdy se na lusky už začala dostávat plíseň (podle laboratorních výsledků neohrozila kvalitu semen). Samotný porost byl posekán sklízecí mlátičkou New Holland CR 8.90 s pásovým adaptérem pro maximalizaci možného výnosu. Výnos byl vesměs průměrný s nadprůměrnou vlhkostí. Z osobního pozorování mohu posoudit, že sója od počátku vegetace vypadala velice nadprůměrně. Až do září byl porost hustý a rostliny bohaté na boby. Z důvodu, že byl rok 2020 srážkově nadprůměrný a v letním období nebylo tolik extrémních veder, tak

sója, oproti předchozím letům, uzrála o zhruba 14 dní později. Dalším zásahem do termínu sklizně byly vytrvalé deště v náhodných intervalech, které sklizeň opoždily. Celkový výnos vzhledem k posledním rokům byl přesto lehce nadprůměrný.



Obrázek 3: sklízecí mlátička New Holland CR 8.90, Agro Verdek.

Tabulka 2: karta plodiny, agrotechnika.

Karta plodiny		Druh: <b>Sója luštinatá</b>	Odrůda: <b>Silesia</b>	
Hon: 0612 (640-1010)		Název: <b>Sloupy</b>	Výměra: <b>4,22 ha</b>	
Předplodina <b>pšenice</b>		Sklizena dne: <b>28. 7. 2019</b>		
Podmítka dne <b>29. 7. 2019</b>	Hloubka: <b>10 cm</b> Kvalita: <b>Dobrá</b>	Způsob ošetření -		
Orba dne: -	Hloubka: - Kvalita: -	Způsob ošetření: -		
Minimalizace dne <b>15. 10. 2019</b>	Způsob <b>Kypření na hloubku 25 cm</b>			
Původ osiva: <b>ČR</b>	Kategorie osiva: <b>C1</b>	Ošetření osiva: <b>nemořeno</b>		
HTS (g) <b>436</b> klíč. <b>96 %</b> čist. <b>99 %</b>	Počet KS: <b>300 000</b>	Výsevek skut. (kg/ha) <b>130</b>		
Setí dne: 16. 4. 2020	Hloubka setí: 5 cm			
	Dat.	Činitel	Stupeň napadení	Přípravek/dávka
Plevele	<b>17. 4.</b>	<b>plevele</b>	<b>vysoké</b>	<b>Flumioxazin (50 g) + pethoxamid (1200 g)</b>
Choroby	-	-	-	-
Škůdci	-	<b>Mšice maková</b>	<b>zanedbatelné</b>	-

Tabulka 3: karta plodiny, hnojení + výsledky.

Užitkový směr pěstování: <b>Krmná sója</b>		Půdní druh: <b>hlinitá</b>			
<b>Hnojení</b>	N	P	K	Ca	Mg
Zásoba živin v půdě	Nezjištěno	97	205	1520	260
Dávka celkem:	kg č.ž./ha	0	0	0	0
Sklizeň dne: <b>17. 10.</b>	Vlhkost <b>19 %</b>	Ztráty <b>5 %</b>	Výnos <b>2.5 t netto</b>	Výnos slámy -	

### 3.1.2.3 Osevní postupy se zařazením sóji

Sója v osevních postupech je dobře snášenlivá rostlina. Má dobrý odplevelující a půdovýživný efekt. Pro ekologické hospodaření má dobré užití při pěstování na zrno, kdy může fungovat jako dobré krmivo pro prasata, ale i drůbež a skot. V ideálním osevním postupu by podíl leguminóz neměl klesnout pod 25 % a nejlépe by měl být alespoň 35-40 % (László 2006).

Díky své variabilitě může sója posloužit v různých variacích osevních postupů:



- Jetelotravní směska → Jetelotravní směska → Ozimá pšenice (podsev jetele plazivého) → Sója (meziplodina) → Okopanina → Ozimý ječmen (podsev JTS)
  - o Tento osevní postup by mohl být ideálním pro podnik, který se zaměřuje na produkci mléka. V prvních dvou letech průběžně sečeme jetelotravní směsku. Druhý rok na podzim zasejeme pšenici s podsevem jetele plazivého, který po sklizni pšenice můžeme ještě posekat. Tento postup nebude v žádném případě potřeba hnojit dusíkem (ve vegetačním období sóji), protože po jeteli bude zbytkový dusík v půdě. Pokud sklídíme sóju dostatečně včas, je možné zasít meziplodinu v podobě směsky. Tu na jaře sklídíme a následuje sázení brambor/krmné řepy. Poslední plodinou bude ozimý ječmen s podsevem jetelotravní směsky.
- Sója → Brambory → Ozimá pšenice nebo žito (meziplodina) → Oves → Řepka → Ozimý ječmen (meziplodina)
  - o Osevní postup, který by mohl být dobrým pro podnik bez chovu hospodářských zvířat. Sója po ozimém ječmeni má dobré předpoklady pro ideální výnos. Po sóje není problémem zařazení brambor pro konzumní účely. Dále následuje použití ozimé obilniny, žito v náhorních oblastech a pšenice v oblastech s teplejším klimatem. Po sklizni nastává čas na zasetí meziplodiny (např. svazenka a hořčice), která nachystá ideální prostředí pro jarní setí ovsa. Oves je jedinou obilninou, která má neutrální vztah k pěstování po jiné obilnině. Nastává rychlá sklizeň pro včasné setí řepky. Po řepce může být vhodnou plodinou ozimý ječmen, na nějž naváže opět sója.
- Jetelotravní směska → Jetelotravní směska → Ozimá pšenice nebo žito → Okopanina → Sója → Pšenice špalda (meziplodina) → Oves (podsev JTS)
  - o Pro osevní sled tohoto typu by mohly být vhodné podniky, které současně chovají skot a prasata. V prvních dvou letech probíhá sečení jetelotravních směsek, kdy v druhém roce je podle polohy podniku zasetá pšenice nebo žito. Následovat může okopanina, kterou by neměly být brambory, které výrazně zaplevelují pole pro další plodinu, jenž je sója. Vhodnou plodinou by mohla být kukuřice. Po sóje přichází pšenice špalda, alternativou může být ječmen ozimý, následovaný meziplodinou. Poslední položkou je oves s podsevem JTS.
- Jetelotravní směska → Ozimá pšenice → Sója → Směska oves a hrách → Ozimý ječmen (podsev JTS)
  - o Osevní postup pro podniky, kde převažuje chov prasat. První rok je pěstována jetelotravní směska. Následuje ozimá pšenice, po které můžeme, ale nemusíme dát meziplodinu před sójou. Po sóje následuje setí směsky ovsa a hrachu. Následnou plodinou může být ozimý ječmen nebo triticales s podsevem JTS.
- Ozimá pšenice → Olejnina (meziplodina) → Ječmen jarní → Sója

- o Osevní sled, který znám z praxe a je používaný společností Agro Verdek a.s. Rotují zde 4 typy plodin, které jsou přímo prodávány do výkupu. Stabilními prvky jsou ozimá pšenice, po které následuje olejní. Dříve byla hlavním podílem řepka ozimá, ale v poslední době ji vytlačuje z ekonomických a fytosanitárních důvodů hořčice setá nebo v případě dobrých nabídek semenářských firem svazka. V podzimním období následuje zasetí mezplodiny v podobě různých směsí. Po těchto plodinách zpravidla bývá jarní ječmen s cílem prodeje pro sladovnícký průmysl. Sója má umístění právě mezi dvěma obilninami. Tento osevní sled se dlouhodobě ukazuje jako rentabilní.

### 3.1.3 Výživa sóji

K sóje a obecně i ostatním luskovinám se obvykle nepoužívá organické hnojení. U sóji je dobré upravit aciditu půdy (pH 6,5-7,0) už u předplodiny. Vhodnou předplodinou může být obilnina. Přímé vápnění sója snese, ale není vždy zárukou vytvoření vhodných podmínek pro vegetační období. Dobré pH se projevuje na správném fungování hlízkových bakterií nebo kvalitě semene. Při hnojení fosforem a draslíkem platí obecné zásady použití P a K v osevním postupu. Oba typy hnojiv bychom měli použít už na podzim, aby mohly být zapraveny do celého půdního profilu (Vaněk et al. 2016).

Případné přihnojení mikroelementy použitím vhodného NPK hnojiva lze doporučit. Pokud na pozemku sója dosud nebyla, je vždy vhodné osivo inokulovat, příp. použít startovací dávku N 20–30 kg/ha. Dalšími potřebnými mikroelementy jsou např. železo, zinek, hořčík, síra, bór, molybden a měď (Houba 2019).

Velmi aktuální a závažnou otázkou je, zda by se sója měla hnojit dusíkem. Je to z důvodu, že samotné bobovité rostliny si díky symbióze s hlízkovými bakteriemi dokážou potřebný dusík vyrobit. Dalším důvodem je, že větší obsah dusíku v půdě na počátku vegetace snižuje počet hlízek a zpožďuje jejich nodulaci. Dusíkaté hnojivo bývá většinou neefektivní a na většině stanovišť naprosto neúčelné. Lze o něm uvažovat jen na méně úrodné půdě ve formě ledku amonného s vápencem (LAV) v dávce 40 kg čistého N na hektar (Vaněk et al. 2016).

### 3.1.4 Ochrana sóji

#### 3.1.4.1 Plevel

Hlavním pesticidním ošetření sóji u nás je použití herbicidů proti plevelům. Samotný výběr herbicidů závisí na plevelném spektru daného stanoviště a riziku fytotoxicity použitých přípravků na rostliny sóji (Štranc et al. 2017).

Základy herbicidní ochrany sóji spočívají především v jejich preemergentní aplikaci. Postemergentní herbicidy slouží spíše pro nápravu nepovedeného zásahu před vzejitím

plodiny. Mezi časté plevelné druhy v sóje patří lilek černý (*Solanum nigrum*), merlík bílý (*Chenopodium album*), béry (*Setaria* Spp.), laskavce (*Amaranthus* Spp.), svízel přítula (*Galium aparine*) a vytrvalý pýr plazivý (*Elytrigia repens*) s pcháčem (*Cirsium arvense*) (Peer et al. 2013).

Podle výsledků Štranc et al. (2019) je spektrum vhodných přípravků do porostů sóji různé. Výbornou účinností se vyznačovaly mimokomplexní herbicidní kombinace, kterými jsou např.: Stomp Aqua + Corum (kde by se na základě loňských výsledků dalo doporučit nižší dávkování tj. 2,0 + 1,0 l/ha), Quantum + Command 36 CS + Refine 50 SX např. i: Aspect Pro, Trinity + Grounded, Plateen 41,5 WG, Successor 600 + Sumimax + Backrow, Gardoprim plus Gold 500 SC + Zetrola.



Obrázek 4: plevel v sóji (Štranc 2017).

### 3.1.4.2 Choroby

Hlavním problémem sóji z hlediska pesticidních ošetření je náchylnost na choroby a následná nutnost použití fungicidů a jiných pesticidů. Obecně choroby sóji můžeme rozdělit na **virové**, **bakteriální** a **houbové**.

Typickým zástupcem **virové choroby** na rostlinách sóji je **virová mozaika**. V ranějších růstových fázích se projevuje zesvětlením žilnatiny na listech. Naopak na starších rostlinách jsou na listech skvrny světlé i tmavé s častým příznakem jejich kudrnacení. Při teplotách vyšších než 30 °C se tyto příznaky vytrácí. Semena v lusku jsou menší a mohou být strakaté, skvrny se paprskovitě rozbíhají od pupíku semene, to však automaticky neznamená infikovanost semen. Virus se přenáší infikovaným osivem. Rostliny, jež z tohoto osiva vyrostou, tak jsou dalšími původci tohoto onemocnění. Mezi vektory, které virovou mozaiku přenáší patří kyjatka hrachová (*Acirthosiphon pisum*), mšice maková (*Aphis fabae*), případně i jiné druhy. Ideální ochranou je péče o šlechtitelské porosty, kde jsou v případě napadení rostliny mechanicky odebírány (Mižík 2017).

Příkladem zástupcem **bakteriálního onemocnění** je **skvrnitost**, kterou způsobuje *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea*. Pokud jsou mladé rostlinky napadeny již při vzcházení, na děložních listech vznikají hnědé skvrny a při napadení růstového vrcholu dochází k odumření rostliny. Na starších rostlinách se zvláště na mladších listech tvoří žluté drobné skvrny nepravidelného tvaru, které hnědnou a mohou se spojovat. Kolem skvrn se tvoří žlutý okraj. Pletivo uvnitř skvrn nekrotizuje a vypadává. Po vypadnutí pletiva vznikají na listech trhliny a někdy může dojít k opadu listů. Patogen může napadat i stonky a lusky. Bakterie mohou přezimovat v posklizňových zbytcích nebo osivu. Jejich účinkem

je negativní působení na tvorbu chlorofylu. Příznivým prostředím pro rozvoj choroby je chladnější a vlhčí stanoviště. Prevencí je správné agrotechnické opatření a dodržování osevních postupů. V případě rozšíření se aplikují měďnaté přípravky (Sinclair 1989).

Jednou z nejčastějších **houbových chorob** je **plíseň sójová** způsobovaná patogenem *Peronospora manshurica*. Prvními příznaky, které se objevují na mladých listech jsou žlutozelené skvrny nepravidelného tvaru, které jsou ostře ohraničené žilnatinou. Uprostřed části skvrny hnědnou. Na spodní straně se vytvoří šedě fialově zbarvené sporangionosiče. Silně napadené listy se krotí a někdy předčasně opadávají. Infikované mohou být i lusky a semena v nich. Přezimuje pomocí oospor v zemi. Její výskyt obvykle

znamená pokles výnosu o přibližně 10 %. Aplikace fungicidu na napadené rostliny nemá kýžený účinek. Ochrana spočívá v moření osiva, které významně snižuje primární infekci oosporami, rozumná hustota porostu a pěstování rezistentních odrůd. Foliární aplikace se u nás provádí zřídka. Dobrou preventivní účinnost mají strobilurinové přípravky (Mižík 2017).



Obrázek 5: plíseň sójová (Štranc 2017).

Velmi závažnou houbovou chorobou je **fužarióza** způsobena různými druhy vláknité houby rodu *Fusarium*. Tato choroba se vyskytuje zvláště ve vlhčích půdách těžšího charakteru. Při vhodných podmínkách mohou způsobit až 50% ztráty na výnosu. Wei et al. (2015) zjistil, že na polích, kde byla pěstována dlouhodobě jen sója, byl výskyt hub rodu *Fusarium* nižší než na polích, kde se sója v osevním postupu střídala s pšenicí a kukuřicí. V návaznosti na toto zjištění doporučil nepřetržité pěstování sóji v úrodných černozemích, které se nachází v severovýchodní Číně. Nejčastějším patogenem je *Fusarium oxysporum*. Je původcem hniloby kořenů především ve fázi kvetení. Infikované rostliny žloutnou, nadzemní část vadne, listy hnědnou a zůstávají na rostlině. Na hypokotylu jsou pletiva napadené hnilobou, viditelnou na průřezu. Tato hniloba napadá i kořenový systém a dochází k destrukci pletiv. Hypokotyl se často láme. Na průřezu spodní části stonku a kořenů je vidět zčernání cév. Tato choroba je ve vlhku nebezpečná hlavně proto, že se rostliny snaží vytvořit adventivní kořeny, které jsou mělce rozloženy, tenké a slabé. Při polehnutí se kořeny začínají tvořit i na stonku a někdy i na níže položených větvích až do výšky 15 cm. Po proschnutí půdy tvořící se laterální kořeny usychají. Během vlhkého počasí může infekce zasáhnout i lusky. Semena, která vyrostou, jsou prorostlé hyfami. V létě během vyšších teplot a snížené půdní vlhkosti rostliny sóji vadnou. Za takových podmínek ke hnití kořenů dochází zřídka. Další fusaria (*Fusarium solani*, *Fusarium culmorum*) napadají především mladší rostliny. Haware et al. (1996) zjistil, že mycelia

nebo spory, pokud jsou v rostlinných zbytcích, přežívají v půdě minimálně 72 měsíců. Ideální podmínky pro rozvoj fusárií jsou polehlé porosty ve skleníkových podmínkách (vlhká půda, vlhký vzduch, teplo). Při napadení se snižuje počet rostlin na hektar a v případě vniknutí fusarióz do semen se zde nachází mykotoxiny. Při výskytu fusárií je hlavní ochranou pěstování odolných odrůd. Je třeba vysévat osivo ze zdravých porostů s vysokou energií klíčivosti a vysévat sóju na dobře propustné půdy. Příliš brzké termíny setí do chladné a vlhké půdy zvyšují riziko napadení porostu. Z agrotechnických zásahů je vhodné podrývání. Moření osiva poskytuje určitou ochranu v časných růstových fázích. Vhodnou ochranou jsou mořidla Vibrance Gold, Systiva (Mižík 2017).

Stále častěji se vyskytuje velice nebezpečný patogen *Sclerotinia sclerotiorum*, který způsobuje **bílou hnilobu sóji**. Rozmach této choroby je spojen především s velkým nárůstem zastoupení řepky ozimé (*Brassica napus* subsp. *Napus*) a slunečnice roční (*Helianthus annuus*). Ve vlhkých letech může být nakaženo až 40 % rostlin. Při infekci se nejprve objevují



světlehnědé až šedé skvrny **Obrázek 6: napadení hlízenkou-Sclerotinia (Štranc 2017).** u bazální části stonku několik centimetrů nad povrchem půdy. Pletivo postupně měkne a odlupuje se z něj pokožka. Pokud dojde k prorostení stonku, tak rostlina předčasně umírá. Napadené rostliny jsou vyplněny myceliem bílé barvy, které se šíří i do stonků a lusků. Během deštivého počasí dochází k prorůstání mycelia na povrch rostliny, někdy až do stopek listů. Pak dochází k tvorbě sklerocií uvnitř i na povrchu rostliny. Yang et al. (1999) zjistil, že samotná úroveň dospělosti rostliny významně ovlivňuje průběh a intenzitu choroby. Sklerocia přezimují v půdě a v posklizňových zbytcích. Zřídka se stává, že by bylo sklerociem infikované osivo. Po přezimování se tvoří apotéciá z hloubky asi 3 cm. Předchází tomu vlhké počasí při teplotách 13-17 °C s častými dešti vícekrát za den nebo několika deštivými dny za sebou. Askospory v nich vznikající se šíří větrem po dobu asi jednoho týdne. Infekce nastává při opadu korunních lupínků, méně často při poškození pokožky. Infekci usnadňuje vrstvička vody na povrchu rostliny. Po proniknutí dovnitř rostliny se rozrůstá mycelium a tvoří se sklerocia. Na jaře převažuje myceliární infekce, která může nastat již v časných růstových fázích. Ochranou je dodržování správných osevních postupů a agronomických zásahů. Pro lepší prevenci je důležité nepěstovat sóju na pozemcích, kde se v posledních několika letech sklerocium vyskytovalo. K samotné prevenci může pomoci i regulace plevelů, které zvyšují hustotu porostu a současně jsou hostitelskými rostlinami patogenu (ambrozie peřenolistá

(*Ambrosia artemisiifolia*), mračňák Theoprastův (*Abutilon theophrasti*) a řepěň (*Xanthium*). Dobrou možností může být použití přípravku Contans WG, který rozkládá sklerocia v půdě (Mižík 2017).

### 3.1.4.3 Škůdci

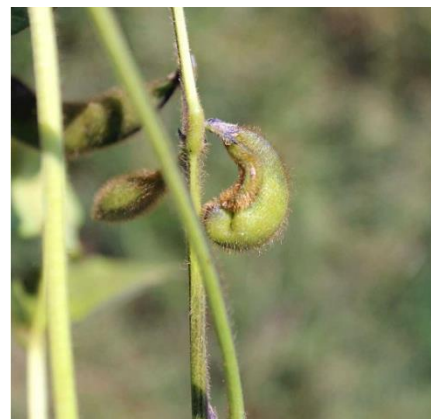
Podíl škůdců, kteří napadají porosty sóji nejsou zdaleka tak markantní, jako choroby. Asi nejznámějším a nejvýznamnějším organismem je **sviluška chmelová** (*Tetranychus urticae*). Svilušce vyhovuje teplé, suché počasí. Její výskyt v našich podmínkách se dá nejčastěji očekávat na přelomu května a června. Právě tyto podmínky podporují její rychlé a intenzivní množení. Svilušky přednostně napadají vrchní (sušší a osluněné) listy a postupně zachvacují celou rostlinu. Svilušky napadají zejména spodní stranu listu, ale při extrémním přemnožení se však vyskytují i na svrchní straně listu. Při jejich intenzivním přemnožení hrozí i riziko napadení lusků. V případě tohoto napadení hrozí především u raných odrůd brzké odlušťování semen a následný pokles výnosu o několik desítek procent. Sója postižená suchem a sviluškou nejenom že poskytuje méně semen, ale semena jsou také velmi často drobná (nízká HTS) a nedozrálá (zaschlá, svráštělá a zelená). Sviluškou silně ovlivněná (poškozená) semena jsou, z hlediska osivářského, nepoužitelná (Štranc et al. 2019).

V posledních letech začíná být stále častějším problémem **babočka bodláková** (*Vanessa cardui*). Její nálety se projevují počátkem léta a je potřeba je neprodleně insekticidně ošetřit. Babočka se vyskytuje především na Moravě a postupem času se posouvá do teplejších oblastí severněji. Babočka škodí především žírem larev na listech. (Marrero et al. 2005).



Obrázek 7: babočka bodláková (Štranc 2017).

Méně výrazným, ale objevujícím se škůdcem jsou **listopasi** (*Sitona*). Konkrétně do sóji na ně není registrován žádný insekticid, který ani nebývá potřeba. Způsobem poškození je žír na dozrávajících listech (v období září). Dle Corre-Hellou et al. (2005) může být jediným problémem fixace dusíku v hlízkách. Pro tento problém je důležitá kombinace larev listopasa a konkrétních plevelných druhů. Tomuto problému lze předejít dobrou rotací plodin v osevním postupu.



Obrázek 8: poškození lusku listopasem (Štranc 2017).

### 3.1.5 Šlechtění a semenářství

Šlechtitelským cílem je vyšlechtit odrůdu s jistým výnosem, odolnou jarním mrazíkům a chladu na začátku vegetace. Pro mechanizaci sklizně je důležité získat odrůdu s vyšším nasazením lusků (Dudík et al. 1966).

V podmínkách České republiky je možné pěstovat jen rané odrůdy se sumou vegetačních teplot kolem 1600 °C. Dobrý výnos přímo koreluje s průběhem dozrávání a je závislý na relativní vzdušné vlhkosti v tomto období. Minimální požadovaná klíčivost nového osiva sóji je 80 % (Hosnedl 1999).

Hartman (2007), který zkoumal šlechtění sóji proti rzi způsobenou patogenem *Phakopsora pachyrhizi*, zjistil, že choroba je tvořena čtyřmi konkrétními geny. V USA byl tedy vypsán projekt šlechtění, jehož výsledkem byly vytvořené linie sóji, které byly více rezistentní právě proti tomuto patogenu.

Štranc et al. (2013) poukázal na výrazný vliv termínu desikace na výslednou kvalitu osiva. Optimálně provedená desikace sóji (10 dní před sklizní) měla jen minimální negativní vliv na klíčení sóji, v některých případech však došlo po této desikaci i ke zvýšení klíčivosti. Naopak předčasná desikace (30 dní před sklizní) měla výrazně negativní vliv a snížila klíčivost osiva o 12 až 39 %. Pemmenter et al. (1999) uvádí, že ztráta vody během různých procesů desikace může způsobovat řadu metabolických změn, které působí na obsah a distribuci rostlinných fytohormonů, množství a zastoupení bílkovin se sacharidy a přítomnost volných radikálů, což vede ke zhoršení kvality osiva.

U semenářských porostů je důležité dodržet termín setí. Čím později vyséváme, tím více riskujeme úbytek výnosu osiva. (Bastidas et al. 2008)

### 3.1.5.1 Odrůdy

Každoročně pro českou veřejnost vydává Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) seznam doporučených odrůd pro pěstování na našem území. Informace vychází z víceletého testování osvědčených a perspektivních odrůd na několika místech v České republice (viz obrázek 9) a můžeme je považovat za poměrně přesné a objektivní odhady vlastností jednotlivých odrůd. ÚKZÚZ během několikaletého sledování pozoruje několik znaků a vlastností. Výnos zrna a jeho jakost, odolnost vůči polehání nebo odolnost proti napadení chorobami. Konkrétně ÚKZÚZ považuje za výchozí kritéria pro doporučení odrůd sóji výnos zrna ve vztahu k ranosti, výšku nasazení prvního lusku, obsah dusíkatých látek a odolnost vůči polehání.

Tabulka 4: Charakteristiky zkušebních stanic ÚKZÚS (Mezlík 2020).

Zkušební stanice	Kód	Nadmořská výška (m)	Dlouhodobá průměrná teplota (°C)	Dlouhodobý průměrný úhrn srážek (mm)	Půdní typ a druh
Čáslav	CAS	260	8,9	555	ČMm - h
Chrlice	CHR	190	9	451	FMm - h
Lednice na Moravě	LED	171	9,6	461	ČMm - h
Nechanice	NEC	235	8,8	597	HMm - h
Oblekovice	x	242	9,3	435	ČMm - h
Pusté Jakartice	PJA	295	8,3	597	HMI - h
Staňkov	STV	370	8,1	537	HMm - h
Šumperk	SU	315	7,5	693	HMI - h
Uherský Ostroh	UHO	196	9,1	521	KMm - h
Věrovany	VER	207	8,7	502	ČMm - h
Žatec	ZAT	285	9	439	ČMm -jh

Poznámka: ČMm= Černozem typická, FMm= Fluvizem typická, HMm= Hnědozem typická, HMI= Hnědozem luvizemní, KMm= Kambizem typická, h= hlinitá půda, jh= jílovitohlinitá půda

V tabulce 4 lze vidět seznam zkušebních stanic, které se podílejí na sestavení seznamu doporučených odrůd sóji. Po České republice se nachází 11 stanic, které mají ve svém portfoliu plodin i sóju. Na obrázku 9 se nachází mapa a názorně lze vidět, že 4 stanice se nachází na území Čech, 1 na území Slezska a 6 stanic na území Moravy.





Obrázek 9: mapa se zkušebními pracovišti pro polní odrůdové zkoušky (Mezlík 2020).

### **AMBELLA**

UDRŽOVATEL: Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG, Rakousko. ZÁSTUPCE PRO ČESKÝ TRH: Saatbau Česká republika s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2019. Velmi raná, fialově kvetoucí odrůda. Nízké rostliny se vzpřímeným až polovzpřímeným habitem, žlutohnědým ochlupením. HTS středně vysoká, barva pupku semene je tmavě hnědá. Hlavní předností odrůdy je ranost, rizikem výška nasazení prvního lusu (Mezlík 2020).

### **BRUNENSIS**

UDRŽOVATEL: Semences Prograin Inc., Kanada. ZÁSTUPCE PRO ČESKÝ TRH: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2010. Raná, fialově kvetoucí odrůda. Rostliny jsou středně vysoké, růstový habitus polovzpřímený se žlutohnědým ochmýřením stonku. Hmotnost tisíce semen středně vysoká, barva pupku semene žlutá (Mezlík 2020).

### **BETTINA**

UDRŽOVATEL: Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG. ZÁSTUPCE PRO ČESKÝ TRH: Saatbau Česká republika s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2018. Raná, fialově kvetoucí odrůda. Rostliny středně vysoké s polovzpřímeným růstovým habitem a žlutohnědým ochmýřením stonku. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká, barva pupku semene světle hnědá. Předností je vysoký výnos a rizikem středně vysoký až nízký obsah dusíkatých látek (Mezlík 2020).

### **KORUS**

UDRŽOVATEL: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2012. V roce 2020 nejpěstovanější odrůda v množitelských porostech. Středně raná až raná, fialově kvetoucí

odrůda. HTS je středně vysoká, barva pupku semene šedá. Předností je odolnost proti poléhání a vysoký obsah dusíkatých látek. Výrazné rizika nemá (Mezlík 2020).

#### **MAYRIKA**

UDRŽOVATEL: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTROVÁNÍ V ČR: 2018. Velmi raná, bíle kvetoucí odrůda. Rostliny středně vysoké, růstový habitus polovzpřímený až vzpřímený. Stonek šedě ochmýřený. Nízká hmotnost tisíce semen. Barva pupku semene žlutá. Důležitou předností je ranost a výška nasazení prvního lusků. Výrazné pěstitelská rizika nemá (Mezlík 2020).

#### **MERLIN**

UDRŽOVATEL: Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG. ZÁSTUPCE PRO ČESKÝ TRH: Saatbau Česká republika s.r.o. Vyznačuje se vysokou úrovní ranosti a je fialově kvetoucí. Má střední HTS a tmavý pupek. Předností je stabilní výnos (Mezlík 2020).

#### **MORAVIANS**

UDRŽOVATEL: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2008. Raná, fialově kvetoucí odrůda. Rostliny jsou středně vysoké s růstovým habitem vzpřímeným až polovzpřímeným, stonek žlutohnědě ochmýřený. Hmotnost tisíce semen středně vysoká až vysoká, barva pupku semene žlutá. Předností je výška nasazení prvního lusků. Výrazná rizika se nevyskytují (Mezlík 2020).

#### **RGT STUMPA**

UDRŽOVATEL: RAGT Czech s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2015. Raná, fialově kvetoucí odrůda s vysokým nasazením lusků. Semeno s šedou barvou pupku. Dlouhodobě jedna z nejvýnosnějších odrůd v ČR.

#### **S30-V6**

Příkladem odrůdy v seznamu, která není dostupná na českém trhu je S30-V6 od firmy Syngenta. Tato odrůda sóji nabízí špičkové výnosy napříč typy půd. Je středně vysoká a má dobrou vyrovnanost (Vogel 2015).

#### **SILESIA**

UDRŽOVATEL: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTRACE V ČR: 2018. Velmi raná až raná, fialově kvetoucí odrůda. Rostliny středního vzrůstu s polovzpřímeným až vzpřímeným habitem. Stonek je žlutohnědě ochmýřený. HTS středně vysoká až vysoká. Barva pupku semene žlutá (Mezlík 2020).

#### **TERTIA**

UDRŽOVATEL: Semences Prograin Inc., Kanada. ZÁSTUPCE PRO ČESKÝ TRH: Prograin ZIA, s.r.o. REGISTROVÁNO V ČR: 2010. Raná až středně raná odrůda, která fialově kvete.

Rostliny středně vysoké, vyznačující se polovzpřímeným habitem a žlutohnědým ochmýřením na stoncích. HTS vysoká, barva pupku semene žlutá. Výhodou je vysoký výnos semene bez výrazných rizik pěstování (Mezlík 2020).

Shrnutím se dá říct, že odrůdy v České republice jsou především orientovány na svoji ranost. Dodavatelů na trhu je mnoho a pěstitel si může dobře vybírat. Odrůdy ve světě (především v USA) jsou často geneticky modifikovány. V České republice podle zákona č. 78/2004 Sb. zakázáno pěstovat GMO organismy.

### 3.1.6 Chemické složení a produkty

Chemické složení semen se liší podle účelu pěstování. Průměrné složení zralých sójových bobů se nachází v tabulce 5. Výjimečné postavení sóji mezi luštěninami je dáno právě chemickým složením semen.

Tabulka 5: obsah živin v semenech sóji (Toribio et al. 2019).

<b>Živina</b>	<b>Obsah (g*100g<sup>-1</sup>)</b>
Bílkoviny	37,00
Lipidy	20,00
Voda	9,00
Cukry	6,00
Neutrálně detergentní vláknina	11,00
Rozpustná vláknina	12,00
Popeloviny	5,00
<b>Energie</b>	<b>kJ/kcal</b>
Energie	1741/416

Sója je velmi bohatá na proteiny. Obsah bílkovin u některých nově vyšlechtěných odrůd je až 45 %. Navíc mají tyto proteiny vhodné aminokyselinové složení s vysokým podílem esenciálních aminokyselin. I z těchto důvodů je sója oblíbenou náhražkou masa u vegetariánských a veganských pokrmů, částečně může nahradit maso. Z hlediska živin pro člověka sója obsahuje i nevhodné látky (alergeny, fytoestrogeny), které mohou negativně působit na vývin dětí. Svoji kvalitou se bílkoviny v sóje řadí hned za ty, které se

nachází v živočišných produktech. Náhrada živočišných proteinů sójovými bílkovinami vede ke snížení hladiny krevních lipidů a hlavně cholesterolu. Sójové bílkoviny jsou hodnotné i pro své funkční vlastnosti, zejména schopnost vázat tuk a vodu. Bílkoviny sóji se dají proměnit na strukturu podobnou masu. Důležitým důvodem pro význam v lidské stravě je i její cena. Další významnou složkou sóji jsou lipidy. Složení mastných kyselin sójových lipidů je z hlediska výživového příznivé díky vysokému obsahu polyenových mastných kyselin, hlavně kyseliny linolenové, která má význam v prevenci kardiovaskulárních onemocnění a příjem kyselin této řady je u naší populace nedostatečný. Naopak sacharidy mají méně velký význam z výživového hlediska. Hlavním sacharidem je sacharóza. Cukry v sóje zvyšují aktivitu bakterií v tlustém střevě a mohou způsobovat nadýmání. Na rozdíl třeba od hrachu sója obsahuje nízké množství škrobu, ale výrazné množství vlákniny. Z hlediska vitamínů sója obsahuje významné množství vitamínů B a E (Dostálová 1990).

### 3.1.6.1 Produkty ze sóji

V USA je 80 % sóji využito pro potraviny a 20 % procent pro výrobu oleje. Z 80 % potravinového podílu tvoří 97 % zvířecí krmivo a 3 % lidská výživa. Co se týče oleje, tak 68 % je využito pro potravinářský průmysl přímo v podobě oleje (sójový olej se v USA používá jako stolní), 25 % se používá jako příměs do biopaliv a 7 % najde využití v chemickém průmyslu pro výrobu čističů nebo barev (NCSOY 2020).

Důležitým produktem sóji je její **olej**, který se získává standardně extrakcí, na tamním trhu pro své sensorické vlastnosti není žádán. Součástí potravinářských výrobků je i **sójový lecitin**, který se používá v potravinářském průmyslu jako emulgátor při výrobě potravních doplňků s vysokým obsahem tuků a olejů (levná náhražka do čokolád), je antioxidantním činidlem. Pro živočišnou produkci je velice důležitý krmivářský **sójový šrot**, který se používá jako vhodný zdroj bílkovin. V potravinářském průmyslu se rovněž hojně vyskytují **sójové nápoje**. Složení těchto nápojů závisí na technologii výroby a je výrazně odlišné od běžných živočišných mlék s tím, že neobsahuje laktózu a má vyšší obsah bílkovin. V ČR tyto nápoje nesmí nést pojmenování „mléko“.

V tabulce 6 je k vidění celková produkce olejů a olejnatých semen ve světě. Mezi klasickými plodinami je sója jasně nejpěstovanější rostlinou pěstovanou pro olej. Jak lze vidět, tak její celková produkce ve světě výrazně stoupá, Tento trend se týká většiny olejnin s výjimkou bavlníku. Vzrůst produkce souvisí s rostoucím počtem lidí na planetě, ale i zvyšující se úrovní života a požadovaných nároků. S produkcí olejnatých semen koreluje i bilance olejů na trhu. Nejpoužívanějším olejem na světě je palmový, kvůli své výhodné ceně a vlastnostem. Dříve nejrozšířenější, dnes už druhý ve světové produkci je olej sójový. Poloviční podíl na trhu oproti oleji sójovému má olej řepkový (Liška 2019).

Tabulka 6: produkce olejů a olejnatých semen ve světě (Liška 2019).

2012/2018	Světový bilance olejnatých semen (mil. t)		Světový bilance olejů na trhu (mil. t.)	
	2012	2018	2012	2018
Sója	268,82	369,2	43,1	57,5
Řepka	63,62	70,22	24,8	27,7
Bavlník	46,15	43,39	5,2	5,2
Slunečnice	35,52	50,47	13	19,3
Podzemnice olejná	40,45	41,95	5,5	5,6
Palmová jádra	14,88	19,41	6,6	8,6
Kokos	5,79	5,83	3,6	3,6
Palmový olej			56,4	73,3

### 3.1.7 Vývoj osevních ploch

Tabulka 7: osevní plochy v ČR (Czso 2020).

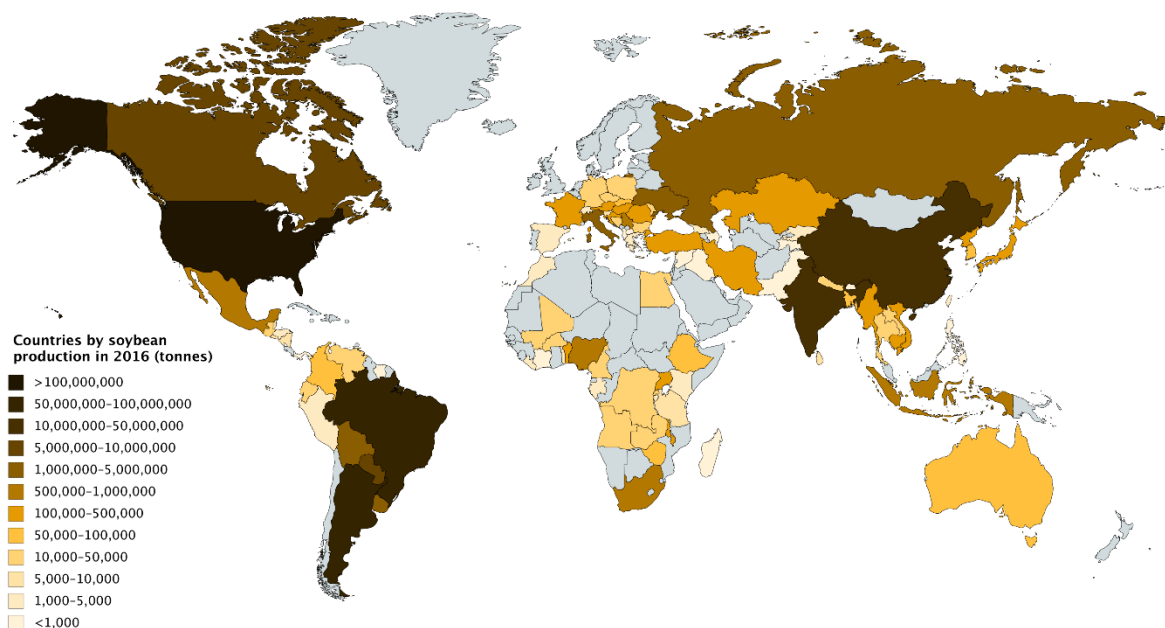
ČR	2008	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Výměra všech plodin(ha)	2 568 630	2 457 465	2 463 854	2 471 545	2 460 939	2 461 707	2 461 865
Výměra luskovin (ha)	26647	45450	46241	58201	50383	46 006	51 447
Výměra sóji (ha)	4339	12 311	10 608	15 344	15 230	12 240	14 145
% mezi všemi plodinami/luskovinami	0,17/16,28	0,5/27,1	0,43/22,9	0,62/26,4	0,62/30,2	0,5/26,6	0,57/27,5
Cena k 1.1. (USd)	950 \$	1044 \$	870 \$	1011 \$	959 \$	907 \$	952 \$

V tabulce 7 lze vidět trend pěstování sóji na území České republiky. Porovnávány jsou roky 2008, 2014-2020. V těchto sledovaných letech lze pozorovat postupný úbytek výměry pro pěstování zemědělských plodin. Během 12 let tento úbytek činí zhruba 4,33 %, což představuje přibližně 100 000 ha. Naopak pozitivním trendem je vysoký podíl luskovin v posledních pěti letech, který je téměř dvojnásobný. Poměr luskovin na zrno v průběhu let vzrostl vůči ostatním plodinám na současnou hodnotu kolem 2 %. Co se týče sóji, tak i u ní lze pozorovat pozitivní trend růstu podílu na trhu. Sója sice tvoří zhruba 0,5 % mezi všemi plodinami, ale dlouhodobě je vidět její vzrůstající podíl na trhu. Rovněž mezi luskovinami se zvyšuje podíl sóji o zhruba 10 %. Posledním řádkem v tabulce je pro zajímavost vývoj cen sójových bobů na burze ve váhové jednotce 1 bušl (27,2 kg). Tyto ceny samozřejmě nekorelují s výkupními cenami sóji pro zemědělce.

Tabulka 8: celková produkce a výnos sóji ve světě (FAOSTAT 2020).

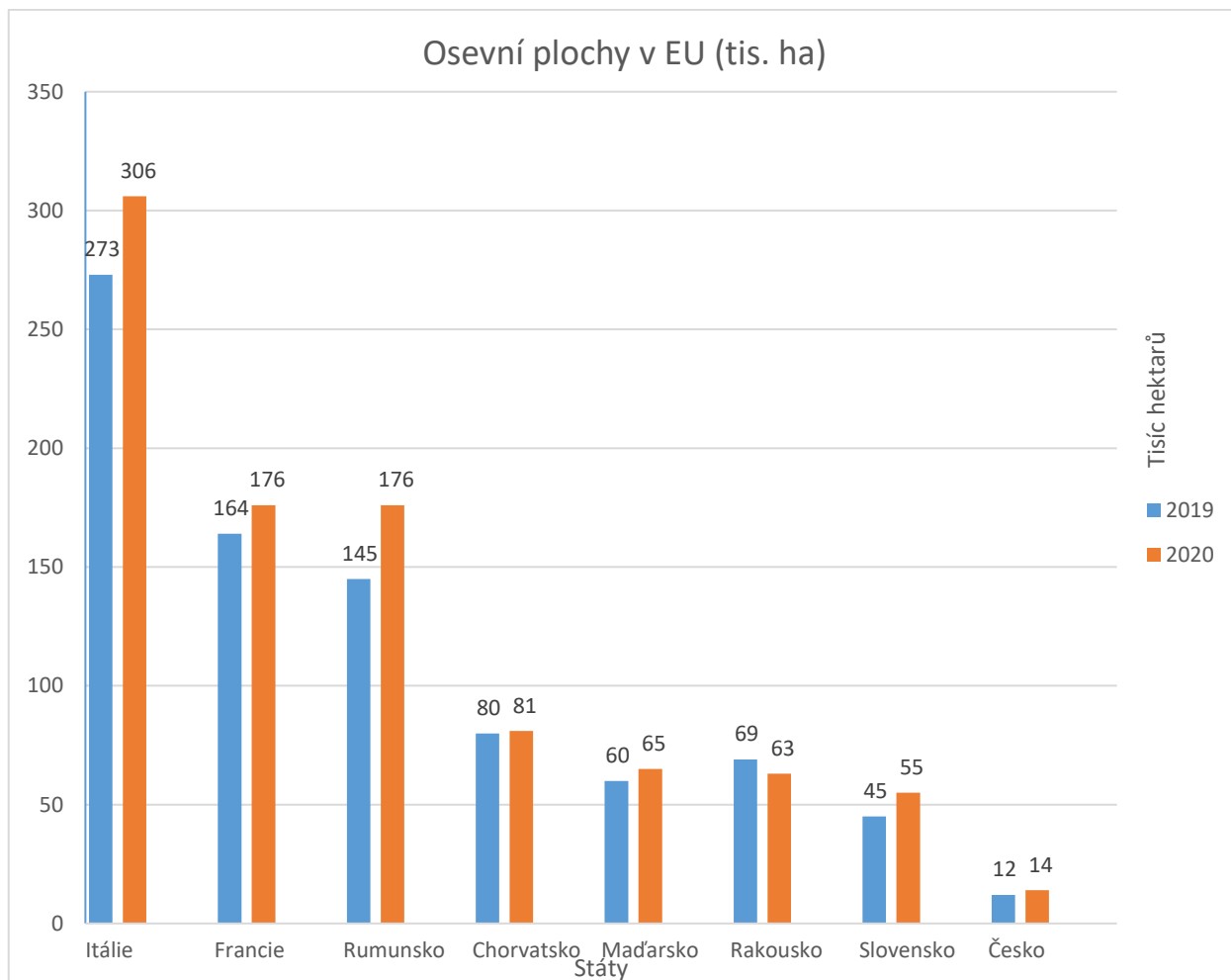
Světová produkce sóji	Celková produkce (mil. t)		Výnos (t/ha)		Celková osetá plocha	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Brazílie	97,5	131	3,03	3,3	32,18	39,70
USA	106,9	112	3,2	3,2	33,41	35,00
Argentina	61,5	53,5	3,2	3	19,22	17,83
Čína	11,8	17,5	1,8	1,8	6,56	9,72
Paraguay	8,9	10,3	2,5	2,8	3,56	3,68
Indie	8,5	10,5	0,7	1,2	12,14	8,75
Evropská Unie	2,4	2,6	2,6	2,9	0,92	0,90
Zbytek světa	19,1	25,36	1,44	1,52	13,26	16,68
<b>Celkem/průměr</b>	<b>316,6</b>	<b>362,76</b>	<b>2,61</b>	<b>2,74</b>	<b>121,25</b>	<b>132,26</b>

Celková produkce sóji ve světě je znázorněna v tabulce 8. Pro porovnání jsou srovnány roky 2015 a 2020. Sledované parametry jsou celková produkce, výnos a celková osetá plocha. Pro srovnání byly vybrány největší světoví producenti sóji. Celkovým lídrem se v posledních letech stala Brazílie, která sebrala vůdčí pozici Spojeným státům americkým ve statistikách o pěstování sóji. Následkem této velké pěstební erupce v Brazílii je velké kácení deštných pralesů (Revkin 2014). V tabulce lze vidět, že i v jiných státech světa celková osetá plocha stoupá. Rozdíl během 5 let je téměř 50 milionů tun sóji pro světový trh. Z hlediska výnosu lze vidět, že v Brazílii jsou nejideálnější podmínky v kombinaci s povolenými ošetřeními porostu, odrůdami a dalšími aspekty zvýhodněnými oproti Evropě. Nejnížší výnosy jsou dlouhodobě v Asii, kdy například Indie stěží dosahuje na výnos 1 t/ha. Průměrný výnos je spočítán jako podíl celkové produkce ku celkové oseté ploše.



Obrázek 10: mapa s největšími pěstiteli sóji (Wikimedia 2016).

Pro doplnění statistik světové produkce, je na obrázku 10 dodána geografická mapa s největšími světovými producenty. Mapa dokazuje data z tabulky 7. Díky mapě lze vidět, že sója je opravdu globální plodinou a pěstuje se téměř ve všech zemích, své zastoupení má zhruba i v půlce států Afriky.



Graf 1: produkce sóji v EU (Biodiesel magazine 2020).

V grafu 1 je uveden vzorek států Evropské unie, které nejvíce pěstují sóju. Můžeme vidět, že jasným lídrem v Evropě je Itálie, která oproti roku 2019 měla osevu sójou o 33 tisíc hektarů více v roce 2020. Celková výměra sóji v Itálii je 306 000 ha. O post druhého největšího pěstitele v EU se dělí Francie s Rumunskem, kteří pěstují sóju na přibližně 60 % rozlohy co Itálie. Celkově jde vyzorovat, že všichni největší pěstitelé Evropské unie se nachází na jihu. Slovensko má ve srovnání s Českou republikou zhruba 3x větší plochy sóji.

### 3.1.8 Abiotické faktory

Abiotické faktory jsou všechny neživé aspekty, které působí na rostlinu. Abiotické faktory jsou tím hlavním, co ovlivňuje celkový konečný výnos námi pěstované sóji. My jim

můžeme jen porozumět a snažit se s nimi seznámit a naložit tak, abychom maximalizovali průsečík ekonomické a ekologické části rostlinné produkce.

#### 3.1.8.1 Sluneční záření

Sluneční záření neboli světlo, je hlavním zdrojem energie pro porosty sóji. Pro samotnou fotosyntézu je nejvhodnější to o vlnové délce 400-750 nm. Ultrafialové záření je zachycováno ozonovou vrstvou, ale při velkých dopadech na porost může působit mutagenně (Miransari 2016).

#### 3.1.8.2 Teplo

Jeho zdrojem je primárně infračervené záření. Sekundárními zdroji může být teplo přijaté od okolí nebo teplo uvolněné organismy při metabolických procesech. Na samotné rostliny má samozřejmě teplo významný vliv. Samotné rostliny mohou vliv tepla regulovat pomocí transpirace, dále sklápěním listů, opadem listů nebo i samotným lesklým povrchem listů. Kolísání teplot má negativní vliv na klíčivost semen. Samotná sója má sumu teplot během vegetace 2000-3000 °C (Miransari 2016).

#### 3.1.8.3 Atmosféra

Ovlivňuje samotné rostliny hned několika činiteli. Prvním je **tlak**, který klesá s rostoucí nadmořskou výškou, druhým je **hustota** a třetím, velmi důležitým je **proudění** (vítr), což je pro rostliny zásadní faktor. Ovlivňuje opylení, přenos semen a plodů. Negativní vliv má na ochlazování, vysušování a při vyšší intenzitě poškození porostu. Samotné propojení rostliny sóji s atmosférou probíhá pomocí fotosyntézy (výroba O<sub>2</sub>) a dýchání (výroba CO<sub>2</sub>) (Miransari 2016).

#### 3.1.8.4 Voda

Zásadní limitující faktor během vegetace. Rostliny ji přijímají hlavně kořeny. Sója se řadí mezi mezofyty, což jsou organismy, které nevyhledávají ani příliš suché prostředí (jako xerofyty), ale ani zamokřené (jako hygromyfyty). Zkrátka vyhledávají mezofilní prostředí. Sója je na vláhu náročná a za vegetaci vyžaduje 600-700 mm **srážek**, kdy minimálně 300 mm by mělo být v době od kvetení do tvorby semen (Miransari 2016).

#### 3.1.8.5 Půda

Půda vzniká zvětráváním litosféry (matečné horniny). Je zdrojem většiny anorganických živin. Má 3 základní složky: pevnou, kapalnou a plynnou. Mezi základní fyzikální vlastnosti ovlivňující růst rostliny patří **pórovitost** (závisí na velikosti částic), **sorpční schopnost** (schopnost vázat vodu a ionty), která se zvyšuje obsahem humusu a obsahem iontů neboli **pH půdy**. Půdu vyžaduje sója středně hlinitou, s obsahem humusu 3–4 %, hodnotou pH alespoň 6 a střední zásobou vápníku a fosforu. Velmi důležitý je i



dostatek vláhy, a to zejména při klíčení a kvetení a v době od kvetení do nalévání semen v luscích. Pokud se závlahy orientovaly na tato období s nejvyššími nároky na vodu, projeví se na výnosech zrna vysoce průkazným vlivem (Flohrová 2001).

### **3.1.9 Biotické faktory**

Jsou živé organismy, které ovlivňují nějakým způsobem jiné živé organismy. Samotné organismy se dělí na mikroorganismy (houby, bakterie, viry, hlístice) a makroorganismy (lidé, zvířata, hmyz, rostliny). Vliv těchto faktorů může být pozitivní (mutualismus, kooperace), neutrální nebo negativní (predace, konkurence) (Ojumu 2016).

#### **3.1.9.1 Půdní organismy**

Zahrnují bakterie, houby, žížaly, hlodavce, mravence a další. Některé houby a bakterie mohou způsobovat nemoci. Značná část těchto organismů provzdušňuje půdu a má pozitivní vliv na její strukturu. U sóji jsou typické hlízkové bakterie, které fixují vzdušný dusík ke kořenům. Hlavní funkcí velké části z nich je saprofytická činnost v rozkládání organických zbytků.

#### **3.1.9.2 Škůdci**

Hmyz, hlodavci, ptáci a někteří savci. Objektivně snižují celkový výnos porostu a jsou nežádoucí. Regulují se pesticidy.

#### **3.1.9.3 Nemoci**

Jsou způsobovány viry, bakteriemi a houbami. Stejně jako škůdci jsou nežádoucí, protože snižují celkový výnos. Mají výrazný vliv na výnos a je potřeba je regulovat pesticidy.

#### **3.1.9.4 Plevel**

Důležitým biotickým faktorem jsou také plevele, které regulujeme herbicidy. Můžou mít vliv na špatný růst rostliny, nedostatek prostoru a opožděnou vegetaci.

#### **3.1.9.5 Člověk**

Neopomenutelným biologickým faktorem je samozřejmě člověk. Člověk je s rostlinami v úzkém kontaktu a jak už jsem psal výše, mělo by být našim úkolem jim co nejvíce porozumět, abychom znali jejich nároky na ošetření půdy, chránili je před negativními biologickými faktory, a naopak na ně působili co nejvíce jako pozitivní faktor podporou správného růstu a celkové péče o porost (Miransari 2016).

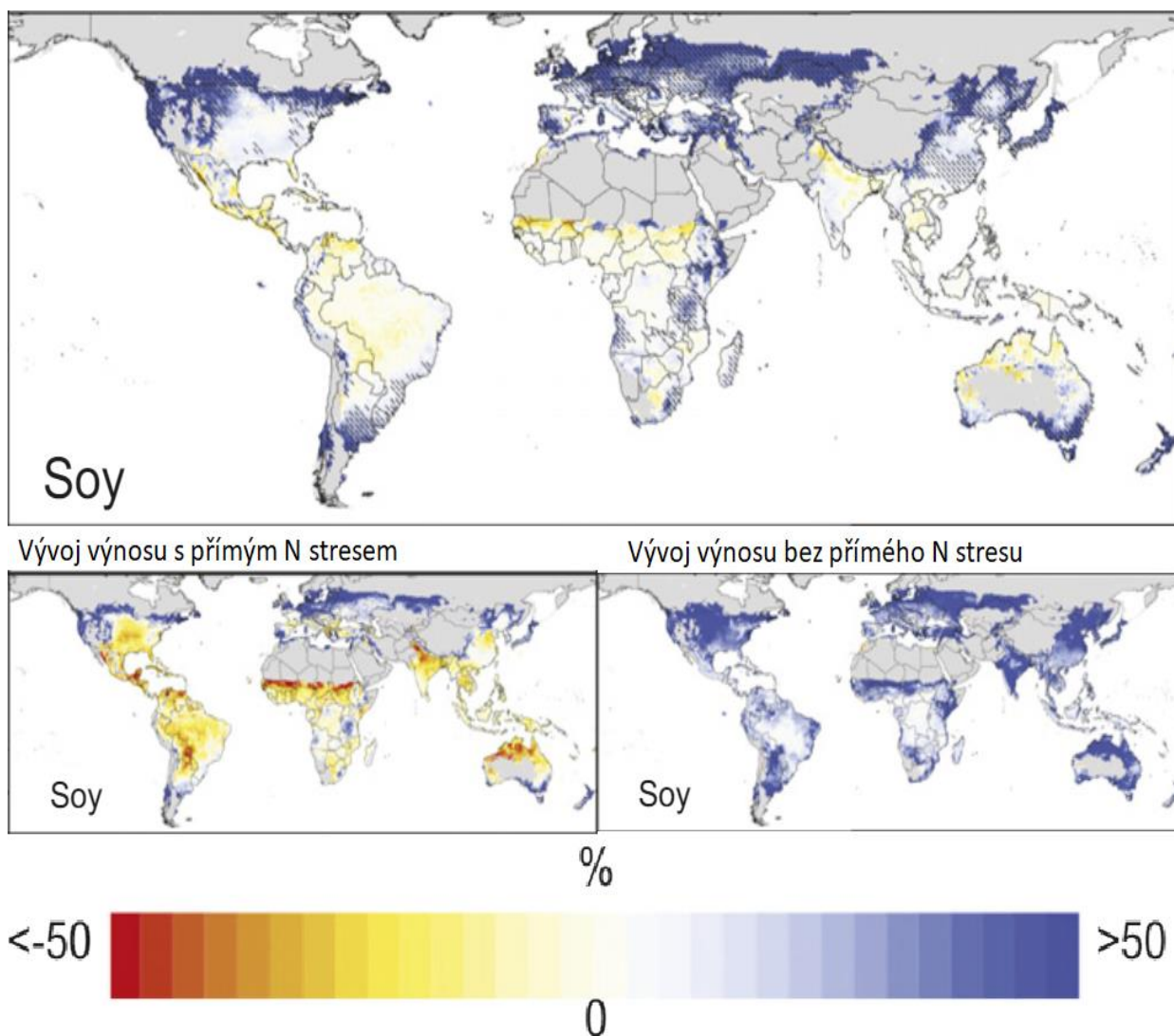
## 3.2 Sója a klima

Podle rozsáhlého výzkumu, který provedla Rosenzweig et al. (2014) v rozvojových zemích do roku 2080 poklesne zemědělská produktivita o 10–15 % na jednotku plochy (při zahrnutí přímého i nepřímého vlivu vyšší koncentrace CO<sub>2</sub>). S ohlednutím na jiné plodiny se v Evropě předpokládá, že například u pšenice dojde u 13 ze 14 stanovišť k poklesu tvorby biomasy a následnému snížení výnosů. Výjimkou jsou nejsevernější oblasti Evropy, kde vlivem oteplení dojde k zvýšení potenciálu produktivity (limitem zde může být kvalita půdy).

Negativní výsledek přináší i aplikování pozorovaných klimatických trendů na výnosy hlavních plodin (Potopová et al. 2018). Klimatické trendy negativně ovlivnily výnosy u 79 % regionů pěstujících pšenici, 70 % regionů pěstujících kukuřici, 67 % regionů pěstujících sóju a 53 % regionů pěstujících rýži. Roční produkce plodin byla ovlivněna variabilitou klimatu z 41 % (0,8 t/ha/rok) u kukuřice, 32 % (0,1 t/ha/rok) u rýže, 36 % (0,3 t/ha/rok) u pšenice a 43 % (0,5 t/ha/rok) u sóji. V Evropě výnosy vzrostly o 25-40 %, ale v posledních dekádách je jasně vidět pokles růstu a stagnace výnosu i přes velké pokroky v oblasti šlechtění odrůd (Potopová et al. 2020).

V modelu, kdy svět bude mít průměrně o 1,5 °C více 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 posunutí výsadby do časnějšího období a změny odrůd) na změny teplot účinná při rozdílu teplot do 4 °C. Na obrázku 11 lze vidět medián změn výnosů (%) v období 2070-2099 včetně porovnání s referenčním období 1981-2010 se započteným přímým vlivem CO<sub>2</sub> (5 klimatických modelů × 20 růstových modelů).

Mnoho regionů po celém světě počítá s tím, že v rámci klimatického scénáře, ve kterém jsou zahrnuty výnosy plodin, dojde ke snížení výnosů právě v důsledku klimatických změn. Například sucho v USA v roce 2012 vedlo ke snížení výnosů kukuřice nárazově o 25 % (což ve srovnání s některými modely do budoucna není zásadně velké číslo, protože v některých oblastech může dojít k výraznější změně klimatu). V tento rok vývoz kukuřice v USA klesl o 46 %. Regiony s vyšší zeměpisnou šířkou budou mít v budoucnosti o dost vhodnější postavení než nyní, ovšem oblasti, kde se některé plodiny pěstují teď, mohou být touto dobou nevhodné pro pěstování plodin. Navíc je potřeba vést výzkumy ohledně toho, zda v oblastech s vyšší zeměpisnou šířkou bude možné pěstovat plodiny, které se nyní pěstují v teplejších oblastech. Klíčové bude zjištění, jestli je kvalita půdy dostatečná, pro udržitelnou zemědělskou produkci v těchto lokalitách (Rosenzweig et al. 2014).



Obrázek 11: medián změn výnosů dle scénáře s kontinuálním nárůstem  $CO_2$  v atmosféře (Rosenzweig et al. 2014).

### 3.2.1 Růstové modely

Počítačové softwary, jež se zabývají růstem plodin v kombinaci s jejich vývojem a výnosem se nazývají růstové modely. Pracují na základě složitých algoritmů a jejich vzájemné provázanosti. Každý růstový model pomocí komplexních matematických výpočtů simuluje procesy, které se odehrávají na ose atmosféra-rostlina-půda. Všechny modely jsou číselně vyjádřeny. Rovnice do číselné podoby vyjadřují všechny měřitelné procesy (hydrologické, pedologické, chemické v návaznosti na dané klimatické podmínky). Růstové modely jsou zkrátka zjednodušený pohled na realitu.

Historicky se růstové modely začaly používat v 60. letech dvacátého století. Jejich vývoj je velmi složitý proces. Prvním důležitým aspektem je zlepšování výpočetní techniky, následně jsou neméně důležité informace od vědců ze všech oborů, které se musí složitým procesem převést do číselných hodnot a musí být nastolen přísný řád a systém. Začátek

růstových modelů sahá do Nizozemí, kde začal profesor de Witte. Druhá vědecká skupina, která vytvářela růstové modely se nacházela na univerzitách v USA. Od té doby jsou pochopitelně všechny růstové modely dokonalejší díky neustálému posunu techniky a vývoji znalostí ve všech požadovaných oblastech (Pohanková 2016).

V dnešní době máme k dispozici několik různých růstových modelů, které z hlediska technologických a biologických aspektů udržitelnosti slouží jako nástroj pro plánování řízených ekosystémů (Challinor et al. 2009).

Růstové modely se snaží přiblížit důsledky změn klimatu (teplota, srážky, koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře) na celkové fungování rostliny (výměna látek mezi plodinou a prostředím). V praxi se tyto nástroje používají jako pomoc pro operativní (aplikace závlah, optimálního množství živin vzhledem k termínu, predikce výnosů do budoucna a výnosové mapy), strategické (plánování dlouhodobých i krátkodobých investic) i rozhodovací procesy (Haberle et al. 2008).

Růstové modely lze dělit do tří základních skupin (Havlinka et al. 2015):

### **1. Minimalistické modely**

První skupina zahrnuje modely, které byly vytvořeny na základě empirického přístupu. Jsou náročné na vstupní data. Při výpočtech kombinují větší množství dat a představují relativně komplexní systém. Odhad optimálních úrovní a rozsah vnějších podmínek umí popsat celkem podrobně. V omezené míře jsou přenositelné mezi prostředími.

### **2. Prosté regresní modely**

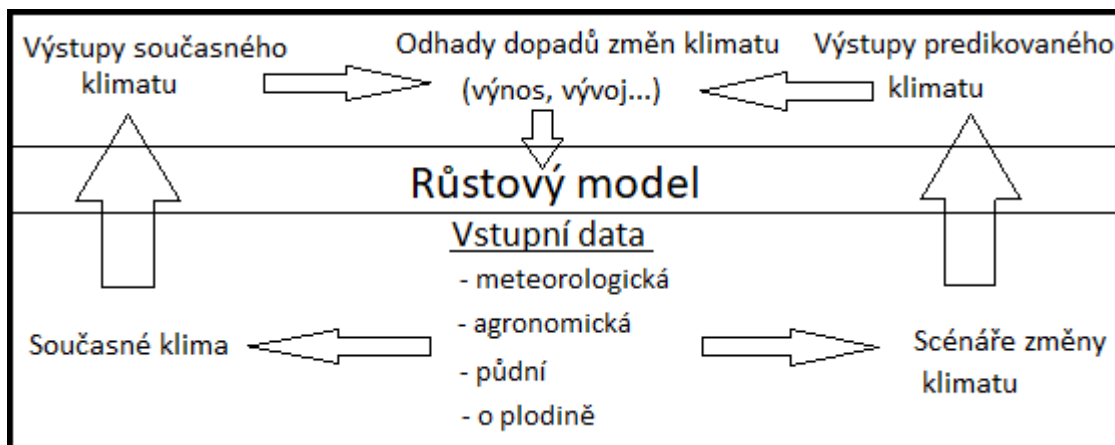
Modely, které se nacházejí ve druhé skupině jsou víceméně základní. Vznikaly v nejranějších fázích vývoje při hledání vazeb mezi požadovanými charakteristikami a podmínkami prostředí. Jejich výsledkem jsou pouze základní data, která odhalují limitující a optimální hodnoty konkrétních parametrů. Modely jsou nepřenositelné a jsou pevně fixované na dané podmínky, v kterých byly vytvořeny.

### **3. Dynamické modely**

Dynamické modely jsou ze všech ty nejdokonalejší. Ve svých systémech se pokoušejí zahrnout hlavní složky schématu atmosféra-rostlina-půda. Oproti výše zmíněným modelům mají suverénně nejvyšší nároky na množství vstupních dat. Díky tomuto velkému vzorku jsou v simulacích schopny simulovat realitu na funkčním základu ve vhodné časové posloupnosti. Ohromnou výhodou je jejich adaptabilita a přenositelnost mezi prostředími. Důležitá je kalibrace a následná validace. Komplikací těchto modelů je fakt, že díky ohromné komplexnosti je nastavování a celková znalost softwaru složitější než u předchozích modelů.

Před samotnou aplikací růstových modelů je důležitých hned několik věcí. Prvním důležitým aspektem je adaptace na místní podmínky, tzn., že musí proběhnout výše zmíněná kalibrace a validace. Samozřejmě nejlépe na základě reálných naměřených

a pozorovaných dat. Po provedení kalibrace a validace růstových modelů na podmínky tamního klimatu v daném prostředí bývají hned v dalším kroku růstové modely využívány pro posouzení dopadů změn klimatu podle různých scénářů vývoje klimatických podmínek (Kollas et al. 2015).



Obrázek 12: zjednodušené schéma vytvoření a použití růstového modelu (Pohanková 2016).

Pro dosažení co nejpřesnějších výsledků se v posledních letech rozrůstá trend používání celého ansámblu neboli sad růstových modelů. Díky tomuto přístupu lze samozřejmě zjistit jednak kvalitu předpovědi jednotlivých modelů, ale také si udělat jasnější představu díky míře shody mezi jednotlivými modely (Palosuo et al. 2011).

V důsledku porovnání různých růstových modelů a jejich přístupu k modelování se mohou objevit různé nejistoty, které se vztahují k růstu a vývoji plodin, k výnosovým předpovědím včetně nejistot spojených se strukturováním modelů. Mezi obecné použití růstových modelů patří vedle modelování růstu a vývoje jednotlivých plodin i modelování víceletých osevních postupů. V posledních letech jsou více zdokonalovány simulace půdních procesů a díky tomu jsou větší možnosti odhadovat komplexněji dopady změny klimatu (Palosuo et al. 2011).

### 3.2.1.1 WOFOST

World Food Studies neboli WOFOST je dynamický simulační růstový model, který je vyvinut pro účely kvantitativní analýzy produkce polních plodin. Patří k úplně nejstarším dynamickým růstovým modelům. Zmínky o jeho vývoji se datují od počátku 60. let dvacátého století. V tomto období se díky velkému rozvoji výpočetních technologií otevřely vědcům nové možnosti k syntéze detailních znalostí z různých vědních oborů. Jeden z prvních vědců, který v tomto případě našel potenciál v podobě možnosti převedení přírodních jevů do matematického jazyka, byl profesor Zemědělské Univerzity ve Wageningenu v Nizozemku J. W. De Wit. De Wit je zároveň považován za „otce růstových modelů,“ protože ve spolupráci se svými kolegy vytvořil simulační modely

ELCROS a BACROS. Tyto modely měly objasnit všechny dosud nezodpovězené jevy, ke kterým dochází před sklizní a měly poskytnout konzistentní kvantitativní základ pro teorii o fungování rostlin. Hlavním požadavkem při vývoji těchto simulačních modelů byla možnost integrovat znalosti o procesech spojených s růstem rostlin a následné ověření jejich pravdivosti pomocí matematických reprodukcí polních pokusů (de Wit et al. 1978).

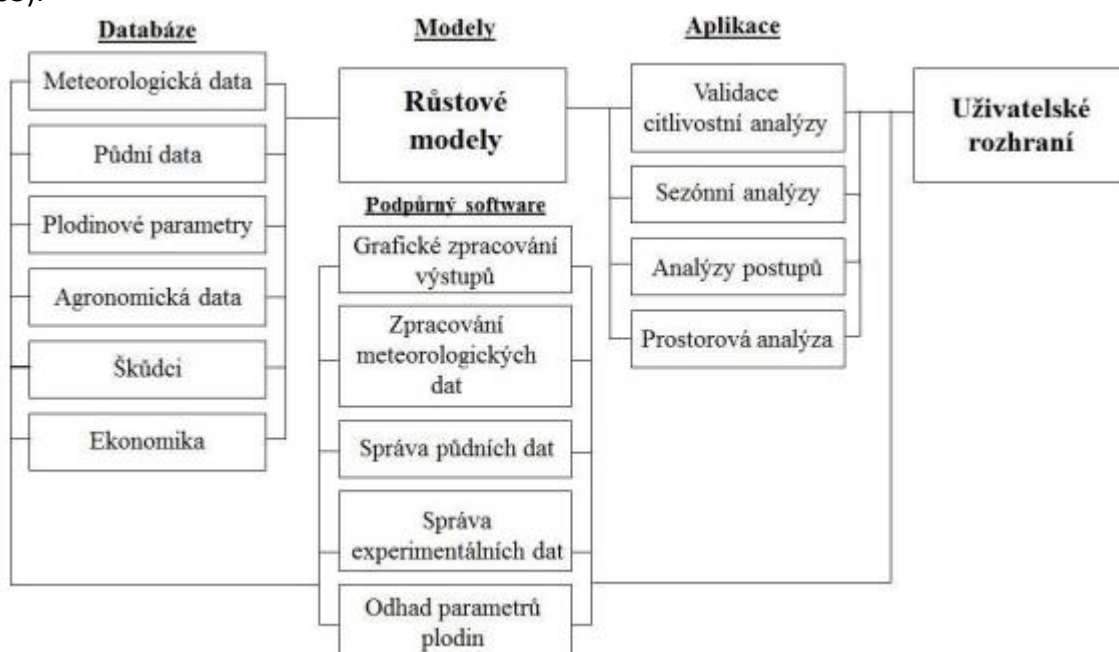
V roce 1972 došlo ke zveřejnění důležité zprávy od Římského klubu „Meze růstu“, která upozorňovala veřejnost na fakt, že pokud se nezastaví hospodářský růst, tak svět stojí před velkým problémem vyčerpání přírodních zdrojů (Spitters et al. 1989).

Vědci se v důsledku této zprávy zaměřili na detailní zkoumání možností lepšího zabezpečení potravin. V tento moment vznikla snaha sjednotit znalosti sociálně-ekonomických disciplín s těmi agrotechnickými. Výzkum a rozvoj všech simulací plodin se stal součástí metodiky aplikovaného výzkumu Centra pro světovou potravinovou studii, díky které spolupracovali odborníci z různých institucí a z různých oborů. Byly vyvíjeny modely, mezi kterými se poprvé objevil i model WOFOST. Modely simulovaly potenciální rostlinnou produkci na základě vstupních podmínek popisujících prostředí (půdu, klima), genetické vlastnosti rostlin a výrobní management (zavlažování, aplikace hnojiv). Od této doby byl růstový model WOFOST využíván i k účelům a studiím, pro které nebyl primárně vyvinut. Kvůli tomu musel být razantně upravován. Simulace vznikající v růstovém modelu WOFOST nabízí nepřehledné množství možností, jak řešit výzkum v oblasti vodního hospodářství, zemědělství a ochrany životního prostředí. V 70. letech dvacátého století se díky zvýšené pozornosti na ekologické otázky začalo mluvit o možnostech monitorování zemědělství pomocí dálkového průzkumu Země a následného vzniku nástroje pro odhad produkce plodin pro Evropu na regionálních úrovních. Hlavní myšlenkou bylo, aby celý tento systém byl nestranný, nezávislý a dokázal odhadnout produkci všech hlavních plodin, které se pěstují v Evropě. V současné době je model WOFOST udržován a dále rozvíjen výzkumným centrem Alterra. Stále přispívá k nezávislému a kvalifikovanému výzkumu v zobrazování udržitelného a kvalitního životního prostředí podporujícího biodiverzitu. WOFOST je kombinací inovativního, praktického a mezioborového výzkumu v mnoha oblastech, které se zabývají ekologickými otázkami. Poskytováním odpovědí na tyto otázky pak můžeme hodnotit kvalitu života na Zemi z hlediska zásobování potravin, udržitelnosti ekonomiky a dopadů změn klimatu (Moses et al. 2015).

### 3.2.1.2 DSSAT

Dalším růstovým modelem je přes 20 let vyvíjený růstový model DSSAT (The Decision Support System for Agrotechnology Transfer). Je softwarem, který obsahuje data pro 42 plodin. Na vývoji DSSAT se podíleli odborníci z mnoha odvětví (farmáři, zemědělci, politici, ekonomové) z více než sto zemí světa. Tento růstový model vznikal především na univerzitách napříč Amerikou (Washington, Georgia, Havaj, Florida). První verze DSSAT je výsledkem projektu IBSNAT, jehož cílem bylo vytvořit a distribuovat přenosný, uživatelsky přívětivý, rozhodovací počítačový program, který by pomohl umožnit uživatelům na

základě biologických požadavků plodin a fyzikálních vlastností půdy dosažení stanovených cílů. IBSNAT byl projektem, který ukázal smysluplnost mezinárodní spolupráce různých týmů vědců a potvrdil důležitost řešení globálních otázek bez omezování se na lokální charakter (Uehara et al. 1993). DSSAT se od té doby využívá pro celou řadu simulačních aplikací, ať už se jedná o simulace lokálního charakteru (farmy, podniky) nebo rozsáhlé simulace globálního formátu. DSSAT shromažďuje databáze s meteorologickými a půdními daty, agrotechnickými postupy a pozorovanými a měřenými experimentálními daty. Důležitou oblastí využití je pomoc s odhadem dopadů hospodářských rizik, vlivů zavlažování, hnojení, hospodaření se živinami na životní prostředí. DSSAT byl vyvinut pro prostorovou aplikaci modelu plodin. Je to soubor samostatných programů a modulů, které jsou propojeny a fungují dohromady s možností propojení s geografickým informačním systémem GIS. Na obrázku 13 lze vidět schéma provázanosti a fungování jednotlivých částí DSSAT. Software DSSAT je využíván vědci po celém světě (Jones et al. 2003).



Obrázek 13: schéma systému DSSAT (Pohanková 2016).

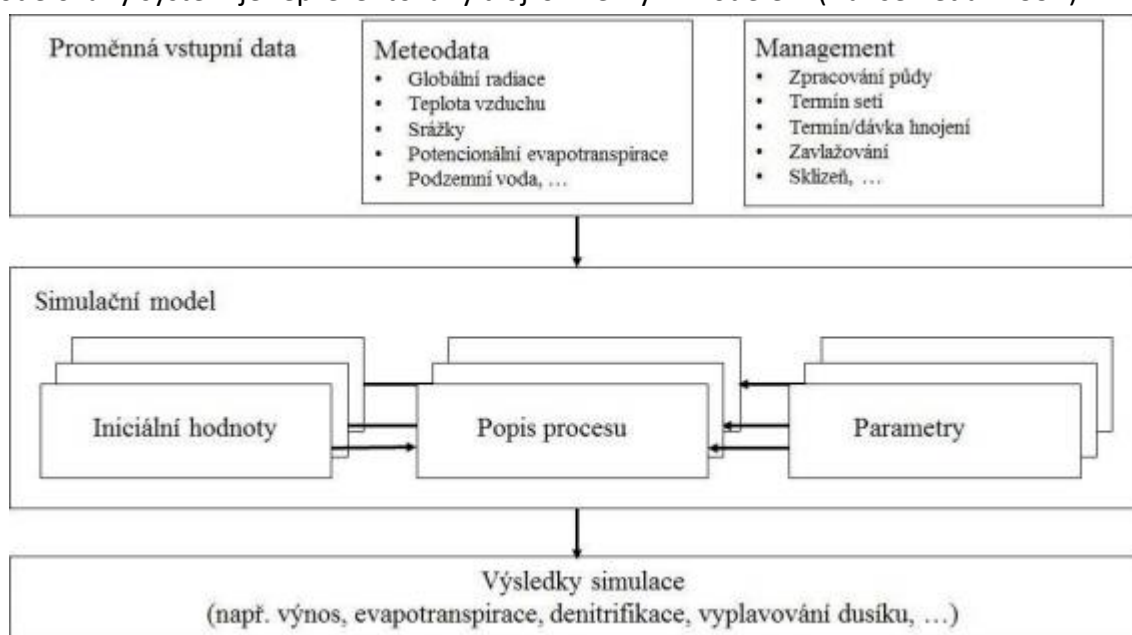
### 3.2.1.3 HERMES

Hermes je růstový model, který pochází z Německa. Jeho tvůrcem je Dr. Kurt-Christian Kersebaum, vědec z Leibnizova Centra pro výzkum zemědělské krajiny. Vývoj modelu HERMES začal díky myšlence vytvoření počítačového programu pro využití zemědělců a poradců v zemědělství a vodním hospodářství, který by byl schopný simulovat dynamiku a pohyb dusíku v půdě přes zimu a začátkem jarního období. Hlavní motivací bylo, aby celý model byl jednoduchý a umožnil výpočet obsahu minerálního dusíku obsaženého v půdě brzy z jara (Kersebaum et al. 2007). Běžně se množství minerálního dusíku v půdě

dělá pomocí laboratorních pokusů, díky nimž se pak rozhoduje o dávkách dusíkatých hnojiv k plodinám. První koncept se zabýval nejvíce pěstovanou plodinou, pšenicí ozimou. Byl rozšířen o vodní bilanci i dynamiku růstu. Postupně byl upravován a byl schopen simulovat dynamiku dusíku v půdě a rostlině během roku. Následující rozšíření tohoto modelu se týkalo postupného rozšiřování polních plodin a rozšíření o modul počítající denitrifikaci. Dnes je modul na takové úrovni, že může být využíván k simulaci víceletých osevních postupů, umí pracovat s evapotranspirací, vlivy zvýšených koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře na růst, vývoj i produkci polních plodin. Stejně jako DSSAT má datovou strukturu propojenou s geografickým informačním systémem GIS. HERMES je Dr. Kersebaumem dále modifikován a upravován. V nynějším stádiu umí simulovat celkový vývoj plodiny (Kersebaum et al. 2009).

### 3.2.1.4 DAISY

Dánský růstový agroekologický simulační model. Impulsem pro jeho vývoj byla snaha o výrobu nástroje, který bude dostupný a bude schopen posoudit hrozbu, kterou představuje vyplavování dusíku z polí pro povrchové a podzemní vody. Tato hrozba je nevyhnutelný důsledek intenzifikace zemědělství. Posuzování těchto procesů je v laboratořích velice časově náročné, a tak vznikla snaha o vytvoření komplexního systému, který bude schopný simulovat dynamiku dusíku a množství vyplavení ze zemědělských půd. DAISY je jedním z mnoha dynamických růstových modelů. Software modelu DAISY je otevřený systém, do kterého lze snadně implementovat nové procesy. Uspadňuje interakci s jinými modely. Lze ho považovat za dobře testovaný model, protože se nacházel už v řadě významných srovnávacích studiích. Jeho simulace patří k nejpřesnějším mezi všemi modely. Základním předpokladem tohoto modelu je fakt, že modelovaný systém je reprezentovaný trojrozměrným modelem (Hansen et al. 1991).



Obrázek 14: schéma růstového modelu DAISY (Pohanková 2016).



### 3.2.1.5 AQUACROP

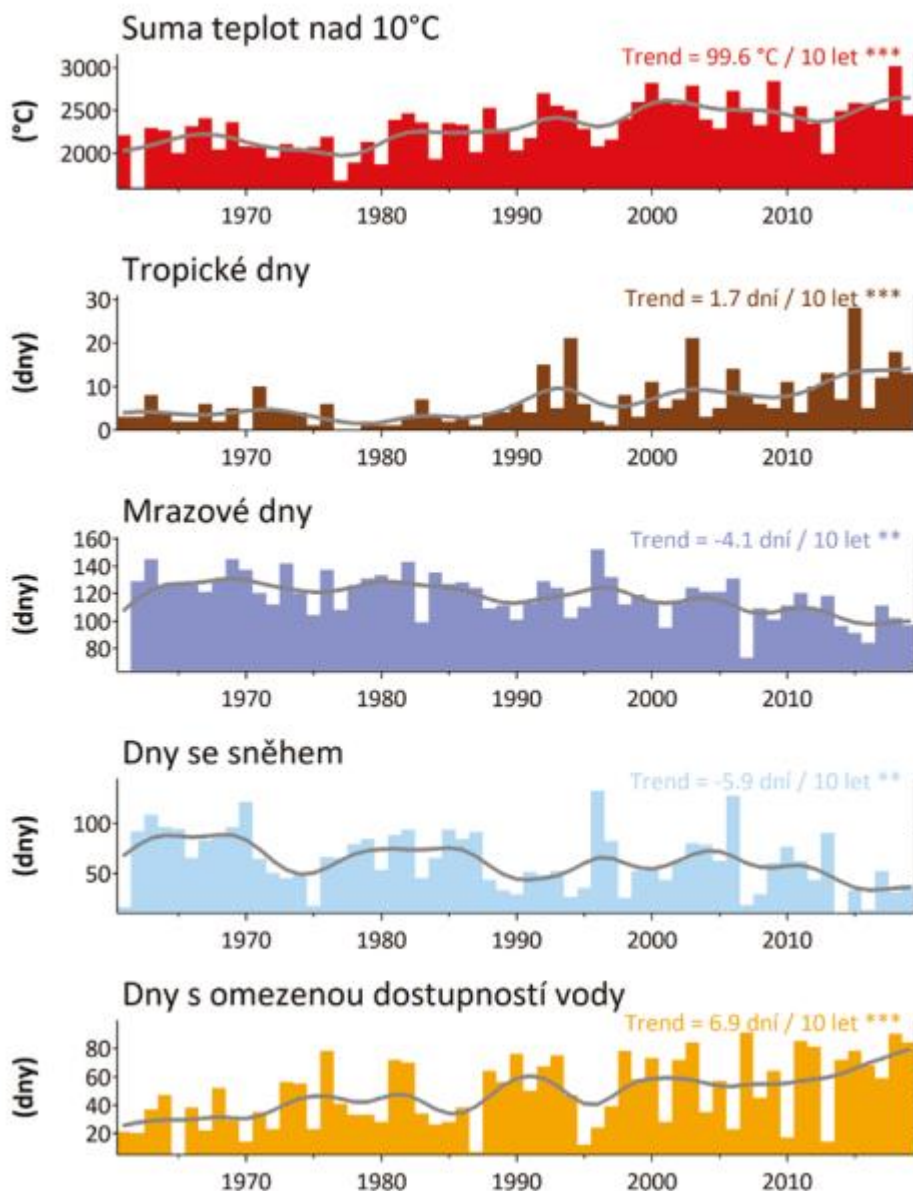
Posledním růstovým modelem, kterým se práce zabývá, je AQUACROP (Crop Water Productivity Model), který je vyvíjen organizací FAO tak, aby byl schopný odhadnout potencionální výnosy u hlavních polních plodin v oblastech, kde je voda limitujícím faktorem. Je určen pro vědce, vládní agentury, neziskové organizace, studenty a pro zemědělce jako vzdělávací nástroj ukazující důležitost vody v souvislosti s produkcí. Aplikace modelu zahrnuje mnoho nástrojů pro uživatele:

- Posouzení potencionálních výnosů v daných zeměpisných oblastech s nedostatkem vody.
- Porovnání dosažitelných výnosů podle skutečných výnosů.
- Posouzení „rainfed“ (zemědělství závislé na srážkách) výroby v dlouhodobém horizontu.
- Simulaci osevních postupů.
- Plánování dávky zavlažování pro dosažení maximálního výnosu.
- Hodnocení účinnosti závlah.
- Analýza budoucího klimatu.
- Hodnocení dopadu nízkých dávek přísunu živin a vody v závislosti na výnos.
- Posuzování odrůd podle náročnosti na odběr vody.

Výhodou oproti jiným růstovým modelům je výrazně nižší počet vstupních parametrů, čímž by měl být přesnější a zároveň uživatelsky přívětivější. AQUACROP je nejvyužívanější růstový model pro zjišťování vodní bilance v půdě (Zhuo 2016).

### 3.2.2 Agroklimatické podmínky v ČR v posledních 60 letech

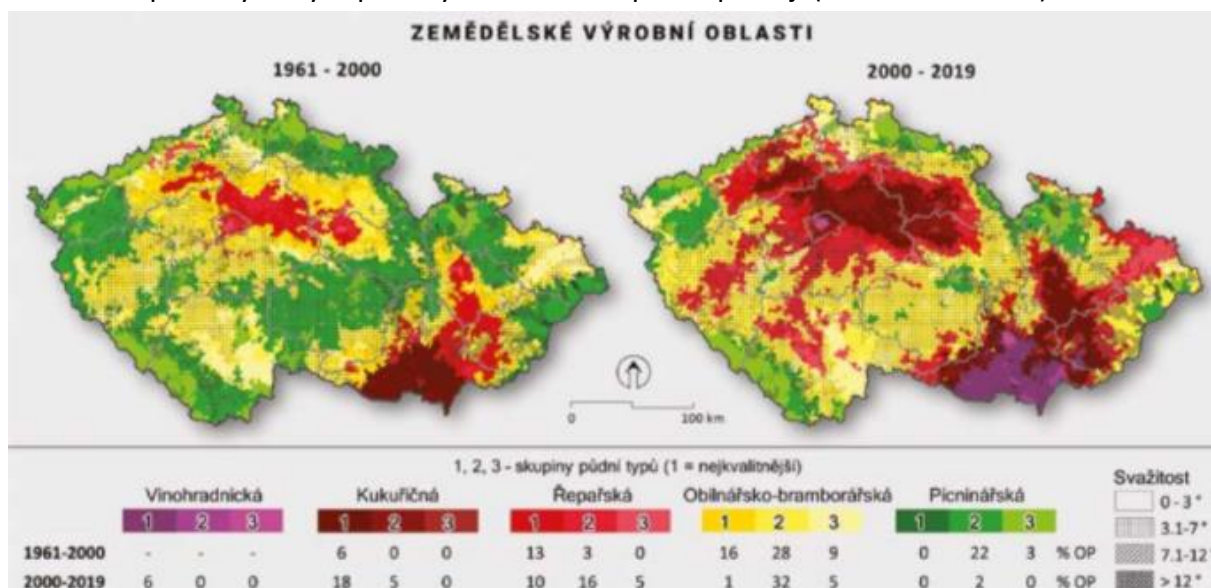
Na obrázku 15 můžeme vidět postupný vývoj různých sledovaných klimatických parametrů. Celkový proces oteplování nám dokazuje hned první graf se sumou teplot, kde lze vidět, že každých 10 let vzroste průměrná suma během roku o téměř 100 °C. Na druhém grafu je vidět i výrazný nárůst výskytu tropických dní během roku. Trend sahá téměř k nárůstu o 2 dny během roku každých 10 let. Třetí a čtvrtý graf se týkají zimního období. Lze vyčíst, že výrazně ubývá mrazivých dní, a ještě výrazněji dnů se sněhovou pokrývkou. Zde je trend úbytku 6 sněhových dní na rok za 10 let. Poslední graf se týká v poslední době hodně diskutovaného sucha. I zde se nachází předpověď toho, že dnů s omezenou dostupností vody bude jen přibývat. Z grafu lze vyčíst hlavně konzistentnost v posledních letech, kdy množství suchých dnů je vysoké (Trnka et al. 2021).



Obrázek 15: mediánové hodnoty vybraných agroklimatologických charakteristik pro ornou půdu v České republice v období 1961-2019 (Trnka et al. 2021).

Jak lze vidět na obrázku 16, v období 1961-2000 tvořily katastry řepařské a kukuřičné výrobní oblasti na nejlepších půdách zhruba 13 % a 6 % z celkové výměry zemědělské půdy. S velkým posunem teplot ale dochází k situaci, kdy si nevystačíme s vymezenými výrobními oblastmi a musí se zavést nová, vinohradnická oblast se suššími a teplejšími agrotechnickými podmínkami. Tyto oblasti se nachází na jižní Moravě a nahrazují zdejší kukuřičnou výrobní oblast. Největší posun mezi výrobními oblastmi ovšem zaznamenala oblast pícninářská. Jejíž úbytek je 22 % z celkové výměry. Naopak plocha kukuřičné výrobní oblasti se zvýšila třikrát na současnou úroveň 18 % území ČR. Dále lze sledovat, že řepařské výrobní oblasti výrazně kleslo zastoupení na kvalitních půdách. Může za něj její rozšíření do vyšších poloh, kde se obecně nacházejí méně kvalitní půdy. Existence zcela nové výrobní oblasti (vinohradnické) zároveň dokazuje, že bude potřeba najít nové osevňovací postupy, kam se zařadí plodiny ze středomořské oblasti nebo subtropů (např. čirok, proso,

slunečnice nebo právě sója). Tyto plodiny se lépe přizpůsobí tamním podmínkám. Některé tamní podniky už tyto plodiny několik let úspěšně pěstují (Trnka et al. 2021).



Obrázek 16: agroklimatické členění ČR na základní období 1961-2000 a období 2000-2019 (Trnka et al. 2021).

Závěrem k této kapitole lze říct, že výrobní oblasti se v ČR postupně vyvíjí k teplejšímu a suššímu charakteru a je potřeba je pravidelně aktualizovat, abychom si udělali přehled o potenciálu těchto oblastí a pěstovali na nich vhodné plodiny. Avšak výnos sóji, tak jako ostatních luskovin, je podstatně více než u obilnin ovlivněn průběhem povětrnostních podmínek v jednotlivých fázích jejich vegetace. Na rozdíl od obilnin jsou rostliny sóji i ostatních luskovin podstatně citlivější na kvalitu založení porostu, vyznačují se malou autoregulační schopností, a tím nižší vzájemnou kompenzací jednotlivých výnosových prvků, nereagují na některá intenzifikační opatření běžná v rostlinné výrobě a podobně. Z těchto důvodů, za účelem maximální eliminace uvedených skutečností, a tím dosažení větší výnosové stability, je proto třeba věnovat velkou pozornost jak již zmíněnému výběru odrůdy, volbě polohy a pozemku, včetně jeho přípravy, tak i všem dalším agrotechnickým a ochranným opatřením (Štranc & Štranc 2002).

## 4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, zda má sója luštinatá potenciál pro pěstování v České republice s ohledem na předpokládané klima. Dále se podívat na agrotechniku sóji a všechny aspekty jejího pěstování. Pokusit se zařadit sóju do stálých osevních postupů, zjistit její podíl mezi plodinami ve světě i u nás.

V první kapitole bakalářské práce je obsažena literární rešerše, která se zabývá informacemi o sóje luštinaté. Postupně jsem se v této obsáhle kapitole zabýval agrotechnikou, do které bylo zahrnuto setí, karta plodiny i různé osevní postupy. Další podkapitoly se věnují výživě a ochraně sóji. Neopomenul jsem ani doporučené odrůdy pro Českou republiku a zaměřil se na chemické složení sóji. Následující podkapitoly se věnují abiotickým a biotickým faktorům, které růst sóji ovlivňují.

Druhá obsáhlá kapitola je zaměřena na propojení sóji s klimatem. Jsou zde vypracovány detailní informace o pěti známých růstových modelech. Další podkapitola je zaměřena na agroklimatické podmínky v České republice a jejich postupný vývoj.

Tato tematika má potenciál i pro diplomovou práci, kterou bych chtěl v budoucnu psát. Musela by samozřejmě být doplněna o praktický pokus z pěstebního procesu. Lze říct, že tím, jak se klima vyvíjí, tak sója má potenciál mít větší podíl na zdejším trhu a podmínky pro její pěstování budou optimálnější na větších plochách České republiky. Sója je velmi perspektivní plodinou a domnívám se, že ji můžeme považovat za rostlinu budoucnosti. Pěstování sóji ve vhodných oblastech by i na našem území bylo přínosem nejen pro produktivitu vlastní rostlinné výroby, tj. pro ozdravení osevních postupů a zvýšení úrodnosti půdy, ale sója by mohla mít i nezanedbatelný význam jako tržní plodina. Odlišná fotoperiodicita (sója je rostlina krátkodenní) a její značná náročnost na vláhu a teplotu způsobila, že sója v našich podmínkách nikdy nezaujímal významnější postavení. Nebyla proto ani pevnou součástí osevních postupů. Možnost výběru vhodné a výkonné odrůdy je proto hlavním momentem, který v současné situaci v podstatě rozhoduje o pěstitelském úspěchu.

Otázkou pro sóju zůstává, jestli se v České republice budou v budoucnu moci pěstovat GMO odrůdy. Pokud jde o nižší anebo nízkou výnosovou jistotu sóji, lze uvést, že tato skutečnost je příznačná pro všechny luskoviny a patří mezi hlavní důvody jejich menšího rozšíření v podmínkách ČR. Čeští vědci potvrzují, že vzhledem k současnému stavu našeho zemědělství, pro které je typické zmenšení rozměru živočišné výroby (zejména výrazné snížení stavů dojnic), pokles ploch víceletých pícnin, především jetelovin a zúžení osevních postupů, se jeví jako účelné a nutné poskytnout větší prostor v rostlinné výrobě luskovinám.

## 5 Literatura

- Bastidas AM, Setiyono TD, Dobermann A, Cassman KG, Elmore RW, Graef GL, Specht JE. 2008. Soybean Sowing Date: The Vegetative, Reproductive, and Agronomic Impacts. *Crop Science* **48**:727-740.
- Biodiesel magazine. 2020. EU soybean production up 11 % this year, doubled in 10 years. Available from <http://www.biodieselmagazine.com/articles/2517046/eu-soybean-production-up-11-this-year-doubled-in-10-years> (accessed December 2020).
- Calviño PA, Sadras VO, Andrade FH. 2003. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. *European Journal of Agronomy* **19**:265-175.
- Corre-Hellou G, Crozat Y. 2005. N<sub>2</sub> fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy* **22**:449–458.
- Český statistický úřad. 2020. Vývoj osevních ploch zemědělských plodin k 31.5. Available from <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM02C&z=T&f=TABULKA&skupId=346&katalog=30840&pvo=ZEM02C#w=> (accessed December 2020).
- De Wit CT, 1978. Simulation of assimilation and transpiration of crops. Simulation Monographs. Wageningen, The Netherlands.
- Dostálová J. 1990. Význam sóje v lidské výživě. ÚVTIZ, Praha.
- Dudík D, Bareš I, Chmel V, Kovačič V, Srp A, Vaněček K, Žilka P. 1966. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- FAOSTAT. 2020. Soybeans. Available from <http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3a236> (accessed December 2020).
- Flohrová A. 2001. Sója – perspektivní plodina. Available from <https://www.uroda.cz/soja-perspektivni-plodina/> (accessed January 2021).
- Haberle J, Trčková M, Růžek P. 2008. Příčiny nepříznivého působení vlivu sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití obilovinami a možnosti jeho omezení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Hansen S, Abrahamsen P, Petersen CT, et al. 2012. Daisy: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE* **55**:1317-1333.
- Hartman GL, Miles MR, Frederick RD. Breeding for Resistance to Soybean Rust. *Plant disease* **89**.
- Haware MP, Nene YL, Natarajan M. 1996. The survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in the soil in the absence of chickpea. *Phytopathologia Mediterranea* **35**:9-12.
- Hlavinka P, Trnka M, Kersebaum KC et al. 2014. Modelling of yields and soil nitrogen dynamics for crop rotations by HERMES under different climate and soil conditions in the Czech Republic. *The Journal of Agricultural Science* **152**:188-204.

- Hosnedl V. 1999. Stárnutí a vitalita osiva. Osivo a sadba-sborník referátů ČZU. Available from [http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-SEM\\_skr-01e9f8f800.pdf](http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-SEM_skr-01e9f8f800.pdf) (accessed December 2020).
- Houba M, Hochman M, Hosnedl V. 2009. Luskoviny pěstování a použití. Kurent, České Budějovice.
- Houba M. 2019. Pěstování luskovin (2): Sója-Glycine. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestovani-luskovin-2-soja-glycine> (accessed December 2020).
- Challinor AJ, Ewert F, Arnold S, et al. 2009. Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. *Journal of experimental botany* **60**:2775-2789.
- Jones JW, Hoogenboom G, Porter CH et al. 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron* **18**:235–265.
- Kersebaum KC, Nendel C, Mirschel W. 2009. Testing different CO2 response algorithms against a face crop rotation experiment and application for climate change impact assessment at different sites in Germany. *Időjárás: Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* **113**:79-88.
- Kersebaum KC, Steidl J, Bauer O, et al. 2003. Modelling scenarios to assess the effects of different agricultural management and land use options to reduce diffuse nitrogen pollution into the river Elbe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **28**:537-545.
- Kollas C, Kersebaum KC, Nendel C, et al. 2015. Crop rotation modelling - a European model intercomparison. *European Journal of Agronomy* **70**:98-111.
- Kuchtík F, Procházka I, Teksl M, Valeš J. 1995 Pěstování rostlin II celostátní učebnice pro Střední zemědělské školy. Nakladatelství FEZ, Třebíč.
- Lahola J. 1990. Luskoviny-pěstování a využití. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- László R. 2006. Organic farming – course book for post-secondary education. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Liška M. 2018. SITUAČNÍ A VÝHLEDOVÁ ZPRÁVA OLEJNINY. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Marrero L, Nunez R. 1995. Vanessa cardui Poey (Lepidoptera: Nymphalidae), a new report for soybean in Cuba. *Revista de Protección Vegetal* **20**:60-62.
- Mezlík T. 2020. Seznam doporučených odrůd 2020 Hrách polní jarní, sója. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Brno.
- Miransari M. 2016. Abiotic and biotic stresses in soybean production. Available from [https://www.researchgate.net/publication/318258410\\_Abiotic\\_and\\_biotic\\_stresses\\_in\\_soybean\\_production/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/318258410_Abiotic_and_biotic_stresses_in_soybean_production/citation/download) (accessed January 2021).
- Mižík P. 2017. Choroby sóji. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-soje> (accessed December 2020).
- Moses JA, Jayas DS, Alagusundaram K. 2015. Climate change and its implications on stored food grains. *Agricultural Research* **4**:21-30.

- NORTH CAROLINA SOYBEAN PRODUCTION ASSOCIATION. 2020. Uses of Soybeans. Available from <https://ncsoy.org/media-resources/uses-of-soybeans/> (accessed December 2020).
- Ojumu B. 2016. Biotic factors affecting agricultural production. Available from <https://passnownow.com/classwork-series-exercises-agricultural-science-ss1-6-biotic-factors-affecting-agricultural-production/#comments> (accessed January 2021).
- Palosuo T, Kersebaum KC, Angulo C, et al. 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: a comparison of eight crop growth models European. *Journal of Agronomy* **35**:103-114.
- Pammenter NW, Berjak PA. 1999. Review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. *Seed Science Research* **8**:13-57.
- Peer FA, Badrul H, Lone BA, Quayoom S, Ahmad L, Ssingh P, Singh G. 2013. Effect of weed control methods on yield and yield attributes of soybean. *African journal of agriculture research* **8**:6135-6141.
- Podrábský M. 2002. Zvláštnosti agrotechniky a chyby při pěstování sóji. Zemědělská agentura, Praha.
- Pohanková E. 2016. Modelování růstu a vývoje ječmene jarního [disertační práce]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Potopová V, Poláková J, Holec J. 2020. Změna klimatu a jeho ochrana jako prioritní politické debaty. Ochrana přírodních zdrojů v politice rozvoje venkova. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Potopová V. 2018. Nové poznatky, které jsou odrazem změny klimatu - vliv sucha na rostlinnou produkci. *Agromanuál* **8**:102-105.
- Revkin A. 2014. Brazil Posts Double Win with Simultaneous Soy Boom and Deforestation Drop. Available from [http://dotearth.blogs.nytimes.com/2014/06/05/forget-the-world-cup-brazil-posts-double-win-with-simultaneous-soy-boom-and-deforestation-drop/?\\_php=true&\\_type=blogs&r=0](http://dotearth.blogs.nytimes.com/2014/06/05/forget-the-world-cup-brazil-posts-double-win-with-simultaneous-soy-boom-and-deforestation-drop/?_php=true&_type=blogs&r=0) (accessed December 2020).
- Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, et al. 2014. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proc. Natl Acad. Sci.* **111**:3268–3273.
- Sinclair JB, Backman PA. 1989. Compendium of soybean diseases. MN American Phytopathological Society United States US, St. Paul.
- Slavík B. 2000. Květena České republiky 4. Academia, Praha.
- Spitter CJT, Kraaligen DWG, Van Keulen H. 1989. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. R. Rabbinge, S. A. Ward, H. H. Van Laar, Simulation and system management in crop production, Simulation Monographs. Wageningen, The Netherlands.
- Štranc D, Štranc J. 2002. Pěstování sóji v Česku: historie a možnosti. Available from <https://www.uroda.cz/pestovani-soji-v-cesku-historie-a-moznosti/> (accessed April 2021).
- Štranc J, Štranc P, Štranc D. 2012. Prospěšnost časného termínu setí pro výnosy sóji. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Štranc P, Procházka P, Štranc D, Štranc J. 2019. Škůdci, choroby a herbicidní pokusy v sóji v roce 2018. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/skudci-choroby-a-herbicidni-pokusy-v-soji-v-roce-2018> (accessed December 2020).

Štranc P, Procházka P, Štranc J, Štranc D. 2013. Termín desikace porostů sóji významně ovlivňuje klíčivost osiva. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Štranc P, Štranc J, Procházka P. 2016. Ochrana sóji v roce 2016. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/ochrana-soji-v-roce-2016> (accessed December 2020).

Toribio LAA, Mateos GG, Lobera GF. 2019. Variability of the chemical composition and nutritional value of soybean meal. Available from [https://www.pig333.com/articles/chemical-composition-and-nutritional-value-of-soybean-meal\\_14864/?fbclid=IwAR2e36UfmgjZhBcA-OKUFmLArbXrGWapyEgsZXguxQ48-Qnsq4kIUh\\_PkU4](https://www.pig333.com/articles/chemical-composition-and-nutritional-value-of-soybean-meal_14864/?fbclid=IwAR2e36UfmgjZhBcA-OKUFmLArbXrGWapyEgsZXguxQ48-Qnsq4kIUh_PkU4) (accessed December 2020).

Trnka M, Balek J, Brázdil R, Dubrovský M, Eitzinger J, Hlavinka P, Chuchma F, Možný M, Prášil I, Růžek P, Semerádová D, Štěpánek P, Zahradníček P, Žalud Z. 2021. Posun agroklimatických podmínek Česka v posledních 60 letech. Available from [http://www.akcr.cz/data\\_ak/21/a/AGRObase2102.pdf](http://www.akcr.cz/data_ak/21/a/AGRObase2102.pdf) (accessed April 2021).

Uehara S, Nikjoo H, Goodhead DT. 1993. Cross-sections for water vapour for the Monte Carlo electron track structure code from 10 eV to the MeV region. *Physics in Medicine and Biology* **38**:1841.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Kolář L. 2016. Výživa a hnojení polích plodin. Profi Press, Praha.

Vogel J. 2015. 35 Top soybean seed picks for 2016. Available from <https://www.farmprogress.com/story-35-top-soybean-seed-picks-2016-9-135621> (accessed December 2020).

Wei W, Xu Y, Li S, Zhu L, Song J. 2015. Developing suppressive soil for root diseases of soybean with continuous long-term cropping of soybean in black soil of Northeast China. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* **65**:279-285.

Yang XB, Lundeen P, Uphoff MD. 1999. Soybean Varietal Response and Yield Loss Caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease* **83**:456–461.

Zhuo L, Mekonnen MM, Hoekstra AY. 2016. The effect of inter-annual variability of consumption, production, trade and climate on crop-related green and blue water footprints and inter-regional virtual water trade: A study for China (1978–2008). *Water research* **94**:73-85.





