

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv různého způsobu založení porostu sóji na jeho  
produkční parametry**

**Diplomová práce**

**Bc. Milan Štefek  
Rostlinná produkce**

**Ing. Pavel Procházka, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv různého způsobu založení porostu sóji na jeho produkční parametry" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.4.2024

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za dobrou spolupráci při vedení mé práce a zároveň za technickou podporu při jednotlivých hodnoceních pokusů. Dále bych chtěl poděkovat Svazu pěstitelů a zpracovatelů olejnin, který umožnil a zprostředkoval realizaci pokusů mé diplomové práce.

# Vliv různého způsobu založení porostu sóji na jeho produkční parametry

## Souhrn

Cílem diplomové práce bylo na základě polních experimentů ověřit vliv různého způsobu založení porostů sóji luštinaté na jeho produkční parametry. Pokus byl založen na třech lokalitách v Lošanech (okr. Kolín), Mankovicích (okr. Nový Jičín) a Fryštáku (okr. Zlín) se dvěma odrůdami (ES Compositor a Adelfia) sóji luštinaté ve třech variantách, které ověřovaly cíle a hypotézu diplomové práce. První variantou (1) byl výsev v řádcích s roztečí 0,15 m, druhou variantou (2) byl výsev v řádcích s roztečí 0,45 m a třetí (3) variantou byl výsev v řádcích s roztečí 0,45 m, kde byla mezi řádky pomocné plodiny vyseta sója luštinatá. První hodnocení proběhlo po plném vzejití porostu v BBCH 16, kdy došlo k hodnocení počtu rostlin na  $m^2$  sóji luštinaté a dynamiky růstu odebráním podzemní a nadzemní biomasy rostlin u jednotlivých variant. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že se průměrný počet rostlin na  $m^2$  pohyboval od 31,8 do 50,9 napříč variantami a jsou mezi nimi statisticky významné rozdíly. U hmotnosti nadzemní a podzemní biomasy nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Druhé hodnocení proběhlo před sklizní. Hodnocením bylo zjištěno, že největší počet rostlin měla varianta 1 odrůdy Adelfia s hodnotou 39,6 rostlin/ $m^2$  a nejmenší počet rostlin vykazovala varianta 3 odrůdy ES Compositor s hodnotou 29,4 rostlin/ $m^2$  a mezi variantami byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Výška rostlin se pohybovala od 0,569 m do 0,825 m, kde nejnižší byla varianta 1 odrůdy Adelfia a nejvyšší byla varianta 1 odrůdy ES Compositor, mezi variantami byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Výška apikální části nejspodnějšího lusku od povrchu půdy se pohybovala v rozmezí 0,047-0,08 m, nejvyšší nasazení lusku vykazovala varianta 3 odrůdy ES Compositor a nejnižší varianta 1 odrůdy Adelfia, mezi variantami byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Počet větví na rostlině, počet lusků na větvích a na rostlině celkem nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Největší počet plodonosných pater vykazovala varianta 3 odrůdy ES Compositor s hodnotou 10,4 pater na rostlině a nejmenší varianta 3 odrůdy Adelfia s hodnotou 8,5 pater na rostlině. Třetím hodnocením bylo stanovení výnosu a kvalitativních parametrů. Mezi jednotlivými variantami technologií pěstování nebyl statisticky významný rozdíl ve výnosu, avšak nejmenší výnos vykazovala varianta 3 s průměrným výnosem 3,383 t/ha a největší výnos vykazovala varianta 1 s výnosem 3,944 t/ha. Těmito výsledky nelze zamítnout stanovené hypotézy.

**Klíčová slova:** pomocné plodiny, sója, přesné setí

# Effect of different establishment methods on soybean production parameters

## Summary

The aim of the thesis was to verify the influence of different methods of establishing soybean stands on its production parameters based on field experiments. The experiment was conducted at three locations in Lošany (Kolín district), Mankovice (Nový Jičín district), and Fryšták (Zlín district) with two varieties (ES Compositor and Adelfia) of soybean in three variants, which aimed to verify the objectives and hypothesis of the thesis. The first variant (1) involved seeding in rows with a spacing of 0.15 m, the second variant (2) involved seeding in rows with a spacing of 0.45 m, and the third variant (3) involved seeding in rows with a spacing of 0.45 m with intercropping of soybean between the rows. The first evaluation took place after full crop emergence at BBCH 16, when the number of plants per m<sup>2</sup> of soybean and growth dynamics were assessed by sampling underground and aboveground biomass of plants in each variant. The results indicated that the average number of plants per m<sup>2</sup> ranged from 31.8 to 50.9 across variants, showing statistically significant differences. No statistically significant differences were found in the aboveground and underground biomass. The second evaluation took place before harvest. It was found that the variant 1 of the Adelfia variety had the highest number of plants with a value of 39.6 plants/m<sup>2</sup>, while variant 3 of the ES Compositor variety had the lowest number of plants with a value of 29.4 plants/m<sup>2</sup>, showing a statistically significant difference between variants. Plant height ranged from 0.569 m to 0.825 m, with the lowest being variant 1 of the Adelfia variety and the highest being variant 1 of the ES Compositor variety, showing a statistically significant difference between variants. The height of the apical part of the lowest pod from the soil surface ranged from 0.047 m to 0.08 m, with the variant 3 of the ES Compositor variety showing the highest insertion of pods and variant 1 of the Adelfia variety showing the lowest, indicating a statistically significant difference between variants. The number of branches per plant, number of pods on branches, and total number of pods per plant did not show statistically significant differences. Variant 3 of the ES Compositor variety had the highest number of productive nodes with a value of 10.4 nodes per plant, while variant 3 of the Adelfia variety had the lowest with a value of 8.5 nodes per plant. The third evaluation was the determination of yield and qualitative parameters. There was no statistically significant difference in yield among the different cultivation technology variants; however, the lowest yield was observed in variant 3 with an average yield of 3.383 t/ha, while the highest yield was observed in variant 1 with a yield of 3.944 t/ha. These results do not refute the hypotheses established.

**Keywords:** companion crops, soybean, precise sowing

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Sója luštinatá (<i>Glycine Max</i>) .....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Historie pěstování sóji luštinaté .....	10
3.1.2 Botanický popis.....	11
3.1.3 Význam sóji luštinaté.....	13
3.1.4 Struktura porostu .....	14
3.1.5 Výnosotvorné prvky .....	15
<b>3.2 Způsob založení porostu.....</b>	<b>16</b>
3.2.1 „Běžné“ řádky – 0,15 m .....	16
3.2.2 Řádky – 0,25 m .....	17
3.2.3 Řádky – 0,45 m .....	17
<b>3.3 Pomocná plodina .....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Cíle využití pomocných plodin .....	18
3.3.2 Pozitivní efekty .....	18
3.3.3 Rizika pěstování .....	19
3.3.4 Plodiny využívané jako pomocné .....	19
<b>3.4 Systémy pěstování plodin s pomocnou plodinou.....</b>	<b>19</b>
3.4.1 Technologické aspekty .....	19
3.4.1.1 Setí do živého mulče .....	19
3.4.1.2 Pásové výsevy pomocných plodin .....	20
3.4.1.3 Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny .....	21
3.4.2 Práce s biologickými vlastnostmi .....	21
3.4.3 Využití v polních plodinách .....	22
<b>3.5 Pomocné plodiny s luskovinách .....</b>	<b>22</b>
3.5.1 Technologie pěstování .....	22
3.5.2 Struktura porostů luskovin .....	23
3.5.3 Pomocné plodiny v luskovinách .....	24
3.5.4 Výživa a hnojení .....	24
<b>4 Metodika .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Charakteristika pokusných lokalit.....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Lošany .....	26
4.1.2 Fryšták.....	27
4.1.3 Mankovice.....	28
<b>4.2 Založení pokusných ploch .....</b>	<b>29</b>
4.2.1 Pokusný materiál.....	30

<b>4.3</b>	<b>Meteorologické charakteristiky pokusných lokalit.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Použité pomocné plodiny .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5</b>	<b>Hodnocení počtu rostlin.....</b>	<b>31</b>
4.6.1	Při zapojení porostu.....	31
4.6.2	Stanovení výnosových prvků .....	32
4.6.3	Stanovení výnosu .....	32
<b>4.6</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.</b>	<b>Výsledky hodnocení při zapojení porostů.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.</b>	<b>Výsledky hodnocení stanovení výnosových prvků .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3.</b>	<b>Výsledky stanovení výnosu a kvalitativních parametrů.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>46</b>
7.1.	Potvrzení hypotézy .....	46
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>47</b>

# 1 Úvod

V dnešní době je veliký problém nízká diverzita plodin, respektive osevního sledu plodin z důvodu pěstování čtyř základních plodin (pšenice, kukuřice, řepka a ječmen), které jsou střídány či mnohdy pěstovány po sobě. Toto zúžení osevního postupu má mnoho negativních vlivů na půdu a prostředí, kdy dochází převážně ke zhoršení půdní struktury a k jejímu utužování, čímž dochází ke snížení infiltrace dešťových srážek, čehož je výsledkem vodní eroze půdy. Problémem úzkého osevního postupu je navíc také zamoření půd chorobami a škůdci. Sója luštinatá jakožto luskovina může plnit v osevním postupu přerušovače obilních sledů a tím i plnit ozdravovací funkce stanoviště, což je využíváno zejména v ekologickém zemědělství. Sója je navíc díky fixaci vzdušného dusíku pomocí hlízkových bakterií rodu *Bradyrhizobium japonicum* a tím i snížení nároků na průmyslová hnojiva, plodinou s nízkými náklady a je perspektivní pro nízkoenergetické pěstování. Na půdách, kde nebyla sója pěstována delší dobu nebo vůbec, je vhodné podpořit vznik hlízek bakterií na kořenech pomocí inokulace osiva (Sugiyama et al. 2015).

Pěstování sóji přináší rizika spojená s primárně vodní erozí vzhledem k pomalé dynamice růstu v počátečních fázích vývoje a také k četným srážkám v průběhu června. Vodní eroze může navíc vznikat i s takřka nulovou sklonitostí terénu. Pěstováním sóji s pomocnou plodinou vznikají další náklady zejména na založení porostu pomocné plodiny a také na její umrtvení. Je potřeba však brát v úvahu i benefity, které s sebou nese rychle vytvořený vegetační povrch ve vztahu k půdě. Jakožto pomocné plodiny jsou většinou využívány časně vysévané obilniny, které dobře reagují na umrtvení pomocí totálního herbicidu těsně před setím sóji. Při pozdní regulaci pomocné plodiny nastává riziko nedostatku vody v půdě pro vzházející sóju (Procházka et al. 2023). Moje diplomová práce by měla ověřit i ukázat možnosti zařazení luskovin do osevních postupů i přes rizika spojená zejména s erozí a také ověřovat způsoby založení porostů vzhledem k produkčním schopnostem sóji luštinaté.



## **2 Cíle práce**

1. Cílem práce je na základě literární rešerše zpracovat stávající informace o vlivu různého způsobu založení porostu sóji na jeho produkční informace.
2. Cílem experimentální práce je na základě polních experimentů ověřit vliv různého způsobu založení porostů sóji na jeho produkční parametry.

Hypotézy:

1. Odlišná rozteč řádků nemá statisticky významný vliv na produkci semen sóji.
2. Využití pomocné plodiny při založení porostů sóji nemá statisticky významný vliv na produkční schopnost porostu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Sója luštinatá (*Glycine Max*)

#### 3.1.1 Historie pěstování sóji luštinaté

Sója byla domestikována před více než devíti tisíci lety na území dnešní Číny a stala se jednou z nejvýznamnějších plodin v Číně, Japonsku, Koreji a okolních oblastech s vhodným klimatem. Historicky se však sója do jiných částí světa nerozšířila a jako rostlina nebyla v Evropě dlouho známá. Zavedení sóji do Evropy začalo dovozem sójových produktů, zejména omáček, považovaných za luxusní zboží. Samotná rostlina sóji byla příležitostně pěstována jako kuriozita v botanických zahradách od 18. století. Pokusy o pěstování sóji ve Francii a Německu během 19. století byly neúspěšné. Historie pěstování sóji ve střední Evropě často sahá až do roku 1873. Friedrich Haberlandt, narozený v Bratislavě, je osoba, která je spojena se zavedením nové plodiny i na území České republiky. V roce 1873 získal pro své následné pokusy semena sóji, čímž položil základ pěstování sóji v dnešní České republice. Haberlandt studoval zemědělství v Mosonmagyaróvaru, kde působil jako asistent a profesor. Jeho práce se zaměřovala na zemědělskou botaniku s důrazem na plodiny a plevele. Světová výstava, která se konala ve Vídni v roce 1873, přestože byla finančním neúspěchem, znamenala významnou roli v historii pěstování sóji v Evropě. Haberlandt, který připravoval zprávu o plodinách prezentovaných na výstavě byl fascinovaný sójou vystavovanou v expozici z Japonska a Číny. Z těchto expozic pravděpodobně získal 19 až 20 odrůd pocházejících z Japonska, Číny, Mongolska, oblasti Kavkazu a Tuniska. Získal odrůdy žlutosemenné, černosemenné, zelenosemenné i hnědosemenné. Ve stejném roce, jako se konala výstava, také publikoval článek, ve kterém především vyzdvihoval vysoký obsah oleje a bílkovin v semenech sóji. V roce 1875 byla sója poprvé pěstována na univerzitních pokusných polích, ale dozrály pouze čtyři odrůdy. Výzvou, které čelili pěstitelé více než 120 let, byla dlouhá vegetační doba sóji, protože sója je krátkodenní rostlina a vegetační doba se prodlužuje v podmínkách dlouhých letních dnů. V roce 1876 Haberlandt distribuoval semena tří nejranějších odrůd do různých oblastí, včetně Českých zemí, kde probíhaly první rozsáhlé pokusy. V roce 1877 spolupracovalo s Haberlandtem kolem 150 experimentátorů a v roce 1878 pěstovaly sóju tisíce farmářů. Ve stejném roce vydal Haberlandt své klíčové dílo „*Die Sojabohne*“, první knihu o sóje mimo oblast jejího původu. Bohužel Haberlandt zemřel ve věku 52 let krátce po vydání knihy, což znamenalo konec těchto průkopnických snah. Po jeho smrti se nadále pokračovalo v pěstování sóji, a to na schwarzenberských panstvích, ale většina pokusů byla v následujících letech ukončena, protože Haberlandt neměl vhodného následovníka. Skončily i pokusy s pěstováním sóji ve směskách pro silážování, které byly doposud v malé míře prováděny. Pokusy byly obnoveny až Františkem Sitenským, který žil mezi roky 1851 až 1924. Na Zemědělské akademii v Táboře byl profesorem a při této příležitosti založil výzkumnou stanici. Sitenský byl mimo jiné zakladatelem a redaktorem Hospodářského slovníku naučného, který byl rozsáhlé encyklopedické dílo z oblasti zemědělství. Na obnovení pokusů se také podílel Václav Frešman, který byl také profesorem Zemědělské akademie v Táboře, kde byl navíc i správcem školního statku. Na začátku 20. století se významně zvyšoval dovoz sójových bobů do Evropy, což vedlo ke snaze

nahrazovat dovoz vlastní produkcí. Díky této snaze byly opět obnoveny pokusy s aklimatizací sóji ve středoevropských podmínkách. Profesor Julius Stoklasa vedl zušlechťující pokusy založené ve výzkumné stanici hospodářsko-fyziologické v Praze. Jeho snaha byla mimo jiné zkracování vegetační doby za použití radioaktivního hnojiva, což bylo relativně úspěšné. Profesor Munzar společně s jeho asistentkou vedl pokusy ve Výzkumné stanici v Táboře, kde zkoumali již v roce 1914 možnosti očkování sóji hlízkovými bakteriemi. Později byly nejenom díky těmto výsledkům přisuzovány předchozí neúspěchy v pěstování kvůli neprovádění očkování. Během první světové války byl problém s dovozem sóji do Rakouska a Německa, kde měla v těchto dobách nahrazovat maso i tuk. Díky čemuž rakouské ministerstvo podporovalo pěstování sóji a založení nových pokusů. Po první světové válce byla vylepšena pěstební technologie a řada pěstitelů se snažila získat vhodné odrůdy do podmínek České republiky, především velmi rané. Během meziválečného období probíhalo mnoho pokusů, při kterých hráli největší roli Jaroslav Hromádka, prof. Josef Munzar, prof. Julius Stoklasa, Jaroslav Hruška a Vojtěch Truksa, který byl autorem Bratislavských odrůd, kterých bylo celkem 12. Nejpěstovanější z nich byly žlutosemenné odrůdy Bratislavská 45 a 137. V 30. letech se v Čechách pěstovala sója zhruba na 20 hektarech a na Moravě přibližně na 40 hektarech. V teplých částech jižní Moravy se osevnická plocha postupně zvyšovala. Po druhé světové válce se již plochy navyšovaly v celém Československu a v roce 1949 již činily 2631 hektarů. Postupem času se ale plochy snižovaly až na 350 hektarů na počátku 60. let, takže bylo zapotřebí znovu sóju více propagovat. Jeden z problémů byl, že v Československu byla povolena pouze jedna odrůda, která byla středně raná až polopozdní s názvem Hodonínská žlutá, takže nastával problém s pozdním dozráváním. V roce 1957 byla již povolena další odrůda, a to Kroměřížská žlutá, vyznačující se především tím, že byla raná, čímž se stala na dalších deset let jedinou pěstovanou odrůdou na zrno. V 90. letech postupně plochy v Československu narůstaly až na 6700 hektarů v roce 1990 a v roce 1992 již dosahovala plochy 11600 hektarů, z čehož Česká republika zaujímal zhruba 4000 hektarů. Od roku 1992, který byl velice nepříznivý pro pěstování sóji, plochy do konce 90. let postupně klesaly až k pouhým 249 hektarů v roce 1997. Vše se změnilo na konci 90. let, kdy přišly tzv. kanadské odrůdy, které byly lépe adaptovatelné na naše klimatické podmínky, a hlavně byly velmi rané až rané s délkou vegetace 140-160 dní. Po roce 2000 již nikdy v ČR neklesly plochy sóji pod 1000 hektarů a od roku 2015 neklesla plocha pod 10000 hektarů (Haberlandt 1878; Da Silva & De Majo 2022; Procházka et al. 2023).

### 3.1.2 Botanický popis

Sója luštinatá (*Glycine max* Merrill) je zařazena mezi luskoviny do čeledi bobovitých (*Fabaceae*), kde je zařazena do rodu *Glycine* Willd, do kterého patří dalších 75 druhů. Mezi nejvýznamnější druhy tohoto rodu patří planá sója (*Glycine ussuriensis* Regel et Maack), polokulturní sója (*Glycine gracilis* Skvorts) a kulturní sója (*Glycine max* Merrill dříve nazývaná *Soja hispida* Moench či *Glycine hispida* Moench) (Singh RJ 2006).

Sója luštinatá je jednoletá bylina podobající se keříčkovému fazolu. Výška rostliny se pohybuje od 0,2 m až do 2,0 m v závislosti na odrůdě a klimatických podmínkách. Sója má silný kulovitý kořen, z něhož větví velké množství dlouhých postranních kořenů, které jsou schopné pronikat až do hloubky 2,0 m. Na těchto kořenech se vytvářejí v orniční vrstvě hlízkky

vyvolané činností bakterií rodu *Bradyrhizobium japonicum* (*Rhizoctonium japonicum*). Množství vytvořených hlízek je závislé na afinitě odrůdy a bakterií, vlastnostech a struktuře půdy zejména na její vlhkosti, provzdušněnosti, pH a také teplotě. Biologická fixace těchto bakterií zajišťuje 40 až 70 % potřebného dusíku pro růst a tvorbu výnosu, kterého rostliny spotřebují 75 až 80 kg N na 1 tunu. Hlízky se začínají tvořit po 10 až 14 dnech od vzejití a konec tvorby ustává s koncem vegetace rostliny. Hlízky jsou kulovité a uvnitř zbarvené do růžova až načervenalá, za což může látka leghemoglobin, která je analogická krevnímu barvivu (KeShun 2012).

Lodyha rostliny je přímá, tlustá či ovíjivá v závislosti na odrůdě. Ve spodní třetině až polovině střední lodyhy vyrůstají postranní lodyhy či větve. Některé formy mají schopnost větvení i postranních lodyh. Podle tohoto větvení je možnost dělit sóju na formy se vzpřímenou a popínavou lodyhu. Vzpřímená lodyha je pevnější a je vhodná k pěstování na semeno. Popínavá lodyha je slabší a využívá se ke krmným účelům. Dále ji lze dělit podle rozložení větví, jejich délky a postavení k hlavnímu stonku rostliny na kompaktní či stažený, vějířovitý nebo s propletenými větvemi. Lodyha, větve i listy jsou vlnatě chlupaté. Barva těchto chlupů je pro genotypy charakteristická a může být šedobílá, žlutohnědá až hnědá či černá. Lodyha je zbarvena do zelena a případně s antokyanovým zbarvením (Sing RJ 2006; Baranyk et. al 2010; Procházka et al. 2023).

Bernard RL (1972) uvádí, že existují dva lokusy (*Dt 1* a *Dt2*) genu, které řídí ukončení růstu lodyhy. U determinantního typu lodyhy (*dt1*) dochází po odkvětu k malému nárůstu délky lodyhy, zatímco u indeterminantního typu lodyhy (*dt1*) pokračuje prodlužování lodyhy i po odkvětu a vytváří delší a více zúženou lodyhu s postranními větvemi. Růst lodyh se u obou typů liší, což má vliv na morfologii lodyhy, která má vliv na délku kvetení a následnou dobu zralosti. Střední fenotyp je podmíněn genotypem *Dt2* a nazývá se semideterminantní. Thompson et al. (1997) identifikoval třetí alelu na (*dt1 -t*) na lokusu *Dt1*. Ta vytváří fenotyp pro výšku rostlin, který je podobný genotypu *Dt2*, ale má menší počet hlavních uzlin na stonku s většími terminálními lístky.

Sója vzhází epigeicky což znamená, že jsou nad povrch půdy vynášeny masité děložní lístky a následně se vyvíjí první pád pravých listů takzvaných primordiálních listů. Listy jsou střídavé, dlouze řapíkaté, trojčetné, na bázi s palisty. Jsou tvarově velmi proměnlivé a mohou být kopinaté, zpeřené, široce vejčité, kosočtvercovité až téměř okrouhlé, postranní lístky asimetrické a na jedné rostlině mohou být velikosti i tyto tvary různě kombinované. Čepel může být hladká či vrásčitá, jemná, měkká či hrubší, plstnatě chlupatá, světle či tmavě zelená. U většiny forem sóji listy při dozrávání odpadávají (Lersten & Carlson 2004; Procházka et al. 2023).

Květy sóji luštinaté jsou oboupohlavné, souměrné, motýlkovité, vyrůstající v hrozen z úžlabí. U většiny forem jsou hrozny krátké se 3 až 8 květy, některé formy mohou být mnohokvěté s 15 až 20 květy dlouhými 0,015-0,03 m. Kalich je pětičetný s kopinatými a nestejně dlouhými ušty. Pavéza je krátká, křídla jsou úzká a přiléhají k člunku, který je rovný a tupý. Koruna bývá světle fialová či bílá, výjimečně může být zbarvena malinově. Sója luštinatá je samosprašná rostlina, ale výjimečně může docházet k cizosprašení, podíl cizosprašení je hluboko pod 1 %. Celková doba kvetení trvá až tři týdny v závislosti na povětrnostních podmínkách. Kvetení začíná v ranních hodinách a ustává kolem poledne. Je možné i opylení vlastním pylem, k čemuž často dochází ještě před samotným rozkvetením, což se nazývá kleistogamie. Negativními vlivy

na kvetení jsou sucho, chlad či nedostatečná výživa, která způsobuje sterilitu a sprchávání květů neboli náhlé opadávání květů (Procházka et al. 2023).

Plodem je podlouhlý lusk mající na povrchu chlupy a mezi semeny mírně zaškrčen. Lusk je zobánkatý, různého tvaru, velikosti i barvy. Podle těchto tvarů mohou být lusky rozlišovány na přímé, mečovité či srpovité. Dle velikosti jsou lusky rozlišovány na drobné mající 0,03 až 0,04 m, střední se 0,04 až 0,05 m a dlouhé dosahující 0,06 až 0,07 m. Zralé lusky jsou žluté, rezavé či světle hnědé a jejich počet se na jedné rostlině pohybuje od 10 do 400. Lusky obsahují jedno až čtyři semena, které jsou kulovitého až elipsoidního tvaru, mírně zploštělá nebo zaoblená a hladká s nejčastěji žlutou, ale i v některých případech zelenou, hnědou, černou či mramorovanou barvou. Pupek neboli jizva na poutku vajíčka bývá zbarvena do tmavohněda, světlehněda, černě nebo může být i bezbarevná (Baranyk et al. 2010).

### 3.1.3 Význam sóji luštinaté

Význam sóji luštinaté je velice rozmanitý. V Číně se pravděpodobně lidem vybaví nejrůznější pokrmy a nápoje, které jsou zde využívány nespočet generací. Zemědělce zase napadne, jaký může tato plodina přinést zisk a jaké účinky má na půdu. Chovatel hospodářských zvířat si sóju spojí se sójovým šrotem, jakožto základní složkou krmiva pro zvířata. Odborníka na výživu lidí by mělo hned napadnout množství esenciálních aminokyselin obsažených v sójových bílkovinách. Sója luštinatá má mnohostranné využití (Miladinović et al. 2011).

Význam jejího využití vyplývá převážně z jejího chemického složení. Obsahuje průměrně 40 % bílkovin a přibližně 20% olejnatost, z čehož vyplývá, že obsahuje více než 60 % různých živin, které lze využít k různým účelům. Semeno sóji lze využít celé či ho lze zpracovat za účelem získání bílkovin nebo oleje, díky čemuž má sója široké využití, a to nejen v potravinářství, ale i v různých dalších odvětvích. Jelikož je nejpěstovanější olejinou, jak uvádí i Štranc & Procházka (2022), tak má veliký význam i v mezinárodním obchodě. Sójový šrot je nepostradatelným zdrojem bílkovin ve výživě hospodářských zvířat, drůbeže a ryb. Ačkoliv je sója důležitým zdrojem bílkovin pro lidskou populaci, tak se sója v lidské stravě nevyužívá v takové míře, jak by bylo vhodné, vzhledem ke stále se zvyšujícímu počtu lidské populace. Více než 77% celosvětové produkce sóji je zkrmována hospodářskými zvířaty a pouhých 7 % se používá pro lidskou výživu, což je například tofu nebo sójové mléko, většina zbytků se používá na výrobu biopaliv, v průmyslu nebo na rostlinné oleje. Důvodů tohoto nedostatečného využívání je několik. Ve vyspělých zemích je totiž zatím dostatek tradičních zdrojů bílkovin, což je maso, mléko a vejce. Sója se doposud využívá především ve speciálních dietách a v asijské kuchyni. Na druhé straně jsou rozvojové země, které mají nedostatek potravin s vysokým obsahem bílkovin a nemají dostatečné průmyslové kapacity pro potřebné zpracování sóji pro lidskou výživu (Miladinović et al. 2011; Berschneider 2016; Ritchie 2021). Sójové boby jsou také významným zdrojem rostlinného oleje. Doposud se sójový olej využíval především v potravinářském průmyslu k vaření, přípravě hotových jídel, majonézy, margarínů atd. Ve Spojených státech amerických dokonce pochází více než 70 % jedlého oleje ze sóji. V dnešní době ale roste trend v používání pro další průmyslové účely, jakožto je výroba mýdel, čistících prostředků, barviv a laků. Sójový olej je také využíván jako nosič účinné látky v pesticidech, kde snižuje množství potřebné vody pro aplikaci. Sójový olej obsahuje lecitin, který je používán při výrobě pekařských a cukrářských výrobků, ale také

i v lékařství a v textilním a chemickém průmyslu. V poslední době je sójový olej také využíván jako vstupní surovina pro výrobu biopaliv a jak uvádí Nguyen & Bhattacharyya (2017), tak se v USA používá přibližně 25 % sójového oleje pro výrobu biopaliv (Higley & Boethel 1997; Miladinović et al. 2011).

Sója luštinatá má také významnou roli v produkci polních plodin a s ohledem na současný stav našeho zemědělství, kdy se mimo jiné snižují plochy víceletých pícnin, především jetelovin, je nutné poskytnout větší prostor ve struktuře rostlinné výroby luskovinám, a to především sóje. Její význam není u nás zcela docenován jak z hlediska funkce přerušovače obilných sledů, tak i z hlediska její vynikající předplodinné hodnoty, především pro ozimou pšenici. Pěstování sóji je velmi prospěšné i pro úrodnost půdy vzhledem ke způsobu a hloubce jejího zakořeňování, osvojování živin a také schopností vázat atmosférický dusík, čímž si zajišťuje převážnou potřebu výživy rostliny dusíkem, tak snižuje potřebu aplikace dusíkatých hnojiv. Sója také zlepšuje fyzikální, chemický a biologický stav půdy. Díky tomu se velmi dobře hodí do osevních sledů. Využití se však liší v závislosti na agroklimatických podmínkách a potřebám pěstitelů (Štranc et al. 2004a; Miladinović et al. 2011).

#### 3.1.4 Struktura porostu

Sója nemá příliš vysoké nároky na předplodinu. Nejlépe se jí daří na jílovitohlinitých nebo písčitoohlinitých půdách, které jsou dobře zásobené humusem a živinami. V půdě by měla být slabě kyselá reakce s dobrou vodní kapacitou a také dobře zpracovatelná. Pro růst je vhodná suma vegetačních teplot 2000-3000 °C s optimální roční teplotou od 8 až do 10 °C. Minimální teplota pro klíčení je 7 °C, ale optimální teplota pro vzcházení je 15 až 20 °C. V období intenzivního růstu potřebuje rostlina teplotu mezi 20 až 25 °C. V počátečních růstových fázích sója snáší i krátkodobé mrazíky do -3 až -4 °C. Sója je krátkodenní rostlina, což znamená, že dlouhý den oddaluje kvetení a prodlužuje vegetační dobu. Největší požadavky na světlo má v období od počátku kvetení až po nalévání lusků. V současné době však již nejsou jednotlivé odrůdy tak fotoperiodicky vyhraněné, jako tomu bylo v minulosti. Sója je náročná na vláhu, což znamená, že na vytvoření 1 g sušiny potřebuje 600 až 1000 g vody. Minimum srážek potřebných v době vegetační doby je 550 mm, ale pro normální růst a vývin potřebuje ideálně 700 mm srážek (Procházka 2023).

Odrůdy, které se v současné době pěstují u nás, pocházejí ze zemí s vyšší zeměpisnou šířkou a tím jsou relativně chladuvzdorné a fotoperiodicky méně vyhraněné. Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím vzejití porostu je dostatek srážek pro nabobtnání, vyklíčení a vzejití. Vzhledem k tomuto faktoru je vhodné pečlivě sledovat průběh počasí v době zakládání porostů sóji. Vhodné termíny výsevu jsou podle jednotlivých regionů. Štranc et al. (2004b) i Trnka et al. (2021) uvádějí, že v nejteplejší oblasti a to vinařské, je vhodný termín mezi 10.4. až 17.4., v kukuřičné oblasti je stejný vhodný termín pro výsev jako u vinařské oblasti, ale v obou těchto oblastech nastává riziko nedostatku srážek v období vegetace. V řepařské výrobní oblasti je vhodný termín od 15.4. do 25.4. a tato oblast je vhodná pro pěstování běžně dostupných odrůd. Obilnářská a bramborářská výrobní oblast je vhodná pouze pro pěstování velmi raných odrůd a nad 500 m n. m. je pěstování riskantní a vhodný termín výsevu v těchto oblastech je mezi 25.4. až 10.5. V pícninařské výrobní oblasti není pěstování doporučováno. V ČR se pěstují pouze velmi rané, rané a středně rané odrůdy. Volba ranosti odrůdy se odvíjí

od příznivosti podmínek pěstování, pokud máme méně příznivé podmínky, volíme odrůdy, které mají kratší délku vegetace. Naopak v příznivých oblastech je možnost zvolit i odrůdy s delší vegetační dobou. Dalším klíčovým prvkem při volbě odrůdy je výška nasazení prvního lusku spolu s odolností proti pukání, tyto parametry významně ovlivňují množství sklizňových ztrát. Pokud je nasazení nejspodnějšího lusku příliš nízké, nastává riziko, že bude tato výška pod minimální výškou strniště, čímž jsou tyto nízko nasazené lusky poškozené a semena z nich vypadávají, což znamená zvýšení sklizňových ztrát. V současné době mají odrůdy nasazené nejspodnější lusky ve výšce 0,1 až 0,14 m. Toto je velice zavádějící, protože mnohdy neznáme délku lusku, proto je účelnější sledovat výšku apikální části nejspodnějšího lusku, neboť tato výška reálně ukazuje potenciál sklizňových ztrát (Lahola 1990; Procházka et al. 2023).

Udržení vláhy v půdě je při základním zpracování půdy před setím jedním z nejdůležitějších faktorů. Dalším faktorem je kvalitní urovnání povrchu pozemku, které usnadní sklizeň. Vzhledem k tomu, že je sója luštinatá plodina vysévaná na jaře, tak zde lze využívat jak tradiční technologie zpracování půdy s orbou, tak i různé minimalizační postupy. Gawęda et al. (2020) uvádějí, že technologie zpracování půdy nemají vliv na rozvoj plevelných druhů, avšak mají veliký vliv na rozvoj houbových chorob, kde se při využití orby sníží infekce rostlin patogeny o 51,9 % u *Aschochyta sp.*, o 32,4 % u *Septoria glycines* a o 43,4 % u *Cercospora sojae*. Ve světě je sója často pěstována minimalizačními technologiemi, které snižují ekonomickou náročnost na plodinu. Předsetřová příprava se provádí do hloubky 0,07 až 0,10 m což je mělké prokypření půdy. Vzhledem k tomu, že sója vzchází epigeicky a hmotnost tisíce semen sóji se pohybuje u doporučených odrůd mezi 160 až 229 g, tak je vysévána do 0,03 – 0,06 m, což je mělčeji než ostatní hypogeicky vzcházející luskoviny. Při setí je důležité dodržet stejnou hloubku setí primárně kvůli rovnoměrnému vzcházení. Výsevek se pohybuje mezi 650 a 800 tisíci klíčovými semeny na hektar v závislosti na termínu výsevu a odrůdě, ale v současné době je trend spíše vysévat maximálně 650 tisíc klíčivých semen na hektar a vzhledem k úbytku rostlin během vegetace by měl být ideální počet rostlin při sklizni 500 až 600 tisíc na hektar. Sója je vysévána nejčastěji s meziřádkovou vzdáleností 0,125 – 0,250 m, ale mnoho poznatků a zkušeností upřednostňuje výsev s roztečí řádků 0,375 – 0,450 m. Avšak pro pěstované odrůdy v ČR není vhodné provádět výsev s roztečí řádků větší než 0,450 m. Dále je také doporučován výsev od severu k jihu vzhledem k lepšímu prosvětlení řádku a tím větší stabilitě teploty uvnitř porostu (Procházka et al. 2023).

### 3.1.5 Výnosotvorné prvky

Sója luštinatá se obdobně jako ostatní luskoviny vyznačuje malou autoregulační schopností, což znamená, že na rozdíl od odnožujících obilnin nebo větvicí řepky nemá tak velkou schopnost kompenzace. U sóji je proto nezbytné kvalitní založení porostu, včetně volby vhodné odrůdy do daných klimatických a půdních podmínek. Faktory ovlivňující výnos lze rozdělit na tři skupiny, a to vnitřní neboli biologické, přírodní podmínky či úrodnost stanoviště a antropogenní či agrotechnické. Biologické faktory souvisí s vnitřními faktory, které jsou geneticky dané. Jedná se především o rozdíly v úrodnosti mezi odrůdami pěstovanými ve stejných přírodních podmínkách při stejné agrotechnice. V přírodních podmínkách neboli druhé skupině jsou zařazeny podmínky prostředí, ve kterých je sója pěstována, jedná

se především o půdní úrodnost a klima. Antropogenní skupina se zabývá vhodnými agrotechnickými zásahy, kterými lze více či méně ovlivňovat předchozí faktory, díky čemuž lze dosáhnout požadovaného výnosu (Baranyak et al. 2010).

Základními výnosotvornými prvky u sóji luštinaté jsou počet rostlin na jednotku plochy, průměrný počet větví na rostlině, průměrný počet vyvinutých lusků na větvích/rostlině, průměrný počet semen v lusku a hmotnost tisíce semen (HTS). Výnosnost rostliny je ovlivňována počtem plodonosných pater na rostlině, počtem lusků na plodonosném patře, počtem semen v lusku a podílem nevyvinutých semen, hmotností tisíce semen a výškou apikálního konce nejnižšího nasazeného lusu od povrchu půdy. Výše výnosu je výsledkem působení složitého komplexu vlastností a schopností pěstované odrůdy, jakož i vhodného využití celého komplexu přírodních podmínek za pomoci správně provedené agrotechniky (Baranyak et al. 2010; Ulloa et al. 2010).

## 3.2 Způsob založení porostu

### 3.2.1 „Běžné“ řádky – 0,15 m

Výběr způsobu založení porostu, respektive roztečí řádků, je závislý na více aspektech. Prvním z nich je způsob zpracování půdy, výsev do úzkých řádků vyžaduje celoplošné zpracování půdy, do kterého patří systémy zpracování půdy s obracením i bez jejího obracení. Lze využít také zakládání porostů do nezpracované půdy, což má zásadní význam, především mimo Evropu. Dalším z aspektů, který navazuje na způsob zpracování půdy, je konstrukční řešení secích strojů. Prvním konstrukčním řešením jsou stroje, určené pro výsev úzkořádkových plodin, které jsou vysévány většinou v rozteči řádků od 0,125 do 0,350 m. Výsevní ústrojí je zakončeno nejčastěji výsevními disky, ale lze používat i výsevní ústrojí zakončené radličkami či dláty. Secí stroje jsou také konstruovány pro setí do zpracované půdy, částečně zpracované půdy nebo do nezpracované půdy. V návaznosti na těchto konstrukčních řešeních a šířce secího stroje jsou také různé druhy podávání osiva. Nejčastěji se používá pneumatický transport osiva a u secích strojů s menším pracovním záběrem lze také využít gravitační transport osiva. Semena sóji jsou mnohdy vysévána při vysokých teplotách či nízkém obsahu půdní vlhkosti, což často vede k nízké vzcháživosti porostu. Dostatečná vlhkost půdy je jedním z klíčových faktorů při výsevu a v její návaznosti je také zapotřebí dosažení stejnoměrné hloubky setí, protože pokud jsou semena vysévána do hloubky větší než 0,05 m, tak se výrazně snižuje vzcháživost a pokud je zase vyseta mělčeji než 0,04 m, tak může docházet k poškození vzcházejících rostlin herbicidy. Při výsevu do běžné šířky meziřádku dochází oproti širším řádkům ke změně radiace v porostu, čímž zkracují fotoperiodu a sója kvete dříve. Dále také úzké řádky minimalizují ztrátu vlhkosti půdy a potlačují vzcházení plevelů. Sója je také v této rozteči řádků při stejném množství semen na hektar rovnoměrněji rozmístěna na pozemku oproti výsevu do širších řádků, ale neumožňuje meziřádkovou kultivaci v průběhu vegetace, která může omezit výskyt plevelů, u slévavých půd narušit půdní škraloup, provzdušnit půdu, zlepšit mineralizaci a zamezit evaporaci. Avšak v suchých letech mohou úzké řádky vyčerpat vodu dříve v důsledku zvýšeného vegetativního růstu a vést k nedostatečné dostupnosti vody během reprodukční fáze, a tudíž k žádné výnosové výhodě oproti širším řádkům. Pěstování sóji v úzkých řádcích v důsledku vyšší hustoty porostů zvyšuje tlak houbové choroby *Sclerotinia sclerotiorum*, tento tlak lze snižovat například nižším počtem rostlin na hektar či výsevem



do řádků se širší meziřádkovou vzdáleností. V ČR je ovšem v současné době stále nejčastěji využívaný systém pěstování v úzkých řádcích vzhledem k dostupnosti secích strojů s touto šířkou z důvodu použitelnosti i v ostatních pěstovaných plodinách osevního systému (Lahola 1990; Madanzi et al. 2010; Schuttle & Nleya 2019; Procházka 2023).

### 3.2.2 Řádky – 0,25 m

Rozteč řádků 0,25 m je většinou využívána při pěstování sóji s pomocnou plodinou, kde jsou využívány „běžné“ secí stroje s roztečí 0,125 m. Výsev sóji a pomocné plodiny je prováděn ob řádek, což znamená, že rozteč mezi řádky sóji je 0,25 m a taktéž i mezi řádky pomocné plodiny a rozteč mezi řádkem sóji a pomocné plodiny je 0,125 m. Jelikož je většinou pomocná plodina umrtvena před či při výsevu sóji, tak kombinuje vlastnosti setí s meziřádkovou vzdáleností do „úzkých řádků“ (0,15 m) a „širokých řádků“ (0,45 m). Jsou využívány secí stroje dostupné v každém zemědělském podniku s mírnými úpravami, zejména úprava možnosti výsevu ob řádek a využití možnosti založení pomocné plodiny či kultivaci meziřádku během vegetace u meziřádkové vzdálenosti 0,45 m. Jednou z výhod použití těchto secích strojů je na rozdíl od přesných secích strojů podstatně větší zásobník na osivo, jednodušší a rychlejší plnění a vyšší pracovní rychlost čímž i vyšší plošná výkonnost stroje. Při využití tohoto systému pěstování je nutné celoplošné zpracování půdy či využití tzv. no till secích strojů, které však nejsou běžně používané v ČR (Procházka et al. 2023).

### 3.2.3 Řádky – 0,45 m

Pro výsev do řádků s roztečí 0,45 m se používají většinou secí stroje určené pro přesný výsev, které umožňují přesné rozmístění semen do hloubky, a i do stejné vzdálenosti od sebe v rámci řádku, což umožňuje homogenní vzcházení a vývoj rostlin. Tyto secí stroje mají však problémy se správností rozmístění semen při vyšší rychlosti výsevu, většinou nad 8 km/h a na kamenitých pozemcích, kde dochází k výkyvům výsevních sekcí horizontálním a vertikálním směrem a také při vyšších počtech rostlin na m<sup>2</sup> a to zhruba 70 semenech na m<sup>2</sup>, ale tato vysoká hustota porostu je doporučována pro velmi rané odrůdy. Další problém může být s tvorbou hrůbek po stranách výsevní sekce, které mohou vznikat u těchto strojů na přesný výsev, což je jedním z prvků omezující výšku seče při sklizni. Většinou tyto hrůbky během vegetace slehnou, ale pokud jsou po výsevu vysoké, je doporučeno pozemek po výsevu přivalit (Lahola 1990; Sobko et al. 2020; Procházka et al. 2023).

Sobko et al. (2020) uvádějí, že pro velmi rané a rané odrůdy jsou nevhodnější rozteče řádků mezi 0,19 m a 0,38 m, které zajišťují vyšší výnosy ve srovnání s širší roztečí řádků (kolem 0,7 m). Avšak dále uvádějí, že širší rozteč řádků vede k vyššímu obsahu bílkovin a oleje na rozdíl od menší rozteče řádků. Tím pádem se ve vztahu výnosu, olejnatosti a obsahu bílkovin jeví nejlépe rozteč řádků mezi 0,25-0,45 m. V Argentině se dává přednost této širší meziřádkové vzdálenosti a setí přesnými secími stroji, čímž i optimálnímu přístupu každé rostliny ke zdroji světla, vody a živin. Na rozdíl od Argentiny dávají pěstitelé v Německu přednost setí běžnými secími stroji s roztečí řádků 0,136 m do tzv. úzkých řádků, kde navíc byl podle Aignera & Salzедера (2015) dosažen o 13 % vyšší výnos než u řádků s roztečí 0,5 m. Pokud chce pěstitel v průběhu vegetace kultivovat meziřádek, tak je nejvhodnější zvolit rozteč řádků 0,45 m. První kultivace, konkrétně plečkování je vhodné provádět 4 až 5 týdnů

po zasetí, druhé následuje zhruba za dva týdny. Poslední plečkování je potřeba provést před kvetením. K ošetřování meziřádku lze použít aktivní i pasivní plečky (Lahola 1990; Sobko et al. 2020).

Výsev sóji luštinaté s meziřádkovou roztečí 0,45-0,5 m lze také spojit se systémy pásového zpracování půdy tzv. strip till. Při využití těchto systémů dochází k nakypření pásů, do kterých je následně založen porost sóji. Využití rozteče řádků 0,5 m je spojeno s dalšími faktory. Prvním z nich je snížení počtu rostlin na jednotku plochy, při zachování stejné vzdálenosti semen o 10 %, což je i významným faktorem ovlivňujícím výnos. Pokud je na pozemku větší množství rostlinných zbytků, tak je vhodné využití této rozteče vzhledem k vyšší průchodnosti rostlinných zbytků mezi kyprícími sekcemi. Dalším pozitivním faktorem je využití pásové aplikace přípravků na ochranu rostlin na řádek či do meziřádku s ohledem na nejpoužívanější postřikovací trysky u strojů na ochranu rostlin, která je 0,25 m. Při využívání pásového zpracování půdy je 44 až 60 % půdy nezpracováno, což díky přítomnosti rostlinných zbytků v meziřádcích zajišťuje půdoochranné funkce (Procházka et al. 2023).

### 3.3 Pomocná plodina

#### 3.3.1 Cíle využití pomocných plodin

Pomocné plodiny jsou obecně vnímány jako rostliny, které napomáhají dosažení pěstebních a ekologických cílů při pěstování hlavní plodiny a mohou být využity i jako producenti hlavního produktu. Jednou z možností je využití pomocných plodin pro tvorbu mulče na povrchu půdy, který eliminuje rozvoj plevelů a umožňuje omezení použití herbicidů, včetně rozvoje systémů bez účinné látky *glyphosate*. Dále se jedná o systémy využívající pomocné plodiny v protierozní ochraně širokořádkových plodin, v systémech omezení evaporace a v úzkořádkových plodinách, jako jsou obilniny, mák, ozimá řepka či sója. Na využití pomocných plodin jako zdroje živin a zlepšení jejich dostupnosti pro hlavní plodiny poukazují Seidel & Gläser (2017) a Brant et al. (2019).

Pomocné plodiny jsou také využívány pro omezení škodlivých činitelů. Při souběžném pěstování hlavní plodiny a pomocné plodiny nám přispívají ke snižování selekčního procesu výběru hostitelské rostliny hmyzem (Theunissen et al. 1995; Finch & Kienegger 1997).

#### 3.3.2 Pozitivní efekty

Pomocné plodiny plní mnoho pozitivních efektů. Z hlediska půdoochranného se jedná především o eliminaci degradačních procesů půdy neboli omezení erozních procesů, podporu infiltrace a retence vody, zdroj organické hmoty, stabilizaci rozkladných procesů, podporu půdní struktury. Působí také pozitivně snižováním rizika zaplevelení porostu v počátečních či krizových fázích růstu. Omezují rozvoj chorob a škůdců, především půdních patogenů, u pěstované plodiny či plodiny následné. Theunissen et al. (1995) uvádějí, že při pěstování bílého zelí společně s meziplodinou jetele plazivého a podzemního se snížily počty vajíček a larev mšice, což vedlo ke zlepšení kvality zelí a k lepšímu finančnímu výsledku. V rámci mikrobiálních společenstev podporují potravní nabídky pro půdní organismy a tím zvyšují i jejich druhovou pestrost. Cíleně ovlivňují dynamiku vývoje nadzemní a podzemní části hlavní

plodiny, zejména zajišťují optimální mikroklima přízemní vrstvy atmosféry a půdní podmínky pro následný vývoj hlavní plodiny. Jsou nápomocné při zajištění nutričních nároků porostu, jak v době růstu, tak i po jejich odumření, především jako zdroje dusíku nebo fosforu. Kumulují sluneční záření do chemických vazeb a následně je transformují do půdy formou organické hmoty, čímž zvyšují jeho využití (Brant et al. 2019).

Kintl et al. (2018) a Vrignon-Brenas et al. (2018) například zjistili, že pěstování pšenice ozimé společně s jetelem bílým nevede k negativnímu vlivu na zrno ani celkovou produkci biomasy. A dále zdůrazňují, že vysoké hnojení dusíkem narušuje agroekosystém a přebytky dusíku v půdě mohou způsobovat vážné problémy, a proto je snaha využívat pomocné plodiny, které jsou schopné vázat vzdušný dusík a tím snižovat celkové množství minerálních hnojiv při dosažení stejného výnosu hlavní plodiny.

### 3.3.3 Rizika pěstování

Pěstování pomocných plodin je také spojeno s možným negativním biotickým působením pomocných plodin na pěstování hlavní plodiny, ale také i na plodiny následné. Jedná se především o konkurenci hlavních vegetačních faktorů, mezi které patří voda, světlo, prostor, živiny a teplota. Negativně mohou působit rostlinné zbytky v době růstu, umrtvené nebo odumřelé pomocné plodiny. Je třeba počítat také s rizikem nevymrznutí pomocné plodiny, nebo její regeneraci po mechanickém zásahu. Pomocné plodiny podporují také rozvoj chorob a škůdců v souběžně pěstované plodině či následné plodině. Při nedostatečném konkurenčním tlaku pomocné plodiny k plevelům dochází ke snížení ochrany vůči nim. Při regulaci plevelů hlavní plodiny je třeba zvážit riziko regulace také plodiny následné (Brant et al. 2019).

### 3.3.4 Plodiny využívané jako pomocné

Mezi plodiny využívané jako pomocné patří spousta druhů. Mnoho druhů plodin využívaných jako meziplodiny lze využít také jako pomocné. Do pomocných plodin lze také zařadit i plodiny, které mohou být využité jako hlavní plodina, ale jsou schopné plnit i v jiných plodinách funkci pomocných plodin, jako je např. ječmen, který pomáhá v protierozních vlastnostech u pěstovaného máku setého či sóji luštinaté, jako hlavní plodiny. Mezi plodiny využívané jako pomocné patří bér italský, čirok obecný, hořčice bílá, hořčice sareptská, hrách setý pravý, hrách setý rolní, jetel luční, jetel nachový, jetel plazivý, jetel podzemní, jetel šípovitý, jílek mnohokvětý, jílek vytrvalý, katrán habešský, komonice bílá, lnička setá, lupina bílá, lupina úzkolistá, pohanka obecná, ředkev olejná, sléz přeslenitý, svazenka shloučená, svazenka vratičolistá, světlíce barvířská (saflor), vikev huňatá, vikev panonská (Sweeney & Moyer 1995; Brant et al. 2019).

## 3.4 Systémy pěstování plodin s pomocnou plodinou

### 3.4.1 Technologické aspekty

#### 3.4.1.1 Setí do živého mulče

Tento systém vychází z principů výsevu polních plodin do mechanicky umrtveného porostu meziplodiny, který je pomocí mulčovače rozdrčen nebo povalen pomocí řezných válců v rámci

samostatné operace nebo při výsevu. Výsev probíhá pomocí secích strojů určených pro výsev do nezpracované půdy nebo lze i konvenčními stroji pro výsev do částečně zpracované či zpracované půdy. Tento systém je označován jako „bio no-till“. Při používání živého mulče dochází ke zlepšování struktury půdy a ochrany půdy vůči erozi. Systém živého mulče je poměrně rozšířen při pěstování víceletých plodin, jako jsou vinice, kde plní funkci ozeleněného meziřádku. Navzdory pozitivním přínosům pro životní prostředí a možnosti zlepšení prostředí pro hlavní plodinu se tyto systémy téměř nepoužívají, zejména kvůli riziku snížení výnosu ve srovnání s tradičními pěstebními systémy (Hiltbrunner et al. 2007; Brant et al. 2017).

#### 3.4.1.2 Pásové výsevy pomocných plodin

Jedná se systém výsevu pomocných plodin či meziplodin do budoucích meziřádků hlavní plodiny. Výsev se provádí na podzim nebo na jaře a primárně řeší negativní působení plošně vysetých pomocných plodin v budoucím řádku hlavní plodiny, jako jsou například regenerace, pomalý ohřev půdy apod. Takto zaseté pomocné plodiny zajišťují ochranu před erozí a ztrátou živin z půdy, podporují infiltraci vody a hluboké prokořenění, které pomáhá vnášení organické hmoty do půdy. Tyto faktory nám mimo jiné pomáhají zvyšovat půdní úrodnost. Nadzemní biomasa funguje, jako přímý konkurent plevelů, a to i po ukončení vegetace, buďto vymrznutím nebo mechanickým či chemickým umrtvením, jako tzv. mrtvý mulč. Mezi vhodné pomocné plodiny pro tento systém výsevu patří hořčice polní, hrách setý, hrách rolní, ředkev setá, lnička květel. Pásové výsevy pomocných plodin lze rozdělit na podzimní a jarní (Brant et al. 2011; Brant et al. 2020).

Podle Branta et al. (2020) je jedním z perspektivních způsobů eliminace neproduktivního výparu v oblastech s nedostatkem vody cílené povalení porostu meziplodiny řeznými válci, které vede k zalomení jejich stonků a k následnému umrtvení porostu, ale především k tvorbě kompaktní vrstvy mulče na povrchu půdy.

Podzimní pásové výsevy pomocných plodin jsou prováděny po sklizni předplodiny a většinou po předchozím celoplošném zpracování půdy. Termín založení porostu rozhoduje o budoucí délce vegetace, zejména u vymrzajících druhů. Spojení časného výsevu pomocných plodin společně s dostatečnou vláhou v půdě má za následek tvorbu většího množství biomasy. U vymrzajících druhů nepatří vysoká tvorba biomasy a vysoká vzrůstnost mezi problémové faktory plodin setých na jaře, protože se část nadzemní biomasy rozloží v meziřádku budoucí hlavní plodiny a nezabraňuje dostatečnému ohřevu půdy, pásovému zpracování půdy, kvalitní práci secího stroje a zároveň stále brání meziřádku proti erozi půdy a nadměrné evaporaci. Podzimní pásové výsevy pomocných plodin lze provádět u hlavních plodin setých na podzim i na jaře. Podzimní výsevy se vyznačují při příznivých povětrnostních podmínkách dobrou dynamikou růstu a rychlým zakrytím osetého pásu. Mezi problémové faktory patří výdrol obilní předplodiny. Rostliny výdrolu mnohdy vykazují rychlejší vzcházivost oproti pomocné plodině. Rozvoj výdrolu a jeho přezimování je jedním z důvodů jarní aplikace neselektivních herbicidů i na plochách, kde jsou vymrzající druhy pomocných plodin (Brant et al. 2019).

Cílem jarního pásového výsevu pomocné plodiny je založení v časném jaře či těsně před nebo při výsevu širokořádkových plodin. Zasetí do meziřádku hlavní plodiny eliminuje případnou vzájemnou konkurenci. Termínem výsevu společně s předpovědí povětrnostních a vláhových podmínek lze zásadně ovlivnit vývoj porostu pomocné plodiny. Technologie

výsevu meziplodin do řádků, které plní funkce pomocné plodiny a podle technologického záměru je porost umrtven v průběhu vegetace či nikoliv, je tímto ovlivněna. Likvidace může být prováděna celoplošně těsně před setím nebo po setí meziřádkově. Veškeré zásahy, které jsou spojeny s mechanickou likvidací v meziřádku se vyznačují vyšší náročností a je třeba optimalizovat termín aplikace. Špatné načasování či selhání operace u vzrůstnějších druhů je spojeno s negativním působením na hlavní plodinu. Pro jarní výsev pomocných plodin jsou využívány klasické druhy jarních meziplodin či jejich směsí. Pokryvnost povrchu půdy a produkce biomasy je ovlivněna použitým druhem pomocné plodiny a také větší náchylností jarních druhů proti škůdcům (Armstrong et al. 2003; Brant et al. 2019).

#### 3.4.1.3 Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny

Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny je perspektivní z důvodu ověřeného pozitivního působení pomocných plodin. Tento systém má potenciál v pěstebních systémech úzkořádkových plodin, jako jsou obilniny, luskoviny, řepka aj., především, kdy je schopen secí stroj založit porost hlavní a pomocné plodiny současně, což snižuje náklady na založení pomocné plodiny a zároveň neukládá osivo pomocné a hlavní plodiny do stejného místa. Při zakládání porostů dvoufázovým setím (zvláště hlavní a pomocné plodiny) nastává riziko možného uložení osiva hlavní a pomocné plodiny blízko sebe. Toto riziko může mít negativní vliv na dynamiku růstu hlavní plodiny, proto je vhodné využití vícekomorového secího stroje (Brant et al. 2019).

#### 3.4.2 Práce s biologickými vlastnostmi

Biologické vlastnosti pomocných plodin zásadním způsobem ovlivňují jejich využití v porostech hlavní plodiny. Při výběru jednotlivých druhů je potřebné rozlišovat jejich rodové a druhové odlišnosti z hlediska semen, klíčnicích a vzházejících rostlin a rostlin nacházejících se ve fázi plného růstu až do generativní fáze. U rostlin ve fázi intenzivního růstu až do fáze jejich senescence je potřebné především hodnotit i kvalitativní a kvantitativní parametry nadzemní a podzemní biomasy. Také je potřebné znát z hlediska principů chování odumřelé či umrtvené, nadzemní a podzemní biomasy mulče. Je potřeba nejenom sledovat barvu mulče, chemické složení, rychlost degradace apod., ale také sledovat i některé mechanické či specifické vlastnosti, mezi které patří tuhost stonků, schopnost vytvářet kompaktní, propojené rostlinné zbytky, pevnost spojení nadzemní a podzemní biomasy s kořenem a další (Dou et al. 1994; Brant et al. 2019).

Mezi primární faktory rozhodující o využitelnosti druhu jako pomocné plodiny jsou biologické vlastnosti semen. Jejich nejdůležitějšími vlastnostmi jsou nároky na vodu a teplotu při klíčení. Vláhové nároky jsou závislé na schopnosti semen přijímat vodu, aby po fázi bobtnání mohla nastat fáze klíčení. Schopnost pronikání vody do semena je dána vzájemnými interakcemi mezi půdním prostředím a povrchem semene. Významnou roli při získávání vody z půdy semeny hraje také kontakt mezi semenem a půdou. Klíčivost semen jednotlivých druhů využívaných jako pomocné plodiny je při nedostatku vody velice odlišná. Dobrou klíčivost při nedostatku vody vykazují travní druhy mírného pásma a některé jeteloviny. U luskovin je reakce na nedostatek vody rozdílná, protože významnou roli hraje velikost osiva a samotná potřeba vody pro nabobtnání semen. Obecně jsou však tyto druhy považovány za druhy, které potřebují

dostatek vody pro klíčení. Dalším faktorem ovlivňujícím klíčivost semen je teplota. Většina druhů mírného pásma se vyznačuje klíčivostí při teplotách mezi 2 – 3 °C, avšak dynamika klíčení je pomalá. Teplota pro klíčení nad 5 °C je vyhovující pro běžné trávy a jeteloviny. Dalším faktorem je samozřejmě dostupnost kyslíku, který je potřebný pro štěpné reakce zásobních látek při klíčení. O dostupnosti kyslíku samozřejmě rozhoduje i obsah vody v půdě. Podmínky pro klíčení semen, také určuje způsob výsevu, tedy uložení osiva do půdy, a stav půdy při zakládání porostů (Brant et al 2005; Brant et al. 2019).

Dynamiku růstu pomocných plodin je nutné hodnotit především změnou biometrických parametrů nadzemní a podzemní biomasy. Kromě samotné změny habitu nadzemní biomasy, který je potřebné vnímat jak z horizontálního, tak i vertikálního pohledu na rostlinu, je potřebné věnovat i pozornost době vývoje jednotlivých orgánů na rostlině ve vztahu k růstové fázi a jejich hmotnostnímu podílu na rostlině. Nelze opomenout dynamiku vývoje kořenového systému, která se během vývoje mění. Z hlediska působení pomocných plodin je potřeba znát i tvarové rozmístění kořene v půdním prostředí a případnou prostorovou interakci mezi nadzemní a podzemní biomasou pomocných plodin z důvodu stanovení celkové produkce organické hmoty, včetně kvalitativních parametrů biomasy. Zásadními parametry hodnocení dynamiky růstu nadzemní biomasy jsou výška rostliny ve vztahu k vývojovým fázím, dynamika vývoje habitu rostlin, odrůdová variabilita, kořenový systém a kvalitativní parametry biomasy (Brant et al. 2019).

### 3.4.3 Využití v polních plodinách

Pomocné plodiny jsou využitelné téměř ve všech kulturních plodinách, ale vždy záleží na záměru a systému pěstování. Jejich využitelnost je dlouhodobě zkoumána a mnohé výsledky výzkumů jsou již praktikovány. V dnešní době je kladen důraz na snižování eroze, a to hlavně v širokořádkových plodinách, kde dle výzkumů Fageta et al. (2012) byl u kukuřice seté prokázán pozitivní vliv na její snížení.

Obilniny jsou další možností využití pomocných plodin, a to převážně při použití druhů, které vážou vzdušný dusík, jako jsou jeteloviny, hrách setý a rolní aj., které pomáhají snižovat množství dodaných umělých hnojiv do půdy. Při ekologickém pěstování obilnin jsou limitujícími faktory výnosu a kvality nedostatek dusíku a zaplevelení. Toto riziko je možné snížit zařazením pomocných plodin do pěstebního systému. U luskovin mohou správně vybrané druhy pomocných plodin pozitivně omezovat riziko poléhání, zejména u hrachu setého pěstovaného pro zisk semene. Při pěstování řepky ozimé byla zjištěná dobrá konkurence pomocných plodin s rychlou dynamikou růstu vůči plevelům a erozi, a to zejména v jejich počátečních růstových fázích (Amossé et al. 2012; Vrignon-Brenas et al. 2018).

## 3.5 Pomocné plodiny s luskovinách

### 3.5.1 Technologie pěstování

Kvůli omezenému počtu kulturních druhů majoritně pěstovaných v zemědělství, který je do značné míry ovlivněn globalizací výroby, trhu a ekonomiky, není umožněn jednoznačný návrat k tradičním systémům střídání plodin. Proto se pěstební systémy polních plodin zaměřují na souběžné pěstování dvou a více plodin na jednom půdním bloku,

s rozdílným pěstebním cílem jejich využití, jako tzv. pomocných plodin. Inovace stávajících pěstebních systémů znamená zejména řešení následujících okruhů problémů, mezi které patří: omezení dodatkových vstupů energie, zejména z neobnovitelných zdrojů; stabilizace bilance energie a hmoty na základě fixace sluneční energie do biomasy neopouštějící půdní blok; zamezení degradačních procesů půdy, včetně eroze, s využitím bio efektů; cílené zadržení vody v půdě, zvýšení jejího využití a omezení jejího znečišťování; snížení vstupů pesticidů a dalších škodlivých látek na jednotku plochy půdy; snížení spotřeby a zvýšení efektivity průmyslově vyráběných hnojiv; stabilizace a zpestření potravní nabídky pro mikrobiální společenstva v půdě a zajištění druhové pestrosti půdní mikroflóry; podpora druhové pestrosti agrofytocenóz za účelem podpory volně žijících organismů ve vztahu k omezení škod škodlivými činiteli; zvýšení fixace oxidu uhličitého; zachování či zvýšení produktivity pěstebních systémů na základě využívání biotických principů; zvyšování pestrosti osevních postupů a využití modifikovaných principů střídání plodin ve stávajících systémech pěstování; propojení biotických intenzifikací a moderních technologií v návaznosti na automatiku a robotiku (Knauer 1993; Brant et al. 2019).

Výrazným trendem směřujícím ke zvýšení druhové pestrosti plodin na půdním bloku a v rámci střídání plodin je souběžné pěstování dvou, případně více, hlavních plodin. Souběžné pěstování plodin je postaveno na optimalizaci struktury porostů skládajících se ze zón pěstovaných plodin, které jsou vysévány do pravidelně se střídajících víceřádků dané plodiny. Výsev plodin probíhá většinou odděleně, např. dosetí plodiny do porostu druhé, výsev před sklizní nebo okamžitě po sklizni. Tento systém se také může nazývat jako tzv. double-cropping (Crabtree et al. 1990; Gentry et al. 2013; Brant et al. 2019).

Meziřádková vzdálenost luskovin bývá v ČR většinou 0,125 – 0,150 m, a podle toho se musí také zvolit technologie pěstování s pomocnou plodinou. Technologie pásového vysévání pomocných plodin do budoucích meziřádků hlavní plodiny je při této šířce meziřádku mnohdy složitá z důvodu možné nepřesnosti GNSS. Pokud chceme používat tuto technologii, je vhodné zvětšit meziřádkovou vzdálenost na 0,25 – 0,45 (0,5) m, což snižuje rizika zasetí pomocné plodiny do budoucího řádku hlavní plodiny. Nebo lze využít technologie souběžného pěstování pomocné a hlavní plodiny s možností založení obou plodin zároveň, z důvodu snížení rizika nepřesného založení porostu. Tato technologie je u luskovin většinou využívána v případech, kdy je pomocná plodina vysévána z důvodu opory při růstu čímž je snížena náchylnost k poléhání nebo při cílené eliminaci plevelných společenstev pomocí pomocné plodiny, což je využíváno převážně u luskovin pěstovaných pro krmné účely (Konvalina et al. 2008; Brant et al. 2019).

### 3.5.2 Struktura porostů luskovin

Jelikož jsou v ČR luskoviny nejčastěji vysévány s meziřádkovou vzdáleností 0,15 m, tak nastává více možností volby využití pomocných plodin. Jednou z možností u ozimých forem je výsev hlavní plodiny s meziřádkovou vzdáleností 0,15 m a plošný výsev vymrzající pomocné plodiny či výsev do společného řádku s hlavní plodinou. Další možností je výsev ob řádek čímž bude meziřádková vzdálenost mezi jednotlivými řádky hlavní plodiny či pomocné plodiny 0,3 m, ale mezi řádkem hlavní plodiny a pomocné plodiny je 0,15 m (Brant et al. 2019).

### 3.5.3 Pomocné plodiny v luskovinách

Pěstování luskovin přináší rizika eroze, a to zejména u forem vysévaných na jaře. Eliminace eroze je jedním z důvodů využití pomocných plodin v luskovinách, což je v současné době spíše ve fázi ověřování. Malé zastoupení luskovin v osevních postupech a konzervativní přístupy k jejich pěstování jsou některé z důvodů, které negativně ovlivňují využití pomocných plodin v luskovinách. Eliminace zaplevelení a eroze či osetí meziřádku u jarních forem jsou jedny z důvodů ověřování pomocných plodin u luskovin. Pomocné plodiny vysévané do meziřádku najdou uplatnění převážně u luskovin vysévaných do širších řádků, což je například sója luštinatá. Sója je také navíc z hlediska eroze velice zranitelná především v období od výsevu do zapojení porostu vlivem více faktorů. Jedním z faktorů je výsev v době, kdy jsou půdní agregáty vlivem zimních mrazů, tepla, větru a ostatních povětrnostních podmínek rozpadlé na malé částice, kterým hrozí vysoké riziko odnosu větrem či vodou neboli erozi i na rovných pozemcích. Dalším problémem je relativně dlouhé období, kterému jsou tyto rozpadlé částice vystavovány z důvodu pomalé dynamiky růstu a vývoji sóji na začátku své vegetační doby, která může být navíc prodloužena vlivem použití herbicidní regulace pomocné plodiny, na kterou je sója velice citlivá. Tato rizika lze snížit či v některých případech i eliminovat pomocí využití pomocných plodin nebo zanechání rostlinných zbytků předplodiny či meziplodiny na povrchu pozemku, čemuž je však potřeba přizpůsobit přípravu před setím nebo použití secích strojů do nezpracované půdy (Brant et al. 2018a; Brant et al. 2019; Procházka et al 2023).

Samotná volba pomocné plodiny a technologického postupu jejího založení je primárně ovlivňována biologií a dynamikou vývoje luskoviny. U ozimých forem, jakožto je například hrách setý ozimý, lze využívat vymrzající meziplodiny, kterými jsou například hořčice bílá, svazenka vratičolistá či masňák habešský. Při volbě druhů pomocných plodin využívaných v jarních formách luskovin, jsou dvě možnosti. První z nich je volba vymrzajících druhů, kde jsou luskoviny vysévané do mrazem umrtveného mulče, zde ale může hrozit riziko rychlé degradace mulče vlivem hub a bakterií. Druhou možností je vysévání do pomocné plodiny, která byla před výsevem nebo nejpozději při výsevu umrtvena herbicidem. U obou technologií jsou rizika, která je potřeba ověřit. Zkušenosti, které byly doposud prakticky ověřeny, jsou velmi omezené. Pěstování luskovin v širších řádcích vytváří podmínky pro využívání technologií pěstování luskovin s pomocnými plodinami (Brant et al. 2019).

### 3.5.4 Výživa a hnojení

Zdrojem dusíku pro rostliny není, jako u ostatních prvků, matečná hornina. Dostává se do půdy především ze vzduchu, činností mikroorganismů fixujících půdní dusík nebo při bouřkách ve formě kyseliny dusičné nebo dusité a rozkladem organické hmoty. O množství zásoby rostlin nerozhoduje jeho celkové množství v půdě, ale pouze množství v přijatelných formách. Rostliny přijímají z půdy převážně jen z jeho minerálních sloučenin. Dusíku v této formě však obsahuje půda pouze 1-2 % z celkového množství dusíku v půdě, a navíc jeho množství sezónně podléhá rychlým a kvantitativně velkým změnám. Hlavním aktivním zásobníkem dusíku je atmosféra. Atmosféra je primárním zdrojem většiny dusíku, který v současnosti koluje v biosféře. V ovzduší se vyskytuje řada dusíkatých látek. Jejich depozice na povrch Země se označuje jako suchý a mokřý spad. Suché a mokřé depozice jsou



relativně velkým zdrojem dusíku a činí zhruba 5 – 60 kg N. ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup> podle stupně znečištění ovzduší. Dalším zdrojem dusíku z atmosféry je molekulární dusík (N<sub>2</sub>). Některé bakterie a sinice mají schopnost asimilovat tento dusík. Takovýto proces redukce molekulárního dusíku na amoniak se nazývá biologická fixace dusíku. Tímto způsobem se může dostat do půdy až 300 kg N. ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>, u luskovin 50 – 200 kg N. ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>, toto číslo je uváděno v mnoha publikacích, avšak je velice obtížné změřit skutečné množství dusíku, které bylo do půdy uvolněno. Luskoviny jsou jedny z nich, které mají možnost fixace dusíku pomocí hlízkových bakterií, avšak veškerý dusík, který rostlina potřebuje, bakterie nezajistí, proto je potřebné zajistit přiměřené množství dusíku do půdní zásoby. Při nedostatečné zásobě v půdě je u sóji luštinaté doporučována „startovací“ dávka 30-60 kg dusíku na hektar dodané v ideálním případě ledkem amonným s vápencem. Je také vhodné inokulovat osivo. Inokulace podporuje množství hlízkových bakterií, a to zejména na pozemcích, kde delší dobu nebyla luskovina pěstována. Pokud se výnosový potenciál vyvinutého porostu pohybuje kolem 4 tun na hektar, tak je vhodné aplikovat dusík v podobě roztoku močoviny, protože hlízkové bakterie nedokáží zajistit potřebné množství dusíku, čímž by byl snižován potenciální výnos. Jelikož je sója citlivá k aplikaci listových hnojiv, tak je vhodné tuto aplikaci provádět mimo sluneční svit a zároveň není aplikace dusíku doporučována později než na počátku kvetení, protože je v důsledku aplikace prodlužována vegetační doba, čímž se oddaluje termín sklizeň do období kdy již často nejsou vhodné podmínky pro sklizeň (Zahran 1999; Mikanová & Šimon 2013; Procházka et al. 2023).

Z hlediska hnojení luskovin fosforem napomáhá přístupnosti neutrální půdní reakce. Dobře vyvinutá kořenová soustava sóji je schopna získávat navíc i fosfor z méně přístupných forem z celého orničního profilu. Vzhledem k nízké mobilitě fosforu v sorpčním komplexu je možné hnojit u jarně vysévaných luskovin i na podzim. Hrách vyžaduje kolem 50 kg čistých živin na hektar, fazol 30-50 kg č.ž./ha, sója vyžaduje na jednu tunu semene 12-20 kg č.ž., bob obecný 16-32 kg č.ž./ha a lupina 10 kg č.ž./ha. Pokud to umožňuje technika, kterou je porost zakládán, tak je vhodné fosforečná hnojiva ukládat do kořenové zóny (Houba 2018; Procházka et al. 2023).

Jelikož je většinou v půdách v ČR dostatečná zásoba draslíku, tak není hnojení tolik důležité, ale je potřebné, aby pěstitel znal poměr mezi draslíkem a hořčíkem, protože pokud je vyšší obsah hořčíku v půdě, tak nastává riziko omezení příjmu draslíku (Houba 2018; Procházka et al. 2023).

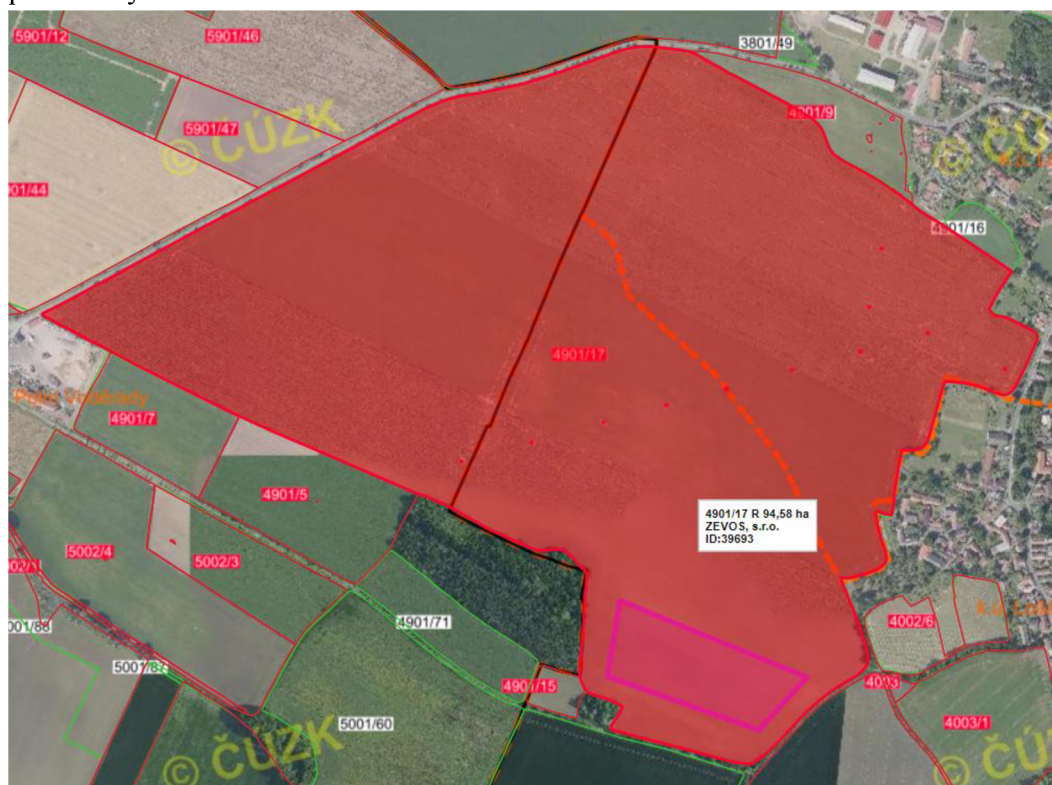
## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika pokusných lokalit

#### 4.1.1 Lošany

Pokus byl prováděn na pozemku společnosti ZEVOS, s.r.o. v blízkosti obce Lošany nacházející se jihozápadně od města Kolín. Průměrná nadmořská výška pokusného pole je 321 m n. m., jeho souřadnice jsou 49.9901658N, 15.1185692E a jeho letecký snímek zobrazuje obrázek 1. Kód BPEJ neboli bonitované půdně ekologické jednotky byl 2.37.16. Klimatický region, ve kterém se nacházel pokusný pozemek, což udává první číslice, se nazývá teplý a mírně suchý s označením T2. Tento klimatický region je charakteristický sumou 2600-2800 °C teplot nad 10 °C, průměrnou roční teplotou 8-9 °C, průměrným ročním úhrnem srážek mezi 500 až 600 mm, pravděpodobností suchých vegetačních období s 20-30 % a 2-4 vláhovou jistotou ve vegetačním období. Hlavní půdní jednotka, kterou udávají druhá a třetí číslice značí, že je hlavním genetickým představitelem: kambizem litická (KAt), kambizem rankerová (KAs), renker modální (RNm) a pararendzina litická (PRt). Podle hydropedologických charakteristik pozemek spadá do hydrologické skupiny B, což jsou půdy se střední rychlostí infiltrace, nízkou retenční vodní kapacitou do 100 l.m<sup>-2</sup> a nízkou využitelnou vodní kapacitou do 79 l.m<sup>-2</sup>. Půda nebývá trvale ani periodicky zamokřená s nízkou ohrožeností utužením, ale s vysokou ohrožeností acidifikací a větrnou erozí. Čtvrtá číslice vyjadřující sklonitost a expozici, udává mírný sklon od 3 ° do 7 ° a všesměrnou expozici ke světovým stranám. Půda byla mělká a středně skeletovitá, což udává i poslední číslice BPEJ (VÚMOP 2022a).

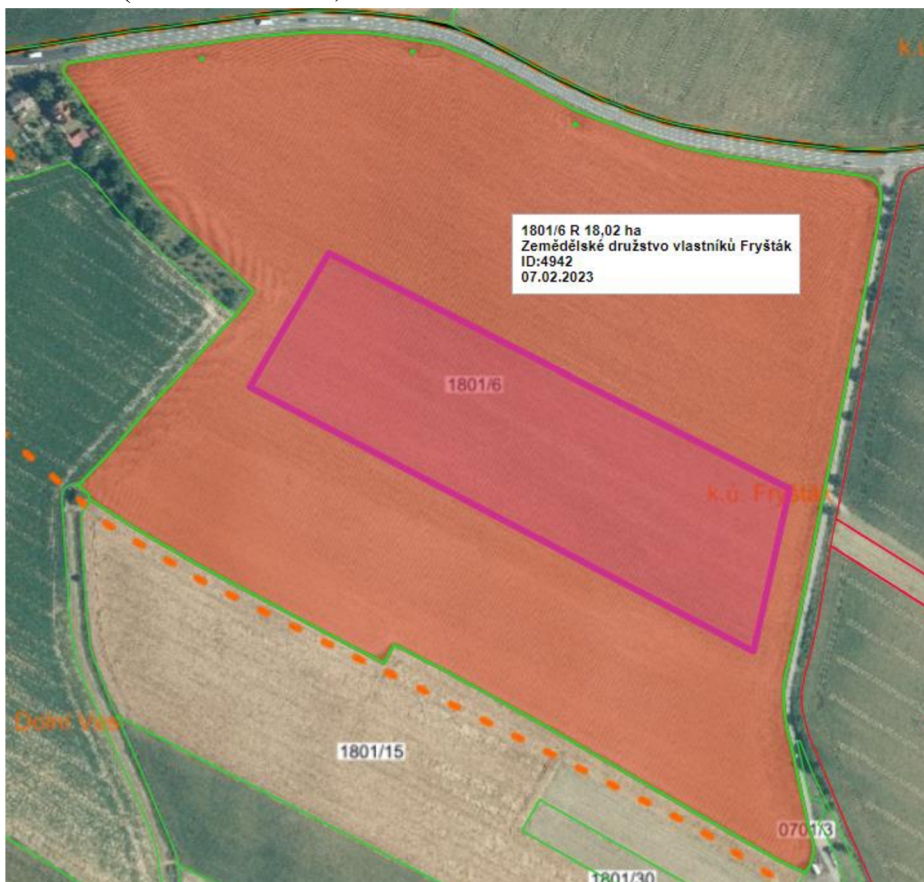
Agrotechnickou a technickou podporu poskytla společnost na jejichž pozemku byly pokusy prováděny.



Obrázek 1: Letecký snímek pokusného pozemku, pokusná plocha je na obrázku vyobrazena růžově (LPIS).

#### 4.1.2 Fryšták

Pokusné pole, na kterém se nacházel pokus bylo Zemědělského družstva vlastníků Fryšták poblíž obce Fryšták severně od města Zlín, které poskytli zároveň i agrotechnickou a technickou podporu. Průměrná nadmořská výška byla 283 m n. m., jeho souřadnice jsou 49.2922933N, 17.6601931E a jeho letecký snímek zobrazuje obrázek 2 Kód BPEJ neboli bonitované půdně ekologické jednotky byl 6.14.10. Pokusné pole se nacházelo v mírně teplém až teplém a značně vlhkém klimatickém regionu s označením MT3. Klimatický region, ve kterém se pozemek nacházel je charakteristický sumou 2500-2700 °C teplot nad 10 °C, průměrnou roční teplotou 7,5-8,5 °C, průměrným ročním úhrnem srážek 700-900 mm, pravděpodobností suchých vegetačních období s 0-10 % a vláhovou jistotou ve vegetačním období s více než 10. Druhá a třetí číslice udává, že se pokus nacházel na poli s hlavním genetickým půdním představitelem: luvizem modální (LUm), hnědozem luvická (HNI), luvizem modální slabě oglejená (LUmg'), hnědozem luvická slabě oglejená (HNlg'). Dle hydropedologických charakteristik pozemek spadá do skupiny B neboli půdy se střední rychlostí infiltrace, retenční vodní kapacita zde byla vysoká s kapacitou od 320 l.m<sup>-2</sup> a s vysokou využitelnou vodní kapacitou od 200 l.m<sup>-2</sup>. Pozemek nebyl náchylný k trvalému ani periodickému zamokření a ani k vysychání. Pokusné pole bylo středně ohroženo utužením s nízkým potenciálem ohroženosti větnou erozí, ale s vyšším středním ohrožením k acidifikaci. Čtvrtá číslice udávala mírný sklon od 3 ° do 7 ° se všesměrnou orientací ke světovým stranám. Poslední číslice udává, že byla půda hluboká a bezskeletovitá s maximálním obsahem skeletu do 10 % (VÚMOP 2022b).



**Obrázek 2: Letecký snímek pokusného pozemku, pokusná plocha je přibližně vyobrazena růžově (LPIS).**

#### 4.1.3 Mankovice

Pokus byl prováděn na poli Farmy Kovář, s.r.o. v obci Mankovice, která se nachází severozápadně od města Nový Jičín. Tato farma zároveň prováděla agrotechnickou a technickou podporu pokusu. Průměrná nadmořská výška pozemku byla 265 m n. m., vyskytoval se na souřadnicích 49.6353294N, 17.8865181E a jeho letecký snímek vyobrazuje obrázek 3. BPEJ neboli bonitované půdně ekologická jednotka byla 6.58.00. Dle první číslice této jednotky se pokusné pole nacházelo v mírně teplém až teplém a značně vlhkém regionu s označením MT3. Roční suma teplot nad 10 °C zde byla mezi 2500 až 2700 °C, průměrná roční teplota 7,5-8,5 °C, průměrný roční úhrn srážek 700-900 mm, pravděpodobnost suchých vegetačních období 0-10 % a vláhová jistota nad 10. Hlavními genetickými představiteli zde byly: fluvizem glejová (FLg) a fluvizem oglejená (FLg). Podle hydropegologických charakteristik patří pozemek do hydrologické skupiny C, což jsou půdy s nízkou rychlostí infiltrace, střední retenční kapacitou 160-220 l.m<sup>-2</sup> a vysokou využitelnou vodní kapacitou od 200 l.m<sup>-2</sup>. Pokusné pole bylo náchylné k periodickému zamokření půdy, ale nebylo náchylné k trvalému zamokření a vysychání půdy. Dále nebylo ohroženo větrnou erozí ani téměř utužením a ohroženost acidifikací zde byla střední až vyšší. Sklonitost zde byla od 0 ° do 3 ° se všesměrnou expozicí ke světovým stranám. Půda byla hluboká a bezskeletovitá s maximálním obsahem skeletu do 10% (VÚMOP 2022c).



**Obrázek 3: Letecký snímek pokusného pozemku, pokusná plocha je přibližně vyobrazena růžově (LPIS).**

## 4.2 Založení pokusných ploch

Na základě polních experimentů byl ověřován vliv různého způsobu založení porostů sóji na jeho produkční parametry. Bylo založeno celkem šest variant, u dvou z nich byl ověřován vliv pomocné plodiny v širokých řádcích na produkční parametry, u ostatních variant byl ověřován vliv rozteče řádků na produkční parametry. Tabulka 1, 2 a 3 dokládá schéma pokusu v jednotlivých lokalitách.

**Tabulka 1: Varianty založení pokusných ploch Fryšták.**

Lokalita	Fryšták				
Varianta	Porost	Odrůda	Způsob výsevu	Šířka řádků	Výsevek
1	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
2	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
3	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
4	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
5	Sója luštinatá + ječmen ozimý	Adefia	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg
6	Sója luštinatá + ječmen ozimý	ES Compositor	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg

**Tabulka 2: Varianty založení pokusných ploch Mankovice.**

Lokalita	Mankovice				
Varianta	Porost	Odrůda	Způsob výsevu	Šířka řádků	Výsevek
1	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
2	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
3	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
4	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
5	Sója luštinatá + přesívková pšenice	Adefia	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg
6	Sója luštinatá + přesívková pšenice	ES Compositor	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg

**Tabulka 3: Varianty založení pokusných ploch Lošany**

Lokalita	Lošany				
Varianta	Porost	Odrůda	Způsob výsevu	Šířka řádků	Výsevek
1	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
2	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,15 m	600 tis.
3	Sója luštinatá	Adefia	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
4	Sója luštinatá	ES Compositor	Výsev samostatné luskoviny	0,45 m	600 tis.
5	Sója luštinatá + ječmen jarní	Adefia	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg
6	Sója luštinatá + ječmen jarní	ES Compositor	Společný výsev ob řádek	0,45 m sója 0,45 m pp	600 tis. 70 kg

#### 4.2.1 Pokusný materiál

Sója luštinatá – odrůda Adelfia

Odrůda Adelfia byla registrována v EU v roce 2019. Je to nižší a středně vysoká odrůda s raností 00+, olejatostí 20 %, obsahem dusíkatých látek 38,5 %, středním až vyšším nasazením nejspodnějšího lusku a velmi dobrou odolností vůči poléhání. Barva pupku semena je světlá a hmotnost tisíce semen je střední (Saatbau 2023).

Sója luštinatá – odrůda ES Compositor

ES Compositor patří mezi velmi rané odrůdy 000, výška odrůdy je přibližně 0,78 m, což je řazeno mezi středně vysoké, výška nasazení prvního lusku je vysoko s hodnotou 0,12 m, hmotnost tisíce semen se pohybuje kolem 198 g a pupek semena je světlý. Obsah oleje je 20 % a bílkovin 42 % (Agrofinal 2023).

#### 4.3 Meteorologické charakteristiky pokusných lokalit

Sója se běžně vysévá ve třetí dekádě měsíce dubna v teplých oblastech s nižší nadmořskou výškou. V roce 2023 začal výsev okolo 21. dubna, přičemž ideální termín byl okolo 25. dubna, v chladnějších oblastech s vyšší nadmořskou výškou byl optimální termín až na přelomu měsíce dubna a května. V roce 2023 velice ovlivnil chladný průběh teplot v měsíci duben a květen start rostlin a obecně rostliny nízko nasazovaly první lusky. Měsíc duben byl totiž o 2,1 °C chladnější oproti normálu, což byly společně s rokem 2022 za posledních 20 let nejchladnější duben. Srážkově byl duben na území ČR silně nadnormální a na Moravě bylo ještě o něco více srážek, v Jihomoravském kraji dokonce o 236 % více nežli normál a většina srážek v tomto měsíci spadla ve druhé dekádě. Tyto srážky navíc ovlivnily špatné podmínky pro přípravu půdy a následné setí, kdy v mnoha případech docházelo k velmi silnému zhutnění půdy, které mělo negativní vliv na vzcházení a následný růst rostlin, čímž rostliny vytvářely mělčí a povrchový kořenový systém. V měsíci květen byla teplota s hodnotou 12,6 °C ve srovnání s normálem o 0,5 °C chladnější a srážkově byl období jako teplotně pod

normálem. Rozložení srážek bylo prostorově značně nerovnoměrné, přičemž na Moravě bylo srážek výrazně více než v Čechách. Červen lze hodnotit jako teplotně normální, ale srážkově podnormální. Teplejší byla zejména druhá polovina měsíce, avšak se značnými teplotními rozdíly. Mírně vyšší úhrn srážek byl v Čechách než na Moravě. Nejméně srážek spadlo v krajích Jihomoravském, Pardubickém a Vysočina. Červenec byl teplotně nadnormální a srážkově normální. První dvě dekády byly výrazně teplotně nadnormální s nejteplejším dnem celého měsíce 15. července, kdy bylo denní maximum kolem 35 °C. Srpen lze hodnotit jako teplotně normální a srážkově silně nadnormální. První dekáda měsíce srpna byla výrazně teplotně podnormální a deštivá, což vylepšilo jinak velmi špatný stav později zrajících plodin. Září bylo teplotně mimořádně nadnormální a srážkově silně podnormální. Jednalo se o nejteplejší září od roku 1961 a současně bylo v září zaznamenáno 8 tropických dní, což je v tomto období velice neobvyklé. Obdobné počasí panovalo i v první dekádě října, což prospělo bezproblémové sklizni sóji, čímž byla oproti jiným letem až na výjimky sklizena v optimální vlhkosti. Teploty a srážky jsou vyobrazeny v tabulce 4, kde jsou zároveň porovnány s teplotním normálem (Baranyk 2023).

**Tabulka 4: Porovnání teplot a srážek s teplotním normálem v ČR v roce 2023**

Měsíc	Teplota (°C)			Srážky (mm)		
	Teplota	Normál	Rozdíl	Srážky	Normál	% normálu
Duben	6,4	7,5	-2,1	68,4	43	159,1
Květen	12,6	13,1	-0,5	44,4	69,8	63,6
Červen	17,2	16,5	0,7	47	82,4	57
Červenec	19,6	18,3	1,3	59	89	66
Srpen	18,6	17,9	0,7	134	77,9	172
Září	16,5	13	3,5	18	60	30

#### 4.4 Použité pomocné plodiny

Pro účely pomocných plodin byly zvoleny místně obvyklé obilniny ječmene jarního, ječmene ozimého a přesívková pšenice.

#### 4.5 Hodnocení počtu rostlin

##### 4.6.1 Při zapojení porostu

Hodnocení počtu rostlin a produkce nadzemní i podzemní biomasy sóji luštinaté proběhlo v lokalitě Lošany 12.6.2023 a v lokalitách Mankovice a Fryšták 20.6.2023. Sója se vyskytovala ve fázi BBCH 16. Byl stanoven počet rostlin na m<sup>2</sup> ve čtyřech opakováních úhlopříčně. Při počítání rostlin byly rostliny odebrány i s kořeny a byla u nich následně stanovena suchá hmotnost nadzemní i podzemní částí rostliny. Rostliny byly při sušení umístěny odděleně při teplotě 105 °C po dobu 48 hodin.

#### 4.6.2 Stanovení výnosových prvků

Hodnocení, kde byly stanovovány výnosové prvky bylo provedeno 17.8.2023 v lokalitě Lošany, 23.8.2023 v lokalitě Mankovice a 23.8.2023 v lokalitě Fryšták. U rostlin byl stanoven jejich počet, výška, výška apikální části nejspodnějšího lusku od povrchu půdy, počet větví, počet lusků na větvích a počet plodonosných pater.

#### 4.6.3 Stanovení výnosu

Sklizeň proběhla pomocí sklízecí mlátičky. Předem byla stanovena délka jízdy sklízecí mlátičky ve čtyřech opakování na variantě, každé opakování bylo zváženo a následně byl přepočten výnos na hektar (t/ha) vzhledem k ujeté vzdálenosti sklízecí mlátičky a jejího záběru.

### 4.6 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu STATISTICA, metoda ANOVA (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ).

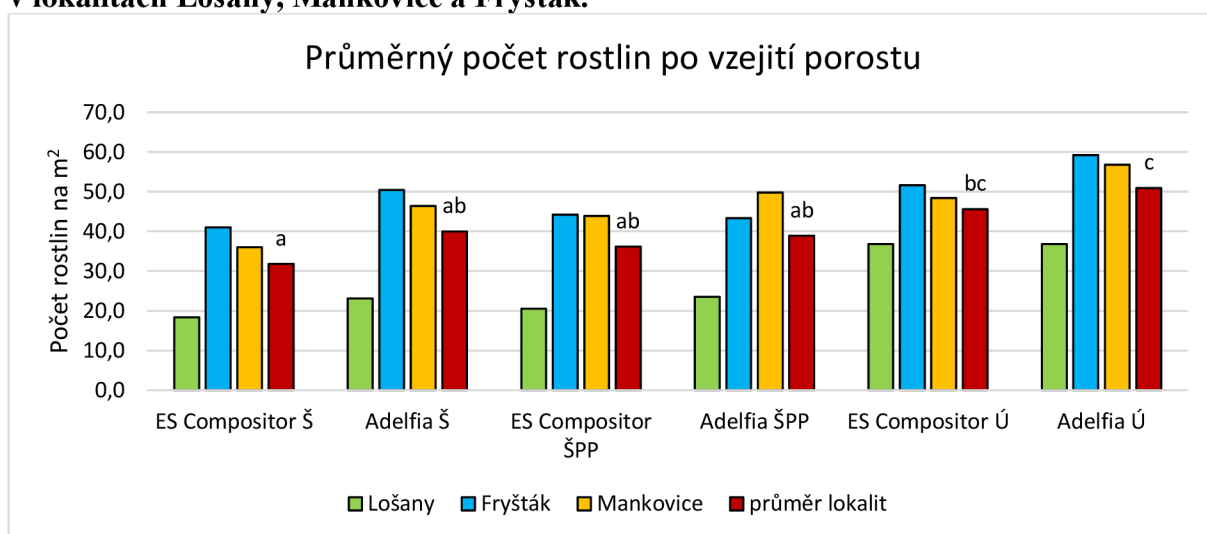


## 5 Výsledky

### 5.1. Výsledky hodnocení při zapojení porostů

Graf 1 dokládá výsledky hodnocení rostlin sóji luštinaté, které bylo provedeno 12.6.2023 v Lošanech a 20.6.2023 v Mankovicích a Fryštáku. Při kontrole byl zjišťován počet rostlin na m<sup>2</sup>. Při tomto hodnocení byly také odebrány rostliny a následně zjištěna suchá hmotnost nadzemní i podzemní části rostlin což udává graf 2 a 3. Při hodnocení výsledků bylo zjištěno, že nejvyššího počtu rostlin dosahovaly varianty seté v úzkých řádcích. Varianty seté přesným setím v širokých řádcích, respektive s pomocnou plodinou, nevykazovaly významné rozdíly v počtu rostlin, což je patrné z grafu 1. Graf 1 také poukazuje na nejnižší počet rostlin, který byl v lokalitě Lošany u všech variant, neboť pokusné pole bylo při vzcházení terčem útoku holubů. Z výsledků měření sušiny nadzemní hmoty a kořenů je patrné, že u všech variant pokusu o množství sušiny do značné míry rozhodl počet rostlin na jednotku plochy. Dále je z grafu 2 a 3 patrné, že největší množství sušiny bylo v době odběru na variantách klasického setí do úzkých řádků bez pomocné plodiny. U variant, kde bylo využíváno přesného setí do širokých řádků s pomocnou plodinou, bylo v době odběru zjištěno nejmenší množství sušiny jak kořenů, tak nadzemní části rostlin. Toto zjištění však příliš nevypovídá o produkčních schopnostech porostu, ale vypovídá převážně o dynamice v počátečních fázích růstu sóji. Dále je patrný rozdíl ve množství sušiny kořenů i nadzemní části mezi jednotlivými odrůdami při výsevu v širokých řádcích, kde vyšší dynamiku růstu v počátečních fázích vývoje rostliny vykazovala odrůda Adelfia. Jednotlivé varianty dokládá obrázek 4.

**Graf 1: Průměrný počet rostlin na jednotlivých lokalitách po vzejití porostu stanovený v lokalitách Lošany, Mankovice a Fryšták.**

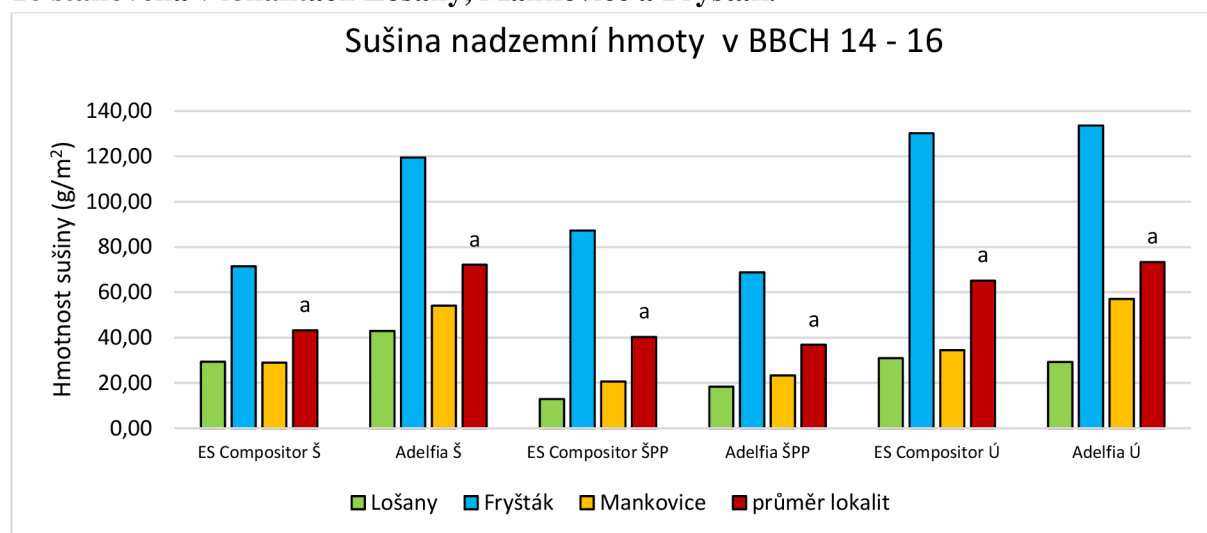


„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).



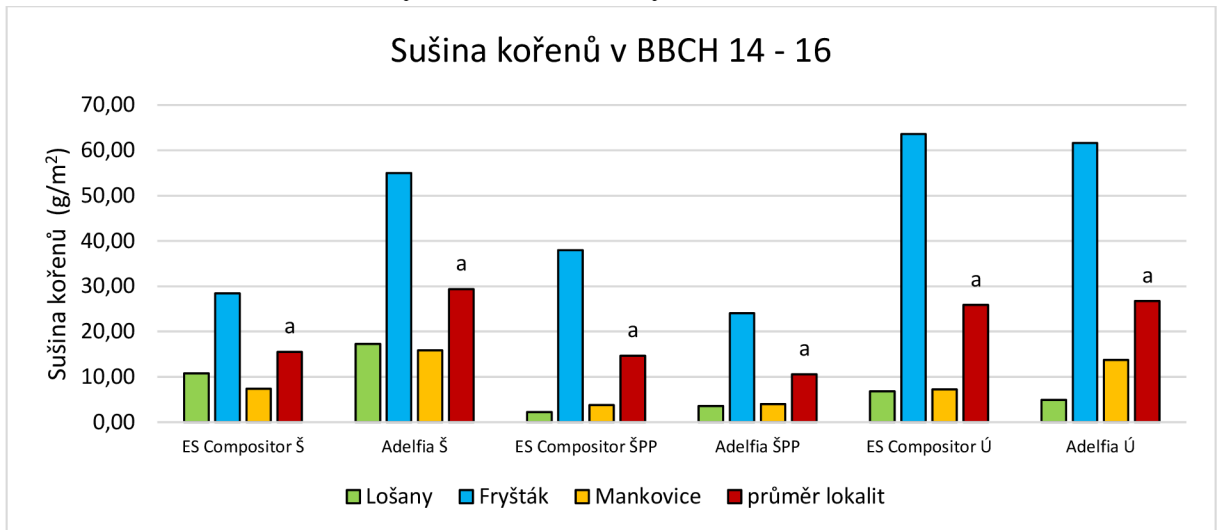
**Obrázek 4: Fotografie porostu sóji luštinaté po vzejití pěstované v širokých řádcích s pomocnou plodinou (nalevo). Fotografie porostu sóji luštinaté po vzejití pěstované v úzkých řádcích bez pomocné plodiny (Foto Štefek, 2023).**

**Graf 2: Průměrná hmotnost sušiny nadzemní hmoty u jednotlivých variant v BBCH 14 – 16 stanovená v lokalitách Lošany, Mankovice a Fryšták.**



„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky neprůkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

**Graf 3: Průměrná hmotnost sušiny kořenů u jednotlivých variant v BBCH 14 – 16 stanovená v lokalitách Lošany, Mankovice a Fryšták.**

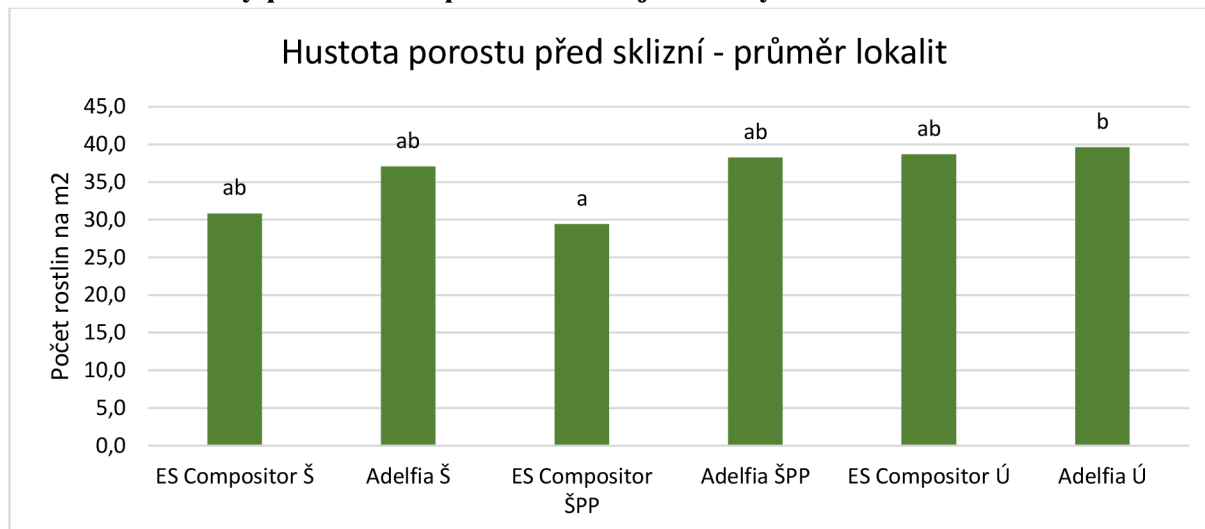


„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky neprůkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

## 5.2. Výsledky hodnocení stanovení výnosových prvků

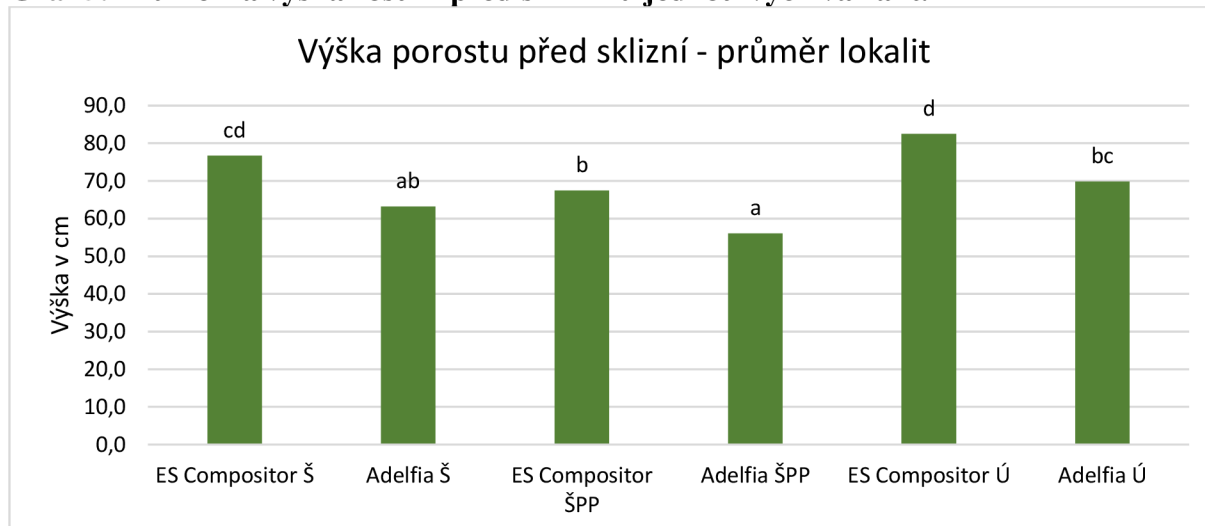
Z hodnocení biometrických prvků před sklizní je patrné, že počet rostlin na jednotku plochy byl mírně vyšší u řádků s úzkou roztečí, což dokládá graf 4. Nejnižší počet rostlin byl zjištěn u odrůdy ES Compositor pěstované v širokých řádcích s pomocnou plodinou. Z dalšího grafu 5 je patrné, že vliv na délku, respektive výšku rostlin měla spíše daná odrůda než rozteč řádků, kde odrůda Adelfia vykazovala nižší výšku napříč variantami, což dokládá obrázek 5. Výjimkou byl pouze porost sóji s pomocnou plodinou, která byla umrtvena až v průběhu vegetace sóji. U tohoto porostu se projevila konkurence sóji a pomocné plodiny, což vedlo ke zkrácení internodií, což avšak nevedlo ke snížení počtu plodných pater, ani nasazení lusků na rostlině. U této zmiňované varianty byla průměrná délka rostlin o přibližně 10 cm menší než u varianty bez pomocné plodiny. Rozdílná výška porostů neměla vliv na poléhání rostlin, neboť ani u jedné varianty nebylo poléhání zaznamenáno.

**Graf 4: Průměrný počet rostlin před sklizní u jednotlivých variant.**



„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

**Graf 5: Průměrná výška rostlin před sklizní u jednotlivých variant.**



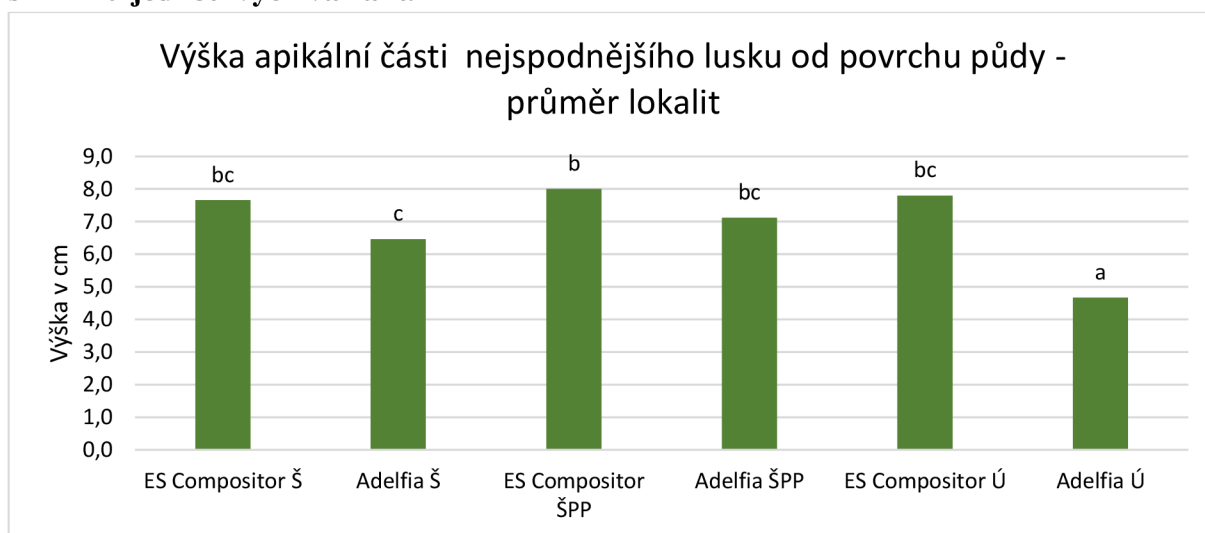
„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).



**Obrázek 5: Fotografie rozdílné výšky odrůd sóji (Foto Honsová, 2023).**

Graf 6 udávající výšku apikálního konce nejspodnějšího lusku od povrchu půdy je parametr, který je rozhodujícím prvkem zejména pro sklizňové ztráty vlivem výšky strniště a možnosti adaptéru sklizecí mlátičky. Z výsledků měření je zřejmé, že rostliny pěstované s roztečí řádků 0,45 m měly mírně větší výšku spodních lusků oproti úzkým řádkům a lze konstatovat, že využití pomocné plodiny tuto výšku ještě více podpořilo. Při hodnocení jednotlivých odrůd bylo zjištěno, že větší výšku vykazovala odrůda ES Compositor.

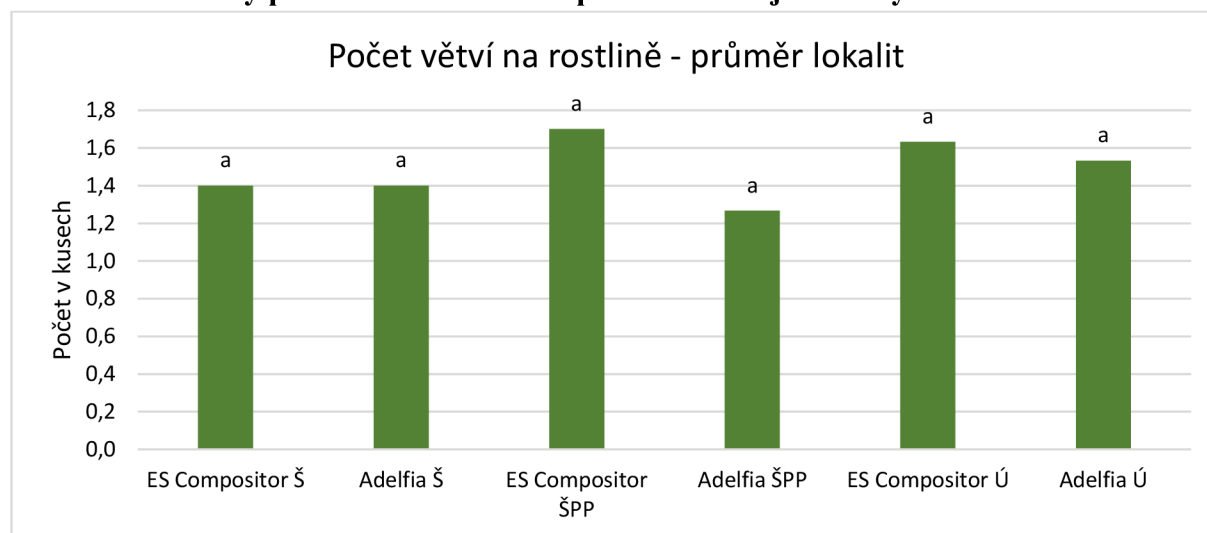
**Graf 6: Průměrná výška apikálního konce nejspodnějšího lusku od povrchu půdy před sklizní u jednotlivých variant.**



„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

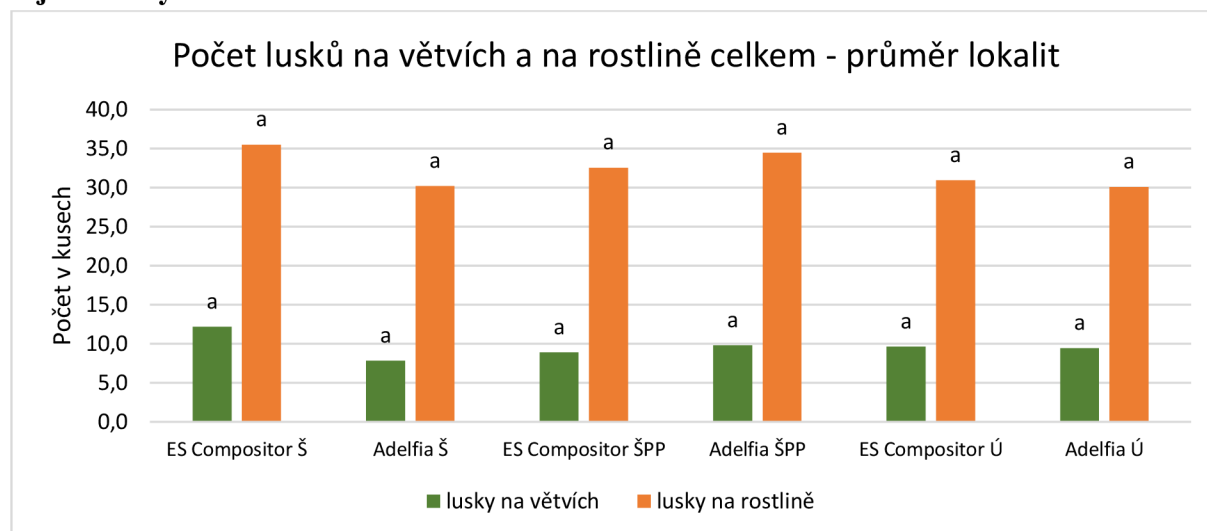
Při hodnocení průměrného počtu větví na rostlině před sklizní, které znázorňuje graf 7, nebyly zjištěny významné rozdíly napříč variantami pokusu, avšak mírně vyšší průměr vykazovala odrůda ES Compositor. V návaznosti na tento jeden z výnosotvorných prvků navazovalo hodnocení počtu lusků na jednotlivých větvích a celkového počtu lusků na rostlině. Výsledky hodnocení, které dokládá graf 8 poukazují na skutečnost, že vliv technologie pěstování ani odrůda nevykazuje významný vliv na počet lusků na větvích ani celkového počtu na rostlině.

**Graf 7: Průměrný počet větví na rostlině před sklizní u jednotlivých variant.**



„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

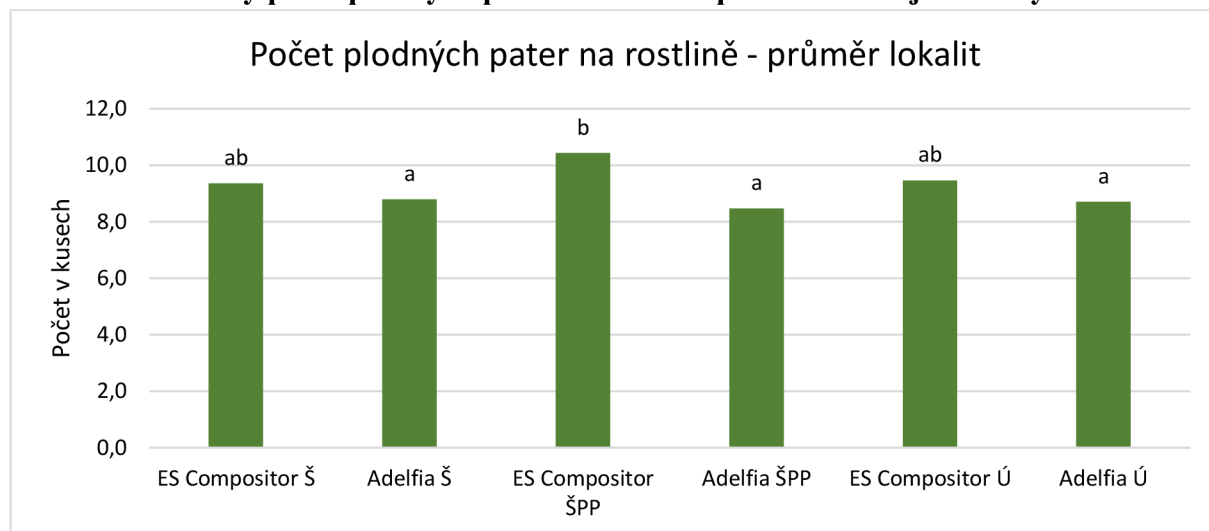
**Graf 8: Průměrný počet lusků na jednotlivých větvích a na rostlině celkem před sklizní u jednotlivých variant.**



„Š“ – široké řádky přesné sítě; „ŠPP“ – široké řádky přesné sítě s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky neprůkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

Posledním parametrem, který byl před sklizní hodnocen, byl počet plodných pater na rostlině. Při hodnocení grafu 9 dokládající tento parametr, byly zjištěny spíše odrůdové rozdíly nežli rozdíly v rámci odrůd, avšak odrůda ES Compositor pěstovaná v širokých řádcích s pomocnou plodinou vykazovala největší počet plodných pater, který byl i statisticky potvrzen.

**Graf 9: Průměrný počet plodných pater na rostlině před sklizní u jednotlivých variant.**

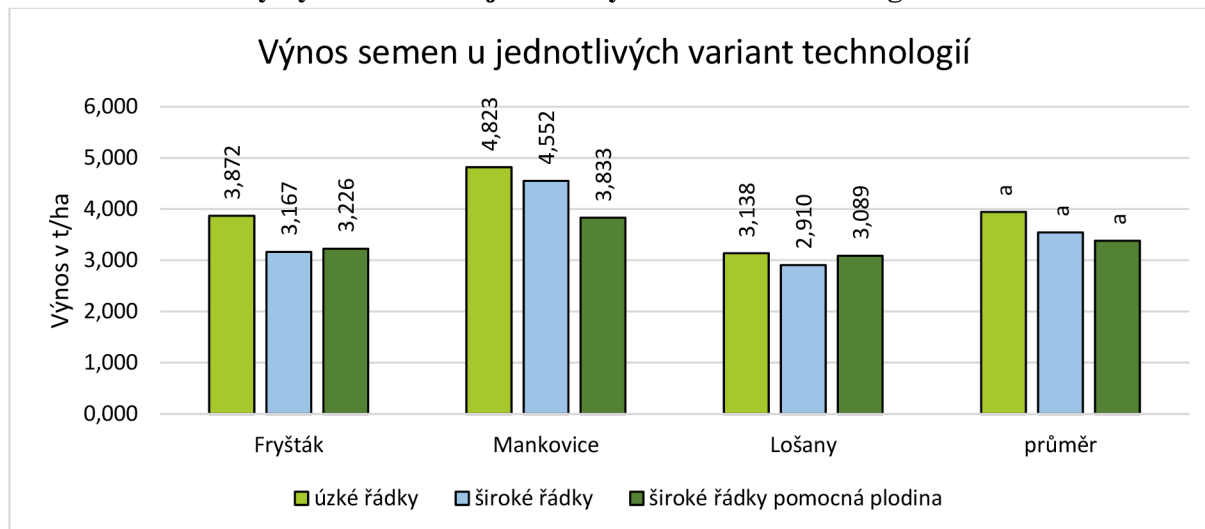


„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

### 5.3. Výsledky stanovení výnosu a kvalitativních parametrů

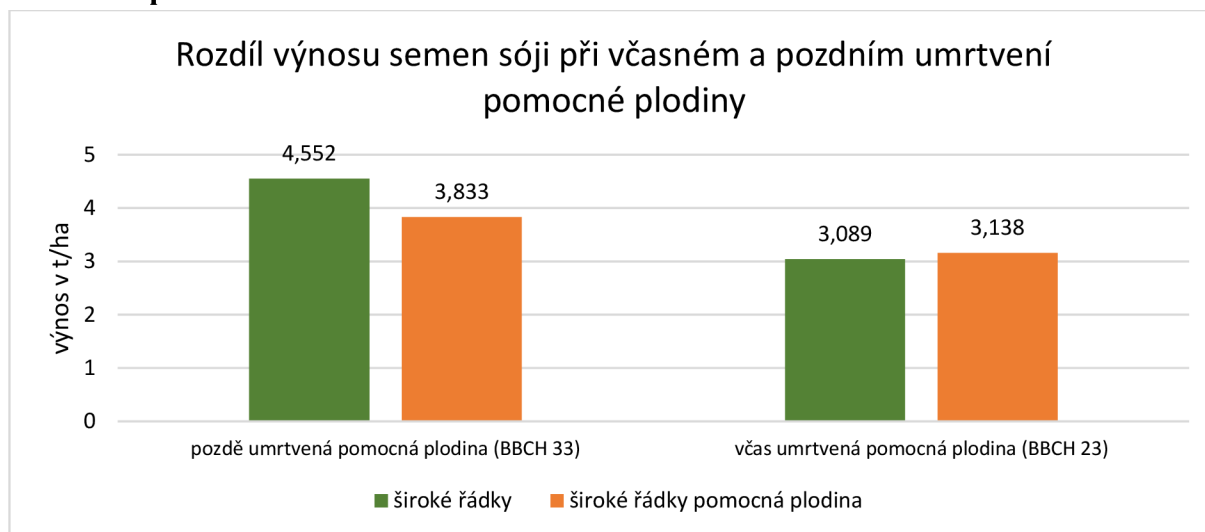
Z výsledků sklizně udávající graf 10 je patrné, že v roce 2023 na všech lokalitách dosáhla nejvyššího výnosu varianta setá v úzkých řádcích, avšak tento mírný rozdíl nevykazoval statisticky významný rozdíl. Porovnáme-li mezi sebou varianty přesného setí s pomocnou plodinou a bez ní, je patrné, že mezi nimi není prakticky žádný rozdíl. Rozdíl průměrného výnosu těchto variant je dán zejména faktem, že na lokalitě Mankovice byla pomocná plodina ponechána příliš dlouho a došlo tak k relativně velkému stresu pro rostliny sóji, zejména konkurenci o vodu a světlo, což v konečném důsledku vedlo k značné výnosové depresi, která je viditelná na obrázku 6. Graf 11 dokládá skutečnost, že termín a vývojová fáze umrtvení pomocné plodiny má vliv na výnos sóji. Z těchto výsledků lze odvodit, že větší jistotu přináší likvidace pomocné plodiny v době těsně před setím sóji pomocí totálního herbicidu, neboť snížíme pravděpodobnost konkurence odumírající pomocné plodiny a následného vlivu na produkci sóji.

**Graf 10: Průměrný výnos semen u jednotlivých variant technologií.**



Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

**Graf 11: Rozdíl výnosu semen sóji při včasné umrtvené pomocné plodině a pozdě umrtvené plodině.**







Pozdě regulovaný porost pomocné plodiny v sóje

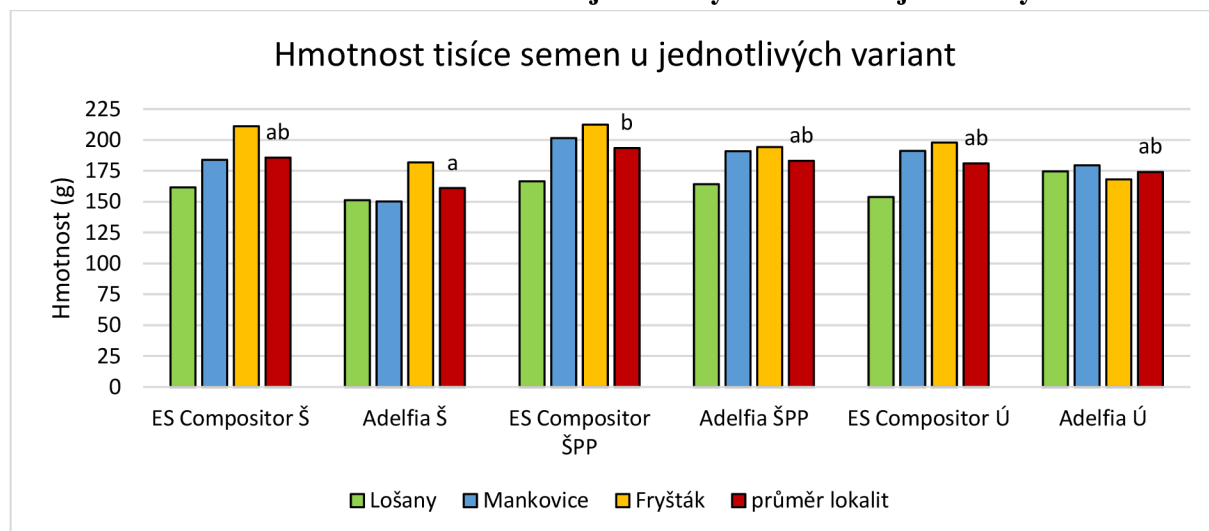


Včas regulovaný porost pomocné plodiny a jeho zbytkky

**Obrázek 6: Fotografie pozdě regulovaného porostu pomocné plodiny (nalevo). Fotografie včas regulovaného porostu pomocné plodiny (napravo). (Foto Procházka a Štefek, 2023)**

U sklizených semen byla následně stanovena hmotnost tisíce semen a zjištěn obsah oleje, hrubého proteinu a vlákniny. Z výsledků udávaných v grafu 12 je patrné, že nejvyšší hmotnost tisíce semen měla semena varianty s pomocnou plodinou, a to téměř o 15 g oproti variantě bez pomocné plodiny. Z rozborů semen NIR spektrofotometrem vyplývajících z tabulky 5, bylo zjištěno, že v roce 2023 neměla technologie založení porostu ani pomocná plodina vliv na kvalitativní parametry sklizených semen. Při rozbořech bylo pouze zjištěno, že na kvalitativní parametry měla vliv lokalita, což je ovšem u pěstování sóji v ČR běžné.

**Graf 12: Průměrná hmotnost tisíce semen jednotlivých variant v jednotlivých lokalitách.**



„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou; „Ú“ – standardní výsev na úzké řádky, Rozdílné indexy průměrů lokalit v rámci variant dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (ANOVA, Tukey).

**Tabulka 5: Kvalitativní parametry semen jednotlivých variant (průměr lokalit).**

Varianty	Průměr lokalit v %		
	Hrubý protein	Olejnatost	Vláknina
ES Compositor Š	34.4	19.3	4.8
Adelfia Š	34.4	19.1	4.9
ES Compositor ŠPP	34.5	19.3	4.8
Adelfia ŠPP	35.0	18.7	4.8
ES Compositor Ú	34.5	19.1	4.8
Adelfia Ú	34.4	18.8	4.9

## 6 Diskuze

V mé práci byl ověřován vliv odlišné rozteče řádků na produkci semen a v návaznosti také vliv pomocné plodiny na produkční schopnost sóji luštinaté. Obě hodnocení byla zaměřena na produkční parametry, kterými podle Baranyka et al. (2010) jsou počet rostlin na jednotku plochy, průměrný počet větví na rostlině, průměrný počet vyvinutých lusků na větvích/rostlině, průměrný počet semen v lusku a hmotnost tisíce semen. Široká rozteč řádků měla při hodnocení počtu rostlin po vzejití negativní dopad oproti rozteči úzké a projevila se zde také variabilita v rámci odrůd. I přes stejný výsevek vykazovaly rostliny vyseté do úzkých řádků o 12,4 rostlin na m<sup>2</sup> více nežli rostliny v širokých řádcích. Tento nižší počet však nevedl k nižší hmotnosti nadzemních i podzemních částí rostlin, protože rostliny pěstované v širokých řádcích byly podstatně vyrovnanější v rámci řádků než rostliny v úzkých řádcích. V systému pěstování rostlin v širokých řádcích, kde byly rostliny v rámci řádku vyrovnanější, nevedlo v průběhu vegetace ke znatelnému snížení počtu rostlin jako u sóji pěstované v úzkých řádcích. Široké řádky navíc u odrůdy Adelfia, která je podle Saatbau (2023) se středním až vyšším nasazením nejspodnějšího lusků, způsobily vzhledem k větší konkurenci o světlo v rámci řádku oproti úzkým řádkům vyšší nasazení lusků o téměř 0,02 m, což může snížit sklizňové ztráty. Vzhledem k menší prostorové konkurenci v rámci řádku v systému pěstování v úzkých řádcích měly rostliny větší možnost větvení, což se projevilo i v průměrném počtu u obou zkoumaných odrůd. Tento větší průměrný počet větví výrazně neovlivnil počet lusků na větvích ani celkem na rostlině. Pouze odrůda ES Compositor pěstovaná v širokých řádcích vykazovala mírně větší počet lusků jak na větvích, tak i na rostlině celkem. Poslední z produkčních parametrů rostliny, kterým je výnos, nevykazoval statisticky významný rozdíl mezi pěstováním sóji luštinaté v širokých řádcích či úzkých, avšak pěstování v širokých řádcích vykazovalo nižší průměrný výnos než úzké řádky, a to o 0,56 t/ha, což je při výkupní ceně sóji luštinaté ke dni 25.3. 2024 (7930 Kč/t, Kurzy.cz) ztráta o 4400 Kč z hektaru. Nízký průměrný výnos sóji pěstované v širokých řádcích s pomocnou plodinou byl pravděpodobně způsoben pozdním umrtvením pomocné plodiny na jedné z lokalit, což vedlo v dané lokalitě ke snížení výnosu o 0,791 t/ha oproti pěstování sóji v širokých řádcích bez pomocné plodiny. Tento nižší výnos při pěstování sóji luštinaté v širokých řádcích zmiňuje i Procházka et al. (2023).

Ve druhé části ověřování, které bylo zaměřeno na vliv pomocné plodiny na produkční schopnosti, bylo zjištěno, že pomocná plodina významně neovlivňuje počet rostlin po vzejití, což snižuje riziko větrné a především vodní eroze. Při využívání systému pěstování s pomocnou plodinou je jedním z důležitých hledisek její následná likvidace což uvádí i Brant et al. (2019). Mezi nejlevnější způsoby patří umrtvení totálním herbicidem těsně před setím sóji, kde nenastává riziko negativního působení na vzcházející rostliny sóji. Další, a to složitější možností je regulace pomocné plodiny pomocí graminicidu po založení porostu sóji. Zde nastává riziko nebezpečí, že pomocná plodina přejde příliš rychle do prodlužovacího růstu a na vzcházející sóju bude působit retardačně nedostatek vody v půdě a konkurence o světlo. Proto je vhodné správně zvolit způsob likvidace pomocné plodiny, na což poukazuje i Procházka et al. (2024).

Nejvyššího výnosu dosáhla varianta setá v úzkých řádcích, avšak pokud porovnáme mezi sebou varianty přesného setí s pomocnou plodinou a bez ní, je zřejmé, že mezi nimi není prakticky

žádný rozdíl. Rozdíl průměrného výnosu těchto variant je dán zejména faktem, že na lokalitě Mankovice byla pomocná plodina ponechána příliš dlouho a došlo k relativně velkému stresu rostlin sóji, což vedlo ke značné výnosové depresi. Obdobný pokus prováděl i Brant et al. (2020), avšak hlavní plodinou byl mák nikoliv sója, kde nebyl téměř rozdíl mezi výnosem máku setého konvenčním způsobem a s využitím pomocné plodiny. Zároveň poukazuje na skutečnost, že při využívání systémů pěstování s pomocnou plodinou bývá vyšší spotřeba herbicidů oproti konvenční variantě, ale celková spotřeba účinné látky je nižší. Další skutečností je ochrana porostů před poškozením přivalovými dešti a vliv na půdu z hlediska pěstování dvou plodin, což jsou faktory, které lze obtížně do ekonomiky zahrnout. Technologie pěstování s pomocnou plodinou bývá zároveň ekonomicky náročnější vzhledem k odlišnému termínu zakládání porostu s hlavní plodinou. Avšak vegetační pokryv, který je schopna pomocná plodina zajistit v počátečních fázích růstu, kdy je sója erozně nejzranitelnější, umožňuje sóju pěstovat i na pozemcích, na kterých by to při standartních technologiích nebylo možné. Pěstování v širších řádcích navíc umožňuje mechanickou kultivaci meziřádku, což dává prostor k úspoře přípravků na ochranu rostlin a zároveň možnost odplevelení meziřádku v době, kdy již není možné sóju ošetřit postemergentně. Tento jev byl pozorován zejména v loňském roce, kdy pozdně jarní plevele vzcházely v době počátku kvetení sóji a nebylo je již možné chemicky likvidovat, ale ještě byla možnost tyto porosty plečkovat bez poškození sóji a eliminovat vzešlé plevele alespoň v meziřádku.

Při hodnocení výsledků výnosu, bylo zjištěno, že pěstování v širokých řádcích či v širokých řádcích s pomocnou plodinou bylo výnosnější o 1,153 t/ha a o 0,993 t/ha, nežli byl průměr výnosu v ČR v roce 2023 (ČSÚ 2024).

Výška apikálního konce nejspodnějšího lusku od povrchu půdy je jeden z parametrů, který podle Kozak et al. (2017) ovlivňuje sklizňové ztráty způsobené vlivem výšky strniště a možností adaptéru sklízecí mlátičky. Z výsledků je patrné, že pomocná plodina má pozitivní vliv na výšku apikální části nejspodnějšího lusku od povrchu půdy, což vede ke snížení sklizňových ztrát i u adaptéru sklízecích mlátiček, které nemají možnost kopírování nerovností pozemku. Podle dosažených výsledků Procházka et al. (2013) lze podpořit pomocí biologických stimulatorů tuto výšku čímž zároveň i snížit riziko sklizňových ztrát.

Výsledky rozboru semen, který byl proveden NIR spektrofotometrem po sklizni ukázaly, že na obsah oleje, hrubého proteinu ani vlákniny nemá vliv technologie založení porostu ani pomocná plodina, ale lokalita, což je u pěstování sóji běžné. Jediný kvalitativní parametr, který byl statisticky průkazný, byla hmotnost tisíce semen, která byla největší u varianty s pomocnou plodinou, a to o téměř 15 g více než varianta bez pomocné plodiny. Tato skutečnost dokazuje fakt, že i přes větší hmotnost tisíce semen nebyl výnos větší nežli u varianty širokých řádků bez pomocné plodiny a zároveň zjištění, že pomocná plodina neovlivňuje hmotnost tisíce semen.

Výsledky hodnocení průměrného počtu rostlin po vzejití se neshodují s výzkumem širších řádků sóji (Procházka et al. 2022), kde byla zjištěna stabilnější vzcházivost u variant širších řádků, a naopak větší meziodrůdová variabilita u řádků setých na úzké řádky. Větší vzcházivost úzkých řádků v mém případě byla pravděpodobně způsobena skutečností, že „běžné“ konvenční secí stroje i přes přesně nastavené množství výsevu, vysejí větší množství semen, což může ovlivňovat skutečný počet vysetých semen i téměř o 10 %. Naproti tomu přesné secí stroje zajišťují výsev požadovaného počtu semen s nepřesností

v řádu jednotek % což uvádí i Brant & Krček (2018b) a Brant et al. (2023). I přes tuto skutečnost nezajistil větší počet rostlin u varianty s úzkými řádky zároveň větší počet rostlin v průběhu vegetace, poněvadž při hodnocení výsledků hustoty porostu před sklizní již nebyly markantní rozdíly mezi způsoby založení porostů.

## 7 Závěr

- Rozteč řádků 0,15 m se projevila jako výnosnější než varianta 2 (bez pomocné plodiny) a 3 (s pomocnou plodinou) s roztečí 0,45 m.
- Termín a vývojová fáze umrtvení pomocné plodiny má vliv na výnos sóji luštinaté.
- Rozteč řádků či využití pomocné plodiny nemá vliv na počet lusků na větvích a na rostlině celkem.
- Větší konkurence rostlin v rámci řádku u rozteče řádků 0,15 m vede k větší výšce rostlin.
- Kvalitativní parametry semen byly variabilní spíše mezi lokalitami nežli variantami.
- Vzhledem ke skutečnosti, že jsou pokusy jednoleté, mohly být některé výsledky ovlivněny počasím během roku, a proto je doporučeno další zkoumání problematiky.
- Cena výsevu pomocné plodiny, která je vysévána zvláště se pohybuje podle Kasl (2022) kolem 850 Kč/ha + cena osiva, což není zanedbatelná částka. Využití této metody snižuje náchylnost pozemku k erozi a sója se díky tomu dostane na pozemky, kde by jinak nemohla být vyseta. Na tuto skutečnost poukazuje Procházka et al. (2023).

### 7.1. Potvrzení hypotézy

Před založením pokusů byly stanoveny hypotézy. První byla, že odlišná rozteč řádků nemá staticky významný vliv na produkci semen sóji. Druhá hypotéza se zabývala využitím pomocné plodiny při založení porostů sóji, respektive tím, že nemá pomocná plodina statisticky významný vliv na produkční schopnost porostu. První hypotézu nelze zamítnout vzhledem k výsledkům pokusů a jejich statistického vyhodnocení. Druhou hypotézu nelze zcela zamítnout vzhledem ke statisticky průkazným rozdílům v počtu rostlin na m<sup>2</sup>, avšak tyto rozdílné počty rostlin neměly statisticky průkazný rozdíl na jeden z hlavních produkčních parametrů a to výnosu.

## 8 Literatura

- Agrofinal. 2023. Agrofinal – ES Compositor. Agrofinal, Praha. Available from <https://www.agrofinal.cz/produkt/es-compositor> (accessed April 2024).
- Aigner A, Salzeder G. 2015. Saattechnik- und Saatstärkeversuch zu Sojabohnen. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft **6**: 53-56.
- Amossé C, Jeuffroy MH, Celette F, David C. 2012. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *European Journal of Agronomy* **49**:158-167.
- Armstrong RD, Millar G, Halpin NV, Reid DJ, Standley J. 2003. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain productivity and soil fertility in opportunity cropping systems on a shallow Vertosol. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **43**:141-153.
- Baranyk P, et al. 2010. Olejniny. Profi Press, Praha.
- Baranyk P. 2023. Sborník SPZO, HLUK 2023 – Výsledky pěstování olejnin. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha.
- Bernard RL. 1972. Two Genes Affecting Stem Termination in Soybeans. *Crop Science* **12**: 235-239.
- Berschneider J. 2016. Chances and Limitations of European Soybean Production: Market Potential Analysis. University of Hohenheim 48–49.
- Brant V, Čejka J, Kunte J, Ryčl D, Šmöger J. 2020. Pěstování máku setého s pomocnou plodinou. Kurent, České Budějovice.
- Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábanský P. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy. Agrární komora ČR, Praha.
- Brant V, Krček V. 2018a. Spotřeba osiva při výsevu na počet jedinců a při výsevu na stanovenou hmotnost výsevku. Centrum precizního zemědělství, Praha. Available from: <https://cpz.czu.cz/dl/72692?lang=cs> (accessed April 2024).
- Brant V, Kroulík M, Pivec J, Zábanský P, Hakl J, Holec J, Kvíz Z, Procházka L. 2017. Splash Erosion in Maize Crops under Conservation Management in Combination with Shallow Strip – tillage before Sowing. *Soil and Water Research* **12**:106-116.
- Brant V, Kroulík M, Šmöger J, Zábanský P, Škeříková M, Hamouz P, Tyšer L. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Kurent, Praha.
- Brant V, Pivec J, Fuksa P, Neckář K, Kocourková D, Venclová V. 2011. Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and Bioenergy* **35**:1286-1294.
- Brant V, Voršílka T, Procházka P, Chvalová L, Trhlík V, Zábanský P, Kroulík M, Žamboch M. 2023. Vliv výše výsevku ozimého ječmene na výnos zrna. Agromanual, Praha. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-vyse-vysevku-ozimeho-jecmene-na-vynos-zrna> (accessed April 2024).
- Brant V, Zábanský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018b. Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. Kurent s.r.o., České Budějovice.

- Brant V, Neckář K, Žamboch M, Hlavičková D. 2005. Keimfähigkeit von Sommerwischenfrüchten bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit. „Wasser und Pflanzenbau – Herausforderungen für zukünftige Produktionssysteme“ **48**:66-67.
- Crabtree RJ, Prater JD, Mbolda P. 1990. Long-term wheat, soybean, and grain sorghum double-cropping under rainfed conditions. *Agronomy Journal*. **82**(4): 683–686
- Český statistický úřad. 2024. Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní zemědělských plodin. Available from: [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=s%C3%B3ja&bkv=c8Ozame.&katalog=all&evo=v1442 ! ZEM02G-celek\\_1&pvo=ZEM02G#w=](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=s%C3%B3ja&bkv=c8Ozame.&katalog=all&evo=v1442 ! ZEM02G-celek_1&pvo=ZEM02G#w=) (accessed April 2024).
- Da Silva CM, De Majo C. 2022. The Age of the Soybean: An Environmental History of Soy During the Great Acceleration. The White Horse Press, Cambridgeshire.
- Dou Z, Fox RH, Toth JD. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. *Plant and Soil* **162**:203-210.
- Faget M, Liedgens M, Feil B, Stamp P, Herrera JM. 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *European Journal of Agronomy* **36**:1-8.
- Finch S, Kienegger M. 1997. A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **84**:165-172.
- Gawęda D, Haliniarz M, Bronowicka-Mielniczuk U, Łukasz J. 2020. Weed Infestation and Health of the Soybean Crop Depending on Cropping System and Tillage System. *Agriculture*. **10**:208.
- Gentry LE, Snapp SS, Price RF, Gentry LF. 2013. Apparent red clover nitrogen credit to corn: evaluating cover crop introduction. *Agronomy Journal* **105**(6): 1658–1664
- Haberlandt F. 1878. Die Sojabohne: Ergebnisse der Studien und Versuche über die Anbauwürdigkeit dieser neu einzuführenden Culturpflanze. Gerold, Wien.
- Higley LG, Boethel DJ. 1994. Handbook of Soybean Insect Pests. Entomological Society of America, USA.
- Hiltbrunner J, Streit B, Liedgens M, 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover?. *Field Crops Research* **102**:163-171.
- Houba M, Dostálová R. 2018. Luskoviny: charakteristika, pěstování, využití. Profi Press, Praha.
- Kasl V. 2022. Analýza pěstebních systémů ozimé pšenice ve vybraných subjektech v Západních Čechách [BSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- KeShun L. 2012. Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization. Springer.
- Kintl A, Elbl J, Lošák T, Vaverková MD, Nedělník J. 2018. Mixed Intercropping of Wheat and White Clover to Enhance the Sustainability of the Conventional Cropping System. Effects on Biomass Production and Leaching of Mineral Nitrogen **10**:3367.
- Knauer N. 1993. Ökologie und Landwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart



- Konvalina P, Moudry J, Kalinova J, Capouchova I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Kozak M, Malarz W, Lewandowka S, Wondolowska-Grabowska A, Serafin-Andrzejewska M, Białkowska M, Helios W, Gniadzik M, Kałuža M. 2017. Reakce sóji luštinaté na použití stimulatoru série galleko. Pages 153-156 in Bečka D, Vašák J, Cihlár P, Zukalová H, editors. Prosperující olejniny. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Lahola J. 1990. Luskoviny: pěstování a využití. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Lersten NR, Carlson JB. 2004. Vegetative Morphology. Pages 15-57 in Shibles RM, Harper JE, Wilson RF, Shoemaker RC, editors. Soybeans: Improvement, Production, and Uses. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin.
- Madanzi T, Chiduzo C, Richardson-Kageler SJ. 2010. Effects of planting method and seed size on stand establishment of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill cv. Solitaire]. *Soil and Tillage Research* **2**:171-173.
- Mikanová O, Šimon T. 2013. Alternativní výživa rostlin dusíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Miladinović J, Hrustić M, Vidić M. 2011. Soybean. Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad and Sojaprotein. Bečej, AMB Grafika, Novi Sad, Serbia.
- Nguyen HT, Bhattacharyya MK. 2017. The Soybean Genome. Springer International Publishing AG.
- Procházka P, Brant V, Mička M, Štefek M. 2024. Pěstování sóji v širších řádcích s využitím pomocných plodin. *Agromanuál* **3**:144-147.
- Procházka P, et al. 2023. Sója luštinatá. Agrární komora České republiky, Praha.
- Procházka P, Procházka A, Brant V, Kroulík M, Kasl V, Štefek M. 2022. Možnosti pěstování sóji v širších řádcích. *Úroda* **70**: 54-57.
- Procházka P, Štranc P, Štranc J. 2013. Testování vitality osiva sóji pro založení kvalitního porostu. Pages 17-23 in Štranc P, Štranc J, Urban J, Procházka P, editors. Sója 2013: sborník ze seminářů s mezinárodní účastí. Kurent, České Budějovice.
- Ritchie H. 2021. Is our appetite for soy driving deforestation in the Amazon?. OurWorldInData.org. Available from <https://ourworldindata.org/soy> (accessed January 2024).
- Saatbau. 2023. Saatbau – Adelfia. Saatbau Česká republika, Žatec. Available from <https://www.saatbau.com/cz/saatgut/soja-2/skupina-ranosti-00/adelfia/> (accessed April 2024).
- Seidel N, Gläser H. 2017. Mit Begleitpflanzen den Raps unterstützen. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug* **5**:34-37.
- Schutte M, Nleya T. 2019. Row Spacing and Seeding Rate Effects on Soybean Seed Yield. Soybean - Biomass, Yield and Productivity.
- Singh Rj. 2006. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops. CRC Press.

- Sobko O, Zikeli S, Claupein W, Gruber S, Sabine G. 2020. Seed Yield, Seed Protein, Oil Content, and Agronomic Characteristics of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Depending on Different Seeding Systems and Cultivars in Germany. *Agronomy* **10**(7).
- Sugiyama A, Ueda Y, Takase H, Yazaki K. 2015. Do soybeans select specific species of *Bradyrhizobium* during growth? Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4594333> (accessed April 2024).
- Sweeney DW, Moyer JL. 1995. Legume and tillage effects on prairie soil nitrogen and penetration resistance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **26**:155-168.
- Štranc J, Štranc P, Štranc D. 2004a. Význam sóji a její postavení v ČR a ve světě. *Krmivářství* **2**: 34-35.
- Štranc P, Procházka P. 2022. Výhled produkce olejnin a zejména sóji v roce 2022. *Agromanual*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/management-a-legislativa/management/vyhled-produkce-olejnin-a-zejmena-soji-v-roce-2022> (accessed January 2024).
- Štranc P, Štranc J, Štranc D. 2004b. Upřesněný návrh rajonizace sóji v ČR. *Zemědělský týdeník* **7**: 11.
- Theunissen J, Booij CJH, Lotz LAP. 1995. Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **74**:7-16.
- Thompson L, et al. 1997. Variability in the anticancer lignan levels in flaxseed. *Nutrition and Cancer* **27**: 26-30.
- Trnka M, et al. 2021. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019. *Plant, Soil and Environment* **67**: 154-163.
- Ulloa SM, Datta A, Malidza G, Leskovsek R, Knezevic SZ. 2010. Yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] are influenced by the timing of broadcast flaming. *Field Crops Research* **119**: 348-354.
- Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G, David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research* **224**:160-169.
- VÚMOP. 2022a. Ministerstvo zemědělství ČR. Available from <https://bpej.vumop.cz/23716> (accessed February 2024).
- VÚMOP. 2022b. Ministerstvo zemědělství ČR. Available from <https://bpej.vumop.cz/61410> (accessed March 2024).
- VÚMOP. 2022c. Ministerstvo zemědělství ČR. Available from <https://bpej.vumop.cz/65800> (accessed March 2024).
- Zahran, H.H. (1999) *Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **63**, 968-989.