

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Fakulta regionální rozvoje a mezinárodních studií

**Možnosti pěstování luskovin v různých systémech zemědělství ČR**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.

Autor práce:

Bc. Radka Plchová

Brno 2017



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Možnosti pěstování luskovin v různých systémech zemědělství ČR** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne

.....

Podpis

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu práce prof. Ing. Tomášovi Lošákovi, Ph.D. za odborné konzultace, které mi poskytl pro vypracování této práce, za pomoc při realizaci experimentu v arboretu Mendelovy univerzity v Brně a za celkově příjemné jednání a ochotu.

Velké poděkování si zaslouží prof. Vollmann z vídeňské zemědělské university (BOKU Wien) a doc. Buňka z UTB ve Zlíně, kteří se především podíleli na kvalitativních analýzách semene sóje.

Rovněž děkuji pracovníkům Botanické zahrady a arboreta Mendelovy univerzity v Brně za umožnění realizovat tento pokus v jejich prostorách a za veškerou jejich pomoc.

Praktické výsledky experimentu byly součástí projektu IGA FRRMS Mendelovy univerzity pod označením 2016/017 a názvem „Produkční, environmentální a ekonomické aspekty pěstování sóje v regionálních podmínkách ČR“.

## **Abstrakt**

PLCHOVÁ, R. *Možnosti pěstování luskovin v různých systémech zemědělství ČR*. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, 2016.

Diplomová práce je zaměřena na zhodnocení možností pěstování luskovin v různých zemědělských systémech České republiky. V literární rešerši této práce jsou nejprve představeny více a méně známé druhy luskovin a jejich podmínky pěstování. Dále jsou popsány jednotlivé zemědělské systémy – konvenční, integrované a ekologické zemědělství. Luskoviny jsou vhodné pro pěstování ve všech těchto systémech, ovšem v případě ekologického zemědělství je zvýšené riziko napadení škodlivými patogeny s odrazem v redukcí výnosu a jeho kvalitě. V praktické části práce jsou prezentovány výsledky z nádobového experimentu se sójou luštinatou, kde byly sledovány výnosové a kvalitativní parametry v závislosti na úpravě environmentálních podmínek.

**Klíčová slova:** luskoviny, sója luštinatá (*Glycine max*, (L.) Merr.), konvenční zemědělství, ekologické zemědělství, N hnojení, výnos, kvalita

## **Abstract**

PLCHOVÁ, R. *Possibilities of cultivation of legume crops in various agricultural systems of the Czech Republic*, Diploma thesis, Mendel University in Brno. Faculty of Regional Development and International Studies, 2016.

This diploma thesis is focused on the evaluation of the possibilities of legumes in various agricultural systems of the Czech Republic. In the literary research of this thesis are first introduced more and less known species of legumes and their growing conditions. There are also described agricultural systems – conventional, integrated and organic agriculture. Legumes are suitable for growing in all these systems, however in the case of organic farming is increased risk of harmful pathogens with reflection in reducing yield and quality. In the practical part of the thesis are presented results from the experiment with soybean, where yield and quality parameters were monitored in dependence of the environmental conditions.

**Keywords:** legumes, soybean (*Glycine max*, (L.) Merr.), conventional farming, organic farming, nitrogen fertilization, yield, quality

## Obsah

1. ÚVOD .....	8
2. CÍL PRÁCE .....	9
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
3.1. Charakteristika luskovin.....	10
3.1.1. Význam a využití luskovin.....	10
3.1.2. Biologická charakteristika.....	12
3.2. Hlavní druhy luskovin.....	16
3.2.1. Hrách setý ( <i>Pisum sativum L.</i> ) .....	16
3.2.2. Sója luštinatá ( <i>Glycine max (L.) Merr.</i> ) .....	17
3.2.3. Fazol obecný ( <i>Phaseolus vulgari</i> ).....	19
3.2.4. Čočka jedlá ( <i>Lens culinaris</i> ) .....	20
3.2.5. Bob obecný ( <i>Vicia faba</i> ) .....	21
3.3. Další méně známé druhy luskovin .....	23
3.4. Pěstování luskovin v ČR .....	25
3.4.1. Současnost luskovin v ČR.....	25
3.5. Pěstování luskovin v různých systémech zemědělství.....	28
3.5.1. Konvenční zemědělství .....	29
3.5.2. Integrované zemědělství.....	32
3.5.3. Ekologické zemědělství .....	36
3.5.4. Porovnání systémů .....	44
4. PRAKTICKÝ EXPERIMENT.....	47
4.1. Cíl experimentu.....	47
4.2. Materiál a metody .....	48
4.3. Výsledky experimentu .....	50
4.4. Shrnutí nádobového experimentu .....	54
5. DISKUSE.....	55
6. ZÁVĚR .....	56
7. SEZNAM LITERATURY .....	58

8.	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	65
9.	SEZNAM TABULEK.....	66
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	67

## 1. ÚVOD

Luskoviny patří mezi celosvětově významné plodiny, oceňované ve výživě lidí, hospodářských zvířat, ale i v chemickém a kosmetickém průmyslu. Terminologické hledisko rozlišuje plodinu pěstovanou na poli jako luskovinu a konzumovaná semena jsou označována jako luštěnina. Ve výživě lidí jsou tyto plodiny ceněné pro svůj vysoký obsah bílkovin v semenech. Semena luskovin (zejména sójové boby) obsahují také vysoký podíl tuku, a proto bývají někdy označovány jako olejnaté luskoviny. Zejména na americkém kontinentu označují sóju jako olejninu. Celosvětově se konzumace luskovin pohybuje kolem 7 kg na osobu za rok, Česká republika s konzumací 2 kg se řadí k zemím s nejnižším zastoupením luštěnin v jídelníčku. Ve výživě hospodářských zvířat jsou luskoviny spotřebovávány ve formě krmných směsí bohatých na proteiny. V podmínkách ČR jsou pro tyto účely pěstovány bob a hrách. V posledních letech dochází k nárůstu výměry luskovin v České republice a to i díky podmínkám tzv. „greeningu“, tedy povinnosti zemědělců diverzifikovat pěstované plodiny.

Společným znakem luskovin je jejich schopnost poutat vzdušný dusík díky hlízkovým bakteriím, které se nacházejí v kořenovém systému luskovin. Přijatý dusík využívají luskoviny pro svou výživu a po skončení vegetačního období navíc obohacují půdu. Z toho důvodu není použití N minerálních hnojiv nutné nebo dochází ke hnojení v menší míře. Vyšší dávky hnojení dusíkem s sebou nesou negativní vlivy na životní prostředí. Použitím dusíkatých hnojiv může docházet ke kontaminaci podzemních vod nebo vodních toků. Z hlediska ekonomického s sebou nadměrné použití hnojiv přináší zbytečně vyšší vynaložené náklady.

Luskoviny jsou svými vlastnostmi vhodnou plodinou pro všechny zemědělské systémy. Velmi vhodné jsou pro pěstování v konvenčním a integrovaném zemědělství. Díky schopnosti vázat vzdušný dusík jsou vhodnou plodinou i pro ekologické zemědělství, kde je použití dusíkatých hnojiv zakázáno. Nebezpečí při pěstování luskovin v ekologickém zemědělství nastává v případě napadení patogeny (choroby, škůdci). I tak jsou luskoviny v ekologickém zemědělství doporučovány alespoň pro svou vysokou předplodivou hodnotu a pozitivní efekt na půdní úrodnost.



## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo vypracování podrobné literární rešerše zabývající se problematikou různých zemědělských systémů v České republice využívaných pro pěstování luskovin. Konkrétně se literární rešerše bude zabývat těmito tématy:

- charakteristika luskovin z hlediska jejich významu a využití,
- zástupci hlavních a méně známých druhů luskovin,
- pěstování luskovin v ČR,
- vhodnost různých systémů zemědělství pro pěstování luskovin.

Součástí této práce jsou rovněž vybrané výsledky z realizovaného nádobového experimentu se sójou luštinatou řešeného v rámci projektu IGA FRRMS s označením 2016/017 a názvem „Produkční, environmentální a ekonomické aspekty pěstování sóje v regionálních podmínkách ČR“.

### 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1. Charakteristika luskovin

Luskoviny jsou hospodářsky významné jednoleté plodiny, které se vyznačují vysokým obsahem bílkovin, minerálních látek, vitamínů a dalších prospěšných látek. Význam mají také z pohledu integrovaného zemědělství ve vztahu půda – rostlina – zvíře. Pojem luštěnina označuje semena luskovin využívaná jako potravina nebo krmivo (Urban, Vašák, 2014).

##### 3.1.1. Význam a využití luskovin

Luskoviny jsou díky své bohatosti druhů dobře přizpůsobeny k rozmanitosti podmínek v oblasti životního prostředí a to od suchého až po vlhké klima a od teplého až po studené klima (Vollmann, 2016). Podobně existuje široké spektrum jejich využití. Luskoviny jsou kromě převládajícího pěstování na suchá semena také využívány k pícním účelům, pro které má význam celá nadzemní hmota luskoviny, nebo k zelenému hnojení (Houba a kol., 2009).

Význam luskovin spočívá především v jejich vysokém obsahu bílkovin rostlinného původu nacházejícím se jak v semenech, tak v nadzemní hmotě. Některé druhy luskovin mají v semenech současně i vysoký obsah tuku, především sója a lupina (Šnobl a kol., 2007). Pozitivním vlivem luskovin pro pěstební systémy je jejich schopnost symbiózy s hlízkovými bakteriemi. Tyto bakterie, známé jako rhizobia, žijí v symbióze s hostitelskými rostlinami a umožňují základní výživu rostliny pomocí přijímané energie z výměny vzdušného dusíku (Seiderer, 2015) Tato symbióza navíc přispívá ke snížení spotřeby dusíkatých minerálních hnojiv a přímých nákladů na pěstovanou luskovinu i následnou plodinu. Jak zmiňuje Houba a kol. (2009), nadbytek dusíkatých hnojiv má negativní vliv na životní prostředí, pokud dojde k nadměrnému znečištění vodních toků a podzemních vod nitráty. Další úprava je podřízena nařízením vlády č. 262/2012 Sb. s platnou novelou z roku 2016, tzv. nitrátové směrnici. V ČR je přibližně 50 % výměry půdy v tzv. zranitelných oblastech, tedy v oblastech se zvýšeným množstvím nitrátů ve vodách. Zemědělci se musí v těchto oblastech podřídit nitrátové směrnici, která např. zakazuje hnojení N-hnojivy v určitých obdobích roku (přes zimní měsíce) nebo definuje maximální dávky N, např. u luskovin 40 kg N/ha.

Cennou agronomickou vlastností luskovin je, že napomáhají udržovat půdní úrodnost a zlepšovat fyzikální vlastnosti půdy (Houba a kol., 2009). Jak dále uvádí Urban a Vašák (2014) agronomickým významem luskovin je také:

- vysoká předplodivá hodnota, zejména pro obilniny,
- zlepšování koloběhu živin, díky využití živin z hlubšího profilu půdy,
- působení zbytků kořenů a nadzemní posklizňové hmoty na tvorbu kvalitního humusu,

- potlačování plevele při dostatečném zapojení porostu luskovin.

### Výživa lidí

Konzumace luštěnin ve výživě lidí je velmi rozdílná a v různých zemích spotřeba dosahuje od 1–25 kg na člověka za rok. Celosvětový průměr činí 7 kg, v Evropě pak 3,5 kg a Česká republika se 2 kg řadí k zemím s nejnižší konzumací luštěnin v jídelníčku (Šnobl a kol., 2007).

Vysoká koncentrace proteinů v luštěninových pokrmech je činí velmi cenné pro konzumenty. V zemích, kde je cena masa příliš vysoká, jsou luštěniny pro většinu populace nejlepší náhradou proteinů (Osman, Ibrahim, Jones, 1990). Pro vyspělé země s vysokou spotřebou tuku jsou luštěniny dobrým zdrojem energie a bílkovin bez příjmu tuků. Přispívají také k prevenci kardiovaskulárních onemocnění a díky nízkému glykemickému indexu<sup>1</sup> jsou vhodné pro diabetiky (Urban, Vašák, 2014). Luštěniny jsou dále dobrým zdrojem minerálních látek, jako je vápník a železo. Konzumace surových luštěnin může způsobit nízkou stravitelnost škrobu a proteinů (Aykroyd, Doughty, 1982).

Kritériem jakosti luskovin je jejich vařivost. U jedlých luskovin používaných k přímému zpracování negativně působí na jakost obsah příměsí, především minerálních nečistot (Šnobl kol., 2007). Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb. jsou požadavky na jakost uváděny podle § 8 následovně: „Luštěniny, předvařené luštěniny a loupané luštěniny nesmějí vykazovat cizí pachy, nesmějí být nakyslé, nažluklé nebo nahořklé, případně vykazovat jinou cizí příchut' a obsahovat cizorodou příměs. Jednotlivá zrna nebo jejich části nesmí být zjevně naplesnivělé nebo plesnivé. Míchat zrna různé barvy, odrůd a ročníku sklizně je nepřipustné. Vzhled, barva, vůně a chuť musí, s výjimkou povolených odchylek, odpovídat u luštěnin skupině a u technologicky upravených luštěnin nebo jejich zrn podskupině.“

Průměrné chemické složení podle Prugara a kol. (2008) u nejznámějších druhů luštěnin je uvedeno v tabulce č. 1.

Tab. 1 Průměrné složení semen luštěnin v % (Prugar a kol., 2008)

Složení	Hrách	Sója	Fazol	Čočka	Bob
Voda	10,4	8,5	11,4	10,5	10,6
Bílkoviny	24,5	36,5	21,5	24,7	24,8
Sacharidy	62,1	30,2	62,7	61,2	60,4
Popel	2,5	4,9	3,5	2,6	3,3
Energie (kcal/100g)	346	416	345	346	350

<sup>1</sup> Glykemický index je vyjádření rychlosti, za jakou se přijímané sacharidy přemění v trávicím traktu na glukózu. Čím rychleji dokáže potrava zvýšit hladinu glukózy v krvi, tím má vyšší glykemický index. Zdroj: FITPLAN: Co je to glykemický index potravin? [online]. [cit. 2017-01-17]. Dostupné z: <https://fitplan.cz/je-glykemicky-index/>

Luštěniny mají pro použití v lidské výživě jistá omezení. Jedním z nich je kulinární úprava zahrnující časovou náročnost, složitost a nákladnost. Dalším biologickým omezením je přítomnost antinutričních látek, které omezují činnost hlavních živin. Jak bylo zmíněno dříve, nevýhodou je také snížená stravitelnost látek, jako je rezistentní škrob, vláknina a nestravitelné oligosacharidy (Houba a kol., 2009).

### **Využití ve výživě hospodářských zvířat**

Bílkoviny obsažené v semenech luskovin jsou významné pro krmné směsi hospodářských zvířat. Obsah bílkovin se pohybuje v rozmezí 20–45 % sušiny dle druhu pěstované luskoviny (Petrášová a kol., 2014). Jako koncentrované krmivo bohaté na proteiny se pěstuje bob, hrách a sladké lupiny. Příležitostně se pro zkrmování používá i vikev. Zrnové luskoviny jsou produkty bohaté na sušinu, která při dobrých skladovacích podmínkách dosahuje 86 % a výše. Luskoviny se dále vyznačují značným podílem škrobu, s výjimkou lupiny (Cempírková, Čermák, 2008).

### **Další využití luskovin**

Luskoviny se dají využít v chemickém, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Chemická skladba vytváří z některých druhů surovinu vhodnou pro výrobu škrobu, uplatňujícího se při výrobě ekologických obalů (Urban, Vašák, 2014). Jelikož semena luskovin (zejména sójové boby) obsahují vysoký podíl tuku, bývají nazývána také jako olejnaté luskoviny a někdy řazena pod olejnaté plodiny. V USA je nejznámější olejnatou luskovinou sója, která zde slouží hlavně jako zdroj oleje, pro výrobu mýdel a další účely (Aykroyd, Doughty, 1982).

## **3.1.2. Biologická charakteristika**

Luskoviny spadají do čeledi bobovitých. Do této čeledi dále náleží jeteloviny a vytrvalé rostliny. Celkem čeleď zahrnuje 440 rodů a přes 1250 druhů. Z hospodářského hlediska jsou významné druhy jednoleté. V podmínkách České republiky se pěstují převážně jarní formy luskovin (Urban, Vašák, 2014).

### **Klíčení a vzcházení**

K nabobtnání suchých semen potřebují luskoviny 90 až 120 % vody, u jarních luskovin je proto nutné dbát na včasné setí. Teplota půdy a dostatek vláhy ovlivňuje rychlost klíčení a vzcházení. Při ideálních teplotních a vláhových podmínkách vzcházejí rostliny za 7–10 dnů, při horších podmínkách pak až za 2–4 týdny (Zimolka a kol., 2008). Jak uvádí Houba a kol. (2009), lze podle teploty klíčení rozdělit luskoviny do 3 skupin:

- nízké nároky na teplotu (klíčení při 1 až 2 °C) – hrách, bob, vikev
- středně vysoké nároky na teplotu (klíčení při 3 až 6 °C) – čočka, lupina
- vysoké nároky na teplotu (klíčení při 8 až 10 °C) – fazol, sója

Způsob vzházení luskovin je důležitý pro správné nastavení hloubky setí. Při větší hloubce se půda prohřívá později. U luskovin se rozlišují dva způsoby vzházení – epigeické a hypogeické. Při epigeickém vzházení (fazol, sója, lupina) je děloha vynášena nad půdu, kde se rozevívá a plní asimilační roli. Naopak při hypogeickém vzházení zůstává děloha v půdě a na povrch prorůstá pouze epikotyl, první nadděložní článek se zakládá pravých listů (Urban, Vašák, 2014).

### **Kvetení a zrání**

Zakládání květních poupat je postupné s růstem rostliny. Poupata se tvoří zesponu rostliny směrem nahoru a jejich tvorba je ovlivněna nejen geneticky, ale také aktuálními podmínkami prostředí. Doba kvetení je u luskovin dlouhá, u vikve až 40 dnů (Zimolka a kol., 2008). Mnoho luskovin se opyluje vlastním pylem, např. sója je výhradně samosprašná. U hrachu, bobu, čočky a fazole může částečně docházet k cizosprašnosti. V důsledku postupného kvetení je obtížné stanovit vhodnou dobu sklizně, to způsobuje vyšší sklizňové ztráty a posklizňové ošetření (Šnobl a kol., 2007).

Zralost luskovin se stanovuje metodou vlhkosti semen, avšak lze zralost rozlišit subjektivně dle stavu semen a rostliny. Stupně zralosti lze vyčlenit následovně (Houba a kol., 2009):

- **zelená zralost** – lusky i rostlina jsou ještě zelené, s vysokým podílem vody. V tomto okamžiku probíhá stále ukládání zásobních látek do semen.
- **žlutá zralost** – dolní část rostliny začíná žloutnout, v horní části je rostlina stále zelená. Ukládání zásobních látek není dokončeno, nicméně semena ve spodních luscích tvrdnou
- **plná zralost** – rostlina zasychá a opadávají listy. Lusky obsahují tvrdá semena a může docházet k otevírání švů lusků.

### **Podmínky prostředí**

Z pohledu klimatických podmínek jsou luskoviny náročné na teplotu. K teplomilným luskovinám se řadí sója a fazol. Nižší teploty nejlépe snáší hrách, bob a vikve (Šnobl a kol., 2007). V našich zeměpisných podmínkách lze pěstovat luskoviny nenáročné na teplotu v bramborářské a obilnářské výrobní oblasti. Pro teplomilné luskoviny je vhodná kukuřičná výrobní oblast. Ovšem se změnou klimatu se předpokládá rozšiřování i do dalších oblastí, resp. do vyšších nadmořských výšek (Houba a kol., 2009).

Luskovinám se daří na většině půd, nicméně jsou náchylné ke zhutnění a zamokření, kvůli správné fixaci atmosférického dusíku v kořenech (CORDIS, 2005). Citlivé jsou jak na nadbytek vláhy, tak nedostatek. Dostatek vláhy je nejdůležitější v období klíčení a v období kvetení a tvorby plodů. Všechny luskoviny navíc vyžadují půdu nezaplevelenou, biologicky činnou a s různou alkalickou půdní reakcí dle plodiny (Urban, Vašák, 2014). Zatímco hrách a bob vyžaduje půdní reakci neutrální (pH 6,0–7,0), pro fazol a čočku je vhodná půda s neutrální až

slabě alkalickou reakcí (pH 7,0–7,5). Výjimku tvoří lupina, které prospívají kyselé půdy (Flohrová, 1999).

### **Technologie pěstování**

Jak již bylo zmíněno, luskoviny jsou náchylné na mnoho faktorů, od výběru správného stanoviště, po vhodnou ochranu proti škůdcům. Je proto nutné respektovat nároky jednotlivých druhů luskovin. Příprava pozemku na jaře v první řadě zahrnuje provedení podmítky po předplodině a na podzim provedení hluboké orby (Houba a kol., 2009). Pro teplomilné luskoviny se musí udržovat půda v bezplevelném a kyprém stavu vláčením. Dokonalá předset'ová příprava je zdrojem vysokého výnosu.

Ochranou proti chorobám napadajícím luskoviny je používání mořeného osiva a dodržování odstupu 4–6 let mezi opětovným pěstováním luskovin na stejném pozemku. Hlavní chorobou, která napadá všechny druhy luskovin je plíseň šedá. Odolnost proti této chorobě vykazuje pouze hrách, pokud jeho porost není polehlý. Nejvíce náchylnou luskovinou u napadení plísní je čočka, u které mohou ztráty na výnosech dosáhnout až 20 %. Ze škůdců napadají luskoviny zejména mšice, které se mohou ukrývat v květech. Prahovou hodnotou škodlivosti je 5–10 mšic na rostlinu. Pokud existuje rovnováha mezi množstvím škůdců a jejich přirozených nepřátel, je pravděpodobnost ztrát minimální (Flohrová, 1999).

Hnojení luskovin je velmi specifické. Díky fixaci dusíku hlízkovými bakteriemi potřebují luskoviny minerální dusík pouze jako tzv. startovací dávku, dokud se nerozvine činnost rhizobií. Hnojení fosforem a draslíkem je vhodné provést už na podzim před orbou. Aby správně fungovaly hlízkové bakterie a využití živin, je nutná vhodná půdní reakce. S výjimkou bobů vyžadují luskoviny pH 6,2–7,0 (Šnobl a kol., 2007).

Pro hustotu a hloubku platí, že čím hustší porost, tím jsou luskoviny náchylnější k napadení chorobami. Hloubka setí závisí na velikosti semene. Čím hlouběji do půdy, tím je semeno chráněno proti vnějším nepříznivým vlivům. Ovšem na těžkých půdách může dojít naopak jeho „utopení“ (Houba a kol., 2009). Klíčivost luskovin je mezi 75–80 %. Během vegetace je důležité udržovat půdu v kyprém stavu a redukovat plevel, proti kterému by rostliny měly být chráněny herbicidy aplikovanými po zasetí (Šnobl a kol., 2007).

Sklizňové ztráty u luskovin se mohou pohybovat mezi 5 – 6 %, při nešetné sklizni až 20 %. Sklizeň ovlivňují vlastnosti, jako jsou poléhavost a proplétání rostlin u hrachu, nízké nasazení lusků u fazolu a sóji nebo vysoká vlhkost a tvrdost lodyhy u lupiny (Urban, Vašák, 2014). Sklizeň by tedy měla být opatrná a posklizňové opatření by mělo zahrnovat pomalé dosoušení semen provětráváním (Houba a kol., 2009).

## **Tvorba výnosu**

Tvorba hospodářského výnosu luskovin je citlivá na produkční schopnosti rostlin, vláhové a teplotní podmínky. O celkovém výnosu rozhoduje již období vzházení. Mezi hlavní výnosové prvky luskovin dle Houby a kol. (2009) patří:

- počet rostlin na jednotce plochy,
- počet lusků na rostlině,
- počet semen v lusku,
- hmotnost tisíce semen (HTS).

Počet rostlin na jednotce plochy je závislý zejména na období zakládání porostu. Faktory ovlivňující počet vzešlých semen jsou např. kvalita setí a osiva a kvalita přípravy půdy. V průběhu vegetace jsou rostliny citlivé na výskyt chorob, škůdců, povětrnostní podmínky nebo mechanické poškození.

Počet lusků na rostlině patří k nejproměnlivějším výnosovým prvkům. Potenciální tvorba poupat a lusků je vysoká, avšak vlivem nepříznivým vnějších podmínek dochází k jejich redukci.

Počet semen v lusku je geneticky podmíněný. Určitý vliv na počet má také tvorba asimilátů a opylování. Nejvíce semen v lusku se tvoří ve spodní části rostliny, v horní části pouze omezené množství.

Velikost semen (HTS) je odrůdovým znakem. Vlivem povětrnostních podmínek může dojít ke kolísání o 20–30 % v jednotlivých sezónách.

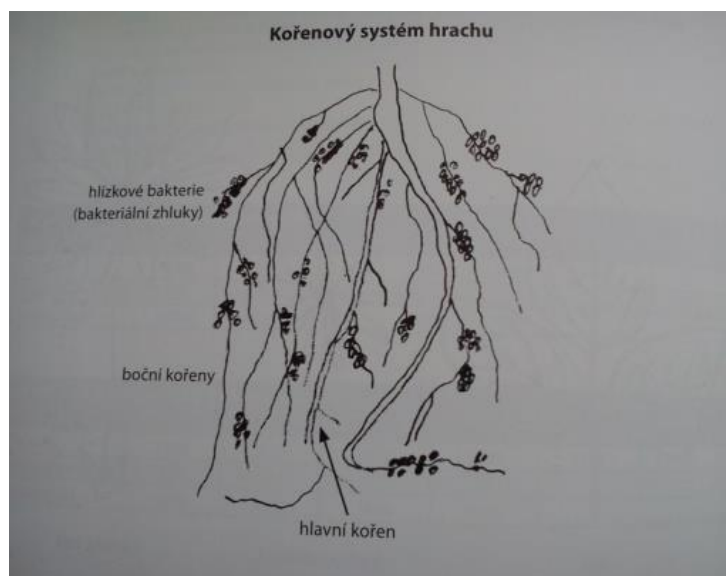
## 3.2. Hlavní druhy luskovin

### 3.2.1. Hrách setý (*Pisum sativum L.*)

Hrách setý patří v České republice k tradičním a současně nejpěstovanějším luskovinám. V České republice zaujímá v posledních letech plochu 30 tis. ha, avšak v dvacátých letech minulého století to bylo ještě 115 tis. ha. Mezi formy hrachu pěstovaného v ČR patří mimo hrachu setého také hrách polní známý jako peluška a hrách dřevový zahradní (Houba a kol., 2009).

Hrách je pěstován jako jakostní rostlina a krmivo, nejčastěji ve formě zelené hmoty nebo ve směskách s obilninami. Nutričně zajímavý je hrách pro svůj nízký glykemický index (Moudrý, 2011). Urban a Vašák (2014) uvádí, že v semenech hrách obsahuje velké množství bílkovin (20 až 26 %), vlákniny (5 až 7 %), poměrně vysoké množství škrobu (30 až 50 %) a dále vitamíny a minerální látky. Chemická skladba semen souvisí také s technologickými vlastnostmi, jako jsou bobtnavost, vařivost a stejnoměrnost vaření (Prugar a kol., 2008).

Hrách je jednoletá jarní nebo i přezimující luskovina vyžadující mírné teplé polohy s rovnoměrnými srážkami, tzn. řepařské nebo obilnářské výrobní oblasti (Urban, Vašák, 2014). Vhodnými půdami jsou středně těžké písčitohlinité až hlinitopísčité s dobrou strukturou a zásobou vápníku a fosforu (Houba a kol., 2009). Pro správnou funkci rhizobií<sup>2</sup> je nutné zajistit také neutrální (pH 6,0–7,0) nebo mírně kyselou reakci půdy (Moudrý, 2011).



Obr. 1 Kořenový systém hrachu (Houba a kol., 2009)

<sup>2</sup> Rhizobia= hlízkové bakterie, které fixují vzdušný dusík. Zdroj: NP GZM: Rhizobia [online]. [cit. 2017-01-17]. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/mikroorganismy/Rhizobia.html>



Důležitým faktorem pro uspokojivé výnosy je hnojení. Na chudých půdách s nedostatkem hlízkových bakterií doporučuje Moudrý (2011) aplikaci dávky dusíku 50 až 60 kg na hektar. Pro úrodnější půdy pak stačí dávka 20 až 40 kg na hektar. Dle Houby a kol. (2009) je třeba také vápnit, cca 2 t/ha v případě, že půdní reakce je nižší než 6,2. Hrách je dále náročný na fosfor, který si sice dokáže osvojit z hůře rozpustných forem, ale při intenzivním pěstování je nutné fosfor (nejčastěji superfosfát) dodat hnojením. Fosfor napomáhá rozvoji rhizobií a tím i nepřímo fixaci vzdušného dusíku (Ryant a kol., 2004).

Hlavními výhodami pro pěstování hrachu je předplodinová fixace vzdušného dusíku, kladný vliv na úrodnost půd a rovnováhu komplexu osevních sledů, udržování půdní mikroflóry, využití pro výrobu škrobu a další. Za pěstitelská rizika lze u hrachu považovat vyhraněné požadavky na průběh počasí, citlivost k různým chorobám a škůdcům a nerovnoměrné dozrávání v případě nepříznivého počasí. (Houba a kol., 2009). Při dodržení technologií pěstování a příznivých povětrnostních podmínkách dosahuje hrách výnosu mezi 2,0 až 3,0 t.ha<sup>-1</sup> (Urban, Vašák, 2014). Průměrná cena jedné tuny hrachu krmného podle údajů ČSÚ se v roce 2016 pohybovala kolem 4800 Kč, u hrachu jedlého kolem 6500 Kč.



Obr. 2 *Hrách setý* (Ryant a kol., 2004)

### **3.2.2. Sója luštinatá (*Glycine max* (L.) Merr.)**

V současné době se sója řadí mezi nejvíce pěstované luskoviny na světě. Hlavními producenty jsou USA, Brazílie a Argentina. Plochy, na kterých se sója pěstuje, zaujímají celosvětově 95 mil. ha. V České republice zaujímá sója plochu kolem 10 tis. ha (Houba a kol., 2009).

Z hlediska užití je sója pro vysoký obsah lipidů (18 až 22 %) zařazována také mezi olejninu (Houba a kol., 2009). Její významnost spočívá ve složení semen, která obsahují vysoké množství bílkovin (33 až 50 %), tuku (18 až 23 %), bezškrobových glycidů (20 až 30 %), minerálních látek a vitamínů (Urban, Vašák, 2014). Toto činí ze sóje surovinu vhodnou pro

potravinářský, krmivářský, ale i pro farmaceutický průmysl a výrobu kosmetiky (Houba a kol., 2009).

Tab. 2 *Průměrné složení zralých sójových bobů* (Prugar a kol., 2008)

<b>Složka</b>	<b>Obsah (%)</b>
Lipidy	19,9
Sacharidy	30,2
z toho vláknina	9,3

Velký význam má sója pro výživu a zdravotní stav lidí. V lidské výživě má dlouholetou tradici v USA, ovšem většina zde vyprodukovaná sóji je geneticky modifikovaná. Oblíbenost této plodiny stoupá díky její nízké ceně, příznivcům vegetariánské stravy a pozitivním účinkům v prevenci osteoporózy a kardiovaskulárních onemocnění (Prugar a kol., 2008).

Sója je jarní luskovina, poměrně náročná na teplotu a množství srážek, zejména ve fázi kvetení a nasazování lusků. Jak uvádí Urban a Vašák (2014), jsou vhodnými regiony pro pěstování v ČR i chladnější oblasti s rovnoměrnými srážkami a ne pouze nejteplejší a nejsušší oblasti, jak se donedávna uvádělo. Z hlediska půd jsou vyhovující pro pěstování půdy písčitohlinité a hlinité. Pro správnou činnost hlízkových bakterií jsou potřeba půdy obsahující dostatek vápníku, humusu, živin a se slabě kyselou až neutrální (pH 6,5–7,0) půdní reakci (Moudrý, 2011).

V porovnání s jinými luskovinami vyžaduje sója větší množství živin. Specifická je sója ve výživě dusíkem. V případě nedostatku fixace vzdušného dusíku a nedostatku minerálního dusíku v půdě dochází k růstovému omezení (Houba a kol., 2009). Při dobré tvorbě hlízek lze počítat, že ½ dusíku v rostlině je získána z půdy. V pohledu na množství hnojení se autoři mírně odlišují. Moudrý (2011) doporučuje 80 až 120 kg N/ha, pokud jde sója do osevního postupu poprvé. Odběr živin na vyprodukování jedné tuny semen uvádí 90 kg N, 12 kg P a 40 kg K. Oproti tomu Houba a kol. (2009) předpokládá na jednu tunu semene odběr 70 kg N, 20 kg P, 30 kg K a jarní hnojení v dávce 80 kg N/ha.

Mezi přednosti pěstování sóje lze zařadit bohaté složení semen, nízké náklady na výživu oproti ostatním plodinám a dobrý výnos při dodržení pěstitelských zásad. Rizikem v pěstování je délka vegetační doby a náročnost pro půdní podmínky (Houba a kol., 2009). Jak dodává Urban a Vašák (2014) průměrný výnos sóje luštinaté v ČR se pohybuje kolem 1,8 tun na ha.



Obr. 3 *Sója luštinatá* (vlastní archiv)

### 3.2.3. Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*)

Fazol patří k nejvíce pěstovaným luskovinám ve světě. Fazol je jarní luskovina, která se pěstuje v teplých regionech. Ve středoevropském měřítku se využívají dvě varianty – fazol keříčkový a fazol popínavý (Petrášová a kol., 2014). V 90. letech minulého století byl fazol pěstován v České republice na jižní Moravě a Polabí na výměře kolem 300–900 ha. Velkovýroba fazolu byla časem ukončena a plochy v současné době zaujímají jen 3 ha (Houba a kol., 2009). Podle posledních dat z ministerstva zemědělství se plocha nemění a fazol přestal být jako plodina statisticky vyhodnocován.

Semena fazolu se využívají ke konzumaci v podobě suchých semen nebo nedozrálých lusků. Z hlediska výživové hodnoty obsahuje fazol N-látky (26 až 29 %), glycidy (50 až 57 %), tuky (0,7 až 1,5 %) a popeloviny (3,5 až 4 %) (Moudrý, 2011). Po stránce barevnosti představuje fazol širokou paletu barev od bílé, strakaté, hnědé až černé barvy. Nevýhodou fazolí je nízká stravitelnost jejich bílkovin, kvůli přítomnosti tříslovin (Prugar a kol., 2008).

Fazol je teplomilná rostlina, která vyžaduje vhodné klimatické podmínky více než ostatní luskoviny. Půdy pro pěstování by měly být písčitohlinité nebo hlinitopísčité s dostatečným množstvím humusu a vápníku (Moudrý, 2011). Zařazení do osevního postupu není náročné. Na rozdíl od jiných luskovin se dobře snáší sám po sobě. I přesto je vhodnější nezařazovat ho na stejné místo alespoň 3 roky (Houba a kol., 2009).

Množství dusíku vyžaduje fazol více než hrách či bob, jelikož dokáže lépe využívat dusík z půdy bez snížení příjmu symbiotického dusíku ze vzduchu. Doporučená dávka dusíku se pohybuje kolem 60–80 kg/ha (Moudrý; 2011). Výživu dalšími látkami, fosforem a draslíkem, je nutné stanovit podle rozboru pozemku. Orientační dávky jsou stanoveny na 25 až 45 kg P a 80 až 120 kg K (Houba a kol., 2009).

Průměrný výnos fazolu obecného je kolem 2,5 tuny na hektar (Šnobl a kol., 2007).



Obr. 4 *Fazol obecný* (VFU, 2017)

#### 3.2.4. Čočka jedlá (*Lens culinaris*)

Čočka je teplomilná rostlina se specifickými klimatickými podmínkami, které je obtížné v České republice nalézt. Většinu českého potravinářského průmyslu zahrnuje čočka z Kanady (Prugar a kol., 2008). Pěstování čočky v ČR ve velkovýrobě skončilo. V dnešní době se pěstuje na malých plochách v úhrnu asi do 1 tis. tun (Houba a kol., 2009).

Čočka je významná díky svým výživovým hodnotám, stravitelnosti a vařivosti, kdy jí není potřeba namáčet. Obsahuje vysoké množství bílkovin (25 až 30 %) a popelovin (Petrašová a kol., 2014). Semena dále obsahují významná procenta sacharidů, vitamínů, hořčíků, vápníků, železa a selenu (Houba a kol., 2009). Významná je čočka také z hlediska nízkého glykemického indexu podobně jako u hrachu setého. To přispívá k pomalému trávení sacharidů a díky tomu je doporučována při léčbě diabetu (Prugar a kol., 2008).

Na požadavky prostředí je čočka poměrně citlivá. Nejvíce se jí daří v sušších teplejších podmínkách kukuřičné nebo řepařské výrobní oblasti. Půdy vyžaduje hlinitopísčité nebo

písčitohlinité. Obzvláště se jí daří na půdách opukových a slinitých, které jsou příbuzné vápenatým (Moudrý, 2011). Půdy by dále měly být s neutrální až slabě alkalickou reakcí a zásobené vápníkem. Stejně jako je tomu u ostatních luskovin neměla by být čočka zařazována v osevním postupu sama po sobě následujících 4 až 5 let (Houba a kol., 2009).

Výživa rostliny dusíkem není nutná, pouze na půdách po špatné předplodině lze aplikovat 15 kg N/ha. Optimální zásobení fosforem a draslíkem je nejlepší určit dle rozboru půdy. Pro výživu mají své opodstatnění stopové prvky molybdenu, zinku, bóru a mědi (Moudrý, 2011).

Výnos čočky v České republice je minimální a to pouze 0,3 tun/ha (Šnobl, a kol., 2007). V posledních letech dosahoval výnos kolem 0,6 tun/ha. Poptávka po čočce je uspokojována dovozem z Kanady. V ČR jsou plochy omezeny pouze na malopěstitele (EAGRI, 2016).



Obr. 5 Čočka jedlá (www.nasevyziva.cz, 2017)

### 3.2.5. Bob obecný (*Vicia faba*)

Bob je luskovina s vysokou krmnou hodnotou. Tato plodina se pěstuje na zrno nebo na zelené hnojení ve směskách (Petrášová a kol., 2014). Celosvětově se odhaduje rozsah pěstování kolem 2,5 mil. ha. U nás se bob vyskytuje na 2,5 až 3 tisících ha. Bob je pěstovaný především zahrádkáři. Nejčastější formy jsou bob zahradní, bob polní a bob drobnosemenný (Houba a kol., 2009).

V jiných zemích je bob běžně využívanou zeleninou. Využíván bývá zejména při přípravě kaší a polévek (Petrášová a kol., 2014). V semenech obsahuje množství hořkých a antinutričních látek a vysoké množství taninů (Houba a kol., 2009). Bob je v pořadí druhou nejvíce pěstovanou luskovinou v Evropě. Největší plochy bob zaujímá ve Velké Británii a Francii. Průměrný výnos v Evropě v roce 2014 na sklizňové ploše 226 tisíc hektarů dosáhl 2,98 t/ha (EAGRI, 2016).

V ČR se bob pěstuje výhradně ke krmným účelům. Proteiny semen bobu jsou bohaté na obsah lysinu, N látek, vlákniny a bezdusíkatých látek výtažkových (Suchý, Straková, Herzig, 2009). Pro užitkové dojnice poskytuje velmi vhodné bílkovinné krmivo. Bob je také krycí plodinou, která se hodí pro zakládání porostů jetelovin a trav (Zimolka a kol., 2008).

Bob není nutné hnojit dusíkem, pouze na půdách intenzivně využívaných má startovací dávka své opodstatnění. Doporučené množství je dle Houby a kol. (2009) 30 až 40 kg/ha. K bobu se osvědčuje hnojení chlévským hnojem, zaoraným na podzim v dávce 30 tun/ha a aplikace fosforu a draslíku (Ryant a kol., 2004). V půdě bob zanechává množství dusíku a je proto ceněný pro tvorbu úrodnosti půdy včetně fytosanitárních účinků (Prugar a kol., 2008).

Když u bobu klesne vlhkost semen pod 40 %, je před sklizní doporučována desifikace porostu. I přes poměrně vysoký výnosový potenciál se průměrné výnosy v ČR pohybují kolem 2 tun/ha (Zimolka a kol., 2008).



Obr. 6 *Bob obecný* (Ryant a kol., 2004)

### **3.3. Další méně známé druhy luskovin**

#### **Cizrna**

Cizrna je luskovinou teplých a suchých oblastí. Nejvíce oblíbená je v jihoevropských státech (Petrášová a kol., 2014). V České republice je cizrna ojedinelá. Pěstuje se jen v teplých oblastech jižní Moravy. Konzumována je jako běžná luskovina vařená, ale i upravená nebo zpracovaná jako zelenina (Moudrý, 2011). Semena se v potravinářství využívají k přípravě konzerv, salámů, makaronů, kávových náhražek nebo mouky chlebové. Z mladých rostlin cizrny je možné připravit salát nebo špenát (Petrášová a kol., 2014).

Z hlediska nutričního je cizrna bohatým zdrojem minerálních látek, jako je vápník, železo, hořčík nebo fosfor. Semena obsahují vysoké množství kvalitních bílkovin, vysoký podíl nenasycených mastných kyselin, zejména kyseliny linolové (Prugar a kol., 2008). Z hlediska výživy má cizrna krátkou vegetační dobu a je doporučováno hnojení dusíkem v dávce 20 kg/ha (Moudrý, 2011).

#### **Lupina**

Lupina, též nazývaná vlčí bob, je třetí nejvýznamnější luskovinou v ČR. Dříve bránil většímu využití vysoký obsah hořkých látek, tento problém však byl minimalizován šlechtěním lupiny (Urban, Vašák, 2014). Semena lupiny obsahují hodnotné bílkoviny (35–40 %). Na trhu jsou k dostání výrobky s loupanou lupinou, lupinový olej nebo lecitin. Vhodná je též pro výkrm hospodářských zvířat a ryb, jelikož není nutné její tepelné zpracování (Prugar a kol., 2008). Z hlediska nároků na prostředí lupina vyžaduje písčitohlinité nebo hlinité půdy především v řepářských oblastech. Výnos lupiny je příznivě ovlivněn vysokým odběrem živin a příjmem minerálního dusíku v dávce 60 až 80 kg/ha (Moudrý, 2011).

#### **Vikev**

Jak uvádí Petrášová a kol. (2014) vikev se pěstuje hlavně ke krmným účelům na zelenou hmotu, siláž či senáž. Běžně je pěstována s obilninami ve směskách. Využívány jsou vikve ozimé: vikev huňatá a vikev panonská. Jarním druhem je vikev setá. Osevní plochy všech typů vikve v České republice zaujímají kolem 300 ha. Pro své dietetické a výživové účinky je velmi vhodnou plodinou pro skot. Díky agrotechnickým důvodům snižujícím množství hnojení a pesticidů je efektivní plodinou v ekologickém zemědělství (Houba a kol., 2009).

#### **Mungo**

Mungo je druh drobnozrnné fazole, která je pěstovaná zejména v Africe, Číně a USA. Na rozdíl od dalších druhů luskovin nevyvolávají nadýmání. Nejčastěji se připravují ve formě mungové pasty, z níž se vypékají placičky nebo se jí semena v naklíčeném stavu (Prugar a kol., 2008).

Nejvíce se mungu daří v oblastech s teplotním rozmezím 20 až 40 °C a s úhrnem srážek 600–1000 mm. Mungo fazoli se daří na široké škále půd, nejvhodnější jsou však půdy odvodněné s pH 5,5–7,0. Pěstovány mohou být ve směsi s jinými plodinami jako je cukrová třtina nebo kukuřice. Odběr živin na tunu je stanoven: 40–42 kg N, 3–5 kg P a 12–14 kg K (Belay, Brink, 2006).



### **3.4. Pěstování luskovin v ČR**

Luskoviny jsou v ČR pěstovány s dlouholetou tradicí, nicméně v posledních letech se dostaly do výrazného útlumu, což se projevilo poklesem jejich ploch. Hlavním faktorem tohoto poklesu je silná konkurence ze strany importu do EU a do ČR a další ekonomické faktory. K poklesu také přispělo omezování stavu hospodářských zvířat (Petrašová a kol., 2014). Tento trend poklesu ploch luskovin není zaznamenáván pouze v České republice, ale týká se prakticky celé Evropy. Naopak lze sledovat nárůst a větší pěstitelský zájem o luskoviny např. v Kanadě a USA (APZL, 2016). Z amerického kontinentu jsou však importovány geneticky modifikované plodiny (GMO). Genetické inženýrství zahrnuje manipulaci organismu vložením genetického materiálu z organismu jiného druhu. GMO plodiny pak mají jedinečný genom a alespoň jeden nový prospěšný rys. Zastánci GMO plodin je vidí jako klíčové pro expanzi globální výroby potravin. Odpůrci zmiňují rizika pro lidské zdraví a životní prostředí (Beckrich, 2013). V EU jsou GMO plodiny zakázány. Na tuto skutečnost zareagovala nová Společná zemědělská politika (SZP). Pro období 2014–2020 uzpůsobila podobu podpor, zejména přímé platby.

#### **3.4.1. Současnost luskovin v ČR**

V České republice je nyní pěstováno několik málo druhů luskovin. Především se jedná o hrách a v menším množství pak o sóju a lupinu. Ostatní luskoviny jsou pěstovány jen na malých plochách (EAGRI, 2015).

Celková plocha luskovin se od roku 1993 téměř o dvě třetiny snížila (tab. 3). V roce 2011 se plochy snížily na 22 316 ha a více než 70 % těchto ploch zaujímal hrách. I přes propad ploch v tomto roce, byly pro pěstování luskovin příznivé podmínky a bylo dosaženo vysokého výnosu. Nejnižší osevní plocha luskovin byla zaznamenána v roce 2013 a od tohoto roku lze pozorovat opětovný nárůst ploch luskovin. V posledním sledovaném roce 2015 byl výnos luskovin druhý nejvyšší za celé sledované období.

Lze se domnívat, že nárůst ploch od roku 2013 je způsoben zásadním prvkem SZP tzv. „greeningem“. „Greening“ neboli ozelenění je platba pro zemědělce, kteří dodržují zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí. Základními principy „greeningu“ je diverzifikace plodin a zachování úrovně trvalých travních porostů (SZIF, 2016). Součástí ozelenění je i povinnost vyhradit plochu využívanou v ekologickém zájmu. Za tuto plochu lze považovat plodiny, které poutají dusík nebo meziplodiny, jejichž zástupci jsou právě luskoviny (EAGRI, 2015).

Tab. 3 Vývoj ploch a výnosů luskovin v letech 1993-2015 (ČSÚ, 2016)

<b>Rok</b>	<b>Plocha (ha)</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>
1993	93 557	2,43
1994	70 798	2,31
1995	59 872	2,41
1996	54 634	2,48
1997	49 630	2,09
1998	57 157	2,33
1999	46 326	2,58
2000	39 823	2,13
2001	37 246	2,46
2002	34 173	1,91
2003	31 353	1,98
2004	28 406	3,11
2005	39 259	2,44
2006	39 023	2,24
2007	30 667	2,13
2008	22 308	2,15
2009	29 003	2,14
2010	31 318	1,86
2011	22 316	2,85
2012	20 177	1,94
2013	17 851	2,14
2014	20 170	2,67
2015	33 139	2,89

Tab. 4 Pěstování luskovin v Evropě v roce 2014 (EAGRI, 2016)

<b>Plodina</b>	<b>Sklizňová plocha (tis. ha)</b>	<b>Průměrný výnos (t/ha)</b>
<b>Fazol</b>	306	2,29
<b>Bob</b>	226	2,98
<b>Čočka</b>	81	1,17
<b>Hrách</b>	1621	2,08
<b>Sója</b>	569	3,16

Fazol byl u nás pěstován převážně v 90. letech minulého století. V roce 2004 byla velkovýroba fazolu ukončena a osevní plocha klesla na 1 hektar. V současnosti je fazol pěstován drobnými pěstiteli na ploše zhruba 3 ha.

Bob byl dříve v České republice využíván jako krycí plodina výsevů píce, avšak nyní byl nahrazen hrachem. Osevní plochy přestaly být statisticky sledovány od roku 2009. K intenzifikaci pěstování bobu by mohlo dojít u producentů, kteří jej dokážou sami využít ke krmení nebo prodat na vývoz.

Taktéž velkovýrobní pěstování čočky bylo v ČR ukončeno. Statisticky se plochy čočky v ČR neevidují a jsou omezeny na plochu u malopěstitelů. Tuzemská poptávka po čočce je pokrývána z 95 % dovozem z Kanady.

Hrách je jedinou luskovinou, která se u nás stále rozšířeně pěstuje. V marketingovém roce 2013/2014 byl hrách pěstován na ploše 14 449 ha a výnos dosahoval 2,37 t/ha. V krmivářském průmyslu je však hrách stále nedoceněn a je proto vyvážen do zahraničí. Jeho větší využití je u nás vytlačováno především dováženými sójovými pokrutinami.

Sójou bylo v roce 2014/2015 oseto 7,2 tis. ha a produkce dosahovala 17,1 tis. ha. Pěstování sóji nenašlo v ČR prozatím výrazné zastoupení. Využívá se jen v krmivářském průmyslu. V budoucnu je možné díky lepšímu technickému vybavení produkovat sójové boby z domácí produkce a tím snížit cenu výroby krmiv (EAGRI, 2016).

Tab. 5 Osevní plochy a výnosy jednotlivých luskovin v ČR (Štolcová, 2007)

<b>Plodina</b>	<b>Plocha (1000 ha)</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>
<b>Fazol</b>	0,001	1,00
<b>Bob</b>	1,4	1,23
<b>Čočka</b>	0,003	0,33
<b>Hrách</b>	23	2,40
<b>Sója</b>	7,5	1,75

### 3.5. Pěstování luskovin v různých systémech zemědělství

Po druhé světové válce došlo k dramatickým změnám v českém zemědělství. Stalo se tak díky nově používaným technologiím, procesu mechanizace, zvýšenému množství používaných chemických látek, ale především vládní politikou, která podporovala maximalizaci produkce. Tyto změny přinesly mimo jiné scelování pozemků a pokusy o velkovýrobní zemědělství v horských oblastech (Tauferová, 2014). I přestože tyto změny měly také mnoho pozitivních efektů a snižovaly rizika v zemědělství, přinášely značné náklady. Docházelo k vyčerpávání orníc, kontaminaci podzemních vod a poklesu rodinných farem na úkor velkovýroby (Feenstra, 2017).

V posledních letech se proto objevuje požadavek na úpravu způsobu hospodaření, který by dokázal uspokojit potřeby současné generace, aniž by ohrožoval generaci budoucí. Takový způsob hospodaření neohrožuje přirozené funkce ekosystémů, nenarušuje samočistící schopnost přírody a udržuje biologickou rozmanitost (Tauferová, 2014). Tyto principy jsou podstatou filosofie udržitelného zemědělství. Udržitelné hospodaření je systém, který dává možnost zemědělcům pracovat s přírodními zdroji, jako je půda a voda a zároveň minimalizovat odpad a dopady na životní prostředí. Agroekosystém se tak stává odolnější a přitom se udržuje ziskový (Mason, 2003). Udržitelné zemědělství nejenže reaguje na řadu ekologických a sociálních problémů, ale nabízí také inovativní a ekonomicky životaschopné příležitosti pro pěstitele, spotřebitele, politiky a další v celém potravinovém řetězci (Feenstra, 2017).

Poprvé byla definice udržitelného rozvoje zveřejněna v roce 1987 ve zprávě publikované pod názvem *Our Common Future*. Na to navázaly další výzkumné zprávy a závěry summitů. Nejvýznamnějším byl závěr ze summitu v Riu v roce 1992, kde vznikl programový dokument *Agenda 21*, který byl dále rozpracován pro účely udržitelného rozvoje na regionální úrovni jako *Místní agenda 21* (Šarapatka a kol., 2010). Udržitelný rozvoj, který je podstatou udržitelného systému hospodaření, je v české legislativě definován zákonem 17/1992 Sb. o životním prostředí. Udržitelný rozvoj je dle tohoto zákona procesem, který naplňuje potřeby současné společnosti, aniž by se dotýkal schopnosti příštích generací uspokojit své potřeby.

Dle Tauferové (2014) by udržitelné hospodaření mělo plnit 4 dimenze setrvačnosti:

- **ekonomickou**, která zajišťuje ziskovost výroby zboží a služeb v rostlinné produkci,
- **sociální a kulturní**, které se podílejí na zaměstnanosti na venkově a ukazují hodnotu zemědělství jako speciálního kulturního dědictví,
- **ekologickou**, která udržuje vyváženou bilanci toků v agrosystémech a zachovává zemědělskou krajinu,
- a **vládní**, která je důležitá pro řešení konfliktů v těchto zmíněných dimenzích.

Hospodářské aktivity musí být v souladu s kapacitou prostředí, s uspokojováním individuálních a společenských potřeb a musí docházet k předvídání důsledků ekonomického jednání a vyvarování se negativního působení. V našich podmínkách jsou převážně smíšené mechanizované systémy s intenzivním hospodařením, které se projevují vysokou koncentrací, nárůstem využívaných plochy, velkou urbanizací a závislostí na strojích, palivech a chemikáliích. Naopak systém extenzivního hospodaření tyto vnější vstupy redukuje a přispívá k zachování přírodních zdrojů. Na základě energeticko-materiálových vstupů dělíme systémy na konvenční, integrované a ekologické zemědělství (Moudrý, 2007).

### **3.5.1. Konvenční zemědělství**

#### **Definice a cíle**

V současné době je nejrozšířenějším systémem hospodaření v průmyslově vyspělých zemích konvenční zemědělství. Je charakteristické svou vyšší intenzitou hospodaření k dosažení maximalizace produkce. Mezi intenzivní faktory patří vysoký stupeň mechanizace technologických postupů a vysoký stupeň chemických vstupů, energie a informací (Taufarová, 2014).

Preference technických a ekonomických požadavků je většinou na úkor přirozených požadavků organismů. Toto zaměření na kvantitu do značné míry zanedbává ekologické požadavky. Konvenční zemědělství používá mnoho umělých látek pro zvýšení výnosu rostlin, skladování a zpracování (Moudrý, 1997). Tento systém je dále spojen s využíváním moderních poznatků z genetiky (GMO), chemie (hnojiva a pesticidy) a těžkých zemědělských strojů s dalším průmyslovým zpracováním plodin (Vráblíková, Vráblík, 2007).

Cílem konvenčního zemědělství, jak bylo uvedeno, je maximalizovat potenciální výnos plodin. Maximalizace však s sebou nese rizika, která ohrožují biologickou rozmanitost, úrodnost půd a ekosystémy. Přínosem je ovšem zajištění potravinové bezpečnosti a hospodárnosti (Milner, 2014).

#### **Dopady intenzivního hospodaření**

Vnější projevem konvenčního hospodaření je vysoký stupeň urbanizace, která má za příčinu mnoho zastavěných ploch nebo ostré ohraničování pozemků. Dochází také k narušování půdního prostředí a regulace je nutná dalšími vstupy materiálů a energie. Vnější energo-materiální vstupy mají za následek snížení energetické efektivity systémů (Taufarová, 2014). Jak uvádí Vráblíková, Vráblík (2007) rozmach konvenčního zemědělství v druhé polovině 20. stol., měl za příčinu také rozšiřování orných ploch na úkor lučních a lesních. Kromě změny půdních vlastností, vytvoření monokultur došlo navíc k úpravám vodního režimu jako je odvodňování a zavlažování.

Typické pro konvenční zemědělství jsou monokultury. Jednotnost může v konvenčních systémech určit jak úspěch, tak neúspěch. Jedna plodina je ideální, jelikož snižuje náklady na pracovní sílu a umožňuje snadnou sklizeň. Na druhou stranu to může ovlivnit biologickou rozmanitost a náchylnost plodiny k patogenům (Gabriel a kol., 2013).

Tab. 6 *Dopady konvenčního zemědělství* (Šarapatka, 2010)

<b>Praxe konvenčního zemědělství</b>	<b>Důsledek</b>
Používání rychle rozpustných minerálních hnojiv	Exploatace neobnovitelných zdrojů
	Kontaminace podzemních vod
	Snížení půdní úrodnosti
Nadměrné používání syntetických pesticidů	Vytváření rezistence škůdců, chorob, plevelu
	Kontaminace složek životního prostředí
	Vliv na zdraví živočichu
Výroba a distribuce agrochemikálie	Závislost na chemických koncernech
Neznámé účinky	Po čase, DDT

Vráblíková, Vráblík (2007) vyjmenovává negativní vlivy konvenčního zemědělství následovně:

Dopady konvenčního zemědělství na půdu

- vodní a větrná eroze, vznikající kvůli nesprávné agrotechnice
- zhutnění a porušení půdy v důsledku používání těžké mechanizace
- hromadění toxických prvků, pesticidů a změny živin v půdě

Dopady konvenčního zemědělství na vodu

- znečištění podzemních vod v důsledku dusičnanů z minerálních hnojiv
- eutrofizace vody ze zbytků hnojiv
- znečištění podzemních vod pesticidy
- snížení infiltrační schopnosti vlivem nesprávné meliorace

### **Udržitelnost konvenčního zemědělství**

Podstata udržitelného systému hospodaření je zajištění dostatečné produkce jak současné populaci, tak i našim potomkům. Nad tím, zda je systém konvenčního zemědělství udržitelný, se zamýšlel ve své publikaci Šarapatka (2010). Ten zmiňuje několik faktorů, kvůli nimž není konvenční zemědělství udržitelné a je nutné ho změnit.

Prvním argumentem je problém eroze v ČR, kterou je ohrožena téměř polovina zemědělské půdy. Je zřejmé, že se musí zemědělství změnit, aby byla půda zachována i do budoucna. Druhým faktorem je náročnost zemědělství na vodu, např. ¼ spotřeby v Evropské unii byla použita v zemědělství. Dále je hrozbou konvenčního zemědělství znečišťování pesticidy, které má vliv i na zdraví člověka. Intenzivní zemědělství potřebuje pro vysokou produkci také mnoho vstupů, od hnojiv až po energii pro pohon. Pátým argumentem je úzká diverzita plodin, která vede k náchylnosti k patogenům. Posledním argumentem je pokles zemědělských podniků a lidí pracujících v zemědělství. Jak dokládají údaje z Eurostatu, oproti roku 2000 klesl počet pracujících v zemědělství o 25 %.

### **Luskoviny v konvenčním zemědělství**

Luskoviny jsou ceněné jako předplodiny. Díky svému hlubokému kořenovému systému prokypřují půdu a vynášejí do svrchních vrstev půdy živiny. V osevním postupu bývají zařazeny po obilninách. Samy po sobě nejsou, kromě sóje, snášenlivé. Pro svou druhovou pestrost jsou uplatnitelné ve všech výrobních oblastech. Luskoviny tak mohou sehrávat pozitivní úlohu v osevních sledech intenzivních i ekologických pěstebních systémů (Šarapatka, 2010).

Díky jedinečné schopnosti fixace biologického dusíku, nízké spotřebě vody nebo schopnosti odolávat drsnému klimatu jsou luskoviny nedílnou součástí rostlinného výrobního systému, zejména v suchých oblastech. Luskoviny také nabízejí dobrý prostor pro diverzifikaci plodin (Masood, Sanjeev, 2012).

Luskoviny se jako hlavní plodina příliš nevyužívají, pěstují se pouze jako meziplodiny. V konvenčním zemědělství mají luskoviny význam především ve formě luskovino-obilných směsek. Význam krmných směsek se v posledních letech snížil z důvodu úbytku chovu skotu (Hochman, 2013).

Výhody zahrnutí luskovin do směsek plynou převážně z jejich schopnosti fixace dusíku. Jak uvádí MacWilliam a kol. (2014), pokusy v Kanadě se zavedením luskovin do rotace produkce obilovin přinesly značné hospodářské a environmentální výhody. Výsledky ukazují, že zavedení hrachu a čočky v rotaci s obilninami snižuje dopady na životní prostředí. Ke snížení došlo důsledkem nižších požadavků hnojiv pro luskoviny a následně pro obilniny, jakož i vyšších výnosů obilovin. Díky vlastní fixaci vzdušného dusíku vyžadují luskoviny jako hnojivo pouze malou aplikaci fosforu. Luskoviny by tak měly být nedílnou součástí řízení rostlinné produkce, která požaduje minimum materiálových a energetických vstupů.

Snížení potenciálu globálního oteplování, konkrétně skleníkovými plyny CO<sub>2</sub> a NO<sub>2</sub>, jsou logickým důsledkem snížení používání hnojiv a energie v systémech s luskovinami. Průměrné emise NO<sub>2</sub> luskovin jsou o polovinu nižší v porovnání s neluskovinovými plodinami. Ke snížení

emisí NO<sub>2</sub> dochází také díky inhibičnímu účinku rhizobií v kořenech s jinými bakteriemi. Luskoviny na zrna v konvenčním zemědělství mají nižší spotřebu energie až o 35 % v porovnání s jinými evropskými plodinami. Nicméně úspory energie jsou v přepočtu na základní jednotku omezeny jejich nízkými výnosy (Recling a kol., 2014).

### **3.5.2. Integrované zemědělství**

#### **Definice a cíle**

Od konce 70. let minulého století se pomalu začínala v praxi objevovat integrovaná ochrana rostlin. Toto smýšlení se postupně stalo základem aktivit, které definovaly systém integrované rostlinné produkce (Vráblíková, Vráblík, 2007). Systém integrovaného zemědělství se snaží propojit výhody ekologického a konvenčního zemědělství. Snaží se dosáhnout optimálních výnosů s vysokou kvalitou, za předpokladu nezatížení životního prostředí. Pro dosažení více hodnotných potravin a surovin využívá přirozené zdroje, které vedou k zajištění setrvačnosti. Svým přístupem se orientuje na zemědělskou výrobu jako integrovanou jednotku a cílí především na:

- omezení produkce díky nižším nákladům a zlepšením kvality potravin,
- omezení nákladných vstupů (hnojiv) nahrazením znalostními a technologickými statky,
- ochranu biocenóz pro zachování agrosystému (Křen a kol., 2015).

Pro snížení nákladů a zlepšení kvality produkce je kladen důraz na účinné využití biologických a přirozeně regulačních mechanismů. Tímto lepším využitím by mělo dojít ke snížení použitého dusíku z průmyslových hnojiv a pesticidů na ochranu rostlin (Vráblíková, Vráblík, 2007).

Omezení drahých vstupů spočívá v integraci technických, biologických, chemických a ekologických znalostí. Vstupy jsou aplikovány dle diagnostiky výživného stavu rostliny a okamžité zásoby živin v půdě. Následná aplikace pesticidů se omezuje na překročení prahu únosnosti dle druhu škodlivého činitele. Tomu je předcházeno preventivními opatřeními zahrnujícími střídání plodin, výběrem odrůd, správnou regulací a vyvážeností pěstitelských faktorů.

Integrované zemědělství respektuje krajinné prvky odpovídající danému stanovišti a zohledňuje nároky na ochranu druhů díky ochraně celých biotopů. To spočívá v zachování, znovuoobnovení či vytvoření mezí, křovin nebo větrolamů. Tímto sloučením do spojeného systému biotopů dochází k plnění funkce jejich ochrany, ale také ke stabilizaci všech krajinných prvků (Taufarová, 2014).



## **Hnojení v integrovaném systému**

Pro správnou výživu rostlin a vysokou úrodnost půdy je důležité hnojení živinami, vápnění, ale především organickými látkami. Úrodnost je také podpořena optimálním využitím posklizňových zbytků.

Počáteční hnojení dusíkem v integrovaném zemědělství se odvíjí podle obsahu dusíku v půdě na začátku vegetačního období. Další hnojení dusíkem je závislé na ekologicko-ekonomických požadavcích.

Statková hnojiva jsou v integrovaném zemědělství nejzásadnější. Jejich množství a aplikace závisí na vyvážené produkci ve vztahu k samotné potřebě rostlin.

Vápnění by mělo být pravidelné a v menších dávkách. Je však závislé na druhu půdy a požadavcích jednotlivých pěstovaných rostlin. (Moudrý; 2007).

Jak uvádí Petříková a Hlušek (2012), podle Nařízení vlády č. 79/2007 je maximální limit dusíkatého hnojení v integrované produkci např. u hrachu stanoven na 40 kg/ha a u fazolu na 55 kg/ha.

## **Integrovaná ochrana rostlin**

V roce 2009 byla přijata do národní legislativy směrnice 2009/128/ES obsahující rámec udržitelného používání pesticidů. Zákon č. 199/2012 Sb. definuje integrovanou ochranu rostlin jako: „*Opatření integrované ochrany rostlin udržují používání přípravků a ostatních metod ochrany rostlin na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit, přičemž je kladen důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských a lesních ekosystémů*“. Od roku 2014 jsou navíc dle vyhlášky č.205/2012 pro všechny profesionální uživatele obecné zásady integrované produkce rostlin povinné.

Tento způsob ochrany, zahrnuje kvalifikovaný způsob použití pesticidů v případě, že není možné regulovat škodlivé organismy jiným způsobem. Pesticidy by měly mít co nejmenší negativní dopad na lidské zdraví, organismy a životní prostředí. Souběžně s nejnižšími vedlejšími účinky na životní prostředí a další organismy je zachován stabilní výnos a kvalita vyprodukovaných zemědělských produktů. V České republice je systém integrované ochrany rostlin aplikován v rámci integrované produkce v ovocných sadech, ve vinicích a při pěstování chmele nebo zeleniny.

## **Obecné zásady integrované ochrany rostlin**

Podle přílohy č. III směrnice 2009/128/ES o udržitelném používání pesticidů jsou stanoveny následující obecné zásady, jejichž dodržování je pro profesionální uživatele povinné:

1. K zamezení výskytu škodlivých organismů nebo jejich potlačení by měla napomáhat nebo přispívat zejména tato opatření:

- střídání plodin,
- používání vhodných pěstitelských postupů (například postup využívající úhorované půdy připravené k setí, doba a hustota výsevu, podsev, šetrné postupy obdělávání půdy, jednocení a přímý výsev),
- případné používání odolných/tolerantních kultivarů a standardního/certifikovaného osiva a sadby,
- vyvážené hnojení, vápnění, zavlažování a odvodňování,
- zamezení šíření škodlivých organismů pomocí hygienických opatření (například pravidelným čištěním strojů a zařízení),
- ochrana a podpora důležitých užitečných organismů, například prostřednictvím vhodných opatření na ochranu rostlin nebo využívání ekologických infrastruktur na produkčních plochách i mimo ně.

2. Škodlivé organismy je třeba sledovat pomocí vhodných postupů a nástrojů, pokud jsou dostupné. Tyto vhodné nástroje by měly pokud možno zahrnovat pozorování na místě a vědecky podložené systémy varování, předpovědi a včasné diagnózy, pokud je to možné, jakož i využívání poradenství odborně kvalifikovaných poradců.

3. Na základě výsledků sledování se musí profesionální uživatel rozhodnout, zda a kdy použije opatření na ochranu rostlin. Základním předpokladem rozhodování jsou pevně stanovené a vědecky podložené prahové hodnoty. Pokud jde o škodlivé organismy, je třeba před ošetřením vzít pokud možno v úvahu prahové hodnoty stanovené pro danou oblast, konkrétní území, plodiny a zvláštní klimatické podmínky.

4. Před chemickými metodami je nutné dát přednost udržitelným biologickým, fyzikálním a jiným nechemickým metodám, pokud uspokojivě zajistí ochranu před škodlivými organismy.

5. Používané pesticidy musí být co nejvíce specifické k danému škodlivému organismu a musí mít co nejmenší vedlejší účinky na lidské zdraví, necílové organismy a životní prostředí.

6. Profesionální uživatel by měl používat pesticidy a další způsoby ošetření pouze v nezbytném rozsahu, například by měl snižovat dávky, omezovat četnost ošetření nebo provádět částečné ošetření, a současně brát ohled na to, aby míra rizika pro vegetaci byla přijatelná a aby pesticidy nezvyšovaly riziko, že se populace škodlivých organismů stanou rezistentními.

7. Pokud je riziko rezistence vůči určitému opatření na ochranu rostlin známo a pokud množství škodlivých organismů vyžaduje opakované ošetření plodin pesticidy, měly by být použity dostupné antirezistentní strategie, aby byla zachována účinnost přípravků. To se může týkat i současného použití několika druhů pesticidů s odlišným způsobem účinku.

8. Profesionální uživatel by měl na základě záznamů o používání pesticidů a sledování škodlivých organismů ověřovat úspěšnost používaných opatření na ochranu rostlin.

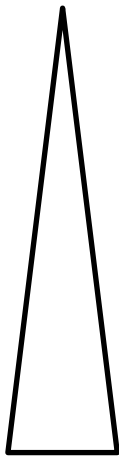
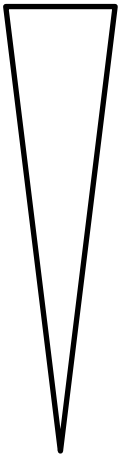
### Přechod od konvenčního k integrovanému zemědělství

Jak bylo zmíněno, integrovaná zemědělská produkce vyžaduje zohlednění stanovištních podmínek, které jsou důležitým aspektem pro náklady, výnosy a úrodnost půdy. Využití půdy v daném stanovišti je potřeba zohlednit spolu se znalostí půdních vlastností a jejich reakcí na zásahy (Tauferová, 2014).

Struktura integrované produkce přecházející farmy musí odpovídat adekvátním podmínkám přírody. Na rozdíl od konvenčního hospodaření je nutné odstranit nadměrnou specializaci a věnovat pozornost pestrosti výroby a osevním postupům s ohledem na agroekosystém. Při dodržení těchto principů, včetně snížení vkladů energie, je možné dosáhnout optimální produkce (Vráblíková, Vráblík, 2007).

Pro názornost je znázorněn rozdíl strategií u konvenčního a integrovaného zemědělství (tab. 7). Hlavní rozdíl spočívá v nahrazení minerálních hnojiv, pesticidů za vícehonný osevní postup a organická hnojiva (Křen, Dušková, 2015).

Tab. 7 Porovnání konvenčního a integrovaného zemědělství (Křen, Dušková, 2015)

	Konvenční zemědělství	Integrované zemědělství
<b>Fyzikální vlastnosti</b>		
- střídání plodin		
- organické hnojení		
- zelené hnojení		
- orba		
<b>Chemické vlastnosti</b>		
- organické hnojení		
- N fixující plodiny		
- zelené hnojení		
- minerální hnojiva		
<b>Biologické vlastnosti</b>		
- střídání plodin		
- odolné odrůdy		
- orba, regulace plevelů		
- pesticidy		

Integrovanou produkcí pak vznikne stabilní agroekosystém, v němž jsou minimalizovány ztráty, zajištěna přirozená úrodnost a zlepšena kvalita produkce. Dle Vráblikové, Vráblika (2007) má oproti konvenční integrovaná zemědělská produkce následující úkoly:

- udržet kvalitní zdravé plodiny s minimem výskytu reziduí pesticidů,
- v ochraně upřednostňovat přirozené regulační mechanismy,
- zachovávat dlouhodobě úrodnost půdy,
- snížit na minimum znečištění vod, půdy a ovzduší a
- zajistit bilanci ekonomických a sociálních požadavků.

### **3.5.3. Ekologické zemědělství**

#### **Definice a cíle**

Ekologické zemědělství je systém zemědělského hospodaření, které je šetrné k životnímu prostředí a jeho složkám díky stanovení omezení nebo zákazů užití látek, které zatěžují životní prostředí nebo mohou kontaminovat potravní řetězec (Moudrý, 2007).

Díky přesně definované formě hospodaření jsou produkovány potraviny v optimálním množství a vysoké kvalitě. Pomocí zásad udržitelného rozvoje se snaží především minimalizovat negativní dopady na životní prostředí. Ochrana rostlin proti škůdcům je v ekologickém zemědělství vytvářena přirozenými metodami a přirozenými predátory, živícími se škodlivým hmyzem (Ryant a kol., 2004).

Dle nařízení ES č. 834/2007 je ekologické zemědělství systém řízení podniku, který spojuje osvědčené environmentální techniky, zachování biodiverzity v souladu s požadavky spotřebitelů, kteří dávají přesnost produktům z přírodních látek.

Již s prvním použitím pojmu ekologické zemědělství je obhajována společnost hospodaření z malých soběstačných jednotek, což je názor, který dnes potvrzují moderní ekologická hnutí odmítající velkou neosobní výrobu (Rigby, Cáceres, 2001).

#### **Význam**

V České republice je provozování ekologického zemědělství podřízeno především nařízením Rady č.834/2007, nařízením Komise č. 889/2008, zákonu č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství s jeho novelizací z roku 2005 a vyhláškou Ministerstva zemědělství č.16/2006 Sb. Příslušným orgánem ve věci ekologického zemědělství a ekologické produkce je ministerstvo zemědělství (Dryšlová, 2015). Ve sporných případech je česká legislativa podřízena legislativě EU (Šnobl a kol., 2007).

Ekologický způsob obhospodařování půd bez použití umělých hnojiv, chemických přípravků a postřiků je založeno na zásadě etického chování k přírodě, zachování neobnovitelných zdrojů a ochraně lidského zdraví. Základem ekologického hospodaření je zdravá půda a zachování její úrodnosti organickým hnojením, zeleným hnojením a šetrným zpracováním půdy (Kalinová, 2007).

Největší význam ekologického zemědělství spočívá v přínosu k udržitelnému rozvoji. Neexistuje žádný spor, že by udržitelné zemědělství a ekologické zemědělství nebyly úzce související pojmy. Existuje pouze neshoda ohledně přesné povahy vztahu (Rigby, Cáceres, 2001).

V České republice představuje ekologické zemědělství státem podporovaný druh hospodaření a Rada ministrů zemědělství EU ho uznala jako jeden ze způsobů vedoucích k udržitelnému rozvoji. K přechodu na tuto formu hospodaření jsou farmáři motivováni především poskytovanými dotacemi, ale i ekologickým smýšlením (Šnobl a kol., 2007).

### **Zásady ekologické rostlinné produkce**

Přestože plní ekologické zemědělství zásady udržitelného rozvoje, neznamená to, že je tento způsob automaticky setrvalý. V systému ekologického zemědělství by obecně dle Tauferové (2014) měly být dodrženy zásady zahrnující:

- produkci potravin přiměřeného množství s vysokou kvalitou,
- zvolení osevních postupů zabráňujících erozi,
- potlačování plevelu agrotechnickými postupy bez umělých herbicidů,
- respektování stanovištních rozdílů,
- podporování samoregulační funkce při ochraně rostlin,
- zákaz geneticky modifikovaných organismů (GMO).

Kromě obecných zásad zemědělské produkce doplňuje pravidla pro ekologickou rostlinnou produkci, článek 12, nařízení Rady č.834/2007 následovně:

- ekologická rostlinná produkce využívá postupy, které zvyšují stabilitu půdy, zachovávají nebo zvyšují obsah organických látek v půdě,
- úrodnost se zachovává střídáním plodin, včetně luskovin využívaných jako zelené hnojivo nebo chlévského hnoje a organických materiálů,
- je dovoleno používání biodynamických přípravků,
- hnojiva se mohou používat, jen pokud byly schváleny pro použití v ekologické produkci,
- není dovoleno používání minerálních dusíkatých hnojiv,

- ochrana před škůdci a chorobami je založena na ochraně přirozenými nepřáteli, správné volbě druhů a odrůd, pěstitelských postupech a termálních procesech,
- při ohrožení rostlin mohou být na ochranu použity pouze prostředky schválené pro ekologickou produkci,
- i v dalších případech lze používat jen ekologicky vypěstované osivo a materiál,
- produkty pro účely dezinfekce a čištění se použijí taktéž za předpokladu, že byly schváleny pro ekologickou produkci.

### **Hnojení v ekologickém zemědělství**

Jak již bylo zmíněno dříve, ochrana rostlin v ekologickém zemědělství spočívá v prevenci. Základním prvkem ochrany je vypěstování silných, odolných rostlin, aby napadení škůdci mělo na plodinu co nejmenší dopad. V případě další ochrany se smějí používat jen přírodní látky a přípravky, které byly pro ekologické zemědělství povoleny prováděcím předpisem (Moudrý, 2007).

Všechna dovolená doplňková hnojiva jsou evidována v registru hnojiv spravovaným Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským podle nařízení Komise č. 889/2008 (Dvorský, Urban, 2014).

Užití těchto povolených hnojiv je možné pouze za předpokladu již realizovaného opatření na zlepšení úrodnosti a nesmějí kompenzovat agronomické pochybení. Jejich použití je také vázáno na prokázání poklesu živin v půdě v rozmezí střední a malé zásobenosti. Statková hnojiva, která nepocházejí z ekofarmy, musí být před použitím zkompostována nebo zfermentována (Šnobl a kol., 2007).

V ekologickém zemědělství se tedy využívá především statkových hnojiv, kompostu, zeleného hnojení a rostlinných zbytků, které mají pozitivní účinky na organickou hmotu půdy. Zelené hnojení luskovinami podle jedné studie z USA navíc prokázalo snížení eroze půdy a zachování úrodnosti půdy (FAO, 2017).

### **Stav ekologického zemědělství v ČR**

Ekologické zemědělství v České republice má svůj význam od roku 1990, kdy došlo k uvolnění finančních prostředků na podporu nových ekologicky hospodařících podniků. O dva roky později dosahovaly plochy ekologického zemědělství 15 tis. ha. V letech 1993–1996 byly dotace zrušeny a plochy začaly stagnovat. K obnovení podpory pro ekologické farmáře došlo v roce 1998 a o rok později vznikla kontrolní organizace KEZ. o.p.s., která dohlíží na dodržování pravidel ekologického hospodaření. Ke konci roku 2004 dosáhla výměra ekologického zemědělství 6,16 % z celkového podílu zemědělské půdy a počet ekologických farem čítal 836 (Václavík, 2005). V roce 2013 výměra dosahovala 11,68 % z celkové

zemědělské půdy a počet ekologicky hospodařících podniků byl kolem 4000. ČR je v tomto ohledu nad průměrem EU. Mezi kontrolní a certifikační organizace pověřené ministerstvem nyní spadají kromě KEZ o.p.s. také ABCERT AG, Biokont CZ s.r.o. a Bureau Veritas Czech Republic, spol. s r.o. (Dvorský, Urban, 2014).

Tab. 8 *Vývoj ploch ekologického zemědělství v letech 1993-2015 (MZe, 2017)*

<b>Rok</b>	<b>Výměra půdy v EZ (ha)</b>	<b>Podíl z celkové výměry ZPF (%)</b>
1993	15 667	0,37
1994	15 818	0,37
1995	14 982	0,35
1996	17 022	0,40
1997	20 239	0,47
1998	71 621	1,67
1999	110 756	2,58
2000	165 699	3,86
2001	217 869	5,09
2002	235 136	5,50
2003	254 995	5,97
2004	263 299	6,16
2005	254 982	5,98
2006	281 535	6,61
2007	312 890	7,35
2008	341 632	8,04
2009	398 407	9,38
2010	448 202	10,55
2011	482 927	11,40
2012	488 483	11,56
2013	493 896	11,70
2014	493 971	11,72
2015	494 661	11,74

Plochy ekologického zemědělství mají od počátku sledovaného roku 1993 stoupající tendenci (tab. 8). V roce 2015 se výměra ekologického zemědělství blížila k 495 tis. ha a oproti roku 1993 se zvýšila třicetkrát. Mezi roky 2014 a 2015 však vzrostla celková výměra o 690 ha, tedy pouze o 0,1 %.

Z pohledu struktury užití půdy v ekologickém zemědělství převažují trvalé travní porosty. Jejich plocha v poslední dekádě vzrostla dvojnásobně a dosahuje podílu 82 % z celkové výměry ekologického zemědělství. Orná půda zaujímá podíl 13 % a její výměry se téměř ztrojnásobila. Nejrychlejší nárůst pak zaznamenaly trvalé kultury. Oproti roku 2005 vzrostly osminásobně. Většinové zastoupení z trvalých kultur mají ovocné sady, menšinově pak výměra vinic a chmelnic.

V jednotlivých krajích ČR je zastoupení ekologického zemědělství nerovnoměrné. Nejvíce ploch se nachází v podhorských oblastech Jihočeského, Plzeňského a Moravskoslezského kraje. Dle kategorií využití půdy dominoval kraj Karlovarský, ve kterém se 74 % ploch nacházelo v režimu trvalý travní porost. Za Karlovarským krajem následovaly také kraje Olomoucký, Moravskoslezský, Ústecký a Zlínský, ve kterých byl podíl více než 50 %. V režimu trvalých kultur byl v popředí kraj Moravskoslezský (Bioinstitut, 2016).

Tab. 9 *Výměra a zastoupení ploch EZ v jednotlivých krajích (MZe, 2017)*

Kraj	Výměra v EZ (ha)	Z toho výměra (ha)			Podíl půdy v EZ na celkové výměře dané kategorie v ČR (%)		
		Orné plochy	Trvalý travní porost	Trvalé kultury	Orné plochy	Trvalý travní porost	Trvalé kultury
Jihočeský	72 612	6 242	65 845	511	2,0	39,6	22,8
Plzeňský	55 713	10 575	44 816	309	4,2	40,7	17,3
Moravskoslezský	55 032	4 424	49 931	658	2,6	57,9	87,7
Karlovarský	53 322	4 080	49 164	75	7,6	73,8	12,3
Ústecký	44 889	2 309	41 957	600	1,3	57,3	4,9
Olomoucký	37 006	2 474	34 233	286	1,2	60,4	7,5
Zlínský	36 909	5 837	30 118	940	4,8	52,4	22,8
Liberecký	33 531	1 965	31 152	382	3,1	47,0	26,4
Královeshradecký	22 161	2 568	19 417	173	1,4	27,3	4,0
Vysočina	19 641	7 526	11 972	139	2,4	14,6	21,9
Jihomoravský	17 312	10 371	4 944	1 979	3,0	16,4	7,4
Středočeský	17 225	4 439	12 079	692	0,8	16,7	4,8
Pardubický	13 563	1 680	11 800	84	0,9	19,2	4,4
Hl. m. Praha	73	42	20	11	0,3	2,3	1,8



## Podpora rostlinné produkce v ekologickém zemědělství

Ministerstvo zemědělství je garantem pro podporu ekologického zemědělství jak na národní, tak evropské úrovni. Státní podpora je poskytována od roku 1998 na základě nařízení Vlády ČR. Finanční podpora je určena ekologickým zemědělcům po celou dobu jejich ekologického hospodaření, ne pouze v době přechodu na ekologický systém hospodaření. Problémem ekologického zemědělství je nadměrná administrativní zátěž a složité právní předpisy vztahují se k tomuto hospodaření (Dryšlová, 2015).

Dotace na ekologické zemědělství je možné čerpat v rámci Programu rozvoje venkova. Rok 2015 se stal prvním rokem nového programového období 2014–2020. Zemědělcům se tak otevřela cesta k opatření „Ekologické zemědělství“ v rámci nového PRV. Toto opatření má za cíl podporovat systém hospodaření šetrný k životnímu prostředí. Dotace se vztahuje na zemědělskou půdu v ekologickém, ale i v přechodném režimu. Předmětem podpory jsou trvalé travní porosty, orná půda a trvalé kultury (EAGRI, 2016).

Druh zemědělské kultury	Hospodaření/dotace	Výše sazby* (EUR/ha)	
		Přechodné období	Ekologická produkce
Trvalý travní porost	Trvalý travní porost	84	83
Orná půda	Pěstování zeleniny nebo speciálních bylin	536	466
	Pěstování trav na semeno	265	180
	Pěstování ostatních plodin	245	180
	Pěstování jahodníku	669	583
	Travní porost	79	69
	Úhor	34	29
Trvalá kultura	Ovocný sad – intenzivní	825	779
	Ovocný sad – ostatní	424	424
	Vinice	900	845
	Chmelnice	900	845
	Jiná trvalá kultura – s ekologicky významným prvkem krajiny/otvorný sad	165	165

Obr. 7 Výše sazeb pro ekologické zemědělství (EAGRI, 2016)

Žadatelem o dotaci je zemědělský podnikatel podle zákona o zemědělství, aktivní zemědělec a ekologický podnikatel dle zákona o ekologickém zemědělství, který obhospodařuje min. 0,5 ha zemědělské půdy (EAGRI, 2016).

Každý nový zemědělec, který se rozhodne pro hospodaření v ekologickém zemědělství, musí podat žádost o registraci na Ministerstvo zemědělství. Tato žádost musí obsahovat potvrzení o vstupní kontrole a osvědčení o zápisu do evidence zemědělského podnikatele. Zemědělec tedy nejprve uzavře smlouvu s jednou z certifikačních organizací pověřených ministerstvem. Ekologické podniky musí projít přechodným obdobím, které pro ornou půdu a trvalé travní porosty trvá 2 roky (Dvorský, Urban, 2014). Jak uvádí Dryšlová (2015), zemědělec je evidován dle zvláštních předpisů a nesmí hospodařit souběžně v režimu konvenční produkce na půdě, na kterou lze poskytnout dotaci.

Od roku 2004 je ekologické zemědělství podporováno také díky Akčnímu plánu ČR pro ekologické zemědělství. V současnosti je implementován již třetí Akční plán a to pro období 2016–2020. Cílem je systematická podpora v oblastech jako je využití potenciálu ekologického zemědělství v ochraně přírody, výzkum a inovace v ekologickém zemědělství, poradenství či vzdělávání a další. Za tímto účelem bylo pro období 2016–2020 stanoveno 5 prioritních oblastí pro rozvoj v ČR a vytvořeny strategické a dílčí cíle (MZe, 2016).

### Luskoviny v ekologickém zemědělství

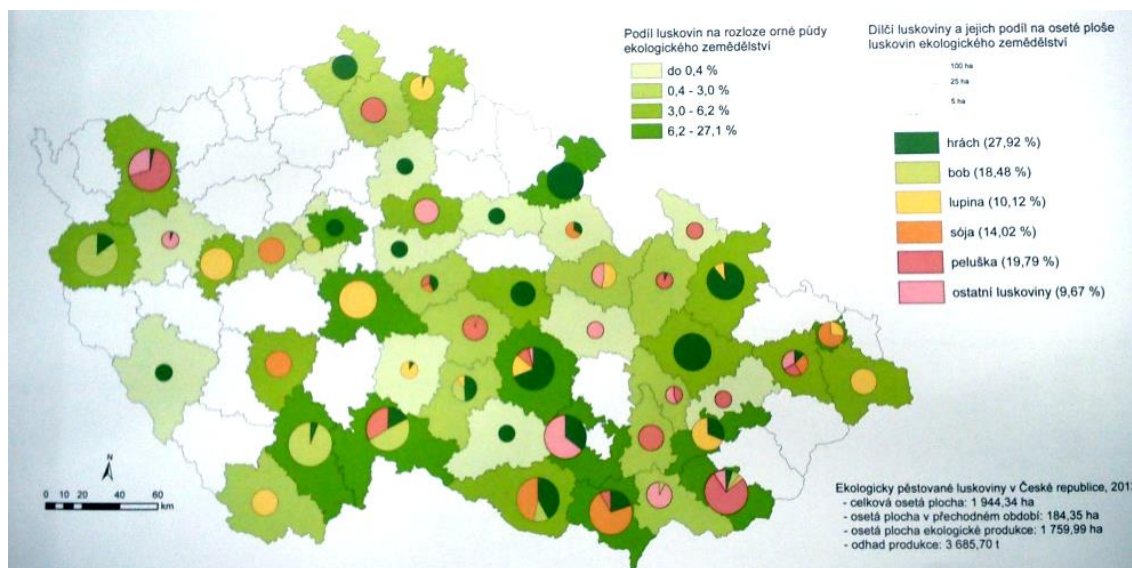
Podle Ústavu zemědělské ekonomiky a informací došlo v roce 2015 k nárůstu ploch luskovin na zrno o 21,5 %. Tento nárůst je přikládán začátku nového programového období Programu rozvoje venkova pro rok 2014 – 2020. Zemědělci se od roku 2015 mohli zapojit do dotačního opatření tzv. „greeningu“.

Nejvíce pěstovanými plodinami v ekologickém zemědělství jsou na orné půdě právě luskoviny na zrno následované píceňkami. Luskoviny na zrno mají také největší podíl bioprodukce na celkové produkci ČR. Při srovnání produkce plodin na celkové sklizni v ČR dosahuje největšího podílu právě jedna z luskovin a to lupina na zrno (10,9 %), po ní následuje oves a žito. Z luskovin na zrno pak má nejvyšší produkci peluška, tedy hrách polní.

Hektarový výnos luskovin v ekologickém zemědělství ve sledovaném roce 2015 dosahoval 58 % výnosu konvenčního. Z pohledu objemu ekologické produkce na orné půdě lze pozorovat růst a to o 13 %. Nevyšší růst byl zaznamenán právě u luskovin na zrno (o 29 %).

Tab. 10 *Struktura, produkce a výnos luskovin v EZ v roce 2015* (MZe, 2017)

Plodina	Počet ekofarem	Celkem (ha)	Ekologická produkce (t)	Ekologické výnosy (t/ha)
Luskoviny na zrno celkem	112	2300,51	3555,53	1,68
Z toho: hrách	47	556,87	776,24	1,71
bob	16	288,80	499,84	1,76
lupina	17	254,08	391,86	1,56
sója	4	426,22	680,98	1,60
peluška	37	627,80	851,41	1,54



Obr. 8 Plochy ekologického zemědělství a jejich podíl na orné půdě v roce 2013 (Navrátil a kol., 2015)

Je patrné, že největší podíl luskovin (6,2–27,1 %) na rozloze orné půdy ekologického zemědělství je v okresech Náchod, Žďár nad Sázavou, Brno-venkov, Břeclav, Jindřichův Hradec, České Budějovice, Kroměříž, Uherské Hradiště, Benešov a Praha (obr. 8). Z pohledu jednotlivých luskovin je nejvíce pěstován hrách. Dominantní luskovinou je v okrese Olomouc, Náchod, Praha, Děčín a Bruntál, částečně i v okrese Žďár nad Sázavou. Bob se nejvíce pěstuje v okrese České Budějovice a Tachov. Lupina má absolutní dominanci v okrese Český Krumlov, Benešov, Rokycany, Frýdek-Místek a také v okrese Liberec. Sója vyžadující teplejší klimatické podmínky má své zastoupené v ekologickém zemědělství v okresech Písek, Beroun, Břeclav či Znojmo. Pelušku v ekologickém zemědělství lze většinou nalézt v okresech Karlovy Vary a Uherské Hradiště.

### Vhodnost luskovin pro ekologické zemědělství

Na pěstování luskovin v ekologickém režimu nemají autoři jednotný názor. Jak uvádí Cempírková a Čermák (2008) jsou luskoviny jednou z nejméně vhodných plodin pro pěstování v ekologickém zemědělství. Svůj názor demonstrují na příkladu hrachu, který má podle nich mnoho nedostatků. Známa nestabilita výnosu hrachu je umocněna rozšiřováním škůdců, kteří omezují tvorbu výnosu. Rozšíření škůdců u hrachu se pak projevuje na kvalitě semen a úroveň poškození může dosahovat až stupně nemožnosti dalšího využití produkce.

Oproti tomu Konvalina a kol. (2007) zmiňuje, důležitost hrachu díky jeho bílkovinové hodnotě obzvláště v krmivech. Význam z pohledu bílkovin, tuků a lecitinu připisuje i sóje. Lupina a cizrna je pak významná z pohledu obsahu esenciálních mastných kyselin. Všeobecně mohou

být luskoviny využity k zajištění jaderných krmiv, produkce nadzemní biomasy nebo zelené hnojení. Významnou vlastnost luskovin vidí ve schopnosti vázat vzdušný dusík. Tato vlastnost je nejlépe využitelná právě v ekologickém zemědělství z důvodu omezenosti hnojení N v tomto systému.

Další autoři (Houba a kol.) zastávají názor, že luskoviny i přes jejich citlivost na podmínky prostředí, lze pěstovat v každém pěstebním systému. Pro ekologické zemědělství mají luskoviny nenahraditelný pozitivní vliv na úrodnost půdy. Jejich vhodnost spatřují v ekologickém zemědělství také pro použití jako předplodiny.

Jistý problém představuje využití monokultury luskovin, které může vedle přínosů z obohacování půdy dusíkem, přinášet i problémy. Problém Houba a kol (2009) vidí v nevyřešené účinné ochraně plodin proti poškození škůdci a nemožnost použití chemických prostředků. To představuje hlavní příčinu problematického uplatnění luskovin v systému ekologického zemědělství.

Jedním z řešení může být zařazení luskovin do systému hospodaření ve formě luskovinoobilných směsek. Z experimentů provedených v Dánsku bylo dokázáno, že pěstování luskovin ve směskách snižuje výskyt chorob v porovnání s monokulturami.

### 3.5.4. Porovnání systémů

Tab. 11 *Porovnání konvenčního a ekologického zemědělství* (Vráblíková, Vráblík, 2007)

Konvenční zemědělství	Ekologické zemědělství
Upřednostňována kvantita	Kvalita produkce
Silně specializovaný provoz	Mnohostranný provoz
Jednostranný osevní postup	Pestrý osevní postup
Ekonomická rentabilita	Ekologická a biologická rovnováha se klade před ekonomické požadavky
Používání anorganických lehce rozpustných hnojiv	Používání organických statkových hnojiv
Používání pesticidů	Pěstitelský systém působí preventivně proti výskytu chorob, škůdců a plevelu

Při porovnávání systémů hospodaření se autoři zabývají především komparací dvou zemědělství, a to konvenčního a ekologického. Integrované zemědělství je buď považováno za

určitý kompromis těchto dvou systémů, nebo bývá zahrnováno pod systém ekologického hospodaření.

Z většiny studií porovnávajících systém ekologického a konvenčního zemědělství vyplývá, že vstupní energie na hektar v konvenčním zemědělství je vyšší než v ekologickém. Nicméně pokud se vezme v úvahu rozdílná úroveň výnosů ekologického a konvenčního systému, je stále nejasné, který systém je energeticky účinnější (Hung-chun a kol., 2017). Podle studie výzkumného ústavu Enrico Avanti v Pise spotřebuje konvenční zemědělství 21 000 MJ (megajoulů) energie na hektar za rok. Ekologické zemědělství spotřebuje přibližně o 50 % méně. Nicméně z hlediska nutriční hodnoty finálních produktů je na tom lépe konvenční systém, který dokáže vyprodukovat o 20 % více MJ na hektar za rok, než ekologický systém hospodaření. Důvodem může být právě nedostatek minerálních hnojiv, která urychlují růst plodin a tím poskytují objemnější sklizeň.

Také výnosy bývají u ekologického zemědělství nižší. Ovšem tyto výnosové rozdíly jsou vysoce závislé charakteristice místa pěstování. Podle Seufert a kol. (2012) jsou výnosy z organického zemědělství nižší o 5 % u luskovin a trvalých kultur na slabě kyselých půdách a o 13 % nižší při používání nejlepších ekologických postupů. Za určitých podmínek ovlivněných jednotlivými druhy plodin a pěstitelskými podmínkami lze konstatovat, že ekologické výnosy odpovídají běžným výnosům. Podle Reganold a Wachter (2016) bylo dokonce prokázáno, že v oblastech sucha, které se očekává se změnou klimatu, jsou výnosy ekologicky řízeného podniku vyšší než u konvenčního protějšku. Důvodem je vyšší zadržování vody kapacitou ekologicky obhospodařovaných půd.

V České republice v letech 2001–2012 byla intenzita ekologicky hospodařících podniků pouze 30–40 % úrovně intenzity konvenčního zemědělství. Jak uvádí Redlichová a kol. (2014), na různé míře intenzity se podílí rozdílná výše vkladů a rozdílná produktivita těchto vkladů. Ekologické podniky tak sice způsobují nižší environmentální zátěž krajiny, ale zanechávají oproti konvenčním podnikům 1,5x větší ekologickou stopu při produkci na 1 obyvatele.

Z hlediska udržitelnosti je jednoznačně vhodnější ekologické zemědělství, jelikož produkuje plodiny při zachování stavu půdy, vod, energie a biologické rozmanitosti. Nicméně nižší výnosy ekologických farem mohou mít za následek větší plochy půd pro zemědělskou produkci. Proto by ekologické zemědělství mělo být situováno do mozaikové (nízká produktivita) krajiny, kde výnosové rozdíly mezi konvenčním a ekologickým zemědělství jsou nižší (Doreen, 2013). Podle Reganold a Wachter (2016) však může být považována za udržitelnou jak farma ekologická, tak konvenční, pokud produkuje dostatečné množství vysoce kvalitních plodin, zvyšuje základnu přírodních zdrojů a životního prostředí, je finančně životaschopná a přispívá k blahobytu zemědělců. Ve prospěch ekologického zemědělství hovoří i fakt, že způsobuje

méně eroze půdy, má více uhlíku v půdě a lepší kvalitu půdy. Pro tento systém jsou doporučovány jako nejvhodnější plodiny rýži, sójové boby, kukuřici a jetel.

Tab. 12 *Srovnání různých systémů hospodaření* (Moudrý, 2007)

Hlavní znaky	Konvenční systém	Integrovaný systém	Ekologický systém
<b>Využití půdy</b>	Podle ekonomických kritérií	Podle ekologických kritérií ekonomicky optimalizováno	V souladu s vysokým ekologizačním stupněm
<b>Zátěž životního prostředí</b>	Tolerována pokud je činnost ekonomická a zákonná	Omezena	Velmi omezena
<b>Intenzita hospodaření</b>	Vysoká	Vysoké, pokud jsou ekologicky využitelné	Malá, střední, snaha o existenční jistotu
<b>Střídání plodin</b>	Jednostranné	Mnohočetné	Mnohočetné, vyvážené
<b>Využití meziplodin</b>	Částečné	Velký význam	Velký význam, opírá se o tradice
<b>Ochrana půdy</b>	Částečná	Cíleně opatřená	Základní požadavek
<b>Výživa, hnojiva</b>	Vysoké dávky	Dosud dávky vyšší než je potřeba	Převážně organická hnojiva

## 4. PRAKTICKÝ EXPERIMENT

### 4.1. Cíl experimentu

Cílem nádobového experimentu bylo posoudit reakci keříčkové odrůdy sóje ES MENTOR na aplikaci odlišných dávek dusíku (0-1-3 g N/nádoba) a jeho forem (amonná a amidová) aplikovaných ve dvou dusíkatých minerálních hnojivech (síran amonný a močovina) na:

- růst rostlin
- výnosovou úroveň semene
- kvalitativní parametry semene

Výzkum vycházel z následujících vědeckých úvah či hypotéz:

- a. s dávkou dusíku bude stimulován růst rostlin, výnos i kvalita semene
- b. výnos a kvalitativní parametry budou lepší po aplikaci síranu amonného oproti močovině

## 4.2. Materiál a metody

Vegetační nádobový experiment byl založen ve venkovní vegetační hale Botanické zahrady a arboreta Mendelovy univerzity v Brně. Mitscherlichovy vegetační nádoby byly naplněny 5 kg středně těžké zeminy charakterizované jako fluvizem 25. dubna 2016; Tabulka č. 13 uvádí základní agrochemické charakteristiky použité zeminy na základě analýz dle metody Mehlich 3 – 0,015 M NH<sub>4</sub>F + 0,2 M CH<sub>3</sub>COOH + 0,25 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + 0,013 M HNO<sub>3</sub> (Mehlich, 1984). Výměnná půdní reakce byla stanovena v 0,01M CaCl<sub>2</sub>.

Tab. 13 *Agrochemické parametry zeminy použité do experimentu (mg/kg)*

pH/ CaCl <sub>2</sub>	mg/kg		
	P	K	Mg
7,4	47	226	322
alkalická	nízký	vyhovující	dobrá

Do experimentu byla cíleně zvolena dusíkatá minerální hnojiva vhodná pro základní (předseťové) hnojení: síran amonný (20,5 % N, 24 % S) a močovina (46 % N). Síra (S) se stala v posledních letech limitující živinou ve většině regionů (především v souvislosti s ekologickými opatřeními, např. odsířením tepelných elektráren apod.), přičemž její nedostatek v rostlině může redukovat fixaci vzdušného dusíku (Scherer a kol., 2008), proto bylo do experimentu záměrně zařazeno hnojivo obsahující kromě dusíku také síru – síran amonný.

Tabulka č. 14 ukazuje jednotlivé varianty experimentu, přičemž každá z variant byla 4x opakována.

Tab. 14 *Varianty experimentu*

Var. č.	Popis	Dávka dusíku (g/nádoba)	Použité hnojivo
1	Kontrola	0	-
2	SA 1	1	síran amonný
3	SA 2	3	síran amonný
4	Moč 1	1	močovina
5	Moč 2	3	močovina





Obr. 9 *Vegetační hala v botanické zahradě* (Lošák, 2016)

Dusík byl aplikován do nádob 25. dubna 2016 po rozpuštění hnojiv formou zálivky. Výsev 10 semen na nádobu následoval 5. května 2016 do hloubky 3–4 cm. Odrůda ES Mentor byla získána z University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria (Department of Crop Sciences, Division of Plant Breeding). Tato výnosná 00 odrůda keříčkovitého vzhledu byla vyšlechtěna ve Francii (Euralis Seeds) s označením *Dt2*.

Rostliny byly vyjednoceny na 2 kusy na nádobu 3. června 2016. V průběhu vegetace byly nádoby zalévány na úroveň 60 % maximální kapilární kapacity a udržován bezplevelný stav. Sklizeň proběhla v plné zralosti dne 26. září 2016, přičemž obsah proteinů a oleje byl stanoven na University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, pracoviště Tulln an der Donau a obsah polyamidu spermidinu na Technologické fakultě Tomáše Bati ve Zlíně.

### 4.3. Výsledky experimentu

Sója (*Glycine max*, (L.) Merr.) je celosvětově významnou plodinou, oceňovanou ve výživě lidí, hospodářských zvířat i jako významná surovina pro potravinářský a zpracovatelský průmysl. V současné době je více než 90 % produkce zužitkováno ve výživě a krmení hospodářských zvířat a zbytek jako potravina pro obyvatelstvo (Vollmann a kol., 2003). Sója je součástí řady výrobků, jako jsou: tofu, tempeh, sójové omáčky, miso, natto, různé sójové nápoje, jogurty, pomazánky, uzeniny apod. Zatímco v Evropě je sója oceňována především z hlediska vysokého obsahu bílkovin (proteinů), výzkum v Americe preferuje sóju jako olejninu (Vollmann a kol., 2015). Spojené národy (UN) vyhlásily rok 2016 jako mezinárodní rok luštěnin, což umožňuje diskutovat jejich mnohé pozitivní vlivy z pohledu nutričních parametrů (Vollmann, 2016). Z hlediska nároků na pěstování je sója citlivá na nízké teploty, proto se dosud pěstuje na semeno v České republice ve vybraných regionech na omezené výměře. S postupující změnou klimatu a nárůstem teplot vzduchu se ovšem její pěstování posouvá i do vyšších nadmořských výšek. V posledním období se výměra sóje v ČR zvýšila i díky podmínkám tzv. greeningu, tedy povinnosti zemědělců pěstovat více plodin v rámci svých podniků a podpořit tak biodiverzitu.

Výnosy sóje se průběžně zvyšují v posledních 30-ti letech jako kombinace genetických zásahů a lepšího managementu pěstování (Salvagiotti a kol., 2008). Výnosový potenciál sóje je definován jako maximální výnos odrůdy pěstované v prostředí, na které je adaptována, kdy zásoba živin a vody v půdě není limitována a škůdci i choroby jsou efektivně kontrolovány (Evans, 1993). Pro dosažení požadovaných výnosů je nezbytný vysoký výkon fotosyntézy a akumulace dostatečného množství dusíku v semenech (Sinclair, 2004).

Všechny luskoviny se (oproti jiným druhům) vyznačují jiným systémem výživy dusíkem. Sója se řadí mezi plodiny, které dokáží formovat na svých kořenech hlízky (noduly) a využít atmosférický dusík ( $N_2$ ) ve spojení s rhizobii, bakteriemi poutajícími vzdušný dusík, pro svoji výživu. Je nezbytné využít obou zdrojů dusíkaté výživy, jak z fixace vzdušného dusíku, tak i asimilace minerálního dusíku přijatého kořeny z půdy, pro dosažení optimálního výnosu (Ohyama a kol., 2013; Mengel a Kirkby, 2001; Marschner, 2002). Biologická  $N_2$  fixace (BNF) a dusík z půdní zásoby či minerálních hnojiv jsou tedy hlavními zdroji pro pokrytí požadavků vysoce výnosných odrůd (Streeter, 1988). Sója vyžaduje tzv. startovací dávku dusíku na počátku vegetace pro překonání tzv. hladového období, tedy periody, kdy se hlízky na kořenech začínají teprve formovat. Okamžitě přijatelný dusík z hnojiv se pozitivně odrazí na vývoji rostliny a následně výnosu semene (Touchton a Rickerl, 1986). Nicméně vysoké dávky dusíku na počátku vegetace mohou redukovat tvorbu hlízek na kořenech a tím i fixaci dusíku rostlinou (Beard a Hoover, 1971). Deibert a kol. (1979) uvádějí 26 až 48% snížení fixace vzdušného dusíku, pokud dávka aplikovaného dusíkatého hnojiva byla příliš vysoká.

Intenzivní časný růst je důležitý pro rozvoj jednotlivých rostlinných orgánů, což se následně odrazí v produkci semene. V růstové fázi R1 (první květ) a R5 (tvorba semen v luscích) ovlivnila aplikace dusíkatých hnojiv buď produkci sušiny, nebo obsah dusíku v rostlinách v pěti ze sedmi lokalit. Ovšem na dvou lokalitách ani odrůda sóje, ani dávka dusíku signifikantně nepůsobila na produkci sušiny nebo obsah N v rostlinách v uvedených fázích (Wood a kol., 1993).



Obr. 10 Zřetelně retardovaný růst sóje u variant 3 a 5 po aplikaci nejvyšších dávek dusíku (Lošák, 2016)

Legenda: (1 – nehnojená kontrola; 2 – síran amonný 1; 3 – síran amonný 2; 4 – močovina 1; 5 – močovina 2)

V našem nádobovém experimentu byly již při vzcházení vizuálně patrné výrazné rozdíly mezi jednotlivými variantami (1 až 5), resp. dávkami dusíku. Vzcházení bylo pomalé a nerovnoměrné, přičemž nejvyšší dávky dusíku aplikované jak v síranu amonném (var. 3), tak i močovíně (var. 5) se projeví zřetelnou retardací růstu (obr. 10). Nižší dávky obou aplikovaných hnojiv (var. 2 a 4) se z hlediska intenzity růstu a výšky rostlin nelišily od kontrolní nehnojené varianty (var. 1). Výška rostlin ve fázi kvetení (počátek července) byla o 30–50 % nižší u variant s nejvyšší dávkou dusíku aplikovaného v obou hnojivech (var. 3 a 5) oproti všem zbylým variantám.

Pro pěstitele jsou rozhodující výnosové výsledky z hlediska kvantity i kvality. Rozhodující výnosově-kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulkách č. 15–16.

Tab. 15 Výnos semene sóje (odrůda ES MENTOR)

Var. č.	Popis	Dávka dusíku (g/nádoba)	Výnos semene (g/nádoba)
1	Kontrola	0	8,57 c
2	SA 1	1	15,51 ab
3	SA 2	3	13,27 b
4	Moč 1	1	17,88 a
5	Moč 2	3	12,67 b

Odlíšná písmena ve sloupci (a, b,..) vykazují průkazné diference mezi variantami při P=95 %

Tab. 16 Kvalitativní parametry semene sóje (odrůda ES MENTOR)

Var. č.	Popis	Dávka dusíku (g/nádoba)	Obsah proteinů (%)	Obsah oleje (%)	Obsah spermidinu (mg/kg SH)
1	Kontrola	0	30,28 c	22,03 a	227,8 a
2	SA 1	1	36,78 b	18,87 ab	282,9 a
3	SA 2	3	43,73 a	15,68 bc	289,6 a
4	Moč 1	1	42,68 a	16,12 bc	265,6 a
5	Moč 2	3	43,78 a	15,17 c	245,5 a

Odlišná písmena ve sloupci (a, b,..) vykazují průkazné difference mezi variantami při P=95 %

Z hlediska výnosu semene je zřejmé, že kontrolní nehnojená varianta (var. 1) vykázala nejnižší výnos semene (tab. 15). Přestože růst hlízek na kořenech (které byly následně prokázány po sklizni a proplavení kořenů pouze u této varianty) nebyl negativně ovlivněn aplikací dusíkatých hnojiv, rostlinám nepostačoval dusík z omezeného množství zeminy, ani z fixace vzdušného dusíku. Všechny ostatní hnojené varianty vykázaly signifikantní nárůst výnosu semene oproti nehnojené kontrole, ovšem nižší dávka dusíku v obou hnojivech (var. 2 a 4) se projevila lepším výnosovým výsledkem než dávka dusíku nejvyšší (var. 3 a 5). Absolutně nejvyšší výnos je spojen s aplikací nižší dávky močoviny (var. 4).

Rostliny sóje vyžadují vysoká množství dusíku, protože semena jsou bohatá na proteiny (35–40 %) a celkové množství asimilovaného N ve stoncích při sklizni je v proporcích k výnosu semene (Ohyama a kol., 2013). Nízký obsah proteinů může být způsoben nepříznivými environmentálními podmínkami a sníženou úrovní fixace vzdušného dusíku. Je odhadováno, že pouze 40 až 52 % z celkového odběru dusíku rostlinou pochází ze symbiotické fixace N<sub>2</sub>, zatímco zbytek je příjem dusíku z půdy (Schweiger a kol., 2012). Negativní bilanci dusíku při pěstování sóje vykazuje 80 % studií (Salvagiotti a kol., 2008), proto je tato tematika nadále předmětem vědeckého bádání, poněvadž má svůj ekonomicko-environmentální kontext. Obsah proteinů v našem experimentu (tab. 16) byl nejnižší u kontrolní nehnojené varianty (30,28 %), přičemž aplikací obou dávek hnojiv byl průkazně navýšen na 36,78–43,78 %. Zatímco po aplikaci síranu amonného obsah proteinů narůstal (var. 2 a 3), mezi dávkami močoviny nebylo vzájemných rozdílů v obsahu proteinů (var. 4 a 5). Vysvětlením může být obsah síry v hnojivu síranu amonném, která podpořila syntézu aminokyselin, resp. proteinů.

Obsah oleje v semeni (tab. 16) byl naopak nejvyšší u kontrolní nehnojené varianty (22,03 %) a s dávkou dusíku se snižoval (18,87–15,17 %). Tento výsledek není překvapivý a je dáván do souvislosti s negativní korelací mezi výnosem a obsahem oleje, resp. mezi obsahem proteinů a olejnatostí. Nicméně sója je v našich podmínkách především hodnocena jako zdroj proteinů, proto je obsah oleje až druhotným kvalitativním znakem.

Sója je (oproti jiným plodinám) významným zdrojem polyaminu spermidinu, který má řadu pozitivních vlastností na lidské zdraví, mimo jiné tzv. anti-aging efekt. Obsah polyaminu spermidinu byl stanoven navíc a to s hypotézou, že po aplikaci dusíkatých hnojiv bude jeho obsah narůstat, což se potvrdilo (tab. 16). U všech hnojených variant byl obsah spermidinu navýšen průkazně oproti nehnojené kontrole, přičemž mezi nižší a vyšší dávkou hnojiv nebylo vzájemných rozdílů. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo po aplikaci síranu amonného, což je možno odůvodnit zapojením síry do procesu biosyntézy spermidinu.

Je známo, že pokud jsou hlízkové bakterie na kořenech vystaveny vysokým koncentracím dusíku, dochází k potlačení jak jejich tvorby, tak i aktivity. Nitráty, hlavní forma anorganického dusíku v půdách, velmi silně omezují nodulaci a  $N_2$  fixační aktivitu (Gibson a Harper, 1985; Imsande, 1986; Ohyama a kol., 2012; Streeter, 1988). Inhibiční působení nitrátů bylo popsáno řadou efektů, včetně působení na počet hlízek na kořenech sóje, jejich velikost, fixační aktivitu, jakož i rychlost stárnutí a rozkladu hlízek. Proto tato inhibice růstu rostlin působením nitrátů, resp. nitrátového dusíku nemůže být vysvětlena jednoduchým či zjednodušeným způsobem (Harper, 1987; Mizukoshi, 1995). Na druhé straně byly ovšem v našem experimentu pozorovány od fáze tvorby lusků vizuální symptomy deficiencie dusíku (světle zelená až žlutá barva spodních = starších listů) u kontrolní, dusíkem nehnojené varianty (var. 1). Salvagiotti a kol. (2008) popisují, že pokud celková zásobenost sóje dusíkem nepokrývá její požadavky na tuto živinu, rostlina bude remobilizovat N akumulovaný v listech do semene, což sníží výkon fotosyntézy a tím bude limitován výnosový potenciál. Zatímco časná aplikace dokonce malých dávek dusíku se často projeví v dočasném potlačení tvorby hlízek a jejich akvivity (Hungria a kol., 2005), nedostatek dusíku na počátku vegetačního období může zpomalit růst rostlin a tím i rozvoj účinného nodulačního systému. Souhrnně je možno konstatovat, že z jednotlivých studií byly dosud získány rozporuplné výsledky ohledně vhodnosti dusíkatého hnojení sóje z hlediska jeho efektivnosti při pěstování této luskoviny (Salvagiotti a kol., 2008). Z tohoto důvodu byl rovněž založen náš popisovaný nádobový experiment.

#### **4.4. Shrnutí nádobového experimentu**

Z dosavadních výsledků je zřejmé, že nejvyšší dávka dusíku aplikovaného v obou hnojivech se negativně odrazila na počátečním růstu sóje odrůdy ES Mentor. Aplikace vysokých dávek dusíku potlačí záslužnou činnost hlízkových bakterií, je neekonomická (zbytečně vynaložené náklady na nákup hnojiv a jejich aplikaci) a environmentálně riziková (vyplavení dusíku do podzemních vod a jejich kontaminace). Proto je velmi důležité zvažovat a otestovat aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv při pěstování sóje (resp. u konkrétních odrůd) a úroveň jejich dávky. Z hlediska úrodnosti výnosu semene i kvalitativních parametrů se u odrůdy ES MENTOR osvědčila nižší dávka obou hnojiv. Z praktického hlediska je možno pěstitelům doporučit aplikovat nižší dávku dusíku před setím sóje, přibližně 40 kg N/ha, což přinese pěstiteli i spotřebiteli požadovaný benefit – výnos semene i jeho kvalitu.

## 5. DISKUSE

Luskoviny jsou vhodnou plodinou pro pěstování v konvenčním, integrovaném i ekologickém zemědělství. Pro pěstitele ve všech zemědělských systémech mohou být cennou plodinou díky jejich mnoha pozitivním přínosům. Hlavním pozitivem luskovin je však jejich schopnost získávat vzdušný dusík symbiózou s hlízkovými bakteriemi a využít ho pro svou výživu. Tento fakt umožňuje pěstitelům omezit množství používaných dusíkatých hnojiv a snížit tak náklady. Kromě úspory nákladů se s menším množstvím použitých hnojiv snižuje i riziko pro životní prostředí jako je riziko kontaminace podzemních vod nebo vodních toků, které hrozí při nadbytečném používání hnojiv.

Díky této schopnosti fixace vzdušného dusíku jsou luskoviny doporučovány pro pěstování v ekologickém zemědělství, jelikož ekologické zemědělství nedovoluje používání dusíkatých hnojiv. Na druhou stranu je nutné podotknout, že luskoviny, a to zejména hrách, jsou náchylné k různým chorobám a škůdcům. Při jejich pěstování v ekologickém zemědělství pak může docházet k nestabilním výnosům luskovin.

Luskoviny se nejčastěji pěstují v konvenčním systému zemědělství, buď ve formě luskovino-obilných směsek, nebo samostatně. V ČR má největší zastoupení hrách. Sója a lupina jsou pěstovány v menší míře a zbylé druhy luskovin jsou zastoupeny pouze v produkci drobných pěstitelů a zahrádkářů. Konvenční zemědělství umožňuje přihnojování luskovin a tím lze dosáhnout vyšších výnosů, jak bylo demonstrováno v praktické části této práce na příkladu sóji. Experiment zahrnoval pět zkoumaných variant, každá se 4 opakováními (viz tab. 14–15). Výsledky prokázaly vyšší výnosy sóji u variant, které byly hnojené dusíkem oproti variantě, která nebyla hnojená vůbec. Hnojené varianty byly rozděleny ještě navíc dle dávky a formy N. Při vzájemném porovnání hnojených variant dosáhly lepších výnosů varianty s nižší aplikovanou dávkou dusíku. Vyšší dávka dusíku s sebou nese narůstající náklady na hnojivo, jeho aplikaci a je i potenciálně riziková pro životní prostředí. Proto u námi ověřované odrůdy ES MENTOR se z hlediska úrovně výnosu semene sóji a její kvality přikláním k nižší dávce aplikovaného N před setím, v praxi do 40 kg N/ ha.

## 6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vypracování podrobné literární rešerše zabývající se současným pěstováním různých druhů luskovin ve třech zemědělských systémech v ČR – v konvenčním, v ekologickém a v integrovaném.

Luskoviny mají v České republice dlouhodobou tradici. Všeobecně zlepšují půdní úrodnost a nejvíce jsou ceněny pro svůj vysoký obsah bílkovin v semenech. Využívány jsou jak ve výživě lidí, kde jsou vhodným doplňkem proteinů přijímaných z masa, tak ve výživě hospodářských zvířat. V posledních několika letech však došlo k jejich poklesu a to z důvodů silného konkurenčního zahraničního importu a snižování stavu hospodářských zvířat v ČR. Celková výměra ploch luskovin se od roku 1993 snížila téměř o dvě třetiny a nyní dosahuje kolem 33 tisíc ha. V současnosti je na území ČR pěstováno jen několik málo druhů luskovin a to především hrách a v menší míře sója a lupina.

Na základě provedené literární rešerše a nádobového experimentu se sójou, lze shrnout zjištění do následujících několika závěrů:

- 1) S postupnou změnou klimatu a nárůstem teplot se jeví v budoucnu možnost většího pěstování teplomilných luskovin (např. sóji) i ve vyšších nadmořských výškách a ne převážně v nížinách v Jihomoravském kraji. K pěstování luskovin přispívá i nový nástroj společné zemědělské politiky tzv. „greening“, který zahrnuje povinnosti zemědělců diverzifikovat pěstované plodiny a podpořit tak biodiverzitu.
- 2) Luskoviny je možné doporučit pro všechny 3 zemědělské systémy. Jelikož je v ekologickém zemědělství hnojení dusíkem zakázáno, jsou luskoviny vhodnou plodinou pro tento typ hospodaření díky jejich schopnosti vázat vzdušný dusík prostřednictvím symbiózy s hlízkovými bakteriemi. Na základě této schopnosti vyžadují luskoviny malou nebo žádnou dávku dodaného N.
- 3) V integrované zemědělské produkci nejsou v ČR luskoviny dosud výrazně pěstovány. Nejvyšší zastoupení mají v konvenčním zemědělství, kde jsou využívány díky své druhové pestrosti, uplatnitelnosti ve všech výrobních oblastech nebo nižší spotřebě vody. Mohou být pěstovány jak v čisté kultuře, tak i formou luskovino-obilných směsek na krmení či zelené hnojení.
- 4) Dle studia i výsledků provedeného experimentu preferují využití luskovin spíše v integrovaném či konvenčním zemědělství, která umožňují aplikaci pesticidů i N hnojiv. Z provedeného experimentu se sójou je jasně patrné, že nárůst výnosu semene při vhodně zvolené (nízké) dávce dusíku byl stimulován o 80,9–108,6 % oproti nehnojené kontrolní variantě.



- 5) Experiment se sójou navíc prokázal, že po aplikaci dusíku, je tendence k nárůstu množství sloučeniny spermidin v semeni (+7,7 až 27,1 %) oproti nehnojené kontrole, který je znám řadou pozitivních vlastností na lidské zdraví, mimo jiné tzv. anti-aging efektem.
- 6) Z praktického hlediska je tedy možné pěstitelům při pěstování sóje doporučit aplikovat nízkou dávku dusíku (do 40 kg N/ ha), která nebude mít rovněž negativní environmentální dopady.

## 7. SEZNAM LITERATURY

APZL, *Asociace pěstitelů a zpracovatelů luskovin* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.apzl.cz/>

AYKROYD, W. R., DOUGHTY, J., *Legumes in human nutrition*, FAO, Rome, 1982. 152 p., ISBN 92-5-101181-8.

BEARD, B. H., HOOVER, R. M. *Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybean*. Agronomy Journal, 1971, 63, 815-816.

BECKRICH, A. The Green Room, *Genetically modified crops*. The Science Teacher, Washington, 80(4), Apr/May 2013: 10.

BELAY, G., BRINK, M., ed. *Plant Resources of Tropical Afrika 1.: Cereals and pulses*, PROTA Foundation/ Backhuys Publishers/CTA Wageningen Netherlands, 2006, 298.

BIOINSTITUT: *Ekologické zemědělství* [online]. [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://bioinstitut.cz/cz/ekologicke-zemedelstvi>

BIONSTITUT. *Ekologické zemědělství v České republice*. Ročenka 2015. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2016. 88 s. ISBN 978-80-7434-336-0.

CEMPÍRKOVÁ, Růžena a Bohuslav ČERMÁK. *Krmiva konvenční a ekologická*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 978-80-7394-141-3.

CORDIS, Community Research and Development Information Service, GL-PRO project, 2005, Imprimerie Nouvelle (45).

ČSÚ: *Český statistický úřad* [online]. 2016 [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: [http://www.apic-ak.cz/data\\_ak/16/k/Stat/SklizenDef2015.pdf](http://www.apic-ak.cz/data_ak/16/k/Stat/SklizenDef2015.pdf)

DEIBERT, E. L., BIJERIEGO, M., OLSON, R.A., *Utilization of 15N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines*. Agronomy Journal, 1979. 71, 717-723.

DRYŠLOVÁ, Tamara. *Základní aspekty ekologického zemědělství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-298-4.

DVORSKÝ, Jan a Jiří URBAN. *Základy ekologického zemědělství: podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady*. 2., aktualizované vydání. Brno: ÚKZÚZ, 2014. ISBN 978-80-7401-098-9.

EAGRI: *Obecné zásady IOR* [online]. [cit. 2017-02-07]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/integrovana-ochrana-rostlin/obecne-zasady-ior-priloha-c-iii-smernice/>

EAGRI, Program rozvoje venkova 2014-2020, MZe, 2016  
[http://eagri.cz/public/web/file/516231/Letak\\_M11\\_EKO.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/516231/Letak_M11_EKO.pdf)

EAGRI, Praha 2015, *Situační a výhledová zpráva Olejnin*, vydalo Ministerstvo zemědělství, ISBN 978-80-7434-224-0.

EAGRI, Praha 2015, *Situační a výhledová zpráva Luskoviny*, vydalo Ministerstvo zemědělství, ISBN 978-80-7434-268-4.

EAGRI, Praha 2016, *Situační a výhledová zpráva Luskoviny*, vydalo Ministerstvo zemědělství, ISBN 978-80-7434-225-7.

EVANS, L. T., *Crop Evolution, Adaptation and Yield*, 1993. Cambridge: Cambridge University Press.

FAO, *Organic agriculture and the environment* [online]. Corporate Document Repository [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/005/y4137e/y4137e02.htm#TopOfPage>

FEENSTRA, Gail UC Sustainable Agriculture Research and Education Program, University of California, Davis, CA 95616, (530) 752-7556.

FLOHROVÁ, Alena. *Význam luskovin v současných pěstitelských systémech: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. Studijní informace. Rostlinná výroba. ISBN 80-7271-046-X.

GABRIEL Doreen, Steven M. SAIT, William E. KUNIN, Tim G. BENTON, *Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture*, Volume 50, Issue 2, April 2013, Pages 355–364, ISSN: 1365-2664.

GIBSON, A.H., HARPER, J.E., *Nitrate effect on nodulation of soybean by Bradyrhizobium japonicum*. Crop Science, 1985. 25, 497-501.

HARPER J.E., Nitrogen Metabolism. In: Wilcox J.R., (editor). *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Inc.-Crop Science Society of America, Inc.-Soil Science Society of America, Inc.; Madison, WI, USA: 1987. pp. 497–533.

HOCHMAN, Miroslav. *Metodika pěstování luskovino-obilných směsek v ekologickém zemědělství*. Šumperk: Agritec Plant Research v nakl. Agritec, 2013. ISBN 978-80-87360-18-7.

HOUBA, Miroslav, Miroslav HOCHMAN a Václav HOSNEDL. Luskoviny: pěstování a užití. České Budějovice: Kurent, 2009. ISBN 978-80-87111-19-2.

HUNG-CHUN Lin, Julia A. HUBER, Georg GERL, Kurt-Jürgen HÜLSBERGEN, *Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency—A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany*, European Journal of Agronomy, Volume 82, Part B, January 2017, Pages 242-253.

HUNGRIA, M., FRANCHINI, J., CAMPO, R., GRAHAM, P., *The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America*. In Werner, D. and Newton, W. (eds.) Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment, Springer, Netherlands, 2005. (pp. 25-42).

IMSANDE, J., *Inhibition of nodule development in soybean by nitrate or reduced nitrogen*. Journal of Experimental Botany, 1986. 37, 348-355.

KALINOVÁ, Jana. *Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství: odborná monografie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-7394-029-4.

KŘEN, Jan a Soňa DUŠKOVÁ. Systémy rostlinné výroby. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-203-8.

KŘEN, Jan, Lubomír NEUDERT, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Vladimír SMUTNÝ a Josef HŮLA. *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-325-7.

LOŠÁK, T., 2016, fotografické materiály z vlastního archivu

MACWILLIAM, S., WISMER, M., KULSHRESHTHA, S. *Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: The inclusion of pulses in rotations*, Agricultural Systems, January 2014 123:43-53, ISSN: 0308-521X.

MARSCHNER, H., *Mineral nutrition of higher plants*. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Academic Press. 2002.

MASON, John. *Sustainable Agriculture* Second Edition, BPA Print Group, Australia, 2003, ISBN: 0 643 06876 7.

MASOOD, Ali, SANJEEV, Gupta, *Carrying capacity of Indian agriculture: pulse crops*. Current Science (00113891). 3/25/2012, Vol. 102 Issue 6, p874-881. 8p. ISSN 0011-3891.

MEHLICH, A., *Mehlich 3 soil test extractant: a modification of the Mehlich 2 extractant*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1984, 15, 1409-1416.

MENGEL, K., KIRKBY E. A., *Principles of Plant Nutrition*. 5<sup>th</sup> Ed. London: Kluwer Academic Publishers. 2001.

MILNER, Holli K., *Effects of Organic and Conventional Agricultural Practices on Soil Microbial Communities and Molecular Detection of Soil Borne Disease*, 2014, Electronic Theses & Dissertations. 1213.

Ministerstvo zemědělství, 2016, *Akční plán ČR pro rozvoj ekologického zemědělství v letech 2016-2020*, ISBN 978-80-7434-193-9.

Ministerstvo zemědělství: *Ministerstvo zemědělství* [online]. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/>

MIZUKOSHI, K., NISHIWAKI, T., OHTAKE, N., MINAGAWA, R., IKARASHI, T., OHYAMA, T., *Nitrate transport pathway into soybean nodules traced by tungstate and  $^{15}\text{NO}_3^-$* . *Soil Science and Plant Nutrition*, 1995, 41, 75-88.

MOUDRÝ, Jan. *Přechod na ekologický způsob hospodaření*, 1.vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, 1997, ISBN 80-7105-134-9.

MOUDRÝ, Jan. *Základní principy ekologického zemědělství: odborná monografie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-7394-041-6.

MOUDRÝ, Jan. *Alternativní plodiny*. Praha: Profi Press, 2011. ISBN 978-80-86726-40-3.

Naše výživa: *Čočka obecná* [online]. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://www.nasevyziva.cz/sekce-lusteniny/clanek-cocka-jedla-228.html>

NAVRÁTIL, Josef, Hana ŠEJNOHOVÁ, Hana DOLEŽALOVÁ, Kamil PÍCHA, Lucie RÁDLOVÁ a Lucie SEDLÁKOVÁ. *Atlas ekologické zemědělské produkce - Česká republika* České Budějovice: Jih, 2015. ISBN 978-80-86266-90-9.

OHYAMA, T., FUJIKAKE, H., YASHIMA, H., TANABATA, S., ISHIKAWA, S., SATO, T., NISHIWAKI, T., OHTAKE, N., SUEYOSHI, K., ISHII, S., et al., *Effect of Nitrate on Nodulation and Nitrogen Fixation of Soybean*. In: El-Shemy H.A., (editor). *Soybean Physiology and Biochemistry*. InTech; Rijeka, Croatia: 2012. (pp. 333–364).

OHYAMA, T., MINAGAWA, R., ISHIKAWA, S., YAMAMOTO, M., HUNG, N.V.P., OHTAKE, N., SUEYOSHI, K., SATO, T., NAGUMO, Y., TAKAHASHI, Y., *Soybean Seed Production and Nitrogen Nutrition*. In Board J.E., (editor). *a Comprehensive Survey of International Soybean Research-Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships*. InTech; Rijeka, Croatia: 2013. (pp. 115-157).

OSMAN, A. E.; M. H. IBRAHIM a M.A. JONES, ed. *The Role of Legumes in the Farming Systems of Cyprus*, Netherland: Kluwer Academic Publishers, UNDP/ICARDA, Tunis, June 20–24, 1988

PETŘÍKOVÁ, Kristína a Jaroslav HLUŠEK. *Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-50-2.

RECKLING, M., PREISSEL, S., ZANDER, P., TOPP, C.F.E., WATSON, C.A., MURPHY-BOKERN, D. and STODDARD, F.L. 2014. *Effects of legume cropping on farming and food systems*. Legume Futures Report 1.6.

REDLICOVÁ, Radka, Věra BEČVÁŘOVÁ a Karel VINOHRADSKÝ. *Vývoj ekologického zemědělství ČR v ekonomických souvislostech*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-173-4.

RIGBY, D. a D. CÁCERES. *Organic farming and the sustainability of agricultural systems*, Agricultural Systems, Volume 67, Issue 1, April 2001, Pages 21-40.

RYANT, Pavel, Rostislav RICHTER, Zdeněk POULÍK a Luděk HŘIVNA. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin* [online]. 2004 [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/index.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/index.htm)

SALVAGIOTTI, F., CASSMAN, K.G., SPECHT, J.E., WALTERS, D.T., WEISS, A., DOBERMANN, A., *Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review*. Field Crops Research, 2008, 108, 1-13.

SEIDERER M. *Nitrogen fixation of legumes in different growth mediums* / Michael Seiderer. [online]. 2015; Dostupné z: Networked Digital Library of Theses & Dissertations, Ipswich, MA.

SEUFERT Verena, Navin RAMANKUTTY, Jonathan A. FOLEY, *Comparing the yields of organic and conventional agriculture*, Nature 485, 229–232 (10 May 2012, ISSN: 0028-0836.

SCHERER, H.W., PACYNA, S., SPOTH, K.R., SCHULZ, M., *Low levels of ferredoxin, ATP and leghemoglobin contribute to limited N<sub>2</sub> fixation of peas (*Pisum sativum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) under S deficiency conditions*. Biology and Fertility of Soils, 2008, 44, 909-916.

SCHWEIGER, P., HOFER, M., HARTL, W., WANEK, W., VOLLMANN, J., *N<sub>2</sub> fixation by organically grown soybean in Central Europe: Method of quantification and agronomic effects*. European Journal of Agronomy, 2012, 41, 11-17.

SINCLAIR, T. R., *Improved carbon and nitrogen assimilation for increased yield*. In H.R. Boerma and J. E. Specht (Eds.), *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, 2004, (pp. 537-568).

STREETER, J., *Inhibition of legume nodule formation and N<sub>2</sub> fixation by nitrate*. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, 1988, 7, 1-23.

SUCHÝ, Pavel, E. STRAKOVÁ a Ivan HERZIG. *Nutriční a dietologická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů*. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha, 2009, 25.

SZIF: Státní zemědělský intervenční fond. : *Greening* [online]. 2016 [cit. 2017-02-28].  
Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/greening>

ŠARAPATKA, Bořivoj. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010. ISBN 978-80-87371-10-7.

ŠTOLCOVÁ, Miluše. *Speciální fytotechnika*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, 2009. ISBN 978-80-213-1893-9.

TAUFEROVÁ, Alexandra. *Rostlinná produkce*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-716-9.

TOUCHTON, J.T., RICKERL, D.H., *Soybean growth and yield response to starter fertilizers*. *Soil Science Society of America Journal*, 1986, 50, 234-237.

URBAN, Jaroslav a Jan VAŠÁK. *Zemědělské systémy II.: (rostlinná produkce)*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-213-2464-0.

VÁCLAVÍK, Tomáš. *Vývoj ekologického zemědělství v České republice od roku 1990* [online]. 2005 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=438>

VÁCLAVÍK, T. *Průmyslová zemědělství a naše zdraví*. Brožura PRO-BIO, 2003, Dostupné na: <http://www.agronavigator.cz/ekozem/attachments/PrumZemedelstvi%5B1%5D.pdf>

VFU: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. *Fazol obecný* [online]. [cit. 2017-02-28].  
Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/fazol.htm>

VOLLMANN, J., GRAUSGRUBER, H., WAGENTRISTL, H., WOHLER, H., MICHELE, P., *Trypsin inhibitor activity of soybean as affected by genotype and fertilisation*. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 2003, 83, 1581-1586.

VOLLMANN, J., WATANABE, D., PACHNER, M., KHUDAYKULOV, J., LOŠÁK, T., *Soybean quality: Adaptation to European needs*. *Legume Perspectives*, 2015, 8, 19-20.

VOLLMANN, Johann. *Soybean versus other food grain legumes*, Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment, Volume 67, Issue 1, 17–24, 2016, ISSN: 0006-5471

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 329/1997

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava a Petr VRÁBLÍK. *Úvod do agroekologie*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. ISBN 978-80-7044-960-8.

WOOD, C.W., TORBERT, H.A., WEAVER, D.B., *Nitrogen fertilizer effects on soybean growth, yield, and seed composition*. Journal of Production Agriculture, 1993, 6, 354-360.

ZIMOLKA, Josef. *Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (polní a zahradní plodiny, základy pícninářství)*. 2., nezměn. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-230-9.



## 8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Kořenový systém hrachu</i> (Houba a kol., 2009).....	16
Obr. 2 <i>Hrách setý</i> (Ryant a kol., 2004).....	17
Obr. 3 <i>Sója luštinatá</i> (vlastní archiv).....	19
Obr. 4 <i>Fazol obecný</i> (VFU, 2017).....	20
Obr. 5 <i>Čočka jedlá</i> (www.nasevyziva.cz, 2017).....	21
Obr. 6 <i>Bob obecný</i> (Ryant a kol., 2004).....	22
Obr. 7 <i>Výše sazeb pro ekologické zemědělství</i> (EAGRI, 2016).....	41
Obr. 8 <i>Plochy ekologického zemědělství a jejich podíl na orné půdě v roce 2013</i> (Navrátil a kol., 2015).....	43
Obr. 9 <i>Vegetační hala v botanické zahradě</i> (vlastní archiv).....	49
Obr. 10 <i>Zřetelně retardovaný růst sóje u variant 3 a 5 po aplikaci nejvyšších dávek dusíku</i> (vlastní archiv).....	51

## 9. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměrné složení semen luštěnin v % (Prugar a kol., 2008).....	11
Tab. 2 Průměrné složení zralých sójových bobů (Prugar a kol., 2008).....	18
Tab. 3 Vývoj ploch a výnosů luskovin v letech 1993-2015 (ČSÚ, 2016) .....	26
Tab. 4 Pěstování luskovin v Evropě v roce 2014 (EAGRI, 2016).....	26
Tab. 5 Osevní plochy a výnosy jednotlivých luskovin v ČR (Štolcová, 2007).....	27
Tab. 6 Dopady konvenčního zemědělství (Šarapatka, 2010).....	30
Tab. 7 Porovnání konvenčního a integrovaného zemědělství (Křen, Dušková, 2015) .....	35
Tab. 8 Vývoj ploch ekologického zemědělství v letech 1993-2015 (MZe, 2017) .....	39
Tab. 9 Výměra a zastoupení ploch EZ v jednotlivých krajích (MZe, 2017).....	40
Tab. 10 Struktura, produkce a výnos luskovin v EZ v roce 2015 (MZe, 2017).....	42
Tab. 11 Porovnání konvenčního a ekologického zemědělství (Vráblíková, Vráblík, 2007) .....	44
Tab. 12 Srovnání různých systémů hospodaření (Moudrý, 2007) .....	46
Tab. 13 Agrochemické parametry zeminy použité do experimentu (mg/kg) .....	48
Tab. 14 Varianty experimentu.....	48
Tab. 15 Výnos semene sóje (odrůda ES MENTOR) .....	51
Tab. 16 Kvalitativní parametry semene sóje (odrůda ES MENTOR) .....	52

## **10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

ČSÚ	Český statistický úřad
EU	Evropská unie
ES	Evropský parlament a Rada
EZ	ekologické zemědělství
GMO	geneticky modifikované organizmy
HTS	hmotnost tisíce semen
MJ	megajoul
MZe	Ministerstvo zemědělství
PRV	Program rozvoje venkova
SZP	Společná zemědělská politika
UN	Spojené národy