

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Studium biologických vlastností ježatky kuří nohy  
(*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)**

**Bakalářská práce**

**Kateřina Geislerová**

**Rostlinná produkce**

**Ing. Pavel Hamouz, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Studium biologických vlastností ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Hamouzovi, Ph.D. za trpělivost, rady i připomínky. Dále bych chtěla poděkovat mému příteli, který mi byl velikou oporou při psaní této práce.

# Studium biologických vlastností ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)

## Souhrn

Tato bakalářská práce byla zaměřena na analýzu vybraných biologických charakteristik ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), které mají podstatný vliv na uplatnění tohoto druhu v porostech polních plodin při používání současných metod agrotechniky. Zabývá se problematikou dormance, klíčení a hloubky vzházení. Rostliny ježatky kuří nohy mohou v optimálních podmínkách vytvořit několik tisíc obilek, které přežívají v půdě až 10 let. Dormance obilek bývá často přerušena dlouhodobým vlivem nízkých teplot. Optimální teplota pro klíčení ježatky se pohybuje mezi 25–30 °C. Největší počet rostlin ježatky vzhází z hloubky v rozmezí od 1 až 3 cm, naopak při hloubce větší než 10 cm se výrazně snižuje počet vzešlých rostlin.

Regulace ježatky je velmi důležitá, jelikož svým zaplevelením dokáže snížit výnos kulturních rostlin až o 50 i více %, v závislosti na konkurenceschopnosti a hustotě porostu plodin. Ježatku kuří nohu lze regulovat jak nepřímými, tak přímými metodami. Nejčastěji se však tato plevelná rostlina potlačuje chemickými herbicidy, ke kterým se ovšem v různých oblastech světa stává rezistentní. Značnou výhodou je znalost jejího výskytu na daném pozemku z předchozích let, jelikož je možné zasáhnout ji ve velmi raných fázích růstu. Ježatka se nejčastěji vyskytuje v širokořádkových plodinách. V bramborách a cukrové řepě ji lze účinně regulovat listovými graminicidy, v kukuřici je třeba využít preemergentní přípravky nebo některé sulfonylmočoviny. Ze závěru práce vyplývá, že pro účinné potlačení ježatky se nestačí zaměřit pouze na jeden druh regulace, ale je třeba využívat komplexnějších opatření.

**Klíčová slova:** dormance, klíčení, regulace plevelů, rezistence, herbicid

## **Biological features of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.**

### **Summary**

This bachelor thesis was focused on analyses of chosen biological characteristics of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), which have important influence on the infestation of this species in crops by using nowadays agrotechnical methods. Theses dealt with the issue of dormancy, germination and germination depth. In optimal conditions, barnyard grass is able to produce thousands of seeds. The seeds can survive in the soil for 10 years. Dormancy of seeds is often being interrupted by stratification. Optimal temperature for germination of barnyard grass is around 25–30 °C. Most of the seeds germinate in depth of 1–3 cm, on the contrary in depth of 10 cm is germination significantly decreased.

Control of barnyard grass is very important, because it can decrease yield of crops up to 50 %, depending on crop density and competitiveness. Barnyard grass can be controlled by indirect and direct methods. In most of the cases, this weed is controlled by chemical herbicides. It is becoming resistant against many herbicides around the world. It is considerable advantage to know its historical occurrence on specific fields, because it can be targeted in early growth stages. In potato and sugar beet crops it can be successfully controlled by graminicides, in corn crops is needed to use pre-emergent herbicides or some sulfonylurea herbicides. Conclusion tells that for successful management of barnyard grass it is not enough to focus on single type of management, but it is necessary to use complex approach.

**Keywords:** dormancy, germination, weed control, resistance, herbicide

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Přehled literatury .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Obecná charakteristika plevelů.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Biologické vlastnosti plevelů.....</b>	<b>12</b>
3.2.1	Klíčení semen .....	12
3.2.2	Dormance semen .....	13
3.2.2.1	Primární dormance .....	13
3.2.2.2	Sekundární dormance .....	14
<b>3.3</b>	<b>Biologická charakteristika ježatky kuří nohy.....</b>	<b>15</b>
3.3.1	Botanický popis .....	16
<b>3.4</b>	<b>Rozšíření a nároky na stanoviště.....</b>	<b>16</b>
<b>3.5</b>	<b>Produkce obilek a jejich vlastnosti.....</b>	<b>17</b>
3.5.1	Dormance a klíčení .....	17
3.5.2	Hloubka vzházení.....	19
3.5.3	Rozšiřování obilek .....	19
<b>3.6</b>	<b>Konkurenční schopnost a škodlivost.....</b>	<b>19</b>
<b>3.7</b>	<b>Metody regulace plevelů.....</b>	<b>21</b>
3.7.1	Systém regulace polních plevelů .....	21
3.7.2	Metody nepřímé.....	22
3.7.2.1	Vyzrálá statková hnojiva .....	22
3.7.2.2	Osevní postupy.....	23
3.7.2.3	Další nepřímá opatření .....	23
3.7.3	Metody přímé .....	23
3.7.3.1	Mechanické metody .....	23
3.7.3.2	Fyzikální metody.....	25
3.7.3.3	Biologické metody .....	26
3.7.3.4	Chemické metody .....	26
<b>3.8</b>	<b>Regulace ježatky kuří nohy v kulturních plodinách .....</b>	<b>28</b>
3.8.1	Kukuřice setá.....	29
3.8.1.1	Preemergentní ošetření.....	29
3.8.1.2	Časné postemergentní ošetření .....	29
3.8.1.3	Klasické postemergentní ošetření .....	30
3.8.2	Cukrová řepa .....	30
3.8.3	Brambory .....	31

3.8.3.1	Preemergentní ošetření .....	31
3.8.3.2	Postemergentní ošetření .....	32
3.8.4	Slunečnice .....	32
3.8.4.1	Preemergentní ošetření .....	32
3.8.4.2	Clearfield technologie .....	32
3.8.4.3	ExpressSun technologie .....	33
3.8.5	Mák setý .....	33
3.8.6	Obilniny .....	34
3.8.6.1	Postemergentní ošetření .....	34
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>36</b>



## 1 Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na ježatku kuří nohy, která je třetím nejškodlivějším plevelem světa. Tuto plevelnou rostlinu jsem si vybrala, jelikož je v našich podmínkách nejčastějším plevelem širokořádkových plodin, ale může se vyskytovat i v porostech obilí, zejména v mezerovitém porostu jarního ječmene. Z tohoto důvodu jsem chtěla co možná nejlépe popsat biologické vlastnosti a možnosti zasažení ježatky kuří nohy a pomoci tak s její regulací v kulturních plodinách.

V první části bude popsána botanická charakteristika a nastínění možnosti rozpoznání tohoto druhu ve sterilní fázi růstu. Dále práce vysvětluje nejdůležitější vlastnosti obilek, jako jsou dormance, hloubka vzcházení, optimální i minimální teplota klíčení. Zmíněné jsou také nároky na stanoviště či konkurenceschopnost tohoto plevele, která se v určitých plodinách liší.

V další části budou popsány metody regulace, jež se využívají k potlačení ježatky kuří nohy. Využít lze metody nepřímé, kam se řadí například výběr pozemku, správné osevnické postupy, používání čistého osiva či dostatečná fermentace chlévského hnoje před aplikací na pozemek. Práce je zaměřena hlavně na přímé metody regulace, ty jsou také podrobněji použity v poslední části, kterou je regulace ježatky kuří nohy již v konkrétních plodinách. Regulace bude popsána u kukuřice, brambor, cukrové řepy, slunečnice, máku a obilovin.

## **2 Cíl práce**

Cílem bude analýza vybraných biologických charakteristik ježatky kuří nohy, které mají podstatný vliv na uplatnění tohoto druhu v porostech polních plodin při používání současných metod agrotechniky. Jedná se zejména o délku primární dormance obilek, minimální a optimální teplotu klíčení a hloubku vzcházení.

### 3 Přehled literatury

#### 3.1 Obecná charakteristika plevelů

Plevele jsou veškeré druhy rostlin rostoucí ve větším množství mezi kulturními rostlinami proti vůli pěstitele, které snižují množství i kvalitu rostlinných produktů (Kohout 1996). V zemědělství tak patří ke škodlivým činitelům, které se objevují každý rok, na všech stanovištích a ve všech typech pěstovaných plodin. Stanovištěm se myslí pole, zahrady, okrasné výsadby, sady, vinice, chmelnice, louky, pastviny či trávníky, ale také další místa, kde je veškerá rostlinná vegetace nežádoucí (Jursík et al. 2018). Plevele je možné dělit podle řady kritérií. Podle výskytu plevelů na různých stanovištích se dělí na plevele polní, luční, lesní, vodní. Další dělení může být dle výskytu v jednotlivých plodinách nebo dle stupně škodlivosti. Pro zemědělství je ovšem nejvhodnější rozdělení plevelných rostlin podle hlavních biologických vlastností. Důležitými kritérii pro volbu vhodné regulace jsou délka života rostlin, způsob rozmnožování, rozšiřování diaspor atd. (Mikulka 2014).

Rozdělení jednoletých plevelů dle Mikulky (2014):

**Jednoleté plevele** zahrnují efemérní, časně jarní, pozdně jarní a ozimé druhy.

a) Efemérní plevele mají krátký životní cyklus. Vzcházejí na podzim, během zimy či brzy na jaře. Vyskytují se v prořídých a špatně zapojených porostech plodin a využívají dostatek půdní vláhy pro svůj růst. Nejčastějšími plodinami, které tyto rostliny zaplevelují, jsou ozimy a víceleté píceňiny, avšak mnoho škod v porostu nezpůsobují, jelikož jsou na pozemku krátkou dobu a mají spíše drobnější vzrůst. Svůj vývoj ukončují efeméry na jaře.

b) Časně jarní plevele začínají vzcházet velmi brzy na jaře. Klíčí již při teplotách lehce nad bodem mrazu, ale vzcházet mohou během celé vegetační doby. Vyskytují se v jarních obilninách, okopaninách i v některých druzích zeleniny. Rostliny ukončují svůj vývoj nejpozději před zimním obdobím.

c) Pozdně jarní plevele klíčí až při teplotě půdy nad 10 °C. Vzcházejí na jaře, v létě, ale i během teplého podzimu. Na orné půdě se začínají objevovat v době, kdy jsou porosty jarních obilovin dobře zapojené, a tím konkurenceschopné. Tyto plevele zaplevelují plodiny s pomalejším počátečním vývojem, což jsou většinou širokořádkové plodiny.

d) Ozimé plevele jsou velmi variabilní skupinou, jelikož sem patří celá řada významných plevelů. Klíčí na konci léta či na podzim a do zimy vytváří rostliny přezimující ve fázi listové růžice. Po období vegetačního klidu pokračují v růstu opět na jaře. Ozimé plevele dokážou vzejít i v jarním období, vytvořit květy a následně plody, což jim umožňuje v našich podmínkách zaplevelit většinu pěstovaných kulturních plodin.

**Plevele dvouleté až víceleté** rozmnožující se převážně generativním způsobem nejsou typické plevele jednoletých kultur vzhledem ke svému životnímu cyklu. V prvním roce tvoří

listovou růžici, ale až ve druhém roce vykvétají a produkují semena či plody. Dvouleté druhy většinou po produkci semen odumírají a víceleté druhy zůstávají na stanovišti několik let. Ovšem tyto víceleté druhy jsou odkázány na generativní rozmnožování, jelikož postrádají schopnost intenzivního vegetativního šíření. V některých případech mohou regenerovat jednotlivé části narušených trsů či kořenů. Tyto druhy plevelů se hojně vyskytují ve víceletých plodinách, trvalých kulturách nebo na pozemcích ponechaných ladem (Jursík et al. 2018).

**Plevele vytrvalé** se rozmnožují převážně vegetativně pomocí nadzemních či podzemních orgánů. Obvykle se však mohou rozmnožovat i generativně s tím, že jeden nebo druhý způsob převládá (Jursík et al. 2018). Na orné půdě převládá spíše vegetativní způsob šíření a na neobhospodařovaných stanovištích probíhá spíše generativní reprodukce. Intenzivně se rozrůstají a šíří v okolí mateřské rostliny (Mikulka 2014). Dále se tato skupina dělí dle hloubky, do které vegetativní orgány v půdě zasahují, na plevele mělčeji kořenící a hlouběji kořenící (Jursík et al. 2018).

## **3.2 Biologické vlastnosti plevelů**

### **3.2.1 Klíčení semen**

Klíčení semen a vzházení klíčících rostlin plevelů se značně liší oproti kulturním plodinám, které mají díky vlivu dlouhodobého šlechtění vysokou klíčivost již po uzrání. Vysokou klíčivost ihned po dozrání má jen menší počet plevelných druhů. Většina plevelů klíčí nepravidelně a u mnoha z nich se vyskytuje delší období klidu, které se nazývá dormance, kdy jsou semena neklíčivá (Kohout et al. 1996).

Druhovú skladbu a množství vyklíčených semen z půdní zásoby je ovlivněno abiotickými podmínkami stanoviště, jako jsou sluneční záření, teplota, vlhkost půdy, chemické složení, textura a provzdušnění půdy. Během klíčení semene se uplatňuje vzájemné působení mezi semenem samotným a vnějším prostředím. Úspěšné vyklíčení je dáno morfológickými a anatomickými vlastnostmi i vnitřním biochemickým složením. Vnějšími faktory jsou voda, kyslík, teplota, kvantita i kvalita (spektrální složení) slunečního záření, textura půdy, hloubka i způsob uložení semen v půdě, alelopatické působení a další. Důležité je usazení semene v co nejvýhodnější pozici pro vyklíčení, především pro příjem vody. Obecně platí, že čím jsou semena větší (např. kulatá semena), tím hůře získávají vodu potřebnou pro klíčení. Ovšem tento nedostatek je kompenzován schopností semen klíčit i z větší hloubky půdy, kde jsou chráněna před vyschnutím, protože jsou v kontaktu s vodou obsaženou v půdě. Druhy, jež klíčí na půdním povrchu, bývají vystaveny vysokému kolísání teplot i vlhkosti, které mnohdy klíčení vyvolávají. U některých druhů rostlin je klíčení potlačováno dlouhovlnným červeným zářením převažujícím v záření procházejícím zelenými listy stromů (Slavíková 1986).

### 3.2.2 Dormance semen

Dormanci se rozumí klidový stav živých semen, která nejsou schopna vyklíčit a jejichž metabolismus je snížený na minimum. Dlouhodobá evoluce rostlin a adaptace na vnější podmínky vyvinuly u rostlin schopnost přežít v latentním stavu ve formě diaspor. Rostlina dokáže díky dormanci překonat období, které je nevhodné pro její růst a vývoj (Slavíková 1986). Dormance se jeví jako adaptační schopnost rostlin, jež zvyšuje míru přežívání populace následující generace tím, že stále optimalizuje termín klíčení v průběhu času (Jursík et al. 2018).

#### 3.2.2.1 Primární dormance

Primární neboli vrozená dormance je geneticky určená vlastnost semen. Semena či plody nevyklíčí ihned po uzrání, přestože by měly dostatečnou vlhkost i teplotu vhodnou pro klíčení. Tato semena vyklíčí vlivem specifického stimulu, jenž dormanci přeruší. Stimulem bývá nejčastěji nízká teplota (tzv. stratifikace) nebo střídání teplot. Dozrání embrya, narušení osemení či další faktory mohou také způsobit přerušení dormance. V našich podmínkách se dormance řady rostlinných druhů přeruší působením mrazů v zimním období. Tyto druhy poté vyklíčí na jaře, kdy mají vhodné teplotní i vlhkostní podmínky (Slavíková 1986). Primární dormanci můžeme odlišit na dvě formy, a to endogenní dormanci a exogenní dormanci (Jursík et al. 2018).

##### 3.2.2.1.1 Endogenní dormance

Tento typ dormance je vyvolán vlastnostmi embrya, které znemožňují klíčení. Endogenní dormanci lze rozdělit na fyziologickou, morfologickou a kombinaci těchto dvou neboli morfofyziologickou. Příčinou **fyziologické endogenní dormance** jsou fyziologické mechanismy inhibující klíčení, které lze za normálních podmínek odstranit stratifikací neboli posklizňovým dozráváním semen. Slabá fyziologická dormance je běžná u většiny druhů plevelných rostlin, kdy čerstvě dozrálá semena, buď nejsou vůbec schopna klíčit, nebo klíčí pouze při úzkém rozsahu teplot. Může být ukončena krátkou dobou chladové stratifikace nebo naopak, jak je to v případě ozimů, stratifikací při vysokých teplotách. Stratifikace může být nahrazena působením kyseliny gibberelové, což je rostlinný hormon zlepšující klíčivost semen. Střední fyziologická dormance se vyskytuje u některých druhů jarních plevelů. Zde již vyžaduje ukončení dormance delší chladovou stratifikaci, která trvá několik týdnů, někdy dokonce i měsíců. Také ale platí, že u střední fyziologické dormance lze stratifikaci obvykle nahradit kyselinou gibberelovou. Ovšem nahrazení nelze udělat u hluboké fyziologické dormance, která je běžná spíše u dřevin. Ukončení dormance vyžaduje dlouhé období chladové stratifikace. **Morfologická endogenní dormance** je způsobována nedostatečně vyvinutým embryem. Odstraněna může být vhodnými podmínkami pro jeho růst, kdy potřebuje zejména vysokou vlhkost a teplotu nejčastěji mezi 10–30 °C s ohledem na daný druh. U **morfofyziologické endogenní dormance** se uplatňují, jak fyziologické mechanismy inhibující klíčení, tak nevyvinutost embrya, ta je přerušována stratifikací při vysoké nebo nízké teplotě či jejich kombinací (Bewley & Black 1982).

### 3.2.2.1.2 Exogenní dormance

Exogenní dormance je vyvolaná vlastnostmi ostatních struktur semene, které rozlišujeme na vlastnosti fyzikální, chemické a mechanické. Fyzikální dormance je způsobena nepropustností osemení či oplodí pro vodu z důvodu vyskytující se vrstvy sklerifikovaných palisádových buněk v osemení či nepropustným endokarpem. Tato dormance může být ukončena působením mikroorganismů nebo stratifikací při střídavých teplotách. Při chemické dormanci obsahují obaly semen látky inhibující klíčení. Dormance se naruší jejich vyplavením.

Mechanická dormance není příliš častá, projevuje se tvrdými dřevnatými strukturami endokarpu či mezokarpu, které znemožňují růst embrya. Ovšem častěji jsou tyto dřevěné struktury spíše překážkou pro přístupnost vody k semeni (Jursík et al. 2018).

Dle studie zabývající se dormancí semen u 154 druhů plevelů v České republice (Martinková et al. 1997) vyplývá, že semena nepřezimujících plevelů mají nejdelší dormanci. Do těchto druhů patří plevele pozdně jarní a časně jarní, jejichž primární dormance může trvat až 5 měsíců i déle. Dormance semen jednoletých ozimých a efemérních druhů trvá zpravidla kratší dobu 1–3 měsíce. Semena vytrvalých plevelů nemají stanovené pravidlo, jelikož vytrvalé druhy z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*) produkují nažky, které klíčí ihned po dozrání, proti tomu rostliny čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*) vytváří tvrdky s velmi silnou primární dormancí. Variabilita v délce primární dormance se také projevuje uvnitř jednoho druhu, kdy vykazuje různě dlouhou primární dormanci např. populace rostoucí v odlišných podmínkách (Jursík et al. 2018).

### 3.2.2.2 Sekundární dormance

Sekundární neboli vynucená dormance vzniká u zralých semen, která předtím dormantní nebyla, ale vlivem nevhodných podmínek na stanovišti se dormantními stávají. V sekundární dormanci mohou semena přečkávat v půdní zásobě velmi dlouhou dobu. Semena v aridních oblastech polopouští tak mohou přečkávat ve stavu sekundární dormance až do období dešťů. Dalším stimulem k vyklíčení může být vykácení lesa, kdy se náhle stanoviště ozáří slunečním svitem, a právě v tomto okamžiku začínají klíčit tzv. pasekové druhy rostlin. Plevelé, jež se dostaly díky orbě pozemku do hlubších vrstev, také vyčkávají v dormantním stavu do té chvíle, než se znovu objeví u povrchu půdy (Slavíková 1986). Sekundární dormanci lze rozlišit na 4 typy, a to na termodormanci, skotodormanci, fotodormanci a osmodormanci (Jursík et al. 2018).

#### 3.2.2.2.1 Termodormance

Termodormance je podnícena působením teplot. Poměrně efektivní způsob uplatňující se především při indukci sekundární dormance u semen, které se nacházejí v povrchových vrstvách půdy, kde teploty velmi kolísají. Jarní plevele mají dormanci indukovanou vysokými teplotami v průběhu června a července, proto tyto druhy nevzcházejí od poloviny léta až do zimy. Nízké teploty v zimě dormanci těchto druhů naopak porušují. Ozimé plevele mají sekundární dormanci indukovanou nízkými teplotami v průběhu zimního období, která zabraňuje vyklíčení semen na jaře. Vysoké teploty v letních měsících dormanci semen

ozimých plevelů porušují, a tím mohou plevele hromadně vzejít na podzim (Baskin & Baskin 1980; Baskin & Baskin 1983).

#### 3.2.2.2.2 Skotodormance

Tato dormance nastává, pokud jsou semena vyžadující pro klíčení světlo, umístěna po několik dní v temnu. Semena nejprve ztrácí schopnost tvořit kyselinu gibberelovou a poté ztrácí schopnost přijímat červené světlo. Během doby umístěné v temném prostředí se semena stávají silně dormantními, často se vyvíjí snížená senzitivita ke světlu. Ani proces vysychání skotodormantních semen nezmenšuje jejich dormanci. Tato dormance není ovlivněna embryem, ale projevuje se jako neschopnost semen reagovat na stimulaci červeného světla nebo hormonu (Bewley 1980).

#### 3.2.2.2.3 Fotodormance

Studie zaměřená na fotodormanci dokazuje, že krátkodobé vystavení semen dlouhovlnnému červenému záření inhibuje klíčivost. Prokázalo se, že klíčivost byla vyšší po krátkodobém vystavení semen červenému světlu než po krátkodobém vystavení dlouhovlnnému červenému světlu, ale nižší než při klíčení bez přístupu světla. Dále byla tato semena hydratována a po delší dobu ozářena dlouhovlnným červeným světlem. Byla vysušována po dobu 7 dnů, kdy špatně klíčila a nebyla schopna reagovat na ozáření krátkého červeného světla ani po rehydrataci. 40 dní po vysušení začala semena, která byla ozářena červeným světlem, vykazovat známky klíčení a typickou odezvu vyvolanou fytochromem (Hou & Simpson 1990).

#### 3.2.2.2.4 Osmodormance

Sekundární dormance zde vzniká kvůli osmotickému stresu, kdy rostlina nemá dostatek vody pro klíčení, přestože malé množství vody je v prostředí k dispozici a semena mohou bobtnat (Jursík et al. 2018).

U sekundární dormance hrají značnou roli výhradně vnitřní faktory, jenž působí s genetickými dispozicemi a metabolickou reakcí semen či plodů na vnější prostředí. Indukce sekundární dormance závisí na tom, jestli se nabobtnalá semena potkají s přírodními podmínkami neumožňujícími jejich klíčení (Jursík et al. 2018).

### 3.3 Biologická charakteristika ježatky kuří nohy

Ježatka kuří noha patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a spadá do skupiny pozdních jarních plevelů. Jednoletá volně trsnatá středně vysoká prosovitá tráva, která je světle až tmavě šedozelená. Dosahuje výšky až 1,5 metru. Rostlina bohatě odnožuje. Zpočátku roste ježatka poléhavě, později se však napřimuje, v kolénkách může zakořeňovat. Ukotvena je v půdě pomocí mohutného systému svazčitých kořenů, které jsou pro tuto čeleď typické (Jursík et al. 2018).

### 3.3.1 Botanický popis

Klíčící rostlina má koleoptile, 7–10 mm dlouhou a přibližně 1 mm širokou, červenohnědou, v dolní části jen krátce srostlou. Čepel prvního listu, která je téměř čárkovitá, má délku 18–28 mm a je 2,5–3 mm široká. Sbíhá se a je špičatá jen v horní čtvrtině. Dále je čepel obloukovitě vyklenutá, mnohožilná a lysá. Barvu má světle zelenou. Pochva prvního listu je otevřená, nevýrazně smáčknutá, lysá bez jazýčku a oušek. Pochva má zelenou nebo načervenalou barvu s tmavšími žilkami. Čepel druhého listu je dlouhá 30–40 mm a široká 4–5 mm, ostřeji zakončená. Další listy jsou větší s čepelemi ostře zašpičatělými. Listové pochvy bývají výrazně smáčknuté, rovněž bez jazýčku a bez oušek. Rostlina je obvykle lysá, výjimečně se může objevit na okraji báze čepelí několik trichomů. Listová vernace je stočená. Ježatka brzy vytváří postranní odnože (Hamouz 2015).

Rod *Echinochloa* zahrnuje okolo 250 druhů (Guo et al. 2017). Tento rod se vyznačuje přímými stébly s plochými listy bez jazýčku. Květenství mají složené z lichoklasů, které mají víceřadé klásky na vnitřní přiosní straně ploché, vně vypuklé. Plevy nestejně, dolní odosní kratší než klásek, horní přiosní zděli klásku (Dostál 1989).

Dospělá rostlina ježatky kuří nohy je tmavě šedozelená 30–70 (10–100) cm vysoká, poléhavá až vystoupavá s přímými stébly, je lysá a hladká, na koléncích chlupatá. Pochvy jsou hladké, horní slabě nafouklé. Čepele má ploché 4–15 mm široké, jsou lysé a hladké někdy řídce chloupkaté. Střední žilka listu je bělavá a postranní žilky jsou zřetelné. Květenstvím je přímá lata, která je většinou převislá a dlouhá 10–20 cm s lichohrozny o velikosti 2–10 cm, které jsou na bázi někdy větvené, šikmo odstálé a větévky mají drsné. Klásky jsou 3–4 mm dlouhé, vejčitě eliptické, uspořádané ve dvou nepravidelných řadách, světle zelené až nafialovělé, v celosti opadavé. Plevy jsou nestejně a štětinkaté. Spodní pleva je vejčitá 3–5žilná, horní pleva je špičatá 6–7žilná, horní plucha je 2–3 mm dlouhá (Dostál 1989).

### 3.4 Rozšíření a nároky na stanoviště

Ježatka kuří noha je celosvětově rozšířeným plevem. Je problematičtější hlavně na rýžových polích v jihovýchodní Asii (Kocián 2008). Označuje se za třetí nejškodlivější plevel světa (Mikulka 2014). Na území České republiky se vyskytuje již od dob neolitu. Významně se ježatka rozšířila od konce 60. let, jelikož se v tuto dobu pěstovala kukuřice jako monokultura za používání vysokých dávek triazinových herbicidů (Mikulka 2014).

Ježatka je teplomilný druh, který vyžaduje až 200denní periodu bez mrazů, průměrnou teplotu v červenci 16–25 °C a dále je pro ni žádoucí dostatečná vlhkost půdy (Roche & Muzik 1964). Vyhovují jí spíše teplé nížinné pozemky, ovšem v posledních letech se rozšiřuje i do vyšších poloh, díky zvyšující se teplotě a šíření pěstování silážní kukuřice (Holm et al. 1977). Roste na vlhkých, výživných a humózních půdách, kde vytváří mohutné rostliny. Je velmi přizpůsobivá novým podmínkám, proto ji lze nalézt i v suchých a živinami chudších oblastech, zde ale nedorůstá větších rozměrů (Mikulka 2018). Dříve byla ježatka rozšířena převážně na lehčích půdách, nyní se postupně šíří i na půdy vysloveně těžké (Jursík et al. 2018). Vyskytuje se na polích, úhorech, rumištích, cestách, písčínách a březích vod (Dostál 1989). Osidluje nezapojená a slunná stanoviště (Kocián 2008). V posledních letech ji lze nalézt i v řídkých porostech ozimých i jarních obilnin, kde převážně po intenzivnějších



dešťových srážkách tvoří mohutné porosty, ty poté výrazně komplikují sklizeň obilnin, jelikož jsou dlouho vegetačně aktivní (Mikulka 2014).

### 3.5 Produkce obilek a jejich vlastnosti

Rostliny ježatky kuří nohy kvetou od června do října. Rozmnožování probíhá výhradně generativně, v ojedinělých případech porušením trsu při zpracování půdy může vzniknout regenerací několik jedinců. Na jedné rostlině postupně dozrává několik tisíc obilek, které jednoduše vypadávají do okolí mateřské rostliny (Norris & Streibig 1996). Hmotnost tisíce semen ježatky kuří nohy se pohybuje v rozmezí 1,5–2,5 g (Luneva, 2019). Produkce obilek je závislá na plodině, kterou ježatka zapleveluje. Například v porostu kukuřice není schopna vyprodukovat jedna rostlina ježatky více než 3 500 obilek, zatímco v cukrovce, která je méně konkurenční, může jediná rostlina vytvořit až 80 000 obilek (Norris & Streibig 1996). Produkce je snižována nejen konkurencí plodiny, ale také dalších plevelů (Jursík et al. 2018). Z konkurenčního hlediska záleží zejména na okamžiku vzcházení ježatky v plodině. V pokusu, kde byla ježatka zasetá do kukuřice ve fázi jednoho až dvou listů, se zjistilo, že deset rostlin ježatky vyprodukovalo při nižší pokryvnosti listové plochy i přes 30 000 obilek ve srovnání s produkcí rostlin ježatky, která byla zasetá až ve fázi čtvrtého listu kukuřice, kdy produkce byla pouze do 3000 obilek (Bosnic & Swanton 1997).

#### 3.5.1 Dormance a klíčení

V tropickém pásmu mohou obilky klíčit ihned po dozrání (Holm et al. 1977), v mírném pásmu však vytváří ježatka obvykle obilky s dlouhou primární dormancí, jež je ovlivněna hlavně délkou dne, při které obilky dozrály (Torma & Hódi 2002). Studie Salimiho a Termeha (2002) v Iránu se zabývala dormancí obilek. Hlavním klíčovým faktorem dormance bylo osemení a oplodí. První obilky dozrálé v červenci vykazovaly primární dormanci delší. Obilky dozrálé koncem srpna a září měly dormanci kratší. K porušení primární dormance dozrálých obilek docházelo tedy v přibližně stejnou dobu, většinou v říjnu až listopadu, což je doba, kdy již nejsou příznivé teplotní podmínky pro klíčení. Minimální teplota potřebná ke klíčení obilek se pohybovala mezi 10–15 °C v závislosti na intenzitě osvětlení, ročníku a původu obilek. Optimum pro klíčení je mezi 20–25 °C, kdy vykazuje maximální klíčivost většina populací. Dle výzkumu Sadeghloo et al. (2013) byla minimální teplota pro klíčení ježatky kuří nohy 5 °C, optimální teplota byla 38 °C maximální 45 °C. Klíčivost obilek byla tolerantní vůči vodnímu stresu i salinitě. Ukázalo se, že ani pH půdy není limitujícím faktorem, avšak v kyselém prostředí je možno očekávat větší počet vzešlých rostlin než v tom alkalickém.

Dormance obilek může být ovlivňována jejich stářím. Klíčení bylo zkoumáno u jednoletých a osmiletých obilek ježatky kuří nohy. Každá skupina obilek byla rozdělena na část uloženou v suchém prostředí v teplotě 25 °C a část umístěna na pole. První skupina obilek ztratila dormanci během 2 let, zatímco obilky v běžném polním prostředí prošly ročním cyklem dormance. Obilky klíčily při teplotách mezi 17–35 °C s fotoperiodou světlo (18 h)/tma (6 h). Optimální teploty pro klíčení se pohybovaly v rozmezí 27–31 °C. Stratifikace během první zimy odstranila dormanci a umožnila klíčit obilkám v úzkém teplotním rozmezí.

Zvyšováním stáří obilek ježatky kuří nohy se snižovalo omezení optimální teploty ke klíčení. Potvrdilo se, že klíčivost byla ovlivněna jak stářím obilek, tak způsobem skladování (Martinková et al. 2006). V pokusu Martinkové a Hoňka (1995) byly obilky ježatky kuří nohy sbírány koncem léta ze dvou lokalit středních Čech. Obilky byly vloženy do vlhkého písku o teplotě 7 °C (stratifikace), a to bezprostředně po sklizni nebo po 1, 2 a 3měsíčním skladování v suchých podmínkách při teplotě 7, 15 a 25 °C nebo ve vlhkých podmínkách při teplotě 15 °C. Rychlost ukončení dormance obilek byla ovlivněna délkou posklizňového zrání a teplotními i vlhkostními podmínkami převládajícími v tomto období. Obilkám, které byly skladovány v suchu, se zkracuje doba dormance s přibývajícím teplotou a obdobím po dozrání. Obilkám umístěným ve vlhkém prostředí se zvýšila rychlost stratifikace, oproti těm umístěným v suchém prostředí při stejné teplotě.

Martinez-Ghersa et al. (1997) zjistili, že k přerušení dormance je důležité střídání teplot v kombinaci s obsahem vody v půdě. U obilek ježatky se přerušila dormance až tehdy, když byla půdní vlhkost dostatečně vhodná pro klíčení. Nepříznivé podmínky, jako je stálá teplota a nízký obsah vody v půdě, vyvolaly u těchto obilek sekundární dormanci.

U obilek ježatky kuří nohy, jež byla vystavena po dobu 100 dní v nedostatku kyslíku, vyvolala teplota 25 °C sekundární dormanci. Na druhou stranu hypoxie nevyvolala dormanci při teplotě 15 °C a ani nezabránila ukončení dormance při teplotě 7 °C. Sekundární dormance byla přerušena až po dvouměsíčním působení stratifikace při 7 °C. Z toho vyplývá, že nedostatek kyslíku může navyšovat podíl dormantních obilek v půdě a ovlivňovat tak dynamiku vzházení ježatky kuří nohy z půdní zásoby (Honěk & Martinková 1992). V půdní zásobě mohou obilky přežívat 8–10 let (Mikulka 2014), jelikož mají dlouhou životaschopnost (Salimi & Termeh 2002).

Schopnost ježatky kuří nohy klíčit v anaerobním prostředí byla dokázána pokusem na Washingtonské státní univerzitě. Zjistilo se, že ačkoli je rýže dlouhodobě uznávána jako jedinečná rostlina adaptovaná pro růst v prostředí s nízkým obsahem kyslíku, ježatka kuří noha zvládala klíčení v tak neobvyklých podmínkách přinejmenším stejně dobře jako rýže. Obilky dvou druhů ježatky kuří nohy klíčily a rostla po delší dobu v prostředí bez kyslíku. Ježatka klíčila stejně jako rýže v dusíkové atmosféře, kde byla schopna vyprodukovat stejně velké klíčící rostliny i přes mnohem menší velikost obilek než má rýže. Ovšem kořeny jí nevyrostly a klíčky vytvořila bez pigmentu. Struktura mitochondrií z primárního listu rostlin, které jsou pěstovány nepřetržitě v dusíku, je velmi podobná těm, které rostou aerobně. Velikost i tvar mitochondrií byly podobné, kristy byly četné a měly normální vzhled. Tato skutečnost si velmi odporovala s předchozími studiemi, které uváděly, že mitochondrie měly tendenci ztrácet normální jemnou strukturu po obdobných podmínkách bez kyslíku. Ježatka kuří noha je vysoce metabolicky aktivní, proto může klíčit a růst i na zaplavených rýžových polích (Kennedy et al. 1980).

### 3.5.2 Hloubka vzcházení

Hloubka vzcházení ježatky kuří nohy byla testována v písčité půdě, kde bylo pozorováno, že nejvíce klíčících rostlin vzcházelo z hloubky okolo 3 cm. Vzcházevost se postupně snižovala, jak se zvyšovala hloubka vysetí. Zjistilo se, že ježatka je schopná vzcházet již z hloubky přes 12 cm. Testována byla rovněž klíčivost obilek položených na povrchu půdy, ovšem vyklíčilo jen malé množství (Dawson & Bruns 1962). Dle Martinkové a Hoňka (1993) měla ježatka nejvyšší procento klíčících rostlin a nejkratší dobu vzcházení, pokud se vysela do hloubky 1 cm. Výjimkou byly 3 případy, kdy nízký obsah vlhkosti v povrchové vrstvě půdy zpozdil vzcházení tohoto plevelu. Dále zjistili, že hloubka výsevu 12 cm výrazně snižuje velikost rostliny. Martinková a Honěk (2013) vyzorovali, že se s rostoucí hloubkou snižuje podíl vyklíčených obilek. V jejich pokusu se snížil podíl vyklíčených obilek na 0–20 % při hloubce  $\geq 10$  cm, což bylo pro klíčící rostliny fatální, jelikož obilka vyklíčí, ale klíček nedokáže vzejít na povrch půdy. Procento zárodečné klíčivosti bylo větší u obilek, které byly zasety během jarního období než ty během podzimu. Jarní orba vyvolává u nedormantních obilek, které jsou v hloubce  $\geq 10$  cm jejich odumírání, čímž se snižuje zásoba obilek ježatky kuří nohy v půdě.

Sadeghloo et al. (2013) ve své studii umístili obilky ježatky do plastových nádob naplněných jílovitou půdou. Obilky byly rozmístěny na povrch půdy a do různých hloubek od 0,5 do 14 cm. Tyto nádoby s obilkami byly přesunuty do skleníku, kde byla tma a teplota se pohybovala okolo 30 °C. Uvádějí, že z obilek ježatky umístěných na povrchu půdy vzešlo nejvíce rostlin. Potvrdilo se, že se zvyšující se hloubkou uložení obilky klesá její klíčivost. Obilky, které byly uloženy v hloubce 10 cm, nevzešly. Ovšem optimální hloubka vzcházení byla 2 cm.

### 3.5.3 Rozšiřování obilek

Ježatka kuří noha rozšiřuje obilky způsobem zvaným zoochorie. Zoochorie je způsob šíření semen či plodů prostřednictvím živočichů. Tato plevelná rostlina využívá konkrétně endozoochorii, kdy její obilky prochází tělem živočicha. Obilky jsou požiteny, prochází trávicí soustavou a s výkaly jsou vyloučeny z těla ven. Oba obilky musejí být vzhledem k poměrně agresivnímu prostředí uvnitř těla velmi pevné a odolné, aby si obilky uchovaly životnost po celou dobu průchodu trávicím traktem. Nadzemní části ježatky kuří nohy jsou požírány přežvýkavci, kteří mohou způsobovat její značné šíření (Jursík et al. 2018). Dále se obilky ježatky rozšiřují prostřednictvím vody, nečistým osivem, balíčkovou sadbou či mechanizačními prostředky (Mikulka 2014).

## 3.6 Konkurenční schopnost a škodlivost

Ježatka spadá do skupiny C4 rostlin. Využívání tohoto typu metabolismu ji pomáhá efektivněji růst při vysokých teplotách a zlepšuje její transpirační efekt (Holm et al. 1977). C4 rostliny mají alternativní biochemické dráhy pro fixaci CO<sub>2</sub>, díky kterým dokážou lépe hospodařit s vodou. Rostliny C4 metabolismu mají k CO<sub>2</sub> obzvláště velkou afinitu.

Při stejné spotřebě vody jsou schopny fixovat více CO<sub>2</sub> než C<sub>3</sub> rostliny (Townsend et al. 2010).

Růst a konkurenceschopnost ježatky jsou závislé na délce dne. V krátkých dnech vytváří nízké rostliny s dostatkem odnoží, ale má drobné laty (Holm et al. 1977). Ovšem tyto rostliny kvetou brzy a tvoří obilky. Při dlouhých dnech se tvoří vysoké rostliny s velkým množstvím obilek. Rostliny ježatky, které vzcházejí v podmínkách mírného pásma v druhé polovině léta, jsou malé, a proto se uplatňují v porostech jen velmi málo. Nemohou způsobit škodlivé zaplevelení, jelikož je již v tomto období porost kulturních plodin zapojen (Jursík et al. 2018).

Optimální teplota pro růst ježatky kuří nohy se pohybuje v rozmezí 25–30 °C, zastavení růstu probíhá v teplotě okolo 5 °C. Počáteční růst a vývoj je při optimálních podmínkách velmi rychlý, první odnože může vytvořit již 10 dnů po vzejití (Martinková & Honěk 1998).

Ježatka kuří noha patří mezi neškodlivější plevely kvůli své vynikající biologii a ekologickým adaptacím. Způsobuje výrazné ztráty výnosů u různých plodin. Má silný alelopatický potenciál, který napomáhá konkurenceschopnosti. To se značně podílí na ztrátách ve výnosu (Bajwa et al. 2015). Alelopatie je schopnost rostlin inhibovat nebo stimulovat růst blízkých rostlin v přírodě. V jedné studii byla zkoumána alelopatie rýže proti růstu ježatky kuří nohy. Zkoumalo se 17 pozemků s porostem rýže, které měly potenciální alelopatickou schopnost. Ukázalo se, že většina odrůd rýže vykazovala inhibiči délky stébel a počtu lat ježatky (Khanh et al. 2017). Další studie byla zaměřena na kořenové exsudáty ježatky kuří nohy. Zjistilo se, že kořenové exsudáty tohoto plevelu snižovaly klíčivost i růst rýže nebo salátů. Bylo nalezeno a identifikováno patnáct sloučenin, které se potenciálně podílejí na fyto toxických aktivitách v půdě (Xuan et al. 2006).

Díky systematickému posuzování rýžových plevelů se ukázalo, že druhy *Echinochloa* jsou nejčastějšími plevely spojenými s kultivací rýže na celém světě. Ježatka kuří noha se dokázala adaptovat v rýžových polích tak, že její vzcházející rostliny morfologicky připomínají rýži, což zvyšuje obtížnost rozpoznání při ručním pletí v porostu rýže. Vyvinula si rezistenci vůči herbicidům, čímž se stala celosvětově nejnebezpečnějším herbicidně rezistentním plevelem (Guo et al. 2017).

Serra et al. (2018) se zabývali možným oslabením růstu ježatky kuří nohy na zasolené půdě. Salinizace neboli zasolení půdy je fenomén vyskytující se v mnoha regionech včetně evropských oblastí pěstování rýže. Salinizace však může mít přímý vliv i na rýži, ale hlavním cílem by mělo být oslabení plevelných druhů rostlin. Studie byla zaměřena na hodnocení vlivu salinity a herbicidu na klíčivost ježatky kuří nohy v porostech rýže. Testování bylo prováděno ve skleníku, kde byly rostliny pěstovány v nádobách naplněných pískem a umístěny do nádrží obsahující roztoky s různými koncentracemi soli. Výsledky ukázaly snížení klíčivosti, rychlosti vzcházení rostliny i zmenšení výšky rostliny se zvyšujícími se koncentracemi ve fyziologickém roztoku. Tolerance rýže k salinitě byla nižší než u plevelných rostlin ježatky kuří nohy. Po několika dnech došlo k usychání rostlin. Reakce na aplikaci herbicidů při vyšší salinitě roztoku byla jen slabě ovlivněná. Rostliny

ježatky kuří nohy ošetřené herbicidem sice vykazovaly menší vzrůst rostlin a snížení obsahu chlorofylu, ale její dobrá schopnost se přizpůsobit podmínkám vyšší koncentrace solného prostředí jen dokazuje, že je tento plevel opravdu velmi problematický.

### **3.7 Metody regulace plevelů**

Plevelné rostliny způsobují značné ztráty na rostlinné produkci a odplevelení kulturních plodin vyžaduje nákladné zásahy (Zitta et al. 1998). Úkolem je nalézt kombinace pro regulaci plevelů, které současně zajistí přijatelnou úroveň plevelů, sníží návrat semen plevelů do půdní zásoby a zároveň budou ekologicky výhodné (Kolb & Gallandt 2012).

Na pozemcích začaly převládat plevelné druhy s širokou stanovištní amplitudou a velkou konkurenční schopností. Rozšířily se druhy dobře využívající vyšších dávek hnojiv, dobře se uplatňující v hustých porostech, plevele nitrofilní, ovíjivé a snášející zastínění. Nástup odolných a agresivních plevelů ovlivnilo zvýšení zastoupení ozimých rostlin na orné půdě, kdy se začíná s dřívějším termínem setí a minimalizací zpracování půdy. Zjednodušením osevních postupů, jež se skládají z menšího počtu plodin, se také umožnila specializace některých plevelných druhů (Zitta et al. 1998). Přítomnost plevelných rostlin ovšem není nahodilá. Výskyt plevele na určitém pozemku je omezen splněním ekologických požadavků daného druhu. Z hlediska konkurence má plevelná rostlina šanci uplatnit se v porostu jediné tehdy, pokud má podobný vývojový cyklus jako kulturní rostlina. Proto například v ozimých obilovinách je třeba počítat s větším výskytem ozimých plevelů, které vzcházejí na podzim, ale i v zimě nebo časně z jara. Plevelová společenstva podléhají změnám v závislosti na prostředí, kde se nacházejí. Jsou citlivá na ochranu proti nim, ale i na skladbu kulturních plodin v osevním postupu, což souvisí i s nárůstem pěstebních ploch řepky, kdy se dostávají do popředí brukvovité druhy plevelů, zejména penízecké rolní nebo kokoška pastuščí tobolek. Tento jev je možný pozorovat při příliš častém pěstování řepky na určitém pozemku v kombinaci s relativně nízkou účinností běžně používaných herbicidních přípravků (Hamouz et al. 2009).

#### **3.7.1 Systém regulace polních plevelů**

Cílem není plevelné druhy zničit, ale omezit je na neškodný stupeň. Systém regulace zaplevelení lze rozdělit na vlastní diagnostiku, preventivní opatření a přímá opatření. Diagnostikou zaplevelení se rozumí poznání plevelů ve všech růstových fázích včetně klíčících rostlin i rozmnožovacích orgánů. Důležité je znát biologii zastoupených plevelů a jejich změny, jako je životní cyklus rostliny, intenzita rozmnožování, dormance a periodicitu vzcházení. Evidence rozšíření plevelů na všech pozemcích v delším časovém horizontu také pomáhá při rozhodování a stanovení metod regulace (Zitta et al. 1998). Plevelé mohou být omezovány mechanicky či vhodně zvolenými herbicidy ještě dříve, než by mohly začít škodit (Kohout et al. 1996). Dále je nutné zjištění všech potenciálních zdrojů zaplevelení, které mohou být z půdní zásoby nebo zpět do půdy dodané osivem či statkovými hnojivy. Preventivní metody řeší omezování zdrojů zaplevelení tím, že využívají jako základní regulační faktor cílené střídání plodin (Zitta et al. 1998). Takovéto metody jsou z dlouhodobého hlediska neúčinnější a nejlevnější (Kohout et al. 1996).

### 3.7.2 Metody nepřímé

Nepřímé metody jsou takové agrotechnické postupy, jejichž cílem je bránit výskytu plevelných rostlin a omezovat jejich populační hustotu a škodlivost navozováním nevhodných podmínek pro uskutečnění jejich životního cyklu nebo negativních interakcí s plodinou (Jursík et al. 2018).

#### 3.7.2.1 Vyzrálá statková hnojiva

Statková hnojiva jsou dalším problémem se zaplevelením, jelikož část plevelných semen může přežít průchod trávícím traktem hospodářských zvířat a tím se dostává do chlévské mrvy. Pokud chlévská mrva neprojde dostatečným fermentačním procesem, při kterém dochází k výraznému nárůstu teploty a tím i k poškození veškerých semen v ní se nacházejících, nebo není-li doba zrání dostatečně dlouhá, mohou se semena přenést na hnojený pozemek.

Spousta plevelných druhů roste poblíž méně udržovaných hnojišť a kompostáren či přímo na nich. V letech 1996 a 1997 byly provedeny pokusy zaměřující se na životaschopnost 8 druhů plevelů při kompostování. Semena byla umístěna do nylonových sáčků a ponořena do 25 a 75cm hloubky kompostů s přidavkem vody či bez ní. První obrácení, které proběhlo po týdnu od umístění sáčků do kompostu, přežila semena většiny druhů plevelů. Po 4–5měsíčním procesu kompostování ztratila všechna semena svou životaschopnost. K tomuto stavu došlo, přestože teplota v kompostu nedosáhla ani 60 °C, jež je považována za nezbytné pro ničení semen (Eghball & Lesoing 2000).

Semena vysemeněná na hnojišti nejsou ovlivněna trávícími procesy. Fermentačním procesům v průběhu zrání hnoje byla tato semena vystavena pouze omezenou dobu. Většinou bývá těchto semen na hnoji nejvíce a také mívají nejdéle dobu životaschopnosti v půdě. Plevelné rostliny, vyskytující se přímo na hnojištích, produkují velké množství semen díky vhodným životním podmínkám. U ježatky kuří nohy vyskytující se na hnojišti bylo zjištěno až 28 produktivních odnoží (Winkler et al. 2018).

Bezstelivové ustájení skotu se opět začíná rozšiřovat, stoupá tedy i produkce kejdy, což je směs výkalů, moče a manipulační vody. Semena plevelných rostlin se do kejdy také dostávají přes trávící trakt zvířat nebo při nevyužití objemných krmiv. Pokud se kejda skladuje déle, tak již po třech měsících ztrácejí semena většiny druhů plevelů svou klíčivost. Ovšem při krátkodobém skladování se již mohou významně šířit, s ohledem na fakt, že ne všechny plevelné druhy reagují stejně. Aplikace kejdy na pole přispívá k šíření ježatky kuří nohy. Ježatka je sklízena spolu s biomasou kukuřice, kde je schopna přežít silážování, dále vlivy trávících procesů při zkrmení skotem, dokonce i působící vlivy vznikající v průběhu uskladnění kejdy. Většinou se kejda ve značné míře aplikuje před setím kukuřice na siláž, čímž se cyklus šíření a množení ježatky kuří nohy uzavírá. Mimo to, že kejda rozšiřuje plody a semena plevelů, také obsahuje růstové látky heteroauxiny, které mohou podpořit vzcházení semen z půdy, což má za následek zvyšování aktuálního zaplevelení hnojených plodin. Hnojení zejména prasečí kejdou může zhoršovat fyzikální vlastnosti půdy, přičemž se snižuje konkurenceschopnost pěstovaných plodin (Winkler et al. 2018).

Hnojiště a kompostárny bez plevelů i dobře vyzrálá statková hnojiva jsou důležitou součástí systému regulace plevelů na orné půdě (Jursík et al. 2018).

### 3.7.2.2 Osevní postupy

Důležitou nepřímou metodou regulace jsou osevní postupy, které značně snižují problémy se zaplevelením. Pokud se na pozemku střídají plodiny dle obecných zásad platných pro sestavování osevních postupů, kde je zároveň pestré zastoupení jednotlivých plodin, nemělo by v plevelném společenstvu dojít k přemnožení škodlivých druhů. V případě, že je na pozemku pěstována nějaká plodina více, plevelné spektrum se přizpůsobí a začnou zde růst ty plevelné druhy, které se v dané plodině uplatní lépe. I v případě regulace ježatky kuří nohy je střídání plodin významné. Pokud dojde k přemnožení ježatky kuří nohy, je vhodné přerušit nebo omezit pěstování okopanin a navýšit podíl ozimů v osevním sledu (Barberi 2002). Mělo by se volit do osevního sledu takových plodin, které ježatku potlačí, jelikož pro svůj počáteční vývoj potřebuje dostatek světla (Mikulka 2014). Osevní postupy reagující na aktuální stav zaplevelení na pozemku a jsou mnohdy účinnější než fixní osevní postupy (Barberi 2002).

### 3.7.2.3 Další nepřímá opatření

Již samotný výběr pozemku může být nepřímou metodou regulace, kdy volba vhodného pozemku pro pěstování kulturní plodiny může ovlivnit průběh pěstování. Plodiny citlivé na zaplevelení obtížně regulovatelným plevellem by neměly být pěstovány na takových pozemcích, kde je hojný výskyt těchto plevelů z předchozích let známý (Jursík et al. 2018).

Hlavním cílem je zamezit dalšímu šíření této plevelné rostliny, kdy se doporučuje používat čisté osivo kulturních plodin, dodržovat časné setí jařin a udělat vše proto, aby se vytvořily na poli dobře zapojené porosty (Mikulka, 2014).

## 3.7.3 Metody přímé

Jedná se o takové pracovní postupy, jejichž hlavním cílem je odstraňovat plevelné rostliny z porostu. Rozdělují se na metody mechanické, fyzikální, biologické a chemické (Jursík et al. 2018).

### 3.7.3.1 Mechanické metody

Mechanická regulace byla základním pilířem ochrany porostů před škodlivostí plevelných rostlin, ale to se změnilo zavedením a rozšířením herbicidních látek (Jursík et al. 2018). Cílem mechanické regulace je nejen zeslabení nežádoucí vegetace, ale je také nutné podpořit kulturní plodinu kypřením půdy a zabránit neproduktivnímu výparu. Upravuje se orniční profil a reguluje vzdušný, vodní i tepelný režim půdy (Kohout et al. 1996). Mechanické způsoby regulace zahrnují většinu kultivačních zásahů v průběhu vegetace plodiny. Velice účinné a zároveň nejjednodušší opatření je ruční pletí či okopávka. Ovšem z důvodu vysoké pracovní náročnosti i nákladovosti zásahu je možné tato opatření

využít pouze na malých plochách, kde by ponecháním plevelů v porostu hrozily vysoké ztráty. Ruční odstraňování plevelů je v praxi využíváno v zahradnictví nebo ekologickém zemědělství. Dále se také používá v podnicích zaměřujících se na produkci osiv a sadby, jelikož je třeba odstranit z pozemku plevele, jejichž výskyt by mohl ohrozit uznání množitelského porostu. Vhodné je využití ručního pletí pro odstranění plevelných rostlin, které přežily zásah herbicidem, protože vždy hrozí riziko, že se jedná o rezistentní jedince. Rozšíření takto rezistentních jedinců by znamenalo postupné snižování účinnosti stávajícího systému herbicidní regulace plevelů (Jursík et al. 2018).

Obiloviny patří mezi nejvíce konkurenceschopné plodiny, ovšem v rámci ekologického zemědělství jsou velmi ohrožovány plevelnými rostlinami. V hustě setých porostech je možné provádět vláčení pomocí prutových bran. Pružné pruty bran poškozují či zahrnují vzcházející plevele. Vláčení se používá buď před vzejitím porostu, nebo když je již plodina dostatečně silná a zakořeněná, aby nedošlo k jejímu většímu poškození. Tento zásah je vhodné použít opakovaně, pokud to podmínky dovolí. Při tomto zásahu by měla mít půda vhodnou vlhkost, protože v případě přeschlé půdy se obvykle omezí intenzita jejího zpracovávání a také se zmenší počet zasažených plevelů. V případě přemokřené půdy také dochází k omezenému narušování plevelných rostlin, kdy navíc poškozené rostliny mohou ještě snadněji zakořenit a regenerovat (Kolb & Gallandt 2012).

V závislosti na růstové fázi plevelného druhu, vlhkosti půdy, pracovní rychlosti a dalších podmínkách je možné vláčením poškodit nebo odstranit 30–80 % plevelů. Nejvyšší účinnost má vláčení proti klíčícím nebo proti vzešlým jedincům vyskytujících se ve fázi děložních nebo prvních pravých listů (Kurstjens et al. 2000; Cirujeda et al. 2003). Prutové brány jsou nejčastěji používány v ekologickém zemědělství nebo tehdy, kdy není žádoucí použití chemické regulace plevelných rostlin (Jursík et al. 2018).

Nejčastěji využívanou mechanickou regulací ježatky kuří nohy je plečkování. Plečky lze používat v širokořádkových plodinách, kde se nejčastěji tento plevel vyskytuje (Jursík et al. 2018). Rozhodujícím faktorem vysoké účinnosti při plečkování je vlhkost půdy. Při vysoké vlhkosti nelze tento zásah technicky provést, a jestliže se i přes to plečkuje, hrozí vysoké riziko, že se plevele opět zregenerují. Plečkováním ovšem nelze odstranit všechny plevele na pozemku. Plečky musí být nastaveny tak, aby účinně regulovaly plevelné rostliny v mezířádkách, ale aby zároveň nepoškozovaly kulturní rostliny. Z tohoto důvodu zůstává část pozemku nezpracovaná a plevele tak mohou kulturní plodině konkurovat. Pro regulaci plevelů v řádku je možné využít prstové orgány pleček, ovšem na riziko většího poškození plodin (Jursík & Crha 2014). Existují systémy, které dokážou rozpoznat pomocí kamer či senzorů jednotlivé plodiny v řádku, kdy příčnými pohyby pracovních orgánů zajistí zpracování prostoru mezi rostlinami. Pracovní rychlost těchto systémů je výrazně nižší proti klasickému plečkování (Jursík et al. 2018).

Zbývající plevele po plečkování lze odstranit i ruční okopávkou. Podle celkového zaplevelení pozemku lze plečkování porostu opakovat několikrát v průběhu vegetace. Velmi žádaný přínos plečkování je rozrušování půdního škraloupu, který vzniká především na nestrukturních půdách. Díky plečkování se zvyšuje provzdušnění půdy, které působí příznivě na růst plodiny. Nevýhodou tohoto zásahu je možné snížení účinnosti půdních herbicidů aplikovaných před výsadbou či krátce po ní. Zásah plečky obvykle poruší herbicidní



film na povrchu půdy a v kombinaci s vynesemím životaschopných plevelných semen se vytvoří podmínky vhodné pro jejich vyklíčení. Plevelé poté většinou vzchází hromadně (Jursík & Crha 2014).

### 3.7.3.2 Fyzikální metody

Mezi tyto metody regulace patří řada postupů, které bývají velmi účinné, ale zároveň často energeticky nebo technicky náročné. Nejpoužívanější jsou termické metody využívající vysokých teplot. Sem se řadí plamenové plečky, hořáky, využívající jako palivo propanbutan. Využívané jsou v ekologickém zemědělství v porostech širokořádkových plodin. K úplnému spálení plevelných rostlin nedochází, cílem termických metod je zvýšit na určitou dobu teplotu rostlinných pletiv, aby proteiny změnilly svou prostorovou strukturu a došlo k odumření rostliny. Účinek závisí na druhu plevelu a na jeho vývojové fázi, kdy jsou nejcitlivější mladé rostliny (Jursík et al. 2018).

Další fyzikální metodou je solarizace, což je metoda ohřevu půdy, kdy se pomocí průsvitných folií přikryje povrch půdy a díky slunečnímu záření vzniká pod folií vysoká teplota, která potlačuje plevelné rostliny (Horowitz et al. 1983). Povrchová vrstva půdy se zahřívá tolik, že v ní obsažená semena či plody odumírají. Opět záleží na druhovém složení plevelů, jelikož jsou některé citlivější méně, některé více. Půdní zásoba obilok ježatky kuří nohy je v našich podmínkách vůči solarizaci značně odolná. Naopak v podmínkách tropického a subtropického zemědělství, kde je dostatek slunečního záření, je solarizace účinná. Častěji se jako mulče používají neprůsvitné materiály, které zabraňují pronikání slunečního svitu na povrch půdy a tím znemožňují růst plevelům. Teplota půdy je pod těmito materiály většinou nižší, a proto se mulče využívají spíše do chladnomilnějších plodin, jako jsou jahody nebo košťálová zelenina. Existují také poloprůhledné folie hnědé či zelené barvy, které částečně propustí jen určité světelné spektrum pro prohřátí půdy. Spektrum pronikající skrz poloprůhledné folie je ale nevhodné pro fotosyntézu vzcházejících plevelů. Barevné poloprůhledné materiály se používají pro teplomilnější druhy zelenin.

Dále se můžeme setkat s mulčovací kůrou, která je na povrch půdy nastýlána ihned po výsadbě. Nastýlá se v takovém množství, aby zamezila prorůstání plevelů. Mulčovací kůra je typická pro okrasné výsadby, na orné půdě se s ní nesetkáme. Mulčovacím materiálem může být i sláma nebo posečená tráva. Ovšem nevýhodou mulčování je, že ve vrstvě organického mulče nachází úkryt nejen užitečná mikrofauna, ale i škůdci. Nejčastějším škůdcem především na zahradách je plzák, který dokáže porost pěstované zeleniny silně poškozovat.

Využívá se také živý mulč nebo mulč z umrtvené meziplodiny. Živý mulč spočívá v pěstování nízkých rostlin, které půdu pokryjí a omezí růst plevelů. Na našich polích je spíše využíván typ mulče, kdy se porost meziplodiny založí s dostatečným předstihem a nechá se poté vymrznout či se umrtví pomocí neselektivního herbicidu. S touto metodou se můžeme setkat hlavně v půdoochranných systémech, kde je primární ochrana půdy před erozí. Pokud je na povrchu půdy dostatečné množství organické hmoty, vzcházení plevelných rostlin se značně reguluje. Problém nastává, když je vrstva mulče nižší, což oproti klasickému nastýlání bývá. Nízká vrstva dostatečně nebrání vzcházení plevelů, a navíc se kvůli mulči

snižuje účinnost herbicidů, jelikož jsou části rostlin skryty pod vrstvou a tak nemohou být chemickými látkami zasaženy (Jursík et al. 2018).

### 3.7.3.3 Biologické metody

Tato metoda spočívá v záměrném využívání živých antagonistických organismů k potlačování plevelů pod ekonomický práh škodlivosti. Regulaci plevelů tak mohou zajišťovat houby, bakterie, roztoči, hmyz či ryby, což by spadalo do skupiny biologických prostředků. Druhá skupina využívá biotechnologické prostředky, kdy je účinnou složkou bioorganická látka, sloučenina přírodního původu či její derivát (Kohout et al. 1996). K regulaci ježatky kuří nohy je možné využívání sněti *Ustilago trichophora* (Tsukamoto 1995).

### 3.7.3.4 Chemické metody

Při chemické regulaci se využívá moderních herbicidů s účelem potlačit plevelné rostliny. Na hektar se aplikují i v několikakilogramových dávkách. Pokud zemědělci dodržují předepsané metodiky aplikace herbicidů, je jejich použití ekologicky únosné. Přípravky, které jsou originálně balené, musí být registrované v ČR a doporučené ÚKZÚZ, což je Úřední kontrolní zkušební ústav zemědělský, a jinými státními orgány. Práci s herbicidy mohou vykonávat pouze vyškolení pracovníci (Kohout et al. 1996).

#### 3.7.3.4.1 Herbicidy

Herbicidy účinkují jako rostlinné jedy, kdy podstatou jejich působení je, že se molekuly dané účinné látky obvykle vážou na cílový enzym, kde zablokují jeho funkci. V důsledku tohoto působení dochází k narušení metabolismu plevelu, který následně postupně odumírá. Živé organismy včetně plevelů mají obranné mechanismy, kterými se snaží omezit působení nežádoucích látek. Na tomto principu vzniká herbicidní rezistence (Soukup et al. 2018).

Herbicidy se dělí na dvě základní skupiny. První skupinou jsou herbicidy **neselektivní** neboli totální, a druhou skupinou herbicidy **selektivní** neboli výběrové (Kohout et al. 1996).

**Neselektivní herbicidy** hubí téměř veškerou vegetaci. Tyto herbicidy lze rozdělit do dvou skupin dle délky reziduálních účinků v půdě nebo rostlině. K odstranění veškeré vegetace na delší dobu například na hřištích, cestách chodnicích a jiných stanovištích se využívají herbicidy s dlouhými reziduálními účinky. Některé z nich však mohou způsobit vážnou ekologickou zátěž, jelikož často pronikají do hlubších vrstev půdy nebo jsou smývány vodou do níže položených míst, kde poškozují okolní vegetaci. Praktickou výhodou těchto herbicidů je, že se trvaleji reguluje veškerá zeleň na daném stanovišti, jelikož se ničí vzcházející semena a rašící vegetativní rozmnožovací orgány. Velikým problémem je skutečnost, že se nedá délka reziduálního působení v půdě přesně regulovat a je závislá na půdním druhu a půdní vlhkosti. Látky, které jsou ve vodě rozpustné méně, se často nahromadí v níže položených místech, kam bývají splaveny při větších srážkách. Z těchto důvodů se od dlouze reziduálních herbicidů pomalu odstupuje, kdy se nahrazují látkami se systémovým účinkem přes listy a s krátkým poločasem rozpadu. Herbicidy s krátkými

reziduálními účinky v půdě pronikají do rostlin většinou pouze nadzemní částí. Tyto herbicidy lze využít cíleně na nežádoucí rostlinu, jelikož jsou v půdě rychle inaktivovány (Kohout et al. 1996).

### **Selektivní herbicidy**

Tato skupina herbicidů je schopna poškozovat určité druhy plevelných rostlin, aniž by poškozovala rostliny kulturní. Existují však rozdíly v míře selektivity, která se nejčastěji vyjadřuje tzv. kvocientem selektivity, což je poměr mezi dávkou herbicidu, kdy dochází k 10% poškození rostliny a dávkou potřebnou k zajištění 90% účinku na plevele. Čím je selektivita herbicidu vyšší, tím je i rozdíl hodnot těchto dávek vyšší, tím pádem i kvocient selektivity nabývá vyšších hodnot. Většina herbicidů aplikovaných v zemědělství je selektivní, ovšem selektivita je pouze relativní a je nutné brát ohledy na podmínky prostředí, termín aplikace, dávku herbicidu a spoustu dalších faktorů. Pokud je dávka herbicidu příliš vysoká, citlivé budou i ty druhy, které byly při předchozích aplikacích k herbicidu tolerantní. Mohou také nastat situace, kdy i při dodržení registrované dávky herbicidu se mohou projevit příznaky fytotoxicity na plodině. Stává se tak především za nepříznivých povětrnostních nebo půdních podmínek, nebo pokud je porost ve stresu. Poměrně běžné bývají slabé projevy fytotoxicity, které po odeznění většinou nezpůsobují ztráty na výnosech (Jursík et al. 2018).

Dle míry translokace v rostlinách lze selektivní herbicidy rozdělit na kontaktní a systémové. Kontaktní herbicidy poškozují či dokonce úplně umrtvují pouze tu část rostliny, která jimi byla zasažena, účinná látka se v těle rostliny již dále nerozvádí. Těmito herbicidy se hubí vzešlé plevele ve fázi 2–6 pravých listů, kdy porost ještě není hustě zapojený.

Systémové herbicidy se dělí na listové neboli s převahou účinku na list, kořenové neboli půdní s převahou účinku přes kořeny a na ty, kde je herbicidní účinek kombinovaný. Systémové herbicidy s převahou účinku přes listy se aplikují na již vzešlé plevele, nejčastěji postemergentně nebo v meziporostním období. Zasaženým rostlinám se přerušuje látková výměna, zpomalují svůj růst nadzemních i podzemních částí a postupně odumírají. Do této skupiny se řadí i velmi účinné herbicidy tzv. Graminicidy účinkující na rostliny z čeledi lipnicovitých, a to i na výdrol obilniny z předchozí plodiny, který může vzejít v porostu dvouděložných kulturních plodin.

Systémové herbicidy s převahou účinku přes kořeny se často aplikují preemergentně, což je v období před vzejitím kulturní plodiny. Lze je aplikovat i postemergentně, tedy v době, kdy je kulturní plodina vzešlá. Přecházejí určitou dobu v půdě, kde účinně zasahují dvouděložné i jednoděložné plevelné rostliny. Účinek této skupiny herbicidů je velice závislý na půdní vlhkosti, půdní druhu a obsahu organických látek v půdě, což také ovlivňuje dávkování přípravku (Kohout et al. 1996).

#### **3.7.3.4.2 Rezistence plevelů vůči herbicidům**

Rezistence plevelných rostlin je celosvětově zřejmě nejsledovanějším problémem při regulaci zaplevelení. Pro zvládnutí tohoto závažného problému, jsou potřeba dostatečné znalosti jak o vzniku a šíření herbicidní rezistence, tak vhodných postupů umožňující její efektivní řízení a organizaci.

Méně častá, ale nejjednodušší příčina vzniku rezistence je omezený transport nebo vyloučení účinné látky mimo místo účinku, ať už rovnou v rámci rostlinného těla nebo do okolního prostředí. Nejsilnější rezistence vzniká změnou vazebného místa na specifickém cílovém enzymu herbicidního účinku v důsledku bodové mutace daného genu kódujícího většinou sekvenci aminokyselin. Nahrazením jedné aminokyseliny jinou dochází ke ztrátě vazebného místa pro konkrétní herbicid nebo herbicidní skupinu, ovšem herbicidy zasahují v některých případech i jiné enzymy, a proto mohou účinkovat i nadále spolehlivě. Herbicidní rezistence je evoluční jev založený na dlouhodobém selekčním tlaku, který se vytvářel aplikací herbicidních látek na původně citlivou plevelnou populaci. V každé populaci se nacházejí jedinci s odlišnou mírou citlivosti k herbicidům. Může zde existovat malý počet jedinců, kteří jsou v důsledku genetické mutace vysoce odolní k aplikovaným herbicidům. Populace citlivých jedinců se díky opakovanému použití určitých herbicidů v průběhu let postupně potlačuje a nově začínají převládat ti rezistentní. Pěstitel je schopen zpozorovat výskyt rezistence již z roku na rok, jelikož plevele mají vysoký reprodukční potenciál a jejich výskyt může rychle překročit přijatelnou míru, přestože selekční proces probíhal roky předtím. Z pohledu pěstitele se rezistence stává hospodářsky významnou, jakmile četnost výskytu rezistentních jedinců na pozemku přesáhne práh škodlivosti. Při aplikaci herbicidních látek je těžké se herbicidní rezistenci vyvarovat, ovšem využíváním antirezistentních strategií je možno udržovat co nejnižší počet rezistentních jedinců a oddalovat jejich možné převládání v populaci (Soukup et al. 2018).

První rezistence ježatky kuří nohy na účinné látky *atrazine*, *cyanazine* a *simazine* byla objevena na polích s kukuřicí v Marylandu (USA) roku 1978. Rezistence vůči *propanilu* byla poprvé zjištěna v Řecku roku 1986. V Bulharsku byl aplikován herbicid s účinnou látkou *pendimethalin* do ovocných sadů. V roce 1992 bylo zjištěno, že ježatka rezistentní i k této látce. V roce 1993 v čínských rýžových polích se poprvé projevila rezistence ježatky k účinným látkám *butachlor* a *benthiocarb*. Rezistence na *quinclorac* byla poprvé objevena roku 1998 v Louisianě (USA). V Californii (USA) roku 2000 byly nalezeny populace rezistentní k účinným látkám *cyhalofop-butyl*, *fenoxaprop-P-ethyl* a *molinate*. Roku 2001 Thajsko nově objevilo rezistenci na *quizalofop-P-tefuryl*. V Itálii byly v roce 2005 objeveny populace ježatky rezistentní na *azimsulfuron*, *bispyribac-sodium*, *imazamox*, *nicosulfuron* a *penoxsulam*. Téhož roku v USA neúčinkoval *clomazon*. V roce 2009 se v Brazílii poprvé objevila rezistence na *imazethapyr*. Do současné doby je nejvíce potvrzených případů rezistence ježatky kuří nohy k *propanilu*, *cyhalofop-butylu*, *penoxsulamu* a *quincloracu*. V České republice byla také zaznamenána rezistentní populace ježatky na *atrazin* (Heap 2019), ovšem v Evropské Unii již tato účinná látka není obsažena v žádném registrovaném herbicidu (IRZ 2019).

### 3.8 Regulace ježatky kuří nohy v kulturních plodinách

Nyní bude práce zaměřena na regulaci ježatky kuří nohy již v konkrétních plodinách, nejčastěji však v těch širokořádkových.

### 3.8.1 Kukuřice setá

Kukuřice mívá velmi úzké plevelné spektrum. Řadí se k plodinám se střední až spíše nižší konkurenční schopností (Jursík et al. 2018). Výnosové ztráty způsobené zaplevelením se mohou pohybovat okolo 30–50 %. Pokud je kukuřice extrémně zamořená plevelnými druhy výnos se může snížit až o 90 % (Zimdahl et al. 2002). Tento fakt potvrzuje i pokus, který byl proveden v letech 1994 a 1995 v Ontariu. Byl sledován vliv doby vzejití ježatky kuří nohy na ztrátu výnosu kukuřice při listové ploše 50 %. Hustota ježatky byla do 200 rostlin m<sup>-2</sup>, při mezirádkové vzdálenosti 12,5 cm na obou stranách kukuřičné řady. V době zasetí ježatky kuří nohy, měla kukuřice 3–5 listů v roce 1994 a 1–2 listy následující rok. Hustota rostlin a rychlost vzejití ježatky ve srovnání s kukuřicí ovlivnily její ztráty na výnosu. Maximální zjištěné ztráty kukuřičného zrna se pohybovaly od 26 do 36 % u raně se vyvíjejících porostů ježatky kuří nohy a méně než 6 % ztrát výnosu se projevilo, při vzejití obilek ježatky později než ve fázi čtvrtého listu kukuřice. Procento listové plochy kukuřice odráží úroveň konkurenceschopnosti ježatky v kukuřičném porostu (Bosnic & Swanton 1997).

Mezirádkovou vzdáleností 70–75 cm a časným setím kukuřice vzniká poměrně dlouhé období od zasetí po úplné zapojení porostu, což vyžaduje aplikaci účinných herbicidů. Kritické období konkurenceschopnosti plevelů nastává již v období od vzejití do fáze 4–6 (8) listů kukuřice (Begna et al. 2001). Možnosti výběru registrovaných herbicidů do této kulturní plodiny jsou poměrně veliké. Výběr herbicidů lze přizpůsobit plevelům na pozemku i povětrnostním podmínkám daného stanoviště. Vhodně zvolené jsou herbicidy s preemergentní aplikací, případně s časně postemergentní aplikací s reziduálním působením v půdě, jelikož je nutné omezit konkurenční působení plevelů v raných fázích. Klasické postemergentní ošetření má výhodu v tom, že cílí aplikační zásah a tím může zasáhnout širší plevelné spektrum (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.1.1 Preemergentní ošetření

Aplikace herbicidů při preemergentním ošetření probíhá ve fázi od výsevu do vzejití kukuřice, což je 5–10 (15) dní (Jursík et al. 2018). K účinným látkám *pethoxamid* a *terbuthylazine* obsažené například v herbicidech Batalon plus a Bolton TX je ježatka velice citlivá před jejím vzejitím do 3 dnů po zasetí kukuřice. Herbicid Camix lze také aplikovat preemergentním způsobem do 3 dnů od zasetí. Účinnými látkami v tomto přípravku jsou *mesotrione* a *metolachlor*, které také účinně regulují ježatku kuří nohy. Při dostatečné půdní vlhkosti a při dodržení hloubky setí lze aplikovat do 4 dnů od zasetí herbicid Merlin 750 WG s účinnou látkou *isoxaflutole*, plevele by však neměly být vzešlé. Dále lze využít herbicid Wing-P s účinnými látkami *dimethenamid-P* a *pendimethalin* (Agromanuál 2017).

#### 3.8.1.2 Časné postemergentní ošetření

Toto ošetření se provádí v období od vzejití většinou do fáze 2–3 listů kukuřice, ale o termínu aplikace herbicidů rozhoduje spíše fáze plevelných rostlin, které by měly být vzešlé. Ježatka kuří noha by v tomto období neměla mít vytvořené více než 2–3 listy. Aplikaci herbicidů je přesto vhodné dobře načasovat, jelikož se u jednotlivých přípravků maximální

růstová fáze, ve které jsou plevely potlačovány, výrazně liší. Aplikační termín je důležité dodržet, protože citlivost ježatky kuří nohy k těmto herbicidům velmi rychle klesá. Registrována je celá řada herbicidů používaných původně preemergentně s účinnými látkami *terbuthylazine dimethenamid-P* a *pethoxamid* (Akris, Balaton atd.), kdy je účinnost těchto přípravků závislá na rané růstové fázi plevelů při aplikaci. Na plevely vyšších růstových fází vykazují větší účinek herbicidy obsahující látky ze skupiny HPPD inhibitorů, které zastavují tvorbu asimilátů, způsobují antokyanové zabarvení nebo albifikaci listů v důsledku rozpadu chlorofylu. Účinné látky *isoxaflutole* a *sulcotrione* jsou přijímány listy i kořeny plevelných rostlin a vykazují reziduální účinek na nově vzházející plevely. Pokud je sucho, doporučuje se přidat k těmto herbicidům vhodný adjuvant (Jursík et al. 2018).

### 3.8.1.3 Klasické postemergentní ošetření

Klasické postemergentní ošetření má stále velké uplatnění v aridních oblastech nebo za sucha, kdy ježatka kuří noha vzhází později nebo etapovitě. Tímto ošetřením také lze dočistit plevelné spektrum, v případě selhání nebo nedostatečné účinnosti po předchozím preemergentním nebo časně postemergentním ošetřením. Dále se využívá na půdách, kde je na povrchu velké množství posklizňových zbytků nebo v případě setí do nezpracované půdy, kde se vyskytuje rostlinný mulč. Klasické postemergentní ošetření se provádí ve fázi 4–6 listů kukuřice, kdy je nejméně citlivá na herbicidy a plevelné rostliny ještě nejsou přerostlé. Opoždění herbicidního ošetření nemusí být dostatečně účinné, jelikož se zvyšuje fytotoxicita herbicidů, kdy se ještě přidává výrazná konkurenceschopnost plevelů převážně za sucha. Limitujícím faktorem konkurence se stává pro rostliny voda. S opožděným herbicidním ošetřením může kukuřice zpomalit svůj růst, který již v některých letech nemusí dohnat a tím se i výrazně sníží výnos. Klasickými postemergentními herbicidy jsou hlavně sulfonylmočovinné přípravky. Účinná látka *nicosulfuron* obsažená v herbicidu Milagro, Nicogan či Samson, a další jako jsou *rimsulfuron* a *foramsulfuron*, vykazují vysokou účinnost na plevelné trávy. Častěji se používají kombinované přípravky jako například herbicid Maister či Hector, kdy je jejich spektrum účinku na plevelné rostliny širší. Z herbicidů s HPPD inhibitory lze použít *tembotrione* (Laudis), případně směsné látky. Tyto herbicidy působí rychleji oproti sulfonylmočovinnám, mívají plnou účinnost až za 3 týdny po aplikaci. Z růstových herbicidů lze aplikovat na ježatku kuří nohu herbicid Principal plus s účinnými látkami *dicamba*, *nicosulfuron*, *rimsulfuron* (Jursík et al. 2018).

### 3.8.2 Cukrová řepa

Regulovat zaplevelení v cukrovce je náročné a vyžaduje značné zkušenosti a znalosti. Cukrovka je plodina citlivá na herbicidy, a proto je nutné aplikovat v porostu více herbicidních zásahů, kdy je nejčastěji využíván sled tří postemergentních aplikací T1-T3. Výběr herbicidů a určení jejich dávek je závislé na plevelném spektru a růstové fázi plevelných rostlin i cukrovky. Plevely rostoucí v cukrovce bývají velmi podobné těm, co se vyskytují v kukuřici. V boji o světlo jsou plevely konkurenceschopnější, zatímco v druhé polovině vegetace je cukrovka silnější v konkurenci o vodu a živiny. Ovšem na začátku vegetace bývá cukrovka velmi málo konkurenceschopná, jelikož se porost zapojuje až po dvou měsících od výsevu. To umožňuje uplatnění téměř všech plevelných

druhů rostlin. Z hlediska konkurenceschopnosti plevelů trvá kritické období u cukrovky 6–8 týdnů po výsevu, což je do vytvoření 6–10 pravých listů. Po tomto období již cukrovka neumožní nově narostlým plevelům konkurovat, toto platí, pokud je porost zdravý a dobře zapojený.

Ježatka kuří noha je většinou méně citlivá k herbicidům při preemergentním ošetření. Tyto herbicidy obsahují účinné látky *chloridazon*, *metamitron*, *ethofumesate* a *quinmerac*, jejich účinnost za sucha snižuje, a proto je vhodné mělké zapravení. I když mohou některé cukrovkové herbicidy (*triflusulfuron*, *ethofumesate*, *lenacil*, *desmediphan*) účinkovat také na jednoleté trávy, při silnějším zaplevelení ježatkou kuří nohou je již vhodné zařadit do T2 nebo T3 listové graminicidy. Dále je možné aplikovat herbicidy Garland Forte, Fusilade Forte, Stratos Ultra aj. Na jednoleté trávy lze aplikovat pouze nejnižší registrovanou dávku, jelikož již bývají silně zasaženy cukrovkovými herbicidy a graminicid pouze vykonává „dočišťovací“ funkci. Pokud ježatka kuří noha přeroste (již odnožuje) je vhodné využít dělenou aplikaci dávky graminicidu. Nedoporučuje se kombinovat graminicid v plné dávce s žádným jiným herbicidem z důvodů poškození cukrovky (Jursík et al. 2018).

### 3.8.3 Brambory

Brambory patří k nejvíce zastoupeným okopaninám na území České republiky. Očekávané a pro okopaniny typické jsou plevele pozdně jarní (Tyšer et al. 2010). Ovšem rozmanitost plevelného spektra se výrazně liší v závislosti na půdně-klimatických podmínkách, jelikož se brambory pěstují od nejteplejších až do podhorských oblastí. Dále také záleží na ranosti, délce vegetační doby a na zvolené technologii pěstování. S ježatkou kuří nohou jsou problémy především v ranobramborářských oblastech, avšak v posledních letech se začíná přesouvat i do vyšších poloh, kde zapleveluje níže položené bramborářské výrobní oblasti.

V porostu brambor lze provádět mechanickou regulaci plevelů. Před vzejitím brambor se provádí plečkování. Této pracovní operaci se říká „proorávka na slepo“, která může být doplněna vláčením síťovými branami. Po vzejití brambor se provádí proorávka. Než se porost zapojí, provede se poslední kultivační zásah, kdy je třeba nahrnout hrůbky. Při využívání technologie oddělovací kameny, je aplikována pouze herbicidní ochrana.

Pozemky, na kterých se pěstují velmi rané brambory, se většinou zakrývají netkanou textilií, aby bylo dosaženo co nejranější sklizně. S tím je spojená preemergentní aplikace herbicidů ihned po výsadbě, kdy již není možnost opravného zásahu, neboť netkaná textilie se odstraňuje z porostu obvykle až těsně před jeho zapojením (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.3.1 Preemergentní ošetření

Období od výsadby po vzejití brambor trvá 2–5 týdnů. Je-li prováděna mechanická kultivace, preemergentní ošetření by se mělo provést až po ní. Ježatka kuří noha je citlivá na účinnou látku *metobromuron* obsaženou v herbicidu Proman, na *metolachlor* v herbicidu Dual je dokonce vysoce citlivá. Na účinné látky *prosulfocarb* a *metribuzin* je již citlivá méně. Aplikovat tyto herbicidy je vhodné do 3 dnů před vzejitím brambor. U herbicidů obsahujících *clomazone* (Cirrus, Command) a *flurochloridone* (Racer), na které je ježatka citlivá spíše

středně až méně, je vhodná aplikace nejméně 7 dní před vzejitím brambor, z důvodu rizika fytotoxicity.

Pokud se na pozemcích uplatňuje technologie odkamenění, ošetřuje se herbicidem již krátce po výsadbě (7–10 dní), plevely by měly v době aplikace již vzcházet ovšem maximálně do fáze děložních listů. V této fázi lze aplikovat všechny registrované preemergentní herbicidy, přičemž riziko poškození hlíz je poměrně malé, obzvláště pokud jsou umístěny dostatečně hluboko (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.3.2 Postemergentní ošetření

Aplikace postemergentních herbicidů s sebou nese jistá rizika, ale v některých případech ji lze doporučit. Pokud je pozemek výrazně zaplevelen ježatkou kuří nohou, která nebyla preemergentní aplikací dostatečně potlačena, je vhodné zasáhnout herbicidem Titus s účinnou látkou *rimsulfuron*, má široké spektrum účinku. Ošetření tímto herbicidem je nutné doplnit vhodným adjutantem (Trend), jinak by nemuselo být dosaženo požadované účinnosti, především za sucha. Přestože herbicid Titus vykazuje relativně vysokou selektivitu ke všem běžně pěstovaným odrudám brambor, v ojedinělých případech se může projevit po jeho aplikaci mramorování listů, které se může snadno zaměnit s virovými onemocněními brambor. Proto se tento herbicid nedoporučuje do množitelských porostů. V bramborách lze využít k regulaci ježatky kuří nohy listové graminicidy podobné jako u cukrovky (Agil, Garland, Stratos atd.) (Jursík et al. 2018).

### 3.8.4 Slunečnice

Slunečnice se řadí k plodinám se střední až nižší konkurenceschopností, ovšem při porovnání s cukrovkou nebo kukuřicí vykazuje vyšší konkurenční schopnost než tyto dvě širokořádkové plodiny. Kritické období přichází mezi 20. a 50. dnem po výsevu, kdy je zapotřebí, aby byl porost bez plevelů (Wanjari et al. 2001). Konkurence plevelných rostlin může způsobit snížení výnosu o 30–60 % (Carranza et al. 1995). Zaplevelení může snižovat kvalitu nažek především množstvím příměsí a nečistot. Zaplevelené porosty se obtížně sklízají, jelikož se zvyšuje vlhkost nažek a zvyšují se také ztráty při sklizni. Plevelné druhy ve slunečnici jsou velmi podobné těm v kukuřici (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.4.1 Preemergentní ošetření

Preemergentní ošetření vykazuje vysokou účinnost hlavně v oblastech s vyššími srážkovými úhrny. Herbicidy na dvouděložné plevely jsou často kombinovány s dalšími účinnými látkami jako například metolachlor v herbicidu Dual, ke kterému je ježatka kuří noha velmi citlivá (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.4.2 Clearfield technologie

Tato technologie využívá hybridů, jež jsou odolné k herbicidům na bázi imidazolinonů. V ČR jsou registrovány herbicidy Pulsar a Listego s účinnou látkou



*imazamox*, jejichž působení je velice komplexní. Obvykle není potřeba kombinovat tyto herbicidy s jinými přípravky. Především za nižších teplot a sucha či ve vyšších růstových fázích plevelů mají pozvolnější působení, což může být určitá nevýhoda. Přidáním vhodného adjuvantu lze i v takových podmínkách účinnost zvýšit. Využitím těchto herbicidů v dělené aplikaci lze dosáhnout nejvyššího účinku na většinu plevelných druhů, které jsou z porostu vyselektovány dříve, než by mohly výrazněji slunečnici konkurovat.

Optimální aplikační termín pro ošetření proti jednoletým travám je v období do počátku odnožování a porost slunečnice je ve fázi 2–4 pravých listů. Při opožděném ošetření porostu se snižuje účinnost a plevele bývají zasaženy, až když silně konkurují slunečnici. Problém vzniká především za sucha, kdy je boj o vodu rozhodujícím zdrojem konkurence. Opožděná aplikace *imazamoxu* může snížit výnos až o více než 50 % oproti dělené aplikaci v optimálních aplikačních termínech (Jursík et al. 2018)

#### 3.8.4.3 ExpressSun technologie

Jedná se o technologii využívající hybridů, které jsou odolné k účinné látce *tribenuron* obsažené v herbicidu Express. K regulaci ježatky kuří nohy lze v této technologii aplikovat preemergentní ošetření některým z půdních herbicidů s účinnými látkami *dimethenamid*, *pethoxamid* nebo *metolachlor*. Účinnost půdních herbicidů může selhat za sucha.

Aplikovat se také mohou listové graminicidy (Agil, Garland, Stratos atd.), ovšem použití v TM kombinaci se sulfonylmočovinou se nedoporučuje kvůli možnému riziku snížení účinnosti na trávovité plevele, obzvláště za špatných povětrnostních podmínek. Po aplikaci herbicidu Express v dávkách přes 30 g/ha v kombinaci s listovými graminicidy může způsobit poškození slunečnice, především pokud je aplikace prováděna při nízkých teplotách (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.5 Mák setý

Tato rostlina má v České republice dlouholetou pěstitelskou tradici. Jedná se o všestranně využitelnou plodinu, která produkuje olejnatá semena s dobrými dietetickými vlastnostmi a makovinu využitelnou ve farmacii.

Zaplevelení máku je velkým problémem, jelikož mák má vůči plevelným rostlinám malou konkurenční schopnost, proto je velmi důležitá regulace plevelů během jeho pěstování. S regulací plevelů by se mělo začít již v předplodinách, kdy je regulace snazší. Mák je citlivý na aplikované herbicidy o to pečlivější a přesnější musí být jejich aplikace a koncentrace (Winkler & Jonášová 2014).

Účinnost herbicidů aplikovaných preemergentně (Callisto, Merlin, Lentipur) i postemergentně (Lentagran, Laudis atd.) na dvouděložné plevele je nedostačující na plevelné trávy. Proto je nutné zasáhnout postemergentně listovými graminicidy (Fusilade Forde, Select Super). Ošetření herbicidy na dvouděložné plevele se nedoporučuje provádět společně s ošetřením graminicidy, a proto je vhodné dodržovat alespoň týdenní odstup mezi aplikacemi herbicidů. V těchto listových graminicidech jsou obsažena rozpouštědla, která rozrušují voskovou vrstvu na povrchu listu máku, čímž snižují selektivitu celé směsi (Jursík et al. 2018).

### 3.8.6 Obilniny

V ozimých obilninách bývá zaplevelení ježatkou kuří nohou ojedinělé, vypovídá to spíše o agrotechnických nedostatcích na zaplevelených pozemcích. Výskyt ježatky v jarních obilninách bývá také výjimečný. Pokud se v obilninách vyskytne, jedná se nejspíše o mezerovité či prořídle porosty, kde nachází své uplatnění. Obzvláště v mezerovitých porostech jarního ječmene je možné ježatku kuří nohu očekávat (Jursík et al. 2018).

#### 3.8.6.1 Postemergentní ošetření

Do porostu pšenice jarní a ječmenu lze aplikovat herbicid Puma extra s účinnými látkami *fenoxaprop-P-ethyl* a *mefenpyr-diethyl* (*safener*). Ježatka kuří noha je velmi citlivá k těmto dvou látkám. Tento herbicid se však nesmí aplikovat při intenzivním slunečním svitu. Dalšími herbicidy s účinnou látkou *fenoxaprop-P-ethyl* jsou Duke, Fenova super a Foxtrot. Postemergentně lze aplikovat pouze do porostu pšenice jarní od 2. listu do začátku sloupkování herbicid Monitor, který obsahuje *sulfosulfuron* (Agromanuál 2017).

## 4 Závěr

Ježatka kuří noha vytváří při optimálních podmínkách až několik tisíc životaschopných obilek, které přežívají v půdě díky dormanci mnoho let. Dormance je ovlivněna především stářím obilek a prostředím, kde se nacházejí. Ježatka se dokáže rychle adaptovat a lze ji v současné době nalézt i ve vyšších nadmořských výškách, kde donedávna nebyla. Tato plevelná rostlina dokáže klíčit i v anaerobním prostředí, což jí umožňuje vysokou konkurenceschopnost v porostech rýže. I v dalších porostech širokořádkových plodin jako jsou brambory, cukrová řepa, kukuřice, slunečnice a mnoho dalších je velmi nebezpečným plevelem, jelikož dokáže snížit výnos kulturních plodin mnohdy až o 50 či více %.

Regulaci ježatky kuří nohy je třeba řešit komplexněji a využít i nepřímých metod k potlačení jejího výskytu. Značnou výhodou je znalost jejího výskytu na daném pozemku z předchozích let, jelikož je možné zasáhnout ji ve velmi raných fázích růstu. Zásadou je včasné setí širokořádkových plodin, protože jakmile má ježatka prostor, vytváří mohutné rostliny s velkým počtem obilek. Dále je třeba dodržovat oseední postupy, především v dostatečné míře zařazovat ozimy, které mají v době vzcházení ježatky plně zapojený porost, neumožní ježatce se výrazně konkurenčně uplatnit. Pokud se pozemky hnojí organickými hnojivy, musí tato hnojiva projít dostatečným fermentačním procesem. V opačném případě by mohlo dojít k navýšení půdní zásoby obilek ježatky, jelikož přežívá průchod trávicím traktem hospodářských zvířat, a tak se dostává zpět do půdy. Z přímých mechanických metod regulace ježatky se využívá plečkování. Účinnost tohoto zásahu je však velice ovlivněna vlhkostí půdy, jelikož se může ježatka při vyšší půdní vlhkosti znovu zregenerovat. Plečkování má další výhody pro plodiny a těmi jsou prokypření půdy a rozrušení půdního škraloupu. Nejpoužívanější způsob regulace ježatky je pomocí chemických herbicidů. V bramborách a cukrové řepě ji lze účinně regulovat listovými graminicidy, v kukuřici je třeba využít preemergentní přípravky nebo vybrané sulfonylmočoviny.

## 5 Seznam literatury

- Agromanuál. 2017. Přípravky na ochranu rostlin 2017. Kurent, České Budějovice.
- Bajwa AA, Jabran K, Shahid M, Ali HH, Chauhan BS, Ehsanullah. 2015. Eco-biology and management of *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection* **75**:151-162.
- Barberi P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues?. *Weed Research* **42**:177-193.
- Baskin JM, Baskin CC. 1980. Ecophysiology of Secondary Dormancy in Seeds of *Ambrosia Artemisiifolia*. *Ecology* **61**:475-480.
- Baskin JM, Baskin CC. 1983. Seasonal Changes in the Germination Responses of Buried Seeds of *Arabidopsis thaliana* and Ecological Interpretation. *Botanical Gazette* **144**:540-543.
- Begna SH, Hamilton RI, Dwyer LM, Doug W. Stewart, Cloutier D, Assemat L, Foroutan-Pour K, Smith DL. 2001. Weed Biomass Production Response to Plant Spacing and Corn (*Zea mays*) Hybrids Differing in Canopy Architecture. *Weed Technology* **15**:647-653.
- Bewley DJ. 1980. Secondary dormancy (skotodormancy) in seeds of lettuce (*Lactuca sativa* cv. Grand Rapids) and its release by light, gibberellic acid and benzyladenine. *Physiologia Plantarum* **49**:277-280.
- Bosnic AC, Swanton CJ. 1997. Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays*). *Weed Science* **45**:276-282.
- Carranza P, Saavedra M, Garcia-Torres L. 1995. Competition between *Ridolfia segetum* and sunflower. *Weed Research* **35**:369-375.
- Cirujeda A, Melander B, Rasmussen K, Rasmussen IA. 2003. Relationship between speed, soil movement into the cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing. *Weed Research* **43**:285-296.
- Dawson JH, Bruns VF. 1962. Emergence of Barnyardgrass, Green Foxtail, and Yellow Foxtail Seedlings from Various Soil Depths. *Weeds* **10**:136-139.
- Dostál J. 1989. Nová květena ČSSR 1. Academia, Praha.
- Eghball B, Lesoing GW. 2000. Viability of Weed Seeds Following Manure Windrow Composting. *Compost Science & Utilization* **8**:46-53.
- Guo L, et al. 2017. *Echinochloa crus-galli* genome analysis provides insight into its adaptation and invasiveness as a weed. *Nature Communications*. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01067-5#auth-1https://www.nature.com/articles/s41467-017-01067-5> (accessed January 2019).
- Hamouz P, Hamouzová K. 2015. Atlas klíčních rostlin polních plevelů. Kurent, České Budějovice.

- Hamouz P, Holec J, Jursík M. 2009. Výskyt a diagnostika plevelů v ozimých plodinách. *Úroda* **57**:81-83.
- Heap I. 2019. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. *Weed Science*. Available from: <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=79> (accessed March 2019).
- Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP. 1977. *The world's worst weeds*. University Press, Honolulu.
- Honěk A, Martinková Z. 1992. The induction of secondary seed dormancy by oxygen deficiency in a barnyard grass *Echinochloa crus-galli*. *Cellular and Molecular Life Sciences* **48**:904–906.
- Horowitz M, Yael Regev Y, Herzlinger G. 1983. Solarization for Weed Control. *Weed Science* **31**:170-179.
- IRZ. 2019. Látka: Atrazin. Ministerstvo životního prostředí České republiky. Praha. Available from: <https://www.irz.cz/node/202> (accessed April 2019).
- Jursík M, Crha J. 2014. Možnosti regulace plevelů v košťálové zelenině – dokončení. *Úroda* **62**:85-86.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice.
- Kennedy RA, Barrett SCH, Zee DV, Rumpho ME. 1980. Germination and seedling growth under anaerobic conditions in *Echinochloa crus-galli* (barnyard grass). *Plant, Cell & Environment* **3**:243-248.
- Khanh TD, Son DB, Phuong VTL, Hoa LT, Linh LH, Yen NV, Trung KH. 2017. Assessment of Weed-Suppressing Potential among rice (*Oryza Sativa L.*) Landraces against the Growth of Barnyard grass (*Echinochloa Crus-Galli P. Beauv*) In Field Condition. *Academy of Agriculture Journal* **2**:47-51.
- Kocián P. 2008. Ježatka kuří noha *Echinochloa crus-galli*. Květena ČR. Available from: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=546> (accessed March 2019).
- Kohout V, et al. 1996. *Herbologie - Plevelé a jejich regulace*. Česká zemědělská univerzita, fakulta agronomická, Praha.
- Kurstjens DAG, Perdok UD, Goense D. 2000. Selective uprooting by weed harrowing on sandy soils. *Weed Research* **40**:431-447.
- Luvana NN. 2019. Weeds (*Echinochloa crusgalli (L). Beauv.*) - Barnyardgrass. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Available from: [http://www.agroatlas.ru/en/content/weeds/Echinochloa\\_crusgalli/index.html](http://www.agroatlas.ru/en/content/weeds/Echinochloa_crusgalli/index.html) (accessed April 2019).
- Martinez-Ghersa MA, Satorre EH, Ghersa CM. 1997. Effect of soil water content and temperature on dormancy breaking and germination of three Leeds. *Weed Science* **45**:791-797.

- Martinková Z, Honěk A, Lukáš J. 2006. Seed age and storage conditions influence germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science* **54**:298-304.
- Martinková Z, Honěk A. 1993. The effects of sowing depth and date on emergence and growth of barnyard grass, *Echinochloa crus-galli*. *Ochrana Rostlin* **29**:251-257.
- Martinková Z, Honěk A. 1995. The effect of post-harvest conditions on termination of seed dormancy by stratification in barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Ochrana rostlin* **31**: 241-247.
- Martinková Z, Honěk A. 1998. Competition between maize and barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) at different moisture regime. *Rostlinná výroba* **44**:65-69.
- Martinková Z, Honěk A. 2013. Fatal Germination in Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Plant Protection Science*. **49**:193-197.
- Mikulka J. 2014. Plevel polních plodin. Profi Press, Praha.
- Norris RF, Streibig JC. 1996. Weed population dynamics: seed production. Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen **1-4**:15-20.
- Roche BF, Muzik TJ. 1964. Ecological and Physiological Study of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. and the Response of Its Biotypes to Sodium 2,2-dichloropropionate. *Agronomy Journal* **56**:155-160.
- Sadeghloo AI, Asghari JI, Ghaderi-Far FII. 2013. Seed germination and seedling emergence of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Planta daninha* **31**:259-266.
- Salimi H, Termeh F. 2002. A study on seed dormancy and germination in ten species of grass weeds. *Rostaniha* **3**:9-12.
- Serra F, Fogliatto F, Milan M, De Palo F, Ferrero A, Vidotto F. 2018. Effect of salinity on germination and growth of *Echinochloa crus-galli* and *Oryza sativa*. Page 198 in Kmetijski inštitut Slovenije, editor. 18th European Weed Research Society Symposium - EWRS 2018. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenia.
- Slavíková J. 1986. Ekologie rostlin celost. vysokošk. učebnice pro stud. přírodověd. fakult. SPN, Praha.
- Soukup J, et al. 2018. Rezistence plevelů vůči herbicidům a jak jí předcházet. Agromanual. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/rezistence-plevelu-vuci-herbicidum-a-jak-ji-predchazet> (accessed March 2019).
- Torma M, Hódi L. 2002. Reproduction biology of some important monocot weeds in Hungary. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue* **18**:191-196.
- Townsend CR, Begon M, Harper JL. 2010. Základy ekologie. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Tsukamoto H, Tanaka H, Nitta N. 1995. *Ustilago trichophora* mycoherbicide compositions and methods of use. Japan Tobacco Inc., Japan. 5434120.

- Tyšer L, Kolářová M, Soukup J. 2010. Spektrum plevelů v porostech brambor na vybraných lokalitách v ČR. *Úroda* **58**:26-28.
- Wanjari RH, Yaduraju NT, Ahuja KN. 2001. Critical period of crop-weed competition in rainy-season sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian Journal of Agronomy* **46**:309-313.
- Winkler J, Jonášová K. 2014. Zaplevelení vybraných porostů máku setého. *Rostlinolékař* **25**:20-24.
- Winkler J, Rypová I, Dvořák J. 2018. Statková hnojiva jako možný zdroj zaplevelení. *Agromanual*, Mendelova univerzita v Brně. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/statkova-hnojiva-jako-mozny-zdroj-zapleveleni> (accessed March 2019).
- Xuan TD, Chung IIM, Khanh TD, Tawata S. 2006. Identification of Phytotoxic Substances from Early Growth of Barnyard Grass (*Echinochloa crusgalli*) Root Exudates. *Journal of Chemical Ecology* **32**:895.
- Zitta M, Vostal J et al. 1998. *Obecná fyto technika*. Česká zemědělská univerzita, fakulta agronomická, Praha.