

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti regulace zaplevelení v ekologickém zemědělství**

**Bakalářská práce**

**Gabriela Karkošková**

**Ekologické zemědělství**

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

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti regulace zaplevelení v ekologickém zemědělství" 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 21. 4. 2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Pavlu Hamouzovi za trpělivost, ochotu a rady při vedení této práce.

# Možnosti regulace zaplevelení v ekologickém zemědělství

## Souhrn

Bakalářská práce se zabývá ekologickým zemědělstvím a regulací zaplevelení v jeho systémech. V první části se věnuje zásadám a cílům ekologického zemědělství, jeho historii a popisu dalších typů ekologických systémů - biodynamické, permakultura. Dále se věnuje popisu integrované produkce a preciznímu zemědělství, jako nejvíce se rozvíjejícím druhům zemědělství. Největší přínos precizního zemědělství můžeme shledávat ve využití moderních technologií, senzorů a AI při monitoringu zaplevelení.

Další část je zaměřena na regulaci zaplevelení, hospodářský význam plevelných rostlin, jejich škodlivost, negativní interakce a pozitivní funkce v agroekosystému. Dále popisuje systém regulace plevelů, jeho diagnostiku a kategorizaci škodlivosti.

Třetí část se věnuje preventivním a přímým metodám regulace zaplevelení, do preventivních metod můžeme zařadit důsledné střídání plodin, výběr vhodné odrůdy, používání kvalitního osiva, péči o neprodukční plochy, pěstování meziplodin a využití úhorů, mulčování, zpracování půdy, čistotu strojů a způsoby sklizně, tyto metody společně s důkladným zpracováním půdy jsou stěžejní při regulaci zaplevelení v ekologickém zemědělství. Přímé metody regulace jsou rozděleny na mechanické, fyzikální – termické a biologické metody. Do mechanických metod řadíme plečkování a vláčení, které jsou velice účinné při regulaci zaplevelení.

**Klíčová slova:** ekologické zemědělství, regulace zaplevelení, plečkování, vláčení, bioagens

# **Weed management in organic farming systems**

## **Summary**

The bachelor thesis deals with organic farming and the weed management in its systems. In the first part it deals with the principles and objectives of organic farming, its history and description of other types of organic systems - biodynamic, permaculture. It then goes on to describe integrated production and precision farming as the most evolving types of agriculture. The greatest contribution of precision agriculture can be found in the use of modern technologies, sensors and AI in monitoring of infestation.

The next section focuses on weed control, the economic importance of weed plants, their harmfulness, negative interactions and positive functions in the agroecosystem. It also describes the weed control system, its diagnosis and harmfulness categorization.

The third part deals with preventive and direct methods of weed control, preventive methods include consistent crop rotation, selection of suitable varieties, use of good quality seed, care of non-productive areas, intercropping and use of fallow land, mulching, tillage, cleanliness of machinery and harvesting methods, these methods along with thorough tillage are essential in controlling weeds in organic farming. Direct control methods are divided into mechanical, physical - thermal and biological methods. Mechanical methods include weeding and dragging, which are very effective in controlling weeds.

**Keywords:** organic farming, weed management, weeding, harrowing, bioagens

## Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Ekologické zemědělství</b> .....	<b>9</b>
3.1.1 Zásady a cíle EZ .....	9
3.1.2 Historie EZ.....	10
<b>3.2 Další typy ekologického zemědělství</b> .....	<b>11</b>
3.2.1 Biodynamické .....	11
3.2.2 Permakultura.....	12
<b>3.3 Další typy zemědělských systémů</b> .....	<b>13</b>
3.3.1 Precizní zemědělství .....	13
3.3.2 Integrované .....	14
<b>3.4 Regulace zaplevelení v EZ</b> .....	<b>14</b>
3.4.1 Hospodářský význam plevelů.....	14
3.4.2 Škodlivost polních plevelů .....	15
3.4.3 Negativní interakce plevelů s plodinou .....	15
3.4.4 Pozitivní funkce plevelů na orné půdě.....	16
<b>3.5 Systém regulace plevelů na orné půdě v EZ</b> .....	<b>17</b>
3.5.1 Diagnostika .....	17
<b>3.6 Kategorizace škodlivosti plevelů</b> .....	<b>20</b>
3.6.1 Kulturních rostliny jako plevel v následných plodinách .....	20
<b>3.7 Preventivní a přímé metody regulace plevelů</b> .....	<b>21</b>
3.7.1 Preventivní (nepřímé) metody regulace plevelů.....	21
3.7.2 Základní zpracování půdy.....	26
3.7.3 Přímé metody regulace plevelů .....	29
<b>4 Závěr</b> .....	<b>37</b>
<b>5 Literatura</b> .....	<b>38</b>

# 1 Úvod

Od nepaměti se člověk setkává na stanovištích, která obhospodaruje, s rostlinami, jež svojí přítomností a životními projevy zatěžují jeho práci a snižují výkonnost pěstovaných druhů. Tyto jsou souborně a dlouhodobě označovány za plevelné rostliny (Dvořák & Smutný 2003).

V ekologickém zemědělství neusilujeme o bezplevelné porosty. Cílem regulace plevelů je jejich udržení pod prahem škodlivosti tak, že jejich přítomnost slouží spíše k podpoře než snížení produkce. Zásahy proti plevelům nemají být nepřiměřené. Proto také hovoříme spíše o regulaci plevelů resp. doprovodných rostlin než o boji proti nim či jejich hubení (Neuerburg & Padel 1994).

Plevele představují problém, především díky své konkurenceschopnosti. Ta se projevuje na snížení výnosu pěstovaných plodin. Ochuzují plodiny o světlo, vodu, živiny a prostor k růstu. Některé druhy mají schopnost brzdit růst okolních plodin, a tím znásobují svou škodlivost a výrazněji snižují výnos.

V podmínkách ekologického zemědělství je regulace plevelů velmi obtížná. Při nezvládnutí plevelů to může vést až k nemožnosti pěstování plodiny a k zatravnění orné půdy. Nemožnost aplikace herbicidů zvyšuje význam preventivních opatření a ostatních metod regulace (Winkler 2013).

Plevele lze regulovat mnoha nepřímými (preventivními) i přímými metodami. Preventivní opatření považujeme v ekologickém zemědělství za základní přístup. Nejdůležitější pro regulaci plevelů je pečlivá a správná základní agrotechnika (Šarapatka et al. 2006).

Přímé metody regulace zaplevelení zahrnují mechanické, fyzikální a biologické možnosti regulace. V poslední době se výzkumy věnují využití termických metod regulace zaplevelení, využití hořáků či horké vody a páry (Burg 2019).

Vývoj informačních a automatizačních technologií otevřel novou éru pro regulaci plevelů, která umožňuje přizpůsobit fyzikální a chemická kontrolní ošetření prostorové a místní heterogenitě výskytu plevelů na zemědělských polích (Gerhards 2022).

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je vytvořit ucelený literární přehled dosavadních poznatků o způsobech regulace zaplevelení vhodných pro ekologické zemědělství v podmínkách České republiky.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Ekologické zemědělství

Definice dle zákona č. 242/2000 Sb.: „Ekologickým zemědělstvím se rozumí zvláštní druh zemědělského hospodaření, který dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky. Stanovuje omezení či zákazy používání látek a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamořují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce, a který zvýšeně dbá na vnější životní projevy a chování a na pohodu chovaných hospodářských zvířat.“

Ekologické zemědělství se dále vyznačuje šetrnými zpracovatelskými postupy při výrobě potravin s vyloučením použití chemicko-syntetických látek. Ekologické zemědělství a výroba biopotravin jsou v celém procesu kontrolovány specializovanou nezávislou kontrolou, po certifikaci jsou biopotraviny označeny a takto odlišeny od ostatních potravin (Dvorský & Urban 2014).

Ekologické zemědělství představuje v současnosti akceptovaný alternativní model zemědělského hospodaření. Příznivé podmínky pro růst tohoto systému zemědělského hospodaření v ČR vytvořila legislativa EU a na ni navazující legislativa republiky, a to zejména úpravou ekologické produkce, k ní se vztahující certifikace a označování bioproduktů a biopotravin, zahraničního obchodu s nimi i úpravou kontroly nad celým systémem. Z analýz vývoje ekologického zemědělství je zřejmé, že mezi hlavní faktory jeho dynamiky se řadí státní vliv. Podstatnou měrou stimulovaly rozvoj ekologického zemědělství dotační podpory z finančních zdrojů unie i zdrojů republiky. Vývoj ekologického zemědělství a výroby biopotravin se tak stal nepominutelnou složkou při koncipování přístupů k realizaci společné zemědělské politiky unie v České republice (Redlichová et al. 2014).

Environmentální požadavky na trvale udržitelné zemědělství v uplynulých desetiletích současně stimulovaly rozvoj alternativních způsobů zemědělského hospodaření, zejména ekologického zemědělství. Ekologické zemědělství představuje systém, který usiluje o naplnění kritérií trvalé udržitelnosti „určitým návratem“ k přírodě bližší soustavě střídavého hospodářství (Redlichová et al. 2014).

#### 3.1.1 Zásady a cíle EZ

Cílem ekologického zemědělství je udržovat a zlepšovat úrodnost půdy, využívat co nejvíce uzavřených koloběhů látek. Neznečišťovat životní prostředí zemědělskou činností, minimalizovat používání neobnovitelných surovin a fosilní energie, uchovat přírodní ekosystémy v krajině, chránit přírodu a její diverzitu. Zakazuje používání průmyslových hnojiv a chemicko-syntetických pesticidů. Dále si dává za cíl vytvořit podmínky pro chov hospodářských zvířat, které odpovídají jejich fyziologickým a etologickým potřebám a humánním a etickým zásadám. Produkovat kvalitní (bio)potraviny a krmiva o vysoké nutriční hodnotě a v dostatečném množství (Dvorský & Urban 2014).

Koncept ekologického zemědělství obecně počítá s nižší intenzitou produkce při preferenci mimoprodukčních funkcí. Ekologická produkce, označování bioproduktů a biopotravin jsou legislativně upraveny nařízením Rady ES a navazující legislativou členských států unie (Redlichová et al. 2014).

Tab. 1 Výměra a počet farem v EZ 1990-2020 (Ročenka MZe 2020)

Rok	Počet farem hospodařících v EZ	Celková výměra ploch v EZ (ha)
1990	3	480
1995	181	14982
2000	563	165699
2005	829	254982
2010	3517	448202
2015	4115	494661
2016	4243	506070
2017	4399	520032
2018	4606	538233
2019	4690	540993
2020	4665	543262

### 3.1.2 Historie EZ

Počátky alternativních metod zemědělského hospodaření se datují do dvacátých let minulého století, kdy Rakušan Rudolf Steiner položil základy biodynamického zemědělství. Tento směr odmítal rostoucí industrializaci a chemizaci zemědělství a usiloval o vytvoření systému, který je v souladu s přírodními procesy a kosmickými vlivy (Steiner 1966). Rozšiřování a praktikování biodynamického zemědělství nesporně napomáhá též určitá nostalgie po odcházejícím selském hospodaření a dřívějším vesnickém životě. Ve Velké Británii se ve čtyřicátých letech dvacátého století zasloužili o vývoj tzv. organického zemědělství lady Balfour a sir Howard a lord Northbourne. O jeho rozšíření do USA se zasadil R. Radile (Petr, Dlouhý 1992; Paull 2014). Jako alternativa k zemědělsko-průmyslovým soustavám vznikaly i další obdobné směry. Z nich uveďme např. zemědělské hospodaření na principu „Low Input“ sledující podstatné snížení externích vstupů, především agrochemické povahy. Některé země zabudovaly ekologické zemědělství do svých agrárních politik již před rokem 1992, kdy je následovala celá Evropská unie. Do této doby spadá též počátek rozvoje ekologického zemědělství v České republice.

Pro technologii ekologického zemědělství je charakteristická snaha o návrat k určité míře uzavřenosti zemědělské soustavy v obratu organických látek. Ekologické zemědělství má spoléhat na obnovitelné místní zdroje. Vedlejší produkty rostlinné a živočišné výroby a odpady mají být navraceny do půdy. Soustavná péče o úrodnost půdy a její ochranu, správné střídání plodin, výživa rostlin prostřednictvím půdního ekosystému, pěstitelské postupy

vyklučující aplikaci rozpustných hnojiv a agrochemikálií ohrožujících životní prostředí jsou základem agrotechniky. Živočišné výrobě, zejména chovu polygastrů, je dán zásadní význam při udržování půdní úrodnosti a udržitelnosti soustavy. Ekologická živočišná výroba má být založena na úzkém vztahu s půdou, na spotřebě vlastních krmiv, pastvě a musí dodržovat normy dobrých životních podmínek zvířat. Vzhledem k vnímání ekologických produktů spotřebiteli je s ekologickým zemědělstvím neslučitelné využívání geneticky modifikovaných organismů – GMO. Abiotická složka techniky a technologie ekologického zemědělství je v podstatě identická s technikou a technologií zemědělsko-průmyslových soustav. Je tedy založena na mechanizaci využívající neobnovitelné zdroje energie. Klade však důraz na dostupné energetické úspory (Redlichová et al. 2014).

## **3.2 Další typy ekologického zemědělství**

### **3.2.1 Biodynamické**

Z historického hlediska se jedná o první ekologický zemědělský systém, jehož základy položil v roce 1924 v Koběřicích u Vratislavi (dnes Polsko) filozof Rudolf Steiner, kde přednesl sérii osmi přednášek, takzvaný Zemědělský kurz, ve kterém vytvořil základy nového způsobu hospodaření na půdě, hnojení, ochrany a pěstování rostlin a krmení zvířat (Paull 2011). Koncept biodynamického zemědělství byl vyvinut v kontextu antroposofie (Paull 2011a, 2011b).

Řada zemědělců v Německu, Rakousku a Švýcarsku začala po tomto kurzu hospodařit podle Steinerem popsanych metod, především za použití speciálních biodynamických preparátů. Již ve 30. letech bylo takových podniků více než 1000, a to i mimo německou jazykovou oblast: v Anglii, Nizozemsku, Skandinávii nebo na Novém Zélandu. V roce 1932 vznikl svaz Demeter, sdružující biodynamické zemědělce.

Druhá světová válka přinesla vynucený útlum biodynamické práce, po válce však rozvoj pokračoval, přinejmenším v západní části Evropy a světa. V roce 1946 vznikl v Darmstadtu Ústav pro biologicko-dynamický výzkum, který pracuje dodnes. V roce 1950 začal v Německu vycházet biodynamický časopis *Lebendige Erde*, od roku 1953 vychází časopis britské biodynamické asociace *Star & Furrow* (Demeter 2020).

V roce 1997 se národní organizace Demeter sdružily do mezinárodního svazu Demeter International se sídlem v Darmstadtu. V roce 2020 vzniká nadnárodní organizace Biodynamická federace (BFDI).

Biodynamická federace – Demeter International byla založena s cílem uspokojit rychle rostoucí celosvětový zájem o biodynamický způsob hospodaření, nastavit jednotné standardy a co nejvíce podporovat nové členské organizace. V únoru 2021 měla 45 členských organizací ve 36 zemích po celém světě. Česká republika je členem od roku 2020.

Demeter certifikát má v současné době cca 7000 farem a zemědělských podniků, které hospodaří na 230 000 ha v 65 zemích světa (Demeter International 2021).

### 3.2.2 Permakultura

Permakulturu můžeme chápat jako koncepci přístupu k zemědělství, přírodě a životnímu prostředí obecně, tak, aby bylo na hranici nebo ještě lépe za hranicí trvalé udržitelnosti. Permakulturu objevil, nazval a do světa uvedl Bill Mollison spolu s Davidem Holmgrenem v Austrálii v roce 1978 (Mollison – Holmgren 1978). Definovali ji jako: systém pro navrhování trvale udržitelných lidských sídel, který uspokojuje potřeby člověka i krajiny a vytváří tak harmonicky fungující celek podobný přírodním ekosystémům. V určitém zobrazení je to kultura (v duchovnějším slova smyslu filozofie), která konání svých stoupenců povyšuje nad pouhé vegetativní bytí a která od jedince vyžaduje změnu myšlení a změnu vztahu k okolnímu prostředí (Vlašín 2010).

Mollison si uvědomoval rozdíl mezi přirozenými ekosystémy a společenstvy ovlivněnými lidskou činností, která vykazovala známky trvalé neudržitelnosti (Mollison 1988). Přírodní systémy však neustále přežívaly a vyvíjely se. Mollison pozoroval, že se řídí určitými zákonitostmi a ty se dají aplikovat i na lidskou společnost. Přišel tedy s pozitivním řešením, jak začít situaci měnit na trvale udržitelnou, právě pomocí aplikace přírodních zákonů do lidské společnosti. Permakultura je založena i na moudrosti tradičního zemědělství a zároveň zahrnuje také moderní vědecké poznání (Mulligan – Hill 2001).

Ve stejnou dobu na mnoha místech světa si i další lidé uvědomovali vážnost situace, začali sami vytvářet podobné systémy a později se přidali k permakultuře. U nás má největší zásluhu na rozšíření permakultury Karol Končko: Založil v tehdejší Československu nevládní organizaci „Společnost' důhové údolie“ se sídlem v Revúci. Permakultura je svým způsobem ochranná známka, tak jako například ekologické zemědělství. Permakulturní principy (stejně jako principy ekologického zemědělství) ale může praktikovat každý, komu je to sympatické (Vlašín 2010).

Základem etického permakulturního chování je věnovat spravedlivý podíl (svého času, peněz a surovin) péči o Zemi (to znamená o všechno živé i neživé, půdu, vodu, vzduch i přírodní druhy a jejich biotopy) a péči o lidi (to znamená zabezpečení našich základních potřeb: potravin, příbytku, vzdělání, přátelských mezilidských vztahů i uspokojivého zaměstnání). Klíčem ve vztahu člověka k okolnímu světu je nahradit konkurenci spoluprací. Každá živá věc má svou hodnotu sama o sobě, bez ohledu na její „nulovou“ ekonomickou hodnotu (cenu). Permakultura však poskytuje i zcela praktické návody. Doporučuje nahradit klasické rytí šetrným mulčováním. Pokud se přece jen někdy obrací zem, je to pro vydobytí kořenové zeleniny. Půda se před zárostem nežádoucími rostlinami kryje mulčem ze sena, kůry, listí či papíru. Permakultura doporučuje nepoužívat syntetické pesticidy ani energeticky náročná chemická hnojiva. Využívá se přirozených antagonistických a synergických vlastností rostlin. Poté dobře plodí

Přírodní ekosystémy jsou věkově, prostorově a druhově pestré. To znamená, že obdélníkový záhon mrkve vysazený v řádcích a v jeden okamžik je nepřirozený. Přirozenější je nepravidelný útvar, na kterém rostou stromy a keře a v podrostu několik druhů plodin zasetých v různých obdobích roku. Takový „jedlý“ ekosystém přináší s minimálním

vynaložením energie více potravin než třeba obilné pole. Na výrobu energie se používají přednostně nízkoenergetické ekologické (sluneční, větrné, vodní) a biologické (rostliny, zvířata) systémy. Podobně jako v přírodě, kde nevznikají žádné odpady, jsou v permakulturních systémech minimální odpady, téměř vše se recykluje (Vlašín 2010).

### **3.3 Další typy zemědělských systémů**

#### **3.3.1 Precizní zemědělství**

Precizní zemědělství zahrnuje soubor technologií, které kombinují senzory, informační systémy, zdokonalené stroje a informované řízení s cílem optimalizovat produkci zohledněním variability a nejistot v zemědělských systémech. Přizpůsobení výrobních vstupů konkrétnímu místu na poli a individuálně pro každé zvíře, umožňuje lépe využívat zdroje, aby se zachovala kvalita životního prostředí a zároveň se zlepšila udržitelnost produkce potravin. Precizní zemědělství poskytuje prostředky pro sledování řetězce výroby potravin a řízení množství i kvality zemědělské produkce (Gebbers 2010).

Ministerstvo zemědělství definuje precizní zemědělství jako:

Strategii řízení založenou na sběru a analýze prostorových, klimatických, biologických a fyzikálně-chemických parametrů, a to s ohledem na jejich variabilitu v čase a prostoru, na jejichž základě jsou stanoveny optimální agrotechnická, zootechnická či manažerská opatření, vedoucí k zajištění ekonomicky a environmentálně udržitelných systémů zemědělského hospodaření (Eagri).

Precizní zemědělství (PA) zahrnuje techniky blízkého a dálkového snímání pomocí senzorů, které pomáhají sledovat stav plodin na různých úrovních jejich vývoje. PA zahrnuje získávání a zpracování velkého množství dat týkajících se zdravotního stavu plodin. Na zdraví rostlin se podílí více parametrů, včetně úrovně vlhkosti, teploty a dalších. PA umožňuje zemědělcům přesně vědět, jaké parametry jsou potřebné pro zdravou plodinu, kde jsou tyto parametry potřebné a v jakém množství v konkrétním časovém okamžiku. To vyžaduje shromažďování obrovského množství informací z různých zdrojů a různých částí pole, jako jsou živiny v půdě, výskyt škůdců a plevelů, obsah chlorofylu v rostlinách a některé klimatické podmínky. Všechny shromážděné informace je třeba analyzovat, aby bylo možné vypracovat agronomická doporučení. Například vzhledem k vývojovému stadiu rostlin a jejich úrovni zelenosti (obsahu chlorofylu) lze zjistit, jaké živiny jsou potřeba. Tyto informace se kombinují s vlastnostmi půdy, v níž se rostlina nachází, spolu s předpovědí počasí. Všechny shromážděné informace jsou dále použity k určení, kolik určitého hnojiva by mělo být aplikováno na danou rostlinu následující den. Poskytnutí agronomických informací zemědělcům ve správný čas a zajištění, aby tato doporučení aplikovali, je klíčem ke zvýšení výnosů.

Hlavním motorem PA je WSN, což je síť několika bezdrátových uzlů propojených za účelem monitorování fyzikálních parametrů prostředí. Každý bezdrátový uzel se skládá z rádiového vysílače, mikrokontroléru, senzorů, antény spolu s dalšími obvody, které mu umožňují

komunikovat s nějakou bránou a přenášet informace shromážděné senzory. Senzory měří fyzikální parametry a odesílají shromážděné informace do řídicí jednotky, která tyto informace dále přenáší do cloudu nebo přenosného zařízení. Zemědělství má mnoho požadavků, které se skládají ze statistických údajů o půdě, charakteru plodin, klimatických podmínkách, typech hnojiv a požadavcích na vodu. Plodiny mají různorodé požadavky v závislosti na různých plodinách na stejné půdě a na stejné rostlině na různých půdách s různými klimatickými podmínkami. Senzory monitorují rozdílné chování těchto parametrů plodin. Díky rychlému pokroku v technologiích WSN se zmenšila velikost a cena senzorů, což umožňuje jejich zavedení v mnoha odvětvích života včetně zemědělství (Shafi et al. 2019).

### **3.3.2 Integrované**

Integrovaný systém zemědělství (ISZ) stojí na pomezí mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím (El Titi 1992). Na rozdíl od konvenčního zemědělství, klade důraz na udržitelnost a využívá biotechnologického pokroku v pěstování, ochraně rostlin a hnojení, se zvláštním důrazem na ochranu životního prostředí a lidského zdraví. Přípravky na ochranu rostlin a chemická hnojiva zakázány nejsou, ale jsou užívány v menší míře. Cílem je produkce plodin s vysokou biologickou hodnotou, nutriční kvalitou a bezpečná pro lidské zdraví (Morris & Winter 1999).

## **3.4 Regulace zaplevelení v EZ**

Obecná definice označuje jako plevel každou rostlinu, která se na určitém stanovišti vyskytuje proti vůli člověka. Stanovištěm v tomto případě rozumíme jak porosty polních či zahradních plodin, tak i okrasné výsadby, sady, vinice, trvalé travní porosty (louky, pastviny, trávníky), ale i plochy, na kterých je jakákoli vegetace nežádoucí – kolejiště, chodníky, komunikace a podobně.

V případě polních plevelů se jedná především o rostliny, které jsou schopny s porostem pěstovaných rostlin negativně interagovat. Touto negativní interakcí je nejčastěji konkurence, ale může se jednat i o parazitismus či alelopatii. Důsledkem těchto interakcí je určitá hospodářská škoda – snižování množství či kvality sklizeného produktu. V rostlinné produkci figurují plevele jako významná skupina škodlivých organismů, většina agrotechnických opatření je již od počátku zemědělství prováděna za účelem regulace jejich negativního vlivu na plodiny (Jursík et al. 2011).

### **3.4.1 Hospodářský význam plevelů**

Donedávna se v běžné zemědělské praxi posuzoval hospodářský význam plevelné vegetace na zemědělské půdě a v přírodě vůbec především z ekonomického hlediska tj. převážně podle míry zjevné škodlivosti. V ekologickém zemědělství však nutno hodnotit hospodářský význam plevelů ze širokého hlediska tj. podle jejich specifické škodlivosti,

užitečnosti a ekologické funkce na stanovišti ve vztahu k ochraně přírody, přírodních zdrojů a celého životního prostředí (Kohout et al. 1996).

### 3.4.2 Škodlivost polních plevelů

Škodlivý vliv plevelů v porostech kulturních rostlin je značně rozdílný. Od pradávna až po současnost způsobují přemnožené plevele každoročně velké ztráty na množství i kvalitě produkce kulturních rostlin, což se projevuje rovněž i celkových snížením produktivity práce v zemědělství (Kohout 1997). Negativní vliv plevelů, jakožto nebezpečných biotických škodlivých činitelů, v porostech kulturních rostlin se projevuje, jednak přímým a jednak nepřímým škodlivým působením (Hron & Kohout 1986).

Tab. č. 2 Přímé a nepřímé vlivy plevelů na plodiny podle Kalinové
zabírají místo
snižují dostupnost vody v půdě
snižují zásobu živin v půdě
potlačují pěstovanou plodinu
působí jako hostitelské rostliny a přenašeče patogenů
poskytují útočiště škůdcům a parazitům
zvyšují náklady na pěstování
snižují výnos
snižují hodnotu produktu
mohou být toxické
mohou parazitovat
mohou způsobovat alergie

### 3.4.3 Negativní interakce plevelů s plodinou

Plodiny a plevele spolu vytvářejí agrofytocentózy, společenstva rostlin na orné půdě. Obě tyto složky agrofytocentózy nejen že interagují mezi sebou, ale zároveň i s členy ostatních společenstev v celém agroekosystému. Tyto interakce mohou být jak antagonistické, kdy alespoň jeden ze zúčastněných druhů následkem interakce strádá, tak synergistické, kdy vzájemná interakce je pro zúčastněné druhy prospěšná. Příkladem antagonistických interakcí je konkurence plevelů a plodin o zdroje, dále parazitismus, kdy parazitické plevele jako kokotice či zárazy přímo odebírají hostitelským plodinám živiny a vodu, popřípadě alelopatie, kdy dochází k vyměšování kořenových exsudátů, které působí inhibičně na růst rostlin jiných druhů. Tyto vztahy jsou dostatečně známé, jejich důsledkem bývá snižování výnosů, plevele jsou označovány jako nežádoucí rostliny a člověk – hospodář pak přistupuje k regulačním zásahům, jejichž cílem je snížit výskyt plevelů pod určitý práh škodlivosti (Jursík et al. 2018).

### 3.4.4 Pozitivní funkce plevelů na orné půdě

Jakkoliv jsou plevely v porostech kulturních rostlin z pohledu pěstitelů většinou nežádoucí, není možné opomenout kladné aspekty jejich výskytu. V případě synergistických interakcí dochází k pozitivnímu vzájemnému ovlivnění plodin a plevelů, plevely také podporují další skupiny živých organismů a agrosystémů a v neposlední řadě je mezi nimi i spousta druhů, které může člověk přímo využívat, ať již ve formě léčivých rostlin, jako krmivo či dokonce jako rostliny jedlé.

Rostlinný pokryv plní ve vztahu k půdě ochrannou funkci bez ohledu na to, zda jde o plevely či nikoliv. V určitém smyslu můžeme říci, že plevely mohou v meziorostním období do jisté míry nahradit vysévané meziploidy. Stejně jako ony chrání i plevelné rostliny půdu před erozí (jak vodní, tak větrnou) i před nadměrným výparem. Podobně působí i v případě nezapojených porostů (ať již v důsledku horšího vývoje plodiny či jde-li o plodiny se širokou roztečí řádků). Po jejich zapravení je půda obohacována o snadno rozložitelnou organickou hmotu, v případě plevelů z čeledi bobovitých (vikve, jetele) i o biologicky fixovaný dusík. Vždy je však zapotřebí vhodně načasovat následné pracovní operace, aby plevely nedozrály a nedocházelo k obohacování půdní zásoby semen.

Při nízké intenzitě výskytu, kdy se ještě plně neprojeví konkurence, mohou plevely dokonce zvyšovat výnos plodiny. Nejjasnější je tento vztah v případě výskytu plevelů z čeledi bobovitých. Plodina v tomto případě využívá již během jejich vegetace část dusíku, které bobovité rostliny (leguminózy) získávají ze symbiomy s bakteriemi rodu *Rhizobium*. Tento vliv se projeví nejvíce na půdách chudých na živiny (Jursík et al. 2011).

#### **Kladné vlastnosti plevelů**

- Mohou se využít jako krmivo
- Přispívají k biodiverzitě prostoru
- Snižují infekční tlak chorob a škůdců vůči monokultuře kulturní plodiny
- Působí proti vodní a vzdušné erozi
- Některé mohou být využívány jako léčivky
- Jsou zdrojem pylu a nektaru pro predátory a včely
- Přispívají ke koloběhu živin
- Mohou vynášet živiny z větších hloubek do horních vrstev půdy
- Zastinují půdu, brání nadměrnému výparu
- Mohou posloužit jako materiál pro mulč nebo kompost

(Šarapatka et al. 2006)



### **3.5 Systém regulace plevelů na orné půdě v EZ**

V ekologickém zemědělství se na plevele pohlíží komplexně, z hlediska negativní i pozitivní úlohy v agrosystému. Cílem ekologického zemědělství je využití různých opatření, které by plevelné rostliny udrželi v takovém počtu, který nezpůsobuje významné ekonomické ztráty, bez použití herbicidů (Šarapatka et al. 2006). Předpokladem úspěšné regulace plevelů je znalost jejich biologie, správné rozlišení ve všech fázích růstu, snaha o vyvážený systém hospodaření, soustavné využívání všech metod regulace plevelů, kombinace nepřímých a přímých metod regulace. Systém regulace plevelů lze podle Kohouta (1993), který vychází z našich i zahraničních zkušeností, rozčlenit na vlastní diagnostiku, na preventivní a přímá opatření.

#### **3.5.1 Diagnostika**

Diagnostika zaplevelení dle Kalinové spočívá v:

- poznání plevelů ve všech růstových a vývojových fázích, tj. včetně rozmnožovacích orgánů a klíčení rostlin.
- poznání biologie zastoupených plevelných druhů a jejich změn (životní cyklus, intenzita rozmnožování, dormance a dlouhověkost semen, periodicita vzházení aj.)
- evidence rozšíření plevelů na všech pozemcích v delším časovém úseku, včetně dynamiky potenciální zásoby semen a jiných způsobů rozmnožování.
- poznání všech zdrojů zaplevelení (půdní zásoba, osivo, statková hnojiva, ohniska v okolí orné půdy aj.) s cílem jejich vyloučení.
- v prognózách zaplevelení následných plodin na daném pozemku.

#### **Klasifikace plevelů podle biologických vlastností**

Především životního cyklu, způsobu reprodukce a dalších, ve vztahu k jejich regulaci je v našich podmínkách nejčastěji používána klasifikace polních plevelů dle Hrona a Vodáka (1959), Kohouta (1997). Reprodukce plevelů je přirozenou biologickou vlastností, která umožňuje přežití druhu.

## **1. Plevelé rozmnožující se zcela nebo převážně generativně**

Jednoleté:

- Efemérní
- Časně jarní
- Pozdní jarní
- Ozimé
  - Dvouleté a víceleté

## **2. Plevelé vytrvalé, rozmnožující se intenzivně vegetativně**

Mělčeji kořenící:

- S plazivými kořenicími lodyhami
- S měkkými a křehkými výběžky
- S pevnými a tuhými oddenky
- Vytvářející hlízy, cibule a ztlustlé kořeny

Hlouběji kořenící:

- vytvářející oddenky
- vytvářející kořenové výběžky

## **3. Plevelé poloparazitické a nezelené parazitické**

- na nadzemních orgánech
- na podzemních orgánech

**Generativní (pohlavní) rozmnožování** se děje prostřednictvím diaspor, mezi které patří například výtrusy, semena či plody. Semeno je v podstatě nejméně variabilní orgán rostliny jak co do velikosti, tak i do hmotnosti semen v rámci jednoho druhu. Počet semen na rostlině je veličina druhově specifická, souvisí s ekologickými podmínkami stanoviště (podmínky půdní, klimatické a prostorové). Nutností plevelných rostlin z hlediska přežití je vytvoření co největšího množství semen a plodů, které by bylo zárukou setrvání druhu na dané lokalitě. Ze semen vytvořených na rostlině však v polních podmínkách vytvoří novou rostlinu pouze

nepatrná část. Pro přežití plevelného druhu na stanovišti jsou důležité i další faktory - dormance, životnost semen v půdě nebo rytmus vzházení semen během vegetace atd.

**Vegetativní rozmnožování** představuje doplňkový způsob rozmnožování, který je často využíván některými vytrvalými druhy. Vegetativní rozmnožování vytrvalých plevelů převládá především na orné půdě, která je pravidelně obdělávána. Pravidelné poškozování kořenů a kořenových výběžků vyvolává rychlou regeneraci z pupenů. To má za následek vytvoření mohutného kořenového systému, který velmi agresivně konkuruje kulturním rostlinám. Zachování druhu je tak zajištěno i za nepříznivých podmínek prostředí, ve kterých se rostlina krátkodobě nebo dlouhodobě nachází. Zaplevelení může vznikat i z velmi malých orgánů vegetativního rozmnožování. V určitých případech dokonce vegetativní rozmnožování nabývá převahy nad generativním, neboť poměr uvedených způsobů rozmnožování je u některých vytrvalých druhů značně závislý na podmínkách stanoviště (např. u pýru plazivého). Na půdách obdělávaných, úrodných a provzdušněných vytvářejí plevele, jako například pýr plazivý, pcháč rolní a čistec bahenní, bohatý podzemní systém oddenků neo kořenů. Naopak na půdách neobdělávaných, chudých a ulehlých se zvyšuje tvorba semen.

Vyrašené výhony na obdělávaných půdách mají vysokou konkurenční schopnost a prosadí se i v konkurenčně silných porostech kulturních rostlin, jako jsou obilniny. Velmi nebezpečná je rychlá regenerace pupenů na kořenech a kořenových výběžcích v období studených a vlhkých period v měsících červnu a červenci, kdy je konkurenční schopnost obilnin na ústupu. Rostliny pcháče rolního a dalších plevelů vytvářejí mohutný kořenový systém z horizontálních a vertikálních kořenových výběžků. Kořenový systém dosahuje poměrně do značné hloubky, udává se i několik metrů. Kořenové výběžky mají obrovskou regenerační schopnost. Výhony z vytrvalých plevelů z kořenových výběžků nebo oddenků raší po celou vegetační dobu v závislosti na kulturní rostlině a agrotechnických zásadách. U některých plevelů se tvoří kořeny i na odlomených nadzemních částech rostlin v případě jejich odlomení (Kazda et al. 2010).

### 3.6 Kategorizace škodlivosti plevelů

Škodlivý vliv jednotlivých druhů plevelů v porostech kulturních rostlin je značně rozdílný. Z toho aspektu jsou zastoupené druhy na poli hodnoceny a tříděny (tzv. kategorizace škodlivosti) z hlediska ohrožení plodiny v určitých podmínkách a povětrnostních vlivech na 3 základní skupiny škodlivosti. Kategorizací se stanovuje míra a povaha škodlivosti jednotlivých druhů plevelů v určité plodině a v daných podmínkách. Je nezbytná pro stanovení nebezpečí zaplevelení následné plodiny a pro správnou volbu účinného preventivního nebo speciálního plevelohubného zásahu (Hron et al. 1986).

Tab. č. 4 Kategorizace škodlivosti plevelů (Šarapatka et al. 2006)

	Obecné vlastnosti	Příklady plevelů
<b>Velmi nebezpečné plevely</b>	Obvykle jde o statné plevely, které znamenají pro sledovanou plodinu a celý osevní postup vážné nebezpečí již v nízkém počtu a je potřebné jim věnovat zvýšenou pozornost. V EZ je nezbytné již při nízkém výskytu omezovat tyto plevely přímými metodami. Je nutné dávat pozor na to, aby je mechanická opatření spíše nepodporovala (např. pcháč).	Z hlediska ohrožení kvality sklizně sem patří jedovaté druhy blín a durman. Podle intenzity rozmnožování se patří zejména pcháč oset, pýr plazivý, šťovík tupolistý a kadeřavý, svízel přítula, oves hluchý, chundelka metlice, ježatka kuří noha, laskavec ohnutý, merlíky a lebedy
<b>Příležitostné (přechodné plevely)</b>	Zahrnují většinu našich plevelů. Jsou to obvykle plevely středního vzrůstu, které při normálním zaplevelení v dobře zapojeném porostu plodiny nepředstavují potenciální nebezpečí pro osevní postup a je možné je regulovat preventivními metodami. Nebezpečnými se stávají teprve při přemnožení, kdy je nutné ihned přímo zasahovat.	Rdesno ptačí, bažanka roční, béry, peníze rolní, kokoška pastušá, tobolka, ptačinec žabinec, chrpa modrák, mák vlčí, violka rolní a další.
<b>Nevýznamné plevely</b>	Jsou to druhy drobnějšího vzrůstu (přizemní), méně se přemnožující, které při běžném výskytu a většinou i při přemnožení nepředstavují pro plodinu ani pro osevní postup vážné nebezpečí, a tudíž není nutné proti nim speciálně zasahovat. Jsou většinou dobře omezeny běžnými zásahy, např. vláčením a zapojením porostu.	Rozrazilky, drchnička rolní, kozlíček rolní a další.

#### 3.6.1 Kulturních rostlin jako plevel v následných plodinách

V posledních desetiletích se sekáváme u nás i v zahraničí s problematikou „plevelných plodin“ stále častěji a některé literární údaje považují tyto plodiny za škodlivější než samotné plevely. Za nejvýznamější se považují obilniny ze sklizňových ztrát jako plevel v ozimé řepce, dále ozimá řepka a slunečnice v následných okopaninách, ostropestřec mariánský, kulturní druhy laskavce, merlíku a jiné introdukované plodiny.

Jak je možné usoudit z bohatých literárních zdrojů, začíná problém kulturních rostlin jako plevelů následných plodin již ve vysévaném osivu a v neposlední řadě v kvalitě vysemeněných semen při sklizňových ztrátách, kdy nelze délku dormance ani „hluchost“ vysemeněných semen přesně definovat (Kohout 1997).

## 3.7 Preventivní a přímé metody regulace plevelů

Plevelé lze regulovat mnoha preventivními (nepřímými) metodami (Šarapatka et al. 2006).

### 3.7.1 Preventivní (nepřímé) metody regulace plevelů

Tyto metody jsou nejúčinnější a nejlevnější za předpokladu, že se používají dlouhodobě. Spočívají především v principu zabránit škodlivému přemnožení plevelných druhů samotným způsobem hospodaření (Kohout 1997). Cílem je udržovat rovnováhu mezi plodinami a plevele, přičemž pěstitel upravuje rovnováhu ve prospěch plodiny, kdykoli je to možné. Střídání plodin je jádrem organického systému hospodaření, a přestože metoda a načasování kultivace půdy a výběr plodiny jsou obvykle spojeny, oba přispívají různými způsoby k manipulaci s populací plevelu (Bond & Grundy 2001).

Šarapatka et al. (2006) ve své publikaci uvádí jako **nepřímé metody** regulace:

Osevní postup a střídání plodin

Výběr druhů a odrůd plodin

Kvalitní osivo

Ošetřování statkových hnojiv

Péče o neproduktivní plochy

Podmítka, základní zpracování půdy

Čištění nářadí

Pěstování meziplodin

Způsob setí a sázení

#### 3.7.1.1 Regulace plevelů osevními postupy a střídáním plodin

Osevní postup je plán postupného střídání plodin na pozemcích za účelem snížit výskyt plevelů, škůdců a chorob (Houben 2020). Velmi důležitá je pestrost, struktura a dodržování zásad střídání plodin. Musí zajistit příznivé růstové podmínky kulturním rostlinám, a podpořit tak jejich konkurenční schopnost proti plevelům. Osevní sledy, které poskytují různé vzorce konkurence zdrojů, alelopatické interference, narušení půdy a mechanické poškození, poskytují nestabilní prostředí, které brání proliferaci a dominanci konkrétního plevelu (Liebman & Davis 2000).

Pokud ve struktuře pěstovaných plodin významně převažují obilniny (50 % a více), dochází k poklesu počtu jedinců plevelů a snížení počtu druhů. Ovšem prudce narůstá výskyt vysoce škodlivých druhů, jako jsou svízel přítula nebo violka rolní. Naopak, pokud se dodržují zásady střídání plodin a je pestrý osevní postup, je sice zaplevelení vyšší, ale převažují méně škodlivé druhy, jako jsou rozrazil, hluchavky aj. (Winkler 2013).

V osevních postupech s vysokým zastoupením ozimů převažují přezimující plevelné druhy (svízel přítula, heřmánkovec nevonný, chundelka metlice), naopak v osevních postupech nebo na pozemcích s častým pěstováním cukrovky, kukuřice, zeleniny, brambor apod. dochází k přemnožení pozdních jarních plevelů (mečíkovité plevele, rdesna, ježatka kuří noha, laskavec ohnutý aj.) (Mikulka 1999).

Určitý plevelný druh se může konkurenčně uplatnit v jednotlivých plodinách především tehdy, je-li jeho životní rytmus sladěn s danou plodinou a technologií pěstování. Z bohatých literárních údajů jednoznačně vyplývá, že jednostranné zařazování stejných skupin plodin po sobě je významnou příčinou přemnožení určitých plevelů (Kohout 1997).

Osevní sledy reagující na aktuální stav zaplevelení, mohou být často účinnější formou regulace zaplevelení, než fixní (byť vyvážený) osevní postup (Barberi 2002).

Zahrnutí období ladu do sledu snižuje výskyt vytrvalých plevelů (Hintzsche & Wittmann 1992). Ztráta produkce spolu s nežádoucími vlivy na půdu a životní prostředí však činí využití úplného úhoru v ekologickém zemědělství nepravděpodobným (Lampkin 1990). Ponechání půdy ladem po část vegetačního období může být stejně účinné a může být zahrnuto ve většině sledů (Blake 1990). Podobný efekt jako při úhoru lze dosáhnout rychle se vyvíjejícími plodinami, jako je ředkvička (*Raphanus sativus* L.), které se sklízí před vypuknutím konkurence plevelů. Krátký interval mezi založením plodiny a sklizní u této plodiny podporuje klíčení semen plevelů, ale neumožňuje plevelům produkovat semena nebo se rozmnožit vegetativně (Turner et al. 1999). Jakmile je zvolen sled plodin, existují příležitosti k dalšímu zlepšení konkurenceschopnosti jednotlivých plodin (Bond & Grundy 2001).

### 3.7.1.2 Regulace plevelů výběrem druhů a odrůd

Při výběru druhu a odrůdy je třeba přihlížet k místním podmínkám. Kulturní plodiny jsou na podmínky prostředí daleko více náročné než plevele. Zařazovat směsi druhů, případně odrůd, využívat podsevy. Každé toto opatření zlepšuje konkurenční schopnost kulturní plodiny vůči plevelům. Vybírat druhy a odrůdy s větší konkurenční schopností – odolnější, rezistentní, mrazu nebo chladuvzdorné, odrůdy s rychlým počátečním vývojem, vyšším vzrůstem a s planofilním postavením listů (rozkladité, lépe zastíňující půdu), odrůdy šlechtěné pro nízké vstupy (tzv. „low-input“ odrůdy, někdy také „stabilní – plastické“ odrůdy), (Šarapatka & Urban 2006).

Selekce kultivarů se schopností potlačovat plevele nebyla ve šlechtění rostlin významná a existuje jen málo informací o srovnání konkurenční schopnosti různých kultivarů

vůči plevelům (Callaway 1992). Většina studií hodnotila potlačení plevelu u kultivarů obilovin (Christensen 1995; Seavers & Wright 1995; Froud-Williams 1997; Sodhi & Dhaliwal 1998), z nichž některé jsou vhodné pro organické systémy (Richards & Heppel 1990; Cosser 1997). Bylo provedeno několik studií srovnávajících kultivary jiných plodin než obilovin v organických podmínkách (Taylor 1993). Lze rozlišovat mezi kultivary, které tolerují plevel, a těmi, které je aktivně potlačují (Froud-Williams 1997). Zastínění půdy plodinou je jedním ze způsobů využití atributů odrůdy k manipulaci s populací plevelu (Verschwele & Niemann 1993).

#### 3.7.1.3 Regulace plevelů použitím kvalitního osiva

Velkou část příměsí semen lze čištěním odstranit. Ty druhy, které se špatně odstraňují, jsou sledovány v rámci semenářské kontroly a v uznávaném osivu by měl být jejich výskyt minimální. U farmářského osiva je však často kvalita čištění nižší a možnosti šíření semen či plevelů jsou zde nepoměrně větší. Právě zavedením kvalitního čištění osiva eliminovalo výskyt mnoha druhů plevelů, které byly v minulosti hojné – klasickým případem je koukol polní, který byl ještě na počátku 20. století jedním z nejhojnějších plevelů ozimých obilnin a pak během relativně krátké doby z polí úplně vymizel (Jursík et al. 2018).

#### 3.7.1.4 Regulace plevelů ošetřováním statkových hnojiv

Chlévským hnojem mohou být na pole zanášena velká množství semen mnoha druhů plevelů (Hron & Vodák 1959). Podle Šarapatky (1993) značná část semen, která jsou obsažena v chlévské mrvě, je při zrání hnoje narušována až ke ztrátě jejich klíčivosti. Tyto rozkladné procesy jsou závislé především na způsobu uložení a době jeho zrání. Při správném uložení jsou semena ničena dlouhodobější vlhkostí, amoniakálními roztoky, vyššími teplotami, organickými kyselinami, metanem a hladinou CO<sub>2</sub>, jak uvádí ve své publikaci Dvořák & Smutný (2003). Běžně se vyskytují životná semena plevelů i v kejďe skotu, navíc kejda ve vyšších dávkách „provokuje“ mobilizaci půdní zásoby semena tzv. ruderalizaci stanovišť (Kohout & Kohoutová 1993). Kejda prakticky obsahuje jen semena, která prošla zaživacím traktem zvířat. Ta ztrácí v kejďe skotu do měsíce klíčivost (Dvořák & Smutný, 2003).

#### 3.7.1.5 Regulace plevelů použitím meziplodin

Zařazení krycích plodin do meziporostního období, potlačí rozvoj plevelu, ale zachová úrodnost půdy a zabrání erozi (Liebman & Davis 2000).

Preventivní efekt meziplodin na zaplevelení následné plodiny lze spatřovat zejména v tom, že díky své konkurenceschopnosti omezují vysemeňování plevelů v meziporostním období a u vytrvalých plevelů mohou napomáhat oslabování kořenového systému či jiných vegetativních rozmnožovacích orgánů. Výsevem meziplodin s dobrou konkurenční schopností je možné v tomto období omezovat rozvoj plevelů, zabránit vytvoření semen a tím usnadnit regulaci v následné plodině. Vzházení plevelů je omezeno zejména konkurencí o světlo, vodu a živiny, často také alelopatickým působením. Vliv meziplodiny na plevely do

značné míry závisí na použitém druhu meziplodiny a také na výběru následné plodiny (Barberi & Mazzoncini 2001). Vysokou schopnost potlačovat plevely mají např. hořčice bílá nebo ředkev olejná (Jursík et al. 2018).

Krycí plodiny zaseté na podzim je třeba zničit před výsadbou jarních plodin. Creamer et al. (1995) zkoumali použití mechanického podřezávání k usmrcení krycí plodiny a ponechání silné, rovnoměrně rozložené vrstvy mulče potlačujícího plevel. Tento povrchový mulč může omezit další rozvoj plevelu svým vlivem na propustnost světla, teplotu půdy a vlhkost půdy (Teasdale 1993).

#### 3.7.1.6 Regulace plevelů mulčováním

Zakrytí nebo mulčování povrchu půdy může zabránit klíčení semen plevelu nebo fyzicky potlačit vzcházení sazenic, ale není účinné proti vzrostlým vytrvalým plevelům. Mulč může mít mnoho podob: živý rostlinný pokryv půdy, volné částice organické nebo anorganické hmoty rozprostřené po půdě nebo vrstvy umělých nebo přírodních materiálů položených na povrchu půdy. Byly vyvinuty i stříkané mulče, které vytvářejí na povrchu půdy tenký film na bázi latexu (Stout 1985). K vytvoření mulče lze také použít rostlinné zbytky z předplodin. Různé mulče mohou být kombinovány, například plastové fólie položené podél osázeného řádku nebo záhonu, se slámou rozprostřenou v meziřádcích. Zamezení přístupu světla na mulč by mohlo být použito jako alternativa ke kultivaci a k hubení vegetace před setbou (Lennartsson 1990). Obecně platí, že náklady na mulčování jsou ekonomické pouze pro plodiny s vysokou hodnotou (Runham & Town 1995) nebo pro víceleté plodiny, u kterých mulč zůstane účinný po několik let (Wofford & Orzolek 1993).

Mulč také poskytuje ochranné prostředí pro semenné predátory, což pomáhá snižovat počet semen plevelu (Reader 1991). Kromě toho mohou rozkládající se zbytky krycích plodin uvolňovat alelochemikálie, které inhibují klíčení a vývoj semen plevelu (Liebman & Davis 2000).

Organické mulče mají tu výhodu, že jsou biologicky rozložitelné, ale jejich rozklad může mít za následek dočasné snížení obsahu minerálního dusíku v půdě. Kromě toho mohou přirozené fytotoxiny uvolňované při rozkladu organických materiálů potlačovat nejen růst plevelů, ale také plodin (Wallace & Bellinder 1992). Černé polyethylenové mulče se používají k regulaci plevelů u řady plodin v ekologickém zemědělství. Použití černého tkaného polypropylenového mulče se obvykle omezuje na víceleté plodiny a další situace, kdy je vyžadováno dlouhodobé potlačování plevelů. Různé barvy tkaných a pevných fóliových plastů byly testovány pro regulaci plevelů na poli (Horowitz 1993). Bílé a zelené fólie měly na plevel malý vliv, zatímco hnědé, černé, modré a bílé na černých (dvoubarevných) fóliích bránily výskytu plevelu. Průhledný mulč zahřívá půdu účinněji a byly vyvinuty plastové mulče, které filtrují fotosynteticky aktivní záření (PAR), ale propouštějí infračervené světlo, které zahřívá půdu. Ukázalo se, že tyto mulče propouštějící infračervené záření (IRT) jsou účinné při regulaci plevelů (Majek & Neary 1991). Papírové mulče byly v pokusech s vysazovanou zeleninou příznivě srovnávány s černým polyethylenem (Runham & Town



1995). Správné položení papíru a rychlé založení porostu jsou klíčem k zabránění roztrhání a zvednutí větrem. Mulče testované na salátech a květinách poskytly dobrou regulaci plevelů. Vlhnutí a vysychání způsobilo roztržení hnědého papírového mulče, zatímco černý mulč, který byl krepovaný, aby se mohl roztahovat a smršťovat, se neroztrhl (Wilson 1990). Fólie z papíru, netkaných přírodních vláken a rozložitelných plastů mají tu výhodu, že se přirozeně rozkládají a po použití je lze zapracovat do půdy (Runham & Town 1995). Pokud je mulč vyroben z recyklovaných materiálů, má další ekologické výhody (Cooke 1996).

Živý mulč jsou nízké vytrvalé rostliny nebo samovýsevné letničky, které se pěstují po část nebo celou pěstební sezónu a přirozeně se obnovují. Jakýkoli živý mulč dostatečně konkurenceschopný k potlačení plevele bude také dostatečně konkurenceschopný, aby narušil růst plodin a výnos. Proto se výzkum živých mulčů zaměřil na regulaci živého mulče natolik, aby zabránil konkurenci s plodinou, ale umožnil dostatečnou obnovu mulče pro následující roky. Přístupy k regulaci zahrnovaly dávky neletálních herbicidů, páskované herbicidy, obdělávání půdy v pásech, sečení a pěstování dvou plodin zároveň (Teasdale 1996).

### 3.7.1.7 Regulace plevelů setím a sázením

Správné setí a sázení kulturních rostlin předpokládá celý soubor dílčích opatření zajišťující nerušený a rychlý rozvoj plodiny, čímž se podporuje nejen její schopnost využít vegetačních faktorů (podmínky tzv. výkonného prostředí, vytvořené spolu s ostatními agrotechnickými zásahy). Vyrůstání a dobře vyvinuté kulturní rostliny vytvářejí také za příznivého počtu jedinců na plošné jednotce dobře zapojený porost, který tlumí rozvoj později klíčících a vzcházejících plevelných druhů (Hron & Kohout 1986).

Osivo musí splňovat kvalitativní znaky – jako jsou pravost, čistota, klíčivost, vyrovnanost, hmotnost tisíce semen (HTS), zdravotní stav, maximálně povolený obsah semen plevelů aj. Vlastní setí či sázení je další podmínkou pro vhodné uplatnění kvalitního osiva nebo sadby. V tomto směru se především uplatňují norma výsevu, způsob setí (sázení), doba a hloubka setí (sázení). Z hlediska výše výsevku je vhodné sít na horní hranici výsevku doporučeného šlechtitelem, a to proto, že ekologické porosty v důsledku nižší nabídky dusíku v půdě méně odnožují, porost je tak více prosvětlen a dopad světla na půdu je jeden z hlavních impulzů pro klíčení plevelů. Dalším důvodem je vláčení. Při každém vláčení je pozorován úbytek – poškození kulturních rostlin (1-10 %). Počítáme-li s nejméně dvěma vláčeními, pak musíme mít zaseto více rostlin. Otázkou je i šíře řádků. Je sice možné sít do řádků širších a poté plečkovat (řada zemědělců v zahraničí pěstuje veškeré plodiny v širších řádcích a plečkuje), nebo do užších a vláčet (Šarapatka & Urban 2006).

Semena mnoha rostlinných druhů vyžadují krátké vystavení světlu k vyvolání klíčení. Úprava světelných podmínek během zpracování půdy může změnit vzcházení plevele v zemědělských systémech (Buhler 1997).

### 3.7.1.8 Regulace plevelů péčí o neprodukční plochy

Dalším zdrojem semen bývají neudržované meze v okolí polí. Odtud se velmi často šíří především druhy přenášející se větrem (pampeliška lékařská, pcháč oset, bodlák obecný, locika kompasová). Dalším zdrojem semen bývají špatně udržovaná polní hnojiště. Právě na hnojištích často rostou druhy s vysokou produkcí semen, jako jsou merlíky, lebedy, laskavce, heřmánkovec nevonný a další. Pravidelné sečení a mechanická likvidace plevelů na těchto stanovištích mohou významně omezit nové zaplevelení polí (Winkler 2013).

### 3.7.1.9 Regulace plevelů čištěním nářadí

Jedním z dalších preventivních opatření proti šíření plevelů je čistota nářadí. Veškeré polní nářadí, zvláště pluhy, podmítače, brány, kombinátory a kultivátory, je nutné při příjezdu z pole očistit od zbytků rostlin, oddenků a zeminy. Zabrání se tak rozšiřování plevelů na další plochy (Šarapatka et al. 2006).

### 3.7.1.10 Regulace plevelů způsobem sklizně

V komplexní ochraně proti plevelům je sklizeň rovněž složkou celého souboru agrotechnických zásahů, majících význam preventivní ochrany. Doba a způsob sklizně ovlivňují především intenzitu vysemeňování rostlin plevelů dozrálých na poli a šíření plodů a semen od mateřské rostliny (Kohout et al. 1996). Při kombajnové sklizni se obiloviny sklízají v plné zralosti. V tuto dobu je již značná část přezrálých plevelů vysemeněna na poli. Zbylé rostliny plevelů jsou potom zbaveny semen v kombajnu, kdy tato přecházejí do plev a jsou rozfoukávána po poli (pod vytrásadla lze upevnit plachtu a zachycovat plevy). Ekologičtí zemědělci také někdy snižují otáčky ventilátoru kombajnu. Dochází tak k nedokonalému čištění a ve sklizeném zrnu tak zůstává více semen plevelů. Ty je pak nutné urychleně oddělit na posklizňové lince, jinak se může sklizené zrno zapařit a zplesnivět (Šarapatka et al. 2006).

## 3.7.2 Základní zpracování půdy

Poznatky o dlouhodobém vlivu obdělávání půdy na plevelnou flóru poskytnou užitečné informace pro zlepšení regulace plevelů v agroekosystémech (Tuesca et al. 2001).

V ekologickém zemědělství je zpracování půdy nepostradatelným regulačním zásahem. Kvalitní podmínka a její následné ošetření významně omezuje výdrol sklizených plodin. Pomocí hlubší orby můžeme regulovat vytrvalé plevele, jako jsou pýr plazivý nebo pcháč oset. Dále kultivace půdy během vegetace plodin je důležitým krokem k omezování především jednoletých plevelů. Využití prutových bran, speciálních pleček je dnes běžnou součástí pěstování plodin v EZ (Winkler 2013).

Zpracování půdy je již od počátků zemědělství prováděno, mimo jiné, i z důvodu snižování výskytu plevelů. Podmítka, orba či kypření, ale i operace předseťového zpracování půdy mají v komplexním systému regulace zaplevelení význam i v současné době. Snižuje-li se intenzita zpracování půdy, je nutno zvýšit intenzitu přímých metod regulace plevelů (Jursík et al. 2018).

Systémy zpracování půdy ovlivňují fyzikální a chemické prostředí půdy, ve kterém půdní organismy žijí, a tím ovlivňují půdní organismy. Způsoby zpracování půdy mění obsah vody v půdě její teplotu, provzdušňování a stupeň promíchání zbytků plodin v půdní matrici. Tyto změny ve fyzickém prostředí a zásobování potravou, ovlivňují různé skupiny organismů různými způsoby (Kladivko 2001).

V současné době i přes rozšířené konvenční technologie zpracování půdy se v zemědělské praxi cíleně využívají zjednodušené postupy. Ty jsou charakteristické redukcí hloubky a intenzity zpracování půdy, slučováním jednotlivých pracovních operací s ponecháním zbytků rostlin na povrchu půdy nebo v její vrchní vrstvě.

Jde tak o různé způsoby mělkého zpracování půdy, náhrady orby kypřením, výsevy plodin do nezpracované nebo pouze povrchově zpracované půdy, výsevy do vymrzajících nebo chemicky likvidovaných meziplodin.

Tímto zpracováním půdy se však mění její fyzikální stav, na němž je bezprostředně závislý vodní, vzdušný, biologický a tepelný režim půdy. Celý proces může vést buď k optimálním podmínkám pro růst a vývoj rostlin nebo i k podmínkám nevyhovujícím, záleží na půdní a klimatické charakteristice dané oblasti.

Z hlediska zpracování půdy byly prokazovány změny nejen v půdním prostředí, ale i ve výnosové reakci většiny plodin. Změny vyvolané zpracováním půdy se nejvýrazněji dotýkají objemové hmotnosti redukované, která ovlivňuje celý komplex fyzikálních vlastností půdy, tj. pórovitost, vzdušnou a vodní kapacitu, tepelnou vodivost apod. Mění se také obsah, dostupnost a pohyb půdní vody. Na fyzikální vlastnosti půdy se tedy musíme dívat jako na soustavu dynamicky se vyvíjejících faktorů, kdy změna jednoho činitele se okamžitě projevuje ve změně ostatních. Jde tedy o vzájemný, neustále se měnící poměr vodního, vzdušného, tepelného a živinného režimu půdy (Badalíková & Bartlová 2010).

### 3.7.2.1 Podmítka

Podmítka představuje první zákrok zpracování půdy po sklizni obilnin, dalších zrnin a píce sklizených v letním období. Příznivé účinky podmítky provedené bezprostředně po sklizni plodin zanechávajících strniště jsou všeobecně oceňovány. Vytvoří se příznivé podmínky pro klíčení semen a plodů plevelů a výdrolu obilnin či řepky. Vzešlé rostliny se následující operací, zpravidla orbou, zapracují do půdy a zničí. U jednoletých plevelů se však podmítkou vyprovokuje ke klíčení jen část semen a plodů plevelů z půdní zásoby. Je to dáno tím, že semena a plody plevelů zůstávají určitou dobu v klidu a neklíčí ani při vytvoření příznivých podmínek ke klíčení. Navíc v letním období bývá často v půdě nedostatek vláhy. Podmítkou jsou promíchány rostlinné zbytky s povrchovou vrstvou ornice. Zdůraznit je třeba význam podmítky z hlediska hospodaření s půdní vodou. Podmítkou se vytvoří izolační vrstva, která omezuje výpar vody z půdy, což je v letním období zvláště důležité. Význam pro vodní bilanci může mít i tvorba rosy v nakypřené vrchní části ornice. Tato prokypřená vrstva usnadňuje zasakování vody při deštích (Hůla et al. 1997).

Samotná podmítka reguluje výskyt plevelných rostlin, které přečkaly sklizeň (v případě porostů obilnin se jedná o řadu druhů spodního patra), stejně tak i ty, které byly sklizní jen méně poškozeny a mohou regenerovat. Dochází k odstraňování nadzemních částí

vytrvalých plevelů, které tak přicházejí o asimilační plochu. Jejich kořenový systém místo získávání zásobních látek je musí vydávat na regeneraci. Semena plevelů, ale i výdrol plodiny, se z povrchu půdy, kde bývají horší podmínky pro klíčení, dostávají po mělkém zapracování do kontaktu s půdní vláhou, v případě, že nejsou dormantní, mohou vyklíčit a nestanou se součástí půdní zásoby. Naopak část semen v půdní zásobě se dostane blíže k povrchu, v kontaktu se světlem je přerušena jejich dormance a dochází ke klíčení, čímž se půdní zásoba snižuje (Jursík et al. 2018).

Podmítku můžeme dělit podle hloubky kypření:

- Mělká podmítka (do 8 cm)
- Středně hluboká podmítka (8 až 12 cm)
- Hluboká podmítka (12 až 15 cm)

K podmítce se používají podmítací pluhy, talířové podmítače, radličkové rypriče a kombinátory s aktivními rotačními prvky (Hůla et al. 1997)

Při převaze vytrvalých plevelů jsou výhodnější podmítací pluhy nebo podmítací kypriče s šípovými radličkami, které pracují na rovnoměrnou hloubku v celé šířce záběru a jsou schopné současně odříznout příslušnou vrstvu půdy s kořenovou hmotou plevelů a zaklopit vegetující listovou plochu (Mikulka et al. 1999).

### 3.7.2.2 Orba

Zavádění nových postupů zpracování půdy (snížené, minimální nebo bezorebné) obvykle způsobuje změny ve složení a četnosti plevelných druhů přítomných v osevních systémech (Froud-Williams et al. 1981; Gebhardt et al. 1985; Ball & Miller 1990); v některých případech však zpracování půdy nemá žádný selektivní účinek na plevely (Swanton et al. 1993). U plodin na orné půdě, jako je sója (Robinson et al. 1984; Kapusta & Krauz 1993) a kukuřice (Ball & Miller 1993), byly pozorovány změny v populaci plevelů, když byly konvenční systémy zpracování půdy změněny na systémy bez orby. V konvenčních systémech zpracování půdy bylo nalezeno více jednoletých plevelů a méně vytrvalých plevelů, než při redukováném zpracování půdy (Staniforth & Wiese 1985; Frick & Thomas 1992). Populace jednoletých tráv se obvykle zvyšuje v bezorebných systémech (Wrucke & Arnold, 1985), zatímco snížení populací jednoletých dvouděložných plevelů bylo spojeno s bezorebným zpracováním půdy (Shilling et al. 1985; Buhler & Daniel 1988). Rozdíly ve společenstvech plevelů by měly být očekávány také v různých osevních postupech (Ball & Miller 1993).

Orba je nejradikálnější agrotechnický zásah při hubení plevelů. Zapravuje do profilu ornice rostoucí plevele a jejich mělce uložené vytrvalé vegetativní orgány. Čím hlouběji jsou plevele zaorány, tím jistěji hynou a vegetativní orgány mají omezenější možnosti regenerace (Dvořák & Smutný 2003). Vliv orby na vytrvalé plevelné druhy je mnohem menší nežli na druhy jednoleté (Hron & Kohout 1986). Proto zvláště při orbě podmítnutého pole, zapleveleného víceletými výběžkatými plevely (např. pýrem plazivým), je nutno volit hloubku orby pokud možno co největší (ovšem pozor na vyorání „mrtvé“ spodiny), (Hron & Vodák 1959).

Kvalitní orba se významně uplatňuje při potlačování plevelů, chorob a škůdců plodin. Orbou jsou zaklápěny jednoleté plevele a vzešlý výdrol předplodin. U hluboké orby je oceňováno hluboké zaklopení oddenků pýru, který je tímto zákrokem významně zeslaben.

Klasické rozlišené orby podle hloubky:

- mělká (do 18 cm)
- středně hluboká (18 – 24 cm)
- hluboká (24 – 30 cm)
- velmi hluboká (více než 30 cm)

Vyjímečným a energeticky velmi náročným opatřením je rigolovací ora, kterou lze využít před založením některých trvalých kultur – chmelnic, intenzivních ovocných sadů, vinic.

Orba se provádí pomocí radličných pluhů, ke kterým jsou dodávány drtiče hrud a pěchy, které usnadňují předset'ovou přípravu tím, že rozrušují hroudy při příznivé vlhkosti, tedy dříve, než orbou vytvořené hroudy vyschnou nebo se při deštích nadměrně navlhčí.

Rotační pluhy jsou určeny pro zpracování těžkých, obtížně zpracovatelných půd. Při půdoochranném zpracování půdy se orba nahrazuje kypřením (Hůla et al. 1997).

### 3.7.2.3 Předset'ová příprava půdy

Předset'ová příprava půdy náleží k velmi účinným odplevelovacím zásahům, neboť zasahuje rostliny plevelů v nejcitlivější růstové fázi, tzv. nitkování. Při přípravě půdy pro časně vysévané jařiny jsou regulovány časně jarní a ozimé plevele. Dvojitá zpracování půdy – poprvé s cílem vyprovokovat klíčení plevelů, po týdnu až dvou znovu příprava – likvidace vyklíčených rostlin a seté kulturní plodiny. Je to osvědčený postup i pro později seté plodiny a zeleninu (Šarapatka et al. 2006).

Cílem zpracování půdy před setím a sázením je srovnat povrch půdy po základním zpracování půdy, připravit podmínky pro uložení osiva či sadby do požadované hloubky pro jednotlivé plodiny (Hůla et al. 1997).

### 3.7.3 Přímé metody regulace plevelů

Přímé metody jsou takové postupy, které jsou na pozemcích primárně vykonávány s cílem regulovat zaplevelení porostů plodin. Rozdělujeme je na metody mechanické, fyzikální, biologické, chemické tj. s využitím herbicidů (Jursík et al. 2018).

Výzkum přímých nechemických technik regulace plevelů se ubíral jak tradičním směrem, založeným převážně na mechanických a tepelných metodách, tak na používání mulčovacích materiálů, které plevele fyzicky potlačují. Byly však vyvinuty i nové nástroje, včetně jednoho, který vstříkuje do půdy stlačený vzduch, aby rozvolnil a vytrhal drobné plevele po obou stranách řádku plodiny (Vale 1998).

Techniky přímé regulace plevelů lze použít před a po pěstování plodin. Kontrolní opatření mohou být aplikována na celou osevní plochu nebo mohou být použita selektivně k odstranění plevelů uvnitř nebo mezi řádky plodin. Pracovní rychlosti pro operace selektivní kontroly plevelů jsou často pomalé a omezené schopností řidiče traktoru řídit přesně při

vyšších rychlostech. Pro minimalizaci poškození plodin může být zapotřebí druhá obsluha nebo nějaká forma samořídícího mechanismu (Bowman 1997). Laserové vysílače a přijímače se používají k vedení strojů v přímé linii, což umožňuje provádět regulaci plevelu a další operace ve dne i v noci (Van Zuydam et al. 1995). Propracovanější systémy navádění a detekce plevelu, které byly původně vyvinuty pro přesnou aplikaci pesticidů (Miller et al. 1997), byly aplikovány na mechanické nástroje na odstraňování plevelu (Tillett et al. 1999). Proces spoléhá na vyhledání a sledování řádků oříznutí sledováním řádkových struktur pomocí analýzy obrazu (Marchant 1996). Komplexní systémy analýzy obrazu lze použít k rozlišení mezi plodinami a plevely pomocí tvaru listů (Woebbecke et al. 1995a), barvy (Woebbecke et al. 1995b) nebo odrazu světla (Hahn & Muir 1994). Náklady na sofistikované zařízení by musely být vyváženy vyššími provozními rychlostmi a sníženými náklady na pracovní sílu a mohly by být ekonomické pouze u plodin s vysokou hodnotou (Leake 1996).

### 3.7.3.1 Mechanické metody

Zahrabávání do hloubky 1 cm a sekání na povrchu půdy jsou nejúčinnější způsoby mechanického hubení semenáčků plevelů (Jones et al. 1995, 1996). Aby byly rostliny zlikvidovány, musí být zcela zakopány, ale velikost rostlin, úhel a růstový habitus ovlivňují potřebnou hloubku zakrytí (Baerveldt & Ascard 1999).

Mezi mechanické kultivační nástroje patří, motyky, brány, radlice a křovinořezy, řezací nástroje, jako jsou sekačky a strunové sekačky, a dvouúčelové nástroje, jako jsou bodlákové lišty. Výběr náradí a načasování a četnost jeho použití závisí na morfologii plodiny a plevelů. Pro plodiny na orné půdě je vhodnější náradí, jako jsou pevné brány, zatímco meziřádkové plečky jsou považovány za účinnější pro zahradnické použití. Optimální načasování mechanické regulace plevelů je ovlivněno konkurenční schopností plodiny (Turner et al. 1999) a růstovou fází plevelů (Pullen & Cowell 1997). Ruční motyčky, tlačné motyčky a ruční pletí se stále používají v případech, kdy je pletí jednotlivých rostlin nebo políček plevelů nejúčinnějším způsobem, jak zabránit šíření plevelů (Marshall 1992).

Ruční pletí lze také použít po mechanickém meziřádkovém pletí k vypořádání se s plevely ponechanými v řádku plodiny (Ionescu et al. 1996). Ergonomie a účinnost různých ručních nástrojů při pletí byla studována v rozvojových zemích, kde je ruční práce dostupnější (Chatizwa 1997). V Evropě došlo k hlavnímu rozvoji používání samojízdných a traktorem tažených plošin. Ty se pomalu pohybují po porostu a vezou až osm ležících pracovníků, kteří ručně odplevelují řádky plodin při jejich přejezdu (Turner 2000). Odplevelování před vzejitím a po vzejití plodin se široce používá u plodin na orné půdě. V obilovinách se mohou používat pružinové radličky, řetězové nebo vlečné brány pro "slepé brázdění", které se provádí po setí, ale před vzejitím plodiny, aby se zničila první vlna malých vzcházejících plevelů (Lampkin 1990). Cílem je poskytnout plodině včasnou výhodu před plevely a podpořit selektivitu při následném pletí. Brázdění má malý účinek, pokud se objevilo jen málo plevelů, a někdy zpožďuje vzejití plodiny (Heard 1993). Postemergentní použití bran může také způsobit poškození plodiny, ale selektivita závisí na mnoha faktorech včetně mechanismu půdního pokryvu (Kurstjens & Perdok 2000).

### 3.7.3.1.1 Vlácení

V porostech hustě setých plodin je možné využívat vlácení, především pomocí prutových bran. Pružné pruty bran poškozují drobné vzcházející plevle nebo je zahrnují půdou. Aby nedošlo k většímu poškození plodiny, používá se vlácení buď před vzejitím porostu, nebo častěji v době, kdy je již lodina dostatečně silná a zakořeněná. U obilnin to bývá obvykle ve fázi 2-3 listů (Kolb & Gallandt 2012). Pokud to podmínky dovolují, je tento zásah vhodné použít opakovaně, například na podzim a na jaře. Půda by měla mít vhodnou vlhkost. V případě přeschlé půdy se obvykle omezuje intenzita jejího zpracování a také zasažení plevelů. V přemokřené půdě rovněž dochází k omezenému narušování rostlin plevelů a poškozené rostliny navíc mohou snadněji opět zakořeňovat a regenerovat. Vlácením je možné odstranit nebo poškodit 30 – 80 % plevelů v závislosti na růstové fázi plevelného druhu, vlhkosti půdy, pracovní rychlosti a dalších podmínkách. Nejvyšší účinnosti je dosahováno proti klíčícím, ještě nevzešlým plevelům nebo vzešlým jedincům ve fázi děložních nebo prvních pravých listů (Kurstjens et al. 2000, Cirujeda et al. 2003). U slabě kořenících druhů, nebo u popínavých plevelů, které jsou snadněji zachytávány jednotlivými pruty bran, může být zásah účinný i později. Doporučovaná pracovní rychlost je obvykle v rozmezí 4-9 km/h (Cirujeda et al. 2003).

### 3.7.3.1.2 Plečkování

Plečky různé konstrukce lze používat v porostech širokořádkových plodin. Pasivní plečky podřezávají půdu v hloubce několika centimetrů a narušují tak kořenový systém plevelů. Nakypřená vrstva půdy ztrácí kapilaritu, v případě suchého počasí vysychá a dochází rovněž k zasychání plevelů. Pokud je půda vlhká, mohou některé rostliny regenerovat. Aktivní (rotační) plečky intenzivně zpracovávají povrchovou vrstvu půdy, přičemž jsou rostliny plevelů silně mechanicky poškozeny a částečně zapraveny do půdy, takže nemohou pokračovat v růstu. V systémech bez využívání herbicidů se plodiny jako řepka, mák či proso, ale někdy i ostatní obilniny, pěstují v širokých řádcích, aby je bylo možné v průběhu vegetace plečkovat. Plečkováním však obvykle nejsme schopni regulovat všechny plevle na pozemku. Nastavení pleček musí být takové, aby sice účinně regulovaly plevle v meziřádku, ale zároveň nedocházelo k poškozování plodiny. Část pozemku (řádky a prostor kolem nich) zůstane nezpracovaná a plevle zde mohou plodine konkurovat. Omezení této plochy je možné řešit buď přesnějším naváděním plečky pomocí senzorů či satelitní navigace (Kunz et al. 2015), nebo speciálními prstovými orgány pleček, které pracují uvnitř řádku, ovšem za cenu vyššího poškození plodiny (Pannacci & Tei 2014). V nutných případech se pro odstranění plevelů zbývajících po plečkování používá také ruční okopávka (Jursík et al. 2018).

Pro odstranění plevelů uvnitř řádku jsou vyvíjeny systémy, které jsou schopné pomocí senzorů či kamer rozpoznat polohu jednotlivých rostlin pěstované plodiny a příčným pohybem pracovních orgánů zajišťují zpracování prostoru mezi sousedními jedinci. Pracovní rychlost takového zásahu je však výrazně nižší proti běžnému plečkování.

Pro mechanické odstranění plevelů lze také použít tzv. kartáčové plečky, plevele jsou však k takovému zásahu citlivé jen v počátečních růstových fázích (Fogelberg & Dock Gustavsson 1999).

Obecně lze říci, že efektivita plečkování do značné míry závisí na půdních podmínkách, zejména na vlhkosti půdy během zásahu a několik dní po něm. Vyšší vlhkost půdy zvyšuje riziko opětovného zakořenění a regenerace plevelů, pokud tyto nebyly plečkováním dostatečně mechanicky poškozeny. Podle potřeby je možné plečkování porostů opakovat několikrát během vegetace (Jursík et al. 2018).

### 3.7.3.2 Fyzikální metody regulace

#### 3.7.3.2.1 Termická likvidace plevelů

Vzhledem k rostoucímu zájmu veřejnosti o zdraví a životní prostředí bylo vyvinuto několik nechemických způsobů regulace plevelů, které způsobují tepelné poškození rostlinných tkání. Patří mezi ně použití ohně, horké vody, páry a zmrazení. Pro hubení plevelů bylo zkoumáno záření v mikrovlnném, infračerveném, ultrafialovém a laserovém vlnovém pásmu a zásah elektrickým proudem. Některé z těchto metod byly rovněž využity k regulaci škodlivého hmyzu a některých půdních patogenů. Termické metody jsou atraktivní, protože umožňují rychlou regulaci plevelů bez zanechání chemických reziduí v půdě a ve vodě. Na rozdíl od kultivace nevynášejí na povrch půdy zakopaná semena plevelů, zpravidla zanechávají na povrchu půdy odumřelou rostlinnou biomasu (která chrání půdu před erozí) a mohou hubit některé hmyzí škůdce a dezinfikovat rostlinné zbytky a povrch půdy. Jsou však často nákladné, pomalé a nezajišťují reziduální ochranu proti plevelům. Přestože tyto metody nezanechávají v půdě a vodě chemické zbytky, mnoho termických přístupů spotřebovává velké množství energie na jednotku plochy, především z fosilních paliv, což způsobuje znečištění ovzduší (Ascard 2007).

Využívá různých fyzikálních principů působení teplých spalin, horké vody, páry nebo kombinaci s pěnou působící na rostlinná pletiva. Z pohledu konstrukce strojů se jedná o využití přímého působení plamene, spalin či horkého vzduchu od plynových hořáků na nadzemní části plevelných rostlin. Odlišný princip likvidace je působení horké vody, páry nebo pěny od systémů vyvíječů přes dávkovací trysky. Stroje určené pro termickou likvidaci plevelných rostlin využívající plynové hořáky byly ověřovány už v osmdesátých letech minulého století, rostoucí ceny energie ale na dlouhou dobu jejich využití zastavily. V posledních letech prošly výraznými konstrukčními úpravami, které minimalizují riziko poškození ošetřovaného porostu i případných negativních dopadů na okolní prostředí (dým, riziko požáru apod.)

Z konstrukčního hlediska jsou tato zařízení tvořena z plynových hořáků a tlakových láhví naplněných zkapalněným plynem (LPG) nebo propan-butanem. Nejmenší kategorie těchto zařízení určené pro ošetřování malých ploch jsou řešeny jako přenosné nebo převozní s naváděním obsluhujícím pracovníkem. Pro produkční výsadby jsou pak tato zařízení konstruována v traktorovém neseném, často víceřádkovém provedení a jsou umístěna čelně nebo vzadu na traktoru zpravidla v šikmém nebo svislém nastavení hořáků vůči půdnímu



povrchu. Plamen vystupující z hořáků má v centru teplotu kolem 1800°C, v blízkosti půdního povrchu pak bývá teplota nižší, Běžně 300-400 °C. Díky vysoké teplotě a intenzivnímu přenosu tepla je účinek na rostlinná pletiva plevelných rostlin velmi vysoký. Termický účinek likviduje pouze nadzemní část rostlin, u vytrvalých plevelů proto nedochází k zasažení kořenů a oddenků v půdním profilu, ze kterých mohou regenerovat. Zařízení se obecně doporučuje využívat v zelinářské a školkařské produkci, u trvalých výsadeb pro oblast příkrmenných pásů. Během aplikace dosahují stroje pracovní rychlosti 2-4 km/h. K hlavním nevýhodám tohoto řešení patří vysoká spotřeba plynu a požadavek na několikanásobné opakování operace během vegetace.

#### 3.7.3.2.2 Infračervené záření a pára

Jiné systémy používají pro likvidaci plevelných rostlin infračervené záření. Stroje jsou konstruovány jako vedené nebo čelně nesené adaptéry s aplikačním rámem a s keramickými hořáky, které nahřívají plochu desky nebo mřížky s možností snadného přenosu tepla. Během zahřívání vzniká teplota okolo 900-1000°C a nahřátý materiál vyzařuje infračervené záření. V důsledku krátkodobého přehřátí rostlin na teplotu vyšší než 70 °C dochází k nevratným změnám v bílkovinách a k prasknutí buněk rostlinných pletiv. Tento aplikační proces probíhá pozvolněji, což omezuje rychlost pohybu souprav k hodnotám 2-3 km/h. Jistou předností v porovnání s předcházejícím systémem je nižší spotřeba plynu. V praxi se často oba systémy aplikace využívají společně.

Mezi termické metody lze zařadit i systémy využívající horkou vodu, případně přehřátou páru s teplotou 120-150 °C. Zařízení jsou tvořena zásobní nádrží na vodu, která je ohřívána na požadovanou teplotu pomocí plynových hořáků. Horká voda nebo pára je pak soustředěna v zásobníku, odkud je přiváděna k aplikačnímu rámu s tryskami a pod tlakem 40-60 barů je vystřikována na ošetřovaný povrch. Tepelný účinek v porovnání s otevřeným plamenem působí v delším časovém intervalu, což pozitivně ovlivňuje jeho účinnost. Účinek horké páry taktéž podstatně snižuje vzháživost semen. Výhodou této metody je potřeba pouze dvojího ošetření za rok, nevýhodou pak zejména vysoká cena strojů, velká energetická náročnost a relativně malá plošná výkonost.

Další možností likvidace plevelů jsou moderní systémy využívající optoelektronická čidla, regulující směr a dobu, po kterou se na rostliny aplikuje pouze horká voda o teplotě 98 až 110 °C pomocí trysek. Senzory mají za úkol vyhledávat rostliny a následně na dané místo opakovaně za sebou stříknou horkou vodu. Výhodou použití horkvé vody oproti páře jsou snížené náklady na jednotku plochy. Operaci je nutho provádět dva- až třikrát za rok, podle druhu plevelu, jeho hustoty, průběhu počasí během vegetace apod.

Velmi perspektivním způsobem ničení plevelů se ukazuje aplikace směsi horké vody (90-110 °C) a pěny. Pěna, jako pracovní médium, je vytvářena zahříváním směsi vody a tensidů – rostlinných cukerných extraktů. Využívá se např. cukerný roztok o koncentraci 0.4 % z obilného nebo kokosového extraktu. Vytvořená pěna prodlužuje o několik sekund působení horké vody na rostliny a tím zvyšuje její účinek. Zbytky cukrů ulpěných na povrchu

ploch by se měly do jednoho měsíce rozložit. Výhodou systému je malá spotřeba vody, vysoké pokrytí povrchu plevelných rostlin a prodloužený termický účinek.

### 3.7.3.2.3 Vysokotlaký proud vody

Na zcela odlišném principu je založeno konstrukčně nové zařízení využívající při likvidaci plevelných rostlin v oblasti příkmenného pásu trvalých porostů vysokotlakového proudu vody. Vysokotlaké čerpadlo dopravuje vodu do systému trysek, které úzkým paprskem vody likvidují plevelné rostliny. Pracovní tlak dosahuje 1100-1300 barů. Vodní paprsek likviduje nadzemní a částečně také kořenové části rostlin, přibližně do hloubky 20-30 mm. Spotřeba vody se přitom pohybuje kolem 250 ml na běžný metr (Burg & Zatloukal 2019).

Plamenné a jiné termické metody nemohou sloužit jako hlavní způsob regulace plevelů ve většině zemědělských systémů, v rámci střídání plodin se plamenné odplevelování používá především u některých druhů zeleniny a řádkových plodin, kde se často používá jako jednorázová aplikace v případech, kdy jsou mechanické metody méně účinné a herbicidy nepřicházejí v úvahu např. ekologické zemědělství (Ascard 2007).

### 3.7.3.3 Biologické metody regulace

Biologická ochrana proti plevelům není v praxi příliš rozšířená. Na rozdíl od regulace hmyzích škůdce, kde se prostředky biologické regulace využívají dlouhodobě a s úspěchem, jsou možnosti této metody v případě polních plevelů značně omezenější (Holec 2022).

Biologickou regulaci můžeme definovat jako záměrné využívání živých organismů (biologického agens, bioagens) k regulaci populační hustoty cílového druhu plevele (Jursík et al. 2018). Dle Kohouta (1996) můžeme využít houby, mikroorganismy, fytofágní hmyz, roztoče apod. Biologická ochrana je založena na přirozeném antagonismu organismů.

První moderní pokusy o biologickou ochranu rostlin se objevují již v 19. století. Rozvoj však nastává až koncem dvacátého století jako alternativa chemické ochrany především v různých systémech, například ekologického zemědělství.

Použití živých organismů k biologické ochraně je možné třemi způsoby:

- Podpora a udržování užitečných organismů
- Introdukce nových užitečných organismů
- Umělé masové namnožení a vysazení užitečných organismů

(Kazda et al. 2010)

Biologické prostředky se dělí podle původu do dvou skupin (Kohout 1996):

1. Biologické prostředky: Účinnou složkou jsou živé organismy (houby, bakterie, fytofágní živočichové – hmyz, ryby aj.)
2. Biotechnologické prostředky: Účinnou složku tvoří bioorganická látka, sloučenina přírodního původu, nebo její derivát aj.

Plevele stejně jako ostatní druhy rostlin jsou napadány širokým spektrem bezobratlých živočichů i původců chorob. Každá část rostliny představuje niku, kterou mohou využívat

jednotlivé druhy hmyzu, roztočů, hlístů, hub, bakterií či virů. Jejich využití k potlačení růstu a reprodukce plevelů je hlavním cílem všech programů biologické regulace plevelů. Biologická regulace pouze využívá procesy, které v přírodě probíhají neustále, jen se je snaží zacílit na konkrétní plevelný druh. Při biologické regulaci nikdy nedojde k úplné eradikaci plevelného druhu – s jeho snižující se početností klesá potravní nabídka pro bioregulátora a tedy i jeho tlak na daný plevel, který v reakci na tyto podmínky opět poněkud svou početnost navýší, což ale vede k následnému namnožení bioregulátora - dojde tedy k vytvoření rovnováhy, ale početnost cílového plevele dlouhodobě zůstává hluboko pod prahem škodlivosti (Holec 2022).

### **Výhody a nevýhody**

Mezi výhody biologické regulace patří:

- Šetrnost k životnímu prostředí
- Relativně nízké náklady
- Dlouhodobá udržitelnost
- Využitelnost při omezování výskytu těch plevelů, které je jinak obtížné regulovat

Nevýhody biologické regulace plevelů:

- Klasická biologická regulace (inokulační – vyžaduje pět až deset let k dosažení plného účinku
- Neobejde se bez podpory státních institucí
- Hůře se uplatňuje na trhu, těžko se prodává – nepřitahuje zájem velkých firem
- Není vhodná pro rychlou a krátkodobou regulaci, tj. například v porostech jednoletých polních plodin

Plevelná společenstva na orné půdě jsou poměrně pestrá, biologickými metodami je možné regulovat jen jeden či několik málo blízké příbuzných druhů, jejichž místo zaujmou další druhy, které se na pozemku vyskytují (Holec 2022).

Nejznámějším využitím biologické regulace v České republice bylo použití nosatčíka suříkového a mandelinky ředkvičkové při regulaci širokolistých šťovíků (š. tupolistý, kadeřavý, alpský) na loukách a pastvinách. Oba tyto druhy hmyzu poškozují rostliny šťovíku jak v larválním stádiu, tak i v dospělosti. Mohou způsobovat až lohožiry, oslabovat rostliny a snižovat jejich škodlivost. Již v 70. a 80. letech byly prováděny pokusy s cílem ověřit možné využití těchto druhů, účinnost a spolehlivost však nebyla tak vysoká, aby bylo možné zavádět tento způsob regulace ve větší míře do praxe. Následně byl hodnocen i potenciál dalších druhů hmyzu, jako je například vroucenka smrdutá (*Coreus marginatus*), která dokáže svým sáním zničit vyvíjející se nažky šťovíků a omezuje tím jejich generativní rozmnožování. V posledních desetiletích se však příbuzný krmný šťovík (*Uteuša*) stal jednak pícinou, jednak plodinou pro energetické využití a tyto druhy hmyzu jsou v jeho porostech významnými škůdci (Holec 2022).

#### **3.7.3.3.1 Pastva**

Do biologické regulace je nutné řadit i pastvu. Jakkoli má tato metoda velmi omezené požití v porostech klasických polních plodin (například využití pastvy ovcí v založených porostech vojtěšky nebo v dozrávajících porostech kukuřice k omezení generativní produkce plevelů), je pastva významným faktorem při omezování plevelů pastvin (trvalých travních

porostů obecně). Zde se využívá selektivního vlivu jednotlivých druhů pasoucích se zvířat – ovce jsou například schopny spásat nedopasky po skotu, ještě častěji jsou takto využívány kozy. Kozy nejen že efektivněji spásají dřeviny, které mohou pastvinu znehodnocovat (dobře zdokumentované jsou například až destrukce křovinných společenstev nevhodnou pastvou koz ve volné přírodě), ale spásají i další plevely, kterým se ovce vyhýbají.

#### 3.7.3.3.2 Regulace vodních ploch

Podobně úspěšné je využívání býložravých ryb při regulaci nežádoucí vegetace vodních ploch – v České republice se za tímto účelem vysazují asijské druhy amur bílý či tolstolobik bílý. I když se jedná o nepůvodní druhy, nepředstavují při řádném chovu riziko pro druhy původní – v našich klimatických podmínkách se nemohou samovolně rozmnožovat a tedy ani nekontrolovaně šířit (Holec 2022).

#### 3.7.3.3.3 Alelopatie

Alelopatie dle Putnama (1985), je přímý nebo nepřímý chemický účinek jedné rostliny na klíčení, růst nebo vývoj sousedních rostlin. Nyní je běžně považován za součást biologické kontroly (Lovett 1991). V zemědělství důkazy o alelopatii pocházejí převážně ze studií používání organických mulčů a krycích plodin k potlačení vzcházení plevelu (Liebman & Davis 2000). Alelopatie může mít pozitivní vliv na kontrolu plevelu, ale pokud zodpovědné chemikálie přetrvávají i po sklizni, mohly by způsobit problémy v následných plodinách (Saxena et al. 1996). Byly předloženy návrhy, že by základ bioherbicidů mohly tvořit alelochemikálie a další přírodní produkty nebo jejich deriváty (Macias et al. 1997; Duke et al. 2000).

Důležitým zásahem je využití konkurenceschopnosti a alelopatické schopnosti plodin. Pěstování plodin, jako jsou vojtěška nebo jetelotrávy a žito, omezuje rozvoj plevelů. Alelopatické schopnosti plodin jsou málo prozkoumanou oblastí, ovšem s vysokým potenciálem pro regulaci plevelů. Jako příklad můžeme uvést hořčici bílou, která může omezit růst pýru plazivého, nebo podobně působící vojtěška setá a pcháč oset (Winkler 2013).

## 4 Závěr

- Cílem práce bylo stručně charakterizovat ekologické zemědělství a popsat metody regulace zaplevelení v ekologickém zemědělství.
- Ekologické zemědělství je speciální druh hospodaření, které dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky. Zakazuje používání postupů i látek, které znečišťují nebo jakkoliv zatěžují prostředí.
- Stěžejními metodami regulace zaplevelení v EZ jsou preventivní metody, které se snaží předcházet velké plevelné zátěži. Jde např. o osevnické postupy, čistotu a kvalitu osiva, výběr vhodného druhu a odrůdy, mulčování atp.
- Plevely jsou dobře regulovány mechanickým zpracováním půdy, včasné plečkování a vláčení dokáže plevely velmi omezit.
- Pro jejich monitoring lze využít kamer, senzorů a dronů, dochází k rozvoji a využití AI
- Biologické metody regulace, kromě pastvy, nejspíš nedosáhnou celosvětového využití, protože dosahují účinnosti až za několik let od introdukce. Jsou vhodnější do trvalých porostů, než do jednoletých polních porostů.
- Termická likvidace plevelů pomocí plamene, horké vody a páry není využitelná pro velké polní plochy, z důvodu její neefektivnosti a nákladnosti. Zato je využitelná v sadech zahradách a dalších trvalých porostech.
- Alelopatické látky uvolňované do půdy určitými druhy rostlin, mohou negativně působit na růst plevelů.

## 5 Literatura

- Ascard J, Hatcher PE, Melander B, Upadhyaya MK, Blackshaw RE. 2007. 10 Thermal weed control. Non-chemical weed management: principles, concepts and technology. 155-75.
- Badalíková B, Bartlová J. 2010. Působení pomocného půdního přípravku. Zemědělský týdeník **8, 18**: 9-11.
- Baerveldt S, Ascard J. 1999. Effect of soil cover on weeds. Biological Agriculture and Horticulture **17**: 101-111.
- Ball DA, Miller SD. 1990. Weed seed population response to tillage and herbicide use in three irrigated cropping sequences. Weed Science **38**: 511-517.
- Ball DA, Miller SD. 1993. Cropping history, tillage, and herbicide effects on weed flora composition in irrigated corn. Agronomy Journal **85**: 817-821.
- Barberi P, Mazzoncini M. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. Weed Science **49**: 491-499.
- Barberi P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Research **42**: 177-193.
- Blake F. 1990. Grower Digest 8, Organic Growing. Grower Publications Ltd, London, UK
- Bond W. & Grundy AC. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. Weed Research **41**: 383-405.
- Bowman G. 1997. Steel in the Field: a Farmer's Guide to Weed Management Tools. Burlington VT: Sustainable Agriculture Publications. University of Vermont, Vermont, USA.
- Buhler D. 1997. Effects of Tillage and Light Environment on Emergence of 13 Annual Weeds. Weed Technology **11(3)**: 496-501.
- Buhler DD, Daniel TC. 1988. Influence of tillage systems on giant foxtail and velvetleaf density and control in corn. Weed Science **36**: 642-647.
- Burg P, Zatloukal P. 2019. Nové metody regulace růstu plevelných rostlin. Zahradnictví, **6/2019**: 54-56.
- Callaway MB. 1992. A compendium of crop varietal tolerance to weeds. American Journal of Alternative Agriculture **7**: 169-180.
- Morris C, Winter M. 1999. Integrated farming systems: the third way for European agriculture?. Land Use Policy, Volume **16**, Issue **4**: 193-205.
- 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.
- Cooke A. 1996. Mulch ado about paper. Grower, Nexus Horticulture, Swanley, UK. 126,17.
- Cosser ND, Gooding MJ, Thompson AJ & Froud-Williams RJ. 1997. Competitive ability and tolerance of organically grown wheat cultivars to natural weed infestations. Annals of Applied Biology **130**: 523-535.
- Creamer NG, Plassman B, Bennett MA, Wood RK, Stinner BR & Cardina J. 1995. A method for mechanically killing cover crops to optimize weed suppression. American Journal of Alternative Agriculture **10**: 157-162.

- Demeter statistika 2021. Available from <https://demeter.net/about/organisation/> (accessed January 2023).
- Duke SO, Dayan FE, Romagni JG & Rimando AM. 2000. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed Research* **40**: 99-111.
- Dvorský J, Urban J. 2011. Základy ekologického zemědělství, Podle Nařízení Rady (ES) č. 834/2007, Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- Dvořák J, Smutný V. 2003. Herbologie: integrovaná ochrana proti polním plevelům. 1. vyd. Brno: MZLU.
- El Titi A. 1992. Integrated Farming: an Ecological Farming Approach in European Agriculture. *Outlook on Agriculture* **21(1)**: 33–39.
- Fogelberg F, Dock Gustavsson AM. 1999. Mechanical damage to annual weeds a carrots by in row brush weeding. *Weed Research* **39**: 469-467.
- Frick B, Thomas AG. 1992. Weed surveys in different tillage systems in southwestern Ontario field crops. *Canadian Journal of Plant Science* **72**: 1337-1347.
- Froud-Williams RJ, Chancellor RJ, Drennan DSH. 1981. Potential changes in weed flora associated with reduced-cultivation systems in cereal production in temperate regions. *Weed Research* **21**: 99-109.
- Froud-Williams RJ. 1997. Varietal selection for weed suppression. *Aspects of Applied Biology* **50**, Optimising cereal inputs: its scientific basis, 355-360.
- Gebbers R, Adamchuk VI. Precision agriculture and food security. *Science*. 2010 Feb **12;327(5967)**:828-31.
- Gebhardt MR, Daniel TC, Schweizer EE, Allmaras RR. 1985. Conservation tillage. *Science* **230**: 625-630.
- Gerhards R, Andujar Sanchez D, Hamouz P, Peteinatos GG, Christensen S, Fernandez-Quintanilla C. 2022. Advances in site-specific weed management in agriculture - A review. *Weed Research*, **62.2**: 123-133.
- Hahn F, Muir AY. 1994. Spectral sensing for crops and weed discrimination. *Acta Horticulturae* **372**, Engineering for Reducing Pesticide Consumption & Operator Hazards, 179-186.
- Heard J. 1993. Mechanical weed control in cereals. *Agri-food Research in Ontario*, Ontario Ministry of Agriculture, Ontario, Canada, 2-7.
- Hintzsche E & Wittmann C. 1992. L'influence de la rotation et du travail du sol sur les infestations par les adventices en grandes cultures. In: *Proceedings IXe Colloque International Sur la Biologie Des Mauvaises Herbes*, Dijon, France, 139-145.
- Holec J. 2022. Biologická regulace plevelů. *Úroda* **70, 5**: 12-16.
- Horowitz M. 1993. Soil cover for weed management. In: *Communications 4th International Conference IFOAM, Non-chemical Weed Control*, Dijon, France, 149-154.
- Houben S, et al. 2020. OSEVNÉ POSTUPY: PRAKTICKÉ INFORMÁCIE. Projekt Best4Soil 2020 Available from [https://orgprints.org/id/eprint/43540/3/CZ\\_OSEVNÍ%20POSTUPY\\_%20PRAKTICKÉ%20INFORMACE.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/43540/3/CZ_OSEVNÍ%20POSTUPY_%20PRAKTICKÉ%20INFORMACE.pdf) (accessed February 2023)
- Hrabalová A. Ročenka 2020 Ekologické zemědělství v ČR, MZe ČR. Praha 2022.

- Hron F, Kohout V. 1986. Polní plevelé obecná část. 1 vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha v Cs. redakci VN MON.
- Hron F, Vodák A. 1959. Polní plevelé a boj proti nim. 1.vyd. Praha: SZN.
- Hůla J, Abrahm Z, Bauer F. 1997. Zpracování půdy. Brázda s.r.o., Praha.
- Chatizwa I. 1997. Mechanical weed control: the case of hand weeders. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 203-208.
- Christensen S. 1995. Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research* **35**: 241-247.
- Ionescu NE, Perianu A, Popescu A, Sarpe N Roibu C. 1996. Weed control in corn and soybean crops by mechanical and manual management practices. In: Proceedings X<sup>e</sup> Colloque International Sur la Biologie Des Mauvaises Herbes, Dijon, France, 359-365.
- Jones PA, Blair AM, Orson NJ. 1995. The effects of different types of physical damage to four weed species. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 653-658.
- Jones PA, Blair AM, Orson NJ. 1996. Mechanical damage to kill weeds. In: Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 949-954.
- Jursík M, Holec J, Hamouz O, Soukup J. 2018. Biologie a regulace plevelů. Praha.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2011. Plevelé - biologie a regulace. Praha.
- Kalinová J. Ochrana rostlin, Available from <http://rl.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-RLEZ-4-a8a609af2f.pdf> (accessed January 2023)
- Kapusta G, Krauz RF. 1993. Weed control and yield are equal in conventional, reduced, and no-tillage soybean (*Glycine max*) after 11 years. *Weed Technology* **7**: 443-451.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Praha.
- Kladivko EJ. 2001. Tillage systems and soil ecology, *Soil and Tillage Research*, Volume **61**: Issues 1–2, Pages 61-76.
- Kohout V, Kohoutová S. 1993. Úsporné metody potlačování plevelů: (studijní zpráva). 1. vyd., Praha: ÚZPI.
- Kohout V. 1996. Herbologie: plevelé a jejich regulace. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Kohout V. 1997. Plevelé polí a zahrad, Agrospoj, Praha.
- Kolb LN, Gallandt ER. 2012. Weed management in organic cereals: advances and opportunities. *Organic Agriculture*, **2**: 23-42.
- Kunz C, Weber JF, Gerehards R. 2015. Benefits of Precision Farming Technologies for Mechanical Weed Control in Soybean and Sugar Beet – Comparison of Precision Hoeing with Conventional Mechanical Weed Control. *Agronomy* **5**: 130-142.
- Kurstjens DAG, Perdock UD, Goense D. 2000. Selective uprooting by weed harrowing on sandy soils. *Weed Research*, **40**: 431-447.
- Kurstjens DAG, Perdock UD. 2000). The selective soil covering mechanism of weed harrows on sandy soil. *Soil & Tillage Research* **55**: 193-206.
- Lampkin N. 1990. Organic Farming. Farming Press Books. Ipswich, UK.
- Leake AR. 1996. The effect of cropping sequences and rotational management: An economic comparison of conventional, integrated and organic systems. *Aspects of Applied Biology* **47**, Rotations and cropping systems: 185-194.



- Lennartsson MEK. 1990. The use of surface mulches to clear grass pasture and control weeds in organic horticultural systems. BCPC Monograph no. 45 Crop Protection in Organic and Low Input Agriculture, BCPC, Farnham, UK, 187-192.
- Liebman M, Davis AS. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research* **40**: 27-47.
- Lovett JV. 1991. Changing perceptions of allelopathy and biological control. *Biological Agriculture and Horticulture* **8**: 89-100.
- Macias FA, Castellano D, Oliva RM, Cross P, Torres A. 1997. Potential use of allelopathic agents as natural agrochemicals. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 33-38.
- Majek BA, Neary PE. 1991. Selective wavelength transmitting mulch for yellow nutsedge control. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference -Weeds, Brighton, UK, 263-268.
- Marchant JA. 1996. Tracking of row structure in three crops using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* **15**: 161-179.
- Marshall T. 1992. Weed control in organic farming systems. In: Proceedings 1st International Weed Control Congress, Melbourne, Australia, 311-314.
- Mikulka J et al. 1999. Plevelné rostliny polí, luk a zahrad. *Farmář - Zemědělské listy*, 1999.
- Miller PCH, Hague T, Tillett ND, Marchant JA. 1997. Approaches to the detection of individual plants in horticultural row crops and the implications for pesticide application. In: Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 151-158.
- Neureburg W, Padel S. 1994. *Ekologické zemědělství v praxi: přechod na ekologický způsob hospodaření, pěstování rostlin a chov zvířat, ekonomika podniku a odbyt*. Praha: FOA.
- Pannaci E, Tei F. 2014. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soybean. *Crop Protection* **64**: 51-59.
- Paull J. 2014. Lord Northbourne, the Man Who Invented Organic Farming, a Biography. *Journal of Organic Systems*. Vol. 9, č. 1, s. 31-53 ISSN 1177-4258.
- Paull J. 2011a. Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz, 1924, *Eur. J. Soc. Sci.*, **21**: 64-70.
- Paull J. 2011b. Biodynamic Agriculture: The Journey From Koberwitz To The World, 1924-1938, *Journal of Organic Systems* **6**: 27-41.
- Petr J, Dlouhý J. 1992. *Ekologické zemědělství*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda
- Portál eAgri Available from <https://eagri.cz/public/web/mze/> (accessed January 2023)
- Pullen DWM, Cowell PA. 1997. An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanisms for use in high speed inter-row weeding of arable crops. *Journal of Agricultural Engineering Research* **67**: 27-34.
- Putnam AR. 1985. Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. In: Proceedings British Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 583-589.
- Reader RJ. 1991. Control of seedling emergence by ground cover: a potential mechanism involving seed predation. *Canadian Journal of Botany* **69**: 2084-2087.
- Redlichová R, Bečvarová V, Vinohradský K. 2014. Vývoj ekologického zemědělství ČR v ekonomických souvislostech. Mendelova universita v Brně, Brno.

- Richards MC, Heppel V. 1990. Cereal varieties for the organic and low input grower. BCPC Monograph **45**, Crop Protection in Organic and Low Input Agriculture, BCPC, Farnham, UK, 147-155.
- Robinson EL, Langdate GW, Stuedemann JA. 1984. Effect of three weed control regimes on no-till and tilled soybean (*Glycine max*). *Weed Science* **32**: 17-19.
- Runham SR, Town SJ. 1995. An economic assessment of mulches in field scale vegetable crops. In: Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 925-930.
- Saxena A, Singh DV, Joshi NL. 1996. Allelopathy in agroecosystems. *Field Crop Abstracts* **49**: 891-899.
- Seavers GP, Wright KJ. 1995. Potential for control by suppressive cereal cultivars. In: Proceedings 1995. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 737-742.
- Shafi U, Mumtaz R, García-Nieto J, Hassan SA, Zaidi SA, Iqbal N. 2019. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. *Sensors* **2;19(17)**:3796.
- Shilling DG, Liebl RA, Worsham AD. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch. The suppression of certain broad-leaved weeds in the isolation and identification of phytotoxins. In: *The Chemistry of Allelopathy* (ed. AC Thomson), 243-271. ACS Symposium Series 268, American Chemistry Society, Washington, DC, USA.
- Sodhi PS, Dhaliwal BK. 1998. Effect of crop density and cultivars on competitive interaction between wheat and wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.). *Indian Journal of Ecology* **25**: 138-145.
- Staniforth DW, Wiese AF. 1985. Weed biology and its relationship to weed control in limited-tillage systems. In: *Weed Control in Limited Tillage Systems* (ed. AF Wiese), 15-25. Monograph Series of the Weed Science Society of America, Champaign, IL, USA.
- Steiner R. 1966. *Die Welträtsel und die Anthroposophie*. Verlag der Rudolf Steiner-Nachlassverwaltung.
- Stout GJ. 1985. 'Spray on' mulch demo. In: *American Vegetable Grower* **82**, Meister Publishing Company. Ohio, USA.
- Swanton CJ, Clements DR, Derksen DA. 1993. Weed succession under conservation tillage: a hierarchical framework for research and management. *Weed Technology* **7**: 286-297.
- Šarapatka B, Urban J. 2006. *Ekologické zemědělství v praxi Šumperk: PRO-BIO*.
- Taylor BR. 1993. The effects of weed control on spring bean varieties grown under organic conditions. In: Proceedings 13th Long Ashton International Symposium: Arable Ecosystems for the 21st Century. Long Ashton, UK (Abstract Only).
- Teasdale JR. 1993. Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Science* **41**: 46-51.
- Teasdale JR. 1996. Contribution of Cover Crops to Weed Management in Sustainable Agricultural Systems. *Journal of Production Agriculture* **9**: 475-479.
- Tuesca D, Puricelli E, Papa, JC. 2001. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Research* **41(4)**: 369-382.

- Turner B. 2000. Weeds and the organic farmer. *The Organic Way*, HDRA, Coventry, **160**: 44-45.
- Turner R, Lennartsson MEK, Bond W, Grundy AC, Whitehouse D. 1999. Organic weed control - getting it right in time. In: *Proceedings 1999 Brighton Conference - Weeds*, Brighton, UK, 969-974.
- Vale S. 1998. Mechanical weeder uses compressed air. *The Vegetable Farmer*. (September), **29**. Act Publishing. Maidstone, UK.
- Van Zuydam RP, Sonnenveld C & Naber H. 1995. Weed control in sugar beet by precision guided implements. *Crop Protection* **14**: 335-340.
- Verschwele A & Niemann P. 1993. Indirect weed control by selection of wheat cultivars. In: *Communications 4th International Conference IFOAM, Non-chemical Weed Control*, Dijon, France, 285-289.
- Vlašín M. 2010. Permakultura?. *Anthropologia integra*, **1.1**: 105-106.
- Wallace RW, Bellinder RRR. 1992. Alternative tillage and herbicide options for successful weed control in vegetables. *Hortscience* **27**: 745-749.
- Wilson J. 1990. Black mulches go green. *Grower* **115**: 12-15.
- Winkler J. 2013. Plevelé v ekologickém zemědělství. *Zemědělec*, **37**: 34.
- Woebbecke DM, Meyer GE, Von Bargen K, Mortensen DA. 1995a. Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* **38**: 271-281.
- Woebbecke DM, Meyer GE, Von Bargen K, Mortensen DA. 1995b. Color indices for weed identification under various soil, residue and lighting conditions. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* **38**: 259-269.
- Wofford DJ JR & Orzolek MD. 1993. No irrigating or weeding for 10 years. *American Vegetable Grower*. Meister Publishing Company. Ohio, USA, **41**: 30-32.
- Wrucke MA, Arnold WE. 1985. Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Science* **33**: 853-856.



