

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Plevelné druhy na pastvinách a jejich regulace
Bakalářská práce**

Milan Brett

Faremní hospodaření

Ing. Zuzana Hrevušová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 26.04.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí práce paní Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D. Paní doktorka mě ochotně provedla zpracováním bakalářské práce a předala mi velmi cenné rady.

Plevelné druhy na pastvinách a jejich regulace

Souhrn

Tato práce představuje podrobnou literární rešerši zabývající se problematikou plevelných druhů na pastvinách. Začíná definicí plevelů na pastvinách, kde jsou plevelné druhy charakterizovány jejich schopností negativně ovlivnit kvalitu pastvin a hospodářská zvířata. Tyto vlivy mohou zahrnovat sníženou výživovou hodnotu pastvin kvůli schopnosti plevelů konkurovat žádoucím rostlinám o přístup k živinám, vodě a světlu. Dále také zahrnují omezení přístupu k potravním zdrojům pro zvířata, možnost otravy z některých plevelných rostlin, či možnost vnějšího zranění zvířat způsobené rostlinami, které disponují trny a jinými mechanickými prostředky na obranu, což může významně ovlivnit zdraví hospodářských zvířat.

V důsledku toho se práce zabývá způsoby rozmnožování plevelů, způsoby jejich šíření a také metodami regulace plevelů. Kromě použití různých metod regulace může pochopení způsobů rozmnožování a šíření plevelů pomoci k efektivnější kontrole nežádoucích druhů. Mezi metody regulace plevelů patří zavádění konkurenceschopných porostů, mechanická regulace, chemická kontrola pomocí herbicidů, biologická kontrola prostřednictvím přirozených nepřátel, nebo použití integrovaného přístupu kombinující více metod. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody, a je vhodné vybírat takový přístup, který je v dané situaci nejefektivnější a zároveň nejméně zatěžující pro prostředí a hospodářská zvířata.

Na závěr jsou vybrány tři významné plevelné druhy v České republice a celkově v mírném pásmu, které způsobují významné ekonomické ztráty. V práci jsou uvedeny tyto plevelné druhy: *Cirsium arvense* (pcháč oset), *Carduus acanthoides* (bodlák obecný) a *Rumex obtusifolius* (šťovík tupolistý). U každého plevelného druhu je uvedena jeho morfologie, místa výskytu, negativní vliv na kvalitu pastvin a také jeho možná regulace.

Klíčová slova: agroekosystém, biodiverzita, ekologický význam plevelů, šíření plevelů, hospodářská zvířata, *Rumex obtusifolius*

Weed species in pastures and their regulation

Summary

This work presents a detailed review focusing on the issue of weed species in pastures. It begins with a definition of weeds in pastures, where weed species are characterized by their ability to negatively affect the quality of pastures and livestock. These impacts may include reduced nutritional value of pastures due to the ability of weeds to compete with desirable plants for access to nutrients, water and light. They also include restrictions on access to food sources for animals, the possibility of poisoning from certain weed plants, or the possibility of external injuries to animals from plants equipped with thorns and other mechanical means of defense, which can significantly affect the health of livestock.

As a result, the thesis deals with weed reproduction methods, weed dispersal methods and weed control methods. In addition to the use of different control methods, an understanding of weed reproduction and dispersal patterns can help to control undesirable species more effectively. Weed control methods include cultural control, mechanical control, chemical control through herbicides, biological control through natural enemies, or the use of an integrated approach combining multiple methods. Each of these methods has its advantages and disadvantages, and it is advisable to choose the approach that is most effective in a given situation and least burdensome to the environment and livestock.

Finally, three important weeds in pastures in the Czech Republic and in the temperate zone in general that cause significant economic losses are selected. *Cirsium arvense*, *Carduus acanthoides* and *Rumex obtusifolius*. For each weed, its morphology, locations of occurrence, negative impact on pasture quality and possible control are given.

Keywords: agroecosystem, biodiversity, ecological importance of weeds, weed spread, livestock, *Rumex obtusifolius*

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Definice plevelných druhů na pastvinách	9
3.2	Současné trendy v hospodaření ovlivňující druhové složení pastvin... 9	
3.3	Negativní vlivy plevelů na kvalitu pastvin a hospodářská zvířata	10
3.3.1	Plevele způsobující vnější poškození zvířat	10
3.3.2	Vliv jedovatých plevelných druhů na hospodářská zvířata.....	11
3.3.3	Vliv přítomnosti plevelů na estetiku pastvin	12
3.4	Metody rozmnožování plevelů	13
3.4.1	Pohlavní rozmnožování (generativní)	13
3.4.2	Vegetativní rozmnožování	14
3.5	Způsoby šíření plevelů	15
3.5.1	Barochorie	15
3.5.2	Anemochorie	15
3.5.3	Hydrochorie	16
3.5.4	Epizoochorie	16
3.5.5	Endozoochorie	16
3.5.6	Antropochorie.....	17
3.6	Metody regulace plevelů	17
3.6.1	Podpora konkurenceschopnosti porostu	17
3.6.2	Chemická kontrola	18
3.6.3	Mechanická kontrola	19
3.6.4	Biologická kontrola	20
3.6.5	Integrovaný management plevelů.....	22
3.7	Významné plevelné druhy na pastvinách v ČR	23
3.7.1	<i>Cirsium arvense</i> (pcháč oset)	24
3.7.2	<i>Carduus acanthoides</i> (bodlák obecný).....	26
3.7.3	<i>Rumex obtusifolius</i> (šťovík tupolistý)	28
4	Závěr.....	34
5	Literatura	35

1 Úvod

Travní porosty, které jsou definovány jako ekosystémy, v nichž trávy, byliny a keře tvoří relativně souvislou vegetační vrstvu, pokrývají přibližně 40 % zemského povrchu a rozkládají se na velkých plochách na všech kontinentech kromě Antarktidy. Vývoj travních porostů, jejich druhové složení a problémy při jejich udržitelném obhospodařování za účelem produkce a ochrany se v jednotlivých regionech značně liší. V mnoha částech světa, například v Severní Americe, střední Asii a subsaharské Africe, převažují primární travní porosty. Tyto „staré“ travní porosty (Veldman et al. 2015) se často vyskytují tam, kde je růst stromů omezen mělkou půdou, nízkou dostupností půdní vláhy, nízkou teplotou, častými požáry nebo herbivory z řad velkých býložravců. Velká část travních porostů mírného pásma v západní a střední Evropě je spojena s lidskou činností a jejich vznik a udržování jsou většinou spojeny s mýcením lesů a následným hospodařením, jako je sečení nebo pastva. Vzhledem k antropogennímu původu se tyto travní porosty nazývají sekundárními travními porosty (Bredenkamp et al. 2002). Trvalé travní porosty tvoří asi 35 % celkové využívané zemědělské plochy v zemích EU-28 v Evropě. Poskytují nejen krmivo pro hospodářská zvířata, ale také podporují další ekosystémové služby včetně sekvestrace uhlíku a poskytování krajiny a stanovišť. Až do poloviny dvacátého století byly trvalé travní porosty jedním z nejdůležitějších zdrojů krmiva pro výživu přežvýkavců. Pastviny jsou často také důležité z hlediska biologické rozmanitosti, ale tlak na zvyšování živočišné produkce má za následek intenzifikaci travních porostů zvýšením frekvence sečení nebo pastvy, dosévání, používání herbicidů a hnojiv, což vedlo k odpovídajícímu úbytku biologické rozmanitosti. V současné době jsou rozsáhlé plochy polopřirozených nízkoprodukčních travních porostů v Evropě, které se vyznačují bohatou floristickou skladbou, obhospodařovány v rámci různých typů agroenvironmentálních programů. Tato schémata často zahrnují snížení intenzity managementu a odložení první seče nebo pastvy v sezóně, aby se umožnilo kvetení cílových druhů nebo aby se ochránili ptáci hnízdící na zemi (Pavlu et al. 2021).

Obnova botanické skladby polopřirozených travních porostů vyžaduje snížení pokrývnosti plevelných druhů a zlepšení výkonu víceletých původních druhů. To vyžaduje integrovaný přístup využívající více technik, jako je mechanické narušení a v některých případech i použití herbicidů. V různých výzkumech bylo zjištěno, že použití herbicidů je účinným způsobem, jak snížit výskyt nebo zcela regulovat plevele v ekosystémech pastvin, zvláště když se očekává, že mechanická regulace bude příliš škodlivá. V Evropě je většina pastevních plevelů původními druhy rostlin a jsou pro hospodářská zvířata toxická nebo nejedlá, těží z přísunu živin a z mezer ve vegetaci způsobených sešlapem nebo jiným mechanickým narušením. Donedávna se na intenzivních porostech ve většině evropských regionů používaly herbicidy ve velké míře, zatímco na nízkoprodukčních travních porostech na severozápadě Spojených států nebo v Austrálii se již už 50 let zkouší používat klasická biologická regulace pomocí importu antagonistů z původního areálu výskytu plevelů (Schaffner et al. 2022).

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vytvořit ucelenou literární rešerši o problematice plevelných druhů na pastvinách. Dílčím cílem byl popis jejich negativních vlivů na pastviny, zejména pokud jsou špatně nebo nijak regulovány. Dalším cílem bylo u tří vybraných plevelných druhů ČR detailněji popsat jejich negativní vliv a metody regulace na pastvinách. Tato práce by měla poskytnout cenné informace zemědělcům, kteří se snaží lépe porozumět a efektivněji kontrolovat plevelné druhy na pastvinách.

3 Literární rešerše

3.1 Definice plevelných druhů na pastvinách

Rostliny rostoucí na pastvinách se můžou rozdělit do dvou hlavních kategorií – žádoucí rostliny a nežádoucí rostliny. Nežádoucí rostliny lze označit na pastvinách jako plevele, protože negativně působí na kvalitu pastvin a na zvířata. Mezi plevele tudíž můžeme zařadit druhy, které poskytují nedostatečnou nebo nevyváženou stravu, snižují kvalitu živočišných produktů, ovlivňují reprodukční výkonnost, způsobují ztráty na produkčních vlastnostech zvířat, konkurují cennějším druhům, jsou jedovaté (Edgar 1992) nebo také ovlivňují estetiku pastvin (Førde & Magnussen 2015).

3.2 Současné trendy v hospodaření ovlivňující druhové složení pastvin

Pastviny jsou převládajícím zdrojem píce pro pasoucí se zvířata, pokrývají též větší část zemědělské půdy než jakýkoli jiný typ vegetace a jsou důležité pro udržení lidské společnosti tím, že poskytují kritické ekosystémové služby (produkty ze skotu, ovcí, koz a dalších), přírodní stanoviště a rozličné služby (regulace změny klimatu, kontrola eroze, zásobování vodou, čištění vzduchu a společenské služby) v různých měřítcích (Blair et al. 2014).

Z hlediska rostlinných druhů se často pastviny mohou jevit jako homogenní porosty, ale při bližším zkoumání lze odhalit širokou rozmanitost ve složení porostů včetně nežádoucích druhů (Sanderson et al. 2007). Na celém světě byly ale porosty pastvin mírného pásma výrazně degradovány, a to hlavně kvůli urbanizaci, intenzivní pastvě a nevhodným agrotechnickým zásahům (Humphries et al. 2021). Trend intenzivnějšího hospodaření (vyšší míra hnojení, častější sečení a pastva) v Evropě od 60. let 20. století snížil druhovou bohatost a vedl relativně k jednotnému rostlinnému společenství (Sanderson et al. 2007; Krause et al. 2011) a neudržitelnému řízení zemědělských ekosystémů (Marriott et al. 2009). Proto nyní v zemědělských ekosystémech často dominuje plevel, což má za následek omezení stanovišť pro původní rostliny (Humphries et al. 2021), jak např. dokládá studie Nguyen et al. (2017), kdy se zjistil významný pokles druhové bohatosti rostlin na pastvině v Austrálii vlivem rozšíření nepůvodního invazivního druhu *Parthenium hysterophorus*. Dlouhodobé ekologické paradigma nyní ukazuje, že různorodá rostlinná společenství by měla být významně odolnější vůči invazi plevelů, a i poskytovat lepší produkci (Isbell et al. 2011) ve srovnání s porosty, ve kterých je naopak rostlinných druhů málo (Levine & D'Antonio 1999). Biologické invaze, které jsou urychlené změnou klimatu, jsou nyní považovány za jednu z největších hrozeb pro biologickou rozmanitost (Dukes & Mooney 1999). Mezi autory různých vědeckých prací existuje shoda, že původní trsnaté trávy lze popsat jako klíčové druhy, protože působí jako obrana proti invazi plevelů a udržují procesy v ekosystému (Prober & Thiele 2005; Stromberg et al. 2007). Lidské narušení travních porostů však mělo za následek úbytek těchto původních trav, což umožnilo usadit se nepůvodním vytrvalým travám, které významně snižují únosnost a biologickou rozmanitost oblasti (Humphries et al. 2021). Stejně velkým problémem jsou

jednoleté plevely, které vytlačují původní trvalé trávy v jejich raných fázích života. Toto chování nastává většinou z důvodu narušení půdy, jako může být kultivace povrchu půdy (Bartolome et al. 2009).

V důsledku intenzifikace je proto nutné vytvořit nové systémy hospodaření na pastvinách, které dokážou splnit cíle v oblasti produktivity, a i biologické rozmanitosti bez nežádoucích plevelných druhů (Isselstein et al. 2007). K dosažení tohoto výsledku jsou nyní používány různé pasivní a aktivní techniky na různých úrovních úspěchu (Humphries et al. 2021).

3.3 Negativní vlivy plevelů na kvalitu pastvin a hospodářská zvířata

Rostliny si vyvinuly mechanismy přežití a obranné mechanismy v reakci na enviromentální stresory, útok patogenů, konkurenční rostliny a především herbivory (Bernhoft 2010). Tato ochrana může být mechanická nebo chemická, a ta je z velké části založena na syntéze rostlinných sekundárních sloučenin, které mohou snížit kvalitu živočišných produktů nebo dokonce způsobit smrt zvířete (Papachristou et al. 2003). Většina plevelů, které rostou v pících porostech, jsou v Evropě původními druhy rostlin a mnoho z nich jsou pro hospodářská zvířata toxická nebo jim nechutnají.

Plevelné rostliny těží z vytvoření vegetačních mezer v porostech v důsledku sešlapávání nebo jiného mechanického narušení (Schaffner et al. 2022). Plevely také vyžadují stejné živiny, vodu, světlo a prostor jako ceněné pící druhy a tím se stávají významnými konkurenty (Abaye et al. 2009). Problémem je, že mnoha druhům plevelů se velmi daří na stanovištích, kde je zvýšené množství živin, což na zemědělsky obdělávaných plochách vzhledem k intenzivnímu hnojení minerálními či statkovými hnojivy takto bývá (Grice & Campbell 2000). Přítomnost plevelů přímo ovlivňuje růst pících druhů (Tozer et al. 2011), což nakonec způsobí snížení jejich produkční schopnosti. Plevely dále mohou negativně ovlivnit trvalost pastvin, kterou farmáři vnímají jako nejvíce omezující faktor (Reeve et al. 2000). Snížení trvalosti pastvin je připisováno nižší hustotě odnoží žádoucích rostlin, která určuje horizontální obsazení porostu (Hume 1991).

Kromě negativních vlivů na produktivitu a trvalost pastvin mohou plevely ovlivnit i nutriční hodnotu píce, která je často studována z hlediska dvou hlavních vlastností: obsah neutrálně detergentní vlákniny (NDF) nebo obsah hrubého proteinu (CP). V tomto ohledu mnoho autorů naznačuje, že jednoleté druhy mají vyšší kvalitu píce než vytrvalé rostliny, do kterých mnoho významných plevelů zařazujeme (Lavarello Herbin et al. 2020). Toto tvrzení není ale pevně dané, protože mnohdy záleží na specifických podmínkách prostředí v dané lokalitě, např. Turner et al. (2006) zjistili ve svém výzkumu opačné výsledky.

3.3.1 Plevely způsobující vnější poškození zvířat

Býložravci obecně přijímají méně rostlin s trny, ostny, bodlinami a trichomy než rostliny bez těchto struktur (Gowda 1996). Plevely produkující tyto struktury např. *Ononis spinosa* (jehlice trnitá), mohou ovlivnit zdraví a produktivitu způsobením fyzických poškození většinou

nohou a tlamy, které brání v účinném krmení. Rostliny někdy způsobují zvířatům takovou bolest, že se na nich odmítají živit. Fyzické poškození nohou a očí může zvířata vystavit infekci, např. hnilobě paznehtů (Edgar 1992). Trny také často zpomalují rychlost pasení, protože býložravci musí opatrně manipulovat s rostlinami v tlamě, aby se vyhnuli případné bolesti a zranění (Belovsky et al. 1991). Háčky trnů se zachycují zejména na pyskách, jazyku a i uších (Cooper & Owen-Smith 1986). Vliv trnů na požívání závisí na velikosti pasoucího se zvířete, protože menší živočichové mohou lépe a snadněji manévrovat tlamou a trhat drobné listy. Velikost vlivu trnitých rostlin na zvířata závisí na jejich kvalitě vzhledem k produktivitě daného stanoviště, podílu v porostu, koncentraci živin a dynamice šíření ve vztahu k sousedním rostlinám (Hanley et al. 2007). Důsledky snížení rychlosti příjmu potravy jsou výraznější tam, kde je rychlost příjmu potravy více omezující faktor, například v suchých prostředích s nízkou primární produktivitou, kde se trny na rostlinách nepřekvapivě vyskytují častěji (Belovsky & Schmitz 1991). Tyto plevelné druhy mohou rovněž ovlivnit chování a pohodu hospodářských zvířat (Hein & Miller 1992). Ve výzkumu Břetaš et al. (2023) testovali, jestli zvířata, které jsou ve výběhu s ostnatým plevem *Amaranthus spinosus* (laskavec trnitý), změni své chování. Zjistili, že plevel měl velmi významný vliv na denní vzdálenost, kterou zvířata urazila, přičemž zvířata zvýšila svou denní chůzi o 26 % se srovnáním se zvířaty pasoucími se ve výběhu bez plevelu. Kromě ušlé vzdálenosti plevel rovněž ovlivnil také další denní aktivity zvířat. Zvířata ve výbězích s plevem vykazovala významně zkrácenou dobu odpočinku, zatímco doba pastvy se prodlužovala.

U ovcí a koz jsou problémem i rostliny, které znečišťují vlnu hospodářských zvířat svými semeny (např. rod *Erodium*). Ty snižují kvalitu produktu a pokud semena proniknou až do kůže zvířat, mohou mít rovněž nepříznivý vliv na kvalitu kůže a jatečně upravená těla. Ořezávání jatečně upravených těl zasažených semeny může znamenat značnou ztrátu hmotnosti produktu (Edgar 1992).

3.3.2 Vliv jedovatých plevelných druhů na hospodářská zvířata

Jedovaté rostliny jsou rostliny, které způsobují otravu hospodářských zvířat in situ nebo ve formě zeleného krmiva a sena, ovlivňují jejich normální růst a vývoj nebo způsobují fyziologické abnormality a někdy dokonce smrt (Guitart et al. 2010). Existuje mnoho druhů jedovatých rostlin široce rozšířených na pastvinách po celém světě (Xiaote et al. 2021). V Evropě je asi tucet hlavních jedovatých rostlin (viz Tabulka 1), které vedly k vysoké frekvenci otrav hospodářských zvířat a drůbeže (Guitart et al. 2010). I když je evropská flóra méně bohatá na jedovaté druhy, a i méně nebezpečná ve vztahu k toxicitě, počet rostlinných jedů je stále značný.

Tabulka 1: nejvýznamnější jedovaté rostliny pro hospodářská zvířata v Evropě dle Guitart et al. (2010)

Druh latinsky	Český název
<i>Beta vulgaris</i>	řepa
<i>Mercurialis annua</i>	bažanka roční
<i>Rumex acetosa</i>	šťovík kyselý
<i>Taxus baccata</i>	tis červený
<i>Pteridium aquilinum</i>	hasivka orličí
<i>Galega officinalis</i>	jestřabina orličí
<i>Pieris japonica</i>	pieris japonský
<i>Euonymus japonicus</i>	brslen japonský
<i>Datura stramonium</i>	durman obecný
<i>Aconitum napellus</i>	oměj šalamounek
<i>Quercus robur</i>	dub letní
<i>Nerium oleander</i>	oleandr obecný
<i>Senecio vulgaris</i>	starček obecný
<i>Rhododendron ponticum</i>	pěníšník pontický
<i>Echium vulgare</i>	hadinec obecný

Avšak většina rostlin způsobuje otravu pouze tehdy, když jsou zvířata zkonsumovány, i proto je otrava hospodářských zvířat v Evropě méně obvyklá než např. ve státech Asie či Severní Ameriky (Anadón et al. 2018).

Rostlinné toxiny mohou být produkovány přidruženými mikroorganismy nebo jednoduše syntetizovány a akumulovány rostlinou. Tyto toxiny se nacházejí téměř ve všech rostlinách, z nichž mnohé jsou obecně považovány za bezpečné pro použití jako krmivo pro hospodářská zvířata. Ve většině podmínek takové rostliny nezpůsobují toxicitu ze 3 hlavních důvodů: zkonsumované rostliny jsou málo toxické; po sklizni dochází k přeměně nebo inaktivaci toxinů; nebo toxiny jsou zkonsumovány v takových množstvích, které nezpůsobují toxicitu (Stegelmeier et al. 2013).

Jedovaté rostliny mohou hospodářským zvířatům způsobit rozmanité problémy. Kromě přímých ztrát úhynem hospodářských zvířat, potraty, chronickými nemocemi a ztrátou hmotnosti (Koether et al. 2019) se můžou zemědělci potýkat s řadou nepřímých ztrát. Mezi ně lze zahrnout zvýšení výdajů na herbicidy (Seefeldt et al. 2007) či snížení produkce a využití travnaté vegetace (Zhao et al. 2010). Možnost otravy je ale obvykle v diagnóze zanedbávána, protože při intenzivním chovu, např. prasat nebo drůbeže, je kontakt s toxickou rostlinou nepravděpodobný. Rovněž chov v uzavřených stájích u mléčného skotu nebo mladého hovězího dobytka snižuje riziko otravy (Anadón et al. 2018). Jedovaté rostliny tudíž nejčastěji postihují pasoucí se dobytek a způsobují velké ekonomické ztráty v tomto odvětví (Stegelmeier et al. 2013).

Téměř všechny jedovaté rostliny na světě jsou semenné rostliny (Bao et al. 2019), tudíž pochopení ekologie těchto semen má velký význam pro řízení a kontrolu jedovatých rostlin (Xiaote et al. 2021). V současné době je výzkum a aplikace technologií regulace jedovatých rostlin vysoce ceněn a tradičními metodami prevence a kontroly je především ruční odstraňování, mechanická regulace a aplikace herbicidů (Cook et al. 2009).

3.3.3 Vliv přítomnosti plevelů na estetiku pastvin

V ekosystémech pastvin jsou někdy nežádoucí i rostliny, které mají negativní vliv na estetiku pastevního areálu (Grice & Campbell 2000). V tomto případě je velmi těžké určit, které rostliny jsou žádoucí a které nežádoucí. Mnoho respondentů v různých výzkumech vyjádřilo podporu pestrobarevným porostům, i když v něm byly přítomny rostliny, které jsou v klasické zemědělské produkci brány jako plevele. Naopak se respondentům často nelíbí monotónní porosty, což je samozřejmě v rozporu zemědělské produkce, kde se preferují homogenní porosty s velkým výnosem. Proto klasické zemědělské druhy mohou být v této situaci nežádoucími rostlinami (Junge et al. 2015).

Moderní zemědělství je definováno jako multifunkční, zahrnující produkci potravin, ekologické funkce a rekreační hodnoty (Jongeneel et al. 2008). V oblasti rekreace a přírodní turistiky často závisí na estetické hodnotě, která je s nimi spojena (López-Santiago et al. 2014) a je nyní široce uznávána jako ekosystémová služba (Gobster et al. 2007). V současnosti jsou dokonce přínosy pro rozvoj biodiverzity odměňovány rostoucím podílem zemědělských dotací (Kleijn & Sutherland 2003). K estetickým hodnotám pastvin přispívá mozaikový krajinný

pokryv, přítomnost hospodářských zvířat či přítomnost roztroušených stromů a keřů (López-Santiago et al. 2014).

Na toto téma bylo vypracováno několik výzkumů, kde respondenti hodnotili, které ekosystémy se jim líbí nejvíce a které naopak nejméně. Ve svém výzkumu Junge et al. (2015) hodnotili kvalitu prvků zemědělské krajiny ve Švýcarsku, které zahrnovaly i extenzivní pastviny s roztroušenými stromy a keři; a pastviny s vysokou intenzitou hospodaření. Součástí bylo dokonce i hodnocení přítomnosti krav na estetiku porostů. Výsledkem bylo, že esteticky nejpreferovanějšími krajinnými prvky byly pastviny nízké intenzity s mnoha druhy rostlin včetně stromů a keřů, kde nezáleželo, zda jsou přítomny plevelné druhy. Což naznačuje, že se preferuje barevná rozmanitost extenzivních porostů před monotónními porosty intenzivních pastvin. Kromě vertikálních a druhově bohatých prvků byla pozitivně hodnocena i přítomnost krav. Což není překvapivé, protože lidé se obecně více zajímají o zvířata než o rostliny (Wandersee & Schussler 1999).

3.4 Metody rozmnožování plevelů

Při zakládání nových populací se plevele musí rozmnožovat, i když potenciálních partnerů může být málo a mohou být rozptýleni nebo mohou zcela chybět. A i když se většina plevelů rozmnožuje semeny, jsou některé druhy buď samosprašné apomiktické (schopná založit semena nepohlavně), nebo se množí vegetativně (Liebmann et al. 2001). Asexuální rozmnožování zahrnuje replikaci chromozomů bez tvorby gamet, tedy bez potřeby pohlaví. Při nepohlavním a vegetativním rozmnožování vznikají jedinci, kteří jsou geneticky identičtí se svým rodičem (Booth et al. 2003).

3.4.1 Pohlavní rozmnožování (generativní)

Vyšší rostliny včetně plevelů se většinou rozmnožují pohlavním rozmnožováním (tzv. generativním) (Bengtsson & Ceptilis 2000), kdy je stejně jako u jiných organismů nutné splynutí dvou gamet (vajíčka a pylového zrna), aby vznikla zygota. Každá gameta obvykle obsahuje jednu sadu chromozomů a zygota obvykle po splynutí disponuje oběma. Pohlavně vzniklí potomci proto disponují jedinečnou rekombinací genů svých rodičů a geneticky se od nich liší.

Produkce semen u trvalých rostlin je sice v porovnání s vegetativním rozmnožováním někdy nedůležitá, ale neměla by se zanedbávat (Zimdahl 2018). Kvetoucí rostliny mají v závislosti na svou evoluční historii škálu mechanismů, které zajišťují pohlavní rozmnožování bez ohledu na jejich životní cyklus (Radosevich et al. 2007) např.:

- jedinci mohou být geneticky naprogramováni tak, aby byli pouze samičího nebo samčího pohlaví (dvoudomé rostliny)
- na rostlině vyrůstají květy jak samčího, tak samičího pohlaví (jednodomé rostliny)
- rostliny vytvářejí oboupohlavné květy
- rostliny disponují oběma pohlavími, ale pomocí různých mechanismů se rozmnožují pouze s jinými jedinci (Booth et al. 2003)

3.4.2 Vegetativní rozmnožování

Vytrvalé plevely se dokáží rozmnožovat vegetativně, což je velmi nešťastný aspekt regulace plevelů (Zimdahl 2018). Tato vlastnost se týká téměř všech taxonomických tříd vytrvalých rostlin (Radosevich et al. 2007). Většina trvalých rostlin se sice rozmnožují také semeny, ale význam produkce semen se liší. V rozhodování, jakou metodu regulace použít, hraje vegetativní rozmnožování velkou roli. Např. diskování při obnově pastvin může někdy problém s pleveli zhoršit – *C. arvense* má schopnost vyrůst z kousků kořenů o velikosti pouhých 0,25 cm, a proto se při napadení pastvin podobnými pleveli doporučuje připravit půdu pro obnovu pastvin orbou (Zimdahl 2018). Schopnost kořenových segmentů vytvářet nové rostliny se mění v závislosti na ročním období a je nejvyšší na jaře a nejnižší na podzim (Swan & Chancellor 1976), přičemž vegetativní pupeny většinou nejsou u plevelů ničeny zimními mrazy. Semenač vytrvalého druhu rostoucího ze semen ještě nemá vlastnosti trvalé rostliny (zejména schopnost vegetativní regenerace), a tudíž je potřeba rostliny odstranit z pastvin co nejdříve, aby byla kontrola plevelů snazší než poté, co tyto vlastnosti získá (Zimdahl 2018).

Mezi plevely se vyskytuje mnoho způsobů vegetativního rozmnožování. Rhizomy neboli podzemní výběžky se vyskytují např. u *Elytrigia repens* (pýru plazivého) nebo *Achillea millefolium* (řebříčku obecného); oddenky se vyskytují u *Persicaria* (rdesna), *Galium aparine* (svízele přítuly) nebo *Equisetum arvense* (přesličky rolní); *Solidago* (zlatobýl) má ztloustlé, svislé podzemní stonky, které slouží jako rozmnožovací orgán. Nebo vegetativní rozmnožování klasických vytrvalých rostlin, jako je *Taraxacum* (pampeliška) nebo *Rumex*, probíhá z kulového kořene (Zimdahl 2018). Plevely se také často dokážou množit pouze z fragmentů těchto orgánů (Abrahamson 1980).

Druhy se schopností vegetativního rozmnožování se dokážou lépe udržet v zemědělských systémech, protože klonální rozmnožování umožňuje:

- aby se úspěšné genotypy množily, třeba i neomezeně (Radosevich et al. 2007)
- produkovat jednotlivé rostliny, které se mohou šířit a získávat zdroje rozptýlené na velkých plochách (Mitton & Grant 1996)
- zvýšení životaschopnosti celého genotypu s prokazatelnými výhodami pro celý klon díky přenosu vody a živin z mikrostanoviště, kde je jich dostatek, do oblasti, kde jsou omezené (Wijesinghe & Handel 1994)
- vytvářet fyziologicky nezávislé jedince díky fragmentaci, kteří pak mohou úspěšně využívat své prostředí k růstu (Radosevich et al. 2007)

3.5 Způsoby šíření plevelů

Šíření plevelů je považováno za důležitý biologický faktor, který může ovlivnit regulaci plevelů a měl by být součástí plánů regulace plevelů (Ghersa & Roush 1993). Pohyb semen prostorem má zásadní význam pro dynamiku populace plevelů v zemědělských prostředích (Ball 1992), protože časté agronomické narušování agroekosystému vyvolává neustálou rekolonizaci (Howe & Smallwood 1982). Pohyb semen je dán abiotickými, biotickými a agronomickými příčinami. Abiotické příčiny spočívají v působení větru a dešťových srážek a jsou označovány jako anemochorie a hydrochorie. Biotické příčiny jsou podstatně diverzifikovanější v důsledku velkého množství živočišných organismů v okolním prostředí, které jsou schopny rozšiřovat semena adhezí (epizoochorie) nebo požitím (endozoochorie) (Benvenuti 2007). Semena se šíří na dlouhé vzdálenosti a krátké vzdálenosti. Dlouhé vzdálenosti jsou často spojeny s primární invazí a následnou kolonizací cizím druhem plevele. Na krátkou vzdálenost šíření semen plevelů ovlivňuje především lokální rozšíření a hustotu (Maxwell & Ghersa 1992).

3.5.1 Barochorie

Barochorie není vlastně skutečným mechanismem rozptylu, ale spíše nepřítomností jakéhokoliv prostředníka pro přesun semene pryč od mateřské rostliny (Fenner 1985). Jednoduše lze říci, že rostliny se rozmnožují dopadem semene na zem svou vlastní vahou. I přes svou jednoduchost, se tímto způsobem rozmnožuje mnoho plevelů, které způsobují ztráty v agroekosystémech. Mezi tyto plevele patří např. *Chenopodium album* (merlík bílý), *Amaranthus retroflexus* (laskavec ohnutý) nebo *Polygonum aviculare* (truskavec ptačí) (Benvenuti 2007).

3.5.2 Anemochorie

Thill a Mallory-Smith (1997) uvádí, že lze rozlišit dva způsoby šíření větrem. Nejčastějším způsobem jsou větrem unášená semena rostlin, která jednoduše padají na zem v krajině. U některých druhů lze úspěšné dlouhodobé šíření tímto způsobem připsat vývoji křidélek nebo chocholů, které napomáhají letu (Sakai et al. 1998). Například rod *Asteraceae* (hvězdnicovité), který se často vyznačuje plody se strukturami připomínající padák, vděčí za svůj kolonizační úspěch tomuto usnadnění (Sheldon & Burrows 1973). U anemochorie jsou důležitými faktory rychlost větru a rozměry semen, pokud jsou semena velmi malá, jako v případě *Orchideaceae*, jejichž výjimečně malá semena váží < 0,0001 mg (Batty et al. 2000), mohou být přenášena větrem na stovky kilometrů, a to i bez struktur usnadňující let (Benvenuti 2007). Druhý způsob není častý, avšak Thill a Mallory-Smith (1997) uvedli, že občas mohou být větrem nesené celé rostliny, přičemž z nich postupně vypadávají jejich semena. Ve světě včetně ČR existují plevele, které jsou na tento typ šíření přímo specializovány (např. *Salsola tragus* neboli slanobýl obecný).

3.5.3 Hydrochorie

Tímto způsobem jsou semena transportována stékáním vody nebo také plovoucím kanálem pro odvod vody (Boedeltje et al. 2004). Semena, která se prostorově pohybují tímto způsobem, jsou často rozšířena v jílovitých půdách, které propouštějí málo vody. Typická semena nalezená v jílovité půdě zahrnují druhy *Polygonaceae*, jako v případě *R. obtusifolius* nebo *Rumex crispus* (šťovík kadeřavý) (Cavers & Harper 1964).

3.5.4 Epizoochorie

Tento mechanismus rozptylu, jehož široce studované případy se týkají především přenosem pomocí býložravců (Davidson 1993), se týká adheze semen ke zvířecí srsti (Sorensen 1986). V zemědělských agroekosystémech, především na pastvinách, jsou do epizoochorie často zapojeny velká zvířata, a to jak chovatelsky významné druhy (skot, ovce atd.), tak i divoká zvířata (Boedeltje et al. 2004). V praxi ale semena roznášejí především drobní savci, jako např. myši a hraboši (Kiviniemi & Telenius 1998). U tohoto způsobu šíření je velmi důležitým faktorem výška rostlin. Když je výška rostliny podobná výšce zvířete, se kterým nejčastěji přichází do styku, tak je stupeň šíření největší (Benvenuti 2007). Pro největší výkonost přenosu semen zvířaty si mnoho druhů rostlin vyvinulo morfologické modifikace semen, aby se podpořila přilnavost k jakémukoli zvířeti vybavenému srstí (Couvreur et al. 2004). Mezi tyto modifikace patří:

- háčky na vnějším povrchu plodů nebo na bázi semene (Benvenuti 2007)
- semena obklopené řídkými trichomy (Taylor 1999)
- semena kartáčovitého (Taylor 1999) či špičatého tvaru (Benvenuti 2007)
- slizovitý kryt na semenech (Sagar & Harper 1964)
- pichlavá semena zabodávající se do spodních stran končetin zvířat (Benvenuti 2007)

Zajímavý experiment provedený v Dánsku na *Canis familiaris* (psu domácím) (Graae 2002) ukázal, že epizoochorní šíření však může nastat i u druhů, jejichž semena jsou hladká a postrádají tak jakékoli adhezivní vlastnosti, jako v případě *Oxalis acetosella* (šťavel kyselý) nebo *Stellaria holostea* (ptačinec velkokvětý). To naznačuje, že epizoochorní šíření plevelů může nastat i náhodně, např. se semeny ulpívajícími v prohlubních tlapek.

3.5.5 Endozoochorie

Tento způsob šíření spočívá v požití diaspory, která působí přitažlivě na okolní faunu. Endozoochorie zahrnuje menší počet živočišných druhů ve srovnání s epizoochorií. Většinu rostlin tímto způsobem šíří ptačí druhy zvířat. Ptáci jsou uznáváni jako hlavní agens šíření mnoha invazivních druhů rostlin (Gosper et al. 2005). Dobře známým příkladem je extrémně rozšířený *Hedera helix* (břečťan popínavý), který často rozšiřuje *Turdus merula* (kos černý) (Benvenuti 2004). I když je endozoochorie spojena především s ptáky, býložraví savci (Herrera

1989) a hlodavci (Hulme & Hunt 1999) mohou také přispívat k tomuto způsobu šíření, přestože životaschopnost semen nemusí být vždy zachována (Williams et al. 2000).

Endozoochorie do jisté míry ilustruje cílenou koevoluci mezi flórou a faunou. Některá semena s hlubokou dormancí totiž začínají klíčit až po průchodu trávicím traktem ptáků (Moore 2001), anebo po průchodu trávicím traktem malých (Malo & Suárez 1995) a velkých savců (Calviño-Cancela 2004).

3.5.6 Antropochorie

Antropochorie neboli šíření semen činností člověka, je v agroekosystému přítomna již dlouho. Mnoho plevelů bylo zavlečeno v minulých dobách na různá území (Healy 1943) a tento trend pokračoval v souladu se stupněm obhospodařované půdy (Vibrans 1999). U mnoha plevelů se nevyvinuly žádné mechanismy šíření (barochorie), ale spoléhají se na šíření prostřednictvím lidské aktivity. Jakákoli zemědělská činnost, včetně obchodu s osivem, může zvýšit pravděpodobnost náhodného šíření semen nebo dokonce vést k zavlečení exotických druhů plevelů. Jakmile semena proniknou do agroekosystému, jejich pohyb může probíhat vertikálně během zemědělských prací nebo horizontálně v důsledku pohybu strojů po zemědělském pozemku (Grundy et al. 1999).

3.6 Metody regulace plevelů

Existuje velké množství nástrojů na hubení plevelů, z nichž každý je účinný v určitých situacích. Obecné zásady regulace plevelů na pastvinách jsou následující: co nejvíce používat nechemické metody a v případě chemické regulace používat širokou škálu chemických skupin herbicidů. Před rozhodnutím, jaká opatření podniknout je nutné vždy zhodnotit kvalitu pastvin, druhy plevelů a jejich zatížení (vliv) na pastviny. Obecně se udává, že nejúčinnějším nástrojem pro dlouhodobou regulaci plevelů je vytvoření vysoce konkurenčních pastvin, protože plné pokrytí půdy brání rostlinám plevelů v přístupu ke světlu a vlhkosti, které potřebují ke klíčení a uchycení v půdě (Kidston et al. 2010).

3.6.1 Podpora konkurenceschopnosti porostu

Zavádění konkurenceschopných a perzistentních druhů na pastvinách jsou běžně používané agronomické strategie v zemědělství (Tozer et al. 2011), které minimalizují potřebu chemických postřiků. Pastervní druhy se liší v jejich schopnosti konkurovat plevelům, což je dáno jejich růstovými formami a hustotou zasetí (Bourdôt et al. 2007). Pro potlačení vzcházení a přežívání semenáčků plevelů lze využít jak trávy, tak jeteloviny (Wardle et al. 1992). Nicméně travní druhy, jako je například *Lolium perenne* (jílek vytrvalý), jsou obecně méně příznivé pro druhy plevelů než jeteloviny, protože poskytují hustší pokrytí půdy (Wardle et al. 1995), čímž účinněji konkurují semenáčkům plevelů (Ghanizadeh & Harrington 2019).

U tohoto způsobu regulace je názor, že rozmanitější směsi pastervních rostlin mohou snížit invazi plevelů na pastvinách, protože pokud je pastvina oseta více než dvěma druhy, zbývá méně nevyužitých zdrojů pro plevely (např. vlhkost a živiny) (Kennedy et al. 2002).

Sanderson et al. (2005) uvádějí, že začlenění různých druhů trav a jetelovin do směsí významně snížilo šíření plevelů díky celkové biomase rostlin. Tozer et al. (2016) také zjistili, že přidání klasických pasterbních bylin, jako jsou *Cichorium intybus* (čekanka obecná) nebo *Plantago lanceolata* (jitrocel kopinatý) do směsí trav a jetelovin také snižuje zaplevelení v pasterbních systémech ovcí a hovězího dobytka.

Výsledky těchto studií naznačují, že zahrnutí více konkurenčních druhů do směsí pasterbních rostlin maximalizuje efektivitu konkurence s plevele, protože konkurenční druhy potlačují růst semenáčků plevelů. Nicméně v praxi je to poněkud složitější, protože pasterbiny čelí různým omezením, která mohou vytvořit prostor pro usazení plevelů (Peltzer & Wilson 2001). Příkladem je preferenční pasterba žádoucích druhů hospodářskými zvířaty, která může narušit konkurenční rovnováhu směsí pasterbních rostlin ve prospěch plevelů, což vede k jejich šíření (Uzun et al. 2015). Proto pouhé využití konkurenčních druhů rostlin jako samostatné strategie nemusí zajistit udržitelné hospodaření s plevele na pasterbinách. Avšak kombinace agronomických strategií, včetně využití konkurenčních rostlin s efektivním pasterbním managementem, jsou běžně využívány zkušenými zemědělci a budou stále důležitější v oblastech, kde se vyvíjí rezistence plevelů vůči dostupným herbicidům (Ghanizadeh & Harrington 2019).

3.6.2 Chemická kontrola

Na pasterbinách jsou herbicidy důležité pro udržení produkce v konvenčním zemědělství. Brzy po počátečním objevu prvních selektivních herbicidů, došlo k rychlému nárůstu jejich použití (Harrington et al. 2017). Chemická (herbicidní) ochrana je použití různých typů syntetických herbicidů, které mění metabolické procesy plevele. Takže rostlina je buď usmrcena, nebo potlačena (Schaffner et al. 2022). Glyfosát je jedním z nejčastěji používaných herbicidů na celosvětovém trhu díky své účinnosti, relativně nízké ceně a širokospektrální aplikaci (Benbrook 2016). Hlavním problémem při aplikaci herbicidů na travních porostech je vícedruhová povaha porostu (Harrington et al. 2017), a proto je obtížné nalézt herbicid, který by byl dostatečně selektivní, aby působil pouze na plevelné druhy. Je tedy obtížné chemicky regulovat nežádoucí druhy trav na travnatých plochách, kde obecně převládají trávy. Kromě toho může také ošetření dvouděložných plevelů zničit i dvouděložné pícní rostliny jako jsou jeteloviny a další, což má za následek vznik mezer v porostu, které usnadňují usazování nových druhů plevelů z půdní banky semen (Schaffner et al. 2022). Chemická ochrana proti plevelným druhům ale může být při vhodném použití bezpečná a nákladově efektivní. Dvě nejdůležitější hlediska pro použití herbicidů zahrnují:

- správně identifikovat problémovou rostlinu
- dodržovat pokyny, které jsou dané výrobcem herbicidu

Přísné dodržování pokynů na etiketě je vyžadováno zákonem a rovněž zajistí bezpečnou a účinnou kontrolu a hospodárné použití (Corriher-Olson et al. 2020). K regulaci plevelů na travních porostech se nejčastěji používají postemergentní herbicidy, které se aplikují na plevele po jejich vzejití (Schaffner et al. 2022). Husté porosty s bylinnými plevele se často ošetřují listovými aplikacemi a nízké hustoty plevelů se ošetřují bodovými postřiky herbicidů,

kteří selektivně potlačují širokolisté druhy (Ghanizadeh & Harrington 2019). Výhodou bodových postřiků je menší poškození necílových druhů, ale náklady na aplikaci mohou být velmi vysoké. Opakované používání stejného herbicidu nebo jiných herbicidů se stejným způsobem účinku bude v budoucnu podporovat rozvoj rezistentních populací plevelů, což je hnací silou pro zavádění IWM – integrated weed management anebo přechodu na metody, které jsou běžné v ekologickém zemědělství (Schaffner et al. 2022).

3.6.3 Mechanická kontrola

Mechanická regulace plevelů ničí plevele nebo snižuje jejich konkurenční schopnost. Mechanická regulace se používá především v ekologickém zemědělství, ale stále hraje roli i v konvenčním zemědělství (Melander et al. 2017).

3.6.3.1 Ruční odplevelování

Některé bylinné druhy lze regulovat ručním vytrháváním. Obecně platí, že vytrhávání je účinné v oblastech počáteční kolonizace, kde jsou přítomny původní druhy, které vyplňují niky. Tato metoda se nedoporučuje na lokalitách s vysokou hustotou zamoření, kvůli velké časové náročnosti a také vysokým nákladům na regulaci (Lacey 1991).

3.6.3.2 Sečení

Sečení je jedním z nejčastěji používaných prostředků proti plevelům na pastvinách. Sečení zlepšuje vzhled pastviny, dočasně zvyšuje produkci píce a při správném načasování brání plevelům v tvorbě semen. Sečení je obecně účinnější na širokolisté plevele než na travní plevele a je účinnější na jednoleté plevele než na vytrvalé plevele (Sellers & Ferrell 2017). Sečení nežádoucích rostlin snižuje jejich konkurenční schopnosti a podporuje žádoucí rostliny, pokud se pro každou vegetační situaci zvaží správné načasování, frekvence a výška sečení.

Načasování sečení vychází především z růstové fáze regulovaných plevelů a také z růstové fáze žádoucích rostlin (Sheley et al. 2002). Nejúčinnější doba pro kosení plevelů je v době, kdy regulované rostliny investovaly velké množství energie do růstu anebo do tvorby reprodukčních struktur. Dlouhodobé opakované sečení v těchto fázích může nakonec vyčerpávat kořenový systém plevelu (Sheley et al. 2003).

Četnost sečení závisí na srážkách a toleranci vegetace k sečení. U jednoletých, dvouletých a víceletých rostlin s křovými kořeny závisí četnost sečení především na srážkách. Jediná seč uprostřed léta po odkvětu může snížit nebo eliminovat produkci semen a změnit rovnováhu ve prospěch žádoucích rostlin v oblastech s malým množstvím letních srážek. Těžší situace je s plevelem, který má oddenky. Pro regulaci těchto plevelů je nutné častější sečení. Studie naznačují, že sečení oddenkatých plevelů sice udržuje porosty pod kontrolou, ale plevel většinou nedokáže zlikvidovat (Sheley et al. 2003).

S rostoucími cenami pohonných hmot je potřeba uvážit, zda není efektivnější použít jiné metody regulace, i vzhledem k tomu, že jiné metody mohou být na daný druh účinnější (Sellers & Ferrell 2017). Problémem u sečení jsou vytrvalé plevele s rozsáhlým kořenovým systémem,

kteří není možné kontrolovat pouhým sečením (Sheley et al. 2003). Sečením se může také stát, že se spíše vegetativní části rostlin rozšíří, což umožní rostlině zakořenit i na jiném místě. Pokud je sečení prováděno po dozrání semen, mohou se na sekacím zařízení semena nahromadit a zhoršit situaci s plevelem na pastvině tím, že se semena rozšíří do dalších částí pastviny nebo dokonce i na jiné pozemky (Sellers & Ferrell 2017).

3.6.3.3 Mulčování

Mulčování je alternativní nízkonákladový způsob regulace plevelů na pastvinách, který může zabránit prorůstání keřů a stromů na pastviny (Gaisler et al. 2006). V České republice je hojně využíváno od 90. let 20. století (Gaisler et al. 2019). Metoda zahrnuje řezání nadzemní biomasy bez jejich odstranění z pozemku. Odřezky jsou rozdrnceny na kousky o délce několika cm a poté rozmístěny na travnatý povrch (Doležal et al. 2011). Mulčování je hojně využíváno především v oblastech s nízkou potřebou píče (Gaisler et al. 2006). Gaisler et al. (2004) ve své studii ale uvedli, že mulčování není schopno omezit vysoce konkurenční byliny, především pokud se provádí pouze jednou ročně v pozdním létě nebo na podzim a spíše podporuje šíření plevelných druhů a způsobuje pokles druhové bohatosti (Gaisler et al. 2019). Zemědělci většinou více než jednou za rok tento způsob regulace neprovádí. Ve studii Gaisler et al. (2006) bylo však prokázáno, že mulčování alespoň dvakrát ročně dokáže omezit nežádoucí druhy rostlin, jako jsou *C. arvensis* nebo *Urtica dioica* (kopřiva dvoudomá) a i když nemůže plně nahradit tradiční dvousečné hospodaření, obejde se bez větší ztráty druhové rozmanitosti žádoucích rostlin.

3.6.4 Biologická kontrola

Biologická kontrola by se dala jednoduše definovat jako způsob regulace za pomoci živých organismů. K tomuto účelu slouží většinou velcí býložravci (hospodářská zvířata) (Quimby et al. 1992), klasické metody (regulace pomocí hmyzu) a bioherbicity (tj. patogenní agens) (Ghanizadeh & Harrington 2019). Zemědělci by neměli spoléhat pouze na biologickou kontrolu jako na úplný lék na problémy s plevelem, protože biologická kontrola nemůže plevel plně vymýtit. Biologická kontrola by měla být považována za součást integrovaného přístupu k regulaci plevelů na pastvinách (McLaren 1993).

3.6.4.1 Pastva zvířat

Povědomí o šíření plevelů pastvou vyvolalo obavy z potencionální role hospodářských zvířat a na některých místech vedlo ke snaze odstranit hospodářská zvířata z pastvin (Frost & Launchbaugh 2003). Jednou z největších příčin degradace je spásání pastvin pouze jedním druhem zvířat, zejména skotem, který se většinou zaměřuje pouze na několik druhů. Pokračováním tohoto způsobu pastvy může dojít k opotřebením těchto druhů a jejich ústupu z vegetace (Uzun et al. 2015). Avšak při správném managementu může ale pastva zvířat zajistit účinnější a šetrnější kontrolu plevelů než samotné herbicidy a může také zlepšit kvalitu pastvin s menším vlivem na necílové druhy. Cílem použití pastvy k regulaci plevelů je změnit vzorce

defoliace tak, aby se cílová rostlina dostala do konkurenční nevýhody oproti ostatním rostlinám ve společenstvu (Bailey et al. 2019). Frost a Launchbaugh (2003) uvádějí dva existující přístupy, jak plevelnou rostlinu dostat do konkurenčně nevýhodné pozice:

- použití řízení pastvy, které cílovému plevelu škodí tím, že se zvířata pasou v době a s frekvencí, kdy je plevel nejzranitelnější
- upravení chování zvířat při pastvě tak, aby se soustředila na cílový plevel (např. vysekání okolního porostu)

Zatímco neregulovaná pastva hospodářských zvířat může vést ke vzniku rostlinných společenstev s převahou plevelů, při pečlivém managementu lze selektivní pastvou změnit složení společenstev ve prospěch žádoucích druhů (Popay & Field 1996). Konkurence je tudíž obousměrná a zdravé vytrvalé pastviny mohou úspěšně konkurovat plevelným druhům a bránit jejich šíření (Uzun et al. 2015).

Při použití pastvy jako způsobu regulace je důležitým faktorem výběr správného druhu hospodářského zvířete. Což závisí na druhu rostliny a také na prostředí produkce (Bailey et al. 2019). Skot má velký bachor, který je dobře přizpůsoben k fermentaci objemného materiálu, a proto jsou obecně lepší než kozy nebo ovce pro regulaci plevelných trav (Frost & Launchbaugh 2003). Kozy mají úzkou a silnou tlamu, která je dobře uzpůsobena k oddělování jednotlivých listů z dřevnatých stonků a k žvýkání větví, a proto se hojně využívají k regulaci invazních dřevin (Brock 1988). Kozy mají také v porovnání se skotem nebo ovce velkou hmotnost jater, a proto mohou účinněji zpracovávat rostliny, které obsahují sekundární sloučeniny, jakou jsou třísloviny (Hofmann 1989). Zatímco skot a ovce dávají na pastvinách přednost především zeleným listům pícnin, kozy také preferují především květní a semenné části rostlin (Uzun et al. 2015). Ovce jsou zas obecně považovány za vynikající druh pro regulaci bylinných plevelů. Ovce mají úzkou tlamu a relativně velký bachor na jednotku tělesné hmotnosti. Tyto vlastnosti jim umožňují selektivně spásat, a přitom tolerovat značný obsah vlákniny, což vede k tomu, že v jejich potravě obecně převažují byliny. Většina obtížných plevelů, které ohrožují pastviny, bylinami jsou (Frost & Launchbaugh 2003).

I když je splněn faktor výběru druhu, tak to není poslední krok, kterému je potřeba věnovat pozornost. Složení potravy se totiž liší i mezi jednotlivými plemeny, a dokonce i mezi jednotlivými zvířaty (Popay & Field 1996). To, co zvíře konzumuje závisí na jeho požadavcích na živiny a na jeho předchozích zkušenostech s daným druhem. Zvířata lze sice vést k tomu, aby si vybírala určité rostliny jako potravu, ale nikdy nebudou tyto rostliny běžně konzumovat. Trávicí schopnosti a požadavky na živiny se v průběhu života zvířete mění, a proto mají věk, tělesná kondice, pohlaví a fyziologický stav zásadní vliv na výběr stravy a pastevní preference zvířat (Frost & Launchbaugh 2003).

3.6.4.2 Použití hmyzích škůdců

Quimby et al. (1992) tento způsob regulace definují takto: „plánované použití živých organismů ke snížení vitality, reprodukční schopnosti a konkurenceschopnosti plevelů“. Tento přístup k biologické kontrole zahrnuje použití exotických přirozených nepřátel pro kontrolu

invazivních plevelných druhů, ale v poslední době se uplatňuje i pro kontrolu původních plevelů (Quimby et al. 1992).

V ČR použití hmyzích škůdců není moc probádaná možnost regulace plevelných druhů. Jen málo studií se tomuto tématu věnuje a jde především o biologickou kontrolu druhů *Rumex* (např. Martinková & Honěk 2004 nebo Hrušková et al. 2005). Ve světě je už ale tato metoda regulace intenzivně studována, především v USA (Quimby et al. 1992), Austrálii a Novém Zélandu (Ghanizadeh & Harrington 2019). Pro klasickou biologickou kontrolu byly provedeny výzkumné projekty např. na několik novozélandských plevelů, včetně *Hypericum perforatum* (třezalka tečkovaná) (Groenteman et al. 2011), *Carduus nutans* (bodlák nicí) (Groenteman et al. 2007) nebo *C. arvensis* (Cripps et al. 2011). Většina prací včetně těch českých bohužel zahrnuje pouze malé experimentální studie a nevěnuje se rozsáhlým uvolněním organismů. Sice některé studie tvrdí, že pastevecké hospodaření s plevelem bylo úspěšné pomocí hmyzu, ale často však není jisté, zda je za potlačení populací plevelů biologická kontrola nebo jiný faktor (Ghanizadeh & Harrington 2019). Např. Cripps et al. (2011) hodnotili výkonnost regulace na *C. arvensis* při kombinaci sousedních rostlin (konkurence) a býložravého činitele (*Cassida rubiginosa*) a zjistili, že konkurence je pro potlačení *C. arvensis* důležitější než býložravost hmyzu. Pro jasné určení, zda je biologická kontrola pomocí hmyzu efektivní, je potřeba dalšího výzkumu (Ghanizadeh & Harrington 2019).

3.6.4.3 Bioherbicity (patogenní agens)

V přírodě je většina rostlin při vhodných klimatických podmínkách napadána několika až mnoha rostlinnými patogeny. Tuto skutečnost nyní zemědělci zkoušejí používat jako způsob regulace za použití tzv. bioherbicidů, které jsou často v podobě mykoherbicidů (Quimby et al. 1992). Bioherbicity byly opět zkoumány především v zahraničí, např. v Severní Americe, Austrálii a také na Novém Zélandu (Bailey et al. 2017). Avšak tyto studie se týkají hlavně použití bioherbicidů v polních podmínkách a jen velmi málo bioherbicidů, které jsou určené pro pastevní podmínky, bylo úspěšně celosvětově komercializováno (Ghanizadeh & Harrington 2019).

3.6.5 Integrovaný management plevelů

Pro zvládnutí plevelů je silně prosazován přístup „integrování ochrany proti plevelům“ (Buhler 2002). Úkolem tohoto managementu plevelů na travních porostech je být účinný, ekonomicky udržitelný a měl by také zajistit minimální negativní dopad na životní prostředí, takový management často vyžaduje integrovaný přístup, který kombinuje chemické a nechemické metody, a tudíž je alternativou pro konvenční nebo ekologické zemědělství (Schaffner et al. 2022).

Na trvalých pastvinách by integrovaný přístup k ochraně proti plevelům mohl sestávat z kombinace chemických metod (herbicidní kontrola), kulturních metod (přísev), fyzikálních metod (sekání) a také biologických metod (Ghanizadeh & Harrington 2019). Tvorba strategií integrovaného managementu plevelů by měla vycházet z cílů požadovaných na travním

porostu. Například zda by měly být travní porosty obhospodařovány především pro produkci krmiva, zlepšení biotopů volně žijících druhů nebo obnovu původních vegetačních komplexů (Firn et al. 2013). Za účelem zvýšení produkce píce a snížení hustoty plevelných rostlin zahrnuje integrovaný management přísévání vytrvalých, konkurenceschopných druhů trav (Miller 2016), což je postup, který není populární na obhospodařovaných plochách za účelem zlepšení stanovišť volně žijících živočichů nebo obnovy původních travních porostů. Avšak na pastvinách a loukách se zdá být tento způsob managementu nevyhnutelný a je často farmáři používáný (Schaffner et al. 2022).

Studie naznačují, že kombinace různých taktik kontroly plevelů může nabídnout integrovaný přístup, který je nákladově efektivnější pro pastevecké řízení zaplevelení. Integrovaná ochrana také poskytuje rozmanitost, která je klíčovým faktorem pro snížení rizika evoluce plevelů odolných vůči herbicidům na pastvinách, kde je k dispozici omezený počet chemických možností (Ghanizadeh & Harrington 2019).

3.7 Významné plevelné druhy na pastvinách v ČR

V 90. letech 20. stol. se v bývalém Československu snížil význam polopřirozených travních porostů pro produkci krmiv kvůli snížení stavů hospodářských zvířat (Pavlů et al. 2005). V důsledku toho zůstávaly velké plochy luk a pastvin často neobhospodařovány a v mnoha případech byly travní porosty zarostlé keři a stromy. Na počátku 21. století se odhadovalo, že 30 % celkové plochy trvalých travních porostů tvoří nevyužívané louky a pastviny (Hrabě & Müller 2004). Na těchto loukách začaly dominovat vysoké trávy a dvouděložné druhy, mezi kterými byly často nežádoucí vytrvalé plevele, jako jsou *C. arvense*, *E. repens*, *R. obtusifolius* a další. Přestože travní porosty jsou i nyní velice často zamořené pleveli, tak jsou tyto druhy relativně více tolerovány než na orné půdě (Frame 1992), a to i z důvodu, že mnohé z nich mají poměrně dobrou kvalitu a mohou být využity jako krmivo pro hospodářská zvířata (Pavlů et al. 2006).

V této práci jsou vybrány tři významné plevelné druhy rostoucí v ČR, které hojně rostou na pastvinách a travních porostech obecně. Konkrétně to je *C. arvense*, *C. acanthoides* a *R. obtusifolius*. U těchto druhů se řada autorů studií shoduje, že to jsou významné druhy plevelů na pastvinách a způsobují relativně velké ekonomické ztráty. Např. Pavlů et al. (2006) ve své studii uvádí: „*Rumex obtusifolius*, celosvětově nejvýznamnější pastevní plevel“, Cripps et al. (2011) ve své práci uvedli: „*Cirsium arvense* je považován za jeden z nejhorších plevelů pasteveckých a zemědělských systémů“, a Jongejans et al. (2011) uvádí: „tento bodlák (*C. acanthoides*) se obvykle vyskytuje na zemědělských polích a pastvinách a má velké enviromentální a ekonomické dopady“.

3.7.1 *Cirsium arvense* (pcháč oset)

Cirsium arvense (též pcháč rolní, kalifornský nebo kanadský) je jedním z hlavních vytrvalých plevelů pastvin a orné půdy mírného pásma (Graglia et al. 2006), který způsobuje výrazné ztráty na výnosech v konvenčních i organických systémech (Favrelière et al. 2020). Řadí se do rodu *Asteraceae* (hvězdnicovité) a pochází z Euroasie, ze které byl před 20. stoletím neúmyslně rozšířen do mírných oblastí obou polokoulí světa (Tiley 2010) – *C. arvense* je nyní jedním z nejproblematictějších plevelů v Severní Americe (Moore 1975) a Austrálii (Rahman 1982). Velmi dlouhou dobu je samozřejmě považován i v Evropě za jeden z nejhorších plevelů zemědělských systémů s více než stoletým zaznamenaným úsilím o kontrolu (Bourdôt et al. 2007). Vážné ekonomické ztráty na zemědělských plodinách a pastvinách způsobené *C. arvense* jsou dobře zdokumentovány (Moyer et al. 1991) a velký počet vědeckých publikací týkající se této rostliny svědčí o jejím významu jako zemědělského plevele (Cripps et al. 2011).



Obrázek 1: *Cirsium arvense* (Josef Dohnal, <https://pladias.cz/>)

3.7.1.1 Morfologie a rozmnožování

Cirsium arvense je bylina, vytrvalá rostlina se vzpřímenými lodyhami vysokými 0,3-1,5 m a s pichlavými listy. Tato rostlina je dvoudomá¹ (Tiley 2010) a dokáže se rozmnožovat jak ze semen (pohlavně), tak i z malých fragmentů kořenů (vegetativně) (Graglia et al. 2006) pomocí plazivého kořenového systému, z něhož kořenové pupeny umožňují vznik náhodným výhonkům (McAllister & Haderlie 1985). Tento způsob šíření často vede k lokalizovaným hustým shlukům rostlin tohoto plevele (Bourdôt et al. 1995). Opylování je prováděno hmyzem a produkce semen je běžná u samičích klonů, přičemž velká část je uložena v blízkosti mateřské rostliny (Wallace et al. 2005). Rozptyl *C. arvense* po krajině je pak dále zprostředkován buď větrem nesenými semeny nebo kořenovými fragmenty nesenými na zemědělských strojích (Cripps et al. 2011).

3.7.1.2 Výskyt

Cirsium arvense je nejběžnější v nižších nadmořských výškách se zaměřením na mírné pásmo s mírnými letními teplotami. Nepřežívá v rovníkových oblastech a ani ve vysokých nadmořských výškách. Co se týče půd, tak se vyskytuje na široké škále půdních typů (Tiley 2010), ale velmi se mu daří na úrodných půdách, kde je jeho růst často stimulován hnojivem.

¹ Dvoudomost = rostlina produkuje pouze samičí nebo samčí pohlavní orgány

Nevyskytuje se na velmi kyselých půdách a nejlépe se mu daří na neutrálních půdách (Grime & Lloyd 1974). V Evropě tento plevel nejčastěji roste na pastvinách, v otevřených lesích a na obdělávané půdě (Tiley 2010).

3.7.1.3 Negativní vliv na kvalitu pastvin

Hojné ostny na listech a výhonech tohoto invazního plevele obvykle odrazují pozornost pasoucích se zvířat (Stroh et al. 2002), tudíž omezuje plochu dostupnou pro pastvu hospodářských zvířat a snižuje celkově výnosy trvalých travních porostů (Leathwick & Bourdôt 2012). Koně a někdy i dobytek jsou ale schopni sežrat nařezané rostliny pcháče, nejspíš protože se ostny stávají méně opticky nebezpečnými na ochablých listech a stoncích. Harrington et al. (2008) zjistili, že nejlepšími spásáči *C. arvense* jsou kozy, když ve výzkumu dokázaly spást 97 % rostlin za 3 dny, přičemž okolní porost byl vysekán do výšky 20 cm, aby zvířata motivovali ke spásání tohoto plevele.

3.7.1.4 Regulace

V managementu populace *C. arvense* na pastvě jsou obvykle kontrolní opatření na bázi chemických herbicidů, sečení (Amor & Harris 1977) a pastvy, zejména u koz a skotu (De Bruijn & Bork 2006). Použití chemických herbicidů se stává stále více nepopulární, buď kvůli tomu, že jsou neúčinné nebo neekonomické; nebo kvůli obavám z kontaminace životního prostředí (např. jeteloviny jsou na herbicidy často náchylné) (Hartley & Thomson 1981).

Sečení je často součástí pastevního managementu a mnoho studií uvádí, že opakované sečení může snížit hustotu výhonků, kde velkou roli hraje načasování a frekvence – za nevhodnější dobu pro seč *C. arvense* je dle výzkumu Haggard et al. (1986) většinou považována doba krátce před otevřením prvních květů, protože v tuto dobu jsou v kořenech nejnižší zásoby živin pro rostlinu. Ve výzkumu Gaisler et al. (2004) v České republice na horské polopřirozené louce bylo prokázáno, že při provádění mulčování či seče alespoň dvakrát ročně významně omezilo růst *C. arvense*. Zatímco sečení a mulčování pouze jednou ročně vedlo k většímu růstu a šíření *C. arvense* než v předchozím roce.

Mimo tyto tři základní metody regulace se u této problematiky hledají nové přístupy. Jedním z nich je posílení mezidruhové soutěže rostlin, aby se zabránilo vytvoření ideálních podmínek pro růst dalších výhonků *C. arvense* (Bourdôt 1996). Výsev konkurenčních plodin se v některých případech ukázal jako významná metoda regulace tohoto plevele, i když velmi záleží na druhovém složení porostu, protože některá rostlinná společenství jsou více konkurenceschopná vůči *C. arvense* než ostatní (Eerens et al. 2002). Nebo dalším možným způsobem regulace je použití přirozených nepřátel. Dle Abela-Hofbauerová et al. (2011) bylo už dříve hlášeno 11 typů poškození *C. arvense* způsobených širokou škálou přirozených nepřátel, včetně nekróz listů, hálek na stonku, nekróz květů, býložravost květů či škody způsobené rzí. Tento způsob v komerčním použití nebyl moc rozšířen (Leathwick & Bourdôt 2012), ale v experimentálním měřítku byl již několikrát proveden (např. Skuhrovec et al. 2008).

3.7.2 *Carduus acanthoides* (bodlák obecný)

Carduus acanthoides (též bodlák ostnatý) je invazivní druh euroasijského původu patřící do čeledi *Asteraceae* (Varut et al. 2018), který způsobuje velké ekologické a ekonomické škody hlavně v invazních oblastech. V 19. století se stejně jako mnoho jiných druhů tato rostlina rozšířila do dalších částí světa (např. do většiny států USA a kanadských provincií). V kontinentálním měřítku je tato vysoká míra invaze způsobena lidským transportem (Jongejans et al. 2011). V Evropě jako původní plevelný druh pokrývá velkou část území, i když na většině jihozápadu (např. ve Španělsku) chybí a jako zavlečený druh se ještě vyskytuje v severních státech Evropy (Meusel et al. 1992). Ačkoli evropské populace *C. acanthoides* zřídka dosahují problematických velikostí a hustot, v sekundárním měřítku může tvořit husté shluky rostlin (Dunn 1976).



© Josef Dohnal

Obrázek 2: *Carduus acanthoides* (Josef Dohnal, <https://pladias.cz/>)

3.7.2.1 Morfologie a rozmnožování

Carduus acanthoides je monokarpická², dvouletá a v malých případech až vytrvalá rostlina, která přežívá první rok (v některých případech tedy i více let) v podobě růžice, poté většinou druhý rok vyrůstá lodyha, která tvoří plody. Ke klíčení dochází hlavně na jaře, ale i na podzim a výsledné rostliny fungují buď jako jarní či podzimní dvouleté rostliny (Lee & Hamrick 1983). Tento druh může dorůst až do 1,5 m nebo i výš (Desrochers et al. 1988a) a produkuje velmi nápadné fialové a ve výjimečných případech bílé květy (Desrochers et al. 1988b), které jsou snadno viditelné. Jeho stonek a listy jsou hustě ostnaté (Feldman & Lewis 1990). Pro kvetení je nutná jarovizace (tedy působení chladu na rostlinu) (Rauschert et al. 2012).

Opylování provádí hmyz, jako jsou včely a motýli (Giurfa & Núñez 1992) a ačkoli je tento druh samosprašný, k opylení mezi květy na stejných i různých rostlinách může docházet (Jessep 1990). Reprodukce se výhradně generativně (Feldman & Lewis 1990), počet nažek může být na jedné rostlině až několik set. Pýřitá semena tohoto plevelného druhu se šíří větrem (Skinner et al. 2000), kdy může semeno urazit až 120 m od mateřské rostliny (Sarpaas & Shea 2007). Doing et al. (1969) rovněž zmiňují, že se mohou semena rozšířit pomocí hospodářských zvířat, konkrétně ovcí, které často požírají květy, v nichž jsou uložena semena, a tak usnadňují jejich šíření. U mnoha plevelných druhů je doložena schopnost vytvářet tzv. semenné banky, kde semena rostlin zůstávají v klidovém stavu a hned nevyklíčí (Forget et al. 2005). Tato konkrétní schopnost byla testována i na semenech *C. acanthoides* v experimentu Ruth (2009) zakopáním 90 balíčků po 50 semenech v hloubce 5 cm pod zemí. Balíčky byly v průběhu dvou let devětkrát exhumovány a vždy se pomocí specializovaných testů zkuš

² Monokarpie = vlastnost rostliny vyklíčit, vykvést a vytvořit semena pouze jednou ve svém životě a poté odumřít.

potenciál klíčení a životaschopnost zbývajících semen. Počet živých semen sice s časem klesal, ale mnoho z nich zůstala životaschopná i po dvou letech.

3.7.2.2 Výskyt

Tento invazní druh obvykle roste na zemědělských polích, pastvinách nebo obecně na narušených plochách. Jeho semena rozptýlená větrem se spojením s narušenými stanovišti mu umožňuje kolonizovat otevřená prostranství různých velikostí od malých mezer na přepásaných nebo narušených pastvinách (Skinner et al. 2000) až po násypy (Meusel et al. 1992). Druh se vyskytuje převážně v mírných oblastech v nadmořských výškách od hladiny moře až do cca 2400 m (Desrochers et al. 1988b). Batra (1978) uvádí, že tento plevelný druh hojně roste na úrodných půdách vytvořených na vápenci, zatímco na chudších půdách odvozených od slídy nemá velké zastoupení a nemusí se mu zde věnovat pozornost.

3.7.2.3 Negativní vliv na kvalitu pastvin

Carduus acanthoides často vytlačuje žádoucí vegetaci ke krmení hospodářských zvířat a sama tato rostlina je pro ně odpudivá a nevěnují jí pozornost. Zároveň může bránit hospodářským zvířatům v konzumaci rostlin rostoucích v blízkosti tohoto druhu (Desrochers et al. 1988b).

3.7.2.4 Regulace

Desrochers et al. (1988a) ve své práci uvádí, že sečení nebo aplikace herbicidů jsou účinnými prostředky regulace *C. acanthoides*. Rostliny jsou nejcitlivější na herbicidy na bázi hormonů, které se aplikují v období aktivního růstu listů nebo růžic (tj. na jaře nebo na podzim). Z hlediska produkce semen je aplikace herbicidů nejúčinnější těsně před kvetením a v případě, že herbicidem byly pokryty všechny části plevele.

Dalším způsobem regulace tohoto invazivního plevele je sečení. Sečení *C. acanthoides* jako prostředek regulace je nejúčinnější, pokud je realizováno v době kvetení. Rostliny sečené do 2 dní po vykvetení nevytvoří životaschopná semena. Zatímco posečené rostliny až 6 dní po kvetení již jsou schopny vyprodukovat značné množství životaschopných semen a rostliny posečené po 11 dnech vyprodukují podobné množství semen jako neposečené rostliny. Pokud jsou rostliny posečeny před kvetením, dochází také k opětovnému růstu a produkci životaschopných semen. Zároveň je nutné pro účinnou kontrolu více než jedno sečení za sezónu, protože v přírodních populacích jsou velké rozdíly ve zralosti rostlin (McCarty & Hatting 1975).

Jako další účinná metoda regulace tohoto plevele je pravidelné ošetřování. Kultivace a zlepšení pastvin přisevy nebo kompletní obnovou může být účinnou kontrolou *C. acanthoides* (Hull & Evans 1973).

Méně známou metodou regulace je použití přirozených nepřátel. V některých experimentech bylo vypuštěno za účelem biologické regulace *C. acanthoides* několik specializovaných herbivorů. Tyto studie většinou byly zkonstruovány v invazním areálu této

rostliny (tedy např. v USA nebo v Austrálii). V přírodě existuje mnoho druhů, které přispívají k regulaci *C. acanthoides*. Jejich frekvence výskytu se pohybuje od vzácného až po hojnou a v praxi je nejvíce používán druh *Rhinocyllus conicus*, který zároveň hubí i další plevelné druhy, např. z rodu *Cirsium* (Kok 2001). Tento způsob regulace nebyl však v podmínkách Evropy rozšířen (Groenteman et al. 2011).

Kok (2001) poznamenal, že úspěch *C. acanthoides* je z velké části výsledkem jeho plodné produkce semen, dlouhověkosti semen, konkurenční schopnosti a nedostatku přirozených nepřátel.

3.7.3 *Rumex obtusifolius* (šťovík tupolistý)

Rumex obtusifolius z rodu *Polygonaceae* (rdesnovité), běžně známý jako šťovík tupolistý, je celosvětově nejčastěji studovaným druhem plevelů, studie jsou často zaměřeny na jejich biologii, nechemickou kontrolu (Foster 1989) nebo ekologii semen (Roberts & Totterdell 1981). Je také považován za jeden celosvětově nejproblematictější plevelný druh, a to zejména v mírných travních porostech (Zaller 2004). Má zásadní význam v pastvinách, kde může velmi snížit výnos sušiny a nutriční hodnotu píce (Hejduk & Doležal 2004). Pochází z mírného pásu Evropy, Malé Asie a také Kavkazu (Harshaw et al. 2010), ale na začátku 20. století se rozšířil i do jiných částí světa a místy zdomácněl v Severní a Jižní Americe, jižní Africe, Austrálii a východní Asii (Jursík et al. 2008). Jeho napadání je závažné na všech územích, např. Böhm a Verschwele (2004) uvedli, že v Německu se na základě průzkumu, kde odpovídalo 108 zemědělců, potvrdilo, že přibližně 85 % zemědělců má s *R. obtusifolius* na trvalých travních porostech významný

problém, nebo např. v Japonsku se odhaduje, že 40 % všech trvalých travních porostů bylo zamořeno *R. obtusifolius* (Hongo 1986). Zároveň je i jednou z nejdůležitějších překážek pro zemědělce při přechodu z konvenčního hospodaření na ekologické zemědělství, které je v Evropě v porovnání se světem velmi rozšířeno a neustále roste (Bond & Grundy 2001, Latsch et al. 2017). Mnoho zdrojů předpovídá, že zamoření tímto plevellem se v budoucnu s největší pravděpodobností zvýší (např. Hongo 1986).



Obrázek 3: *Rumex obtusifolius* (Adobe Stock, <https://stock.adobe.com/cz/images/illustration-botanique-rumex-obtusifolius-rumex-a-feuilles-obtuses/141824754>)

3.7.3.1 Morfologie a rozmnožování

Rumex obtusifolius je vzpřímená vytrvalá bylina většinou vysoká 40–150 cm s až 4 cm silnými křovými kořeny, které mohou v půdě dosahovat až 2,5 m (Pino et al. 1995). Rostliny tohoto plevelného druhu mohou dožít až desítky let (Martinková et al. 2009).

Jako plevel na zemědělské půdě je zvláště úspěšný kvůli své biologii a jeho úspěch je založen dle Cavers a Harper (1964) především na:

- schopnosti kvést několikrát do roka
- produkci velkého množství semen
- jejich schopnosti rychle vyrůst po usazení semene
- a jejich vyklíčení, kdykoli podmínky prostředí poskytují alespoň přiměřenou pravděpodobnost, že semenáče přežijí

Kromě těchto důvodů obecně rod *Rumex* vykazuje značnou schopnost znovu vyrůst z vegetativních fragmentů, které zůstaly po kultivaci nebo sečení (Pino et al. 1995).

Rumex obtusifolius se rozmnožuje převážně generativním způsobem. Semena mají podobu nažek, které jsou uzavřeny ve třech vnitřních okvětních lístcích a obvykle zůstávají kolem nich, pokud nejsou mechanickým způsobem setřeny (Weaver 1978). Nažky mají červenohnědou barvu, trojúhelníkový tvar a jedna rostlina může vyprodukovat 100 až 80 000 nažek ročně. Počet vyprodukovaných semen je určen velikostí rostliny v době květu a dobou kvetení (Cavers & Harper 1964) a odhaduje se, že asi 90 % semen je ztraceno v důsledku rozptýlení, predace, smrti nebo rozkladu (Weaver & Cavers 1979).

Ke kvetení a produkci semen může už občas dojít v prvním roce života rostlin, ale obvykle probíhá ve druhém roce počínaje jarem a může pokračovat až do tuhého mrazu v pozdním podzimu (Foster 1989). Tento druh *Rumex* je dlouhodobní rostlinou, nejvyšší reprodukční schopnost proto vykazuje v období dlouhého dne, tedy v červnu a červenci (Cavers & Harper 1964), následně jsou semena postupně pasivně vylučována během pozdního léta a podzimu (Weaver 1978). Květy nemají nektar a jsou převážně opylovány větrem (Zaller 2004). Uvádí se, že tento druh má tendenci po produkci semen uhynout (Cavers & Harper 1964), ale to však nemusí platit ve všech prostředích. Zhruba 3 týdny po ukončení kvetení je již 90 % semen schopno klíčit (Weaver & Cavers 1979). Šíří se pomocí větru, kdy jsou schopny se šířit do značných vzdáleností, mohou být také nesené vodou nebo být distribuovány v trusu poté, co projdou trávicím systémem pasoucího se dobytka. Mnoho semen ale většinou spadne poblíž mateřské rostliny a vyklíčí ve shlucích (Zaller 2004). Pokud jsou semena uložena hluboko v půdě, dokáží být životaschopná po velmi dlouhou dobu, uvádí se až 40 let (Weaver & Cavers 1979). V přirozených podmínkách jsou schopna semena *R. obtusifolius* klíčit po celý rok, existují však dvě hlavní období klíčení, a to začátek jara a podzimu, kdy dochází k silným výkyvům teploty mezi dnem a nocí (Roberts & Totterdell 1981). Jako semenáče má tento druh nízkou konkurenční schopnost, a tudíž se nedokážou usadit v uzavřených rostlinných společenstvech (Weaver & Cavers 1979), navíc během první zimy je úmrtnost semenáčů vysoká (Hongo 1989). Zejména ale na půdách s vysokým obsahem dusíku lze pozorovat, že *R. obtusifolius* roste rychleji než většina ostatních současně se vyskytujících druhů (Zaller 2004).

Pino et al. (1995) uvádí, že *R. obtusifolius* má značnou regenerační schopnost výhonků z kořenových fragmentů (z nejvyšší části kořene tzv. oddenku), a proto znalost kořenového systému je nezbytná pro rozvoj udržitelných kontrolních strategií proti tomuto druhu (Zaller 2004). Nejvyšší regenerace kořenových segmentů je na počátku vegetace, se stářím rostliny postupně regenerační schopnost klesá (Niggli et al. 1993). I když mnoho autorů upozorňuje na tuto schopnost, často se udává, že vegetativní rozmnožování segmenty kořenů vzniklých zpracováním půdy je oproti produkci nažek méně intenzivní, a to proto, že regenerační schopnost má pouze vrcholová část hlavního kořene, přičemž segmenty kořenů menší než 7,5 cm nejsou schopny vytvořit lodyžní pupeny (Pino et al. 1995). Avšak pupeny jsou běžné na kořenech v hloubce 10 cm, proto vykopávání rostlin z hloubek menších než 10 cm pod povrchem půdy není většinou účinnou metodou pro kontrolu *R. obtusifolius* (Strnad et al. 2010). Růst kořenů je největší na jaře a u rostlin, které přezimovaly, se po obnovení největšího růstu často vytvoří adventivní kořeny (Cavers & Harper 1964). Jakmile rostlina *R. obtusifolius* vyprodukuje kulový kořen, má velkou výhodu proti mělčeji kořenícím travám a bylinám a je již velmi obtížné ji vymýtit (Niggli et al. 1993).

3.7.3.2 Výskyt

Tento plevel je běžným úkazem na pustých a narušených půdách, polních mezích (Cavers & Harper 1964) a preferuje intenzivně využívané trvalé travní porosty. Obecně platí, že je do určité míry indikátorem špatného hospodaření na zemědělské půdě s vysokou koncentrací půdního dusíku (Gebhardt et al. 2006) a jedním z faktorů nejtěsněji spojených s výskytem tohoto druhu na zemědělské půdě je tedy nadměrná aplikace organických nebo syntetických dusíkatých hnojiv (Hejduk & Doležal 2004). Ke zvýšení jeho populace přispívají nepokryté plochy, které vznikají poškozením drnu hospodářskými zvířaty (Gebhardt et al. 2006) v intenzivních pastevních systémech. Vysoký výskyt je zaznamenán především na pastvinách pro skot, v případě pasení menších přežvýkavců (ovce, kozy) se obvykle daří držet problémy s *R. obtusifolius* více pod kontrolou (Zaller 2006). Dále také často rostliny plevele těží z vyčerpání luk spojené s nevhodným obhospodařováním a z mělkého zhutnění půdy (Stilmant et al. 2010). Tento druh se vyskytuje téměř na všech typech půd, ale méně často na rašelinných a zřídka na kyselých půdách. Rozsah nadmořské výšky, na který se tento druh velmi dobře přizpůsobil, je velmi široký, ale běžně se udává od hladiny moře až po cca 1500 m nadmořské výšky (Zaller 2004).

3.7.3.3 Negativní vliv na kvalitu pastvin

V moderním zemědělství je tento druh nežádoucí na pastvinách, především proto, že snižuje výnosy a hodnotu krmiva (Gebhardt et al. 2006). Obecně mají druhy *Rumex* menší chutnost a stravitelnost. Příčinou je dle Hejduk a Doležal (2004), že rostliny *R. obtusifolius* mají velmi nízký obsah sušiny, z níž velký podíl připadá vláknině. Hospodářským zvířatům mohou rostliny rovněž přivodit žaludeční poruchy a dermatitidu, protože obsahují biologicky aktivní

látku kyselinu šťavelovou. Problémy se ale vyskytují většinou pouze u zvířat, které pozrou rostliny ve velkém množství (Hejduk & Doležal 2004).

3.7.3.4 Regulace

Chemické metody

V konvenčních systémech jsou v managementu travních porostů běžně používány selektivní herbicidy, kterými lze regulovat *R. obtusifolius* (Hopkins & Johnson 2003). Tento druh je poměrně citlivý především vůči syntetickým auxinům a řadě sulfonylmočovin (Jursík et al. 2008). Avšak chemická kontrola je většinou obtížná, vyžaduje opakované ošetření (Niggli et al. 1993) a vyžaduje pozornost k detailům v načasování postřiku (Hujerová et al. 2016), v ekologických zemědělských systémech je nelze navíc použít (Stilmant et al. 2010). Úspěšnost herbicidního ošetření rovněž může ovlivnit růstová fáze (Di Tomaso et al. 2013), technika aplikace (Jursík et al. 2008) a povětrnostní podmínky (Pimentel 1995).

Mechanické metody

Metody nechemické regulace tohoto druhu lze rozdělit na kulturní, biologické, mechanické a termické metody (Latsch et al. 2011). Účinnou metodou je mechanické odplevelování, při kterém se rostliny vykopávají nebo se narušují kořeny. Výsledky z pokusů, které využívají tuto metodu, ukázaly, že úplné odstranění kořenů přineslo 77% redukci *R. obtusifolius*, přeřezání kořenů do hloubky 10 cm vedlo k 80% redukci a přeřezání kořenů do hloubky 5 cm snížilo populaci „pouze“ o 53 % (Böhm & Verschwele 2004). K podobnému závěru dospěli Hujerová et al. (2016), kde zjistili, že všechna ruční ošetření plevelu, vedla k významně snížené hustotě *R. obtusifolius*. Opakované kopání do hloubky 15 cm bylo neúspěšnějším ošetřením pro redukci plevelu, protože touto metodou bylo vyhubeno 97 % rostlin. Tuto hloubku dále doporučili také Poetsch a Griesebner (2007), kteří použili inovativní motorizovaný rotační frézovací systém pro mechanické ničení rostlin *R. obtusifolius* na rakouských alpských pastvinách. Manuální odplevelení v hloubce 5 cm není tak účinné jako v předchozí hloubce, avšak stále může přinést snížení počtu rostlin *R. obtusifolius*, jak např. poznamenali Hujerová et al. (2016). Naopak Strnad et al. (2010) uvedli, že tato metoda většinou nestačí pro účinnou kontrolu *R. obtusifolius* ani při osminásobné aplikaci během tří vegetačních období. Rozdíly ve výsledcích byly nejspíše způsobeny rozdílným obsahem živin, které byly rostlinám přístupny. Strnad et al. (2010) ve své studii aplikovali dusíkatá hnojiva a půda měla hladiny P a K čtyřikrát až pětkrát vyšší než ve studii Hujerové et al. (2016). Zde lze dojít k závěru, že ruční odplevelování je mnohem efektivnější v podmínkách s nižší dostupností živin v půdě (zejména N, P a K), protože nízký přísun živin zabraňuje účinnému opětovnému růstu rostlin *R. obtusifolius*. Ruční odplevelování je tedy velmi účinnou metodou při odplevelování *R. obtusifolius* a jedná se o vhodnou techniku pro ekologické zemědělství, mimo jiné lze tuto metodu použít na pastvinách obhospodařovaných podle agroenvironmentálních a ochrannářských schémat, kde by použití herbicidů mohlo představovat problém v zájmu ochrany přírody. Použití této metody je ale v praxi omezeno z důvodu časové náročnosti a také těžké fyzické práce (Hujerová et al. 2016).

Významnou metodou mechanické regulace *R. obtusifolius* je sečení. U této metody mnoho autorů naznačuje, že důležitým faktorem je dodržení velmi vysoké frekvence provedení této metody (Stilmant et al. 2010), kdy ani tři seče za rok nemusí stačit k jeho odstranění z pastvin (Hann et al. 2012). Pro účinnou kontrolu tohoto druhu je zapotřebí seč alespoň každé 2 týdny (Zaller 2004).

Biologické metody

Biologické metody, které byly použity nebo zkoumány pro kontrolu *R. obtusifolius*, zahrnují použití specifických spásáčů jako jsou kozy (Hejcman et al. 2014), specializovaného hmyzu, např. *Gastrophysa viridula* (Martinková & Honěk 2004) nebo patogenních hub v podobě *Uromyces rumicis* (Keary & Hatcher 2004).

Co se týče pastvy tak Stilmant et al. (2010) dokonce zjistili, že to je účinnější metoda než sečení. Zaller (2006) uvádí, že *R. obtusifolius* je regulován pastvou až třikrát lépe než metodou sečení. U tohoto způsobu regulace je velmi důležité (podobně jako u sečení) udržovat dostatečně vysokou frekvenci pastvy, aby se zajistilo, že rostlina plevelu bude postavena po opakující se defoliaci do konkurenční nevýhody. Avšak intenzita pastvy nesmí být tak vysoká, aby vedla také k poškození ostatní vegetace, což by snížilo její konkurenční schopnost a zvýšilo přežití rostlin *R. obtusifolius*. Aby se dosáhlo tohoto výsledku, měla by pastva nastat, když jsou rostliny tohoto plevelu nejvíce chutné pro hospodářská zvířata, a nikoliv když už jsou rostliny ve fázi zrání semen, kdy i hrozí, že zvířata rozšíří semena do dalších částí pastvin (Frost & Launchbaugh 2003). Semena plevelu se dokáží šířit i po skutečnosti, že je hospodářské zvíře pozře, protože dokáží projít trávícím traktem přežvýkavců, aniž by byla nějak poškozena (Zaller 2004). Edwards et al. (2005) v této problematice také porovnávali vliv systémů kontinuální a rotační pastvy na vzejití sazenic *R. obtusifolius*. Jelikož kontinuální pastva vede k hustším, a tudíž konkurenceschopnějším travním porostům než rotační pastva, a i než režim sečení (Zaller 2006), je tento systém pro vzcházení sazenic plevelu méně příznivý (Edwards et al. 2005). Za zmínku také stojí, že velkou roli v kontrole plevelu pastvou má výběr druhu a plemene hospodářských zvířat (Zaller 2004). Každý býložravec má totiž jiné preference ke spásání *R. obtusifolius*, a proto je důležitým faktorem pro dosažení adekvátní kontroly. Skotem a koňmi jsou většinou rostliny odmítány nebo konzumovány pouze ve velmi mladých stádiích (Cavers & Harper 1964). Pro regulaci se nejvíce osvědčila některá plemena ovcí, která skutečně zkonzumují až 1,5 m vysoké jedince *R. obtusifolius* (Zaller 2006), a také kozy. Nepřežitá pastva koz střední intenzity je jednoduchým, pastvou šetrným, relativně levným a účinným opatřením pro kontrolu *R. obtusifolius*. Zdá se, že tento plevel je obecně spásán mnoha plemeny koz. Rostliny jsou ovce a kozami spásány nepřetržitě, a proto nemohou dostatečně asimilovat a akumulovat zásoby ve svých podzemních orgánech (Hejcman et al. 2014). Ve výzkumu Popay a Field (1996) bylo také prokázáno, že pasoucí se zvířata jsou účinnými prostředky regulace, pokud se pečlivě kombinuje načasování s různými druhy zvířat (např. systém ovcí se systémem skotu).

Poměrně široce studovanou možností je v případě druhu *R. obtusifolius* biologická ochrana pomocí hmyzích škůdců. Na vegetativních orgánech a generativních orgánech se živí

poměrně značné množství býložravého hmyzu. Regulační efekt byl v minulosti pozorován především u brouků *Gastrophysa viridula* (mandelinka ředkvičková), *Apion miniatum* (nosatčík suříkový) a *Coreus marginatus* (vroubenka smrdutá) (Hrušková et al. 2005). Přičemž *Coreus* funguje jako predátor plodů a omezuje tak možnosti generativního šíření, *Gastrophysa* napadá listy (především její larvy mohou způsobit až holožírý) a larvy *Apion* poškozují kořenový systém žírem u báze rostlin (Jursík et al. 2008). Možnosti rozšíření využití biologických metod pro potlačení plevelného druhu *Rumex* mohou být v budoucnosti limitovány vzhledem k tomu, že tyto metody mohou silně poškodit další kulturní rostliny. V minulosti také často poškozoval pěstovaný krmný šťovík (Holec et al. 2007).

Při regulaci *R. obtusifolius* se rovněž může využít hub, zejména rzi *U. rumicis*. Bylo již několikrát prokázáno, že snižuje opětovný růst rostlin, růst listů, kořenů (Schubiger et al. 1986) a také přispěli ke zvýšení hnilob kořenů (Hughes et al. 1996). Tato metoda ale není nikdy dostatečně účinná pro vymýcení *R. obtusifolius* z pastvin (Zaller 2004).

Kulturní kontrola

Zatímco chemické, biologické a mechanické metody se zaměřují především na snížení nebo odstranění existujícího zamoření *R. obtusifolius*, kulturní metody spíše obecně fungují jako prevence zamoření. Kulturní kontrola zahrnuje přesev, mulčování, pastvu a výběr vhodné směsi plodin při obnově pastvin (Zaller 2004). Panuje všeobecná shoda, že základním principem je dosažení hustého a tím konkurenceschopného porostu, což je dosaženo přesevem nebo vysokým výsevem při obnově, mírným hnojením a systémem chovu specifickým pro dané místo (Hopkins et al. 1997).

Termické metody

Poměrně zajímavou a novou metodou je regulace *R. obtusifolius* horkou vodou. Tato metoda byla vyvinuta jako alternativa k ručnímu vykopávání v ekologickém zemědělství. Ve výzkumu Latsch et al. (2017) tuto metodu široce testovali. Během ošetření byla horní část kořene *R. obtusifolius* zahřátá vodou, s cílem odumřeni rostlin. Pokus byl proveden s komerčně dostupným vysokotlakým čističem a rotační tryskou pro aplikaci vody s cílem dostat horkou vodu přibližně 10-15 cm pod povrch půdy k hypokotylu rostliny. I když je v praxi tato metoda málo používaná, výsledky výzkumů ukázaly, že je velmi vhodnou variantou pro regulaci tohoto plevelu, kdy kontrola rostlin dosahuje až 80 % (Latsch & Sauter 2014). Efektivita závisí na hustotě plevelu, ale během měření bylo ošetřeno 119 až 142 rostlin za hodinu. Oproti ručnímu odstraňování je tato metoda rychlejší (přibližně 2,5 x), ale náklady jsou mírně vyšší (Latsch et al. 2017).

4 Závěr

Plevelné rostliny jsou nevyhnutelnou součástí pastvin a jejich vliv na agroekosystém není možné přehlížet. Jejich nekontrolovatelný růst může ovlivnit kvalitu a výnosnost pastvin, což má dopad na chov hospodářských zvířat. Pochopení způsobu rozmnožování a šíření plevelů společně s použitím metod regulace je klíčové pro zachování zdraví pastvin a udržení jejich schopnosti poskytovat kvalitní krmivo pro hospodářská zvířata. Na základě stanovených cílů byl úspěšně vytvořen podrobný popis této problematiky.

V práci došlo k těmto zjištěním:

- V posledních letech docházelo k intenzivnímu využívání pastvin, kdy se porosty hnojily průmyslovými hnojivy a ve velkém se používala herbicidní ochrana. Tento trend vedl ke zmenšení biologické rozmanitosti a tím i k menší konkurenceschopnosti porostů vůči plevelům.
- Plevel si vyvinuly mnoho mechanismů, které brání rostliny před konkurenčními rostlinami a především herbivory, tato ochrana je buď chemická nebo mechanická a významně snižuje kvalitu pastvin a ohrožuje hospodářská zvířata.
- Plevel negativně ovlivňují kvalitu pastvin – ovlivňují růst píce druhů, snižují jejich produkční schopnost, snižují trvalost pastvin, mohou snížit nutriční hodnotu píce, způsobují zvířatům zranění a otravy nebo také zhoršují estetiku pastvin.
- Plevel se dokáží rozmnožovat pohlavně nebo také nepohlavně (vegetativně). Vegetativní rozmnožování je velmi problematickým aspektem regulace, protože je velmi těžké odstranit z pastvin plevele, které se rozmnožují tímto způsobem.
- Šíření plevelů v prostoru pomocí semen nebo vegetativních částí rostlin je velmi rozmanité. Zahrnuje nejjednodušší způsob dopad na zem, a dále šíření větrem, vodou, pomocí zvířat a také lidskou činností.
- Na světě existuje mnoho způsobů regulace plevelů, mezi nejrozšířenější patří chemická nebo mechanická regulace. Avšak nejúčinnější se zdá být zavádění konkurenceschopných pěstevních druhů.
- V Americe, Austrálii a Novém Zélandu se už také rozšiřuje použití hmyzích škůdců nebo bioherbicidů. U těchto metod regulace ale často chybí jednoznačný důkaz, který by dokládal efektivnost metody a pro jasné určení je potřeba dalších výzkumů.
- Autoři různých studií považují za nejlepší možnost regulace tzv. integrovaný management plevelu, který kombinuje výše uvedené metody a tím také zabraňuje odolnosti plevelů vůči chemickým herbicidům.
- *Cirsium arvense* a *Rumex obtusifolius* jsou významné plevele nejen na pastvinách v ČR a způsobují velké ekonomické ztráty. O jejich významu jako plevele svědčí ohromný počet studií, které se jim věnují.
- I když je *Carduus acanthoides* brán jako významný plevel, v ČR nezpůsobuje tak velké ztráty jako *Cirsium arvense* nebo *Rumex obtusifolius* a tato skutečnost je jedním z důvodů, proč není tomuto druhu věnováno tolik studií jako jeho problematičtější kolegům.

5 Literatura

- Abaye AO, Scaglia G, Teutsch C, Raines P. 2009. The nutritive value of common pasture weeds and their relation to livestock nutrient requirements. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University **418**:1-9.
- Abela-Hofbauerová I, Münzbergová Z, Skuhrovec J. 2011. The effect of different natural enemies on the performance of *Cirsium arvense* in its native range. Weed Research **51**:394-403.
- Abrahamson WG. 1980. Demography and vegetative reproduction. Pages 89-106 in Solbrig OT, editor. Demography and Evolution in Plant Populations. University of California Press, Berkeley.
- Amor RL, Harris RV. 1977. Control of *Cirsium arvense* (L) Scop, by herbicides and mowing. Weed Research **17**:303-309.
- Anadón A, Martínez-Larrañaga MR, Ares I, Martínez MA. 2018. Chapter 62 – Poisonous plants of the Europe. Pages 891-909 in Gupta RC, editor. Veterinary Toxicology. Academic Press.
- Bailey DW, Mosley JC, Estell RE, Cibils AF, Horney M, Hendrickson JR, Walker JW, Launchbaugh KL, Burritt EA. 2019. Synthesis paper: targeted livestock grazing: prescription for healthy rangelands. Rangeland Ecology & Management **72**:865-877.
- Bailey K, Derby JA, Bourdôt G, Skipp B, Cripps M, Hurrell G, Saville D, Noble A. 2017. *Plectosphaerella cucumerina* as a bioherbicide for *Cirsium arvense*: proof of concept. BioControl **62**:693-704.
- Ball DA. 1992. Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. Weed science **40**:654-659.
- Bao G, Song M, Wang Y, Saikkonen K, Wang H. 2019. Interactive effects of *Epichloë* fungal and host origins on the seed germination of *Achnatherum inebrians*. Symbiosis **79**:49-58.
- Bartolome JW, Jackson RD, Allen-Diaz BH. 2009. Developing data-driven descriptive models for Californian grasslands. Pages 124-135 in Hobbs RJ, Suding KN, editors. New models for ecosystem dynamics and restoration. Island Press, Washington, DC.
- Batra SWT. 1978. *Carduus* thistle distribution and biological control in the northeastern states. Page 50 in Frick KE, editor. Biological control of thistles in the genus *Carduus* in the United States. U.S. Department of Agriculture, New Orleans.
- Batty AL, Dixon KW, Sivasithamparam K. 2000. Soil seed-bank dynamics of terrestrial orchids. Lindleyana **15**:227-236.

Belovsky GE, Schmitz OJ, Slade JB, Dawson TJ. 1991. Effects of spines and thorns on Australian arid zone herbivores of different body masses. *Oecologia* **88**:521-528.

Belovsky GE, Schmitz OJ. 1991. Mammalian herbivore optimal foraging and the role of plant defenses. Pages 1-28 in Palo RT, Robbins CT, editors. *Plant defenses against mammalian herbivory*. CRC Press Inc., Boca Raton.

Benbrook CM. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe* **28**:1-15.

Bengtsson BO, Cephitis A. 2000. The balance between sexual and asexual reproduction in plants living in variable environments. *Journal of Evolutionary Biology* **13**:415-422.

Benvenuti S. 2004. Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management. *Weed research* **44**:341-354.

Benvenuti S. 2007. Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment. *Weed biology and management* **7**:141-157.

Bernhoft A. 2010. A brief review on bioactive compounds in plants. Pages 11-17 in Bernhoft A., editor. *Bioactive compounds in plants – benefits and risks for man and animals*. The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo.

Blair J, Nippert J, Briggs J. 2014. Grassland ecology. Pages 389-423 in Monson RK, editor. *Ecology and the environment*. Springer Science+Business Media, New York.

Boedeltje GER, Bakker JP, Ten Brinke A, Van Groenendael JM, Soesbergen M. 2004. Dispersal phenology of hydrochorous plants in relation to discharge, seed release time and buoyancy of seeds: the flood pulse concept supported. *Journal of Ecology* **92**:786-796.

Böhm H, Verschwele A. 2004. Ampfer-und Distelbekämpfung im ökologischen Landbau. *Ressortforschung für den ökologischen Landbau* **273**:39-48.

Bond W, Grundy AC. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* **41**:383-405.

Booth BD, Murphy SD, Swanton CJ. 2003. *Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems*, CABI.

Bourdôt GW, Fowler SV, Edwards GR, Kriticos DJ, Kean JM, Rahman A, Parsons AJ. 2007. Pastoral weeds in New Zealand: status and potential solutions. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **50**:139-161.

- Bourdôt GW, Harvey IC, Hurrell GA, Saville DJ. 1995. Demographic and biomass production consequences of inundative treatment of *Cirsium arvense* with *Sclerotinia sclerotiorum*. *Biocontrol Science and Technology* **5**:11-25.
- Bourdôt GW. 1996. Interference between pasture plants and thistles – a review. *Plant Protection Quarterly* **11**:265-270.
- Bredenkamp GJ, Spada F, Kazmierczak E. 2002. On the origin of northern and southern hemisphere grasslands. *Plant Ecology* **163**:209-229.
- Brock JH. 1988. Livestock: biological control in brush/weed management programs. *Rangelands* **10**:32-34.
- Břetaš IL, et al. 2023. Monitoring the Effect of Weed Encroachment on Cattle Behavior in Grazing Systems Using GPS Tracking Collars. *Animals* **13**:3353.
- Buhler DD. 2002. 50th Anniversary—Invited Article: Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* **50**:273-280.
- Calviño-Cancela M. 2004. Ingestion and dispersal: direct and indirect effects of frugivores on seed viability and germination of *Corema album* (*Empetraceae*). *Acta Oecologica* **26**:55-64.
- Cavers PB, Harper JL. 1964. *Rumex Obtusifolius* L. and *R. Crispus* L. *Journal of Ecology* **52**:737-766.
- Cook D, Ralphs MH, Welch KD, Stegelmeier BL. 2009. Locoweed poisoning in livestock. *Rangelands* **31**:16-21.
- Cooper SM, Owen-Smith N. 1986. Effects of plant spinescence on large mammalian herbivores. *Oecologia* **68**:446-455.
- Corriher-Olson V, Redmon L, Rouquette Jr M. 2020. Weed control in pastures. Pages 301-313 in Rouquette Jr M, Aiken GE, editors. *Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures*. Academic Press, London.
- Couvreur M, Vandenberghe B, Verheyen K, Hermy M. 2004. An experimental assessment of seed adhesivity on animal furs. *Seed Science Research* **14**:147-159.
- Cripps MG, Gassmann A, Fowler SV, Bourdôt GW, McClay AS, Edwards GR. 2011. Classical biological control of *Cirsium arvense*: lessons from the past. *Biological Control* **57**:165-174.
- Davidson DW. 1993. The effects of herbivory and granivory on terrestrial plant succession. *Oikos* **68**:23-35.

- De Bruijn SL, Bork EW. 2006. Biological control of Canada thistle in temperate pastures using high density rotational cattle grazing. *Biological Control* **36**:305-315.
- Desrochers AM, Bain JF, Warwick SI. 1988a. The biology of Canadian weeds.: 89. *Carduus Nutans* L. and *Carduus Acanthoides* L. *Canadian Journal of Plant Science* **68**:1053-1068.
- Desrochers AM, Bain JF, Warwick SI. 1988b. A biosystematic study of the *Carduus nutans* complex in Canada. *Canadian Journal of Botany* **66**:1621-1631.
- Di Tomaso JM, et al. 2013. Weed Control in the Natural Areas in the Western United States. Weed Research and Information Center, University of California, Berkeley.
- Doing H, Biddiscombe EF, Knedlhans S. 1969. Ecology and distribution of the *Carduus nutans* group, nodding thistles, in Australia. *Vegetatio* **17**:313-351.
- Doležal J, Mašková Z, Lepš J, Steinbachová D, de Bello F, Klimešová J, Tackenberg O, Zemek F, Květ J. 2011. Positive long-term effect of mulching on species and functional trait diversity in a nutrient-poor mountain meadow in Central Europe. *Agriculture, ecosystems & environment* **145**:10-28.
- Dukes JS, Mooney HA. 1999. Does global change increase the success of biological invaders?. *Trends in ecology & evolution* **14**:135-139.
- Dunn PH. 1976. Distribution of *Carduus nutans*, *C. acanthoides*, *C. pycnocephalus*, and *C. crispus*, in the United States. *Weed Science* **24**:518-524.
- Edgar JA. 1992. Impact of weeds on animal productivity. Pages 140-144 in Combellack JH, editor. *Proceedings of the First International Weed Control Congress*. Monash University, Melbourne.
- Edwards GR, Hay MJ, Brock LJ. 2005. Seedling recruitment dynamics of forage and weed species under continuous and rotational sheep grazing in a temperate New Zealand pasture. *Grass and Forage Science* **60**:186-199.
- Eerens JPJ, Seefeldt SS, Garry G, Armstrong ML. 2002. Controlling Californian thistle (*Cirsium arvense*) through pasture management. *New Zealand Plant Protection* **55**:111-115.
- Favrelière E, Ronceux A, Pernel J, Meynard JM. 2020. Nonchemical control of a perennial weed, *Cirsium arvense*, in arable cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **40**:1-17.
- Feldman SR, Lewis JP. 1990. Output and dispersal of propagules of *Carduus acanthoides* L. *Weed Research* **30**:161-169.
- Fenner M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall, London.

- Firn J, Price JN, Whalley RD. 2013. Using strategically applied grazing to manage invasive alien plants in novel grasslands. *Ecological Processes* **2**:1-11.
- Førde A, Magnussen T. 2015. Invaded by weeds: contested landscape stories. *Geografiska Annaler: Series B. Human Geography* **97**:183-193.
- Forget PM, Lambert JE, Hulme PE, Vander Wall SB. 2005. Seed Fate: Predation, Dispersal, and Seedling Establishment. CABI publishing, Oxfordshire.
- Foster L. 1989. The biology and non-chemical control of dock species *Rumex obtusifolius* and *R. crispus*. *Biological Agriculture and Horticulture* **6**:11-25.
- Frame J. 1992. Improved Grassland Management. Farming Press Books, Ipswich.
- Frost RA, Launchbaugh KL. 2003. Prescription grazing for rangeland weed management. A new look at an old tool. *Rangelands* **25**:43-47.
- Gaisler J, Hejcman M, Pavlů V. 2004. Effect of different mulching and cutting regimes on the vegetation of upland meadow. *Plant Soil and Environment* **50**:315-331.
- Gaisler J, Pavlů L, Nwaogu C, Pavlů K, Hejcman M, Pavlů VV. 2019. Long-term effects of mulching, traditional cutting and no management on plant species composition of improved upland grassland in the Czech Republic. *Grass and forage science* **74**:463-475.
- Gaisler J, Pavlů V, Hejcman M. 2006. Effect of mulching and cutting on weedy species in an upland meadow. *Journal of Plant Diseases and Protection* **20**:831-836.
- Gebhardt S, Schellberg J, Lock R, Kühbauch W. 2006. Identification of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) on grassland by means of digital image processing. *Precision Agriculture* **7**:165-178.
- Ghanizadeh H, Harrington KC. 2019. Weed management in New Zealand pastures. *Agronomy* **9**:448.
- Ghersa CM, Roush ML. 1993. Searching for solutions to weed problems. Do we study competition or dispersion?. *BioScience* **43**:104-109.
- Giurfa M, Nuñez JA. 1992. Foraging by honeybees on *Carduus acanthoides*: pattern and efficiency. *Ecological Entomology* **17**:326-330.
- Gobster PH, Nassauer JI, Daniel TC, Fry G. 2007. The shared landscape: What does aesthetics have to do with ecology?. *Landscape Ecology* **22**:959-972.

Gosper CR, Stansbury CD, Vivian-Smith G. 2005. Seed dispersal of fleshy-fruited invasive plants by birds: contributing factors and management options. *Diversity and distributions* **11**:549-558.

Gowda JH. 1996. Spines of *Acacia tortilis*: What do they defend and how?. *Oikos* **77**:279-284.

Graae BJ. 2002. The role of epizoochorous seed dispersal of forest plant species in a fragmented landscape. *Seed Science Research* **12**:113-121.

Graglia E, Melander B, Jensen RK. 2006. Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Research* **46**:304-312.

Grice AC, Campbell SD. 2000. Weeds in pasture ecosystems – symptom or disease?. *Tropical grasslands* **34**:264-270.

Grime JP, Lloyd PS. 1974. *An Ecological Atlas of Grassland Plants*. Arnold, London.

Groenteman R, Kelly D, Fowler SV, Bourdôt GW. 2011. Abundance, phenology and impact of biocontrol agents on nodding thistle (*Carduus nutans*) in Canterbury 35 years into a biocontrol programme. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **54**:1-13.

Groenteman R, Kelly D, Fowler SV. 2007. Interactions between nodding thistle seed predators. *New Zealand Plant Protection* **60**:152-157.

Grundy AC, Mead A, Burston S. 1999. Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seedling emergence. *Journal of Applied Ecology* **36**:663-678.

Guitart R, Croubels S, Caloni F, Sachana M, Davanzo F, Vandebroucke V, Berny P. 2010. Animal poisoning in Europe. Part 1: Farm livestock and poultry. *The Veterinary Journal* **183**:249-254.

Haggar RJ, Oswald AK, Richardson WG. 1986. A review of the impact and control of creeping thistle (*Cirsium arvense* L.) in grassland. *Crop Protection* **5**:73-76.

Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM, Rafferty CM. 2007. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **8**:157-178.

Hann P, Trska C, Kromp B. 2012. Effects of management intensity and soil chemical properties on *Rumex obtusifolius* in cut grasslands in Lower Austria. *Journal of Pest Science* **85**:5-15.

Harrington K, Beskow WB, Hodgson J. 2008. Defoliation of *Cirsium vulgare* and *Cirsium arvense* rosettes by goats. Page 254 in Van Klinken RD, Osten VA, Panetta FD, Scanlan JC, editors. *Proceedings of 16th Australian Weeds Conference*. Queensland Weed Society, Cairns.

- Harrington KC, Ghanizadeh H, Moyo C, Kemp PD, Eerens JPJ. 2017. Pasture damage from spot-sprayed herbicides. *New Zealand Plant Protection* **70**:179-185.
- Harshaw D, Nahar L, Vadla B, Sarker SD. 2010. Bioactivity of *Rumex obtusifolius* (*Polygonaceae*). *Archives of Biological Sciences* **62**:387-392.
- Hartley MJ, Thomson NA. 1981. Effect and control of Californian thistle in dairy pasture. *Proceedings of New Zealand Grassland Association* **43**:104-107.
- Healy AJ. 1943. Seed dispersal by human activity. *Nature* **151**:140.
- Hein DG, Miller SD. 1992. Influence of Leafy Spurge on Forage Utilization by Cattle. *Journal of Range Management Archives* **45**:405-407.
- Hejcman M, Strnad L, Hejcmanová P, Pavlů V. 2014. Biological control of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* by goat grazing. *Weed Biology and Management* **14**:115-120.
- Hejduk S, Doležal P. 2004. Nutritive value of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) and its effect on the quality of grass silages. *Czech Journal of Animal Science* **49**:144-150.
- Herrera CM. 1989. Seed dispersal by animals: a role in angiosperm diversification?. *The American Naturalist* **133**:309-322.
- Hofmann RR. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* **78**:443-457.
- Holec J, Kohout V, Soukup J. 2007. Dnes pomocník, zítra škůdce: Nepředvídatelné dopady biologické ochrany. *Agromanuál* **2**:48-49.
- Hongo A. 1986. Infestation of *Rumex obtusifolius* L. and distribution pattern of its individual plants in sown grasslands in Eastern Hokkaido. *Weed Research, Japan* **31**:300-305.
- Hongo A. 1989. Survival and growth of seedlings of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispus* L. in newly sown grassland. *Weed Research, Japan* **29**:7-12.
- Hopkins A, Johnson RH. 2003. Impact of control of dock (*Rumex obtusifolius*) on potential production from N-fertilised swards. Pages 200-203 in Kirilov A, Todorov N, Katerov I, editors. *Optimal forage systems for animal production and the environment*. Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP), Pleven.
- Hopkins A, Jones EL, Bowling PJ, Johnson RH. 1997. Cultural methods of dock control in permanent pasture. Pages 39-40. *British Grassland Society fifth research conference*. British Grassland Society (BGS), Reading.

Howe HF, Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. Annual review of ecology and systematics **13**:201-228.

Hrabě F, Müller M. 2004. Aktuální problémy pastevní exploatace travních porostů. Pages 194-203 in Sborník z mezinárodní vědecké konference—Pastvina a zvíře. MZLU AF, Brno.

Hrušková M, Honěk A, Pekár S. 2005. *Coreus marginatus* (Heteroptera: Coreidae) as a natural enemy of *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae). Acta Oecologica **28**:281-287.

Hughes CNG, West JS, Fox RTV. 1996. Control of broad-leaved docks by *Armillaria mellea*. Pages 531-534 in Moran VC, Hoffman JH, editors. Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds, Stellenbosch. University of Cape Town, Rondebosch.

Hujerová R, Pavlů L, Pavlů V, Gaisler J, Hejcman M, Ludvíková V. 2016. Manual weeding of *Rumex obtusifolius* and its effects on plant species composition in organically managed grassland. Journal of Pest Science **89**:257-266.

Hull AC, Evans JO. 1973. Musk thistle (*Carduus nutans*): An undesirable range plant. Journal of Range Management **26**:383-385.

Hulme PE, Hunt MK. 1999. Rodent post-dispersal seed predation in deciduous woodland: predator response to absolute and relative abundance of prey. Journal of Animal Ecology **68**:417-428.

Hume DE. 1991. Effect of cutting on production and tillering in prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth) compared with ryegrass (*Lolium* sp.) species. Annals of Botany **67**:533-541.

Humphries T, Florentine SK, Dowling K, Turville C, Sinclair S. 2021. Weed management for landscape scale restoration of global temperate grasslands. Land Degradation & Development **32**:1090-1102.

Isbell F, Calcagno V, Hector A, Connolly J, Harpole WS, Reich PB, Scherer-Lorenzen M, Schmid B, Tilman D, van Ruijven J. 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystems services. Nature **477**:199-203.

Isselstein J, Griffith BA, Pradel P, Venerus S. 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. nutritive value of herbage and livestock performance. Grass and Forage Science **62**:145-158.

Jessep CT. 1990. Aspects of the biology of nodding thistle (*Carduus nutans* L) in Canterbury, New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research **33**:173-183.

Jongejans E, et al. 2011. Spatial dynamics of invasive *Carduus* thistles. Pages 2514-2520 in Marinova C, editor. 19th International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, Perth.

Jongeneel RA, Polman NBP, Slangen LHG. 2008. Why are Dutch farmers going multifunctional?. *Land Use Policy* **25**:81-94.

Junge X, Schüpbach B, Walter T, Schmid B, Lindemann-Matthies P. 2015. Aesthetic quality of agricultural landscape elements in different seasonal stages in Switzerland. *Landscape and Urban Planning* **133**:67-77.

Jursík M, Holec J, Zatoriová B. 2008. Biologie a regulace dalších významných plevelů České republiky: šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius*) a šťovík kadeřavý (*Rumex crispus*). *Listy Cukrovarnické a Řepařské* **124**:215-219.

Keary IP, Hatcher PE. 2004. Combining competition from *Lolium perenne* and an insect–fungus combination to control *Rumex obtusifolius* seedlings. *Weed Research* **44**:33-41.

Kennedy TA, Naeem S, Howe KM, Knops JM, Tilman D, Reich P. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature* **417**:636-638.

Kidston J, Ferguson N, Scott M. 2010. Weed control in pastures and lucerne 2010. Industry & Investment NSW. Available from <http://www.cavrep.com.au/W/Weed-control-in-pastures-and-lucerne.pdf> (accessed 2010).

Kiviniemi K, Telenius A. 1998. Experiments on adhesive dispersal by wood mouse: seed shadows and dispersal distances of 13 plant species from cultivated areas in southern Sweden. *Ecography* **21**:108-116.

Kleijn D, Sutherland WJ. 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity?. *Journal of applied ecology* **40**:947-969.

Koether K, Lee ST, Belluci RS, Garcia R, Pfister JA, Cunha PHJ, Rocha NS, Borges AS, Oliveira-Filho JP. 2019. Spontaneous poisoning by *Palicourea marcgravii* (*Rubiaceae*) in a sheep herd in southeastern Brazil. *Toxicon* **161**:1-3.

Kok LT. 2001. Classical biological control of nodding and plumeless thistles. *Biological Control* **21**:206-213.

Krause B, Culmsee H, Wesche K, Bergmeier E, Leuschner C. 2011. Habitat loss of floodplain meadows in north Germany since the 1950s. *Biodiversity and Conservation* **20**:2347-2364.

Lacey CA. 1991. Noxious weed management strategies. Pages 75-83 in John LFJ, Michael OE, Ralphs H, Child RD, editors. *Noxious Range Weeds*. CRC Press, Boca Raton.

Latsch R, Anken T, Herzog C, Sauter J. 2017. Controlling *Rumex obtusifolius* by means of hot water. *Weed Research* **57**:16-24.

Latsch R, Kaeser A, Sauter J. 2011. Heißwasserdampf für die Ampferbekämpfung. *Landtechnik* **66**:170-172.

Latsch R, Sauter J. 2014. Optimisation of hot-water application technology for the control of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius*). *Journal of Agricultural Engineering* **45**:137-145.

Lavarello Herbin A, Golluscio RA, Rodriguez AM. 2020. Weed effects on the establishment and nutritive value of pastures with different annual/perennial ratio. *Agrosystems, Geosciences & Environment* (e20121) DOI: 10.1002/agg2.20121.

Leathwick DM, Bourdôt GW. 2012. A conceptual model for the population dynamics of *Cirsium arvense* in a New Zealand pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **55**:371-384.

Lee JM, Hamrick JL. 1983. Demography of two natural populations of musk thistle (*Carduus nutans*). *Journal of Ecology* **71**:923-936.

Levine JM, D'Antonio CM. 1999. Elton revisited: a review of evidence linking diversity and invasibility. *Oikos* **87**:15-26.

Liebmann M, Mohler CM, Staver CP. 2001. *Ecological Management of Agricultural Weeds*. Cambridge University Press, New York.

López-Santiago C, Oteros-Rozas E, Martín-López B, Plieninger T, González E, González JA. 2014. Using visual stimuli to explore the social perceptions of ecosystem services in cultural landscapes: the case of transhumance in Mediterranean Spain. *Ecology and Society* **19**:27.

Malo JE, Suárez F. 1995. Establishment of pasture species on cattle dung: the role of endozoochorous seeds. *Journal of Vegetation Science* **6**:169-174.

Marriott CA, Hood K, Fisher JM, Pakeman RJ. 2009. Long-term impacts of extensive grazing and abandonment on the species composition, richness, diversity and productivity of agricultural grassland. *Agriculture, ecosystems & environment* **134**:190-200.

Martinková Z, Honěk A, Pekár S, Strobach J. 2009. Survival of *Rumex obtusifolius* L. in an unmanaged grassland. *Plant Ecology* **205**:105-111.

Martinková Z, Honěk A. 2004. *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae) and biocontrol of *Rumex*: a review. *Plant Soil and Environment* **50**:1-9.

Maxwell BD, Ghera C. 1992. The influence of weed seed dispersion versus the effect of competition on crop yield. *Weed Technology* **6**:196-204.

- McAllister RS, Haderlie LC. 1985. Seasonal variations in Canada thistle (*Cirsium arvense*) root bud growth and carbohydrate reserves. *Weed Science* **33**:44-49.
- McCarty MK, Hatting JL. 1975. Effects of herbicides or mowing on musk thistle seed production. *Weed Research* **15**:363-367.
- McLaren DA. 1993. Overview and use of biological control in pasture situations. *Plant Protection Quarterly* **8**:159-159.
- Melander B, Liebman M, Davis AS, Gallandt ER, Bàrberi P, Moonen AC, Rasmussen J, van der Weide R, Vidotto F. 2017. Non-Chemical Weed Management. Pages 245-270 in Hatcher PE, Froud-Williams RJ, editors. *Weed Research: Expanding Horizons*. John Wiley & Sons Ltd.
- Meusel H, Jäger E, Weinert E, Rauschert Š. 1992. *Vergleichende chorologie der zentraleuropäischen flora*. G. Fischer, Jena.
- Miller TW. 2016. Integrated strategies for management of perennial weeds. *Invasive plant science and management* **9**:148-158.
- Mitton JB, Grant MC. 1996. Genetic variation and the natural history of quaking aspen. *Bioscience* **46**:25-31.
- Moore PD. 2001. The guts of seed dispersal. *Nature* **414**:406-407.
- Moore RJ. 1975. The biology of Canadian weeds - 13. *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Canadian Journal of Plant Science* **55**:1033-1048.
- Moyer JR, Schaalje GB, Bergen P. 1991. Alfalfa (*Medicago sativa*) seed yield loss due to Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Technology* **5**:723-728.
- Nguyen T, Bajwa AA, Belgeri A, Navie S, O'Donnell Ch, Adkins S. 2017. Impact of an invasive weed, *Parthenium hysterophorus*, on a pasture community in south east Queensland, Australia. *Environmental Science and Pollution Research* **24**:27188-27200.
- Niggli U, Nösberger J, Lehmann J. 1993. Effects of nitrogen fertilization and cutting frequency on the competitive ability and the regrowth capacity of *Rumex obtusifolius* L. in several grass swards. *Weed Research* **33**:131-137.
- Papachristou TG, Nastis AS, Mathur R, Hutchings MR. 2003. Effect of physical and chemical plant defences on herbivory: implications for Mediterranean shrubland management. *Basic and Applied Ecology* **4**:395-403.
- Pavlů K, Kassahun T, Pavlů VV, Pavlů L, Blažek P, Homolka P. 2021. The effects of first defoliation and previous management intensity on forage quality of a semi-natural species-rich grassland. *PLoS ONE* **16** (e0248804) DOI: 10.1371/journal.pone.0248804.

- Pavlů V, Gaisler J, Hejcman M, Pavlů L. 2006. Effect of different grazing system on dynamics of grassland weedy species. *Journal of plant Diseases and Protection* **20**:377-383.
- Pavlů V, Hejcman M, Pavlů L, Gaisler J, Nežerková P, Andaluz MG. 2005. Vegetation changes after cessation of grazing management in the Jizerské Mountains (Czech Republic). *Annales Botanici Fennici* **42**:343-349.
- Peltzer DA, Wilson SD. 2001. Competition and environmental stress in temperate grasslands. Pages 193-212 in Tow PG, Lazenby A, editors. *Competition and succession in pastures*. CABI Publishing, New York.
- Pimentel D. 1995. Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and environmental Ethics* **8**:17-29.
- Pino J, Haggard RJ, Sans FX, Masalles RM, Hamilton RNS, Sackville Hamilton RN. 1995. Clonal growth and fragment regeneration of *Rumex obtusifolius* L. *Weed Research* **35**:141-148.
- Poetsch EM, Griesebner C. 2007. Control of broad-leaved dock on organic grassland farms. Pages 138-141 in de Vliegheer A, Carlier L, editors. *Permanent and temporary grassland: plant, environment and economy*. Belgian Society for Grassland and Forage Crops, Merlbeke.
- Popay I, Field R. 1996. Grazing animals as weed control agents. *Weed Technology* **10**:217-231.
- Prober SM, Thiele KR. 2005. Restoring Australia's temperate grasslands and grassy woodlands: Integrating function and diversity. *Ecological Management and Restoration* **6**:16-27.
- Quimby PC, Bruckart WL, DeLoach CJ, Knutson L, Ralphs MH. 1992. Biological control of rangeland weeds. Pages 84-102 in John LFJ, Michael OE, Ralphs H, Child RD, editors. *Noxious range weeds*. CRC Press, Boca raton.
- Radosevich SR, Holt JS, Ghera CM. 2007. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management. John Wiley & Sons.
- Rahman A. 1982. New Zealand. Pages 299-308 in Holzner W, Numata N, editors. *Biology and Ecology of Weeds*. Dr. W. Junk, The Hague.
- Rauschert ESJ, Shea K, Bjørnstad ON. 2012. Coexistence patterns of two invasive thistle species, *Carduus nutans* and *C. acanthoides*, at three spatial scales. *Biological Invasions* **14**:151-164.
- Reeve IJ, Kaine G, Lees JW, Barclay E. 2000. Producer perceptions of pasture decline and grazing management. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **40**:331-341.
- Roberts EH, Totterdell S. 1981. Seed dormancy in *Rumex* species in response to environmental factors: review article. *Plant, Cell and Environment* **4**:97-106.

- Ruth LE. 2009. Carbon/nitrogen allocation and seed bank retention of two invasive *Carduus* thistles [BSc. Thesis]. Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Sagar GR, Harper JL. 1964. *Plantago Major* L., *P. Media* L. and *P. Lanceolata* L. *Journal of Ecology* **52**:189-221.
- Sakai S, Kikuzawa K, Umeki K. 1998. Evolutionarily stable resource allocation for production of wind-dispersed seeds. *Evolutionary Ecology* **12**:477-485.
- Sanderson MA, Goslee SC, Soder KJ, Skinner RH, Tracy BF, Deak A. 2007. Plant species diversity, ecosystem function, and pasture Management – A perspective. *Canadian Journal of Plant Science* **87**:479-487.
- Sanderson MA, Soder KJ, Muller LD, Klement KD, Skinner RH, Goslee SC. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy journal* **97**:1465-1471.
- Seefeldt SS, Taylor JB, Van Vleet S. 2007. Reducing *Euphorbia esula* with a combination of sheep grazing and imazapic. *Journal of Arid Environments* **69**:432-440.
- Sellers BA, Ferrell JA. 2017. *Weed Management in Pastures and Rangeland - 2017*. University of Florida IFAS Extension.
- Sheldon JC, Burrows FM. 1973. The dispersal effectiveness of the achene–pappus units of selected *Compositae* in steady winds with convection. *New Phytologist* **72**:665-675.
- Sheley R, Goodwin K, Rinella M. 2002. Mowing to manage noxious weeds. Extension Service MontGuide.
- Sheley RL, Goodwin KM, Rinella MJ. 2003. Mowing: an important part of integrated weed management. *Rangelands Archives* **25**:29-31.
- Schaffner U, Müller-Schärer H, Lüscher A. 2022. *Integrated weed management in grasslands*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge.
- Schubiger FX, Défago G, Kern H, Sedlar L. 1986. Damage to *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. caused by the rust fungus *Uromyces rumicis* (Schum.) Wint. *Weed Research* **26**:347-350.
- Skarpaas O, Shea K. 2007. Dispersal patterns, dispersal mechanisms, and invasion wave speeds for invasive thistles. *American Naturalist* **170**:421-430.
- Skinner K, Smith L, Rice P. 2000. Using noxious weed lists to prioritize targets for developing weed management strategies. *Weed Science* **48**:640-644.

- Skuhrovec J, Koprdoová S, Mikulka J. 2008. How can seed feeders regulate dispersion of thistles, *Cirsium arvense* and *C. heterophyllum*?. *Journal of Plant Diseases and Protection* **21**:281-284.
- Sorensen AE. 1986. Seed dispersal by adhesion. *Annual Review of Ecology and Systematics* **17**:443-463.
- Stegelmeier BL, et al. 2013. Chapter 40 – Selected poisonous plants affecting animal and human health. Pages 1259-1314 in Haschek WM, Rousseaux CG, Wallig MA, editors. *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology*. Academic Press.
- Stilmant D, Bodson B, Vrancken C, Losseau C. 2010. Impact of cutting frequency on the vigour of *Rumex obtusifolius*. *Grass and Forage Science* **65**:147-153.
- Strnad L, Hejcman M, Křišťálová V, Hejcmanová P, Pavlů V. 2010. Mechanical weeding of *Rumex obtusifolius* L. under different N, P and K availabilities in permanent grassland. *Plant, Soil and Environment* **56**:393-399.
- Stroh M, Storm C, Zehm A, Schwabe A. 2002. Restorative grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: the model of sand ecosystems. *Phytocoenologia* **32**:595-625.
- Stromberg MR, D'Antonio M, Young TP, Wirka J, Kephart PR. 2007. California grassland restoration. Pages 254-280 in Stromberg MJ, Corbin C, D'Antonio M, editors. *Ecology and management of California grasslands*. University of California Press, London.
- Swan DG, Chancellor RJ. 1976. Regenerative capacity of field bindweed roots. *Weed science* **24**:306-308.
- Taylor K. 1999. *Galium aparine* L. *Journal of ecology* **87**:713-730.
- Thill DC, Mallory-Smith CA. 1997. The nature and consequence of weed spread in cropping systems. *Weed Science* **45**:337-342.
- Tiley GE. 2010. Biological flora of the British Isles: *Cirsium arvense* (L.) scop. *Journal of Ecology* **98**:938-983.
- Tozer KN, Barker GM, Cameron CA, Wilson D, Loick N. 2016. Effects of including forage herbs in grass–legume mixtures on persistence of intensively managed pastures sampled across three age categories and five regions. *New Zealand journal of agricultural research* **59**:250-268.
- Tozer KN, Bourdôt GW, Edwards GR. 2011. What factors lead to poor persistence and weed ingress?. *Pasture Persistence symposium – Grassland Research and Practise Series* **15**:129-138.

- Turner LR, Donagy DJ, Lane PA, Rawnsley RP. 2006. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 2. Nutritive value. *Grass and Forage Science* **61**:175-181.
- Uzun F, Garipoğlu A, Dönmez H. 2015. Mera yabancı otlarının kontrolünde keçilerin kullanımı (Using goats for weeds control in pastures). *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* **1**:40-50.
- Varut RM, Gîrd CE, Rotaru LT, Varut MC, Pisoschi CG. 2018. Evaluation of polyphenol and flavonoid profiles and the antioxidant effect of *Carduus acanthoides* hydroalcoholic extract compared with *Vaccinium myrtillus* in an animal model of diabetes mellitus. *Pharmaceutical Chemistry Journal* **51**:1088-1095.
- Veldman JW, et al. 2015. Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. *Frontiers in Ecology and the Environment* **13**:154-162.
- Vibrans H. 1999. Epianthropochory in Mexican weed communities. *American journal of botany* **86**:476-481.
- Wallace IA, Eerens JPJ, Rahman A, Clarkson BD. 2005. Horizontal seed dispersion patterns of Californian thistle (*Cirsium arvense*). Pages 148-151 in Zydenbos SM, editor. *New Zealand Plant Protection*. New Zealand Plant Protection Society, Havelock North.
- Wandersee JH, Schussler EE. 1999. Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher* **61**:82-86.
- Wardle DA, Nicholson KS, Ahmed M, Rahman A. 1995. Influence of pasture forage species on seedling emergence, growth and development of *Carduus nutans*. *Journal of Applied Ecology* **32**:225-233.
- Wardle DA, Nicholson KS, Rahman A. 1992. Influence of pasture grass and legume swards on seedling emergence and growth of *Carduus nutans* L. and *Cirsium vulgare* L. *Weed Research* **32**:119-128.
- Weaver SE, Cavers PB. 1979. Dynamics of seed populations of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (*Polygonaceae*) in disturbed and undisturbed soil. *Journal of Applied Ecology* **16**:909-917.
- Weaver SE. 1978. The role of disturbance in the population dynamics of *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. [BSc. Thesis]. University of Western Ontario, London.
- Wijesinghe DK, Handel SN. 1994. Advantages of clonal growth in heterogeneous habitats: an experiment with *Potentilla simplex*. *Journal of Ecology* **82**:495-502.

Williams PA, Karl BJ, Bannister P, Lee WG. 2000. Small mammals as potential seed dispersers in New Zealand. *Australian Ecology* **25**:523-532.

Xiaote L, Wenjun M, Xing F. 2021. A review of seed ecology of poisonous plants in the world's grasslands. *Acta Oecologica* **110**:1-10.

Zaller JG. 2004. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (*Polygonaceae*): a review. *Weed Research* **44**:414-432.

Zaller JG. 2006. Sheep grazing vs. cutting: regeneration and soil nutrient exploitation of the grassland weed *Rumex obtusifolius*. *BioControl* **51**:837-850.

Zhao BY, Liu ZY, Hao LU, Wang ZX, Sun LS, Wan XP, Guo X, Zhao YT, Wang JJ, Shi ZC. 2010. Damage and control of poisonous weeds in western grassland of China. *Agricultural Sciences in China* **9**:1512-1521.

Zimdahl RL. 2018. Chapter 5 - Weed Reproduction and Dispersal. Pages 83-121 in Zimdahl RL, editor. *Fundamentals of Weed Science* (Fifth Edition). Academic Press.