

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Vzájemné interakce mezi plodinami a plevelely

Bakalářská práce

Autor práce: Matěj Novák

Obor studia: Pěstování rostlin (ATZR)

Vedoucí práce: Ing. Josef Holec, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vzájemné interakce mezi plodinami a plevely" 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 14. července 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Josefovi Holcovi, Ph.D. za vedení mé práce.

Vzájemné interakce mezi plodinami a plevely

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá vzájemnými vztahy mezi plodinami a plevely. Jsou zde rozebrány pozitivní i negativní interakce. Hlavně u negativních interakcí, jako jsou kompetice, alelopatie a parazitismus, je na různých příkladech plevelů uvedeno, jak působí na plodinu a jak velké mohou způsobit ztráty na výnosech. U kompetice a alelopatie jsou uvedeny příklady hlavně tuzemských plevelných rostlin, u parazitismu jsou však popsáni i významní zástupci z jiných kontinentů. Krom plevelů jsou zde probrány i konkurenční vlastnosti nejčastěji pěstovaných kulturních rostlin v České republice a alelopatické schopnosti plodin jak tuzemských, tak zahraničních.

Klíčová slova: plevele, parazitismus, alelopatie, konkurence, výnos

Interactions between crops and weeds

Summary

This bachelor thesis studies the mutual relationships between crops and weeds. Both their positive and negative interactions are discussed. In case of negative interactions, such as competition, allelopathy, and parasitism, there is on various examples shown how weeds affect the crop and how large yield losses might they cause. Examples of mainly domestic weeds are given in the case of competition and allelopathy, but in the case of parasitism, there are also described important representatives from other continents. In addition to weeds there are also studied the competitive characteristics of the most frequently grown cultivated plants in the Czech Republic and the allelopathic abilities of both domestic and foreign crops.

Keywords: weeds, parasitism, allelopathy, competition, yield

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Plevelné rostliny	10
3.2	Ekologické interakce mezi rostlinami	11
3.2.1	Synergické vztahy	11
3.2.1.1	Komezálismus	11
3.2.2	Antagonistické vztahy	12
3.2.2.1	Kompetice	13
3.2.2.1.1	Rozdělení plevelů	16
a)	Plevele jednoleté	16
b)	Plevele dvouleté až víceleté rozmnožující se převážně generativně	17
c)	Plevele vytrvalé rozmnožující se převážně vegetativně	18
3.2.2.1.2	Plevele a obilniny	18
a)	Plevele a pšenice	18
b)	Plevele a ječmen jarní	20
c)	Vybrané plevele obilnin	20
3.2.2.1.3	Plevele a širokořádkové plodiny	23
a)	Plevele a kukuřice	23
b)	Plevele a cukrová řepa	25
c)	Plevele a brambory	25
d)	Plevele a slunečnice	26
e)	Vybrané plevele širokořádkových plodin	26
3.2.2.1.4	Plevele a olejniny	29
a)	Plevele a řepka	29
b)	Plevele a mák	30
c)	Plevele a sója	30
d)	Vybrané plevele výše zmíněných olejnin	30
3.2.2.1.5	Plevele a luskoviny	32
a)	Plevele a hrách	32
3.2.2.1.6	Plevele a píceňiny	33
a)	Plevele a vojtěška	33
b)	Plevele a jetel luční	33
c)	Vybrané plevele výše zmíněných píceňin	33
3.2.2.2	Alelopatie	34

3.2.2.2.1. Plevelle s alelopatickými vlastnostmi	35
3.2.2.2.2. Plodiny s alelopatickými vlastnostmi	38
3.2.2.2.3. Meziplodiny s alelopatickými vlastnostmi	40
3.2.2.3 Parazitismus	40
3.2.2.3.1. Holoparazitismus	41
3.2.2.3.2. Hemiparazitismus	43
3.2.2.3.3. Obrana hostitelských rostlin proti parazitickým rostlinám	47
4 Závěr	48
5 Literatura	49

1 Úvod

Termín „ekologické interakce“ označuje způsob vzájemného působení organismů mezi sebou. Organismy na sebe mohou působit neutrálně, pozitivně (synergicky) či negativně (antagonisticky). Neutralismus je neutrální vztah, ve kterém jsou na sobě populace zcela nezávislé a každá populace se vyskytuje v jiné níže, například zmije a kapr (Benešová 2013).

Při negativních interakcích působí jeden organismus záporně na druhý, avšak pro něj to užitek mít může (parazitismus, predace, kompetice) nebo také nemusí (alelopatie). U plodin a plevelů mluvíme o třech negativních interakcích, tedy o kompetici, alelopatii a parazitismu. Pozitivními vztahy mezi populacemi jsou protokooperace, komenzálismus a mutualismus. U dvou populací rostlin může dojít ke komenzálismu. Mutualistický vztah rostlina navazuje buď s bakterií či houbou (Kincl et al. 2006). S protokooperací se setkáváme v živočišné říši (Benešová 2013).

Kulturní rostliny spolu s plevely tvoří na obhospodařovaných půdách umělá rostlinná společenstva, tzv. agropytocenózy, které jsou výrazně ovlivňovány člověkem. V agropytocenóze vnímáme kulturní druhy jako takzvané edifikátory, které by měli být dominantní nad plevelnými rostlinami. Sami plevele by na obdělávané půdě měli působit jako doprovodné rostliny plodin, a to jako druhy původní či náhodné (Hron & Kohout 1988).

Plevelné rostliny mají vliv na ztráty na výnosech, a to, pokud jsou v pozici inhibitora (účastníka alelopatie, který vypouští pro ostatní účastníky tohoto vztahu nevhodné látky), parazita či silnějšího konkurenta, než je sama plodina. Se silně konkurenčními a alelopatickými plevely se setkáváme běžně na našich polích. Parazitické plevele však najdeme v našich agropytocenózách už jen vzácně, zatímco na jiných kontinentech se jedná stále o významné plevele.

Odhaduje se, že plevelné rostliny stojí za ztrátami přibližně třetiny (až 34 %) veškeré úrody. Pro představu, odhaduje se, že škůdci mohou za ztráty pohybující se okolo 18 % a rostlinné patogeny způsobují ztráty okolo 16 % (Guo et al. 2018).

2 Cíl práce

Plevele jsou nedílnou součástí agrofytocenóz (společenstev rostlin na orné půdě). V rámci těchto společenstev dochází k vzájemným interakcím mezi plodinou a plevely, jejichž důsledkem je ovlivnění výnosu jak po stránce kvantitativní, tak i kvalitativní. Většina plevelů je významnými konkurenty plodiny, stále se ale můžeme (i když oproti minulosti v omezené míře) setkat i s plevely parazitickými. V některých případech však může dojít i k pozitivnímu ovlivnění plodiny ze strany plevelů (například vliv příměsi plevelů z čeledi bobovitých). Cílem práce bude popsat hlavní typy interakcí mezi rostlinami plodiny a plevelů, jejich důsledky na zemědělskou produkci a ekologický význam v agroekosystému.

3 Literární řešerše

3.1 Plevelné rostliny

Plevele neboli rostliny, které rostou na obhospodařovaném území proti vůli člověka, jsou jedním ze škodlivých činitelů, se kterými se setkává každý zahradník i zemědělec. Krom polí, zahrad, sadů, luk a pastvin se s plevelely setkáváme i na nezemědělských stanovištích, jako jsou koleje, chodníky a silnice.

Plevele působí na plodiny buď přímo či nepřímo. Plodiny jsou přímo ovlivňovány, pokud jim škodí sama plevelná rostlina, ať už je pro plodinu parazitem, konkurentem či vypouští pro plodiny nevhodné látky. Pokud na plevelech dočasně přebývají škůdci polních plodin, nebo na nich přežívají choroby, tak se jedná o působení nepřímé (Jursík et al. 2018).

Jako plevel může být brána i rostlina, která je na jednom stanovišti vědomě pěstována, ale na jiné stanoviště je zavlečena bez vědomí pěstitele. O takových rostlinách mluvíme jako o rostlinách zaplevelujících. Mezi nejvýznamnější zaplevelující rostliny patří řepka, slunečnice, brambory, ostropestřec mariánský či obilniny (Mikulka et al. 2005).

Plevelné druhy procházejí napříč všemi čeleděmi: *Apiaceae* (*Conium maculatum* L., *Aegopidium podagraria* L.), *Rubiaceae* (*Sherardia arvensis* L., *Galium aparine* L.), *Asteraceae* (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Echinops sphaerocephalus* L.) *Poaceae* (*Poa annua* L., *Bromus sterilis* L.) *Chenopodiaceae* (*Chenopodium album* L.), *Chenopodium hybridum* L.) atd. Důležitou kategorií plevelných rostlin jsou také plevele, které jsou příbuzné s plodinami. Tyto plevele jsou schopny způsobit obrovské ztráty na výnosech. 25 nejdůležitějších plodin světa interaguje s plevelely, se kterými jsou příbuzné (Guo et al. 2018).

S pojmem plevel se nám většinou vybaví jejich negativní vlastnosti, jako odčerpávání živin a vody plodinám, bránění kulturním plodinám k přístupu světla, znehodnocování rostlinné produkce, alergické působení pylu některých plevelů, otrava zvířat jedovatými druhy či jak je uvedeno výše, slouží jako hostitelé pro škůdce a choroby. U plevelných rostlin se však dá najít i několik pozitivních vlastností. Krom tvorby půdního pokryvu, což zabraňuje jak větrné, tak vodní erozi, mohou plevele sloužit například jako pastva pro včely nebo jako hostitelé pro užitečné organismy. Nesmíme však zapomenout ani na jejich estetickou funkci, nebo na to, že některé druhy patří mezi léčivé rostliny (Mikulka et al. 2005; Jursík et al. 2018).

Plevely se zabývá obor zvaný herbologie. Tato vědní disciplína zkoumá jejich význam, vytrvalost, vlastnosti a vývoj během vegetace. Problematice plevelných rostlin se věnuje několik mezinárodních organizací, jako IWSS (International Weed Science Society – Mezinárodní plevelářská společnost), WSSA (Weed science society of America – Americká plevelářská společnost) APWCS (Asian Pacific Weed Science Society – Asijsko-pacifická plevelářská společnost) LAWA (Latin American Weed Association – Latinskoamerická plevelářská společnost), SAWS (The South African Weed Science – Jihoafrická plevelářská společnost) CAWSS (Council of Australian Weed Science – Australská plevelářská společnost) V Evropě působí EWRS (European Weed Research Society – Evropská plevelářská společnost), jejíž součástí je Česká herbologická společnost (Mikulka et al. 2005).

3.2 Ekologické interakce mezi rostlinami

3.2.1. Synergické vztahy

U rostlin mezi vztahy pozitivní řadíme komenzálismus a mutualismus. Zatímco s komenzálismem se setkáme i mezi dvěma účastníky z rostlinné říše, tak k mutualismu dochází mezi rostlinou a hmyzem, rostlinou a hlízkovými bakteriemi či rostlinou a houbou. Mutualismus je na rozdíl od komenzálismu pozitivním vztahem pro oba účastníky (Kincl et al. 2006) Jako příklad můžeme uvést například myrmekofyty-rostliny, které žijí v symbióze s mravenci. Myrmekofytní rostliny poskytují mravencům obydlí a výživu. Mravenci zase chrání rostlinu proti fytofágnímu hmyzu a někdy poskytují i pomoc při rozšiřování semen rostlin (myrmekochorie) (Vítek 2013). Nejznámějším případem mutualismu mezi rostlinou a hmyzem je opylování rostlin opylovači. V tomto případě opylovač získá od rostliny pyl a nektar a za „odměnu“ zaručí květině rozmnožení tím, že přenese pyl na jinou rostlinu.

Mutualismus mezi rostlinou a hlízkovými bakteriemi je pro rostlinu výhodný v tom, že tyto bakterie navazují dusík a rostlina tak přijímá amonné kationty. Bakterie zase získávají od rostliny energeticky bohaté organické látky. Nejznámějšími rody těchto bakterií jsou *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* a *Sinorhizobium* (Vaněk et al. 2016).

Mezi houbou a rostlinou v některých případech dochází k mutualistickému vztahu zvanému mykorhiza. Rostlina dodává houbě uhlikaté látky a zároveň dostává od houby vodu a v ní rozpuštěné minerální látky. Rozlišujeme endomykorhizu, tedy jev, kdy dochází k pronikání houbových vláken přímo do kořenových buněk a ektomykorhizu, kdy se vlákna dostávají pouze na povrch kořenů a do mezibuněčných prostor. Zatímco endomykorhiza se vyskytuje u 95 % druhů cévnatých rostlin, tak ektomykorhiza je typická pouze pro dřeviny (Vaněk et al. 2016).

3.2.1.1. Komenzálismus

Komezálismus je vztah, který je pro jednoho účastníka, takzvaného komenzála pozitivní a účastníka druhého, nazývaného jako hostitel, nijak neovlivňuje.

U rostlin se setkáváme například s jevem zvaným epifytismus. Jako epifytismus se chápe vztah, kdy jedna rostlina roste na druhé, aniž by na ni parazitovala, nebo s ní měla nějaký další vztah. Epifyt hostitelskou rostlinu využívá jako podložku, na které roste, vodu přijímá ze vzdušné vlhkosti, což je důvodem, proč se tyto rostliny vyskytují převážně v tropech. Živiny epifyty přijímají z usazenin v kůře stromů, na kterých žijí. Co se příjmu vody týče, tak se u epifytů vyvinuly specializované morfologické struktury pro zadržování dostupné vody (Ungrová 2018). Mezi zástupce epifytů patří různé orchideje a bromélie.

Ve vztahu mezi plodinou a plevelem je komenzálismus možný při nízkém výskytu plevelů, kdy nedochází ke konkurenci. Například plevele z čeledi *Fabaceae* v menším počtu mohou být užitečné, jelikož díky své symbióze s bakteriemi rodu *Rhizobium* čerpají dusík, který pak může být využit plodinou. Tento jev nastává spíše na chudších stanovištích než na půdách často hnojených (Jursík 2011).

Plevele tedy mohou působit jako zdroj dusíku pro plodinu, hlavně ty nitrofilní, které načerpaly dost dusíku po hnojení plodiny. Po aplikaci post-emergentních herbicidů jsou tyto plevele rozkládány a do půdy se tak následně uvolňuje dusík (Kaur et al. 2018).

Něco podobného platí i pro plevele, které jsou v symbiotickém vztahu s AMF (arbuscular-mycorrhizal fungi). I tyto plevelné rostliny mohou v jistých případech mít na plodinu pozitivní efekt. Tento vztah nazýváme jako arbuskulární mykorrhizu. Jedná se o typ mykorrhizy, při které hyfy hub prorůstají mezibuněčnými prostory a dostávají se až dovnitř buněk, kde tvoří větvené útvary, takzvané arbuskuly (Linhartová 2016). Jordan et al. (2000) udává, že po selektivní regulaci plevelů žijících v symbióze s AFM mohou být živiny získané hostitelskými plevely přeneseny do hostitelské plodiny nebo krycí plodiny prostřednictvím mycelia. Takové procesy mohou vést k užšímu cyklu živin a snížení konkurenceschopnosti nehostitelských plevelů. Pokud by se takové jevy vyskytly a byly by kvalitativně důležité, pak AMF mohou být schopny významně změnit agroekologické fungování plevelů. Například, správně načasovaná aplikace subletálního postemergentního herbicidu může vést k přenosu živin z plevelů na plodinu. V tomto případě by plevele fungovaly ve skutečnosti jako dočasný nutriční „sklad“, což by snižovalo spotřebu živin nehostitelskými plevely, či ztrátu živin výluhem.

Důležité je také zmínit fyto-sanitární účinky plevelů, které také mohou mít na plodinu pozitivní vliv. Fyto-sanitárními plevely myslíme takové plevelné rostliny, které omezují výskyt chorob a škůdců v polních systémech. Jursík et al. (2018) se například zmiňuje o pozitivním vlivu koukolu na porosty žita, kdy koukol působil fyto-sanitární pravděpodobně svými kořenovými exsudáty.

O některých plevelných rostlinách též mluvíme jako o „lapacích“. Takoveto plevele mohou regulovat výskyt škodlivých patogenů, jako je například *Plasmodiophora brassicae*, která způsobuje nádorovitost kořenů brukvovitých. Mezi takoveto plevele patří například psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera* L.), mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) či různé šťovíky (*Rumex sp.*). U těchto plevelů nedochází k tvorbě nádorů, takže nejsou zdrojem šíření nákazy, ale dokonce donutí trvalé spory k vyklíčení a tím dochází ke snížení koncentrace spór *Plasmodiophora brassicae* v půdě (Řičařová et al. 2017).

Když odbočíme od komenzalismu, tak je třeba zmínit, že plevele mohou mít také pozitivní vliv na zemědělskou půdu, a to, pokud na poli působí jako rostlinný pokryv v mezi porostním období, v řádcích mezi širokořádkovými plodinami či v nezapojených porostech. Plevelné rostliny v těchto případech zabraňují nadměrnému výparu vody z půdy a také mohou působit protierozně. Půdní pokryv plevelů sníží množství holé exponované půdy, což pomůže zachovat živiny, zejména dusík, který by se jinak mohl vyluhovat, zejména na lehkých půdách (Bhatt 2012). Dalším pozitivním vlivem plevelů na zemědělskou půdu je, že pokud dochází k jejich zaorání (musí k němu však dojít před obdobím zralosti semen plevelů), obohacují zemědělskou půdu o organické látky a také o dusík (v případě plevelů z čeledi *Fabaceae*), což pak má pozitivní účinky na později pěstované plodiny (Jursík et al. 2018).

3.2.2. Antagonistické vztahy

Antagonistické vztahy mezi rostlinami zahrnují kompetici (konkurenci), alelopatii a parazitismus.

3.2.2.1. Kompetice

Definice a dělení

Kompetice (též konkurence) je definována jako soupeření organismů o světlo, prostor či omezené zdroje výživy. V živočišné říši jsou vytlačovány druhy slabší a méně pohyblivé druhy silnějšími a pohyblivějšími. U rostlin jsou brány jako konkurenčně zdatnější druhy, které rostou rychleji, jsou vyšší a mají více listů nebo kořenů. Takové rostliny mohou potlačovat růst jiných rostlin ve svém okolí (Benešová 2013).

Konkurenci můžeme dělit různými způsoby. Jedno z možných dělení je rozdělení konkurence na explotační a interferenční. Laštůvka & Krejčová (2000) uvádějí, že pokud se konkurence realizuje přímým kontaktem jedinců, jedná se o konkurenci interferenční. Pokud ke konkurenci dochází prostřednictvím nedostatkového zdroje, jedná se o konkurenci explotační.

Dále také rozlišujeme konkurenci mezidruhovou a vnitrodruhovou. Konkurence mezidruhová (též interspecifická) působí mezi populacemi dvou nebo více druhů. U rostlin se uplatňuje u vedle sebe rostoucích druhů, a to, pokud mají ve stejné době stejné požadavky na množství a kvalitu živin (Jelínek & Zicháček 2014). Konkurenci vnitrodruhovou (též nazývanou jako intraspecifická) podle Šarapatky (2010) lze definovat jako vztah, který vzniká v důsledku stejných nároků rostlin jednoho druhu na nedostatkové zdroje, což vede ke snížení počtu jedinců v populaci, pozastavení růstu nebo k snížení reprodukce. Konkurence se také dělí na konkurenci symetrickou a asymetrickou. Symetrická kompetice nastává tehdy, když jsou oba účastníci interakce postiženi nastejno. Pokud je jeden z účastníků postižen více, jedná se o asymetrickou konkurenci (Jursík et al. 2018).

U rostlin se bavíme o konkurenci o prostor, sluneční světlo, půdní vlhkost a živiny. Ke kompetici dochází nejčastěji u druhů rostlin se stejným životním cyklem (Mikulka et al. 2005).

Jursík et al. (2018) dále udávají, že čím méně je dostupný zdroj, který je pro oba účastníky důležitý, tím více se zvyšuje intenzita kompetice. Vliv konkurence se na obou účastnících projevuje negativně (dochází ke zhoršení růstových a reprodukčních schopností). Při intenzivní konkurenci může dojít až k odumírání rostlin neschopných se prosadit.

Podle Mikulky et al. (2005) jedinci se schopností využít větší podíl zdrojů začnou brzdit v růstu jedince, kteří jsou schopni si přivlastnit menší podíl zdrojů. Následkem konkurence je redukování produkce biomasy někdy spojené také s tvarovými změnami, kterými se rostliny snaží vyrovnat s nepříznivou situací. Kompeticí může být omezen vývoj jedince až do takové míry, že nedojde k vytvoření reprodukčních orgánů.

Podle Radoševiče & Roushe (1990) řídí úroveň konkurenčních vztahů mezi plodinou a plevelem tři procesy. Prvním procesem je čas vzejití-často konkurenční spor vyhrává ta rostlina, která vzejde dříve. Druhým procesem je růstová schopnost a životní prostředí-rychle rostoucí rostliny mají výhodu před těmi pomaleji rostoucími v tom, že mají přístup ke světlu a ty pomaleji rostoucí zastiňují. Konkurenčně zdatnější rostlinu také zvýhodňuje prostředí se složkami podporující růst. Třetí složkou jsou procesy schopné konkurenci ovlivnit. Sem řadíme poškození rostliny způsobené různými škůdci, mortalitu závislou na hustotě, alelopatii a stárnutí rostliny.

Stanoviště a vlastnosti rostlin

Begon et al. (1997) uvádějí, že je při konkurenci důležitý faktor stanoviště, na kterém k interakci dochází. Za příklad dávají experiment A.G. Tansleyho, který zkoumal dva druhy svízele, a to sice svízel hercynský (*Galium saxatile* L.) a svízel nízký (*Galium pumilum* Murray). První jmenovaný druh roste na kyselejších půdách, zatímco druhý jmenovaný preferuje půdy vápenitější. Tansley pěstoval oba druhy odděleně jak na kyselé, tak i na vápenité půdě. Zjistil, že když je pěstuje odděleně, oběma druhům se daří i na těch půdách, kde se obvykle nevyskytují, avšak když je pěstoval společně, zjistil, že na kyselé půdě rostl úspěšně pouze druh *Galium hercynicum* a na půdě zásadité zase *Galium pumilum*.

Konkurence na stanovišti má vliv na velikost jedinců, a to se pak promítá i na vytvořené biomase semen, respektive výnosu. Podle Weinaera et al. (2009) konkurencí stresované rostliny vkládají méně do reprodukční biomasy, ale více do struktur, které jim mohou pomoci vyrovnat se s pro ně negativními podmínkami. Jedinci rostoucí na půdách chudších na živiny tak více zdrojů investují do růstu kořenů. Pokud je rostlina zastíněna, tak zase více zdrojů investuje do růstu nadzemní části (Aphalo et al. 1999).

Podle Winklera (2018) je konkurenceschopnost plodin proti plevelům dána rychlostí jejich růstu, postavením listů, velikostí listové plochy a hustotou porostu plodin. Vlastní konkurenceschopnost je dána druhovými vlastnostmi, které jsou závislé na vnějších podmínkách a také na stavu porostu plodin.

Hlavními faktory, na kterých záleží schopnost plodiny odolávat konkurenci ze strany plevelů jsou hustota porostů plodin a doba, za jakou se porost zapojí. Čím se porost zapojí rychleji, tím je jeho konkurenční zdatnost je vyšší. Také když má porost lepší schopnost se zapojit, nemusí být následná regulace plevelů tak intenzivní (Jursík et al. 2018). Na schopnosti obstát v konkurenci má vliv také například velikost semen. Větší embryo nebo větší endosperm obsahuje větší množství zásobních látek. Podle Hendrixové et al. (1991) mají rostliny klíčící z větších semen ve stádiu semenáčků větší biomasu a podle Khana (2004) také větší šanci úspěšného vývoje, a to i v prostředí s omezenými zdroji. Důležitá je také vlastní růstová charakteristika kořenů, velikost kořenového systému a hloubka zakořenění, což má vliv na schopnost přijímat vodu a živiny (Kaur et al. 2018).

Voda

Voda je důležitým faktorem pro růst rostliny, silně ovlivňuje řadu fyziologických procesů jako jsou fotosyntéza, respirace, absorpce, buněčné dělení a zužitkování živin. Právě kompetice o vodu je ve vzájemném vztahu plevelu a plodiny důležitým faktorem. Plevelé jsou schopny extrahovat z jednoho hektaru půdy odhadem až 1250 tun vody za období dešťů. Plevelé také transpirují více vody jak plodiny (Kaur et al. 2018).

Nedostatek vody je stresujícím faktorem pro klíčení semen. Plevelné rostliny mají vyšší listový vodní potenciál než plodiny za nedostatku vody, což indikuje, že limitující zásoba vody v půdě může být pro plevelé výhodnější než pro plodiny. Index listové plochy spolu se zachycením světla plodinami a pleveli určuje kumulativní vyčerpání půdní vody a ztrátu na výnosech za neomezujících podmínek v půdní vodě (Massinga et al. 2003).

Vysoká frekvence zalévání často vede k intenzivní konkurenci. Když se voda stává limitujícím faktorem, plodiny s vláknitými kořenovými systémy vykazují příznaky vadnutí dříve než přidružené plevelé (Kaur et al. 2018).

Živiny a agrotechnika

Aplikace hnojiva může ve větší míře prospět plevelům než plodině, protože absorpce živin je rychlejší a vyšší u plevelů než v porostech plodin. Na 1 kg produkce pšenice je potřeba 5,5 kg dusíku a 1,2 kg fosforu, zatímco na kilogram produkce merlíku bílého (*Chenopodium album* L.) je potřeba 7,6 kg dusíku a 1,6 kg fosforu (Balasubramanian a Palaniappan 2004). Plevelé jsou schopny v prvních třech týdnech od provedení hnojení využít až 1/3 dodaných živin. Dostupnost dusíku a světla pro plevelé pozitivně působí na zintenzivnění kompetice. Dále platí, že dusík je hlavní živina, která se stává pro účastníky interakce limitujícím důsledkem kompetice. Hnojení dusíkem také narušuje dormanci semen plevelných rostlin. Půdní fosfor má dlouhodobý efekt na populace plevelů, zvyšuje jejich konkurenceschopnost a pozitivně působí na jejich růst. Je také prvkem, který je důležitý pro nasazení květů, což je důležité pro reprodukci. Optimální hnojení dusíkem, fosforem a křemíkem by mohlo podpořit hustý a stejnoměrný porost, který by byl schopen snížit intenzitu světla dostupného pro plevelé pod porostem a tím pádem ovlivnit diverzitu plevelných druhů (O'Donovan et al. 1997).

Konkurenční schopnosti plevelů se dají i nepřímo regulovat, a to osevními postupy (záleží na předplodině), zpracováváním půdy a kvalitou zasetí. Podle Mikulky et al. (2005) do struktury plevelných společenstev zasáhly osevnické postupy velmi výrazně, mimo jiné tím, že reprodukce některých druhů plevelných rostlin se stala díky střídání plodin složitější. Při dodržování správného pořadí plodin v osevnickém postupů docházelo k postupnému potlačování některých druhů plevelů v plevelných společenstvech a zároveň docházelo k udržování vyrovnaného poměru nejen mezi ozimými a jarními plevely, ale také mezi jednoděložnými a dvouděložnými druhy. Změnou osevnického postupu však dochází k narušení těchto poměrů. Například zvýšením zastoupení ozimých obilnin a ozimých plodin dochází k přemnožení a následnému většímu podílu semen v půdní zásobě druhů plevelných rostlin, jako jsou chundelka metlice (*Apera spica-venti* L.), heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.), mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.), svízel přítula (*Galium aparine* L.) či hluchavka objímavá (*Lamium amplexicaule* L.), a to na úkor jarních plevelů.

Další faktory

Mezi další faktory, které ovlivňuje konkurenci, respektive její hierarchii řadíme mykorrhizu, tedy symbiózu mezi houbou a rostlinou. Asi 90 % druhů vyšších rostlin v nějaké míře má interakci s houbami. Tento vztah je pro rostliny pozitivní v tom, že pro ně zlepšuje dostupnost půdních živin (Kincl et al. 2006).

Panoc (2018) udává, že je konkurence intenzivnější, pokud jsou si oba druhy nejvíce podobní v kategoriích, jako je habitus, způsob růstu či preference stejných zdrojů. Rostlina je konkurenčně zdatnější, pokud se vyvíjí v pro ni vhodných podmínkách. Zdravé rostliny, kterým nic nechybí, lépe konkuruje plevelům a rychleji vytvoří vyrovnaný porost. Toho se dá lépe dosáhnout vnějšími vstupy jako je hnojení či závlaha (Mikulka & Štrobach 2016).

Na druhou stranu se plevelné druhy obecně vyznačují vyšší konkurenceschopností ve vztahu k plodinám, ale zároveň si mohou konkurovat i různé druhy plevelů navzájem. Plevelé jsou schopny za stresových podmínek efektivnější fotosyntézy a rychlejšího růstu než plodiny (Radosevich et al 1997).

Plevelné druhy mají lepší schopnost se uplatňovat na stanovištích s menším obsahem živin či horšími půdními vlastnostmi než plodiny. Na těchto stanovištích proto úspěšně

plodinám konkurují. Nejnebezpečnější plevelné rostliny mají dobře vyvinutý kořenový systém, velkou reprodukční schopnost, rychlé klíčení, rychlý počáteční vývoj a také schopnost odolat nepříznivým podmínkám, jako jsou například mrazy nebo zamokření. Dále jim také může při konkurování napomáhat vysoká intenzita fotosyntézy či alelopatické látky, pokud nějaké vylučují (Dvořák & Smutný 2003).

Dále také platí, že semena plevelů zůstávají v půdě životaschopná po delší dobu. Semena lipnice roční (*Poa annua*) mají schopnost vyklíčit až 8 let, pcháče osetu (*Cirsium arvense*) 20 let a semena svlačce rolního (*Convolvulus arvensis*) až 50 let (Singh et al. 2020). Semena plevelů mají obrovskou schopnost rozptylovat se z jednoho místa na druhé prostřednictvím větru, vody, zvířat a člověka. Dále také díky své velikosti mnohokrát „napodobují“ semena plodin a dopravují se spolu s nimi z jednoho místa na druhé (Walia et al. 2011)

Závislost plevelů na plodinách vysévaných v různém období

Podle Hrona & Kohouta (1988) možnosti výskytu určitých druhů plevelů v plodinách lze převážně vysvětlit tím, že se mezi určitými plevele a kulturními rostlinami vytvářejí konkurenční vztahy. Bylo zjištěno, že se za specifických podmínek plevelným druhům vyhovují některé plodiny lépe, a proto se u nich vyskytují ve větším rozsahu.

Tím se dostáváme k rozdělení plevelů podle plodin, se kterými soutěží, aby bylo dělení co nejpřehlednější, je potřeba zahrnout délku života a dobu klíčení.

Podle délky života rostlin plevele dělíme na plevele jednoleté a dvouleté až vytrvalé, obě tyto skupiny ještě dělíme na podskupiny.

3.2.2.1.1 Rozdělení plevelů

a) Plevel jednoleté

Plevely jednoletými nazýváme rostliny, které během jednoho roka klíčí, vcházejí, dospívají, kvetou a rozmnožují se (generativně) (Mikulka et al. 2005).

i.) Efemérní plevele

Efemérní plevele mají velmi krátký životní cyklus, plodině příliš nekonkurují a zaplevelují nejčastěji ozimy a víceleté pícniny. Typickým plevelem této kategorie je například osívka jarní (*Draba verna* L.) zaplevelující ozimou řepku a ozimé obilniny. Dále do této skupiny řadíme rozrazil břechťanolistý (*Veronica hederifolia* L.), který je v České republice velmi rozšířený a zapleveluje především ozimé obilniny, luskoviny nebo prořídle porosty jetelovin. Dalšími zástupci jsou plevel okoličnatý (*Holosteum umbellatum* L.) a huseníček rolní (*Arabidopsis thaliana* L.). Kazda et al. (2010) udávají, že tyto plevele vcházejí na podzim, během zimy nebo brzy na jaře. V tomto období využívají špatně zapojené, prořídle porosty plodin. Také v této době mají dostatek půdní vláhy pro svůj růst.

ii.) Časné jarní plevelé

Plevelé této skupiny začínají svůj vývoj již při teplotách mírně nad 0 °C. Jedná se o plevelé časných jařin, převážně obilnin, též okopanin a zelenin. Do této skupiny patří opletka obecná (*Fallopia Convolvus* L.), která je významným plevelem máku, jarních obilnin či lnu. Dalším jarním plevelem, často se vyskytujícím u nepodmínutých strnišť obilnin a ozimé řepky je drchnička rolní (*Anagalis arvensis* L.) Do této skupiny řadíme také oves hluchý (*Avena fatua* L.), ředkev ohnici (*Raphanus raphanistrum* L.) nebo truskavec ptačí (*Polygonum aviculare* L.), které nejčastěji najdeme u píce, řepky, obilnin, ale i okopanin (Kazda et al 2010; Mikulka et al. 2018).

iii.) Pozdně jarní plevelé

Do této skupiny řadíme především plevelé širokořádkových plodin. Tyto plevelé vcházejí až při vyšších teplotách (nad 10 °C) na jaře, v létě i během teplého podzimu. Většina pozdně jarních plevelů se velmi dobře uplatňuje v letním mezíporostovém období (Kohout & Škoda 1993).

Řadíme sem laskavec srstnatý (*Amaranthus retroflexus* L.) nebo merlík bílý (*Chenopodium album* L.) zaplevelující všechny plodiny, zvláště okopaniny a zeleninu, ale taktéž významně prořídí obilniny. Dále sem patří ježatka kuří noha, plevel pocházející původně ze středomoří, který podle patří mezi 3 nejškodlivější plevelé světa. Zemědělci se s ježatkou potýkají nejčastěji při pěstování širokořádkových plodin (Mikulka et al. 2005).

iv.) Ozimé plevelé

Ozimé plevelé typicky vcházejí v pozdním létě a na podzim, zimu přečkají v listové růžici, pak pokračují v růstu. Semena produkují koncem jara nebo počátkem léta následujícího roku (Sarangi & Jhala 2014).

Do této frakce patří většina plevelů, například chundelka metlice (*Apera spica-venti* L.), chrpa polní (*Centaurea cyanus* L.), která se vyskytuje převážně v ozimých plodinách a v řepce. Dále pak mezi ozimé plevelé zahrnujeme hluchavku objímavou (*Lamium amplexicaule* L.) či kokošku pastuší tobolku (*Capsella bursa-pastoris* L.), brukvovitý plevel s menší konkurenční schopností vyskytující se převážně v okopaninách, kukuřici, řepce a na zahradách (Kazda et al. 2010).

b) Plevelé dvouleté až víceleté rozmnožující se převážně generativně

Jak již název této skupiny prozrazuje, tyto plevelé se rozmnožují především generativně, ale většina rostlin je schopna i vegetativního množení, a to většinou částí kořenů. Rostlina v roce, ve kterém vyklíčí vytvoří listovou růžici, po přezimování vykvete a následně vytvoří semena a plody. Dvouleté rostliny poté odumírají, vytrvalé však pokračují ve vývoji. V jednoletých plodinách nejsou tolik významné, jejich škodlivost je spíše spjata s jejich působením ve víceletých plodinách. Řadíme sem například jitrocel větší (*Plantago major* L.), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris* L.), kostival lékařský (*Symphytum officinale* L.), šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius* L.) a pampelišku lékařskou (*Taraxacum officinale* L.) (Mikulka et al. 2005).

c) Plevelé vytrvalé rozmnožující se převážně vegetativně

Tyto plevelé se rozmnožují na orné půdě především pomocí vegetativních orgánů, jsou ale schopny se rozmnožovat i generativně, a to na ulehých a neobhospodařených lokalitách. Intenzivně se šíří do oblasti okolo mateřské rostliny (Kazda et al. 2010).

Do této skupiny řadíme bršlici kozí nohu (*Aegopodium podagraria* L.), čistec bahenní (*Stachys palustris* L.), pcháč rolní (*Cirsium arvense* L.), svlačec rolní (*Convolvulus arvensis* L.), mléč rolní (*Sonchus arvensis* L.), pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.) a mnoho dalších (Jursík et al 2018).

3.2.2.1.2. Plevelé a obilniny

a) Plevelé a pšenice

Pšenice byla podle Českého statistického úřadu k 31. 5. 2019 pěstována na ploše 839 446 ha (z toho 814 517 ha byla pšenice ozimá a 24 929 ha byla pšenice jarní).

Pšenice jarní patří v České republice spíše k doplňkovým plodinám. Více se pěstuje jen pokud jsou podmínky daného roku nevhodné pro pěstování pšenice ozimé či došlo k vyzimování ozimů. Nevýhodou jarní pšenice je, že dosahuje v průměru o 20 % nižších výnosů než pšenice ozimá (ÚKZÚZ 2013). Podle Jursíka (2011) pšenice jarní, a i další jarní obilniny mají lepší konkurenční schopnost, což je dáno především schopností rychlejšího počátečního vývoje jařin. Co se požadavků na půdní a klimatické podmínky týče, tak jsou v podstatě stejné jako pšenice ozimé. Pěstování pšenice jarní se dá využít, pokud na stanovišti je vysoký výskyt ozimých plevelů, takže je lepší tam zaset pšenici jarní než ozimou (Kulovaná 2002). Mezi časté plevelé pšenice jarní patří heřmánkovité plevelé, svízel přitula (*Galium aparine* L.), penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* L.), lebeda rozkladitá (*Atriplex patula* L.) a pcháč oset (*Cirsium arvense* L.).

Pšenice ozimá je v České republice nejpěstovanější plodinou. Co se konkurenceschopnosti ozimé pšenice týče, tak na podzim je tato plodina jen minimálně schopná omezovat plevelé, a to díky nižší konkurenceschopnosti pšenice před zapojením porostu. Na jaře je konkurenční schopnost pšenice ozimé nejvyšší, protože porost je již plně odnožený a je tedy schopna plevelé potlačovat, takže jarní druhy plevelů můžou způsobit sekundární zaplevelení pouze ve slabých a řídkých porostech (Winkler et al. 2018).

Krom plevelů vzešlých z půdní zásoby semen se pšenice také musí potýkat se zaplevelujícími rostlinami vzešlých z výdrolů (což se týká hlavně řepky a obilnin). Mezi významné plevelé ozimé pšenice patří svízel přitula (*Galium aparine* L.), heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.), pcháč oset (*Cirsium arvense* L.), úhorník mnohodišný (*Descurainia Sophia* L.), violka rolní (*Viola arvensis* Murr.), chundelka metlice (*Apera spica-venti* L.), pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.), sveřep jalový (*Bromus sterilis* L.) a sveřep střesní (*Bromus tectorum* L.) (Kazda et al. 2010). Příbuzným plevelným zástupcem pšenice je mnohoštět válcovitý (*Aegilops cylindrica* Host.), který páchá škody hlavně v Turecku a USA (Sanchez & Mallory-Smith 2009).

Winkler et al. (2018) se zabývali zastoupením jednotlivých druhů plevelů pozorovaných na vybraných pozemcích v porostu pšenice ozimé, a to jak na podzim (viz Tabulka 1), tak na jaře (viz Tabulka 2).

Tabulka 1: Procentuální zastoupení jednotlivých druhů plevelů v porostu pšenice ozimé na podzim

Název plevelné rostliny	Zastoupení v porostu pšenice ozimé na podzim v %
Violka rolní	58
Penízek rolní	18
Kukuřice	9
Řepka ozimá	7
Ječmen ozimý	4
Pýr plazivý	3
Ptačinec prostřední	1
Rdesno blešník	Méně než 1

Na podzim byla nejčastěji pozorovaná violka rolní, a to s obrovským náskokem-více jak polovina všech pozorovaných plevelů byly právě violky. Po violce byl nejčetnější penízek rolní následovaný zaplevelujícími rostlinami (kukuřice, řepka a ječmen ozimý).

Tabulka 2: Procentuální zastoupení jednotlivých druhů plevelů v porostu pšenice ozimé na jaře

Název plevelné rostliny	Zastoupení v porostu pšenice ozimé na jaře v %
Rozrazil perský	38
Violka rolní	32
Penízek rolní	7
Kokoška pastuší tobolka	5
Ptačinec prostřední	5
Řepka ozimá	3
Hluchavka nachová	2
Chundelka metlice	1
Ostatní	Méně než 1

Při pozorování jarních plevelů byl nejčastější plevelnou rostlinou rozrazil perský, jen o pár procent méně měla violka rolní. Mezi violkou rolní a třetím nejčastějším plevellem, penízem rolním, byl rozdíl v zastoupení o 25 %. Ze zaplevelujících plodin se tu objevuje jen řepka ozimá.

b) Plevelé a ječmen jarní

Ječmen jarní byl podle Českého statistického úřadu k 31. 5. 2019 pěstován na ploše 211 845 ha. Citlivost ječmene k jednotlivým plevelům je odlišná a mění se v průběhu generace. Při klíčení a vcházení je nejčastěji jarní ječmen ohrožen vcházejícími zaplevelujícími plodinami, jako jsou ostatní obilniny či řepka. V období odnožování jsou nejvíce škodlivé přezimující, efemerní a časně jarní plevelé, které odebírají ječmenu dusík a další živiny a brání plodině v tvorbě nových odnoží. Jmenovitě například truskavec ptačí (*Polygonum aviculare* L.), rozrazil perský (*Veronica persica* Poir.), rozrazil břechťanolistý (*Veronica hederifolia* L.), hluchavka nachová (*Lamium purpureum* L.), hluchavka objímavá (*Lamium amplexicaule* L.) či ptačinec prostřední (*Stellaria media* L.) (Winkler 2018). Ve fázi sloupkování a metání ječmeni nejvíce škodí časně jarní a vytrvalé plevelé, který mají potencionálně velký vliv na snížení výnosu (kamyšík přímořský, pcháč oset, pýr plazivý, oves hluchý) a ve fázi jarní je třeba dbát na pozdně jarní plevelé (bér zelený, bér sivý, ježatka kuří noha, merlík bílý), které více než konkurencí škodí snižováním kvality zrna příměsí zelených částí rostliny a tím zvyšují vlhkost zrna (Winkler 2018).

Jarní ječmen má schopnost potlačovat převážně dvouděložné plevelé. Aby byla jeho konkurenční schopnost co nejvyšší, je potřeba rychlý růst jak kořenů, tak nadzemní části rostliny (Kulovaná 2001).

c) Vybrané plevelé obilnin

Bér zelený

Bér zelený (*Setaria viridis* L.) je jednoletý zástupce plevelů z čeledi *Poaceae*. Patří mezi významné druhy, ale v ve zdejších podmínkách škodí jen v určitých lokalitách. Často se na polích vyskytuje s bérem sivým (*Setaria pumila* Poir.). Krom obilnin škodí také například v okopaninách či na vinicích (Kazda et al. 2010).

Ztráty na výnosech způsobené bérem zeleným záleží na plodině, času vzejití, přírodních podmínkách a hustoty plevelé v porostu plodiny (Douglas et al. 1985). Například v USA se odhadované ztráty způsobené tímto plevelem v pšenici pohybují mezi 0-47 % při zamoření 720 rostlin/m² (Peterson & Nalejawa 1991). Škodlivý je však i v dalších plodinách. V kukuřici se při dvou pokusech dostavily ztráty na výnosech v hodnotách 6-18 % při hustotě nad 40 a 89 rostlin/m². Při pokusech v cukrové řepě se projevíly ztráty na výnosech 27 % při počtu 26 rostlin/m² a ztráty v hodnotě 36 % při počtu 52 rostlin/m² (Douglas et al. 1985).

Heřmánkovec nevonný

Heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.) z čeledi *Asteraceae* patří k významným a konkurenčně silným plevelům. Díky své schopnosti bohatého růstu a větvení odebírá prostor a světlo ostatním rostlinám a také s nimi soutěží o živiny. Na orné půdě se rozšiřuje díky minimalizaci při zpracování půdy. Není náročný na stanoviště, snáší i zasolené půdy (Mikulka et al. 2005).

Mann and Barnes (1945) publikovali, že heřmánkovec nevonný dokáže způsobit v ječmeni ztráty na výnosech až 45 %, ukázalo se tak při nejvyšších testovaných hladinách

dusíku. Krom toho i snižuje kvalitu píce tím, že ztěžuje její sušení. Dobytek ho odmítá (Kazda et al. 2010).

Chundelka metlice

Hojný a významný plevel chundelka metlice (*Apera spica-venti* L.) pochází z čeledi *Poaceae*. Tato jednoletá ozimá rostlina zapleveluje především ozimé obilniny a řepku, ale objevuje se také v okopaninách a jařinách. Chundelka patří k našim nejškodlivějším plevelům a vyskytuje se odhadem na polovině orné půdy České republiky. Jejím šíření napomáhá časté opakování ozimů v osevním postupu a dále také například utužení půdy (ÚKZÚZ 2020). Konkurenčně je chundelka velmi silným plevellem, který dokáže při vyšším výskytu potlačit pěstovanou plodinu. Obilky se do sklizeného produktu nedostanou, protože buď vypadají před sklizní, anebo jsou při sklizni rozptýleny po poli (Kazda et al. 2010). Předmětem konkurence mezi chundelkou a plodinami jsou živiny, světlo a voda (Gerhards & Massa 2011), ale chundelka také velmi silně zabírá kulturním rostlinám prostor (Warwick et al. 1985). Konkurenční působení tohoto plevele začíná až v druhé polovině vegetace, kdy velmi rychle roste její hmotnost, a to až na úroveň pšenice ozimé (ÚKZÚZ 2020).

V Polsku podle Roly (1968) chundelka způsobila v některých oblastech ztráty na výnosech obilnin v rozmezí 10-40 %. Rola & Rola (1983) uvádějí, že ztráty způsobené chundelkou na výnosech pšenice ozimé na polských polích byly odhadovány až na 60 %.

Opletka obecná

Opletka obecná (*Fallopia convolvulus* L.) je jednoletá časně jarní rostlina z čeledi *Polygonaceae*. Patří mezi významné plevele a vyskytuje se především v jarních obilninách a olejninách, dále pak v okopaninách, zeleninách a víceletých pícech. Ovíjením kolem stébel či lodyh plodin způsobuje jejich polehnutí. Krom toho má také silnou konkurenční schopnost. Na druhou stranu však nesnese zastínění, takže v dobře zapojených porostech se uplatňuje velmi špatně. Nebezpečná je však i přenosem chorob na plodiny. Například je hostitelem virových chorob cukrovky, jako je mozaika řepy nebo žloutenka (Mikulka et al. 2005).

Podle Friesena & Shebeského (1960) dokáže opletka obecná v počtu 56 rostlin/m² potlačit výnos pšenice o 15 % a 256 rostlin/m² redukuje výnos až o 25 %.

Oves hluchý

Tento plevel latinsky zvaný *Avena fatua* (L.) z čeledi *Poaceae* patří mezi významné plevele České republiky. Jedná se o jednoletou časně jarní rostlinu, která má velmi silné konkurenční schopnosti, a dokonce patří mezi 20 nejnebezpečnějších plevelů na světě. Vyskytuje se v jarních obilninách, okopaninách, luskovinách, silážní kukuřici, zelenině, ale také v horších porostech obilnin. Pro oves hluchý je typický mohutný kořenový systém s vysokou schopností absorbovat dusík (který je spolu s kořenovou konkurencí důležitým faktorem při výnosových ztrát obilnin) a fosfor. Oves hluchý je krom svých konkurenčních schopností také nebezpečný tím, že je hostitelem rzi ovesné (*Puccinia coronata*). V poslední době se tento plevel stal jedním z nejvýznamnějších plevelů ve Spojených státech, Kanadě a Velké Británii (Štrobach & Mikulka 2019).

Podle Wimschneidera et al. (1990) dokáže oves hluchý již v zastoupení 8 rostlin/m² způsobit ztráty na výnosech obilnin v hodnotě 14 %. Rola (1987) uvádí, že 100 lat/m² dokáže

v pšenici ozimé způsobit ztráty na výnosech až v hodnotě 34 % a v pšenici jarní až 40 %. U kukuřice se podle Castilla & Ahrense (1986) ztráty pohybovaly až na 25 % při počtu 27 rostlin/metr řádku.

Penízek rolní

Penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.) z čeledi *Brassicaceae* je jednoletý, jarní, někdy i ozimý plevel menšího významu. V hustých porostech má penízek menší konkurenční schopnosti, ale je hostitelem řady chorob a škůdců pro plodiny z čeledi *Brassicaceae*. Plodinám škodí tak, že jim blokuje vláhu a živiny (Kazda et al. 2010). Podle Stefureaca & Fratilesco-Sesana (1979) také obsahuje alelochemikálie, které mohou inhibovat růst pšenice. V pícninách je nežádoucí, protože zvířata se odmítají jím krmit, jelikož má česnekový pach a příchut' díky silici česnekové obsahující siriak allylnatý (ÚKZÚZ 2020).

Co se ztrát na výnosech týče, tak v Kanadě podle Besta & McIntyra (1975) penízek dokáže v porostech pšenice způsobit ztráty 35 % pokud jde o lehké zamoření a ztráty 50 %, pokud jde o zamoření těžké.

Rozrazil perský

Rozrazil perský (*Veronica persica* Poiret.) je ozimý plevel z čeledi *Scrophulariaceae*. Tento plevel je nejvíce škodlivý v přezimujících plodinách, hlavně ozimých obilninách, ozimé řepce, jařinách, víceletých pícninách a zelenině. Vyvíjí se už za nízkých teplot a má celkem silné konkurenční schopnosti, zvláště u pomaleji se vyvíjejících se plodin. Jelikož ale nesnáší zastínění, tak se při dostatečné konkurenci plodiny stahuje z porostu. Mezi jeho další záporné vlastnosti patří fakt, že snižuje hodnotu píce. Odhadovaná životnost semen v půdě je i 50 let. Regulace tohoto plevele v současnosti není složitá díky dostatku na trhu dostupných herbicidů (Mikulka et al. 2005).

Svízel přítula

Jednoletý ozimý plevel svízel přítula (*Galium aparine* L.) patří mezi nejvýznamnější plevele světa. Tento zástupce z čeledi *Rubiaceae* se vyskytuje ve všech plodinách, zejména v ozimých obilninách, dále pak v okopaninách a luskovinách. Svízel je silně konkurenční plevel s velmi dobrou přizpůsobovací schopností (Kazda et al. 2010). Jeho škodlivost je významnější v okopaninách, ale také v ozimých obilninách, a to více než v obilninách jarních, kde dobře vzešlé porosty s rychlým nárůstem biomasy jsou schopny škodlivost tohoto plevele redukovat. Krom toho také svízel způsobuje poléhání obilnin a technické problémy při sklizni, kdy se namotává na rotační části sklízecích mlátiček (Jursík et al. 2018). Na druhou stranu své využití nachází v tradiční medicíně, obsahuje látky jako kumariny, třísloviny či iridoid asperulosid (Jahodář 2011). Na hnojení dusíkem reaguje efektivněji než pšenice ozimá (Wright & Wilson 1992).

V obilninách Rola (1969) zaznamenal ztráty na výnosech způsobené *G. aparine* v rozmezí 30-60 %. Podle Ropera et al. (1990) jedna rostlina tohoto plevele na m² způsobí ve výnosech pšenice ozimé ztrátu 0,14 % a na výnosech ozimého ječmene ztrátu 0,24 %.

Svlačec rolní

Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) je vytrvalý významný plevel z čeledi *Convolvulaceae* s vysokou konkurenční schopností. Předmětem kompetice tohoto plevele a polních plodin jsou živiny a vláha. Konkurenční schopnost se nejvíce uplatňuje za sucha, kdy je schopen částí svého kořenového systému proniknout až do hloubky 3-5 metrů (někdy až 9 metrů), a tak získávat vláhu (Jursík et al. 2018). Podle Kazdy et al. (2010) jedním z důvodů jeho expanze je nedostatečná péče o půdu. Vyskytuje se ve všech plodinách pěstovaných na našem území. Svlačec se ovijí okolo stonku plodiny. To je pro kulturní rostliny škodlivé ze dvou důvodů. Prvním důvodem je, že u píce sníží kvalitu krmiva. Druhým důvodem je, že u obilnin to může způsobit poléhání rostlin a tím způsobit ztráty na výnosu.

Některé obilniny a luskoviny se ukázaly být citlivé vůči *Convolvulus arvensis* až natolik, že byli zaznamenány ztráty na výnosech v rozmezí 20-80 % (Phillips & Timmons 1954; Black et al. 1994).

Violka rolní

Violka rolní (*Viola arvensis* Murr.) z čeledi *Violaceae* bývala dříve považována za méně důležitý plevel, její význam však vstoupil a dnes je podle Jursíka et al. (2018) nejrozšířenějším plevelem v České republice. Podle Mikulky et al. (2005) škodí nejvíce v jarních a podzimních měsících, a to tak, že vytváří husté souvislé porosty na polích. Plodinám bere krom živin a vody také prostor. Vyskytuje se téměř ve všech plodinách a snáší všechny typy půd. Semena se šíří například kompostem, balíčkovou sadbou, ale i pomocí mravenců (myrmekochorie) (ÚKZÚZ 2020).

3.2.2.1.3 Plevelé a širokořádkové plodiny

Jursík (2011) udává, že širokořádkové plodiny mají nejmenší odolnost vůči zaplevelení. K zapojení těchto porostů dochází velice pozdě, což dává šanci plevelům k silné konkurenci.

a) Plevelé a kukuřice

Podle Českého statistického úřadu (2019) byla kukuřice na zrno k 31. 5. 2019 pěstována na ploše 75 853 ha a kukuřice na zeleno a na siláž na ploše 231 367 ha.

Kukuřice má díky svému pomalému růstu na začátku své vegetace velmi nízkou konkurenční schopnost proti plevelům, a proto je dobré vytrvalé plevelé řešit již v předplodinách. (Kazda et al. 2010)

Jak bylo již zmíněno, předplodiny mají vliv na spektrum plevelů v plodině. Podle Winklera & Chovancové (2019) nejčastějšími plevele kukuřice, pokud jde o ozimé pšenici, jsou časně jarní plevelé. Po nich jsou přezimující druhy, za kterými následují druhy pozdně jarní. Nejméně častými druhy v tomto případě jsou vytrvalé druhy plevelů.

Při osevním postupu, kdy máme kukuřici po kukuřici jsou nejčastějšími zástupci plevelů pozdně jarní druhy. Po nich jsou nejvíce početné časně jarní druhy, dále následují druhy přezimující a nejméně je druhů vytrvalých. Plevelů na m² bylo napočítáno o něco více než v případě, kdy byla předplodinou ozimá pšenice.

Winkler & Chovancová (2019) dále popsali i spektra plevelů po různých metodách zpracování půdy. Nejvíce plevelů na m² bylo zaznamenáno na ploše, kde došlo k přímému setí

bez zpracování půdy. Nejčastěji se zde nacházeli druhy vytrvalé, po nich nejčastější byly druhy pozdně jarní. Druhy přezimující, a především druhy časně jarní se zde nacházely v minimu. Při minimalizaci nejčastějšími plevely byly pozdně jarní druhy, dále vytrvalé druhy. Početnost časně jarních a přezimujících druhů byla podobně nízká. Po orbě a tradičním zpracování půdy byly nejpočetnějšími pozdně jarní druhy plevelů. Dále následovaly plevele vytrvalé a po nich plevele časně jarní. Nejméně bylo napočítáno plevelů přezimujících.

Mezi významné vytrvalé plevele kukuřice patří pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.), svlačec rolní (*Convolvulus arvensis* L.), pcháč oset (*Cirsium arvense* L.) a pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris* L.). Mezi pozdně jarní plevele kukuřice řadíme merlíky (*Chenopodium* spp.), laskavec (*Amaranthus* spp.), rdesno blešník (*Persicaria lapathifolia* L.), pětour malolúborný (*Galinsoga parviflora* Cav.) a mezi časně jarní plevele bychom zařadili rozrazil (*Veronica* spp.), hořčici rolní (*Sinapis arvensis* L.), drchničku rolní (*Anagallis arvensis* L.) či knotovku noční (*Silene noctiflora* L.) (Smutný 2012).

Smutný (2012) zkoumal frekvenci výskytu jednotlivých plevelů v porostu kukuřice a došel k hodnotám zapsaným v Tabulce 3.

Tabulka 3: Frekvence výskytu jednotlivých plevelů v porostu kukuřice

Název plevelné rostliny	Procentuální výskyt ve fytocenologických snímcích
Ježatka kuří noha	67,8
Pýr plazivý	59,6
Pcháč oset	50,4
Merlík bílý	43,0
Laskavec srstnatý	39,1
Heřmánkovec nevonný	36,9
Pelyněk černobýl	32,2
Lopuch plstnatý	30,9
Merlík tuhý	23,0
Kopřiva dvoudomá	22,2
Bodlák obecný	20,8
Penízek rolní	17,4
Svlačec rolní	16,1
Svízel přítula	13,5
Kokoška pastuší tobolka	13,5
Bér sivý	13,5
Pětour malolúborný	12,6
Rdesno obožživelné	12,2
Pampeliška lékařská	12,2
Truskavec ptačí	12,2
Opletka obecná	11,3

b) Plevelle a cukrová řepa

Cukrová řepa se v České republice k 31. 5. 2019 pěstovala na ploše 59 212 hektarů (ČSÚ 2019). Řepa je plodinou, která by se nedala pěstovat bez účinné regulace plevelů, protože již od zasetí je vystavena silnému konkurenčnímu tlaku ze strany plevelných rostlin (Kazda et al. 2010). Zemědělcům pěstování cukrové řepy komplikuje už fakt, že cukrovka v prvních měsících vegetace není schopná konkurovat plevelům, je tedy nutné se velmi zabývat odplevelením. V druhé polovině vegetace je však cukrovka v konkurenci o vodu a živiny celkem silná, avšak plevelle ji konkurují především o světlo (Jursík et al. 2013).

Veliké potíže porostům řepy cukrové činí zejména ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), mračňák Theoprastův (*Abutilon theophrasti* L.), heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.), laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus* L.), ale také béry (*Setaria* spp.), merlíky (*Chenopodium* spp.) a rdesna (*Polygonum* spp.) (Jursík et al. 2013).

Za zmínku určitě stojí i pojmy jako vyběhlice, vykvetlice a plevelná řepa. Vyběhlici rozumíme rostlinu dvouletých plodin, která již v prvním roce vytvoří květní stonek, ale nevykvetne. To samé platí pro vykvetlici, s tím rozdílem, že vykvetlice v prvním roce vykvetne. Plevelná řepa vzniká křížením mezi cukrovou řepou (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* [Doell]) a řepou přímořskou (*Beta vulgaris* subsp. *Maritima* L.). Primární typy plevelné řepy vznikají v oblastech výroby osiva cukrovky (hlavně v severní Itálii a jihozápadní Francii) (Holec et al. 2019). Podle Skalického et al. (2008) se v České republice větší výskyt plevelné řepy datuje na konec let osmdesátých, avšak na začátku devadesátých let již bylo možno se setkat s tímto plevellem na více jak polovině pro řepu vhodných polí naší země. Podle odhadů cukrovaru TTD – Dobrovice a.s. bylo v roce 2008 přes 60 % vhodných pozemků k pěstování cukrovky zamořeno plevelnou řepou.

Plevelná řepa se od vykvetlic a vyběhlic liší počtem kruhů cévních svazků. Počet kruhů cévních svazků u plevelné řepy je totiž nižší než u cukrovky, je jich totiž 5-7, zatímco na příčném řezu cukrovky jich napočítáme 8-10. Krom toho u plevelné řepy jsou lodyhy tenčí, bulvy menší, listy menší a užší. Plevelnou řepu řadíme mezi jednoleté, pozdně jarní plevelle. Plevelná řepa může zapříčinit redukci výnosu až o 12 % již při počtu 1 rostlina/m² (Holec et al. 2019).

c) Plevelle a brambory

Brambory se k 31. 5. 2019 pěstovaly na ploše 22 894 ha (ČSÚ 2019). Podle Kasala & Čepla (2011) jsou plevelle schopny snížit výnos hlíz o 20-30 %, pokud se jedná o zaplevelení nižší či střední, a dokonce o výnos 85 %, pokud se jedná o zaplevelení vysoké. Brambory naproti mnoha plevelům nemají tak dobrou schopnost čerpat půdní vláhu, takže plevelle tak dostávají náskok v růstu (s tím souvisí i jejich vyšší schopnost konkurence). Plevelle odebírají bramborám z půdy živiny a také je zastíňují, což způsobuje regresi růstové schopnosti brambor a plevelle se tak stávají na pozemku dominantními.

Pěstování brambor v hrůbkách vyhovuje vytrvalým plevelům, jako je například pcháč oset (*Cirsium arvense* L.), pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.), mléč rolní (*Sonchus arvensis* L.) a také vytrvalý hluchavkovitým plevelům, jako například čistec bahenní (*Stachys palustris* L.). Mezi jednoleté plevelle řadíme například merlíky (*Chenopodium* spp.), svízel přítulu (*Galium aparine* L.), kakost (*Geranium* spp.), opletku obecnou (*Fallopia convolvulus* L.), penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.), a také například heřmánkovité plevelle (Kasal & Čepl 2011).

d) Plevelé a slunečnice

Slunečnice se v naší zemi k 31.5. 2019 pěstovala na ploše 11 825 ha, což je značný pokles, ještě v roce 2018 se totiž osevní plocha této plodiny udávala v hodnotě 20 202 ha (ČSÚ 2019). Pro tuto rostlinu je typický pomalý počáteční růst, po výsevu potřebuje 10-14 dnů na vzejití. První 2-3 týdny svého vývoje je slunečnice na plevelé nejcitlivější a vyrostlé plevelé ji v tomto období mohou silně konkurovat, což se potom může negativně podepsat na výnose (Kuthan 2016).

Jednou ze zásad pro pěstování slunečnice je pěstování slunečnice na pozemku bez vytrvalých plevelů, jako je pýr plazivý, pcháč rolní či svlačec rolní. Důležité je však i udržení bezplevelného stavu již od začátku růstu slunečnice. Nejvíce problémů v porostech slunečnice způsobují vytrvalé dvouděložné plevelé z čeledi hvězdicovité, jako již výše zmíněny pcháč rolní (*Cirsium arvense* L.), mléč rolní (*Sonchus arvensis* L.) nebo pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris* L.). Z jednoletých plevelů škodí slunečnici ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), béry (*Setaria* spp.), rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis* L.), proso vláskovité (*Panicum capillare* L.) a z dvouděložných plevelů například laskavce (*Amaranthus* spp.) a merlíky (*Chenopodium* spp.) (Kazda et al. 2010).

Lokálně se jako polní plevel uplatňuje tzv. plevelná slunečnice. Ta vytváří mohutné a silně konkurenční rostliny, které snižují výnos. Jedná se o rodičovskou formu kulturní slunečnice, ale od ní se řadou znaků odlišuje. Listy jsou zřetelně užší než u kulturní formy, a ne tak výrazně srdčité. Na lodyze se vytváří vyšší počet úborů, které jsou mnohem menší než u kulturní formy a šířka terče (který je tmavý) je jen 3–5 cm. Hmotnost tisíce nažek se pohybuje kolem 8-10 g (u kulturních forem 40-90 g) a tyto nažky jsou hnědě mramorované až hnědočerné (Holec & Jursík 2019).

e) Vybrané plevelé širokořádkových plodin

Bažanka roční

Bažanka roční (*Mercurialis annua*) je méně významný plevel z čeledi *Euphorbiaceae*. Jedná se o jednoletou pozdně jarní rostlinu. Patří mezi plevelé, které se v hustých porostech neuplatní, protože nesnese zastínění, vyskytuje se tedy převážně v okopaninách a zelenině (ÚKZÚZ 2020). Její škodlivost spočívá v jedovatosti, zvířata ji sice na pastvě nepřijímají kvůli jejímu zápachu, nebezpečnou se však může stát při zkrmování do žlabu (Mikulka et al. 2005).

Durman obecný

Durman obecný (*Datura stramonium* L.) je plevelnou rostlinou z čeledi *Solanaceae*. Jedná se o jednoletý pozdně jarní plevel, který škodí v okopaninách, zeleninách, ale také řídkých porostech obilnin. V USA škodí také například v bavlníku (Oliver et al. 1991). Silné zaplevelení durmanem v silážní kukuřici může znehodnotit siláž, protože se jedná o jedovatou rostlinu obsahující narkoticky působící alkaloidy, jako je atropin, hyoscyamin a skopolamin. Konkurenčně je tento plevel velmi schopný a síla konkurence závisí na klimatických podmínkách a také na dostatku světla. Plodiny zastíňuje a odebírá jim velké množství vláhy a živin z půdy. Krom toho může sloužit jako hostitel pro původce některých chorob plodin z čeledi *Solanaceae* (Jursík et al. 2018).

Podle Tornera et al. (1995) byl plevel *Datura stramonium* odpovědný za ztráty na výnosech zavlažované kukuřice ve Španělsku o 56 %. Monaco et al. (1981) uvádí ztráty na výnosech u rajčat, a to v hodnotě 26-71 % při hustotě zaplevelení 3-11 rostlin/m². Krom toho také durman podle Olivera et. al (1991) způsobil v USA ztráty na výnosech v porostu bavlníku v hodnotě 56 % a 16 % v sóji.

Ježatka kuří noha

Ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.) z čeledi *Poaceae* je velmi významný plevel na území České republiky. Ve světě je dokonce třetí nejškodlivější plevelná rostlina vůbec. Patří mezi C4 rostliny. Škodí nejčastěji v širokořádkových plodinách, ale také v prořídlech porostech obilnin. V zahraničí je nejvýznamnějším plevelem v rýži. (Mikulka et al. 2005).

Ježatka ochuzuje plodiny o především o světlo a živiny (Kato-Noguchi 2011). Její růst a konkurenční schopnosti jsou ovlivněny jednak délkou dne (při krátkém dni vytváří nízké rostliny s mnoha odnožemi, na kterých jsou vytvářeny malé laty a při dlouhém dni ježatka vytváří mohutný prýt s velkými latami), ale také na vlhkosti půdy, což se projevuje tím, že na vysýchavých půdách v suchých létech je ježatka konkurenčně méně zdatná (Jursík et al. 2018).

Podle Holma et al. (1991) je tato rostlina schopna si přivlastnit 60-80 % přijatelného půdního dusíku. V minulosti při počtu 10 a více rostlin/ m² ježatka snížila výnosy cukrové řepy v Kalifornii až o 80 % (Norris 1992). U ztrát na výnosech zrna kukuřice byla zjištěna maximální ztráta v rozmezí 26-35 % u dříve vcházející ježatky, u později vcházející (vzešli až po stádiu 4. listu u kukuřice) se ztráty pohybovaly do 6 % (Bosnic & Swanton 1997). U brambor se ztráty na výnosech pohybovaly okolo 20, 30 a 40 % při zamoření 1, 2 nebo 4 rostliny/metr řádku, s tím, že ježatka rostla přímo v řádku (Vangessel & Renner 1990). Ježatka je i významným plevelem rýže. Ztráty při počtu rostlin ježatky 10 rostlin/m² se odhadují na výnosech rýže až na 19 % při počtu rostlin rýže 100/ m² (Graf & Hill 1992).

Kamyšník polní

Kamyšník polní (*Bolboschoenus planiculmis* F. Schmidt) je významným polním plevelem z čeledi *Cyperaceae*. Pro tento plevel je typické, že se na zemědělské půdě rozmnožuje pouze vegetativně. Konkurenčně je méně schopný, ale při dostatečných světelných a teplotních podmínkách je schopen bohatého růstu a rozmnožování, především na utužených půdách, kde dochází k podmáčení, které způsobuje odumírání plodin. Nejčastěji se vyskytuje v často opakujících porostech řepy, kukuřice, zeleniny a na zavlažovaných pozemcích. Pokud na pozemku se širokořádkovou plodinou vytvoří kolonie, je schopen se následující rok prosadit i v porostech obilnin (Mikulka et al. 2005).

Lebeda rozkladitá

Velmi významný jednoletý pozdně jarní plevel lebeda rozkladitá (*Atriplex patula* L.) se řadí do čeledi *Chenopodiaceae*. Jedná se konkurenčně silný plevel, který plodinám odebírá z půdy živiny a vodu. Dále také kulturním rostlinám stíní a je hostitelem řady chorob i škůdců.

Je plevelem především okopanin a zeleniny, dále se vyskytuje v řepce, pícninách a obilninách. Poměrně dobře snáší zamokření (Kazda et al. 2010).

Mléč rolní

Významný plevel z čeledi *Asteraceae*. Mléč rolní (*Sonchus arvensis* L.) patří mezi konkurenčně velmi schopné plevele. Plodiny zastiňuje a také využije velké množství vody a živin. Má mohutný kořenový systém. Roste ve společenství s pcháčem. Škodí ve všech plodinách. Nejnebezpečnější je v okopaninách, méně nebezpečný je v hustých a časných porostech jarních obilnin, kde se kvůli citlivosti mladých rostlin k nedostatku světla uplatňuje celkem obtížně. Jeho šíření podporuje špatné zpracování půdy a špatné střídání kulturních rostlin v osevním postupu (Mikulka et al. 2005).

Problémový je i v obilninách. Podle Shashkova et al. (1977) 3-15 výhonků/m² dokážou redukovat výnosy pšenice o 4.5-7 %. Holm et al. (1977) uvádějí, že výnosy ovsa v Kanadě byly tímto plevelem redukovány o 58 %.

Pěťour malolůborný

Pěťour malolůborný (*Galinsoga parviflora* Cav.) pochází z Peru, v Evropě se rozmnožil díky botanickým zahradám ve Španělsku a Francii. Tento zástupce čeledi *Asteraceae* snáší i velmi extrémní podmínky, jsou však citlivé na nízké teploty (Kazda et al. 2010).

Je schopen vcházet během celé vegetace a pokud má dostatek vody a vláh, je schopen rychlého růstu, a i v létě vzešlí jedinci jsou schopni vytvořit mohutné rostliny. Díky těmto vlastnostem je nebezpečný především při sekundárním zaplevelení okopanin (Jursík et al. 2018).

Bylo vyzkoumáno, že zaplevelení kukuřice pěťourem a ostřicemi snížilo výnos plodiny až o 38,4 % (Pandey et al. 2002).

Pryšec kolovratec

Pryšec kolovratec (*Tithymalus helioscopia*) je jednoletý pozdně jarní zástupce z čeledi *Euphorbiaceae*. Jedná se o plevel s poměrně nízkou konkurenční schopností a nesnášenlivostí k zastínění, takže se v dobře zapojených porostech neprosadí. To je důvodem, proč se spíše vyskytuje v okopaninách a zelenině (Kazda et al. 2010). Obsahuje jedovaté látky jako jsou toxické deriváty diterpenického ingenanu a forbolu, kyanogenní sloučeniny aj. (Jahodář 2011). Jedovatost je zachována i při vysušení rostliny (Jursík et al. 2018,).

Rdesno blešník

Významný plevel z čeledi *Polygonaceae*. Rdesno blešník (*Polygonum lapathifolium* L.) se podílí se na tzv. pozdním zaplevelení. Podle Jursíka et al. (2018) projevuje tento plevel vyšší konkurenční schopnost hlavně ve vlhčích letech, kdy dokáže konkurovat jak plodině, tak i ostatním plevelům. Podle studie Watanabe & Hirokawa (1975) zamoření rdesnem 18 rostlin/m² dokáže zredukovat výnos cukrovky až o 81 %.

Další důležité plevele okopanin, jako laskavec ohnutý, pýr plazivý, merlík bílý či pcháček oset budou probrány v kapitole zabývající se alelopatii.

3.2.2.1.4. Plevelle a olejniny

a) Plevelle a řepka

Řepka se k 31.5. 2019 pěstovala na našem území na ploše 379 778 ha (ČSÚ 2019). Jelikož se časně vysévá, tak je vystavována konkurenci plevelů již od vcházení. Dobře zapojený porost má však již na konci podzimu vůči plevelům silnou konkurenční schopnost, a to platí i pro zdravý a vyrovnaný porost v období časně jarním. U řepky podobně jako ostatních ozimů nejčastěji škodí jednoleté přezimující druhy plevelů, mezi ty nejhorší je považován svízel přítula (*Galium aparine* L.) a heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.). Významně škodlivý je však i výdrol obilnin. Vytrvalé plevelle jako pýr plazivý (*Elytrigium repens* L.) a pcháč rolní (*Cirsium arvense* L.) je vhodné regulovat již v předplodinách (Winkler et al. 2018).

Winkler et al. (2018) zkoumali zastoupení jednotlivých plevelů v řepce ozimé, a to na podzim (viz Tabulka 4) a na jaře (viz Tabulka 5).

Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých plevelů v plevelném spektru řepky ozimé na podzim

Název plevelné rostliny	Zastoupení v porostu řepky ozimé v %
Violka rolní	74
Ječmen ozimý	13
Penízek rolní	5
Lebeda rozkladitá	4
Pýr plazivý	2
Opletka obecná	1
Ostatní	1

Tabulka 5: Zastoupení jednotlivých plevelů v plevelném spektru řepky ozimé na jaře

Název plevelné rostliny	Zastoupení v porostu řepky ozimé v %
Violka rolní	84
Ječmen ozimý	7
Penízek rolní	4
Pýr plazivý	3
Lebeda rozkladitá	1
Ostatní druhy	1

b) Plevelle a mák

Mák se k 31.5. 2019 pěstoval na našem území na ploše 35 778 ha (ČSÚ 2019). Mák je na počátku vegetace díky svému drobnému semenu a pomalému růstu vystaven konkurenční schopnosti plevelů, které není schopen se bránit (Kazda et al. 2010). Havel (2019) upozorňuje, že mák je dále velmi citlivý na nedostatek vody, je proto potřeba vytvořit pro něj vhodné podmínky s dostatkem vláhy. Mezi plevelle, které mohou být velmi problémové jsou máku příbuzné rostliny jako mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.), mák pochybný (*Papaver dubium* L.), zemědělný lékařský (*Fumaria officinalis* L.). Dále je důležité je regulovat vytrvalé plevelle jako pýr plazivý (*Elytrigium repens* L.) či pcháč oset (*Cirsium arvense* L.) již v předplodině (Kazda et al. 2010).

Mezi další důležité plevelle podle Kulované (2001) patří laskavce (*Amaranthus* spp.), merlík bílý (*Chenopodium album* L.), lebeda rozkladitá (*Atriplex patula* L.), heřmánky (*Matricaria* spp.), svízel přítula (*Galium aparine* L.), opletka obecná (*Fallopia convolvulus* L.), rdesna (*Polygonum* spp.), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* L.), hořčice rolní (*Sinapis arvensis* L.), konopice (*Galeopsis* spp.), pětour malolobný (*Galinsoga parviflora* Cav.), oves hluchý (*Avena fatua* L.), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), béry (*Setaria* spp.) a výdrol řepky.

c) Plevelle a sója

Sója se v České republice k 31.5. 2019 pěstovala na rozloze 12 240 ha (ČSÚ 2019). U sóji jsou nejškodlivějším činitelem právě plevelle. Podle Kulované (2002) je sója vůči plevelům slabým konkurentem jak na začátku vegetace (díky pomalému počátečnímu růstu), ale také na konci svého vegetačního období (v době shazování listů). V zámoří se tak pěstují geneticky modifikované „Roundup Ready“ odrůdy. Pro úspěšné pěstování sóji je důležité, aby měla dostatek světla a přiměřenou teplotu (průměrná roční teplota vyšší než 8 °C), dále aby při kvetení a tvorbě lusků měla dostatek vody.

Mezi významné plevelné rostliny působící v sóji pcháč oset (*Cirsium arvense*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), laskavce (*Amaranthus* spp.), merlíky (*Chenopodium* spp.), svízel přítula (*Galium aparine*), béry (*Setaria* spp.) a heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*) (ÚKZÚZ 2020).

d) Vybrané plevelle výše zmíněných olejnin

Blín černý

Tento jednoletý ozimý plevel z čeledi *Solanaceae* patří mezi méně významné plevelle. Ale i tak je blín černý (*Hyoscyamus niger* L.) velmi nebezpečný a to, pokud se vyskytuje v máku. Tento plevel je totiž jedovatý, a navíc dozrává ve stejnou dobu jako mák, takže hrozí, že se dostane do sklizeného produktu. Obsahuje alkaloidy jako skopolamin, atropin či apoatropin (Kazda et al. 2010). Krom máku zapleveluje také zeleninu, okopaniny a vinice. Má pouze lokální význam. Rostlinám díky zastínění odebírá světlo a růst jiných rostlin může omezit i svými rostlinnými zbytky. Je však limitován konkurencí ze strany již zavedených rostlin, sám moc konkurenčně silný není (LaFantasie & Enloe 2011).

Hořčice rolní

Významný plevel s latinským názvem *Sinapis arvensis* (L.) řadíme do čeledi *Brassicaceae*. Škodí nejen v řepce, ale také v obilninách a okopaninách. Konkurenční schopnost je poměrně vysoká a projevuje se tak, že plodně bere světlo, prostor, vodu i živiny (Hron & Kohout 1988). Na polích s ozimou řepkou vchází na podzim a při vyšší intenzitě výskytu je schopna v této době této plodně konkurovat, v období chladných zim je však zničena silnějším mrazem (Jursík et al. 2018).

Krom toho je také hostitel *Plasmodiophory brassicae*, nádorovky, která je původcem nádorovitosti košťálovin, Dále je *Sinapis arvensis* hostitelem škůdců jako mšice, bělásek zelný a blýskáček (Kazda et al. 2010). Problémy dokáže způsobit i jako plevel v pícech.

Podle studie z roku 1987 byl výnos řepky redukován o 19-77 % při hustotě 20-80 rostlin/m² (Blackshaw et al. 1987). U pšenice podle Mennana (2003) byly ztráty za tři roky (1998-2001) zprůměrovány na 36,87 % při hustotě 32 rostlin/m².

Chrupa modrá

Tento jednoletý plevel s latinským názvem *Centaurea cyanus* (L.) řadíme do čeledi *Asteraceae*. Dříve patřil mezi velmi časté plevele obilnin, dnes je jeho výskyt nejčastější na polích s řepkou, setkat se s tímto plevel můžeme však i v okopaninách a ozimém ječmeni. Při hustém výskytu v porostu je díky svému mohutnému a hustému kořenovému systému silným konkurentem ve vláze (Štrobach & Mikulka 2019).

Kokoška pastuší tobolka

Kokoška pastuší (*Capsella bursa-pastoris* L.) patří do čeledi *Brassicaceae*. Je to méně významný plevel, ale pokud je ve větším množství zkrmen, může způsobit onemocnění u hospodářský zvířat, jako například poruchy dýchání a zažívání (ÚKZÚZ 2020). Na jaře se rychle vyvíjí a tvoří šešulky ještě před tím, než ji víceletá pícnina přeroste (Jursík et al. 2018).

Nejčastěji se vyskytuje v řepce ozimé (může působit jako hostitel pro škůdce a choroby nejen u řepky, ale i u dalších plodin z čeledi *Brassicaceae*), dále v kukuřici, zelenině a prořídilých obilninách (Mikulka et al. 2005).

Locika kompasová

Locika kompasová (*Lactuca serriola* L.) je plevelná rostlina z čeledi *Asteraceae*. Jedná se o ozimý jednoletý až dvouletý plevel původem ze severní Evropy a Asie. *Lactuca serriola* je konkurenčně silnou plevelnou rostlinou. Plodinám v létě konkuruje ve vláze a v živinách (Wu et al. 2018).

Zapleveluje především řepku ozimou, pšenici ozimou, sóju, cukrovku a víceleté pícniny. Jelikož je jedovatá, neměla by se při sklizni pícnin dostat do sklizeného produktu (Kazda et al. 2010).

Lactuca serriola je schopná způsobit v sóji v zastoupení 0,2-1,2 rostlin/m² ztráty na výnosech v hodnotě 10 % a v zastoupení více jak 50 rostlin/m² dokonce ztráty na výnosech až v hodnotě 80 % (Weaver et al. 2006).

Mák pochybný

Mák pochybný (*Papaver dubium* L.) z čeledi *Papaveraceae* patří mezi jednoleté ozimé plevely. Tento plevel není moc konkurenčně silný, pro svůj vývoj potřebuje teplo a světlo. Neprosadí se v hustých porostech. Zapleveluje ozimou řepku a ozimé obilniny. Jeho šíření napomáhá minimální zpracování půdy (Mikulka et al. 2005).

Mák vlčí

Tento zástupce z čeledi *Papaveraceae* patří mezi velmi významné plevely. Mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) je jednoletou velmi konkurenčně silnou ozimou rostlinou, která plodiny zastíňuje a odebírá jim živiny i vláhu. Je dokonce schopen zcela potlačit pěstovanou plodinu (Kazda et al. 2010). Klíčí i při velmi nízkých teplotách a svou konkurenční schopnost uplatňuje především v druhé polovině vegetace. Je schopen se prosazovat i na úkor plevelů jako svízel přítula či heřmánkovec nevonný (Wilson et al. 1995). Vysoké zaplevelení mákem bývá způsobené špatnou péčí o půdu. Škodí převážně v ozimé řepce, obilninách (jarních i ozimých), pícecinách i okopaninách. Šíří se přirozeným vysemením na poli, ale i znečištěným osivem (Wilson and Lawson 1992).

Úhorník mnohodílný

Úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* L.) se řadí do čeledi *Brassicaceae*. Jedná se o jednoletý ozimý plevel. Tento plevel není konkurenčně silný v porostu obilnin, avšak je velice problémový v porostech zeleniny (jako jsou například cibule, pór a mrkev) a také v porostech řepky, kde se velmi obtížně reguluje. Právě v prořídlech, mezerovitých a slabě vyvinutých porostech řepky na jaře tuto plodinu přerůstá a v půdách bohatých na živiny dokonce vytváří mohutné lodyhy (Mikulka et al. 2005). Plodinám je konkurentem ve vodě a živinách a způsobuje ztráty na celkových výnosech (University of Alaska Anchorage 2011).

Zemědým lékařský

Zemědým lékařský (*Fumaria officinalis* L.) je jednoletý ozimý plevel z čeledi *Fumariaceae*. Díky svému rychlému růstu a vývoji se na polích uplatňuje na počátku vegetace, později je však většinou plodin přerůstán, protože není moc konkurenčně zdatný. Je velmi světlomilný a v některých oblastech velmi hojný (Jursík et al. 2018). I přes fakt, že se jedná rostlinu méně konkurenčně zdatnou může uškodit. Kvůli své jedovatosti totiž může způsobit u hospodářských zvířat zažívací poruchy, dostane-li se do píče jako příměs (Kazda et al. 2010). Zapleveluje mák, okopaniny (ÚKZÚZ 2020), řepku, luskoviny, obilniny a pícecininy (Mikulka et al. 2005).

3.2.2.1.5. Plevely a luskoviny

a) Plevely a hrách

Hrách na zrno se na našem území k 31.5. 2019 pěstoval na území 28 779 ha (ČSÚ 2019). Hrách je naší dominantní luskovinou – pěstuje se na 85,2 % ze všech ploch v České republice, kde se pěstují luskoviny. Tato plodina je poměrně vysoce citlivá na konkurenci ze strany plevelných rostlin (Kazda et al. 2010).

Plevele se dají v hrachu regulovat od setí až do konce květu (vzcházející rostliny hrachu jsou dlouho pod konkurenčním tlakem plevelných rostlin). Během období od tvorby plodů až do plné zralosti regulace již není možná. Mezi jednoleté plevele hrachu patří ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), laskavce (*Amaranthus* spp.), heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* L.), heřmánkovec přímořský (*Matricaria maritima* L.), merlíky (*Chenopodium* spp.), opletka plotní (*Fallopia convolvulus* L.), svízel přítula (*Galium aparine* L.), oves hluchý (*Avena fatua* L.) a penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.). Mezi vytrvalé plevele patří mléč rolní (*Sonchus arvensis* L.), pcháč oset (*Cirsium arvense* L.), pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.) a pcháč oset (*Cirsium arvense* L.), který patří mezi špatně hubitelné plevele a při pěstování hrachu bychom se pozemkům, kde je častý výskyt přesně takovýchto plevelů měli vyhnout (Vaculík 2017).

3.2.2.1.6. Plevle a pícniny

a) Plevele a vojtěška

Vojtěška se na našem území k 31.5. 2019 pěstovala na rozloze 74 896 ha (ČSÚ 2019). Porosty vojtěšky jsou citlivé na plevele od svého založení až po zrušení porostu. Nejvíce citlivé jsou však v době prvního roku porostu. Již v předplodině je třeba dbát na vytrvalé plevele jako pcháč oset (*Cirsium arvense* L.) či pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.). Velmi škodlivé jsou i šťovík kadeřavý (*Rumex crispus* L.), šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius*) nebo pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale* L.), která škodí další užitkové roky (Kazda et al. 2010).

b) Plevele a jetel luční

Jetel luční se na našem území k 31.5. 2019 pěstoval na ploše 59 198 ha (ČSÚ 2019). Výskyt plevelů záleží na způsobu založení porostu. Při podzimních výsevech se v porostu často objevují merlíky, rdesna a ježatky. Při jarních výsevech je problematický především oves hluchý (*Avena fatua* L.), merlík bílý (*Chenopodium album* L.), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* L.), penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.) či svízel přítula (*Galium aparine* L.). Často se vyskytující vytrvalé plevele zastupují pýr, pcháč a šťovík, jejichž výskyt může být velmi problematický. Pro růst plevelů je nejdůležitější období mezi setím a zapojením porostu, popřípadě období první seče. V této době je krycí plodina (pšenice, oves nebo luskoviny) důležitým regulátorem růstu plevelů (Venclová 2017).

c) Vybrané plevele výše zmíněných pícnin

Pampeliška lékařská

Dobře známá pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale* L.) z čeledi *Asteraceae* patří mezi plevele víceletých pícnin. Tato vytrvalá rostlina patří mezi významné plevelné druhy s vysokou konkurenční schopností, kterou projevuje hlavně časně z jara, kdy potlačuje mladé rostliny pícnin, avšak následně z porostů kvůli zastínění ustupuje. Po seči však dochází k obrůstání růžic a vcházení nových rostlin, což způsobuje zvyšující zaplevelení v každém

dalším užítkovém roce (Jursík et al. 2018). Krom vysoké konkurenční schopnosti pampeliška také vylučuje do půdy alelochemikálie, které snižují klíčivost a inhibují počáteční růst kulturních trav (Gyenes & Beres 2006). Je schopna regenerovat už z části kořenů a její anemochorně se šířící nažky zůstávají v půdě se schopností vyklíčit 2-3 roky. Na plochách s podzimní orbou se pampeliška neuplatní (ÚKZÚZ 2020).

Šťovík tupolistý

Šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius* L.) je vytrvalý plevel z čeledi *Polygonaceae*. Patří mezi velmi významné plevele s obzvlášť silnou konkurenční schopností (Mikulka et al. 2005).

Při nedostatečném obdělávání škodí na orné půdě ve všech plodinách, především zapleveluje ale víceleté pícniny (šťovík snižuje krmnou hodnotu). Nažky tohoto plevele jsou šířeny vodou, větrem, ale šíří se i osivem či statkovými hnojivy (Hron & Kohout 1988).

3.2.2.2. Alelopatie

Termín alelopatie byl poprvé použit rakouským botanikem Hansem Molischem v roce 1937. Jedná se o vztah, kdy jeden zúčastněný organismus, nazývaný jako amenzál či akceptor, je negativně ovlivňován látkami vylučovanými druhým organismem, jenž je nazýván jako inhibitor. Na inhibitora amenzál nijak nepůsobí, je tedy pro něj tento vztah neutrální. Látky, které inhibitor vylučuje nazýváme jako alelopatika či alelochemikálie (Laštůvka & Krejčová 2000).

V rostlinné říši tak inhibitor činí, aby se pro sebe zabezpečil dostatek energie a živin. Kašparová (2015) udává, že jednotlivé alelochemikálie mají různé účinky. Účinky jedné látky u různých rostlin se však mohou v mnohém lišit. Alelochemikálie jsou vytvářeny v různých orgánech rostliny, a to s různou intenzitou. Dále platí, že tyto látky mohou být kumulovány v různých částech rostlinného těla. Do prostředí jsou alelopatika uvolňována z nadzemních částí rostliny, kořenovými exsudáty, rozkladem zbytků rostlinného těla, mikrobiální aktivitou (bakteriemi, houbami a aktinomycetami) a také agronomickými zásahy. Je prokázána i genotypová odlišnost v produkci alelochemikálií různými inhibitory a zároveň odlišná účinnost na různé druhy a různé genotypy téhož druhu (Klejdus & Kubáň 1999).

Klejdus & Kubáň (1999) tvrdí, že pro fenolické alelochemikálie platí, že na ně má vliv i faktor půdy. Jednotlivá fenolická alelopatika jsou vystavena procesům jako retence (retenční procesy zpomalují pohyb těchto látek), transformace a transport, ale i půdní charakteristiky, jako pH, teplota, obsah živin, obsah organické hmoty a vodní režim. Dále je důležitá hustota porostu, protože při vyšší hustotě přijímá každá rostlina menší množství každé potencionální alelopatické látky (Weidenhamer et al. 1989).

Podle Klejduse & Kubáně (1999) všechny alelochemikálie ovlivňují buď stimulací či inhibicí růst a vývin rostlin, a to v určitých koncentracích. Na amenzála mohou tyto látky působit různě. Některé z nich způsobují depresi transpirace, jiné inhibici fosforylačních mechanismů, inhibici buněčného dělení, narušení systému antioxidantů, zvýšení propustnosti buněčných membrán, anebo mají vliv na klíčení (Klejdus & Kubáň 1999; Guo et al. 2018). Existují také alelopatika, která mohou působit na enzymatické procesy a studovány byly též látky, které jsou schopny snižovat mitotickou aktivitu a ovlivňovat respiraci (Kašparová 2015).

Mikulka et al. (2005) uvádí, že se na alelopatii se vždy podílí celý komplex chemických látek nejrůznějšího složení (steroidy, silice, terpeny, kumariny, fenoly, alkaloidy, barviva atd.) Vliv alelopatik na amenzála se projevuje zpomalením až zastavením klíčení či růstu rostliny. U některých druhů rostlin byl zjištěn autoinhibiční účinek, prostřednictvím kterého dochází k zabránění vyklíčení vlastních semen v dosahu mateřské rostliny, děje se tak například u vřesu obecného (*Calluna Vulgaris* L.) (Bonanomi et al. 2005).

Klejdus & Kubáň (1999) uvádějí, že šlechtěním lze u rostlin zařídit, aby produkovali vyšší či nižší koncentrace alelopatických látek, což pak ovlivňuje jejich resistenci vůči chorobám a plevelům. Rostliny s vysokou produkcí lehce těkavých alelopatických látek mohou působit dokonce proti hmyzím škůdcům.

S alelopatii se setkáváme u různých zástupců rostlinného spektra, na uvedených příkladech je ukázáno, jak inhibitor může ovlivnit akceptora.

3.2.2.2.1. Plevel s alelopatickými vlastnostmi

Ambrózie peřenolistá

Ambrózie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia* L.) je invazivní plevel z čeledi *Ambrosiaceae* původem ze Severní Ameriky. Jedná se o jednoletou pozdně jarní rostlinu. Na našem území se vyskytuje v teplejších oblastech, hlavně v Polabí. Jedná se konkurenčně silnou rostlinu, která zastiňuje okolní plodiny (dorůstá 0,5-1 m, občas však i 1,5 m) a je schopná při silnějším výskytu znatelně regulovat výnosy plodin (Mikulka et al. 2005). Holec & Jursík (2019) udávají, že je zdatným konkurentem plodin, který v suchých podmínkách konkuruje v prostoru plodinám, které jsou oslabeny nedostatkem vody a sám vytváří mohutné porosty. Nejčastěji škodí v kukuřici, slunečnici, kořenové zelenině, fazolu, ale i v porostech prořídých obilnin.

Co se alelopatických schopností rostliny týče, tak v ambrozii peřenolisté byl prokázán výskyt seskviterpenů a fenolických sloučenin. Seskviterpeny se nacházejí převážně v nadzemní části ambrozie jako jsou listy, květy a plody, zatímco fenolické kyseliny se nacházejí převážně v kořenech (Kašparová 2015). Alelopatické účinky ambrozie byly pozorovány v porostech sóji, rýže, kukuřice či viny zlaté. Vodné extrakty získané z listů ambrozie způsobovaly při pokusech potlačení klíčení, ale také potlačení růstu kořínků a výhonků (Brückner et al. 2001). Při kultivačním pokusu ve skleníku Kašparová (2015) zjistila, že ambrosie peřenolistá nemá u pšenice jarní vliv na její růst, ale naopak má inhibiční vliv na tvorbu odnoží. U pokusu na dalších rostlinách, což byli štírovník růžkatý, ovsík vyvýšený, kostřava červená, bojíněk luční a jitrocel kopinatý bylo zjištěno, že inhibiční vliv ambrozie působil na sledované parametry jako výška rostliny, počet listů či listová plocha.

Chikoye et al. (1995) udává snížení výnosu u fazolu zapříčiněného ambrozií, pokud tedy vychází společně s plodinou, v hodnotě 10-22 %. Naproti tomu Evanylo & Zehnder (1989) udávají ztráty na výnosu fazolu v rozmezí 30-75 % a to v situaci, kdy je ambrosie přítomná v době od kvetení do sklizně. Dle studie Vargy et al. (2000) *Ambrosia artemisiifolia* při zastoupení 26 rostlin/m² způsobila pokles výnosu kukuřice o 71 %, a to ve srovnání s kontrolními pozemky, kde úspěšně regulován. Bosak & Mod (2000) během svého experimentu v Maďarsku zjistily, že ambrosie dokáže snížit výnos kořenů cukrové řepy o 40-50 % a obsah cukru redukovat o 13-15 %.

Kladnou stránkou této rostliny je, že olej z jejich semen se využívá v léčitelství. Na druhou stranu však ambrózie je důležitou alergenní rostlinou. Pylová zrna mají průměr do 20 µm, nebezpečný je však i takzvaný ambroziový mikroprach, který se může dostat až do průdušek. Jedná se o pylová zrna menší jak 10 µm (Holec & Jursík 2019).

Flaveria bidentis

Tento zahraniční zástupce plevelů z čeledi *Asteraceae* obsahuje fenolické látky, které inhibují růst semenáčků bavlníků (*Gossypium* spp.) (Zhang et al. 2012). Podle Guiqihou et al. (2011) se ztráty na výnosech díky tomuto plevelu pohybovaly v rozmezí 32-95 % při hustotě zaplevelení 1-40 rostlin/m².

Křídlatka japonská

Křídlatku japonskou (*Reynoutria japonica*) řadíme do čeledi *Polygonaceae*, Alelopatiky této rostliny jsou deriváty 1,4-naftochinonu, který je alelopatikem ořešáků. Mezi tyto deriváty patří například: 2-methoxy-6-acetyl-7-methyljuglon, 2-ethoxy-6-acetyl-7-methyljuglon, 2-methoxy-7-acetyljuglon, a 3-acetyl-7-methoxy-2-methyljuglon, ale existují i další. Tyto nedávno objevené sloučeniny jsou antibakteriální, a navíc všechny čtyři sloučeniny inhibičně působí na růst rostlin-akceptorů (Patočka 2019).

Podruhy *Reynoutria japonica* (*Reynoutria japonica* var. *japonica*, *Reynoutria sachalinensis* a *Reynoutria × bohemika*) patří mezi 100 nejinvasivnějších rostlinných druhů Evropy a je škodlivým plevelem především na obhospodařovaných pastvinách (Müllerová 2017).

Laskavec ohnutý

Laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*) je nitrofilní plevel z čeledi *Amaranthaceae*, který snáší i mírně zasolené půdy a je k pH indiferentní. Patří mezi C4 rostliny. Vyskytuje se především v širokořádkových plodinách, v sadech, vinicích a prořídilých porostech máku (Jursík et al. 2018). Costea et al. (2003) uvádějí, že byly prokázány negativní účinky extraktů laskavce na růst a klíčení pšenice, ječmene, kukuřice, sóji, cukrové řepy, slunečnice, celeru, řepky a čiroku. Bakhshayeshan-Agdam et al. (2015) publikovali, že alelopatické látky patří do skupin chemikálií, jako jsou aldehydy, alkaloidy, flavonoidy, steroidy, apokarotenoidy a další.

Podle studie, kterou provedli Bensch et al. (2003) laskavec v počtu 8 rostlin/m² snížil výnos sóji o 38,8 %. Podle Vazina (2012) výnosy kukuřice mohou klesnout o 5-45 % při počtu 1-12 rostlin/m řádku.

Merlík bílý

Tento jednoletý pozdně jarní plevelný druh s latinským názvem *Chenopodium album* (L.) z čeledi *Chenopodiaceae* zapleveluje snad všechny v České republice pěstované plodiny. Především mu kvůli jeho světlo milnosti vyhovují okopaniny a zeleniny, ale též je hojný i v prořídilých obilninách (Kazda et al. 2010).

Jak udává Reinhardt et al. (1994), tak při pokusech se ukázalo, že *Chenopodium album* inhibuje růst až u 68 % jedinců okurky seté (*Cucumis sativus* L.). Dále inhibuje růst u 85 % jedinců cibule kuchyňské (*Allium cepa* L.), u 47 % u jedinců rajčete jedlého (*Lycopersicon*

esculentum L.) a u 51 % jedinců slunečnice (*Helianthus annuus* L.). Naopak ředkev setá (*Raphanus sativus* L.) byla jediná plodina, která inhibitoru odolala.

Mračňák Theophrastův

Mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti* Medik.) z čeledi *Malvaceae* je jednoletý, pozdní jarní plevel dorůstající do výšky až 2 metry. Za alelopatickými schopnostmi mračňáku stojí volné aminokyseliny, díky kterým je schopen snížit schopnosti klíčení a růstu u plodin. Zdrojem těchto alelopaticky účinných chemikálií jsou listy a kořeny (Warwick & Black 1988).

Kromě alelopatie je tento plevel také silně konkurenční a plodinám odebírá značné množství vláhy a živin, kromě toho také plodinu zastíňuje. Mračňák je škodlivým plevem převážně v cukrovce, kde plodině silně konkuruje a snižuje výnos. Semena si uchovávají dlouhodobou klíčivost a jsou šířeny endozoochorně nebo antropochorně (Jursík et al. 2018). Holec & Jursík (2019) zmiňují, že v některých případech silného zaplevelení mračňákem bez možnosti jeho regulace si museli zemědělské podniky počínat tak, že přestali pěstovat cukrovku na napadených pozemcích a v některých případech dokonce opustili od pěstování řepy celkově.

V USA je plevem v sóji, kukuřici, čiroku, bavlně, veltěšce, cukrovce a krmné řepě. Podle Scholese (1995) při pokusech v Jižní Dakotě na dvou pozemcích v roce 1992 a na jednom pozemku v roce 1993 byla pomocí hyperbolické modelu odhadována maximální ztráta na výnosu kukuřice až na 37,2 %. Při pozorování mračňáku v bavlně byla dokonce naměřena ztráta 84 % z výnosu při průměrném množství 3,5 rostliny na metr řádku (Bailey et al. 2003).

Podle Kociána (2012) však nelze pominout i možná využití této rostliny ve světě. V Číně, Koreji, Japonsku a v některých jižních oblastech dříve patřících pod Sovětský svaz je cíleně pěstován. Jako plodina nachází své využití nejen v textilním průmyslu (vlákno se dá využít jako náhražka juty), ale také je léčivou rostlinou a dá se využít i k výrobě papíru či zisku olejů vhodných jak pro potravinářský, tak technický průmysl. Mračňák je i okrasnou rostlinou a z jeho květů se na území Číny získává barvivo na výrobu tuše.

Pcháč rolní

Pcháč rolní (*Cirsium arvense* L.) je dalším významným vytrvalým plevem na našich polích. Je řazen mezi 10 nejvýznamnějších plevelů světa. Tento zástupce čeledi *Asteraceae* se vyskytuje na orné půdě ve všech pěstovaných plodinách, ale i v sadech, na vinicích, chmelnicích a loukách (Kazda et al. 2010). Patří mezi velmi obtížně zlikvidovatelné plevele. Alelopaticky aktivní látky (nejdůležitější jsou fenyl-propylenové kyseliny a jejich vinné estery) vypouští z kořenů a listů. Tyto látky snižují klíčivost semen, zpomalují růst kořenů a lodyh (Burda & Oleszek 2004). Pro tuto rostlinu je typická opravdu silná konkurenční schopnost. Při silném zaplevelení pohlcuje 70 až 90 % slunečního záření a jeho konkurenčním schopnostem nedokáže vzdorovat žádná plodina (ÚKZÚZ 2020). Při výskytu 30 lodyh/m² je schopen úplně potlačit řadu plodin (Jursík et al. 2018).

Podle Doruškové (2008) mohou nažky dolétnout až do vzdálenosti 3 km, kromě toho v půdě zůstávají schopné vyklíčit i 20 let. Jeho rozvětvený několikapatrový složitý kořenový systém může dorůst až do hloubky dvou metrů, což je důvod, proč nejde zničit ani hlubokou orbou.

Co se ztrát na výnosech týče, tak podle provedených studií *Cirsium arvense* způsobil u pšenice ozimé a jarní ztráty od 45 do 55 % (Hodgson 1955; Hodgson 1968; Peschken et al.

1980) u ječmene ztrátu až 73 % (Hodgson 1955) u řepky ztrátu až 60 % (O'Sullivan et al. 1985) a u fazolu ztráty 8-12 % (Kalburtji & Mamolos 2001).

Pýr plazivý

Pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.) z čeledi *Poaceae* je velmi významným plevelem České republiky. Tato vytrvalá plevelná rostlina se vyskytuje zejména na polích, kde se v osevním postupu často vyskytují obilniny a řepka. Škody však nadělá i na polích, kde se pěstují brambory, je totiž schopný svými oddenky prorůst do hlíz, a tak je znehodnotit (Kazda et al. 2010). Dormance obilky po dozrání je krátká a klíčivost bývá vysoká. Je pravidlem, že z půdní zásoby semen klíčí obilky nacházející se na povrchu, a to v období pozdějšího jara až začátkem léta. Rostlina nesnáší zastínění, které pak vede ke snížení růstu, a to hlavně u podzemních orgánů (Jursík et al. 2018).

Alelopatikum, které pýr vypouští se nazývá agropyren a chemicky se řadí mezi glykosidy. Tato látka je vypouštěna jak živými, tak odumřelými rostlinami. Pýr při silném výskytu je schopen úplně potlačit všechny kulturní rostliny (Kazda et al. 2010). Krom alelopatických vlastností je pro plodiny také silným konkurentem, který je zastiňuje, bere jim vodu a živiny (Kulovaná 2002).

Studie ukázaly, že pýr dokáže redukovat výnosy brambor o 10 % při počtu 25 výhonků/m² (Baziramakenga & Leroux 1998) a výnosy řepky jarní o 18-32 % při zamoření 50 až 100 výhonků/m² (O'Donovan 1991). Podle tříleté studie, kterou provedl Melander (1994) se u žita setého ztráty pohybovaly od 8 % nahoru, u řepky ozimé a hrachu byl výnos redukován až o hodnoty okolo 35 % při výskytu 100 primárních výhonků/m².

3.2.2.2. Plodiny s alelopatickými vlastnostmi

Při pěstování plodin lze využít alelopatického působení rostlin, které se pěstují jako plodiny, či jako meziplodiny. Tyto rostliny se využívají jako krycí plodiny, na mulčování či k využití inhibičních látek rostlin pro výrobu postřiků. Intenzivně se tyto vlastnosti zkoumají u hlavních plodin, jako je rýže, dále pak u některých odrůd ječmene, žita, pšenice, čiroku, slunečnice a ozimé řepky (Brant 2019). Na následujících řádcích je problematika alelopatie rozebírána u čiroku, ječmene, rýže, slunečnice a žita.

Čirok

Tato plodina obsahuje několik alelopatik. Mezi nejdůležitější alelopatickou látku řadíme sorgoleon. Sorgoleon je vylučován buňkami kořenových vlásků a je fytotoxický. Jeho účinnost spočívá v inhibici fotosystému II. Produkce tohoto bioherbicidu je vázána na gen SOR1 (Patočka 2013). Alelopatických vlastností čiroku se dá využít k regulaci plevelů, a to použitím čiroku jako krycí plodiny, mulče či jako meziplodiny (Jabran 2017).

Ječmen víceřadý

Bouhaouel et al. (2015) publikovali v časopise BioControl svůj výzkum, ve kterém došli k závěru, že alelopatické látky ze semenáčků ječmene potlačují růst kořínků a koleoptile sveřepu (*Bromus diandrus* Roth) a jílku tuhého (*Lolium rigidum* Gaud.). Dále se zmiňují o tom, že se v ječmeni nachází minimálně 44 různých chemických sloučenin (alkaloidy, fenoly, polyaminy a další), které mohou mít inhibiční účinky. Jako první látky ječmene, u kterých byly prokázány alelopatické vlastnosti byly gramin a hordenin.

Jak ve výsledcích svého pokusu konstatují Dhima et al. (2006), tak ječmen ozimý, stejně jako žito ozimé a triticales ozimé, je schopno svými látkami inhibovat růst ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli* L.) a béru přeslenitého (*Setaria verticillata* L.) v porostu kukuřice, aniž by na plodinu působili jako inhibitor.

Rýže

Alelopatie byla od osmdesátých let zkoumána na mnoha odrůdách rýže a výsledky prokázaly, že metabolity některých odrůd mohou působit jako přírodní herbicidy. Známé jsou studie, kdy některé odrůdy rýže (například Gin shun, Kasawala mundara, Philippine 2, a Juma 10) při pokusech, které prováděl Chung et al. (2001), působily inhibičně na ježatku kuří nohu (*Echinochloa crus-galli* L.). Právě ježatka podle Ahna a Chunga (2000) dokáže v Korejských zavlažovacích systémech snížit výnos o 57-95 %. Mezi alelopatické látky rýže patří například kyselina p-hydroxybenzoová, kyselina vanilinová, kyselina p-kumarové, kyselina ferulová, ale i další alkaloidy, fenolové kyseliny, flavonoidy a terpenoidy (Chung et al. 2001). Posklizňových zbytků rýže se dá využít k mulčování, a to nejen k regulaci plevelů alelopatickými látkami, ale i kvůli pokryvu půdy jako ochrana před erozí (Takeuchi et al. 2001).

Rýže je také zdatně schopna plevelům konkurovat. Mezi důležité kompetiční vlastnosti patří rychlý růst, výšku, typ kořenového systému a listy schopné časně zastínit plevel. Rýže je také silným konkurentem plevelů v příjmu živin (Takeuchi et al. 2001).

Slunečnice roční

Další plodinou s alelopatickými vlastnostmi je slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.), která obsahuje seskviterpenické laktony a inhibuje růst plevelů jako jsou například durman obecný (*Datura stramonium* L.) nebo hořčice rolní (*Sinapis arvensis* L.). Studie poukázaly na fakt, že na pozemcích, kde se pěstuje slunečnice roční je plevel redukován prakticky stejně, ať už byly aplikovány herbicidy nebo ne. Během biologických zkoušek bylo prokázáno, že seskviterpenické laktony inhibují růst rostlin v koncentraci přibližně 10^{-3} M (Niedebová 2007).

Žito ozimé

Žito je schopno alelopatie díky sekundárním metabolitům, kterými jsou látky zvané benzoxazinoidy. Tyto schopnosti žita se dají využít například v ekologickém zemědělství, kde se *Secale cereale* (L.) používá jako krycí plodina a také jako mulč. Podle O'Briena (2019) po sečení a přikrytí povrchu půdy žito jednak vypouští metabolity působící na plevel inhibičně, ale také bere plevelným rostlinám světlo.

Mezi benzaoxazinoidy, které nalezneme v *Secale cereale* podle Brooksové (2008) patří například 2,4-dihydroxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-on (DIBOA), 2-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-one (HBOA) a benzoxazilin-2-on (BOA). Przepiorkowski a Gorski (1994) uvádějí, že hlavní výhoda alelopatik z žita spočívá v tom, že jsou účinné proti plevelům s rezistencí na triazin, jako jsou například ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), vrbovka žláznatá (*Epilobium ciliatum* Raf.) a turanka kanadská (*Conyza canadensis* L.).

3.2.2.2.3. Meziplodiny s alelopatickými vlastnostmi

Alelopatické schopnosti meziplodin Jabran et al. (2015) připisuje rostlinám, jako jsou pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench.), jetel nachový (*Trifolium incarnatum* L.), hořčice bílá (*Sinapis alba* L.), hořčice černá (*Brassica nigra* L.), ředkev setá-olejná (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferormis*), vikev huňatá (*Vicia villosa* Roth.) apod.

Hořčice bílá

U hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) popisuje Brant (2019), že alelopatica jsou uvolňována jak z poškozené či umrtvené rostliny, tak i (a to ve větším množství) z meziproductů rozkladu biomasy díky působení půdní mikroflóry. Alelopatické působení spolu s působením rozkladu bylo využito například při pěstování kukuřice, kdy hořčice, může mít úlohu buď jako podsev, anebo jako předplodina.

Hořčice černá

Extrakty z hořčice černé (*Brassica nigra* L.) mají inhibující účinky na travnaté plevele jako například oves hluchý (*Avena fatua* L.), u kterého je inhibováno klíčení a růst (Turk & Tawaha 2003). Extrakt z nekulturní *Brassica juncea* (L.) Czern. var. *Ensabi* má prokázané inhibiční účinky na ježatku kuří nohu (*Echinochloa crus-galli* L.), u které je inhibován růst kořene i stonku (Toosi & Baki 2011).

3.2.2.3 Parazitismus

Parazitismus se dá definovat jako vztah, ve kterém jeden účastník, zvaný parazit, využívá dalšího účastníka, takzvaného hostitele, jako zdroj potravy a v některých případech v živočišné říši i jako své životní prostředí. Tento vztah může nastat mezi dvěma populacemi živočichů, mezi živočichem a rostlinou, houbou a rostlinou, ale i mezi rostlinami nebo mikroorganismy navzájem. Parazit získává z těla hostitele všechny živiny, které potřebuje pro své přežití. Jedná se o vztah, který je pro parazita pozitivní a pro hostitele negativní (Laštůvka & Krejčová 2000).

Parazitické druhy rostlin řadíme mezi heterotrofní organismy, patří sem kolem 4 500 druhů patřících zhruba do 270 rodů, které jsou zařazeny do 19 čeledí krytosemenných rostlin (Štech et al. 2010).

Do hostitelských rostlin pronikají tyto parazité haustorii, což jsou specializované útvary parazitických rostlin. Haustorium může vznikat nejen v pozici kořene, ale vzácně i v pozici stonku. Tento útvar slouží k napojení na vodivá pletiva hostitelské rostliny a následném čerpání pro parazita potřebných zdrojů. Dospělá haustoria nejčastěji vypadají jako zduřelé oblé struktury pevně připojené k hostitelské rostlině. Část haustorii, která proniká do hostitele, se nazývá endofyt. Endofyt se napojuje na cévní svazky hostitele a zajišťuje fyziologické spojení obou účastníků interakce (Štech et al. 2010).

Přes různé strukturální a funkční rozdílnosti u různých parazitických rostlin vykazují haustoria (až na výjimky) nápadně podobnou stavbu, a to i napříč nepřibuznými skupinami rostlin. Většina rostlin, která parazituje přímo na svých hostitelích prošla redukcí kořenového systému a vyvinula právě haustoria (Těšitel 2010).

Většina rostlin má haustoria, která se na povrchu skládají z jedné až dvou vrstev parenchymatické pokožky. Nejdůležitější funkční struktura haustorii jsou vodivá pletiva. Vodivá pletiva tvoří mohutné cévní jádro, které se nachází ve větší vzdálenosti od hostitele. Z tohoto cévního jádra vybíhají paprsky sekundárního xylému (popř. i floému) ve směru k cévním svazkům hostitele a tvoří tak můstek vodivých pletiv, díky kterému je parazitické rostlině umožněno z hostitele čerpat živiny. Haustoria dělíme na primární a sekundární. Primární haustoria vytváří klíčící parazitická rostlina již na počátku vývoje, aby mohlo ihned docházet k napojení na hostitele a následnému odčerpávání jeho živin. Sekundární haustoria jsou vytvořena až v průběhu vývoje, a to na již vzniklém kořenovém systému parazita. Některé parazitické rostliny mohou vytvářet jak haustoria primární, tak haustoria sekundární (např. *Alectra vogelii* Benth.) (Těšitel 2010).

Ke germinaci semen parazitických rostlin dochází pouze po přijetí signálů, které vyvolají stimulatory klíčení nacházející se v půdě (Dvořáková Vaněk 2015).

Parazitické rostliny se dají členit podle různých vlastností. Například se člení podle toho, zda jsou schopny fotosyntézy. Pokud mají schopnost fotosyntézy, mluvíme o hemiparazitech, ale pokud tuto schopnost nemají, pokládáme je za holoparazity (podle tohoto členění se bude dále odvíjet tato podkapitola). Dále je lze rozlišovat podle místa na hostiteli, kam cílí haustoria. Podle toho parazity dělíme na kořenové, kam patří cca 60 % parazitických rostlin a parazity stonkové, kam patří zbylých 40 %. Parazitické rostliny se také člení podle míry jejich závislosti na hostiteli a jejich specializaci. Podle těchto kritérií parazitické druhy dělíme na parazity fakultativní a obligátní. Fakultativní druhy jsou schopny za určitých podmínek dokončit celý svůj životní cyklus, aniž by k tomu potřebovali hostitelskou rostlinu. V přírodě je však tento jev poměrně raritní. Obligátně parazitické rostliny jsou naproti tomu na svého hostitele vázány až tak úzce, že bez jeho přítomnosti zahynou (Štech et al. 2010).

Mezi hostitele mohou patřit nejen rostliny krytosemenné, ale také rostliny nahosemenné. Některé druhy současně parazitují na různých hostitelích z různých čeledí, jiné druhy však jsou vázány jen na jednoho specifického hostitele. Obecně platí, že kořenový parazité bývají méně specializovaní, co se výběru hostitelů týče než parazité stonkovi. Ne každá hostitelská rostlina je však pro parazita dobrým hostitelem, některé jsou pro danou parazitickou rostlinu vhodnější, jiné méně. V našich podmínkách jsou například pro parazitické rostliny vyskytující se na loukách nejvýhodnějšími hostiteli zástupci z čeledi *Fabaceae* a *Poaceae*. Vztahy mezi hostitelem a parazitem jsou mnohdy komplikovanější a důležitou roli hraje i koevoluce obou účastníků této interakce. V některých případech jeden druh parazita roste na určité lokalitě pouze na jednom druhu rostliny, zatímco co na jiném území tento parazitický druh interaguje s hostitelem druhu jiného (Štech et al. 2010).

3.2.2.3.1. Holoparazitismus

Holoparazité neboli též parazité úplní nemají schopnost fotosyntézy, takže krom vody a minerálních látek odebírají hostitelům i asimiláty fotosyntézy (Jelínek & Zicháček 2014). Řadíme je mezi obligátně parazitické rostliny. Typické pro úplné parazity jsou primární haustoria, takže jsou schopny získávat živiny z rostliny již na začátku svého vývoje (Těšitel 2010).

U pozdějších druhů holoparazitů platí, že jejich anatomie haustorii připomíná obecnou stavbu jen u některých druhů. Evolučně původní holoparazité jsou na obecnější popis haustorií

vhodnější. Tito holoparazité kvůli absenci vlastní fotosyntetické aktivity mají schopnost získávat organické látky z floému, který obsahuje velké množství transportních cukrů. Napojení na floém je však složitější než napojení na xylém. Sítkovice ve floému rychle ztrácejí svoji funkci, pokud jsou mechanicky narušeny, takže holoparazité mají vyvinuto takové napojení, které umožňuje efektivní přenos živin a zároveň nepoškozuje hostitelské sítkovice. Mimo to všichni holoparazité čerpají živiny a vodu z xylému, na který jsou též napojeni (Těšitel 2010).

Patří sem asi 20 % parazitických rostlin. Mezi takovéto rostliny řadíme například podbílek šupinatý (*Lathraea squamaria* L.) parazitující převážně na kořenech listnatých stromů. Z plevelů sem patří například kokotice (*Cuscuta spp.*), které napadají nejčastěji zástupce čeledi *Asteraceae*. Dalšími zástupci plevelů jsou záraza větevnatá (*Orobanche ramosa* L.), či záraza menší (*Orobanche minor* Smith) (Laštůvka & Krejčová 2000; Benešová 2013).

Kokotice ladní

Jednoletá parazitická rostlina kokotici ladní (*Cuscuta campestris* Yunck.) z čeledi *Convolvulaceae* je rozšířená převážně v Severní Americe. V České republice je v současnosti spíše vzácná, dá se nalézt na území Moravy. Na konci devadesátých let představovala svým šířením nebezpečí pro pěstované jeteloviny ve Slovenské republice (Jehlík 1998).

Krom jetelovin parazituje kokotice také na rajčeti jedlém (*Lycopersicon esculentum* Mill.), paprice roční (*Capsicum anuum* L.), bramboru obecném (*Solanum tuberosum* L.) řepě cukrovce (*Beta vulgaris* L. sub. *Altissima*) a dalších plodinách. Kolem nadzemní části svého hostitele ovijí svoji lodyhu a z té potom produkuje haustoria kterými proniká do xylému a floému cévních svazků, jedná se tedy o stonkového holoparazita (Orkic et al. 2019). Podle Mishry et al. (2007) nově vyklíčení jedinci kokotice přežijí bez přítomnosti hostitele až 8 dní.

Podle jednoho z měření ztrát (u této rostliny byla měření ztrát na výnosech celkem raritní záležitost) na výnosech tolíce vojtěšky způsobené kokotici ladní se vyčísly až na 57 % (Parker & Riches 1993). Mishra et al. (2007) provedli srovnání škodlivosti kokotice v různých plodinách pěstovaných v Indii a došli k následujícím hodnotám: ztráty na výnosech u masťáku habešského (*Guizotia abyssinica* L.f.) dosáhli 85,9 %, u viny zlaté (*Vigna radiata* L.) 81,6 %, u sezamu indického (*Sesamum indicum* L.) 67 %, u sóji luštinaté (*Glycine max* L.) 48 % a u podzemnice olejné (*Arachis hypogaea* L.) 17,8 %. U rýže a viny čínské (*Vigna unguiculata* L.) k žádným ztrátám nedošlo.

Kokotice povázka jetelová

Kokotice povázka jetelová (*Cuscuta epithimum* L. var. *trifolii*) je jednoletá rostlina z čeledi *Convolvulaceae*. Vyskytuje se především v teplejších oblastech a rozšiřuje se nejčastěji osivem jetelovin. Z hostitele přijímá živiny stejným stylem jako kokotice ladní a to zejména na jeteli lučním (*Trifolium pratense* L.), vojtěšce seté (*Medicago sativa* L.), čočce jedlé (*Lens culinaris* Medik.), úročníku bolhoji (*Anthyllis vulneraria* L.), štírovníku růžkatém (*Lotus corniculatus* L.), ale též se vyskytuje i na košťálové zelenině či na plevelích jetelovin, jako je například jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata* L.), bodlák kadeřavý (*Carduus crispus* L.), šťovík menší (*Rumex acetosella* L.) a přeslička luční (*Equisetum pratense* Ehrh.) (Frolíšek 1981).

Zárafa menší

Zárafa menší (*Orobanche minor* Smith.) je nezelená dvouletá parazitická bylina preferující subatlantické až atlantické klima. Jedná se o rostlinu, která parazituje na kořenech hostitele. Jehlík (1998) uvádí, že se zárafa nejčastěji vyskytuje v oblastech mírně teplých (střední a východní Čechy) až mírně chladných (Slezsko). Najdeme ji často na půdách, kde se nachází jetele, její hostitelské rostliny, které preferují mírně kyselou až neutrální reakci půdy. V našich podmínkách mezi hostitelské rostliny patří jetel luční (*Trifolium pratense* L.), jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum* L.) a jetel plazivý (*Trifolium repens* L.). Ve světě je parazitem luskovin, zelenin, řepky (Holm et al. 1979, 1997) tabáku, slunečnice a světlíce (Parker 1992).

Zárafa větvnatá

Jednoletá bylina zárafa větvnatá (*Orobanche ramosa* L.) pochází z čeledi *Orobanchaceae*. Tato zárafa, stejně jako výše zmíněná zárafa menší (či další druhy) má haustoria vybavena dokonalým „mechanismem“ který umožňuje mezidruhové spojení sítkovic sítkem, a tak uskutečňuje velmi účinný přenos živin z floému kořene. Sítkovice hostitele vytvoří po kontaktu se sítkovicí haustoria tzv. sekundární sítko. Tím je umožněn transport živin do floému parazita úplně stejně, jako by šlo o transport mezi dvěma normálními sítkovicemi v jedné rostlině (Těšitel 2010).

Zárafa větvnatá parazituje především na tabáku viržinském (*Nicotiana tabacum* L.), můžeme ji ovšem spatřit škodit i u hostitelů z čeledi lilkovitých, jako je rajče jedlé (*Lycopersicon esculentum* Mill.), lilek brambor (*Solanum tuberosum* L.) a na paprice roční (*Capsicum anuum* L.). V minulosti byla tato zárafa důležitým plevel konopí setého (*Cannabis sativa* L.). McPartland (1996) uvádí, že L.H. Dewey v roce 1914 označoval zárafu větvnatou za jediného vážného nepřítele konopí. Barloy & Pelhate (1962) pokládali kombinaci *Orobanche ramosa* a *Fusarium solani* za největší hrozbu pěstovaného konopí ve Francii.

Parker a Riches (1993) uvádějí, že podle jejich zkoumání se ztráty u tabáku a rajčat pohybovaly přibližně okolo 30 %. Podle Babikera et al. (2007) byli zárafou větvnatou velmi silně postiženy dvě Nilské oblasti: Gezira (Nilský ostrov patřící Káhiře) a Chartúm (hlavní město Súdánské republiky), kde se ztráty brambor a rajčat pohybovaly až v rozmezí 80-100 %. Velká zásoba semen zárafy v půdě způsobily přerušování pěstování brambor a rajčat v úrodném Nilském údolí.

3.2.2.3.2. Hemiparazitismus

Pro hemiparazity (též poloparazity) platí, že jsou schopni fotosyntézy, takže z hostitele čerpají minerální živiny a vodu, ale nevysávají žádné asimiláty, jako tomu je u holoparazitů. Patří sem asi 80 % parazitických rostlin (Štech et al. 2010). Některé tyto rostliny jsou fakultativní parazité (například všechny hemiparazitické rostliny z čeledi *Orobanchaceae* vyskytující se na našem území). Jiné jsou zase obligátně parazitické, jako stonkoví poloparazité a řada kořenových poloparazitů, včetně zástupců tropických rodů *Striga* a *Alectra*. Dále také platí, že hemiparazitické druhy jsou méně specializovaní, co se výběru hostitele týče než druhy holoparazitické. Z evolučního hlediska holoparazitismu předcházeli hemiparazitismus (Těšitel 2010).

Všichni poloparazité jsou haustorii napojeni pouze na xylém. Podle Těšitele (2010) se obsah xylému do parazita může dostat více způsoby, například:

- Transport přes buněčnou stěnu cév, která je propustná pro vodu, malé molekuly a ionty. Jedná se o jednodušší způsob.
- Napojení s přímou cévní kontinuitou, která probíhá skrze oskula (malé trubičkovité útvary vnořené do cév hostitele). Transport obsahu xylému je poháněn negativním vodním potencionálem, probíhá pasivně a neselektivně. Tento způsob se vyvinul z prvního výše zmíněného způsobu.

Nejznámějším zástupcem hemiparazitů je s Vánocemi spjaté jmelí bílé (*Viscum album* L.). Mezi plevelné poloparazity patří například černýš rolní (*Melampyrum arvense* L.), černýš hajní (*Melampyrum nemorosum* L.), černýš lesní (*Melampyrum sylvaticum* L.), kokrhel menší (*Rhinanthus minor* L.) a rostliny rodu *Striga* spp.

Alectra vogelii

Alectra vogelii (Benth.) je zahraničním zástupcem hemiparazitických rostlin z čeledi *Orobanchaceae*. Jedná se o jednoletou rostlinu, která parazituje na kořenech luštěnin, především na podzemnici olejné, sóji, vigně zlaté, vigně čínské, vigně podzemní a fazolu obecném. Tato rostlina má jak primární, tak sekundární haustoria (Těšitel 2010). *Alectra vogelii* je vážným problémem subsaharských pěstitelů luštěnin v zemích, jako jsou například Nigérie, Malawi, Zimbabwe, Tanzanie, Keňa, Etiopie, Sierra Leona a dalších.

Zpozorované ztráty na výnosech vigny podzemní na jihu Afriky se pohybovaly v rozmezí 30-50 % (Beck 1987), dále pak byly zpozorovány ztráty odhadované na 15 % na podzemnici olejné v Nigérii (Salako 1984). V Tanzanii byly ztráty na vigně čínské odhadovány na 50 % (Mbwaga et al. 2000).

Černýš rolní

Jednoletá rostlina černýš rolní (*Melampyrum arvense* L.) z čeledi *Orobanchaceae* byla dříve v České republice hojným parazitem obilnin, dnes se vyskytuje spíše vzácně (Štech et al. 2010). Tato rostlina má vyvinuta pouze sekundární haustoria (Těšitel 2010).

Po vyklíčení pomocí haustorií proniká do cévních svazků kořene hostitele a vstřebává z něj živiny. Jako plevel v obilninách kromě vysávání živin z hostitelských rostlin škodil i při zpracování obilí a to tím, že jeho semena mouku znehodnotila tak, že měla tmavou barvu a hořkou chuť. Další způsob, jak černýš může škodit zemědělcům je otrava hospodářských zvířat, u kterých, pokud pozřou semena, hrozí intoxikace jedovatým glykosidem aukubinem (Kocián 2010).

Kokrhel menší

Tento významný parazit latinsky zvaný *Rhinanthus minor* (L.) je dalším zástupcem z čeledi *Orobanchaceae*. Tato jednoletá rostlina svými haustorii proniká do cévních svazků kořene hostitelských rostlin. Stejně jako černýš rolní má vyvinuta pouze sekundární haustoria (Těšitel 2010). Hostiteli kokrhele menšího jsou druhy z čeledí *Poaceae*, *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* aj. Na celém území České republiky roste hojně, vzácnější je pouze v oblastech, kde je nedostatek vhodných stanovišť. Roste na loukách, pastvinách, v lesních

lemech a podél cestních okrajů. Vzácně může růst v polních kulturách jako plevel. Vyskytuje se na rozmanitých podkladech, ale upřednostňuje půdy chudé na živiny s bohatou zásobou humusu (Dorušková 2008).

Strigy

Mezi významné zahraniční poloparazitické rostliny patří zástupci rodu *Striga*. Řadíme je mezi obligátní parazity. Tyto rostliny vytváří primární haustoria, jsou tedy schopná hned po vyklíčení se napojit na kořeny hostitelské rostliny. Tyto plevele řadíme do čeledi *Orobanchaceae* a jsou rozšířené v Asii, Africe či v Austrálii. Patří mezi parazity plodin, jako jsou proso, čirok, kukuřice, rýže nebo luštěniny (Dvořáková & Vaněk 2015).

Striga se dozvídá, že je poblíž vhodná hostitelská rostlina a je vhodný čas na vyklíčení díky látkám, zvaným strigolaktony. Strigolaktony jsou seskviterpenoidní laktony biogeneticky příbuzné karotenoidům, které vypouštějí hostitelské rostliny. Krom rostlin rodu *Striga* fungují jako stimulatory klíčení i u výše zmíněných plevelů rodu *Orobanche*. Při regulaci plevelů rodu *Striga* (i holoparazitického rodu *Orobanche*) se dá využít tzv. sebevražedné klíčení, kdy se pomocí stimulatorů klíčení v půdě nechají semena parazita vyklíčit ještě dřív, než se na pozemku začne pěstovat plodina, která by fungovala jako hostitel. Tato metoda funguje díky tomu, že napojení vyklíčených rostlin na hostitelskou rostlinu musí proběhnout v rozmezí několika dnů, jinak vyklíčené semeno parazitické rostliny zahyne (Dvořáková & Vaněk 2015).

Mezi nejznámější strigy patří *Striga asiatica* (L.), *Striga gesnerioides* (Willd.) a *Striga hermonthica* (Delile).

Striga asiatica

Tento druh strigy je v některých zahraničních státech významným plevem na polních plodinách z čeledi *Poaceae*, jako jsou například: kukuřice, čirok, rýže a cukrová třtina. Jedná se o jednoletou rostlinu. Kořeny hostitelské rostliny jsou napadeny haustorii o průměru menším než 1 mm. *Striga* je vážným problémem v zemích jako Pákistán, Malawi, Tanzanie, Togo, Zimbabwe, Zambie, Botswana, Indie či Madagaskar (Parker 2016).

Například v Malawi běžné ztráty na výnosech způsobené tímto plevem na zamořených územích byly odhadovány na 28 %, celostátně byly tyto ztráty odhadovány na 4,5 % (Kroschel et al. 1996). Podle studie proběhlé v Indii, kde se zkoumal pokles výnosu u čiroku se průměrné ztráty během období dešťů odhadovaly na 17,5 %. Po skončení období dešťů se průměrné ztráty na výnosu čiroku odhadovaly na 25,2 %. Potencionální ztráty však činily až 98,6 % výnosu (Rao et al. 1989).

Striga gesnerioides

Tento druh strigy patří mezi jednoleté a příležitostně i trvalé rostliny. Obvykle parazituje na čeledích *Euphorbiaceae* nebo *Fabaceae*. Z plodin napadá nejčastěji indigovník, slunečnici (v USA), vignonu čínskou (v severní Africe) či koželusky (Parker & Riches 1993). Nejdůležitějším hostitelem této strigy je právě vignon čínský, anglicky zvaná cowpea, díky které i tato striga dostala svůj anglický název „cowpea witchweed“.

Při pokusu na ztrátách výnosu vignonu čínské v Kamboinsé (ve státě Burkina Faso) se ukázalo, že běžné ztráty způsobené tímto plevem se pohybují okolo 30 % avšak u citlivějších odrůd docházelo i ke ztrátám v hodnotě 56 % (Aggarwal & Ouedraogo 1989).

Striga hermonthica

Tato jednoletá rostlina se vyskytuje hlavně v Africe (například Burkina Faso, Nigerie, Mali, Senegal, Togo, Súdán, Uganda), ale také v Jemenu. Podobně jako například *Rafflesia cantleyi* je tato striga schopna „krást geny“. Bylo prokázáno, že jeden gen této strigy pochází z čiroku a jemu příbuzných druhů (Guo et al. 2018). Mezi nejčastější hostitele mezi plodinami patří právě čirok, kalužnice křivoklasá, cukrová třtina a dochan klasnatý, hostitelem se ale může stát i rýže nebo kukuřice (Grulich 2013).

Podle Sauerborna et al. (1991) je tento druh strigy nejškodlivějším plevem v Africe, kde až 5 milionů hektarů plodin (jako například čirok, kukuřice, kalužnice) podlehnou tomuto parazitovi, a to pouze v severní Africe. Celkové škody na výnosu čiroku v severní Ghaně byly odhadovány až na 21 %, dále má tato striga na svědomí ztrátu na výnosech v hodnotě 10 % na obilninách v Nigérii, přičemž je plevem obilnin i v Gambii (8 % ztrát) a Beninské republice (6 % ztrát).

Při pokusech, kdy byl zkoumán vliv této strigy na ztráty na výnosech kukuřice provedených v Nigérii došlo při všech čtyřech provedení polního pokusu ke ztrátám v průměru 67,6 % (Kim et al. 2002). Další údaje o ztrátách jsou vyjádřeny v Tabulce 6 podle Dase & Padmaji (2016).

Tabulka 6: údaje o ztrátách na výnosech způsobených *S. hermonthica* v různých plodinách

Plodina	Ztráty na výnosech v %
Čirok	15–83
Dochan klasnatý	55
	35–90
	31–46
	16–94
	40
	46
Kaluznice křivoklasá	55–61
	5–70

3.2.2.3.3. Obrana hostitelských rostlin proti parazitickým rostlinám

Některé rostliny jsou schopny se parazitickým rostlinám bránit. Využívají toho, že haustorium je zranitelný a citlivý orgán. Hostitelská rostlina v některých případech může blokovat přenos živin, nebo dokonce zabránit celému vývoji haustoria (Těšitel 2010).

Rozlišujeme dva typy obrany: dynamickou a statickou. Obrana dynamická může být autonomní, sem řadíme reakce jako je tvorba odpovídajícího korkového pletiva kolem místa infekce, anebo intenzivní nekróza pletiv kolem místa napadení. Dynamická obrana může být také indukovaná, tím rozumíme vytváření antigenů, antitoxinů atd. (Jirout 2004).

Do statické obrany (strukturální adaptaci) řadíme části rostlinného těla, které mohou sloužit obraně jako jsou tlustá kutikula a trichomy. Dále sem řadíme ukládání suberinu, ligninu, SiO₂ a látek alelopatické povahy do buněčné stěny a do různých částí pletiv (Jirout 2004). Příkladem může být třeba plevelná rostlina jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), která reaguje na endofyt kokrhle menším zesílením buněčných stěn, kterou zvyšuje impregnací ligninem a suberinem (Těšitel 2010).

4 Závěr

Cílem této práce bylo zpracovat literární přehled z tuzemských i zahraničních zdrojů na téma „Vzájemné interakce mezi plodinami a plevely“. V práci byly popsány pozitivními i negativními vztahy v agrofytocenózách, Krom nejčastěji studovaných konkurenčních vztahů byly zde popsány i další dvě negativní interakce, a to sice alelopatie a parazitismus. V kapitole zabývající synergismem byl popsán komenzálismus, ale také možný pozitivní vliv plevelných rostlin na zemědělskou půdu a tím nepřímo i na následně pěstované plodiny. Krom toho také v této kapitole jsou popsány mutualistické vztahy, které rostliny navazují s houbami či bakteriemi, a to za účelem seznámení se s touto problematikou, jelikož se v dalších kapitolách s některými popsány pojmy dále pracovalo.

Dále zde byly uvedeny vlivy různých druhů plevelných rostlin na zemědělskou produkci. U mnoha příkladů konkurenčních, alelopatických či parazitických rostlin zde byly uvedeny zaznamenané ztráty na výnosech, pokud šla dohledat ověřitelná data. Právě ona data popisující ztráty na výnosech ukazují, jak důležitými negativními činiteli jsou plevelné rostliny pro zemědělství.

V podkapitole zabývající se konkurencí a alelopatií byly popsány vztahy mezi plevely a plodinami, které jsou běžně součástí našich agrofytocenóz. Byly zde popsány konkurenční schopnosti v České republice nejpěstovanějších plodin z obilnin, olejnin, širokořádkových plodin a píce. V každé z těchto skupin je více či méně rozdílné spektrum škodlivých plevelných rostlin. Každá plodina je také jinak konkurenčně schopná. Krom konkurenčních schopností plodiny je však důležitá vyrovnanost a zdraví porostu či agrotechnika. Například dobře zapojené porosty řepky či pšenice jsou proti plevelům konkurenčně schopné.

V podkapitole „Parazitismus“ byl brán zřetel také na zahraniční plevele, protože v České republice se tyto plevele vyskytují spíše vzácně a na zemědělství nemají vliv. Situace je však naprosto rozdílná v Africe či v Asii, kde parazitické plevele stále způsobují významné ztráty na výnosech.

Co se nedostatku informací týče, tak u alelopatických meziplodin byl problém najít kvalitní zdroje informací, proto byly v této podkapitole probrány pouze hořčice bílá a hořčice černá. Také u některých našich konkurenčních plevelů nešlo dohledat data o ztrátách na výnosech (např. *Veronica persica*, *Viola arvensis*).

5 Literatura

- Aggarwal VD, Ouedraogo JT. 1989. Estimation of cowpea yield loss from *Striga* infestation. *Tropical Agriculture* **66**(1):91-92.
- Ahn JK, Chung IM. 2000. Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of barnyardgrass. *Agronomy Journal* **92**: 1162–1167.
- Aphalo PJ, Ballaré CL, Scopel AL. 1999. Plant-plant signalling, the shade-avoidance response and competition. *Journal of Experimental Botany* **50**:1629-1634.
- Babiker AGT, Ahme EA, Dawoud DA, Abdrella NK. 2007. *Orobanch*e species in Sudan: history, distribution and management. *Sudan J. Agric* **10**:107–114.
- Bailey WA, Askew SD, Dorai-Raj S, Wilcut JW. 2003. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production dynamics in cotton. *Weed Science* **57**:94–101.
- Bakhshayeshan-Agdam H, Salehi-Lisar SY, Motafakkerazad R, Talebpour A, Farsad N. 2015. Allelopathic Effects of Different Organs of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) on Cucumber and Wheat Plants. *Journal of Agricultural Science and Technology* **5**: 678-685.
- Balasubramanian P, Palaniappan SP. 2004. Principles and Practices of Agronomy. Agrobios Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi.
- Barloy J, Pelhate J. 1962. Preliminary observations on the parasites and diseases of hemp in Anjou. *Ann. Epiphyties*.
- Baziramakenga R, Leroux GD. 1998. Economic and interference threshold densities of quackgrass (*Elytrigia repens*) in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* **46**:176–180.
- Beck BDW. 1987. The effect of *Alectra vogelii* Benth. on the yield of njugo beans (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Pages 79-82 in Chr. Weber H, Forstreuter W, editors. Parasitic Flowering Plants. Phillips University, Marburg, Germany.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Olomouc.
- Benešová M. 2013. *Odmaturuj! z biologie 2., přeprac. vyd. Didaktis, Brno*.
- Bensch CN, Horak MJ, Peterson D. 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. *Weed Science* **51**:37–43.

Best KF, McIntyre GI. 1975. The Biology of Canadian weeds: 9. *Thlaspi arvense* L. . Canadian Journal of Plant Science **55**:279-292.

Bhatt JR, Singh JS, Singh SP, Tripathi RS, Kohli RK. 2011. Invasive alien plants: An ecological appraisal for the Indian subcontinent. Page Invasive Alien Plants: An Ecological Appraisal for the Indian Subcontinent.

Black ID, Matic R, Dyson CB. 1994. Competitive effects of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in wheat, barley and field peas. Plant Protection Quarterly **9**:12-14.

Blackshaw RE, Anderson GW, Dekker J. 1987. Interference of *Sinapis arvensis* L. and *Chenopodium album* L. in spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Weed Research **27**:207–213.

Bonanomi G, Legg C, Mazzoleni S. 2005. Autoinhibition of germination and seedling establishment by leachate of *Calluna vulgaris* leaves and litter. Community Ecology.

Bosak P, Mod S. 2000. Influence of different weed species on sugar beet yield. *Novenytermeles* **49**:571-580.

Bosnic, A., & Swanton, C. (1997). Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays*). *Weed Science* **45**:276-282.

Bouhaouel I, Gfeller A, Fauconnier ML, Rezgui S, Slim Amara H, du Jardin P. 2015. Allelopathic and autotoxicity effects of barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) root exudates. *BioControl* **60**:425–436.

Brant V. 2019. Využití pomocných plodin v pěstebních technologiích. Česká technologická platforma pro zemědělství. Available from: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/vyuziti-pomocnych-plodin-v-pestebnich-technologiich-864> (accessed February 2020).

Brooks, A. M. (2008). Allelopathy in rye (*Secale cereale*).

Brückner DJ, Lepossa A, Herpai Z. 2001. Ragweed allelopathy: Indirect interactions. *Parlagfu-allelelopätia: Közvetett kölcsönhatások. Novenytermeles* **50**:231-236.

Burda S, Oleszek W. 2004. Allelochemicals isolated from Canada thistle shoots. *Allelopathy Journal* **14**:23-33.

Castillo J, Ahrens WH. 1986. Wild oat competition in no-till and conventional tillage corn. Wild oat competition in no-till and conventional tillage corn.

Chikoye D, Weise SF, Swanton CJ. 1995. Influence of Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) Time of Emergence and Density on White Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* **43**:375-380.

Costea M, Weaver SE, Tardif FJ. 2004. The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. hybridus* L. *Canadian Journal of Plant Science* **84**:631-668.

Chung IM, Ahn JK, Yun SJ. 2001. Identification of allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa* L.) straw and their biological activity. *Canadian Journal of Plant Science* **81**: 815–819.

Český statistický úřad. 2019. Available from https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/pdfExport?typExp=pdf&page=vystupobjekt&z=T&f=TABULKA&pvo=ZEM02A&skupId=346&katalog=30840&&evo=v533_!_ZEM02A-2019_1&str=v443&kodjaz=203 (accessed march 2020)

Das IK, Padmaja PG. 2016. Biotic stress resistance in millets. Elsevier/AP, Academic Press is an imprint of Elsevier, Boston.

Dhima K V., Vasilakoglou IB, Eleftherohorinos IG, Lithourgidis AS. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science* **46**:345-352.

Dorušková V. 2008. *Cirsium arvense* (L.) Scop. – pcháč rolní (oset) / pichliáč roľný |BOTANY.cz. Available from <https://botany.cz/cs/cirsium-arvense/> (accessed december 2019).

Dorušková V. 2008. RHINANTHUS MINOR L. – kokrhel menší / štrkáč menší |BOTANY.cz. <https://botany.cz/cs/rhinanthus-minor/>

Douglas BJ, Morrison IN, Thomas AG, Maw MG. 1985. The biology of Canadian Weeds.: 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science* **65**:669-690.

Dvořák J, Smutný V. 2003. Herbologie-Integrovaná ochrana proti polním plevelům. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, V Brně.

Dvořáková M, Vaněk T. 2015. Strigolaktony–struktura a funkce v rostlinách. *Chemické listy*. **109(10)**, 762-769. Novotného lávka 5, Praha.

Evanylo GK, Zehnder GW. 1989. Common ragweed interference in snap beans at various soil potassium levels. *Applied Agricultural Research* **4**:101-105.

Friesen G, Shebeski LH. 1960. Economic losses caused by weed competition in Manitoba grain fields. I. Weed species, their relative abundance and their effect on crop yields. *Canadian Journal of Plant Science* **40**:457-467.

- Frolíšek M. 1981. Plevelé jako hostitelé kokotice jetelové (*Cuscuta trifolii*). *Preslia*, **53**: 323-328. Praha.
- Gerhards R, Massa D. 2011. Two-year Investigations on Herbicide-Resistant Silky Bent Grass (*Apera spica-venti* L. Beauv.) Populations in Winter Wheat-Population Dynamics, Yield Losses, Control Efficacy and Introgression into Sensitive Population. *Gesunde Pflanzen* **63**:75.
- Graf B, Hill JE. 1992. Modelling the competition for light and nitrogen between rice and *Echinochloa crus-galli*. *Agricultural Systems* **40**:345-359.
- Grulich V. 2013. *Striga Hermonthica* (Delile) Benth. Botany. Available from: <https://botany.cz/cs/striga-hermonthica/> (accessed January 2020).
- Guiqi W, Xian X, Jianping W. (2011). Effects of different density of *Flaveria bidentis* on the growth and yield of cotton. *Plant Protection* **37**:84–86.
- Guo L, Qiu J, Li LF. 2018. Genomic Clues for Crop-Weed Interactions and Evolution. *Trends in Plant Science* **23**(12): 1102-1115.
- Gyenes V, Béres I. 2006. The allelopathic potential of common dandelion (*Taraxacum officinale* WEB.). *Page Journal of Plant Diseases and Protection, Supplement*.
- Havel J. 2019. Integrovaná ochrana máku – zakládání porostu, regulace plevelu a škůdců. *Agromanuál*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/integrovana-ochrana-maku-zakladani-porostu-regulace-plevelu-a-skudcu> (accessed February 2020).
- Hendrix SD, Nielsen E, Nielsen T, Schutt M. 1991. Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass on seedling growth in *Pastinaca sativa* L. *New Phytologist* **119**:299-305.
- Hodgson JM. 1955. Canada thistle control with cropping, and with cultural and chemical treatments. *Res. Progr. Rep. West. Weed Control Conference*, 5-6.
- Hodgson JM. 1968. The nature, ecology, and control of Canada thistle. *USDA Technical Bulletin*.
- Holec J. 2019. Invazní plevelé (6): Plevelná řepa. *Agromanuál*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevelle/invazni-plevelle-6-plevelna-repa> (accessed January 2020).
- Holec J, Jursík M. 2019. Invazní plevelé (2): Mračňák *Theophrastův*. *Agromanuál*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevelle/invazni-plevelle-2-mracnak-theophrastuv> (accessed January 2020).

- Holec J, Jursík M. 2019. Invazní plevele (3): Ambrózie peřenolistá. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/invazni-plevele-3-ambrozie-perenolista> (accessed March 2020).
- Holec J, Jursík M. 2019. Invazní plevele (5): Plevelná slunečnice roční. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/invazni-plevele-5-plevelna-slunecnice-rocni> (accessed March 2020).
- Holm LG, Doll J, Holm E, Pancho JV, Herberger JP. 1997. World Weeds: Natural Histories and Distribution.. John Wiley & Sons Inc. New York
- Holm LG, Pancho JV, Herberger JP, Plucknett DL. 1979. A geographical Atlas Of world weeds. John Wiley and Sons, New York
- Holm LG, Pancho JV, Herberger JP, Plucknett DL. 1991. A Geographic Atlas of World Weeds. Malabar, Florida, USA: Krieger Publishing Company.
- Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP. 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. University press of Hawaii.
- Hron F, Kohout V. 1988. Plevelle polí a zahrad. České Budějovice: Výstava zemědělství a výživy.
- Jabran K, Mahajan G, Sardana V, Chauhan BS. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection* **72**:57-65.
- Jabran, K. 2017. Sorghum allelopathy for weed control. In Manipulation of allelopathic crops for weed control. Springer, Cham.
- Jahodář L. 2011. Farmakobotanika: semenné rostliny Vyd. 3., upr. a dopl.. Karolinum, Praha.
- Jehlík V. 1998. Cizí expanzivní plevele České republiky a Slovenské republiky. Academia, Praha.
- Jelínek J, Zicháček V. 2014. Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část) 11. vyd.. Nakladatelství Olomouc, Olomouc.
- Jirout J. 2004. Parazitické rostliny. Katedra botaniky Jihočeské univerzity. Available from: <https://botanika.prf.jcu.cz/suspa/vyuka/populacka.php> (accessed May 2020)
- Jordan NR, Zhang J, Huerd S. 2000. Arbuscular-mycorrhizal fungi: Potential roles in weed management.
- Jursík M. 2011. Plevelle: biologie a regulace. Kurent, České Budějovice.

- Jursík M, Andr J, Holec J, Soukup J. 2013. Současné možnosti regulace plevelů v cukrovce a trendy do budoucna. *Listy Cukrovarnické a Řepařské* **129**:124-132.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice.
- Kalburtji KL, Mamolos AP. 2001. Competition between Canada thistle [*Cirsium arvense* (L.) Scop.] and faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* **186**(4):261-265.
- Kasal P, Čepl J. 2011. Možnosti regulace plevelu v bramborách. *Agromanuál*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevelu-v-bramborach> (accessed January 2020).
- Kašparová, M. 2015. Vliv alelopatických látek obsažených v biomase *Ambrosia artemisiifolia* L. na vybrané rostliny a odhad aktuálních rizik pro zemědělskou produkci. [MSc. Thesis]. MENDELU, Brno.
- Kaur S, Kaur R, Chauhan BS. 2018. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Protection* **103**: 65-72.
- Kato-Noguchi H. 2011. Barnyard grass-induced rice allelopathy and momilactone B. *Journal of Plant Physiology*.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin: polní plodiny*. Profi Press, Praha.
- Khan ML. 2004. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. *Acta Oecologica* **25**:103-110.
- Kim SK, Adetimirin VO, Thé C, Dossou R. 2002. Yield losses in maize due to *Striga hermonthica* in West and Central Africa. *International Journal of Pest Management* **48**:211-217.
- Kincl L, Kincl M, Jakrlová J. 2006. *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií4., přeprac. vyd.*. Fortuna, Praha.
- Klejdus B, Kubáň V. 1999. Rostlinné fenoly v alelopatii. *Chemické listy* **93**:243-248.
- Kocián P. 2009. Černýš rolní. *Květena ČR*. Available from <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=109> (accessed May 2019).
- Kocián P. 2012. Mračňák Theophrastův. *Květena ČR*. Available from: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=506> (accessed January 2020).

Kohout V, Škoda V. 1993. Regulace rozšíření polních plevelů nechemickými způsoby. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

Kroschel J, Mössner B, Sauerborn J. 1996. Estimating maize yield losses caused by *Striga asiatica* in Malawi. Pages 335-345 in Moreno MT, Cubero JJ, Berner D, Joel D, Musselman, LJ, Parker C, editors. Advances in Parasitic Plant Research. Proceedings VI Parasitic Weed Symposium. Cordoba.

Kulovaná E. 2001. Možnosti hubení plevelu v máku po vzejití. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/moznosti-hubeni-plevelu-v-maku-po-vzejiti/> (accessed February 2020).

Kulovaná E. 2001. Plevel v jarním ječmeni a možnost jejich regulace. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/plevele-v-jarnim-ječmeni-a-moznost-jejich-regulace/> (accessed February 2020).

Kulovaná E. 2002. Agrotechnika jarní pšenice. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/agrotechnika-jarni-pšenice/> (accessed February 2020).

Kulovaná E. 2002. Proti trávovitým plevelům v ozimé pšenici. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/proti-travovitym-plevelum-v-ozime-pšenici/> (accessed February 2020).

Kulovaná E. 2002. Zvláštnosti agrotechniky a chyby při pěstování sóji. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/zvlastnosti-agrotechniky-a-chyby-pri-pestovani-soji/> (accessed February 2020).

Kuthan A. 2016. Plevel ve slunečnici a strategie ochrany. Available from: <https://docplayer.cz/10020223-Plevel-ve-slunecnici-a-strategie-ochrany-rndr-ales-kuthan-csc.html> (accessed February 2020)

LaFantasie JJ, Enloe SF. 2011. Competitive Ability of Black Henbane (*Hyoscyamus niger*) When Grown with Three Native Grasses. *Invasive Plant Science and Management* 4:159-165.

Laštůvka Z, Krejčová P. 2000. Ekologie. Konvoj, Brno.

Linhartová A. 2016. Využití mykorrhizních hub ve školkařské produkci okrasných dřevin. [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita, Brno.

Mann HH, Barnes TW. 1945. The competition between barley and certain weeds under controlled conditions. *Annals of Applied Biology* 32:15-22.

Massinga RA, Currie RS, Trooien TP. 2003. Water use and light interception under Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and corn competition. *Weed Science* 51:523-531.

- Mbwaga AM, Kaswende J, Shayo E. 2000. A reference manual on Striga distribution and control in Tanzania. A reference manual on Striga distribution and control in Tanzania.
- McPartland, J. M. 1996. A review of Cannabis diseases. Journal of the International Hemp Association **3**:19-23.
- Melander B. 1994. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. Weed Research **34**: 99-108.
- Mennan H. 2003. Economic thresholds of *Sinapis arvensis* (Wild Mustard) in winter wheat fields. Pakistan Journal of Agronomy. **2**:34-39.
- Mikulka J, Kneifelová M, Martínková Z, Soukup J, Uhlík J.. 2005. Plevelné rostliny 2., kompletně přeprac. vyd. Profi Press, Praha.
- Mikulka J, Štrobach J. 2016. Význam předsklizňových aplikací herbicidů a jejich aplikací na strniště v systémech integrované regulace plevelů. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/vyznam-predsklizn-ovych-aplikaci-herbicidu-a-jejich-aplikaci-na-strniste> (accessed January 2020)
- Mishra JS, Moorthy BTS, Bhan M, Yaduraju NT. 2007. Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris*) and its management in niger (*Guizotia abyssinica*). Crop Protection **26**:625-629.
- Monaco TJ, Grayson AS, Sanders DC. 1981. Influence of Four Weed Species on the Growth, Yield, and Quality of Direct-Seeded Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Weed Science **29**:394-397.
- Müllerová J, Bartaloš T, Brůna, J. 2017. Metodika mapování invazních druhů pomocí dálkového průzkumu.
- Niedobová S. 2007. Fytochemický výzkum *Helianthus annuus* L. II. [MSc. Thesis]. Univerzita Karlova, Hradec Králové.
- Norris, R. 1992. Case History for Weed Competition/Population Ecology: Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Sugarbeets (*Beta vulgaris*). Weed Technology **6**:220-227.
- O'Brien, D. 2009. Why rye cover crops are great natural weed killers. Agricultural Research **57**:19-20.
- O'Donovan JT. 1991. Quackgrass (*Elytrigia repens*) Interference in Canola (*Brassica campestris*) . Weed Science **39**:397–401.

O'Donovan JT, McAndrew DW, Thomas AG. 1997. Tillage and Nitrogen Influence Weed Population Dynamics in Barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Technology* **11**:502-509.

Oliver LR, Chandler JM, Buchanan GA. 1991. Influence of Geographic Region on Jimsonweed (*Datura stramonium*) Interference in Soybeans (*Glycine max*) and Cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science* **39**:585-589.

O'Sullivan PA, Weiss GM, Kossatz VC. 1985. Indices of competition for estimating rapeseed yield loss due to Canada thistle. *Canadian Journal of Plant Science* **65**(1):145-149.

Orkic I, Stefanic E, Antunovic S, Zima D, Kovacevic V, Stefanic I, Dimic D. 2019. HOST RANGE OF FIELD DODDER (*CUSCUTA CAMPESTRIS* YUNCKER) IN SUGAR BEET FIELDS (Example from Northeastern Croatia). *LISTY CUKROVARNICKE A REPARSKE*. **135**: 198-203.

Pandey AK, Prakash V, Singh RD, Mani VP. 2002. Studies on crop-weed competition and weed dynamics in maize under mid-hill conditions of N-W Himalayas. *Indian Journal of Weed Science* **34**:63-67.

Panoc J. 2018. Vliv rozmístění živin v půdním profilu na konkurenci mezi plevely a plodinou [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita, Brno.

Parker, C. 1992. Orobanche and Alectra species in Ethiopia. Pages 53-55 in Fessehaie R, Parker C, editors. 2. Ethiopian Weed Science Workshop. Ethiopian Weed Science Committee, Addis Abeba

Parker C, Riches CR. 1993. Parasitic weeds of the world: biology and control. CAB international.

Parker C. 2016. *Striga asiatica* (witch weed). CAB international. Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/51786> (accessed May 2019).

Patočka J. 2013. Sorgoleon, bioherbicid široku. Toxicology. Available from: <http://toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=590> (accessed February 2020).

Patočka J. 2019. Deriváty juglonu v kořenech křídlatky japonské. Toxicology. Available from: <http://toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=1099> (accessed March 2020).

Peschken D, Wilkinson F, Finnamore D. 1980. Biological control of Canada thistle in Canada. Canada Thistle Symposium, Agric. Canada Regina Research Station 140-166.

- Peterson DE, Nalewaja JD. 1991. Green foxtail (*Setaria viridis*) competition with spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology*.
- Phillips W, Timmons F. 1954. Bindweed - how to control it. *Bulletin of the Kansas Agricultural Experiment Station*: 366.
- Przepiorkowski T, Gorski SF. 1994. Influence of Rye (*Secale cereale*) Plant Residues on Germination and Growth of Three Triazine-Resistant and Susceptible Weeds. *Weed Technology* **8**:744–747.
- Radosevich SR, Holt J, Ghera C. 1997. *Weed Ecology: Implications for Management*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Radosevich SR, Roush ML. 1990. The role of competition in agriculture. *The role of competition in agriculture*. 341-363.
- Rao MJV, Chidley VL, House LR. 1989. Estimates of grain yield losses caused in sorghum (*sorghum bicolor* L. moench) by *Striga asiatica* (L.) Kuntze obtained using the regression approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **25**. 139-149.
- Reinhardt CF, Meissner R, Labuschagne N. 1994. Allelopathic interaction between *Chenopodium album* L. and certain crop species. *South African Journal of Plant and Soil* **11**:45-49.
- Roder W, Eggert H, Kalamus A. 1990. Occurrence and detrimental effect of cleavers, *Galium aparine* L., in grain fields. *Nachrichtenblatt Pflanzenschutz*, **44**:253-256
- Rola H. 1987. Wild oat competition in winter and spring wheat and possibilities of their control. *Ochrona Roslin* **31**:5-6.
- Rola H, Rola J. 1983. Competition of *Apera spica-venti* in winter wheat. In *Proc. 10th Int. Congress Plant Protection (Vol. 122)*. Croydon. UK.
- Rola J. 1969. Causes and effects of weed compensation in crops.
- Řičařová V, Kazda J, Vospělová J. 2017. Možnosti pěstování řepky olejky v zemědělských podnicích s výskytem půdního patogena *Plasmodiophora brassicae*. *Česká zemědělská univerzita v Praze*.
- Salako EA. 1984. Observations on the effect of *Alectra vogelii* infestation on the yield of groundnut. *Tropical Pest Management* **30**:209–211.
- Sanchez E, Mallory-Smith C. 2009. *Aegilops cylindrica*. CAB International. Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/108330> (accessed February 2020)

- Saranghi D, Jhala A. J. 2014. Identification of Winter Annual Weeds. University of Nebraska-Lincoln Extension.
- Sauerborn J. 1991. The economic importance of the phytoparasites *Orobanche* and *Striga*. Pages 137-143 in Ransom JK, Musselman LJ, Worsham AD, Parker C, editors. Proceedings of the Fifth International Symposium of Parasitic Weeds, Nairobi,
- Shashkov VP, Kolmakov PP, Volkov ED, Trifonova LF. 1977. The influence of rhizomatous weeds in spring wheat crops on the utilization of nitrogen, phosphorus and potassium. *Agrokimiya*. **14**:57-59
- Scholes C, Clay SA, Brix-Davis K. 1995. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Effect on Corn (*Zea mays*) Growth and Yield in South Dakota. *Weed Technology* **9**: 665–668.
- Singh R, Singh V, Abhineet, Kumar N. 2019 Concepts of agronomy. Book Rivers
- Skalický M, Pulkrábek J, Hejnák V. 2008. Charakteristika plevelné řepy a regulace šíření / Characteristics of weed beet and propagation regulation. *Uroda* 2008. 33-35.
- Smutný V. 2012. Možnosti regulace plevelů v kukuřice v sušších podmínkách. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevelu-v-kukurici-v-sussich-podminkach>
- Stefureac TI, Fratulescu-Sesan T. 1979. Contributions to the study of the reciprocal action on the seeds of a plant during germination. *Studii si Cercetari de Biologie, Biologie Vegetala*, **31**:55-61.
- Šarapatka B. 2010. Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, Olomouc.
- Štech M, Jersáková J, Klimešová J, Malinová T, Těšitel J. 2010. Rostliny jako paraziti. *Živa*. Available from: <https://ziva.avcr.cz/2010-5/rostliny-jako-paraziti.html> (accessed March 2020).
- Štrobach J, Mikulka J. 2019. Oves hluchý – významný plevel nejen jarních obilnin. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/oves-hluchy-vyznamny-plevel-nejen-jarnich-obilnin> (accessed February 2020).
- Štrobach J, Mikulka J. 2019. Chřpa modrá. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/chrpa-modra> (accessed February 2020).

Takeuchi Y, Kawaguchi S, Yoneyama K. 2001. Inhibitory and promotive allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.). *Weed Biology and Management*. **1**:147–156.

Těšitel J. 2011. Jak se parazituje v říši rostlin - funkční anatomie haustorií. *Živa: časopis pro biologickou práci* **59**:105-107. Academia, Praha.

Torner C, Sanchez DA, Pardo A, Suso ML, Caudevilla ME, Zaragoza C. 1995. Growth of maize in competition with *Chenopodium album* L. and *Datura stramonium* L. Pages 323-328 In Proceedings of the 1995 Congress of the Spanish Weed Science Society, Sociedad Española de Malherbología, Spain,

Toosi F, Baki BB. 2011. Allelopathic potential of *Brassica juncea* (L.) Czern. var. *ensabi*. Pages 555-558. In Proceedings of the 23rd Asian-Pacific Weed Science Society Conference. The Sebel Cairns Australia

Turk MA, Tawaha AM. 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop Protection*.

Ungrová A. 2018. Přizpůsobení kořenů orchidejí k epifytickému způsobu života [BSc. Thesis]. Univerzita Karlova, Praha.

University of Alaska Anchorage. 2011. Flixweed. *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prant. Alaska, USA: Alaska Natural Heritage Program, University of Alaska Anchorage

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Bažanka roční. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:967f69b1cc2c83d04249f0a25fff1279 (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Chundelka metlice. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:967f69b1cc2c83d04249f0a25fdb3654 (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Kokoška pastuší tobolka. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c29e8f1 (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Pampeliška lékařská. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c85d71f (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Penízek rolní. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0ca11605 (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Pcháč rolní. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c8429da (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2013. Pšenice jarní. Přehled odrůd 2013. Available from: http://eagri.cz/public/web/file/230792/SDO_PJ_listovka_2013.pdf (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Sója luštinatá. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0caf4a7c (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Viola rolní. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c96ad6d (accessed May 2020)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Zemědým lékařský. Rostlinolékařský portál. Available from: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|so|plevele|detail:967f69b1cc2c83d04249f0a25fdb3f6 (accessed May 2020)

Vaculík A. 2017. Možnosti ošetření hrachu proti plevelům. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-osetreni-hrachu-proti-plevelum> (accessed January 2020).

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.

Vangessel MJ, Renner KA. 1990. Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Interference in Potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* **38**:338-343.

Varga P, BTres I, Reisinger P. 2000. The effect of weeds on yield and leaf-area changes of maize in field trials. *Növényvédelem* **36**:625-631.

Vazin F. 2012. The effects of pigweed redroot (*Amaranthus retroflexus*) weed competition and its economic thresholds in corn (*Zea mays*). *Planta Daninha*, **30**(3):477-485.

Venclová B. 2017. Regulace plevelu v porostech jetele lučního. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/regulace-plevelu-v-porostech-jetele-lucniho/> (accessed March 2020).

Vítek J. 2013. Symbióza u masožravek: 2. *Nepenthes* – mravenci a všekazi (1. část). *Trifid: časopis společnosti Darwiniana* **18**:44-47.

Walia US, Walia SS, Kler DS, Singh D. 2011. *Science of Agronomy*. Scientific Publishers

- Watanabe Y, Hirokawa F. 1975. Influence of weed competition on sugar beet yield. Research Bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station **110**:25-34.
- Warwick SI, Black LD. 1988. The Biology of Canadian Weeds.: 90. *Abutilon theophrasti* . Canadian Journal of Plant Science **68**:1069-1085.
- Warwick SI, Black LD, Zilkey BF. 1985. Biology of Canadian Weeds.: 72. *Apera spica-venti*. Canadian Journal of Plant Science **65**:711–721.
- Weaver S, Cluney K, Downs M, Page E. 2006. Prickly lettuce (*Lactuca serriola*) interference and seed production in soybeans and winter wheat. Weed Science **54**:496-503.
- Weidenhamer JD, Hartnett DC, Romeo JT. 1989. Density-Dependent Phytotoxicity: Distinguishing Resource Competition and Allelopathic Interference in Plants. The Journal of Applied Ecology 613-624.
- Weiner J, Rosenmeier L, Massoni ES, Vera JN, Plaza EH, Sebastián MT. 2009. Is reproductive allocation in *Senecio vulgaris* plastic? Botany **87**: 475-481.
- Wilson BJ, Lawson HM. 1992. Seedbank persistence and seedling emergence of seven weed species in autumn-sown crops following a single year's seeding. Annals of Applied Biology.
- Wilson BJ, Wright KJ, Brain P, Clements M, Stephens E. 1995. Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. Weed Research.
- Wimschneider W, Bachthaler G, Fischbeck G. 1990. Competitive effects of *Avena fatua* L. (wild oats) on wheat (*Triticum aestivum* L.) as a basis for effective weed control. Weed Research (Oxford) **30**:43-52.
- Winkler J. 2018. Škodlivost plevelů v porostech jarního ječmene. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/skodlivost-plevelu-v-porostech-jarniho-jecmene> (accessed January 2020).
- Winkler J, Chovancová S. 2019. Vytrvalé plevele v porostech kukuřice. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/vytrvale-plevele-v-porostech-kukurice> (accessed February 2020).
- Winkler J, Sysel M, Zdražilová M. 2018. Plevelé a konkurenční schopnost ozimých plodin. Agromanuál. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/plevele-a-konkurencni-schopnost-ozimych-plodin?fbclid=IwAR3BuEltcwZm7kgDXCZQ1fVSj67HBJOeQkkiOdIgf0Fz0XFMKuO1ImevllU> (accessed March 2020).

Wright KJ, Wilson BJ. 1992. Effects of nitrogen fertiliser on competition and seed production of *Avena fatua* and *Galium aparine* in winter wheat. *Aspects of Applied Biology* **30**:381-386.

Wu H, Shephard A, Hopwood M. 2018. Emergence patterns and herbicide control of prickly lettuce (*Lactuca serriola* L.). Pages 290-294 in 21st Australasian Weeds Conference 2018: Weed biosecurity-Protecting our future. Weed Society of NSW.

Zhang FJ, Guo JY, Liu WX, Wan FH. 2012. Influence of coastal plain yellowtops (*Flaveria bidentis*) residues on growth of cotton seedlings and soil fertility. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **58**: 1117-1128.

