

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Zhodnocení možností a využití mulčovacích materiálů
z pohledu ochrany půdy při pěstování brambor v systému
ekologického zemědělství**

Bakalářská práce

**Ing. Blanka Kuřová
Ekologické zemědělství**

Ing. Petr Dvořák, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zhodnocení možností a využití mulčovacích materiálů z pohledu ochrany půdy při pěstování brambor v systému ekologického zemědělství" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, které mi věnoval během psaní bakalářské práce, a také za vstřícnost a trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat mému manželovi a rodičům za podporu při studiu.

Zhodnocení možností a využití mulčovacích materiálů z pohledu ochrany půdy při pěstování brambor v systému ekologického zemědělství

Souhrn

Bakalářská práce formou literární rešerše posoudila pozitiva a negativa různých způsobů mulčování porostů brambor. Závěry jsou následující.

Volbou druhu mulče lze ovlivnit teplotu půdy, čímž lze přispět k přiblížení se teplotnímu optimu pro pěstování brambor. Organické mulče teplotu půdy snižují, netkaná textilie teplotu půdy zvyšuje. Vlhkost půdy je zvyšována aplikací mulče, přičemž použití menšího množství mulče neovlivní vlhkostní poměry. V případě podsevu je nutné volit vhodnou plodinu a termín výsevu, aby nedocházelo ke konkurenci ve vztahu k půdní vláze mezi brambory a podsevem. Slaměný mulč po sklizni brambor a následném zaorání mulče imobilizuje půdní dusík a zabrání tak jeho vyplavení. Naopak mulče z čerstvé organické hmoty dodávají v průběhu svého rozkladu do půdy dusík, který je rychle použitelný rostlinami, což se projevuje v lepším výživovém stavu rostlin a vyšším výnosu hlíz.

Výhodou organických mulčů je dodání organického uhlíku do půdy. Organický mulč zvyšuje biodiverzitu půdních organismů a hmyzu včetně žížal a chvostoskoků v porostech brambor a dále predátorů mandelinky bramborové. Mulčování je doporučováno jako prostředek pro omezení vodní eroze, avšak je třeba volit materiál, který nepodlehne rychlému rozkladu. Nejlepší účinek má nařezaná sláma. Z hlediska prevence větrné eroze je doporučena výsadba brambor do strniště předplodiny nebo do meziplodiny, v případě volně loženého materiálu je vhodné jeho částečné zapravení.

Největší účinek na regulaci plevelů má z posuzovaných mulčů netkaná textilie. Mezi autory relevantních studií panuje shoda na vhodnosti termínu mulčování při vzcházení brambor, do té doby je vhodné plevely regulovat mechanickou cestou. Významné je regulování plevelů mulčem i v období, kdy už není tak problematická konkurence rostlin plevelů, neboť se takto snižuje půdní zásoba semen plevelů.

Mulčování má jen mírně podpůrný vliv na omezení výskytu plísňě bramborové. Mulčování však omezí mechanické poškození listové plochy mechanickou kultivací při regulaci plevelů a eliminuje tak vstupní bránu pro infekci.

Travní mulč vykazuje nejlepší vliv na výživu rostlin, a tudíž následně výnos hlíz, ačkoliv z hlediska regulace plevelů není tento materiál příliš uspokojivý. Použití netkané polypropylenové textilie zvýší výnosy hlíz v chladnější oblasti. V případě mulčování slámou nebyl jednoznačně prokázán pozitivní efekt na výnos hlíz.

Klíčová slova: mulč, podsev, eroze, teplota půdy, vlhkost půdy, biodiverzita, brambory, ekologické zemědělství

Evaluation of the possibilities and use of mulch materials from the point of view of soil protection in the cultivation of potatoes in the system of organic farming

Summary

The bachelor's thesis by the literary research assessed the positive and negative aspects of various methods of potato plots mulching. The conclusions are following.

It is possible to influence soil temperature by choosing appropriate mulching material and so approach the temperature optimum for potato planting. Organic mulches lower soil temperature, non-woven textile increases soil temperature. Soil moisture is increased by mulch application, but application of small amount of mulch does not change moisture soil conditions. If a living mulch is used, it is necessary to use convenient crop and sowing time to avoid competition between potato plants and living mulch towards soil moisture. Straw mulch after potato harvesting and following ploughing of the mulch immobilizes soil nitrogen and impedes its leaking to lower soil horizons. On contrary mulches from fresh organic matter supply nitrogen to soil during its decay. This nitrogen is quickly usable for plants and it results in better nutritive condition of potato plants and better tuber yield.

The advantage of organic mulches is the supply of organic carbon to the soil. Organic mulch enhances soil biodiversity and insect including earthworms and springtails and also predators of Colorado potato beetle. Mulching is recommended as a means for water erosion reduction, but it is necessary to choose a material resistant to fast decay. The best result is provided by cut straw. From the viewpoint of wind erosion is recommended potato planting into the stubble of previous crop or cover crop. If the mulching material is loose, it is suitable its partially fixing in the soil.

The best effect on weed regulation has got non-woven textile from all the evaluated mulching materials. There is consensus among authors of relevant studies on fact that potatoes emergence is the best mulching time. Until then is convenient mechanical weeding. Weed regulation by mulching is also important in during the when it is not already so strong competition of weed plants, but it is the way for decreasing soil reserve of weed seeds.

Mulching has got only slightly supporting influence on *Phytophthora infestans* regulation. Mulching, however, reduces mechanical damages of foliage caused by mechanical cultivation during weed regulation and makes potato foliage less susceptible to infections.

Grass mulch performs the best influence on plant nutrition and tuber yield respectively, although this material is not enough satisfactory from the point of view of weed regulation. The usage of non-woven textile increases tuber yield in colder regions. The straw mulching has not unequivocally proved positive effect on tuber yields.

Keywords: mulch, living mulch, erosion, soil temperature, soil moisture, biodiversity, potatoes, organic agriculture

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Mulčování, jeho zákonitosti a typy mulčů.....	10
3.1.1 Mulčovací materiály	10
3.1.1.1 Mulče přírodního původu.....	10
3.1.1.2 Mulče antropogenního původu.....	11
3.1.2 Zákonitosti mulčování.....	12
3.1.3 Další pozitivní efekty mulčování	13
3.1.4 Nevýhody mulčování	13
3.2 Pěstování brambor v ekologickém zemědělství v ČR.....	14
3.2.1 Situace v ČR.....	14
3.2.2 Agrotechnika brambor v EZ	14
3.3 Vliv mulčování na půdní vlastnosti a mikroklima v porostech brambor	17
3.3.1 Teplota půdy	17
3.3.2 Vlhkostní poměry v půdě.....	18
3.3.3 Mikroklima v porostu.....	19
3.3.4 Půdní dusík.....	19
3.3.5 Organická hmota	20
3.4 Vliv mulčování na biodiverzitu v porostech brambor	21
3.5 Zhodnocení vlivu mulčování brambor na půdní erozi.....	23
3.5.1 Vodní eroze.....	23
3.5.2 Větrná eroze	25
3.6 Omezení výskytu plevelů v porostech brambor vlivem mulčování	27
3.6.1 Mulčování netkanou textilí.....	27
3.6.2 Mulčování slámou.....	27
3.6.3 Mulčování trávou či luskoobilní směsí.....	28
3.6.4 Živý mulč	29
3.7 Vliv mulčování brambor na výskyt mandelinky bramborové	29
3.8 Vliv mulčování na výskyt plísně bramborové	31
3.9 Vliv mulčování porostu na výživový stav rostlin	32
3.10 Vliv mulčování porostu na výnos a kvalitu hlíz	33
3.10.1 Výnos a kvalita hlíz při mulčování slámou a senem	33
3.10.2 Výnos a kvalita hlíz při mulčování trávou či luskoobilní směsí.....	34
3.10.3 Výnos a kvalita hlíz při mulčování netkanou textilí	35

3.10.4	Výnos a kvalita hlíz v podmínkách využívání podsevů.....	35
3.10.5	Vliv dalších přístupů v mulčování na výnos jiných plodin.....	36
4	Závěr	37
5	Literatura.....	41

1 Úvod

Ekologická produkce brambor se podílí pouze minimálně na celkové produkci brambor v České republice. To ilustrují například data ze Statistického šetření ekologického zemědělství z roku 2020. V tomto roce byly brambory v režimu EZ pěstovány na 1,5 % celkové pěstitelské plochy brambor a na celkové produkci brambor v ČR se podílely 0,7 %. Zároveň výnosy ekologické produkce brambor oscilují v posledních letech kolem 50 % úhrnného hektarového výnosu brambor v ČR (Ročenka ekologického zemědělství 2016–2019; Statické šetření ekologického zemědělství 2019,2020).

Brambory patří v systému ekologického zemědělství k náročnějším plodinám. I když jsou jednotlivá pěstitelská opatření v podstatě totožná s konvenčním, resp. integrovaným systémem pěstování, pak absence prostředků chemické ochrany rostlin a minerálních hnojiv musí být vyváženy volbou příslušných opatření vytvářejících vyhovující prostředí pro růst a vývoj rostlin (Vokál et al. 2013).

Ekologicky hospodařící zemědělec může čelit při přechodu orné půdy dosud obhospodařované konvenčními postupy na ekologický režim důsledkům předchozího necitlivého obhospodařování půdy v podobě eroze půdy vodní a větrné, utužení ornice a podorničí, ztráty organické hmoty nebo ztráty biologické diverzity půdy, což jsou některé z forem degradace půd, jimiž jsou půdy v České republice vysoce ohroženy (Vopravil et al. 2010).

Oproti konvenčním podmínkám jsou porosty v ekologickém zemědělství, zvláště v době konverze, pod větším tlakem škodlivých činitelů, především plevelů, jejichž regulace je obtížnější a musí být systematická. Uvolňování živin, zvláště dusíku, z půdy, resp. ze statkových hnojiv je pomalejší a méně regulované a pěstitelský proces je více závislý na průběhu počasí a vlivu biotických faktorů (Urban & Šarapatka 2003).

V období 2012–2018 se v ČR vyskytlo jedenáct výraznějších epizod zemědělského sucha s dopady na krajinu i hospodářství, především na zemědělství, ovocnářství a lesnictví. Příčinou čím dál častějšího sucha je měnící se klima. Negativní dopady klimatických trendů zesiluje nevhodné hospodaření. Za posledních 200 let se průměrná roční teplota zvýšila o cca 1,1 °C, množství srážek zůstává dlouhodobě přibližně stejné, avšak mění se jejich variabilita – jsou intenzivnější a střídají je delší období bez srážek. Vyšší teplota s sebou přináší vyšší odpařování, mírnější zimy a dřívější začátky jara a léta, tj. delší vegetační období. Rostliny tak dříve vyčerpají vodu a hrozí sucho (Akademie věd ČR 2019).

Mulčování představuje přístup, který může napomoci k zmírnění jednotlivých výše uvedených aspektů pěstování brambor v ekologickém zemědělství a zvýšení výnosů v ekologické produkci brambor, avšak je potřeba volit vhodný mulčovací materiál, dobu aplikace a použitého množství a též respektovat základní agrotechnické postupy a zásadami pro pěstování brambor.

Nejedná se o přístup absolutně nový, mulčování porostů brambor obilnou slámou bylo využíváno před několika dekadami v části Spojených států amerických (Döring et al. 2005), v současné době kromě organických materiálů se využívají k mulčování i materiály původu antropogenního.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo zhodnotit dílčí dopady mulčovacích a nakrývacích materiálů při pěstování brambor. Zhodnotit tak přínosy a negativa těchto systémů aplikace, ošetření porostů (na výživný stav porostů, regulaci mikroklimatu, výskyt mandelinky bramborové a celkově výnosovou úroveň a strukturu výnosu).

3 Literární rešerše

3.1 Mulčování, jeho zákonitosti a typy mulčů

Slovo mulčovat je definováno ve Slovníku spisovné češtiny jako „pokrýt zkpřenou půdu kolem rostlin organickými látkami (slámou, hnojem, rašelinou apod.), aby se udržela vláha, nastýlat“. Slovo je odvozeno z anglického jazyka. V zemědělské praxi je však oproti této definici používána širší škála mulčovacích materiálů, z nichž pouze část je organického původu.

Chalker-Scott (2007) definuje mulče jako materiály aplikované na povrch půdy nebo na povrchu půdy rostoucí oproti materiálům, které jsou začleněny do půdního profilu.

Šarapatka & Urban (2006) definují mulčování jako nastýlání půdy organickým materiálem minimálně do výšky cca 3–5 cm, přičemž zakrývání plastovou fólií nebo textilií řadí do biotechnických metod regulace zaplevelení. Mulč redukuje fotosynteticky aktivní záření, při němž již není možný další růst rostlin.

3.1.1 Mulčovací materiály

3.1.1.1 Mulče přírodního původu

Mulčovací materiály lze obecně rozdělit na materiály přírodního a antropogenního původu. Používané mulče přírodního původu jsou anorganické i organické.

Typickými představiteli **organických mulčů** jsou sláma, pokosená tráva (zavadlá), dřevní štěpka, piliny, kůra, kompost, chlěvský hnůj. Jednotlivé mulčovací materiály se též kombinují – např. směs listů, hlíny a zralého kompostu (Šarapatka & Urban 2006). Finckh et al. (2015) poukazují na výhody mulčování siláží, kdy dochází k vyrovnání nesouladu mezi potřebou mulče a disponibilním mulčovacím materiálem (například v jarním období) a zvýší se pravděpodobně i výživný efekt pro rostliny.

Rostlinný mulč může být též vytvořen z jeteloviny (jetel plazivý, jetel luční, vikev huňatá), pícniny (jílek vytrvalý) nebo obilniny (žito seté), které se nechají vyrůst do požadované velikosti a následně jsou posekány a ponechány na půdě, do které je vysázena nebo vyseta následná plodina. Základními požadavky na plodiny rostlinného mulče jsou rychlé vzcházení a pokrytí povrchu půdy, vyšší vzrůst rostlin a dobrá osvojovací schopnost živin a vody. Zbytky mulče je možné po sklizni plodiny zaorat (Šuk & Jursík 2019).

Další možností je využití mulče z rostlinné biomasy meziplodin, především strniskových, kdy stěžejními druhy jsou hořčice bílá, svazenka vratičolistá, ředkev olejná. Lze využít i ozimé meziplodiny (ozimé žito, ozimá řepice, směs jílku) (Šimon 2001).

Před výsevem hlavní plodiny jsou v konvenčním zemědělství meziplodiny umrtvovány herbicidy, pro ekologické zemědělství (EZ) je využitelná technologie setí do živého či čerstvého mulče, kdy, jak uvádí Badalíková (2019), je polní plodina seta do mechanicky umrtveného porostu meziplodiny, přičemž tento porost meziplodiny je pomocí řezných válců poválen či rozdrčen v rámci samostatné operace těsně před výsevem nebo při něm. Systém je označován jako bio no-till.

Mezi organické – rostlinné mulče lze zařadit též tzv. **living mulch**, který Urban & Šarapatka (2003) definují jakožto způsob zakrývání půdy rostoucími rostlinami (např. podsevy), které hustým zápojem zastíní plevele. Obvykle se zakládají současně s výsevem hlavní plodiny, nebo ve fázi 3–4 listů.

Pro podsevy jsou vhodné plodiny zpočátku rostoucí pomaleji (Urban & Šarapatka 2003). Ideální living mulch by měl splňovat následující podmínky – krátkou dobou klíčení, hustý porost, nízký vzrůst a nízkou potřebou dusíku (Jędrszczyk & Poniedzialek 2007).

Jako podsev se používají směsi jílek mnohokvětý a jetel plazivý, jetel zvrhlý, tollice dětelová a úročník bolhoj, štírovník a jílek mnohokvětý nebo úročník (Urban & Šarapatka 2003). Též se využívá jetel podzemní (Finckh et al. 2015).

Living mulch přináší diverzifikaci ekosystému, a to jak rostlin, tak následně i přítomných živočichů, a pozitivně ovlivňuje půdní vlastnosti, omezuje tlak plevelu a eliminuje škůdce. Na druhou stranu představuje do jisté míry konkurenci mezi druhy, což může vést ke snížení výnosu (Jędrszczyk & Poniedzialek 2007).

Jako mulč lze využít též **posklizňové zbytky** předplodiny, jakožto vedlejšího produktu sklizně, a to slámy rozřezané drtiči na sklízecích mlátičkách nebo i mulčovači, přičemž důležité je rovnoměrné rozptýlení tohoto mulče po povrchu půdy. Při mulčování slámou bez částečného zapravení do půdy by vrstva mulče neměla být větší než 50 mm. Výhodnější je mulč ze slámy luskovin (lepší poměr C/N) či řepky olejné (lepší rozdrčení a rozptýlení), naopak nejméně vhodný je mulč z ozimých obilnin, kde se přistupuje k částečnému zapravení talířovými podmítači do půdy (Šimon 2001).

Předností mulčování organickým materiálem je podpora života v půdě, neustálý přísun živin, ochrana půdy před vodní a větrnou erozí, omezení vyplavování živin. Nevýhodou je vysoká potřeba ruční práce a riziko úkrytu hlodavců a slimáků. Organický materiál se při mulčování rozloží, proto lze hovořit i o plošném kompostování (Šarapatka & Urban 2006).

Přínosem živých mulčů – podsevů je využití prostoru, snížení evaporace i eroze, redukce plevelů i ostatních škodlivých činitelů (Urban & Šarapatka 2003).

Výhodou organických mulčů je nižší cena oproti plastovým materiálům a též možnost jejich zapravení do země po sklizni hlavní plodiny, čímž se pozitivně mulč podílí na zlepšení struktury půdy a zastoupení organické hmoty (Šuk & Jursík 2019).

Mezi přírodní **anorganické mulče** patří například štěrk nebo kamení. Štěrk je využíván v našich podmínkách například pro smíšené trvalkové výsadby na suchých a slunných stanovištích (Bartoš & Martinek 2018), v semiaridních oblastech severovýchodní Číny však patří mulčování kombinací štěrku s pískem k tradičním postupům při pěstování zemědělských plodin (Xiao-Yan 2003).

3.1.1.2 Mulče antropogenního původu

Mulčovacími materiály antropogenního původu jsou papír, mulčovací polyetylenová fólie či netkaná textilie a také degradabilní materiály, kam lze zařadit fotodegradabilní a biodegradabilní fólie. Do této skupiny patří také mulčovací rohože vyrobené z recyklovaného papíru a dalších organických materiálů (EkoCover VUC Services s. r. o. 2022).

Konvenční mulčovací fólie se vyrábí z nízkohustotních polyetylenů, polyvinylchloridů, polybutylenů nebo kopolymerů etylenu a vinylacetátu. Jsou stále ve větší míře používány

v zemědělství, především v zahradnictví, a to k mulčování, v nízkých tunelech a sklenících. Hlavním cílem jejich použití je omezení plevelů, uchování půdní vody a výživných látek, lepší mikroklima rostlin a ochrana před nepříznivými klimatickými podmínkami (Briassoulis 2006). Přispívají pozitivně k vývoji rostlin, časnější sklizni, nižší potřebě hnojiv i herbicidů (Serrano-Ruis et al. 2020). Pozitivem ve využití PE fólií (ale i netkaných textilií) je existence několika druhů – dle barvy, světelné propustnosti, hmotnosti apod., a tedy je možné si vybrat dle specifických nároků mulčované plodiny (Šuk & Jursík 2019).

Největší negativum PE fólií spočívá v tom, že pouze malé množství těchto fólií využívaných v zahradnictví je dále recyklováno, a naopak velké množství jich je ponecháno na pozemcích, zaoráno či případně spáleno. Důvodem jsou vysoké pracovní náklady spojené s odstraněním fólií (Briassoulis 2006) a obtížná recyklace (Serrano-Ruiz et al. 2020). Důsledkem je uvolnění organických polutantů do atmosféry v případě spálení fólií. V případě ponechání PE fólie v půdě (a jejich zahrnutí) dochází k jejich dalšímu rozkladu. Fragmenty mulče ovlivňují objemovou hmotnost půdy a infiltraci vody a představují výrazný vstup mikro a nanofragmenů plastů do půdy. Dále se z nich mohou uvolňovat škodlivé látky (Serrano-Ruiz et al. 2020). Negativním důsledkem je nevratné znečištění půd a ohrožení bezpečnosti potravin produkovaných na takovýchto půdách (Briassoulis 2006). Vlivem počasí se též ulamují části těchto fólií a šíří se vodou a větrem do životního prostředí, kde představují nebezpečí pro živočichy, kteří se do nich mohou zaplést nebo je spolknout, a dále nebezpečí velké persistence v životním prostředí z důvodu pomalé biodegradability (Hablott et al. 2014).

Dle Jursíka et al. (2016) je využití plastových mulčovacích materiálů nevýhodné v tom smyslu, že při jejich použití dochází ke komplikacím s přihnojováním během vegetace, po sklizni se musí zpravidla likvidovat a cena tohoto mulče zpravidla převyšuje náklady na plečkování (a herbicidy v konvenčním přístupu), proto upřednostňuje využití mulče při vysoké intenzitě produkce, nebo na pozemcích intenzivně zaplevelenými odolnými druhy mechanicky obtížně regulovatelnými. Autor v tomto případě posuzuje použití mulčovací fólie při pěstování salátu či brukvovité zeleniny, toto tvrzení však lze v jisté míře zobecnit i na další plodiny.

Trvanlivější alternativu PE fólie představuje netkaná polypropylenová textilie. Netkanou textilií lze využít několik let po sobě a snížit tak spotřebu fólií a nadměrnou tvorbu odpadů. Zároveň je polypropylenová textilie na rozdíl od PE fólie propustná pro srážky a je silnější (Dvořák et al. 2015). Obecně je netkaná textilie více využívaná k mulčování trvalých výsadeb.

Alternativu k PE fóliím, která může zmírnit jejich negativní dopad, představují také biodegradabilní fólie. Jsou to materiály navržené tak, aby se rozložily na místě použití. V současné době však žádná biodegradabilní fólie není 100% založená na přírodním základě, což brání jejich použití v EZ. Dalším limitujícím faktorem je jejich cena ve srovnání s běžnou PE fólií. Vliv biodegradabilních materiálů na pěstované rostliny a půdní organismy zůstává zatím neobjasněný, roli hraje složení mulčovací fólie a přírodní podmínky, ve kterých je fólie použita. Je nutné provedení dlouhodobých studií k potvrzení nízkého dopadu těchto materiálů na agroekosystémy (Serrano-Ruiz et al. 2020).

3.1.2 Zákonitosti mulčování

Použití jednotlivých druhů mulčů závisí na typu pěstované plodiny, způsobu pěstování a klimatických podmínkách. Síla použitého mulče závisí na účelu, který má plnit. Mulč může být

aplikován na plocho nebo na předem připravené hrúbky a brázdy, přičemž mulčovány mohou být pouze hrúbky, pouze brázdy, obojí, nebo je využít jiný mulčovací materiál pro hrúbky a jiný pro brázdy (Kader et al. 2017).

Pravidla pro mulčování organickým materiálem, která je potřeba dodržovat, je prokypření půdy před aplikací mulče, rozsekání materiálu k pokryvu na menší kusy, nesmí být pokryty řádky kulturních rostlin a materiál musí být bez semen plevelů. Dále se doporučuje používat spíše tenkou vrstvu, která je obnovována, než vrstvu tlustou, pod kterou by mohly vzniknout anaerobní podmínky pro nežádoucí hnilobné procesy (Šarapatka & Urban 2006).

3.1.3 Další pozitivní efekty mulčování

Cílem mulčování organickými i anorganickými materiály je přikrytí půdy a vytvoření fyzické bariéry, která omezí výpar půdní vody. Mulč omezuje plevele, udržuje dobrou půdní strukturu, představuje potravu a prostředí pro půdní organismy a chrání plody před znečištěním od půdy (Kasirajan & Ngouajio 2012).

Mulč představuje důležitý faktor při ochranném zpracování půd a vedle příznivého působení prakticky na všechny půdní vlastnosti má též širší kladné působení v celé soustavě hospodaření na půdě, zejména v zemědělských podnicích bez živočišné výroby (Šimon 2001). Šuk & Jursík (2019) vyzdvihují význam mulčování u širokořádkových plodin a u zeleniny, u které je naopak obtížné plečkování u úzkého sponu.

Co se týče organických materiálů, v EZ lze mulčovat pouze materiály splňujícími podmínky pro využití v EZ, tedy buď pocházejícími z EZ, nebo disponujícími povolením pro použití v EZ. To vyplývá zejména z článku 12, odstavce 1, písmene a) a b) Nařízení Rady (ES) č. 834/2007, který uvádí, že úrodnost a biologická aktivita půdy se udržuje a zvyšuje víceletým střídáním plodin, včetně luštěnin a jiných plodin využívaných jako zelené hnojivo a používáním chlévské mrvy či organických materiálů, pokud možno kompostovaných, z ekologického zemědělství, a dále z článku 16 odstavce 1, písmene b) Nařízení Rady (ES) č. 834/2007, který stanoví, že Komise postupem podle čl. 37 odst. 2 schválí pro použití v ekologické produkci a zařadí na omezený seznam produkty a látky, jež mohou být v ekologické zemědělství použity jakožto hnojiva a pomocné půdní látky.

3.1.4 Nevýhody mulčování

Nevýhodou mulčů přírodního původu je možné šíření semen plevelů, nedostatečné zabránění růstu plevelů, dočasná imobilizace půdního dusíku vlivem vysokého poměru C/N nebo vytváření příznivého životního prostředí škodlivým organismům (např. slimákům). Mulče nemusí ho vždy být dostatečné množství a jeho kvalita může být kolísavá, též může způsobit zpoždění v jarním prohřívání půdy (Kasirajan & Ngouajio 2012).

V našem klimatu je nevýhodným efektem mulčování nižší půdní teplota způsobená vysokou půdní vlhkostí, což může vést k pomalému růstu a zpoždění dozrání pěstovaných rostlin. Vysoká půdní vlhkost a snížení teploty půdy mohou vést k nižší mineralizaci dusíku, a tedy jeho zhoršení dostupnosti pro rostliny (Jędrszczyk & Poniedziałek 2007).

Šuk & Jursík (2019) uvádějí, že je třeba počítat s problematičtější výživou mulčovaných porostů, a tedy je vhodné použít buď hnojení do zásoby, nebo hnojivou zálivku v průběhu vegetace. Pokud mulčování ovlivňuje vláhové poměry v půdě, může mít vliv na vlhkost

porostu, což se může následně projevit vyšším napadením houbových chorob hlavně v případě, kdy zůstávají listy rostlin po závlaze dlouho ovlhčeny. Tento výskyt patogenů může být podpořen i biologicky degradovatelným mulčem, který přispívá k jejich šíření.

Při mulčování může docházet k posunu růstu kořenů do horních vrstev půdy (za vláhou pod mulčem) a tedy hrozí riziko jejich poškození při případné kultivaci. Mulč též představuje možnost pro zvýšení výskytu hlodavců, kteří si v mulči tvoří hnízda (Novotný et al. 2017).

3.2 Pěstování brambor v ekologickém zemědělství v ČR

3.2.1 Situace v ČR

Brambory patří v systému ekologického zemědělství k náročnějším plodinám, i proto je zatím jejich plocha a produkce v ČR velmi malá a v obchodní síti se setkáváme více s dováženým zbožím než s produkcí od našich zemědělců (Vokál et al. 2013). Na druhou stranu jsou však dle statistik ekologického zemědělství brambory ekologicky pěstované v ČR v poměrně velké míře vyváženy. V roce 2018 bylo vyvezeno 54 % české produkce biobrambor, v roce 2019 se export zvýšil na 62 % této produkce (ÚZEI 2019, 2020). To může být dáno zejména prostorovým nesouladem nabídky a poptávky po biobramborách a výhodnějšími odbytovými možnostmi v zahraničí.

V roce 2018 se pěstováním brambor v režimu ekologického zemědělství zabývalo 224 ekofarem, v roce 2019 již 242 ekofarem. Vývoj ekologické produkce ve vztahu k celkové produkci brambor v ČR v letech 2016–2020 vyjadřuje Tab. 1.

Tab. 1 Srovnání ukazatelů pěstovaných brambor celkem a v ekologickém zemědělství v ČR v letech 2016–2020

Rok	Celk. plocha (ha)	Rozloha ekologická (ha)	Rozloha ekologická +přechodná (ha)	Celková produkce (t)	Celková ekologická produkce (t)	Hektaový výnos celkem (t/ha)	Hektaový výnos v EZ (t/ha)
2020	23 877	324	358	696 220	4 953	29,2	15,3
2019	22 894	307	355	622 600	4 126	27,2	13,4
2018	22 889	252	299	583 560	3 782	25,5	15,0
2017	23 418	192	211	688 970	2 448	29,4	12,8
2016	23 414	175	211	699 605	2 488	29,9	14,3

Zdroj: Ročenka Ekologické zemědělství v ČR 2016, 2017, 2018, Statistická šetření ekologického zemědělství 2019, 2020

V roce 2016, od kterého je vývoj v Tab. 1 zachycen, byly brambory pěstované v ekologickém režimu včetně přechodných ploch na 0,9 % celkové pěstitelské plochy brambor, na celkové produkci se podílely 0,3 % a hektarový výnos představoval 47,7 % úhrnného hektarového výnosu brambor. V roce 2020 byly brambory v režimu EZ pěstovány na 1,5 % celkové pěstitelské plochy brambor, na celkové produkci se podílely 0,7 % a jejich hektarový výnos se pohyboval na 52,4 % úhrnného hektarového výnosu brambor v ČR.

Ve sledovaných letech 2016–2020 dochází ke každoročnímu nárůstu plochy ekologicky pěstovaných brambor, což je pozitivní. Hektarový výnos však vykazuje kolísavou tendenci.

3.2.2 Agrotechnika brambor v EZ

Mulčování brambor je třeba kombinovat s dalšími agrotechnickými opatřeními pro pěstování brambor v EZ, z nichž většinu je třeba respektovat, aby nebyl výnos mulčovaných

plodin negativně ovlivněn jinými faktory. Tyto postupy jsou zde shrnuty. Odlišnosti v mulčovaných porostech oproti této agrotechnice nastávají v oblasti proorávek a plečkování, kdy tyto postupy jsou redukovány, a to podle toho, zda je mulčování provedeno při výsadbě nebo až později. Zároveň jiný postup nastává při využití živého mulče (living mulch).

Pěstování brambor v EZ se řídí zákonnými předpisy, což jsou zákon č. 242/2000 Sb., vyhláška č. 16/2006 Sb., nařízení Rady (ES) 834/2007 a nařízení Komise (ES) 889/2008.

Výnosy ekologicky pěstovaných brambor jsou nižší než v systému konvenčního zemědělství (Diviš 2002), projevují se velkou výnosovou variabilitou v závislosti na ročníku a nižší výtěžností konzumních hlíz (Diviš 2012). Cílem pro pěstitele brambor je dosáhnout snížení této variability výnosu a zvýšení výtěžnosti konzumních hlíz (Diviš 2012).

Mezi hlavní činitele ovlivňující výnos a výtěžnost konzumních hlíz patří osevni postup, hnojení organickými hnojivy, kvalitní zpracování půdy na podzim a na jaře, výběr odrůdy a kvalitní sadba, regulace zaplevelení, omezení projevu plísně bramborové a mandelinky bramborové (Diviš 2007).

Vhodné předplodiny brambor v ekologickém zemědělství jsou takové, které zanechávají prokořeněnou ornici, nevysušují a nezaplevelují půdy a zabezpečují živiny pro uplatnění výnosového potenciálu. Většinou se brambory zařazují po obilninách, jejich předplodinovou hodnotu lze zvýšit meziplodinami a chlévským hnojem. Výhodnou předplodinou jsou luskoviny, také včas zaoraný jetel a jetelotrávy, přičemž předplodina jetel znamenala významné opatření pro zvýšení výnosu brambor oproti ozimé pšenici jak o předplodině (Diviš 2007). Bioinstitut (2007) uvádí jako nejefektivnější předplodinu pro zvýšení výnosu víceletou jetelotrávu, neboť zajišťuje dobré zásobení živinami a zachová dobrou strukturu a půdy. Na druhou stranu však může podporovat výskyt drátovců, strupovitosti, vytváření dutinek, jakožto projev výskytu kořenomorky, a výskyt slimáků.

U brambor je poměrně velký export organické hmoty – až 65 %. Tedy více odčerpávají, než zanechávají. Náhradu organické hmoty je třeba řešit v osevním postupu jetelovinami, jetelotrávami nebo luskovinami (Diviš 2002).

Brambory jako předplodina ponechávají po správně prováděné kultivaci ornici v dobrém kulturním stavu. Při pěstování na stejném pozemku se doporučuje minimálně tříletá přestávka. Při menším odstupu se zvyšuje nebezpečí výskytu kořenomorky bramborové, plísně bramborové, mandelinky bramborové i intenzita zaplevelení (Diviš 2002). Brambory zanechávají po sobě velké množství přístupného dusíku ohroženého vymýváním, měly by se po nich pěstovat plodiny, které dusík dobře využijí jako například ozimé obiloviny nebo píce (Bioinstitut 2007).

Velmi důležitý je výběr pozemku. Vhodné jsou pozemky, kde je dobré proudění vzduchu, které je významné pro rychlé osychání rostlin. Nevhodné jsou údolní pozemky s nebezpečím mrazíků, s pomalejším osycháním rosy a větším tlakem plísně bramborové. Vhodné jsou půdy s dostatečnou mocností ornice, které udržují dobrý vzdušní a vodní režim. Těžké, lehké, kamenité a mělké půdy jsou nevhodné (Diviš 2002). Optimální pH půdy se pohybuje v rozmezí 5,5 – 6,5 (Vokál et al. 2013). Pokud je to možné, neměly by být voleny erozně ohrožené půdní bloky, jinak je třeba volit opatření k minimalizaci eroze (Vokál et al. 2013).

Co se týče zpracování půdy, po sklizni obilnin (předplodiny) následuje podmítka, která šetří vláhu, má plevelohubný účinek a ulehčí zpracování půdy na podzim. Podzimní orbou se zapravují organická hnojiva. Základním hnojivem pro ekologické pěstování je chlévský hnůj,

čím je méně uleželý, tím dřív by měl být aplikován, vždy ale na podzim, v dávce 25–50 t/ha dle druhu a úrodnosti půdy (Diviš 2002), Diviš (2012) doporučuje 30 t na hektar, stejně tak jako Bioinstitut (2007).

Pokud se aplikuje kejda, je třeba alespoň s obsahem sušiny 8 %, po aplikaci kejdy je obvyklý vyšší výskyt plevelů. Močůvka zhoršuje chuť brambor a může způsobit šednutí dužniny. Sláma je méně vhodným hnojivem, po jejím zaorání hrozí vyšší riziko strupovitosti brambor (Diviš 2002).

V České republice v současné době dle databáze ekologických osiv UKZÚZ neexistuje sadba z domácí produkce s certifikací pro ekologické zemědělství. Ekozemědělci využívají uznanou sadbu z konvenčního množení (Diviš 2012), či objednávají sadbu ze zahraničí (Dvořák 2020). Moření sadbových hlíz je povoleno pouze přípravky uvedenými v Registru přípravků na ochranu rostlin (ÚKZÚZ, 2022), jako např. *Pseudomonas sp.*, toto moření může snížit výskyt vložkovitosti a dutinek způsobených kořenomorkou (Bioinstitut 2007).

Další možností je využití vlastní farmářské sadby. Při použití farmářské sadby jsou vhodné odrůdy s nízkou vnímavostí k virózám. Přednost by měly mít kvalitní odrůdy s kratší vegetační dobou, rychlým nasazováním hlíz a nižší náročností na dusík (Diviš 2012). Pro lepší příjem živin se doporučují odrůdy se silnějším kořenovým systémem (Olle et al. 2014).

Pro EZ má velký význam volba odrůdy. Vhodné jsou odrůdy s kratší vegetační dobou a vyšším stupněm odolnosti proti napadení plísní bramborovou, vhodné je přihlídnout k odolnosti zvolené odrůdy k obecné strupovitosti a vložkovitosti hlíz bramboru (Vokál et al. 2013). Vhodné jsou odrůdy rané a polorané pro dlouhodobé skladování, důležitý je též rychlý počáteční růst a nižší nárok na dusík (Diviš 2012).

Biologická příprava sadby (naklíčení nebo narašení) je významné opatření, které zvyšuje stabilitu výnosu a výtěžnost konzumních hlíz. Projevuje se zkrácením období mezi sázením a vzcházením, snížením nebezpečí mezerovitosti, dosažením rychlého růstu kořenové soustavy a natě, podporou alterresistence – odolnosti stářím, nárůstem hlíz konzumní velikosti (Diviš 2002). Při využívání farmářské sadby je vhodná mechanická příprava sadby v podobě velikostního vyřídění a odstranění vadných hlíz (Diviš 2012).

Jako optimální hustotu porostu uvádí Vokál et al. (2013) 40 tis. trsů/ha se sponem výsadby $0,75 \times 0,3-0,32$ m, příp. $0,625 \times 0,35-0,37$ m. Širší meziřádková vzdálenost je výhodnější, neboť umožňuje lepší provzdušňování porostu a tím jej do určité míry chrání proti napadání natě plísní bramboru. Diviš (2002) doporučuje 42–44 tis. rostlin na 1 hektar.

Vyšší vrstva zeminy nad hlízami snižuje výskyt zelených hlíz a působí jako biologický filtr, který chrání hlízy před infekcí sporami plísně, jež jsou proplavovány k hlízám. Jako ochranu před jarními mrazíky a k urychlení sklizně lze použít netkanou textilii (Vokál et al. 2013).

Ukončení vegetace je vhodné, když je natě napadena plísní bramborovou v rozmezí 10–20 %, při vyšším napadení natě je možné ukončit vegetaci pouze v případě, je-li delší období bez srážek a nejedná se o rizikové lokality. Vyorání probíhá s odstupem dvou týdnů od rozbití natě, při teplotách ne nižších než 5 °C a vyšších než 25 °C (Diviš 2002).

3.3 Vliv mulčování na půdní vlastnosti a mikroklima v porostech brambor

Cílem ekologického zemědělství je mimo jiné snaha o udržení úrodnosti půdy a rozvoj biodiverzity včetně edafonu (Urban & Šarapatka 2003), péče o půdu zde je tedy klíčovou záležitostí.

Z hlediska nároků na vláhu jsou brambory plodinou vyžadující určitou úroveň půdní vláhly i vzdušné vlhkosti, při nižší či vyšší úrovni půdní vlhkosti je prakticky nemožné dosáhnout výnos kvalitních hlíz (Pastukhov et al. 2021). Požadavky na vláhu v půdě závisí na odrůdě, fázi růstu, výživě, teplotě apod. Na středních až lehčích půdách vyžadují brambory 70 % plné vodní kapacity a platí vztah, že čím je půda těžší, tím je tato hodnota nižší (Vokál et al. 2005). Mulčem lze podmínky optimu přiblížit, což představuje možný nástroj i při přizpůsobování se klimatickým změnám (vyšší teplotní průměry v letním období, méně srážek).

3.3.1 Teplota půdy

Mulčování ovlivňuje teplotu půdy a jejím prostřednictvím kladně nebo záporně působí na výnos mulčovaných plodin (Kader et al. 2017). Mulčováním se lze tedy do jisté míry přiblížit teplotnímu optimu pro růst pěstovaných plodin, pokud podmínky, ve kterých jsou plodiny pěstovány, se nacházejí mírně nad tímto optimem nebo pod ním. Za optimální teplotní podmínky pro růst brambor se považuje průměrná denní teplota vzduchu 17 °C s hodnotami teplot ve dne 20 °C a v noci 12 až 14 °C. Tyto nízké noční teploty podmiňují hromadění vyprodukovaných asimilátů při jejich minimálním prodýchávání. Při snižování či zvyšování teploty od optima se růst hlíz zpomaluje. Jak při teplotě 2 °C tak 29 °C se růst hlíz zastavuje (Vokál et al. 2005)

Sinkevičienė et al. (2009) potvrzují statisticky významné snížení teploty půdy při použití organických mulčů (rašeliny, pilin, trávy, slámy) v porostech brambor i některých druhů zeleniny, přičemž největší snížení teploty půdy oproti nemulčované variantě bylo zaznamenáno na pozemku pokrytém slaměným mulčem. Při konkrétních výzkumech při mulčování brambor je totožné resumé například Bushnella & Weltona (1931), Dvořáka et al. (2013b), Dudáse et al. (2016a) ohledně snížení teploty půdy při použití organického mulče, k nejednoznačnému závěru docházejí Xing et al. (2012). Sinkevičienė et al. (2009) poukazují na velký význam možnosti snížení půdní teploty mulčem nejen v podmínkách teplého klimatu, ale i nyní v mírných klimatických podmínkách, kdy při oteplování klimatu se podmínky pro pěstování některých plodin mírného pásu stávají nepříznivými. To se může týkat i brambor.

Bushnell & Welton (1931) uvádějí, že mulčování **slámou** snižuje v porostu brambor teplotu půdy pod úroveň teploty pozemků s běžnou kultivací a udržuje vlhkost v půdě. Dle měření od června do září byl zjištěn rozdíl průměrné teploty zamulčované a nezamulčované půdy 3 °C, přičemž noční teploty se odlišovaly minimálně a v zamulčovaném i nezamulčovaném porostu brambor byla téměř totožná teplota, naopak výrazné rozdíly byly naměřeny během dne. Sláma byla v tomto případě aplikována při výsadbě, v tloušťce přibližně 5–8 cm.

Dvořák et al. (2013b) zjistili snížení teploty půdy na pozemku, kde byly pěstovány brambory mulčované **travním mulčem** tloušťky cca 2,5 mm, o 0,8 °C oproti nemulčované variantě, a upozorňují na riziko zpomalení vzcházení brambor v případě chladného počasí,

pokud je mulč aplikován ihned po výsadbě. Naopak v teplejších oblastech travní mulč příznivě ovlivní teplotu snížením denních teplotních odchylek (zvýšení minima a snížení maxima). Sinkevičienė et al. (2009) uvádí teplotní rozdíly v případě aplikovaného travního mulče na pozemcích, kde byla pěstovaná zelenina a brambory, v rozmezí 0,4–1,1 °C oproti nemulčovaným pozemkům, mulč byl aplikován v tloušťce 5 a 10 cm.

Snížení teploty půdy při mulčování brambor **senem** zaznamenali ve svých pokusech v Maďarsku Dudás et al. (2016a). Naopak resumé Xinga et al. (2012) je v otázce ovlivnění teploty půdy při mulčování senem nejednoznačné. Teplota půdy je ovlivněna obdobím roku, množstvím použitého mulče a převažujícím klimatem v místě pěstování brambor. Bylo zaznamenáno zvyšování i snižování teploty půdy v porostu zamulčovaném senem, přičemž v případě teplot vzduchu nad 20 °C vyšší množství mulče vedlo ke snížení teploty půdy, naopak oteplovací efekt mulče nastal při teplotě pod 16 °C. Při zamulčování senem v porostu brambor, který byl zavlažován kapkovou závlahou, došlo k mírnému zvýšení teploty půdy.

Na rozdíl od organických materiálů zjistili Dvořák et al. (2013b) v případě použití **polypropylenové netkané textilie** mírné zvýšení teploty půdy (o 0,2 °C). Aplikací netkané polypropylenové textilie lze tedy zvýšit teplotu půdy po výsadbě, což může urychlit vzházení brambor, na druhou stranu mulčování textilií může nežádoucím směrem zvyšovat teplotu půdy v horkých dnech nad teplotní optimum brambor, což může způsobit nižší nasazení hlíz. Pro chladnější oblasti může být z pohledu regulace teploty půdy vhodné mulčování brambor netkanou textilií, v teplejších oblastech je vhodné zvolit jiný způsob mulčování, například trávou (Dvořák et al. 2013b).

3.3.2 Vlhkostní poměry v půdě

Cílem mulčování může být vytvoření fyzické bariéry, která omezí výpar půdní vody (Kasirajan & Ngouajio 2012). Výhody mulčování nabývají důležitosti v sušších oblastech (Finckh et al. 2015). Důležitým přínosem je vedle zvýšení půdní vlhkosti stabilita půdní vlhkosti během celého vegetačního období, což je důležitým faktorem pro úrodu (Sinkevičienė et al. 2009).

Je ale též pozitivní, že při menším množství slaměného mulče (2,5–5 t/ha) není půdní vlhkost významně ovlivněna, což je významná skutečnost ve prospěch mulčování v těžších půdách. Zde by nadměrná půdní vlhkost mohla vést k odkladu či znemožnění mechanické sklizně brambor z důvodu nadměrné půdní vlhkosti (Döring et al. 2005).

Konkrétní efekty mulče při pěstování brambor uvádějí Edwards et al. (2000), kteří po aplikaci slaměného mulče v množství 4 t/ha naměřili v porostu brambor 6–7% zvýšení půdní vlhkosti ve srovnání s kontrolním nemulčovaným pozemkem, a Xing et al. (2012), kteří ve svém pokusu zjistili největší efekt v případě mulčování senem v množství 5,6 t/ha, kdy došlo ke zvýšení půdní vlhkosti téměř o 10 %, ale při menším, ale i větším množství mulče byla půdní vlhkost zvýšena méně.

Nižší účinnost vzhledem k vlhkostním podmínkám vykazuje travní mulč. Vlhkostní poměry v případě aplikace travního mulče při výsadbě ve vrstvě 25 mm byly v průměru srovnatelné s nemulčovanou variantou, avšak s častějšími ročníkovými výkyvy. Vliv na tuto skutečnost měly intenzita a rozložení srážek, neboť při čáстных srážkách s malými úhrny během dne se vlhkost půdy pod travním mulčem neměnila a půda zůstala sušší, než kdyby

stejné množství srážek spadlo jednorázově (Dvořák et al. 2013b). Sinkevicienė et al. (2019) uvádějí účinnost travního mulče v jarním a polovině letního období, poté však již v důsledku rozkladu travního mulče klesá půdní vlhkost a stoupá teplota půdy.

Polypropylenová netkaná textilie vykazuje lepší uchování půdní vlhkosti v porostu brambor než travní mulč a nezamulčované kontrolní stanoviště (Dvořák et al. 2013b).

Pastukhov et al. (2021) využívají alternativní způsob mulčování v podobě umístění brambor na povrch hrůbků a překrytí vyšší vrstvou slámy k zachování vlhkosti v porostu jako prostředek k omezení negativního působení velmi suchého a teplého počasí v posledních letech v ukrajinské stepní a lesní zóně. Dle propočtů zjistili, že nejvhodnější tloušťka mulče pro zvýšení vlhkosti půdy, ale i vzdušné vlhkosti v porostu, je 20 cm. Tato tloušťka je autory považována za nejvhodnější pro vytvoření optimálního teplotního režimu pro tvorbu stolonů a hlíz při současném významném zvýšení výnosu hlíz brambor (o 40 %) ve srovnání s běžně kultivovaným porostem.

V případě pěstování brambor s porostem živého mulče může docházet ke konkurenci ve vztahu k živinám a půdní vláze, proto záleží na době výsevu živého mulče. V případě směsi jetele lučního a lipnice luční nebo vikve huňaté vyseté mezi hrůbky v době po závěrečném zformování hrůbků byla doba konkurence plodin zkrácena a půdní vlhkost byla vyšší než v porostu s konvenčně pěstovanými bramborami bez mulče, avšak nižší než v porostu mulčovaného slámou (Boyd et al. 1997).

3.3.3 Mikroklima v porostu

Döring et al. (2006a) zjistili, že teplotu vzduchu v porostu brambor ovlivnilo mulčování slámou tak, že přes den byla tato teplota vyšší v porovnání s nemulčovanou variantou, v noci naopak nižší, a to v prvních dvou týdnech po zamulčování, o 4 týdny později se však denní teplota vzduchu již příliš nelišila od teploty nemulčovaného porostu, v noci naopak rozdíl zůstával. Přesto však rozdíly v teplotě vzduchu v porostu nebyly významné oproti nemulčovanému porostu. Malý efekt byl zjištěn i u relativní vlhkosti vzduchu, efekt byl opačný než u teploty vzduchu. Krátce po zamulčování byl ve dne zaznamenán sušší vzduch a naopak vlhčí vzduch během noci oproti nemulčované variantě, o 4 týdny později již rozdíl nebyl tak význačný přes den, ačkoliv v noci byl zachován rozdíl v relativní vlhkosti mulčovaného a nemulčovaného porostu. Výpar v mulčované variantě je nižší než ve variantě nemulčované, přičemž je toto více zřetelné přes den než v noci a výraznější u vyšší vrstvy mulče. U pokusu byl mulč aplikován v množství 2–8,5 t/ha v různých pokusech.

3.3.4 Půdní dusík

Jak již bylo řečeno, dočasná imobilizace půdního dusíku kvůli vysokému poměru C/N v některých mulčích organického původu může být nevýhodou mulčování (Kasirajan & Ngouajio 2012), avšak v porostech brambor je tento fakt výhodou po sklizni brambor v podobě zabránění vyplavení dusíku, jak ukazují studie Bushnella & Weltona (1931), Saucke & Döringa (2003) a Döringa et al. (2005).

Bushnell & Welton (1931) poukazují na aplikaci slaměného mulče za účelem snížení množství dusičnanů v půdě jako řešení problému, kdy u pšenice, jakožto následné plodiny po bramborách, bylo nadměrné množství dusíku v půdě příčinou malých zrn.

Saucke & Döring (2003) též upozorňují na významnou schopnost mulče imobilizovat dusík po sklizni brambor, kdy hrozí vyplavení rozpustného dusíku. Döring et al. (2005) upřesňují, že mulčování slámou způsobilo imobilizaci dusíku v množství 6,8–7 kg v tuně slámy a poukazuje, že aplikace slámy pro zachycení dusíku je ekonomicky i environmentálně velmi významná.

Aplikace slámy však může paradoxně zvýšit vyplavování dusíku do nižších půdních horizontů, a to v případě, kdy je mulč aplikován do brázd se závlahou. Sláma zvýší vsakování závlahové vody, což s sebou nese riziko vyplavování půdního dusíku do nižších horizontů, než je kořenová zóna brambor. To může mít negativní vliv na výnos hlíz (Shock et al. 2016).

Při střídavém pěstování rajčat a pšenice byl nejnižší únik dusíku vyplavením do nižších půdních horizontů prokázán v ekologickém pěstebním systému s minimálním zpracováním půdy a využitím mrtvého mulče. Druhého nejlepšího výsledku bylo dosaženo v ekologickém systému se zaoráním předplodiny a nejvyšší únik dusíku vyplavením byl zaznamenán při integrovaném způsobu pěstování s konvenčním zpracováním půdy (Massaccesi et al. 2020). V případě přizpůsobení technologie minimálního zpracování půdy pro účely pěstování brambor v ekologickém zemědělství by byly pravděpodobně výsledky podobné.

Při aplikaci čerstvého mulče – trávy nebo luscoobilní směsi, se projevuje zvýšený obsah dusíku v půdě ve zlepšení výživového stavu rostlin, což je blíže popsáno v kapitole 3.9.

3.3.5 Organická hmota

Mulč organického původu po rozložení dodává organickou hmotu do půdy. Nárůst množství organického uhlíku v půdě je považováno za významnou výhodu organických mulčů. Vyšší obsah půdního organického uhlíku byl prokázán v mulčovaných pozemcích s pěstovanou zeleninou (fazole, cibule, řepa červená) a bramborami ve srovnání s nemulčovanými porosty. Slaměný mulč měl pozitivní vliv na zvýšení půdního organického uhlíku, naopak při mulčování trávou nebyly prokázány rozdíly oproti nemulčované variantě v době pěstování plodin. V tomto parametru dosahovalo však ještě lepšího výsledku mulčování pilinami a rašelinou. Obsah půdního organického uhlíku v dalším roce poté, co byl porost mulčován a po sklizni mulč zaorán, rychle klesal u slámy a pilin, naopak pomaleji v případě travního a rašelinového mulče. Po dvou letech byl však zřetelný vyšší obsah půdního organického uhlíku u všech mulčovaných variant oproti nemulčovaným, a to i na pozemcích původně mulčovaných trávou, která se rychle rozložila (Bajorienė et al. 2013).

Xing et al. (2012) zjistili zvyšování průměrného množství organické hmoty v půdě v závislosti na tloušťce použitého mulče senem, a to konkrétně tak, že při aplikaci 2,25 t sena na ha došlo ke zvýšení organické hmoty v půdě o 11 %, v případě 9 t/ha o 62 %. Avšak v případě, kdy byl mulčovaný porost brambor zavlažován, docházelo ke ztrátám organické hmoty. V takovém porostu byla organická hmota v půdě zvýšena pouze při vyšších dávkách mulče. Vyšší obsah půdního organického uhlíku byl zaznamenán u silnější vrstvy mulče (10 cm) ve srovnání s vrstvou slabší (Bajorienė et al. 2013).

Genger et al. (2018) zmiňují možný příspěvek slámy v podobě mulče ke zvýšení půdní organické hmoty v dlouhodobějším horizontu, Dvořák (2013b) vztahuje benefit snadno rozložitelné organické hmoty, která byla použita k mulčování, k možnému prospěchu plodiny pěstované po mulčovaných bramborách.

V ekologickém konzervačním systému střídání pěstování rajčat a pšenice s minimálním zpracováním půdy a využitím mrtvého mulče docházelo k větší kumulaci organického uhlíku oproti integrovanému obhospodařování bez mulčování. Organický přístup se zaoráním předplodiny byl ve sledovaném parametru mezi přístupem integrovaným a ekologickým konzervačním (Massaccesi et al. 2020).

3.4 Vliv mulčování na biodiverzitu v porostech brambor

Existuje málo studií zaměřených přímo na biodiverzitu v mulčovaných porostech brambor. Lze se však domnívat, že výskyt organismů v mulčovaných porostech může být podobný jako v systému jiných mulčovaných jednoletých plodin s přihlédnutím k výskytu škůdců brambor a jejich predátorů. V případě mulčování brambor je mulč aplikován pouze dočasně a relativně krátkodobě, a to většinou po intenzivním zpracování půdy na podzim i na jaře před výsadbou, což též může ovlivnit biodiverzitu v mulčovaném porostu a na různé organismy působit různě. Mulč však poskytuje podmínky, které mohou výskyt půdních organismů pozitivně ovlivnit vytvářením úkrytu, úpravou mikroklimatu i poskytováním potravy.

Vyšší intenzita zpracování půdy je spojena se sníženou heterogenitou výskytu organismů, avšak v systému redukované orby není tento efekt tak výrazný (Brennan et al. 2005). To bylo prokázáno v pokusu střídání pšenice a rajčat se směsí ječmene a hrachu jako krycí plodiny zaseté na podzim ve třech systémech pěstování. Nejvyšší výskyt mikrobiální půdní biomasy i biodiverzity bezobratlých živočichů včetně epigeických predátorů – pavouků a střevlíkovitých brouků byl zaznamenán ve svrchním půdním horizontu (do 29 cm) v systému ekologického bezorebného zemědělství, kdy byla krycí plodina pokosena, ponechána jako mrtvý mulč a provedeno pouze pásové zpracování půdy. V systému ekologického obhospodařování, kdy byla krycí plodina zaorána, byla mikrobiální biomasa srovnatelná s ekologickým konzervačním přístupem, ale biomasa bezobratlých živočichů 2× menší. V systému integrovaného zemědělství, kde nebyla použita předplodina, byla 2× menší mikrobiální biomasa a 10× menší biomasa bezobratlých živočichů. Na druhou stranu byl v ekologickém systému s minimálním zpracováním půdy nejnižší výnos (3× nižší než v integrovaném přístupu), výnos v ekologickém systému byl již srovnatelný s integrovaným systémem. Ekologický konzervační systém tedy významně podporuje výskyt půdní biomasy a též i zachování a koloběh živin, avšak je třeba zlepšit výnosy, aby byl tento systém více využitelný (Massaccesi et al. 2020). V oblasti pěstování brambor lze očekávat výstupy podobné.

Důležitou součástí půdního edafonu jsou chvostoskoci. Chvostoskoci jsou společně s roztoči součástí půdní mezofauny a hrají důležitou roli v procesu rozkladu rostlinných zbytků, druhotném rozkladu exkrementů makrofauny a megafauny a tvorbu mikrostruktury půdy. Výměšky chvostoskoků jsou významnou součástí pro tvorbu humusu. Biodiverzita i hustota jejich výskytu je v některých ekosystémech ovlivněna člověkem. Jejich přítomnost v půdě je negativně ovlivněna intenzivním zemědělstvím, vnášením dusíku nebo změnou klimatu. V půdách s nízkou hustotou výskytu i malou biodiverzitou chvostoskoků se rozpadá půdní mikrostruktura, půda se zhutní a je narušeno provzdušňování půdy, infiltrace vody a další základní půdní funkce (Rusek 1998).

Chvostoskoci se vyskytují více v půdách mulčovaných než v půdách běžně (tj. mechanicky) kultivovaných a více v bezorebných podmínkách než v půdách zpracovaných orbou (Culik et al. 2002). V půdě vystavené solarizaci (tj. hydrotermální metodě, která spočívá pokrytí půdy v době před výsevem plastovou fólií, která slouží jakožto prostředek k omezení výskytu plevelu, parazitů, nemocí, škůdců) byl výskyt chvostoskoků nižší ve srovnání s půdou mulčovanou organickým mulčem. Proces solarizace výskyt chvostoskoků v půdě redukuje, naopak mulč je pro chvostoskoky zdroj potravy, tedy je podporuje (Gill & McSorley 2010).

V případě konzervačního zpracování půdy při pěstování ozimé pšenice byla prokázána přítomnost více jedinců chvostoskoků oproti pozemkům s konvenčním zpracováním půdy, avšak nezvýšil se tím výskyt druhů. Výskyt více jedinců může být důsledkem nižšího narušování půdy a možného zvýšení výskytu půdních hub jakožto zdroje potravy chvostoskoků v systému konzervačního zpracování půdy (Brennan et al. 2006).

Ponechání slámy po sklizni na povrchu půdy (v daném pokusu byla sláma ze sklizené pšenice nasekána a navrácena na povrch, což lze hodnotit jako dočasný mulč) paradoxně snížilo výskyt chvostoskoků oproti situaci, kdy byla sláma sklizena a odvezena, což může být důsledek buď zvýšené přítomnosti predátorů nebo již suboptimálními mikroklimatickými podmínkami (Brennan et al. 2006).

V porostu brambor zamulčovaném v době rašení usušeným senem ve vrstvě 10 cm se nepotvrdil plošně zvýšený počet půdních členovců, mezi něž se chvostoskoci řadí. Statisticky významný nárůst počtu jedinců v mulčovaném poli se prokázal pouze u některých řádů třídy chvostoskoků, dále drobnušek a epigeických brouků, naopak se nezvýšil výskyt roztočů. Celkově však mulčování senem zvýšilo aktivitu půdních členovců a je tedy doporučováno (Dudás et al. 2016a).

Další významnou půdní skupinou živočichů jsou žížaly. Jedná se o saprofágní živočichy a nejvýznamnější skupinu půdní makrofauny. K nejdůležitějším požadavkům žížal na prostředí patří dostatek a kvalita potravních zdrojů, vhodná vlhkost, teplota, půdní reakce a půdní textura. Základem jejich potravy je odumřelá organická hmota rostlinného a někdy i živočišného původu a půdní mikroorganismy (Pižl 2018). Mulčování přináší pro žížaly příznivé životní podmínky, záleží však na použitém materiálu. Výsledky pokusů Jodaugienė et al. (2010) prokázaly, že mulčování slámou v porostu brambor a fazolí významně zvýšilo početnost i biomasu žížal a mulčování trávou početnost i biomasu žížal na mulčovaném pozemku pozitivně ovlivnilo ve srovnání s pozemkem nemulčovaným. Naopak mulčování dřevěnými pilinami nemělo žádný vliv na výskyt žížal a mulčování rašelinou působilo negativně na biomasu i hustotu jejich výskytu. Větší výskyt žížal byl zaznamenán v případě pěticentimetrové vrstvy mulče než v případě vrstvy deseticentimetrové.

Chodby žížal tvoří největší z půdních pórů, které ovlivňují vzdušný a vodní režim půdy. Vertikálně probíhající chodby významně zvyšují možnost infiltrace do půdy a následně se zvyšuje odolnost vůči erozi. Exkrementy žížal mají větší podíl jílovitých a naplaveninových frakcí než okolní půda a jejich stabilita je větší než stabilita ostatních půdních agregátů. Zvyšují dále poměr aerobních pochodů v půdě vůči pochodům anaerobním, zvětšují dostupnost prostorů pro mikrobiální aktivitu a pohyb mikrofauny. Exkrementy žížal mají větší podíl auxinových látek stimulujících růst rostlin oproti okolní půdě, probíhá v nich rychleji denitrifikace, obsahují více výměnných iontů (Pižl 2018). Mulč tedy může představovat způsob

pro podporu výskytu žížal, tedy jako nepřímý prostředek pro zvyšování stability a úrodnosti půdy.

Žížaly jsou rozdělovány do tří základních skupin – anektické, jejichž hlavním půdním procesem je tvorba půdních pórů – hlubokých vertikálních chodeb a sítěmi horizontálních chodeb vzniklých potravní aktivitou, čímž regulují průtok vody a udržují půdní strukturu, epigeické (žijící při povrchu půdy), jejich hlavní půdní proces spočívá v rozkladu opadu a organické hmoty, inkorporace opadu do půdy a stimulace mikroorganismů a endogeické, jejichž hlavním procesem je tvorba půdních agregátů (Pižl 2018). V pokusu srovnávacím pěstování pšenice v konvenčním zemědělském systému, ekologickém přístupu bez mulče a s použitím živého mulče se ukázal významně četnější výskyt anektických i epigeických žížal v systému využívajícím živý mulč ve srovnání s konvenčním systémem, ale i ekologickým pěstováním bez mulče. Naopak výskyt endogeických žížal byl menší. Větší výskyt anektických žížal je kromě živého mulče přisuzován absenci orby, kdy nedocházelo k narušování životního prostředí hlubinných žížal (Pelosi et al. 2008). Živý mulč byl ve studii Pelosi et al. (2008) kombinován s použitím herbicidů a otázkou by byl výsledek bez použití herbicidů v zemědělství ekologickém. Autoři také poukazují na nepříliš jasné nebo neznámé účinky na žížaly u velkého množství pesticidů, které jsou používány v kombinaci s živým mulčem.

V mulčovaném porostu brambor se dle výzkumu Dudáse et al. (2016b) vyskytuje větší počet i druhové složení střevlíkovitých brouků oproti porostu nemulčovanému. Jako mulč bylo použito seno, listí, přičemž druh použitého mulče neměl na výskyt podstatný vliv. Díky mulčování se v mulčovaném porostu objevovala větší a druhově bohatší struktura střevlíků, konkrétně 28 % odchycených druhů se vyskytovalo pouze v mulčovaných porostech, zatímco 13 % druhů pouze v nemulčovaných porostech. U druhů, které se vyskytovaly pouze v mulčovaném porostu, bylo identifikováno pouze malé množství jedinců, což vede k závěru, že mulč napomohl k vytvoření životního prostředí pro tyto vzácnější druhy (Dudás et al. 2016b).

3.5 Zhodnocení vlivu mulčování brambor na půdní erozi

3.5.1 Vodní eroze

Brambory se řadí mezi širokořádkové plodiny s velmi nízkým ochranným vlivem vegetace a způsobu obdělávání. S ohledem na tuto skutečnost nelze pro jejich pěstování využívat půdní bloky označené v evidenci půdy (LPIS) jako silně erozně ohrožené. Na mírně erozně ohrožených půdách je pěstování možné při dodržení půdoochranných opatření omezujících nebezpečí vodní eroze (Vokál et al. 2013). Problematické z hlediska eroze jsou brambory z následujících důvodů. Jednak je to absence vegetačního krytu při počátečním růstu a zároveň se v tomtéž období (duben až červen) začíná více projevovat výskyt krupobití i přivalových dešťů. Dále je to rajonizace výroby, kdy se stále většina brambor pěstuje ve svažitých polohách. Za určitých okolností může k erozi přispět i zvolená agrotechnika – nadměrné zpracování nebo záhonové odkaměňování (Dvořák 2021).

K prevenci eroze slouží Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES, dříve GAEC), které zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Standard DZES 5 definuje půdoochranné technologie k erozně nebezpečným

plodinám, a to zasakovací pásy, osetí souvratí, sázení/setí po vrstevnici, přerušovací pásy, odkameňování, podryvání u cukrové řepy, důlkování, hrázkování, pěstování luskoobilních směsí, pásové zpracování půdy (metoda strip-till), pěstování kukuřice s šířkou řádku do 45 cm bezorebným způsobem (Novotný et al. 2017).

Mulčování patří k protierozním opatřením agrotechnického charakteru v ekologickém zemědělství. Doporučuje se na svazích 7–10° sklonu, v množství 10–20 cm. Je možné použít slámu (včetně slámy kukuřice), kůru, drcené větve z údržby trvalé kultury, ozimou krycí plodinu či jiný organický materiál, který se na podzim může zaorat. Seno není doporučováno především z důvodu obsahu velkého množství klíčivých semen a rychlého rozkladu. Výhodou mulčování z hlediska eroze je snížení energie erozních činitelů – působení deště i větru (Novotný et al. 2017).

Dle informace VÚMOP uvedené v certifikované metodice „Metodické postupy k půdoochranným technologiím při pěstování brambor“ patří mezi nejúčinnější půdoochranná omezení při pěstování brambor důlkování a hrázkování, které mohou riziko eroze snížit až o 85 % ve srovnání s klasickou technologií pěstování. Na úrovni 30–40% účinnosti jsou uvedeny mulčování nebo sázení do meziplodiny seté na podzim. Kromě důlkování a hrázkování se doporučuje též úprava tvaru hrůbků pro lepší zasakování vody a kypření hrůbků jako ochrana proti vzniku půdní krusty (Kasal et al. 2016).

Vysokou protierozní účinnost mulčování slámou však kvantifikovali Döring et al. (2005), kdy ve srovnání s nemulčovanou variantou dochází k podstatnému snížení odnosu ornice vodou. V případě aplikace řezané slámy v malém množství (1,25–2 t/ha) byl snížen tento odnos o více než 97 % na poli brambor s 8% svažitostí a 20% pokrytím plodinami. U slámy neřezané byl efekt nižší, výrazněji se v tomto ohledu neprojevovalo ani navýšení množství aplikované slámy. Zároveň při aplikaci slámy na hrůbky nedochází k vytvoření půdní krusty po zavlažení.

Edwards et al. (2000) potvrzují, že při mulčování slámou (při kultivaci byla sláma částečně zaorána) došlo k omezení ztráty ornice z důvodu vodní eroze o 50 % v porostech brambor na svažitých pozemcích postižených nejen vodní erozí, ale i zhutněním půdy vlivem intenzivní mechanizace v půdě erozně zranitelné.

Dvořák (2021) doplňuje, že v případě dostatečné vrstvy nařezané slámy (2–4 cm) ochranný účinek spočívá nejen v ochraně před odnosem půdních částic povrchovým odtokem, ale i jako ochranný účinek před negativním vlivem vysoké energie dešťových kapek, čímž se minimalizuje rozplavování půdních agregátů. Důležitá je délka stébel slámy v mulči. Ochranný protierozní efekt má též povrchová aplikace mēlce zapraveného kompostu, který též působí jako ochrana proti půdnímu smyvu.

Finckh et al. (2015) pozitivně hodnotí mulčování brambor luskoobilní směsí, která zamezila vodní erozi při silném dešti (100 mm během jednoho a půl dne).

Janeček et al. (2012) v rámci protierozní technologie při pěstování brambor uvádí možnost mulčování slámou po pěstované předplodině, kdy ponechaná sláma a strniště kryjí pozemek přes zimu a zabraňují jarní erozi, na jaře se aplikuje kejda a minerální dusík (konv. zemědělství), před výsadbou se zpracuje půda kypřením. Doporučeno je též sázení též do meziplodiny zaseté na podzim, kdy se k jarní přípravě půdy využívá kypření kypřičem s pasivními pracovními nástroji před vlastní výsadbou a meziplodina se dostatečně zredukuje postupnými oborávkami.

Kasal et al. (2016) však uvádí, že mulčování nebo sázení do meziplodiny seté na podzim je u současných postupů při pěstování brambor těžko proveditelné. Zároveň však metodika VÚMOP připouští, že na trhu ČR nejsou vhodné stroje a technologie splňující půdoochranné požadavky DZES, využívány jsou především technologie pro odkameňování.

Přímo k mulčování brambor byla vytvořena certifikovaná metodika č. 7/2013 ČZU KRV „Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor“ (Dvořák et al. 2013b). V této metodice bylo zkoumáno několik typů mulčovacích materiálů – černá polypropylenová textilie, travní řezanka (se dvěma termíny aplikace) a řezaná pšeničná sláma. Výsledky byly porovnány s nemulčovanou variantou. Navržené postupy rozšiřují možnost výběru technologií v oblasti snížení eroze v mírně erozně ohrožených oblastech, v době svého vzniku tato metodika vyhovovala standardu GAEC 2, nyní tedy standardu DZES5). Metodika uvádí způsob aplikace mulče s dostupnými technologiemi (rozmetadla statkových hnojiv, rozdružovače balíků, traktory, sazeče balíčkové zeleniny, sazeče pro výsadbu do mulčovacích fólií) a tedy ukazuje, že v použití mulčování jakožto protierozního opatření nemusí být překážkou nedostatečná (specializovaná) technologie.

Dvořák et al. (2013b) ve výše uvedené metodice doporučuje v bramborařské výrobní oblasti aplikaci rostlinného mulče až těsně před vzejitím porostu, do té doby využívat mechanickou kultivaci a z hlediska protierozního působení například hrázkování. Toto řešení je zvoleno s ohledem na výnos konzumních hlíz, ačkoliv z hlediska ochrany půdy proti erozi je neefektivnější ochrana již od výsadby, kdy je půda velmi náchylná.

K vodní erozi může docházet i při meziřádkovém zavlažování brambor. V tomto případě je řešením aplikace slámy do brázd v malém množství. Konkrétně aplikace slámy v množství 0,9 t/ha pouze do brázd omezila odnos půdy o 96 % oproti pozemku bez mulče, a to bez vlivu na výnos (Shock et al. 1996). Sláma v brázdách má zpomalující účinek na závlahovou vodu a podporuje její vsakování (Trenkel et al. 1995).

3.5.2 Větrná eroze

Dle Geohazardů – katalogu geologických rizik je větrná eroze proces rozrušování půdního pokryvu a nezpevněných jemnozrnných sedimentů a jeho transport do míst sedimentace. Podstata větrné eroze je v mechanické síle větru. Důležitými faktory, které ovlivňují stav větrné eroze, jsou stav půdy a odpor půdních částic, který je dán velikostí, tvarem částic, strukturou a vlhkostí půdy, drsností půdního povrchu a rostlinným povrchem. Důležitá je též délka erodovaného území (Česká geologická služba, 2006). V České republice jsou ohroženy erozí především lehké písčité půdy, především na jižní Moravě a v Polabí (Janeček et al. 2012; Geoportál VÚOMP 2021). Z hlediska bramborařství se jedná o oblasti typické pěstováním raných brambor. Na některých lokalitách jsou však ohroženy i půdy těžší (Janeček et al. 2012).

Obecně doporučovaným řešením je organizace půdního fondu vytvořením vhodných tvarů, uspořádání a velikost pozemku, výběr vhodných zemědělských plodin, zmírnění rychlosti větru umělými a přírodními větrolamy (Česká geologická služba, 2006).

Pro zvýšení ochrany půdy před větrnou erozí je důležité zvolit technologie, které zkracují bezporostní období a využívají rostlinné zbytky předplodin a meziplodin. Velký vliv má u většiny plodin ochranné obdělávání půdy (kam patří mimo jiné výsev do ochranné plodiny nebo

strniště doplněné podříznutím širokými šípovými radlicemi) a též mulčování využitelné i u brambor. Mulčování zvyšuje také vlhkost půdy, což vede ke zvýšení její soudržnosti, a tedy i snížení erodovatelnosti (Janeček et al. 2012).

Dle Stannarda & Thorntona (1994) jsou pozemky s porosty brambor citlivé k větrné erozi nejvíce od výsadby do doby vytvoření dostatečné listové plochy a pak též po sklizni. Konvenční příprava půdy k pěstování brambor eliminuje posklizňové zbytky a větší hroudy. Vytváření hrůbků sice „zdršňuje“ povrch půdy, ale z důvodu vzdálenosti hrůbků a také z důvodu, že ne vždy jsou hrůbky orientovány ve směru kolmém na směr převažujícího větru, je omezena jejich protierozní funkce. Řešením je pěstování brambor v podmínkách omezeného zpracování půdy, kdy zůstává více posklizňových zbytků na povrchu půdy a je zpomalená ztráta organické hmoty.

Hyde et al. (1977) na pokusech v písčité půdě v podmínkách větrů vanoucí rychlostí 31–40 m/s zjistili, že nejsnazší je pěstování brambor v malém množství posklizňových zbytků, které jsou dobře stabilizované v půdě, přičemž je uplatněna vhodná mechanizace. V případě většího množství posklizňových zbytků je potřebné jejich dodatečné zpracování před výsadbou brambor. Při výsadbě se rozruší porost ve výsadbovém řádku a v jeho blízkosti, u ostatní krycí vegetace je uvažována likvidace herbicidem v době, když již porost bude dostatečně vzešlý a nebude tak půda ohrožena větrnou erozí. (Pozn. – v podmínkách ekologického zemědělství by se zde pravděpodobně uvažovalo o mechanické kultivaci). Při této technologii pěstování brambor byla nejjednodušší sklizeň v případě pozdních brambor, kdy již byly posklizňové zbytky více rozložené, na rozdíl od sklizně raných brambor pěstovaných tímto způsobem. Výnosy brambor pěstovaných tímto způsobem byly srovnatelné či dokonce vyšší než výnosy konvenčně pěstovaných brambor ve faremních pokusech. Zároveň byl tento způsob pěstování brambor v systému omezeného zpracování půdy ziskovější.

Stannard & Thornton (1994) zhodnocují též vliv mulčování slámou na eliminaci větrné eroze. Sláma je levný materiál, avšak je třeba zajistit její dobrou stabilizaci v mulčovaném porostu, aby se při silnějším větru nevznášela a nezpůsobovala tak větší problémy. Pro lepší stabilizaci může být za rozmetadlo slámy připojen crimper (stroj s disky vtlačující slámu do země), což vede ke zvýšeným nárokům na práci a mechanizaci, proto je upřednostňováno minimální zpracování půdy a využívání posklizňových zbytků.

McGuire (2011) doporučuje sázení do meziplodiny vyseté na podzim, která kromě protierozního účinku zadržuje též živiny. Doporučuje pšenici ozimou. (V českých podmínkách Janeček et al. (2012) doporučují též žito). Také součástí této technologie je umrtvení krycí plodiny herbicidy, a to před výsadbou brambor nebo po ní, v závislosti na výšce krycí plodiny vzhledem k tomu, jak časně nebo pozdě byla na podzim vyseta. Též Janeček et al. (2012) doporučují jako jeden způsob ochrany brambor před vodní erozí jejich sázení do meziplodiny zaseté na podzim, kdy se k jarní výsadbě využívá kypření kypřičem s pasivními pracovními nástroji před vlastní výsadbou brambor. Meziplodina (resp. krycí plodina) se dodatečně zredukuje postupnými oborávkami. Lze se tedy domnívat, že tento přístup je použitelný místo aplikace herbicidů, jak uvádí McGuire (2011).

Kirchner et al. (2014) vyzdvihuje ochranný efekt mulčované slámy proti větrné erozi i po sklizni brambor na velkých půdních blocích s lehkými půdami, které čelí silným větrům. V tomto případě lze však očekávat, že bude sláma částečně zapravena do půdy při sklizni brambor a tedy stabilizována.

3.6 Omezení výskytu plevelů v porostech brambor vlivem mulčování

Plevele mají v závislosti na druhovém spektru a intenzitě výskytu negativní vliv na výnos hlíz brambor. Při nižším a středním zaplevelení snižují výnos nejméně o 20–30 %, vysoké zaplevelení redukuje výnos až o 90 %. Nejčastějšími druhy plevelů brambor v ranobramborářských oblastech jsou ježatka kuří noha, laskavec ohnutý, pcháč rolní, pět'our maloúborný. V bramborářských oblastech to je svízel přitula, merlík bílý, prý plazivý a plevelná řepka olejka. Merlík bílý je jeden z nejrozšířenějších a nejnebezpečnějších plevelů brambor kvůli vysoké konkurenceschopnosti, schopnosti klíčit po celé období vegetace brambor. Jedná se o charakteristický plevel brambor. Pět'our maloúborný je obtížně hubitelný mechanickou kultivací a prý plazivý přímo poškozují hlízy jejich prorůstáním oddenky (Vokál et al. 2013).

3.6.1 Mulčování netkanou textilií

V případě mulčování netkanou textilií jsou zformovány hrůbky, které jsou potaženy netkanou textilií a brambory jsou sázeny do již vytvarovaných a nakrytých řádků (Dvořák et al. 2013b). U tohoto typu mulčování Dvořák et al. (2010) zaznamenali jednoznačně pozitivní vliv na výskyt plevelů. Hmotnost biomasy plevelů zde byla snížena o 89 % oproti variantě s mechanickou kultivací bez pokrytí mulče. V tříletém pokusu na dvou různých stanovištích zjistili Dvořák et al. (2015), že průměrná biomasa plevelů byla o 53,8 % nižší v případě mulčování netkanou textilií oproti variantě nemulčované a též se ukázala účinnější ve srovnání s variantou mulčování brambor travním mulčem při výsadbě (o 63,2 %) i u varianty s travním mulčem aplikovaným 14 dní po výsadbě brambor (o 50 %).

3.6.2 Mulčování slámou

V případě mulčování slámou se efekt regulace plevelů liší v závislosti na době aplikace slámy, jejím množství a kombinování s mechanickou kultivací. Bushnell & Welton (1931) uvádějí, že aplikací méně než 8 tun slámy na akr (19,7 t/ha), kdy aplikace slámy byla provedena 8 dní po výsadbě, se projeví prorůstáním jednoletých plevelů. Též výzkumy Döringa et al. (2005) neukázaly jednoznačný vliv mulčování slámou na snížení výskytu plevele v žádném ze sledovaných parametrů – počet, pokryvnost, biomasa. Tento výsledek autor přičítá relativně nízkému množství aplikované slámy ve svých pokusech (2,5–5 t/ha). Mulč byl v tomto případě aplikován po vzejití brambor a mulčování předcházely dvě mechanické kultivace – plečkování, které udržely výskyt plevelů na nízké úrovni po celou dobu vegetace.

Bhullar et al. (2015) poukazují na odlišnou účinnost menšího množství slaměného mulče (v rozpětí 4–7 t/ha) na různé druhy plevele v případě aplikace slámy po výsadbě brambor.

Genger et al. (2018) použili k mulčování slámu v množství 1,8–2,2 kg/m² (tj. 18–22 t/ha), tedy množství podobné jako Bushnell & Welton (1931), porovnávala byla aplikace mulče při vzházení brambor a mechanické odstraňování plevele. Mulčování slámou představovalo účinnější možnost než mechanická kultivace pro regulaci některých dvouděložných (šírokolistých) plevelů, a to obzvláště ke konci sezóny, kdy dochází ke stárnutí či odumření listů na stoncích a v nezamulčovaných porostech je pak větší tendence k růstu plevelů (druhotné zaplevelení např. v důsledku výskytu plísňe bramboru na listech). U jednoděložných plevelů – trav nebyl zjištěn významný rozdíl v mulčované a nemulčované variantě. Byl též vyzkoušen

přístup s mulčováním pouze hrůbků, což se ukázalo být efektivnější než kontrolní nemulčovaná varianta. Tuto variantu doporučují autoři k dalšímu rozpracování, neboť může být alternativou k celoplošnému mulčování. Jednak se jedná o variantu méně nákladnou, protože se využije méně slámy, jednak umožní i mechanickou kultivaci v brázdách, a tedy i větší flexibilitu v regulaci plevelů. Hypotézou autorů je, že je výhodnější mulčování při vzcházení brambor než při výsadbě, neboť ve druhém případě plevelů prorostou slaměným mulčem stejně jako brambory a rozvinou se do síly, čímž snižují výnos hlíz. Naproti tomu při aplikaci mulče při vzcházení jsou plevelné rostliny nejprve regulovány mechanicky, při opakovaném nárůstu již jsou zastíněny zapojeným porostem a nemají takovou konkurenční schopnost prorůst zapojeným porostem. Mezi plevely nejlépe regulované mulčem sledované v této studii patří merlík bílý a rdesnovité plevely, naopak výskyt laskavce ohnutého a mračňáku Theoprastova byl stejný v mulčované i nemulčované variantě. Při rozhodování, zda upřednostnit mechanickou kultivaci nebo mulč jako prostředek regulace plevelů, je třeba vzít v úvahu i to, jaký druh plevelů v porostu převažuje. Autoři též poukazují na vhodnost postupu, kdy mulčování následuje mechanickou kultivaci, i z toho pohledu, že mulč reguluje výskyt plevelů i v pozdější fázi pěstování brambor, a tedy lze pomocí něho redukovat výsev semen plevelů a snižování jejich zásoby v půdě. To představuje významný benefit pro management plevelů v ekologickém zemědělství a stav půdy pro pěstování následných plodin.

3.6.3 Mulčování trávou či luskoobilní směsí

Dle výzkumu Dvořáka et al. (2013b, 2015) jsou, stejně jako u slámy, odlišné výsledky při mulčování travním mulčem při výsadbě brambor nebo až těsně před vzejitím. Několikaleté pokusy potvrdily vyšší výskyt biomasy plevelů při aplikaci mulče při výsadbě oproti kontrolní variantě s mechanickou kultivací. Při zamulčování pozemku při výsadbě brambor bude travní mulč s větší pravděpodobností ovlivněn počasím. Při velké vlhkosti a srážkách může dojít k jeho rychlejšímu rozkladu, čímž se vytvoří opětovně prostor pro klíčení a růst plevelů. Autoři při pokusech též zaznamenali sesunutí mulče z hrůbků vlivem přívalového deště, což též vytváří prostor pro plevel. To je důvodem, proč je vhodné preferovat pozdější termín mulčování v kombinaci s mechanickou likvidací plevelů do té doby a pro omezení eroze využít například hrázkování.

Při srovnání mulčovacích materiálů Dvořák et al. (2013b, 2015) zjistili, že travní mulč v tloušťce 25 mm aplikovaný před vzejitím brambor je méně účinný v omezení růstu plevelů než mulčování netkanou textilií. Vyšší účinnost než mechanická regulace plevelů prokázalo mulčování travním mulčem před vzejitím v bramborářské oblasti (regulace plevelů o 24 % ve srovnání s kontrolní variantou), naproti tomu v řepařské oblasti lépe zajistila regulaci plevelů mechanická kultivace. Přestože byla zjištěna v tomto případě vyšší biomasa plevelů na mulčovaném pozemku, nebyl zaznamenán negativní efekt na výnos hlíz, neboť plevel narostl až v závěru vegetace, kdy začala nať bramboru odumírat.

Pozitivní vliv čerstvého mulče tvořeného směsí ozimé pelušky a žita nebo vikve a triticales nařezané na přibližně 10 cm kusy v množství 5 kg/m² a aplikované do výsadby brambor po první tvorbě hrůbků potvrzují Finckh et al. (2015). Tento způsob mulčování uspokojivě omezil výskyt plevelů na pokusném stanovišti.

Mulč přispívá k aplikovatelnosti systému minimálního zpracování půdy (mělké kypření bez obracení půdy) bez použití herbicidů, kdy je stěžejní regulace zásob semen plevelů v půdě. Nezbytnou součástí jsou další opatření – střídání plodin, výsev meziplodin a případně použití kompostu. Toto vyvozují Schmidt et al. (2019) pro systém střídání pšenice ozimé a brambor. Brambory byly mulčovány těstě po vzejití zelenou směsí žito – hrách nebo triticales – vojtěška ve vrstvě 8–10 cm. Uvedený soubor opatření měl v porostu brambor za následek omezení půdní zásoby semen merlíku bílého, jakožto typického plevele brambor, jehož výskyt záleží na hloubce zpracování půdy, a to o 15 %. Dále byl snížen výskyt heřmánku, avšak na druhou stranu došlo ke zvýšení půdní zásoby svízele přituly, hluchavek a pomněnky rolní.

3.6.4 Živý mulč

Dle pokusů Kołodziejczyk et al. (2017) napomohlo využití podsevů v kombinaci s mechanickou kultivací ke snížení výskytu plevele u brambor. Tento přístup byl sice méně účinný než kombinace mechanické a chemické regulace plevele, avšak efektivnější než pouze regulace mechanická. Podsevy byly sety ručně mezi řádky brambor během BBCH 31–32 (počátek uzavírání porostu). Hmotnost biomasy plevelů oproti kontrolním variantě bez regulace plevele byla snížena o 46–57 % (v případě mechanicko-chemické regulace byla hmotnost biomasy snížena o 81 % oproti kontrolní variantě, v případě mechanické regulace o 33 %). Nejefektivnější ze zkoumaných podsevových druhů se ukázala být hořčice setá. Proti jednoděložným plevelným rostlinám nejlépe fungovala vikev setá, proti dvouděložným plevelům jetel zvrácený.

Pro systém ekologického zemědělství doporučují Kolodziejczyk et al. (2017) využívat mechanickou kultivaci v kombinaci s živým mulčem (zejména s jetelem zvráceným) z důvodu jeho efektivity v potlačení množství i biomasy plevelů a zároveň z důvodu nízkého odběru živin ve srovnání s plevelem.

Oproti výše uvedenému doporučení výsevu podsevu mezi hrůbky doporučuje Garden Organic (2006) k potlačení plevele výsev hořčice nebo ředkve olejné přímo na hrůbky, a to 3–5 týdnů po výsadbě brambor, avšak upozorňuje na riziko snížení výnosu brambor na základě tohoto opatření.

Podsev, například hořčice v množství max. 8 kg/ha radí využívat Bioinstitut (2007) jakožto možnost potlačení růstu světlomilných plevelů v období rozdrčení natě brambor (tj. k omezení druhotného zaplevelení na konci vegetace).

3.7 Vliv mulčování brambor na výskyt mandelinky bramborové

Ochrana proti mandelince bramborové v ekologickém zemědělství je založena na minimálně čtyřletém odstupu, minimálně 500 m izolační vzdálenosti od plochy brambor z předchozího roku, sběru jarního brouka, mechanickém ničení vajíček a larev a mechanickém sklepávání larev. Důležitá je pravidelná kontrola porostů již od vzházení rostlin. V ekologickém zemědělství jsou proti mandelince bramborové povoleny přírodní postřikové insekticidy Neem-Azal-T/S s obsahem azadirachtinu – výtažku z tropické rostliny *Azadirachta indica* a SpinTor s obsahem účinné látky spinosad, přírodní produkt získaný fermentační činností bakterií *Saccharopolyspora spinosa*. Přípravky se používají v prvním a druhém stádiu vývoje larev, a ne vícekrát než dvakrát za vegetační období (Diviš 2012).

Brust (1994) vyjadřuje nutnost hledání alternativních přístupů i v konvenčním systému pěstování brambor z důvodu vzniku rezistencí mandelinky bramborové vůči běžným insekticidům. Mulčování slámou by mělo v tomto napomoci, a to jednak v podobě negativního ovlivnění schopnosti dospělých jedinců mandelinky lokalizovat rostliny brambor a jednak zhoršením životních podmínek mandelinek v porostu včetně podpory jejich predátorů. Aplikace slámy v 8–10 cm vrstvě týden po vzejití brambor však neměla významný efekt na omezení migrace mandelinek do porostu brambor, výskyt predátorů se ale zvýšil (uvedeno dále).

Neúčinnost slámy jakožto mulče v podobě bariéry pro pohyb mandelinek do porostu zaznamenali již dříve Zehnder & Hough-Goldstein (1990), avšak následně byl zaznamenán oproti nemulčovaným pozemkům nižší výskyt přezimujících brouků, vajíček i larev mandelinky v porostech mulčovaných slámou, kdy byla sláma aplikována při vzejití brambor, v tloušťce 6–10 cm. Resumé autorů je, že lze mulčování slámou využít jako možnou ochranu před mandelinkou a dosáhnout uspokojivého komerčního výnosu brambor, avšak za podmínky rotace plodin na pozemku.

Döring et al. (2006b) též zaznamenali prostorový efekt pohybu mandelinek do porostu z okrajů pole a nezjistili statisticky významné snížení výskytu mandelinky bramborové při mulčování slámou. Přesto však zachytil trend, kdy největší výskyt mandelinky byl v nemulčovaném porostu, a naopak nejnižší výskyt v porostu se silnější vrstvou mulče oproti vrstvě slabší.

Naopak Szendrei et al. (2009) zjistili, že pohyb mandelinek do porostů s ponechanou mezplodinou je menší než u varianty bez zbytků předplodin. Konkrétně se jednalo o výsadbu brambor do porostu živé mezplodiny (žito nebo vikev), která následně sloužila jako mulč a byla umrtvena herbicidy krátce po výsadbě brambor.

K nejčastějším predátorům mandelinky patří v našich agrobiocenózách ptactvo, plošnice, sluněčka, střevlíci, škvoři a někteří pavouci. Cílené využití a podpora domácích predátorů mandelinky je v našich podmínkách nereálná, protože redukce výskytu škůdce těmito živočichy je poměrně malá (Hausvater & Doležal 2014). Podpora predátorů prostřednictvím mulčování slámou však může jejich efekt zvýšit, jak dokazuje Brust (1994). Po 2–3 týdnech po aplikaci mulče došlo k významnému nárůstu počtu predátorů mandelinek. Tito predátoři způsobili pokles počtu druhého až čtvrtého instaru první generace a všech instarů druhé generace mandelinek. Ve druhé generaci bylo ve čtvrtém instaru již 4x méně mandelinek v mulčovaném poli oproti poli nemulčovanému. Defoliace u mulčovaného porostu byla do 20 %, zatímco u nemulčované varianty 58 a 69 % ve dvou letech. Redukci výskytu mandelinek nezpříčinil jeden konkrétní druh predátora, ale naopak soubor obecných predátorů, kteří se během období růstu brambor obměňovali. Výskyt druhů predátorů byl v mulčované i nemulčované variantě stejný. Nebyl tedy identifikován druh predátora, který by se vyskytoval pouze v jedné variantě, ačkoliv v mulči se vyskytovalo více stonožek. Hlavními predátory byly kvapníci a střevlíci. Střevlíkovití brouci představovali hlavní predátory v první polovině sezóny. V červnu a červenci převažovali sluněčkovití, zlatoočka a kněžice (pozn. druhy vyskytující se v Americe). Největší nárůst počtu predátorů nastal 2–2,5 týdny po aplikaci mulče, tedy v době, kdy se mulč již začíná rozkládat a objevují se houby a detritofágové (pancířníci, mnohonožky), kteří představují potravu pro střevlíky, pavouky, stonožky a podporují tedy jejich další výskyt.

Genger et al. (2018) nepotvrzují jednoznačné snížení výskytu mandelinky bramborové ani nárůst jejich predátorů ve slámou mulčovaných porostech ekologicky pěstovaných brambor. Výskyt predátorů však mohl být ovlivněn ručním sběrem larev i dospělců mandelinek a použitím širokospektrálního insekticidu pyrethrum v případě velkého tlaku škůdců. Výskyt larev mandelinek byl na většině mulčovaných pozemků nižší oproti pozemkům s porosty mechanicky kultivovaných brambor, avšak většinou ne v hodnotě statisticky významné.

Dvořák et al. (2013b) srovnává různé mulčovací materiály ve vztahu k podmínkám řepařské a bramborářské výrobní oblasti. Slámu uvádí jako nejúčinnější mulč proti výskytu mandelinky ve srovnání s mulčem travním nebo z netkané textilie, a to v obou zkoumaných oblastech. Porosty brambor mulčované slámou vykazovaly nižší výskyt mandelinky než porosty kontrolní, nemulčované. Mulčovací textilie se ukázala jako nevhodný materiál pro omezení výskytu mandelinky v teplejší řepařské oblasti, neboť poskytla příznivé podmínky pro výskyt larev v porostu v důsledku zvýšení teploty půdy a ochrany, kterou broukům textilie poskytovala. V případě mulčování netkanou textilií je nutná realizace dalších příslušných opatření proti výskytu mandelinek, a to zejména v sušších oblastech, jinak dochází k poklesu výnosu hlíz. Mulčování travním mulčem se ukázalo být efektivnější v teplejší řepařské oblasti než varianta bez mulče, přičemž více se osvědčilo mulčování při výsadbě brambor než při vzcházení. V chladnější bramborářské výrobní oblasti travní mulč, ale i mulčovací textilie mírně, avšak statisticky nevýznamně zvyšovaly výskyt brouků i larev.

3.8 Vliv mulčování na výskyt plísně bramborové

Nepřímá ochrana proti plísni bramborové je dána odstupem pěstování brambor (minimálně čtyřletým), pěstováním odrůd s vyšší odolností, nevysazováním hustých porostů, vhodným výběrem pozemků pro pěstování z hlediska proudění vzduchu, ničením plevelných brambor v jiných plodinách, ochranou hlíz dostatečným nahrnutím ornice, při silném tlaku plísně ukončením vegetace rozbitím natě (Diviš 2012).

Přímá ochrana proti plísni bramboru je založena na aplikaci měďnatých přípravků. Povolené přípravky pro ekologické zemědělství jsou buď ve formě hydroxidu měďnatého nebo oxichloridu mědi (Diviš 2012). Měďnaté prostředky ve formě povolených fungicidů pro ekologické zemědělství nejsou příliš účinné (Vokál et al. 2013).

Döring et al. (2006a) zjistili, že při mulčování slámou dochází k mírnému omezení výskytu plísně bramborové, avšak nesnižuje se tím její závažnost.

Mulčování slámou neprokázalo nižší napadení plísní bramboru u natě, avšak byl zjištěn trend vyššího napadení natě u nemulčované varianty oproti mulčovaným porostům v chladnější bramborářské oblasti, kde je výskyt plísně větším problémem. Použitý druh mulčovacího materiálu zde neměl vliv. Výraznější rozdíly byly dány odolností zkoumaných odrůd vůči plísni bramborové. Nejnižší napadení hlíz bylo zaznamenáno na pozemcích s travním mulčem aplikovaným před vzejitím brambor a též nižší napadení hlíz bylo zaznamenáno při mulčování slámou (Dvořák et al. 2013b).

V teplejší řepařské výrobní oblasti, kde napadení plísní nebylo stěžejním problémem, byla nať nejméně napadena plísní v porostech mulčovaných slámou, nižší napadení natě plísní bramborovou bylo dále zjištěno u travního mulče aplikovaného při vzcházení a mulčovací textilie. Na hlízách byl zaznamenán nejvyšší výskyt plísně bramborové v případě mulčování

travním mulčem aplikovaným při výsadbě, tento typ mulče tedy nepředstavuje bariéru pro splavení spor plísní z natí. Nejnižšího napadení hlíz plísní bramborovou bylo dosaženo v případě mulčování slámou a dále pak při mulčování trávou před vzejitím (Dvořák et al. 2013b).

Finckh et al. (2015) uvádějí, že v pokusu minimálního zpracování půdy (kypření, bez obracení půdy orbou) v kombinaci s mulčováním tlustou vrstvou čerstvé směsi ozimé pelušky a žita nebo vikve a triticale aplikovaném po prvním hrůbkování, byl výskyt plísně bramborové nižší ve srovnání s nemulčovanými, běžně mechanicky kultivovanými porosty. Autoři uvádějí, že nejpravděpodobnějším důvodem nižšího výskytu plísně bramborové v takto zamulčovaném porostu je fakt, že teploty v zapojeném porostu jsou přes den vyšší díky odrazu světla od suchého mulče, vedoucí k nevýhodným podmínkám pro klíčení sporangií. V období suchého léta se plíseň nevyskytla.

Výše uvedené výsledky svědčí pouze o mírně podpůrném efektu některých druhů mulčovacích materiálů na omezení výskytu plísně bramborové, avšak je třeba zmínit i nepřímý efekt mulčování v té podobě, že po zamulčování již nedochází k mechanické kultivaci, a tudíž se omezuje riziko mechanického poškození listů (natě), které může zvyšovat náchylnost rostlin k infekci plísní bramboru (Finckh et al. 2015).

3.9 Vliv mulčování porostu na výživový stav rostlin

Dle Fanga (2011) může aplikace čerstvé biomasy v podobě mulče zvýšit přítomnost půdního dusíku a tímto způsobem podpořit růstový výkon rostlin. To může znamenat též způsob nahrazení minerálních hnojiv v ekologickém zemědělství. Efektivitu tohoto přístupu potvrzují níže uvedené studie, ve kterých byly brambory mulčovány čerstvým mulčem – trávou nebo luskoobilní směsí.

Dvořák et al. (2013a) stanovili u rostlin brambor mulčovaných posekanou trávou (mulčováno ve vrstvě 2,5 mm tlusté) větší obsah chlorofylu v listech, jenž indikuje vyšší obsah dusíku, což má následně vliv na výnos hlíz. V případě mulčování při výsadbě byl zjištěn obsah chlorofylu v listech o 4,5 % vyšší a při mulčování před plným vzejitím o 3,4 % vyšší než u kontrolní nemulčované varianty. Tyto varianty měly též největší výnos konzumních brambor. Nízký obsah chlorofylu byl naměřen u varianty mulčované polypropylenovou textilií a též tento způsob mulčování neměl pozitivní efekt na výnos konzumních hlíz. Předpokládá se, že to bylo způsobeno nejen nižším zastoupením volného dusíku v půdě, ale i dalším souvisejícím faktorem – vyšším výskytem mandelinky bramborové a požerem – odlistěním natí u varianty mulčované polypropylenovou textilií. Sinkevičienė et al. (2009) potvrzují kladný efekt travního mulče, který se rychle rozkládá, a tedy dodává největší množství živin do půdy ve srovnání s jinými mulči (sláma, piliny, rašelina). Tyto živiny jsou zároveň stále a rychle dostupné pro rostliny.

Při srovnání výsledků aplikace travního mulče při výsadbě, před vzejitím, při mulčování polypropylenovou mulčovací textilií při výsadbě a slámy aplikované jako mulč bezprostředně po výsadbě, Dvořák et al. (2013b) doplňují, že nejnižší obsah chlorofylu v listech ze všech srovnávaných materiálů způsobovala aplikace slámy při výsadbě, což potvrzuje výsledek pokusu Bushnella & Weltona (1931), kdy aplikace slámy při výsadbě zpomalila počáteční růst rostlin a rostliny vykazovaly typické znaky nedostatku dusíku.

Mulč má tendenci zvyšovat obsah volného fosforu v půdě, přičemž nejlepšího výsledku bylo dosaženo při mulčování travním mulčem, což se projevilo ve vyšším obsahu fosforu ve sklizeném zelí (ve stejném pokusu byly zařazeny i brambory) a následně nižším obsahu volného fosforu v půdě v následujícím roce pravděpodobně vlivem odběru rostlinami. Travní mulč též prokázal zvýšený obsah volného draslíku v půdě, u jiných druhů mulče toto potvrzeno nebylo (Sinkevičienė et al. 2009).

Finckh et al. (2015) pozorují velmi dobré prorůstání drobných kořínků rostlin brambor do čerstvého mulče tvořeného luskovinou a obilninou, zároveň obsah dusíku v listech byl u mulčované varianty vyšší než u nemulčované. Při volbě mulčovacího materiálu považují autoři za důležité klást důraz na vysoký obsah živin v něm. V případě nedostatku zeleného mulče, například brzy na jaře, je možné též použít siláž, což snižuje závislost na podmínkách pro růst trávy a zároveň může mít též kladný efekt pro výživu rostlin.

3.10 Vliv mulčování porostu na výnos a kvalitu hlíz

Jak již bylo uvedeno, mezi hlavní činitele ovlivňující výnos a výtěžnost konzumních hlíz patří osevňovací postup, hnojení organickými hnojivy, kvalitní zpracování půdy na podzim a na jaře, výběr odrůdy a kvalitní sadba, regulace zaplevelení, omezení projevu plísně bramborové a mandelinky bramborové (Diviš 2007). Mulčováním lze ovlivnit následující z výše uvedených činitelů – zaplevelení, projev plísně bramborové, částečně lze působit prostřednictvím osevňovacího postupu v případě, že je použito mulčování předplodinou, meziplodinou, či je zařazen do osevňovacího postupu živý mulč ve formě podsevu. Dále však, což už bylo též představeno v předchozích kapitolách, mulčování působí na výnos prostřednictvím půdních vlastností – regulace půdní teploty, zadržování živin či půdní vlhkosti. Mulč organického původu částečně působí jako hnojivo, neboť z něj rostliny též čerpají živiny (travní mulč).

Výnos hlíz bývá rozhodujícím faktorem pro volbu daného opatření (druh mulče), výsledek zvoleného opatření však může být také ovlivněn počasím (sucha, nadprůměrné srážky) či dalšími neočekávanými vlivy (nadměrný výskyt škůdců apod.).

3.10.1 Výnos a kvalita hlíz při mulčování slámou a senem

Bushnell & Welton (1931) vyvozují, že praktický efekt mulčování slámou se projeví v oblastech, kde je teplota nad optimem pro pěstování brambor a kde je nedostatečná vlhkost půdy. Nejvyššího výnosu je dosaženo, pokud je sláma aplikována až když rostliny vyraší. Avšak výsledky ve výnosech v případě mulčování byly v jednotlivých letech tak rozdílné, že autoři nemohou tuto praxi jednoznačně doporučit. Snížení výnosu hlíz se například prokázalo v situaci, kdy byly silné podzimní deště v podmínkách prachovité hlíny a slaměný mulč bránil ve výparu a odtoku srážkové vody, naopak větší výnos, než přinesla nemulčovaná varianta, byl prokázán v případě nadprůměrných letních teplot a podprůměrných srážek.

Edwards et al. (2000) potvrzují, že výnos hlíz (celkově i konzumních) nebyl ovlivněn mulčováním slámou. Döring et al. (2005) uvádějí, že vliv mulčování slámou na výnos hlíz je variabilní a je ve velké míře dán klimatickými podmínkami. Větší množství nastýlané slámy (10 t/ha i více) však v chladném klimatu může představovat riziko pro snížení výnosu. Mulčování slámou v množství 2,5–5 t/ha však nemá vliv na velikost ani výnos hlíz žádný vliv. To může být pozitivní pro rozhodování o aplikaci slámy za účelem řešení konkrétního

problému, kde byl prokázán pozitivní efekt mulčování (např. při eliminaci eroze) bez rizika snížení výnosu.

Nejednoznačnost vlivu mulčování slámou na výnos brambor je též naznačena v níže uvedených studiích.

Genger et al. (2018) uvádějí pozitivní vliv mulčování slámou na velikost hlíz a s dalším benefitem v podobě regulace dvouděložného plevelu staví tento způsob mulčování jako způsob s velkým potenciálem pro ekologické zemědělství. Výnos hlíz z mulčovaného pole u pozdní odrůdy byl výrazně vyšší, naopak v případě rané odrůdy byl efekt nejednoznačný a závislý na ročníku. Na pozdnější odrůdu působilo mulčování slámou s větším efektem, což je přičítáno delší době růstu, kdy se výhody slámy můžou lépe projevit, nebo lepší eliminaci teplotního a vláhového stresu při pozdějším nárůstu hlíz u pozdních odrůd. Sláma byla v tomto případě aplikována v množství 1,8–2,2 kg/m² při vzcházení brambor. Nárůst velikosti hlíz byl pozorován v suchých a horkých letech, kdy sláma přispěla ke snížení teploty půdy a zvýšení půdní vlhkosti, což je v souladu s tvrzením Bushlella & Weltona (1931). Mulč aplikovaný při výsadbě snížil počet velkých hlíz ve prospěch středně velkých ve srovnání s kontrolním nemulčovaným pozemkem.

Brust (1994) poukazuje na zvýšení výnosu hlíz o 32 a 35 % ve dvou sledovaných letech v porostech mulčovaných slámou oproti nemulčované. U mulčované varianty došlo k méně než 20% odlistění vlivem požeru mandelinkou bramborovou a zároveň též autor potvrzuje zvýšení výnosu vlivem poklesu teploty půdy a vyššímu podílu půdní vody než v nemulčované variantě.

Dvořák et al. (2013b) zaznamenali v chladnější bramborářské výrobní oblasti snížení výnosu konzumních hlíz v porostu brambor mulčovaných slámou ve vztahu s kontrolním nemulčovaným porostem (o 2,4 t/ha), ve srovnání s mulčovací netkanou textilií až o 8 t/ha. V teplejší řepařské oblasti naopak aplikace slámy zapříčinila přírůstek výnosu konzumních hlíz o 7,3 ha, avšak ještě lepších výsledků bylo dosaženo při aplikaci travního mulče při vzcházení brambor. Nicméně v řepařské oblasti je i sláma jako mulč autory doporučována s ohledem na její ekonomickou efektivnost.

3.10.2 Výnos a kvalita hlíz při mulčování trávou či luskoobilní směsí

Ačkoliv mulčování trávou nemá nejlepší dopad na regulaci plevelu a může mít nižší vliv na zachování půdní vlhkosti, travní mulč má nejlepší vliv v podobě živin, které se dostávají z travního mulče do půdy, a tedy i nejlepší vliv na výnosy (Sinkevičienė et al. 2009).

Při mulčování nasekanou trávou Dvořák et al. (2009) zjistili, že travní mulč aplikovaný hned po výsadbě a doplněný 16. den významně zvýšil jak celkový počet hlíz, a to o 59 %, tak výnos konzumních brambor – o 9,3 t/ha ve srovnání s nemulčovanou půdou. Mulčování trávou mělo zároveň pozitivní efekt na kvalitu hlíz v podobě zvýšení obsahu kyseliny askorbové o 8,7 %, kyseliny chlorogenové o 17,2 % a snížení glykoalkaloidů o 6,2 % v průměru.

V dlouhodobějším pokusu (4 roky) v chladnější bramborářské oblasti použití travního mulče před vzejitím zvyšovalo počet hlíz nad 60 mm a ve velikosti 55–60 mm, a naopak snižovalo velikostní frakci 40–55 mm. Tento způsob mulčování vykazoval lepší výsledky než mulčování při výsadbě. Nejvíce hlíz pod trsem bylo založeno u brambor mulčovaných trávou před vzejitím a polypropylenovou mulčovací textilií. Všechny zkoumané varianty mulčování, tj. travní mulč aplikovaný při výsadbě, před vzejitím i polypropylenová textilie, zvyšovaly

výnos největší frakce hlíz nad 60 mm oproti nemulčované variantě. Přírůstek výnosu u travního mulče od vzejití činil v průměru 3,4 t/ha. V teplejší řepařské oblasti byla při mulčování travním mulčem zaznamenána statisticky významně vyšší hmotnost konzumních hlíz (nad 40 mm), přírůstek výnosu konzumních hlíz činil 5,8–5,9 t/ha oproti kontrolní nemulčované variantě. Větší zastoupení velikostní frakce hlíz nad 60 mm bylo dosaženo u varianty mulčované od výsadby oproti variantě mulčované od vzejití. Mírně lepších výsledků bylo dosaženo v hmotnostním zastoupení frakce 55–60 mm a nad 60 mm celkové hmotnosti hlíz pod trsem u varianty mulčované při výsadbě oproti variantě mulčované při vzcházení brambor. Při možném problému s regulací plevelů je však doporučována spíše varianta mulčování až při vzcházení brambor (Dvořák et al. 2013b).

V případě kombinace silnější vrstvy na živiny bohatého mulče složeného z čerstvě nasekané směsi pelušky a žita nebo vikve a triticale a systému minimálního zpracování půdy v podobě kypření do hloubky 12–15 cm bez obracení, Finckh et al. (2015) zaznamenali vyšší výnos konzumních hlíz o 5 t/ha v mulčované variantě v období suchého léta, kdy mulč představoval významné opatření. Naopak v podmínkách s normální až vyšší dostupností vláhy na jaře a horkým létem byl výnos nižší než v nemulčované, běžně ošetřované kontrolní variantě. Avšak v porostu, kde byla použita jako meziplodina vikev setá, byl výnos stejný u mulčované i nemulčované varianty.

3.10.3 Výnos a kvalita hlíz při mulčování netkanou textilií

Mulčování netkanou textilií prokázalo kladný vliv na kvalitu konzumních hlíz – hlízy takto pěstované vykazovaly vyšší obsah kyseliny askorbové (o 13,3 %), chlorogenové (o 37,2 %) a nižší obsah glykoalkaloidů (o 8,8 %) oproti nemulčované variantě (Dvořák et al. 2010).

Použití textilie v řepařské oblasti snížilo celkové nasazení hlíz i hlíz konzumní velikosti v důsledku vyšší teploty půdy pod textilií i počet hlíz pod trsem byl nižší než u kontrolního nemulčovaného porostu. Zároveň byl zaznamenán výnosový propad ve výši 1,3 t/ha oproti nemulčované variantě. V chladnější bramborářské výrobní oblasti při použití černé mulčovací textilie bylo založeno nejvíce hlíz pod trsem ve srovnání s travním mulčem a nemulčovaným porostem, též byl u textilie zaznamenán největší výnos konzumních hlíz nad 40 mm, přírůstek výnosu oproti nemulčované variantě činil 4 t/ha (Dvořák et al. 2013b). Tento způsob mulčování považuje autor v bramborářské výrobní oblasti za nejprínosnější, nicméně nevýhodou zůstává menší dostupnost strojů pro mechanizovanou pokládku textilie a poměrně vysoká cena pokládky.

3.10.4 Výnos a kvalita hlíz v podmínkách využívání podsevu

Stejně jako v případě mulčování slámou není vliv živého podsevu na výnos brambor jednoznačný. Rolí mohou hrát další okolnosti pěstování brambor a též zvolený druh k podsevu. V obou níže uvedených studiích se však autoři shodují, že náklady vynaložené na osivo živého mulče neodpovídají jeho přínosům.

Ekologické pěstování brambor pěstované s podsevem jetelotrávy nebo vikve huňaté přineslo srovnatelný výnos s konvenčně pěstovanými, žádný z použitých mulčů statisticky

významně nesnížil celkový výnos, naopak statisticky významně celkový výnos snižovalo mulčování senem nebo slámou (Boyd et al. 2001).

Využití mechanické kultivace k likvidaci plevelu v kombinaci s živým mulčem vysetým v BBCH 31–32 (počátek uzavírání porostu) přináší nižší výnos než využití mechanicko-chemické regulace. Ve srovnání s mechanickou kultivací byl nižší výnos hlíz dosažen u využití svazenky vratičolisté a hořčice seté jako podsevu, naopak při využití jetele perského nebo vikve seté byl výnos hlíz srovnatelný s mechanicky kultivovanou variantou. Hlízy brambor z porostů s živým mulčem byly menší, než z porostů bez živého mulče, avšak větší než z porostu brambor bez jakékoliv regulace plevelu (Kołodziejczyk et al. 2017).

3.10.5 Vliv dalších přístupů v mulčování na výnos jiných plodin

Ekologický konzervační systém s použitím mrtvého mulče z meziploidy, který významně zachovává živiny v půdě, podporuje výskyt půdní biomasy a zachování a koloběh živin, poskytl nejnižší výnos rajčat ve srovnání s ekologickým přístupem s mechanickou kultivací bez mulčování i integrovaným přístupem. Je třeba zlepšit výnosy, aby byl tento systém více využitelný (Massaccesi et al. 2020).

Jędrszczyk & Poniedzialek (2007) deklarují zhoršení výnosu kukuřice v případě využití různých druhů podsevu. Podsev žita, či jetele plazivého s žitem výrazně snížily výnos kukuřice oproti situaci, kdy byl jetel plazivý použit samotný jako podsev.

4 Závěr

Jak vyplývá z literární rešerše, z hlediska udržení či zvýšení kvality půd je využití mulče vhodným nástrojem i vzhledem k dílčím aspektům pěstování brambor. U nich byl efekt mulčování individuálně posouzen s následujícími závěry.

- Volbou druhu mulče lze ovlivnit teplotu půdy, čímž lze přispět k přiblížení se teplotnímu optimu pro pěstování brambor. Při mulčování již při výsadbě brambor hrozí riziko opožděného vzcházení brambor zejména v chladnějších oblastech a většina citovaných autorů uplatňuje mulčování až těsně před vzejitím nebo po vzejití brambor. Organické mulče teplotu půdy snižují, naopak netkaná textilie teplotu půdy zvyšuje. Též vlhkost půdy je zvyšována aplikací mulče, přičemž použití menšího množství mulče neovlivní vlhkostní poměry.
- V případě živého mulče – podsevu je nutné volit vhodnou plodinu a termín výsevu, aby nedocházelo ke konkurenci ve vztahu k půdní vláze mezi brambory a živým podsevem.
- Sláma, která byla použita jako mulč, po sklizni brambor a následném zaorání mulče imobilizuje půdní dusík a zabrání tak jeho vyplavení. Naopak mulče z čerstvé hmoty (tráva, luskoobilní směs) dodávají v průběhu svého rozkladu do půdy dusík, který je rychle použitelný rostlinami, což se projevuje v lepším výživovém stavu rostlin a následně ve vyšším výnosu hlíz.
- Výhodou organických mulčů je dodání organického uhlíku do půdy. Obsah organického uhlíku však v půdě následně klesá a k jeho zachování je nutné tedy opakovat mulčování. Ač při pěstování brambor probíhá intenzivní kultivace půdy před výsadbou, při výsadbě a též do doby zamulčování, organický mulč pozitivně zvyšuje biodiverzitu půdních organismů a hmyzu včetně žížal a chvostoskoků, kteří mají důležitou roli v uchování půdní struktury, funkce a úrodnosti, a dále predátorů mandelinky bramborové. Proti pohybu mandelinky do porostu brambor sláma nepředstavuje bariéru, avšak tuto funkci může plnit živá meziplodina, pokud jsou do ní brambory vysázeny.
- Mulčování je doporučováno jako prostředek pro omezení vodní eroze, avšak je třeba volit takový materiál, který nepodlehne rychlému rozkladu. Nejčastěji bývá využívána sláma, přičemž lepší účinek má nařezaná než dlouhá. Z hlediska prevence větrné eroze je doporučena výsadba brambor do strniště předplodiny nebo do meziplodiny, v případě volně loženého materiálu (slámy) je vhodné jeho částečné zapravení.
- Největší účinek na eliminaci plevelů má z posuzovaných mulčů netkaná textilie, která na druhou stranu může v teplejších oblastech stimulovat výskyt mandelinky bramborové a zvyšovat nežádoucím způsobem teplotu půdy, což se může projevit sníženým výnosem hlíz. V případě travního mulče aplikovaného při výsadbě hrozí velké riziko brzkého rozložení hmoty, a tedy vytvoření prostoru pro růst plevelů (zejména v druhé polovině či závěru vegetace).
- Mezi autory relevantních studií panuje shoda na vhodnosti termínu mulčování při vzcházení brambor, do té doby je vhodné plevely regulovat mechanickou cestou. Významné je regulování plevelů mulčem i v období, kdy už není tak problematická konkurence rostlin plevelů, snižuje se takto půdní zásoba semen plevelů, což je

pozitivní pro ekologické zemědělství, kde nelze využívat herbicidy běžně používané v konvenčním zemědělství.

- Mulčování má jen mírně podpůrný vliv na omezení výskytu plísně bramborové, důležitější roli hraje zvolená odrůda. Mulčování však omezí mechanické poškození listové plochy mechanickou kultivací při regulaci plevelu a eliminuje tak vstupní bránu pro infekci.
- Mulčováním lze působit na činitele ovlivňující výnos hlíz. V případě mulčování slámou nebyl jednoznačně prokázán pozitivní efekt na výnos hlíz, přičemž mulčování brambor slámou je doporučováno spíše v teplejších oblastech (ČR – řepařská oblast).
- Travní mulč vykazuje nejlepší vliv na výživu rostlin, a tudíž následně výnos hlíz, ačkoliv z hlediska regulace plevelů není tento materiál příliš uspokojivý. Použití netkané polypropylenové textilie zvýší výnosy hlíz v chladnější oblasti (ČR – bramborářská oblast), využití živých mulčů přináší nižší či nejlépe shodné výnosy jako kontrolní – nemulčované varianty sledovaných pokusů.

Obecnější souvislosti a závěry bakalářské práce.

- Využití mulče, zejména slámy, v pěstování brambor je v některých zemích tradiční a v minulosti již osvědčený. Nabývat významu může mulčování v ekologickém zemědělství o to více v případech, kdy přejde půda, do té doby obhospodařovaná konvenčními postupy a čelící problémům s nízkou biodiverzitou, nízkým obsahem organické hmoty, erozním ohrožením, zhutněním apod., do režimu ekologického zemědělství. Mulčování v kombinaci s dalšími konkrétními agrotechnickými postupy může přispět ke zlepšování stavu takových půd při pěstování brambor, resp. při zařazování brambor do osevních postupů. Z ekonomického hlediska představuje mulč pozitivní externalitu v podobě zlepšování kondice půdy (Dvořák et al. (2013b) konkrétně zmiňují ovlivnění výnosu následné plodiny dodáním lehce rozložitelné organické hmoty), která nebývá v ekonomických propočtech výhodnosti mulčování započítávána.
- Mulčování je pracovně náročnou operací, avšak v zamulčovaných porostech již nedochází k mechanické kultivaci za účelem regulace plevelu, což šetří práci i energii (Finckh et al. 2018). Snižují se také náklady na pohonné hmoty a zároveň snížení počtu pojezdů z důvodu omezení či vynechání mechanické kultivace působí pozitivně proti zhutnění půdy.
- V bakalářské práci bylo poukázáno na výhody i nevýhody různých způsobů mulčování. Farmář může volit technologii mulčování dle identifikovaných problémů, které potřebuje nejvíce řešit (eroze, mandelinka bramborová, regulace plevelu) a dle klimatických podmínek, ve kterých brambory pěstuje, přičemž důležitým hlediskem bude vždy výnos. Hektarové výnosy brambor v ekologickém zemědělství v ČR jsou přibližně poloviční (52,3 % v roce 2020) oproti výnosům z konvenčního pěstování brambor a mulčování je může zvýšit, ale i snížit či ponechat bez efektu, opět v závislosti na zvolené technologii a vzhledem ke klimatickým podmínkám. Na druhou stranu může nastat případ, kdy bude třeba upřednostnit řešení špatného stavu

půdy (pravděpodobně v období přechodu z konvenčního způsobu hospodaření k ekologickému nebo v prvních letech ekologického hospodaření), před maximalizací výnosu.

- Problematická však může být pro ekologické zemědělce dostupnost mulčovacích materiálů či jejich alternativní využívání na farmě jako krmivo a stelivo v případě kombinace rostlinné produkce a chovu hospodářských zvířat. Naopak pokud je farma zaměřená pouze na rostlinnou produkci, je větší pravděpodobnost dostupnosti materiálu k mulčování. Hůře dostupný může být rostlinný materiál k mulčování brzy z jara, kdy ještě dostatečně nenarostla travní nebo luskoobilní hmota, jak poukazují Finckh et al. (2015).
- Mulčovací materiál organického původu musí pocházet z ekologického zemědělství či musí být povolen pro použití v ekologickém zemědělství, tedy v případě organických materiálů je mulčování ekonomicky přijatelné prakticky jen za použití zdrojů z vlastní farmy.
- Vzhledem k problematickému chování polyetylenových fólií v životním prostředí a zatím poměrně málo prozkoumanému působení biodegradabilních fólií, se jeví použití těchto způsobů nevhodné v ekologickém zemědělství. Je zde riziko kontaminace půdy plastovými úlomky, a přechodu částí fólií do okolních ekosystémů. K nevhodnosti tohoto způsobu pro pěstování brambor přispívá i fakt, že rozloha pozemků, na kterých jsou brambory pěstovány, bývá obvykle větší než například velikost záhonů v zahradnických provozech, na kterých je používána mulčovací fólie. Před přechodem k ekologickému zemědělství může však představovat PE fólie efektivní možnost pro likvidaci vytrvalých plevelů, zvláště pokud je výskyt těchto plevelů pouze lokálního charakteru. V ekologickém zemědělství se pro tyto účely nabízí mulčovací textilie i vzhledem k její větší trvanlivosti oproti PE fólii a účinnosti v likvidaci plevelu.
- Zatím poměrně málo studií zkoumá využívání půdoochranných minimalizačních a konzervačních přístupů v pěstování brambor v ekologickém zemědělství, využití živých mulčů a sázení do mezplodiny. Pravděpodobně je tomu tak s ohledem na riziko nízkého výnosu hlíz, vzhledem k zatím neověřeným způsobům v technologii pěstování v tomto přístupu nebo absenci vhodné mechanizace. Předpokladem zde je využití jiného způsobu likvidace živého mulče nebo předplodiny než použitím herbicidů, tedy nejpravděpodobněji mechanickou cestou. Lze se však domnívat, že tyto postupy budou též nabývat na významu.
- V žádné ze studií, které byly součástí rešerše, nebyla zkoumána kombinace slámy a trávy při mulčování. Tato kombinace by mohla předcházet efektu spečení travního mulče a rychlého rozkladu travního mulče v případě jeho aplikace ihned po výsadbě, což jsou efekty, které zaznamenávají Dvořák et al. (2013b), a využila by tak pozitiv, která přináší travní mulč (pozitivní vliv zejména na výživový stav rostlin, a tedy i na výnos konzumních hlíz) a sláma (úkryt pro predátory, a tedy nižší výskyt mandelinky bramborové, omezení výskytu plísně bramborové, protierozní vliv). Zároveň by se smísením těchto dvou materiálů mohla řešit otázka nedostatečného množství jednoho materiálu či každého z nich na konkrétní farmě. Otázkou zde zůstává poměr obou složek, který by přinášel nejvíc benefitů.

- Mnoho autorů zmiňovaných studií zdůrazňuje potřebu dlouhodobějších výzkumů, jednak z toho důvodu že výsledky pokusů s mulčovacími materiály jsou ve velké míře ovlivněny počasím a zároveň z důvodu detailnějšího ověření či rozpracování postupů. Nedostatečná mechanizace k uplatnění některých postupů vyplývá z některých českých studií – menší dostupnost strojů k pokládce netkané textilie (Dvořák et al. 2013b) nebo nedostatek vhodných strojů a technologií splňujících půdoochranné požadavky DZES v kontextu mulčování nebo sázení brambor do meziplodiny seté na podzim (Kasal et al. 2016).
- Postupy pro řešení konkrétních problémů v pěstování brambor představují možnost použití nejen v ekologickém zemědělství, ale i v přístupu integrovaném, kde je nejprve upřednostňováno využití přirozených metod ochrany a výživy rostlin před chemickými postupy, či pro zemědělce, kteří nejsou certifikováni jako ekologičtí producenti, ale hospodaří ekologicky ze svého přesvědčení s vědomím nutnosti maximální péče věnované půdě.

5 Literatura

Monografie

Bartoš A, Martinek J. 2018. Smíšené trvalkové výsadby. Profi Press s. r. o., Praha.

Bioinstitut. 2007. Praktická příručka č. 4 Biobrambory – jak ekologicky vypěstovat kvalitní brambory. Bioinstitut, Olomouc.

Novotný I. et al. 2017. Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Aktualizované znění – březen 2017. Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i.

Šarapatka B, Urban J. 2006. Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO, Šumperk.

Urban J, Šarapatka B. 2003. Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi. MŽP, Praha.

Vokál B et al. 2013. Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Profi Press s. r. o., Praha.

Metodické postupy, metodiky

Hausvater E, Doležal P. 2014. Metodika integrované ochrany brambor proti mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*), Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s.r.o. a Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“. Havlíčkův Brod. Available from https://www.cazv.cz/wp-content/uploads/2019/10/PI_53_MANDELINKA_CERT_CC.pdf

Dvořák P, Hamouz K, Mičák L, Tomášek J. 2013b. Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. Available from <https://metodiky.agrobiologie.cz/Zacleneni-systemu-povrchoveho-mulcovani-do-technologie-pestovani-brambor/>.

Janeček M et al. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze. Available from <https://knihovna.vumop.cz/files/90>

Jursík M, Šuk J, Hamouzová K, Suchanová M, Hamouz P, Kocourek F, Kysilková K. 2016. Optimalizace regulace plevelů v systému integrované produkce košťálové, cibulové, kořenové zeleniny a salátu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Available from <https://metodiky.agrobiologie.cz/wp-content/uploads/Methodika-zelenina-k-tisku.pdf>

Kasal P, Růžek P, Kusá H, Kobzová D, Svobodová A. 2016. Metodické postupy k půdoochranným technologiím při pěstování brambor: certifikovaná metodika. 2016. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“, z. s. Havlíčkův Brod. Available from: <https://www.vubhb.cz/cs/knihovna/certifikovane-metodiky/metodicke-postupy-k-pudoochrannym-technologii-pri-pestovani-brambor>

Vokál B, Čepl J, Hausvater E, Kostřica P, Rasocha V, Vacek J, Zrůst J. 2005. Technologické postupy pro racionální pěstování jednotlivých užitkových směrů brambor. Výzkumný ústav bramborářský, s.r.o., Havlíčkův Brod. Available from <https://docplayer.cz/12317097-Vyzkumny-ustav-bramborarsky-s-r-o-havlickuv-brod-technologicke-postupy-pro-racionalni-pestovani-jednotlivych-uzitkovych-smeru-brambor.html>

Články odborné

Bajorienė K, Jodaugienė D, Pupalienė R, Sinkievičienė A. 2013. Effect of organic mulches on the content of organic carbon in the soil. *Estonian Journal of Ecology* **60**(2):100-106.

Bhullar MS, Kaur S, Kaur T, Jhala AJ. 2015. Integrated weed management in potato using straw mulch and atrazine. *HortTechnology* **25**(3):335-339.

Boyd NS, Gordon R, Asiedu SK, Martin RC. 2001. The effects of living mulches on tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Biological Agriculture & Horticulture* **18**(2):203-220.

Brennan A, Fortune T, Bolger T. 2006. Collembola abundance and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems. *Pedobiologia* **50**:135-145.

Briassoulis D. 2006. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer degradation and stability* **91**:1256-1272.

Brust GE. 1994. Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. *Biological Control* **4**:163-169.

Bushnell J, Welton FA. 1931. Some effects of straw mulch on yield of potatoes. *Journal of Agricultural Research* **43**:837-845.

Chalker-Scott L. 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment — a review. *Journal of Environmental Horticulture* **25**:239-249.

Culik MP, Souza JL, Ventura JA. 2002. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. *Applied Soil Ecology* **21**:49-58.

Döring TF, Brandt M, Heß J, Finckh MR, Saucke H. 2005. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research* **94**:238-249.

Döring T, Heimbach U, Thieme T, Finckh M, Saucke H. 2006a. Aspects of straw mulching in organic potatoes - I. Effects on microclimate, *Phytophthora infestans*, and *Rhizoctonia solani*. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **58**(3):73-78.

Döring T, Heimbach U, Thieme T, Saucke H. 2006b. Aspects of straw mulching in organic potatoes – II. Effects on potato virus Y, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) and tuber yield. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **58**(4): 97-97.

Dvořák P, Hajšlová J, Hamouz K, Schulzová V, Kuchtová P, Tomášek J. 2009. Influence of grass mulch application on tuber size and yield of ware potatoes. *Lucrări Științifice* **51**:121-125.

Dvořák P, Hajšlová J, Hamouz K, Schulzová V, Kuchtová P, Tomášek J. 2010. Black polypropylene mulch textile in organic agriculture. *Lucrări Științifice* **52**(1):116-120.

- Dvořák P, Kuchtová P, Tomášek J. 2013a. Response of surface mulching of potato (*Solanum tuberosum*) on SPAD value, Colorado potato beetle and tuber yield. *International Journal of Agriculture and Biology* **15**:798-800.
- Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K, Kuchtová P. 2015. Reply of mulch systems on weeds and yield components of potatoes. *Plant soil environment* **61**:322-327.
- Dudás P, Menyhárt L, Gedeon C, Ambrus G, Tóth F. 2016a. The effect of hay mulching on soil temperature and the abundance and diversity of soil-dwelling arthropods in potato fields. *European Journal of Entomology* **113**:456-461.
- Dudás P, Gedeon C, Menyhárt L, Ambrus G, Tóth F. 2016b. The effect of mulching on the abundance and diversity of ground beetle assemblages in two Hungarian potatoe fields. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences* **1**(3):45-53.
- Edwards L, Burney JR, Richter G, MacRae AH. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristic in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **81**:217-222.
- Fang SZ, Xie BD, Liu D, Liu J. (2011). Effects of mulching materials on nitrogen mineralization, nitrogen availability and poplar growth on degraded agricultural soil. *New Forests* **41**:147-162.
- Finckh MR, Bruns C, Bacanovic J, Junge S, Schmidt JH. 2015. Organic potatoes, reduced tillage and mulch in temperate climates. *The Organic Grower* **33**:20-22. Available from <https://orgprints.org/29638/> (accessed February 2021).
- Genger RK, Rouse DI, Charkowski AO. 2018. Straw mulch increases potato yield and suppress weeds in an organic production system. *Biological Agriculture & Horticulture* **34**:53-69.
- Gill HK, McSorley R. 2010. Effect of integrating soil solarization and organic mulching on the soil surface insect community. *Florida Entomologist* **93**:308-309.
- Hablót E, Dharmalingam S, Hayes DG, Wadsworth LC, Blazy C, Narayan R. 2014. Effect of simulated weathering on physicochemical properties and inherent biodegradation of PLA/PHA nonwoven mulches. *Polym. Environ.* **22**:417-429.
- Jędrszczyk E, Poniedziałek M. 2007. The impact of the living mulch on plant growth and selected features of sweet corn yield. *Folia Horticulturae* **19**(1): 3-13.
- Jodaugienė D, Pupalienė R, Sinkevičienė A, Marcinkevičienė A, Žebrauskaitė K, Baltaduonytė M, Čepulienė R. 2010. The influence of organic mulches on soil biological properties. *Zemdirbyste* **97**(2):33-40.
- Kader MA, Senge M, Mojid MA, Ito K. 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research* **168**:155-166.
- Kasirajan S, Ngouaijo M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for sustainable development* **32**:501-529.

- Kirchner SM, Hiltunen LH, Santala J, Döring TF, Ketola J, Kankaala A, Virtanen E, Valkonen JPT. 2014. Comparison of straw mulch, insecticides, mineral oil, and birch extract for control of transmission of *Potato virus Y* in seed potato crops. *Potato Research* **57**:59-75.
- Kołodziejczyk M, Antonkiewicz J, Kulig B. 2017. Effect of living mulches and conventional methods on weed occurrence and nutrient uptake in potato. *International Journal of Plant Production* **11**(2):275-282.
- Massaccesi L, Rondoni G, Tosti G, Conti E, Guiducci M, Agnelli A. 2020. Soil functions are affected by transition from conventional to organic mulch-based cropping system. *Applied Soil Ecology* **153** (103639) DOI: [10.1016/j.apsoil.2020.103639](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103639).
- Olle M, Tsahkna A, Tährjärv T, Williams I. 2014. Plant protection for organically grown potatoes – a review. *Biological Agriculture & Horticulture* **31**:147-157.
- Pastukhov V, Mogilnay O, Bakum M, Grabar I, Melnyk O, Kyrychenko R, Krekot M, Vitanov O, Mozgovska A, Pastushenko A, Semenchenko O. 2021. *Ukrainien Journal of Ecology* **11**(21):184-190.
- Pelosi C, Bertrand M, Roger-Estrade J. 2008. Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping system. *Agronomy for Sustainable Development* **19**:287-295.
- Pižl V. 2018. Žížaly a jejich role v půdě. *Veronika* **1**: 22-24.
- Rusek J. 1998. Biodiversity of collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation* **7**:1207-1219.
- Saucke H, Döring TF. 2003. *Potato Virus Y* reduction by straw mulch in organic potatoes. *Annals of Applied Biology* **144**:347-355.
- Schmidt JH, Junge S, Finckh MR. 2019. Cover crops and compost prevent weed seed bank buildup in herbicide-free wheat potato rotations under conservation tillage. *Ecology and Evolution* **9**:2715-2724.
- Serrano-Ruiz H, Martin-Closas L, Pelacho AM. 2020. Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. *Science of the Total Environment* **750** (141228) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141228>.
- Sinkevičienė A, Jodaugienė D, Pupalienė R, Urbonienė M. 2009. The influence of organic mulches on soil properties and crop yield. *Agronomy Research* **7**:485-491.
- Szendrei Z, Kramer M, Weber DC. 2009. Habitat manipulation in potato affects Colorado potato beetle dispersal. *Journal of Applied Entomology* **133**:711-719.
- Xiao-Yan L. 2003. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of Northwest China. *Catena* **52**:105-127.

Xing ZS, Toner P, Chow L, Rees HW, Li S, Meng F. (2012). Effects of hay mulch on soil properties and potatoes tuber yield under irrigation and nonirrigation in New Brunswick, Canada. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* **138**(8):707-714.

Zehnder GW, Hough-Goldstein J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *Journal of Economic Entomology* **83**(5):1982-1987.

Příspěvky z konferencí

Diviš J 2007. Brambory – významná plodina v ekologickém zemědělství. Pages 127-130 in Petr J, Švachula V, editors. *Ekologické zemědělství 2007 Organic farming 2007*; Sborník z konference. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, Praha.

Vopravil J, Vrabcová T, Khel T, Novotný I, Banýrová J. 2010. Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. Pages 23-30 in Rožnovský J, Litschman T, editors. *Voda v krajině*; Sborník z konference. Český hydrometeorologický ústav, Praha.

Statistiky, statistické ročenky

Ekologické zemědělství v České republice: ročenka 2018. 2019. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha. Available from http://eagri.cz/public/web/file/643739/Rocenka_ekologickeho_zemedelstvi_2018_WEB.pdf (accessed July 2020).

Ekologické zemědělství v České republice: ročenka 2017. 2018. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha. Available from http://eagri.cz/public/web/file/616968/Rocenka_Ekologickeho_zemedelstvi_2017_k_zverejneni.pdf (accessed July 2020).

Ekologické zemědělství v České republice: ročenka 2016. 2017. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha. Available from http://eagri.cz/public/web/file/588982/rocenka_Ekologickeho_zemedelstvi_2016.pdf (accessed July 2020).

Statistická šetření ekologického zemědělství. Základní statistické údaje (2019). 2020. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha. Available from http://eagri.cz/public/web/file/668681/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2019.pdf (accessed February 2021).

Statistická šetření ekologického zemědělství. Základní údaje (2020). 2021. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Brno. Available from https://eagri.cz/public/web/file/693635/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2020.pdf (accessed February 2022).

Webové stránky

Akademie věd České republiky. 2019. Současný problém sucha v ČR; expertní stanovisko AV ČR 3/2019. Akademie věd České republiky, Praha. Available from <https://www.avcr.cz/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/03-2019-AVEX-SUCHO-def.pdf> (accessed April 2022).

Badalíková B. 2019. Organická hmota, meziplodiny, fyzikální vlastnosti půdy. Česká technická platforma pro zemědělství, Praha. Available from <https://www.ctpz.cz/vyzkum/organicka-hmota-meziplodiny-fyzikalni-vlastnosti-pudy-852> (accessed February 2021).

Česká geologická služba. 2006. Geohazardy – Katalog geologických rizik: Větrná eroze. Česká geologická služba, Praha. Available from <http://www.geology.cz/aplikace/geohazardy/katalog/geohazard-30/> (accessed October 2020).

Diviš J. 2002. Pěstování brambor v ekologickém zemědělství. Úroda. Profi Press s. r. o., Praha. Available from <https://www.uroda.cz/pestovani-brambor-v-ekologickem-zemedelstvi/> (accessed September 2020).

Diviš J. 2012. Brambory v ekologickém zemědělství. Zemědělec 20/2012. Available from https://aa.ecn.cz/img_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/ekozem20str25.pdf (accessed March 2021).

Dvořák P. 2021. Mulčovaná sláma a kompost jako možná součást řešení eroze u brambor. Agromanual.cz. Kurent, s. r. o., České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/mulcovana-slama-a-kompost-jako-mozna-soucast-reseni-eroze-u-brambor> (accessed January 2022).

Garden Organic (Formely HDRA). 2006. Weed management in organic potatoes. Agriculogy: The Organic Research Centre, Cirencester. Available from <https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/Weed%20management%20in%20organic%20potatoes.pdf> (accessed January 2022).

Hyde GM, Kunkel R, Thornton R, Holstad NM. 1977. Mechanics of minimum tillage potato planting. Northwest Potatoes Research Consortium, Olathe Colorado. Available from <https://www.nwpotatoresearch.com/images/documents/GMHydeRKunkelRThorntonNMHolstad1977.pdf> (accessed January 2022).

McGuire A. 2011. Controlling early season wind erosion in Columbia Basin potato fields. Washington State University, Pullman Washington. Available from <http://pubs.cahnrs.wsu.edu/publications/wp-content/uploads/sites/2/publications/fs025e.pdf> (accessed January 2022).

Shock CC, Feibert EBG, Sauners L. 1996. A comparison of straw mulching and PAM for potato production. Oregon State University Ontario. Available from <https://agsci.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/malheur/attachments/ar/1996-16-MulchingVsPAM.pdf> (accessed January 2022).

Stannard M, Thorntorn R. 1994. Wind erosion control in Washington potatoes. Technical Notes. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service Field Office Technical Guide.

Available from

https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WA/A.11Wind_Erosion_Control_in_WA_Potatoes.pdf (accessed January 2022).

Šimon J. 2001. Zakládání porostů některých polních plodin ochranným zpracováním půdy s využitím mulče. Úroda. Profi Press s. r. o., Praha. Available from

<https://www.uroda.cz/zakladani-porostu-nekterych-polnich-plodin-ochrannym-zpracovanim-pudy-s-vyuzitim-mulce/> (accessed February 2021).

Šuk J, Jursík M. 2019. Mulčování jako alternativa při regulaci plevelů. Agromanual.cz. Kurent, s. r. o., České Budějovice. Available from

<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/mulcovani-jako-alternativa-pri-regulaci-plevelu> (accessed February 2021).

Trenkel J, Burton D, Shock, C. 1995. PAM and/or low rates of straw furrow mulching to reduce soil erosion and increase water infiltration in a furrow irrigated field, 1995 trial. Oregon State University, Ontario. Available from

<https://agsci.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/malheur/attachments/ar/1995-30-PAMTrial.pdf> (accessed March 2022).

Ústav pro jazyk český AV ČR, v. v. i. 2008-2021. Internetová jazyková příručka. Ústav pro jazyk český AV ČR, v. v. i., Praha. Available from <https://prirucka.ujc.cas.cz/> (accessed July 2020).

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2021. Databáze ekologických osiv. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from

<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/ekologicke-osivo/vyjimky-na-pouziti-konvencniho-osiva-v-prehled-eko-osiv.html> (accessed March 2021).

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2022. Registr přípravků na ochranu rostlin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from

<https://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/> (accessed April 2022).

VUC Services, spol. s r.o. 2022. EkoCover mulčovací rohože. VUC Services, spol. s r.o, Zvoleněves. Available from <http://www.ekocover.cz/> (accessed March 2022).

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. 2022. Geoportál SOWAC GIS: Půda v mapách. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i, Praha. Available from <https://geoportal.vumop.cz/> (accessed January 2022).

Legislativní dokumenty

Rada Evropské Unie. 2007. Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 ze dne 28. června 2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91. Lucemburk. Document 32007R0834.

Ostatní zdroje

Dvořák, P. 2020. 10. 11. 2020. Ekozemědělci objednávají sadbu brambor ze zahraničí. Ústní sdělení.

