

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

*Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování*



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta životního
prostředí**

**Opatření proti vodní erozi na zemědělské půdě
využívané k pěstování brambor**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: **Ing. Kincl David, Ph.D.**

Autor: **Boháč Vít**

2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vít Boháč

Krajinářství

Název práce

Opatření proti vodní erozi na zemědělské půdě využívané k pěstování brambor

Název anglicky

Soil conservation technology in agriculture for growing potatoes

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku vodní eroze půdy, konkrétně na zemědělské půdy využívané k pěstování brambor. Hlavním cílem je popsat protierozní opatření při pěstování brambor.

Metodika

Vypracovat podrobnou literární rešerši s využitím domácích i zahraničních pramenů s tematikou pěstování brambor a protierozních opatření realizovaných na pozemcích s touto plodinou. Následně popsat možná protierozní opatření. Student se zapojí do polních pokusů se simulátorem deště.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č. 1/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

protierozní opatření, pěstování brambor, simulátor deště, ochrana půdy, vodní eroze

Doporučené zdroje informací

- HŮLA, Josef; BOHUSLÁVEK, Jaroslav; KOVAŘÍČEK, Pavel; JANEČEK, Miloslav; VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY PRAHA. *Agrotechnická protierozní opatření*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2003. ISSN 1211-3972.
- JANEČEK, Miloslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, Miloslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.
- KASAL, Pavel; ŠKODA, Vítězslav; ČEPL, Jaroslav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA AGROEKOLOGIE A BIOMETEOROLOGIE. *Efektivní způsoby podzimního a jarního zpracování půdy pro brambory [rukopis] : disertační práce*. 2005.
- LAL, Rattan. *Encyclopedia of soil science : volume 1*. New York: TAYLOR & FRANCIS, 2006. ISBN 0849338301.
- LAL, Rattan. *Encyclopedia of soil science : volume 2*. New York: TAYLOR & FRANCIS, 2006. ISBN 0849338301.
- MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
- VOKÁL, Bohumil. *Pěstujeme brambory*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0567-2.
- VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl II./ Jan Vopravil a kol.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-08-5.
- VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-05-4.
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. David Kincl

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 26. 5. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 01. 02. 2024

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Opatření proti vodní erozi na zemědělské půdě využívané k pěstování brambor** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

Boháč Vít

V Uhelné Příbrami _____

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku pěstování brambor, s důrazem na procesy eroze, které ovlivňují pozemky využívané k této činnosti. Hlavním cílem práce je popsat řešení protierozní problematiky při pěstování brambor. Práce se zabývá popisem protierozních opatření a jejich přínosem při minimalizaci erozní činnosti. Dále práce popisuje agrotechnické inovace v oblasti půdoochranných postupů při pěstování brambor, které se zaměřují na zvýšení retence srážkové vody a snížení vodní eroze.

Klíčová slova

Protierozní opatření, pěstování brambor, simulátor deště, ochrana půdy, vodní eroze

Abstract

This bachelor thesis focuses on the issue of potato cultivation, with an emphasis on erosion processes that affect the land used for this activity. The main objective of the thesis is to describe the solution of erosion control issues in potato cultivation. The thesis deals with the description of anti-erosion measures and their contribution in minimizing erosion activity. Furthermore, the thesis describes agrotechnical innovations in soil conservation practices in potato cultivation that aim to increase rainwater retention and reduce water erosion.

Key words

Anti-erosion measures, potato cultivation, rain simulator, soil protection, water erosion

Poděkování

Rád bych vyjádřil svou upřímnou vděčnost všem, kteří mi pomohli při psaní této bakalářské práce. Nejprve bych rád poděkoval svému vedoucímu práce, Ing. Davidu Kinclovi Ph.D, za jeho cenné rady, trpělivost a vstřícný přístup během celého procesu tvorby této práce, stejně jako za poskytnuté zdroje a informace k řešenému tématu. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za veškerou podporu, kterou mi poskytla během mého studia na vysoké škole. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat i svým přátelům za jejich povzbuzení a podporu.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Půda	3
3.1.1 Funkce půdy	3
3.1.2 Degradace půdy	4
3.1.2.1 Zhutnění.....	5
3.1.2.2 Zastavování.....	6
3.1.2.3 Kontaminace	6
3.1.2.4 Dehumifikace	7
3.2 Eroze.....	7
3.2.1 Vodní eroze	9
3.2.1.1 Plošná eroze	9
3.2.1.2 Liniová (výmolová)	10
3.2.2 Větrná eroze	10
3.2.3 Sněhová eroze	11
3.2.4 Důsledky vodní eroze	11
3.3 Lilek Brambor (<i>Solanum tuberosum</i>)	12
3.3.1 Morfologie a biologie	12
3.3.2 Původ a historie	13
3.3.3 Ideální stanoviště	13
3.3.4 Růst a vývoj	14
3.3.5 Konvenční pěstování brambor	15
3.3.5.1 Podzimní zpracování půdy	16
3.3.5.2 Jarní zpracování půdy.....	16
3.3.5.3 Zpracování půdy během vegetace	17
3.3.5.4 Sklizeň	17

3.4 Protierozní opatření	18
3.4.1 Protierozní opatření agrotechnického charakteru	18
3.4.1.1 Důlkování.....	19
3.4.1.2 Hrázkování.....	19
3.4.1.3 Vsakovací žlábek.....	20
3.4.1.4 Úprava tvaru hrůbků	21
3.4.1.5 Záhonové odkameňování.....	22
3.4.1.6 Kypření hrůbků.....	22
3.4.1.7 Dlátování	23
3.4.1.8 Využití pomocných plodin	24
3.4.1.9 Využití meziplodiny	25
3.4.1.10 Textilie	26
3.4.1.11 Organická mulč.....	26
3.4.1.12 Zpracování půdy ve směru vrstevnic.....	27
3.4.2 Protierozní opatření organizačního charakteru	28
3.4.2.1 Tvar a velikost pozemku	28
3.4.2.2 Delimitace kultur.....	29
3.4.2.3 Zatravnění	29
3.4.2.4 Protierozní zalesnění	29
3.4.2.5 Protierozní rozmístění plodin	29
3.4.2.6 Pásové střídání plodin	30
3.4.2.7 Protierozní osevní postupy.....	31
3.4.3 Protierozní opatření technického charakteru	31
3.4.1.1 Terénní urovnávky.....	31
3.4.1.2 Průlehy	32
3.4.1.3 Protierozní příkopy.....	32
3.4.1.4 Meze.....	32
3.4.1.5 Terasy	33

3.4.1.6 Protierozní nádrže	33
3.5 Ověřování protierozních opatření	34
3.5.1 Odtokové parcelky	34
3.5.2 Simulátor deště	34
3.5.3 Měření protierozní účinnosti simulátorem VUMOP	35
3.5.4 Vliv protierozních postupů na odnos půdy	36
3.5.5 Vliv protierozních postupů na povrchový odtok	37
5. Diskuse	39
6. Závěr.....	42
7. Přehled literatury a použitých zdrojů	43

1. Úvod

Brambory, jako tradiční plodina českého venkova, představují neodmyslitelnou součást venkovské krajiny i české kuchyně. Jejich univerzální použití zahrnuje nejen základní potravinářství, ale také historicky významný škrobárenský průmysl a chov hospodářských zvířat (Vokál a kol. 2013). Díky své adaptabilitě na různé podmínky, včetně klimatu, typu půdy a nadmořské výšky, se brambory staly specializací vyšších poloh (Lokoč a Lokočová 2010). Nicméně, pěstování brambor na svazích nese zvýšené riziko vodní eroze, což je způsobeno zejména jejich širokořádkovým charakterem a specifickým způsobem pěstování v hrůbcích. I když plocha orné půdy využívaná pro brambory představuje pouze malé procento z celkové rozlohy, sledování erozních událostí ukazuje, že téměř osm procent zaznamenaných událostí se odehrává právě na bramborových polích. Tento fakt podporuje také skutečnost, že tradiční bramborářská oblast se rozkládá na Českomoravské vrchovině, která disponuje proměnlivým reliéfem krajiny. V případě přívalových dešťů pak dochází k nadměrnému odnosu půdy, což může způsobit řadu problémů nejen na samotném pozemku, odkud byla půda smyta, ale i na přilehlých pozemcích. Častým problémem způsobeným erozí může být zanášení vodních nádrží a toků. Vzhledem k důležitosti půdy jako klíčového zdroje pro lidskou existenci je nezbytné hledat účinné prostředky k ochraně bramborových polí před erozí. S rostoucím trendem extrémního počasí a intenzivními srážkami je degradace půdy čím dál více závažným problémem, který vyžaduje okamžitou pozornost (Kincl a kol. nedatováno). Proto je nezbytné hledat účinná opatření k minimalizaci eroze a udržení udržitelného zemědělství. Mezi důležité nástroje v boji proti erozi na pozemcích s brambory patří zejména opatření organizačního a agrotechnického charakteru, neboť jsou často ekonomicky přijatelnější než technická opatření. Organizačními opatřeními se snažíme vyvarovat pěstování brambor na erozně rizikových plochách. Agrotechnická opatření se pak zaměřují na zadržování srážkové vody na pozemku, úpravu tvaru hrůbku a vytváření menších akumulčních prostorů v brázdách a hrůbcích či použitím pomocné plodiny.

2. Cíle práce

V rámci této bakalářské práce bylo stanoveno několik cílů. Prvním z nich je provést podrobnou literární rešerši související s problematikou degradace půdy, převážně se zaměřením na vodní erozi půdy. Dalším cílem práce je studium pěstování brambor v kontextu této problematiky. Hlavním cílem práce je pak detailně popsat protierozní opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru, která jsou využívána při pěstování brambor. Přičemž největší pozornost bude věnována opatřením agrotechnického charakteru. Zaměříme se na jejich principy, efektivitu, s cílem poskytnout ucelený přehled o možnostech ochrany půdy v tomto konkrétním kontextu.

3. Literární rešerše

3.1 Půda

V současnosti na území ČR půdu definuje Ministerstvo životního prostředí jako: „*Samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, sloužící k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Půda je proto bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale se značným výhledem i do budoucna*“.

(MŽP ©2023)

Půda se považuje za jedno z nejcennějších přírodních bohatství každého státu s nevyčíslitelnou hodnotou. Vznik 2-3 cm vrstvy půdy trvá 100 až 1000 let. Půda jde tedy označit za neobnovitelný zdroj (Vácha 2019).

3.1.1 Funkce půdy

Půda disponuje řadou funkcí, lze je rozdělit na funkce produkční a funkce mimoprodukční (ekologické). Produkční funkce je spojena s poskytováním výnosu, tedy jejím využitím v zemědělství a lesnictví. S produkční funkcí půdy úzce souvisí pojem úrodnost, úrodnost lze definovat jako schopnost půdy poskytovat životní podmínky pro rostliny i edafon a je dána souborem fyzikálních, chemických a biologických vlastností (Khel a kol. 2005).

Mimoprodukční funkce nemají přímý význam pro výrobu potravin či jiných produktů. Pro člověka, ale jsou také velmi důležité. Vybrané mimoprodukční funkce dle Vopravila a kol. (2005), Šimka (2019).

- **Hydrologická funkce** – Hydrologická funkce je velmi důležitou mimoprodukční funkcí půdy, neboť z celosvětového hlediska je v půdě akumulováno přibližně 10krát více vody nežli ve všech vodních plochách. Mezi základní hydrologickou funkci, kterou půda disponuje je infiltrace vody z povrch půdy. Pomocí infiltrace dochází k doplňování zásob podzemní vody. Při průchodu vody půdním prostředím dochází k její infiltraci což je další z důležitých poskytovaných funkcí.

- Životní prostor – Půda poskytuje prostředí a životní podmínky pro půdní organismy, rostliny a organismy které žijí na jejím povrchu. Půda také slouží jako podklad pro lidské činnosti a stavby, neboť téměř veškerá lidská činnost se odehrává na zemské povrchu. Jakmile ale splní funkci poskytnutí podkladu pro lidskou činnost ztratí schopnost plnit většinu ostatních funkcí.
- Transportní funkce – Půda je rozhraním ostatních složek prostředí, takže přes ní dochází k výměně různých látek a také energie. Transportním médiem je nejčastěji voda, ale i látky mohou migrovat v pevné formě prostřednictvím půdních organismů.
- Pufrační schopnost – Pufrační schopnost půd je velmi důležitá pro zajištění stálého (neměnného) půdního prostředí. Díky pufrační schopnosti si půda dokáže udržovat správné pH i když je půda okyselovaná např. kyselými dešti či průmyslovými hnojivy

3.1.2 Degradace půdy

Degradace půdy je proces, při kterém dochází ke ztrátě nebo omezení schopnosti půdy plnit své přirozené a klíčové funkce v ekosystému. Tento jev může být způsoben jak antropogenními faktory, tak i faktory přírodními, nebo kombinací obou. Z lidské činnosti přispívající k degradaci lze zmínit především nesprávné zemědělské obhospodařování půdy. V důsledku degradace půdy dochází k narušení původního stavu půdního prostředí, což má rozsáhlé a negativní dopady na celkovou udržitelnost životního prostředí. Půdy v České republice jsou v současnosti vysoce ohroženy různými formami degradace. Mezi hlavní degradační faktory působící na půdy patří jejich zastavování, eroze půdy (vodní a větrná), utužení, acidifikace, ztráta organické hmoty, ztráta biologické diversity půdy nebo kontaminace půdy (Batysta a kol. 2015; Šimek 2019).

Všechny degradační procesy spolu vzájemně souvisí a jsou na sebe vzájemně vázané, převažující degradační činitel podmiňuje vznik dalších degradačních procesů lze tedy říct, že se jedná o řetězovou reakci či jakýsi cyklus. Příkladem této řetězové reakce může být proces kde převažující degradační činitel je utužení půdy. Po utužení půdy dochází k omezené infiltraci vody, z toho vyplývá, že se zrychlí povrchový odtok. Zrychlený povrchový odtok zapříčiní vzniku vodní eroze, při erozi začne docházet ke ztrátě organické hmoty. Ochuzená půda o organickou složku má horší půdní strukturu, půda se špatnou strukturou hůře odolává zhutnění. Z příkladu vyplývá, že v boji proti vodní erozi se nemusí nutně využít

pouze protierozních opatřeních. Celý cyklus v tomto příkladě může vyřešit například zvýšení obsahu organické hmoty v půdě (Vopravil a kol. 2010).

3.1.2.1 Zhutnění

Zhutnění půdy můžeme rozdělit do dvou typů v závislosti na jeho vzniku, a to na zhutnění genetické (přírozené) a technogenní (způsobené lidskou činností). Genetické zhutnění vychází z charakteru půdotvorného substrátu, zejména jeho zrnitostního složení, obsahu vápníku a hořčíku, vlastností sorpčního komplexu a struktury půdy. Genetické zhutnění postihuje především půdy, které mají vyšší obsah jílu (Javůrek a kol. 2008, eAGRI © 2021).

Naopak technogenní zhutnění půdy vzniká v důsledku lidské činnosti. Zemědělským využíváním půd, zejména půd těžších, dochází k jejich zhutnění, jehož projevem je zvyšování objemové hmotnosti a snižování pórovitosti. K procesu zhuštění půdy dochází, když úbytek půdních agregátů převládá nad jejich tvorbou, což narušuje celkovou strukturu půdy. Tyto půdy se vyznačují obtížnější zpracovatelností, komplikovanější předseťovou přípravou. Negativa spojená se zhoršeným fyzikálním stavem půd mohou mít za následek i deformaci kořenů a omezenou funkci kořenů, horší využití živin nevyrovnanost porostů a ve výsledku i nižší výnosy pěstovaných plodin. Zhutněné půdy hůře plní i své mimoprodukční funkce. Typické je pro ně nízký obsah nekapilárních pórů, mají nižší infiltrační schopnost, z čehož pramení vyšší povrchový odtok a následná vodní eroze půdy. Narušeným vodním a vzdušným režimem je utlumovaná i biologická aktivita zhutněných půd (Šimek 2019).

Pro zachování vhodné struktury půdy a na ochranu před zhutněním jsou důležitá agrobiologická preventivní opatření mezi ně se řadí využívání organických hnojiv v dostatečném množství včetně zeleného hnojení, omezení používání hnojiv minerálních, udržování optimální hodnoty pH (na strukturu půdy, a tedy i na odolnost vůči zhutnění působí příznivě vápnění půdy). Z mechanických opatření jde především o eliminaci pracovních přejezdů a správné načasování pracovních operací zejména s ohledem na vlhkost půdy (Šarapatka a kol. 2021).

Dalším důležitým krokem při ochraně půdy před zhutňováním je snižování celkového tlaku vyvíjeného stroji na půdu. Lze konstatovat, že použití kolových traktorů je méně vhodné než použití traktorků pásových. Traktory kolové mají menší styčnou plochu pneumatiky s půdou a mají obvykle za následek vyšší zhutnění půd. Negativní účinky u kolových traktorů můžeme snížit použitím zdvojených pneumatik nebo snížením tlaku v pneumatikách. Pásové traktory ve srovnání s kolovými traktory mají mnohem větší styčnou plochu. Výsledkem je tedy výrazně snížený tlak vyvíjený na půdu při použití traktorů pásových (Anonym 2024).

Podle provedených analýz, publikovaných v Situační a výhledové zprávě Ministerstva zemědělství ČR, je zhutněním ohroženo kolem 40-50 % všech zemědělských půd. Genetickým zhutněním je ohroženo přibližně 30 % všech půd a více než 70 % je vystaveno tzv. technogennímu utužení (Batysta a kol. 2015).

3.1.2.2 Zastavování

Zastavování území se definuje jako proces, kdy dochází k pokrytí půdy nepropustnými materiály jako beton či asfalt, čímž ztrácí půda své přirozené vlastnosti a schopnost plnit své původní funkce v přírodě. Rozšiřování měst je přirozený jev, který nelze zastavit, ale pokud není dostatečně kontrolován, může mít vážné důsledky. Tyto důsledky se projevují zejména ztrátou nejcennější zemědělské půdy s negativními dopady na krajinu a životní prostředí. Zastavování území má za následek trvalou ztrátu půdy a tím spojené i zničení její produkční a ekologické hodnoty, což vede ke snížení biodiverzity v daném regionu. Snižuje se rovněž biodiverzita v daném území. Dešťové srážky v kombinaci s omezenější schopností infiltrace vody v zastavěném území zvyšují pravděpodobnost výskytu lokálních povodní. Rovněž se zde v dostatečné míře nemusí doplňovat podzemní vody (eAGRI © 2021).

Zastavování půdy je pravděpodobně nejzávažnějším degradačním procesem, neboť vede k úplné ztrátě ekologických a produkčních funkcí půdy. V roce 2007 v České republice ubylo denně cca 15 ha zemědělské půdy, z velké části půdy velmi kvalitní. Za období od roku 1966 do roku 2007 ubylo v ČR 235 tis. ha zemědělské půdy (eAGRI © 2021).

3.1.2.3 Kontaminace

Kontaminaci půdy lze definovat jako stav, kdy půda obsahuje škodlivé látky nebo kontaminanty, které jsou zde přítomny nad přijatelnou úroveň, často v důsledku lidské činnosti. Tyto látky mohou pocházet z průmyslových procesů, skládek odpadů, ropných úniků nebo jiných chemických znečišťovatelů, a také používáním agrochemikálií a odpadních látek v zemědělství. I přírodní aktivity, jako například požáry nebo vulkanická činnost, mohou v ojedinělých případech přispět ke kontaminaci. Česká republika se zátěží zemědělských půd výrazněji neliší od ostatních států Evropy. Je možné konstatovat, že v ČR existují oblasti se zvýšenou zátěží půdy z imisních spadů (severočeský nebo severomoravský imisní region), následkem těžební činnosti (Příbramsko, Kutnohorsko) nebo vypouštění odpadních vod (nivní oblasti podél vodních toků). Ve většině případů se jedná o zvýšení obsahu kontaminantů, které nepřináší významnější rizika (ohrožení kvality rostlinné produkce nebo přímého ohrožení lidského zdraví). Aktuálně může docházet ke zvýšené

kontaminaci půdy např. při povodňových událostech nebo i při použití nevhodných materiálů při jejich aplikaci do zemědělských půd (Batysta a kol. 2015, eAGRI © 2021).

3.1.2.4 Dehumifikace

Dehumifikaci půdy lze definovat jako snižování obsahu organické hmoty v půdě. Půdní organická hmota je soubor organických látek, které jsou uloženy v půdě či na ní. Tato organická hmota je nerozložená či v různém stádiu rozkladu (Šarapatka a kol. 2021).

Dehumifikace je jev často spojen s nedostatečným hnojením organickými hnojivy jako jsou hnůj, kejda a kompost. Celkový nedostatek těchto hnojiv je zapříčiněn především změnou struktury hospodaření a také poklesem chovu hospodářských zvířat. Vliv na obsah organické hmoty v půdě má i nedostatečný přísun organických látek ve formě zeleného hnojení a posklizňových zbytků. Příčinou dehumifikace však není pouze nedostatečné používání organických hnojiv. Ke snižování obsahu organické hmoty v půdě přispívá také vodní či větrná eroze. Mezi další faktory ovlivňující dehumifikaci je zvýšená mineralizace (rozklad organické hmoty na jednoduché anorganické sloučeniny) po úpravě vodního režimu půdy. Při poklesu hladiny spodní vody, dochází k prokysličení substrátů a zrychlené mineralizaci (Šarapatka a kol. 2021; Batysta a kol. 2015).

Úbytek organické hmoty v půdě způsobuje rozpad půdních agregátů, což má závažné důsledky na celkovou kvalitu půdního prostředí. Z degradace půdní struktury vyplývá mnoho problémů. Jedním z klíčových dopadů je zvýšená náchylnost půdy k erozi. Dalším problémem spojeným s degradací půdní struktury je zhoršená schopnost půdy odolávat zhutnění. Mezi závažný problém související s obsahem organické hmoty v půdě je retenční schopnost půdy. Půda obsahující méně organické hmoty má mnohem menší retenční schopnost oproti půdě s vyšším obsahem organické hmoty. Jeden hektar kvalitní hluboké černozemě může akumulovat 3 500 m³ vody a trvale zadržovat 1 700 m³ vody (VUMOP©2019).

3.2 Eroze

Slovo „eroze“ má svůj původ v latině a odvozuje se od slova "erode", což znamená vyžírat nebo rozhlodávat. (Zachar 1982). V současné době se eroze definuje jako komplexní proces zahrnující rozrušování zemského povrchu, transport a sedimentaci uvolněných částic působením vody, větru, ledu, a jiných erozních činitelů (Janeček 2008). Díky působení eroze může docházet k degradaci zemského povrchu, což se projevuje jeho snížením. Nebo naopak může dojít k procesu agregace, při kterém se zemský povrch vyvyšuje. Výsledkem

procesů degradace a agregace je celkové zarovnávání zemského povrchu tento jev se označuje slovem planace (Zachar 1982).

Pojem eroze byl používán již v 19.století, ale termín eroze půdy byl zaveden později a to počátkem 20.století. V literatuře se pojem eroze půdy začíná běžně používat až ve 30.letech 20.století.

Definice eroze půdy dle Janečka a kol. (2008) říká, že půdní eroze lze definovat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru ledu, popřípadě pomocí jiných činitelů dochází k rozrušování půdního povrchu a transportu půdních částic a jejich následnému usazování.

Morgan (2005) uvádí, že eroze půdy je dvoufázový proces, který se skládá z procesů, při kterém dochází k oddělování půdních částic od půdy a následně dochází k transportu erozními činiteli, jako je tekoucí voda a vítr. Když již však není k dispozici dostatek energie k transportu, nastává fáze třetí, při které dochází k sedimentaci.

Půdní erozi lze podle intenzit rozdělit na dva základní typy, a to na erozi normální (geologickou) a zrychlenou. Normální eroze představuje jeden z mnoha faktorů, které tvarují reliéf krajiny. Je to přirozený a postupný proces, který z hlediska lidské generace působí téměř nepozorovatelně. Tato forma eroze je v souladu s půdotvornými mechanismy. Za normální erozi považujeme tu, při které je ztráta půdy kompenzována pedogenetickými procesy, což znamená, že množství odnesené půdy je menší než množství, které může být vytvořeno půdotvornými mechanismy (Holý 1994).

Zrychlená eroze je naopak proces, při kterém dochází k výrazně rychlejšímu odnášení půdy a erozních aktivit, než je normální tempo pro danou oblast. V důsledku tedy dochází k tomu, že množství odnesené půdy je větší než množství půdy, které může být vytvořeno. Tento jev bývá často způsoben lidskými činnostmi, jako jsou odlesňování, nevhodné zemědělské praktiky, úpravy půdy, výstavba infrastruktury a další faktory. Zrychlená eroze může mít negativní dopady na kvalitu půdy, biodiverzitu a celkovou udržitelnost ekosystémů (Pavlů 2018). Zrychlená eroze je proces, který se začal objevovat již v neolitu tedy přibližně v době 5000.let př.n.l., kdy lidé začali půdu intenzivněji využívat k zemědělským účelům. V dnešní době je však proces zrychlené eroze mnohem závažnější je tedy důležité zavádět preventivní opatření a udržitelné metody hospodaření s půdou k minimalizaci zrychlené eroze a ochraně životního prostředí (Janeček 2008; Kolbabová a kol. 2023).

3.2.1 Vodní eroze

V dnešní době je vodní eroze považována za podstatný proces degradace zemědělské půdy, přičemž v České republice je vodní erozi vystaveno přibližně polovina veškeré orné půdy. Základním mechanismem vzniku vodní eroze je dopad dešťových kapek na povrch, kde ideálně půda zadržuje a absorbuje množství srážek. Nicméně, pokud půda nedokáže účinně zadržet srážkovou vodu, dochází k narušení a transportu půdy povrchovým odtokem. V praxi to znamená ztrátu půdy na erozně ohrožených zemědělských plochách, což má dalekosáhlé důsledky. Erodovaný materiál, bohatý na živiny, se vyplavuje, což následně vede k vyčerpání půdy. Pro udržení optimální úrodnosti je nezbytné doplňovat chybějící živiny, ale s tím přichází zvýšené náklady na zemědělství. Dochází k znečištění vodních toků a nádrží, s negativními dopady na ekosystémy, včetně eutrofizace a zanášení vodních toků. (Kincl a kol. 2020; Janeček 2012).

3.2.1.1 Plošná eroze

Při plošné erozi dochází k rovnoměrné ztrátě půdy na erozně zasaženém pozemku, přičemž nedochází k vzniku drah soustředěného odtoku. U plošné eroze lze rozlišovat dva podtypy.

Prvním typem je eroze selektivní, během které dochází k odplavování nejjemnějších půdních částic a chemických látek na ně vázaných. Půdy, které jsou postiženy selektivní erozí, se stávají hrubozrnnějšími a mají snížený obsah živin, oproti tomu půdy, které jsou obohaceny smyvm, jsou jemnozrnnější a na živiny bohatší. Na povrchu půdy, kde dochází k odnosu jemnozrnného materiálu, však může vzniknout hrubozrnná vrstva skeletu, která následně chrání půdu před rozrušujícími účinky dopadajícího deště. Nejjemnější, a tedy i většinou neúrodnější částice jsou tendenčně akumulovány v nižších částech svahu, což může vést k nestejnomyšlnému vývoji vegetace. Selektivní eroze postupuje pomalu, často nenápadně a obtížně se měří. Avšak za určitých podmínek ji lze identifikovat pouhým okem, kdy vyvýšená místa na pozemku mají převážně světlejší barvu, oproti místům nacházejícím se na pozemku níže, kde je barva tmavší, tento barevný rozdíl je zapříčiněn obsahem organické hmoty v daném místě (Holý 1994).

Druhým typem, který rozlišujeme je eroze vrstvená, při tomto typu eroze má povrchově stékající voda mnohem větší kinetickou energii, tudíž způsobuje odnášení půdní hmoty ve vrstvách. Tento proces většinou vede k ztrátě celé orniční vrstvy. Objevuje se zejména při intenzivních dešťových srážkách, během záplav a občas také při nesprávném zavlažování zemědělských pozemků

3.2.1.2 Liniová (výmolová)

Tato forma eroze se vyznačuje postupným soustředováním povrchového odtoku a následným vytvářením mělkých, avšak postupně se prohlubujících rýh. Vznik výmolné eroze je podmíněn především délkou, vegetačním krytem a svažitostí pozemku, čím je plocha pozemku rovnější, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší, avšak i dokonale rovný terén nemůže zabránit vzniku soustředěného povrchového odtoku. Podle intenzity stadia vývoje lze erozi rozdělit na rýžkovou brázdovou, rýhovou, výmolnou a stržovou (Janeček 2008).

- Rýžková – Eroze rýžková vzniká soustředováním plošného odtoku v hustou síť drobných úzkých stružek ty mohou být široké a hluboké asi 2-10 cm.
- Brázdová – Dalším stupněm je brázdová eroze což je jev, který se často označuj jako maximální stupeň plošné eroze, a to zejména kvůli obtížné oddělitelnosti od eroze plošné. Vzniká v případě, kdy se odtok soustředí do širších zářezů s menší hustotou.
- Rýhová – Eroze rýhová vzniká za podmínek, kdy povrchový odtok pokračuje v soustředování vody do hlubších a širších rýh (dochází k spojování a prohlubování rýh, kdy jejich šířka a hloubka dosahuje až 30 cm). Pro hodnocení intenzity rýhové eroze je doporučováno měřit hustotu erozních rýh, což se udává v jednotkách km/km².
- Výmolná – Výmolná eroze je výrazná svými výmolovými projevy, které dosahují hloubky a šířky přes 30 cm. Často se vytvářejí kaskádovité stupně. Tento erozní jev typicky vzniká na místech, kde se koncentrují a stékají přívalové vody ve sníženinách, údolnicích, na cestách a v příkopech.
- Stržová – Eroze stržová představuje nejpokročilejší a nejzávažnější formu vodní eroze. Charakterizuje se šířkou a hloubkou strží přesahující 100 cm, přičemž délka těchto strží může dosahovat více než 1 kilometr.

3.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze představuje proces, při němž vítr působí na povrch půdy a svou mechanickou silou rozrušuje půdu. Tímto způsobem dochází k uvolňování půdních částic, které jsou následně unášeny větrem na různé vzdálenosti. Klíčovým faktorem větrné eroze je vítr, konkrétně jeho unášecí schopnost, která je závislá na rychlosti větrného proudu, trvání a frekvenci výskytu větrných událostí. I při nízkých rychlostech větru může dojít k pohybu půdních částic, avšak nejvýraznější erozní účinky se projevují při silných a dlouhodobých

větrech. Dojde-li k poklesu energie větru natolik že proud vzduchu již nedokáže půdní částičky unášet dochází k sedimentaci (Janeček 2008, Šarapatka a kol. 2021).

U erodovaných částic lze charakterizovat 3 typy pohybů. Přičemž jakým pohybem se částice budou pohybovat udává především jejich velikost. Částice nejmenší jsou přenášeny ve formě suspenze a vzdálenost, na kterou se mohou takto pohybovat jsou až stovky metrů. Částice do velikosti 0,4 mm se pohybují tzv. skokem (saltací), při tomto typu pohybu dochází k největším škodám, protože částice pohybující se skokem rozbíjejí půdní agregáty, a tím zapříčiňují uvolňování dalších částic. Posledním typem pohybu, kterým se erodované částice pohybují je sunutí po povrchu tímto způsobem se pohybují zejména částice největší (Cablík a Jůva 1963).

Větrná eroze představuje pro půdu stejně závažné nebezpečí jako eroze vodní. Tento typ eroze se vyskytuje především v oblastech, které jsou charakterizované nedostatkem srážek a převládajícími vysokými teplotami. V České republice je větrnou erozí postiženo 18 % orné půdy, nejvíce jsou postiženy oblasti Polabí a jižní Moravy (Batysta a kol. 2015).

3.2.3 Sněhová eroze

Sněhové srážky dopadající na povrch země mají mnohem menší kinetickou energii než dešťové srážky, proto eroze vzniklá dopadajícími sněhovými srážky působí téměř zanedbatelně. Největší eroze přichází, však když dojde k vzrůstu teploty nad bod tání a začne se měnit skupenství sněhu. V důsledku tání sněhu dojde k uvolnění velkého množství vody, kdy voda odtéká po povrchu a rozrušuje půdu. K tomuto jevu přispívá i fakt, že většina polí je v zimních či jarních měsících bez vegetačního pokryvu.

3.2.4 Důsledky vodní eroze

Hlavním následkem, který plyne z procesu eroze, je ztráta nejsvrchnější vrstvy půdy. Dochází tedy k ochuzování půdy o nejurodnější část, a tou je ornice. Dále dochází k zemně fyzikálně-chemickým vlastnostem půd. Novotný a kol. (2017) ve své příručce proti vodní erozi rozlišuje 4 hlavní důsledky plynoucí z eroze půdy.

- Hrozba pro trvalou udržitelnost úrodnosti půdy – Dlouhodobým působením eroze dochází ke kvantitativním a kvalitativním změnám půdy. Kvantitativní změny se týkají především zmenšování hloubky půdního profilu a plochy půd. Kvalitativní změny vedou k celkové změně půdních vlastností. Při změně fyzikálních vlastnostech se hovoří zejména o zhoršování struktury, textury, objemové hmotnosti, vodní kapacity pórovitosti, infiltrační schopnosti. Mezi chemické

vlastnosti půdy, které jsou ovlivněny erozí řadíme snížení obsahu organické hmoty a humusu v půdě, snížení obsahu minerálních živin v půdě. Výsledkem uvedených důsledků dochází k snížení produkční schopnosti půd, což má rozsáhlý vliv na život lidstva a globální prostředí.

- Ovlivnění kvantitativních parametrů vodních zdrojů – V Důsledku vodní eroze dochází k zanášení vodních toků nebo nádrží. K zanášení toků dochází v takovém případě, kdy voda nemá dostatek energie k unášení splavených částic, k tomuto jevu dochází především ve spodních částech toku. Zanesením vodních toků se sníží průtočná kapacita koryta, což může mít negativní následky v období povodní. Dále může docházet k zanášení vodních nádrží, čímž se snižují jejich akumulární schopnosti.
- Ovlivnění kvalitativních charakteristik vodních zdrojů – Erozní činností dochází k znečištění vodních recipientů, a to buď fyzikálně což může způsobovat zákal vody, nebo chemicky, kdy dochází k transportu chemických látek z povodí. Příkladem chemického znečištění může být eutrofizace vody, způsobena splavenými hnojivými. Ovlivnění kvalitativních charakteristik vodních zdrojů má negativní důsledky nejen na lidskou populaci, ale i vodní faunu a floru.
- Ohrožení intravilánu měst a obcí – Dalším významným dopadem erozního procesu na zemědělské půdě je ohrožení a poškození infrastruktury v krajině. Jedná se především o škody způsobené povrchovým odtokem ze zemědělské půdy a transportem sedimentů ze zemědělské půdy (Janeček 2008; Kolbabová a kol. 2023, Cablík a Jůva 1963, VUMOP©2019).

3.3 Lilek Brambor (*Solanum tuberosum*)

3.3.1 Morfologie a biologie

Lilek Brambor (*Solanum tuberosum*) je rostlina z čeledi lilkovitých (Solanaceae). Stonek je odrůdově variabilní, přičemž v blízkosti hlízy je tenký a zbavený zeleného zbarvení. Směrem k vrcholu se stonek zvětšuje a má maximální tloušťku pod listy, následně se zužuje směrem ke květenství. Jeho tvar na průřezu může být nepravidelně hranatý, trojboký nebo kulatý. Listy bramboru jsou lichozpeřené, mírně ochlupené a mají drobné žlásky. Jsou řapíkaté a dosahují délky 30 až 50 cm. Květy bramboru jsou často bílé, růžové nebo fialové se žlutými až oranžovými prašníky. Lilek je samosprašnou rostlinou, ale může být také opylen cizím pylem přenášeným hmyzem. Množství květů na rostlině je odrůdově závislé. Plodem bramboru je dvoupouzdra bobule obsahující 50–100 velmi drobných semen vejčitého tvaru.

Podzemní část rostliny je charakteristická svazčitými kořeny a hlízami různých tvarů, nejčastěji s okrově žlutou až světle hnědou barvou, u některých kultivarů může být i červená až červenofialová. Hlíza bramboru vzniká přeměnou stonku a je zkráceným modifikovaným vegetačním vrcholem podzemního oddenku nebo jeho větví. Hlíza funguje jako zásobní orgán a je nejcennější částí rostliny z hlediska hospodářského využití (Jůzl a Elzner 2014).

3.3.2 Původ a historie

Brambory mají svůj původ v Jižní Americe, kde je domorodí Indiáni pěstují již přibližně 5000 let, především v oblasti And. Jejich první potravinářské využití v Evropě začíná ve Španělsku, kam byly brambory dovezeny v 16. století. V Čechách začalo pěstování brambor nabývat na významu až na počátku 18. století, avšak jejich širší rozšíření a masovější produkce se datuje až do druhé poloviny 18. století (Kutnar 2005).

Spotřeba brambor se postupně zvyšovala, dosahujících rekordních výšek kolem roku 1850, kdy průměrná spotřeba na osobu činila přibližně 170 kg. S postupným zlepšováním životních podmínek a rozmanitostí potravin došlo k poklesu spotřeby, která dnes činí přibližně 65 kg na osobu. Tento vývoj odráží změny ve stravovacích návycích a ekonomických podmínkách, které ovlivňují preferované potraviny a dostupnost brambor jako základního potravinového zdroje (Kutnar 2005; Vokál a kol. 2003).

3.3.3 Ideální stanoviště

V České republice se vyskytují dvě hlavní oblasti intenzivního pěstování brambor. Jedna z těchto oblastí je teplejší a úrodnější, zaměřená především na rané konzumní brambory. Nachází se v Polabské nížině a na jižní Moravě. Tato oblast je charakterizována nadmořskou výškou mezi 150 až 250 metry a průměrnou roční teplotou nad 8 °C. Druhá oblast je chladnější a je vhodná pro pěstování brambor všech užitkových směrů, nachází se především na Českomoravské vrchovině (tradiční bramborářská oblast). Tato oblast má nadmořskou výšku mezi 400 až 600 metry a průměrnou roční teplotu pod 7 °C. V ranobramborářských oblastech jsou příznivější podmínky, což umožňuje časnější sázení a sklizeň konzumních brambor již v měsíci květnu. To je dáno předklíčením sadby, použitím krytu na povrchu hrůbků (např. pomocí netkané textilie) a možností zavlažování (Vokál a kol. 2003).

Ideálními místy pro pěstování brambor jsou ta, která nejsou příliš vlhká ani trvale zastíněná. Brambory upřednostňují dobře provzdušněné a propustné půdy. Proto nejvhodnější pro

pěstování brambor jsou půdy středně těžké s obsahem jílovitých částic mezi 15 až 40 %. Toto kritérium splňují půdy hlinitopísčité, písčitohlinité až hlinité (FAPAZ.cz).

Minimální obsah humusu by měl dosahovat 2 %. Tento fakt ovlivňuje dostupnost živin, která se zlepšuje s vyšším obsahem kvalitního humusu. V těchto podmínkách nenastávají problémy s přirozeným obsahem živin v rámci původní půdní síly. Optimální zásoby by měly být přibližně následující: fosfor 80-110 mg/kg půdy, draslík 200-300 mg/kg půdy a hořčík 160-230 mg/kg půdy (FAPAZ.cz).

Hodnota půdní reakce je důležitým faktorem s významným dopadem na prosperitu rostlin. Její optimální nastavení nejen podporuje správnou výživu rostlin, ale také ovlivňuje riziko vzniku strupovitosti, což je jedna z chorob postihujících brambory. Pro brambory je ideální prostředí s kyselým pH v rozmezí 5,5 až 6,5, kde dosahují maximálního růstu a výnosu. Je zajímavé, že i při mírně nižších hodnotách pH kolem 4,8 není pozorován výrazný pokles výnosu hlíz (FAPAZ .cz; Vokál a kol. 2003).

3.3.4 Růst a vývoj

Znalost jednotlivých fází růstu brambor je zásadní pro efektivní plánování a aplikaci protierozních opatření. Každá růstová fáze představuje specifickou úroveň ochrany půdy před erozí. Od okamžiku zasazení až po fázi vzcházení brambory vykazují minimální protierozní účinek, neboť v této době není povrch půdy účinně pokryt. Jejich protierozní efekt začíná nabývat významu až po vzcházení, kdy se listová část rostliny začíná rozvíjet a kryje půdní povrch. Tento ochranný efekt se postupně zvyšuje s růstem a vývojem rostliny a dosahuje svého vrcholu v době, kdy nadzemní část bramborové rostliny dosáhne plného rozvinutí. Po uschnutí rostliny se protierozní účinek opět snižuje.

Jůzl a Elzner (2014) rozdělují vývoj bramborové rostliny do několika fenologických fází:

1. **Klíčení (00–09):** Od neklíčící hlízy po první projevy vzejití, kdy se stonky protnou povrch půdy.
2. **Vývoj listů (10–19):** Od rozvinutí prvního pravého listu na hlavním stonku po vytvoření devíti a více listů.
3. **Formování základních postranních výhonů (20–29):** Od prvního viditelného postranního výhonu pod a nad zemí po devět a více viditelných postranních výhonů.

4. **Prodlužování hlavního stonku (30–39):** Od začátku zapojování porostu (10 % rostlin je mezi řádky zapojeno) po úplně zapojený porost (90 % a více rostlin je mezi řádky zapojeno).
5. **Tvorba hlíz (40–49):** Od počátku tvorby hlízy (naduření prvního vrcholu stolonu na dvojnásobný průměr) po zralost pokožky na hlíze, (kdy pokožku nelze snadno odstranit).
6. **Objevení květenství (50–59):** Od prvního viditelného pupenu prvního květenství po objevení prvních barevných korunních lístků.
7. **Kvetení (60–69):** Od prvních otevřených květů v porostu po konec kvetení prvního květenství.
8. **Vývoj plodu (70–79):** Od první viditelné bobule po dosažení konečné velikosti v prvním plodném květenství na hlavním stonku.
9. **Zrání bobulí a semen (80–89):** Od zelených bobulí v prvním plodenství na hlavním stonku po scvrklé bobule a tmavá semena.
10. **Stárnutí (90–99):** Od začátku žloutnutí listů po sklizeň hlíz.

Brambory jsou rostliny se středně velkými požadavky na vodu, avšak velmi citlivé na rozložení srážek. Jejich nejnižší nároky na vláhu se vyskytují během klíčení. Relativní nedostatek srážek od doby zasazení do vzejití má pozitivní efekt, protože rostliny vyvinou bohatší kořenový systém, což jim umožňuje efektivněji využívat vodu během vegetačního období. Naopak, od počátku tvorby pupenů až po dozrání plodů reagují všechny odrůdy brambor citlivě na nedostatek půdní vláhy. V případě potřeby je doporučeno doplnit chybějící vláhu zavlažováním, což je běžná praxe u porostů raných konzumních brambor v teplejších a úrodnějších oblastech (Vokál a kol. 2003).

3.3.5 Konvenční pěstování brambor

Konvenční zemědělství je jedna z teorií zemědělského hospodaření, která se zaměřuje především na ekonomický výnos a zisk. Hlavním cílem konvenčního zemědělství je tedy dosáhnout co nejvyšší produkce plodin a maximalizovat zisk. Tento přístup klade důraz na efektivní využití zemědělských zdrojů a aplikaci moderních technologií s cílem zvýšit výnosnost hospodaření. V rámci konvenčního zemědělství se ale neklade takový důraz na environmentální aspekty a udržitelnost produkce. Proto je při konvenčním pěstování

intenzivně využíváno chemických hnojiv, pesticidů a herbicidů, které mohou mít následně negativní dopad na půdu, vodu a biodiverzitu.

3.3.5.1 Podzimní zpracování půdy

Po sklizni předplodiny se nejprve provede podmítka, což je proces, při kterém dojde k mělkému zkypření půdy do hloubky 80-100 mm. Je podstatné, aby tato podmítka byla provedena včas a kvalitně. Základním předpokladem je dodržení maximální hloubky zpracování, která by neměla přesáhnout 100 mm. Hlavním cílem podmínky je předejít ztrátám kapilární vody, zamezit šíření plevelů a zapravit do půdy posklizňové zbytky předplodiny, které slouží jako zdroj organických látek pro tvorbu humusu (Vokál a kol. 2004)

Dalším zásahem na podzim je orba, která by měla následovat ihned po aplikaci statkových hnojiv. Aby se předešlo úniku a ztrátě živin, je nezbytné ji provádět do hloubky minimálně 200 mm. Zelené hnojení lze zapravovat buď, přímo pokud rostliny dosahují maximální výšky 25 cm, nebo nepřímo pokud jsou rostliny vyšší, ty je nutné je nejdříve uválet. Nejvhodnějším termínem pro podzimní orbu je většinou polovina října. Tímto způsobem se zajišťuje optimální vstřebání živin do půdy a příprava pozemku na nadcházející vegetační období (Vokál a kol. 2004; Hůla a kol. 1997).

3.3.5.2 Jarní zpracování půdy

Základní jarní operace při pěstování brambor zahrnuje kypření půdy, což je zásadní krok pro vytvoření optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin. Brambory potřebují dobře provzdušněné a prokypřené lůžko půdy, ideálně do hloubky 180-200 mm. K tomuto účelu se využívají různé zemědělské nástroje, jako jsou soupravy kultivátorů, prutové válce nebo hřebové brány, které mechanicky ovlivňují strukturu půdy. Na těžších půdách se doporučuje kypření provádět dvakrát, aby se vytvořily lepší podmínky pro růst rostlin. Kromě prokypření a provzdušnění půdy má kypření také odplevelující efekt, který omezuje růst plevelů. Termín provedení kypření závisí na mnoha faktorech, ale především se řídí vývojem plevelů a vlhkostí půdy. Technologii kypření půdy lze nahradit technologií odkameňování (viz kapitola odkameňování), přičemž tento proces rovněž přispívá k vytvoření vhodných podmínek pro růst brambor (Vokál a kol. 2004). Brambory se sází za optimálních půdních a klimatických podmínek, přičemž je důležité, aby půda nebyla příliš chladná ani přemokřená. Ideální teplota půdy pro zasazení je 6-9 °C. V ranobramborářských oblastech je nejčastějším termínem pro sázení měsíc duben, avšak za příznivých povětrnostních podmínek a v případech, kde se používá zakrytí fólií či textilií, může probíhat i dříve. Pro sázení se používají různé typy dvouřádkových až šestiřádkových sazečů. Některé z těchto

zařízení jsou navrženy tak, aby minimalizovaly mechanické poškození klíčků při sázení předklíčených hlíz. Sázečí zařízení také může být vybaveno aplikátorem minerálních hnojiv nebo zařízením na moření. Hloubka sázení obvykle odpovídá velikosti hlíz nebo je o 1–2 cm větší. Důležité je rovněž nahrnutí ornice nad hlízami, které by mělo být alespoň 15 cm, což zajišťuje dobrou ochranu hlíz a bezpečný růst rostlin (Vokál a kol. 2003).

3.3.5.3 Zpracování půdy během vegetace

V období od výsadby až po zapojení porostů je nezbytné aktivně potlačovat plevel a udržovat příznivý fyzikální stav půdy. K tomuto účelu se obvykle využívají dva základní technologické postupy: klasická kultivace a omezená mechanická kultivace s použitím herbicidů. Obě metody se do vzejití brambor provádějí stejně. Kdy v prvních 10–14 dnech po výsadbě je provedeno proorání hrůbků naslepo pomocí hrobkovacích těles (Jůzl a Elzner 2014).

Po vzejití porostu provádíme při plné mechanické kultivaci obvykle tři kultivační zásahy. Při kultivačních zásazích postupně snižujeme pracovní hloubku, aby nedošlo k poškození stonků a kořenů brambor. Poslední kultivační zásah provedeme, když porost dosáhne maximální výšky 15 cm (Hůla a kol. 1997).

Při omezené mechanické kultivaci porostu aplikujeme herbicidy obvykle 3–5 dní před vzejitím porostů. V době aplikace herbicidů je důležité, aby půda nebyla příliš vyschlá (zlepší se účinek aplikované látky). Po vzejití porostu provedeme pouze jeden další zásah, kterým je nahrnutí hrůbků. Pokud je to nutné, můžeme během vegetace použít postemergentní herbicidy na některé druhy plevelu (Hůla a kol. 1997).

3.3.5.4 Sklizeň

Před sklizní brambor je vhodné provést odstranění bramborové natě. Toto odstranění lze provést buď mechanicky pomocí drtičů, nebo chemicky za použití desikantů. Chemické odstranění natě je obvykle používanější u sadbových brambor nebo u brambor konzumních, které jsou postiženy plísní bramborovou. U raných brambor sklizených před dosažením fyziologické zralosti se natě obvykle odstraňují pouze mechanicky (Vokál a kol. 2003).

Samotná sklizeň brambor v našich podmínkách může být prováděna jako jednofázový proces, kdy během jednoho průjezdu dochází k vyorání hlíz, separaci hrudek nebo kamene, a následnému uložení brambor do zásobníku nebo na příjmový stůl překládacího dopravníku. Nicméně, existuje i možnost provádět sklizeň dvoufázově, kde v první fázi dochází k vyorání hlíz a v druhé fázi se brambory sbírají pomocí sběracího zařízení (Vokál a kol. 2004).

3.4 Protierozní opatření

3.4.1 Protierozní opatření agrotechnického charakteru

Agrotechnické opatření zahrnují různé techniky, které zvyšují vsakovací schopnost půdy, snižují její erodovatelnost a chrání povrch půdy, zejména během období nejvyššího výskytu přívalových dešťů. Během těchto období jsou zejména plodiny širokořádkové náchylné k erozi, jelikož nedostatečně kryjí půdní povrch svým vzrůstem nebo zapojením. Výhodou opatření agrotechnického charakteru je skutečnost, že při správném zavádění není nutné vynakládat velké finanční prostředky, a jsou tedy dostupné pro velké množství zemědělců (Holý 1994, Hůla a kol. 2003)

Při pěstování brambor se klade důraz na ochranu proti erozi, zejména úpravou hrůbků, ve kterých jsou brambory pěstovány. Po deštivých obdobích často vzniká krusta na povrchu půdy (zejména na půdách s horší strukturou a s nevyváženým poměrem kationtů), která brání pronikání vody do hrůbků, místo toho voda stéká do brázd, kde se hromadí a následně odtéká. Při intenzivnějších srážkách může dojít i k odnášení půdy. Nevhodný tvar hrůbků může být vytvořen např. lisovacími plechy s hladkou horní částí a bočními stěnami. Proto se většina technologií zaměřuje na omezení pohybu vody v brázdách, prodloužení doby jejího zadržení a zlepšení vsakování do půdy (Kusá a kol. 2020; Janeček 2005).

Tvar a povrch hrůbků vytvářen při sázení brambor má významný vliv na zadržení vody ze srážek (nebo závlahy postřikem) a její infiltrace do půdy. Zlepšená infiltrace a minimalizace ztráty půdy přináší nejen ekologické výhody, ale zároveň správný tvar hrůbků má pozitivní dopad na uchování živin v půdě, což ovlivňuje výnosnost hlíz (Kasal a kol. 2016). Při protierozní ochraně pozemků, kde se pěstují brambory, se obvykle využívá kombinace různých opatření. Kombinací těchto opatření se dosahuje nejlepší ochrany půdy.



Obrázek 1: Nevhodný tvar hrůbků a brázd (Pavel Růžek)

3.4.1.1 Důlkování

Metoda důlkování je agrotechnický postup, při kterém se hustě vytvoří důlky v brázdách nebo na hrůbcích ve vzdálenosti 30 až 50 cm. K vytváření důlků se používá speciální stroj tzv. důlkovač. Značnou nevýhodou většiny důlkovačů je, že důlky se vytváří vytlačáním do půdy, čímž ale dochází k utužení dna důlků a je snížena jejich infiltrace. Existuje, ale možnost, kdy se důlky vytvoří pomocí tzv. Dykeru, v tomto případě důlky vytváří kolo s lopatkami a nedochází tak k utužení dna důlků. Proces důlkování se většinou provádí společně se sadbou brambor (Kusá a kol. 2020).

Důlkování má při správném provedení vysoký půdoochranný efekt především v období od sázení do vzcházení porostu. Na jeden hektar lze vytvořit až 28 000 důlků o objemu 2 litrů, což představuje množství zadržení odtoku 56 m³ vody u jednoho hektaru. Tento fakt může mít pozitivní vliv na zásobení brambor vodou z náhlých přívalových dešťů během suchých období roku. Nevýhodou tohoto opatření je, že po intenzivních srážkách mohou být vytvořené důlky zaneseny splavenou zeminou, a proto musí být důlky obnoveny (Kusá a kol. 2020). Ze studie Vejchar a kol. (2017), která byla zaměřena na technologii důlkování vyplývá, že po jedné třetině sezóny dochází k výraznému naplnění důlků sedimentem, což zapříčiňuje snížení počátečního objemu o 30–50 %. Za účelem zvýšení účinnosti je vhodné provádět obnovu důlků až do doby, kdy dojde k vzejití rostlin. Přičemž po obnově důlku už nedochází k zanášení důlku v takové rychlosti jako na začátku vegetačního období. Tento jev je zapříčiněn tím, že brambory svými listy zpomalí dopad dešťových kapek. K značnému zanešení důlku začne zase docházet po odumření natě před sklizní (Janeček 2005).

Dvořák a kol. (2013) poukazuje na to, že i přesto, že je proces důlkování téměř zapomenutý, má schopnost snižovat povrchový odtok a podporovat zadržení vody přímo na pozemku. Tento postup je navíc finančně méně náročný, což ho činí atraktivním pro zemědělce hledající účinná protierozní opatření.

3.4.1.2 Hrázkování

Technologie hrázkování spočívá v založení ochranných hrázek v meziřadí hrůbků. Tento proces zahrnuje použití speciálního zařízení nazývaného hrázkovač, který vytváří ochranné hrázky ve stejném intervalu mezi jednotlivými hrůbkami. Tím vzniká řada drobných akumulčních příkopů, které efektivně brání vzniku koncentrovaného povrchového odtoku a podporují zadržení vody přímo na půdě (Hůla a kol. 1997; Mayer a kol. 2016)

Účinnost systému hrázkování na odtok a odnos půdy je ovlivněna postupným usazováním sedimentu v hrázkách a je narušována zejména působením přívalových dešťů, které způsobují zvýšenou sedimentaci do hrázek a rozrušování čela hrázek. Toto rozrušování může vést k narušení struktury hrázek a vytvoření trhlin či dokonce úplné destrukci hrázek. Navzdory těmto vlivům má však systém hrázkování větší dopad na redukci eroze ve srovnání s odtokem. Z dostupných studií vyplývá, že pomocí hrázkování lze dosáhnout významného snížení odnosu půdy, a to až o 66 %. Konkrétně lze na pozemcích, kde je používán systém hrázkování, snížit odnos půdy na tři tuny půdy, zatímco na pozemcích s konvenčním hospodařením, kde není tento systém využíván, může dosahovat až devíti tun půdy z hektaru (Mayer a kol. 2016; Janeček 2012).

Aby byla technologie hrázkování co nejefektivnější, je důležité, aby řádky byly orientovány ve směru vrstevnic. Dále je doporučeno využívat hrázkování na pozemcích se sklonem do 7 % přičemž délka pozemku by neměla přesáhnout 300 metrů (Janeček 2012).



Obrázek 2: Hrázkování a důlkování (Jiří Záruba)

3.4.1.3 Vsakovací žlábek

Vsakovací žlábek se vytváří na vrcholku hrůbků, a to za pomoci speciálních radliček, které mohou být umístěny na sazeči. Efekt žlábků spočívá v zadržení srážkové vody na vrcholku hrůbků, umožnění jejího zasakování do hrůbků a tím zlepšování vodního režimu uvnitř hrůbků. Kasal a kol. (2014) uvádí, že žlábek je schopen udržet svůj tvar po celou dobu vegetační sezóny a množství zadržené srážkové vody, která by jinak stekla do brázd, může být o 15-20 % vyšší.

Kromě toho, že žlábek umožňuje lepší vsakování vody do kořenového systému rostlin, má také pozitivní vliv na využití minerálních hnojiv a snižuje ztrátu hnojiv vyplavováním. Studie

Kasal a kol. (2014) potvrzuje, že vsakovací žlábek má pozitivní vliv na výnos plodin, zejména v období sucha, kdy efektivně udržuje vodu v hrůbku a redukuje povrchový odtok. Tento příznivý dopad na výnos byl pozorován ve třech z pěti pokusných let.

Aby vsakovací žlábků fungovaly správně, je ideální, aby hrůbky byly orientovány ve směru vrstevnic. Nicméně není vždy možné dodržet tuto podmínku, zejména na členitých pozemcích s nepravidelnými tvary. V takových případech se často používá přerušovaný vsakovací žlábek, kde jsou vytvořeny menší hrázky ve žlábku. Tento přístup umožňuje zadržování vody ve žlábku i v případě, že jsou hrůbky orientovány mimo směr vrstevnic, případně na menších svazích po spádnicí (Kasal a kol. 2016).



Obrázek 3: Přerušovaný žlábek na vrcholcích hrůbků a důlkování v nekolejové brázdě (Pavel Růžek)

3.4.1.4 Úprava tvaru hrůbků

Při procesu sazení brambor se upravuje tvar hrůbků pomocí tzv. lisovacích plechů, které tvoří nedílnou součást sazečů brambor a určují konečnou podobu hrůbků. Nesprávně vytvořený tvar hrůbků se vyznačuje příliš strmými bočními stěnami a úzkou vrcholovou plochou. Naopak správně upravený lisovací plech dokáže vytvořit hrůbek s rozšířenou vrcholovou částí, která má charakteristický miskovitý tvar zešikmený směrem k nekolejové brázdě. Kromě toho dochází i k úpravě sklonu bočních stěn hrůbků a vymělčení středové nekolejové brázdě (Růžek a kol. 2018).

Takovýto speciálně upravený hrůbek zajistí, že během deště je efektivně omezeno stékání srážkové vody z vrcholů hrůbků po jejich stranách do kolejových brázd. Díky miskovitému tvaru je voda směřována k vymělčené středové nekolejové brázdě. Celkovým zvětšením

hrůbků, mírným skloněním jejich stran, vymělkčením a zúžením nekolejových brázd a zúžením brázd kolejových se rozšiřuje plocha pro absorpci a zadržení srážkové vody. Tento způsob úpravy hrůbků přináší i další výhody, jako je udržení vlhkosti uvnitř hrůbků po delší dobu, zejména v obdobích sucha (Růžek a kol. 2018; Kasal a kol. 2016).

3.4.1.5 Záhonové odkameňování

Technologie odkameňování zahrnuje dvě hlavní operace: rýhování a separaci kamenů a hrud. Prvním krokem je rýhování provedené většinou dvoutělesovým rýhovačem. Cílem rýhování je vytvoření rýh do hloubky přibližně 250 mm a s vzdáleností mezi rýhami rovnající se dvojnásobku meziřádkové vzdálenosti, obvykle kolem 1500 mm. Poté následuje druhá fáze, při které dochází k separaci kamenů a hrud mezi vytvořenými rýhami. K separaci se používá prosévací separátor skládající se z pasivních vyorávacích radlic a prosévacího ústrojí. Za prosévacím separátorem je uložen dopravník, který ukládá odseparované kameny a hroudy na dno vytvořených rýh. Pokud se v půdě vyskytnou kameny, které přesahují velikost 150 mm shromažďují se v zásobnících, ze kterých jsou následně na kraji pole vyklopeny. Po odkameňování vznikne záhon, který je zbavený většiny kamenů a hrud s dokonale prokypřenou a promísenou půdou (Vokál a kol.2003; Vokál a kol.2004).

Technologie odkameňování je primárně prováděna za účelem odstranění kamenů z půdy, což má za následek snížení rizika mechanického poškození brambor během sklizně a dopravy z pole. Pomocí technologie odkameňování lze na kamenitých půdách snížit obsah kamenů až o 90 %.

Protierozní efekt, který vyplývá z odkameňování, spočívá v dokonalém prokypření půdy po procesu odkameňování, což má pozitivní vliv na následnou infiltraci srážkové vody. Další protierozní funkce, kterou odkameňování poskytuje, spočívá v separaci a soustředění kamene a hrudek do prostoru mezi dvořádky, čímž vzniká drenážní vrstva, která může efektivněji zadržovat větší množství vody a tím snižovat riziko eroze. Odkameněné pozemky také vykazují po celou dobu vegetace nižší hodnoty utužení půdy než pozemky připravené klasickým způsobem, což může mít vliv na průběh povrchového odtoku (Kusá a kol. 2020). Účinnost technologie odkameňování v protierozní ochraně bude Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy ještě zkoumána.

3.4.1.6 Kypření hrůbků

U širokořádkových plodin je kypření půdy důležitým zásahem, který má několik významných funkcí. Primárně slouží k regulaci plevelů, neboť rozrušuje jejich kořenový systém a brání jejich dalšímu růstu. Kypřením také dojde k přerušení kapilárních pórů, a tudíž se zamezí

i neproduktivnímu výparu z půdy což má pozitivní vliv na udržení půdní vláhly (Hůla a kol. 1997).

Z pohledu protierozní ochrany má kypření pozitivní význam. Zejména jde o zachycení srážkové vody, neboť kypřením se vytváří hrubší povrch půdy, který má lepší schopnost zadržovat vodu a umožňuje její rychlejší pronikání do půdy. Množství vody, které může nakypřený povrch půdy přijmout, je velmi proměnlivé a závisí na hloubce zpracování a fyzikálních vlastnostech půdy (Růžek a kol.2018).

Proces kypření se provádí během vegetačního období, a to do doby, než brambory vyklíčí. Je vhodné provádět kypření za sucha, protože provádění tohoto mechanického ošetření půdy za vlhka může poškodit půdní strukturu.

Ve spolupráci Výzkumného ústavu bramborářského v Havlíčkově Brodě, Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze a společnosti P&L Biskupice byl vyvinut speciální kypřič hrůbků, který účinně rozrušuje povrch hrůbků. Tento stroj dále vytváří nebo obnovuje důlky a hrázky v nekolejové brázdě a kypří utuženou půdu na okrajích kolejové brázd, která vzniká po opakovaných průjezdech techniky. Součástí kypřiče je zařízení na aplikaci kapalných minerálních hnojiv, což umožňuje současnou aplikaci přesného množství živin do kořenové zóny rostlin (Růžek a kol. 2018; pal.cz).



Obrázek 4: Varior 600 kypřič brambor (pal.cz)

3.4.1.7 Dlátování

Dlátování představuje agrotechnický proces, který je zaměřen na hloubkové kypření půdy a dosahuje až do hloubky 30 cm. Pro tuto metodu se využívá speciálních dlátových kypřičů, které jsou dostupné v různých konstrukcích, lišících se zejména v intenzitě kypření a úpravě podorní (Purkrábek a kol.2015).

Hlavním účinkem dlátování je rozrušení utužené půdy po přejezdu těžké techniky, což přispívá k zvýšení pórovitosti, obsahu vzduchu v půdě a podpoře retenční schopnosti. Při pěstování brambor se dlátování provádí především před samotným sázením brambor mimo vegetační dobu.

3.4.1.8 Využití pomocných plodin

Pomocné plodiny jsou v zemědělské praxi vnímány jako rostliny, které přispívají k dosažení pěstebních a ekologických cílů při pěstování hlavní plodiny. Koncept pěstování dvou nebo více plodin na stejném pozemku je běžný a má dlouhou historii. Prostřednictvím kombinace hlavních plodin s vhodně vybranými pomocnými plodinami je možné dosáhnout synergických efektů, které přinášejí výhody jak zemědělskému podnikání, tak životnímu prostředí (Holejšovský a kol. 2023).

Obvykle je porost brambor plně vyvinut a zapojen do vegetace přibližně 40 až 50 dní od založení. Jednou z možností, jak uplatnit nevyužitou půdu mezi řádky brambor a snížit riziko eroze, je zavedení pomocných plodin. Tyto plodiny nabízejí řadu výhod. Jsou schopny efektivně eliminovat degradační procesy, především erozi půdy, snižovat úroveň evapotranspirace, ovlivňovat výskyt plevelů a přispívat k zvyšování biodiverzity v polním ekosystému. Pokud se využije bobovitých rostlin dochází také k fixaci dusíku do půdy.

Protierozní funkce pomocných rostlin pěstovaných mezi hrůbky spočívá v jejich schopnosti snižovat kinetickou energii deště a zabránit přímému dopadu srážek na půdu pomocí svých listů. K dosažení tohoto účinku je nejvhodnější využít především luskoviny, které disponují vertikálním rozložením listů. Další funkcí, kterou pomocné plodiny splňují, je mechanické zpevnění půdy svými kořeny. Pro tento účel je vhodné použít rostliny s hustým kořenovým systémem (Holejšovský a kol. 2023).

K výsevu pomocné plodiny dochází buď společně se sázením brambor nebo až po vzejití brambor. Pokud se uplatňuje varianta výsevu pomocné plodiny společně se sázením brambor, je nutné modifikovat sazeč brambor. Značnou výhodou této varianty je, že dochází k rychlejšímu zakrytí půdy a je minimalizován počet pracovních operací. Avšak při této variantě může pomocná plodina začít konkurovat plodině hlavní. Alternativní možností je zasetí pomocné plodiny do porostu během vegetačního období brambor. Tento přístup je ideální zejména v případech, kdy jsou porosty založeny tradičním způsobem a podléhají pravidelné mechanické kultivaci. V těchto systémech je vhodné zavádět pomocné plodiny během poslední proorávky (Kusá a kol.2023).



Obrázek 5: Kolejové brázdy oseté pomocnou plodinou (Jiří Záruba)

3.4.1.9 Využití meziplodiny

Pěstování meziplodin má za cíl posílení produktivních i mimoprodukčních funkcí v rámci zemědělství. Z protierozního hlediska mají meziplodiny významnou úlohu, zejména v období mezi sklizní hlavních plodin a zasetím následujících plodin. Vytvořením vegetačního pokryvu půdy v meziporostním období meziplodiny přispívají k ochraně půdy proti erozi vodní, ale i větrné. Aby se projevil příznivý vliv zařazení meziplodiny je nezbytné, aby meziplodiny vytvořili do nástupu zimy souvislý a zapojený porost a dostatečnou biomasu. (Brant a kol. 2008, VURV 2009)

Ozelenění hrůbků

V technologii využívající vymrzající meziplodinu se na podzim připraví hrůbky, které jsou následně osety vymrzající meziplodinou. Během zimy pak tato meziplodina odumírá a na jaře jsou brambory sazeny do již připravených hrůbků, které jsou pokryty mulčem z vymrzlé meziplodiny (hořčice bílá, svazenka vratičolistá). Při využití této technologie je nutné vybavit sazeč brambor řezným diskem, který usnadňuje pronikání radlice a vytváření rýhy pro výsadbu brambor do půdy. Případně se může nejdříve provést kypření vrcholu hrůbků (Holejšovský a kol. 2023).

V České republice se využívání vymrzajících meziplodin uplatňuje především při pěstování kukuřice či slunečnice, zatímco jejich využití při pěstování brambor není tak běžné jako například v Německu (Holejšovský a kol. 2023).

Zaorávání meziplodiny

Plodiny, které je možné využít lze rozdělit do dvou skupin, a to na strniskové a ozimé. Pokud zvolíme plodiny strniskové je vhodné porost založit okamžitě po provedení zpracování půdy nebo souběžně při jeho provedení. Na lehčích půdách je možné provést založení porostů meziplodin přímo do strniště předplodiny. Při použití strniskových meziplodin se doporučuje využívat tzv. vícekomponentní směsi, které pozitivně ovlivní strukturu půdy a vytvoří optimální podmínky pro růst brambor. Příklad směsí, které lze využít při pěstování brambor mohou být směsi ředkve olejné a vikve seté. Dále lze před brambory doporučit například směs lnu setého, ředkve olejné, ova hřebíkatého a vikve seté (Brant a kol. 2008)

Pokud zvolíme meziplodiny ozimého charakteru je možné je zasít později než meziplodiny strniskové, a to většinou až do konce září. Mezi ozimé plodiny, které je možné využít lze zařadit například jetel, žito, pšenice, triticales (Brant a kol. 2008).

Zapravení meziplodiny je možné provádět již na podzim, což má pozitivní vliv na pomalé rozkládání biomasy během zimního období. Nicméně, z hlediska ochrany proti erozi, se doporučuje zapravení meziplodiny až na jaře, těsně před výsadbou brambor. V tomto případě meziplodina chrání půdu před erozí v jarních měsících, která může být způsobena například táním sněhu.

3.4.1.10 Textilie

Netkané textilie jsou především využívány v tradičních ranobramborářských oblastech, typicky na jižní Moravě a v Polabské nížině, s cílem urychlit produkci brambor a dosáhnout tak vyšších cen. Tyto textilie vytvářejí optimální klima pro klíčení a růst brambor, zpomalují tepelné ztráty a udržují příznivější teplotu za chladného počasí. Díky nim je možné provést ranější sázení, neboť lépe chrání rostliny před možným zmrznutím. Textilie jsou velmi lehké, propustné pro světlo, vzduch i vodu. Jedním z dodatečných benefitů použití textilií je jejich protierozní funkce, neboť zmenšují kinetickou energii deště a tím snižují riziko erozím (Hamouz a kol. 2005). Tento předpoklad by bylo vhodné důkladně ověřit, například prostřednictvím srážkové simulace pomocí dešťového simulátoru, což by poskytlo potvrzení jeho platnosti.

3.4.1.11 Organická mulč

Jako mulčovací materiály lze použít slámu, travní pokos, suché listí, dřevní štěpku, piliny, kompost, směs trávy a jetele, posklizňové zbytky. Při použití mulče se materiál pouze volně rozprostře na půdě a tvoří tak její kryt proti dopadajícími dešťovými kapkami (Dvořák a kol. 2022).

Na pozemcích, kde se plánuje použití rostlinného mulče, lze zakládat porost běžnými metodami, jako jsou automatické sazeče nebo poloautomatické sazeče. Po výsadbě je možné aplikovat mulč pomocí rozmetadel na statková hnojiva. Pokud se používá sláma z balíků, je možné využít rozdrůžovač balíků používaný v živočišné výrobě. Při aplikaci mulče by měla být použita taková dávka, aby všechny hrůbky byly pokryty ze 100 %. U čerstvého materiálu by tloušťka vrstvy neměla přesáhnout 3 cm, zatímco u slámy by mohla tloušťka dosáhnout až 5 cm (Dvořák a kol. 2013).

Obilná sláma patří mezi nejčastěji využívané materiály, přičemž její hlavní výhody spočívají v dlouhé životnosti, snadné dostupnosti a příznivé pořizovací ceně. Dvořák a kol. (2013) uvádí, že náklady spojené s použitím slámy jako mulče činí přibližně 3 700 Kč na jeden hektar. Nevýhodou při použití slámy jako mulče je její nízká hmotnost, což může vést k odvání větrem v případě nedostatku deště po aplikaci. V lepším případě dojde pouze ke sfouknutí z hrůbek na dno brázdy, ale v horším případě může být odnesena zcela z pozemku. Jako určité řešení se nabízí aplikace nařezané slámy a její mělké zapravení ještě před výsadbou nebo během mechanické kultivace, čímž je pevně fixována ve vytvořených hrůbkách. Nicméně tímto způsobem bude sláma méně účinná z protierozního hlediska. Avšak může pomoci udržet půdní vláhu v hrůbku, jako v případě silnějších srážek podstatně zlepšit infiltraci vody do půdy (Dvořák a kol. 2021).

3.4.1.12 Zpracování půdy ve směru vrstevnic

Na pozemcích ohrožovaných vodní erozí je důležité provádět vrstevnicové (konturové) obdělávání, při kterém jsou pole zpracována a osévána napříč svahem, tedy horizontálně podél vrstevnic. Obzvláště důležitá je zejména vrstevnicová orba, neboť brázdy vedené ve směru vrstevnic zachycují povrchově stékající vodu a plošně ji rozptylují a nutí k místnímu vsakování. Tím se výrazně snižuje povrchový odtok, zeslabuje se jeho erozní účinek a snižuje se množství splavované zeminy. Orba by měla být prováděna především otočnými pluhy, které umožňují otáčení skývy proti svahu (Cablík a Jůva 1963).

Vrstevnicové zpracování půdy při pěstování brambor obvykle však nemá tak výrazný protierozní účinek jako u jiných plodin. V některých situacích může dokonce vrstevnicové obdělávání při pěstování brambor působit negativně. Například při sázení brambor po vrstevnici vždy dojde alespoň k minimálnímu odchýlení od vrstevnice, což je způsobeno nepravidelnou svažitostí daného půdního bloku. Při velmi intenzivních srážkách pak dochází ke stékání vody řádkem do nižších míst, kde dochází k akumulaci. Zde pak hrozí riziko

protržení hrůbků. Protržení prvních hrůbků může následně vyvolat lavinový efekt, při kterém dojde k protržení dalších hrůbků, což umožní vodě téct napříč brázdami. Je třeba zmínit, že k těmto situacím může přispět i nevhodná kombinace zvoleného zpracování půdy (odkaměnění) a půdního druhu. V tomto kontextu je příznivější, když voda rychle odteče brázdami, které jsou orientovány proti vrstevnici, což minimalizuje poškození hrůbků (splavené hlízy) (Kasal 2016).

3.4.2 Protierozní opatření organizačního charakteru

Organizační protierozní opatření jsou klíčovým prvkem v boji proti vodní i větrné erozi a představují efektivní prostředek pro ochranu půdy. Jsou dostupná pro většinu zemědělců a nevyžadují vysoké strojové nebo stavební náklady. Avšak nesprávné organizování zemědělské produkce na půdě může vést k vzniku erozních jevů a negativně ovlivnit udržitelnost půdního fondu. Účinnost opatření organizačního typu je založena na znalosti faktorů, které přispívají k vzniku erozních jevů. Tato opatření se zaměřují na celkovou organizaci krajiny z pohledu zemědělství, a to prostřednictvím vhodného rozmístování plodin na místech kde nezapříčiní vznik erozní činnosti. Současně se snaží zkrátit dobu, kdy je půda bez vegetačního pokryvu (Hůla a kol. 2003).

3.4.2.1 Tvar a velikost pozemku

Vhodná velikost pozemku je komplexní otázkou, která závisí na řadě faktorů. V konkrétních situacích je často výsledkem kompromisu mezi dvěma protichůdnými skupinami faktorů. První skupinu faktorů lze shrnout jako přírodní podmínky, které směřují k vytváření menších půdních celků. Druhou skupinu faktorů představuje ekonomický faktor, který naopak preferuje vytváření větších pozemků. Zatímco přírodní podmínky mohou naznačovat, že menší půdní celky jsou vhodnější pro udržení stability půdy a biodiverzity, ekonomické faktory mohou upřednostňovat větší pozemky pro efektivnější hospodaření a využití zemědělské technologie. Optimalizace velikosti pozemku vyžaduje pečlivé zvážení obou stran a nalezení rovnováhy, která je pro danou oblast nejvhodnější (Kapička a kol.2017; Podhrázská a Dufková 2005).

Nejvhodnějším tvarem pozemků pro prevenci eroze je obdélník nebo rovnoběžník s vnitřními úhly mezi 50 až 60 stupni, přičemž delší strana by měla směřovat ve směru vrstevnic. To také podporuje obdělávání pozemků podél vrstevnic. Ideální poměr délek stran je mezi 1:2 nevyše 1:6 (Holý 1994).

3.4.2.2 Delimitace kultur

Delimitace pozemků je strategickým a funkčním uspořádáním půdního fondu, které má za cíl zajištění efektivního pěstování různých plodin. Tento proces zahrnuje rozdělení pozemků na různé typy půd, jako jsou orná pole, zahrady, louky, vinice, sady, chmelnice a pastviny. (Janeček 2008)

3.4.2.3 Zatravnění

Půdy, které jsou výrazně ohroženy erozí a ekonomicky není vhodné je obhospodařovat nebo není možné je efektivně zalesnit, by měly být trvale zatravněny. Dále je vhodné zatravnit pásy podél břehů vodních toků a nádrží, dráhy soustředěného povrchového odtoku a profily průlehů. Optimálně upravený trávník patří mezi nejlepší protierozní opatření. Pro dosažení kvalitních výsledků je důležité využívat trávu, která vytváří pevný drn (Novotný a kol. 2017).

3.4.2.4 Protierozní zalesnění

Lesní porosty jsou považovány za jedno z nejúčinnějších protierozních opatření, neboť poskytují přirozenou ochranu půdy před erozí. Avšak, aby mohly plně plnit svou ochrannou funkci, je nezbytné, aby byly správně založeny a obhospodařovány. Hustý a vertikálně zapojený vegetační kryt s bohatým podrostem je podstatným faktorem pro účinnou ochranu půdy proti erozi. Tato charakteristika je nejvíce patrná u lesů smíšených (Holý 1994).

3.4.2.5 Protierozní rozmístění plodin

Protierozní rozmístění plodin na polích představuje základní princip ochrany půdy proti erozi. Tento přístup vychází z hodnocení protierozního potenciálu jednotlivých plodin, který je ovlivněn jejich charakteristikami růstu, listovou plochou, rychlostí vývoje a způsobem pěstování (plodiny širokořádkové a úzkořádkové). Správné rozmístění plodin má významný vliv na vznik a průběh povrchového odtoku a na odolnost půdy proti erozi.

Na základě rozdílného protierozního potenciálu lze pěstované plodiny rozdělit do tří základních skupin:

1. Plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny)
2. Plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny meziplodiny, luskoviny)
3. Plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrová řepa) (VUMOP 1995).

Základním principem zajišťujícím ochranu půdy proti vodní erozi je pěstování plodin, které nedostatečně chrání půdu před erozí, například širokořádkových plodin, na pozemcích s rovinatým nebo mírně sklonitým terénem (Janeček 2008).

Protierozní rozmístění plodin dle Podhrázké a Dufkové (2005):

1. **Na pozemcích mírně ohrožených erozí (do 3°):** Pro tyto pozemky se doporučují širokořádkové plodiny, především okopaniny a kukuřice. Pokud jsou svahy delší než 300 m, používá se protierozní agrotechnika, například zasakovací travní pásy. Ostatní plodiny se pěstují standardním způsobem.
2. **Na pozemcích středně ohrožených erozí (do 7°):** Zde jsou vhodné obiloviny, řepka, len a další okopaniny, s ohledem na délku svahu a výskyt drah soustředěného odtoku. Využívají se agrotechnická protierozní opatření a případně technická řešení, jako jsou průlehy. Často se aplikuje bezorebné setí meziplodin.
3. **Na pozemcích výrazně ohrožených erozí (do 12°):** Pro tyto pozemky se doporučují pouze úzkořádkové plodiny, při minimálním zpracování půdy a ve speciálních osevních postupech s vysokým podílem víceletých travin.
4. **Pozemky se svahem nad 12°:** Tyto pozemky by měly být zatravněny, aby byla zajištěna ochrana proti erozi.

3.4.2.6 Pásové střídání plodin

Pásové střídání plodin představuje efektivní metodu protierozní ochrany, která je často používána v zahraničí, ale v našem prostředí se zatím dostatečně nerozšířil. Princip spočívá v zasetí pásů plodin s nízkým protierozním účinkem, jako je například kukuřice, střídavě s pásy plodin poskytujících vysokou protierozní ochranu, jako jsou víceleté pícniny nebo ozimé obiloviny. Takové to pásové střídání plodin může být organizováno buď ve formě pruhů podél vrstevnic, což se nazývá vrstevnicové pásové hospodaření, nebo v rámci polního pásového hospodaření, kde mají pásy jednotnou šířku a jsou umístěny napříč svahem, ale nezakřivují se podél vrstevnic. Pokud se pozemek obhospodařuje v pruzích podél vrstevnic vznikají rozdílně široké pásy, a proto se doporučuje mezi pásy umístit pásy travních porostů pro vyrovnání a zachování stejné šířky plodinových pásů. Šířka plodinových pásů je závislá na sklonu a délce svahu, propustnosti půdy, druhu a sledu plodin, srážkových událostech a také na šířce pracovního záběru náradí pro obdělávání a strojů pro sklizňové práce. Doporučená šířka pásů je obvykle mezi 20 a 40 metry. (Janeček 2012; Podhrázká a Dufková 2005).

Je důležité brát v úvahu možné riziko poškození sousedních plodin při chemické ochraně rostlin. Při aplikaci chemického postřiku na pásy jedné plodiny může nastat situace, kdy dochází k rozptylu postřiku mimo zamýšlenou oblast nebo k tomu, že záběr postřikovače se překrývá s oblastí sousedící plodiny (VUMOP 1995).

3.4.2.7 Protierozní osevní postupy

Osevní postupy zahrnují systematické střídání zemědělských plodin tak, aby se pravidelně po určitém počtu let obměňovaly. Plodiny se střídají v rotaci s cílem zachovat úrodnost půdy a dosáhnout vysokých výnosů, s ohledem na předchozí plodinu (Holý1994).

Protierozní osevní postupy představují důležitý nástroj v boji proti erozi půdy, zejména na svazích s vysokým sklonem nebo v oblastech, kde nelze z organizačních a technologických důvodů uplatnit jiný způsob rozmísťování protierozních plodin (Podhrázká a Dufková 2005).

Je důležité, aby složení osevních postupů bylo takové, aby v rotaci převažovaly plodiny s výrazným ochranným účinkem, typicky nalezené v pícninách, jako je vojtěška a tráva. Účinnost osevních postupů přímo souvisí s podílem víceletých pícnin. Naopak, plodiny okopaninového typu, které mají nedostatečný ochranný efekt, mohou zvýšit riziko eroze orné půdy (Holý1994).

3.4.3 Protierozní opatření technického charakteru

Technická protierozní opatření zachycují povrchově odtékající vodu, infiltrují povrchový odtok do půdního profilu, snižují rychlost odtékající vody, rozdělují příliš dlouhé a svažité pozemky a v neposlední řadě také zachycují smytou zeminu. Finančně a realizačně jsou technická protierozní opatření nejnáročnější ve srovnání s opatřeními agrotechnického nebo organizačního charakteru. Technická protierozní opatření se obvykle navrhuje až po vyčerpání možností protierozní ochrany prostřednictvím organizačních a agrotechnických opatření a často slouží jako jejich doplněk. Nejčastěji jsou navrhována k ochraně zastavěného území nebo k ochraně dopravních komunikací a dalších liniových staveb (infrastruktury) před škodami povrchovým odtokem a smytou zeminou. Technická protierozní opatření jsou často navrhována jako součást pozemkových úprav (Kalibová a kol., Janeček 2012)

3.4.1.1 Terénní urovnávky

Terénní urovnávky spočívají v odstranění místních nerovností a terénních útvarů, které mají významný vliv na směr a soustředění povrchového odtoku. V praxi se tato opatření nejčastěji realizují odstraněním mělkých údolnic na pozemku. Opatření toho typu je možné

realizovat přesunem zeminy přímo na pozemku, s dostatečnou hloubkou půdy. Nejčastěji se však terénní urovnávky provádějí ve spojitosti s dalšími typy opatření, jako jsou příkopy, průlehy a meze, přičemž získaná zemina se použije k úpravě sklonu svahu před opatřením (Kadlec a kol. 2014, Janeček 2008)

3.4.1.2 Průlehy

Průlehy představují mělké, široké a obvykle pouze vegetačně opevněné liniové prohlubně, které slouží k různým funkcím v rámci protierozní ochrany. Jejich hlavním účelem je zachytit, bezpečně odvést nebo infiltrovat krátkodobý povrchový odtok, který vzniká po příválové srážce nebo náhlým tání sněhové pokrývky. Další výhodou průlehů je jejich dobré začlenění do krajiny. Tento prvek je navržen s mírným sklonem svahů (v rozmezí 1:5 až 1:10) a relativně nízkou hloubkou, což umožňuje jeho nenápadné začlenění do okolního terénu. Tímto způsobem průlehy nejenže plní svou účinnou protierozní funkci, ale také respektují krajinný ráz (Kadlec a kol.2014).

3.4.1.3 Protierozní příkopy

Protierozní příkopy se používají k doplnění hydrografické sítě a jejich funkce je zachytávat a odvádět povrchové vody a splaveniny. Příkop je liniový prvek, umístěný na pozemku v místě nutného přerušování svahu, často bývá kombinován s dalšími liniovými prvky v krajině (mezí, cestou). Z hlediska funkce se rozdělují příkopy na záchytné (k ochraně pozemku před přítokem vnějších vod), sběrné (pro zachycení vnitřních vod) a svodné (pro odtok do recipientu). Protierozní příkopy mohou plnit svou funkci individuálně nebo ve formě systému několika příkopů. I přesto, že pro vytvoření protierozních příkopů dojde k zabránění menší plochy než při realizaci průlehů, jsou průlehy upřednostňovány z několika důvodů. Jedním z hlavních faktorů je jejich schopnost umožňovat průjezd zemědělské techniky a dosahovat vyšší účinnosti v ochraně proti erozi.

3.4.1.4 Meze

Meze je vhodné dělit na historické a současné, které vznikají především za účelem protierozní ochrany.

Historické meze v krajině mají svůj původ na hranicích sousedících pozemků, kde sloužily jako místo pro ukládání kamenů, které byly během zemědělských prací shromažďovány. Při orbě podél vrstevnic docházelo k opakovanému posunu půdy směrem dolů po svahu, což vedlo k postupnému naorávání půdy k hranici shora a odstranění půdy zdola. Důsledkem těchto procesů vznikaly terénní stupně často o výšce dosahující dvou metrů s převažující

orientací podél směru vrstevnic. Hlavní funkcí historických mezí je zejména snižování podélného sklonu svahu, což jim přisuzuje charakter podobný terasám.

Protierozní mez je koncipována jako nízká hrázka, často spojená s mělkým příkopem či průlehem. Tato hrázka může být osázena vhodnou vegetací, nebo na ni lze umístit kameny nebo jiné prvky, které vnášejí do krajiny diverzitu. Klíčovou protierozní funkcí by měl být příkop nebo průleh umístěný vždy nad hrázkou meze. Při správném návrhu je zásadní dosáhnout rovnováhy mezi vykopaným materiálem a nasypáním, což znamená, že půda odebraná při hloubení příkopu nebo průlehu je využita k vytvoření hrázky meze. Navíc nad příkopem nebo průlehem je vhodné založit pás trvalého drnu o minimální šířce 6 m. Tento pás slouží k zachycování smyté půdy unášené povrchovým odtokem z vyšších poloh pozemku. Správně navržená protierozní mez se tak stává účinným nástrojem pro ochranu půdy před erozí (VUMOP, ©2019, Podhrázská a Dufková 2005)

3.4.1.5 Terasy

Terasování je protierozní opatření využívané na svažitéch pozemcích s prudkým sklonem (nad 15 %). Jeho hlavním cílem je rozdělit svah do úseků terénními stupni, čímž se minimalizuje riziko povrchového odtoku a potenciální eroze. Vytvoření teras umožňuje efektivní využití pozemků, které by jinak kvůli velkému sklonu a členitosti nebylo možné běžnými formami zemědělské výroby obhospodařovat (Cablík a Jůva 1963). Přestože má terasování své výhody, v současné praxi se vzhledem k extrémní finanční náročnosti uplatňuje pouze v zcela výjimečných situacích

3.4.1.6 Protierozní nádrže

Protierozní nádrže jsou považovány za jedny z nejúčinnějších opatření k ochraně intravilánu a infrastruktury před negativními dopady povrchového odtoku a erozního smyvu zeminy. Tyto nádrže by měly tedy plnit dvojí účinek. Zprvė efektivně zadržovat smytou zeminu a za druhé aktivně přispívat k transformaci povodňových vln, které vznikají v důsledku povrchového odtoku.

Z provozního hlediska lze pro protierozní nádrže rozdělit na nádrže suché a nádrže s hladinou stálého zadržení. Přičemž nádrže suché, bez trvalého zadržení vody jsou preferovanější, a to zejména kvůli jejich vlivu na kvalitu vody. Při pozvolném vypouštění suchých nádrží po sedimentaci splavenin odtéká z nádrže relativně čistá voda. Dno těchto nádrží je během období běžných srážek zemědělsky obhospodařováno.

Při stavbě protierozních nádrží se řídíme normami pro malé vodní nádrže nebo suché nádrže. Pokud má nádrž poskytovat maximální účinnost při zachytávání splavenin, je nutné,

aby záchytný prostor byl tak velký, aby dokázal zachytit objem vody z navrhovaného přívalového deště či jarního tání sněhu. Při dimenzování nádrže se počítá se srážkami s opakováním 100 let, v odůvodněných případech pouze 50 let (Novotný a kol.2017).

3.5 Ověřování protierozních opatření

Výzkum eroze je náročný proces, zejména kvůli jejímu přerušovanému charakteru, což komplikuje sledování samotného procesu eroze. Většinou se proto zaměřujeme na zkoumání důsledků eroze, jako je ztráta půdy na konkrétním pozemku či produkty eroze ve formě sedimentů. Existují různé metody zkoumání eroze, např. pomocí simulátorů deště nebo sledováním odtokových parcel, přičemž volba metody závisí na účelu výzkumu (Janeček 2008).

3.5.1 Odtokové parcelky

Výzkum vodní eroze lze nejpřesněji provádět monitorováním povrchového odtoku vody a erodované půdy na speciálně vymezených svažitých odtokových plochách. Tyto plochy jsou obvykle široké 2-4 metry a dlouhé 20-40 metrů, což odpovídá ploše zhruba 100 m². Jsou odděleny vertikálními pásy z plechu a vybaveny žlabem pro zachycení povrchového odtoku a sedimentů (Janeček 2008). Existují však i větší půdní bloky, kde lze provádět podobná pozorování. Příkladem může být lokalita Amálie v katastrálním území Ruda u Nového Strašecí, kde VÚMOP provádí velkoparcelová měření vodní eroze na třech experimentálních parcelách o velikosti 1,2 ha a sklonitosti 7,5°. Zde se tedy plně může rozvinout proces vodní eroze, a proto jsou na spodních částech parcel instalovány protierozní zábrany (silt-fence), které směřují povrchový odtok do vybudovaného uzávěrového profilu. Povrchový odtok je následně monitorován Parshallovým žlabem s ultrazvukovým hladinoměrem. V blízkosti uzávěrového profilu se také nachází sedimentační jámka, která zachycuje erodovaný materiál Sklenička a kol.

3.5.2 Simulátor deště

Použití odtokových parcel nese významnou nevýhodu, a to že přirozené srážky nemusí nastat v potřebný čas pro kvantifikaci množství ztráty půdy dané varianty. Z tohoto důvodu se začaly využívat simulátory deště, které umožňují napodobit požadovanou srážku. Další výhodou je i volitelná délka doby trvání a možnost regulace intenzity srážky. Určitou nevýhodou je, že simulátory deště mají své omezení v rozsahu plochy, na kterou mohou být aplikovány, a nenahrazují zcela přirozený vliv eroze vyvolaného přírodními srážkami a sněhem (Janeček 2008).

Simulátor deště je zařízení, které imituje reálné srážky v přírodě a umožňuje provádět výzkum srážkoodtokových vztahů a eroze půdy. Jeho využití spočívá v určení odtokových, infiltračních a erozivních vlastnostech půdy, stejně jako ve studiu transportu sedimentů, živin a znečišťujících látek v povodích. Dešťové simulátory mají podstatný význam v analýzách dopadů zemědělství na půdu a účinnosti protierozních opatření. Jejich primárním cílem je reprodukovat přirozený průběh deště s co nejvyšší přesností (Aksoy a kol.,2012).

V současné době existuje široká škála simulátorů deště, které slouží k různým účelům v oblasti výzkumu. Dostál (2022) klasifikuje tyto simulátory do tří hlavních kategorií podle jejich určení a funkčnosti:

- Mobilní simulátory
- Laboratorní simulátory
- Stabilní simulátory

3.5.3 Měření protierozní účinnosti simulátorem VUMOP

Měření je založeno na rozstříku vody pomocí čtyř trysek s intenzitou 1,2 mm/min na plochu o velikosti 21 m². Z této plochy následně odtéká povrchová voda společně s erodovanými půdními částicemi do odtokového žlabu. Za odtokovým žlabem je instalováno zařízení nazývané překlápěčka, které slouží k měření objemu odtékajících splavenin a poskytuje důležitá data pro analýzu erozního procesu (Kusá a kol. 2023). Během simulace se rovněž v pravidelných intervalech odebírají vzorky odtékající vody. V nich se následně v laboratoři zjistí obsah nerozpuštěných látek. Na základě znalosti povrchového odtoku a množství nerozpuštěných látek v odebraných vzorcích je následně určena celková ztráta půdy.

Standardizovaný postup simulace spočívá v počátečním 30minutovém zadeštění, po kterém následuje 15minutová technologická přestávka. Následně je realizováno druhé zadeštění trvající 15 minut. První zadeštění se aplikuje na půdu s přirozenou vlhkostí, zatímco druhé zadeštění je prováděno na půdě nasycené vodou po prvním zadeštění (Kincl a kol.,2018). Pro optimální zvolení doby měření se doporučuje vycházet z pěstebních období uvedených v publikaci Janečka a kol. (2012).

Za účelem zajištění maximální přesnosti měření je konstrukce simulátoru obložena makrolonovými deskami do výšky jednoho metru, čímž se minimalizuje riziko dopadu vody mimo určený prostor. V případě nepříznivých povětrnostních podmínek, které by mohly

negativně ovlivnit průběh měření, lze simulátor dodatečně opatřit folií, jež zamezí nežádoucímu rozptýlení kapek mimo zkoumanou plochu. Pro další zabezpečení je podél obvodu simulátoru umístěna řada železných plechů, které nejenže definují hranice expozice simulovanému dešti, ale současně usměrňují povrchový odtok vody.

Samotný déšť s vysokým rizikem eroze je definován jako srážka, která přesahuje 12,5 mm nebo má intenzitu 6,25 mm za 15 minut, a tato situace se v průměru vyskytuje 10,9krát ročně v České republice, zejména během jarních a letních měsíců (Novotný a kol. 2017).

Pro srovnání jednotlivých půdochranných technik je žádoucí, aby se pokusné plochy nacházely co nejbližší, což umožní provádět měření s co největší objektivitou. Jako referenční varianty lze zvolit např. černý kypřený úhor nebo konvenčně zpracovanou půdu.

3.5.4 Vliv protierozních postupů na odnos půdy

Některá z protierozních opatření, která byla zmíněna v kapitole 3.4.1, byla zkoumána prostřednictvím poloprovozních experimentů provedených v podniku ZAS Věž a.s. (okr. Havlíčkův Brod; BVO; 510–580 m n. m.) na svažitých MEO plochách se sklonitostí 3,9°– 5,4° se středně, příp. lehkou půdou v letech 2020–2023. Při sledování účinnosti protierozních opatření byla jako kontrolní varianta zvolena úprava, při níž byla vyměšena nekolejová brázda a hrůbky byly rozšířeny, přičemž jejich vrchol byl ještě upraven do miskovitého profilu. Vzhledem k robustnosti hrůbků a ploše jejich vrcholu je tato varianta již pokrokem ve srovnání s konvenčním tvarem hrůbků, co se týče odolnosti vůči erozi půdy, která dosahovala u takto upravených hrůbků 9,1 t/ha. Podle Kusé a kol. (2023) při tomto experimentu nejlepší protierozní účinnosti dosahovala varianta, která spočívala v důlkování s osetím kolejové brázdy pomocnou plodinou (ozimá pšenice) již při sázení (3 t/ha), pomocná plodina setá až při kypření dokázala zadržet méně půdy a účinnost činila (3,1/ha). Kusé a kol. (2023) dále uvádí, že po prvním zadeštění trvajícím 30 minut u varianty důlkování došlo k smyvu 5,9 t/ha a při kombinaci důlkování s kypřením bylo splaveno 5,5 t sedimentu /ha. Při druhém zadeštění (15 min) byly dosaženy téměř shodné výsledky se ztrátou půdy 2,7–2,9 t/ha.

Výzkum trvajícím tři roky (2014–2016), který provedli Vacek a Vejchar (2017) na výzkumné stanici Valečov v okrese Havlíčkův Brod, na hlinitopísčité půdě se sklonem 5°, ukázal, že průměrná účinnost důlkování během sledovaného tříletého období dosahovala 83 %. V prvním roce, kdy bylo důlkování prováděno současně se sázením a poté obnoveno protierozní plečkou, dosáhla účinnost ve srovnání s kontrolní variantou úrovně 88 %. Nicméně v průběhu druhé sezóny došlo k poklesu účinnosti důlkování na 73 %, protože

důlky nebyly během roku obnoveny. Naopak ve třetí sezóně, kdy bylo důlkování prováděno při sázení následně podpořeno obnovou důlků protierozní plečku, se efektivita opět zvýšila na 89 %.

V letech 2012–2015 byl proveden výzkum zaměřený na srovnání účinnosti různých protierozních opatření, konkrétně běžně upraveného hrůbků, hrůbků s vsakovacím žlábkem a hrůbků s dodatečně kypřeným povrchem. V letech 2012–2014 byl sledován protierozní účinek pouze u varianty, kde byl povrch hrůbků před vzejitím rostlin kypřen speciálním strojem, přičemž odnos zeminy činil přibližně 6,8 tuny na hektar. Ukázalo se, že varianta s vsakovacím žlábkem poskytovala menší protierozní ochranu (9 tun/ha) než běžně upravený hrůbek (8,8 tun/ha). Proto byl v následujícím roce vsakovací žlábek přerušován hrázkami, což vedlo ke snížení odnosu zeminy na polovinu (Kasal a kol. 2016).

Během let 2020-2022 proběhla studie zaměřená na ověřování účinnosti protierozních opatření a jejich vlivu na výnosy brambor. Byly zkoumány tři varianty opatření: pouze důlkování, důlkování spojené s kypřením a důlkování spojené s kypřením a setím pomocné plodiny při kypření. Při agrotechnickém postupu kypření došlo vždy k obnově důlků. Varianta důlkování spojená s kypřením byla testována ve dvou variantách: v první byla aplikována celková dávka dusíku 80 kg/ha při výsadbě, zatímco ve druhé byla tato dávka rozdělena na 40 kg/ha při výsadbě a 40 kg/ha při kypření. Výsledky ukázaly, že rozdělení celkové dávky dusíku vedlo k významně vyšším výnosům než jednorázová aplikace při výsadbě. Varianta s přihnojením při kypření poskytla o 19-26 % vyšší výnos hlíz než varianta důlkování spojená s kypřením a celkovou dávkou dusíku aplikovanou při výsadbě. Důlkování ani osetí brázd pomocnou plodinou (pšenice setá) negativně neovlivnily výnosy. Získané výsledky rovněž ukázaly, že největší snížení povrchového odtoku a ztráta půdy byla pozorována u varianty s výsevem pomocné plodiny. V této variantě byla ztráty půdy snížena o 65-81 % (1 měsíc po výsadbě) a o 54-85 % (2 měsíce po výsadbě). Dále bylo zjištěno, že protierozní účinnost důlkování je menší než protierozní účinnost důlkování spojeného s kypřením (Záruba a kol. 2023).

3.5.5 Vliv protierozních postupů na povrchový odtok

V rámci výzkumu provedeného Vejcharem a kol (2019) byla při výsadbě dvouřádkovým sazečem aplikována metoda hrázkování a důlkování kolejových i nekolejových brázd na svahu se sklonem 8,8 %. Tato metoda byla porovnávána s kontrolním pozemkem, kde hrázky ani důlky nebyly vytvořeny. Během tří sledovaných let se průměrně snížil odtok vody v nekolejových brázdách o 86 % ve srovnání s kontrolní variantou, zatímco v kolejových

řádcích se odtok snížil o 72 %. Podle článku publikovaného Kusou a kol. (2020) dokážou velké hrázky a důlky zadržet až 46 mm srážek při intenzitě 30 mm/h.

Mezi lety 2020–2023 byl proveden komplexnější výzkum zaměřen na porovnání účinnosti různých protierozních opatření. Jako kontrolní varianta byl vybrán černý kypřený úhor, přičemž hodnoty povrchového odtoku na úhoru byly stanoveny jako 100 % a ostatní varianty byly s úhorem porovnány. Mezi zkoumané varianty patřily: vymělčena nekolejová brázda s upraveným tvarem hrůbků, důlkování, důlkování s kypřením, osev kolejové brázdy při sazení a osev kolejové brázdy s kypřením. Po 30minutové simulaci na suchou půdu bylo zjištěno, že nejvíce vody odteklo z varianty s vymělčenou nekolejovou brázdou. Ostatní úpravy hrůbků a brázd vedly k zadržení většího množství vody: důlkování o 11 %, kypření s obnovou důlků v nekolejové brázdě o dalších 6 %. Nejvíce vody zadržely varianty s osemem kolejové brázdy. Důlkování a osev při sazení vedly ke zadržení o 44 % více vody než vymělčená brázda. Tato varianta také zadržela nejvíce vody i při druhé simulaci na nasycenou půdu, kde byly rozdíly mezi variantami menší, ale všechny ověřované úpravy opět přispěly k omezení povrchového odtoku ve srovnání s kontrolní variantou cca o 17 %. (Kusá a kol. 2023).

5. Diskuse

K snížení rizika vodní eroze existuje široká škála protierozních opatření. Při volbě vhodného opatření je důležité zvážit nejen jeho účinnost, ale také finanční náročnost. Přičemž jako nejlevnější opatření lze považovat opatření organizačního typu, avšak ani některé agrotechnické protierozní opatření využívané při pěstování brambor nejsou tolik nákladná.

Dle mého názoru možná nejlevnějším opatřením je úprava tvaru brázd a hrůbků lisovacím plechem. Kasal a kol. (2016) uvádí, že úprava lisovacích plechů na tvarování plus příslušenství na důlkování nekolejové brázdy se pohybuje v cenové relaci do 60 tisíc Kč. Avšak mám dojem, že pro některého zemědělce by tato částka mohla být vysoká. Úpravu lisovacích plechů by bylo možné provést průměrně zručným zemědělcem, avšak zde by nemusel být dosažen tak vysoký půdoochranný efekt. Toto dle mého platí i pro stroje, které by mohly vytvářet důlky či hrázky, neboť důlkovač typu Dyker je složen pouze z kola opatřeného kovovými lopatkami, i zde by ale mohlo platit, že stroje by nedosahovaly takové protierozní ochrany, jakou potvrzují studie.

Dle Kusé a kol. (2023) má kypření pozitivní protierozní vliv. Avšak toto opatření může nést svá rizika, pokud po kypření dojde k náhlým přivalovým deštům, kdy zkypaný povrch je na erozi náchylnější, zejména na lehké půdě. Na základě zkušeností s měřením simulátorem deště s tímto tvrzením plně souhlasím. Navzdory těmto negativním aspektům by mělo být kypření půdy stále využíváno jako protierozní opatření. I když pořízení kypřicího stroje může být pro zemědělce finančně náročné, některé moderní kypřicí stroje dokáží efektivně aplikovat hnojiva přímo do půdy, čímž se snižuje celková spotřeba hnojiv a náklady na pořízení stroje se tak částečně kompenzují.

Dalším možným protierozním opatřením je využití meziplodin k ozelenění hrůbků. Kdy na podzim se vytvoří hrůbky, které se následně osejí vymrzající meziplodinou. Podle mého názoru má takovéto opatření příznivý vliv zejména v brzkých jarních měsících před sadbou brambor, kdy by půda běžně byla bez vegetačního krytu. Avšak během vegetačního období by mulč pravděpodobně již neposkytoval požadovaný efekt, přičemž lze předpokládat, že protierozní účinek by se postupně snižoval v důsledku rozkladu mulče z vymrzajících meziplodin. Pro dosažení dostatečného protierozního efektu by takto založené porosty musely být následně ještě důlkovány či hrázkovány. Nevýhodou tohoto opatření by mohlo být, že brambory ke svému růstu potřebují provzdušněnou půdu. Při využití tohoto opatření by půda nemusela být dostatečně provzdušněna, neboť hrůbky jsou vytvořené na podzim

a do jara by půda slehla a nebyla dostatečně prokypřená. Během zimy by na již připravené hrůbky mohl navíc napadnout sníh, který by ještě přispěl k utužení půdy. Je tedy nejasné, jak by brambory v takto vytvořených hrůbkách prosperovaly a jakých výnosů by dosahovaly. Proto bych namísto využití meziplodin k ozelenění hrůbků upřednostnil zasetí meziplodiny na podzim, která by na jaře kryla povrch půdy, a před výsadbou brambor by se zapravila. Feike a kol. (2012) však uvádí, že ve velkých, vysoce mechanizovaných produkčních systémech může být pěstování meziplodiny nevhodné kvůli logistickým problémům spojených se zvýšenou pracovní nebo časovou investicí. I přes tato negativa bych nicméně zdůraznil, že zařazení meziplodin je podle mého názoru vhodné. Jak naznačují Blanco-Canqui a kol. (2017), meziplodiny mohou zvýšit půdní pokryv a zlepšit infiltraci vody. Tento fakt má významné pozitivní dopady, zejména na jaře.

Jedním z účinných protierozních opatření by mohlo být i využití slámy jako mulčovacího materiálu, který by pokryl povrch osazeného pozemku. Účinnost tohoto protierozního opatření potvrzuje i studie Edwards a kol. (2000), kde byla na erozních plochách ztráta půdy při mulčování poloviční oproti situaci bez mulčování a retence vody byla při mulčování o 5 % vyšší. Ačkoli by se toto protierozní opatření mohlo jevit jako efektivní v tradiční bramborářské oblasti rozkládající se na Českomoravské vrchovině, je značně neefektivní z důvodu jednoho klíčového faktoru. Tím je skutečnost, že oblast Českomoravské vrchoviny je v rámci České republiky místem, kde vítr dosahuje relativně vysokých rychlostí (pokud zanedbáme pohoří jako Krušné hory, Šumava či Jeseníky). Tudíž by mohlo docházet k odfukování slámy z hrůbků a sláma by neposkytovala žádný protierozní účinek. Naopak, velice pozitivním efektem by mohlo být mulčování slámou v ranobramborářských oblastech, které se převážně nacházejí v nížinách, kde nehrozí takové riziko odváti slámy větrem. V ranobramborářských oblastech však není taková potřeba řešit vodní erozi, a proto by sláma mohla spíše pomoci jinými faktory, které by přispěly k urychlení dozrávání brambor.

Poslední uvažovanou možností, jak zabránit erozi, nebo následkům plynoucím z eroze, je využití technických protierozních opatření. Avšak v dnešní době je dle mého názoru téměř nemožné tato opatření aplikovat, a to především z ekonomického hlediska, a také z důvodu, že pozemky v české krajině jsou poměrně diverzifikované mezi jednotlivé majitele, tudíž domluva na vybudování by byla poměrně náročná. I přes tyto překážky je však důležité hledat cesty, jak technická opatření prosadit. Jedním z přístupů může být jejich začlenění do procesů pozemkových úprav. Neboť tyto úpravy mají multifunkční charakter a představují důležitý nástroj pro dlouhodobý a udržitelný rozvoj území. Pozemkové úpravy také pomáhají

uspořádat vlastnické vztahy a jsou financovány ze státního rozpočtu nebo prostřednictvím dotací z Evropské unie, Pozemkového fondu ČR ale také ze strany Ředitelství silnic a dálnic.

V současné době, proto za nejefektivnější opatření s celoplošným dopadem lze považovat osévání brázd pomocnou plodinou, přičemž v dostupných studiích byly pro tyto účely často zvoleny plodiny jako je pšenice nebo žito. Nicméně, domnívám se, že do budoucna by měl výzkum v oblasti protierozních opatření na půdách určených k pěstování brambor zkoumat i jiné možnosti pomocných plodin. Při výběru těchto plodin je však důležité zohlednit jejich potenciální vliv na výnosy zemědělských pozemků, aby nedocházelo k negativním dopadům na hospodaření. Nyiraneza a kol. (2020) uvádějí, že pro udržení výnosů je vhodné odstranit pomocnou plodinu během vegetačního období pomocí mechanických prostředků nebo selektivních či neselektivních herbicidů. Aby neselektivní herbicid nezpůsobil škody na porostu brambor, musí být aplikován včas, což má za následek, že porost pomocné plodiny by neporůstal půdu tak dlouho. Z hlediska ochrany půdy před erozí by se pravděpodobně jevilo účinnějším řešením využití selektivního herbicidu, který by bylo možné aplikovat i přes vyrostlé brambory. K odstranění pomocné plodiny by tak došlo v dobu, kdy by povrch půdy už kryly rostliny brambor.

6. Závěr

Pěstování brambor na svazích představuje významné riziko vodní eroze, jež může mít negativní dopady nejen na samotné zemědělské pozemky, ale také na okolní oblasti, včetně vodních nádrží, komunikací a majetku. Proto je stále naléhavější uvědomovat si význam ochrany půdy před vodní erozí, zejména na pozemcích určených k pěstování brambor.

V práci jsou prezentovány různé typy protierozních opatření, konkrétně opatření technického, organizačního a agrotechnického charakteru. Zatímco opatření technického a organizačního charakteru jsou obecně aplikovatelná na všechny plodiny, práce se zaměřuje na detailní studium agrotechnických opatření, jež jsou specifická pro pěstování brambor.

Při využití organizačních opatření lze erozi při pěstování brambor značně eliminovat, pokud jsou pozemky s touto plodinou umístěny na mírných svazích. Nicméně v praxi není vždy možné dodržet tento ideální předpoklad, a proto je nutné přistoupit k využití protierozních opatření agrotechnického charakteru. Mezi nejjednodušší, avšak účinná agrotechnická opatření patří modifikace konvenčně upravených hrůbků na širší hrůbky s vyměščenou nekolejovou brázdou. Ještě efektivnějším opatřením ke snížení rizika eroze je vytvoření akumulčních prostorů pro vsakování srážkové vody pomocí důlkovacích či hrázkovacích zařízení. Mezi inovativní a neefektivnější postupy patří kypření povrchů hrůbků nebo využití pomocných plodin. Kombinace osévání brázdy při sázení brambor, důlkování a kypření se prokázala jako neúčinnější opatření v boji proti erozi. Pokud jsou vyčerpány možnosti organizačních a agrotechnických opatření pro ochranu před erozí, může být vhodné zvážit aplikaci technických protierozních opatření. Jednou z možností, jak technická protierozní opatření realizovat v krajině, je prostřednictvím pozemkových úprav. Ty nejenže poskytují možnost implementace protierozních opatření, ale také přinášejí širokou škálu dalších výhod, jako je obnova krajinné struktury, zvýšení biodiverzity a celková ekologická stabilita a také transparentnost vlastnických vztahů k pozemkům.

Je zásadní neustále pokračovat v inovacích a výzkumu v oblasti protierozních opatření. Tímto přístupem zajistíme trvale udržitelné hospodaření v zemědělství a ochranu životního prostředí. Nové poznatky a technologické metody nám umožní lépe porozumět erozním procesům a efektivněji je řešit. Pro dlouhodobou kvalitu půdy a zachování biodiverzity je klíčové spojit vědecký výzkum s praktickými aplikacemi a osvědčenými postupy. Pouze tak můžeme efektivně chránit půdu a životní prostředí pro budoucí generace.

7. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Aksoy H., Unal N. E., Cokgor S., Gedikli A., Yoon J., Koca K., Inci S. B., Eris E. 2012: A rainfall simulator for laboratory-scale assessment of rainfall-runoff-sediment transport processes over a twodimensional flume. *Catena*: 98: 63-72.
- Batysta M., Havelka J., Hruška M., Jacko K., Jirásková I., Kučera J., Leibl M., Medonos T., Němec S., Novotný I., Poláková Š., Reininger D., Skokanová E., Smatanová M., Typoltová L., Vácha R., Vilhelm V., Voltr V., Vopravil J., 2015: Situační a výhledová zpráva půda. MZE, Praha.
- Blanco-Canqui H., Sindelar M., Wortmann C. S., Kreikemeier G., 2017: Aerial interseeded cover crop and corn residue harvest. Soil and crop impacts. *Agronomy Journal*, 109(4), 1344-1351.
- Brant V., Balík J., Fuksa P., Hakl J., Holec J., Kasal P., Neckář K., Pivec J., Prokinová E., 2008: Meziplodiny. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Cablík J., Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Dostál T., 2022: Využití dešťových simulátorů pro výzkum srážko-odtokových a erozních procesů, České vysoké učení technické v Praze.
- Dvořák P., Tomášek J., Hamouz K., Cimr J., 2013: Ověřený postup v ochraně půdy a porostů brambor. Sborník ze seminářů-Intenzifikace rostlinné výroby a trendy pěstitelských technologií. Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ.
- Dvořák P., Tomášek J., Hamouz K., Mičák L., 2013: Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor. Česká zemědělská univerzita v Praze – katedra rostlinné výroby FAPPZ, Praha.
- Edwards L. M., Volk A., Burney J., 2000: Mulching Potatoes: Aspects of Mulch Management Systems and Soil Erosion. *Amer J of Potato Res* 77:225-232.
- Feike T., Doluschitz R., Chen Q., Graeff-Hönninger S., Claupein W. 2012: How to overcome the slow death of intercropping in the North China Plain. *Sustainability*, 4(10): 2550-2565.
- Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha.
- Hůla J., Bohuslávka J., Kovaříček P., Janeček M., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Janeček M., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita, Praha.

- Janeček M.,2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Powerpoint, Praha.
- Janeček M.,2005: Protierozní ochrana půdy při pěstování brambor. Bramborářství 5:8-10.
- Javůrek M., Vach M.,2008: Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Jůzl M., Elzner P.,2014: Pěstování okopanin. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Kadlec V., Dostál T., Vrána K., Kavka P., Krása J., Devátý J., Podhrázká J., Pochop M., Kulířova P., Heřmanovská D., Novotný I., Papaj V.,2014: Navrhování technických protierozních opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha.
- Kalibová J., Kavka P., Khel T., Kincl D., Petřů J., Rajnoch M., Straková M., Vopravil J., Zlatuška K.,2023: Protierozní opatření na svazích PK. Ministerstvo dopravy.
- Kapička J., Brant V., Lang J., Kroulík M., Petrus D., Novotný I.,2017: Metodický postup pro optimalizaci velikosti zemědělských pozemkům. Nakladatelství neuveveno, Praha.
- Kasal P., Růžek P., Kusá H., Kobzová D., Svobodová A., 2016: Metodické postupy k půdochranným technologiím při pěstování brambor. Výzkumný ústav bramborářský v Havlíčkově Brodě; Bramborářský kroužek z.s.
- Kasal P., Růžek P., Kusá H., Čepl J., 2014. Metodika technologie pěstování brambor se zaměřením na vyšší efektivnost hnojení a ochranu vod. Výzkumný ústav bramborářský. Havlíčkův Brod.
- Khell T., Vopravil J.,2005: Funkce pufrací transportní transformační asanační, stabilizační. Úroda 7:66.
- Kincl D, Kabelka D., Čáp P, Srbek J. Petera M. Vopravil J., Khel T., Menšík L., Nerušil P.,2020: Půdochranné technologie pro pěstování kukuřice – účinnost před ztrátou živin vlivem vodní eroze: ověřená technologie. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Kincl D., Kabelka D., Srbek J., Čáp P., Petřů A., Petera M., Krofta K., Pokorný J., 2018: Půdochranné technologie pro pěstování chmelu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.
- Kolbabová V., Kapička J., Bauer M., Dostál T., Kavka P., Krása P., Achasova A.,2023: Stanovení konceptu limitních hodnot ztráty půdy vodní erozí z pohledu epizodních událostí. Vodní Hospodářství 6:6-9.

- Kutnar F., 2005: Malé dějiny brambor. Etnologický ústav AV ČR, Nová tiskárna Pelhřimov, spol. s.r.o., Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, Pelhřimov.
- Kusá H., Růžek P., Kasal P., 2020: Nové trendy v půdochranných technologiích při pěstování brambor. Úroda 4:89-94.
- Kusá H., Kasal P., Růžek P., Vopravil J., Záruba J., 2023: Půdochranné postupy při pěstování brambor na svažitých pozemcích. Výzkumný ústav rostlinné výroby.
- Lokoč M., Lokočová M. 2010. Vývoj krajiny v České republice. Lipka. Brno.
- Majer V., Vacek J., Stehlík M., Vejchar D., 2016. Protierozní technologie ochrany půdy při pěstování brambor. Úroda 1 :50-55.
- Morgan, R. P. C. ,2005: Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation, 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford.
- Novotný I., Papaj V., Podhrázká J., Kapička J., Vopravil J., Kristenová H., Mistr M., Žížala D., Kincl D., Srbek J., Pochop M., Dostál T., Krása J., Kadlec V., 2017: Příručka ochrany proti vodní erozi. MZE, Praha.
- Nyiraneza J., Hann S., Owen J., Zebarth B.J., Stles K., Fillmore S. ,2020: Under-seeding potato with nurse crops in eastern Canada: challenges and opportunities. Canadian Journal of Plant Science 100: 697–706.
- Pavlů L., 2018: Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Pohrázká J., Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Purkrábek J., Uraban J., Kadlec V., Růžek P., Šedek A., Srbek J., Bečková L., Dvořák P., Kobzová D., Kincl D., 2015: Začlenění podzimního hloubkového kypření půdy a kypření za vegetace do půdochranné technologie pěstování cukrové řepy. Česká Zemědělská univerzita v Praze. Praha – Suchdol.
- Růžek P., CSc., Kusá H., Ph.D., Vavera R., Kasal P., 2018. Inovace pěstování brambor pro lepší zadržení vody v hrůbcích. Úroda4:97-101.
- Šarapatka B., Borůvka L., Konečná J., Podhrázká J., Pospíšilová L., Sáňka M., Šantrůčková H., Vácha R., Žigová A., 2021: Půda-přehlížené bohatství. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Šimek M., 2019: Živá půda-Ekologie využívání a degradace půdy. Academia Praha, 2019.
- Vacek J., Vejchar D., 2017: Půdochranná technologie důlkování/hrázkování při pěstování brambor v odkaměnených hrůbcích. Úroda 12: vědecká příloha časopisu.

- Vácha R., Čechmánková J., Fučík P., Horváthová V., Huislová P., Kabelka D., Kapička J., Khel T., Kincl D., Kulhavý Z., Novák P., Novotný I., Papaj V., Pelíšek I., Podhrázká H., Pochop M., Skála J., Srbek J., Tlapáková L., Vopravil J., Zajíček A., Žížala D., 2019: Půda naše bohatství. Profi Press, Praha.
- Vejchar D., Stehlik M., Mayer V., 2017: Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation. *Agronomy Research* 15(5): 2207–2216.
- Vejchar D., Vacek J., Hájek D., Bradna J., Kasal P., Svobodová A., 2019: Reduction of surface runoff on sloped agricultural land in potato cultivation in de-stoned soil. *Plant Soil Environ.*, 65: 118–124.
- Vokál B. (ed.). 2013. Brambory: šlechtění – pěstování – užití – ekonomika. 1. vydání. Profi Press, Praha.
- Vokál B., Čepl J., Čížek M., Domkářová J., Hausvater E., Rasoch V., 2004: Technologie pěstování brambor. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Vokál B., Čepl J., Hauster E., Rasocha V., 2003: Pěstujeme brambory. Grada Publishing a.s., Praha.
- Vopravil J., Vrabcová T., Khel T., Novotný I., Banýřová J., 2010. Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Voda v krajině: sborník příspěvků z konference: 23-30.
- Vopravil J., Khell T., Novák P., 2005: Produkční funkce půd. *Úroda* 5:81.
- VÚMOP, 1995: Voda v krajině. Protierozní ochrana: Nové technologie v ochraně půdy před vodní erozí. Ministerstvo Zemědělství, Praha.
- VÚRV, 2009: Strniskové meziplodiny: přínos pro úrodnost půdy a ochranu životního prostředí. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně.
- Zachar D., 2011: Soil erosion. Elsevier Scientific, Amsterdam.
- Záruba J., Formánek P., Kincl D., Vopravil J., Kusá H., Růžek P., Kabelka D., Kasal P., 2023: Different technologies of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation and their effects on water runoff and soil erosion. *Plant Soil Environ* 69: 238–246.

Elektronické Prameny

- Dvořák a kol., 2022: Limity při použití slaměného mulče, kompostu či směsi separátu a řezané slámy při pěstování brambor. [cit.1.3.2024] Dostupné na <
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/limity-pri-pouziti->

[slameneho-mulce-kompostu-ci-smesi-separatu-a-rezane-slamy-pri-pestovani-brambor](#) >

- Holejšovský J., Brant V., Procházka P., Kroulík M.,2023: Meziplodiny a pomocné plodiny při pěstování brambor (I.). [cit.20.2.2024] Dostupné na < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/meziplodiny-a-pomocne-plodiny-pri-pestovani-brambor-i> >
- Dvořák P., Král M., Pulkrábek J.,2021: Mulčovaná sláma a kompost jako možná součást řešení eroze u brambor. [cit.1.3.2024] Dostupné na < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/mulcovana-slama-a-kompost-jako-mozna-soucast-reseni-eroze-u-brambor#:~:text=Krom%C4%9B%20hr%C3%A1zkov%C3%A1n%C3%AD%20C4%8Di%20d%C5%AFkov%C3%A1n%C3%AD%20m%C5%AF%C5%BEe,sl%C3%A1my%20pomoc%C3%AD%20nesen%C3%A9ho%20rozdr%C5%BEova%C4%8De%20bal%C3%ADk%C5%AF.> >
- Kasal P.,2016: Nová půdochranná opatření při pěstování brambor. [cit.1.3.2024] Dostupné na < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nova-pudochranna-opatreni-pri-pestovani-brambor> >
- Anonym,2024: Zamezte zhutnění půdy-Zajistěte si vysoké výnosy. [20.11.2023] Dostupné na < [Zamezte-zhutneni-pudy-a-zajistete-si-vysoke-vynosy.pdf.aspx\(strom.cz\)](#) >
- Sklenička a kol.2020: Chytrá zemědělská krajina proti suchu a povodním. [cit.10.3.2024] Dostupné na < <https://cvpk.czu.cz/cs/r-13872-o-centru>>
- Kincl D., Kabelka D., Krofta K., Ing. Srbek J., Pokorný J. Vopravil J., nedatováno: ochrana erozně ohrožených chmelnic před vodní erozí [cit.15.3.2024] Dostupné na <http://www.regionálnírozvoj.eu/sites/regionálnírozvoj.eu/files/01_kincl.pdf>
- VUMOP, ©2019: Ochrana proti erozi zemědělské půdy [cit.26.11.2023] Dostupné na < https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA_PROTI_VODN%C3%8D_EROZI>

- Hamouz K. Dvořák P. Pivec J.,2005: Nakrývání raných brambor bílou netkanou textilií brambor [cit.28.2.2023] Dostupné na < <https://zahradaweb.cz/nakryvani-ranych-brambor-bilou-netkanou-textilii/> >
- MŽP, ©2023 [cit.19.11.2023] Dostupné na < https://www.mzp.cz/cz/definice_pudy#:~:text=P%C5%AFdu%20Ize%20definovat%20jako%20samostatn%C3%BD,slou%C5%BE%C3%AD%20k%20p%C4%9Bstov%C3%A1n%C3%AD%20kulturn%C3%ADch%20rostlin.>
- https://agrobiologie.cz/SMEP3/Fytotechnika/fyto/php/skripta/kapitola8436.html?titul_key=4&idkapitola=64
- eAGRI, ©2021 [cit.22.11.2023] Dostupné na < <https://eagri.cz/public/portal/mze/puda> >
- (FAPAZ) [cit.1.3.2024] Dostupné na < https://agrobiologie.cz/SMEP3/Fytotechnika/fyto/php/skripta/kapitola8436.html?titul_key=4&idkapitola=64 >
- pal.cz: stroje pro pěstování okopanin [cit.6.3.2024] Dostupné na < <https://www.pal.cz/> >