

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra rostlinné výroby**



**Erozní ohroženost půd a prostředky její regulace pro  
šetrné zemědělské hospodaření a zachování venkovské  
krajiny**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Martin Král**

**Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák Ph.D.**

© 2015 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Erozní ohroženost půd a prostředky její regulace pro šetrné zemědělské hospodaření a zachování venkovské krajiny" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 6. 4. 2015

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Petru Dvořáku, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, dále bych chtěl poděkovat za spolupráci Výzkumné stanici v Uhřetěvsi, stejně tak i katedře rostlinné výroby, za to, že mi umožnila zpracovat dané téma.

# **Erozní ohroženost půd a prostředky její regulace pro šetrné zemědělské hospodaření a zachování venkovské krajiny**

## **Souhrn**

Tato práce se věnuje problematice erozní ohroženosti půd a prostředků její regulace, které směřují k šetrnému hospodaření a tím k zachování venkovské krajiny a jejích funkcí. Práce je zaměřena především na prakticky ověřitelné prostředky, jako jsou pěstební půdoochranné technologie, nemalá pozornost je ale také věnovaná teoretickým poznatkům.

Literární rešerše je podrobně zaměřena na problematiku eroze v České republice, od minulosti až po současnost. Dále jsou v této kapitole probrány příčiny, projevy a důsledky vodní eroze, právní a praktické prostředky její regulace. Zvláštní pozornost je v práci věnována tzv. půdoochranným technologiím, které se uplatňují zejména u širokořádkových plodin. Kapitola materiál a metody popisuje provedené úkony spojené s realizací pokusu, včetně popisu stanoviště, sledovaných charakteristik, statistického hodnocení a vlastního pokusu. V kapitole výsledky jsou interpretovány získané výsledky a hodnocení jejich vlivů. Diskuze se zabývá porovnáním dosažených poznatků s výsledky obdobných vědeckých prací. Jsou zde vyzdvihnuty pozitivní výsledky zkoumaných půdoochranných technologií, zejména rostlinného mulče (sláma v dávce 4,5 t/ha). Tato technologie snížila půdní smyv o 95 %, dále měla pozitivní vliv na povrchové utužení půdy a snížila teplotní maxima v sušším období. Hrázkování nedosáhlo tak působivých výsledků jako rostlinným mulč. Výsledky hrázkování u povrchového utužení půdy a mikroklimatu, nebyly tak přesvědčivé. Hlavním přínosem hrázkování bylo snížení smyvu o 48 %. Závěr pak obsahuje krátkou rekapitulaci a celkové hodnocení výsledků. Je zde také nastíněno doporučení těchto opatření pro jejich uplatnění v praxi.

**Klíčová slova:** eroze, mulč, hrázkování, brambory, venkovská krajina, udržitelné zemědělství

# **Exposure of soil erosion and its control resources for environmentally sound farming and preservation of the rural landscape**

## **Summary**

This work deals with the problem of soil erosion risks and means of its regulation, which tend to be gentle farming and thus preserving the rural landscape and its functions. The work is focused on practically verifiable means such as planting soil conservation technologies, considerable attention is also devoted to theoretical knowledge.

Review of literature is closely focused on the issue of erosion in the Czech Republic, from the past to the present. Furthermore, this chapter discusses the causes, symptoms and consequences of soil erosion, legal and practical means of regulation. Special attention is paid to the so-called. soil-protective technologies, which are used for wide-row crops. Material and Methods section describing the activities associated with the implementation of the experiment, including a description of habitat, monitored characteristics, statistical evaluation and our experiment. In chapter results are interpreted the results obtained and the assessment of their effects. Discussion presents a comparison of the achieved findings with results of similar scientific papers. There are highlighted the positive results of the investigated soil conservation technology, in particular plant mulch (straw at a dose of 4.5 t/ha). This technology has reduced soil washes of 95%, also had a positive effect on surface soil compaction and reduced temperature maxima in the drier periods. Diker reached such impressive results as plant mulch. Results diker in surface soil compaction and microclimate were not so convincing. The main benefit was the reduction diker washes of 48%. The conclusion contains a short recap and assessment of the results. There is also outlined the recommendations of these measures for their implementation in practice.

**Keywords:** erosion, mulch, diker, potatoes, rural landscape, sustainable agriculture

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše .....	3
3.1	Erozní ohroženost v historii hospodaření.....	3
3.2	Současná erozní ohroženost půd .....	4
3.3	Minulost a současnost českého bramborářství.....	5
3.4	Příčiny vodní eroze .....	8
3.4.1	Výskyt vydatných a intenzivních dešťů.....	8
3.4.2	Hospodaření na nevhodných pozemcích .....	8
3.4.3	Nevhodné osevnické postupy .....	8
3.4.4	Technogenní zhutnění půdy .....	9
3.5	Projevy a důsledky vodní eroze .....	10
3.5.1	Formy eroze .....	10
3.5.2	Environmentální škody .....	12
3.5.3	Ekonomické a majetkové škody .....	13
3.6	Právní a praktické prostředky regulace erozní ohroženosti .....	13
3.6.1	Obecná ochrana.....	13
3.6.2	Zvláštní ochrana.....	13
3.6.3	Protierozní opatření.....	14
3.6.4	Standardy DZES a erozní ohroženost v LPIS.....	16
3.6.5	Půdoochranné technologie .....	17
3.6.6	Specifické půdoochranné technologie .....	18
3.7	Půdoochranné technologie při produkci brambor .....	18
3.7.1	Obecné agrotechnické zásady .....	18
3.7.2	Kultivační půdoochranné technologie .....	19
3.7.3	Pokryvné půdoochranné technologie.....	21
3.7.4	Alternativní půdoochranné a šetrné technologie.....	23
4	Materiál a metody .....	25
4.1	Stanovištní podmínky.....	25
4.1.1	Popis místa .....	25
4.1.2	Klimatologická charakteristika .....	25
4.1.3	Půdní charakteristika.....	25
4.1.4	Geografická charakteristika .....	26
4.2	Charakteristika průběhu počasí během pokusu.....	26
4.3	Polní pokus.....	27

4.3.1	Přehled a popis pokusných variant .....	27
4.3.2	Průběh vlastního pokusu .....	27
4.4	Sledované charakteristiky .....	29
4.4.1	Množství splaveného sedimentu .....	29
4.4.2	Teplota a vlhkost půdy .....	29
4.4.3	Měření odporu .....	29
4.4.4	Napadení hlíz plísní .....	29
4.4.5	Počet a hmotnost hlíz .....	30
4.5	Statistické hodnocení .....	30
5	Výsledky .....	30
5.1	Hodnocení půdoochranných opatření .....	30
5.1.1	Vliv opatření na odnos půdy .....	30
5.1.2	Vliv termínu na množství odnosu půdy .....	31
5.1.3	Vliv opatření na povrchové utužení půdy a mikroklima .....	32
5.2	Vliv opatření na výnosové ukazatele .....	35
5.2.1	Počet hlíz a hmotnost pod trsem .....	35
5.2.2	Výnos tržních hlíz .....	36
6	Diskuze .....	37
7	Závěry .....	42
8	Použitá literatura .....	44

# 1 Úvod

Projíždíme-li zemědělskou krajinou našeho venkova, leckdy se nám může naskytnout bezútěšný pohled. Na jinak krásném prostoru porostů polí, lze spatřit holá místa odkryté zeminy různých rozsahů. Příčinou těchto „pleší“ je eroze, dříve fenomén méně známý, v posledních letech hojně se projevující. Další pohled na tuto problematiku nám poskytují webové mapové aplikace, které disponují ortografickou vrstvou. Přináší kvalitní zobrazení i v relativně podrobném měřítku. Tyto ukázky lze brát, i když také s rezervami, jako reprezentativní a výstižný obraz, současného stavu našich zemědělských ploch.

Erozi, jako příčinu degradace půd, lze rozdělit na větrnou a vodní, přičemž negativní důsledky vodní eroze mají větší rozsah a vážnější dopady. Vodní eroze je přirozený proces. Zemský povrch je neustále rozrušován vodou v kapalném i pevném skupenství. Za přirozených podmínek se v našich klimatických podmínkách půda stačí obnovit, odnos půdy nepřevyšuje rychlost její tvorby, nicméně lidská aktivita, v jejímž důsledku dochází k odstranění přirozené vegetace, vodní erozi zrychluje (Bičík a kol., 2010).

V případě současné intenzivní polní produkce se z přirozeného procesu stává proces nadměrné vodní eroze. Důsledkem nadměrných smyvů půdy je, že půda ztrácí svou nejcennější část- ornici. To je z dlouhodobého hlediska neudržitelné hospodaření. Následné hledání příčin a řešení nadměrné vodní eroze mezi hospodařícími a ostatním světem, zejména po nepříznivých dopadech, končíva nejednou bouřlivou diskuzí.

Pravdou zůstává, že polní vodní eroze je stará jako zemědělství samo, nicméně současný přístup k hospodaření vodní erozi zrychluje. Tato problematika se týká především pěstování širokořádkových plodin, jejímiž zástupci jsou u nás zejména kukuřice, slunečnice a brambory (Vopravil a kol., 2012).

Právě lilek brambor (*Solanum tuberosum*), se díky své stanovištní adaptabilitě (podnebí, půda, nadmořská výška) stal specializací vyšších poloh. Zde byly brambory masivně pěstovány a to i na sklonitostí vyloženě nevhodných místech, což působilo venkovské krajině nejednou problémy (Lokoč a Lokočová, 2010).

Proto je nutné neustále hledat prostředky, které zabrání nadměrným ztrátám půdy i při současné polní produkci a udělají zemědělské hospodaření šetrnější. Tyto prostředky mohou přispět k zachování venkovské krajiny a hospodaření v ní.



## **2 Cíl práce**

Cílem práce je zhodnotit dopady půdní eroze a využitelnost protierozních opatření při polní produkci. Zhodnotit tak přínosy a negativa konkrétních opatření v porostech brambor (na smyv půdy, na regulaci mikroklimatu a na výnos hlíz).

Hypotéza 1: Cílená aplikace protierozních opatření pozitivně ovlivní teplotní a vláhové poměry v půdě a tímlepší pěstitelské podmínky (teplotu a vlhkost půdy, výživný stav porostů a napadení hlíz plísní bramboru).

Hypotéza 2: Použití hrázkování a mulče ze slámy bude ovlivňovat výnos hlíz a celkově výnosovou úroveň konzumních hlíz.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Erozní ohroženost v historii hospodaření

Jedním z historicky prvních zaznamenaných dopadů eroze většího rozsahu je desertifikace Mezopotámie 2000 před n. l. Důsledkem odlesnění vrcholů tamějšího pohoří nastala vodní eroze, která zanesla vodní toky a závlahové kanály splaveninami. Tato, díky svému závlahovému systému, úrodná oblast, se tak změnila v poušť (Holý, 1970).

Polní eroze tedy probíhala průběžně od samého počátku hospodaření, nicméně nejsilněji se vodní eroze projevovala ve 14. 18. a 19. století. V těchto obdobích docházelo k nejvyšším ztrátám půdy zemědělských ploch, především v důsledku intenzivního využívání půdy a klimatických změn projevujících se velkým množstvím srážek. (Dotterweich a kol., 2003).

Předmětem bližšího zkoumání se eroze stala až s rozvojem intenzivního zemědělství „industriálního“ pojetí, počátku 20. století, kdy došlo, díky technicko- zemědělské revoluci, k zvýšení tlaku na využití půdy (Bičík a kol., 2010).

Nepříznivé vlivy eroze se u nás staly předmětem výzkumu již před druhou světovou válkou a jednalo se především o výzkumy v oblasti lesnictví, případně vodohospodářství. K problematice polní vodní eroze, se v rámci rozvoje polní produkce pozornost nasměřovala přibližně po roce 1950. Překvapivě již v době tzv. socialistického zemědělství byla věnována této problematice nemalá pozornost, nicméně zůstávala jen v teoretické rovině a postoj k řešení byl mnohdy rozpačitý. To ostatně dokládá následující úryvek (Holý, 1970): *„Aby vliv člověka na přírodu byl příznivý, je nutno, aby veškeré zásahy do přírody prováděl v souladu s potřebami společnosti a s vysokou odborností, která by umožnila ovládnout přírodu na základě plného porozumění jejího vývoje“*. Byly také podniknuty zásadní kroky v ochraně půdy, i když těžko říct, do jaké míry se uplatnily v praxi. V zákoně č. 53/1966 o ochraně zemědělského půdního fondu, byly definovány protierozní terasy, jako předmět ochrany. Podrobnější ochranu stanovovala vyhláška č. 97/1966 Sb., která definovala některá agrotechnická protierozní opatření. Dle zjištění Státního vodohospodářského plánu, bylo v roce 1955 ohroženo nebo postiženo vodní erozí 37 % rozlohy zemědělské půdy Československa (Holý, 1970).

Nepříznivé projevy eroze se páději začaly projevovat až v pozdějším období uplatňováním přístupu, který byl orientován výhradně na produkci (která byla z hlediska rychlého zajištění výživy obyvatelstva nutná). Postupy centrálně řízeného hospodaření měly

bezesporu negativní dopady na venkovskou krajinu jako celek a přispěly zejména k její unifikaci. Zemědělství méně příznivých oblastí, bylo totiž v rámci diferenciálních příplatků dotováno z výsledků práce v úrodnějších oblastech, díky čemuž bylo zachováno vysoké zornění svažitéch míst a intenzivní hospodaření i v místech k tomu nevhodných (Bičík a kol., 2010).

Zásahy do krajiny jako bylo scelování pozemků a rozorání mezi zvýšily intenzitu erozních procesů. V konečném důsledku tak došlo ke snížení rozlohy zatravněné půdy, někde až o 100 % ve prospěch orné a následně se až desetinásobně zvýšila větrná i vodní eroze (Lokoč a Lokočová, 2010).

### 3.2 **Současná erozní ohroženost půd**

Po roce 1989 se všeobecně předpokládalo, že probíhající transformace zemědělství přinese změny v přístupu k zemědělské půdě, šetrnější hospodaření a menší územní celky, nicméně tato očekávání, privatizace tohoto odvětví nenaplnila (Janeček a kol., 2012).

Na druhé straně je pravdou, že například spotřeba umělých hnojiv klesla, důsledkem útlumu produkce na počátku devadesátých let, až na 1/5 z roku 1988 (Bičík a kol., 2010).

Za posledních 30 let se degradace půdy, zejména vlivem eroze, výrazně zrychlila (Novotný a kol., 2014).

K současně erozně nejohroženějším půdám patří již tradičně oblasti s historicky nejdéle trvající a intenzivní zemědělskou činností jako jsou Polabí a Moravské úvaly, nicméně stranou v posledních letech nezůstávají ani rozsáhlé oblasti pahorkatin. Jak je patrné ze současného leteckého snímkování, na půdních blocích těchto oblastí, se hojně vyskytuje různě rozvinutá plošná eroze, což je důsledek, zejména monotónní osevní skladby, tolerované v rámci společné zemědělské politiky. Nadměrnou vodní erozí je v České republice ohrožena až polovina rozlohy orné půdy (Vopravil a kol., 2012).

Ze staršího leteckého snímkování lze ovšem pozorovat, že půdní bloky, i když menší a možná optimálnější tvarů, byly také postiženy plošnou erozí.



Obr. č. 1: Porovnání stavů půdního bloku z let 1938 a 2013 (geoportalpraha.cz- úprava: autor)

Vodní erozi, jako jeden z degradačních procesů působí, jak je patrné z leteckých snímků 30. let minulého století, již dlouhou dobu, nicméně ani zastavování zemědělské půdy, není zanedbatelným degradačním faktorem (Dostál, 2013).

### 3.3 Minulost a současnost českého bramborářství

Brambory, tradiční plodina českého venkova, představují neodmyslitelnou součást venkovské krajiny i české kuchyně. Popularita této plodiny byla a stále je zajištěna, díky jejímu širokému uplatnění a to jak v základní výživě obyvatelstva a potravinářství, tak ve dříve významném škrobárenském průmyslu a chovu hospodářských zvířat (Vokál a kol., 2013).

České bramborářství si prošlo během dvou století nelehkou cestu. Od dob kdy představovaly brambory dominantní plodinu, ještě na sklonku vlády Rakousko Uherské monarchie nebyly roční pěstební rozlohy přesahující 500 tis. ha nic neobvyklého (Králíček, Chlan, 2013).

Prvorepublikové bramborářství spojené s dobrovolným družstevnictvím pak vrcholilo v roce 1937, kdy přesáhla celková rozloha pěstebních ploch s bramborami 500 tis. ha s nevídanou úrodou přesahující devět mil. tun (Lhotská, 2013).

Německá okupace přinesla útlum bramborářství a následné období socialistického zemědělství, které preferovalo především produkci obilovin, této okopanině také nepřálo. Následný dlouhodobý pokles rozlohy brambor se ovšem nijak nevymykal evropskému trendu.

V této době, jsme byli s hektarovým výnosem u brambor pod evropským průměrem, zatímco v obilovinách, jsem je převyšovali (Sekanina, 2007).

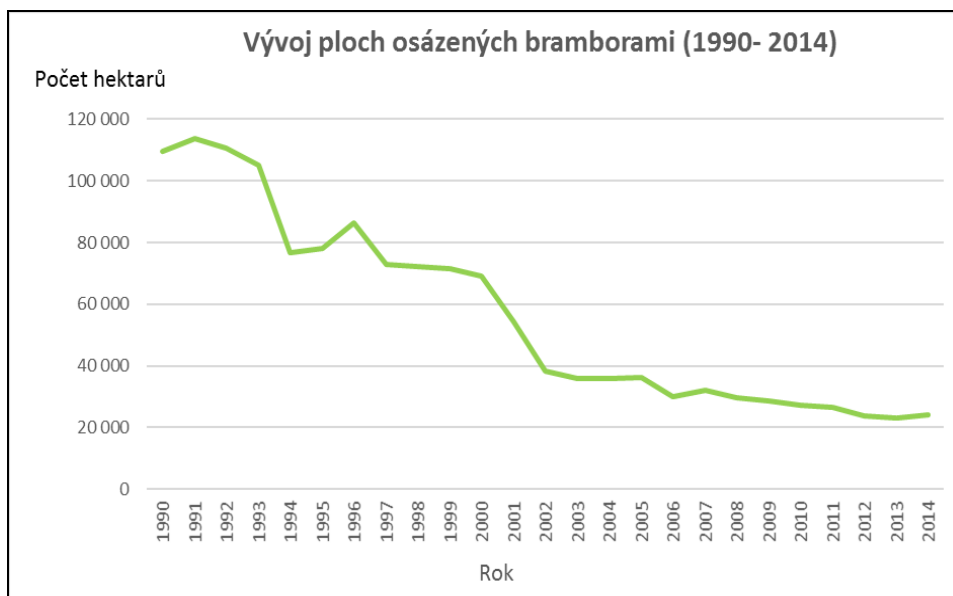
Navzdory přednostem této plodiny, české bramborářství čelí hned několika problémům. Ty částečně pramení ze zmíněné historie, nicméně problémem současnosti je nedostatečné uspokojení domácí poptávky potřebným množstvím a kvalitou. Dále je problematická produkce raných konzumních brambor a nižší výnosová úroveň v porovnání se zemědělsky vyspělými zeměmi EU (Vokál a kol., 2013).

O neschopnosti tuzemských producentů brambor plně uspokojit poptávku na domácím trhu svědčí i bilance zahraničního obchodu s bramborami. Za rok 2014 se vývoz pohyboval okolo 18 a půl tisíce tun, zatímco dovoz představoval téměř 121 tisíc tun (SZIF, 2014).

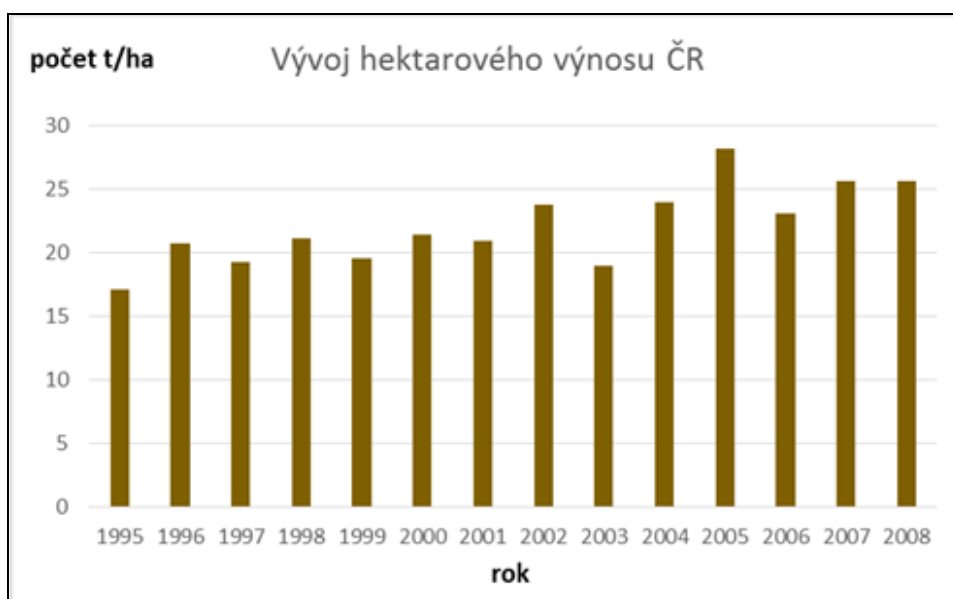
Průměrný hektarový výnos tuzemských pěstitelů je okolo 25 tun, zato výnosová úroveň pěstitelsky nejvyspělejších evropských zemí (Belgie, Dánsko, Nizozemsko) se pohybuje i přes 40 t/ha (Lhotská, 2013).

Příčin poklesu výměry ploch brambor i v posledních 25 letech, může být hned několik. Pokles stavů hospodářských zvířat případně změna technologie jejich krmení, nízká konkurenceschopnost (nedostatek investic, tlak dovozu, realizační náklady), ale také zvyšování hektarového výnosu. I přesto představují brambory stále jednu z hospodářsky zajímavých plodin, zvláště pak oblastí vyšší nadmořské výšky, i když je současně význam této komodity ze strany agrárního sektoru i státu, do jisté míry podceňován. Spíše ale chybí větší motivace pěstitelů a právě souvislosti s tímto a diskuzemi o potravinové soběstačnosti státu, zejména v základních komoditách, bylo rozhodnuto o výplatě podpor na vybranou produkci. Mezi tzv. „citlivé komodity“ jsou řazeny i brambory, pro které byly pro letošní rok, vyčleněny prostředky celkového objemu 50 mil. Kč, což je v přepočtu na ha 2500 až 3000 Kč. Při tom je nutné si uvědomit, že náklady na ha se pohybují mezi 70 až 90 tis. Kč. (Kulhánek, 2014).

Ještě je nutné dodat, že již několik desítek let v EU existuje podpora produkce brambor na škrob a její celkový roční objem v ČR je 80 mil. Kč. To může v kontrastu s vyšší prostředků určených pro konzumní produkci vyvolávat diskuze, nicméně je nutné si uvědomit, že podporu konzumu má jen ČR (Chlan, 2014).



Obr. č. 2: Vývoj rozlohy pěstební ploch za období 1990 až 2014 (ČSÚ).



Obr. č. 3: Vývoj výnosové úrovně za období 1995 až 2008 (CENIA).

### 3.4 Příčiny vodní eroze

#### 3.4.1 Výskyt vydatných a intenzivních dešťů

Kinetická energie dešťových kapek rozrušuje půdní povrch a následný povrchový odtok transportuje uvolněné půdní částice. Podstatný faktor v tomto procesu hraje intenzita a množství spadlých srážek za čas, z dlouhodobého pozorování vyplynulo, že množství ztráty půdy závisí na velikosti povrchových odtoků. Bylo prokázáno, že k významné ztrátě půdy dochází při úhrnech nad 10 mm, nebo nad 6 mm při trvání 15 min. Rozdíl mezi účinky 15 min. a 30 min. byl minimální (Janeček, 2012).

Z toho vyplývá, že nejzávažnější je počátek úhrnu. Vysokým úhrnem srážek spadlých za krátký čas spojených s mohutnějšími kapkami se vyznačují přívalové deště. Přes 80 % z hlediska eroze nebezpečných dešťů, se vyskytuje v intervalu červen až srpen (Novotný a kol., 2014).

#### 3.4.2 Hospodaření na nevhodných pozemcích

Jedná se o hospodaření na členitých a zejména více sklonitých pozemcích. V České republice lze zařadit 41 % zemědělské půdy do kategorie mírný svah (3- 7 °) a 11 % do kategorie střední svah (7- 12 °), celkově má tak 56 % půdy sklon přes 3 ° (Bičík a kol., 2010).

Vopravil a kol. (2012) uvádí, že naším nejnáchylnějším půdním typem jsou luvizemě, hlavně díky vysokému podílu prachovitých částic v ornici.

Dalším problémem, poměrně specifickým pro podmínky českého zemědělství jsou půdní celky, na místní podmínky mimořádných velikostí, případně nevhodných tvarů, často nerespektují odtokové linie. Česká republika má, jako pozůstatek kolektivizace, nejvyšší průměrnou velikost půdních bloků v Evropě a její zmenšení tak zůstává jedním z nenaplněných privatizačních cílů transformace českého zemědělství (Janeček, 2012).

#### 3.4.3 Nevhodné osevní postupy

Jednoduché osevní postupy, prezentované hlavně tržními monokulturami, způsobují nevyrovnanou bilanci organické hmoty, což vede k většímu zhutnění půdy, která pak ztrácí schopnost propuštění a vsakování, mimo to je i náchylnější k erozi. Drtivá většina současných osevních postupů, se točí kolem řepky, kukuřice a obilnin, to ovšem způsobuje jednostranné

vyčerpání půdy (z hlediska agrochemie nákladné). Absence jetelovin, případně organicky hnojených okopanin v rámci osevních postupů, také přispívá ke zhoršení celkového stavu půdy, zejména její úrodnosti (Badalíková, Bartlová, 2014).

#### 3.4.4 Technogenní zhutnění půdy

Tento stav, označovaný také jako nadměrné utužení nebo kompakce půd, se projevuje procesem změny struktury půdy a zhoršením jejích dalších významných vlastností. Především změna pórovitosti a objemové hmotnosti půdy snižuje její propustnost tak, že se na daném půdním bloku po vydatnějším dešti nacházejí místa se stojatou vodou různých rozměrů (Obr. č. 4). Tento fakt může působit zemědělcům značné problémy zejména při sklizni i zpracování půdy a rovněž, snížením retence půdy, to přispívá k erozi (Vopravil a kol., 2012).

V praxi je problém míst postižených silným zhutněním řešen vynecháním agrotechniky (Obr. č. 5)

Hamze a Anderson (2004) uvádí, že zhutnění půdy představuje jeden z hlavních problémů moderního zemědělství, přičemž označují za hlavní příčiny nadužívání strojů, intenzivní sklizeň a krátké střídání plodin. K omezení nadměrného zhutnění půdy lze pak přispět snížením tlaku na půdu (snížení zatížení náprav, zvýšení kontaktní plochy kol s půdou), snížením počtu přejezdů, omezením provozu na určitých částech pole a v určitou dobu, zvýšením obsahu půdní organické hmoty a zachováním posklizňových zbytků, střídání plodin.

Obecně se za příčiny zhutnění půd označuje používání těžké mechanizace, zvláště za nevhodných vlhkostních podmínek. V České republice je utužením ohroženo kolem 49 % zemědělských půd, z čehož asi u 30 % půd to vyplývá z jejich daných fyzikálních vlastností (Vopravil a kol., 2012).



Obr. č. 4: Zhutnění (mapy.cz, úprava- autor) Obr. č. 5: Vynechání agrotechniky (mapy.cz).



## 3.5 Projevy a důsledky vodní eroze

### 3.5.1 Formy eroze

Pro posouzení vodní eroze na konkrétní lokalitě a možnosti vyhodnotit její závažnost, je nutné vědět, jaké formy může nabývat. Vodní erozi na zemědělské půdě lze dělit na erozi plošnou a erozi výmolnou (přechod mezi nimi je pozvolný) a přímo souvisí s typem odtoku vody (plošným či soustředěným) z pozemku (Novotný a kol., 2014).

#### 3.5.1.1 Plošná

Tato méně nápadná forma eroze patří na orných půdách k nejrozšířenějším v ČR. Ve většině případů, se jedná o první stupeň erozního procesu. Projevuje se rozrušováním a smyvem půdních částic z celé plochy (Obr. č. 6). Následně dochází k plošnému odnosu půdních částic, který má za následek snížení síly půdního horizontu. Plošná eroze má ovšem selektivní působení a vyplavovány jsou převážně jemnozrnné půdní částice (Novotný a kol., 2014).



Obr. č. 6: Plošná eroze (geoportal.gov.cz, úprava: autor).

Holý (1978) uvádí, že prvním stupněm eroze plošné je eroze selektivní, která spočívá v odnosu jemných půdních částic a na ně vázaných chemických látek. Současně s tím probíhá změna půdní textury obsahu živin, půda se pak stává hrubozrnnější. V konečném důsledku se mění jak textura půdy a obsah živin, tak i její chemické a fyzikální vlastnosti, dále pak snížení retence půdy, obsahu humusu i rezistence vůči vodní erozi. Mimo to, se jemnozrnné částice kumulují v nižších částech pozemku, kde poškozují kulturu, organické částice, jakožto lehčí bývají odnášeny až do vodoteče. Za následek to má nestejný vývoj pěstované kultury, projevující se rozdílným růstem barvou nebo kvalitou porostu (Obr. č. 7). Tato forma eroze je

nejlépe interpretovatelná z leteckých snímků, kdy se na půdních blocích střídají tmavší místa se světlejšími (erodovanými).



Obr. č. 7: Projev variability v porostu (geoportalpraha.cz, úprava: autor).

### 3.5.1.2 Výmolná

Výmolná eroze představuje vyšší stupeň eroze plošné, respektive vzniká jejím rozvinutím, kdy se odtok soustřeďuje do linie a vytváří mělké, ale prohlubující se zářezy. Nejčastěji se vytváří v členitějším terénu nebo u dlouhých svahů (Novotný a kol., 2014).

Dále se dělí dle stupně rozvinutí na:

- rýžkovou (soustředný odtok úzkými zářezy, síť úzkých, ale hlubokých rýžek),
- brázdovou (soustředěný odtok do širších a mělkých zářezů, vyskytuje převážně na větších plochách),
- rýhovou (soustředěný odtok do hlubších a širších rýh, které se většinou spojují a prohlubují, jejich šířka je 10 až 30 cm),
- stržovou (nejpokročilejší a nejnebezpečnější stupeň výmolové eroze, s technicky velmi náročnou nápravou. Vznikají důsledkem dlouhodobého a neřešeného působení výmolové eroze).



Obr. č. 8: Výmolná eroze (geoportal- úprava autor, VÚMOP).



Obr. č. 9: Rýžková a rýhová eroze (geoportal- úprava autor, autor).



Obr. č. 10: Brázdová eroze (mapy.cz- úprava autor, autor).



Obr. č. 11: Stržová eroze (Živa, 2011).

### 3.5.2 Environmentální škody

Na erozi citlivá krajina, je vedle vrchoviny také pahorkatina (v česku většina území), kde ještě lze, intenzivním hospodařením dosáhnout rentabilní rostlinné produkce. Do této kategorie ale také spadají oblasti, kde se půda regeneruje nejpomaleji. V těchto oblastech se eroze významnou měrou podílí na degradaci půdy, odnosu částic a zabahnění vodotečí (Bičík a kol., 2010).

Krajina postižená vodní erozí nemůže dobře plnit své produkční i mimoprodukční funkce. Nenávratně tak může být poškozena, čímž může být výrazně omezen budoucí rozvoj dotčených oblastí venkovské krajiny. Pro krajinu je nejnebezpečnější, jak ukázaly zkušenosti ze Spojených států, je eroze stržová. Tato forma eroze může při neučinění potřebných opatření způsobovat, devastaci území velkého rozsahu, s dopadem na celkový ráz krajiny (Holý, 1978).

### **3.5.3 Ekonomické a majetkové škody**

Důsledkem eroze dochází ke snížení hektarových výnosů, a to na slabě erodovaných o 15–20 %, středně erodovaných půdách o 40–50 % a silně erodovaných půdách až o 75 %.

U erodovaných pozemků se také snižuje jejich průměrná cena, resp. dojde k jejich přeřazení do méně hodnotných BPEJ, což může znamenat pokles ceny až o 10 Kč/m<sup>2</sup> (Novotný a kol., 2014).

Mezi roky 2010 až 2012 představoval meziroční pokles cen půdy v rámci celé ČR 126 mil. Kč., jižní Morava se na propadu cen podílela bezmála 70 mil. Kč (MZe, 2011).

Eroze způsobuje celkovou nestabilitu výnosů, kdy výnosy meziročně kolísají, což je způsobeno vysokou růstovou variabilitou v rámci jedné kultury, která je charakteristická pro plošnou erozi (Tiessen, 2007).

Dále jsou to škody na veřejných i soukromých statcích v intravilánu obcí, i mimo ně (komunikace a jiné součásti technické infrastruktury, vodní stavby), ale také škody na soukromém majetku.

## **3.6 Právní a praktické prostředky regulace erozní ohroženosti**

### **3.6.1 Obecná ochrana**

Základy ochrany půd lze spatřovat již v zákonu jako je zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, kde je již v samotném účelu zákona uvedeno „šetrné hospodaření s přírodními zdroji“.

### 3.6.2 Zvláštní ochrana

Konkrétnější způsob ochrany půd pak, stanovuje zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, který vymezuje v § 1 půdu jako „základní přírodní bohatství naší země“ nebo jako „nenahraditelný výrobní prostředek zemědělské výroby“. Dále § 3 upravuje, že se hospodařící musí chovat tak, „aby neznečišťovali půdu a její příznivé fyzikální, biologické a fyzikální vlastnosti“.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, ukládá povinnost vlastníkům zajistit péči o svůj pozemek tak, aby nedocházelo ke zhoršování vodních poměrů, zejména „odtokových poměrů a odnosu půdy erozní činností vody“.

Ve vyhlášce č. 545/2002 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav, se zmiňuje protierozní způsob hospodaření.

Vyhláška č. 48/2011 o stanovení tříd ochrany zemědělského půdního fondu, stanovuje třídu BPEJ daným zemědělským pozemkům.

### 3.6.3 Protierozní opatření

Jedná se o soubor opatření různé povahy přispívající ke zpomalení činnosti eroze. Jejich hlavní funkce je chránit půdu před účinky dopadajících kapek, podpora vsaku, zlepšení soudržnosti půdy, omezení unášecí síly voda a soustředěného povrchového odtoku (Vopravil a kol., 2012).

Vopravil a kol. (2012) uvádí, že protierozní opatření dělíme na organizační, agrotechnická a technická, přičemž ve většině případů jde o jejich, vzájemně se doplňující komplex.

#### 3.6.3.1 Technická opatření

Do této skupiny, někdy nazývané také jako biotechnická opatření, je třeba zařadit především drobné krajinné prvky, které mají v zemědělské krajině své historické opodstatnění. Jedná se hlavně o meze, remízky, terasy, křoviny, aleje. Tyto drobné útvary, přispívají nejen k estetickému hledisku kulturní krajiny, ale jsou také spolehlivě nejúčinnější. Z novodobých lze jmenovat technické úpravy jako: příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a nádrže, terasy, protierozní meze (Novotný a kol., 2014).

Hlavní nevýhodou, je finanční a organizační náročnost a fakt, že některá opatření mohou mít i negativní dopad na charakter a estetiku zemědělské krajiny. K těmto opatřením se přistupuje většinou až tehdy, kdy nelze dosáhnout dostatečné protierozní ochrany agrotechnikou ani organizací (Vopravil a kol., 2012).

### 3.6.3.2 Agrotechnická opatření

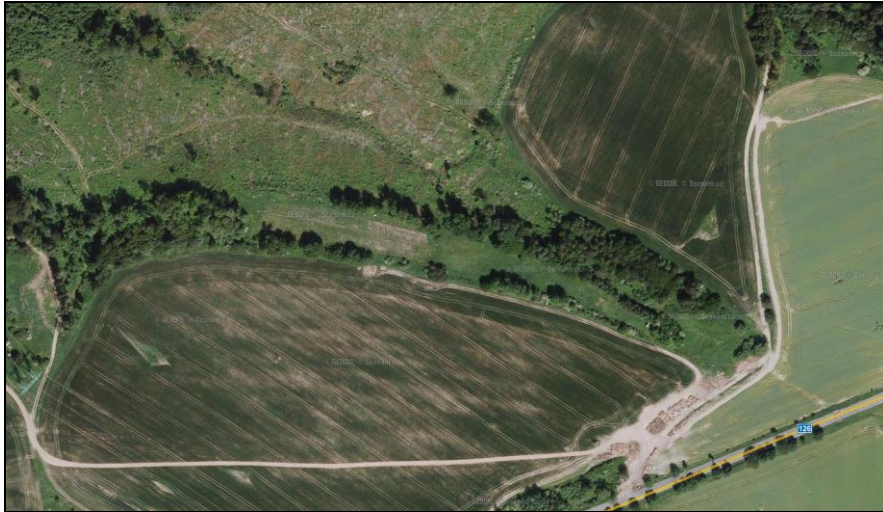
Podstatou těchto opatření je ochránit půdní povrch hlavně v době nejvyššího výskytu přívalových srážek, které v našich podmínkách začíná ve druhé polovině května. V tuto dobu vegetace zejména širokořádkových plodin, netvoří k ochraně půdy dostatečné zapojení (Vopravil a kol., 2012).

Mezi tato opatření lze zařadit zejména, tradiční zemědělské postupy jako jsou, vrstevnicové obdělávání, nebo půdoochranné technologie pěstování plodin (ponechání alespoň 30 % posklizňových zbytků). Dále jsou to výsevy do ochranné plodiny, do strniště a mulčování (Novotný a kol., 2014).

Tippl (2001) dělí plodiny dle stupně ochrany půdy do tří skupin:

- Plodiny s vysokým protierozním účinkem po celé vegetační období (jetelotrávy, jeteloviny, travní porosty).
- Plodiny zajišťující dobrou protierozní ochranu půdy po většinu vegetační doby (obiloviny, meziplodiny, luskoviny).
- Plodiny nezabezpečující dostatečnou protierozní ochranu půdy (kukuřice, okopaniny).

Tyto postupy musí vycházet z místních přírodních limitů, které nelze nerespektovat. Například vrstevnicové obdělávání, nemusí být vždy snadno uplatnitelné, zejména kvůli dostupnosti mechanizace, nebo tvaru půdního bloku. Často přehlíženým postupem, je také zapravení organické hmoty do půdy, které se pozitivně projeví na objemové hmotnosti, především u těžších půd (Kovaříček a kol., 2012).



Obr. č. 12: Rozdíl stavu dvou půdních bloků (horní obděláván vrstevnicově) (mapy.cz-úprava autor).

### 3.6.3.3 Organizační opatření

K těmto opatřením lze zařadit optimalizace tvaru a velikosti půdních bloků, ve smyslu situování pozemku delší stranou ve směru vrstevnic, ochranné zatravnění, pásové pěstování plodin (Vopravil a kol., 2012).

Janeček a kol. (2012) uvádí, že pozemkové úpravy představují hlavní způsob ochrany půdy před erozí, v jejichž rámci je možné realizovat protierozní opatření, nicméně musí respektovat vlastnické, ekologické a hospodářské poměry.

Optimalizace půdních bloků je účinné opatření, nicméně jeho realizace mimo komplexní pozemkové úpravy je téměř nemožná (Dostál, 2013).

### 3.6.4 Standardy DZES a erozní ohroženost v LPIS

Dalším systematickým a osvědčeným nástrojem ochrany obhospodařovaných půd, s jak teoretickými tak praktickými prvky jsou Standardy DZES (dříve GAEC). K jejich dodržování jsou povinni pouze žadatelé přímých plateb (naprostá většina hospodařících subjektů). Standardy jsou zajištěny právními předpisy Evropské unie a to:

- Nařízení Rady č. 73/2009
- Nařízení Komise č. 1122/2009

Tyto právní předpisy jsou implementovány do národní legislativy nařízením vlády č. 309/2014 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor.

Standardy DZES (Dobrý zemědělský a environmentální stav) poskytují konkrétní ochranu a začali být v ČR kontrolovány od roku 2004, při prokázání jejich nedodržení pověřeným kontrolním orgánem, se hospodář vystavuje hrozbě krácení výplaty přímých podpor. Standardy DZES by tak měly být jakousi zárukou odpovědného hospodaření, shodného s ochranou životního prostředí. V současnosti se jedná o soubor 7 pravidel (dříve 11), která postihují kritické oblasti spojené s hospodařením na půdě, přičemž ochrany půdy se přímo týká standard 4 a 5 (dříve GAEC 1 a 2).

DZES 4 by měl zajišťovat zachování minimálního pokryvu půdy 5 možnými způsoby, nicméně řeší jen pozemky s minimální průměrnou sklonitostí 5 °.

Z tohoto důvodu, se budeme dále zabývat podrobněji pouze pátým standardem. DZES 5 pojednává o dodržení minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze.

Na základě výzkumné činnosti VÚMOP (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd) byla, pro potřeby DZES 5 (dříve GAEC 2) v roce 2009 vytvořena mapová vrstva erozní ohroženosti, přičemž byly definovány tři stupně ohroženosti:

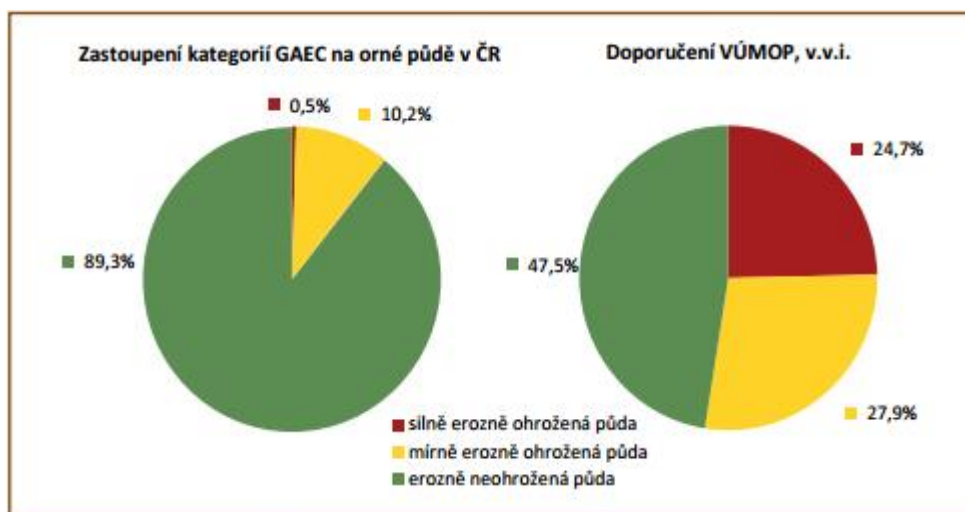
- erozně neohrožená půda,
- mírně erozně ohrožená půda (MEO),
- silně erozně ohrožená půda (SEO).

Tato vrstva je dostupná v grafickém prostředí geografického informačního systému LPIS (Land Parcel Identification System- Identifikační systém půdních bloků/ registr půdních bloků). Tato mapová aplikace slouží vedle potřeb státní správy také pro samotné hospodáře, kteří zde mohou zjistit, v jaké kategorii se nachází jejich půdní bloky, dokonce mohou vznést námitku proti zařazení svých půdních bloků do příslušné kategorie erozní ohroženosti půd, resp. půdních bloků, definovaných v LPIS.

DZES 5 například vylučuje pěstování širokořádkových plodin na plochách označených v LPIS jako SEO. Dále stanovuje, že obilniny a řepka budou na takto označených plochách zakládány pouze za použití tzv. půdoochranných technologií, u obilnin připadá v úvahu ještě zakládání s podsevem.

U ploch označených v LPIS jako MEO je povinné při zakládání širokořádkových plodin použití hlavních půdoochranných technologií.





Obr. č. 13: Stanovení rozsahu erozní ohroženosti orné půdy ČR (VÚMOP).

### 3.6.5 Půdoochranné technologie

Lze je uplatnit na SEO i MEO plochách, zároveň jsou v souladu se standardem DZES

5. Jedná se o:

- bezorebné setí/sázení,
- setí/sázení do mulče,
- setí/sázení do mělké podmítky,
- setí/sázení do ochranné plodiny,
- důlkování.

K výše zmíněným technologiím je nutné připomenout, že nemusí být vhodné za každých podmínek, například bezorebné setí má protierozní účinek, nicméně podporuje zhutnění (Novotný a kol., 2014).

### 3.6.6 Specifické půdoochranné technologie

Od 1. 7. 2011 je možné, v souladu se standardem DZES 5, na MEO plochách zakládat porosty širokořádkové plodiny pouze s použitím tzv. specifickými půdoochrannými technologiemi. Mezi tyto technologie patří:

- přerušovací pásy,
- zasakovací pásy,
- osetí souvratí,
- setí/sázení po vrstevnici,

- odkaměňování.

### **3.7 Půdoochranné technologie při produkci brambor**

#### **3.7.1 Obecné agrotechnické zásady**

V osevním sledu se brambory doporučuje pěstovat jednou za 3, lépe však za 4 roky. Pro jejich pěstování jsou nejlepší odkameněné pozemky s propustnými, písčitohlinitými a hlinitopísčitými půdami bez zhutnělých vrstev. Průměrná sklonitost půdního bloku by neměla překročit 8 ° (Vokál a kol., 2004).

Při pěstování brambor je hlediska působení eroze nejrizikovějším období počátek vegetace. V tuto dobu porosty brambory nevytvářejí dostatečný vegetační kryt, který výrazně ovlivňuje distribuci srážek, nicméně půdoochranný účinek porostu brambor, začíná až při jejich 80 % pokrytí povrchu půdy (Klima, Wiśniowska, 2006).

Z erozního hlediska působí rovněž negativně stoky vody po rostlině, například u kukuřice se podílí na povrchovém odtoku až 1/3 stoku vody po stéblech (Pivec a kol., 2014).

Proto je nutné, zejména v této době půdoochrannými technologiemi zpomalit odtok a tím zabránit nadměrnému odnosu půdních částic. Docílit toho lze zvýšením odporu povrchu půdy k odtoku (úprava povrchu brázd), nebo krytem (vegetace, jiné materiály). Hlavní nevýhodu těchto technologií lze spatřovat v tom, že většina z nich vyžaduje speciální stroje (otočné pluhy, speciální secí stroje, kypřiče, hrázkovače) a většinou i přípravky na tlumení plevelů (Tippl a kol, 2001).

#### **3.7.2 Kultivační půdoochranné technologie**

##### **3.7.2.1 Hrázkování**

Jeden z polozapomenutých a přitom finančně méně náročných postupů. Metoda je založena na vytvoření ochranných hrázek mezi řádky, ve stejných odstupech po sobě. Tím se vytvoří řada malých záchytných míst, kde se může akumulovat a pozvolna vsakovat srážková voda. Cílem je zamezit soustředěnému povrchovému odtoku z pozemku (Novotný a kol., 2014).

Tippl a kol. (2001) uvádí, že hrázkování se doporučuje půdní bloky se sklonitostí do 7 % a maximální délkou 300 m.

Toto opatření se provádí bezprostředně po výsadbě speciálním strojem, tedy „hrázkovačem“. Alternativou k hrázkovači může být upravený sazeč a plečky dovybavené hrázkovacími tělesy (Dvořák, Tomášek, 2013).



Obr. č. 14: Hrázkovač při kultivaci v porostu brambor (Zdroj: Dvořák).

### 3.7.2.2 Důlkování

Použití této technologie je obdobné jako u hrázkování. Důlkovacím strojem „důlkovačem“ se vytváří v meziřádcích důlky. Cíl tohoto opatření je totožný s cílem hrázkování, zamezit soustředěnému odtoku a pomocí důlku zadržet více vody.

Je použitelná na mírně erozně ohrožených pozemcích, nicméně pro maximální účinek je nutné, aby délka pozemku po spádnici nepřekročila vzdálenost 300 metrů a řádky byly vedeny po vrstevnici (Novotný a kol., 2014).



Obr. č. 15, 16: Důlkovací zařízení přímo na secím stroji a stav pozemku po výsevu (Zdroj: Dvořák).

### 3.7.2.3 Odkameňování

Jedná se o technologii, jež je uvedena mezi půdoochrannými technologiemi podmíněně a její účinnost bude VÚMOP ještě dále prověřovat. Princip technologie spočívá na předpokladu, že separací a soustředění kamene a hrud do prostoru mezi dvojřádky vznikne drenážní vrstva. Ta má bránit erozi, nicméně se stává, že po uložení kamenů spolu s hroudami se po přejezdu těžké techniky se vytvoří málo propustná vrstva utužené půdy (Růžek, Kusá, 2013).

Rožnovský a kol. (2013) uvádí, že tato technologie sice zlepšuje půdní vlastnosti, nicméně její protierozní účinek je minimální až negativní. Použití této technologie je běžné u větších bramborářských podniků, zejména pro kvalitnější sklizně a zlepšení půdní struktury.

### 3.7.2.4 Ochranné obdělávání

U brambor lze toto opatření uplatnit jen na půdách s dobrým výchozím stavem fyzikálních vlastností. V systému minimalizace zpracování půdy lze brambory pěstovat, nicméně mu předchází dlouhodobé mělké zpracování půdy se stabilní strukturou, i když zpracování nelze vynechat úplně. Opatření spočívá v zachování co největšího množství posklizňových zbytků a vytvořením mulče, přičemž není narušen půdní profil, zabrání se tak jeho nadměrnému provzdušnění a následné rychlé mineralizaci živin- ztrátě humusu. Výsledný efekt závisí na stupni a rovnoměrnosti pokrytí, ale také na následném způsobu zpracování půdy (Novotný a kol., 2014).

Na půdních blocích se sklonitostí do 5 % se doporučuje nahradit orbu diskováním, případně kypřením, do takto zpracované půdy se na jaře provádí výsadba (Tippl a kol., 2001).

V rámci systému zpracování půdy, by nemělo být zapomenuto také na vodu stékající po lodyhách, listech (tzv. porostní srážka). Ta významně přispívá ke koncentraci vody u kořenů, případně v brázdě a proto by v těchto místech měly být vytvořeny vhodné podmínky pro infiltraci (Pivec a kol., 2014).

### 3.7.3 Pokryvné půdoochranné technologie

Principem této technologie je pokrytí povrchu půdy různých rozsahů a v různých dávkách. Mezi hlavní nevýhody této technologie patří nárůst nákladů výroby, z tohoto důvodu se mulčování uplatňuje převážně v ekologické produkci (Dvořák, Tomášek, 2013).

Tyto technologie mají mimo protierozního a odplevelujícího účinku i pozitivní vliv na bilanci vody a živin, stav půdy ve vlhčím období a mikroklima porostu (Shirish a kol., 2013).

### 3.7.3.1 Organické mulčovací materiály

Jedná se o materiály jako je sláma, travní pokos, suché listí, dřevní štěpka, piliny, kompost, směs trávy a jetele, posklizňové zbytky. Nejrozšířenějším mulčovacím materiálem je sláma (obilná), jejíž hlavní přednosti jsou, dlouhá životnost, dostupnost, pořizovací cena. Mezi její nevýhody patří negativní vliv na organickou bilanci (rychlá mineralizace) a fakt, že může přitahovat některé hlodavé škůdce (Shirish a kol., 2013).

Postup u pěstování brambor s využitím mulče předplodiny se skládá z mělké podmítky po sklizni předplodiny, aplikaci a zapravení organického hnojiva, smykování a mělké kypření na jaře, regulace plevelů po výsadbě v systému omezené mechanické kultivace. Při pěstování brambor s využitím mulče mezplodiny je postup shodný s předešlým, jen lze vynechat jarní přípravu půdy mělkým kypřením a výsadbu provést přímo (Novotný a kol., 2014).

Dvořák a Tomášek (2013) uvádí, že potřebné množství mulče se u pásové aplikace s ohledem na použitý materiál a podmínky pohybuje od 2,5 do 9 t/ha, přičemž mezi často použité materiály patří řezaná sláma. Cílem je především ochrana před erozí, regulace růstu plevelů, úprava mikroklimatu v porostu, zlepšení organické bilance (obsah humusu).

Nishihara a Shock (2001) uvádí, že náklady na balík slámy (25 kg, bez příměsí klasů a plevelů) v rámci vlastního polního hospodaření se pohybují okolo 20 Kč. Náklady za pšeničnou slámu jsou v průměru 2000 Kč/ha, celkové náklady na mulčování jsou pak 5000 Kč/ha.

Aplikace mulče se osvědčila až těsně před vzejitím porostů, přičemž ještě před ní lze uplatnit kultivační půdoochranné technologie. U materiálů s nižší sušinou je také nutné sladit termín aplikace se termínem vcházení, neboť tyto materiály mohou na rozdíl od slámy utvořit pro kulturu neproniknutelnou vrstvu (Dvořák, Tomášek, 2013).

Edwards a kol. (2000) uvádí, že na pokusných erozních plochách s mulčem byla ztráta půdy poloviční, oproti plochám bez mulče a schopnost mulčované plochy zadržet vody byla o 5 % vyšší.

Měřením bylo zjištěno, že při aplikaci kompostovaného mulče v řádcích vinné révy (*Vitis vinifera*), jsou splavené sedimenty dlouhodobě o 78 až 98 % nižší. Při simulaci 4

hodinového deště byl sediment nižší v průměru o 70 %, u 6 hodinového deště to bylo 73 % (Smith, Blake, 2002).

Gholami a Sadeghi (2012) zjistili, že při simulaci srážek v intenzitách 30, 50, 70 a 90 mm/h a povrchovým sklonem 30% je nejvyšší protierozní účinek slaměného mulče u intenzity 70 mm/h. Dále bylo zjištěno, že mulčovaná sláma měla významný vliv na změnu odtoku a eroze půdy.

Při pokusech se simulací srážek intenzit 30, 50, 70 a 90 mm/h, slaměný mulč, aplikovaný v dávce 0, 5 na m<sup>2</sup>, nejvíce snížil odnos částic při intenzitě 90 mm/h a to o 63 % oproti kontrole (Gholami, Sadeghi, 2012).

Smith a Blake (2002) dále uvádí, že mimo významného snížení ztráty půdy, kompostovaný mulč pozitivně působí na zhutnění povrchu půdy a zabraňuje tvorbě povrchové krusty.

#### 3.7.3.2 Plastické mulčovací materiály

Mezi tyto materiály patří bio/foto- degradabilní mulčovací fólie, které se v průběhu času samy rozloží a barevné fólie (tmavé, světlé, transparentní). Dále se nabízí k výběru řada druhů materiálů, přes černé netkané textilie až po polyetylenové (Dvořák, Tomášek, 2013).

#### 3.7.3.3 Podsevy

V běžné pěstitelské praxi u brambor výjimečně použitelné. Tento systém je uplatňován např. u některých ekologických pěstitelů, kde je jako podsevu v brázdách využíváno např. vikve či hořčice a jejichž pomocí je možné z 50 až 80 % zajistit organickou hmotu, zlepšit protierozní ochranu a přístup na pozemek za deštivého počasí (Ogle, Burt, 1986).

#### 3.7.4 Alternativní půdoochranné a šetrné technologie

Do této skupina patří protierozní prvky v praxi nedostatečně ověřené, jako je mělčí nekolejová brázda, vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku, Rozrušení povrchové krusty, optimalizace sklonu stěn hrůbků.

#### 3.7.4.1 Zapravení organické hmoty do půdy

Toto opatření předchází spíše zhutnění půdy, ale nepřímo tak i nadměrné erozi. Spočívá v zaorání posklizňových zbytků, zeleného hnojení, rostlinného mulče nebo chlévského hnoje.

Badalíková a Bartlová (2014) zjistily, že při podzimní aplikaci kompostu vyrobeného ze zeleného odpadu, v dávce 20 a 40 t/ha, došlo ke smyvu pouze u varianty s 20 t/ha. U kontrolní varianty bez kompostu došlo ke dvěma smyvům. V celkovém souhrnu za vegetaci, pak dosáhla nejvyšších hodnot smyvů kontrolní varianta bez kompostu s 1, 22 t/ha, naproti tomu varianta s 20 t/ha měla smyv 0, 48 t/ha.

Opatření by tak mělo zlepšit celkový obsah organické hmoty, snížit ztrátu půdy erozí a velikost povrchových odtoků. Mimo jiné nízký obsah organické hmoty v půdě zhoršuje zpracovatelnost půdy a tím se zhoršuje její fyzická úrodnost, což klade požadavky na dodatečné hnojení a zvyšuje tak výrobní náklady (Hamze, Anderson, 2004).

#### 3.7.4.2 Plečkování

Toto opatření spočívá v nakypření půdy pomocí meziřádkové kultivace, díky čemuž dochází k omezení rychlého povrchového odtoku. Další výhodou je odplevelovací efekt (Novotný a kol., 2014).

Na druhé straně, Klíma a Wiśniowska (2006) považují meziřádkovou kultivaci, jako je plečkování, u širokořádkových plodin z hlediska eroze za provokativní faktor.

#### 3.7.4.3 Úprava tvaru hrůbků (modifikace tvaru)

Na zvýšenou erozi i distribuci srážkové vody kořenům v porostech brambor, má vliv i tvar hrůbků. Mezi nejčastější chyby podporující erozi při produkci brambor patří také nevhodný tvar hrůbků s velkou sklonitostí stěn s hlubokou nekolejovou brázdou (Růžek, Kusá, 2013).

Nevhodná sklonitost stěn hrůbků se dá upravit pomocí radlic, což zmenší sklon hrůbků, aniž by byl zvýšen výskyt zelených hlíz nebo jejich napadení chorobami (Kasal a kol., 2014).

Vedle optimalizace tvaru hrůbků je účinné také vytvoření vsakovacího žlábků na jeho vrcholu, který může být vytvořen díky dovybavení sazeče speciálními radličkami. Množství

zadržené srážkové vody, která by jinak stekla do brázdy, může být tak o 15- 20 % vyšší. Mimo to, si žlábek udrží svůj tvar po celou dobu vegetace, voda se tak lépe vsakuje do prostoru kořenového systému a tím se zvyšuje využití minerálních hnojiv a snižuje se jejich ztráta vyplavováním (Kasal a kol., 2014).

(Kasal a kol., 2014) uvádí, že pozitivní vliv má vsakovací žlábek jednak na výnos, a to v ročnících s přísuškou, naproti tomu ve vlhčích letech s velkými úhrny srážek lépe zadržuje vodu v hrůbku a snižuje její povrchový odtok. Pozitivní vliv na výnos se prokázalo u třech z celkových pěti pokusných let.

#### 3.7.4.4 Ekologická produkce

Arhnold a kol. (2014) zjistili, že na území, kde se ztráty eroze pohybují od 30 do 50 t/ha za rok, se při režimu ekologické produkce u pěstování řádkových plodin snížila ztráta o 18 %, především díky hustotě biomasy plevelů.

Při ekologické produkci ještě přichází v úvahu ponechat porost plevelů, dosáhnout tak krycího účinku a regulovat jej až po vytvoření krytu porostem kultury (Arhnold a kol., 2014).



## **4 Materiál a metody**

### **4.1 Stanovištní podmínky**

#### **4.1.1 Popis místa**

Realizace pokusů se uskutečnila na Výzkumné stanici v Uhřetěvsi, spadající pod katedru rostlinné výroby, Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, České zemědělské univerzity v Praze. Ke stanici náleží pozemky o celkové výměře 16 ha, z čehož je 5,9 ha v ekologickém režimu hospodaření, stanice se zabývá zejména malo-parcelkovými pokusy. Toto pracoviště disponuje potřebným zázemím i zařízením, což je k provedení úkonů spojených s pokusem nezbytné.

#### **4.1.2 Klimatologická charakteristika**

Pokusné pozemky spadají do řepařského výrobního typu a řepařsko- pšeničného subtypu, průměrná nadmořská výška činí 295 m. V rámci klimatických regionů ČR (Quitt, 1971), je místo řazeno do mírně teplého. Průměrná denní teplota vzduchu je 8,3 °C, během vegetačního období je průměrná teplota 14,6 °C, přičemž nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 18,2 °C. Průměrný roční úhrn srážek zde činí 575 mm, z čehož za období duben až září je to 380 mm. Pokusné pozemky patří do semihumidní oblasti, výpar spojený se sušším podnebím je mírněn převládajícími západními a severozápadními větry.

#### **4.1.3 Půdní charakteristika**

Místní půdy patří do skupiny jílovitých hlín, půdním typem je hnědozem a jedná se o půdy s hlubokou ornici (320 mm) a s humusovým horizontem do hloubky 700 mm, ornice je zde mírně až středně humózní (1,74 – 2,12 %), s neutrální reakcí v celém profilu. Sorpční komplex je nasycený. Hladina spodní vody dosahuje hloubky jednoho metru, s trvalým charakterem.

Hlavní výhodou těchto půd je, že lépe drží vlhkost, což je významný faktor v případě suššího období jara. Naproti tomu nevýhodou této půdy jsou nároky na její zpracování, případně obtížnější sklizeň okopanin za nevhodných podmínek.

#### 4.1.4 Geografická charakteristika

Z geografického hlediska místo náleží do Středočeské žulové pahorkatiny, dle geomorfologického třídění pak spadá do Pražské plošiny, podcelek Říčanská plošina, okrsek Uhříněveská plošina. Podle Geologické mapy Česka zdejší půda leží na spraších a smíšených sedimentech. Krajina je zde tvořena téměř naprostou rovinou, pokryvem je většinou orná půda, zastavěné a ostatní plochy, v menší míře trvalé kultury. Lze říci, že v posledních 20 letech je, a do budoucna bude, oblast vystavena urbanistickému tlaku, který působí negativně na úkor orné půdy a ostatních ploch. Tento fakt je zapříčiněn, zejména bezprostřední blízkostí hlavního města Prahy.

#### 4.2 Charakteristika průběhu počasí během pokusu

Z hlediska teplot byl měsíc duben teplotně nadnormální (o 3,5 °C vyšší než normál). Z dalších měsíců byl podobně červenec s průměrnou teplotou 18,2 °C (tj. o 2,4 °C nad normál). Měsíce s vyšší teplotou byly v roce 2014 vhodně kombinovány (doplněny) bohatými srážkovými úhrny (duben 52,8 mm nad normál, červenec 104,6 mm nad normál). Největší srážkový deficit byl v měsíci červnu, kdy napršelo pouze 3,26 mm (tj. 41,4 mm pod normál). Srážky měly často i charakter vydatných či přivalových dešťů (6x denní srážkový úhrn nad 10 mm z toho 3x nad 20 mm a 1x nad 60 mm).

Tabulka č. 1: Chod průměrných hodnot počasí během vegetačního období.

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)	Dlouhodobý normál (°C)	Rozdíl	Suma srážek (mm)	Dlouhodobí úhrn (mm)	Rozdíl
IV.	11,7	8,2	3,5	32,4	46	-13,6
V.	14,0	13,4	0,6	117,8	65	52,8
VI.	17,5	16,3	1,2	32,6	74	-41,4
VII.	20,6	18,2	2,4	178,6	74	104,6
VIII.	17,6	17,5	0,1	58,6	72	-13,4
IX.	15,4	14	1,4	87,6	49	38,6

### 4.3 Polní pokus

Polní pokus byl založen jako přesný maloparcelkový pokus. Pokusnou parcelku tvořil dvouřádek s velikostí pokusné parcelky 16 m<sup>2</sup>. Každá pokusná varianta měla 3 opakování rozmístěných na pokusné ploše metodou znáhodněných bloků (kontrola byla jejich součástí).

#### 4.3.1 Přehled a popis pokusných variant

Mezi pokusné varianty byly zařazeny ty způsoby ochrany půdy, které zatím v současné době nejsou v ČR běžně využívány (na rozdíl od vyspělých bramborářských zemí).

K technicky jednodušším metodám patří hrázkování a k náročnějším opatřením pak patří aplikace rostlinného mulče (v našem případě pšeničné slámy z provozu Výzkumné stanice v Uhřetěvsi). Podrobný přehled pokusných variant včetně technických proporcí uvádí tabulka č. 2.

Tabulka č. 2 : Seznam zkratk pokusných variant.

Varianta	Označení	Popis
Hrázkování	H	v brázdě každého řádku byly vytvořeny hrázky 10 x 10 cm v rozestupech 40 cm
Rostlinný mulč – sláma	SL1	na hrůbky byla po výsadbě aplikována sláma v dávce 2,5 t/ha
	SL2	na hrůbky byla po výsadbě aplikována sláma v dávce 4,5 t/ha
Kontrola	K	hrůbky ponechané po výsadbě bez úprav

#### 4.3.2 Průběh vlastního pokusu

Předplodinou byla ozimá řepka. Výdrol řepky ponechán na zelené hnojení společně s rozdrcenou řepkovou slámou. Hnojení před výsadbou: N: 70 kg/ha, P: 5 kg/ha, K: 20 kg/ha, Mg: 5 kg/ha. Použita byla raná odrůda Dicolora a samotná ruční výsadba proběhla 6. 5. 2014. Podrobný sled polních činností a hodnocení je opět uveden v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Harmonogram polních prací.

19.11 2013	podzimní orba, zaorávka zeleného hnojení
4.3 2014	1. kypření (kompaktor)
24.4 2014	2. kypření (kompaktor)
6.5 2014	aplikace N, K, Mg a 3. kypření (kompaktor) na konečnou hloubku 15 cm
<b>6.5 2014</b>	shonkování, markýrování a <b>ruční výsadba</b> (ve sponu 80x30 cm)
19.5 2014	slepá proorávka, vytvarování hrůbků
<b>21.5 2014</b>	<b>provedení hrázkování (H)</b> aplikace herbicidu Sencor 70 WG (v dávce 0,7 kg/ha) u H, SL1, SL2 a K <b>aplikace slámy v dávce 2,5 t/ha (SL1) a 4,5 t/ha (SL2)</b> instalace čidel MicroLog SP + Watermark
<b>28.5 2014</b>	<b>první odběr záchytných nádob se sedimenty (k filtraci a vážení+ fotodokumentace)</b>
<b>13.6 2014</b>	<b>druhý odběr záchytných nádob se sedimenty</b> aplikace postemergentního herbicidu Titus 25 WG (v dávce 60 g/ha)
2.7 2014	fungicidní ošetření Altima 500 SC (0,3 l/ha) + insekticidní ošetření Proteus 110 OD (v dávce 0,75 l/ha)
10.7 2014	kontrola porostu
21.7 2014	fungicidní ošetření Altima 500 SC (0,3 l/ha)
<b>25.7 2014</b>	<b>třetí odběr záchytných nádob se sedimenty</b> <b>měření ručním penetrem D70 a vlhkosti půdy</b>
13.8 2014	fungicidní ošetření Altima 500 SC (0,3 l/ha)
2.9 2014	desikace natě
<b>25.9 2014</b>	<b>čtvrtý odběr záchytných nádob se sedimenty</b>
9.10 2014	ruční sklizeň pokusů, hodnocení výskytu plísně na hlízách
16.10 2014	rozbor sklizených vzorků

## 4.4 Sledované charakteristiky

### 4.4.1 Množství splaveného sedimentu

Pokusný pozemek se nachází na parcele s průměrnou svažítostí 1,5°, s průměrnou nadmořskou výškou 291 m. Pro účely hodnocení smyvu ornice byly (u 12 pokusných parcel) instalovány záchytné nádoby, které z plochy 8 m<sup>2</sup> zachytávaly splavenou ornici. Celkem byly provedeny 4 odběry a hodnocení zachyceného sedimentu. První v době, kdy porost brambor nebyl ještě plně zapojen, 2x při plném zapojení porostu a poslední v závěru vegetace, kdy byl porost částečně redukován plísní bramboru a následně záměrnou desikací porostu.

Zachycený sediment byl po odběru zfiltrován, usušen a zjištěna hmotnost sedimentu (g/8 m<sup>2</sup>).

### 4.4.2 Teplota a vlhkost půdy

K měření teploty a vlhkosti půdy (resp. sacích tlaků půdy) bylo použito přístroje MicroLog SP + Watermark 200SS-X (EMS Brno). Měření teploty půdy probíhalo v hloubce 10 cm a sacích tlaků půdy v hloubce 24 cm od vrcholu hrůbku v intervalu 15 min na variantě kontrola (K) a rostlinný mulč (SL2). Relativní vlhkost půdy byla měřena ručním vlhkoměrem HH2 (Delta-T, UK) při měření odporů půdy v příslušných hloubkách (4, 8, 12, 16, 20, 24 a 28 cm).

### 4.4.3 Měření odporu

Doplňkovým sledováním bylo měření povrchového utužení půdy do hloubky 4 cm a posléze bylo rozšířeno na půdní profil do hloubky 28 cm K měření byl použit ruční přístroj penetrometr D70.

### 4.4.4 Napadení hlíz plísní

Rozsah napadení hlíz byl stanoven ve dvou fázích. První při vlastní sklizni a druhé hodnocení při třídění hlíz (cca týden po sklizni), pro hodnocení byl měřítkem počet a

hmotnost napadených hlíz na parcelku, nicméně nebylo zjištěno žádné napadení u žádné z pokusných variant.

#### **4.4.5 Počet a hmotnost hlíz**

Třídění na čtvercových sítích a následné stanovení počtu a hmotnosti hlíz probíhalo týden po sklizni. K tomuto účelu bylo použito třech sít a hlízy roztríděny na tyto čtyři velikostní frakce: pod 40 mm, 40-55 mm, 56-60 mm a nad 60 mm.

### **4.5 Statistické hodnocení**

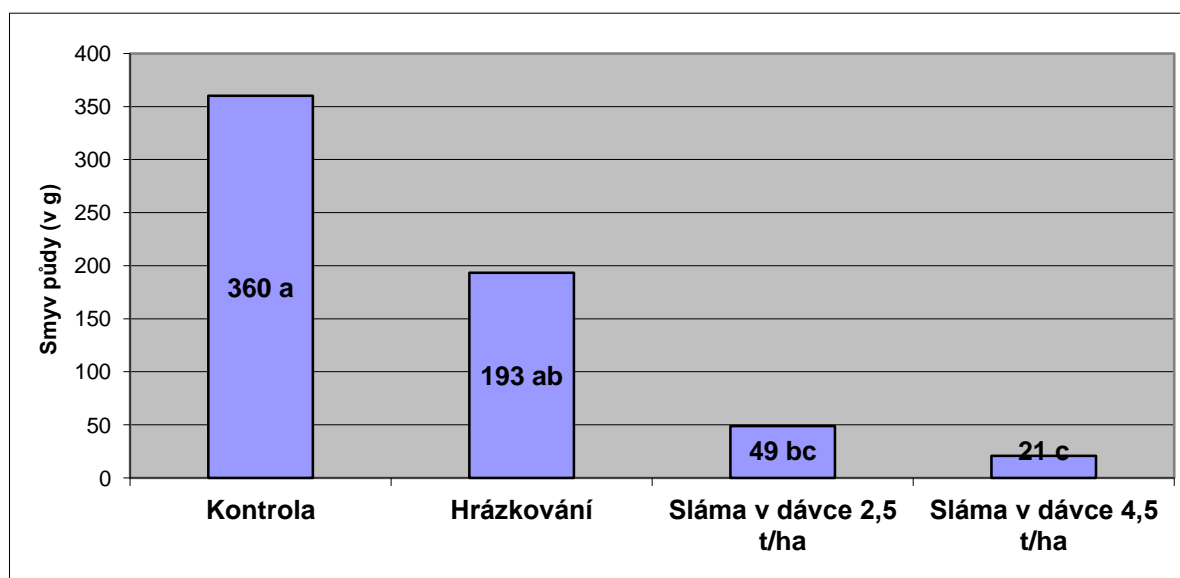
Naměřené hodnoty byly průběžně ukládány do MS Office Excel. Následně připraveny pro statistické zpracování v programu Statgraphics Plus ver. 5.1. Nejprve byla provedena analýza rozptylu ANOVA a následně podrobné statistické vyhodnocení metodou Tukey HSD na hladině významnosti 95 %. Zjištěné průměry a minimální průkazná diference ( $HSD_{0.05}$ ) byly přeneseny zpět do MS Office Excel a v tabulkách a grafech vyznačeny statisticky průkazné rozdíly (průměry se stejnými písmeny se statisticky průkazně neliší).

## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení půdoochranných opatření

#### 5.1.1 Vliv opatření na odnos půdy

Jedním z hlavních cílů práce bylo zhodnotit účinek aplikovaných opatření na protierozní ochranu půdy, případně jejich účinnost porovnat mezi sebou. Z dosažených výsledků vyplývá, že z hlediska smyvu půdy měla nejpozitivnější účinek varianta SL2 (mulčovaná sláma v dávce 4,5 t/ha), a SL1, varianta H hrázkování měla očividně menší účinek. Nejhuře z hlediska smyvu dopadla varianta kontroly (K) s průměrným smyvem 360 g zeminy za sledované období, oproti tomu výsledek varianty SL 2 s 21 g sedimentu.



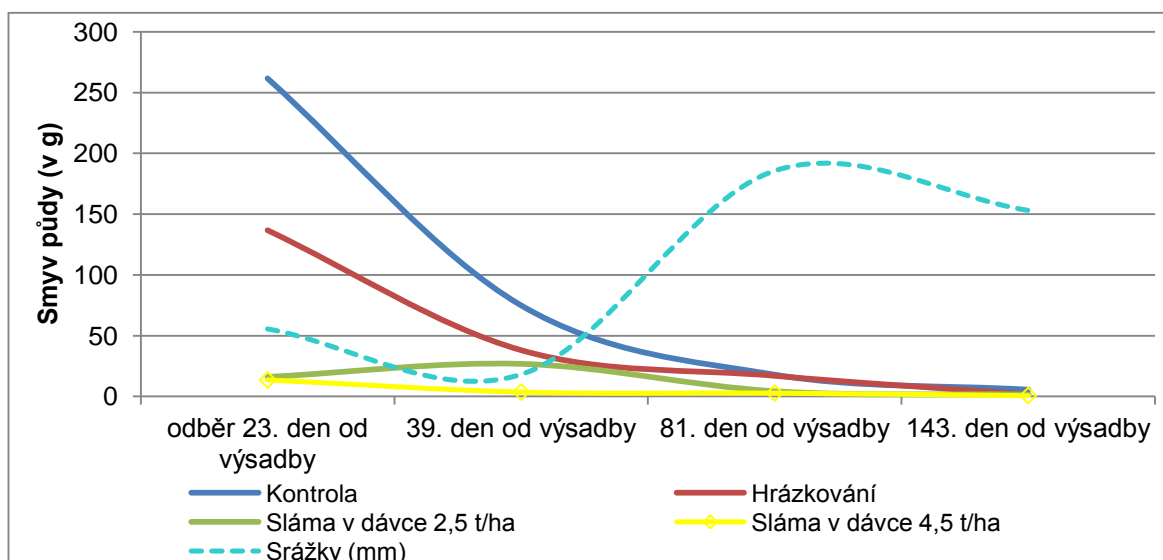
Graf č. 1: Vliv půdoochranných opatření na smyv půdy z porostů brambor (průměry se stejnými písmeny nejsou statisticky průkazné na hladině významnosti 95 %, minimální průkazná diference  $HSD_{0.05}=51,7$ ).

#### 5.1.2 Vliv termínu na množství odnosu půdy

V průběhu pokusu byly provedeny 4. odběry vzorků v různých fázích vegetace. 1 odběr byl proveden ještě před plným zapojením porostu. 2. a 3. odběr byl proveden již v době plného zapojení a 4. odběr byl proveden na konci vegetace (po desikaci).

Při nezapojeném porostu se dalo do pohybu v přepočtu na jeden hektar u kontroly 327, 5 kg, u hrázkování o 48 % méně, u mulčované slámy v dávce 2,5 t/ha o 94 % méně a při dávce 4,5 t/ha o 95 % méně.

Z dosažených výsledků vyplývá, že během vegetačního období smyv probíhal nejintenzivněji za květen až červen, tedy během nedostatečného zapojení porostu, přičemž je nutné dodat, že srážkově nejvydatnějším měsícem byl červenec.



Graf č. 2: Vliv fáze porostu (vegetace) a množství srážek na smyv půdy.

### 5.1.3 Vliv opatření na povrchové utužení půdy a mikroklima

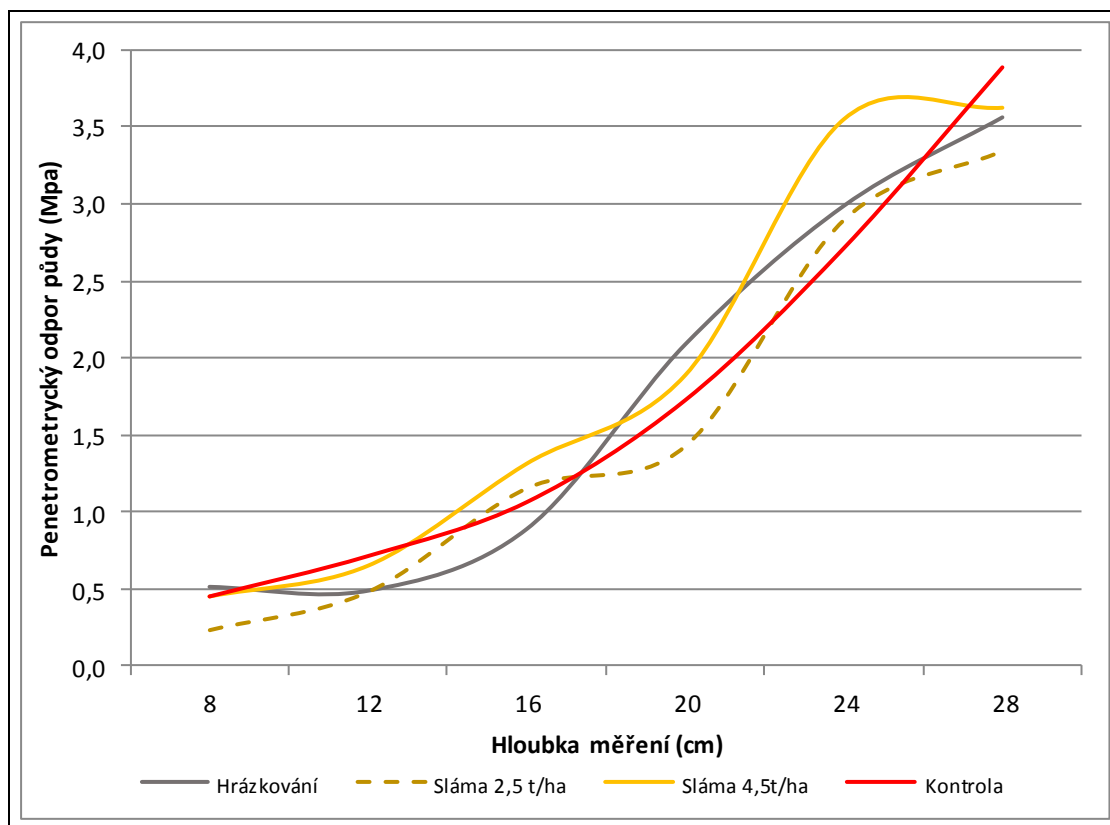
Při měření penetrometrického odporu půdy, byly při povrchovém měření (do 4 cm hloubky) naměřeny nejvyšší hodnoty u kontrolní varianty (K), naopak nejnižší odpor byl zaznamenán u varianty SL2 (rostlinný mulč 4,5 t/ha). Průměrné hodnoty penetrometrického odporu (od 4 do 28 cm) ukazují opačné hodnoty (Tab. č. 4).

Tab. č. 4: Porovnání povrchového utužení u pokusných variant.

Varianta	Penetrometrický odpor (MPa) do 4 cm	Relativní vlhkost půdy (%) do 4 cm	Průměrný penetrometrický odpor (MPa) od 4 do 28 cm	Průměrná relativní vlhkost půdy (%) od 4 do 28 cm
K	0,20	13,6	1,12	12,9
H	0,19	12,6	1,64	12,8
SL1	0,13	13,4	1,17	14,5
SL2	0,1	16,3	2,73	11,2



Měřením do hloubky 28 cm byly zjištěny další hodnoty penetrometrického odporu u jednotlivých variant (Graf. č. 3). V povrchové vrstvě (do 16 cm) byly nižší hodnoty odporu u slámy a hrázkování. Ve větší hloubce (16-28 cm) byl výrazně vyšší odpor u SL2 a částečně i hrázkování (oproti kontrole).



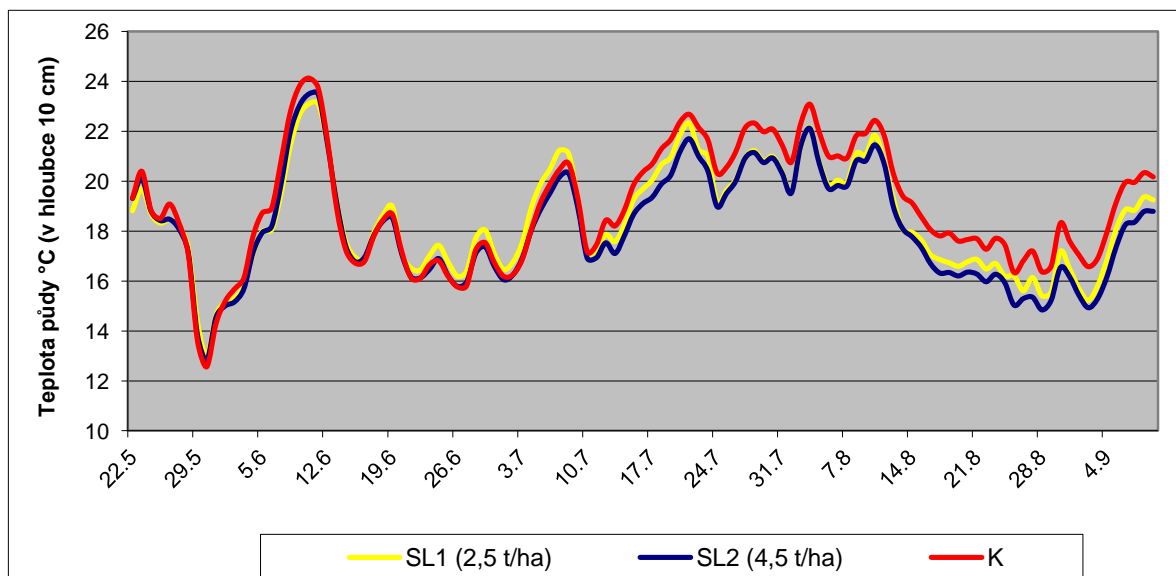
Graf č. 3: Porovnání utužení půdy v celém profilu.

S výsledky měření penetrometrického odporu byly současně pořízeny i aktuální hodnoty vlhkosti půdy (v jednotlivých měřených hloubkách). Nejvyšší relativní vlhkost půdy byla do 4 cm hloubky naměřena u SL2 (o 2,7 % vyšší než u kontroly). Nejvyšší průměrná relativní vlhkost půdy v profilu 8-28 cm byla u SL1 (o 1,6 % vyšší v porovnání s kontrolou).

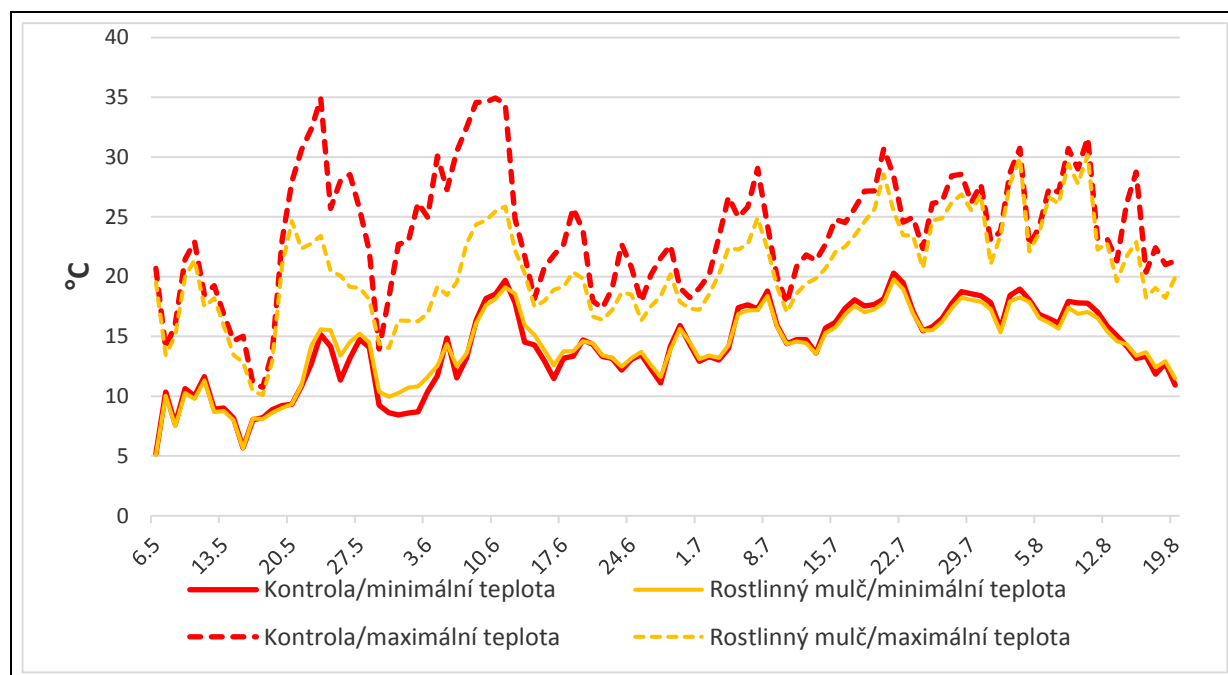
Aplikace rostlinného mulče na povrch půdy ovlivnila také teplotu půdy v hloubce 10 cm. Průběh průměrných denních teplot půdy uvádí graf č. 4. Z něho je patrné, že rostlinný mulč (SL1 a SL2) snižoval teplotu půdy. Za sladované období u SL1 o 0,5 °C a u SL2 o 0,8 °C v porovnání s kontrolou.

Doplněn je také průběh maximálních a minimálních teplot půdy (Graf č. 5). Ze zaznamenaných výsledků minimálních a maximálních teplotních hodnot je také zjevné, že

rostlinný mulč oproti kontrole stabilizoval (snižoval) teplotní výkyvy, zejména v období závěru května a počátku června, tedy ještě před plným zapojením porostu.



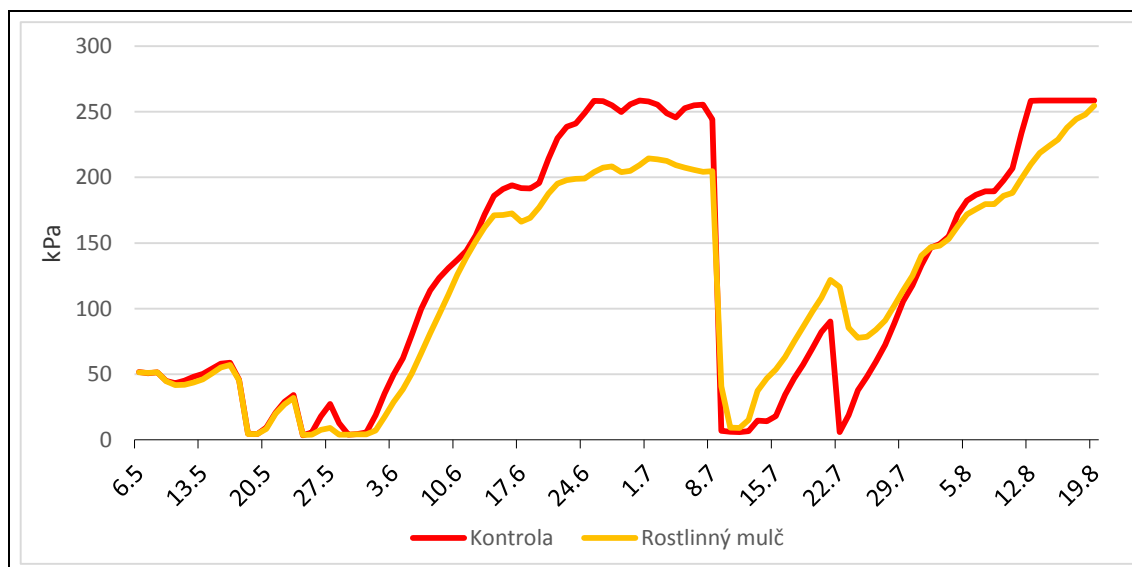
Graf č. 4: Porovnání průměrné teploty půdy (v hloubce 10 cm) u rostlinného mulče (SL1 a SL2) a kontroly (K) během vegetace.



Graf č. 5: Teplotní minima a maxima půdy a porovnání teplotního rozpětí u rostlinného mulče a kontroly (v hloubce 10 cm).

Dalším měřením charakterizující vlhkostní poměry v půdě bylo zjišťování sacích tlaků půdy v hloubce 24 cm (od vrcholu hrůbku) po celou vegetaci. Z výsledků měření sacích tlaků

půdy je patrný, že u rostlinného mulče byl sací tlak nižší, což odpovídá vyšší vlhkosti půdy (Graf č. 6). I zde je však patrné, že v období od 10.7 do 5.8 byly sací tlaky půdy u rostlinného mulče vyšší, tj. nižší vlhkost půdy, podobně jako při měření ručním vlhkoměrem HH2 při penetrometrické stanovení odporu půdy (25.7).



Graf č. 6: Srovnání sacích tlaků půdy u varianty rostlinného mulče a kontroly.

## 5.2 Vliv opatření na výnosové ukazatele

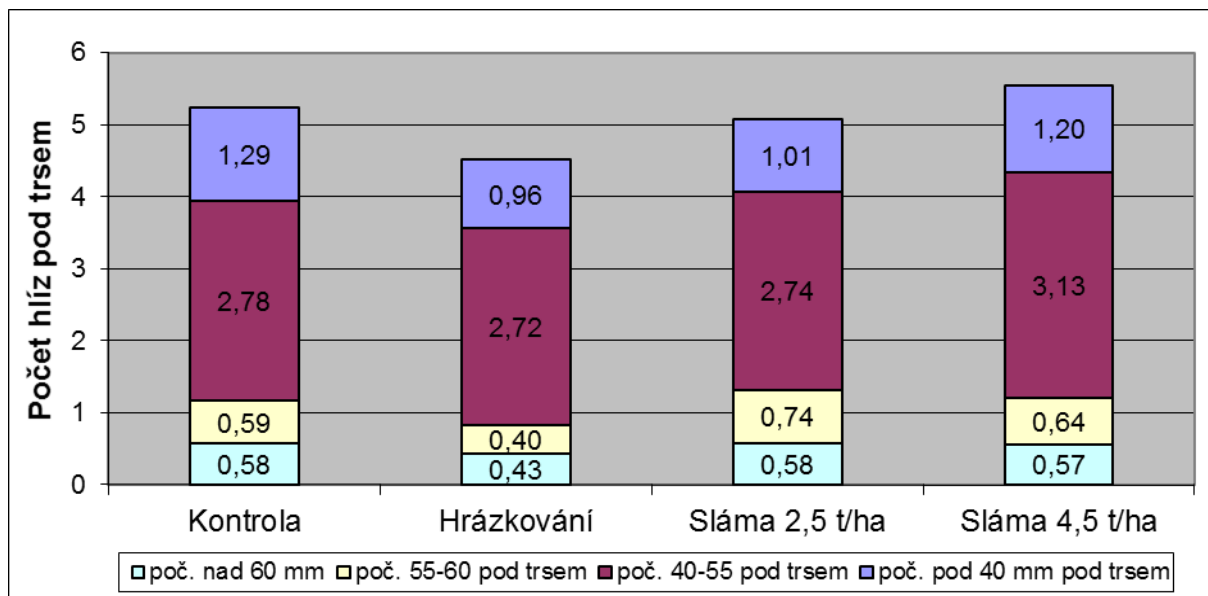
Změna pěstitelských podmínek (teploty či vlhkosti půdy) ovlivňuje i konečnou produkci hlíz.

### 5.2.1 Počet hlíz a hmotnost pod trsem

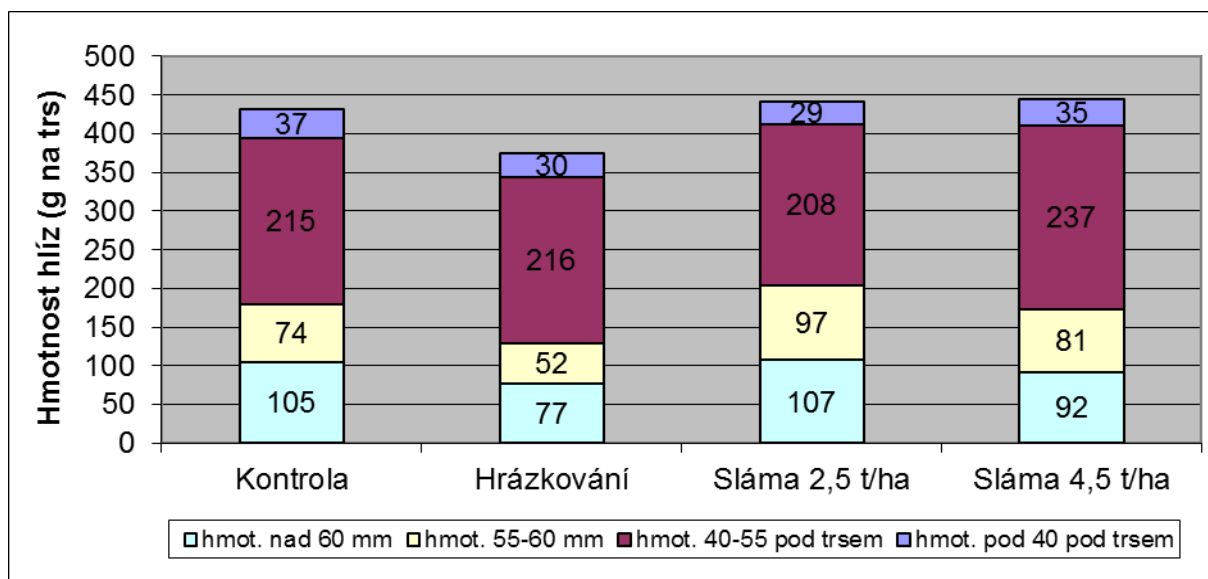
Při zjišťování vlivu aplikovaných opatření na počet hlíz pod trsem byl zjištěn pozitivní vliv u SL2. U ostatních variant došlo spíše ke snížení počtu hlíz (Graf č. 7). Rostlinný mulč (SL1 a SL2) v porovnání s kontrolou zvýšil počet hlíz ve velikostní frakci 55-60 mm, u SL2 dále také počet hlíz ve frakci 40-55 mm. U hrázkování byl počet hlíz pod trsem nejnižší a snížen byl tak ve všech hodnocených velikostních frakcích.

Při vyhodnocování pokusu byla také sledována hmotnost hlíz na jeden trs. Z níže uvedeného grafu č. 8 je patrné, že celkově nejvyšší hmotnost hlíz byla u rostlinného mulče

(SL1 a SL2). Podobně jako u počtu hlíz tak i hmotnost hlíz byla nejnižší u hrázkování. U všech variant byl výnos konzumních hlíz tvořen zejména velikostní frakcí 40-55 mm a méně též i hlízami nad 60 mm. Podíl drobných hlíz (pod 40 mm) byl nepatrně vyšší u kontroly.



Graf č. 7: Porovnání počtu hlíz pod trsem při půdoochranných opatřeních.

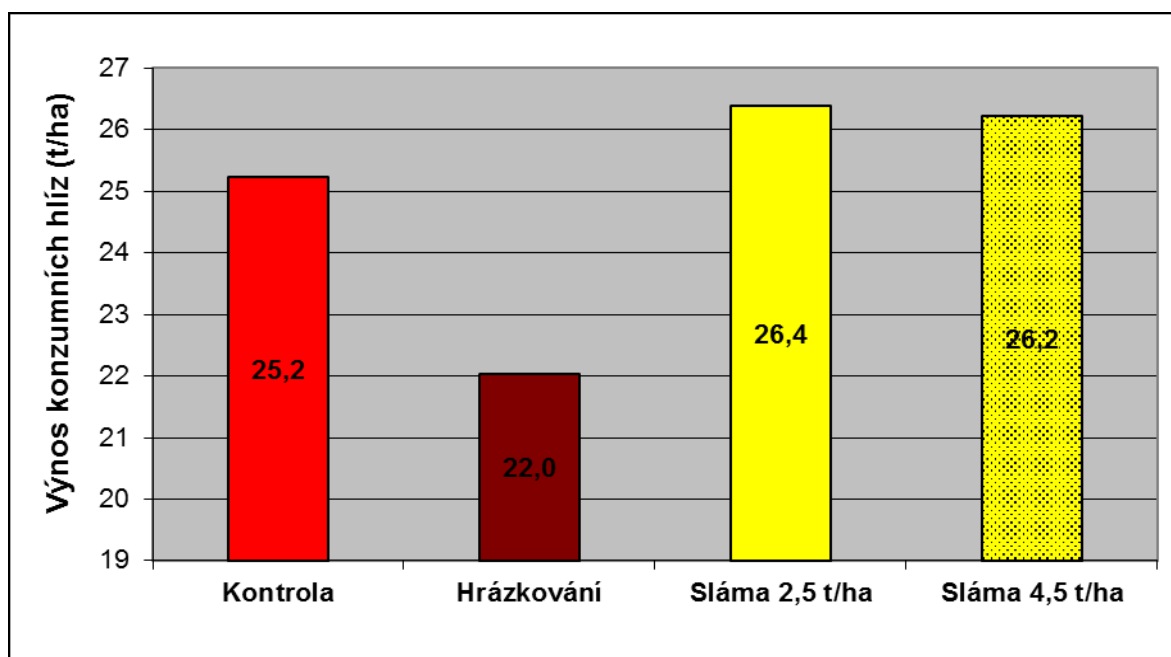


Graf č. 8: Zastoupení hmotnostních skupin hlíz u půdoochranných opatření.

### 5.2.2 Výnos tržních hlíz

V rámci pokusu byl také sledován možný vliv uplatněných opatření na výnos tržní hlíz. Pro stanovení tržního výnosu konzumních hlíz byly počítány hlízy s velikostí nad 40 mm.

Statistické hodnocení však nezjistilo průkazné rozdíly mezi výnosy hlíz. Z uvedených výsledků vyplývá, že trend vyšších výnosů konzumních hlíz byl zaznamenán u rostlinného mulče (SL1 a SL2). Trend nižšího výnosu u hrázkování v porovnání s kontrolou (Graf. č. 9).

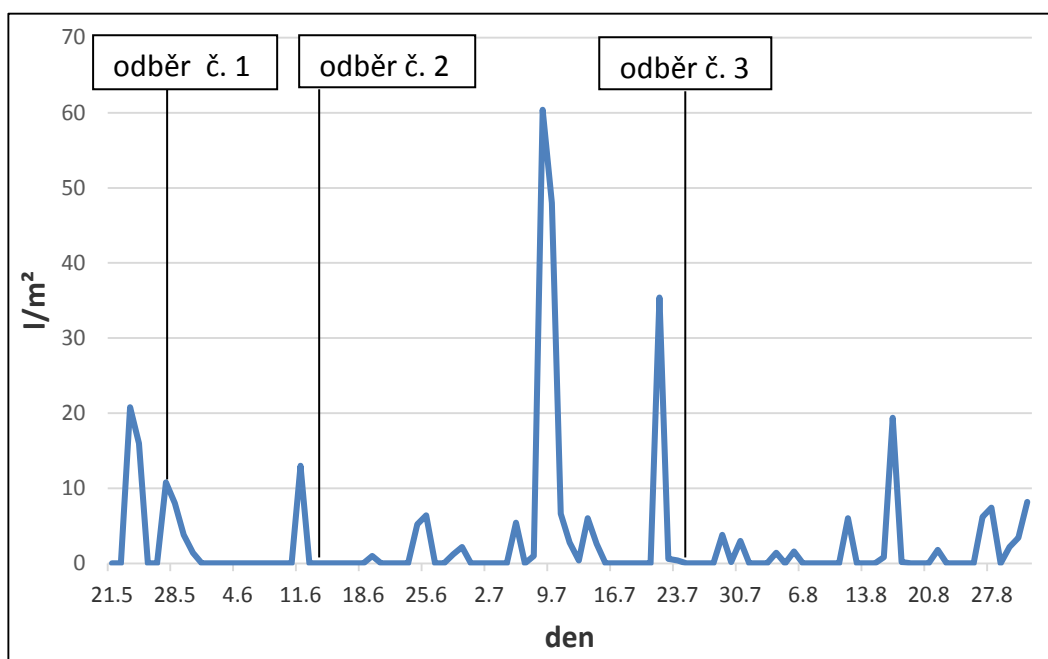


Graf č. 9: Porovnání výnosů konzumních hlíz u půdoochranných opatření (průměry se stejnými písmeny nejsou statisticky průkazné na hladině významnosti 95 %, minimální průkazná diference  $HSD_{0.05} = 4,51$ ).

## 6 Diskuze

Z vyhodnocených výsledků je patrné, že z prověřovaných opatření se z hlediska redukce (snížení) odnosu půdy jeví nejúčinněji použití rostlinného mulče (SL1 a SL2), jejichž protierozní efekt je o to významnější, že půdu chrání již od samé výsadby (resp. aplikace na hrůbky). Rostlinný mulč tlumí destruktivní sílu dopadajících dešťových kapek, tím udržuje povrchovou vrstvu půdy kyprou, se vsakovací schopností a snižuje tak i povrchový odtok. Tento efekt je významný zvláště v období počátku vegetace, kdy porost není dostatečně zapojen a riziko výskytu prudkých, rychlých dešťů je vysoké. Během prvního úseku měření byl úhrn srážek 55,6 mm od první instalace sběrných nádob (21. 5) po jejich odběr (28. 5). Přesněji za 7 dní spadlo přes 55 l/m<sup>2</sup>, přitom za první tři dny to bylo necelých 37 l/m<sup>2</sup> (Graf č. 10). Při prvním odběru byl sediment u kontroly 262 g naproti tomu u SL2 bylo zachyceno pouze 14 g, u SL1 to bylo pak 16 g.

U hrázkování byl zachycený smyv v souladu s očekáváním oproti rostlinnému mulči vyšší. Během prvního úseku měření u hrázkování činil smyv 137 g, stále je to o 48 % méně než u kontroly. Nicméně nedosahuje účinnosti rostlinného mulče (o 94,3 % nižším smyv v porovnání s kontrolou).



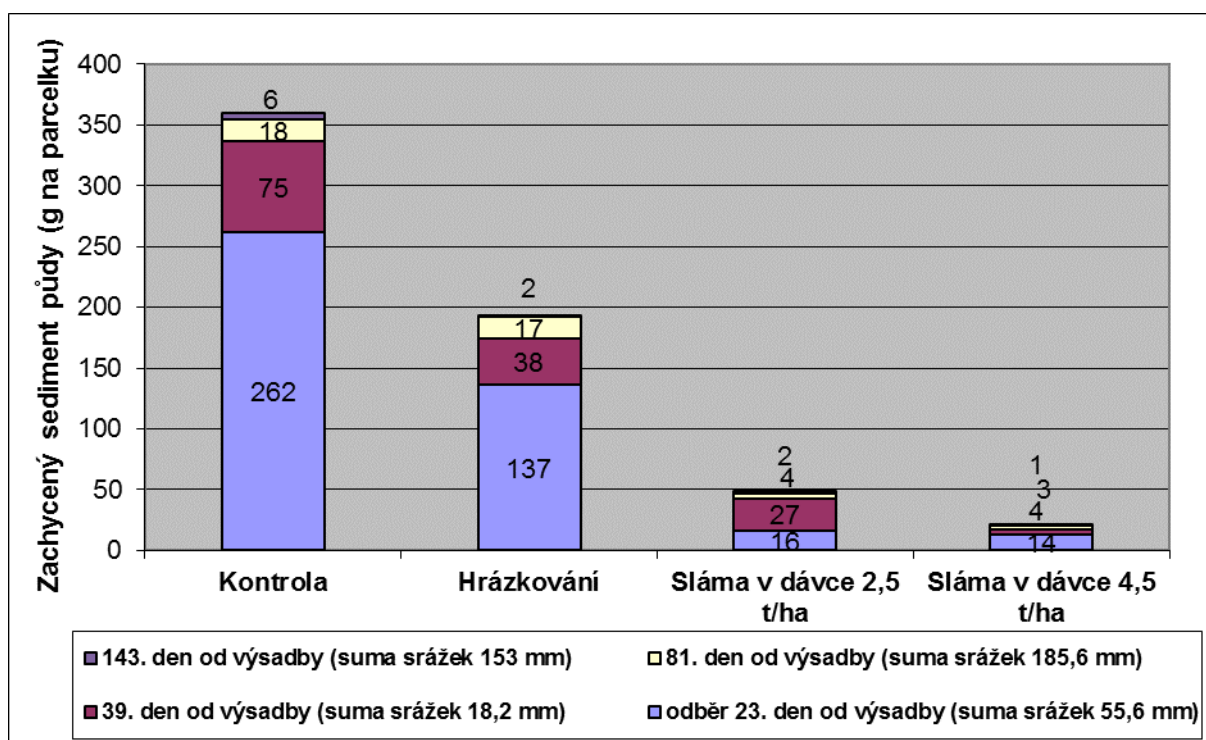
Graf č. 10: Časové úseky tří odběrů sedimentů na průběhu úhrnů srážek sledovaného období.

Pozitivní výsledky aplikace slámy jako půdoochranné technologie byly publikovány v řadě vědeckých článků. Döring a kol. (2005) uvádí, že sláma v dávce 2,5 až 5 t/ha snížila

erozi o 97 %. Tyto výsledky jsou v souladu s námi zjištěnými výsledky (o 94,3 % nižším smyvem).

Otázkou zůstává také aplikační dávka mulče, která má dle publikovaných výsledků velmi široké rozpětí. Například Gholami a Sadeghi (2012) uvádí, že při aplikaci mulčované slámy se osvědčila dávka v rozmezí od 0,5 do 6 kg na m<sup>2</sup> tj. 5-60 t/ha, naproti tomu Nishihara a Shock (2001) udávají, že v případě mulčování slámou je spotřeba 0,9 až 1,1 t/ha, přičemž za klíčový faktor považují délku slámy, optimálně 8 až 10 cm, v případě delší slámy voda prosakuje příliš rychle, v opačném případě může být sláma i splavena.

Vedle druhu použitého materiálu či jeho dávky je dalším významným aspektem v účinku půdoochranných opatření vegetační fáze porostu, která má také vliv na smyv půdy. To je patrné z výsledků kontrolní varianty, kdy je půdní povrch nejvíce ohrožen smyvem na počátku vegetačního období kvůli nedostatečnému zapojení porostu dané brambor (Graf č. 11). Zatímco u kontroly na počátku vegetace (21. 5 - 28. 5) dosahoval smyv 262 g při 55,6 mm srážek, kontrola při zapojeném porostu (8. 7 - 25. 7) měla smyv jen 75 g.



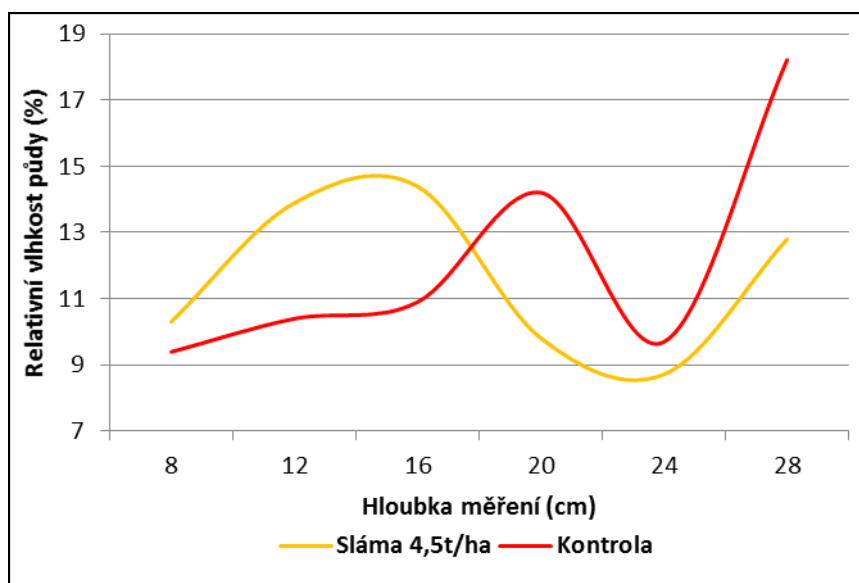
Graf č. 11: Vliv termínu, fáze porostu a srážek na smyv půdy.

Za povšimnutí stojí i úhrn srážek, který byl za období 23. dne až 39. dne od výsadby (tj. úsek května až června), oproti zbytku vegetačního období relativně nízký, přesto hodnota smyvu půdy byla vyšší i u ostatních variant.

Aplikace rostlinného mulče měnila odpor půdy. Ve svrchní vrstvě byl jednoznačně nižší, ale s narůstající hloubkou narůstal více než u nemulčované kontroly. S hloubkou penetrometrický odpor konstantně narůstal u všech variant.

Naměřené hodnoty odporu souvisí také s aktuální vlhkostí půdy, zjišťovanou současně při měření odporu pro případné zohlednění. Dle Lukase a kol. (2010) velikost odporu půdy přímo souvisí se stupněm zhutnění a závisí na okamžité vlhkosti půdy, což je třeba zohlednit. Současně však uvádí, že pokud je provlhčení rovnoměrné (např. na jaře) není většinou nutná korekce podle vlhkosti půdy.

Průměrná hodnota relativní vlhkosti půdy (z celého hodnoceného profilu) byla u kontroly (12,90 %) podobná s rostlinným mulčem (12,85 %). Měnilo se pouze rozložení vody, resp. půdní vlhkosti v profilu. U varianty s rostlinným mulčem docházelo k zadržení části srážkové vody již na povrchu vlastní slámou (Graf č. 12), což u mulče způsobilo zvýšenou vlhkost půdy v povrchových vrstvách a suší podmínky ve větší hloubce (16-28 cm). Svědčí to o schopnosti rostlinných materiálů (na povrchu či mírně zapravených) účinně zachytit a udržet půdní vláhu.



Graf č. 12: Relativní vlhkost půdy v hlubších vrstvách půdního profilu.

V případě hodnocení vlivu použitých opatření na půdní mikroklima, u rostlinného mulče byl jednoznačně pozitivní vliv na stabilizaci teplot, zvláště tlumení květnových a červnových výkyvů (Graf č. 5). Také vláhové poměry byli v případě rostlinného mulče pozitivně ovlivněny, což souvisí i s ovlivněním sacích tlaků v půdě (Graf č. 6), které musí rostlina překonat, aby mohla plně využít půdní roztok. Lze tedy usuzovat, že rostlinný mulč zpomalil evaporaci a zadržel tak vláhu, což je v souladu s výsledky McMillen (2013). Ten



uvádí, že v případě mulčování byla snížena povrchová evaporace o 60 % oproti kontrole. Také Freitas a kol. (2014) publikovali výsledky o snížení evaporace rostlinným mulčem o (30- 60 %).

Při zkoumání vlivu půdoochranného opatření na výnosové ukazatele vyplynulo, že pozitivně působil rostlinný mulč SL 2 (4,5 t slámy/ha). Tato varianta zvyšovala jak výnos konzumních hlíz (o 4 %), tak celkově i podíl větších hlíz. Tento přírůstek výnosu byl nižší než u dřívějších publikovaných studií Dvořáka a kol. (2013), uvádí zvýšení výnosu konzumních hlíz o 28,7 %.

Naopak hrázkování počet hlíz všech sledovaných velikostí snížilo. Rostlinný mulč měl dále vliv i na celkovou hmotnost hlíz na jeden trs. I přesto ke statisticky průkaznému zvýšení výnosu konzumních hlíz vlivem hrázkování či rostlinného mulče nedošlo.

## 7 Závěry

Z výsledku pokusu lze vyvodit několik závěrů. V první řadě je nutné si uvědomit, že ke smyvům půdy vlivem dopadajících a odtékajících srážek, dochází i na pozemcích méně sklonitých nebo téměř rovných. Za druhé, půdoochranné technologie, jakožto agrotechnická protierozní opatření, jsou účinným ochranným prostředkem nejen pro regulaci odnosu půdy, ale také jako opatření pro zlepšení pěstitelských podmínek (mikroklima kultury- půdní vláh, teploty, sacích tlaků).

U půdoochranných technologií jako byl rostlinný mulč (SL1 a SL2) se ukázalo, jak účinné jsou, především na počátku vegetačního období, tedy z hlediska eroze nejrizikovějšího období. Rostlinný mulč dokázal snížit smyv půdy o 94,3 %, což je významné zlepšení. Hrázkování sice dosáhlo oproti mulči jen 48 % snížení, nicméně je také nutné přihlídnout k nákladům obou technologií. Další pozitivum těchto opatření je jejich možný vliv na povrchové utužení půdy a mikroklima.

Další zásadní otázkou je vliv opatření na výnosové ukazatele. Rostlinný mulč pozitivně působil jednak na počet hlíz pod trsem a dále na počet konzumních hlíz (velikostní frakce 40-50 mm). Naproti tomu hrázkování mělo celkově negativní vliv na počet hlíz. Dle výsledků největší pozornost zasluhuje jednoznačně rostlinný mulč (SL 2 4,5 t/ha), který měl ve všech sledovaných charakteristikách pozitivní vliv a většinou dosahoval nejlepších hodnot.

Je tedy nutné se dále zabývat výzkumem a rozvojem těchto technologií, neboť díky nim, lze s ohledem na budoucnost hospodařit udržitelně a zachovat tak plnohodnotnou venkovskou krajinu. Je třeba si uvědomit, že bez plnohodnotné venkovské krajiny, venkovský prostor nemůže plnit funkci jako místo pro kvalitní život, natož pak se rozvíjet a prosperovat.

### Odpověď na výzkumné hypotézy

Hypotéza 1: Cílená aplikace protierozních opatření pozitivně ovlivní teplotní a vláhové poměry v půdě a tímlepší pěstitelské podmínky (teplotu a vlhkost půdy, výživný stav porostů a napadení hlíz plísní bramboru).

Hypotéza potvrzena. Aplikace rostlinného mulče (slámy) stabilizovala chod teplot půdy a celkově i vláhové poměry v půdě. Poskytla tak lepší podmínky z hlediska dostupnosti vody a živin. Tyto faktory se promítly do růstu a výsledné produkce hlíz. I přes vyšší vlhkost půdy se u rostlinného mulče nevyskytla plíseň bramboru na hlízách.

Hypotéza 2: Použití hrázkování a mulče ze slámy bude ovlivňovat výnos hlíz a celkově výnosovou úroveň konzumních hlíz.

Hypotéza nepotvrzena. Výsledný výnos konzumních hlíz nebyl při použití půdoochranných technologií ze statistického hlediska vyšší. Jednalo se tedy o pozitivní trend nárůstu výnosu konzumních hlíz u rostlinného mulče a to u SL1 o 1 t/ha a u SL2 o 1,2 t/ha. Hrázkování také neposkytlo statisticky průkazný výsledek v oblasti výnosu konzumních hlíz.

### Doporučení pro praxi

Blížíme se k době, kdy bude nejvyšší čas změnit současný přístup k hospodaření a nakládání s ornou půdou obecně. V případě širokořádkových plodin jako jsou brambory, které se za využití vhodných půdoochranných technologií dají úspěšně pěstovat. V našem případě aplikaci slámy po výsadbě na povrch hrůbků lze doporučit pro běžnou pěstitelskou praxi. Vyžaduje to nemalé úsilí a vyšší náklady, které se vrátí v ceně za kvalitní půdu.

Na úspěchu těchto technologií v praxi závisí to, jak budou v provozních podmínkách uplatněny a jestli se nalezne vhodný kompromis mezi jejich efektem a náklady.

## 8 Použitá literatura

### 8.1 Literární prameny

- Arnhold, S., Linder, S., Lee, B., Martin, E., Kettering, J., Nguyen, T., T., Koellner, T., Ok, I., S., Huwe, B. (2014). Conventional and organic farming: Soil erosion and conservation potential for row crop cultivation. *Geoderma*. 219: 89-105 p.
- Badalíková, B., Bartlová, J. 2014. Význam hnojení organickou hmotou a důsledky jeho vynechávání. *Agromanuál*. 9 ročník- září/ říjen. Kurent. České Budějovice. 50- 51 s.
- Bičík (ed.). 2010. Vývoj využití ploch v Česku. Česká geografická společnost. Praha. 250 s. ISBN: 978-80-904521-3-8.
- Dotterweich, M., Schmitt, A., Schmidtchen, G., Bork, H., 2003. Vineyards, hopgardens and recent afforestation: effects of late Holocene land use change on soil erosion in northern Bavaria, Germany. *Catena*. 51/3. 241-254 p.
- Döring, T., F., Brandt, M., Heb, J., Finckh, M., R., Saucke, H. 2005. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research (Impact Factor: 2.61)*. 11/2005; 94(2-3):238-249. DOI: 10.1016/j.fcr.2005.01.006.
- Dvořák, P., Tomášek, J., Hamouz, K., Mičák, L. 2013a. Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor. Česká zemědělská univerzita v Praze - katedra rostlinné výroby FAPPZ. Praha. 32 s. ISBN 978-80-213-2389-6.
- Dvořák, P. Tomášek, J. 2013. Využití systému povrchového mulčování u brambor. Sborník ze semináře: Výzkum a zkušenosti- pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Powerprint- Praha. 57 s. ISBN: 978-80-213-2385-8.
- Edwards, L., M., Volk, A., Burney, J., R. 2000. Mulching Potatoes: Aspects of Mulch Management Systems and Soil Erosion. *Amer J of Potato Res.* 77:225-232
- Freitas, P., S., L., Gava, R., Faria, R., T., Rezende, R., Vieira, P., V., D. 2014. Soil evaporation under different straw mulch fractions. *African journal of agriculture research*. 9. vydání. Červen. 1793 - 1800 p.
- Gholami, L., Sadeghi, S. H. 2012. Straw Mulching Effect on Splash Erosion, Runoff, and Sediment Yield from Eroded Plots. *Soil & Water Management & Conservation*. Soil Science Society of America, 5585 Guilford Rd., Madison.
- Hamze, M., A., Anderson W., K. 2004. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, cause and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82. 121- 145 p.

- Holý, M. 1970. Vodní eroze v ČSSR. 1. vydání. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství České socialistické republiky- Praha. 93 s.
- Holý, M. 1978. Protierozní ochrana. 1. vydání. Nakladatelství technické literatury- Bratislava. 283 s.
- Chlan, M. 2014. Bramborářství. Ročník XXII. Číslo 4/2014. 2- 4 s.
- Janeček, M. (ed.). 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. 1 vydání. Česká zemědělská univerzita. Powerprint, Praha. 102 s. ISBN 978-80-87415-42-9
- 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. 27 s. ISBN: 978-80-86940-46-5.
- Klima, K., Wiśniowska-Kielian, B. 2006. Anti-erosion effectiveness of selected crops and the relation to leaf area index (LAI). PLANT SOIL ENVIRON., 52, 2006 (1): 35–40. University of Agriculture. Kraków.
- Kovář, P. (ed.). 2010. Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivaci: sborník abstraktů ze semináře: 14.1.2010, ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí. Vyd. 1. Česká zemědělská univerzita. Praze. 80 s., ISBN: 9788021320833.
- Kovaříček, P. (ed.). 2012. Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty. V. v. i Ruzyně- Česká zemědělská univerzita. Praha. 32 s. ISBN 978-80-86884-69-1.
- Králíček, J., Chlan, M. 2013. Nové technologie a odrůdová agrotechnika – základ konkurenceschopnosti a stability produkce brambor. Ústřední bramborářský svaz ČR.
- Lokoč, M., Lokočová, M. 2010. Vývoj krajiny v České republice. Lipka. Brno. 86 s. ISBN: 978-80-904807-3-5.
- Lukas, V., Neudert, L., Křen, J. 2011. Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. 1. vydání. Mendelova univerzita- reklamní studio REIS. Brno. 30 s. ISBN 978-80-7375-562-1.
- McMillen, M. 2013. The effect of mulch type and thickness on the soil surface evaporation rate. California Polytechnic State University. San Luis Obispo. 9 s.
- Novotný (ed.). 2014. Příručka ochrany proti vodní erozi. 2 vydání. MZe. Praha. 73 s. ISBN: 978-80-87361-33-7.
- Ogle, P., Burt, J. 1986. Use straw to control erosion. Agriculture Fibre association. Oregon.

- Pivec, J., Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Krouhlik, M., Chyba, J. 2014. Stok vody po rostlinách v porostech kukuřice. Agromanuál. 9 ročník- září/ říjen. Kurent. České Budějovice. 80- 81 s.
- Rožnovský, J., Litschmann, T. Středová, H., Středa, T. (eds.). 2013. Nové metody hodnocení vodní eroze na VÚMOP, v.v.i. Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29. – 30. 5. 2013. ISBN: 978-80-87577-17-2.
- Shirish, P., Thusar, K., Satish, B. 2013. Mulching: A Soil and Water Conservation Practice. Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences. 26-29 s.
- Vokál, B. (ed.). 2013. Brambory: šlechtění – pěstování – užití – ekonomika. 1. vydání. Profi Press, Praha. 160 s. ISBN 978-80-86726-54-0.
- Smith, J., R., Blake, P. 2002. Utilization of Composted Mulch for Erosion Control in Hillside Vineyards. Prepared for Sonoma County Grape Day.
- Vokál, B. (ed.). 2004. Technologie pěstování brambor (Rozhodovací systémy pro optimalizaci pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor. 1. vydání. Praha: ÚZPI, 91 s. ISBN 80-7571-155-5.
- Vopravil, J. (ed.). 2012. Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí půda. Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s. Náměšť nad Oslavou. 158 s. ISBN: 978-80-87226-15-5.

## **Elektronické prameny**

- Česko. Nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor. Dostupné na : <  
<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/aktuality/novela-narizeni-vlady-c-479-2009-sb-o.html>
- Česko. Vyhláška č. 97/1966 Sb. Dostupné na : <  
[http://www.psp.cz/eknih/1971fs/tisky/t0127\\_01.htm](http://www.psp.cz/eknih/1971fs/tisky/t0127_01.htm)
- Česko. Zákon č. 53/1966 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Dostupné na : <  
<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=53&r=1966>
- Česko. Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Dostupné na : <  
<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=114&r=1992>

- Česko. Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Dostupné na : <  
<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=334&r=1992>
- Česko. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách. Dostupné na : <  
<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=2001&cz=254>
- Česko. Vyhláška č. 545/2002 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a  
náležitostech návrhu pozemkových úprav. Dostupné na : <  
[http://eagri.cz/public/web/ws\\_content?contentKind=regulation&section=1&id=54129&name=545/2002](http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation&section=1&id=54129&name=545/2002)
- Česko. Vyhláška č. 48/2011 o stanovení tříd ochrany zemědělského půdního fondu. Dostupné  
na : < <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=48&r=2011>
- Evropská unie. Nařízení Rady č. 73/2009. Dostupné na : <  
[http://www.cschms.cz/DOC\\_LEGISLATIVA\\_eu/115\\_Narizeni\\_Rady\\_ES\\_c.\\_73\\_2009.pdf](http://www.cschms.cz/DOC_LEGISLATIVA_eu/115_Narizeni_Rady_ES_c._73_2009.pdf)
- Evropská unie. Nařízení Komise č. 1122/2009. Dostupné na : <  
[http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU\\_x2006-2010\\_narizeni-2009-1122-MISTO796.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU_x2006-2010_narizeni-2009-1122-MISTO796.html).
- Dostál, T. 2013. Eroze - příčiny a opatření. Ochrana půdy.
- Kulhánek, J. 2014. Výnosy konzumních brambor budou letos spíš jen průměrné. 21. 8.  
Dostupné na : < <http://trebicky.denik.cz/podnikani/vynosy-konzumnich-brambor-budou-letos-spis-jen-prumerne-20140821-4q94.html>
- Lhotská, D. 2013. Stanou se brambory „citlivou komoditou“? 11. 12. STATISTIKA A MY.  
Dostupné na : < <http://www.statistikaamy.cz/2013/12/stanou-se-brambory-citlivou-komoditou/>
- MZe. 2011. Kvůli erozi dochází v ČR k degradaci půdy a snižování její ceny, alarmující  
situace je především na jižní Moravě. Tisková zpráva ze 14. 7. 2011. Dostupné na : <  
[http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2011\\_kvuli-erozi-dochazi-v-cr-k-degradaci.html](http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2011_kvuli-erozi-dochazi-v-cr-k-degradaci.html)
- Nishihara, A. Shock, C. 2001. Cost and Benefits of Mechanical Straw Mulch Application to  
Irrigation Furrows. Oregon State University Ontario, Oregon. Dostupné na : <  
<http://www.cropinfo.net/bestpractices/strawmulchreport.php>[20.5.2014 16:31:55]
- Quitt, E. 1971. Klimatické regiony ČR- mapa. Dostupné na : < <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/klimreg/mapa.jpg>

- Sekanina, M. 2007. NEDOKONČENÁ: Československá ekonomika v druhé polovině 80. let minulého století. Dostupné na : <  
<https://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=aop&pdf=217.pdf>
- SZIF. 2014. Zpráva o trhu zeleniny. Ročník XVIII. TIS ČR.13.11. 14 s. Dostupné na : <  
[http://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa\\_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy\\_o\\_trhu%2F09%2F1415970920990.pdf](http://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy_o_trhu%2F09%2F1415970920990.pdf)
- Tiessen, K. 2007. Reducing Tillage Erosion in Potato Production. Dostupné na : <  
<https://www.gnb.ca/0173/30/Erosion-e.pdf>
- Tippl, M., Janeček, M., Bohuslávek, J., 2001. Protierozní agrotechnika zlepšuje půdní vlastnosti a chrání půdu před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. Úroda.  
Dostupné na : < [http://uroda.cz/protierozni-agrotechnika-zlepsuje-pudni-vlastnosti-a-chrani-pudu-pred-erozi/\[25.7.2014 12:30:16\]](http://uroda.cz/protierozni-agrotechnika-zlepsuje-pudni-vlastnosti-a-chrani-pudu-pred-erozi/[25.7.2014 12:30:16])
- Růžek, P., Kusá, H. 2013. Pěstování brambor a půdoochranné technologie omezující erozi a znečišťování vod nitráty. Dostupné na : <  
[www.zeraagency.eu/dokumenty/008008001/12\\_ruzek.pdf](http://www.zeraagency.eu/dokumenty/008008001/12_ruzek.pdf)