



METODICKÉ POSTUPY K PŮDOOCHRANNÝM TECHNOLOGIÍM PŘI PĚSTOVÁNÍ BRAMBOR

Kolektiv autorů
CERTIFIKOVANÁ METODIKA
2016

VÝZKUMNÝ ÚSTAV BRAMBORÁŘSKÝ HAVLÍČKŮV BROD, s. r. o.
PORADENSKÝ SVAZ „BRAMBORÁŘSKÝ KROUŽEK“, z. s.

Metodické postupy k půdoochranným technologiím při pěstování brambor

Kolektiv autorů:

Ing. Pavel Kasal, Ph.D., *Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.*

Ing. Pavel Růžek, CSc., *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.*

Ing. Helena Kusá, Ph.D., *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.*

Ing. Dominika Kobzová, *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.*

Ing. Andrea Svobodová, Ph.D., *Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.*

Oponenti:

prof. Ing. Karel Hamouz, CSc., ČZU Praha

Ing. Václav Čermák, ÚKZÚZ Brno, Národní odrůdový úřad

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení projektu Technologické agentury ČR TA02021392 s názvem *Nové postupy v pěstebních technologiích okopanin šetrné k životnímu prostředí.*

Osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“ č. UKZUZ 012558/2016 vydal ÚKZÚZ Brno.

Tato publikace nesmí být přetiskována vcelku nebo po částech, uchovávána v médiích, přenášena nebo uváděna do oběhu pomocí elektronických, mechanických, fotografických či jiných prostředků bez výslovného svolení VÚB Havlíčkův Brod, s. r. o.

© Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., 2016

© Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“, z. s., 2016

ISBN 978-80-86940-66-3

I. Cíl metodiky.....	2
II. Vlastní popis metodiky	2
1. Úvod.....	2
2. Používání půdoochranných technologií při pěstování brambor.....	7
3. Charakteristika nových technologických postupů.....	8
3.1 Úprava tvaru hrůbků.....	9
3.2 Vsakovací žlábek	10
3.3 Hrázkování nekolejové brázdy.....	11
3.4 Kypření povrchu hrůbků.....	12
4. Ověření nových postupů při používání půdoochranných.....	12
technologií v polních pokusech	
4.1 Charakteristika stanoviště.....	12
4.2 Metodika polních pokusů.....	14
4.3 Vliv úpravy hrůbků na infiltraci vody a erozi půdy.....	15
4.4 Vliv úpravy hrůbků na výnos hlíz brambor.....	18
4.5 Vliv úpravy hrůbků na využití živin z minerálních hnojiv.....	21
5. Závěry a doporučení pro praxi	27
III. Srovnání novosti postupů.....	29
IV. Popis uplatnění metodiky	29
V. Ekonomické aspekty	29
VI. Seznam použité literatury.....	30
VII. Seznam publikací a dalších výsledků,	
 které předcházejí metodice.....	31
VIII. Odborné akce k projednání řešené problematiky	31

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je uplatnění nových půdoochranných technologií při pěstování brambor s odkameňováním půdy v zemědělské praxi. S využitím nových strojů a technologických postupů zlepšit infiltraci srážkové vody do půdy, snížit riziko vodní eroze, zvýšit využití živin z aplikovaných hnojiv a stabilizovat výnosy a kvalitu produkce při pěstování brambor.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. ÚVOD

Technologie přípravy půdy a zakládání porostů brambor pomocí odkameňování se v posledních letech stala v tradiční bramborářské oblasti České republiky standardem. Používání této technologie je nezbytné z důvodu zachování konkurenceschopnosti našich pěstitelů brambor a je nutné uplatnit inovační postupy, které zefektivní její půdoochrannou funkci tak, aby byla použitelná i na mírně erozně ohrožených plochách.

Brambory v technologii s odkameněním jsou v České republice pěstovány většinou na svažitých pozemcích, na kterých může docházet ke ztrátám a degradaci půdy zapříčiněnými převážně vodní erozí, a to zejména v období, kdy porost není dostatečně zapojen. Za účelem omezení vodní eroze na ohrožených pozemcích jsou v zemědělské praxi uplatňovány standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (dříve GAEC). Standardy DZES pomáhají zlepšovat podmínky pro trvale udržitelné hospodaření na půdě a jejich dodržování je jednou ze základních podmínek dotační politiky státu. Přitom na půdních blocích silně erozně ohrožených (SEO) není povoleno brambory a další erozně nebezpečné plodiny pěstovat. Na mírně erozně ohrožených plochách (MEO) vyplývá povinnost zajistit, že erozně nebezpečné plodiny budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Brambory jsou často pěstovány také ve zranitelných oblastech ochrany vod, a proto jejich pěstitelé musí plnit Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. Nařízení je platné od 1. 8. 2012 a z hlediska zaměření této metodiky se týká zejména způsobů užití dusíkatých hnojivých látek podle půdně klimatických podmínek stanoviště s uvedením maximálních limitů hnojení brambor při uvedených výnosech (§ 7) a hospodaření na svažitých zemědělských pozemcích (§ 11).

Pěstování brambor ve vlhčích oblastech nebo v oblastech s nerovnoměrným rozložením srážek, kde se střídají sušší období s prudkými srážkovými příhodami, s sebou přináší řadu problémů vyvolaných povrchovým odtokem vody. Během vegetace se jedná zejména o smyv půdy i s živinami (N, P), které znečišťují povrchové i podzemní vody. V mimovegetačním období pak dochází k vyplavování nitrátů, které často zůstávají v půdě po sklizni brambor.

Dostatek a rozdělení srážek během vegetace brambor je jedním z limitujících faktorů nejen z hlediska výnosů hlíz, ale i využití živin z aplikovaných hnojiv. Zvýšení zádrže vody v hrůbcích zlepšuje rozpustnost hnojiv a zpřístupnění živin pro rostliny. Důležité je i správné umístění hnojiva s ohledem na dostupnost vody a rozvoj kořenů brambor. Významný vliv má i volba správné formy dusíku v hnojivu. Brambory v prvních třiceti dnech čerpají živiny jen z matečné hlízy a do 55 dnů po sázení přijmou přibližně 20 % z celkového množství dusíku, který za vegetaci spotřebují (ZEBARTH a ROSEN, 2007). Během tohoto období hrozí riziko vyplavování živin, proto by hnojiva aplikovaná při sázení neměla obsahovat nitrátovou formu. Vhodnější je méně pohyblivá forma amonná (síran amonný) nebo hnojiva na bázi močoviny, optimálně pomalu působící s inhibitory nitrifikace, popř. ureázy. Inhibitory nitrifikace limitují přeměnu amonného dusíku (KELLING et al., 1998) na pohyblivou nitrátovou formu, jež může být intenzivními srážkami vyplavena z půdního profilu do spodních vod. Inhibitory ureázy zpomalují hydrolyzu močoviny a tedy nárůst koncentrace amonných iontů a hodnoty pH v půdě. Díky tomuto působení mohou být hnojiva na bázi močoviny s inhibitory ureázy aplikována ve vyšších dávkách, popř. blíže k hlízám než samotná močovina, či hnojiva obsahující amonnou formu dusíku. Vysoká koncentrace amonných iontů negativně ovlivňuje klíčící rostliny a zpomaluje vzcházení (ZEBARTH a ROSEN, 2007), což se může negativně projevit i výnosem a kvalitou hlíz (KELLING et al., 2011). Mimoto byla u hnojiv pomalu uvolňujících živiny pozorována i vyšší efektivnost využití živin rostlinami (SHRESTHA et al., 2010).

Srážková voda stéká po úbočích hrůbků do brázd, kde se hromadí a v případě svažitých pozemků je příčinou povrchového odtoku a jím vyvolaných ztrát půdy a živin. Řada technologií pěstování brambor je zacílena na omezení pohybu této vody v brázdách, prodloužení doby jejího zadržení a zvýšení vsakování do půdy. GORDON et al. (2011) dosáhl na různých pozemcích 53–94 % snížení objemu odtoku vody vytvořením důlků a hrázek ve všech brázdách. Vyšší vsakování vody z brázd a omezení smyvu má ekologický přínos, ale z hlediska výnosů

hlíz a využití živin je třeba zadržet vodu v hrůbcích, v oblasti intenzivního prokořenění a uložení hnojiv. Vytvoření hrázek v brázdách může podle JANEČEK et al. (2008) zadržet na pozemku se sklonem 2–8% odtok vody z dešťů o úhrnech 25–30 mm.

Mezi nejúčinnější protierozní opatření patří zvýšení množství rostlinných zbytků na povrchu půdy (ALLMARAS et al., 1985; LAFLEN et al., 1994). Toho může být dosaženo sníženou až nulovou intenzitou zpracování půdy (RASMUSSEN, 1999). Nicméně mělké zpracování půdy, popřípadě jeho úplné vynechání může omezovat následné pěstování brambor (CARTER a SANDERSON, 2001). Podle KASAL a ČEPL (2008) není v některých podmínkách zakládání porostů brambor do mělce zpracované půdy vhodné. Zakládání porostů brambor do nezpracované půdy pak nelze doporučit vůbec. Je to zejména z důvodů ztížených podmínek pro založení porostu v požadované kvalitě, výskytu vyššího utužení půdy v orniční i podorniční vrstvě, zvýšení výskytu hrud, snížení výnosu hlíz i jejich kvality a samozřejmě rizika vyššího poškození hlíz při sklizni.

Proto je nutné používat při pěstování brambor na svažitých pozemcích půdoochranná opatření, která jsou akceptovatelná při používání stávající technologie zpracování půdy s odkameněním.

Pro pěstování brambor nejsou v současné době v ČR na trhu vhodné stroje a technologie splňující půdoochranné požadavky akceptovatelné v DZES. Brambory jsou v ČR pěstovány většinou na svažitých pozemcích a půdách s podílem kamenů, které jsou při používání pěstební technologie s odkameněním spolu s hroudami ukládány do brázd (pod povrch půdy), kde se po utužení přejezdem sázeče a splavení jemných částí půdy z hrůbků vytváří kompaktní vrstva špatně propustná pro vodu. V rámci řešení projektu TAČR (TA02021392) jsme v letech 2012–2015 vyvinuli a ověřili nové originální technologické postupy založené na úpravách tvaru hrůbků a brázd a novém způsobu aplikace minerálních hnojiv s cílem zvýšit infiltraci vody do půdy, zlepšit vodní režim v hrůbku, zpomalit odtok srážkové vody z hrůbků a brázd a současně snížit znečišťování vod rezidui z aplikovaných hnojiv a pesticidů. Využití dusíku z různě aplikovaných hnojiv rostlinami bylo zjišťováno pomocí hnojiv značených izotopem ¹⁵N. Uvedené půdoochranné postupy byly s využitím simulátoru deště porovnávány s ostatními, u nás i ve světě, používanými technologiemi.

Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i., ve spolupráci s Výzkumným ústavem bramborářským Havlíčkův Brod, s.r.o. a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.v.i., byly v rámci řešení projektu TAČR vyvinuty a v roce 2015

ověřeny nové technologické postupy pro technologii odkameňování, které zlepšují zadržení srážkové vody v hrůbcích, omezují vodní erozi a stabilizují výnosy hlíz. Cílem všech těchto postupů je zpomalení pohybu srážkové vody po svažitém pozemku, její částečné zadržení a umožnění většího zasakování do půdy. Sníží se tak množství vody, která odtéká z pozemku, s čímž souvisí snížení odnosu půdy a živin. Je tak zajištěn i lepší vlhkostní režim uvnitř hrůbků. Dešťová voda pak může být ve větší míře využita pro potřeby vegetace, dochází k lepšímu rozpouštění aplikovaných minerálních granulovaných hnojiv, k vyššímu využití živin rostlinami apod.

2. POUŽÍVÁNÍ PŮDOOCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍ PŘI PĚSTOVÁNÍ BRAMBOR

Od července roku 2011 začala platit přísnější pravidla standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC), která byla následně upravena a od roku 2015 uváděna pod zkratkou DZES se zaměřením na zlepšování podmínek pro udržitelné hospodaření na půdě. Tato pravidla vyžadují při pěstování erozně nebezpečných plodin (mezi které patří i brambory) na vymezených mírně erozně ohrožených plochách používání půdoochranných technologií. Podle standardu DZES jsou jako specifické půdoochranné technologie při pěstování brambor uvedeny přerušovací pásy, zasakovací pásy, osetí souvratí, sázení po vrstevnici a odkameňování. V bramborářské oblasti je pro splnění podmínek DZES nejčastěji využívána technologie odkameňování. V rámci standardu DZES5 je však odkameňování zařazeno mezi specifické půdoochranné technologie podmíněně (dočasně) a doporučuje se jeho doplnění důlkováním, hrázkováním apod. Ostatní technologie (zasakovací pásy, přerušovací pásy, vrstevnicové sázení) jsou převzaty od jiných plodin a pro brambory jsou často jen omezeně využitelné a současně méně účinné. Dříve u nás vyvíjená opatření pro brambory, jako důlkování nebo hrázkování, nejsou praxí zatím využívána. Jedním z důvodů je i změna technologie pěstování brambor v odkameněných hrůbcích, která může mít za určitých podmínek (málo hrudovité a spíše písčité půdy) částečný půdoochranný efekt. Používání technologie odkamenění je nezbytné z důvodu zachování konkurenceschopnosti našich pěstitelů brambor a je nutné doplnit tuto technologii o inovace, které zefektivní její půdoochrannou funkci pro mírně erozně ohrožené půdy.

Účinnost jednotlivých protierozních opatření je rozdílná, do značné míry závislá na půdně-klimatických podmínkách a samozřejmě na intenzitě konkrétních

srážek. Například při sázení brambor po vrstevnici vždy dojde k alespoň mírnému odklonu od vrstevnice, což je způsobeno nepravidelnou svažitostí konkrétního půdního bloku. Při velmi intenzivních srážkách pak dochází ke stékání a akumulaci vody v údolnicích pozemku. Zde tak hrozí riziko protržení hrůbků, při kterém může dojít k intenzivnějším projevům eroze, než kdyby voda v této části pozemku odtékala brázdami orientovanými po spádnicí. Dalším problémem při sázení brambor po vrstevnici je přesné napojení jednotlivých jízd sázeče na svažitých a kamenitých pozemcích, což se může nepříznivě projevit při následných agrotechnických opatřeních (např. nedostříkané nebo přestříkané plochy při aplikaci herbicidů apod.).

Podle informací VÚMOP patří mezi nejúčinnější půdoochranná opatření při pěstování brambor důlkování a hrázkování, která mohou riziko eroze snížit až o 85 % ve srovnání s klasickou technologií pěstování. Na úrovni 30–40 % účinnosti jsou dále mulčování nebo sázení do meziplodiny seté na podzim. Tyto technologie jsou však u současných postupů při pěstování brambor těžko proveditelné.

3. CHARAKTERISTIKA NOVÝCH TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ

Základem technologie přípravy půdy při pěstování brambor je v bramborářské oblasti ČR v současné době **technologie odkameňování půdy před sázením**. Tento způsob přípravy půdy umožňuje na kamenitých půdách podstatné snížení obsahu kamenů v záhonu (až o 90 %), čímž se při sklizni výrazně snižuje mechanické poškození hlíz, zvyšuje výtěžnost tržních hlíz a snižují se následné skladovací ztráty. Současně s kameny jsou ze záhonu odseparovány i hroudy. Tento způsob přípravy půdy zajišťuje její dokonalé prokypření.

Technologie zahrnuje dvě operace – rýhování a vlastní separaci kamenů a hrud. Rýhování spočívá ve vytvoření rýh do hloubky cca 250 mm od urovnaného povrchu půdy a ve vzdálenosti rovnající se dvojnásobku meziřádkové vzdálenosti (zpravidla 1500 mm). V našich podmínkách se nejčastěji používá rýhovačů se dvěma rozorávacími tělesy (radlicemi) pro vytvoření jednoho záhonu.

Prostor mezi vytvořenými rýhami se zpracovává prosévacími separátory, čímž vznikne záhon zbavený většiny kamenů a hrud s dokonale prokypřenou a promísenou půdou. Separátory sestávají z pasivních vyorávacích radlic a prosévacího ústrojí. Prosévací ústrojí může být hvězdicové, pásové nebo kombinované z hvězdic a pásu. Za prosévacím ústrojím je napříč uložen dopravník, který

ukládá odseparované kameny a hroudy na dno vytvořených rýh. Do vytvořených záhonů jsou vysázeny dva řádky brambor. Po výsadbě se nevyužívá žádná mechanická kultivace z důvodu nestejných vzdáleností mezi jednotlivými záhony a vrstvy kamenů a hrud uložených mezi nimi pod povrchem brázd. Regulace plevelů se provádí pouze za pomoci herbicidů.

V souvislosti s fyzikálními vlastnostmi půdy v záhonech a hloubkou prokypření a promísení půdy jsou vyvíjeny efektivnější způsoby aplikace minerálních, především dusíkatých, hnojiv založených na přesné lokální aplikaci při sázení, resp. po vzejití porostu s pozvolným uvolňováním živin.

Dále popsané technologické postupy byly vyvinuty pro podmínky technologie odkameňování. Jedná se především o různé úpravy tvaru hrůbků a brázd, rozrušování půdní krusty, která se zpravidla vytvoří na povrchu hrůbků a brázd. Cílem všech těchto postupů je snížení a zpomalení odtoku srážkové vody, smyvu půdních částic z povrchu hrůbků a brázd, omezení ztrát živin a zadržení většího množství srážkové vody v hrůbkách pro rostliny.

3.1 Úprava tvaru hrůbků

Jednou z možností, kterou bude možné provozně využívat při sázení brambor, je **úprava tvaru hrůbků**. Jedná se o inovaci sázeče brambor za účelem celkového rozšíření vrcholové plochy hrůbků spojené s vymělním středové nekolejové brázdy (Obr. 1). Vrchol hrůbku má v průřezu miskovitý tvar zešikmený směrem k nekolejové brázdě, u které jsou vytvořeny originálním autorsky chráněným důlkovacím kolem čechrané důlky a nahnuté hrázky. Tato speciální úprava zajišťuje, že je při dešti omezeno stékání srážkové vody z vrcholu hrůbku po jeho boku do kolejové a částečně i do nekolejové brázdy a dochází k nasměrování pohybu vody ke středu hrůbku s hrubší povrchovou strukturou půdy nebo vytvořeným žlábkem, kde dochází k jejímu vsakování do hrůbku. Při nasycení hrůbku vodou nebo omezení vsakování srážkové vody z jiného důvodu přetéká voda vzhledem k naklonění povrchu hrůbku do nekolejové brázdy opatřené důlky a hrázkami. Celkovým zvětšením hrůbků, pozvolnějším zešikmením jejich boků, vymělním a zmenšením nekolejové brázdy a zúžením kolejové brázdy (pro následné přejezdy nutná kultivační kola) se zvětšuje plocha pro vsakování a zadržení srážkové vody. Uvedená úprava tvaru hrůbků může mít i další přínos spočívající v udržení vlhkosti půdy uvnitř hrůbku delší dobu v suchých obdobích, což se projevilo nejvíce v suchém roce 2015. Tím dochází ke stabilizaci výnosů hlíz v letech s přísuškou.



Obr. 1:
Úprava tvaru hrůbku
s vymělčením
a důlkováním
neklejové brázdy

3.2 Vsakovací žlábek

Další možnou úpravou je vytvoření tzv. **vsakovacího žlábků** na vrcholu hrůbku. Jeho efekt spočívá v zadržení většího množství srážkové vody na vrcholu



Obr. 2: Souvislý vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku

hrůbku, umožnění jejího zasakování do hrůbku a tím zlepšení vodního režimu uvnitř hrůbku. To se příznivě projevuje zejména v sušších ročnicích s krátkými intenzivními srážkami. Správná funkce vsakovacího žlábků je však zajištěna v případě, že hrůbky jsou orientovány ve směru vrstevnic (Obr. 2).



Obr. 3:
Přerušovaný vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku

Tuto podmínku není snadné v provozních podmínkách vždy splnit. Proto bylo vyvinuto originální autorsky chráněné zařízení pro vytvoření přerušovaného vsakovacího žlábků, u kterého je voda ve žlábcích oddělených hrázkami zadržována i v případě, když jsou hrůbky orientovány s odklonem od vrstevnice, případně na menších svazích po spádnici (Obr. 3).

3.3 Hrázkování nekolejové brázdy

Důlkování a hrázkování je opatření, které má při správném provedení vysoký půdoochranný efekt, a to především v období od sázení do vzházení porostu a v raných fázích vegetace. V této době u brambor hrozí největší riziko odtoku vody a ztrát půdy. Nevýhodou tohoto opatření je, že po intenzivních srážkách mohou být vytvořené důlky zaneseny splavenou zeminou a musí být proto samostatnou operací obnoveny. V podmínkách ČR bylo v minulosti zkoušeno důlkování jako půdoochranné opatření, nicméně v provozních podmínkách se



Obr. 4:
Zařízení na důlkování
a vytváření přerušova-
ného žlábků
na vrcholu hrůbky

nerozšířilo. V současné době je k některým sázečům nabízeno jednoduché zařízení, které vytvoří na dně brázdy důlky při výsadbě (Obr. 4). Toto opatření přináší také efekt, ovšem řešena je pouze, jinak neupravená, nekolejová brázda. V některých evropských zemích je využíván hrázkovací adaptér, který při sázení brambor vytváří důlky a hrázky na dně brázd. Hrázkování je však v tomto případě většinou využíváno u klasické technologie bez odkameňování.

3.4 Kypření povrchu hrůbků

Dalším negativním faktorem při pěstování brambor, a to i v případě technologie odkameňování, je **tvorba krusty** po prvních deštích od sázení, která omezuje vsakování srážkové vody do půdy. Tloušťka krusty se může pohybovat kolem 2 cm i více, v závislosti na půdních podmínkách. Tuto krustu lze rozrušit kypřením hrůbků. Opatření se provádí v samostatné operaci a může být uplatněno před nebo na začátku vzcházení.

Tento způsob výrazně zvyšuje vsakování vody do hrůbků. Podle výsledků našich pokusů patří kypření k nejlepšímu opatření z pohledu snížení povrchového odtoku vody a odnosu půdy. Bylo zde zjištěno i vyrovnanější vzcházení porostu brambor. Při této operaci lze současně pomocí aplikátorů zapravit hnojiva do půdy do blízkosti kořenové zóny bramboru. Jak ukazují výsledky našich pokusů, zapravení části živin (zejména dusíku) lokálně do půdy na začátku vzcházení přináší efekt zejména z pohledu lepšího využití živin rostlinami a omezení tvorby nitratového dusíku v půdě v době, kdy nemůže být využit rostlinami.

4. OVĚŘENÍ NOVÝCH POSTUPŮ PŘI POUŽÍVÁNÍ PŮDOOCHRAN- NÝCH TECHNOLOGIÍ V POLNÍCH POKUSECH

Ověřování nových technologických postupů při pěstování brambor probíhalo formou polních a poloprovozních pokusů v letech 2012–2015. Byly porovnávány 3 typy hrůbků vytvořené inovovaným sázečem: běžný tvar hrůbku (var. 1), hrůbek se vsakovacím žlábkem na vrcholu hrůbku (var. 2) a hrůbek s dodatečnou úpravou povrchu speciálním kypřičem před vzejitím příp. na začátku vzcházení rostlin (var. 3). V průběhu testování byl postupně modifikován tvar hrůbků, vyvíjeno a upravováno důlkování nekolejové brázdy uvnitř záhonu a přerušování (hrázkování) vsakovacího žlábků na vrcholu hrůbku. Dále bylo v rámci půdoochranných technologií sledováno využití dusíku z minerálních hnojiv na bázi močoviny s přísadkami inhibitorů ureázy a nitrifikace při různých způsobech jejich aplikace při sázení, případně na začátku vzcházení brambor.

4.1 Charakteristika stanoviště

Polní pokusy byly prováděny na pozemcích VÚB Havlíčkův Brod, s. r. o., ve výzkumné stanici Valečov v letech 2013–2015. Lokalita Valečov (BVO, GSP souřadnice: 49°38'39.424"N, 15°29'49.745"E – WGS 84) se nachází v nadmořské výšce 460 m n. m., průměrná roční teplota vzduchu činí 7,0 °C a roční úhrn srážek dosahuje hodnoty 652 mm. Lokalita je podle klimatické regionalizace České

republiky řazena do třídy V., která je charakterizována průměrnou délkou období s teplotou vzduchu ≥ 10 °C v rozmezí 142–159 dní. Půdy jsou na základě zrnitostního složení charakterizovány jako střední, písčitohlinité, půdního typu kambizem. Mocnost ornice se pohybuje okolo 0,25 m.

Poloprovodní pokusy byly prováděny na pozemcích ZAS Věž, a.s., (okres Havlíčkův Brod) v letech 2012–2015. Lokalita se nachází v bramborářské výrobní oblasti, 550 m n. m., dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 7,5 °C a průměrný úhrn srážek 594 mm.

Meteorologická charakteristika vegetačních období v pokusných letech

Tab. 1: Průměrné měsíční teploty vzduchu a úhrny srážek na pokusné lokalitě Valečov

Rok	Ukazatel teplota ve °C srážky v mm	Měsíc					
		duben	květen	červen	červenec	srpen	září
Dlouhodobý průměr	teplota	7,3	11,6	15,2	16,5	16,4	12,3
	srážky	42,5	76,3	91,4	80,9	86,6	48,2
2012	teplota	8,1	14,6	17,2	18,5	18,4	13,4
	srážky	23,8	68,2	56,0	118,6	76,0	50,0
2013	teplota	8,2	12,3	15,7	19,7	17,9	11,8
	srážky	27,2	119,2	154,9	45,8	95,0	72,0
2014	teplota	9,9	12,2	16,4	19,6	16,1	14,0
	srážky	29,8	129,1	36,0	56,4	85,4	106,1
2015	teplota	7,9	12,5	16,1	20,4	21,7	12,9
	srážky	22,5	58,9	72,8	26,5	101,8	51,2

Počátek vegetačního období roku **2012** se vyznačoval sušším a abnormálně teplým jarem, kdy na začátku května byly naměřeny teploty nad 28 °C. V polovině května byl zaznamenán mráz (–6 °C) a došlo ke spálení vzešlých rostlin. Letní měsíce se vyznačovaly silnými bouřkami a řadou tropických dnů. Jinak měsíce červenec a srpen lze vyhodnotit jako srážkově průměrné až mírně nadprůměrné.

Jaro roku **2013** nastoupilo s průměrnou teplotou 8,2 °C v měsíci dubnu. Květen lze hodnotit jako chladnější s kratší dobou slunečního svitu. Léto 2013 jako klimatické období začalo poměrně extrémními srážkami s několika bouřkovými dny. V červenci a srpnu bylo slunné letní počasí, v několika dnech teploty

přesáhly i 30 °C a lokálně se objevily bouřky. Září bylo teplotně podprůměrné a srážkově silně nadprůměrné (149 % dlouhodobého průměru).

Rok **2014** byl srážkově slabě podprůměrný. Srážkový deficit byl citelný zvláště na jaře. Počátek léta byl teplotně průměrný, ale suchý. Červenec a srpen byly teplotně nadprůměrné s četnými bouřkami, přesto byl srážek nedostatek. Změna přišla až v měsíci září, kdy spadlo celkem 106,1 mm srážek, což je 220 % dlouhodobého průměru.

Nástup jara v roce **2015** byl pozvolnější a vyšší teploty byly zaznamenány až v měsíci květnu. Celkově bylo jaro suché. Začátek léta byl teplý a srážkově slabě podprůměrný. Letní měsíce byly abnormálně teplé s 37 tropickými dny. Teplota a slabé srážky zapříčinily extrémní sucho v období od konce července do poloviny srpna. Ke zvratu došlo až v polovině druhé dekády měsíce srpna, kdy během pěti dnů spadlo celkem 101 mm v přívalových deštích. Září již bylo srážkově a teplotně na hranici průměru.

4.2 Metodika polních pokusů

Na obou lokalitách byly sledovány následující varianty s úpravami hrůbeků:

1. Odkamenění konvenční
2. Odkamenění + vsakovací žlábek + od roku 2014 důlkování nekojlové brázdy
3. Odkamenění + povrchové kypření hrůbku a důlkování (od roku 2014) nekojlové brázdy

V polním pokusu ve Valečově byl vždy na podzim předcházejícího roku na pokusnou plochu aplikován a zaorán hnůj a před sázením minerální hnojivo Patentkali v dávce 400 kg/ha (tj. 120 kg K₂O, 40 kg MgO a 68 kg S). Minerální dusíkatá hnojiva byla aplikována dle variant pokusu, a to hnojivo UREA^{stabil} (močovina s inhibitorem ureázy NBPT; 46% N) a klasická močovina (46,2% N). Použití hnojiva UREA^{stabil} u většiny variant pokusu bylo z důvodu, že u tohoto hnojiva je minimální riziko poškození klíčících a vzházejících rostlin, i když by došlo k přímému kontaktu s hnojivem. Při sázení brambor bylo u většiny variant hnojivo umístěno lokálně ve vzdálenosti 10–12 cm po obou stranách od hlíz v dávce 100 kg N/ha.

Sázení odrůdy Adéla bylo provedeno 16. 5. 2013, 28. 4. 2014 a 7. 5. 2015. Pozdější termíny sázení byly z důvodu eliminace poškození vzházejících rostlin mrazem a vzhledem k časové náročnosti zakládání pokusu a úpravy sázeče zapůjčeného ze zemědělského podniku. U varianty č. 2 byl na vrcholu hrůbku vy-

tvořen upraveným sázečem vsakovací žlábek ke zvýšení zadržení srážkové vody v hrůbku a zlepšení vláhových podmínek v místě uložení hnojiv. U varianty č. 3 byla strojově provedena povrchová úprava hrůbku před vzcházením nebo na začátku vzcházení rostlin. Hrubá velikost parcel byla 50,2 m², sklizňová 33,5 m². V průběhu vegetace byly aplikovány obvyklé pesticidy dle aktuálního stavu (potřeby) porostu. Sklizeň hlíz byla provedena 14. 10. 2013, 29. 9. 2014 a 20. 10. 2015. Cílem tohoto pokusu bylo ověřit vliv úpravy tvaru hrůbků (vsakovací žlábek), povrchové úpravy hrůbků po sázení (rozrušení vytvořené půdní krusty) a vliv způsobu aplikace a umístění hnojiva na růst rostlin a dosažené výnosy hlíz a jejich kvalitu. Zároveň bylo zjišťováno, zda vlivem provedení popsanych úprav nedojde ke snížení účinnosti ošetření herbicidem nebo zvýšení rizika napadení hlíz plísní bramboru.

V poloprovozních pokusech ve Věži bylo před sázením aplikováno hnojivo Amofos v dávce 100 kg/ha. Pokus s odrůdou brambor Adéla byl založen 3. 5. 2012, 15. 5. 2013, 25. 4. 2014 a 5. 5. 2015. V pokusu byla sledována funkčnost postupně upravovaného sázeče brambor a vlivu různých úprav pracovních nástrojů pro formování tvarů hrůbků a různých způsobů hnojení na zadržení vody v půdě a dosažené výnosy hlíz včetně jejich kvality. Minerální dusíkatá hnojiva byla aplikována dle variant pokusu. Srovnávána byla močovina s inhibitorem ureázy (hnojivo UREA^{stabil}, 46% N) a močovina s inhibitorem nitrifikace (hnojivo Alzon, 46% N). Obě hnojiva byla aplikována lokálně v dávce 120 kg N/ha. I zde byly porovnávány 3 typy hrůbků: hrůbek po odkamenění (var. 1), upravený hrůbek po odkamenění se vsakovacím žlábkem na vrcholu hrůbku + důlkování „nekolejové brázdy“ (var. 2), strojově upravený povrch hrůbku + důlkování „nekolejové brázdy“ na začátku vzcházení brambor (var. 3). V rámci plochy jednotlivých variant byly ke sklizni vytyčeny parcely o ploše 20 m² ve 4 opakováních. Pokus byl sklizen 27. 9. 2012, 4. 10. 2013, 16. 10. 2014 a 30. 9. 2015.

4.3 Vliv úprav hrůbků na infiltraci vody a erozi půdy

Pokusy pro ověřování půdoochranných technologií byly prováděny polním simulátorem deště. Odebrané vzorky půdy a sedimentů byly analyzovány v centrální laboratoři VÚMOP, v.v.i. Ověřování bylo uskutečněno na výše popsaných pokusných variantách v letech 2012 až 2015. Plochy použité k pokusům v jednotlivých letech měly podobné půdní i sklonitostní poměry (největší sklonitost v roce 2015). Testování technologií probíhalo na pozemcích zemědělské společnosti ZAS Věž, a.s., okres Havlíčkův Brod.

Všechny varianty (pokusné plochy) pro hodnocení vlivu sledovaného opatření na vodní erozi byly založeny po spádnicí. Plocha zadešťovaných parcel byla 20 m². V letech 2012–2014 byl vsakovací žlábek souvislý, v roce 2015 přerušovaný. Zadešťování a následné měření probíhalo v letech 2012–2014 vždy 2× 15 minut (v roce 2015 2× 20 minut) po sobě s úhrnem 2× 20 mm srážek (v roce 2015 2× 24 mm), tedy na půdě s přirozenou vlhkostí a na půdě nasycené po prvním zadešťování. Pokusy probíhaly v různých fenofázích po celou dobu vegetačního období. Z pohledu erozní ohroženosti byl na pokusných plochách vyhodnocován počátek povrchového odtoku, množství povrchového odtoku, ztráta půdy erozí a infiltrační schopnost půdy.

Výsledky ověřování půdoochranných technologií u brambor

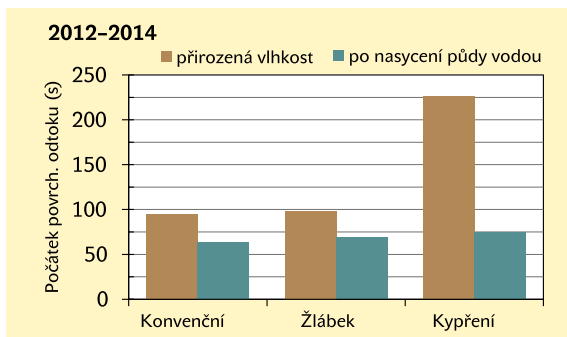
Velikost povrchového odtoku a ztráty půdy se během ročního období (různé růstové fáze plodiny) výrazně mění. Nejvyšší hodnoty těchto parametrů jsou dosahovány v období od sázení brambor po jejich zapojení v řádcích. Hlavně období po sázení je velmi kritické, povrch půdy je obnažený a vytvořením hrůbků vzniká prostor pro rychlejší akumulaci a soustředování povrchové vody a následný transport půdních částic. V tomto období dosahovala velikost povrchového odtoku a ztráta půdy výrazně vyšších hodnot než v dalších termínech, kdy už byl povrch hrůbků chráněn plodinou.

Dalším negativním faktorem, k němuž dochází po sázení brambor, je tvorba krusty. Ta může vznikat již po prvních deštích a brání infiltraci srážkové vody do půdy. Tloušťka krusty se místy pohybovala i kolem 2 cm. Proto byl ověřován kypřič hrůbků, který tuto krustu rozruší v období před začátkem nebo na začátku vzcházení porostu.

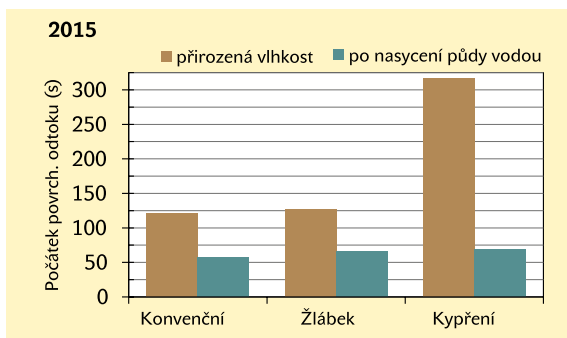
Dosažené výsledky potvrzují pozitivní efekt varianty odkamenění s povrchovou úpravou hrůbku zejména kypřením. Tato technologie velmi příznivě působí na snižování počátku a množství povrchového odtoku a ztrátu půdy erozí. Jako nejméně efektivní varianta z pohledu ochrany půdy se jeví klasické odkamenění bez dalšího zásahu. To je patrné hlavně u prvního zadešťování, při přirozené vlhkosti půdy. Po nasycení půdy vodou (druhé zadešťování) se už rozdíl mezi variantami snižují a ani efekt rozrušení (kypření) již není tak patrný. Průměrné výsledky za první dva termíny zadešťování, které jsou z hlediska eroze nejvíce rizikové, jsou znázorněny na grafech 1 a 2. Pozitivní efekt rozrušení povrchu hrůbků se projevil nejen na odnosu zeminy (obdobné výsledky u množství povrchového odtoku), ale také u dalšího sledovaného parametru – počátku povr-

Graf 1: Počátek povrchového odtoku z porostu brambor s různým typem hrůbků po simulaci srážek

1a: průměr měření
v letech 2012–2014

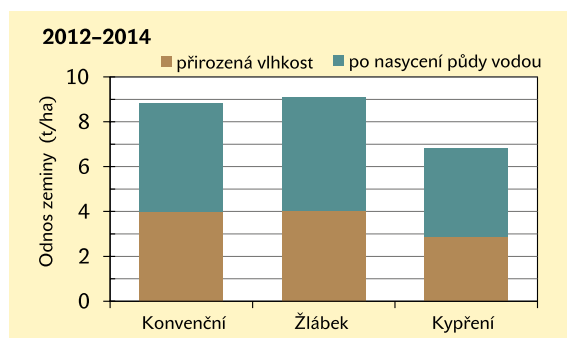


1b: rok 2015

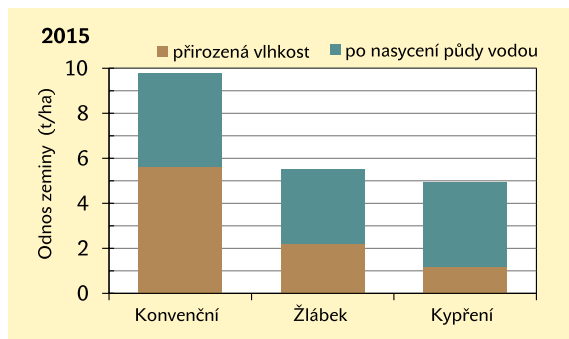


Graf 2: Odnos zeminy z porostu brambor s různým typem hrůbků po simulaci srážek

2a: průměr měření
v letech 2012–2014



2b: rok 2015



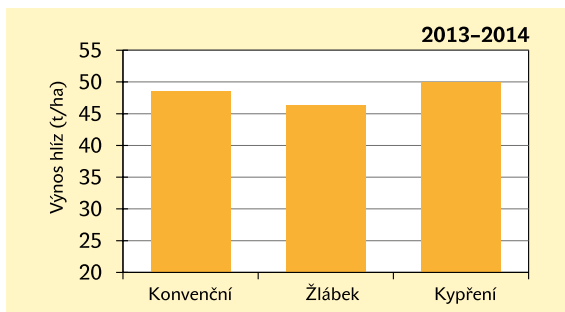
chového odtoku měřeného v sekundách. Z dosažených výsledků vyplývá, že nejpozději nastal povrchový odtok u varianty s povrchovou úpravou hrůbku kypřením. U povrchového odtoku ani u odnosu zeminy se zejména v roce 2014 při sázení brambor po spádnici neprojevil příznivě vliv souvislého žlábků na povrchu hrůbku. V roce 2015 byl proto žlábek přerušován hrázkami, což snížilo odnos zeminy na polovinu a větší množství vody zadržené ze srážek se v tomto suchém roce příznivě projevilo také na dosaženém výnosu hlíz (graf 4b).

4.4 Vliv úprav hrůbků na výnos hlíz brambor

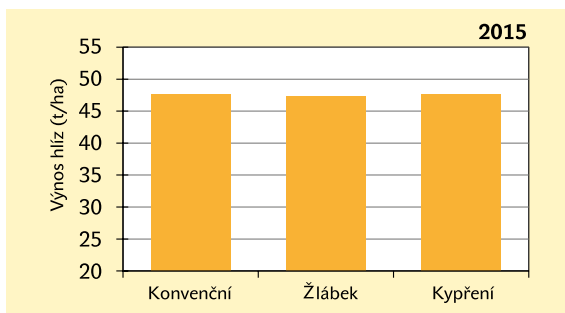
Sledované varianty úprav hrůbků ovlivnily ve většině let dosažené výnosy pozitivně, avšak rozdíl ve srovnání s konvenční variantou odkameňování nebyly většinou statisticky průkazné. Vzhledem k postupné inovaci sázeče (mohutnější hrůbky s mělkou nekolejovou brázdou apod.) se však i tzv. konvenční varianta zejména v posledním roce 2015 lišila tvarem hrůbků od běžně používané technologie odkamenění v zemědělské praxi. Výnosy hlíz byly ovlivněny povětrnostními podmínkami v průběhu vegetačního období jednotlivých ročníků. Nejvyšší nárůst výnosu hlíz po úpravě hrůbků byl zaznamenán v poloprovozním pokusu ve Věži v nejsušším roce 2015 (graf 4b), zatímco na lokalitě Valečov byl v tomto roce výnos srovnatelný s ostatními variantami (graf 3b). To bylo způsobeno různým výskytem lokálních srážek v nejsušší periodě vegetačního období a také dispozicí pozemku. Pokusná plocha ve Valečově nevykazovala téměř žádnou svažitost, nedocházelo k odtoku srážkové vody a opatření ke zvýšení zadržetí vody se zde významněji neprojevila. Naopak v roce 2014 se tato úprava hrůbku projevila mírným snížením výnosu hlíz (statisticky neprůkazné) na obou lokalitách, což mohlo být způsobeno intenzivními srážkami bezprostředně po výsadbě brambor a následnými nadprůměrnými srážkami v měsíci květnu, kdy

Graf 3: Vliv úpravy tvaru hrůbku na výnos hlíz, polní pokus Valečov

3a: průměr
let 2013–2014



3b: rok 2015

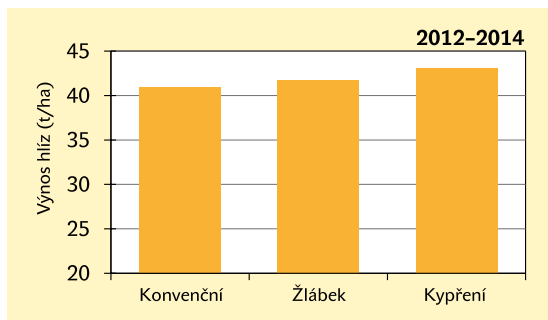


v důsledku většího množství srážkové vody zadržené v hrůbku mohlo dojít ke zhoršení podmínek pro počáteční růst brambor a k vyplavení části dusíku aplikovaného pod úroveň hlíz do podorničí. To potvrzuje i dosažený nejvyšší výnos hlíz u varianty se vsakovacím žlábkem při aplikaci močoviny s inhibitorem nitrifikace, který omezuje ztráty dusíku vyplavením (graf 8a). Povrchová úprava hrůbku kypřením před vzcházením brambor se projevila pozitivně i v roce 2014, neboť při ní došlo k rozrušení krusty vytvořené po zmíněných vydatných srážkách v květnu a zlepšily se tím podmínky pro vyrovnanější vzcházení brambor a vsakování srážkové vody do hrůbků v následujících fázích vegetace.

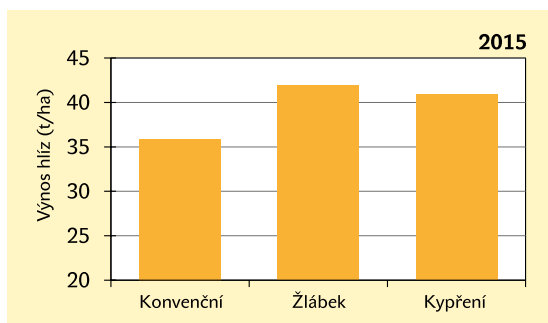
Nejlepších výnosových výsledků v průměru let bylo dosaženo u varianty s povrchovou úpravou hrůbků kypřením před začátkem, nebo na začátku vzcházení porostu brambor. Tato úprava zajišťuje rozrušení vytvořené půdní krusty na povrchu hrůbků a umožňuje lepší vsakování vody i vstup vzduchu do hrůbku, což vede mj. také k lepšímu zpřístupňování živin. U této varianty bylo zjištěno nejvíce vyrovnané vzcházení rostlin a zapojení porostu a největší stabilita výnosů v jednotlivých letech.

Graf 4: Vliv úpravy tvaru hrůbku na výnos hlíz, poloprovozní pokus Věž

4a: průměr
let 2012–2014



4b: rok 2015



U povrchové úpravy tvaru hrůbků před vzcházením bylo ověřováno potenciální riziko snížení herbicidní účinnosti v důsledku porušení ochranného filmu účinné látky aplikovaného preemergentního herbicidu. V podmínkách polních pokusů byl sledován vývoj zaplevelení u všech pokusných variant. Ošetření bylo provedeno herbicidem na bázi účinné látky metribuzin, a to v termínu 15–20 dní před kypřením. V žádném roce nebylo zjištěno vyšší zaplevelení porostu brambor v důsledku provedeného kypření. V případě, že by k této situaci v provozních podmínkách došlo, musela by být provedena opravná postemergentní aplikace herbicidu. V závislosti na konkrétním výskytu plevelů je nejlépe volit herbicidy na bázi účinné látky metribuzin, rimsulfuron nebo jejich kombinace.

Při vytvoření vsakovacího žlábků na vrcholu hrůbku může docházet ke snížení vrstvy půdy nad hlízou. V tomto případě by mohlo hrozit riziko vyššího napadení hlíz plísní bramboru. Po celou dobu trvání pokusu byl tento parametr u sklizených hlíz sledován a vyhodnocován. Ani v jednom případě nebyl výskyt plísně na hlízách zaznamenán. Lze tedy konstatovat, že při dodržení dostatečné výšky hrůbku, hloubky sázení a účinné fungicidní ochrany porostu toto riziko nehrozí.

4.5 Vliv úpravy tvaru hrůbku na využití živin z minerálních hnojiv

V technologii odkameňování jsou minerální hnojiva aplikována při sázení přímo do hrůbku zpravidla lokálně do pásků po obou stranách hlíz. Již samotná povrchová lokální aplikace přináší řadu výhod ve srovnání s plošnou aplikací, jako např. minimalizace ztrát dusíku volatilizací amoniaku, nižší obsah nitrátů v půdě a jejich ztráty vyplavením, vyšší využití dusíku rostlinami apod., což prokázala řada našich, i v odborné literatuře publikovaných výsledků. MAIDL et al. (2002) popsal vyšší návratnost dusíku z hnojiv (značených izotopem ^{15}N) aplikovaných přímo do hrůbku, i omezení ztrát oproti plošné aplikaci. Efekt je nejvýraznější při jednorázové aplikaci hnojiv před/při sázení. Pozitivní vliv lokální aplikace na výnos i kvalitu hlíz a efektivnost využití dusíku ve srovnání s plošnou aplikací zjistil KELLING et al. (1998) při pásové aplikaci do hrůbku či KASAL et al. (2014). Lokální aplikace minerálních hnojiv při sázení brambor do odkameněných hrůbků přispívá k lepšímu využití živin rostlinami a ke snížení rizika znečištění povrchových a podzemních vod. PICKNY a GROCHOLL (2003) uvádějí, že cílem tohoto způsobu hnojení je zajištění potřebných živin pro rostlinu během vegetačního období co možná nejrovnoměrněji. Pro průběh všech těchto procesů je důležitá i forma aplikovaného dusíku. K vyplavování dochází často na jaře, kdy rostliny ještě nevyužívají dusík, proto by hnojiva aplikovaná při sázení neměla obsahovat nitrátovou formu, preferován je síran amonný nebo močovina. SCHWARZWELLER (2012) uvádí, že lokální hnojení je vhodné především pro suché oblasti, na stanovišti bez možnosti závlahy. Výsledky pokusu ukázaly, že důležitou roli hraje i forma hnojiva. Především hnojivo s inhibitorem nitrifikace ENTEC vykazovalo zajímavé účinky na výnos hlíz a jejich kvalitu. Hnojivo dodává rostlinám dusík prostřednictvím oddálené nitrifikace a částečně ve formě amonného dusíku rovnoměrně po několik týdnů a podle potřeby. Při příjmu amonného iontu se vytváří kyselé prostředí kolem kořenů, které podporuje rozpustnost fosfátů a stopových prvků. Lepší příjem stopových prvků chrání hlízy před strupovitostí.

Rozpustnost granulovaných hnojiv aplikovaných do půdy a zpřístupnění živin rostlinám zásadně ovlivňuje vlhkost půdy. Vyvíjené půdoochranné technologie a modifikované tvary hrůbků byly sledovány nejen z hlediska protierozního účinku a vlivu na výnos hlíz, ale i z hlediska využití živin, zejména dusíku, z aplikovaných hnojiv. Při lepším a stabilnějším vodním režimu v hrůbku bylo předpokládáno vyšší využití živin z aplikovaných hnojiv a následně nižší hod-

noty reziduálního dusíku po sklizni brambor, který může být v následujícím mímovegetačním období vyplaven ve formě nitrátů a podílet se na znečištění vod.

Na obr. 5 jsou zachyceny řezy jednotlivými testovanými tvary hrůbků u technologie s odkameněním po simulaci srážek vodou obarvenou modrým barvivem. Z obrázků vyplývá, že na rozpustnost aplikovaných hnojiv a vodní režim v jejich okolí má také vliv umístění hnojiva v hrůbku, což se následně projeví ve využití živin z hnojiv rostlinami.

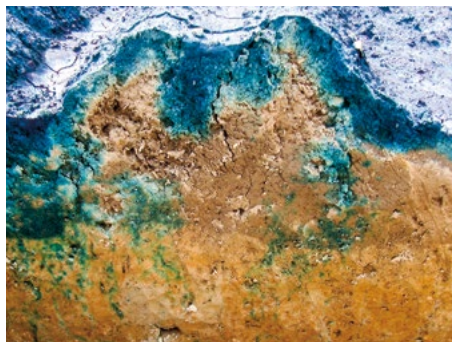
Pro zjištění využití dusíku z minerálních hnojiv rostlinami brambor byl v rámci polního pokusu ve Valečově vytýčen maloparcelkový pokus, kde byla aplikována hnojiva značená izotopem ^{15}N s cílem zjistit skutečné využití dusíku z hnojiv rostlinami a odlišit N přijatý rostlinami z hnojiv a z půdní zásoby. V technologii pěstování brambor s odkameněním byly testovány tři typy hrůbků shodně jako v dalších polních pokusech a více způsobů uložení hnojiv v hrůbku:

Obr. 5: Řez jednotlivými typy hrůbků po simulaci 40 mm srážek

5a: Hrůbek konvenční



5b: Hrůbek se vsakovacím žlábkem



5c: Hrůbek kypřený



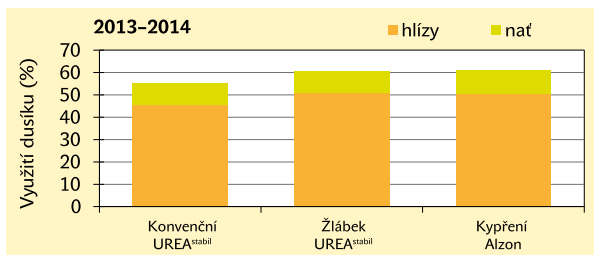
1. Konvenční typ hrůbku a aplikace hnojiva při sázení do pásků po obou stranách hlíz
2. Vsakovací žlábek + důlkování nekolejové brázdy (od 2014) a aplikace hnojiva při sázení do pásků po obou stranách hlíz
3. Povrchové kypření hrůbku a důlkování nekolejové brázdy (důlkování od roku 2014) s aplikací 2/3 hnojiva k hlíze při sázení a 1/3 dlátkem z boku hrůbku do kořenové zóny při kypření na počátku vzcházení rostlin

Při sázení brambor bylo aplikováno hnojivo UREA^{stabil}, tedy močovina s inhibitorem ureázy na bázi NBPT, v dávce 100 kg N/ha. Vzhledem k pozvolnému průběhu hydrolyzy močoviny může být toto hnojivo v běžných dávkách aplikováno i do blízkosti hlíz, aniž by negativně ovlivnilo klíčení a vzcházení rostlin. U varianty s přihnojením na začátku vzcházení rostlin byl standardně aplikován Alzon (močovina s inhibitorem nitrifikace). V roce 2015 bylo ověřováno také hnojivo UREA^{stabil}.

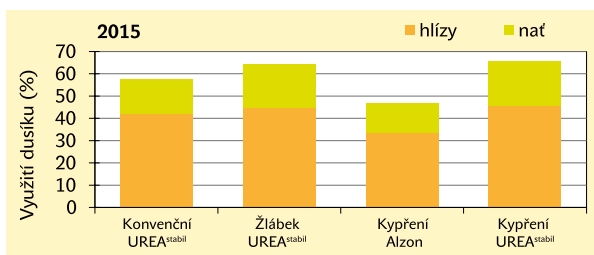
Vliv úpravy hrůbků na využití dusíku z aplikovaných hnojiv se v jednotlivých letech projevil různou měrou vzhledem k odlišným povětrnostním podmínkám. Největší přínos zlepšení vodního režimu v hrůbku lepším zasakováním srážkové vody byl předpokládán v suchších letech. Větší provlhčení půdy v hrůbku u variant se vsakovacím žlábkem a kypřením a přivedení vody k hnojivu zvýšilo využití dusíku rostlinami ve srovnání s běžným hrůbkem i v letech s dostatkem srážek (graf 5). V suchém roce 2015 přispěly k poměrně vysokému využití N z hnojiv nízké srážky od sázení do začátku odběru dusíku rostlinami spojené s nízkými ztrátami N vyplavením nitrátů a odběr dusíku rostlinami po srážkách v polovině srpna, což se projevilo obnovením vegetace rostlin a ve srovnání s předcházejícími roky vyšším podílem dusíku z aplikovaných hnojiv v nati (graf 5b). Vzhledem k nízkým srážkám nebylo v tomto roce efektivní hnojení močovinou s inhibitorem nitrifikace (Alzon), což se projevilo jak při aplikaci spolu se sázením (graf 8b), tak i při přihnojení spojeným s kypřením hrůbků na začátku vzcházení rostlin (graf 5b). Při nedostatku srážek došlo po aplikaci močoviny s inhibitorem nitrifikace k lokálnímu nárůstu koncentrace amonného dusíku v místě uložení hnojiva a srážky v srpnu přišly příliš pozdě, aby mohl být dusík z hnojiva využit rostlinami, což se projevilo vyšším obsahem nevyužitého N_{\min} v půdě po sklizni brambor (graf 6). V tomto případě mohl inhibitor nitrifikace paradoxně přispět k většímu vyplavení nitrátů a znečištění vod při pěstování brambor. Naopak při hnojení močovinou s inhibitorem ureázy (UREA^{stabil}) bylo v tomto roce zjištěno ve srovnání s hnojivem Alzon vyšší využití dusíku rostlina-

Graf 5: Vliv úpravy tvaru hrůbku a uložení hnojiva na využití dusíku z hnojiv rostlinami (maloparcelkový pokus Valečov)

5a: průměr let 2013–2014

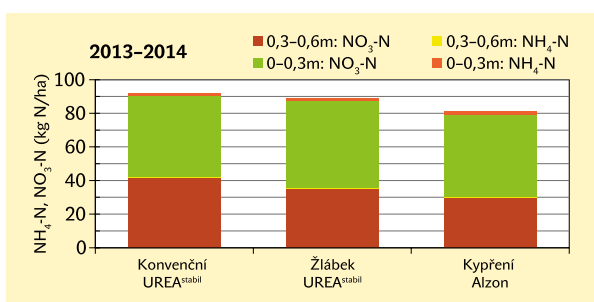


5b: rok 2015

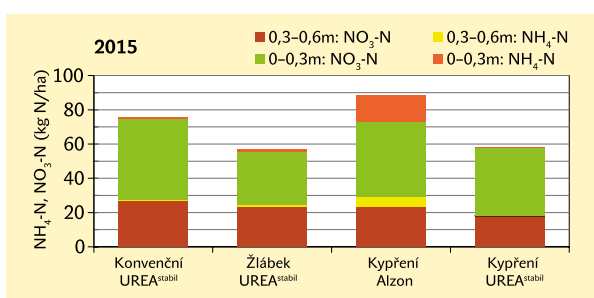


Graf 6: Reziiduální obsah N_{\min} v půdní vrstvě 0–0,6 m po sklizni brambor (maloparcelkový pokus Valečov)

6a: průměr let 2013–2014



6b: rok 2015



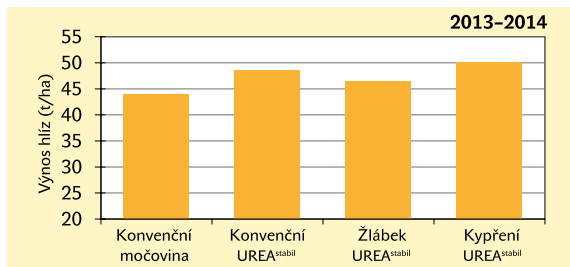
mi (graf 5b) a významně nižší množství nevyužitého N_{\min} po sklizni (graf 6b). Na menší množství zbytkového N_{\min} v půdě po sklizni brambor a omezení rizika znečištění vod nitráty v následujícím mimovegetačním období měly v roce 2015 příznivý vliv úpravy hrůbku (žlábek, kypření), po kterých byly vytvořeny lepší vláhové podmínky pro využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami.

Vliv průběhu povětrnosti, tvaru hrůbku a lokalizace hnojiva v něm na využití dusíku rostlinami zjištěný v přesném maloparcelkovém pokusu potvrdily také výsledky navazujícího polního pokusu s běžně používanými hnojivy na stanovišti ve Valečově (dávka N 100 kg/ha) a v poloprovozním pokusu ve Věži (dávka N 120 kg/ha). Kromě toho byl u konvenčního tvaru hrůbku porovnáván vliv lokálního hnojení klasickou močovinou ve srovnání s močovinou s inhibitorem ureázy (UREA^{stabil}), kde se projevil příznivý vliv použití inhibitoru ureázy na dosažené výnosy hlíz (graf 7). U hrůbku se vsakovacím žlábkem byl obdobně porovnáván vliv lokální aplikace močoviny s inhibitorem nitrifikace (Alzon) a ureázy (UREA^{stabil}) na výnos hlíz. V tomto případě byl v letech 2012–2014 s normálním průběhem srážek zjištěn v průměru vyšší výnos hlíz při použití Alzonu, zatímco v suchém roce 2015 po hnojení UREA^{stabil} (graf 8). U varianty hnojení označené jako „N k hlíze“ na grafu 8 byla jedna polovina hnojiva UREA^{stabil} aplikována přímo pod hlízu (vyvedení aplikační trubice přímo do sázecí radlice) a druhá vedle hlízy směrem k nekolejové brázdě (použití klasické aplikační radličky). Cílem bylo ověřit vliv aplikace hnojiva do míst s větší vláhovou jistotou u konvenčního tvaru hrůbku a vliv umístění hnojiva přímo k hlíze na klíčení a počáteční růst rostlin. V letech 2012–2014 nebyly zjištěny ve srovnání s klasickou variantou (umístění hnojiva po obou stranách hlíz ve vzdálenosti 10–12 cm) podstatné rozdíly ve vzcházení a vyrovnanosti porostu ani v dosažených výnosech hlíz. V suchém roce 2015 se aplikace hnojiva (60 kg N/ha) přímo k hlíze projevila pomalejším a méně vyrovnanějším vzcházením a počátečním růstem rostlin. Po srážkách v polovině srpna byla u této varianty pokusu zjištěna nejrychlejší regenerace rostlin, během měsíce září nejlepší stav porostu a nejpozdější dozrávání ze všech testovaných variant, což se projevilo také vyšším výnosem hlíz, srovnatelným s variantami s upravenými hrůbkami.

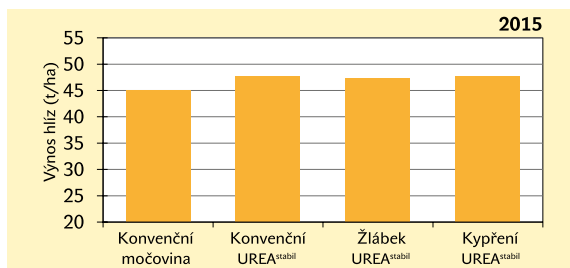
Jak vyplývá z porovnání výnosů na grafech 7 a 8, nové postupy v úpravě tvaru hrůbku a hnojení brambor se projeví mimo jiné lepšími vláhovými podmínkami v hrůbcích a vyšším využitím živin z aplikovaných hnojiv, což mělo příznivý vliv na dosažené výnosy hlíz v suchém roce 2015, které byly srovnatelné s výnosy v předcházejících letech. Přitom v okolních zemědělských podnicích

Graf 7: Výnosy hlíz při různé úpravě hrůbku, uložení a druhu hnojiva (polní pokus Valečov)

7a: průměr let 2013–2014

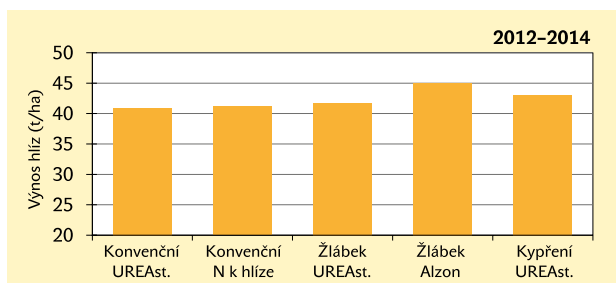


7b: rok 2015

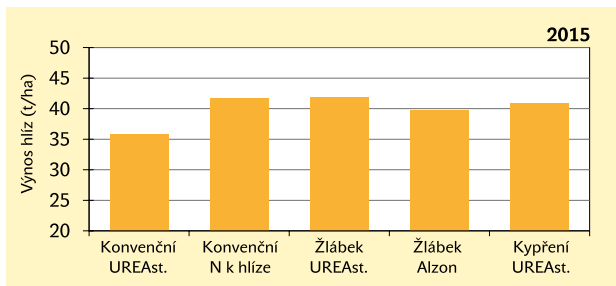


Graf 8: Výnosy hlíz při různé úpravě hrůbku, uložení a druhu hnojiva (poloprovodní pokus Věží)

8a: průměr let 2012–2014



8b: rok 2015



s klasickým tvarem hrůbků při pěstování brambor s odkameněním byl většinou zaznamenán významný pokles výnosů. Uplatnění doporučených metodických postupů k půdoochranným technologiím při pěstování brambor může tedy přispět ke stabilizaci výnosů hlíz při různých povětrnostních podmínkách daného ročníku.

5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Metodika a postupy v ní uvedené jsou zaměřené na inovaci půdoochranných technologií pěstování brambor, které zlepšují infiltraci srážkové vody do půdy, snižují riziko vodní eroze a znečišťování vod, zvyšují využití živin z aplikovaných hnojiv a stabilizují výnosy a kvalitu hlíz při pěstování brambor. Jedná se o nové technologické postupy s využitím autorsky chráněných originálních strojů a nástrojů. Na základě získaných poznatků z našich pokusů a z literatury lze doporučit následující inovační postupy pro zvýšení půdoochranného účinku při pěstování brambor s odkameněním půdy:

1. Úprava tvaru hrůbků a důlkování nekolejové brázdy při sázení brambor

Jedná se o inovaci sázeče brambor za účelem celkového rozšíření vrcholové plochy hrůbků s miskovitým tvarem a vyměření středové nekolejové brázdy, ve které jsou vytvořeny důlky a hrázky. Zvětšením hrůbků, pozvolnějším zesílením jejich boků, vyměření a zmenšením nekolejové brázdy a zúžením kolejové brázdy se zvětšuje plocha pro vsakování a zadržení srážkové vody. Důlkování a hrázkování je opatření, které má při správném provedení vysoký půdoochranný efekt, a to především v období od sázení do vzcházení porostu a v raných fázích vegetace. Uvedená úprava tvaru hrůbků může mít i další přínos spočívající v udržení vlhkosti půdy uvnitř hrůbku delší dobu v suchých obdobích, což se projeví nejvíce v suchém roce 2015. Tím dochází ke stabilizaci výnosů hlíz v letech s přísuškou.

2. Vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku

Další možnou inovací sázeče brambor je zařízení na vytvoření vsakovacího žlábků na vrcholu hrůbku. Jeho efekt spočívá v zadržení většího množství srážkové vody a zlepšení vodního režimu uvnitř hrůbku. Při sázení brambor po vrstevnici může být žlábek souvislý, v ostatních případech se doporučuje přerušovaný, u kterého je voda ve žlábcích oddělených hrázkami zadržována i v případě, když jsou hrůbky orientovány s odklonem od vrstevnice

nebo na menších svazích po spádnicí. Vsakovací žlábek je vhodné kombinovat s inovovaným tvarem hrůbků (viz bod 1) a s důlkováním nekolejové brázdy. Má pozitivní vliv na zvýšení výnosů hlíz zpravidla v sušších letech při nepravidelných srážkách včetně krátkodobých intenzivních dešťů střídajících se s opakovanými přísušky. Vzhledem k zadržení většího množství srážkové vody v hrůbku je vhodné, zejména ve vlhčích oblastech, k hnojení při sázení brambor použít dusíkaté hnojivo s inhibitorem nitrifikace, např. Alzon.

3. Kypření povrchu hrůbků

Kypření hrůbků se provádí v samostatné operaci před nebo na začátku vzházení brambor a je zaměřeno na rozrušení krusty na povrchu hrůbků, která omezuje vsakování srážkové vody do půdy. Kypření může být spojeno s přihnojením z boku hrůbku pomocí aplikátoru do blízkosti kořenové zóny bramboru, což přináší efekt zejména z pohledu lepšího využití živin rostlinami a omezení tvorby nitrátového dusíku v půdě v době, kdy nemůže být využit rostlinami. Tento způsob úpravy hrůbků výrazně zvyšuje vsakování srážkové vody do hrůbků a podle výsledků našich pokusů patří k nejlepším půdoochranným opatřením z pohledu snížení povrchového odtoku vody a odnosu půdy.

4. Vliv úprav hrůbků na infiltraci vody, erozi půdy a dosažené výnosy

Nejlepší výsledky byly získány u kypření povrchu hrůbků. Tato technologie velmi pozitivně působí na oddálení počátku a snížení množství povrchového odtoku a ztrátu půdy erozí. Jako nejméně efektivní varianta z pohledu ochrany půdy se jeví klasické odkamenění bez dalšího opatření. To je patrné hlavně u prvního zadeštění při přirozené vlhkosti půdy. Po nasycení půdy vodou (druhé zadeštění) se už rozdíl mezi variantami snižují.

U varianty s povrchovou úpravou hrůbků kypřením před nebo na začátku vzházení rostlin bylo zjištěno nejvíce vyrovnané vzházení rostlin a zapojení porostu a největší stabilita výnosů hlíz v jednotlivých letech, které patřily zároveň k těm nejvyšším.

Výsledky výživářských pokusů ukázaly, že úpravy tvaru hrůbků měly příznivý vliv na využití dusíku z aplikovaných hnojiv a omezení množství zbytkového N_{min} v půdě po sklizni brambor. U konvenčního neupraveného hrůbku byly vyšší výnosy hlíz dosaženy po lokální aplikaci 100 kg N/ha (při sázení brambor,

10–12 cm po obou stranách od hlízy) v hnojivu UREA^{stabil} než v klasické močovíně. Při zvýšení množství infiltrované srážkové vody do hrůbku (např. vytvořením vsakovacího žlábků na vrcholu hrůbku) je vhodné používat na promyvných půdách dusíkatá hnojiva s inhibitory nitrifikace (např. Alzon). Pro aplikaci dusíkatých hnojiv do blízkosti hlíz nebo přímo k hlízám je vhodná močovina s inhibítorem ureázy (např. UREA^{stabil}).

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika je zaměřena na využití nových originálních postupů snižujících riziko vodní eroze při pěstování brambor a zvyšujících využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami bramboru. V metodice jsou uvedeny výsledky ověřování těchto nových postupů určených pro zakládání porostů brambor technologií odkameňování. Metodika zároveň obsahuje výsledky ověřování různých postupů aplikace minerálních dusíkatých hnojiv vhodných pro uvedené půdoochranné technologie pěstování brambor. Jedná se o nové technologické postupy s využitím inovovaných strojů a originálních nástrojů, autorsky chráněných devíti průmyslovými vzory, které nebyly uvedeny v žádné z předchozích metodik.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena zemědělským poradcům, organizacím, které sdružují pěstitele brambor za účelem poradenské činnosti, pracovníkům ve státní správě a především managementu zemědělských podniků. Metodika bude uplatněna v zemědělské prvovýrobě, v podnicích zabývajících se pěstováním brambor všech užitkových směrů, které hospodaří na erozně ohrožených pozemcích. Metodika významně přispěje ke snížení vodní eroze půdy při pěstování brambor na svažitých pozemcích a zvýšení využití živin při hnojení brambor minerálními dusíkatými hnojivy v rámci půdoochranných technologických postupů.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Pro pěstování brambor nejsou v současné době v ČR na trhu vhodné stroje a technologie splňující půdoochranné požadavky akceptovatelné v DZES. V bramborářské oblasti je pro splnění podmínek DZES nejčastěji využívána technologie odkameňování. V rámci standardu DZES 5 je však odkameňování zařazeno mezi specifické půdoochranné technologie podmíněně (dočasně) a doporučuje se jeho doplnění důlkováním, hrázkováním apod. Používání technologie odkamenění je nezbytné z důvodu zachování konkurenceschopnosti

našich pěstitelů brambor a je nutné doplnit tuto technologii o inovace, které zefektivní její půdoochrannou funkci pro mírně erozně ohrožené půdy.

Na základě výsledků řešení projektu TAČR lze doporučit následující inovační půdoochranné postupy, které budou ověřeny dle metodiky MZe ČR. Na základě kvalifikovaného odhadu spoluřešitele projektu firmy P&L, s. r. o., která se podílela na vývoji inovačních paketů pro sázeč brambor, byly navrženy následující ceny pro pěstitele brambor:

1. Úprava lisovacích plechů a vytvoření miskovitého povrchu hrůbku + mělké nekolejové brázdy s důlky (cena do 60 tis. Kč)
2. Zařízení na modulaci přerušovaného (souvislého) vsakovacího žlábků na povrchu hrůbku (cena 65–90 tis. Kč)
3. Kypřič hrůbků – cena kypřiče bude stanovena po dořešení různých mechanismů pro kopírování hrůbků.

Jak vyplývá z výsledků polních pokusů včetně poloprovozních, úpravy tvarů hrůbků se kromě omezení eroze projeví také vyššími nebo stabilnějšími výnosy hlíz, a to i v méně příznivých ročnících (2015). V případě vyšších výnosů hlíz v méně příznivých letech o 5 % než u konvenční technologie by měly vynaložené náklady do inovačních půdoochranných postupů u většiny pěstitelů brambor i bez dotací na inovace návratnost 1–3 roky. K tomu lze připočítat těžko vyčíslitelné ekonomické přínosy za omezení ztrát půdy erozí, znečišťování vod, lepší využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami apod. V neposlední řadě by uplatnění nových půdoochranných postupů při pěstování brambor (pakety k sázečům brambor, kypřiče apod.) podpořilo české výrobce zemědělských strojů.

VI. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALLMARAS, R.R. – UNGER, P.W. – WILKINS, D.W. (1985): Conservation tillage systems and soil productivity in soil erosion and crop productivity. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- CARTER, M.R. – SANDERSON, J.B. (2001): Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease and soil quality parameters on a fine sandy loam in eastern Canada. *Soil Tillage Research*, 63: 1–13.
- GORDON, R.J. – VANDERZAAG, A.C. – DEKKER, P. A. – DE HAAN, R. – MADANI, A. (2011): Impact of modified tillage on runoff and nutrient loads from potato fields in Prince Edward Island. *Agricultural Water Management*, 98: 1782–1788.
- JANEČEK, M. et al. (2008): *Základy erodologie*. ČZU Praha, 165 s.
- KASAL, P. – ČEPL, J. (2008): Minimalizace a půdoochranné technologie pro hlavní plodiny v podmínkách ČR – Brambory. In: HŮLA, J. – PROCHÁZKOVÁ, B. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, s. 160–163.

- KASAL, P. – RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – ČEPL, J. (2014): Metodika technologie pěstování brambor se zaměřením na vyšší efektivnost hnojení a ochranu vod. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský, Poradenský svaz Bramborářský kroužek. 27 s. ISBN 978-80-86940-46-5.
- KELLING, K.A. – WILNER, S.A. – HENSLER, R.F. – MASSIE, L.M. (1998): Placement and irrigation, effects on nitrogen fertilizer use efficiency. Proceedings of Wisconsin's Annual Potato Meetings, 11: 79–88.
- KELLING, K.A. – WOLKOWSKI, R.P. – RUARK, M.D. (2011): Potato response to nitrogen form and nitrification inhibitors. Am. J. Pot. Res., 88: 459–469.
- LAFLEN, J. M. – HIGHFILL, R. E. – AMEMIYA, M. – MUTCHLER, C. K. (1994): Structures and methods for controlling water erosion. In: Soil erosion and crop productivity. FOLLET, R. F. and STEWART, B. A. (eds.) American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, s. 413–442.
- MAIDL, F.X. – BRUNNER, H. – STICKSEL, E. (2002): Potato uptake and recovery of nitrogen ¹⁵N-enriched ammonium nitrate. Geoderma, 105: 167–177.
- PICKNY, J. – GROCHOLL, J. (2003): 10 Jahre Unterfussdüngung. Kartoffelbau, 54 (3): 93–95.
- RASMUSSEN, K. J. (1999): Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. Soil Tillage and Research, 53: 3–14.
- SHRESTHA, R.K. – COOPERBAND, L.R. – MACGUIDWIN, A.E. (2010): Strategies to reduce nitrate leaching into groundwater in potato grown in sandy soils: Case study from north central USA. Am. J. Pot. Res., 87: 229–244.
- SCHWARZWELLER, S. (2012): Kartoffeldüngung: Neue Konzepte – Das „All-In-One“-Verfahren in Kombination mit platzierter Düngung. Kartoffelbau, 63 (11): 18–19.
- ZEBARTH, B.J. – ROSEN, C.J. (2007): Research perspective on nitrogen BMP development for potato. American Journal of Potato Research, 84: 3–18.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ A DALŠÍCH VÝSLEDKŮ PŘEDCHÁZejících METODICE

- KASAL, P. – RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. (2015): Perspektivní půdoochranné technologie při pěstování brambor. Úroda, 63 (11): 46–48. ISSN 0139-6013.
- KOBZOVÁ, D. – KADLEC, V. – KINCL, D. – PROCHÁZKOVÁ, E. – SRBEK, J. (2015): Ověřování půdoochranných technologií na bramborách. AGRObase, (3): 20–21.
- RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – HORKÝ, T. – ŠEREJCH, Z. (2015): Přihláška hromadného českého průmyslového vzoru č. 2015-40488 „Nástroje na zpracování půdy“ (9 vzorů). Předkladatel: VÚRV, v.v.i., P&L, spol. s r.o.
- RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – KASAL, P. – KOBZOVÁ, D. – HORKÝ, T. (2015): Inovovaný sázeč brambor s paketem na úpravu tvaru hrůbků a s variabilní aplikací hnojiv. Funkční vzorek. VÚRV, v.v.i.
- RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – MÜHLBACHOVÁ, G. – VAVERA, R. (2014): Nové postupy ve výživě rostlin a jejich praktické uplatnění v pěstebních technologiích. Sborník z pilotního semináře. Zemědělský svaz ČR a Institut vzdělávání v zemědělství, o.p.s. 77 s. ISBN 978-80-87262-73-3.

VIII. ODBORNÉ AKCE K PROJEDNÁNÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2. 12. 2015:

Nové technologické postupy pro stabilní výnosy pěstovaných plodin a ochranu půdy, vody a ovzduší. Odborný seminář, Lukavec

26. 11. 2014, 4. 12. 2013 a 27. 12. 2012:

Uplatnění nových poznatků v pěstebních technologiích. Odborný seminář. Lukavec



VÝZKUMNÝ ÚSTAV
BRAMBORÁŘSKÝ
HAVLÍČKŮV BROD



Vodní eroze při orientaci hrůbků po spádnici

Řada PRAKTICKÉ INFORMACE – Číslo 64.

METODICKÉ POSTUPY K PŮDOOCHRANNÝM TECHNOLOGIÍM PŘI PĚSTOVÁNÍ BRAMBOR.

CERTIFIKOVANÁ METODIKA (č. UKZUZ 012558/2016 vydal ÚKZÚZ Brno.)

Vydaly: Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o.
a Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“, z. s.,
Dobrovského 2366, CZ-580 01 Havlíčkův Brod.

Vydání první. Náklad: 2000 výtisků.

Obrázky: Pavel Růžek, Pavel Kasal. Grafická úprava: Jiří Trachtulec.

ISBN 978-80-86940-66-3

Tato publikace nesmí být přetiskována vcelku nebo po částech, přenášena nebo uváděna do oběhu pomocí elektronických, mechanických, fotografických či jiných prostředků bez výslovného svolení Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod, s. r. o.

www.vubhb.cz