



CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin

Smutný V. a kol.



Abstrakt

Metodika poskytuje ucelený přehled o vlivu různých systémů zpracování půdy v interakci s předplodinou, stanovištěm a ročníkem na výnos a kvalitu zrna obilnin při současném posouzení energetické náročnosti a ekonomické efektivity. Dále byly vyhodnoceny dopady konvenčních, minimalizačních a půdoochranných technologií na půdní vlastnosti. Zvláštní pozornost je věnována agrotechnickým opatřením omezujícím povrchový odtok a zvyšujícím infiltrační vlastnosti půdy. Kromě problematiky péče o půdu s důrazem na omezení degradačních procesů půdy jsou předloženy výsledky vlivu různých technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření na rozvoj houbových chorob a obsah mykotoxinů v zrna pšenice. Snahou metodiky bylo formou výsledků z polních pokusů poskytnout nové poznatky, které přispějí v protierozní ochraně půdy při pěstování obilnin v souladu s principy integrované ochrany rostlin v různých systémech hospodaření v podmínkách ČR.

Klíčová slova: zpracování půdy, předplodina, půdní úrodnost, obilniny, výnos a kvalita zrna, houbové choroby, mykotoxiny

Abstract

This guideline covers the various systems of soil tillage, particularly in the interaction with a forecrop, a stand and a year, and their impact on grain yield and quality of cereals. The demand on energy resources and the economic effectiveness is also focused. The second part deals with the impacts of conventional, minimum and conservation tillage systems on soil properties. A closer examination is given to the treatments which lead to the increase of infiltration ability of soil and thus to the reduction of runoff. Improved soil conservation techniques reduce soil degradation and a loss of fertility. To demonstrate the complexity of soil management, the effects of different tillage systems on the occurrence and development of some fungal pathogens on cereals is discussed, including their impact on grain quality, i.e. mycotoxin contamination. The aim of the guideline is to give a new view on soil conservation tillage practices, which can be adopted to reduce soil erosion, and are in compliance with the principles of integrated crop management in the Czech Republic.

Key words: soil tillage, forecrops, soil fertility, cereals, yield and grain quality, fungal pathogens, mycotoxins

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

**Význam technologií zpracování půdy
a dalších agrotechnických opatření
při pěstování obilnin**

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

VLADIMÍR SMUTNÝ a kol.

2015

Poděkování:

Metodika byla vytvořena s podporou projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum č. QJ1210008, s názvem: „Inovace systémů pěstování obilnin v různých agroekologických podmínkách ČR“.

Vedoucí autorského kolektivu:

doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Seznam autorů:

Ing. Tamara Dryšlová, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Martina Handlířová, Mendelova univerzita v Brně

Ing. Martin Houšť, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Mgr. Pavel Matušinsky, Ph.D. Agrotest Fyto, s.r.o.

Ing. Lubomír Neudert, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Blanka Procházková, CSc., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Zdeněk Stražil, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Ing. Milan Vach, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Oponenti:

Prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze

RNDr. Jan Juroch, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno

Metodika je určena zemědělcům a zemědělským poradcům.

Publikaci bylo přiděleno osvědčení UKZUZ 128922/2015 vydané Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským.

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

© Mendelova univerzita v Brně, 2015

ISBN 978-80-7509-369-1

OBSAH

I. Cíl metodiky	4
II. Vlastní metodika	5
1. Úvod	5
2. Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos a kvalitu zrna obilnin	6
2.1. Lokalita Žabčice	6
2.2. Lokalita Višňové	13
2.3. Lokalita Praha-Ruzyně	15
2.4. Praktická doporučení a závěr	19
3. Energetická náročnost a ekonomická efektivnost různých technologií zpracování půdy	20
3.1. Materiál a metody	20
3.2. Dosažené výsledky	21
3.3. Praktická doporučení a závěr	24
4. Vliv zpracování půdy na půdní vlastnosti	24
4.1. Materiál a metody	24
4.2. Dosažené výsledky	25
4.3. Praktická doporučení a závěr	30
5. Význam agrotechnických opatření v ochraně půdy před vodní erozí	31
5.1. Vliv technologií zpracování půdy na omezení povrchového odtoku	31
5.2. Využití meziplodin v půdoochranných technologiích zpracování půdy	34
6. Vliv zpracování půdy na rozvoj houbových chorob a obsah mykotoxinů v zrně obilovin	37
6.1. Materiál a metody	39
6.2. Dosažené výsledky	39
6.3. Praktická doporučení a závěr	42
7. Doporučení pro volbu způsobů zpracování půdy v různých systémech hospodaření	43
7.1. Volba způsobů zpracování půdy podle půdních a klimatických podmínek	44
7.2. Volba způsobů zpracování půdy v suchých oblastech	45
7.3. Volba způsobů zpracování půdy v erozně ohrožených oblastech	45
7.4. Požadavky na technologie zpracování půdy z pohledu integrované ochrany rostlin	47
III. Srovnání novosti postupů	49
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky	49
V. Ekonomické aspekty	49
VI. Seznam použité související literatury	50
VII. Seznam publikací, které předcházely metodice	52

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s novými poznatky v oblasti technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických faktorů při pěstování obilnin (ozimá pšenice, jarní ječmen a kukuřice). Kromě informací z odborné literatury poskytuje předkládaná metodika ucelený přehled o vlivu různých systémů zpracování půdy v interakci s předplodinou, stanovištěm a ročníkem na výnos a kvalitu zrna obilnin při současném posouzení energetické náročnosti a ekonomické efektivity. Dále jsou vyhodnoceny dopady konvenčních, minimalizačních a půdoochranných technologií na půdní vlastnosti, které jsou ukazatelem půdní úrodnosti. Zvláštní pozornost je věnována agrotechnickým opatřením omezujícím povrchový odtok a zvyšujícím infiltrační vlastnosti půdy. V této souvislosti jsou vyhodnoceny půdoochranné technologie zpracování půdy s využitím meziplodin. Kromě problematiky péče o půdu s důrazem na omezení degradačních procesů půdy jsou předloženy výsledky vlivu různých technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření na rozvoj houbových chorob a obsah mykotoxinů v zrna pšenice. Snahou metodiky bylo formou výsledků z polních pokusů poskytnout nové poznatky, které přispějí v protierozní ochraně půdy při pěstování obilnin v souladu s principy integrované ochrany rostlin v různých systémech hospodaření v podmínkách ČR. Dosažené výsledky byly získány při řešení projektu NAZV č. QJ1210008, s názvem: „Inovace systémů pěstování obilnin v různých agroekologických podmínkách ČR“.

II. VLASTNÍ METODIKA

1. Úvod

Snahou moderní rostlinné produkce je zvyšování efektivity využití všech intenzifikačních vstupů s cílem dosažení co nejvyšší rentability pěstování plodin. Zároveň by však měly být podporovány takové postupy, které jsou co nejvíce šetrné životnímu prostředí. V oblasti integrované ochrany rostlin je hlavním cílem hledání takových způsobů, které směřují ke snížení spotřeby pesticidních látek, které nebudou mít negativní vliv na kvalitu produkce, a tím přispějí ke snížení dopadů na životní prostředí. Agrotechnická opatření zahrnující strukturu pěstovaných plodin ve vhodných sledech (osevní postup), odrůdová skladba, vyvážená výživa rostlin a hnojení, management rostlinných zbytků a využití meziplodin a také technologie zpracování půdy v různých modifikacích mohou být dobře fungujícími nepřímými opatřeními v ochraně rostlin před biotickými škodlivými organismy (choroby, škůdci a plevel).

Zpracování půdy patří, v systémech pěstování plodin, k základním opatřením, které se významnou měrou podílejí na dosahování stálých a vysokých výnosů. Z dlouhodobého hlediska lze zpracování půdy považovat za významné opatření v péči o půdu, ve vztahu k půdní úrodnosti. Půda patří mezi životně důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje. Je jednou ze základních složek životního prostředí. Její produkční a mimoprodukční funkce jsou nezastupitelné. Půda je vystavena rostoucímu antropogennímu zatížení, je proto nutné prohlubovat systém její ochrany. Za hlavní rizika pro půdu a její kvalitu jsou považovány: eroze, úbytek organické hmoty, omezení biologické aktivity půdy a zhutňování. Zpracováním se půda má upravit do stavu, kdy jsou plodinám poskytnuty dobré podmínky pro růst a vývoj a současně jsou minimalizovány negativní dopady na stanoviště. Právě zájem o důsledky hospodaření na půdě z dlouhodobého hlediska by měl být zájmem trvalým především toho, kdo na půdě hospodaří (Hůla et al., 2010).

V dnešních podmínkách hospodaření je zapotřebí poznat, jak působí jednotlivé agrotechnické faktory samostatně, ale i ve vzájemných interakcích, kdy nelze opomenout také vliv průběhu počasí (ročníku). Získané poznatky musíme být schopni využít a uplatnit v odlišných půdně-klimatických podmínkách a různých systémech hospodaření v podmínkách ČR, které jsou ovlivněny situací na trhu s komoditami. Systémy zpracování půdy musí být modifikované pro podmínky zúžené skladby pěstovaných plodin s vysokým zastoupením obilnin, pro hospodaření s živočišnou výrobou či bez ní, pro systémy s bioplynovou stanicí apod. Kromě toho musí být zohledněny požadavky legislativní pro hospodaření v erozně ohrožených oblastech či zaváděná pravidla integrované ochrany rostlin.

Přes všechny výše uvedené okolnosti, které s sebou přináší dnešní doba, bychom měli být schopni různé problémy a situace řešit tak, abychom našli řešení, která nám přinesou ekonomické přínosy z hospodaření na půdě, ale zároveň zachovají úrodnost půdy pro další generace. Snažme se zachovat selský rozum a pečujme o půdu s nejlepším vědomím a svědomím!

2. Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos a kvalitu zrna obilnin

V řadě vícefaktorových pokusů byl zjištěn vliv interakce mezi předplodinou, zpracováním půdy a ročníkem na výnos zrna ozimé pšenice, což potvrzují i další autoři. Příkladem jsou výsledky Houště et al. (2012), kteří zjistili vyšší výnos u ozimé pšenice pěstované po kukuřici na siláž u orby a naopak po hrachu při použití minimalizační technologie zpracování půdy (kypření). Šíp et al. (2009) porovnávali reakci odrůd ozimé pšenice při minimalizační technologii (kypření) a orbě na výnos zrna. Mezi zpracováním půdy nezjistili průkazný rozdíl. V řadě jiných studií naopak jsou uváděny průkazné rozdíly. Výsledky nelze jednoduše zobecnit, neboť najdeme řadu prací s protichůdnými závěry. Problematikou vlivu osevních postupů (především zařazení leguminóz a úhoru) v interakci se zpracováním půdy se ve svých pracích zabývali Zentner et al. (1990); Cox (2002), Borghi et al. (1995). Z důvodů značné variability povětrnostních podmínek mezi roky a možných kumulativních efektů půdních procesů je hodnocení vlivu různých způsobů zpracování půdy na výnosy plodin více spolehlivé jen v dlouhodobějších polních pokusech.

Vliv různých agrotechnických opatření na vybrané plodiny (vliv předplodiny, zpracování půdy a hospodaření se slámou) byl vyhodnocován v dlouhodobých polních pokusech v různých půdně-klimatických podmínkách. Jde o lokality na jižní Moravě v kukuřičné výrobní oblasti (Žabčice a Višňové) a ve středních Čechách (Praha Ruzyně; řepařská výrobní oblast).

2.1. Lokalita Žabčice

Půdní a klimatická charakteristika

Katastrální území Žabčic (roční úhrn srážek je 480 mm) se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K2. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR (průměrná roční teplota je 9,2 °C). Dle bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ) se jedná o klimatický okrsek velmi teplý a suchý. Voda v půdě, využitelná plodinami, se stává hlavním limitujícím faktorem pro tvorbu výnosu, a to i na zrnitostně těžších půdách fluvizemního typu, které jsou charakteristické pro danou lokalitu. V tab. 1 jsou uvedeny průměrné měsíční teploty a úhrny srážek za duben–červen v letech 2011–2014, které jsou porovnány s normálovými hodnotami z období 1961–1990. Výsledkem porovnání těchto meteorologických prvků je slovní hodnocení jednotlivých měsíců podle metodiky World Meteorological Organization (WMO).

2.1.1. Metodika pokusů

V textu níže jsou vyhodnoceny výsledky z dlouhodobých polních pokusů AGRO 1 a AGRO 2, které byly založeny v roce 2003. Základem modelového pokusu AGRO 1, koncipovaného pro hospodaření bez živočišné výroby (sláma je rozdrčena a zapravena do půdy), je 5-honný osevní postup s vysokou koncentrací obilnin (ječmen jarní, hrách, ozimá pšenice, ozimá pšenice, kukuřice na zrno). Druhý pokus, AGRO 2, je modelový pokus pro hospodaření s živočišnou výrobou, (sláma obilnin je sklizena, ke kukuřici na siláž a cukrovce je hnojeno chlěvským hnojem), podstatou je 7-honný osevní postup s 2-letou vojtěškou (vojtěška - 1.

rok, vojtěška - 2. rok, ozimá pšenice, kukuřice na siláž, ozimá pšenice, cukrovka, jarní ječmen).

Tab. 1: Porovnání průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek v letech 2011–2014 s dlouhodobým normálem

Rok 2011				
průměrná teplota (°C)				
měsíc	2011	normál	rozdíl	hodnocení WMO
duben	12,4	9,6	2,8	silně nadnormální
květen	15,2	14,6	0,6	normální
červen	19,4	17,7	1,7	nadnormální
srážkový úhrn (mm)				
měsíc	2011	normál	% normálu	hodnocení WMO
duben	33,2	33,2	100,0	normální
květen	46,2	62,8	73,6	normální
červen	42,9	68,6	62,0	podnormální

Rok 2012				
průměrná teplota (°C)				
měsíc	2012	normál	rozdíl	hodnocení WMO
duben	10,8	9,6	1,2	normální
květen	16,9	14,6	2,3	nadnormální
červen	19,9	17,7	2,2	silně nadnormální
srážkový úhrn (mm)				
měsíc	2012	normál	% normálu	hodnocení WMO
duben	19,8	33,2	59,6	podnormální
květen	21,4	62,8	34,1	silně podnormální
červen	101,2	68,6	147,5	nadnormální

Rok 2013				
průměrná teplota (°C)				
měsíc	2013	normál	rozdíl	hodnocení WMO
duben	10,6	9,6	1,0	normální
květen	14,7	14,6	0,1	normální
červen	18,3	17,7	0,6	normální
srážkový úhrn (mm)				
měsíc	2013	normál	% normálu	hodnocení WMO
duben	20,2	33,2	60,8	normální
květen	109,0	62,8	173,6	nadnormální
červen	147,4	68,6	214,9	mimořádně nadnormální

Rok 2014				
průměrná teplota (°C)				
měsíc	2014	normál	rozdíl	hodnocení WMO
duben	11,8	9,6	2,2	nadnormální
květen	14,5	14,6	-0,1	normální
červen	18,8	17,7	1,1	nadnormální
srážkový úhrn (mm)				
měsíc	2014	normál	% normálu	hodnocení WMO
duben	11,2	33,2	33,7	silně podnormální
květen	62,8	62,8	100,0	normální
červen	43,4	68,6	63,3	podnormální

V pokusech byly použity následující varianty zpracování půdy: CT – orba (0,20 – 0,24), MT – mělké kypření – (0,15 m), NT – přímé setí (pouze v pokusu AGRO 2) - přímý výsev secí kombinací bez předchozího zpracování půdy.

U ozimé pšenice byly aplikovány fungicidy 2x, u jarního ječmene 1x. V kukuřici fungicidy nebyly použity. Každoročně je hnojeno fosforem a draslíkem v dávce 90 kg P₂O₅ a 130 kg K₂O. Jako hnojiva byly použity superfosfát granulovaný (19 % P₂O₅) a draselná sůl (60 % K₂O). U ozimé pšenice byla v průběhu let 2011-2014 pěstována odrůda Sultan, výsevek 4 milióny klíčivých semen (MKS), setí v agrotechnickém termínu (1.–15. 10.) Celková dávka N byla 150 kg N.ha⁻¹. U jarního ječmene byla pěstována odrůda Bojos, výsevek byl 4 MKS na hektar. Hnojení dusíkem bylo v dávce 60 kg. ha⁻¹, před setím v ledku amonném s vápencem.

U kukuřice na zrno byl vyhodnocen vliv zpracování půdy na výnos zrna. Kukuřice na zrno byla pěstována po ozimé pšenici bez využití chlévského hnoje (jako součást modelového osevního postupu pro hospodaření bez živočišné výroby). V průběhu 11-ti let byly pěstovány čtyři různé hybridy kukuřice (Ribera, Furio, Thermo a Ondina), u nichž byl použitý výsevek 80 000 semen na hektar při meziřádkové vzdálenosti 0,75 m. Hnojení dusíkem bylo v dávce 120 kg na ha. Hloubka výsevu byla 0,07 m.

2.1.2. Dosažené výsledky

Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos a kvalitu ozimé pšenice

V tab. 2 a 3 jsou uvedeny výnosy ozimé pšenice za období 2011–2014. Výsledky z roku 2012, který byl extrémně suchý, jsou zpracovány samostatně. Kromě výnosu byl u ozimé pšenice hodnocen počet klasů na jednotku plochy, hmotnost tisíce zrn (HTZ) a vybrané kvalitativní parametry zrna - objemová hmotnost a obsah bílkovin.

Z **výnosových** výsledků z let 2011-2014 vyplývá, že mezi způsoby zpracování půdy u ozimé pšenice pěstované po ozimé pšenici, hrachu a kukuřici na siláž nebyly zjištěny významné rozdíly ve výnosu. Statisticky průkazně nižší výnos byl zaznamenán po vojtěšce s využitím orby (nižší o 0,97 t.ha⁻¹ oproti mělkému kypření (MT), resp. o 1,09 t.ha⁻¹ oproti technologii přímého setí (NT). Tyto výsledky potvrzují, že bezorebné technologie mohou efektivně šetřit půdní vodu, která je v suchých oblastech a zvláště v suchých letech po předplodině náročné na vláhu faktorem limitujícím výši produkce. Tuto skutečnost dokumentují významně nižší výnosy u varianty s orbou v suchých letech 2013 a 2014. Přesně opačné výsledky (vyšší výnos po orbě) byl po kukuřici na siláž v roce 2013.

Z výsledků je zřejmé, že zatímco v roce 2011 a 2013 byl **počet klasů na m²** vyšší po zpracování půdy orbou (předplodina hrach a pšenice), v roce 2014 to bylo naopak a tedy vyšší počet klasů na m² byl po mělkém kypření a to u obou zmíněných předplodin. Pšenice pěstovaná po vojtěšce a po silážní kukuřici vykazuje mírně vyšší počty klasů na m² po mělkém kypření, oproti přímému setí. Nejnižší hodnoty byly zjištěny u zpracování půdy orbou. Pšenice po silážní kukuřici má oproti pšenici pěstované po vojtěšce větší rozdíly v počtu klasů na m² mezi jednotlivými způsoby zpracování půdy.

Rozdíly v **HTZ** mezi jednotlivými variantami zpracování půdy po předplodinách hrách, pšenice a vojtěška, jsou zanedbatelné. Můžeme říci, že HTZ u pšenice pěstované po silážní kukuřici je mírně vyšší po zpracování půdy orbou (45,40 g), než po mělkém kypření (44,42 g) a přímém setí (43,69 g). Výsledky za roky 2011–2014 ukázaly, že vliv předplodiny a zpracování půdy je z hlediska rozdílu **objemové hmotnosti** minimální.

Po předplodině hrachu, pšenici a vojtěšce byl prokazatelně vyšší **obsah bílkovin** po zpracování půdy orbou. Nejvyšší obsah bílkovin byl zjištěn po předplodině hrachu (13,6 %). Pšenice po vojtěšce měla nejnižší obsah bílkovin při přímém setí (12,1 %). Pšenice pěstovaná po kukuřici na siláž vykazovala nejvyšší obsah bílkovin po zpracování půdy mělkým kypřením (13,5 %). Nejnižší obsah bílkovin pak vykazovalo zpracování půdy NT přímé setí (12,1 %).

Tab. 2: Výnos a kvalitativní parametry zrna ozimé pšenice (jednotlivé roky 2011, 2013, 2014, mimo nepříznivý rok 2012); polní pokus AGRO 1 – hospodaření bez živočišné výroby, lokalita Žabčice

předplodina	rok	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	objemová hmotnost (g.l ⁻¹)	obsah bílkovin (%)	
hrách	2011	CT	10,14	584	42,09	808	13,5	
		MT	10,26	511	42,68	803	12,8	
	2013	CT	6,81	636	42,70	791	14,7	
		MT	7,19	650	41,74	789	14,7	
	2014	CT	11,34	795	48,24	824	13,1	
		MT	11,58	811	48,55	813	12,9	
	průměr	CT	9,43	672	44,34	808	13,8	
		MT	9,68	657	44,33	802	13,5	
	průměr			9,55	664	44,34	805	13,6
	ozimá pšenice	2011	CT	9,10	507	42,88	793	11,9
MT			8,94	421	41,97	779	11,8	
2013		CT	7,90	691	43,90	798	14,5	
		MT	8,17	687	44,38	806	13,6	
2014		CT	11,31	770	48,26	826	12,5	
		MT	11,19	815	48,18	821	12,4	
průměr		CT	9,43	656	45,01	806	13,0	
		MT	9,43	641	44,84	802	12,6	
průměr			9,43	648	44,93	804	12,8	

CT – orba; MT – mělké kypření

Vyšší obsah bílkovin v zrna ozimé pšenice (13,6 %) byl zjištěn po hrachu, což lze spojovat s využitelností uvolňovaného dusíku mineralizací rostlinných zbytků. Za uvedení stojí také vyšší obsah bílkovin (13,5 %; o více než 1 % vyšší ve srovnání s orbou a přímým setím) u varianty mělkého kypření po kukuřici na siláž. V tomto případě může hrát pozitivní roli rovnoměrné promísání posklizňových zbytků po kukuřici na siláž ve zpracovávané vrstvě, které se postupně rozkládají a dochází k postupnému uvolnění dusíku, který je využitelný rostlinami a v pozdějších fázích vegetace potom snadněji zabudovatelný do zrna. V roce 2013 byl obsah bílkovin vyšší o 0,9 % u varianty s orbou oproti mělkému kypření. Vysvětlením může být intenzivnější mineralizace a uvolňování dusíku na více provzdušněné půdě s orbou.

Tab. 3: Výnos a kvalitativní parametry zrna ozimé pšenice (průměr 2011, 2013, 2014, mimo nepříznivý rok 2012); polní pokus AGRO 2 – hospodaření s živočišnou výrobou, lokalita Žabčice

předplodina	rok	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	objemová hmotnost (g.l ⁻¹)	obsah bílkovin (%)
vojtěška	2011	CT	10,24	659	42,31	806	12,8
		MT	9,99	716	41,55	805	12,7
		NT	10,21	685	40,91	800	12,1
	2013	CT	6,42	714	42,55	791	13,7
		MT	7,58	708	42,78	787	14,3
		NT	7,61	707	42,53	790	14,2
	2014	CT	9,41	628	48,67	820	12,1
		MT	11,28	783	50,33	820	11,1
		NT	11,52	796	51,53	808	10,1
	průměr	CT	8,69	667	44,51	806	12,9
		MT	9,62	736	44,89	804	12,7
		NT	9,78	729	44,99	800	12,1
průměr			9,36	711	44,79	803	12,6
kukuřice na siláž	2011	CT	9,60	607	42,09	784	12,5
		MT	9,72	658	42,53	784	13,7
		NT	9,19	630	39,52	788	10,9
	2013	CT	8,11	618	44,01	800	12,1
		MT	6,59	704	41,66	786	13,9
		NT	6,24	655	41,90	785	14,3
	2014	CT	11,40	749	50,11	822	12,3
		MT	11,92	896	49,05	818	12,9
		NT	12,45	811	49,66	814	11,1
	průměr	CT	9,70	658	45,40	802	12,3
		MT	9,41	752	44,42	796	13,5
		NT	9,29	699	43,69	796	12,1
průměr			9,47	703	44,50	798	12,6

CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

Tab. 4: Výnos a kvalitativní parametry zrna ozimé pšenice (vláhově nepříznivý rok 2012)

předplodina	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	objemová hmotnost (g.l ⁻¹)	obsah bílkovin (%)
ozimá pšenice	CT	1,99	286	32,80	700	19,5
	MT	2,52	303	33,21	697	19,6
průměr		2,26	294	33,01	698	19,6
hrách	CT	4,20	256	39,19	741	17,7
	MT	4,13	319	38,49	734	18,4
průměr		4,17	288	38,84	737	18,1
kukuřice na siláž	CT	1,63	251	31,33	677	20,2
	MT	2,44	280	32,92	680	19,8
	NT	2,64	230	33,59	690	19,9
průměr		2,23	254	32,61	683	20,0
vojtěška	CT	1,63	220	31,58	691	20,4
	MT	2,31	237	33,23	696	19,6
	NT	2,15	254	34,26	694	19,7
průměr		2,03	237	33,02	694	19,9

CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

Z výsledků let 2011 a 2013-2014 není patrný vliv předplodiny na výnos. Naopak v extrémně suchém roce 2012 byly patrné velké rozdíly ve výnosu zrna (tab. 4). V tomto roce došlo u ozimé pšenice k redukci počtu klasů, ale i zaschnutí zrna (nízká HTZ a objemová hmotnost). Přesto byl téměř dvojnásobný výnos dosažen po hrachu (průměr 4,17 t.ha⁻¹) oproti ostatním předplodinám. Po ozimé pšenici, kukuřici na siláž a vojtěšce byl vždy nejnižší výnos po orbě. Vzhledem k nízkým výnosům byl tento ročník charakteristický vysokým obsahem bílkovin v zrně (18–20 %).

Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos a kvalitu jarního ječmene

V roce 2011 byl nejvyšší **výnos** (8,25 t.ha⁻¹) zaznamenán po orbě a při pěstování jarního ječmene po kukuřici na zrno. Rozdíl mezi zpracováními půdy činil 0,22 t.ha⁻¹ ve výnosu zrna. Naproti tomu v letech 2013 a 2014 byl nejvyšší výnos po mělkém kypření a rozdíly výnosu zrna byly mezi jednotlivými zpracováními vyšší než v roce 2011. V roce 2013 byl rozdíl mezi orbou a mělkým kypřením 0,44 t.ha⁻¹ a v roce 2014 to bylo 0,87 t.ha⁻¹ (tab. 5).

Tab. 5: Výnos a kvalita zrna jarního ječmene po kukuřici na zrno (průměr 2011, 2013, 2014, mimo nepříznivý rok 2012); polní pokus AGRO 1 - hospodaření bez živočišné výroby, lokalita Žabčice)

rok	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	podíl předního zrna nad 2,5 mm (%)	obsah bílkovin (%)
2011	CT	8,25	728	49,77	96,1	11,4
	MT	8,03	636	50,20	96,1	11,5
2013	CT	7,88	741	46,64	91,6	10,1
	MT	8,32	796	47,11	92,0	10,5
2014	CT	6,68	771	46,38	93,2	12,5
	MT	7,55	717	46,67	94,4	11,7
průměr	CT	7,60	747	47,60	93,6	11,4
	MT	7,97	716	47,99	94,2	11,2
průměr		7,78	731	47,79	93,9	11,3

CT – orba; MT – mělké kypření

Největší rozdíl v **počtu klasů** na m² mezi jednotlivými zpracováními půdy byl patrný v roce 2011, kdy po orbě bylo téměř o 100 klasů na m² více, než po mělkém kypření. V roce 2013 bylo více klasů po mělkém kypření, kdy už rozdíl mezi orbou a mělkým kypřením nabyl tak výrazný. Vyšší počet klasů po orbě byl i v roce 2014. Z výsledků HTZ je patrné, že mezi jednotlivými zpracováními půdy nebyly prakticky žádné rozdíly. V letech 2011 a 2013 byly z hlediska zpracování půdy rozdíly v podílu předního zrna zanedbatelné. V roce 2014 byl vyšší podíl předního zrna na variantě mělké kypření, a to o 1,2 %. Obsah bílkovin v jednotlivých zpracováních půdy byl téměř totožný. Výjimku snad tvoří rok 2014, kdy po orbě byl obsah bílkovin o 0,8 % vyšší.

Tab. 6: Výnos a kvalita zrna jarního ječmene po cukrovce (průměr 2011, 2013, 2014, mimo nepříznivý rok 2012; polní pokus AGRO 2 - hospodaření s živočišnou výrobou, lokalita Žabčice)

Rok	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	podíl předního zrna nad 2,5 mm (%)	obsah bílkovin (%)
2011	CT	8,45	712	49,88	95,5	10,4
	MT	8,51	852	48,15	95,2	9,6
	NT	7,98	761	47,95	95,1	9,5
2013	CT	8,55	768	47,21	90,8	9,9
	MT	9,30	838	47,11	92,5	12,1
	NT	7,69	626	46,70	95,9	12,2
2014	CT	6,79	686	45,10	92,2	12,3
	MT	7,58	757	45,05	90,8	11,3
	NT	6,76	734	44,92	87,8	11,1
průměr	CT	7,93	722	47,39	92,8	10,9
	MT	8,46	816	46,77	92,8	11,0
	NT	7,48	707	46,52	92,9	11,0
průměr		7,96	748	46,90	92,9	10,9

CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

Nejvyšší **výnos** zrna jarního ječmene pěstovaného po cukrovce byl na variantě zpracování půdy mělkým kypřením. Tento trend je patrný ve všech sledovaných letech mimo rok 2012. Můžeme také říci, že výnos zrna ječmene pěstovaného po cukrovce byl vyšší o 0,18 t.ha⁻¹ než výnos zrna ječmene pěstovaného po kukuřici na zrno (tab. 6). Nejvyššího **počtu klasů** na m² dosáhla varianta zpracování půdy mělkým kypřením. Mezi variantami orbou a přímým setím byly nepatrné rozdíly v počtu klasů. Rozdíl mezi jednotlivými předplodinami je zanedbatelný. Vliv předplodiny a zpracování půdy u ječmene jarního je z hlediska podílu předního zrna a obsahu bílkovin minimální.

Tab. 7: Výnos a kvalita zrna jarního ječmene po cukrovce (vláhově nepříznivý rok 2012; lokalita Žabčice)

předplodina	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	počet klasů (ks.m ⁻²)	HTZ (g)	podíl předního zrna nad 2,5 mm (%)	obsah bílkovin (%)
kukuřice na zrno	CT	2,02	382	35,91	66,6	16,7
	MT	2,14	289	38,75	83,1	14,5
průměr		2,08	336	37,33	74,8	15,6
cukrovka	CT	1,57	235	31,23	36,2	20,5
	MT	1,59	229	31,88	40,9	19,9
	NT	1,76	151	34,23	50,8	19,2
průměr		1,64	205	32,45	42,6	19,9

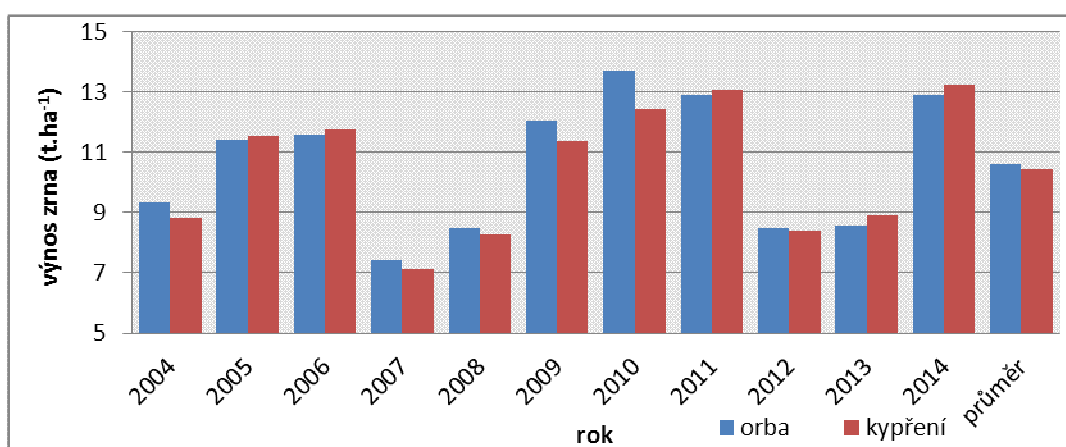
CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

V roce 2012 se zvýraznil vliv předplodiny. Ječmen po kukuřici na zrno dosáhl vyššího výnosu, a to o 0,44 t.ha⁻¹. Po obou předplodinách byl nejvyšší výnos po mělkém kypření. Počet klasů byl vlivem sucha značně redukován. Nízká HTZ byla ovlivněna ročníkem. Nejvyšší podíl předního zrna byl na variantě mělké kypření po předplodině kukuřici a to 83,1 %. To je v porovnání s ostatními variantami velmi vysoká hodnota. Rozdíl podílu předního zrna v rámci předplodin je 32,3 %. Obsah bílkovin byl vlivem nízkých výnosů zrna vysoký. Nejnížší

byl po kukuřici a mělkém kypření 14,5 %, nejvyšší pak po cukrovce mělké kypření 19,9 % (tab. 7).

Vliv zpracování půdy na výnos kukuřice na zrno

Graf 1 znázorňuje výnosy zrna kukuřice za období 2004–2014 na lokalitě Žabčice. Nejnižší výnos byl zaznamenán v roce 2007 u varianty kypření (7,12 t.ha⁻¹). Naopak nejvyššího výnosu zrna dosáhla kukuřice v roce 2010 po orbě (13,70 t.ha⁻¹). Můžeme říci, že průměrný výnos za období 2004–2014 byl vyšší u varianty orba (10,62 t.ha⁻¹). Průměrný výnos varianty kypření za toto období byl 10,45 t.ha⁻¹. Extrémně suchý rok 2012 neovlivnil výnosy kukuřice na zrno tak výrazně, jako tomu bylo u obilnin, vzhledem ke srážkám v letním, období, které kukuřice dokázala využít.



Graf 1: Výnos zrna kukuřice (2004–2014; lokalita Žabčice)

2.2. Lokalita Višňové

Pokusná lokalita se nachází v katastrálním území obce Višňové (na pozemku zemědělského podniku Agroservis 1. zemědělská a.s. Višňové; okr. Znojmo) v kukuřičné výrobní oblasti, v nadmořské výšce 288 m. Průměrná roční teplota vzduchu je 8,5 °C a průměrný roční úhrn srážek činí 487 mm (třicetiletý průměr). Půda je hlinitá, půdní typ hnědozem s neutrální půdní reakcí (pH 6,7) a obsahem humusu 2,2 %. Zásoba fosforu a draslíku je dobrá, hořčíku a vápníku velmi vysoká.

2.2.1. Metodika dlouhodobého pokusu s monokulturou kukuřice

Sledování probíhalo v rámci dlouhodobého polního pokusu s variantními způsoby zpracování půdy u kukuřice na zrno pěstované v monokultuře. Polní pokus byl založen v roce 2001. V pokusu jsou hodnoceny tři různé technologické postupy zpracování půdy:

1. Zpracování půdy orbou

- po sklizni kukuřice mělké zpracování půdy talířovým nářadím na hloubku 0,12 m; následně středně hluboká orba na 0,22 m,
- na jaře smykování na koso, před setím mělké kypření půdy na hloubku setí,
- setí přesným secím strojem s možností podpovrchové aplikace minerálních hnojiv.

2. Mělké zpracování půdy kypřením

- po sklizni kukuřice mělké zpracování půdy talířovým nářadím na hloubku 0,12 m,
- na jaře před setím mělké kypření na hloubku setí,
- setí přesným secím strojem s možností podpovrchové aplikace minerálních hnojiv.

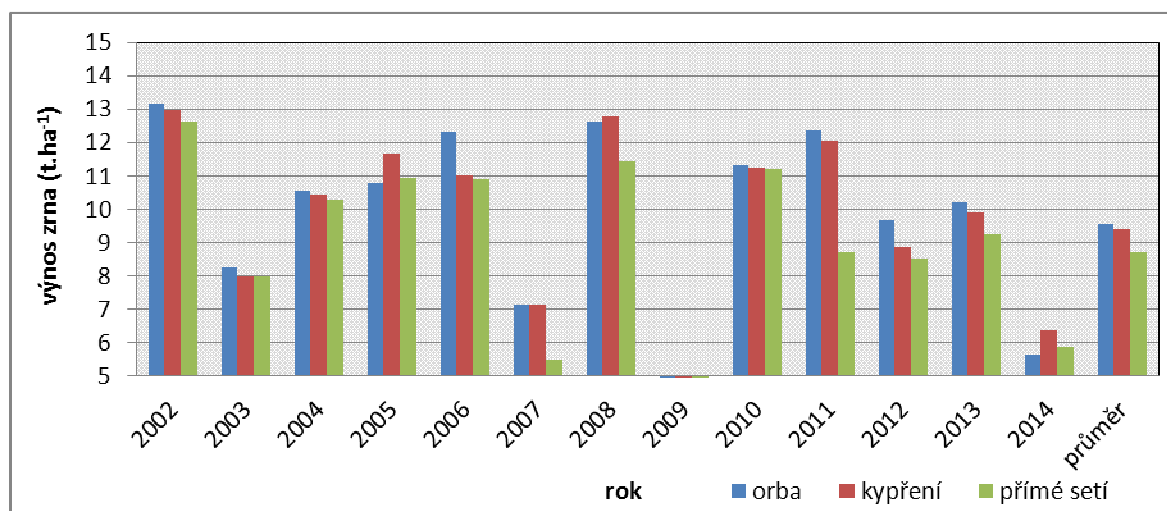
3. Přímé setí do nezpracované půdy

- přímé setí přesným secím strojem s možností podpovrchové aplikace minerálních hnojiv.

2.2.2. Dosažené výsledky

Vliv různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno

V průměru období 2002–2014 (rok 2009 není uveden, kukuřice nebyla pěstována) byl rozdíl ve výnosu kukuřice na zrno mezi variantami se zpracováním půdy orbou na 0,22 m a mělkým zpracováním půdy talířovým nářadím na 0,10–0,12 m malý, statisticky neprůkazný. Po orbě byl dosažen výnos $10,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a po mělkém zpracování půdy $10,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (graf 2). Nejnižší průměrný výnos byl zaznamenán po přímém setí do nezpracované půdy ($9,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Větší pokles výnosů na této variantě (ve srovnání s orbou a mělkým zpracováním půdy) byl v roce 2007, 2011 a především v roce 2014. Tuto skutečnost lze dát do souvislosti s vyšší půdní vlhkostí v letech 2007 a 2011 a extrémně nízkými teplotami v roce 2014 v době zakládání porostů a počátečního růstu kukuřice. Na variantě s přímým setím do nezpracované půdy se za této situace více projevoval nedostatek vzduchu v půdě a pomalejší prohřívání půdy, což následně negativně ovlivňuje řadu dalších procesů, které mají úzkou vazbu ke klíčení, vzcházení a počátečnímu růstu kukuřice. Při přímém setí do nezpracované půdy, v souvislosti s vyšším množstvím posklizňových zbytků na povrchu půdy, vznikají rovněž problémy s kvalitou založení porostu kukuřice a s nižší účinností preemergentních herbicidů. Dlouhodobé výsledky sledování v daných agroekologických podmínkách celkově ukazují na vhodnost využití ekonomicky výhodnějšího mělkého zpracování půdy ke kukuřici na zrno při jejím opakovaném pěstování.

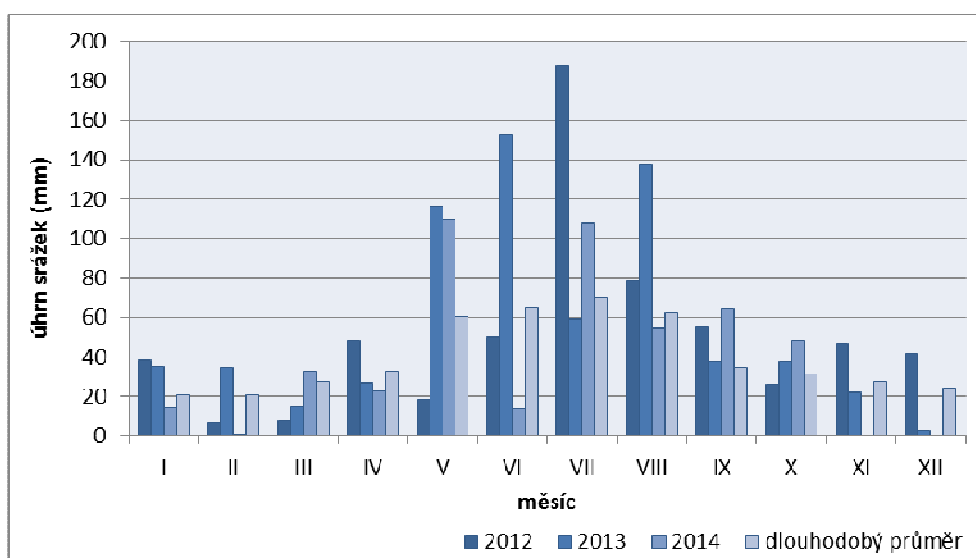


Graf 2: Vliv různého zpracování půdy na výnosy zrna kukuřice (2002–2014; mimo rok 2009; lokalita Višňové)

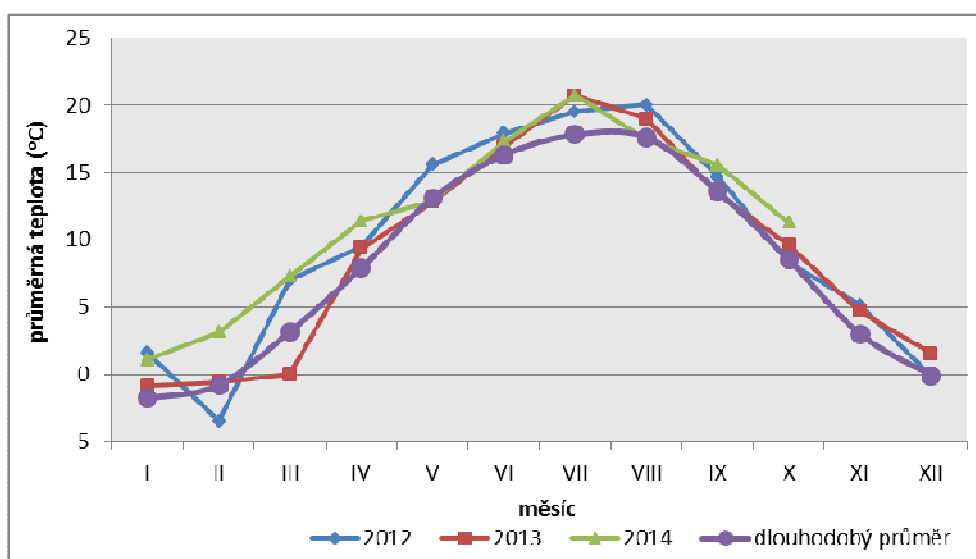
2.3. Lokalita Praha-Ruzyně

Experimentální data pocházejí z polního pokusu, založeného v roce 1995 v Praze-Ruzyni (řepařská výrobní oblast, hnědozem, jílovitohlinitá půda), průměrná roční teplota vzduchu 8,2 °C, průměrný roční úhrn srážek 477 mm.

Byl sledován průběh počasí a jeho vliv na výnosy hodnocených plodin. Porovnání průměrných měsíčních hodnot teplot vzduchu a dešťových srážek v roce 2012, 2013, 2014 s dlouhodobými průměry je uvedeno v grafech 3 a 4. Počasí v půlročním vegetačním období (IV. až IX. měsíc) v roce 2012 bylo podle hodnocení WMO v porovnání s dlouhodobým průměrem velmi teplé a vlhké, v roce 2013 teplotně normální a srážkově silně vlhké, v roce 2014 silně teplé a srážkově normální. Vliv počasí v jednotlivých letech na výnosy hlavního produktu všech sledovaných plodin byl statisticky průkazný.



Graf 3: Porovnání dešťových srážek za sledované období s dlouhodobým průměrem v Praze-Ruzyni



Graf 4: Porovnání teplot vzduchu za sledované období s dlouhodobým průměrem v Praze-Ruzyni

2.3.1. Metodika pokusu

V tříhonném osevním postupu byly pěstovány plodiny v podmínkách různé intenzity zpracování půdy a rozdílného využití organické hmoty při zakládání jejich porostů. Plodiny byly pěstovány ve sledu jarní ječmen – hořčice bílá – ozimá pšenice. Po ozimé pšenici je vysévána meziplodina svazenka vratičolistá (výsevek 10 kg.ha⁻¹). V těchto pokusech se dlouhodobě ověřují vybrané varianty půdoochranného zpracování půdy v porovnání s technologií konvenční.

Půdoochranné zpracování půdy bylo tvořeno následujícími dílčími variantami:

1. výsev do nezpracované půdy bez mulče (BM) – tzn., že sláma se sklízí a odváží z pole;
2. výsev do půdy s mēlce zapravenou drcenou slámou talířovým kypřičem (ZS);
- 3a. založení porostu vymrzající meziplodiny (svazenky) a na jaře přímé setí jarního ječmene do mulče z vymrzlé meziplodiny (varianta pro jařiny; MM);
- 3b. přímé setí do nezpracované půdy, pokryté mulčem drcené slámy z předplodiny hořčice (varianta pro ozimou pšenici; MS).

U pšenice ozimé byla použita odrůda Cubus, výsevek 4,5 MKS, u jarního ječmene odrůda Sebastian, výsevek 4,0 MKS. Plodiny byly zasety secím strojem John Deere 750A. U obou obilnin bylo během vegetace použito diferencované hnojení dusíkem ve třech stupňovaných dávkách (N1-N3): pro ozimou pšenici 50; 100; 150 kg.ha⁻¹ a pro ječmen jarní 30; 60; 90 kg.ha⁻¹. Dávky fosforečného a draselného hnojení byly stanoveny na základě výsledků agrochemického rozboru půdy. Každoročně bylo před setím aplikováno 54 kg P₂O₅ a 100 kg K₂O na 1 ha. Veškeré pesticidy byly cíleně aplikovány na základě skutečného výskytu škodlivých činitelů. U bezorebné varianty se před výsevem hlavních plodin využíval herbicid Roundup (2,5 l.ha⁻¹).

2.3.2. Dosažené výsledky

Vliv zpracování půdy a hnojení dusíkem na výnos zrna ozimé pšenice a jarního ječmene

Výnosy zrna ozimé pšenice dosáhly v roce 2014 v průměru všech variant 9,48 t.ha⁻¹ a u jarního ječmene 8,71 t.ha⁻¹. Při porovnání různých způsobů zpracování půdy bylo dosaženo u ozimé pšenice nejvyššího výnosu na variantě ZS (mēlce zapravené posklizňové zbytky předplodiny) 9,80 t.ha⁻¹, nejnižšího na variantě konvenčního zpracování (CT) 9,10 t.ha⁻¹ (tab. 8). Dávky N3 zvyšovaly nejvíce výnosy zrna u varianty CT o 5,6 %, u BM (bez zpracování, bez mulče) o 4,4 %, u ZS o 2,6 % u MS (mulč slámy a posklizňových zbytků předplodiny) o 4,3 % v porovnání s dávkou N1. V průměru za sledované období (2012–2014) byly zjištěny u ozimé pšenice nejnižší výnosy zrna při konvenčním zpracování půdy (CT) 8,34 t.ha⁻¹. Hospodářské výnosy u všech ostatních ochranných způsobů zpracování půdy byly podobné a kolísaly v průměru od 8,72 t.ha⁻¹ u varianty MS do 8,89 t.ha⁻¹ u varianty ZS. V průměru za sledované období nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ve výnosu zrna vlivem zpracování půdy.

Vezmeme-li průměrné hodnoty za sledované období a konvenční zpracování půdy (CT) za 100 %, potom výnosy zrna ozimé pšenice byly v průměru vyšší na variantě BM o 6,5 %, na variantě ZS o 6,6 % a MS o 4,6 %. Použité dávky N3 zvyšovaly v průměru sledovaných let výnosy zrna u varianty CT o 6,1 %, u BM o 5,1 %, u ZS o 2,9 % u MS o 2,9 % v porovnání s dávkou N1. Nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ve výnosech zrna z hlediska použitých dávek hnojení N.

Tab. 8: Porovnání průměrných výnosů zrna ($t \cdot ha^{-1}$) ozimé pšenice podle sledovaných ukazatelů za dané období

způsob zpracování půdy	hnojení N	výnos zrna				
		rok			průměr	průměr
		2012	2013	2014		
		($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	(%)
CT	N1	6,25	9,16	8,86	8,09	100
	N2	6,18	9,79	9,09	8,35	100
	N3	6,26	10,10	9,36	8,58	100
	průměr	6,23	9,68	9,10	8,34	100
BM	N1	6,68	9,95	9,16	8,60	106,3
	N2	7,16	10,64	9,25	9,02	108,0
	N3	6,94	10,61	9,56	9,04	105,4
	průměr	6,93	10,40	9,33	8,88	106,5
ZS	N1	6,69	9,95	9,64	8,76	108,3
	N2	6,80	10,01	9,86	8,89	106,5
	N3	6,89	10,26	9,89	9,01	105,0
	průměr	6,79	10,08	9,80	8,89	106,6
MS	N1	6,46	9,70	9,45	8,54	105,6
	N2	6,64	10,03	9,81	8,83	105,7
	N3	6,39	10,13	9,86	8,79	102,4
	průměr	6,50	9,95	9,71	8,72	104,6
průměr		6,61	10,03	9,48	8,71	x

Poznámky:

CT = konvenční zpracování; BM = bez zpracování, bez mulče; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; MS = mulč slámy a posklizňových zbytků předplodiny; hnojení dusíkem ($kg \cdot ha^{-1}$): pšenice ozimá - N1 = 50; N2 = 100; N3 = 150

Při porovnání různých způsobů zpracování půdy v roce 2014 bylo v průměru dosaženo u jarního ječmene nejvyššího výnosu zrna na variantě BM $9,33 t \cdot ha^{-1}$, nejnižšího na variantě MS $8,09 t \cdot ha^{-1}$ (tab. 9). Účinek dusíkatého hnojení při nejvyšší dávce N3 v porovnání s nejnižší N1 se projevil zvýšením výnosu u varianty CT o 5,6 %, u ZS o 1,7 % u MS o 5,4 %, naopak u varianty bez orby snížením o 4,2 %.

V průměru za sledované období (2012–2014) byly zjištěny u jarního ječmene (obdobně jako u ozimé pšenice) nejnižší výnosy zrna při konvenčním zpracování půdy - $7,93 t \cdot ha^{-1}$. Obdobný průměrný výnos $7,98 t \cdot ha^{-1}$ byl zjištěn také na variantě MM. Výnosy u dalších ochranných způsobů zpracování půdy byly vyšší a kolísaly v průměru od $8,32 t \cdot ha^{-1}$ u varianty ZS do $8,46 t \cdot ha^{-1}$ u varianty BM. V průměru za sledované období byl zjištěn průkazný rozdíl ve výnosech zrna mezi variantami CT a BM.

Tab. 9: Porovnání průměrných výnosů zrna ($t \cdot ha^{-1}$) jarního ječmene podle sledovaných ukazatelů za dané období

způsob zpracování půdy	použité hnojení N	výnos zrna				
		rok			průměr	průměr
		2012	2013	2014		
		($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	($t \cdot ha^{-1}$)	(%)
CT	N1	6,03	9,04	8,18	7,75	100
	N2	6,15	9,25	8,64	8,01	100
	N3	6,20	9,30	8,58	8,03	100
	průměr	6,13	9,21	8,46	7,93	100
BM	N1	6,25	8,80	9,48	8,18	105,5
	N2	6,98	9,41	9,43	8,61	107,5
	N3	7,05	9,66	9,08	8,60	107,1
	průměr	6,76	9,29	9,33	8,46	106,7
ZS	N1	6,38	8,89	8,98	8,08	104,3
	N2	6,93	9,09	8,78	8,27	103,2
	N3	6,93	9,78	9,13	8,61	107,2
	průměr	6,74	9,25	8,96	8,32	104,9
MM	N1	6,68	8,94	7,77	7,80	100,6
	N2	6,28	9,44	8,30	8,01	100,0
	N3	6,70	9,54	8,19	8,14	101,4
	průměr	6,55	9,30	8,09	7,98	100,6
průměr		6,55	9,26	8,71	8,17	x

Poznámky:

CT = konvenční zpracování; BM = bez zpracování, bez mulče; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; MM = mulč vymrzající meziplodiny svazanky vratičolisté; hnojení dusíkem ($kg \cdot ha^{-1}$): jarní ječmen - N1 = 30; N2 = 60; N3 = 90

Při porovnání výnosů zrna z různých způsobů zpracování půdy za sledované období byly v průměru zjištěny vyšší hodnoty na variantě BM o 6,7 %, ZS o 4,9 % a MM o 0,6 % v porovnání s konvenční technologií. Použité dávky N3 zvyšovaly v průměru sledovaných let výnosy zrna u varianty CT o 3,6 %, u BM o 5,1 %, u ZS o 6,6 % u MM o 4,4 % v porovnání s dávkou N1. V průměru za sledované období byl zjištěn průkazný rozdíl ve výnosech zrna mezi dávkami N1 a N3.

Bylo provedeno také porovnání výnosu zrna u ozimé pšenice a jarního ječmene s ohledem na způsob zpracování půdy. U obou plodin byly výnosy zrna vyšší u půdoochranných variant v porovnání s konvenčním zpracováním půdy. Nárůst výnosu byl vyšší u ozimé pšenice (v průměru 5,4 % oproti jarnímu ječmeni (4,1 %; tab. 10).

Tab. 10: Porovnání průměrných výnosů zrna bez ohledu na dávku dusíkatého hnojení u ozimé pšenice a jarního ječmene (2012–2014)

zpracování půdy	plodina	výnos zrna				
		rok			průměr	průměr
		2012	2013	2014		
		(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(%)
CT	pšenice	6,23	9,68	9,10	8,34	100
	ječmen	6,13	9,21	8,46	7,93	100
BM	pšenice	6,80	10,40	9,33	8,84	106,0
	ječmen	6,76	9,29	9,33	8,46	106,7
ZS	pšenice	6,65	10,08	9,80	8,84	106,0
	ječmen	6,74	9,25	8,96	8,32	104,9
MS	pšenice	6,44	9,95	9,71	8,70	104,3
MM	ječmen	6,55	9,30	8,09	7,98	100,6

Poznámky:

CT = konvenční zpracování; BM = bez zpracování, bez mulče; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; MM = mulč vymrzající meziplodiny svazanky vratičolisté

2.4. Praktická doporučení a závěr

Výsledky těchto pokusů obecně ukazují, že výnosy plodin pěstovaných po orbě a po minimalizačních či půdoochranných technologiích se většinou příliš neliší. V řadě případů se projevila interakce zpracování půdy s ročníkem a předplodinou. Byly potvrzeny předchozí zjištěné výsledky, že zejména v sušších letech bývá na úrodných luvizemních půdách dosahována vyšší produkce zrna obilnin na pozemcích s redukováným zpracováním půdy. Pozitivní vliv na výnos u kypření oproti orbě byl zjištěn u ozimé pšenice pěstované po vojtěšce, která na stanovišti odčerpává velké množství vody, což může být v sušších letech limitující pro výši produkce. V takovém případě se ukazují výhodnější technologie, které lépe hospodaří s vodou. U všech technologií je důležité nejen základní zpracování půdy po sklizni, tvořené nejčastěji podmínkou v kombinaci s orbou či kypřením do zvolené hloubky, ale i příprava seťového lůžka a kvalita setí. Tomu je zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost zvláště při hromadění rostlinných zbytků na povrchu či ve svrchní vrstvě půdy. Toto je charakteristické pro půdoochranné technologie, kde mohou vznikat problémy v důsledku hromadění slámy předplodiny (nejvíce problematická bývá sláma po kukuřici na zrno) či mulče z rostlinných zbytků meziplodin, zvláště při pěstování plodin na konečnou vzdálenost (např. kukuřice).

Výsledky ukázaly, že kvalita zrna není zpravidla ovlivněna samotným zpracováním půdy. Rozdíly vznikají nejčastěji z důvodu interakce zpracování půdy s předplodinou (např. vyšší obsah bílkovin po předplodinách fixujících vzdušný dusík, např. po hrachu). Na těžších půdách ve vlhčích letech se může negativně projevit nižší mineralizace organických látek v půdě na nižším obsahu bílkovin u minimalizačních či půdoochranných variant z důvodu menšího obsahu vzduchu v půdě. V uvedených případech lze modifikovat hnojení dusíkem (např. vyššími dávkami dusíku či použitím rychleji působících forem, využitím foliární aplikace apod.). Obecně je však třeba vycházet z normativů potřeby živiny na tunu produkce a předpokládané úrovně výnosu v konkrétních půdně-klimatických podmínkách.

3. Energetická náročnost a ekonomická efektivnost různých technologií zpracování půdy

S ohledem na rostoucí ceny energií je přirozené, že dochází ke snahám omezovat vysoké energetické vstupy do výroby zaváděním racionálních postupů nejen v různých odvětvích průmyslu, ale také v zemědělství. Z tohoto důvodu nelze efektivnost rostlinné výroby hodnotit pouze výší a kvalitou dosahovaných výnosů, ale je třeba brát také v úvahu množství dodatkové energie, které bylo na tvorbu výnosů vynaloženo. Energetické toky a možnosti úspor energie je možno hodnotit pomocí energetických bilancí. Účelem energetického hodnocení je odhalovat existující rezervy (např. při pěstování plodin) a optimalizovat energetické vklady z hlediska dosažení nejvyššího výrobního efektu při nízké měrné spotřebě energie (Čislák, 1983).

3.1. Materiál a metody

Rozdílné technologie zpracování půdy, které byly výnosově vyhodnoceny v kapitole 2, byly také podkladem pro vyhodnocení ekonomických bilancí ozimé pšenice, jarního ječmene a hořčice bílé, pěstovaných v tříhonném osevním postupu (pokus na lokalitě Praha-Ruzyně).

Ekonomické hodnocení pro jednotlivé plodiny pěstované v rozdílných systémech zpracování půdy vycházelo z normativů pěstebních technologií a jednotlivých pracovních operací pro sledované plodiny podle současných podkladů uvedených na www.agronormativy.cz. Stejného zdroje bylo použito při stanovení cen spotřebovaných osiv, minerálních hnojiv, chemických přípravků a průměrných farmářských cen rostlinných produktů.

Pro pěstování sledovaných plodin i celého osevního postupu byly stanoveny celkové náklady (variabilní + fixní na stroje) přepočtené na 1 hektar. Do variabilních nákladů byly zahrnuty celkové materiálové náklady a mechanizované práce, do fixních nákladů nájemné půdy, daně, odpisy a opravy staveb, odpisy strojů, úroky, výrobní a správní režie. Na základě dosažených výnosů v polních pokusech za období 2010–2013 a daných tržních cen byla stanovena cena hlavního produktu. U hodnocených plodin byla také zjištěna rentabilita jejich pěstování při rozdílných pěstitelských technologiích, jako podíl zisku (respektive ztrát) k celkovým nákladům. Všechny uvedené ceny jsou bez DPH.

Na základě dosažených výnosů za období let 2010–2013 a daných tržních cen byla stanovena cena hlavního produktu. Při různých systémech zpracování půdy byly stanoveny celkové náklady na pěstování hodnocených plodin a byla propočtena jejich rentabilita, jako podíl zisku k celkovým nákladům.

3.2. Dosažené výsledky

Hodnocení ekonomické efektivity různých technologií zpracování půdy

Půdně-klimatické podmínky na daném stanovišti zajistily srovnatelné nebo i vyšší výnosy hlavního produktu při využívání minimalizačních technologií v porovnání s technologií konvenčního zpracování půdy s orbou.

Nejvyšší celkové náklady na pěstování byly zjištěny u obilnin při konvenčním způsobu zpracování půdy (CT), nejnižší při minimalizační technologii (ZS). U ozimé pšenice kolísaly od 16 513 Kč.ha⁻¹ do 18 410 Kč.ha⁻¹, u jarního ječmene od 16 680 Kč.ha⁻¹ do 19 329 Kč.ha⁻¹. V průměru hodnocených pěstitelských technologií vychází nejvyšší rentabilita pro ozimou pšenici 159,7 %, pro jarní ječmen 132,3 % a nejnižší pro hořčici bílou 96,2 %. Nejvyšší rentabilita byla zjištěna při minimalizační technologii, nejnižší (kromě jarního ječmene) u klasické technologie (tab. 11).

Tab. 11: Výnosy zrna/semene (t.ha⁻¹), celková cena hlavního produktu (Kč.ha⁻¹) a rentabilita (%) jednotlivých plodin a celého osevního postupu s ohledem na různé způsoby zpracování půdy)

plodina	technologie zpracování	průměrný výnos (t.ha ⁻¹)	celková cena hlavního produktu (Kč.ha ⁻¹)	celkové náklady na výrobu (Kč.ha ⁻¹)	rentabilita (%)
ozimá pšenice	CT	8,63	43 582	18 410	136,7
	ZS	9,51	48 026	16 513	190,8
	BM	9,00	45 450	18 066	151,6
	<i>průměr</i>	9,05	45 686	17 663	159,7
jarní ječmen	CT	7,84	40 352	19 329	108,8
	ZS	8,31	42 772	16 680	156,4
	BM	8,28	42 617	18 383	131,8
	<i>průměr</i>	8,14	41 914	18 131	132,3
hořčice bílá	CT	1,81	27 389	14 513	88,7
	ZS	1,87	28 297	13 652	107,3
	BM	1,88	28 448	14 780	92,5
	<i>průměr</i>	1,85	28 045	14 315	96,2

Poznámky: CT = konvenční zpracování; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; BM = bez zpracování, bez mulče

Energetická náročnost různých technologií zpracování půdy

Za roky 2010–2013 byly stanoveny modelové energetické bilance a byla vyhodnocena energetická náročnost tří variantních technologií zpracování půdy ozimé pšenice, jarního ječmene a hořčice bílé a tříhonného osevního postupu jako celku.

Konvenční zpracování (CT) zahrnovalo pro všechny plodiny podmínku, střední orbu, předsetovou přípravu půdy. Minimalizační zpracování (ZS) představovalo mělké zpracování půdy talířovým kypřičem, předsetovou přípravu půdy urovnáním povrchu vibračními nebo rotačními branami. Systém bez zpracování půdy (BM) zahrnoval výsev secím strojem John Deere 750 přímo do nezpracované půdy.

Energetické vstupy byly propočteny podle normovaných spotřeb nafty, kWh, lidské práce používaných v praxi (Preininger, 1987; www.agronormativy.cz) a chemických prostředků, hnojiv a osiv spotřebovaných v polních pokusech. Energetická hodnota vstupů dodaná v pesticidech byla použita podle Stouta (1992). Do výpočtů byla zahrnuta jak přímá (lidská práce, fosilní energie, jiné energetické zdroje), tak nepřímá složka dodatkové energie (energie ve strojích, výrobky chemického průmyslu, organická hnojiva, osiva).

Výnosové parametry byly vyhodnoceny z polních pokusů jako průměr za roky 2010–2013. Jako kritérium pro stanovení energetických bilancí byl použit parametr energetická efektivnost (poměr vyprodukované energie k celkovým energetickým vkladům).

Bez ohledu na způsob zpracování půdy byly v průměru sledovaného období zjištěny nejvyšší energetické vstupy u ozimé pšenice ($17,43 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), nižší u jarního ječmene ($15,21 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) a nejnižší u hořčice bílé ($8,99 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). V průměru za všechny plodiny a varianty se na celkových vstupech dodatkové energie podílely přímé energetické vstupy 17,3 % a nepřímé energetické vstupy 82,7 % (tab. 12).

Tab. 12: Energetické výrobní vstupy pro hodnocené plodiny a odlišné zpracování půdy ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)

plodina	zprac. půdy	nepřímé energetické vstupy ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)				přímé energetické vstupy ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)			vstupy celkem ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)
		mecha- nizace	chemický průmysl	osivo	součet	palivo	lidská práce	součet	
pšenice	CT	2,133	10,502	2,354	14,989	2,741	0,164	2,905	17,895
	ZS	1,875	10,102	2,354	14,678	1,721	0,123	1,844	16,523
	BM	2,309	11,100	2,354	15,763	1,962	0,137	2,099	17,862
	<i>průměr</i>	2,106	10,568	2,354	15,144	2,141	0,141	2,283	17,427
ječmen	CT	2,133	8,852	1,863	12,848	2,471	0,164	2,905	15,753
	ZS	1,918	8,852	1,863	12,633	1,721	0,123	1,844	14,478
	BM	2,309	9,450	1,863	13,287	1,962	0,137	2,099	15,386
	<i>průměr</i>	2,120	9,051	1,863	12,923	2,051	0,141	2,283	15,206
hořčice	CT	1,801	4,554	210,0	6,564	2,409	0,139	2,548	9,112
	ZS	1,710	4,661	0,210	6,581	1,750	0,124	1,874	8,455
	BM	2,021	5,151	0,210	7,383	1,909	0,130	2,038	9,421
	<i>průměr</i>	1,842	4,789	0,210	6,840	2,023	0,131	2,153	8,994

Při porovnání rozdílných způsobů zpracování půdy byla na celkové vstupy u hodnocených plodin nejméně náročná minimalizační technologie (ZS), u které byl u obilnin, oproti ostatním způsobům zpracování půdy, zaznamenán nejnižší procentický podíl energetických vstupů v palivu, lidské práci i mechanizaci. Spotřeba nafty, spojená s pěstováním pšenice ozimé při klasickém způsobu zpracování půdy, byla $77,7 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, ale při použití minimalizační technologie byla zjištěna její úspora o $25,9 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. (33,3 %) a při bezorebném způsobu hospodaření o $22,1 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. (28,4 %).

Pro hlavní produkt byla stanovena největší energetická efektivnost u ječmene 6,35; u pšenice 6,04 a u hořčice 3,68. Pro celkovou produkci pak u pšenice 10,08; u ječmene 9,82 a u hořčice 9,72. Při porovnání různých způsobů zpracování půdy byla spočítána největší energetická efektivnost pro hodnocené plodiny na variantě minimalizačního zpracování půdy

zpracování půdy a představovala pro hlavní produkt u ječmene 6,69; u pšenice 6,49 a u hořčice 3,92. Nejmenší energetická efektivnost byla zjištěna pro hlavní produkt u pšenice 5,77 a ječmene 6,10 na variantě konvenčního zpracování, u hořčice na variantě bez zpracování půdy 3,55 (tab. 13).

Tab. 13: Modelové energetické bilance plodin při různém způsobu zpracování půdy

plodina	zprac. půdy	energet. obsah hlavního produktu (GJ.ha ⁻¹)	energet. obsah vedlejšího produktu (GJ.ha ⁻¹)	produkce energie celkem (output) (GJ.ha ⁻¹)	energet. vstupy celkem (input) (GJ.ha ⁻¹)	energetická efektivnost	
						hlavního produktu	produktu celkem
pšenice	CT	103,14	71,58	174,72	17,89	5,77	9,77
	ZS	107,16	69,97	177,13	16,52	6,49	10,72
	BM	104,78	69,43	174,21	17,86	5,87	9,75
	<i>průměr</i>	105,03	70,33	175,35	17,42	6,04	10,08
ječmen	CT	96,11	50,86	146,97	15,75	6,10	9,33
	ZS	96,84	53,70	150,54	14,48	6,69	10,40
	BM	96,29	53,52	149,81	15,39	6,26	9,73
	<i>průměr</i>	96,41	52,69	149,11	15,21	6,35	9,82
hořčice	CT	32,66	51,30	83,96	9,11	3,59	9,22
	ZS	33,16	53,96	87,12	8,46	3,92	10,30
	BM	33,41	57,33	90,74	9,42	3,55	9,63
	<i>průměr</i>	33,08	54,20	87,27	9,00	3,68	9,72

Poznámky: CT = konvenční zpracování; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; BM = bez zpracování, bez mulče

Tab. 14: Modelové energetické bilance osevního postupu při různém způsobu zpracování půdy

zpracování půdy	plodina	energet. obsah hlavního produktu (GJ.ha ⁻¹)	energet. obsah vedlejšího produktu (GJ.ha ⁻¹)	produkce energie celkem output (GJ.ha ⁻¹)	energet. vstupy celkem (GJ.ha ⁻¹)	energetická efektivnost hlavního produktu	energetická efektivnost celkového produktu
CT	pšenice	103,14	71,58	174,72	17,89	5,77	9,77
	ječmen	96,11	50,86	146,97	15,75	6,10	9,33
	hořčice	32,66	51,3	83,96	9,11	3,59	9,22
	<i>průměr</i>	77,30	57,91	135,22	14,25	5,15	9,44
ZS	pšenice	107,16	69,97	177,13	16,52	6,49	10,72
	ječmen	96,84	53,7	150,54	14,48	6,69	10,40
	hořčice	33,16	53,96	87,12	8,46	3,92	10,30
	<i>průměr</i>	79,05	59,21	138,26	13,15	5,70	10,47
BM	pšenice	104,78	69,43	174,21	17,86	5,87	9,75
	ječmen	96,29	53,52	149,81	15,39	6,26	9,73
	hořčice	33,41	57,33	90,74	9,42	3,55	9,63
	<i>průměr</i>	78,16	60,09	138,25	14,22	5,22	9,71

Poznámky: CT = konvenční zpracování; ZS = mělce zapravené posklizňové zbytky předplodiny; BM = bez zpracování, bez mulče

V rámci celého osevního postupu byla stanovena největší energetická efektivnost na variantě minimalizačního zpracování půdy - pro hlavní produkt 5,70 a celkovou produkci

10,47, naopak nejmenší hodnoty byly spočítány na variantě klasického zpracování půdy, pro hlavní produkt 5,22 a pro celkovou produkci 9,71 (tab. 14).

3.3. Praktická doporučení a závěr

Při porovnání různých způsobů zpracování půdy byla spočítána největší energetická efektivnost, jako poměr mezi energií vyprodukovanou (výnosy) a vloženou ve formě vstupů. Nejvyšší hodnoty tohoto ukazatele byly dosaženy minimalizační technologií zpracování půdy, pro hlavní produkt u ječmene 6,69; u pšenice 6,49 a u hořčice 3,92. Nejnižší energetická efektivnost byla zjištěna pro hlavní produkt u ječmene 6,10; u pšenice 5,77 na variantě konvenčního zpracování, naopak u hořčice na variantě bez zpracování půdy 3,5.

Důležitým kritériem při volbě způsobu zpracování půdy je ekonomická efektivnost. Její nejnižší hodnota byla u všech tří plodin (pšenice, ječmene i hořčice) dosažena u varianty konvenčního zpracování půdy s orbou. V porovnání s orbou byl vyšší zisk na hektar dosažen u varianty přímého setí (o 792 Kč na hektar u hořčice, o 2 212 Kč u pšenice a o 3 211 Kč u ječmene) a nejvyšší u minimalizační technologie (o 1 769 Kč u hořčice, o 5 069 Kč u ječmene a o 6 341 u pšenice).

4. Vliv zpracování půdy na půdní vlastnosti

Každá změna způsobu zpracování půdy nutně vede i ke změnám půdního prostředí. Rozsah těchto změn závisí na stupni redukce hloubky a intenzity zpracování půdy, na množství rostlinných zbytků ponechaných na povrchu nebo ve svrchní vrstvě půdy a na době po kterou změna technologie trvá. Změny půdního prostředí vlivem různého zpracování jsou rovněž rozdílné v závislosti na půdních a klimatických podmínkách hospodaření.

Rozdílné technologie zpracování půdy působí odlišně na fyzikální stav půdy, zejména na objemovou hmotnost, pórovitost a strukturu, což se následně odráží i na infiltrační schopnosti půdy. Minimalizační zpracování půdy zpravidla umožňuje zvýšení infiltrace vody do půdy, redukcí povrchového odtoku a snížení rizika eroze (Hůla a Procházková et al., 2008).

4.1. Materiál a metody

V dlouhodobém polním pokusu s monokulturou kukuřice na zrno (viz popis v kapitole 2) na lokalitě Višňové byl hodnocen vliv různého zpracování půdy (orba, kypření a přímé setí) na půdní vlastnosti v letech 2008–2012. Sledovanými ukazateli byly základní fyzikální vlastnosti, penetrometrický odpor, infiltrační schopnost půdy a obsah humusu.

Zjišťování fyzikálních vlastností půdy je většinou založeno na odběru neporušených půdních vzorků půdy (v přirozeném uložení) a jejich následném laboratorním rozboru. Vzorky půdy pro hodnocení fyzikálních vlastností jsou odebírány do tzv. Kopeckého fyzikálních válečků. V laboratoři pak můžeme z těchto vzorků stanovit: objemovou hmotnost půdy, pórovitost, maximální kapilární kapacitu, minimální vzdušnou kapacitu a vlhkost půdy.

K analýzám bylo použito modifikované metody Kopeckého-Nováka používané na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie Mendelovy univerzity v Brně (Kostelanský, 1980).

Současně s odběrem půdních vzorků pro stanovení fyzikálních vlastností bylo prováděno měření infiltrační schopnosti půdy dvouválcovými infiltrometry o průměru 0,28 a 0,54 m (obr. 1). Vnější válec eliminuje roztékání vody v půdě do stran, ve vnitřním válci probíhá měření, jehož principem je sledování úbytku objemu vody v čase. Měření bylo prováděno vždy po dobu 120 minut ve třech opakováních na každé variantě zpracování půdy. Místa měření na pozemku jsou lokalizovaná pomocí GPS. Z naměřených hodnot kumulativní infiltrace byla následně vypočtena rychlost infiltrace vody vyjádřena v $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ($\text{dm}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) jako průměrná hodnota ve sledovaných časových intervalech za danou variantu. Ve stejných termínech bylo prováděno měření penetrometrického odporu půdy (zhutnění půdy) přístrojem Penetrologger (Eijkelkamp, Nizozemí) do hloubky 0,8 m. Součástí přístroje je sonda pro měření vlhkosti půdy Theta-probe. Na jednotlivých variantách byly odebrány vzorky půdy, v nichž byl stanoven obsah celkového oxidovatelného uhlíku dle Tjurina.



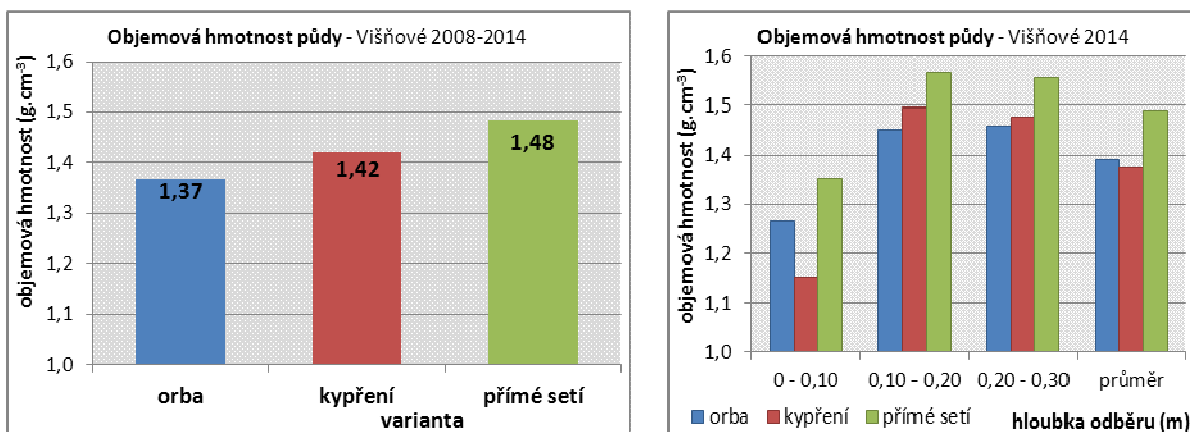
Obr. 1: Měření infiltrace vody do půdy v porostu kukuřice (foto V. Lukas)

4.2. Dosažené výsledky

Vliv různého zpracování půdy na fyzikální vlastnosti půdy

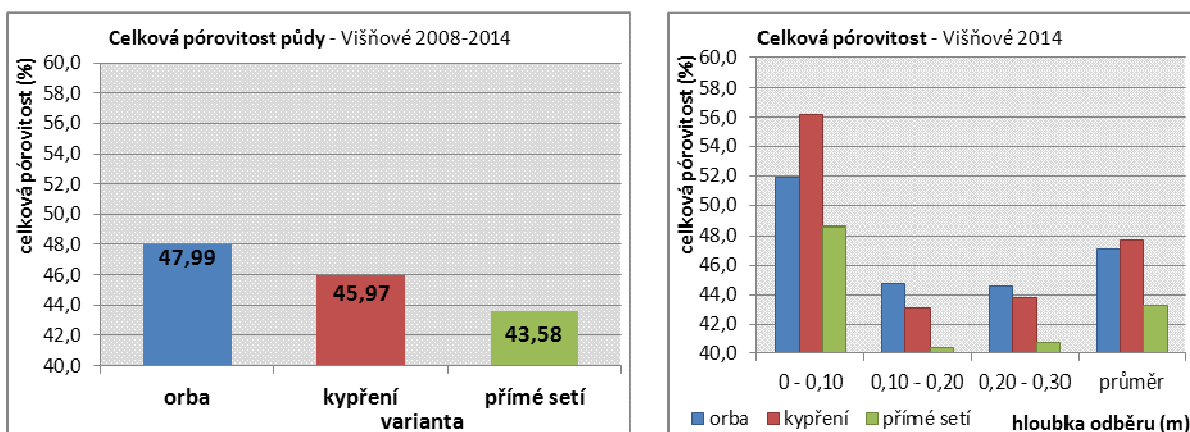
Změny vyvolané zpracováním půdy se nejvýrazněji projevují v objemové hmotnosti, která ovlivňuje celý komplex fyzikálních vlastností půdy. V půdoznaleckém výzkumu a při porovnání vlivu různých agrotechnických zásahů do půdy se využívá tzv. objemová hmotnost půdy redukovaná, což je hmotnost objemové jednotky půdy vysušené při teplotě 105 °C. Pro polní plodiny by se měla hodnota objemové hmotnosti redukované v ornici pohybovat od 1,2 do 1,5 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, ve spodních vrstvách půdy od 1,6 do 1,8 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Objemová hmotnost půdy kolem 1,8–2,0 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ je hranicí biologické činnosti půdy (Hůla, Procházková et al., 2008). S přiložených grafů je patrné, že s klesající intenzitou zpracování půdy se zvyšuje její objemová hmotnost. Podle Mištiny, Kováče et al. (1993) jsou všeobecně za kritické hodnoty objemové hmotnosti půdy považovány hodnoty vyšší než 1,4–1,6 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Nižší hodnoty se vztahují na těžší půdy, vyšší na lehké půdy. Presentované výsledky ukazují, že kritické

hodnoty nebyly překročeny (graf 5a,b). Nejvyšší průměrná objemová hmotnost půdy byla zaznamenána na variantě s přímým setím kukuřice do nezpracované půdy ($1,48 \text{ g.cm}^{-3}$), nejnižší po orbě ($1,37 \text{ g.cm}^{-3}$). Mělké kypření půdy zaujímal střední postavení ($1,42 \text{ g.cm}^{-3}$). Je třeba konstatovat, že srovnání hodnot fyzikálních vlastností půdy na počátku sledování a v současné době (2008–2014) naznačuje zhoršení půdních poměrů v ornici, hlavně u varianty přímého setí do nezpracované půdy. Zatímco vysoké hodnoty (nad $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$) se vyskytovaly v počátku sledování ojediněle, v roce 2014 je jejich výskyt již častější.



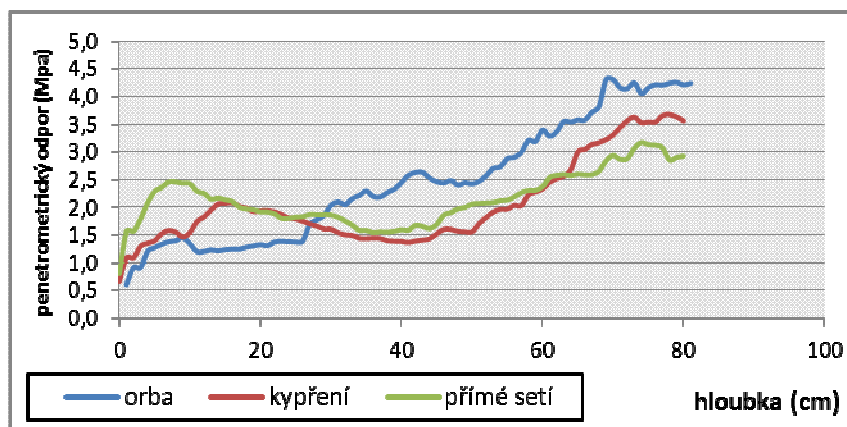
Graf 5a,b: Vliv různého zpracování půdy na objemovou hmotnost půdy (g.cm^{-3})

Celková pórovitost v naprosté většině případů velmi úzce koreluje s objemovou hmotností redukovanou. Diskuze hodnot pórovitosti je tedy prakticky totožná s komentářem k objemové hmotnosti redukované. Obecně nižší hodnoty celkové pórovitosti u bezorebných technologií v půdním profilu se ve větších hloubkách vyrovnávají s orbou a pod 0,3 m jsou většinou srovnatelné, někdy u bezorebné technologie i příznivější (viz. varianta přímého setí; graf 6a,b). Většinou to závisí na kontinuitě doby uplatňování bezorebných technologií.



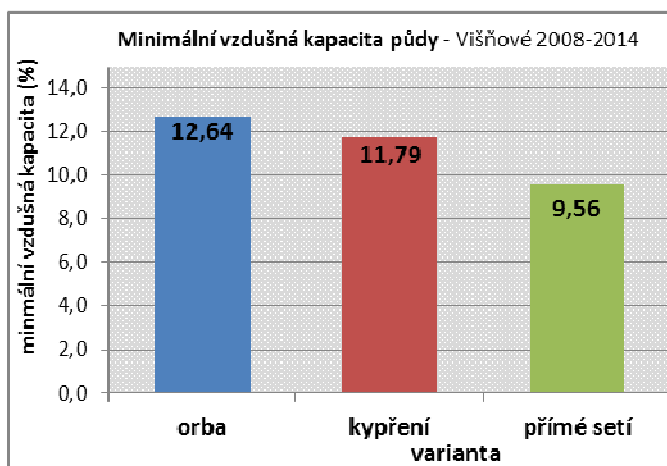
Graf 6a, b: Vliv různého zpracování půdy na celkovou pórovitost (%)

A naopak někdy může při opakovaném mělkém zpracování půdy na stejnou hloubku dojít ke zhoršení vlastností půdy v souvislosti s vytvořením utuženější vrstvy. V našich sledováních bylo na variantě s mělkým kypřením půdy v hloubce 0,10–0,20 m zaznamenáno snížení celkové pórovitosti. Vytvoření ztuhlé vrstvy dokumentují i výsledky měření penetrometrického odporu (graf 7).



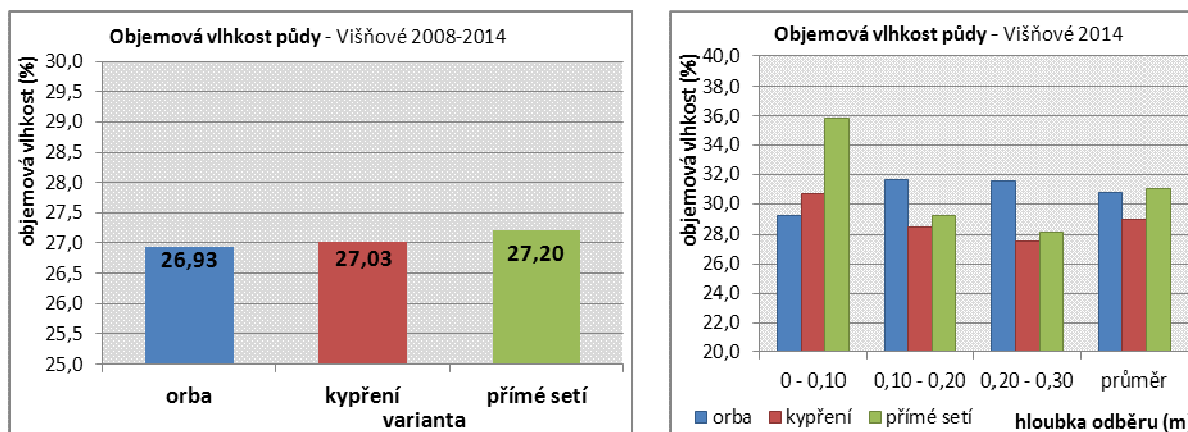
Graf 7: Vliv různého zpracování půdy na penetrometrický odpor půdy (MPa; rok 2012)

Se snižující se intenzitou zpracování půdy klesaly hodnoty minimální vzdušné kapacity. Varianta s přímým setím do nezpracované půdy vykazovala oproti variantě s orbou a mělkým kypřením půdy snížení hodnot minimální vzdušné kapacity půdy. Rozdíl mezi variantami je statisticky významný. Z grafu 8 je patrné, že dosažené hodnoty u varianty přímého setí klesly pod mezní hodnotu, která by podle Šimona a Lhotského et al. (1989) neměla klesnout pod 10 %. Je třeba konstatovat, že tyto hodnoty jsou dosahovány v posledních letech. Pokud by tento trend pokračoval, je třeba provést zřejmě hlubší vertikální zásah do půdy.



Graf 8: Vliv různého zpracování půdy na minimální vzdušnou kapacitu půdy (%)

Důležitým vegetačním faktorem je voda v půdě, a to nejen pro tvorbu biomasy pěstovaných rostlin, ale i pro zachování půdní úrodnosti z hlediska fyzikálního a chemického. Jak nadbytek, tak i nedostatek půdní vody je škodlivý. Výsledky sledování (graf 9a,b) ukazují na určitou tendenci ke zvyšování objemové vlhkosti půdy se snižující se intenzitou jejího zpracování. Mezi variantami však nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Zpracování půdy je jeden z klíčových prostředků nejen pro zabezpečení dobrého hospodaření půdy s vodou, ale i jako prostředek pro regulaci a kontrolu základních podmínek úrodnosti půdy.



Graf 9a,b: Vliv různého zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy (%)

K největšímu úbytku vody dochází ve svrchní vrstvě orničního horizontu, je třeba zvažovat, jakou technologii zpracování půdy zvolíme, zejména v oblastech s nedostatkem vláhy a v obdobích, kdy zásoba vody v ornici klesá. Prakticky ve všech případech sledování měly technologie bez orby v povrchové vrstvě momentální objemovou vlhkost půdy vyšší než varianta s orbou. Tato skutečnost může být zapříčiněna nepřerušáním kapilárních pórů, které přivádějí vodu k seťovému lůžku, nebo může být snížení ztrát vody zapříčiněno zanecháním posklizňových zbytků na povrchu půdy. Šetření vláhou je jednou z největších předností půdoochranného zpracování půdy. Hlavně v suchém roce je voda efektivněji využita na tvorbu úrody než při konvenčním zpracování půdy.

V daných suchých a teplých podmínkách kukuřičné výrobní oblasti, kde se obsah půdní vody stává limitujícím faktorem výše a stability výnosů, je každé opatření vedoucí ke zvýšení obsahu vody v půdě přínosné.

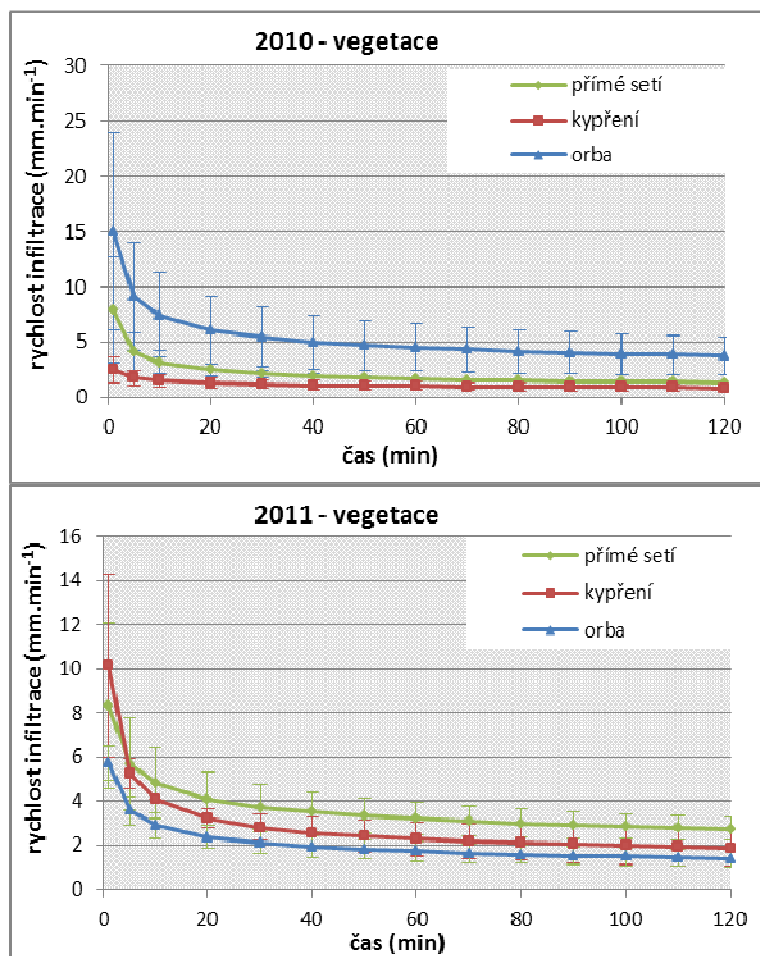
Vliv různého zpracování půdy na infiltrační schopnost půdy

Aktuální fyzikální stav půdy má také velký vliv na infiltraci vody do půdy. Lze předpokládat určitý vztah mezi vlhkostními poměry půdy (provlhčením celého půdního profilu) a vlivem různé intenzity zpracování půdy na rychlost infiltrace vody do půdy.

V našich sledováních byl (kromě extrémně vlhkého roku 2010) vliv různého zpracování půdy na rychlost infiltrace vody do půdy statisticky nevýznamný. V průměru byla infiltrace vody do půdy nejvyšší na variantě s orbou. To bylo zapříčiněno vyšším zastoupením nekapilárních pórů v povrchové vrstvě půdy. Z toho důvodu vykazovala varianta s orbou poměrně vysokou rychlost infiltrace na počátku testování. Po nasycení nekapilárních pórů došlo u orby k zpomalení rychlosti infiltrace. Nejnižší rychlost infiltrace vykazovala varianta s mělkým zpracováním půdy. Tato skutečnost může mít příčinu v přítomnosti již výše zmiňované ztuhnělejší vrstvy půdy pod hloubkou jejího zpracování (0,15 m).

Na infiltraci vody do půdy má kromě intenzity zpracování půdy vliv také průběh povětrnostních podmínek během vegetace. V „suchém“ roce 2008 i 2011 byla na minimalizačních variantách (po mělkém zpracování a po setí do nezpracované půdy) ve

srovnání s orbou zaznamenána vyšší rychlost infiltrace vody do půdy. Naopak v extrémně „vlhkém“ roce 2010 byla zjišťována po celou dobu měření statisticky významně vyšší rychlost infiltrace na variantě s orbou, jak to dokumentuje následující graf 10.



Graf 10 a, b: Vliv různého zpracování půdy na rychlost infiltrace vody do půdy

Vliv různého zpracování půdy na obsah celkového oxidovatelného uhlíku (C_{ox} v %)

Při hodnocení vlivu různého zpracování půdy ke kukuřici na zrno na ukládání organického uhlíku v půdě byla zaznamenána tendence ke snižování obsahu celkového oxidovatelného uhlíku (C_{ox} v %) se zvyšující se intenzitou zpracování půdy (tab. 15).

Nejvyšší obsah C_{ox} byl v průměru zaznamenán na variantě s přímým setím do nezpracované půdy (1,35 %), dále u varianty mělkého zpracování půdy kypřením (1,22 %) a nejnižší obsah vykazovala varianta s orbou (1,17 %). Tendence zjištěné mezi variantami zpracování půdy se projevily na všech třech hodnocených hloubkách (0–0,1; 0,1–0,2; 0,2–0,3 m). Celkový průměr zjištěných hodnot C_{ox} byl v hodnocených třech letech 1,25 %, což je hodnota nepatrně nižší než byla zjišťována v předchozích obdobích (hodnocení probíhá od roku 2005), celkové průměry zjištěného C_{ox} se pohybovaly nejčastěji v rozpětí hodnot 1,3–1,5 %.

Tab. 15: Průměrné hodnoty C_{ox} (%) v letech 2011 – 2013

zpracování půdy	hloubka (m)	2011	2012	2013	průměr
orba	0–0,1	1,23	1,50	1,35	1,36
	0,1–0,2	1,23	1,16	1,20	1,20
	0,2–0,3	1,07	0,79	1,02	0,96
průměr		1,18	1,15	1,19	1,17
mělké kypření	0–0,1	1,74	1,50	1,36	1,53
	0,1–0,2	1,17	1,15	1,23	1,18
	0,2–0,3	0,88	0,87	1,04	0,93
průměr		1,26	1,17	1,21	1,22
přímé setí	0–0,1	1,77	1,37	1,93	1,69
	0,1–0,2	1,24	1,32	1,33	1,30
	0,2–0,3	0,96	1,24	1,02	1,07
průměr		1,32	1,31	1,43	1,35
průměr celkem		1,25	1,21	1,28	1,25

4.3. Praktická doporučení a závěr

Dosažené výsledky potvrdily předpokládané efekty působení jednotlivých způsobů zpracování půdy na různé faktory půdní úrodnosti. Hodnoty jednotlivých parametrů fyzikálních vlastností půdy jsou odrazem intenzity zpracování půdy. Pro správný průběh řady procesů probíhajících v půdě je důležité, aby nebyly překročeny limitní hodnoty jednotlivých parametrů fyzikálních vlastností půdy. Ty přímo ovlivňují růst a vývoj kořenového systému rostlin, retenci, přístupnost a využitelnost půdní vody, ale i biologické a chemické poměry půdy (Procházková et al., 2001; Hůla, Procházková et al., 2008).

Údaje o fyzikálních vlastnostech půdy, na pozemcích, na nichž hospodaříme, jsou nezbytnou informací při rozhodování o volbě technologie zpracování půdy. Na základě těchto informací můžeme vyhodnotit používaný způsob zpracování půdy či navrhnout modifikace vedoucí nejen k vytvoření vhodných podmínek pro růst rostlin, ale i směrem k udržení půdní úrodnosti. Kromě fyzikálních vlastností, kterým byla v pokusech věnována pozornost, jsou i jiné faktory, které také ovlivňují půdní úrodnost. Mezi ně patří strukturní stav půdy a stabilita půdních agregátů, dále pak chemické vlastnosti půdy (pH půdy a obsah živin) a také ukazatele biologické činnosti půdy.

Měření penetrometrického odporu půdy lze doporučit jako rychlou metodu, na základě které můžeme nepřímo identifikovat utužení půdy. Často se jedná o výskyt ztuhlých vrstev, jejichž výskyt je spojený s dlouhodobým zpracováním na stejnou hloubku. Stejným způsobem takto vzniká utužení půdy jak po orbě, tak i po kypření. Utužení půd je na mnohých stanovištích příčinou významného zhoršení produkční schopnosti půd. Nadměrné utužení půdy má samozřejmě negativní dopad na růst a vývoj kořenového systému rostlin, a tím snižuje výnos polních plodin. V důsledku přítomnosti utužené vrstvy je horší dostupnost vody a živin pro rostliny.

5. Význam agrotechnických opatření v ochraně půdy před vodní erozí

Agrotechnické zásahy představují nejméně náročná protierozní opatření. Vedle změny pěstované plodiny nebo způsobu obdělávání svažitých pozemků má i volba technologie zpracování půdy svůj význam. Franzluebbbers (2002) uvádí, že klíčový faktor pro infiltraci vody do půdy je půdní organická hmota. Půdní organická hmota má dopad na půdní agregáty a infiltraci vody do půdy. Povrchová organická hmota ovlivňuje infiltraci a je hlavní prostředek při ochraně půdy před erozí. Zdroji organické hmoty jsou rostlinné zbytky pěstovaných plodin či k tomuto účelu záměrně pěstovaných meziplodin. Protierozní účinnost je přímo závislá na množství vyprodukované hmoty meziplodin, proto je důležitá volba druhů vhodných do konkrétních půdně-klimatických podmínek.

5.1. Vliv technologií zpracování půdy na omezení povrchového odtoku

Vsakování neboli infiltrace vody do půdy ovlivňuje značnou měrou vodní režim půdy a vodní bilanci, intenzitu povrchového odtoku a zásoby podzemní vody. Infiltrace vody do půdy má velký význam pro využití srážkové vody pro rostliny (Kutílek, 1966).

5.1.1. Metodika pokusu

A) *Měření povrchového odtoku a smyvu půdy z přirozených dešťových srážek*

V polních pokusech v bramborářské výrobní oblasti (B2) v Lukavci u Pacova, na pozemku se svažitostí 7° byly vyhodnoceny protierozní účinky rozdílných technologií zpracování půdy a založení porostů plodin, hodnocením množství povrchového odtoku vody a splavené zeminy při vodní erozi. Pokusy probíhají již od roku 2009, pěstují se především širokořádkové plodiny (silážní kukuřice, slunečnice, hrách s širokou roztečí řádků), v jednom roce se pěstuje pouze jedna plodina.

Pokusný pozemek se nachází v mírně teplém regionu (MT4), půdním typem je kambizem, půdním druhem je písčitohlinitá půda, matečným substrátem je rula. Nadmořská výška pozemku je 610 m, průměrný roční úhrn srážek 682 mm, průměrná roční teplota vzduchu činí 7,3 °C. Obsah humusu je 3,19 %, pH (KCl) 6,17, obsah makroprvků v (mg.kg⁻¹ půdy): P = 143, K = 284, Ca = 878, Mg =106.

Základem pokusu jsou tři varianty zpracování půdy:

- 1) varianta protierozní (NT) – bez zpracování půdy,
- 2) varianta protierozní (MT) – minimalizační zpracování půdy,
- 3) varianta konvenční (CT) – srovnávací varianta, klasické zpracování půdy s orbou.

V polním pokusu byla v roce 2014 zasetá a hodnocena kukuřice na siláž, pěstovaná po předplodině kukuřici na siláž. Všechny varianty s rozdílným způsobem zpracování půdy jsou ve třech opakováních, plocha jedné parcely je 24 m² (3 x 8 m), přičemž delší rozměr je ve směru svahu. Parcely jsou ohraničeny plechovým pásem tak, aby odtoková voda z okolních pozemků nepronikla na sklizňovou plochu a množství dešťové vody, stečené z parcely bylo přesně měřitelné. K tomuto účelu byl na spodní straně všech parcel nainstalován sběrný kontejner pro zachycení erozní vody z povrchového odtoku včetně splavených půdních

částic. Ty byly po separaci od povrchové vody a následném zaschnutí půdy po erozních událostech jednotlivě zváženy.

B) Měření povrchového odtoku a smyvu půdy při umělém zadešťování simulátorem deště

Dvanáct dní po sklizni kukuřice jednořádkovou sklízecí řezačkou se na plochách 0,5 m² uskutečnilo měření povrchového odtoku vody a smyvu zeminy pomocí simulátoru deště. Zařízení vyvinuté ve VÚZT Praha, v.v.i. je postaveno na principu zadešťování měřicí plochy stálou intenzitou simulovaného deště 87 mm.h⁻¹ v intervalu 15 minut, která se nastavuje postřikovým tlakem. Simulovaný déšť při postřikovém tlaku 100 kPa dosahuje intenzity 1,463 mm za minutu, doba měření je 1 hodina. Množství infiltrované vody do půdy je vypočítáno z rozdílu simulované dešťové srážky a z časového průběhu naměřeného objemu kumulativního povrchového odtoku vody z měřicí plochy. Čas a kumulativní hmotnost jímané vody v nádobě na digitální váze se zaznamenávají do připojeného PC.

5.1.2. Dosažené výsledky

A) Měření povrchového odtoku a smyvu půdy z přirozených dešťových srážek

V průběhu vegetačního období roku 2014 byly zaznamenány celkem čtyři erozní události (23. 5., 30. 5., 11. 6. a 21. 7.), kdy byla zachycena odtékající povrchová voda i splavená zemina. Po méně intenzivních srážkách dne 7. 7. 2014 byl zjištěn povrchový odtok vody a smyv půdy pouze na variantě s konvenčním zpracováním půdy. Zjištěné hodnoty množství povrchového odtoku z erozních parcel i smyv půdy v průběhu eroze byly přepočteny na plochu 1 hektaru (tab. 16).

Tab. 16: Množství povrchového odtoku a smyvu půdy v roce 2014

zpracování půdy	povrchový odtok									
	23. 5.		30. 5.		11. 6.		7. 7.		21. 7.	
	m ³ .ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%
CT	8,20	100,0	4,37	100,0	10,13	100,0	2,87	100,0	8,79	100,0
NT	3,73	45,5	2,05	46,9	9,46	93,4	0	0	6,97	79,3
MT	5,05	61,6	2,77	63,4	8,83	87,2	0	0	7,61	86,6
zpracování půdy	smyv půdy									
	23. 5.		30. 5.		11. 6.		7. 7.		21. 7.	
	kg.ha ⁻¹	%	kg.ha ⁻¹	%	kg.ha ⁻¹	%	kg.ha ⁻¹	%	kg.ha ⁻¹	%
CT	305,0	100,0	108,8	100,0	435,0	100,0	66,3	100,0	406,7	100,0
NT	78,3	25,7	44,2	40,6	341,3	78,5	0	0	275,4	67,7
MT	132,9	43,6	72,5	66,6	389,6	89,6	0	0	293,3	72,1

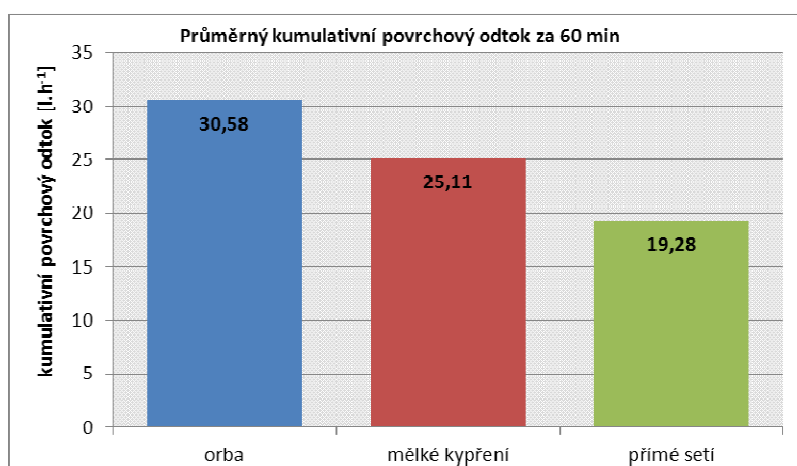
Z obou grafů i tabulky je zřejmé, že nejvyšší množství smyvové vody a zároveň i splavené půdy bylo naměřeno po bouřkových srážkách s kroupami dne 11. 6. 2014, kdy během dne spadlo 53,6 mm srážek. Nejvíce se tato erozní událost negativně projevila na parcelách s konvenční technologií zpracování půdy, kde bylo naměřeno 24,32 litrů vody, tj. v přepočtu na 1 ha 10,13 m³. Zároveň byly na této konvenční variantě zjištěny nejvyšší ztráty zeminy (1,04 kg z plochy parcely 24 m²), což je 435 kg z 1 hektaru. Na parcelách, kde se využívají

minimalizační technologie (NT, MT), byly při všech erozních událostech zaznamenány nižší hodnoty ztráty vody i půdy. Např. při první erozní události činilo množství povrchového odtoku $3,73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, resp. $5,05 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což je jen 45,5 %, resp. 61,6 % oproti kontrolní konvenční variantě. Ještě markantnější rozdíly byly zaznamenány u smyvu půdy vlivem vodní eroze, kdy se hodnoty ztráty zeminy pohybovaly pouze od 25,7 % (NT) do 43,6 % (MT) v porovnání se zjištěnými hodnotami na parcelách s konvenční technologií. Další významná erozní událost proběhla dne 21. 7. 2014, kdy během jedné hodiny spadlo 31,5 mm dešťových srážek. Hodnoty povrchového odtoku vody byly opět nejvyšší na variantách s klasickým zpracováním půdy ($8,79 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), stejně tak i smyv půdy ($406,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Ze zjištěných hodnot byl prokázán protierozní účinek technologií s redukováním zpracováním půdy, kdy bylo zaznamenáno vyšší vsakování vody do půdy.

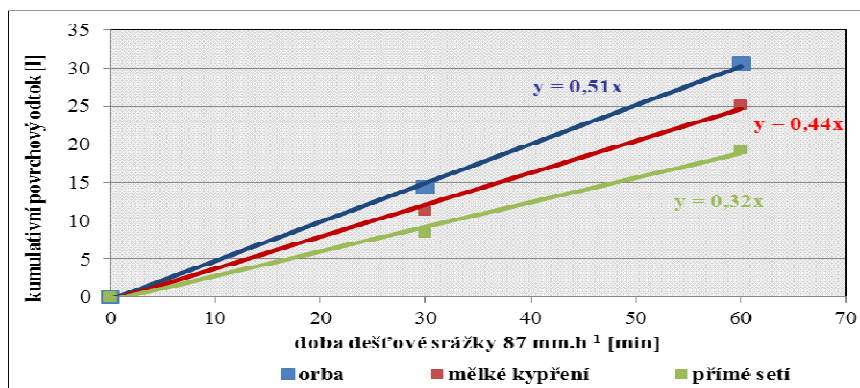
B) Měření povrchového odtoku a smyvu půdy při umělém zadešťování simulátorem deště

V roce 2014 byl zjištěn nejnižší povrchový odtok vody u přímého setí bez zpracování půdy (NT), následovala minimalizační technologie s mělkým kypřením (MT) a nejvyšší povrchový odtok byl zaznamenán na variantě s konvenční technologií zpracování půdy s orbou (CT; graf 11).

Půdní podmínky na podzim roku 2014, kdy 5 týdnů před simulací deště byly dešťové srážky velmi nízké, se příznivě projeví na vsakování vody do půdy. Porovnání trendových přímek pro kumulativní povrchový odtok vody při simulované přívalové dešťové srážce $87 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ je uvedeno v grafu 12. Po sklizni kukuřice zaseté do půdy zpracované minimalizační technologií lze předpokládat o 18 % menší povrchový odtok než u technologie s konvenčním zpracováním půdy s orbou, u technologie s přímým setím do nezpracované půdy o 37 % nižší povrchový odtok.



Graf 11: Kumulativního odtoku povrchové vody ve sledovaných technologiích pěstování silážní kukuřice v roce 2014



Graf 12: Trendové přímky povrchového odtoku vody v hodnocených technologiích pěstování silážní kukuřice při simulované dešťové srážce 87 mm.h⁻¹

5.2. Využití meziplodin v půdochranných technologiích zpracování půdy

Významnou součástí systémů hospodaření na půdě je pěstování meziplodin. Strniskové meziplodiny se vysévají v meziporostním období hlavních plodin (Procházková et al., 2001). Důležitost meziplodin spočívá především v eliminaci rizika vzniku eroze a neproduktivního výparu a v obohacení půdy o organickou hmotu. Meziplodiny rovněž plní funkci přerušovače obilných sledů. Potlačují šíření plevelů, původců chorob a škůdců, službou celé společnosti je ochrana vzácných druhů rostlin i živočichů a vůbec péče o krajinu jako o kulturní dědictví (Brant et al., 2008). Nejvyšší účinek má pak porost meziplodin s rychlým růstem, vysokou produkcí biomasy a dlouhou dobou udržení listové plochy na podzim (Vach et al., 2009). Avšak velké množství zbytků meziplodin a jejich potřeba dusíku a vody (zejména při nedostatku vody) může snižovat výnosy následných plodin (Rinnofner et al., 2008). Jako následná plodina po strniskových vymrzajících i přezimujících (na jaře chemicky likvidovaných) meziplodinách je většinou pěstována kukuřice, v menším rozsahu cukrovka, slunečnice, jarní ječmen, mák i další plodiny (Hůla, Procházková et al., 2008).

5.2.1. Metodika pokusu

Hodnocení produkčních schopností vybraných druhů strniskových meziplodin a jejich vlivu na výnos následného jarního ječmene probíhalo na pokusné stanici Mendelovy univerzity v Žabčicích. Polní pokus byl založen v roce 2006. Strniskové meziplodiny byly zakládány po sklizni ozimé pšenice ve dvou termínech. Do prvního termínu výsevu (bezprostředně po sklizni ozimé pšenice) byla zařazena hořčice bílá, svazanka vratičolistá, pohanka obecná, žito svatojánské, proso seté, krambe habešská, sléz krmný, lesknice kanárská a světlice barvířská. Do druhého termínu výsevu (polovina září) byla vybrána hořčice bílá, ředkev olejná, svazanka vratičolistá, sléz krmný, žito svatojánské a lesknice kanárská. V obou termínech výsevu se nachází kontrolní varianta – bez meziplodiny. Meziplodiny byly ponechány na pozemku do jara. Porost svatojánské žito byl na jaře desikován neselektivním herbicidem. Po meziplodinách byl přímo do rostlinných zbytků vyséván jarní ječmen. Od roku 2010 byla do pokusu přidána varianta s hnojením dusíkem (60 kg.ha⁻¹).

5.2.2. Dosažené výsledky

Výnosy biomasy vybraných druhů meziplodin jsou uvedeny v tab. 17. Vysoká produkce biomasy (průměrné výnosy za období let 2009–2013) byla dosažena u brukvovitých druhů meziplodin (hořčice bílá, ředkev olejná a krambe habešská) a svazenky vratičolisté. Produkční schopnost ostatních meziplodin je více závislá na průběhu povětrnostních podmínek. Tab. 17 rovněž ukazuje na důležitost termínu setí meziplodin. Při opožděném termínu setí (září) bylo vytvořeno celkově menší množství biomasy meziplodin z důvodu nedostatečné délky jejich vegetační doby, která je limitována nástupem nízkých teplot. Významnou roli hraje včasný výsev meziplodin.

Tab. 17: Výnosy čerstvé hmoty a sušiny meziplodin za období let 2009–2013 (t.ha⁻¹)

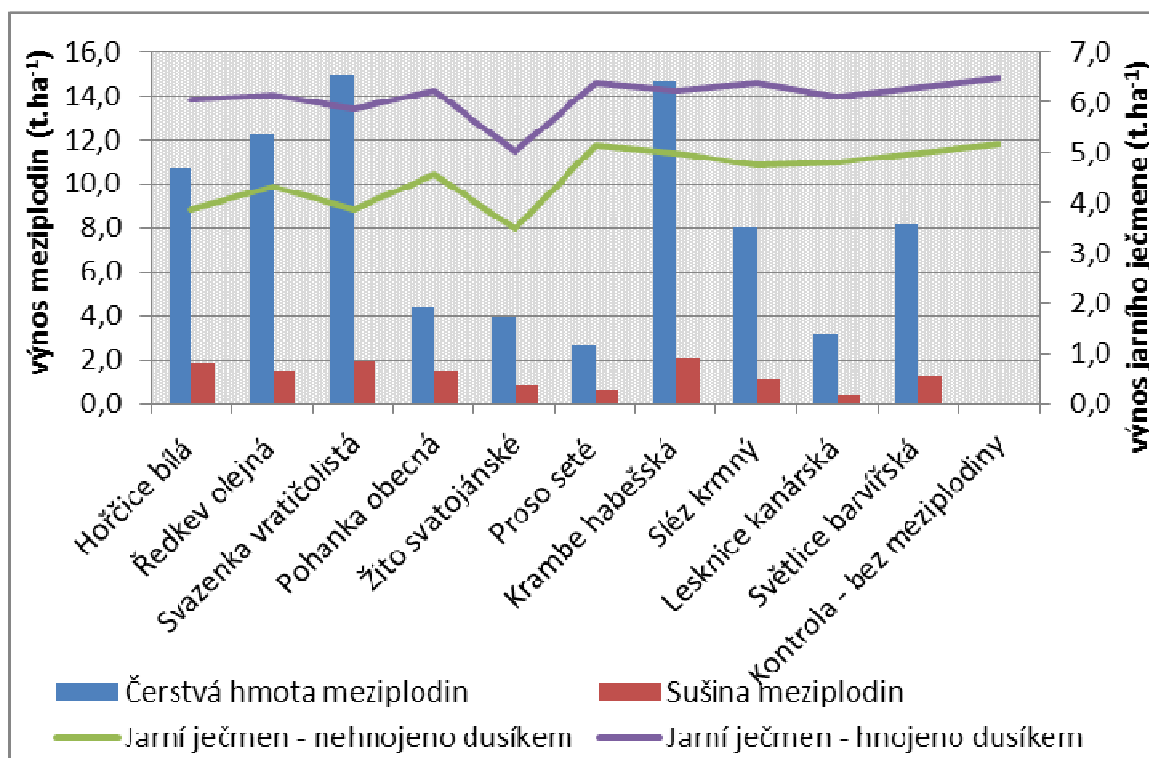
druh meziplodiny	I. termín výsevu		II. termín výsevu	
	čerstvá hmota	sušina	čerstvá hmota	sušina
Hořčice bílá	10,72	1,88	6,37	0,65
Ředkev olejná	12,24	1,52	6,43	0,59
Svazenka vratičolistá	14,95	1,98	5,78	0,55
Pohanka obecná	4,45	1,55	-	-
Žito svatojánské	3,93	0,87	2,03	0,30
Proso seté	2,65	0,66	-	-
Krambe habešská	14,66	2,08	-	-
Sléz krmný	8,04	1,13	0,63	0,08
Lesknice kanárská	3,20	0,44	0,49	0,06
Světlice barvířská	8,18	1,26	-	-

Tab. 18: Výnosy jarního ječmene za období let 2010–2014 (t.ha⁻¹)

druh meziplodiny	výnos jarního ječmene (t.ha ⁻¹)			
	nehnojeno dusíkem	hnojeno dusíkem	nehnojeno dusíkem	hnojeno dusíkem
	I. termín výsevu meziplodin		II. termín výsevu meziplodin	
Hořčice bílá	3,86	6,06	5,50	6,29
Ředkev olejná	4,32	6,14	5,78	6,25
Svazenka vratičolistá	3,86	5,85	5,65	6,49
Pohanka obecná	4,57	6,22	x	x
Žito svatojánské	3,49	5,03	5,14	5,62
Proso seté	5,14	6,39	x	x
Krambe habešská	4,98	6,23	x	x
Sléz krmný	4,75	6,39	6,27	6,76
Lesknice kanárská	4,82	6,11	6,16	6,49
Světlice barvířská	5,00	6,28	x	x
Kontrola - bez meziplodiny	5,18	6,46	6,03	6,54

x – daný druh meziplodiny nebyl zařazen do pokusu

Vliv pěstovaných druhů meziplodin na výnosy následného jarního ječmene ukazuje tab. 18 a graf 13. Nejnižší výnosy jarního ječmene byly zaznamenány po meziplodinách s vyššími výnosy biomasy (I. termín výsevu) v kombinaci bez hnojení dusíkem. Při aplikaci dusíku došlo k vyrovnání výnosů jarního ječmene s variantou bez meziplodiny téměř po všech meziplodinách. Hnojení dusíkem ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) eliminovalo negativní vliv vyšší produkce biomasy brukvovitých druhů meziplodin a svazenky vratičolisté na výnosy následného jarního ječmene.



Graf 13: Výnosy meziplodin a jarního ječmene s hnojením a bez hnojení dusíkem ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

5.2.3. Praktická doporučení a závěr

Získané výsledky vyhodnocení povrchového odtoku a smyvu půdy potvrdily protierozní efekt minimalizačních a půdoochranných technologií zpracování půdy. Redukované zpracování půdy nabízí zvýšení kapacity vodivosti a infiltrace a redukcí povrchového odtoku a rizika eroze. Na druhou stranu konvenční zpracování půdy vytváří homogenní vrstvu půdy, rovnoměrně zpracovanou na stejnou hloubku, která může snížit vsakování vody (Titi, 2002). Konzervační technologie může redukovat povrchový odtok, ale zvyšuje i infiltraci (Shipitalo et al., 2000).

Z hlediska výnosové jistoty i pokryvnosti půdy se v suchých podmínkách kukuřičné výrobní oblasti ukázalo jako nejvhodnější pěstování těchto meziplodin: hořčice bílé, ředkve olejné, krambe habešské a svazenky vratičolisté. Významnou roli hrál včasný termín výsevu meziplodin. Vyšší množství biomasy meziplodin na variantě bez hnojení dusíkem snižovalo výnosy následného jarního ječmene z důvodu konkurence o vodu a především o dusík.

Negativní vliv vyšší produkce meziplodin (brukvovitých druhů a svazenky vratičolisté) na výnosy jarního ječmene byl eliminován aplikací dusíku ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Při zajištění dostatečné výživy jarního ječmene dusíkem může mít pěstování strniskových meziplodin příznivý vliv na jeho produkční schopnosti.

Rostlinné zbytky na povrchu půdy účinně chrání půdu před erozí tím, že poskytují ochranu povrchu půdy proti přívalovým deštům a také proti odnosu částic větrem. Výsledkem je redukce půdní eroze. Eroze je snižována se zvyšujícím se pokrytím půdy mulčem. Při kompletním zakrytí půdy rostlinnými zbytky je možné odnos zeminy téměř eliminovat (Hůla, Procházková et al., 2008).

6. Vliv zpracování půdy na rozvoj houbových chorob a obsah mykotoxinů v zrně obilovin

Výskyt chorob na obilninách je podmíněn řadou okolností. Ty se mění, tak jak se mění technologie zpracování půdy, odrůdová skladba anebo počasí v jednotlivých letech. Souvislost mezi výskytem chorob a způsobem zpracování půdy není nikdy jednoznačná, je ale zvláště především v letech, kdy jsou výskyty vyšší a škodlivost přesahuje hospodářsky únosnou mez.

Podle principů integrované ochrany rostlin jsou zemědělci povinni produkovat zdravotně nezávadné suroviny jak pro lidskou výživu, tak pro využití v krmivářském průmyslu. Na základě těchto požadavků je třeba akceptovat řadu opatření, které mohou omezovat kumulaci látek zdraví škodlivých ať už preventivními či aktuálními opatřeními, které mohou jejich výskytu zabránit.

Fuzariózy klasů způsobené komplexem druhů rodu *Fusarium*, jsou rozšířeny celosvětově a patří mezi nejzávažnější choroby na obilninách. Fusariózy klasů se u pšenice a ječmene (obr. 2) projevují předčasným odumřením klasů nebo jejich zbělením. Onemocnění je zvláště významné ve vlhčích oblastech. V případě napadení klasů může dojít k význačným ztrátám na výnosech způsobených sterilitou klásků a nedostatečně vyvinutými obilkami a také ke kontaminaci zrna mykotoxiny. Je známa celá řada druhů rodu *Fusarium*, které se podílejí na vzniku fuzarióz, ale mezi nejčastější a nejvýznamnější patří: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* a *F. poae*. Poslední studie provedené na území ČR ukazují zvyšující se zastoupení druhu *F. poae* ve sklizeném zrně obilovin. Škodlivost fuzarióz spočívá jednak v redukcí výnosu, ale zejména ve schopnosti mnoha původců fuzarióz produkovat mykotoxiny. Fuzariové mykotoxiny mohou způsobovat vážné zdravotní potíže jak u člověka, tak u hospodářských zvířat. Dochází k projevům chronické nebo akutní mykotoxikózy (trávicí potíže, poruchy plodnosti atd.). Nejvýznamnější fuzariové mykotoxiny jsou trichoteceny (zejména deoxynivalenol a nivalenol) a zearalenony. Ke tvorbě výše uvedených zdraví škodlivých toxinů v zrně dochází zejména při infekci druhů *F. graminearum* a *F. culmorum*.

Existuje ale celá řada dalších toxinů, způsobovaných dalšími druhy fuzárií, např. T2 a HT2 toxiny produkované *F. langsethiae* a *F. sporotrichioides*.



Obr. 2: Příznaky fuzariózy klasů na ozimé pšenici a jarním ječmeni (foto P. Matušinsky)

Přesná diagnostika původců fuzarióz klasu je nezbytná pro pochopení faktorů podílejících se na rozvoji onemocnění a akumulaci mykotoxinů. Mykologické určení jednotlivých druhů je dosti obtížné i pro zkušeného fytopatologa, proto jsou rozvíjeny a zaváděny metody založené na polymerázové řetězové reakci (PCR). Mimoto jsou dostupné laboratorní metody pro přímé stanovení obsahu jednotlivých mykotoxinů v zrna jako ELISA test či HPLC.

V České republice je registrovaná celá řada fungicidů s použitím proti klasovým fuzariózám do obilnin. Jsou registrovány také přípravky pro tzv. biologickou ochranu. Ochrana rostlin proti fuzariózám klasů, podobně jako u ostatních chorob, není založena pouze na aplikaci pesticidů, ale zahrnuje komplex preventivních a agronomických opatření, kterými lze do značné míry riziku silnému rozvinutí chorob předcházet. Smyslem dobře promyšlené ochrany je zvážení všech dostupných metod, které potlačují rozvoj škodlivých organismů. Mnohé z nepřímých metod ochrany mohou být ve svém důsledku účinnější a možná i levnější než aplikace pesticidů. To platí zejména pro choroby, u nichž účinnost pesticidního ošetření nebývá zdaleka stoprocentní. Do této skupiny chorob patří právě fuzariózy klasů, kdy se mnohé z druhů rodu *Fusarium* vyskytují bez zjevných příznaků, přesto dochází ke kontaminaci zrna mykotoxiny. Jsou dokumentovány i případy, kdy aplikace pesticidu zvýšila obsah mykotoxinů, protože houba, která je pod toxickým účinkem pesticidů ve stresu, produkuje těchto látek více. Účinnost postřiku u fuzarióz klasů závisí na celé řadě dalších faktorů, jako je termín aplikace, kdy je nutno synchronizovat postřik s infekcí kvetoucích klasů, nebo přítomnost konkrétního druhu patogenu z rodu *Fusarium*, který chorobu zapříčinil. Precizní diagnostika patogenů a monitoring uvolňování spor způsobujících infekci by měly být taktéž součástí promyšlené ochrany.

6.1. Materiál a metody

K posouzení vlivu technologií zpracování půdy a předplodiny na výskyt listových chorob, klasových fuzarióz a mykotoxinů byly využity vzorky zrna ozimé pšenice z dlouhodobých polních pokusů vedených na lokalitě Žabčice (podrobnější popis je uvedený v kapitole 2). V letech 2012–2014 byl vyhodnocen vliv předplodiny a zpracování půdy v osevních postupech s živočišnou výrobou a bez ní.

6.2. Dosažené výsledky

Limitujícím faktorem ročníku 2012 byla nepříznivá zima, kterou mnoho ozimů nepřekalo nebo bylo výrazně poškozeno a následné delší období sucha v březnu a koncem května, kdy bylo mimořádně chladné počasí a to hlavně v první polovině měsíce února v roce 2012, kdy se průměrná denní teplota pohybovala pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Také maximální denní teploty atakovaly hranici $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, tedy se v měsíci únoru vyskytlo i několik arktických dnů. Minimální teploty klesaly v tomto období až k hranicím $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a přízemní minimální teploty se pohybovaly i pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nepřítomnost sněhové pokrývky způsobila značné poškození ozimů. Další nepříznivý vliv na vývoj porostů mělo dlouhotrvající sucho během jarních měsíců. Objektivní vizuální hodnocení výskytu klasových fuzarióz v roce 2012 nebylo z důvodu značného poškození klasů vlivem sucha téměř možné. Obsah mykotoxinu deoxynivalenolu (DON) ve sklizeném zrně byl na nízké úrovni bez průkazných rozdílů mezi jednotlivými variantami (tab. 19 a 20).

Tab. 19: Výnos a obsah mykotoxinu DON v zrně ozimé pšenice (v letech 2012–2014, Žabčice, pokus AGRO 1)

předplodina	rok	zpracování půdy	výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	obsah mykotoxinu DON ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
hrách	2012	CT	4,20	18,00
		MT	4,13	29,00
	2013	CT	6,81	386,00
		MT	7,19	401,00
	2014	CT	11,34	22,00
		MT	11,58	31,00
	průměr	CT	7,45	142,00
		MT	7,63	153,67
průměr			7,54	147,83
ozimá pšenice	2012	CT	1,99	44,00
		MT	2,52	41,00
	2013	CT	7,90	271,00
		MT	8,17	255,00
	2014	CT	11,31	9,00
		MT	11,19	18,00
	průměr	CT	7,07	108,00
		MT	7,29	104,67
průměr			7,18	106,33

CT – orba; MT – mělké kypření

Tab. 20: Výnos a obsah mykotoxinu DON v zrně ozimé pšenice (průměr 2012–2014); polní pokus AGRO 2 - hospodaření s živočišnou výrobou, lokalita Žabčice)

předplodina	rok	zpracování půdy	výnos (t.ha ⁻¹)	obsah mykotoxinu DON (μg.kg ⁻¹)
vojtěška	2012	CT	1,63	75,00
		MT	2,31	80,00
		NT	2,15	251,00
	2013	CT	6,42	313,00
		MT	7,58	303,00
		NT	7,61	327,00
	2014	CT	9,41	19,00
		MT	11,28	23,00
		NT	11,52	16,00
	průměr	CT	5,82	135,67
		MT	7,06	135,33
		NT	7,09	198,00
Průměr			6,66	156,33
kukuřice na siláž	2012	CT	1,63	69,00
		MT	2,44	96,00
		NT	2,64	105,00
	2013	CT	8,11	398,00
		MT	6,59	3371,00
		NT	6,24	1711,00
	2014	CT	11,40	24,00
		MT	11,92	118,00
		NT	12,45	213,00
	průměr	CT	7,05	163,67
		MT	6,98	1195,00
		NT	7,11	676,33
průměr			7,05	678,33

CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

Vizuální hodnocení chorob listů a klasových fuzarióz u rozdílných variant technologie zpracování půdy, předplodiny a fungicidního ošetření bylo v roce 2013 provedeno 27. června. U ozimé pšenice (Sultan) v pokusu AGRO 1 (hospodaření bez živočišné výroby) nebyly zjištěny rozdíly u intenzity příznaků klasových fuzarióz ani v obsahu mykotoxinu DON mezi jednotlivými variantami zpracování půdy, předplodin ani u fungicidních variant (tab. 21). U pšenice ozimé (Sultan) v pokusu AGRO 2, který je modelovým pokusem pro hospodaření s živočišnou výrobou, byly zjištěny příznaky klasových fuzarióz a následný obsah mykotoxinu ve zvýšené míře u varianty po předplodině kukuřici ve srovnání s variantou po vojtěšce. Ostatní faktory na intenzitu napadení klasů neměly průkazný vliv. Vyšší obsah DON byl naměřen u varianty s mělkým zpracováním půdy. Fungicidní ošetření bylo provedeno ve

fázi objevení se praporcového listu a proto nemělo na klasová fuzária vliv. Intenzita napadení rostlin listovými chorobami byla fungicidním ošetřením ovlivněna významně. Jak u rží (*Puccinia recondita*, tak braničnatky pšeničné (*Septoria tritici*) byly rostliny bez ošetření napadeny s vyšší intenzitou. Předplodina měla taktéž významný vliv na výskyt listových chorob. Po kukuřici byla intenzita napadení listů významně vyšší.

Tab. 21: Průměrná napadení pšenice (Sultan) listovými chorobami (pokus AGRO 2, 2013–2014; hodnoceno 5-bodovou stupnicí, 0 = bez napadení, 5 = úplné poškození listu)

rok		2013				2014			
faktor	n	<i>S. tritici</i> [%]	Tukey	<i>P. recondita</i> [%]	Tukey	<i>S. tritici</i> [%]	Tukey	<i>P. recondita</i> [%]	Tukey
technologie zpracování půdy									
NT	40	1,55	a	0,73	a	1,04	a	0,99	A
MT	40	1,88	a	0,85	a	1,08	a	0,95	A
CT	40	2,05	a	0,73	a	3,05	a	1,23	A
ošetření									
fungicid	60	0,00	a	0,00	a	0,00	a	0,00	A
bez fungicidu	60	3,65	b	1,53	b	2,55	b	1,03	B
předplodina									
vojtěška	60	0,87	a	0,25	a	zasch.F-1	-	0,16	A
kukuřice	60	2,78	b	1,28	b	2,87	-	1,08	B

CT – orba; MT – mělké kypření; NT – přímé setí

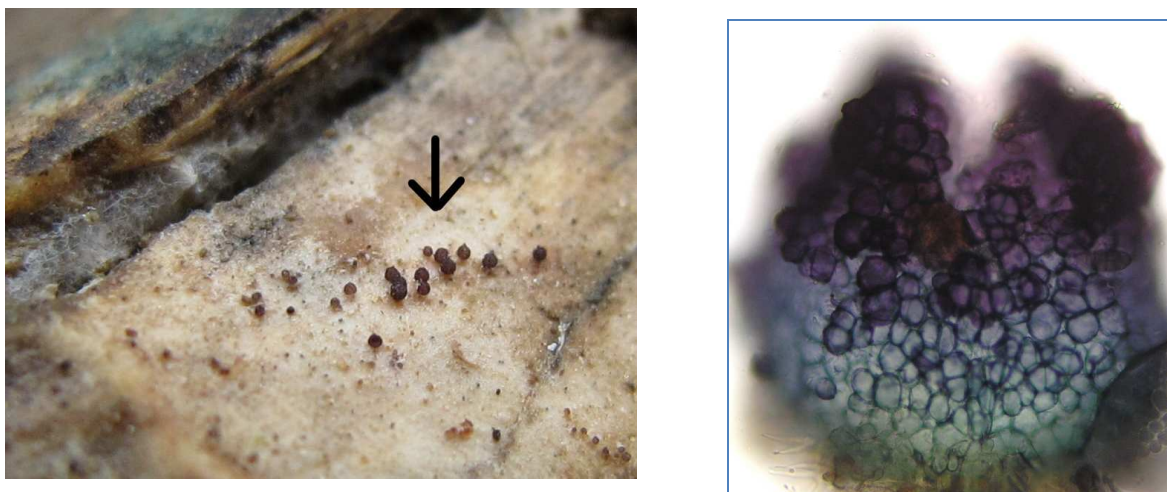
V roce 2014 bylo vizuální hodnocení chorob listů a klasových fuzarióz u rozdílných variant technologie zpracování půdy, předplodiny a fungicidního ošetření provedeno 18. června. U ozimé pšenice (Sultan) v experimentu s označením AGRO 1 nebyly zjištěny rozdíly u intenzity příznaků klasových fuzarióz a obsahu mykotoxinu DON mezi jednotlivými variantami zpracování půdy, předplodin ani u fungicidních variant (tab. 21). U ozimé pšenice v experimentu AGRO 2 nebyly zjištěny příznaky klasových fuzarióz ve zvýšené míře v žádné sledované variantě. Z hlediska obsahu DON ve sklizeném zrně se ovšem projevil vliv předplodiny: po kukuřici byl zaznamenán nárůst mykotoxinu se statisticky průkazným rozdílem. Na obsahu mykotoxinů se také projevilo zpracování půdy. Nejnížší hodnoty byly naměřeny ve variantě s orbou. Fungicidní ošetření bylo provedeno ve fázi objevení se praporcového listu a proto nemělo na klasová fuzária vliv. Intenzita napadení rostlin listovými chorobami byla fungicidním ošetřením ovlivněna významně. Jak u rží (hodnocen list F, praporcový list), tak braničnatky pšeničné (hodnocen list F-1, předposlední list) byly rostliny bez ošetření napadeny s vyšší intenzitou. Předplodina měla vliv na výskyt listových chorob. Po kukuřici byla intenzita napadení listů rží vyšší. Technologie zpracování půdy neměla přímý vliv na listové choroby.

Důležitým faktorem z hlediska napadení klasů fuzariózami je předplodina. Ne zcela vhodnou předplodinou jsou obilniny, které jednak zhoršují půdní vlastnosti, ale také zvyšují

riziko zaplevelení a výskyt houbových chorob a škůdců, pro něž jsou posklizňové zbytky obilnin vhodným substrátem. Nevhodnou předplodinou jak pro pšenici, tak pro ječmen je, jak bylo potvrzeno i v našich pokusech, kukuřice (obr. 3), která zvyšuje riziko napadení klasů fuzáriemi. Jedním z hlavních zdrojů inokula pro houby rodu *Fusarium*, které způsobují klasové fuzariózy, jsou posklizňové zbytky hostitelských rostlin. Pro infekci klasů mají význam jak nepohlavně vznikající makrokonidie (obr. 4), tak askospory uvolňované z peritecií (obr. 5).



Obr. 3 a 4: Předplodina kukuřice je z hlediska rozvoje klasových chorob obilnin předplodinou naprosto nevhodnou (vlevo) a makrokonidie *F. culmorum* (vpravo; foto P. Matušinsky)



Obr. 5: Tmavě fialové peritecium odebrané z posklizňových zbytků kukuřice. V horní části peritecia je viditelná puklina vzniklá rozmáčknutím pod krycím sklíčkem (foto P. Matušinsky)

6.3. Praktická doporučení a závěr

Závěrem lze shrnout výsledky ze tříletých pokusů tak, že experimentální faktory, které jsme testovali, byly z hlediska dopadu na výskyt klasových fuzarióz a listových chorob významné. Faktor zpracování půdy se neprojevil samostatně, ale v interakci s předplodinou a případně ročníkem. V našich pokusech jsme zjistili rozdíly po předplodině kukuřici, kdy u varianty

s mělkým kypřením (MT) byl zjištěn vyšší obsah mykotoxinu DON ve srovnání s ostatními technologiemi zpracování půdy.

Výraznější vliv se projevil u faktoru předplodiny, kdy kukuřice významně zvýšila obsah deoxynivalenolu v zrně následně pěstované pšenice a jak víme z dlouhodobých pozorování a co bylo také v založených pokusech prokázáno, nejmarkantnější vliv na výskyt fuzárií v klasech má ročník. Ročníková variabilita výskytu fuzarióz je dána především průběhem klimatických faktorů a to zejména v období kvetení, ale i během tvorby peritecií na posklizňových zbytcích. V každém případě je intenzita napadení obilnin fuzáriemi výslednicí souhry celé řady faktorů a přestože některé z nich ovlivnit nemůžeme, existují preventivní opatření, kterými lze výrazně snížit riziko infekce a následné kontaminace mykotoxiny ve sklizeném zrně. Mezi ty nejzákladnější, jak již bylo popsáno výše v textu, patří volba odrůdy, oseední sled a management posklizňových zbytků, tedy faktory, které jsou do značné míry ovlivnitelné pěstitelům. Z tohoto pohledu lze za nejrizikovější považovat předplodinu kukuřici na zrně, po níž je zařazena ozimá pšenice, což je varianta, která je dnes používána u časněji sklizených porostů zrnové kukuřice v nejteplejších oblastech ČR.

Výskyt listových chorob byl obecně nižší, což potvrzují i výsledky jiných autorů. Důvodem je méně častý výskyt srážek s celkově nižším úhrnem, který je charakteristický pro sušší oblasti. Mezi variantami zpracování půdy nebyl rozdíl mezi variantami zpracování půdy (přestože nejvyšší hodnoty byly zjištěny u varianty s orbou). V pokusech se projevil průkazný vliv předplodiny, kdy vyšší výskyt braničnatky pšeničné a rzi pšeničné byl u ozimé pšenice pěstované po kukuřici na siláž.

V suchých oblastech lze očekávat častější výskyt rzi, než braničnatek, vzhledem k odlišné bionomii obou patogenů. Tomuto je zapotřebí přizpůsobit použití fungicidní ochrany.

7. Doporučení pro volbu způsobů zpracování půdy v různých systémech hospodaření

Jedním z hlavních cílů zpracování půdy je vhodná úprava fyzikálních vlastností půdy. Na nich je závislé nejen dobré hospodaření s půdní vodou, ale i biologické a chemické poměry půdy. Při volbě způsobů zpracování půdy je třeba postupovat diferencovaně podle půdních a klimatických podmínek a podle nároků pěstovaných plodin na půdní prostředí. Mezi plodiny s nároky na hlubší zpracování půdy patří kukuřice, řepka, cukrovka a brambory. S úzkou skladbou pěstovaných plodin (často s vysokým zastoupením obilnin), která je charakteristická po české zemědělství, je obvykle spojeno opakované zpracování půdy na stejnou hloubku, které je hlavní příčinou vzniku utužené vrstvy odpovídající hloubce zpracování půdy. Pokud se projevují symptomy utužení (např. stojící voda na pozemku v důsledku pomalého vsakování) je třeba provést odběr vzorků půdy ke stanovení objemové hmotnosti či využít nepřímou metodu měření penetrometrického odporu. Při volbě zpracování půdy k dané plodině je třeba zohlednit, jak vypadá stav půdy po sklizni

předplodiny resp. jaké je množství rostlinných zbytků a jejich charakter. Pokud se rostlinné zbytky zapravují do půdy (hospodaření bez živočišné výroby), tak můžeme vhodnou volbou nářadí ovlivnit množství zbytků zůstávajících na povrchu půdy a zapravených a promísených s půdou do různé hloubky.

7.1. Volba způsobů zpracování půdy podle půdních a klimatických podmínek

Půdy ve vlhčích a chladnějších podmínkách, půdy druhově těžší a hlavně půdy s velkými objemovými změnami jsou mimořádně náročné na udržení potřebné pórovitosti, zejména pak objemu hrubých nekapilárních pórů, které rozhodují propustnosti a aerační schopnosti půdy.

Naopak v relativně sušších a teplejších podmínkách na půdách druhově lehčích s vyšší propustností pro vodu je potřeba usilovat o vytvoření podmínek pro zajištění vyšší akumulární a retenční schopnosti půdy pro vodu. V daných podmínkách je vhodné snížení hloubky a intenzity zpracování půdy, případně ponechání půdy bez zpracování v přirozeném uložení. S vyšší objemovou hmotností půdy při nižší intenzitě jejího zpracování se mění poměr mezi vodní a vzdušnou kapacitou půdy ve prospěch vodní kapacity, zvyšuje se podíl kapilárních pórů, což vede ke zlepšení vodního režimu půdy a vláhového zabezpečení rostlin v průběhu vegetace.

Nejpříznivější podmínky pro snížení hloubky a intenzity zpracování půdy jsou obecně na středně těžkých půdách s vyšší přirozenou úrodností v sušších podmínkách kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Potvrzují to výsledky dlouholetých pokusů i zkušenosti zemědělské praxe.

V posledních letech jsou rozšiřovány minimalizační technologie i do oblastí s méně příznivými půdními a klimatickými podmínkami. Důvodem je především snaha zemědělců hospodařících ve vyšších polohách o snížení nákladů a zvýšení rentability výroby. Významné je rovněž omezení eroze ve svažitých podmínkách.

Na těžších půdách je použití minimalizačních postupů vhodné především pro ozimé plodiny. Stav půdního prostředí zde mnohdy vylučuje (pro kvalitní založení porostů v požadovaném agrotechnickém termínu) použití konvenčních postupů zpracování půdy s orbou. V takových případech je minimalizační zpracování půdy jediným možným způsobem jak založit porost. Vhodná je především náhrada orby mělkým kypřením a výsev secími stroji zajišťujícími v daných podmínkách dostatečnou kvalitu práce. Vliv snížené hloubky a intenzity zpracování těžké půdy na růst a vývoj pěstovaných plodin pak do značné míry závisí na průběhu povětrnostních podmínek v průběhu vegetace. Ve vlhčích a chladnějších podmínkách je nebezpečí nedostatečného provzdušnění půdy a zhoršení teplotních poměrů se všemi nepříznivými důsledky pro plodiny i půdní procesy.

Redukce hloubky a intenzity zpracování půdy je nevhodná na zamokřených a nadměrně utužených půdách. Zde je potřebné k vytvoření vhodných podmínek pro pěstované plodiny a průběh půdních procesů zajistit dostatečné nakypření a provzdušnění půdy.

7.2. Volba způsobů zpracování půdy v suchých oblastech

V suchých oblastech je hlavním faktorem limitujícím výši produkce voda, proto je zapotřebí využít různé alternativy minimalizačních a půdoochranných technologií, které se vyznačují lepším hospodařením s vodou.

Jak již bylo uvedeno, obecně s nižší intenzitou zpracování dochází ke zvyšování objemové hmotnosti půdy a snižování celkové pórovitosti. Zvyšuje se poměr kapilárních a nekapilárních pórů. To se promítá ve zvyšování vododržnosti půdy, a tím i vyšším obsahem vody v půdě a ve snižování hodnot provzdušenosti půdy. Na uchování půdní vody má příznivý vliv rovněž mulč ze zbytků rostlin na povrchu půdy, především tím, že snižuje odtok vody z povrchu půdy a redukuje neproduktivní výpar (ztráty vody evapotranspirací). Snahou by mělo být, abychom úplně eliminovali výskyt období, kdy je půda holá, bez vegetačního pokryvu. Řešením je zařazení strniskových meziplodin do osevních postupů. Při výběru druhů meziplodin je třeba zohlednit jejich nároky na vodu, kterou odčerpají z půdy za dobu jejich přítomnosti na pozemku. Pokud je mulč na povrchu půdy, je důležité, abychom dokázali i v takových podmínkách kvalitně založit porost. Podmínkou je, aby byl zajištěn dobrý kontakt osiva s půdou a jejich rovnoměrnost uložení z hlediska hloubky. V této souvislosti hraje důležitou roli volba vhodného secího stroje s kotoučovými botkami.

7.3. Volba způsobů zpracování půdy v erozně ohrožených oblastech

Existuje více způsobů jak zabránit vodní erozi. Jedním z hlavních je volba způsobu zpracování půdy. Redukované zpracování půdy nabízí zvýšení kapacity vodivosti a infiltrace a redukcí povrchového odtoku a rizika eroze. Půdoochranné technologie může redukovat povrchový odtok, ale i zvyšuje infiltraci (Shipitalo et al., 2000).

Infiltrace srážkové vody do půdy je významný faktor v boji proti vodní erozi, a také v utváření zásoby vody v půdě, která začíná poslední dobou být limitující faktor v tvorbě výnosu polních plodin. Zabránění vodní erozi má pozitivní vliv na udržení půdní úrodnosti, řešení nedostatku vody, stoupají nároky na kvalitu a ochranu půdy, kvalitu a bezpečnost potravin a zemědělského hospodaření (Cox, 2002). Neustále se zvyšující eroze půdy je globálním problémem dnešní doby s vysokým ekonomickým (Pimentel et al., 1995) a environmentálním dopadem (Lal, 1995).

Rostlinné zbytky na povrchu půdy účinně chrání půdu před erozí tím, že poskytují ochranu povrchu půdy proti přivalovým dešťům a také proti odnosu částic větrem. Kovaříček et al. (2012) na základě provedených experimentů zjistili, že vysoký podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy a v povrchové vrstvě ornice brání přemokření povrchu a vzniku půdního škraloupu, zvyšuje stabilitu půdních agregátů, únosnost půdy a snižuje sklon půdy k zhutňování. Zároveň se vytvářejí preferenční cesty pro vsakování vody ve vertikálním směru, čímž se zlepšuje vsakování vody. Rostlinné zbytky mají funkci izolační vrstvy, která chrání povrch půdy před přímým působením slunce a větru, snižují výkyvy vlhkosti a teploty půdy a udržují vyšší vlhkost ve svrchní vrstvě ornice.

Ochrana půdy před erozí formou pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky se stala kritériem pro nastavení legislativních pravidel při hospodaření v erozně ohrožených oblastech (cross-compliance). Tento princip naplňují tzv. půdoochranné technologie, tzn. systémy zpracování půdy, kdy povrch půdy je krytý min. ze 30 % rostlinnými zbytky. Dle legislativy tzv. „Dobrého zemědělského a environmentálního stavu“, konkrétně DZES 5 je na mírně erozně ohrožených plochách (MEO) třeba zajistit, aby erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice roční a širok) byly zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií. Lze říci, že tento systém účinně eliminuje povrchový odtok na svažitých pozemcích, ale nemusí být efektivní z hlediska zadržení a využití vody v půdě pro rostliny. Zde je zapotřebí na tuto problematiku nahlížet komplexně, aby byly v požadovaných limitech hodnoty fyzikálních vlastností půdy a zároveň se nevyskytovaly utužené vrstvy a půda měla dostatečný obsah organické hmoty. Z výše uvedeného je patrné, že dobrý stav půdy je výsledkem působení řady faktorů, které se vzájemně ovlivňují. Z pohledu dosud prováděných kontrol je však pozornost jednostranně zaměřena pouze na pokryvnost rostlinnými zbytky, jak je uvedeno výše. Jedná se o jednostranný pohled, který nemusí vždy objektivně vypovídat o protierozní účinnosti agrotechnických opatření.

Půdní organická hmota zastává v půdě významnou funkci, podporující biologickou aktivitu v půdě. Má dopad na půdní agregáty a infiltraci. Půdní agregáty napomáhají při infiltraci vody do půdy, vytvářejí prostředí pro půdní organismy, zajišťují kořenům a půdním organismům přístup kyslíku a brání před vodní erozí. Stupeň zastoupení organické hmoty v půdě může být označen jako indikátor půdní kvality, protože povrchová organická hmota je hlavní prostředek při ochraně půdy před erozí, ovlivňuje infiltraci a zadržuje živiny (Kroulík, 2005).

Kvalitní půda s optimální zásobou půdní organické hmoty snižuje riziko eroze a vyplavování živin, zvyšuje infiltraci vody a příjem živin rostlinami a tak přispívá i k lepšímu hospodaření s vodou v krajině. Základním principem protierozní ochrany je pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem na sklonitých pozemcích a osévání méně ohrožených pozemků plodinami s nízkým protierozním účinkem (širokořádkovými plodinami).

Důležité je využívání meziplodin a nakládání s posklizňovými zbytky tak, aby plnily roli v ochraně půdy především před vodní erozí. Při dlouhém meziporostním období, například při zařazení kukuřice po obilnině, je ochranná funkce meziplodiny vítaným přínosem. V souladu se současným nastavením pravidel „greeningu“ je požadavek na pěstování směsí meziplodin tvořené minimálně dvěma druhy, za předpokladu, že směs obsahuje nejvýše 90 % jedné plodiny. V této oblasti je prostor pro výzkum a návrh směsí pro různé půdně klimatické podmínky a systémy hospodaření.

Závažnost péče o schopnost půdy přijímat vodu z intenzivních srážek narůstá v souvislosti s očekávanými scénáři změny klimatu. Přívalové, erozně nebezpečné deště pochopitelně ohrožovaly půdu i v minulosti. Dnes a dle predikcí do budoucna budeme muset častěji počítat s výskytem extrémů v průběhu počasí. Déletrvající sucho v kombinaci s přívalovými

srážkami mohou vytvářet nové podmínky s dosud neznámým dopadem na půdu. Právě ve vztahu k těmto novým situacím bude zapotřebí modifikovat technologie zpracování půdy.

7.4. Požadavky na technologie zpracování půdy z pohledu integrované ochrany rostlin

Pojem „Integrovaná ochrana rostlin“ (ve zkratce IOR) byl v podmínkách českého zemědělství zaveden 1. 1. 2014 v souladu se evropskou směrnicí 2009/128/ES a vyhláškou 205/2012 Sb. Dle definice je „Integrovaná ochrana rostlin“ (IOR) pečlivé zvažování veškerých dostupných metod ochrany rostlin s následnou integrací vhodných opatření, která potlačují rozvoj populací škodlivých organismů.

IOR klade důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských ekosystémů a podporuje přirozené mechanismy ochrany před škodlivými organismy. Vyhláška 205/2012 Sb. definuje osm opatření, které by měl profesionální uživatel použít k předcházení nebo potlačení výskytu škodlivých organismů, z nepřímých metod ochrany rostlin níže uvedená opatření. S agrotechnickými opatřeními úzce souvisí zásada č. 1, která zahrnuje:

- střídání plodin,
- používání vhodných pěstitelských postupů zejména (1) postup využívající úhorované půdy, která je připravena k setí, (2) doba a hustota výsevu, (3) podsev, (4) šetrné postupy obdělávání půdy, (5) jednocení, nebo (6) přímý výsev,
- případné používání odolných/tolerantních odrůd a standardního/certifikovaného osiva a sadby,
- vyvážené hnojení, vápnění, zavlažování a odvodňování,
- zamezení šíření škodlivých organismů pomocí hygienických opatření (například pravidelným čištěním strojů a zařízení),
- ochrana a podpora důležitých užitečných organismů, například prostřednictvím vhodných způsobů ochrany rostlin nebo využíváním ekologických infrastruktur na produkčních plochách i mimo ně.

Z výše uvedeného přehledu je patrné, že agrotechnická opatření, konkrétně předplodina a technologie zpracování půdy, jsou využívány jako preventivní způsoby využívané při regulaci biotických škodlivých organismů. Z našich výsledků vyplývá, že tyto faktory hrají svou roli, někdy však nepůsobí samostatně, ale v interakci s jinými faktory či se jinak projevují v odlišných půdně-klimatických podmínkách či ročnících.

Jsou známy výsledky, kdy rostlinné zbytky obilnin (sláma), pokud zůstávají na povrchu půdy, tak mohou hrát roli např. při šíření některých chorob. Takto lze uvést i jiné příklady, kdy hovoříme o kontroverzních požadavcích mezi postupy, které jsou účinné v protierozní ochraně půdy, ale na druhou stranu nesplňují požadavky z pohledu IOR. Není řešením

vytrhávat věci z kontextu, poněvadž podíváme-li se na problém z druhé strany, zjistíme, že pokud účinnými prostředky neomezíme erozi na svažitých pozemcích, či pokud nedokážeme zajistit dostupnou vodu pro rostliny v suchých oblastech, tak se nám nepodaří založit dobře zapojené porosty plodin, které by chránily půdu svým vegetačním krytem a zároveň měly odpovídající výnosový potenciál. V takovém případě ztrácí na významu úvaha o integrované ochraně rostlin. Naším prioritním cílem musí být zdravá úrodná půda, která dává předpoklady pro optimální růst a vývoj rostlin. V tomto směru musí být naší snahou využití agrotechnických zásahů k zachování půdní úrodnosti i za cenu toho, že v některých případech nebudou působit jako preventivní opatření v IOR, poněvadž se mohou uplatnit i přímé metody regulace (např. použití fungicidů). Pohled na danou problematiku vyžaduje systémový přístup, kdy propojení nepřímých (preventivních) a přímých metod povede k produkci potravin, které budou splňovat limity pro kvalitu (požadavky zpracovatelského průmyslu), ale i zdravotní nezávadnost. Zde musíme stejnou měrou pohlížet na obsah těžkých kovů či jiných chemických sloučenin, ale i obsah reziduí pesticidů či sekundárních metabolitů mikroskopických hub (např. mykotoxiny). Obdobným způsobem je zapotřebí nahlížet na jakost vody a širším slova smyslu i životná prostředí. Lze předpokládat, že tzv. minimalizační technologie zpracování půdy budou dobře uplatnitelné i do budoucna v podmínkách rozvíjených přístupů v integrované ochraně rostlin, poněvadž skýtají velký potenciál v různých modifikacích (hloubka a intenzita zpracování půdy, rozmístění rostlinných zbytků v půdě ve vztahu k použitému nářadí apod.).

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Předkládaná metodika poskytuje informace o významu, působení a uplatnění agrotechnických opatření z pohledu správné péče o půdu s ohledem na zachování půdní úrodnosti. Zároveň byly získány nové poznatky o vlivu odlišných technologií zpracování půdy v interakci s předplodinou a jejími rostlinnými zbytky na výnos a kvalitu zrna a výskyt houbových chorob a mykotoxinů u obilnin. Získané výsledky jsou přímo využitelné zemědělci, poněvadž vycházejí z variant, které jsou v praxi využívány. Komplexní pohled na výše uvedenou problematiku dává čtenářům-pěstitelům prostor uvažovat o konkrétních problémech v širších souvislostech s cílem ověření a uplatnění modifikovaných technologií zpracování půdy v podmínkách zemědělských podniků. Pouze tímto přístupem lze najít konkrétní podobu způsobu hospodaření šetrného k půdě, čímž budou vytvořeny vyhovující podmínky pro růst pěstovaných plodin a produkci zdravých potravin.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika zahrnuje komplexní pohled na problematiku agrotechnických opatření a jejich uplatnění v systémech pěstování obilnin. Obsahuje nejnovější informace a praktická doporučení vycházející z výzkumných aktivit řešitelů projektu, které jsou výsledkem vyhodnocení výsledků z dlouhodobých polních pokusů. Stěžejní část metodiky je věnovaná technologiím zpracování půdy, kdy na základě výsledků jsou formulovány závěry pro různé půdně-klimatické podmínky a systémy hospodaření. Metodika je určena nejen pro zemědělskou praxi, ale také jako studijní materiál pro studenty středních a vysokých škol zemědělského zaměření, pro zemědělské poradce a pro pracovníky státní správy.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Z výsledků zaměřených na zhodnocení ekonomické efektivity vyplynulo, že správnou volbou technologie zpracování půdy lze zvýšit zisk při pěstování obilnin o 2–6 tis. Kč na hektar. Ve vyhodnocených pokusech byla ekonomicky nejvýhodnější minimalizační technologie s mělce zapravenými rostlinnými zbytky kypřením. Kromě tohoto přímého finančního přínosu je pozitivním aspektem operativnost a nižší časová náročnost této technologie. Finanční prostředky v podobě navýšeného zisku si můžeme dovolit využít na straně vstupů např. ve výživě a ochraně rostlin nebo mohou být podílem na celkovém zisku z hospodaření, který nám umožní investice např. do mechanizačních prostředků. Těžko vyčíslitelný je pozitivní vliv minimalizačních technologií zpracování půdy na půdní úrodnost či protierozní efekt půdoochranných technologií, kterými mohou být eliminovány dopady nevhodných přístupů v hospodaření na životní prostředí.

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- BORGHI, B., GIORDANI, G., CORBELLINI, M., VACCINO, P., GUERMANDI, M., TODERI, G. (1995). Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat *Triticum aestivum* L. *European J. Agron*, 4: 37-45.
- BRANT, V. et al. (2008). *Meziplodiny*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 86 s. ISBN 978-80-87111-10-9
- COX, S. (2002). Information technology: The global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36: 93-111.
- ČISLÁK, V. (1983). *Tok a transformácia energie v sústave hospodarenia v závlahách*. [Závěrečná správa]. Bratislava: Výskumný ústav závlahového hospodarenia, 191 s.
- FRANZLUEBBERS, A.J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil & Tillage Research*, 66(2): 197-205.
- HOUŠŤ, M., PROCHÁZKOVÁ, B., HLEDÍK, P. (2012). Effect of different tillage intensity on yields and yield-forming factors in winter wheat. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, LX (5): 89-96.
- HOUŠŤ, M. (2014). *Vliv různé intenzity zpracování půdy na její fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti*. [Disertační práce]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 110 s.
- HŮLA, J. et al. (2010). *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 58 s. ISBN 978-80-86884-53-0
- HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. et al. (2008). *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1
- KOSTELANSKÝ, F. (1980). *Spolehlivost metod zjišťování fyzikálního stavu půdy*. [Kandidátská disertační práce.] Brno: VŠZ v Brně, 137 s.
- KROULÍK, M. (2005). Infiltrace srážkové vody do půdy. In HŮLA, J. et al. (2005). *Redakčně upravená zpráva projektu MZe ČR 1G57042 „Péče o půdu v podmínkách se zvýšenými nároky na ochranu životního prostředí“*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., s.83-92.
- KUTÍLEK, M. (1966). *Vodohospodářská pedologie*. Praha: SNTL, 275 s.
- LAL, R. (1995). Global soil erosion by water and carbon dynamics. In REICOSKY, D.C., LINDSTROM, M.J., SCHUMACHER, T.E., LOBB, D.E., MALO D.D. (2005). Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape. *Soil & Tillage Research*, 81: 183-194.
- MIŠTINA, T., KOVÁČ, K. et al. (1993). *Ochranné obrábanie pôdy*. 1. vyd. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 167 s. ISBN 80-7137-125-4
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., McNAIR, M., CRIST, S., SPHRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, R., BLAIR, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267: 1117-1123.
- PREININGER, M. (1987). *Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě*. Metodika pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe, č. 7. Praha: ÚVTIZ, 30 s.
- PROCHÁZKOVÁ, B. et al. (2001). *Organické hnojení při hospodaření bez živočišné výroby*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 29 s. ISBN 80-7271-083-4
- RINNOFNER, T. et al. (2008). Effect of catch crops on N dynamics and following crops in organic farming. *Agron. Sustain. Dev.*, 28(4): 551-558

- SHIPITALO, M.J., DICK, W.A., EDWARDS, W.M. (2000). Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research*, 53(3-4): 167-183.
- STOUT, B.A. (1992). *Energy in world agriculture*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 368 s. ISBN 978-0-444-88681-1
- ŠIMON, J., LHOTSKÝ, J. et al. (1989). *Zpracování a zúrodňování půd*. Praha: SZN, 320 s.
- ŠÍP, V., RŮŽEK, P., CHRPOVÁ, J., VAVERA, R. (2009). The effect of tillage practice, input level and environment on the grain yield of winter wheat in the Czech Republic. *Field Crops Research*, 113: 131-137.
- TITI, E.A. (2002). *Soil Tillage in Agroecosystems*. The U.S.A.: CRC Press, 367 s. ISBN 0-8493-1228-0
- VACH, M. et al. (2009). *Pěstování strniskových meziplošin*. Metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 34 s. ISBN 978-80-7427-009-3
- ZENTNER, R.P., BOWREN, K.E., EDWARDS, W., CAMPBELL, C.A. (1990). Effects of crop rotations and fertilization on yields and quality of spring wheat grown on a black Chernozem in north central Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.*, 70: 383-397.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Publikace jsou dedikovány k projektu QJ1210008.

Rok 2014

- BIRKÁS, M., MESIC, M., SMUTNÝ, V. (2014). Current trends in soil tillage systems in Pannonian region. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 23-30. ISBN 978-80-86908-32-8
- DRYŠLOVÁ, T., PROCHÁZKOVÁ, B., KŘEN, J., SMUTNÝ, V. (2014). Long-term effect of different soil tillage systems on grain yields of spring barley grown in monoculture. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 31-34. ISBN 978-80-86908-32-8
- DUŠKOVÁ, S., NOVÁK, J., SMUTNÝ, V. (2014). Vliv sucha na porost ozimé pšenice pěstované po různých předplodinách. *Úroda*, LXII(8): 23-25.
- HOUŠŤ, M., SMUTNÝ, V., PROCHÁZKOVÁ, B., NEUDERT, L., LUKAS, V., ILLEK, F. (2014). Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti. In *Kukuřice praxi 2014*. Brno: Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva s.r.o., s. 12-22. ISBN 978-80-7375-937-7
- HÝSEK, J., VAVERA, R., VACH, M. (2014). Choroby pšenice od kořene po klas. *Úroda*, LXII(4): 57-61.
- MATUŠINSKY, P., VÁŇOVÁ, M., POLIŠENSKÁ, I., JANEČEK, M., SMUTNÝ, V. (2014). Cropping practices and Fusarium head blight in cereals. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 107-112. ISBN 978-80-86908-32-8
- NEUDERT, L., SMUTNÝ, V., LUKAS, V. (2014). The evaluation of soil compaction parameters in the field trial with different soil tillage. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 113-116. ISBN 978-80-86908-32-8
- PERNICOVÁ, A., PROCHÁZKOVÁ, B., HLEDÍK, P., FILIPSKÝ, T. (2014). Effects of Different Soil Tillage Intensity on Yields of Spring Barley. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendeliana Brun.*, 62(5): 1071-1078. <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201462051071>
- PROCHÁZKOVÁ, B., HANDLÍŘOVÁ, M., FILIPSKÝ, T., PROCHÁZKA, J. (2014). Stubble catch crops in structure of plant production. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 129-132. ISBN 978-80-86908-32-8
- PROCHÁZKOVÁ, B., HANDLÍŘOVÁ, M., SITTE, V. (2014). Strniskové meziplodiny ve struktuře rostlinné výroby. In NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (Eds.) *Sborník odborných příspěvků a sdělení "MendelAgro 2014"*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 69-22. ISBN 978-80-7375-984-1
- PROCHÁZKOVÁ, B., PROCHÁZKA, J., PERNICOVÁ, A., HLEDÍK, P. (2014). Effects of different tillage intensity on yields of spring barley. In *BOOK of ABSTRACTS of XIIIth Congress of the European*

Society for Agronomy. 1. vyd. Debrecen: ESA and University of Debrecen, s. 297-298. ISBN 978-963-473-723-0

- PROCHÁZKOVÁ, B., SMUTNÝ, V., LUKAS, V., DRYŠLOVÁ, T. (2014). Využití meziplodin v systémech hospodaření na půdě. *Agromanuál*, 7(9): 86-88.
- SMUTNÝ, V., HOUŠŤ, M., PROCHÁZKOVÁ, B., NEUDERT, L., LUKAS, V., DRYŠLOVÁ, T. (2014). Vliv různých systémů hospodaření na změny půdních vlastností. In *Sborník referátů z odborné konference Pesticidy a ochrana vod*. Ústí nad Orlicí: Česká společnost rostlinolékařská a Agrární komora ČR, s. 1-11.
- SMUTNÝ, V., HOUŠŤ, M., PROCHÁZKOVÁ, B., NEUDERT, L., LUKAS, V., DRYŠLOVÁ, T., ILLEK, F. (2014). Pěstování kukuřice na zrno při různých způsobech zpracování půdy. *Úroda*, LXII(2): 12-16.
- VACH, M., JAVŮREK, M. (2014). Effect of different soil tillage and nitrogen fertilization on grain yields of spring barley. *Növénytermelés (Crop production)*, 63(Suppl): 99-102.
- VACH, M., JAVŮREK, M., STRAŠIL, Z. (2014). Production of spring barley, cultivated under variant soil management and different levels of N nutrition. In BADALÍKOVÁ, B. (Ed.) *Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system*. 1. vyd. Czech Republic: ISTRO - BRANCH CZECH REPUBLIC by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko, s. 14-146. ISBN 978-80-86908-32-8
- VACH, M., STRAŠIL, Z. (2014). Vliv hnojení dusíkem a rozdílného způsobu založení porostu na produkci zrna ozimé pšenice. *Úroda*, LXII(12, vědecká příloha): 449-452.
- VÁŇOVÁ, M., KLEM, K. (2014). Model predikce obsahu deoxynivalenolu v zrnu pšenice na základě meteorologických údajů a předplodiny. *Obilnářské listy*, XXII (2): 52-54.

Rok 2013

- DRYŠLOVÁ, T., SMUTNÝ, V., KŘEN, J., PROCHÁZKOVÁ, B. (2013). Výnos zrna jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.) pěstovaného v dlouhodobé monokultuře na lokalitě Žabčice. In *Sborník odborných příspěvků a sdělení "MendelAgro 2013"*, Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 46-48. ISBN 978-80-7375-759-5
- MATUŠINSKY, P., POLIŠENSKÁ, I., KADLÍKOVÁ, M., TVARŮŽEK, L., SPITZEROVÁ, D., SPITZER, T. (2013): Dynamics of T-2 toxin synthesis on barley ears. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3&4): 1114-1122.
- MATUŠINSKY, P., VÁŇOVÁ, M., POLIŠENSKÁ, I., SPITZEROVÁ, D., JANEČEK, M., SMUTNÝ, V., TVARŮŽEK, L. (2013). Nepřímá opatření k omezení výskytu klasových fuzarióz u obilovin. *Obilnářské listy*, XXI(3-4): 62-64.
- MATUŠINSKY, P., VÁŇOVÁ, M., SPITZEROVÁ, D., POLIŠENSKÁ, I., JANEČEK, M., HLEDÍK, P., SMUTNÝ, V. (2013). Different soil management technologies and severity of Fusarium head blight of wheat. In *Proceedings of "10th International Congress of Plant Pathology"*, 25-30 August 2013, Beijing, China (*Acta Phytopathologica Sinica*, p. 118).
- NEUDERT, L., MALÍK, S. (2013). Posklizňové zbytky při různém zpracování půdy. *Úroda*, LXI(12, vědecká příloha): 312-315.
- SMUTNÝ, V., LUKAS, V., NEUDERT, L., DRYŠLOVÁ, T., HOUŠŤ, M., PROCHÁZKOVÁ, B. (2013). Soil tillage systems in maize as a key factor in soil protection against erosion in the Czech Republic. In *Proceedings 2nd International Scientific Conference "Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change"*. Osijek, Croatia: ISTRO, s. 64-72.

- SMUTNÝ, V., NEUDERT, L. (2013). Dopady extrémního sucha na výnosy obilnin v Žabčicích. In Sborník odborných příspěvků a sdělení "MendelAgro 2013", Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 85-88. ISBN 978-80-7375-759-5
- SMUTNÝ, V., NEUDERT, L., LUKAS, V., DRYŠLOVÁ, T., HOUŠŤ, M. (2013). The effect of different soil tillage on yield of maize and the impact on soil environment. *Növénytermelés (Crop production)*, 62(Suppl): 17-20.
- VACH, M., JAVŮREK, M., STRAŠIL, Z. (2013). Positive effect of long-term use of conservation tillage treatments on soil fertility. *Növénytermelés (Crop production)*, 62(Suppl): 289-292.
- VACH, M., STRAŠIL, Z. (2013). Hodnocení rozdílného zpracování půdy a hnojení N na výnosy jarního ječmene. *Úroda*, LXI(12, vědecká příloha): 364-367.
- VACH, M., ŠIMON, J. (2013). Výhody a nevýhody pěstování strniskových meziplodin. *Farmář*, 19(11): 30-31.

Rok 2012

- HOUŠŤ, M., PROCHÁZKOVÁ, B., HLEDÍK, P. (2012). Effect of different tillage intensity on yields and yield-forming factors in winter wheat. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendeliana Brun.*, LX(5): 89-96.
- JAVŮREK, M., KOVAŘÍČEK, P., VACH, M., HŮLA, J. (2012). Vhodná agrotechnika zvyšuje ochranu ornice proti vodní erozi. *Úroda*, LX(11): 50-53.
- PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. (2012). Impact of soil tillage and catch crops on maize yields. In STODDARD, F.L., Makela, P (Eds.) *Abstracts of 12th Congress of the European Society for Agronomy*. Helsinki, Finland: ESA, s. 548- 549. ISSN 1798-744X (online).
- NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (2012). Vyhodnocení parametrů zhutnění půdy při různém zpracování půdy. In NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (Eds.) *MendelAgro 2012 - sborník odborných příspěvků a sdělení*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 74-79. ISBN 978-80-7375-623-9
- LAUDA, J., NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (2012). Vliv různých způsobů zakládání porostů pšenice ozimé na jejich výnos. In NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (Eds.) *MendelAgro 2012 - sborník odborných příspěvků a sdělení*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 62-65. ISBN 978-80-7375-623-9
- PROCHÁZKOVÁ, B., LUKAS, V., VYTISKA, F. (2012). Strniskové meziplodiny v kukuřičné výrobní oblasti. In NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (Eds.) *MendelAgro 2012 - sborník odborných příspěvků a sdělení*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 80-83. ISBN 978-80-7375-623-9
- SMUTNÝ, V., NEUDERT, L. (2012). Vliv agrotechniky na výnos a kvalitu potravinářské pšenice v Žabčicích v roce 2011. In NEUDERT, L., SMUTNÝ, V. (Eds.) *MendelAgro 2012 - sborník odborných příspěvků a sdělení*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 104-107. ISBN 978-80-7375-623-9

POZNÁMKY:

Vydáno bez jazykové úpravy.

Metodika je poskytována bezplatně.

Kontakt na autora: vladimir.smutny@mendelu.cz

Název: VÝZNAM TECHNOLOGIÍ ZPRACOVÁNÍ PŮDY A DALŠÍCH
AGROTECHNICKÝCH OPATŘENÍ PŘI PĚSTOVÁNÍ OBILNIN

Autor: Vladimír Smutný a kol.

Vydala: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Reklamní studio REIS Brno

Vydání: první, 2015

Počet stran: 56

Náklad: 200 ks

ISBN 978-80-7509-369-1



© Mendelova univerzita v Brně, 2015

ISBN 978-80-7509-369-1