



CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO PRAXI  
**Optimalizace agrotechnických opatření  
při hospodaření v suchých oblastech**

DRYŠLOVÁ, T., SMUTNÝ, V., PROCHÁZKOVÁ, B., A KOL.





MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

# **Optimalizace agrotechnických opatření při hospodaření v suchých oblastech**

CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO PRAXI

TAMARA DRYŠLOVÁ, VLADIMÍR SMUTNÝ, BLANKA PROCHÁZKOVÁ A KOL.

2018



### **Optimalizace agrotechnických opatření při hospodaření v suchých oblastech**

Metodika je zaměřena na vyhodnocení významu a možností optimalizace agrotechnických opatření v různých systémech hospodaření na půdě v suchých oblastech. Podává ucelený přehled o vlivu předplodin, různých systémů zpracování půdy, organického hnojení a managementu rostlinných zbytků na výnos a kvalitu zrna obilnin při současném posouzení ekonomické efektivity hospodaření. Dále jsou vyhodnoceny dopady různých agrotechnických opatření na parametry půdní úrodnosti. Na základě výsledků získaných převážně z dlouhodobých stacionárních polních pokusů založených v různých půdně-klimatických podmínkách byla formulována praktická doporučení pro hospodaření na půdě v suchých oblastech.

### **Optimization of agro-technical measures for management in dry areas**

The methodology is focused on evaluation of the importance and possibilities of optimization of agro-technical measures in different systems of soil management in dry conditions. It provides a comprehensive overview of the impact of pre-crops, various soil tillage systems, organic fertilization and crop residue management on the yield and grain quality of cereals while assessing economic efficiency. The impacts of various agro-technical measures on the parameters of soil fertility are also evaluated. Based on the results obtained mainly from long-term stationary field experiments in different soil-climatic conditions, practical recommendations for soil management in dry areas were introduced.

**Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV QJ1610547 s názvem „Agrotechnika polních plodin v suchých oblastech“.**

**Vedoucí autorského kolektivu:**

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

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

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

**Seznam dalších autorů:**

Ing. Martina Handlířová, Mendelova univerzita v Brně

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

Ing. Eva Kunzová, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Mgr. Jan Lipavský, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

RNDr. Mikuláš Madaras, Ph.D., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

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

Ing. Tomáš Šimon, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Ing. Petr Vrtílek, Mendelova univerzita v Brně

**Oponenti:**

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

Ing. Václav Kadlec, Ph.D., Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor rostlinných komodit, Sekce zemědělských komodit a ekologického zemědělství

Metodiku schválil Odbor rostlinných komodit, Sekce zemědělských komodit a ekologického zemědělství MZe na základě osvědčení 73228/2018/-MZE-17225

**© Mendelova univerzita v Brně, 2018**

**ISBN 978-80-7509-629-6**

## OBSAH

I. Cíl metodiky.....	6
II. Vlastní metodika.....	7
1. Úvod .....	7
2. Vliv agrotechnických faktorů na výnosy a kvalitu zrna obilnin .....	8
2.1. Pokusná lokalita Ivanovice na Hané .....	8
2.1.1. Metodika polních pokusů .....	9
2.1.2. Dosažené výsledky .....	11
2.2. Pokusná lokalita Višňové .....	16
2.2.1. Metodika polního pokusu .....	16
2.2.2. Dosažené výsledky .....	17
2.3. Pokusná lokalita Žabčice .....	19
2.3.1. Metodiky polních pokusů.....	21
2.3.2. Dosažené výsledky .....	22
3. Pěstování meziplodin v suchých oblastech.....	30
3.1. Metodika pokusu .....	30
3.2. Dosažené výsledky .....	31
4. Ekonomické vyhodnocení vlivu agrotechnických faktorů .....	33
5. Vliv agrotechnických faktorů na půdní vlastnosti.....	36
5.1. Vliv zpracování půdy na fyzikální vlastnosti půdy.....	37
5.2. Vliv režimu hnojení na půdní organickou hmotu v orných půdách ČR .....	39
5.3. Případová studie pro suché oblasti – změny půdní kvality .....	41
6. Praktická doporučení a závěry .....	43
III. Srovnání novosti postupů.....	46
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky .....	47
V. Ekonomické aspekty.....	48
VI. Seznam použité literatury .....	49
VII. Seznam publikací, které předcházely metodice .....	52
Poznámky .....	54

## I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s novými poznatky v oblasti agrotechnických opatření při pěstování obilnin (ozimé pšenice, jarního ječmene a kukuřice) v různých systémech hospodaření. Kromě informací z odborné literatury poskytuje předkládaná metodika ucelený přehled o vlivu předplodin, různých systémů zpracování půdy, organického hnojení a managementu rostlinných zbytků na výnos a kvalitu zrna obilnin při současném posouzení ekonomické efektivity hospodaření. Dále jsou vyhodnoceny dopady různých agrotechnických opatření na půdní vlastnosti, které jsou ukazatelem půdní úrodnosti. Dosažené výsledky byly převážně získány z dlouhodobých stacionárních polních pokusů založených v různých půdně-klimatických podmínkách, na základě kterých byla formulována praktická doporučení pro hospodaření v suchých oblastech. V metodice jsou popsány postupy, jak efektivně zadržet vodu v půdě, omezit její ztráty a zajistit její dostupnost pro pěstované plodiny.



## II. VLASTNÍ METODIKA

### 1. Úvod

V posledních letech se na stále větší rozloze České republiky projevuje nedostatek půdní vody přístupné pěstovaným plodinám. Hranice suchých oblastí se rozšiřují v souvislosti se změnou klimatických podmínek, ale i s vyšším odčerpáváním vody vyššími výnosy polních plodin.

V suchých oblastech je potřeba modifikovat celý systém hospodaření, zejména všechna agrotechnická opatření, s ohledem na dostupnost půdní vláhy rostlinám, která je limitujícím faktorem výše a stability výnosů pěstovaných plodin.

Negativní dopady nedostatku půdní vody lze do určité míry regulovat zavedením a používáním vhodných agrotechnických opatření, především vhodných technologií zpracování půdy a zakládání porostů, vhodnou skladbou plodin a jejich střídáním v rámci osevních postupů. Některá specifika v suchých oblastech vyžaduje výživa rostlin a problematika organického hnojení, včetně hospodaření se slámou a využití meziplodin v systému hospodaření na půdě.

Technologické postupy zpracování půdy je potřeba volit ve vztahu k zařazení plodin do osevního postupu, především s ohledem na předplodinu a její nároky na vodu. V suchých a teplejších podmínkách se lépe uplatňují technologické postupy s nižší intenzitou pracování půdy, které lépe hospodaří s půdní vodou. Otázka racionálního hospodaření s půdní vodou je významná jak po stránce skladby plodin, tak i po stránce sledu plodin, aby se zabránilo kumulaci plodin náročných na vodu a v rámci osevního postupu se omezil negativní účinek na vodní režim u následných plodin.

V systémech hospodaření bez živočišné výroby je zapotřebí optimalizovat management posklizňových zbytků. Nepříznivé dopady hnojení slámou, které se více projevují v suchých podmínkách a u ozimých plodin lze do značné míry regulovat zajištěním podmínek pro urychlení a zkvalitnění jejího rozkladu.

Velký potenciál mají meziplodiny a jejich vyprodukovaná biomasa jako alternativní zdroj kvalitní organické hmoty. Porosty meziplodin musí být zakládány co nejdříve po sklizni hlavní plodiny, aby co nejrychleji zakryly půdu a zamezily tak ztrátám vody výparem.

V dnešních podmínkách hospodaření na půdě je důležité, jak působí jednotlivá agrotechnická opatření samostatně, ale i ve vzájemných interakcích. Nelze také opomenout vliv průběhu povětrnostních podmínek ročníku.

## 2. Vliv agrotechnických faktorů na výnosy a kvalitu zrna obilnin

Snahou moderní rostlinné produkce je zvyšování efektivity využití všech intenzifikačních vstupů s cílem dosažení co nejvyšší rentability pěstování plodin. Agrotechnická opatření zahrnují strukturu pěstovaných plodin ve vhodných sledech (osevní postup), odrůdovou skladbu, vyváženou výživu rostlin a hnojení, management rostlinných zbytků a využití meziplodin a také technologie zpracování půdy v různých modifikacích. Výsledky vlivu předplodiny (osevního postupu) v interakci se zpracováním půdy již dříve publikovali Cox a Shelton (1992), Borghi et al. (1995) apod. Podle Šarapatky et al. (2010) tvoří dodržování pravidel střídání plodin a osevní postup základ agrosystému, umožňující dosažení žádoucích parametrů půdní úrodnosti, kvality produkce, ekonomické a energetické efektivity. Výnosová reakce jednotlivých druhů plodin na hloubku a intenzitu zpracování půdy do značné míry závisí na konkrétních půdních a povětrnostních podmínkách. Výsledky těchto pokusů obecně ukazují, že výnosy plodin pěstovaných po orbě a po minimalizačních technologiích se většinou příliš neliší (Rieger et al. 2008; Soane et al., 2012).

Vliv různých agrotechnických opatření na výnosy zrna obilnin byl hodnocen v dlouhodobých polních pokusech vedených v půdně-klimatických podmínkách kukuřičné (Žabčice, Višňové) a řepařské výrobní oblasti (Ivanovice na Hané).

### 2.1. Pokusná lokalita Ivanovice na Hané

#### Půdní a klimatická charakteristika

Pokusná lokalita se nachází v katastrálním území obce Ivanovice na Hané v nadmořské výšce 225 m, v podmínkách řepařské výrobní oblasti (Ř1), na 40°18'7''N a 17°05'44''E (na pozemcích Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i. Praha-Ruzyně).

Podle klimatických podmínek patří Ivanovice na Hané do klimatické oblasti M15 (oblast teplá), klimatický okrsek A3 (teplý, mírně suchý s mírnou zimou). Průměrné měsíční teploty vzduchu a úhrny srážek za období let trvání dvou dlouhodobých polních pokusů (průměr let 1989–2017, 1977–2017 a rok 2018) jsou uvedeny v Tab. 1.

Půdní podmínky na stanovišti pokusu: půdní typ je černozem luvická, půdní druh hlinitá půda. Hloubka humusového horizontu se pohybuje v rozmezí 0,40–0,50 m. Zásobenost živinami v půdě (P, K, Ca, Mg) je dobrá, půdní reakce neutrální a obsah humusu je 2,6 %.

Tab. 1: Průměrné měsíční teploty vzduchu a úhrny srážek (průměr let 1989–2017, 1977–2017 a rok 2018)

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážkový úhrn (mm)		
	1989–2017	1977–2017	2018	1989–2017	1977–2017	2018
leden	-1,60	-2,01	1,98	23,4	25,7	38,0
únor	0,26	-0,36	-2,72	21,8	25,5	22,6
březen	4,29	4,08	1,99	28,4	28,5	36,2
duben	9,64	9,26	14,44	36,6	35,6	22,2
květen	14,77	14,58	17,94	60,2	61,9	27,6
červen	17,98	17,67	19,44	70,1	72,9	19,44
červenec	19,98	19,48	21,49	72,0	71,7	21,49
srpen	19,66	19,10	23,03	68,7	68,1	22,0
září	14,57	14,46	16,28	51,2	47,7	65,4
říjen	9,22	9,21	11,21	37,2	36,3	24,6
listopad	4,12	3,74	5,42	37,1	37,8	17,2
prosinec	-0,53	-0,43	n	25,5	28,6	n
průměr/suma	9,36	9,07	n	532,4	540,4	n

n = v době zpracování metodiky nebyla data k dispozici

### 2.1.1. Metodika polních pokusů

Vliv vybraných agrotechnických opatření na výnosy zrna ozimé pšenice a jarního ječmene byl sledován ve dvou dlouhodobých stacionárních polních pokusech.

#### Metodika polního pokusu založeného v roce 1988 – pokus 1

V pokusu byl hodnocen vliv různé intenzity zpracování půdy na výnosy zrna ozimé pšenice (1989–2018) a jarního ječmene (1990–2018) ve třech osevních postupech s různým podílem obilnin.

#### Variety ozimé pšenice a jarního ječmene podle zařazení do osevního postupu

Technologické postupy zpracování půdy k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni jsou hodnoceny v rámci třech osevních postupů s 33,3%; 50,0% a 66,6% zastoupením obilnin (Tab. 2).

Tab. 2: Varianty zařazení ozimé pšenice a jarního ječmene do osevního postupu

OP s 33,3 % obilnin	OP s 50,0 % obilnin	OP s 66,6 % obilnin
vojtěška	hrách	ozimá pšenice
vojtěška	kukuřice na siláž	hrách
<b>ozimá pšenice</b>	<b>ozimá pšenice</b>	<b>ozimá pšenice</b>
kukuřice na siláž	ozimá pšenice	jarní ječmen
cukrovka	cukrovka	cukrovka
<b>jarní ječmen</b>	<b>jarní ječmen</b>	<b>jarní ječmen</b>

### **Variety zpracování půdy k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni**

- 1 – orba na hloubku 0,22 m
- 2 – mělká orba na hloubku 0,15 m
- 3 – mělké zpracování půdy (kypření) talířovým nářadím na hloubku 0,10 m
- 4 – přímé setí do nezpracované půdy

### **Hnojení minerálními hnojivy**

Hnojení minerálními hnojivy k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni bylo u všech variant zpracování půdy jednotné. Aplikované dávky čistých živin v kg na hektar byly u ozimé pšenice: N – 120, P – 40, K – 80 a u jarního ječmene: N – 40, P – 30, K – 60.

### **Technika založení pokusu**

Polní pokus byl založen metodou dělených dílců ve čtyřech opakováních. Velikost pokusné parcely byla 300 m<sup>2</sup> (6 x 50 m), velikost sklizňové parcely 22 m<sup>2</sup> (9,80 x 2,25 m).

### **Metodika polního pokusu založeného v roce 1965 – pokus 2**

V dlouhodobém polním pokusu byla zařazena monokultura ozimé pšenice a jarního ječmene. Vliv různého organického hnojení na výnosy zrna ozimé pšenice a jarního ječmene pěstovaných v čistých monokulturách (uváděn je vždy průměr výnosů dvou pěstovaných odrůd) byl hodnocen v letech 1977–2018.

### **Variety organického hnojení k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni**

- 1 – sklizeň slámy
- 2 – sklizeň slámy + meziplodina (svazenka vratičolistá)
- 3 – zaorávka slámy
- 4 – zaorávka slámy + meziplodina (svazenka vratičolistá)
- 5 – pálení slámy
- 6 – hnojení chlévským hnojem (10 t.ha<sup>-1</sup>)

### **Hnojení minerálními hnojivy**

Hnojení minerálními hnojivy k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni bylo u všech variant pokusu jednotné. Aplikované dávky čistých živin v kg na hektar byly u ozimé pšenice: N – 125, P – 40, K – 100 a u jarního ječmene: N – 50, P – 40, K – 100.

### **Technika založení pokusu**

Polní pokus je založen metodou dělených dílců v pěti opakováních, velikost pokusné parcely byla 24,0 m<sup>2</sup> (10,9 x 2,0 m) a velikost sklizňové parcely 16,4 m<sup>2</sup> (8,2 x 2,0 m).

## 2.1.2. Dosažené výsledky

### Dosažené výsledky – pokus 1

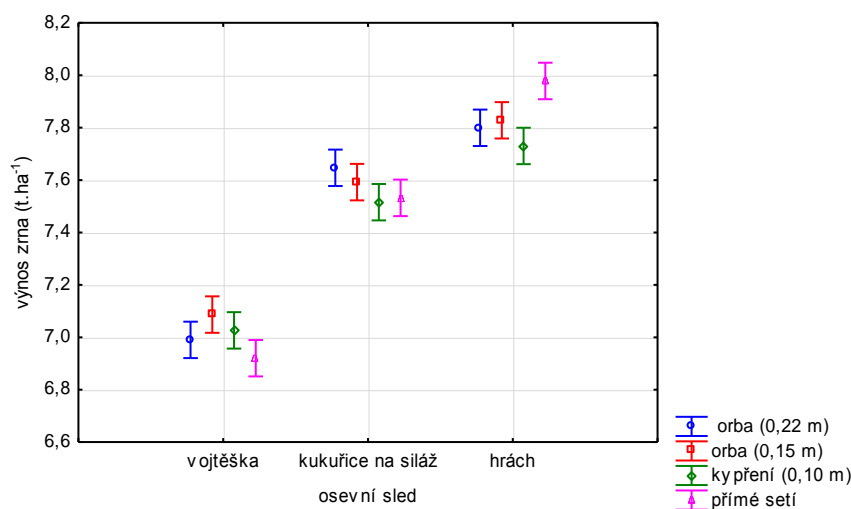
#### Vliv různé intenzity zpracování půdy na výnosy zrna ozimé pšenice

Výsledky dlouhodobého vlivu různých způsobů zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice pěstované po třech předplodinách (vojtěšce, kukuřici na siláž a hrachu) jsou uvedeny v Tab. 3, statistické vyhodnocení výsledků v Grafu 1.

Tab. 3: Výnosy ozimé pšenice ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – průměr let 1989–2018

Varianty zpracování půdy	Předplodina			Průměr
	vojtěška	kukuřice na siláž	hrách	
orba 0,22 m	6,99	7,65	7,80	7,48
orba 0,15 m	7,09	7,59	7,82	7,50
kypření 0,10 m	7,03	7,52	7,73	7,43
přímé setí	6,92	7,53	7,98	7,48
<b>průměr</b>	<b>7,01 a</b>	<b>7,57 b</b>	<b>7,83 c</b>	<b>7,47</b>

rozdílná písmena (a, b, c) značí statisticky průkazný rozdíl ( $P = 0,95$ )



Graf 1: Statistické vyhodnocení vlivu různých způsobů zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice pěstované po třech předplodinách

Vliv předplodin na výnosy ozimé pšenice byl výrazný, statisticky průkazný. Nejvyšší průměrný výnos zrna ozimé pšenice byl dosažen po hrachu ( $7,83 t \cdot ha^{-1}$ ) a nejnižší po vojtěšce ( $7,01 t \cdot ha^{-1}$ ). Výnosy ozimé pšenice pěstované po kukuřici na siláž ( $7,57 t \cdot ha^{-1}$ ) zaujímaly střední postavení.

Vliv různých způsobů zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice se po jednotlivých předplodinách projevoval odlišně.

Při pěstování **ozimé pšenice po vojtěšce** byl zaznamenán nejnižší výnos na variantě s přímým setím do nezpracované půdy ( $6,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), a to především v důsledku zhoršených půdních podmínek pro založení porostu (větší utuženost půdy) a obrůstání vojtěšky. Druhý nejnižší výnos vykazovala orba na  $0,22 \text{ m}$  ( $6,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Nejvyšší výnos byl dosažen po mělké orbě na  $0,15 \text{ m}$  ( $7,09 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Varianta s mělkým zpracováním půdy kypřením na hloubku  $0,10 \text{ m}$  ( $7,03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) zaujímala střední postavení. Rozdíl ve výnosu mezi variantou s přímým setím a mělkou orbou byl statisticky průkazný.

U **ozimé pšenice pěstované po kukuřici na siláž** byly rozdíly ve výnosech mezi variantami zpracování půdy malé, statisticky neprůkazné. Vyšší výnosy byly dosaženy na variantách se střední a mělkou orbou ( $7,65$  a  $7,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Mírné snížení výnosů vykazovaly minimalizační technologie s přímým setím do nezpracované půdy ( $7,53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a s mělkým kypřením půdy na  $0,10 \text{ m}$  ( $7,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Vliv různého zpracování půdy na výnosy **ozimé pšenice pěstované po hrachu** byl statisticky průkazný. Nejvyšší výnos byl dosažen po přímém setí do nezpracované půdy ( $7,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), nejnižší na variantě s mělkým kypřením půdy ( $7,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Varianty s mělkou i středně hlubokou orbou (s výnosy  $7,82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a  $7,80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) zaujímaly střední postavení. Statisticky průkazný rozdíl byl zaznamenán mezi variantami s přímým setím do nezpracované půdy a ostatními variantami zpracování půdy.

**V průměru celého pokusu** (po všech třech předplodinách) byly rozdíly ve výnosech ozimé pšenice mezi jednotlivými způsoby zpracování půdy malé. Nejvyšší výnos byl dosažen na variantě s mělkou orbou na  $0,15 \text{ m}$  ( $7,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a nejnižší na variantě s mělkým kypřením půdy na  $0,10 \text{ m}$  ( $7,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Po orbě na  $0,22 \text{ m}$  a po přímém setí do nezpracované půdy byl shodně zaznamenán průměrný výnos  $7,48 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Nízké průměrné výnosy ozimé pšenice byly zaznamenány v letech 1993 ( $4,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2003 ( $4,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2012 ( $4,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2017 ( $5,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a 2018 ( $4,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Negativní vliv na výši výnosů mělo v těchto letech především nedostatečné vláhové zabezpečení rostlin (v důsledku nedostatku srážek a vyšších teplot vzduchu) v období kritické termodynamické fáze ozimé pšenice, která spadá do období od konce dubna do poloviny července. Výrazné snížení výnosů v roce 2012 souvisí rovněž s nedostatkem vody v podzimním a zimním období předcházejícího roku a vlivem silných mrazů na porosty ozimé pšenice. Celkově se v suchých letech projevovala určitá tendence ke zvyšování výnosů zrna ozimé pšenice při nižší intenzitě zpracování půdy.

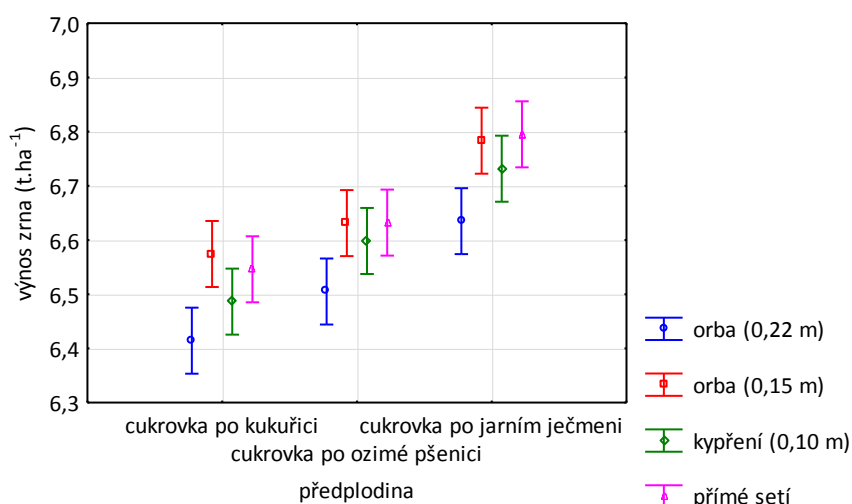
#### **Vliv různé intenzity zpracování půdy na výnosy jarního ječmene**

Výsledky dlouhodobého vlivu různé intenzity zpracování půdy na výnosy jarního ječmene pěstovaného ve třech osevních postupech po cukrovce, která byla zařazena po kukuřici na siláž, ozimé pšenici a jarním ječmeni jsou uvedeny v Tab. 4 a v Grafu 2. Sledování probíhala v letech 1990–2005 a 2007–2018. V hodnocení není zahrnut rok 2006, kdy byly porosty v období zrání poškozeny nadměrnými srážkami.

Tab. 4: Výnosy jarního ječmene ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – průměr let 1990–2005 a 2007–2018

Varianty zpracování půdy	Předplodina			Průměr
	cukrovka po kukuřici	cukrovka po ozimé pšenici	cukrovka po jarním ječmeni	
orba 0,22 m	6,42	6,51	6,64	6,52
orba 0,15 m	6,57	6,63	6,78	6,66
kypření 0,10 m	6,49	6,60	6,73	6,61
přímé setí	6,55	6,63	6,80	6,66
<b>průměr</b>	<b>6,51 a</b>	<b>6,59 b</b>	<b>6,74 c</b>	<b>6,61</b>

rozdílná písmena (a, b, c) značí statisticky průkazný rozdíl ( $P = 0,95$ )



Graf 2: Statistické vyhodnocení vlivu různého zpracování půdy na výnosy jarního ječmene pěstovaného ve třech osevních sledech

**Vliv zařazení jarního ječmene do osevního postupu** na výnosy zrna byl statisticky průkazný. Nejvyšší průměrný výnos zrna byl zaznamenán v osevním sledu – jarní ječmen, cukrovka, jarní ječmen ( $6,74 t \cdot ha^{-1}$ ), dále ve sledu: ozimá pšenice, cukrovka, jarní ječmen ( $6,59 t \cdot ha^{-1}$ ) a nejnižší ve sledu – kukuřice na siláž, cukrovka, jarní ječmen ( $6,51 t \cdot ha^{-1}$ ), kdy po sobě následovaly dvě na vodu náročné předplodiny.

**Vliv různého zpracování půdy** na výnosy jarního ječmene byl statisticky průkazný. Ve všech třech osevních sledech byly dosaženy nejvyšší výnosy na variantách s mělkou orbou na 0,15 m a s přímým setím do nezpracované půdy. V průměru všech třech osevních sledů byl na těchto dvou variantách zaznamenán shodně výnos  $6,66 t \cdot ha^{-1}$ .

Nejnižší výnos zrna jarního ječmene byl ve všech třech osevních sledech dosažen na variantě s orbou na 0,22 m (v průměru  $6,52 t \cdot ha^{-1}$ ). Ve všech třech osevních sledech byl mezi variantou s orbou na 0,22 m a variantami s orbou na 0,15 m a přímým setím do nezpracované půdy zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Minimalizační technologie s kypřením půdy na hloubku 0,10 m s průměrným výnosem  $6,61 t \cdot ha^{-1}$  zaujímala střední postavení.

Nízké průměrné výnosy zrna jarního ječmene **v rámci celého pokusu** byly zaznamenány v letech 1993 (3,44 t.ha<sup>-1</sup>), 2000 (4,22 t.ha<sup>-1</sup>), 2003 (4,42 t.ha<sup>-1</sup>), 2012 (2,44 t.ha<sup>-1</sup>), 2017 (4,01 t.ha<sup>-1</sup>) a 2018 (4,87 t.ha<sup>-1</sup>). Nepříznivý vliv na výši výnosů mělo v těchto letech především nedostatečné vláhové zabezpečení rostlin v období kritické termodynamické fáze jarního ječmene, která spadá do období od dubna do června. Velmi špatné vláhové zabezpečení jarního ječmene v roce 2012 má souvislost i s nedostatkem vláhy v podzimním a zimním období předcházejícího roku. V suchých letech se projevovala, obdobně jako u ozimé pšenice, určitá tendence ke zvyšování výnosů při nižší intenzitě zpracování půdy.

Výsledky dlouhodobého sledování ukazují v daných podmínkách na vhodnost využití technologických postupů s nižší intenzitou zpracování půdy.

## Dosažené výsledky – pokus 2

### Vliv různého organického hnojení na výnosy ozimé pšenice pěstované v monokultuře

Výsledky dlouhodobého sledování vlivu různého organického hnojení na výnosy ozimé pšenice pěstované v monokultuře jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5: Vliv organického hnojení na výnosy ozimé pšenice (t.ha<sup>-1</sup>)

Varianty organického hnojení	Průměrné výnosy v jednotlivých obdobích				Průměrný výnos za celé období 1977–2018
	1977–1986	1987–1996	1997–2006	2007–2018	
1	6,25	6,17	6,33	6,52	<b>6,33 b</b>
2	6,54	6,52	6,33	6,40	<b>6,44 bc</b>
3	6,02	5,94	6,10	6,39	<b>6,12 a</b>
4	5,99	6,11	6,23	6,20	<b>6,13 a</b>
5	6,16	6,77	6,38	6,40	<b>6,45 c</b>
6	6,15	6,62	6,38	6,32	<b>6,36 bc</b>
průměr	6,19	6,36	6,29	6,38	<b>6,31</b>

rozdílná písmena (a, b) značí statisticky průkazný rozdíl (P = 0,95)

**Vliv různého organického hnojení** na výnosy ozimé pšenice pěstované v monokultuře byl statisticky průkazný. Zřejmé je statisticky průkazné snížení výnosů na variantách se zapravením slámy do půdy – na variantě 3 se zaorávkou slámy (6,12 t.ha<sup>-1</sup>) a dále na variantě 4 se zaorávkou slámy v kombinaci se zeleným hnojením (6,13 t.ha<sup>-1</sup>).

Vliv organického hnojení na výnosy ozimé pšenice pěstované v monokultuře byl vyhodnocen ve čtyřech obdobích a za celou dobu trvání polního pokusu. Nižší průměrné výnosy na variantách se zapravením slámy do půdy byly zaznamenány ve všech čtyřech obdobích s výjimkou varianty 3 v letech 2007–2018.

**V průměru za celou dobu trvání pokusu** byly dosaženy nejvyšší výnosy na variantě 5 s pálením slámy (6,45 t.ha<sup>-1</sup>) a na variantě 2 se zeleným hnojením (6,44 t.ha<sup>-1</sup>). Výnosy na variantě 6



s hnojením chlévským hnojem ( $6,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a na variantě 1 se sklízí slámy ( $6,33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) zaujímají střední postavení.

Nízké výnosy byly **v souboru celého pokusu** zaznamenány v suchých letech 1993 ( $5,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2003 ( $4,03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2012 ( $2,82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), 2017 ( $2,64 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a 2018 ( $3,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). V extrémně suchých letech, zejména v roce 2017 a 2018 se projevoval negativní vliv hnojení chlévským hnojem a zeleného hnojení na výnosy ozimé pšenice.

#### **Vliv různého organického hnojení na výnosy jarního ječmene pěstovaného v monokultuře**

Výsledky sledování vlivu různého organického hnojení na výnosy jarního ječmene pěstovaného v monokultuře jsou uvedeny v Tab. 6.

Sledování probíhalo v letech 1977–2018. V hodnocení není zahrnut rok 2006, kdy byly porosty v období zrání poškozeny nadměrnými srážkami.

Tab. 6: Vliv organického hnojení na výnosy jarního ječmene ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Varianty organického hnojení	Průměrné výnosy v jednotlivých obdobích				Průměrný výnos za celé období 1977–2017
	1977–1986	1987–1996	1997–2007	2008–2018	
1	5,53	5,42	6,16	6,79	<b>6,00 a</b>
2	5,59	5,56	6,31	6,96	<b>6,12 ab</b>
3	5,44	5,41	6,20	6,51	<b>5,90 a</b>
4	5,48	5,34	6,07	6,72	<b>5,92 a</b>
5	5,70	6,23	6,78	6,98	<b>6,44 b</b>
6	5,48	6,09	6,65	7,38	<b>6,43 b</b>
průměr	5,54	5,67	6,35	6,89	<b>6,13</b>

rozdílná písmena (a, b, c) značí statisticky průkazný rozdíl ( $P = 0,95$ )

**Vliv různého organického hnojení** na výnosy jarního ječmene pěstovaného v monokultuře byl statisticky průkazný. V průměru za celou dobu trvání pokusu byly dosaženy nejvyšší výnosy na variantě 5 s pálením slámy ( $6,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a na variantě 6 s hnojením chlévským hnojem ( $6,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Obdobně jako u ozimé pšenice, byly u jarního ječmene pěstovaného v monokultuře v průměru za celou dobu sledování dosaženy nižší výnosy na variantách se zapravováním slámy do půdy. Nejnižší výnos byl dosažen na variantě 3 se zapravováním slámy do půdy ( $5,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a dále na variantě 4 se zapravováním slámy v kombinaci se zeleným hnojením ( $5,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Negativní vliv zapravování slámy na výnosy se zde projevoval méně výrazně než u ozimé pšenice. Nižší výnos také vykazovala varianta 1 se sklízí slámy ( $6,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Varianta 2 se zeleným hnojením zaujímala s výnosem ( $6,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) střední postavení. Mezi variantami 5 a 6 (s pálením slámy a hnojením chlévským hnojem) a variantami 3 a 4 (se zaorávkou slámy do půdy) byl ve výnosu jarního ječmene zaznamenán statisticky průkazný rozdíl.

Nízké výnosy byly v souboru celého pokusu zaznamenány v letech 1979 (4,35 t.ha<sup>-1</sup>), 1992 (4,48 t.ha<sup>-1</sup>), 1993 (4,50 t.ha<sup>-1</sup>), 2012 (3,50 t.ha<sup>-1</sup>) a 2017 (4,44 t.ha<sup>-1</sup>). Negativní vliv zapravované organické hmoty do půdy se u jarního ječmene projevoval podstatně méně výrazně než u ozimé pšenice, nejvíce byl patrný v nejsušších podmínkách let 2012 a 2017.

## 2.2. Pokusná lokalita Višňové

Pokusná lokalita se nachází v katastrálním území obce Višňové v kukuřičné výrobní oblasti na pozemku zemědělského podniku AGROSERVIS, 1. zemědělská a.s. Višňové v nadmořské výšce 288 m (48°58'22''N, 16°10'01''E). Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu a úhrny srážek za období let trvání pokusu (průměr let 2002–2017 a rok 2018) a v dlouhodobém průměru (průměr let 1961–1990) jsou uvedeny Tab. 7.

Tab. 7: Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu a úhrny srážek (průměr let 1961–1990, 2002–2017, rok 2018)

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážkový úhrn (mm)		
	1961–1990	2002–2017	2018	1961–1990	2002–2017	2018
leden	-2,4	-1,4	0,2	20,8	27,1	34,5
únor	-0,5	0,0	-4,2	23,9	22,4	18,6
březen	3,6	3,9	-1,0	25,1	33,4	29,0
duben	8,6	9,0	8,8	32,9	31,5	4,1
květen	13,5	13,4	12,8	59,8	54,9	62,4
červen	16,7	17,2	15,0	74,9	74,1	62,8
červenec	18,5	19,4	16,2	60,3	67,4	50,3
srpen	18,0	18,6	17,5	53,4	68,1	41,2
září	14,3	14,1	12,2	36,7	63,0	86,1
říjen	9,0	8,3	8,3	28,2	38,1	16,6
listopad	3,3	4,7	3,8	33,7	28,2	29,4
prosinec	-0,6	0,1	n	21,0	23,0	n
průměr/suma	8,5	8,95	n	470,7	531,01	n

n = v době zpracování metodiky nebyla data k dispozici

Půdní podmínky na stanovišti pokusu: půdní typ je hnědozem, půdní druh hlinitá půda. Zásobenost živinami P, K, Ca, Mg je velmi vysoká, půdní reakce je neutrální a obsah humusu je 2,2 %.

### 2.2.1. Metodika polního pokusu

V polním pokusu byly v letech 2002–2014 hodnoceny tři a v letech 2015–2018 čtyři technologické postupy zpracování půdy.

## Variety zpracování půdy

### 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

### Mělké zpracování půdy kypřením

- po sklizni kukuřice mělké zpracování půdy talířovým nářadím na hloubku 0,12 m
- na jaře před setím mělké kypření půdy na hloubku setí
- setí přesným secím strojem

### Přímé setí do nezpracované půdy

- přímé setí kukuřice přesným secím strojem

### Hluboké kypření (od roku 2015)

- po sklizni kukuřice mělké zpracování půdy talířovým nářadím na hloubku 0,12 m
- následně zpracování půdy hloubkovým kypřičem na hloubku 0,25 m
- na jaře před setím mělké kypření půdy na hloubku setí
- setí přesným secím strojem

## Hnojení minerálními a organickými hnojivy

U všech variant zpracování půdy byly použity stejné dávky minerálních i organických hnojiv. Zásobní hnojení fosforem a draslíkem bylo provedeno před založením pokusu na podzim roku 2001 v dávce 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 60 kg K<sub>2</sub>O na hektar. Další přihnojení fosforem bylo provedeno minerálním hnojením pod patu v letech 2002–2005 v dávce 30 kg.ha<sup>-1</sup>. Hnojení dusíkem je prováděno každoročně jednorázově před předseťovou přípravou v dávce 150 kg N na hektar. Jako hnojivo se používá močovina. Od roku 2015 je aplikována kejda prasat v dávce 20 t.ha<sup>-1</sup>.

### 2.2.2. Dosažené výsledky

#### Vliv různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno

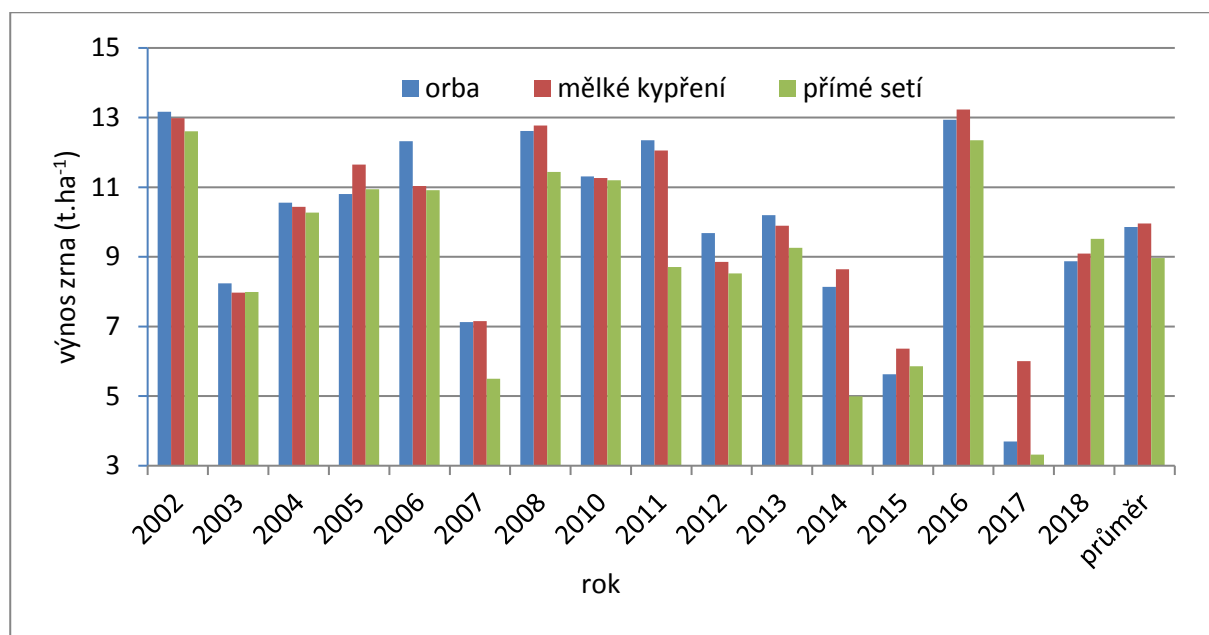
Výsledky sledování jsou uvedeny v Grafu 3 a Grafu 4. V průměru let 2002–2018 (rok 2009 není uveden, kukuřice nebyla pěstována) byl rozdíl ve výnosu kukuřice na zrno mezi variantami zpracování půdy malý, statisticky neprůkazný. Nejvyšší průměrný výnos byl dosažen po mělkém kypření půdy (9,96 t.ha<sup>-1</sup>) a dále na variantě s orbou na 0,22 m (9,85 t.ha<sup>-1</sup>). Nejnižší výnos byl po přímém setí do nezpracované půdy (8,96 t.ha<sup>-1</sup>). Větší pokles výnosů na variantě s přímým setím (ve srovnání s mělkým kypřením půdy a orbou) byl zaznamenán 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 ovlivnilo 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, vznikaly problémy s kvalitou založení porostu kukuřice a nižší účinností preemergentních herbicidů.

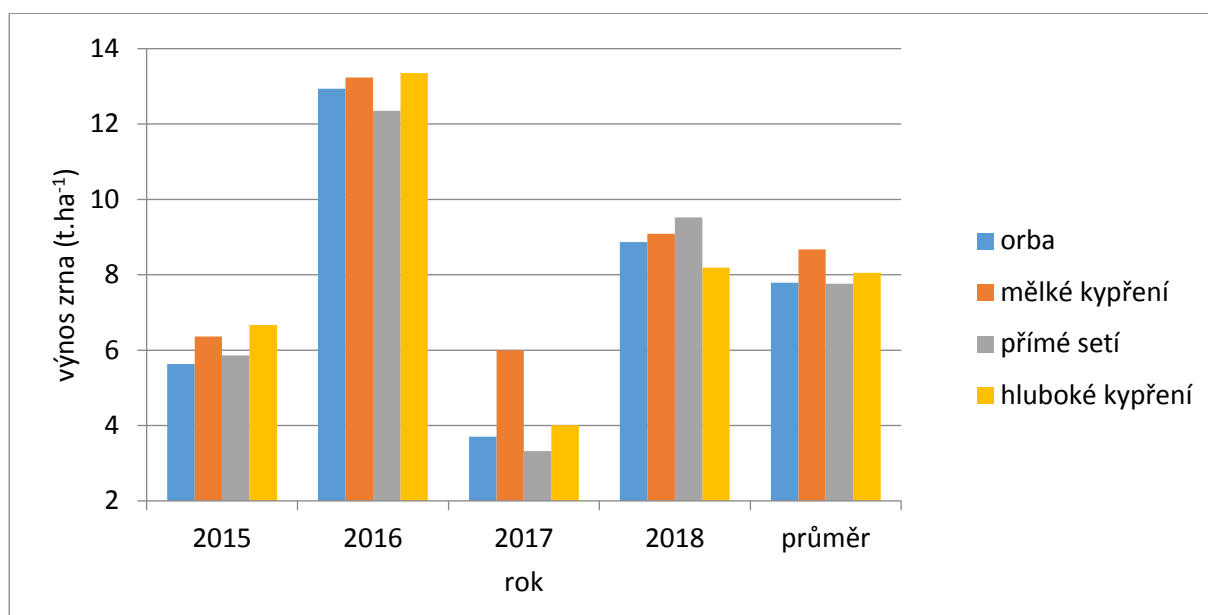
V letech 2015–2018 byla do sledování vedle třech stávajících variant zařazena čtvrtá varianta s hlubším kypřením půdy. V průměru za tyto roky byl dosažen nejvyšší výnos na variantě s mělkým kypřením (8,67 t.ha<sup>-1</sup>) a dále na variantě s hlubším kypřením (8,06 t.ha<sup>-1</sup>). Na variantách a s přímým setím do nezpracované půdy a s orbou na 0,22 m byly zaznamenány nižší výnosy (7,76 a 7,79 t.ha<sup>-1</sup>).

Celkově nejnižší průměrné výnosy kukuřice byly dosaženy v letech 2015 a především 2017, kdy se projevovalo nedostatečné vláhové zabezpečení kukuřice zejména v kritických termodynamických fázích kukuřice (v průběhu května a srpna). V těchto suchých podmínkách byly dosahovány vyšší výnosy na variantách s mělkým i hlubším kypřením půdy a nižší po orbě na 0,22 m a po přímém setí do nezpracované půdy.

Dlouhodobé výsledky sledování v daných agroekologických podmínkách celkově ukazují na vhodnost využití ekonomicky výhodnějšího mělkého, případně hlubšího kypření půdy ke kukuřici na zrno při jejím opakovaném pěstování.



Graf 3: Vliv různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno (2002–2018)



Graf 4: Vliv různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno (2015–2018)

### 2.3. Pokusná lokalita Žabčice

#### Půdní a klimatická charakteristika

Na této lokalitě byly založeny dva polní pokusy, jejichž základem jsou osevní postupy se zaměřením na hospodaření s živočišnou výrobou a bez ní, které byly založeny v roce 2003 na Polní pokusné stanici v Žabčicích (49°01'20"N, 16°37'55"E), která se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, přibližně 25 km od města Brna, v nadmořské výšce 179 m. Polní pokusná stanice v Žabčicích je výzkumným zařízením Mendelovy univerzity v Brně. Průměrná roční teplota vzduchu zde dosahuje 9,2 °C a třicetiletý průměr ročních úhrnů srážek zde činí 480 mm. Z tohoto hlediska patří tato lokalita k nejteplejším a zároveň nejsušším oblastem v České republice. Zejména v posledních letech se na této lokalitě setkáváme s častějším výskytem delšího období sucha během vegetace. Tyto negativní projevy jsou však částečně kompenzovány zrnitostně těžší půdou (jílovitohlinitou) fluvizemního typu. V textu jsou zpracovány výsledky z níže uvedených pokusů za období let 2011–2018 (vyjma roku 2012, ve kterém byly porosty obilnin poškozeny extrémně odlišným průběhem povětrnostních podmínek). Ke všem ročníkům jsou uvedeny průměrné teploty vzduchu a sumy srážek za jednotlivé měsíce (Tab. 8 a 9).

Tab. 8: Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu (°C)

Měs./rok	1961-1990	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
I	-2,0	1,0	-1,0	1,1	1,9	-1,2	-5,8	2,0
II	0,2	-3,4	0,7	2,7	1,5	5,1	1,5	-1,9
III	4,3	7,0	1,8	8,5	5,4	5,5	7,7	2,4
IV	9,6	10,8	10,6	11,8	9,9	9,8	9,0	14,6
V	14,6	16,9	14,7	14,5	14,4	15,7	15,8	18,3
VI	17,7	19,9	18,3	18,8	19,0	19,8	20,8	20,1
VII	19,3	21,4	21,9	21,5	22,9	21,3	21,1	21,8
VIII	18,6	21,2	20,4	17,9	23,3	19,5	21,7	23,8
IX	14,7	16,2	14,0	15,6	16,5	17,9	14,1	16,6
X	9,5	9,4	10,1	11,5	9,7	9,0	10,4	12,0
XI	4,1	6,5	5,4	7,5	6,2	3,9	4,6	n
XII	0,0	-1,2	2,1	2,4	3,1	-0,5	1,4	n
<b>průměr</b>	<b>9,2</b>	<b>10,5</b>	<b>9,9</b>	<b>11,2</b>	<b>11,2</b>	<b>10,5</b>	<b>10,2</b>	<b>n</b>

n = v době zpracování metodiky nebyla data k dispozici

	mimořádně nadnormální
	silně nadnormální
	nadnormální
	normální
	podnormální
	silně podnormální

Tab. 9: Měsíční a roční úhrny srážek (mm)

Měs./rok	1961-1990	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
I	24,8	21,4	27,4	20,2	22	19,2	25,6	32,1	46,2
II	24,9	4,6	7,4	42,1	12,6	6,8	64,7	10,7	14,5
III	23,9	39,3	2,4	40,8	5,6	16,4	30,4	18,7	15,6
IV	33,2	33,2	19,8	20,2	11,2	19,6	41,6	42,4	9,6
V	62,8	46,2	21,4	109	62,8	32,2	42	24	51,2
VI	68,6	42,9	101,2	147,4	43,4	22	34,8	25,8	45,6
VII	57,1	79,8	64,6	4,7	85	22	149,2	68,2	36
VIII	54,3	42,4	43	43,6	113,6	105,8	65	22,4	14,2
IX	35,5	31,1	40,2	63,2	116,2	23,4	10	83	114,8
X	31,8	22,6	49,2	35,2	46,4	48	54,4	35,8	10,4
XI	36,8	1,6	19,4	20,4	29,2	21,8	24,9	23,8	n
XII	26,3	14,6	35,6	6,2	28,7	17,8	7,2	20,4	n
úhrn	480	379,7	431,6	553	576,7	355	549,9	407,3	n

n = v době zpracování metodiky nebyla data k dispozici

	mimořádně nadnormální
	silně nadnormální
	nadnormální
	normální
	podnormální
	silně podnormální
	mimořádně podnormální

### 2.3.1. Metodiky polních pokusů

V pokusu **bez živočišné výroby (AGRO 1)** je sled plodin: hrách, ozimá pšenice, ozimá pšenice, kukuřice na zrno, ječmen jarní. Jedná se o osevni postup s 80% koncentrací obilnin, kdy veškerá sláma u všech plodin je ošetřena dusíkatým hnojivem DAM 390, poté rozdrčena a zapravena do půdy. Předplodinou ozimé pšenice v tomto polním pokusu je hrách setý a ozimá pšenice. Druhý pokus je modelovým hospodařením **s vazbou na živočišnou výrobu (AGRO 2)** s plodinami: vojtěška 1. rok, vojtěška 2. rok, ozimá pšenice, cukrovka, jarní ječmen, kukuřice na siláž, ozimá pšenice.

V obou pokusech byl hodnocen vliv agrotechnických faktorů (předplodiny, technologie zpracování půdy) a aplikace fungicidů na výnos a kvalitu zrna ozimé pšenice a jarního ječmene. Půda je zpracovávána dvěma technologiemi: konvenční (orba na hloubku 0,24 m; označeno I) a minimalizační (mělké kypření do hloubky 0,15 m; označeno II). V pokusu AGRO 2 je kromě těchto variant navíc technologie přímého setí (do nezpracované půdy, označeno III). V případě fungicidně ošetřené varianty byly dvakrát v průběhu vegetace aplikovány fungicidy na listové

a klasové choroby (u ječmene jarního pouze jedenkrát) a tato varianta byla porovnána s variantou neošetřenou.

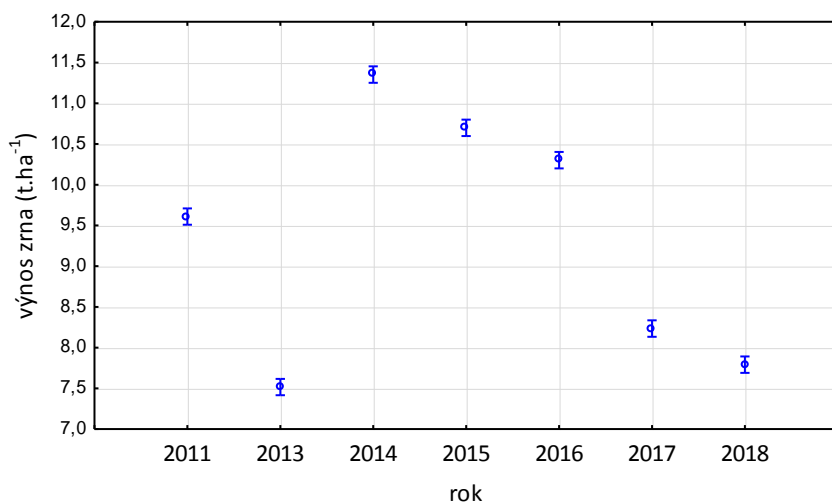
Ve všech ročnících byla použita stejná pěstební technologie. Setí **ozimé pšenice** bylo v agrotechnickém termínu (do 15. 10.), do hloubky 0,03 m, při výsevu 4,0 miliony klíčivých semen na hektar ( $\text{MKS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). V průběhu sledovaných let byly pěstovány odrůdy Sultan, Rumor a Julie. Celková dávka dusíku byla 160–180  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dále byla aplikována P a K minerální hnojiva (90  $\text{kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$  a 120  $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), herbicid, insekticid a regulátory růstu. Setí **kukuřice na zrno** bylo v průběhu měsíce dubna, do hloubky 0,06 m. Výsevek byl 80 tis.  $\text{semen}\cdot\text{ha}^{-1}$ . K hnojení dusíkem v dávce 120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  byla použita močovina (46 % N), a to jednorázově před setím se zapravením do půdy. V průběhu vegetace byla provedena jedna aplikace herbicidů a jedno insekticidní ošetření proti zavíječi kukuřičnému. V průběhu sledovaných let byly pěstovány odrůdy Thermo, Ondina a Dartona. **Ječmen jarní** byl vyséván na jaře (většinou na začátku či v první polovině března), výsevkem 4,0  $\text{MKS}\cdot\text{ha}^{-1}$ , do hloubky 0,03 m. Před setím bylo hnojeno dusíkem v dávce 60  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  v LAV. Pěstovanou odrůdou byl Bojos. Sklizeň všech tří plodin byla provedena v době plné zralosti maloparcelní sklízecí mlátičkou SAMPO Rosenlew SR 2010. Dosažené výnosy ze sklizňových ploch o velikosti 22,5  $\text{m}^2$  (ve čtyřech opakováních) byly přepočteny na hektar při vlhkosti zrna 14 %. U odebraných vzorků zrna byl následně stanoven obsah N-látek.

### 2.3.2. Dosažené výsledky

#### Pokus AGRO 1 – systém hospodaření bez živočišné výroby

##### Výnos zrna a obsah N-látek – ozimá pšenice

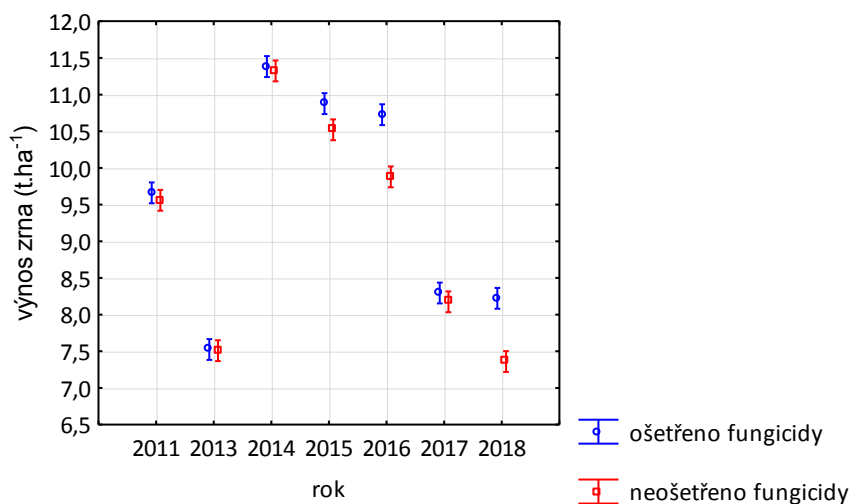
Z výsledků uvedených v Grafu 5 jsou patrné statisticky průkazné rozdíly u výnosu zrna mezi jednotlivými ročníky 2011–2018. Nejvyšší výnos byl dosažen v roce 2014, a to 11,35  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , naopak nejnižší výnos byl dosažen v roce 2013 a to 7,52  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .



Graf 5: Vliv ročníku na výnos zrna pšenice ozimé (2011–2018) – mimo nepříznivého roku 2012

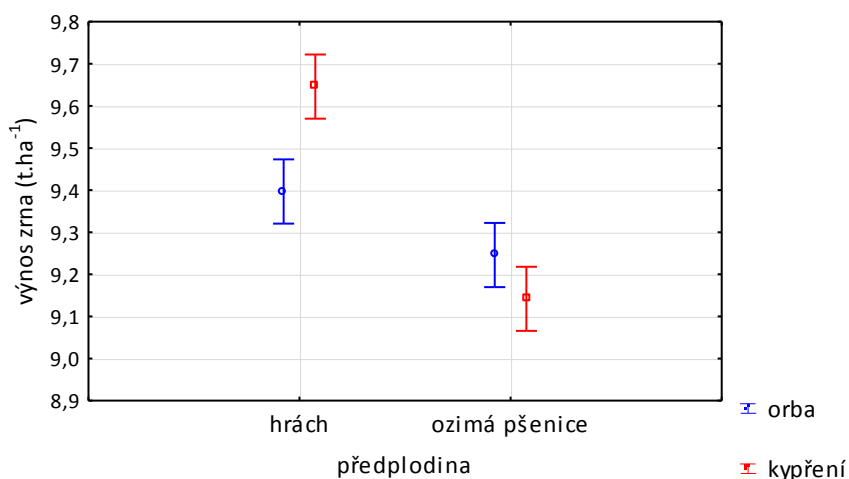


Výnos zrna byl průkazně **vyšší u fungicidně ošetřené varianty** 9,53 t.ha<sup>-1</sup> v porovnání s 9,19 t.ha<sup>-1</sup> u varianty neošetřené. Tyto rozdíly byly průkazné pouze v některých letech (2015, 2016, 2018). V roce 2016 byl na variantě ošetřené fungicidem průměrný výnos o jednu tunu na hektar vyšší, v roce 2018 byl vyšší o 0,86 t.ha<sup>-1</sup>, Graf 6.



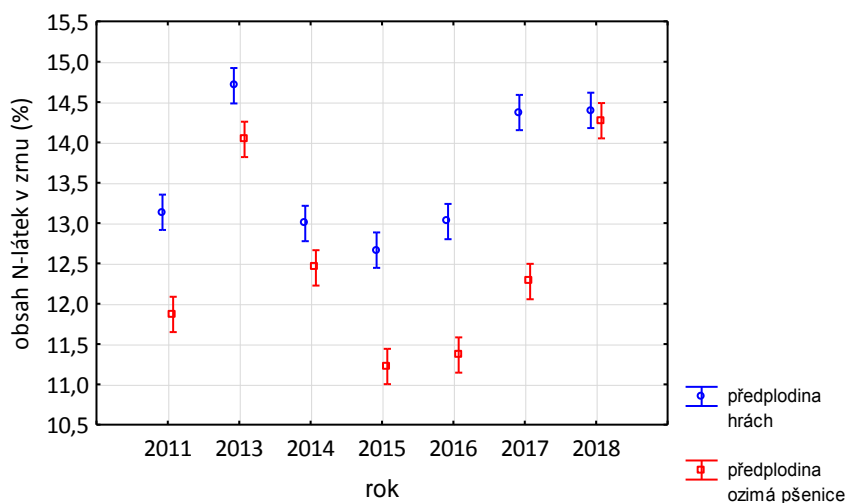
Graf 6: Vliv ošetření fungicidy na výnos zrna pšenice

Z hodnocení v Grafu 7 vyplývá, že průkazně **vyšší výnos** byl zjištěn **po předplodině hrachu** (9,52 t.ha<sup>-1</sup>), v porovnání s předplodinou pšenice (9,19 t.ha<sup>-1</sup>). Mezi orbou a minimalizačním zpracováním půdy nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Interakce mezi předplodinou a zpracováním půdy byla průkazná. Po předplodině ozimé pšenici nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi způsoby zpracování půdy. Naopak **po hrachu byl vyšší výnos dosažen u minimalizačního zpracování půdy**.



Graf 7: Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos zrna pšenice

Z výsledků v Grafu 8 je zřejmé, že N-látky v zrně pšenice ozimé pěstované po předplodině hrachu vykazují statisticky významně vyšší hodnoty než u pšenice, která byla pěstována po předplodině pšenici. Rozdíl činí 1,1 %.

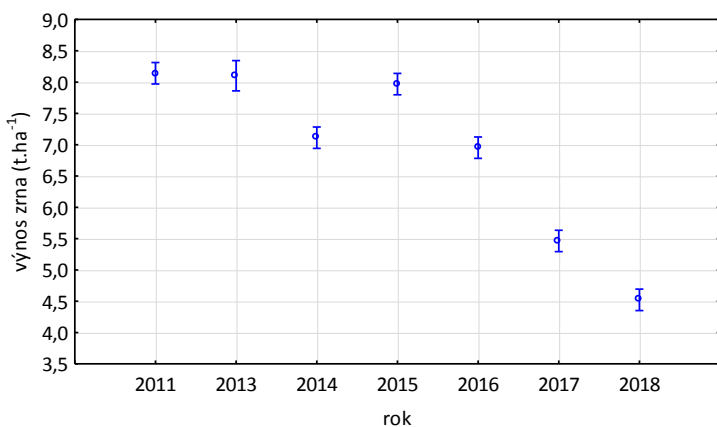


Graf 8: Vliv předplodiny na obsah N-látek v zrně pšenice

U varianty s orbou byl průměrný obsah N-látek 13,3 %, oproti variantě s minimalizačním zpracováním půdy 12,9 %.

### Výnos zrna a obsah N-látek – jarní ječmen

Z výsledků v Grafu 9 jsou patrné ročníkové rozdíly ve výnosu zrna. Roky 2011, 2013 a 2015 byly výnosově na úrovni 8 t.ha<sup>-1</sup>. Dále pak ročníky 2014 a 2016 se pohybovaly výnosově kolem 7 t.ha<sup>-1</sup> a suchem velmi poznamenané ročníky byly 2017 (5,40 t.ha<sup>-1</sup>) a 2018 (4,50 t.ha<sup>-1</sup>).



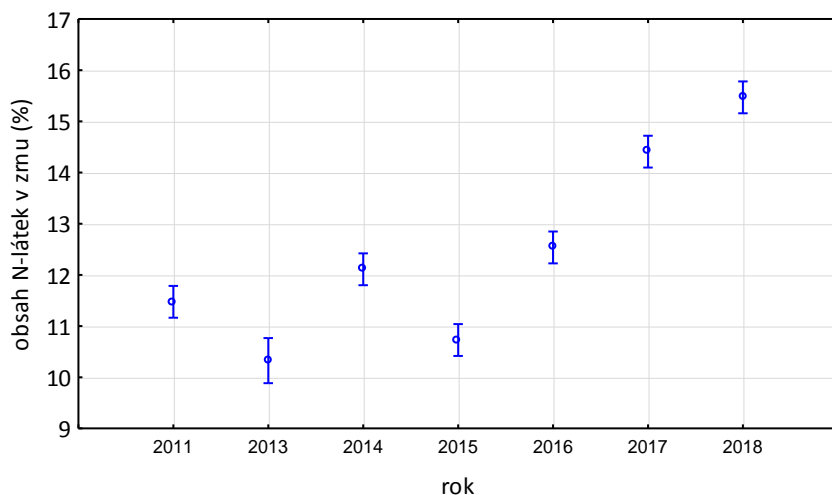
Graf 9: Vliv ročníku na výnos zrna jarního ječmene

Vliv technologie zpracování půdy byl statisticky průkazný. Při zpracování půdy kypřením byl výnos zrna o 0,3 t.ha<sup>-1</sup> vyšší než při klasickém zpracování orbou.

Při porovnání průměrných výnosů zrna ječmene za sledované období let 2011 až 2018 nebyl zaznamenán statisticky průkazný nárůst výnosu zrna po aplikaci fungicidů.

Kypření jako forma technologie zpracování půdy pozitivně ovlivnilo úroveň výnosu zrna ječmene jarního u všech ročníků vyjma roku 2011. U jednotlivých ročníků 2014 a 2015 byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

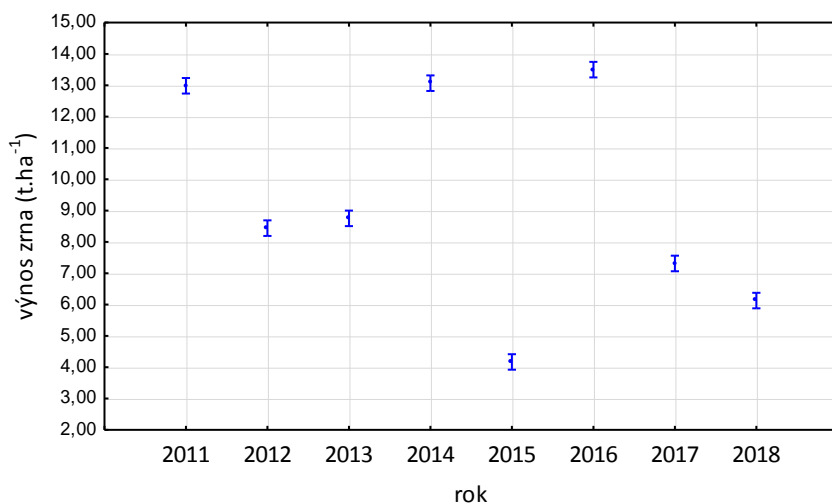
Množství N-látek v zru bylo ovlivněno ročníkem. Požadavky sladovnické kvality (10 až 12 % N-látek v zru) byly splněny pouze v ročnících 2011, 2013 a 2015 (Graf 10). Ve zbývajících ročnících se obsah N-látek pohyboval v rozmezí od 12,1 do 15,4 %. Nejvyšší průměrný obsah N-látek v zru pak měly roky 2017 a 2018, které byly postiženy suchem a porosty tak nouzově dozrávaly a zároveň byly v těchto letech nízké výnosy.



Graf 10: Vliv ročníku na obsah N-látek v zru ječmene jarního

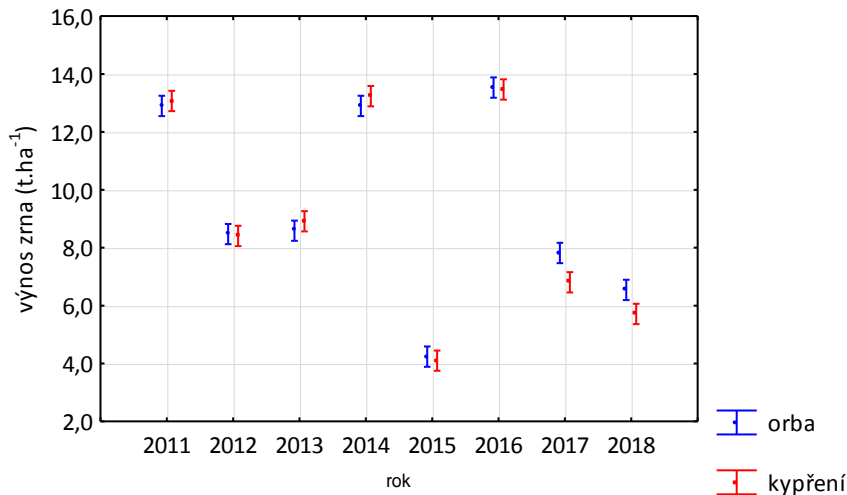
#### Výnos zrna – kukuřice na zru

Meziroční rozdíly ve výnosech zrna kukuřice seté byly statisticky průkazné. Z výsledků uvedených v Grafu 11 vyplývá, že vyšších průměrných hektarových výnosů dosahovaly ročníky 2011, 2014 a 2016, kdy bylo sklizeno v průměru o 5,5 tuny zrna z hektaru více než v letech 2012, 2013, 2017 a 2018. Jako extrémní lze označit rok 2015, kdy bylo sklizeno v průměru pouze 4,1 t.ha<sup>-1</sup>, což je téměř o 9,3 t.ha<sup>-1</sup> méně než v roce 2016, kdy bylo naopak sklizeno zrna z hektaru nejvíce (13,49 t.ha<sup>-1</sup>).



Graf 11: Vliv ročníku na výnos zrna kukuřice

V letech 2011, 2013 a 2014 byl pozorován vyšší výnos zrna kukuřice při zpracování půdy kypřením, avšak tento rozdíl nebyl statisticky průkazný (Graf 12). V letech 2017 a 2018 byl průkazně vyšší výnos po orbě.

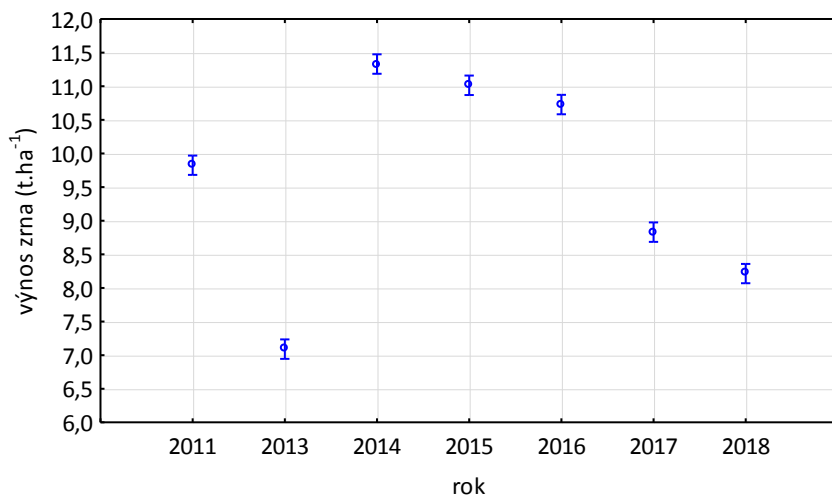


Graf 12: Vliv zpracování půdy a ročníku na výnos zrna kukuřice

### Pokus AGRO 2 – systém hospodaření s živočišnou výrobou

#### Výnos zrna a obsah N-látek – ozimá pšenice

Průměrné výnosy pšenice ozimé byly v rámci sledovaných ročníků statisticky průkazně odlišné, kromě ročníku 2015 a 2016, které se mezi sebou statisticky průkazně nelišily (Graf 13). Nejvyšší průměrný výnos byl dosažen v roce 2014, a to 11,33 t.ha<sup>-1</sup>, naopak nejnižší průměrný výnos byl v roce 2013, a to 7,08 t.ha<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižším výnosem v rámci sledovaných ročníků činí 4,25 t.ha<sup>-1</sup>.



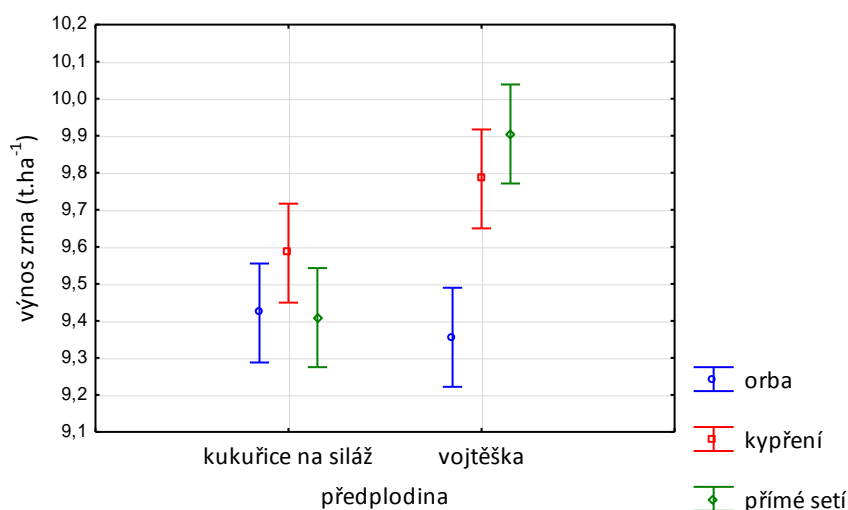
Graf 13: Vliv ročníku na výnos zrna pšenice

Byl zjištěn průkazný vliv předplodiny na výnos. **Po předplodině vojtěšce byl dosažen vyšší výnos** ( $9,68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) než po kukuřice na siláž ( $9,47 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Po orbě byl výnos zrna statisticky průkazně nižší ( $9,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) než po minimalizačním zpracování půdy a přímém setím. Průměrný výnos mezi minimalizačním zpracováním půdy ( $9,68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a přímým setím ( $9,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nebyl statisticky průkazný.

Průkazný rozdíl byl zjištěn u faktoru ošetření fungicidy, kdy u fungicidně ošetřené varianty byl výnos o  $0,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  vyšší než u varianty neošetřené. Kromě roku 2015 mělo fungicidní ošetření pozitivní vliv na výnos pšenice ozimé, ale pouze v letech 2011 a 2016 byl rozdíl statisticky průkazný. V roce 2016 byl rozdíl mezi neošetřenou a fungicidně ošetřenou variantou  $1,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Dále byl zjištěn průkazný vliv interakce předplodiny a zpracování půdy (Graf 14). Po předplodině kukuřici na siláž nebyly rozdíly ve výnosu zrna po odlišném zpracování půdy. Naopak **po vojtěšce byl průkazně vyšší výnos po kypření a přímém setí**, na rozdíl od orby.

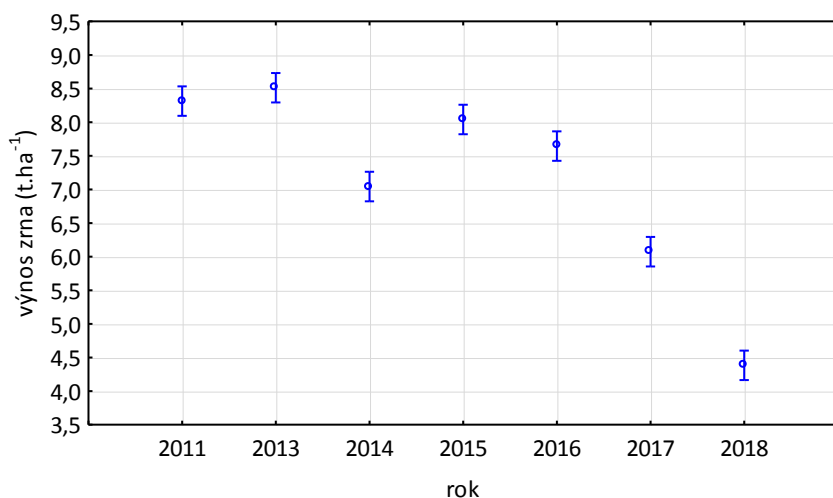


Graf 14: Vliv předplodiny a zpracování půdy na výnos zrna pšenice

Obsah N-látek v zrna byl statisticky průkazně ovlivněn předplodinou. Po silážní kukuřici byl obsah N-látek v zrna 12,43 %, v případě předplodiny vojtěšky pak 12,73 %.

### Výnos zrna a obsah N-látek – jarní ječmen

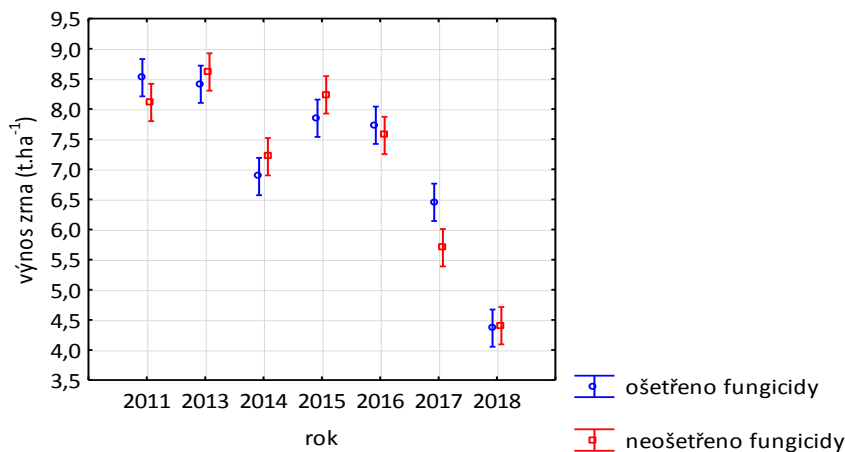
Výnosy ječmene byly průkazně ovlivněny ročníkem, zejména pak suché roky 2017, kdy bylo sklizeno v průměru  $6,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a v roce 2018 dokonce jen  $4,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , což představuje takřka polovinu výnosové úrovně lokality (Graf 15).



Graf 15: Vliv ročníku na výnos zrna jarního ječmene

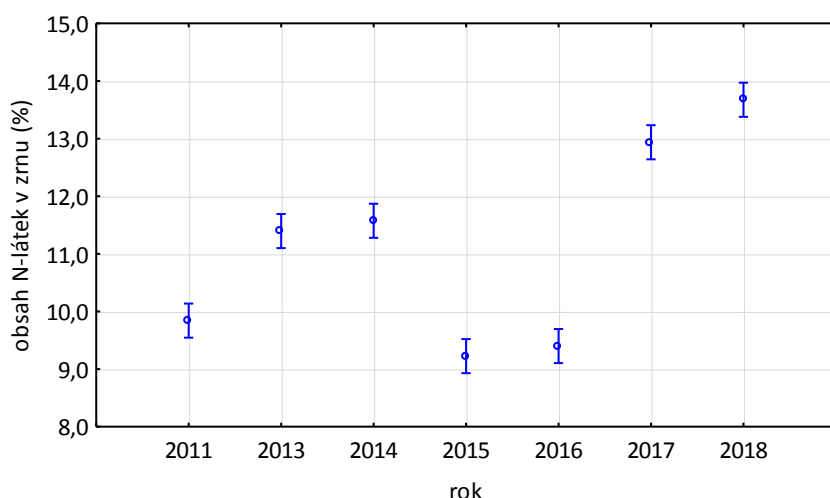
Průměrný výnos zrna ječmene byl průkazně nejvyšší při technologii zpracování půdy kypřením. Průměrný rozdíl ve výnosech činil vůči orbě 0,42 t·ha<sup>-1</sup> a vůči přímému setí 0,87 t·ha<sup>-1</sup>.

Statisticky průkazně vyšší průměrný výnos zrna ječmene po aplikaci fungicidu byl zjištěn pouze v roce 2017, průměrný rozdíl činil 0,75 t·ha<sup>-1</sup>. Ve zbylých letech byly rozdíly zanedbatelné (Graf 16).



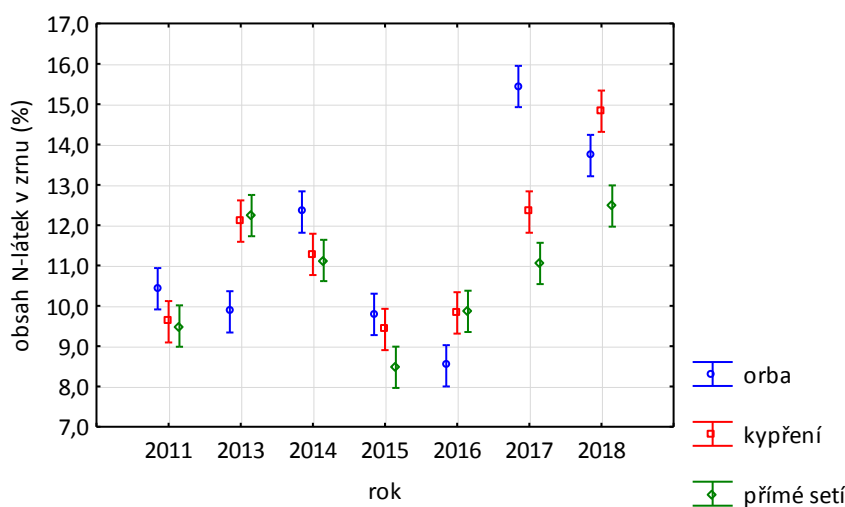
Graf 16: Vliv fungicidního ošetření na výnos zrna jarního ječmene

Obsah N-látek v zrně byl ovlivněn ročníkem. Sladovnická kvalita (10 až 12 % N-látek v zrně) byla dosažena pouze v letech 2013 a 2014 (Graf 17). Nejvyšší průměrný obsah N-látek v zrně pak měly roky 2017 a 2018, kdy v důsledku sucha byly dosaženy nižší výnosy zrna.



Graf 17: Vliv ročníku na obsah N-látek v zrně ječmene jarního (2011–2018) – mimo nepříznivého ročníku 2012

Vliv fungicidního ošetření na obsah N-látek v zrně ječmene jarního byl statisticky průkazný. Vyšší obsah dusíkatých látek byl zjištěn na variantách neošetřených fungicidy. Tento rozdíl činil v průměru 0,34 % (Graf 18).

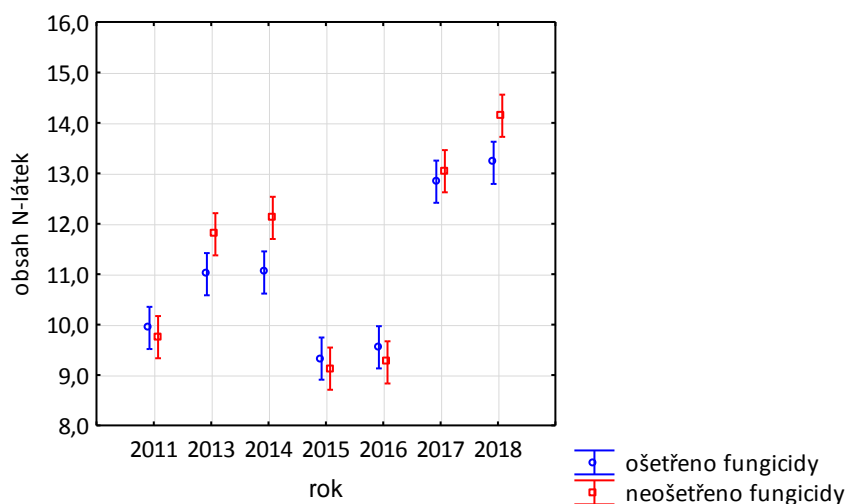


Graf 18: Vliv zpracování půdy v interakci s ročníkem na obsah N-látek v zrně ječmene jarního

Byl prokázán statisticky průkazný vliv technologie zpracování půdy na obsah N-látek v jednotlivých letech. Vysoký obsah N-látek nad 12 % byl zjištěn v období let 2017 a 2018. Tento výsledek lze dát do souvislosti se suchem a značnou absencí jarní vláhy, které tyto ročníky postihlo a porosty tak nouzově dozrávaly. Statisticky průkazné rozdíly průměrných obsahů N-látek v zrně ječmene byly zjištěny v roce 2017 mezi přímým setím a kypřením (1,27 %) a přímým setím vůči orbě (4,39 %). Další statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn v roce 2018 mezi přímým setím a orbou (1,25 %) a přímým setím vůči kypření (2,35 %). Výše uvedené rozdíly v obsahu N-látek lze dát do souvislosti s dosaženými výnosy po různých variantách zpracování půdy (čím nižší výnos zrna, tím vyšší obsah N-látek). V suchých letech se také mohl

projevit rozdíl v mineralizaci, a tím uvolňování dusíku mezi různými způsoby zpracování půdy (vyšší na intenzivněji zpracované půdě, s vyšším provzdušněním).

Vliv ošetření fungicidy (Graf 19) na obsah N-látek u jednotlivých ročníků nebyl statisticky průkazný, vyjma let 2014 a 2018. Vyšší hodnoty N-látek byly převážně u fungicidně neošetřených variant, vyjma roku 2011, 2015 a 2016.



Graf 19: Vliv fungicidního ošetření v interakci s ročníkem na obsah N-látek v zrnu ječmene jarního

### 3. Pěstování meziplodin v suchých oblastech

Meziplodiny jsou plodiny pěstované v tzv. meziorostním období mezi dvěma hlavními plodinami. Jednotlivé druhy meziplodin především více či méně obohacují půdu o organickou hmotu, redukuje erozi půdy a znečišťování vodních zdrojů dusíkem, omezují vypařování vody z půdy a zlepšují infiltraci vody do půdy (Slepetiene a Kinderiene, 2007; Rinnofner et al., 2008; Ramirez-Garcia et al., 2015; Scalise et al., 2015; Sparrow, 2015; Turmel et al., 2015). V suchých oblastech či letech čelí zemědělci několika výzvám spojených se začleněním meziplodin do jejich zemědělských systémů. Jednou z nich je, že v letním a podzimním období nemusí být dostatečné množství srážek, aby byl zajištěn růst a vývoj druhů meziplodin.

#### 3.1. Metodika pokusu

Pokus s různými druhy meziplodin byl založen na Polní pokusné stanici Mendelovy univerzity v Žabčicích v letech 2016–2018. Po sklizni pšenice ozimé byla provedena podmítka, kypření nebo orba a předseťová příprava půdy. Meziplodiny byly vysévány 16. 8. 2016, 26. 8. 2017 a 26. 7. 2018. V pokusu byly použity následující druhy meziplodin (byly hodnoceny roky 2016 a 2017): hořčice bílá, ředkev olejná, svazanka vratičolistá, pohanka obecná, žito svatojánské proso seté, krambe habešská, sléz krmný, lesknice kanárská a světlice barvířská. Kromě variant



s jednotlivými druhy byly hodnoceny také směsi meziplodin (vyhodnocen roky 2017 a 2018): svazenka vratičolistá a pohanka obecná, hořčice bílá a pohanka obecná, hořčice bílá a svazenka vratičolistá, pohanka obecná a peluška, svazenka vratičolistá a peluška, svazenka vratičolistá a vikev panonská.

### 3.2. Dosažené výsledky

Vyšší **výnos nadzemní suché hmoty** byl dosažen v roce 2017 (průměrný výnos 1,71 t.ha<sup>-1</sup>) při srovnání s rokem 2016 (0,83 t.ha<sup>-1</sup>). V obou letech byly nejvyšší výnosy zjištěny u hořčice bílé, ředkev olejné, svazenky vratičolisté, pohanky obecné a krambe habešské (Tab. 10). V roce 2017 se výnosy u uvedených meziplodin pohybovaly od 2,27 do 2,79 t. ha<sup>-1</sup>.

Tab. 10: Výnos nadzemní suché hmoty druhů meziplodin (t.ha<sup>-1</sup>)

Druh meziplodiny	Rok	
	2016	2017
hořčice bílá	0,79	2,69
ředkev olejná	1,38	2,27
svazenka vratičolistá	1,53	2,79
pohanka obecná	1,04	2,58
žito svatojánské	0,36	1,05
proso seté	0,62	1,16
krambe habešská	0,66	2,52
sléz krmný	0,48	0,20
lesknice kanárská	0,39	0,41
světlice barvířská	0,79	1,36
průměr	0,83	1,71

Průměrný výnos nadzemní suché hmoty směsí meziplodin byl v obou letech srovnatelný mírně nad 2,80 t.ha<sup>-1</sup>. Pravidelně nejvyšší výnos byl sledován u směsi hořčice bílé a svazenky vratičolisté a u směsi ze svazenky vratičolisté a pelušky v roce 2017 až 3,68 t.ha<sup>-1</sup> (Tab. 11).

Tab. 11: Výnos nadzemní suché hmoty směsí meziplodin ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Směs meziplodin	Rok	
	2017	2018
svazenka vratičolistá a pohanka obecná	2,56	2,74
hořčice bílá a pohanka obecná	1,94	3,22
hořčice bílá a svazenka vratičolistá	3,28	3,03
pohanka obecná a peluška	2,97	2,00
svazenka vratičolistá a peluška	3,68	3,54
svazenka vratičolistá a vikev panonská	2,92	2,44
průměr	2,89	2,83

Mezi roky 2016 a 2017 byly znatelné rozdíly v **pokryvu půdy** meziplodinami (Tab. 12). V obou letech vykazovala (cca měsíc po setí) nejvyšší pokrytí povrchu půdy pohanka obecná. V roce 2016 byla půda pokryta z 32 % a v roce 2017 z 23 %. Pravidelně vyšší pokryvnost půdy byla sledována i u hořčice bílé. Na konci října, v obou letech, nejvyšší pokrytí půdy vykazovala svazenka vratičolistá (73 % v roce 2016 a 92 % v roce 2017). Významný rozdíl nebyl zaznamenán mezi svazenkou vratičolistou a hořčici bílou. V obou letech převážně nejnižší pokryvnost byla dosažena u lesknice kanárské a prosa setého. U varianty bez meziplodiny (kontrola) uvedené pokryvnosti vyjadřují výskyt plevelů.

Tab. 12: Pokryvnost půdy meziplodinami (%)

Druh meziplodiny	Rok/termín hodnocení			
	2016		2017	
	15. 9.	24. 10.	25. 8.	24. 10.
hořčice bílá	23	64	13	89
ředkev olejná	24	56	2	68
svazenka vratičolistá	13	73	8	92
pohanka obecná	32	33	23	49
žito svatojánské	12	58	8	67
proso seté	8	29	11	24
krambe habešská	10	43	2	67
sléz krmný	4	35	4	23
lesknice kanárská	6	34	2	55
světlice barvířská	12	62	4	57
kontrola – bez meziplodiny	3	18	2	27

V současné době existuje celá řada druhů meziplodin, které můžeme vybrat pro zařazení do osevního postupu. Ty se vyznačují různými biologickými vlastnostmi. Podle našich výsledků v jednom z nejsušších a nejteplejších míst v České republice (Žabčice) dokázaly meziplodiny vyprodukovat až  $2,79 t \cdot ha^{-1}$  suché hmoty. Rozdíl ve výnosech suché hmoty meziplodin mezi roky lze dát do souvislosti i s termínem výsevu meziplodin. **Ze sledovaných druhů**

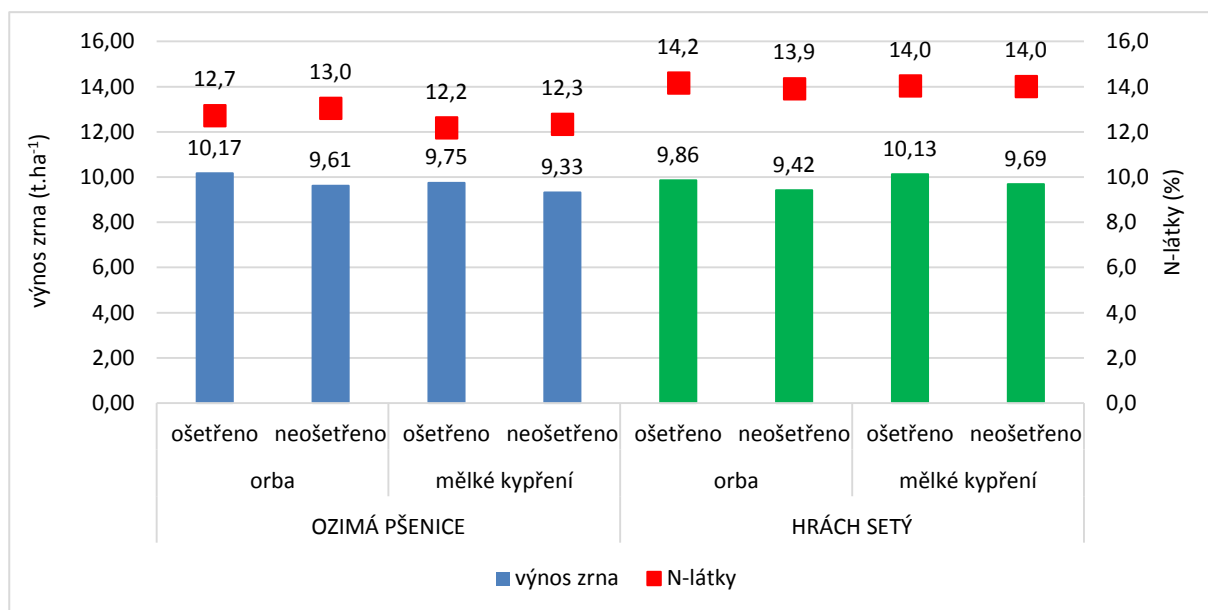
**meziplodin** je nejvhodnější volbou hořčice bílá, svazenka vratičolistá, pohanka obecná, ředkev olejná a krambe habešská. Jak uvádí Vach et al. (2009), nejvyšší účinek má porost meziplodin s rychlým růstem, vysokou produkcí biomasy a dlouhou dobou udržení listové plochy na podzim. Z hlediska eliminace eroze půdy v počátku vegetace meziplodin byla z uvedených meziplodin nejefektivnější pohanka obecná. Pulkrábek a Striegl (1997) uvádějí, že o 48 % se zmenší ztráta půdy při 20% pokryvu půdy meziplodinami, pod 5 % pak klesá při 90% pokryvu. Pravidelně vyšší pokrytí povrchu půdy bylo sledováno u hořčice bílé a na konci října i u svazenky vratičolisté. Meziplodiny s vyšším pokrytím povrchu půdy zároveň zabraňovaly evaporaci vody z půdy. To se shoduje i s výsledky Bodnera (2007). Ostatní sledované druhy meziplodin nedokáží efektivně naplnit sledované cíle pěstování meziplodin – obohatit půdu o organickou hmotu a zlepšit půdní vlastnosti, omezit znečišťování vodních zdrojů dusíkem a redukovat erozi půdy. Vyšší efektivnost lze najít při pěstování směsí meziplodin, například směs svazenky vratičolisté a hořčice bílé nebo směs svazenky s peluškou. Druhy meziplodin do směsí je nutné vybírat na základě jejich biologických vlastností a poměrového zastoupení ve směsi.

#### 4. Ekonomické vyhodnocení vlivu agrotechnických faktorů

Pro ekonomické vyhodnocení pěstování ozimé pšenice u jednotlivých pěstebních technologií (variant) byly použity tři ekonomické ukazatele, a to variabilní náklady, tržby a příspěvek na úhradu. Variabilní náklady byly vypočteny na základě nákladů na osivo, minerální hnojiva, pesticidy a mechanizační polní práce. K výpočtu nákladů na materiální vstupy (osiva, hnojiva a pesticidy) byly využity ceníky distributorů v regionu jižní Moravy platné v jednotlivých letech. Náklady na mechanizační polní práce byly vypočteny na základě „Normativů pro zemědělskou a potravinářskou výrobu“, které jsou dostupné na internetových stránkách [www.agronormativy.cz](http://www.agronormativy.cz). Tržby byly vypočítány na základě vynásobení dosažených výnosů z jednotlivých pěstebních technologií (Graf 20) a výkupních cen za 1 tunu zrna. Parametr obsahu N-látek byl použit jako kritérium pro stanovení výše výkupní ceny (Tab. 13). Kategorii potravinářské pšenice s obsahem N-látek 11,5–12,4 % (dle normy ČSN 46 1200-2) byla přiřazena základní cena 4 500 Kč.t<sup>-1</sup>, která byla použita ve všech třech letech. U pšenice s vyšším obsahem N-látek byl připočítáván bonusový příplatek, kdy za každé procento obsahu N-látek nad tento limit se cena navýšila o 200 Kč.t<sup>-1</sup>. Naopak pokud byly N-látky v zrně nižší než 11,5 % (10,5–11,4 %) byla cena snížena na úroveň 4 000 Kč.t<sup>-1</sup> pro kategorii nesplňující kritéria pro potravinářskou pšenici (lze hovořit o krmné pšenici). Příspěvek na úhradu (PÚ) byl vypočítán rozdílem mezi dosaženými tržbami a variabilními náklady. PÚ je v praxi používán jako ekonomický ukazatel efektivnosti hospodaření a vyjadřuje souhrn prostředků, které je možno použít na úhradu fixních nákladů a případný přebytek představuje zisk.

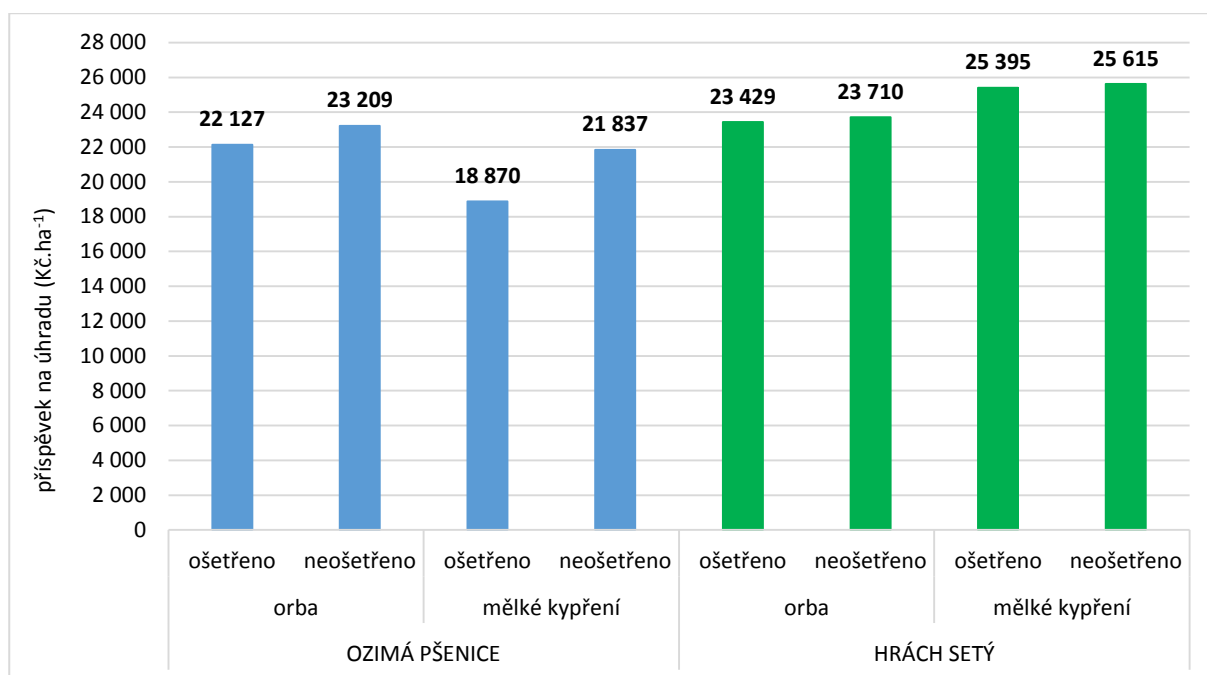
Tab. 13: Výkupní cena (Kč.t<sup>-1</sup>) pro jednotlivé kategorie kvality dle obsahu N-látek

Obsah N-látek (%)	Výkupní cena (Kč.t <sup>-1</sup> )
10,5 – 11,4	4 000
11,5 – 12,4	4 500
12,5 – 13,4	4 700
13,5 – 14,4	4 900



Graf 20: Vliv agrotechnických faktorů na výnos zrna a obsah N-látek u ozimé pšenice v letech 2015–2017

Z výsledků v Grafu 21 vyplývá, že v průměru tří let byl nejvyšší příspěvek na úhradu (PÚ) u ozimé pšenice dosažen po předplodině hrachu setém při zpracování půdy mělkým kypřením a bez aplikace fungicidů 25 615 Kč.ha<sup>-1</sup>. Nejnižší PÚ byl pak po předplodině ozimé pšenici s variantou zpracování půdy mělkým kypřením a s aplikací fungicidů 18 870 Kč.ha<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi těmito technologiemi činí 6 745 Kč.ha<sup>-1</sup>. Z celkových výsledků PÚ vyplynulo, že vyšší PÚ na úhradu byl dosažen spíše u fungicidně neošetřené varianty, a to u obou předplodin a technologií zpracování půdy. Tento výsledek znamená, že aplikace dvou fungicidů není ekonomicky efektivní.



Graf 21: Vliv různých agrotechnických faktorů na příspěvek na úhradu u ozimé pšenice (průměr za roky 2015–2017)

Dosažené tříleté výsledky (2015–2017) potvrdily pozitivní vliv hrachu jako zlepšující předplodiny ozimé pšenice, a to nejen z hlediska výnosu a obsahu N-látek v zrně, ale také vyššího ekonomického zhodnocení (příspěvku na úhradu). Dále bylo zjištěno, že při volbě zpracování půdy musí být zohledněna předplodina, neboť po hrachu bylo lepších výsledků dosaženo u minimalizační technologie (mělké kypření), ale naopak tomu bylo po pšenici, kdy bylo lepších výsledků dosaženo po konvenční technologii (orba). Svou roli v tomto případě může hrát strukturní stav půdy po odlišných předplodinách. Zvláště po hrachu se projevuje pozitivní vliv mělkého kypření, v podobě lepšího hospodaření s vodou v sušších a teplejších podmínkách, které se v posledních letech objevují na jižní Moravě. Použití fungicidů je třeba v podmínkách suché oblasti zvažovat velmi obezřetně, poněvadž paušální aplikace dvou fungicidů se v řadě případů ukázala jako nerentabilní. Při rozhodování o aplikaci fungicidů je třeba brát v úvahu předplodinu, resp. způsob zapravení posklizňových zbytků, ale také průběh povětrnostních podmínek ve vztahu k rozvoji houbových chorob. V řadě případů může být pak dostatečná jedna aplikace, přičemž ve výjimečných případech může být úspěšné pěstování i bez aplikace fungicidů, nicméně s určitou mírou rizika.

## 5. Vliv agrotechnických faktorů na půdní vlastnosti

Řada výzkumných prací se zabývá vlivem různých technologií zpracování půdy na změny půdních vlastností. Snížení hloubky a intenzity zpracování půdy má většinou příznivý vliv na půdní a životní prostředí (Singh a Malhi, 2006). Může vést ke zvyšování obsahu a kvality půdní organické hmoty (Tebrügge a Düring, 1999; Yang a Kay, 2001) a zlepšování strukturního stavu půdy (Procházková a Hrubý, 1989; Lal, 1998; Kladivko, 2001). Dále jsou uváděny výsledky vlivu zpracování půdy na změny biologické aktivity půdy (Balota et al., 2003), na infiltraci vody do půdy (Shipitalo et al., 2000), k regulaci vodní a větrné eroze (Singh a Malhi, 2006), ke snižování emise oxidu uhličitého z půdy do ovzduší (Ball et al., 2008; West a Marland, 2002). V sušších oblastech, kde je voda limitujícím faktorem, je redukce intenzity zpracování půdy základem úspěšného hospodaření (Larney a Lindwall, 1994; Šíp et al., 2009).

V oblastech trpících častým nedostatkem srážek hraje organická hmota v půdě zásadní roli při zadržování vody v krajině a regulaci její dostupnosti pro rostliny. Zdravá půda, tj. půda v dobré fyzikální kondici s ohledem na její přirozený potenciál, je schopna zadržovat velké množství srážek a během déletrvajícího sucha naopak poskytuje rostlinám dostatek vláhy. Vodní retenční kapacita půd je dána infiltrací vody do půdy a schopností udržet vodu v půdním profilu a závisí na mnoha faktorech. K nejdůležitějším z nich patří struktura půdy, která určuje prostorové uspořádání částic a volných prostorů a tím i velikost a rozložení půdních pórů a objemovou hmotnost půdy (Bronick a Lal, 2005). Základ dobré půdní struktury tvoří agregáty, které vznikají slepováním bakterií a jílových částíček s houbovými vlákny, hrubšími minerálními částicemi, kořeny a nerozloženými zbytky rostlin. Stabilita půdních agregátů zlepšuje půdní pórovitost a zvyšuje zastoupení kapilárních pórů, v nichž zůstává voda dostupná pro rostliny. Současně zlepšuje provzdušněnost a vododržnost půdy a schopnost vázat živiny využitelné rostlinami. Obsah půdních pórů a jejich geometrie mají zásadní vliv na účinné vsakování vody do půdy a spolu s organickou hmotou regulují zadržování vody v půdě (Barthés a Roose, 2002). Dalším faktorem ovlivňujícím vsakování vody do půdy je hloubka půdního profilu a vlastnosti podpovrchových horizontů.

Vliv organické hmoty na zadržení vody v půdě závisí na podílu jílu a písku v půdě. Organická hmota hraje významnější roli na lehkých písčítých než na těžkých jílovitých půdách. Na písčítých půdách, chudých na organickou hmotu, nárůst jejího obsahu zvyšuje retenci vody, zatímco na jílových půdách, chudých na organickou hmotu, tato změna působí opačně. Na půdách bohatých na organickou hmotu naopak další zvýšení jejího obsahu zlepšuje retenční kapacitu u všech druhů půd, nezávisle na zrnitostním složení. Z výsledků lze usuzovat, že obohacování zemědělských půd chudých na organickou hmotu přinese rychleji zlepšení jejich vodní retenční kapacity v půdách lehkých než těžkých (Šantrůčková et al., 2015).

Orné půdy na území ČR jsou často nesprávným hospodařením negativně ovlivněny, jejich kvalita se zhoršuje a současně dochází k úbytku organické hmoty v půdě. Právě intenzivní obhospodařování spojené s opakovaným pěstováním monokultur, nadměrným používáním

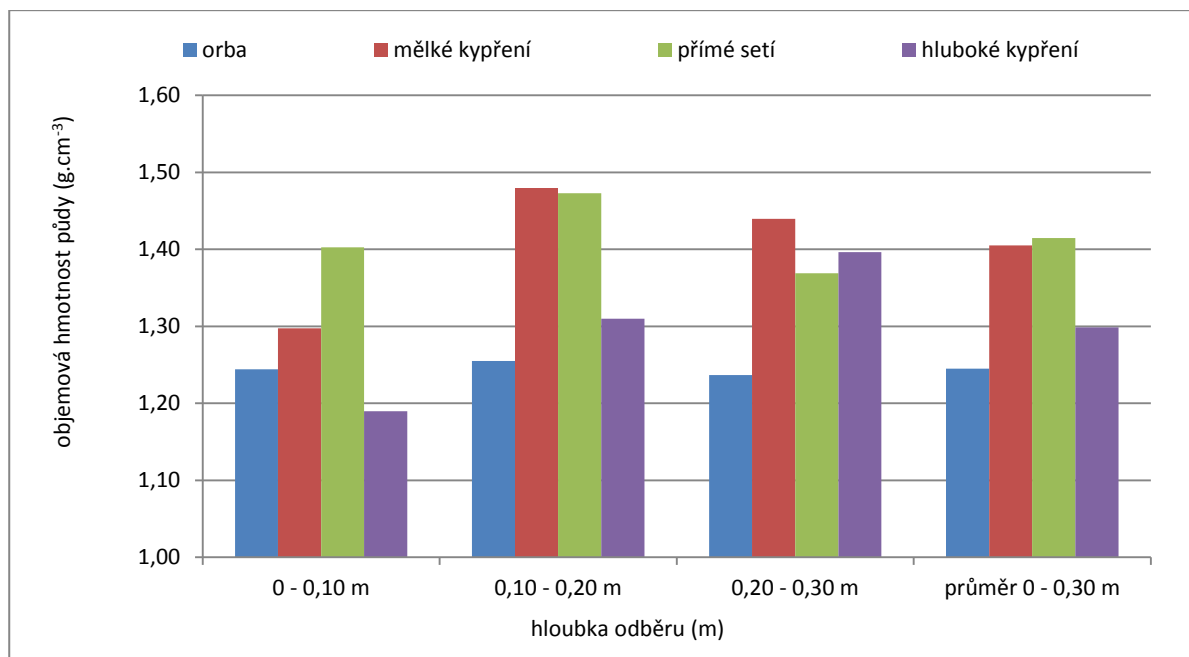
minerálních hnojiv a pesticidů vede k poklesu obsahu organické hmoty a zvýšené utuženosti půd. Zlepšování kvality půd a jejich dobrých retenčních schopností prostřednictvím zvyšování obsahu a kvality organické hmoty v půdě je tedy prioritou pro udržitelné zemědělství a při ochraně a tvorbě venkovské krajiny.

### 5.1. Vliv zpracování půdy na fyzikální vlastnosti půdy

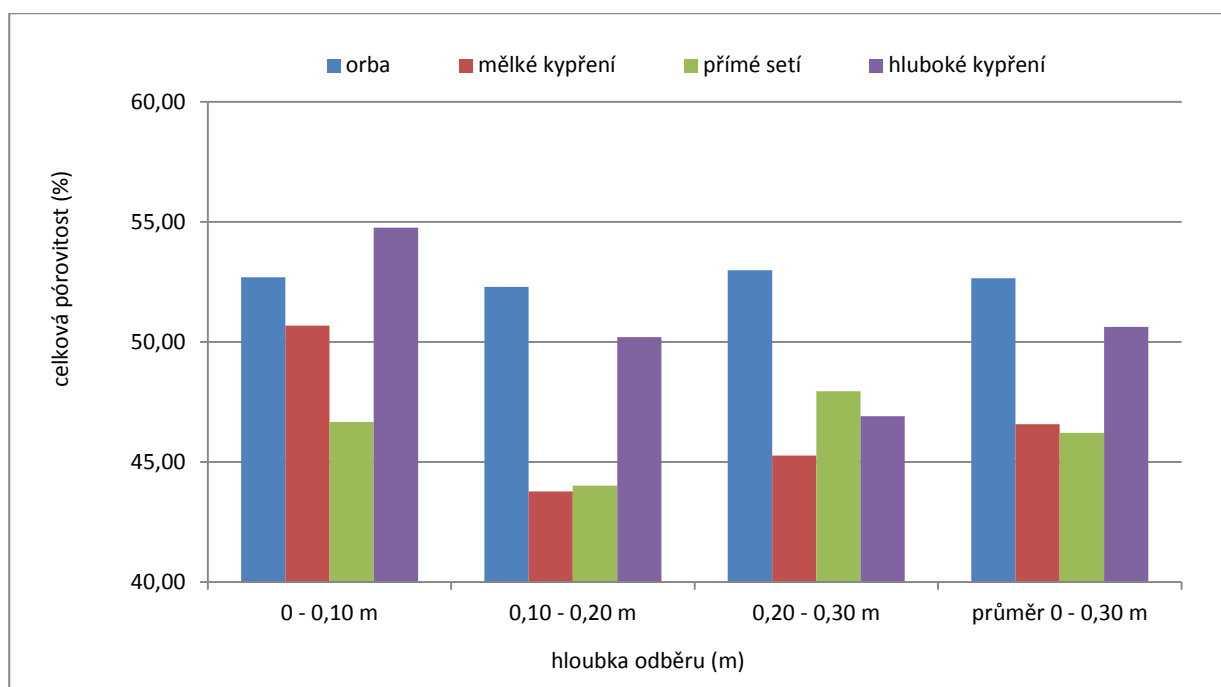
V polním poloprovozním pokusu, který byl založen v roce 2001 na pozemku AGROSERVIS, 1. zemědělská a.s. Višňové, byly sledovány fyzikální vlastnosti půdy (bližší popis pokusu je uveden v kapitole 2.2.).

Pro hodnocení základních fyzikálních vlastností byly po sklizni kukuřice u všech variant odebrány Kopeckého fyzikální válečky, vždy ve třech hloubkách (0–0,10; 0,10–0,20; 0,20–0,30 m) v pěti opakováních.

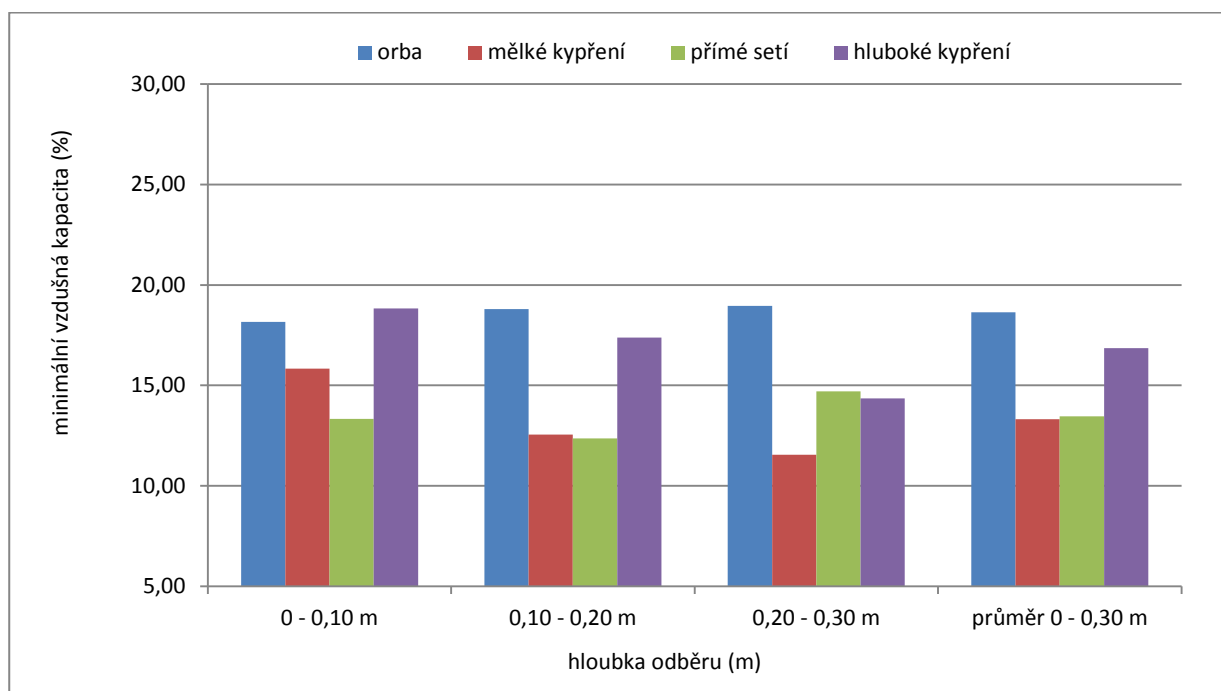
Sledované fyzikální vlastnosti půdy velmi dobře odrážejí každý mechanický zásah do třífázového půdního systému (pevná půdní hmota, voda a vzduch). Výsledky zjištěné v letech 2015–2018 jsou znázorněny v Grafech 22–25.



Graf 22: Vliv různých variant zpracování půdy na objemovou hmotnost půdy (Višňové 2015–2018)

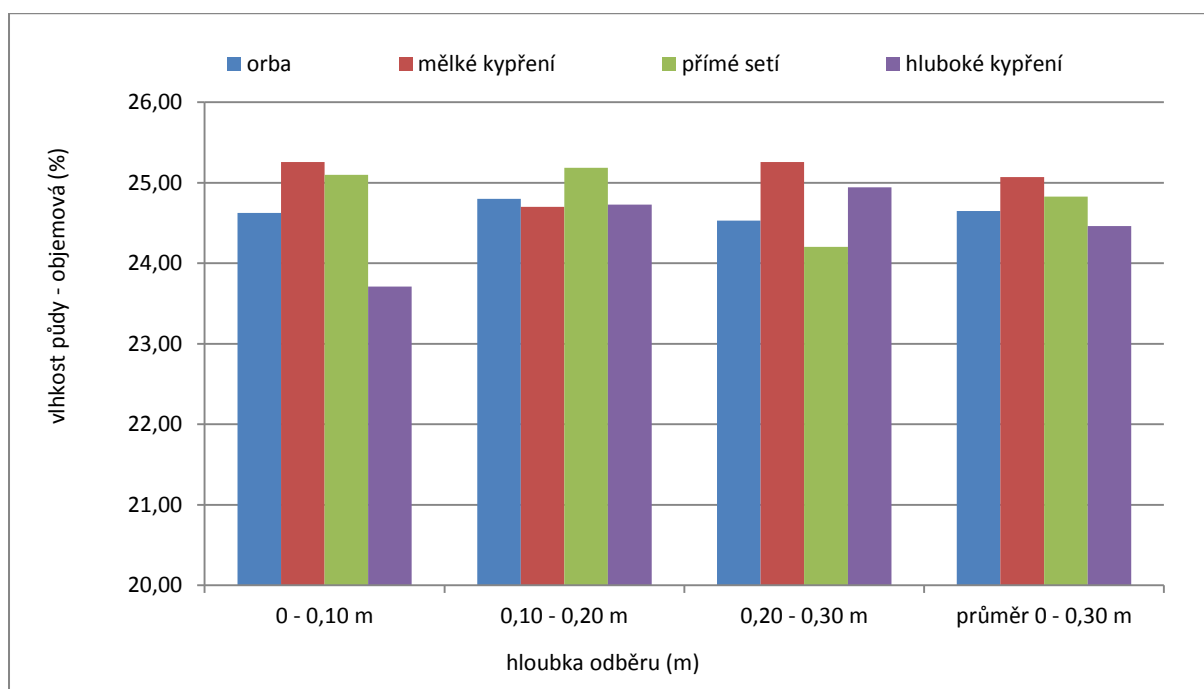


Graf 23: Vliv různých variant zpracování půdy na celkovou pórovitost (Višňové 2015–2018)



Graf 24: Vliv různých variant zpracování půdy na minimální vzdušnou kapacitu (Višňové 2015–2018)





Graf 25: Vliv různých variant zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy (Višňové 2015–2018)

Zjištěné hodnoty ukazují, že minimalizační technologie (mělké kypření a přímé setí) se vyznačují vyššími hodnotami objemové hmotnosti půdy. Z hodnot v Grafu 25 je vidět velmi pozitivní vliv hlubokého kypření na pokles objemové hmotnosti, kdy se její hodnoty blíží orbě. Celková pórovitost a minimální vzdušná kapacita koresponduje s objemovou hmotností půdy. Z analýzy fyzikálních válečků byla rovněž zjištěna objemová vlhkost půdy. U této velmi důležité vlastnosti půdy se naopak kladně projevil pozitivní efekt redukce hloubky zpracování půdy (mělké kypření a přímé setí), které se vyznačovaly vyšší vlhkostí oproti variantě s orbou. Také hluboké kypření s vyšším obsahem nekapilárních pórů může být hlavně při nedostatku srážek, které je v poslední době stále častější, nevýhodou.

Zjištěné výsledky potvrdily tvrzení, že každý úkon ve zpracování půdy ovlivní v určitém stupni její fyzikální stav. Technologie s hlubším a intenzivnějším zpracováním půdy snižují hodnoty objemové hmotnosti, ale také vykazují nižší hodnoty vlhkosti půdy.

## 5.2. Vliv režimu hnojení na půdní organickou hmotu v orných půdách ČR

Na deseti lokalitách a v různých dlouhodobých pokusech (založených mezi lety 1955 a 1983) byl hodnocen vliv stanovištních podmínek a agrotechniky (zejména hnojení) na obsah a složení půdní organické hmoty. Rozsah lokalit pokrývá širokou škálu pedo–klimatických podmínek, proto lze výsledky tohoto výzkumu extrapolovat pro podmínky ČR. Pro srovnání jsme z každého pokusu zvolili čtyři kontrastní způsoby hnojení:

- variantu nehnojenou (kontrola),
- hnojenou pouze minerálními hnojivy (NPK),
- hnojenou pouze hnojem,
- hnojenou kombinací minerálních a organických hnojiv.

Odběr a analýza půdních vzorků z ornice byly provedeny během desetiletého období a hodnocen byl průměr půdních parametrů, abychom zachytili dlouhodobé trendy a omezil se vliv meziročních fluktuací hodnot parametrů.

Výsledky jednoznačně prokázaly **pozitivní vliv aplikace hnoje na obsah půdní organické hmoty** (POH), Tab. 14, a to zejména v kombinaci s minerálními hnojivy, kdy se obsah POH, za celou dobu pokusu, zvýšil o 1 až 3 g.kg<sup>-1</sup>. Vlivem hnojení vzrostl také podíl labilních (lehce rozložitelných) složek půdní organické hmoty, přičemž tyto složky mají pozitivní vliv na půdní biotu a tím i na celkové zdraví půdy. Vliv pouze minerálního hnojení byl nižší, projevil se pouze u půd s nižším obsahem POH a obvykle nepřesáhl 1,5 g.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 14: Obsah celkového uhlíku ( $C_{tot}$ %) v dlouhodobých pokusech VÚRV v závislosti na variantě hnojení (průměr výsledků z let 2004–2014)

Lokalita/pokus	Varianta/ $C_{tot}$ (%)			
	kontrola	NPK	hnůj	hnůj+NPK
Ivanovice (VOP)	1,958	n	2,070	2,239
Ivanovice (IOSDV)	1,959	1,937	2,275	2,336
Čáslav (VOP)	1,429	n	1,533	1,646
Hněvčeves	1,178	1,254	1,258	1,294
Kostelec	0,975	1,043	1,054	1,114
Praha-Ruzyně (hon B)	1,388	1,488	1,727	1,703
Praha-Ruzyně (hon IV)	1,385	1,403	1,564	1,612
Trutnov	1,177	1,312	1,505	1,563
Humpolec	1,480	1,719	1,613	1,732
Pernolec	1,168	1,225	1,173	1,227
Lukavec (VOP)	1,387	n	1,564	1,657
Lukavec (IOSDV)	1,351	1,363	1,513	1,474
Vysoké nad Jizerou	1,971	1,851	1,935	2,092
průměr	1,447	1,459	1,599	1,668

VOP – výživářský osevní postup

IOSDV – Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (mezinárodní pokus s organickým hnojením a stupňovanými dávkami dusíku)

n – nestanoveno

U dvou lokalit, půd s nejvyšším obsahem POH, byla naopak zaznamenána stagnace až mírný pokles jejího obsahu při minerálním hnojení bez přídavku dodatečné organické hmoty. Tento jev je na první pohled překvapivý, protože dodáním živin významně vzrůstá produkovaná biomasa plodin, tím i množství zaorávaných posklizňových zbytků a také proporcionálně kořenová biomasa, a tak je přísun organických látek do půdy vyšší než u nehnojené varianty.

To indikuje možnost tzv. "priming efektu", tj. akceleraci rozkladu stávající půdní organické hmoty přidávkem minerálních hnojiv. Jednalo se přitom o půdy s naprosto odlišnými stanovištními podmínkami (Vysoké nad Jizerou; kambizem v nadmořské výšce 820 m n. m. a Ivanovice na Hané; černozem v nadmořské výšce 225 m n. m.) a jediným společným znakem byl vysoký obsah POH. Na základě těchto výsledků lze konstatovat:

- u půd s přirozeně vysokým obsahem POH je dodávání externí organické hmoty neméně důležité jako u půd na POH chudších,
- nadměrné hnojení minerálními dusíkatými hnojivy může být u obou typů půd nejenom ekonomicky neefektivní (buď ztráta vyplavením, nebo omezení vstupu N do rostliny v důsledku sucha), ale navíc degraduje půdy zintenzivněním rozkladu POH.

Pro černozemě, které leží v oblastech ohrožovaných suchem, můžeme na základě získaných výsledků doporučit pečlivé sledování obsahů minerálního N v půdě, předcházení jeho nadměrným aplikacím a pokud není k dispozici externí zdroj organických hnojiv, je nutné zpracování co největšího podílu posklizňových zbytků do půdy. Toto samozřejmě zároveň naráží na provozní problémy, kdy při nedostatku vláhy není sláma obilnin dostatečně rychle rozkládána a stav půdy nepříznivě ovlivňuje vzcházení, růst a výnosy následné plodiny.

Dále bylo zjištěno, že půdy s vyšším obsahem jílu měly tendenci obsahovat nižší podíl labilních složek, zřejmě kvůli jejich vazbě a stabilizaci na povrchích jílových minerálů. Tento efekt ve výsledku znamená určitou "ochranu" dodávaných organických látek nebo kořenové a posklizňové biomasy plodin před úplným rozkladem, tj. jejich rychlejší stabilizaci na zrnitostně těžších půdách. Vyšší obsah jílu takto podmiňuje i vyšší akumulaci POH. Vliv režimu hnojení na obsah POH může být vyšší než u texturně lehčích půd.

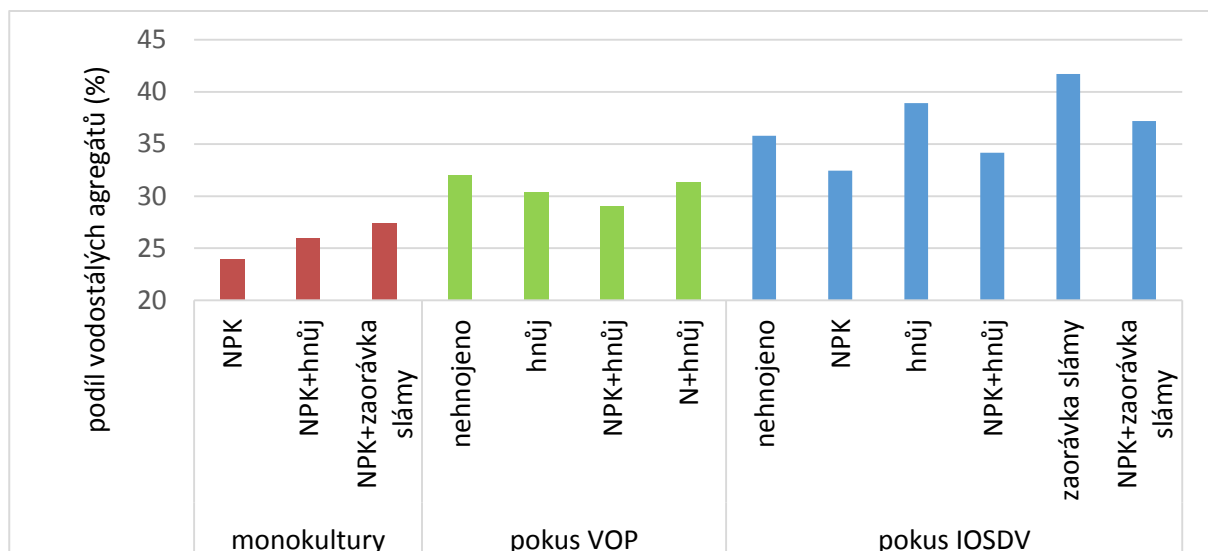
### 5.3. Případová studie pro suché oblasti – změny půdní kvality

Další sledování půdních vlastností bylo zaměřeno na oblasti se zvýšeným rizikem sucha a probíhalo v dlouhodobých polních pokusech založených v teplých a suchých podmínkách jižní Moravy, na pokusné stanici Ivanovice na Hané.

Cílem výzkumu publikovaného v práci Stehlíkové et al. (2016) bylo porovnání změn **stability půdních agregátů (SAS) a půdní organické hmoty (POH)** ve třech dlouhodobých polních pokusech, které se liší v experimentálním provedení, ale zahrnují srovnatelné hnojení. Pro hodnocení byly vybrány tři polní pokusy založené na černozemi (pokus s monokulturou obilnin a pokusy s tří a osmiletým střídáním plodin). Pokusy byly založeny v letech 1956-1983 s různými plodinami a osevními postupy a srovnatelnými systémy hnojení: kontrola (bez hnojení); NPK; hnůj; NPK + hnůj; N + hnůj; zaorávka slámy; NPK + zaorávka slámy. Po sklizni plodin byly v podzimním období odebrány vzorky půdy pro laboratorní analýzy. Ve vzorcích půd bylo stanoveno pH, obsah celkového organického C a celkového N a obsah horkou vodou extrahovatelného C (HWC). Současně byla hodnocena stabilita půdních

agregátů (SAS). Pomocí FTIR spektroskopie byly sledovány alifatické (labilní) a aromatické (stabilnější) složky půdní organické hmoty.

Při hodnocení stability půdních agregátů byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými experimenty. Nejnižší hodnota SAS (tj. agregáty nejcitlivější na rozplavení) byla zjištěna v půdách s monokulturním pěstováním obilnin, zatímco nejvyšší hodnoty SAS byly pozorovány v pokusu, kde byla pěstována cukrová řepa v kombinaci s obilninami. Rozdíly mezi jednotlivými systémy hnojení byly znatelné, výsledky ukazují spíše **negativní vliv minerálního NPK hnojení na stabilitu půdních agregátů**. Statisticky významné rozdíly mezi aplikací minerálního NPK a zaorávkou slámy s přidavkem NPK byly pozorovány v monokulturním pokusu. To odpovídá literárním údajům (Wang et al., 2013) popisujícím, že hnojení organickými hnojivy zlepšilo stabilitu půdních agregátů a mikrobiologické vlastnosti půdy ve srovnání s nehnojenými a minerálně hnojenými variantami. Ve všech pokusech byl zaznamenán statisticky průkazný **pozitivní vliv organického a kombinovaného hnojení na obsah celkového organického C, celkového N a labilního uhlíku HWC**. Podobně pozitivní vliv organického hnojení na vlastnosti půdy popsal Wang et al. (2011). Alifatické, labilní složky POH byly ve všech experimentech hnojených organickými hnojivy vyšší ve srovnání s kontrolními plochami. Naopak obsah stabilních aromatických složek POH se mezi variantami příliš nelišil, i když v nehnojených variantách a při hnojení minerálními NPK byl často vyšší. Tyto výsledky naznačují rozdíly ve stupni rozkladu půdní organické hmoty v závislosti na různém hnojení. Hnůj dodává do půdy větším množstvím organické hmoty, která se postupně přeměňuje na stabilnější složky.



Graf 26: Vodostálost půdních agregátů v závislosti od hnojení ve třech pokusech na černozemní půdě v Ivanovicích na Hané

VOP – výživářský oseední postup

IOSDV – Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (mezinárodní pokus s organickým hnojením a stupňovanými dávkami dusíku)

Při statistickém hodnocení výsledků byla prokázána závislost mezi hodnotami SAS a pH půdy. Závislost mezi SAS a obsahem organického uhlíku, jak uvádí Kogut et al. (2012), nebyla prokázána. Také nebyla potvrzena závislost mezi SAS a celkovým obsahem dusíku uvedeným v práci Kasper et al. (2009). Labilní uhlík (HWC) pozitivně koreloval s celkovým obsahem organického C i N a alifatickými složkami POH. Významná pozitivní korelace mezi HWC a alifatickými složkami POH ukazuje povahu této frakce, která je navíc potvrzena negativní korelací mezi HWC a aromatickými složkami POH. HWC představuje labilní (aktivní) část POH, která vykazuje vysokou míru obratu.

Sledování dopadu různých postupů hospodaření a hnojení na vlastnosti půdy v dlouhodobých polních pokusech odhalilo významný pozitivní vliv střídání plodin na stabilitu půdních agregátů. Současně byl pozorován negativní vliv dlouhodobého používání minerálních hnojiv na SAS. FTIR spektroskopie v této studii umožnila charakterizovat labilní a stabilní složky relevantní pro organickou hmotu v půdě. Pomocí indexu rozkladu jako indikátoru transformace POH byly zjištěny podstatné rozdíly ve stupni rozkladu půdní organické hmoty v závislosti na dlouhodobém organickém a minerálním hnojení. Výsledky sledování půdních vlastností v různých systémech hospodaření napomáhají k výběru vhodných postupů, které vedou k udržení nebo vylepšení půdních vlastností a půdní úrodnosti v suchých oblastech.

## 6. Praktická doporučení a závěry

Výsledky získané z výše uvedených pokusů potvrdily, že výnos obilnin je ovlivněn řadou agrotechnických faktorů, přičemž významnou roli hraje ročník. Zvláště v suchých letech dochází k poklesu výnosu, především po některých předplodinách (např. u ozimé pšenice po vojtěšce). Také u jarního ječmene byl nejnižší výnos zaznamenán ve sledu – kukuřice na siláž, cukrovka, jarní ječmen, kdy po sobě následovaly dvě na vodu náročné předplodiny. Taková situace nastává především tehdy, když během suché zimy nedojde k doplnění zásob vody.

Z různých lokalit, s odlišnými půdně–klimatickými podmínkami, byly získány výsledky, které se v některých případech shodují nebo jsou naopak protichůdné. Z toho plyne, že je těžké řadu výsledků jednoduše zobecnit. U řady agrotechnických faktorů nebyl prokázán jejich samostatný vliv, ale naopak se projevila tzv. interakce (spolupůsobení) s jiným faktorem.

Takovým příkladem je interakce mezi zpracováním půdy a předplodinou, kdy např. v kukuřičné výrobní oblasti při pěstování ozimé pšenice po ozimé pšenici a po kukuřici na siláž nebyly zjištěny rozdíly ve výnosu mezi různými způsoby zpracování půdy. Naopak po hrachu a po vojtěšce byly průkazně vyšší výnosy zaznamenány při minimalizačním zpracování půdy. Také v podmínkách řepařské výrobní oblasti se vliv různé intenzity zpracování půdy projevovat v závislosti na předplodině. Obdobně jako v kukuřičné oblasti byly u ozimé pšenice pěstované po kukuřici na siláž rozdíly ve výnosech mezi variantami zpracování malé, statisticky neprůkazné. Po vojtěšce byly zaznamenány vyšší výnosy na variantách, které lépe hospodaří

s vodou, po mělké orbě na 0,15 m a po mělkém kypření půdy na 0,10 m. Při pěstování ozimé pšenice po hrachu byl dosažen nejvyšší průměrný výnos po přímém setí do nezpracované půdy. V suchých letech se zde projevovала určitá tendence ke zvyšování výnosů ozimé pšenice při nižší intenzitě zpracování půdy. Celkově lze vliv snížení intenzity zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice v daných podmínkách řepařské výrobní oblasti hodnotit jako neutrální až pozitivní, kdy využití nižší intenzity zpracování půdy je prakticky možné po všech třech předplodinách.

U jarního ječmene pěstovaného v kukuřičné výrobní oblasti byly dosaženy průkazně vyšší výnosy oproti orbě a přímému setí při technologii zpracování půdy kypření. V řepařské výrobní oblasti byly dosaženy průkazně vyšší výnosy, ve srovnání s orbou na 0,22 m, na variantách s mělkou orbou na 0,15 m a s přímým setím do nezpracované půdy. V suchých letech se zde projevovала, obdobně jako u ozimé pšenice, určitá tendence ke zvyšování výnosů při nižší intenzitě zpracování půdy.

Vliv různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno pěstované v podmínkách kukuřičné výrobní oblasti v monokultuře byl malý, statisticky neprůkazný. Nejvyšší průměrný výnos dosažen po mělkém kypření půdy, nejnižší po přímém setí do nezpracované půdy. Nejnižší výnosy kukuřice byly dosaženy v letech 2015 a především 2017, kdy se projevovávalo nedostatečné vláhové zabezpečení rostlin v kritických termodynamických fázích kukuřice. V těchto suchých podmínkách byly zaznamenány vyšší výnosy na variantách s mělkým i hlubším kypřením půdy a nižší po orbě na 0,22 m a po přímém setí do nezpracované půdy.

Na variantě s přímým setím do nezpracované půdy se projevovával nedostatek vzduchu v půdě a pomalejší prohřívání půdy, což následně negativně ovlivnilo řadu dalších procesů, které mají úzkou vazbu ke klíčení, vzcházení a počátečnímu růstu kukuřice. V souvislosti s vyšším množstvím posklizňových zbytků na povrchu půdy, zde vznikaly problémy s kvalitou založení porostu kukuřice a nižší účinností preemergentních herbicidů. Vynechání zpracování půdy na podzim i na jaře a přímé setí do nezpracované půdy je při opakovaném pěstování kukuřice třeba považovat za krajní variantu.

V souvislosti s přepokládaným postupným oteplováním a s tím spojeným zhoršováním vláhového zabezpečení rostlin lze předpokládat další rozšiřování technologických postupů s nižší intenzitou zpracování půdy, které lépe hospodaří s půdní vodou. Kromě toho je důležité zohlednit hloubku zpracování půdy nejen s ohledem na požadavky pěstované plodiny, ale také ve vztahu k vlhkosti půdy. Intenzivní, časté a příliš hluboké zpracování půdy vede ke zvýšeným ztrátám vody z půdy. Velmi důležité je minimalizovat riziko vzniku zhutnění půdy. Příčinou jeho vzniku je nejen nevhodné zpracování půdy, ale i řada dalších faktorů, které se vzájemně ovlivňují. Častou příčinou zhutnění je opakované zpracování půdy na stejnou hloubku či nadměrně nakypřená půda, která není únosná pro pojezdy zemědělské techniky po poli, zvláště za vlhka. V této souvislosti je důležitá zpětná vazba, posouzení zhutnění, na základě měření penetrometrického odporu pomocí penetrometru, který by neměl chybět v žádném zemědělském podniku.

Při hospodaření v suchých oblastech je třeba optimalizovat technologie zpracování půdy tak, abychom dokázali:

- zachytit a zadržet dešťovou vodu efektivním vsakováním,
- využít zadrženou vodu v půdě a zajistit její dostupnost pro rostliny na základě podpory vododržnosti půdy zvyšováním objemu kapilárních pórů.

Kromě samotného zpracování půdy je nezbytné věnovat pozornost bilanci organické hmoty v půdě s ohledem na různé systémy hospodaření a tedy i zdroje primární organické hmoty. Tato problematika je úzce spjata se strukturním stavem půdy, který přímo ovlivňuje retenční schopnost půdy.

V systémech s živočišnou výrobou proto nelze opomenout pozitivní význam chlévského hnoje z pohledu půdní úrodnosti. V systémech hospodaření bez živočišné výroby je zapotřebí optimalizovat management posklizňových zbytků. Jedná se o to, aby se posklizňové zbytky dlouhodobě nehromadily na povrchu půdy (či v povrchové vrstvě), ale byly zapravovány do půdy tak, aby mohlo docházet k jejich rychlejšímu rozkladu.

Při hospodaření bez živočišné výroby, zejména při vyšším zastoupením obilnin v sušších podmínkách, vzniká problém při hnojení slámou, a to jak u tradičních, tak především u minimalizačních technologií zpracování půdy. V našich sledováních se při opakovaném pěstování ozimé pšenice i jarního ječmene projevovalo nepříznivé působení zapravování slámy do půdy na výnosy. Negativní vliv zapravování organické hmoty do půdy (slámy, zeleného hnojení a chlévského hnoje) se výrazněji projevovat v extrémně suchých letech.

Obecně nepříznivé dopady hnojení slámou na následné plodiny se projevují více v suchých podmínkách a u ozimých plodin, u nichž není dostatečně dlouhá doba mezi zapravením slámy a setím. Při pomalém rozkladu slámy zůstává v půdě větší množství nerozložených organických látek, které mohou způsobovat inhibici klíčení a počátečního růstu následné plodiny. Inhibice je většinou kombinací fyzikálního a biochemického vlivu (spotřeba vody na rozklad slámy, fytotoxické látky uvolňované ze slámy nebo vznikající při jejím rozkladu).

Předpokladem pro efektivní využívání slámy jako organického hnojiva je zajištění vhodných podmínek pro urychlení a zkvalitnění jejího rozkladu, a to především úpravou poměru uhlíku a dusíku ve slámě doplňkovým hnojením dusíkem a co nejrychlejším zapravením slámy do půdy podmínkou. Po promísení slámy s půdou začnou okamžitě probíhat rozkladné procesy. Včas provedená podmínka navíc výrazně omezuje neproduktivní výpar vody z půdy a tím vytváří vhodné vlhkostní podmínky pro rozklad slámy.

Velký potenciál v systémech hospodaření na půdě mají meziplodiny a jejich vyprodukovaná biomasa (zelené hnojení) jako alternativní zdroj kvalitní organické hmoty. Snahou musí být jejich výsev co nejdříve po sklizni, aby jejich porost zakryl půdu a omezil nadměrné přehřívání půdy, jehož důsledkem jsou významné ztráty vody výparem. S tímto přístupem má pěstování meziplodin jednoznačně pozitivní roli, a to i v suchých oblastech při obavách z odčerpání vody z půdy potřebné pro produkci biomasy. Důležitý je také výběr vhodných druhů.

### III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Předkládaná metodika poskytuje informace o významu, působení a uplatnění agrotechnických opatření v různých systémech hospodaření a o možnostech jejich optimalizace v suchem ohrožených oblastech. Takto lze alespoň částečně eliminovat negativní dopady sucha nejen na produkci (výnos i kvalitu), ale i půdu a její úrodnost.

V souvislosti s předpokládaným postupným oteplováním, a s tím spojeným zhoršováním vláhového zabezpečení rostlin, lze předpokládat další rozšiřování technologických postupů s nižší intenzitou zpracování půdy, které lépe hospodaří s půdní vodou.

Metodika je také praktickým návodem pro hospodaření v systémech s živočišnou výrobou a bez ní. Nedílnou součástí jsou proto zásady správné péče o půdní úrodnost s důrazem na minimalizaci rizik vzniku ztuhnutí půdy, bilanci organické hmoty v půdě a management posklizňových zbytků.

Novost a inovativnost metodiky spočívá v sumarizaci poznatků o vlivu různých agrotechnických faktorů, které byly získány v dlouhodobých polních pokusech v suchých podmínkách jižní Moravy. V metodice jsou vyhodnoceny výsledky, které charakterizují **produkční ukazatele (především výnos a kvalitu)** různých variant v různých systémech hospodaření. Tyto ukazatele jsou důležité pro další ekonomické analýzy. Ze stejných pokusů byla vyhodnocena data, která popisují **ukazatele půdní úrodnosti** (fyzikální vlastnosti půdy, půdní organická hmota a její kvalita apod.). Z tohoto důvodu předložená metodika podává komplexní pohled na působení různých agrotechnických opatření v širších souvislostech tak, aby každému hospodáři poskytla poznatky vedoucí k šetrnému hospodaření na půdě.



## **IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY**

Metodika obsahuje nejnovější informace a praktická doporučení vycházející z výzkumných aktivit řešitelů projektu, které jsou výsledkem vyhodnocení dlouhodobých polních pokusů. Cílem je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s novými poznatky v oblasti agrotechnických opatření při pěstování obilnin v různých systémech hospodaření na půdě v suchých oblastech. Předkládaná metodika poskytuje ucelený přehled o vlivu předplodin, různých systémů zpracování půdy, organického hnojení a managementu rostlinných zbytků na výnos, kvalitu zrna obilnin a vybrané půdní vlastnosti.

Rozsah využití metodiky je u:

- zemědělských podniků hospodařících v teplých a suchých podmínkách kukuřičné a řepařské výrobní oblasti,
- poradenských subjektů v oblasti agrotechnických opatření a pěstebních technologií podniků poskytujících služby v oblasti zemědělství,
- výzkumných organizací jako metodický postup pro další výzkum,
- na středních a vysokých školách k využití ve výuce.

## V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Studie Hlavinky et al. (2015) upozorňuje na situaci, kdy v případě naplnění sušších scénářů změny klimatu bude velmi komplikované v nejteplejších oblastech ČR udržet současnou úroveň průměrných výnosů analyzovaných plodin (ječmen jarní, pšenice ozimá, kukuřice). Pro takové scénáře je očekávána větší četnost ročníků s dramatickými propady výnosů. Dva extrémně suché ročníky za sebou (2017 a 2018) se projeví na poklesu výnosů řady pěstovaných plodin v různých půdně–klimatických podmínkách České republiky. Roční ztráty v zemědělství způsobené suchem jsou odhadovány na 10–12 mld. Kč.

Z analýzy výnosových výsledků vyplynula velká ročníková variabilita, s níž musíme počítat i do budoucna díky zvýšené frekvenci a intenzitě nepříznivých situací pro rostlinou produkci jako jsou významné epizody sucha, výskyt stresu vysokými teplotami v citlivých vývojových fázích, poškození nízkými teplotami apod. Optimalizací agrotechnických postupů lze eliminovat výše uvedené negativní dopady při pěstování obilnin. Z ekonomických analýz modelových polních pokusů vyplynulo, že správně zvolená technologie zpracování půdy s ohledem na předplodinu v kombinaci s efektivně využitými vstupy v rámci pěstební technologie ozimé pšenice představuje navýšení tržeb až o 5 tis. Kč na hektar. Díky poznatkům v metodice lze předpokládat zvýšení průměrného výnosu zrna obilnin přibližně o 10 % v podmínkách zemědělských podniků Jihomoravského kraje (k této oblasti byly získány relevantní výsledky), což při průměrném výnosu 5,2 t na hektar a průměrné ceně 4 tis. Kč za tunu zrna představuje zvýšení tržeb o cca 2 tis. Kč na hektar. Spočítáme-li tento ekonomický přínos na úrovni celé výměry obilnin v Jihomoravském kraji (cca 200 000 ha), pak jde o celkové navýšení tržeb o 400 mil. Kč.

Ukazuje se, že nedostatek vláhy v období od dubna do června je limitujícím faktorem, který se odráží do ekonomiky pěstování plodin, především v teplých a suchých podmínkách (jižní Morava). Z tohoto důvodu je zapotřebí hlavní pozornost věnovat takovým postupům, které zadržují vodu ze srážek v půdě a efektivnímu hospodaření s ní včetně omezení výparu z povrchu půdy. Významnou roli při hospodaření s vodou v půdě hraje organická hmota, která však v těchto podmínkách často podléhá intenzivnějším mineralizačním procesům, proto je nutné omezit intenzitu zpracování půdy.

## VI. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BALL B. C., CRICHTON I., HORGAN G. W. (2008). Dynamics of upward and downward N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> fluxes in ploughed or no-tilled soils in relation to water-filled pore space, compaction and crop presence. *Soil and Tillage Research*, 101(1–2): 20–30.
- BALOTA E. L., et al. (2003). Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, 38(1): 15–20. DOI 10.1007/s00374-003-0590-9
- BARTHÉS B., ROOSE E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47(2): 133–149.
- BODNER G. (2007). *Cover cropping in water limited environments: a field and modelling study of hydrological and soil structural effects of cover crops and their impact on the water balance*. [Disertační práce.] Universität für Bodernkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften.
- BORGHI B., et al. (1995). Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy*, 4(1): 37–45.
- BRONICK C. J., LAL R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1–2): 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- COX D. J., SHELTON, D. R. (1992). Genotype-by-tillage interactions in hard red winter wheat quality evaluation. *Agronomy Journal*, 84(4): 627–630.
- HLAVINKA P., KERSEBAUM K. C., DUBROVSKÝ M., FISCHER M., POHANKOVÁ E., BALEK J., ŽALUD Z., TRNKA M. (2015). Water balance, drought stress and yields for rainfed field crop rotations under present and future conditions in the Czech Republic. *Climate Research*, 65:175–192. doi: 10.3354/cr01339
- KASPER M., BUCHAN G. D., MENTLER A., BLUM W. E. H. (2009). Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N in different aggregate fractions. *Soil and Tillage Research*, 105(2): 192–199.
- KLADIVKO E. J. (2001). Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research*, 61(1–2): 61–76.
- KOGUT B. M., SYSUEV S. A., KHOLODOV V. A. (2012). Water stability and labile humic substances of typical chernozems under different land uses. *Euroasian Soil Science*, 45(5): 496–502.
- LAL R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical reviews in plant sciences*, 17(4): 319–464.
- LARNEY F. J., LINDWALL C. W. (1994). Winter wheat performance in various cropping systems in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(1): 79–86.

- PROHAZKOVÁ B., HRUBÝ J. (1989). Změny fyzikálního stavu půdy při jejím různém zpracování ke kukuřici na siláž. *Rostlinná výroba*, 35(9): 981–989.
- PULKRÁBEK J., STRIEGL M. (1997). Hádátka řepné a jeho potlačování. *Úroda*, 45(5): 14–15.
- RAMIREZ-GARCIA J., et al. (2015). Quantitative characterization of five cover crop species. *The Journal of Agricultural Science*, 153(7): 1174–1185.
- RIEGER S., et al. (2008). Growth, yield, and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilisation. *European Journal of Agronomy*, 28(3): 405–411.
- RINNOFNER T., et al. (2008). Effect of catch crops on N dynamics and following crops in organic farming. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(4): 551–558.
- SCALISE A. et al. (2015). Legume–barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 89: 150–161.
- 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 and Tillage Research*, 53(3–4): 167–183.
- SINGH B., MALHI S. S. (2006). Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil and Tillage Research*, 2006, 85(1): 143–153.
- SOANE B. D., et al. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118: 66–87.
- SLEPETIENĚ A., KINDERIENĚ I. (2007). Variation of humic substances in the soil of hilly relief as affected by incorporation of green mass of catch crops. *ZEMDIRBYSTE/AGRICULTURE*, 94(1): 37–50.
- SPARROW L. A. (2015). Six years of results from a potato rotation and green manure trial in Tasmania, Australia. *Acta Horticulturae*, 1076: 29–35. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1076.2>
- STEHLÍKOVÁ I., MADARAS M., LIPA VSKÝ J., ŠIMON T. (2016). Study on some soil quality changes obtained from long-term experiments. *Plant Soil and Environment*, 62(2): 74–79.
- ŠANTRŮČKOVÁ H., MALÝ S., CIENCIALA E. (2015). Povodně a sucho - krajina jako základ řešení 2. Organická hmota a vodní retenční kapacita půd. *Živa*, 2: 69–72.
- ŠARAPATKA B., et al. (2010). *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, o.p.s. a MŽP, 440 s. ISBN 978-80-87371-10-9

- 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.
- TEBRÜGGE F., DÜRING R. A. (1999). Reducing tillage intensity-a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*, 53(1): 15–28.
- TURMEL M. S., SPERATTI A., BAUDRON F., VERHULST N., GOVAERTS B. (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134: 6–16.
- VACH M., et al. (2009). *Pěstování strniskových mezipločin: metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 34 s. ISBN 978-80-7427-009-3.
- WANG F., TONG Y. A., ZHANG J. S., GAO P. C., COFFIE J. N. (2013) Effects of various organic materials on soil aggregate stability and soil microbiological properties on the Loess Plateau of China. *Plant, Soil and Environment*, 59: 162–168.
- WANG W., CHEN W. C., WANG K. R., XIE X. L., YIN Ch. M., CHEN, A. L. (2011). Effects of long-term fertilization on the distribution of carbon, nitrogen and phosphorus in water-stable aggregates in paddy soil. *Agricultural Sciences in China*, 10: 1932–1940.
- WEST T. O., MARLAND G. (2002). A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 91(1–3): 217–232.
- YANG X. M., KAY B. D. (2001). Rotation and tillage effects on soil organic carbon sequestration in a typic Hapludalf in Southern Ontario. *Soil and Tillage Research*, 59(3–4): 107–114.

## VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- DRYŠLOVÁ T., PROCHÁZKOVÁ B., SMUTNÝ V., JANEČEK M. (2016). Vliv agrotechnických faktorů na strukturní stav půdy. *Úroda*, sv. 64, č. 12, s. 325–328. ISSN 0139-6013.
- DRYŠLOVÁ T., SMUTNÝ V. (2017). Vliv zpracování půdy na výnos zrna ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) pěstované v kukuřičné výrobní oblasti. *Úroda*, sv. 65, č. 12, s. 383–386. ISSN 0139-6013. Dostupné z: [http://www.vupt.cz/content/files/aktualni\\_poznatky/2017\\_vedecka\\_priloha\\_uroda\\_12.pdf](http://www.vupt.cz/content/files/aktualni_poznatky/2017_vedecka_priloha_uroda_12.pdf).
- DUŠKOVÁ S., SMUTNÝ V. (2016). Vliv agronomických opatření na produkci jarního ječmene. *Úroda*, sv. 64, č. 9, s. 12–15. ISSN 0139-6013.
- HANDLÍŘOVÁ M., PROCHÁZKOVÁ B., SMUTNÝ V. (2016). Vliv vybraných druhů meziplodin na následný jarní ječmen. *Úroda*, sv. 64, č. 8, 70–72. ISSN 0139-6013.
- HANDLÍŘOVÁ M., PROCHÁZKOVÁ B., SMUTNÝ V. (2018). Pěstování meziplodin v suchých podmínkách. *Úroda*, sv. 66, č. 12, s. 48. ISSN 0139-6013.
- HORÁKOVÁ E., POSPÍŠILOVÁ L., DRYŠLOVÁ T., VRTÍLEK P., SMUTNÝ V. (2017). The effect of different straw management practices on organic carbon content and humic substances quality. In: *MendelNet 2017: Proceedings of International PhD Students Conference*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 55–58. ISBN 978-80-7509-529-9. Dostupné z: [https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2017/mnet\\_2017\\_full.pdf](https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2017/mnet_2017_full.pdf).
- HOUŠŤ M. (2016). Vliv pěstební technologie ozimé pšenice na výnos, kvalitu a ekonomiku pěstování. *Úroda*, sv. 64, č. 12, 541–544. ISSN 0139-6013.
- NEUDERT L., SMUTNÝ V. (2018) The Impact of Various Soil Tillage Methods on Soil Physical Properties in Grain Maize Stands. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83 (1), 99–104. ISSN 1331-7768. Dostupné z: <http://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1329>.
- PROCHÁZKOVÁ B., PERNICOVÁ A., HOUŠŤ M., HANDLÍŘOVÁ M. (2018). The Effect of Different Soil Tillage on Grain Yield of Spring Barley (*Hordeum vulgare*). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(1): 119–122. ISSN 1331-7768. Dostupné z: <http://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1334>.
- SMUTNÝ V., NEUDERT L., DRYŠLOVÁ T. (2016). Vliv předplodin a zpracování půdy na výnos ozimé pšenice. *Úroda*, sv. 64, č. 8, s. 66–68. ISSN 0139-6013.
- SMUTNÝ V., NEUDERT L., DRYŠLOVÁ T., LUKAS V., HANDLÍŘOVÁ M., VRTÍLEK P., VACH M. (2018). Current Arable Farming Systems in the Czech Republic - Agronomic Measures Adapted to Soil Protection and Climate Change. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(1): 11–16. ISSN 1331-7768. Dostupné z: <http://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1335>

- SMUTNÝ V., NEUDERT L., DRYŠLOVÁ T., VRTÍLEK P., HANDLÍŘOVÁ M. (2016). Vliv agrotechnických faktorů na výnos a kvalitu zrna ozimé pšenice. *Úroda*, sv. 64, č. 12, s. 421–424. ISSN 0139-6013.
- SMUTNÝ V., VRTÍLEK P., DRYŠLOVÁ T., NEUDERT L., KŘEN J. (2018). Význam agrotechnických faktorů při pěstování ozimé pšenice v systému bez živočišné výroby. *Agromanuál*, sv. 13, č. 4, s. 112–115. ISSN 1801-7673.
- SMUTNÝ V., VRTÍLEK P., DRYŠLOVÁ T., NEUDERT, L. (2017). Různé technologie zpracování půdy a jejich vliv na výnos a ekonomiku pěstování ozimé pšenice v suché oblasti. In: *Zborník príspevkov z 8. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou Pestovateľské technológie a ich význam pre prax*. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby v Piešťanoch, s. 12–16. ISBN 978-80-89417-75-9.
- STEHLÍKOVÁ I., MADARAS M., LIPAŤSKÝ J., ŠIMON T. (2016). Study on some soil quality changes obtained from long-term experiments. *Plant Soil and Environment*, 62(2): 74–79.
- STEHLÍKOVÁ I., TEPLÁ D., MADARAS M. (2014). Vliv různých systémů hospodaření na půdě na stabilitu půdních agregátů. *Úroda*, sv. 62, č. 12, 425–428.
- ŠIMON T., MADARAS M., ŽELAZNY W. R. (2018). Fertilization effects on organic matter of arable soils in diverse environmental conditions of the Czech Republic. *Archives of Agronomy and Soil Science*, DOI: 10.1080/03650340.2018.1525704.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T. (2017). Vliv technologie zpracování půdy na výnos zrna ozimé pšenice. *Úroda*, sv. 65, č. 11, s. 22–26. ISSN 0139-6013.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T. (2018). Ekonomika pěstování hrachu při různém zpracování půdy. *Úroda*, sv. 66, č. 10, s. 51–53. ISSN 0139-6013.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T. (2018). Vliv různého zpracování půdy na výnos jarního ječmene v suché oblasti. *Úroda*, sv. 66 č. 2, 12–14. ISSN 0139-6013.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T. (2018). Zhodnocení výnosů zrnové kukuřice v letošním roce. *Úroda*, sv. 66, č. 12, s. 54–56. ISSN 0139-6013.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T., NEUDERT L. (2018). Vliv předplodiny na výnos zrna jarního ječmene v sušších podmínkách. *Úroda*, sv. 66, č. 12, s. 393–396. ISSN 0139-6013.
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T., NEUDERT L. (2018). Vliv různého zpracování půdy na výnos a cukernatost cukrovky v letech 2015-2017. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 134, 9–10, s. 304–308. ISSN 1210-3306 Dostupné z: [http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2018/PDF/304-308.pdf](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2018/PDF/304-308.pdf).
- VRTÍLEK P., SMUTNÝ V., DRYŠLOVÁ T., NEUDERT L. (2018). Vliv zpracování půdy a ročníku na výnos kukuřice na zrno. *Úroda*, sv. 66, č. 10, s. 24–27. ISSN 0139-6013.

## **POZNÁMKY**



## **POZNÁMKY**

Název: Optimalizace agrotechnických opatření při hospodaření  
v suchých oblastech

Vedoucí autorského kolektivu: Ing. Tamara Dryšlová, Ph.D.  
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.  
Ing. Blanka Procházková, CSc.

Seznam dalších autorů: Ing. Martina Handlířová  
Ing. Martin Houšť, Ph.D.  
Ing. Eva Kunzová, CSc.  
Mgr. Jan Lipavský, CSc.  
RNDr. Mikuláš Madaras, Ph.D.  
Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.  
Ing. Tomáš Šimon, CSc.  
Ing. Petr Vrtílek

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

Sazba, tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně  
Ústav vědecko-pedagogických informací a služeb

Vydání: první, 2018

Počet stran: 56

Náklad: 100 ks

Vydáno bez jazykové úpravy.

Metodika je poskytována bezplatně.

Kontakt na autora: tamara.drysova@mendelu.cz  
vladimir.smutny@mendelu.cz

ISBN 978-80-7509-629-6





© Mendelova univerzita v Brně, 2018

ISBN 978-80-7509-629-6