

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agonomická fakulta**  
**Ústav agrosystémů a bioklimatologie**

---



**Vliv vybraných agrotechnických faktorů na strukturní  
stav půdy při dlouhodobém pěstování jarního ječmene**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

Ing. Tamara Dryšlová, Ph.D.

*Vypracoval:*

Bc. Adam Pásler

---

Brno 2016



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Vliv vybraných agrotechnických faktorů na strukturní stav půdy při dlouhodobém pěstování jarního ječmene* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí diplomové práce, paní Ing. Tamaře Dryšlové, Ph.D., za metodické vedení a cenné rady. Velké poděkování patří také celé rodině, zejména rodičům, a přátelům za vytvoření výborných podmínek a vytrvalou podporu během mého studia.

Diplomová práce vznikla na základě výsledků výzkumného projektu NAZV řešeného na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie (QJ1210008 „Inovace systémů pěstování obilnin v různých agroekologických podmínkách ČR“) a ve spolupráci s VÚRV, v. v. i. Praha-Ruzyně, konkrétně s pracovištěm PS Ivanovice na Hané, poděkování patří panu Janečkovi a Ing. Hledíkovi.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vlivem vybraných agrotechnických faktorů na strukturní stav půdy při dlouhodobém pěstování ječmene jarního. Hodnotí vliv různého zpracování půdy a osevního postupu na koeficient strukturnosti půdy (KS). Doplnkově je u vybraných variant zhodnocena vodostálost půdních agregátů. Nejprve je zpracován literární přehled, který uvádí charakteristiku jarního ječmene a jeho pěstitelské nároky, popisuje půdní strukturu a její dynamiku. Další část práce tvoří statistické zhodnocení dlouhodobého polního pokusu v podmínkách řepařské výrobní oblasti. V roce 2014 byl stanoven statisticky vysoce průkazný rozdíl u variant osevního postupu. Osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin vykázal vyšší hodnotu koeficientu strukturnosti než osevní postup s 66,6 % obilnin. Statisticky vyšší KS byl zaznamenán v hloubce 0 – 0,15 m, a to v obou letech. Mezi variantami zpracování půdy nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ani v jednom roce. Rok 2014 vykázal oproti roku 2015 vyšší koeficient strukturnosti a byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Nejvyšší hodnota vodostálosti půdních agregátů byla v roce 2014 stanovena u varianty mělkého zpracování půdy, a to s vysokou průkazností. V roce 2015 byla statistická průkaznost nalezena u efektu hloubky odběru. Svrchní vrstva 0 – 0,15 m vykázala vyšší stabilitu půdních agregátů. Při snížení intenzity zpracování půdy bylo zaznamenáno zvýšení obsahu agronomicky cenných agregátů a také zvýšení jejich vodostálosti.

## **Klíčová slova**

Koeficient půdní strukturnosti, vodostálost půdních agregátů (SAS), zpracování půdy, osevní postup, ječmen jarní

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the influence of selected agro-technical factors on the structural condition of the soil in the long-term cultivation of spring barley. Assesses the impact of different tillage and crop rotation on the coefficient of structure (KS). Additionally, for selected variants is assessed water stability of soil aggregates. First is a review, which presents characteristic of spring barley and its growing demands, describes the soil structure and its dynamics. Next part consists of statistical evaluation of long-term field experiment in terms of sugar beet growing region. In 2014, it was determined statistically highly significant difference in variants of crop rotation. Crop rotation with a representation of 33.3% cereals showed a higher rate of KS than crop rotation with 66.6 % cereals. Statistically higher KS was observed at a depth of 0 – 0.15 m, in both years. There was not determined statistically significant difference among the variants of different tillage in both years. Year 2014 in comparison with year 2015 showed a higher coefficient of structure and showed a statistically significant difference. The highest value of water stability of soil aggregates was identified in 2014 at shallow tillage variant, with high significance. In 2015, statistical significance was found at a depth effect only. The outer layer of 0 - 0.15 m showed higher stability of soil aggregates. With reduction of tillage intensity has been reported to increase the content of agronomically valuable aggregates and also increase their water stability.

### **Key words**

Soil structure coefficient, SAS, soil tillage, crop rotation, spring barley.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	11
3.1	Ječmen setý ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	11
3.1.1	Historie pěstování jarního ječmene.....	11
3.1.2	Současný stav pěstování jarního ječmene v ČR .....	11
3.1.3	Charakteristika jarního ječmene .....	12
3.1.4	Agrotechnické požadavky .....	14
3.1.5	Výživa jarního ječmene.....	16
3.2	Půda a její struktura.....	18
3.2.1	Tvorba půdní struktury.....	19
3.2.2	Stabilita půdních agregátů .....	20
3.2.3	Vliv intenzity a hloubky zpracování půdy na půdní strukturu .....	21
3.2.4	Vliv osevního postupu na strukturu půdy.....	26
4	MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....	29
4.1	Charakteristika polního pokusu .....	29
4.1.1	Půdní podmínky .....	29
4.1.2	Klimatické a povětrnostní podmínky .....	29
4.2	Varianty pokusu .....	32
4.3	Odběr a příprava půdních vzorků.....	32
4.3.1	Odběr vzorků .....	32
4.3.2	Stanovení koeficientu strukturnosti tzv. suchou cestou .....	33
4.3.3	Stanovení vodostálosti půdních agregátů .....	33
4.4	Zpracování výsledků .....	34
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	35

5.1	Zhodnocení vlivu osevního postupu a různého zpracování půdy na strukturní stav půdy .....	35
5.1.1	Pokusný rok 2014.....	35
5.1.2	Pokusný rok 2015.....	41
5.1.3	Celkové zhodnocení .....	47
5.2	Zhodnocení vodostálosti půdních agregátů .....	56
5.2.1	Rok 2014 .....	56
5.2.2	Rok 2015 .....	58
5.2.3	Celkové zhodnocení .....	61
5.3	Diskuze .....	64
6	ZÁVĚR .....	67
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ.....	69
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	73
9	SEZNAM TABULEK .....	75



## 1 ÚVOD

Motto: „*Všechno je vzájemně spojeno. Co postihuje zemi, postihne i syny země. Musíte své děti učit, že půda pod jejich nohama je popel našich předků*“, prohlásil v roce 1854 Chief Seattle, náčelník severoamerického indiánského kmene Duwamishů.

Stěžejním úkolem zemědělské činnosti je produkce potravin, jak rostlinného, tak živočišného původu. Produkční systém, kterým jsou rostlinné suroviny vyráběny, musí být pro zemědělský podnik ekonomický. Na druhé straně má systém rostlinné výroby také své negativní a pozitivní (tzv. veřejné statky) dopady na životní prostředí a zdraví lidí i zvířat. Jedná se o tzv. externality.

Současnou výraznou negativní externalitou zemědělství je nevhodné hospodaření na půdě, které často vede k utužování a erozi půdy, k salinizaci vlivem nadměrného používání minerálních hnojiv, k inhibici půdní fauny a flóry a ke snížení obsahu humusu. Všechny tyto procesy vedou k destrukci půdní struktury. Naopak vhodně zvolené pěstební postupy, metody zpracování půdy a výběr plodin do osevního postupu mohou vytvářet podmínky pro produkci kladných veřejných statků. V kulturní zemědělské krajině mluvíme o jejím udržování, zvyšování její biologické rozmanitosti, zvyšování úrodnosti půd, o zvýšené retenční kapacitě pro srážky a jejich čištění a ukládání do podzemní zásoby, tedy o celkovém zlepšování stavu životního prostředí.

Cílem dobrého agronoma je pěstovat plodiny, při čemž musí zajistit minimální tvorbu záporných externalit, maximálně možnou produkci veřejných statků a to vše za dobrých ekonomických výsledků.

Při současných projevech změny klimatu, jako jsou dlouhotrvající sucha, růst průměrných teplot, bleskové povodně aj., se zdá být péče o půdu jedním z hlavních nástrojů jak těmto negativním klimatickým projevům čelit.

Právě správné sestavení osevních postupů, vhodně zvolené agrotechnické zásahy ve správný čas (aktuální vlhkost půdy) a na správném místě (půdní druh a typ), přivádění kvalitní organické hmoty do půdy (chlévká mrva, meziplodiny) a další, vede k tvorbě a stabilizaci příznivé půdní struktury, která zajistí dobré podmínky pro další růst plodin – lepší vsakování srážek do spodních vrstev a jejich využití kořeny, zajistí dobrý vzdušný režim půdy pro růst kořenů a další biologické pochody v půdě, podpoří rozvoj půdních organismů kteří opětovně spolupůsobí na tvorbu a stabilizaci půdní struktury.

## 2 CÍL

Cílem diplomové práce bylo nejprve charakterizovat problematiku pěstování jarního ječmene, uvést jeho anatomické znaky, požadavky na prostředí a stručně popsat historii jeho produkce. Dalším cílovým bodem literární rešerše byla charakteristika půdní struktury a zpracování dosavadních vědeckých poznatků o vlivu zpracování půdy a osevního postupu na strukturní stav půdy.

Hlavním cílem práce bylo prakticky zhodnotit vliv zkoumaných variant zpracování půdy a osevního postupu na stav půdní struktury. U vybraných variant zhodnocena vodostálost půdních agregátů.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.)

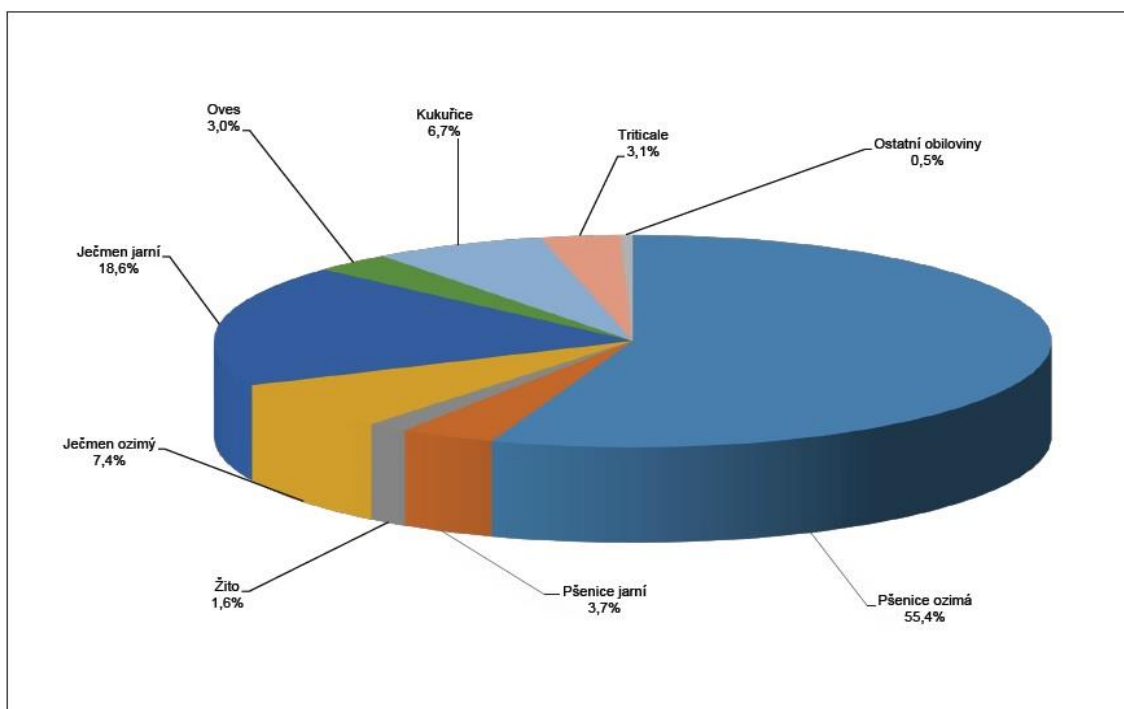
##### 3.1.1 Historie pěstování jarního ječmene

Po pšenici je ječmen druhou nejstarší pěstovanou obilninou světa. Jeho cílené pěstování je prokázáno již v 5. století před naším letopočtem. Místo původu této dnešní významné plodiny je označováno za tzv. úrodný půlměsíc, tedy oblast blízkovýchodních států ležících v povodí řek Eufrat, Tigris a Nil. V těchto zemích sloužil ječmen převážně jako potravin a krmivo (HANCOCK, 2004).

Počátky pěstování ječmene na území dnešní České republiky je datováno asi kolem roku 500 př. n. l. Ječmen dvouřadý se považuje za kulturně mladší formu této obilniny a jeho význam narůstá v 15. století n. l., kdy souběžně s rostoucí výrobou piva v Evropě se rozrůstala také osevní plocha ječmene jarního (ZIMOLKA a kol., 2006).

##### 3.1.2 Současný stav pěstování jarního ječmene v ČR

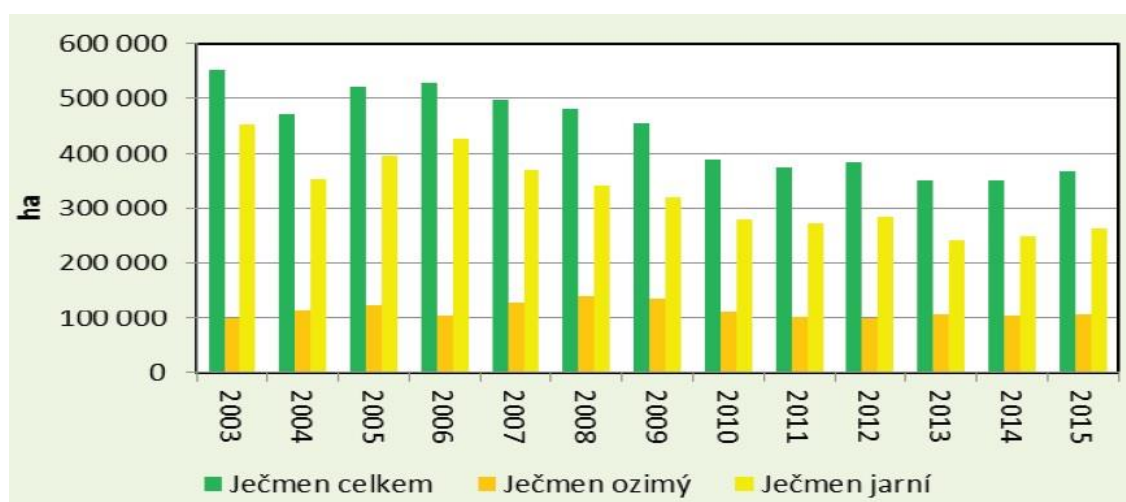
Plochy s jarním ječmenem v roce 2015 tvořily 18,6 % z celkových osevních ploch obilnin a byl tak druhou nejpěstovanější obilninou (Obrázek 1). V roce 2015 bylo oseto ječmenem bezmála 366 tis. ha. Oseté plochy jarní formou ječmene zaujímaly 261,4 tis. ha, tj. 71,4 % z celkových pěstitelských ploch ječmene (Obrázek 2).



Obrázek 1 Struktura osevu obilnin v roce 2015, Situační a výhledová zpráva MZe, 2015

Skliizeň ječmene jarního dosáhla v roce 2014 rekordní výnosové hladiny, a to 5,56 t/ha. To bylo způsobeno ideálním klimatickým průběhem roku s rychlým nástupem jara a vhodným rozložením srážek během odnožování. Osevní plocha ječmene jarního se v roce 2015 zvýšila na 261 tis. ha a průměrný hektarový výnos zůstal zachován na vysoké úrovni, a to na 5,54 t/ha (*Situační a výhledová zpráva MZe, 2015*).

ČERNÝ a kol. (2007) uvádějí za nejvýznamnějšího světového producenta jarního ječmene a ječného sladu státy Evropské unie. A to hlavně v zastoupení Německa, Británie, Francie, Dánska a České republiky. Je na místě také zmínit, že v 60. letech minulého století bylo ČSSR hlavním vývozcem sladu a určovalo tak cenu této komodity.



Obrázek 2 Vývoj osevních ploch ječmene v České republice; *Situační a výhledová zpráva MZe, 2015*

### 3.1.3 Charakteristika jarního ječmene

#### 3.1.3.1 Kořenová soustava ječmene

Čeď lipnicovitých, do které ječmen, obdobně jako většina pěstovaných obilnin, náleží, je typická svazčitou soustavou kořenů. Během klíčení prochází pluchou nejprve hlavní zárodečný primární kořínek, zvaný radikula, následovaný dalšími primárními kořínky, kterých je u ječmene nejvíce ze všech našich obilnin (4 - 10). Zárodečné kořínky pokračují v růstu a zajišťují vláhové zabezpečení v hloubce až 1,4 m do konce života rostliny ječmene.

V růstové fázi odnožování se objevují větší sekundární (adventivní) kořínky, které vyrůstají z podzemních kolének (nodů) v počtu 3 – 8 kusů. Tento typ kořínků se rozrůstá převážně v orniční vrstvě do hloubky 0,5 m (ZIMOLKA a kol., 2006).

### **3.1.3.2 Stéblo a odnože**

Stonek ječmene, stejně jako ostatních lipnicovitých obilnin, se nazývá stéblo, které je tvořeno ze čtyř až osmi článků, takzvaných internodií, od sebe oddělených kolénky (nody). Stéblo je 0,8 až 1,3 m vysoké, bazální internodia jsou nejkratší, směrem k vrcholu stébla se články prodlužují růstem buněk meristemického pletiva na apikální straně nodů.

Z podzemního tzv. odnožovacího uzlu vyrůstají odnože I. řádu a z uzlů těchto odnoží vyrůstají odnože vyšších řádů. Síla takového procesu odnožování je dána odrudou ječmene a lze ji také ovlivňovat např. vláčením nebo aplikací postřiku morforegulátorů (auxiny, gibbereliny, cytokininy). Záměrem pěstebních technologií je dosažení počtu 2 – 5 fertálních stébel na rostlině, tedy asi 800 až 1000 klasů/m<sup>2</sup> (ZIMOLKA a kol., 2006).

### **3.1.3.3 Listy**

Listy ječmene mají v porovnání s listy pšenice či ovsa světlejší zelenou barvu a jsou pravotočivé. Světlejší barva na rozdíl od listu pšenice je známkou suchovzdornější povahy ječmene. Základním rozeznávacím znakem ještě před metáním ječmene je přítomnost prodloužení listové pochvy v blanitý jazýček, který na obou koncích přechází v tzv. ouška (ZIMOLKA a kol., 2006).

### **3.1.3.4 Květenství, květ a obilka**

Lichoklas, tedy květenství ječmene, je tvořen klasovým větvením z dílčích článků nesoucích tři klásky. Plodnost anebo neplodnost těchto tří klásek stanovuje, o jakou konvarietu se jedná. U ječmene dvouřadého jsou dva okrajové klásky sterilní, prostřední je plodný, nejčastěji s dlouhou osinou. Osina je prodloužení pluchy, která společně s pluškou chrání kvítek a po opylení tyto srůstají s obilkou. U nahého ječmene plucha s pluškou obilku pouze objímají a v průběhu sklizně lehce odpadají. Jak uvádějí ZIMOLKA a kol. (2006), osiny mají také značnou fotosyntetickou a respirační aktivitu a tím ovlivňují výnos zrna a také dobu zrání obilek. Uvnitř prostředního (plodného) kvítku se nachází semeník se dvěma bliznami a třemi tyčinkami s prašníky ze dvou pouzder. V prostřední části klasu tvoří prašníky kulovitá pylová zrna větší, ve spodní části menší.

Obilku ječmene tvoří obaly, endosperm a zárodek. Pluchaté formy ječmene mají obilky kryté z hřbetní strany přirostlou pluchou. Pluška kryje střední část podélné rýhy obilky. Tyto dva obaly zrna ječmene se využívají v pivovarnictví jako filtrační substrát

při cezení sladiny a přecházejí do mláta. Embryo kryté pluchou se nachází na spodu obilky, s endospermem je spojeno pomocí štítku. Je podstatou další rostliny, tvoří ho základy listů a kořínků a také vegetační vrchol. Převážnou část obilky tvoří endosperm. Jeho zevní aleuronová vrstva obsahuje zásobní bílkoviny a tuk. Při klíčení zde enzymy zahajují štěpení zásobního škrobu endospermu. Podíl zejména dusíkatých látek a škrobu určuje moučnatý nebo sklovitý charakter endospermu (ZIMOLKA a kol., 2006).

### 3.1.4 Agrotechnické požadavky

Ječmen jarní je obilninou s nejkratší vegetační dobou, která činí 110 – 125 dnů. Areál jeho pěstování zasahuje do všech výrobních oblastí, ovšem odrůdy ječmene jarního určené pro sladovnické účely lze s úspěchem dobrého zpeněžení za vysokou sladovnickou jakost pěstovat pouze ve vymezených agroekologických podmínkách. Jedná se hlavně o nížinné oblasti s dostatkem vláhy a s dobrou strukturou půdy. V České republice takovým podmínkám odpovídá řepařská a obilnářská výrobní oblast, konkrétně Polabská nížina a střední Morava, zejména její část zvaná Haná. Vzhledem k současné klimatické změně, a s ní spojeného nárůstu teplot a úbytku srážek, se areál pěstování jarního sladovnického ječmene posunuje i do vyšších poloh kolem 400 – 500 m. n. m. (ČERNÝ a kol., 2007).

Ječmen jarní snáší dobře i jarní mrazíky do  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  a jeho požadavek na sumu efektivních teplot je 1700 – 2500  $^{\circ}\text{C}$  (KUBINEC a kol., 1997).

ZIMOLKA a kol. (2006) uvádějí jako nejvhodnější podmínky pro pěstování sladovnického ječmene řepařské oblasti s černozemí a hnědozemí v polohách do 250 m. n. m. Dále kolektiv autorů upozorňuje na plochy s utuženou půdou a nízkou hodnotou pH. Kyselé půdní prostředí inhibuje růst kořenů, snižuje příjem živin a celkově působí depresivně na výnos zrna a jeho sladovnickou kvalitu. Ideální hodnota pH půdy v řepařské výrobní oblasti je 5,8 – 6,2; v obilnářské a bramborářské oblasti 5,8 – 6,2.

Sladovnický ječmen je nevhodné pěstovat na pozemcích s nevyrovnaným vláhovým režimem a s vysokou mírou zaplevelení (zejm. ovšem hluchým, pýrem plazivým, pcháčem osetem a chundelkou metlicí), a na místech s častým výskytem mlhy a rosy, což zvyšuje riziko hnědých špiček obilek (BENADA a kol., 2001).

ZIMOLKA a kol. (2006) uvádějí, že sladovnickou jakost zrna ovlivňují ze 2/3 vnější podmínky, jako je počasí, půda a agrotechnika, zbytek je ovlivněn volbou odrůdy.

#### **3.1.4.1 Zařazení ječmene v osevním postupu**

Typickou předplodinou jarního ječmene je v našich podmínkách cukrová řepa, která má na půdu regenerační vliv. Díky organickému hnojení k cukrovce se zlepšuje struktura půdy, zvyšuje se obsah humusu a biologická činnost, zmírňuje se tlak chorob a škůdců a celkově se zlepšuje úrodnost půdy. Podobné předplodinové vlastnosti mají také organicky hnojené brambory a řepka ozimá. Riziko cukrovky jako předplodiny pro ječmen spočívá v současné změně klimatu, kdy hrozí mírné zimy s minimem srážek a rychlý nástup vyšších teplot na jaře. Cukrovka do sklizně odebírá velké množství vláhy a následný deficit se v zimě nevyrovná (ČERNÝ a kol., 2007).

Vzhledem k současné technologii sklizně cukrovky, při kterém se její chrást zaorává, hrozí zvýšení obsahu dusíku v půdě a tím zhoršení sladovnické kvality zrna. Celý efekt bývá navíc umocněn suchým průběhem zimy a jara, kdy k mineralizaci zaoraného chrástu dochází až v druhé polovině vegetace (ZIMOLKA a kol., 2006).

Podle ČERNÉHO a kol. (2007), pokud je jarní ječmen pěstován na ideálním stanovišti s kratším mezidobím, tak nejlépe reaguje na monokulturní pěstování ze všech obilnin.

Častou předplodinou je také silážní a zrnová kukuřice. Ta kromě horšího fyzikálního stavu půdy zanechává na pozemku také větší množství posklizňových zbytků, které při nedostatečném podrcení a zapravení brání kvalitnímu uložení osiva ječmene a navíc hrozí následná houbová infekce rodem *Fusarium* (ZIMOLKA a kol., 2006).

#### **3.1.4.2 Zpracování půdy**

Jak popisují ČERNÝ a kol. (2007), lze při pěstování jarního ječmene volit tradiční technologii zpracování půdy orbou, ale také využít moderních strojů k minimalizačnímu zpracování.

Vzhledem k plytké a jemnější kořenové soustavě a krátké vegetační době (kdy je nutno zajistit intenzivní příjem živin a vody) je ječmen náročnější na půdní podmínky (KUBINEC a kol., 1998).

#### **3.1.4.3 Kvalita a termín setí ječmene jarního**

Základním předpokladem pro výnosovou kvalitu i kvantitu je správné založení porostu, které spočívá v rovnoměrném uložení osiva. Jarní ječmen je charakteristický svou náchylností na tzv. zamazání osiva při setí. Je tedy zapotřebí zvolit vhodné pracovní nářadí, které nebude příliš rozrušovat půdní strukturu a také správně zvolit čas setí

v závislosti na vyztálosti půdy. Předset'ová příprava půdy spočívá v urovnání pozemku, provzdušnění ornice a tvorbě set'ového lůžka, které je pro obilniny nejvhodněji umístěno v hloubce 30 – 50 mm. Na středních a těžkých půdách se doporučuje setí do hloubky 20 – 30 mm, a 40 mm na půdách lehkých. Objemová hmotnost půdy spodní vrstvy lůžka se v závislosti na půdním druhu pohybuje od 1,10 – 1,45 g/cm<sup>3</sup>. Objemová hmotnost půdy nad uloženou obilkou by měla dosahovat 0,85 – 1,00 g/cm<sup>3</sup> (ZIMOLKA a kol., 2006). ČERNÝ a kol. (2007) uvádějí, že termín setí závisí na půdně klimatických podmínkách. Ječmen se seje co nejdříve na jaře, až to dovolí stav půdy a počasí. Později založený porost poskytuje podstatně menší výnos (zkrácení vegetační doby, rychlý růst) oproti setí brzkému.

Aby založený porost dosáhl vysokého výnosu zrna, je důležité mj. zajistit 850 až 950 produktivních stébel na 1m<sup>2</sup>. Potom jsou v závislosti na výrobních oblastech doporučeny takovéto hodnoty výsevu: v kukuřičné oblasti 4,5 milionu klíčivých semen na 1 ha (dále jako MKS/ha), řepařské 4,0 MKS/ha, obilnářské oblasti 4,0 – 4,5 MKS/ha, v bramborářské a pícinářské 4,5 MKS/ha. Při pozdějším setí po 15. dubnu, při horších půdních fyzikálních vlastnostech a při větším množství posklizňových zbytků na povrchu půdy se doporučuje zvýšit výsevek o 0,5 MKS/ha (ZIMOLKA a kol., 2006).

ČERNÝ a kol. (2007) také zmiňují nový způsob zakládání porostu jarního ječmene. Oproti běžně využívanému setí do řádků širokých 12,5 cm se v současné době osvědčuje setí do užších řádků o šířce 6,5 cm (nebo tzv. setí na široko). U takového způsobu založení porostu byl vysledován zvýšený výnos zrna o 3,7 % a zvýšení podílu předního zrna o 1,3 %.

### **3.1.5 Výživa jarního ječmene**

Jak již bylo uvedeno, kořenová soustava ječmene tvoří poměrně mělký systém jemných kořínků. Proto ječmen vyžaduje velké množství pohotových živin a je považován za tzv. plodinu staré půdní síly, kdy odčerpává organické a minerální hnojiva dodané k předplodině. Tou bývá ideálně organicky hnojená okopanina (cukrovka, brambory, silážní kukuřice), často ale také méně vhodně zařazené obilniny, které půdu příliš vyčerpávají (pšenice ozimá a zrnová kukuřice), (ČERNÝ a kol., 2007).

Skližeň jedné tuny zrna ječmene znamená odčerpání z půdy 20 – 24 kg dusíku, 3,5 – 6,2 kg fosforu, 16,6 – 21,0 kg draslíku, 5,7 – 8,5 kg vápníku, 1,2 – 2,4 kg hořčíku



a 4,0 – 4,2 kg síry. Příkladným hnojením se musí tento živinový deficit v půdě vyrovnat (ZIMOLKA a kol., 2006).

#### **3.1.5.1 Hnojení dusíkem**

Tato živina patří k nejdůležitějším rostlinným stavebním prvkům, které rostliny čerpají z půdy. Jeho obsah v zrně následně rozhoduje o sladovnické hodnotě ječmene. Množství dodaného dusíku se koriguje podle výrobní oblasti, podle výnosu předplodiny a podle obsahu minerálního dusíku v půdě, který se stanoví v předjaří v hloubce 0 – 0,3 m. Zpravidla se za základní dávku dusíku udává 20 – 60 kg čisté živiny na ha. Doporučují se využívat hnojiva obsahující dobře rozpustný ledek amonný s vápencem nebo dolomitem v pevné i kapalné formě (ZIMOLKA a kol., 2006).

#### **3.1.5.2 Hnojení fosforem**

Základní aplikace fosforečných hnojiv se odvíjí od půdní zásoby této živiny a provádí se ideálně již k předplodině nebo na podzim. V takovém případě použijeme například tuhý superfosfát, kapalná hnojiva aplikujeme v průběhu vegetace. Výhodně lze využít i hnojení kombinovanými hnojivy (např. Amofos) tzv. pod patu, kdy se hnojivo aplikuje při seti k semeni. Při vysoké a velmi vysoké půdní zásobenosti (tzn. více jak 116 mg P na kg půdy) se od hnojení fosforem upouští (ZIMOLKA a kol., 2006).

#### **3.1.5.3 Hnojení draslíkem**

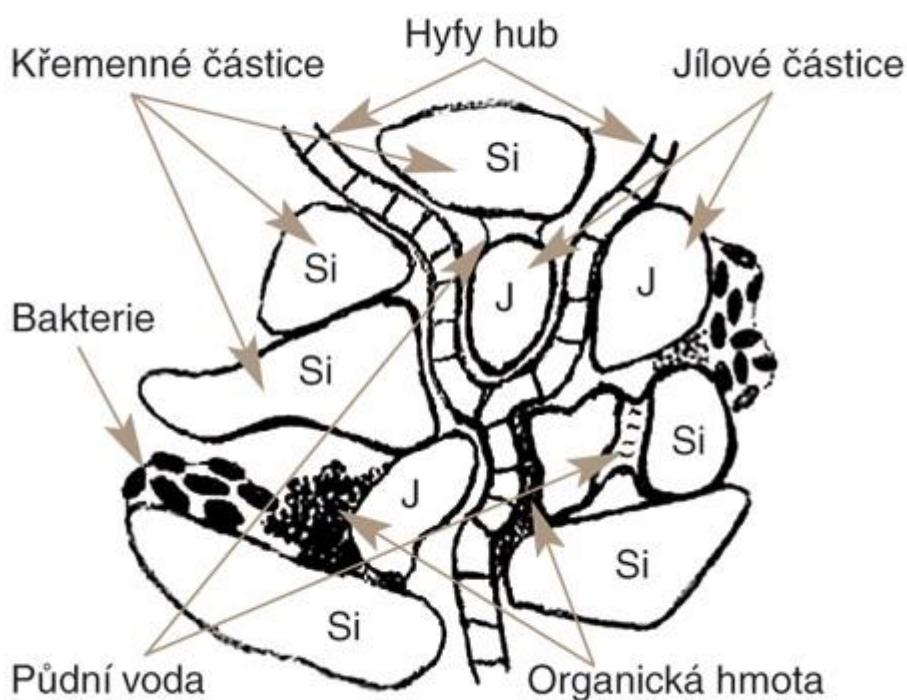
Jak dokládají ZIMOLKA a kol. (2006), ječmen kladně reaguje na hnojení draselnými hnojivy chloridového typu, kde přítomný chlor zlepšuje zdravotní stav i výnos zrna ječmene. Zvolená draselná hnojiva aplikujeme na podzim při zapravení posklizňových zbytků nebo před orbou. Dávku a druh hnojiva volíme podobně jako u dusíku a fosforu podle půdní zásoby. Běžně se užívá draselná sůl.

#### **3.1.5.4 Hnojení sírou**

Kvůli snížení spadu atmosférické síry, pocházejícího hlavně z tepelných elektráren, se doporučuje zavést také hnojení sírnatými hnojivy, kterými jsou např. sádrovce a superfosfáty. Výše aplikované dávky hnojiva se koriguje dle předpokládaného výnosu a obsahu síry v půdě (pod hranicí 10 mg/kg), (ZIMOLKA a kol., 2006).

### 3.2 Půda a její struktura

Struktura půdy, tedy vzájemné uspořádání agregátů v půdě, je jedna ze základních fyzikálních vlastností půd. „Je podmíněna schopností spojovat částice tuhé fáze nebo rozrušovat větší celky půdní hmoty a vytvářet tak strukturní agregáty“. Podle velikosti agregátů rozlišujeme mikrostrukturu (agregáty menší než 0,25 mm), makrostrukturu (0,25 – 50 mm) a megastrukturu (hroudy nad 50 mm). Dále se půdní struktura dělí podle tvaru a velikosti agregátů na kulovitou strukturu s rovnoměrně vyvinutými agregáty se zaoblenými shluky (hrudovitá, drobtovitá a práškovitá) a strukturu polyedrickou, která má těsně uspořádané agregáty s ostrými hrany. Hranolovitá struktura je tvořena svisle protaženými zaoblenými agregáty (sloupkovitá struktura) nebo bez zaoblení agregátů (prizmatická). Struktura deskovitá až lístkovitá představuje zploštělé agregáty (JANDÁK, PRAX, POKORNÝ, 2001).



Obrázek 3 Schéma stavby půdního agregátu, (ŠANTRŮČKOVÁ, 2014)

Půdní struktura má významnou roli ve schopnosti půdy infiltrovat srážky do půdního profilu, zajišťuje také výměnu plynů a určuje míru pórovitosti půd (PIERZYNSKI, SIMS a VANCE, 2000).

Rozpad půdní struktury je negativní půdní proces. Za hlavní činitele této degradace uvádějí KHEL a VOPRAVIL (2009) intenzivní zpracovávání půdy, odvodnění půd a opačně také závlahu nadměrnými dávkami vody.

### 3.2.1 Tvorba půdní struktury

Agregující schopnost půd má dynamický charakter - proti faktorům tvořící půdní strukturu působí současně také činitelé, kteří půdní agregáty rozrušují (WHALEN, SAMPEDRO, 2010).

K tvorbě půdních agregátů je zapotřebí fyzikálních, chemických a biologických sil. Složení, velikost a stabilitu agregátů tedy ovlivňuje mnoho faktorů, některé lze do jisté míry zemědělskou praxí ovlivnit. Hlavními faktory, které zajišťují agregující schopnost půd, jsou: minerální složení, zrnitost půdy, způsob hospodaření, zásoba živin, mikrobiální aktivita a vlhkost půdy (BRONICK, LAL, 2005).

#### 3.2.1.1 Vliv abiotických faktorů na tvorbu půdní struktury

Za nejdůležitější abiotické činitele působící na tvorbu půdní struktury se označuje vlhkost, stupeň promrznutí ornice, chemické složení a úroveň nasycení sorpčního komplexu.

- Hydratace způsobuje bobtnání půdních agregátů, naopak při schnutí půdy se agregáty smršťují a tvoří se trhliny. Takovéto objemové změny závisí na obsahu jílovitých částic a specifikách půdotvorného substrátu.

- Změnou skupenství vody kapilárních a nekapilárních pórů v led dochází taktéž k významnému procesu tvorby půdní struktury přes zimní období. Výsledek tohoto jevu je označován za mrazové garé (mrazová vyspělost půdy). Je důležité takto přes zimu vytvořenou půdní strukturu nerozrušit časným zpracováním příliš vlhké půdy.

- Dostatečný obsah  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  iontů zajišťuje společně s produkty humifikace organického materiálu (huminové kyseliny, humáty aj.) kvalitní tmelící vlastnost půdních částic.

- Pokud je sorpční komplex nasycen dvojmocnými kationy, pak má půda vhodné agregační podmínky a výsledná struktura dobře odolává desagregaci (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).

### **3.2.1.2 Vliv biotických faktorů na tvorbu strukturního stavu půdy**

Podle CARTERA (2004) hrají biotičtí činitelé (veškerá organická hmota půdy) v tvorbě půdní struktury významnou roli. Půdní fauna ovlivňuje cyklus živin, schopnost agregace půdních částic a propustnost půdy (zejména tvorba makropórů pomocí žížal aj.). Částice jílu ( $< 2 \mu\text{m}$ ) jsou slepovány pomocí huminových kyselin a vápenatých iontů. Mikroagregáty ( $2 - 250 \mu\text{m}$ ) stmeluje komplex produktů mikrobiální aktivity půdy, jako jsou samotné polysacharidy, slizovité filmy bakteriálních kolonií a houbových vláken. Výsledkem působení kořenové soustavy rostlin (jejich kořenových exsudátů), půdních hub a živočichů je tvorba makroagregátů, větších než  $250 \mu\text{m}$ . Právě symbiotické endomykorhízní houby, které prorůstají kořeny rostlin, mají podle BRONICKA a LALA (2005) nejvýznamnější efekt ze všech biotických činitelů na tvorbu a stabilitu půdních agregátů. Tuto funkci autoři připisují látce zvané glomalin, glykoproteinu vylučovanému hyfami endomykorhízničních hub.

### **3.2.2 Stabilita půdních agregátů**

Vzhledem k nárůstu počtu zjištěných erozních smyvvů na zemědělských půdách v ČR a míře erozní ohroženosti vodou těchto půd (ohroženo až 68% orné půdy ČR) je důležitá mj. stabilita půdní struktury, tj. stálost agregátů proti erodujícím vlivům – vodní a větrné erozi a také negativnímu vlivu nesprávné zemědělské praxe. Jak uvádějí GERZABEK a kol. (1994), stabilita půdní struktury roste s rostoucím obsahem uhlíku v půdě (tzv. soil organic carbon, SOC).

Za nejzávažnější erozní faktor uvádějí JANDÁK, PRAX a POKORNÝ (2001) déšť a půdní roztok. Kinetická energie dešťových kapek na povrch půdy způsobuje rozplavování její struktury a může docházet k vyplavování vápenatých iontů a půdních koloidů.

Tmelící organické látky pocházející z půdní bioty (mrtvé i živé) mají na agregáty významný stabilizační efekt. WHALEN a SAMPEDRO (2010) se zmiňují, že stálost agregátů záleží na chemickém složení rostlinných zbytků, ze kterých tmelící látky v půdě vznikají. Uvádějí, že stmelovací vlastnosti bakteriálních a kořenových produktů jsou výrazně vyšší, než je tomu u schopností např. ligninu a kompostovaného materiálu dodávaného externě do půdy.

Významným obnovovatelem úrodnosti půd a stability půdní struktury jsou meziplodiny sloužící na tzv. zelené hnojení, kdy se zapravuje veškerá organická hmota.

Tím dochází k podpoře mikrobiálních procesů v půdě, k oživení ornice mikroorganismy, vzrůstu obsahu humusu aj. (VACH, JAVŮREK, 2010).

Řada autorů se také zabývala zařazením dočasné pastvy na orné půdě ve vztahu k půdní struktuře a stabilitě půdních agregátů. Tak například SKØIEN (1993) potvrdil pozitivní vliv pastvy na stálost půdní struktury a zjistil, že u širokořádkových plodin, jako je řepa a brambor, došlo k poklesu stability agregátů. TISDALL a OADES (1979), kteří zjišťovali rozdíl mezi druhovým složením trvale travních porostů na účinnost stabilizace agregátů, došli k závěru, že efektivita stabilizovat půdní strukturu je větší u porostů jílku (rod *Lolium*) než u porostu jetele bílého. Autoři to připisují většímu zastoupení vezikulárbuskulárních mykorhízničních hub v kořenové soustavě jílku, což má za následek větší produkci metabolitů těchto hub a lepší tmelící schopnost půd.

### 3.2.3 Vliv intenzity a hloubky zpracování půdy na půdní strukturu

Zpracováním půdy se připravují nejen optimální podmínky pro růst a produkci polních plodin, ale i pro průběh biologických, fyzikálních a chemických procesů v půdě. Volba způsobu zpracování půdy musí odrážet půdně klimatické podmínky stanoviště a respektovat nároky plodiny a ekonomickou náročnost metody. Na stanovištích s lehčí půdou, s vyšší průměrnou teplotou a s menšími srážkami je na místě redukce intenzity a hloubky zpracování půdy. Naopak na místech s chladnějším a vlhčím podnebím, na půdách těžkých a zamokřených jsou minimalizační postupy zpracování půdy nevhodné, dochází k poklesu počtu nekapilárních pórů, snížení infiltrace vzduchu a vody a redukci stupně mineralizace organických látek (PROCHÁZKOVÁ a kol., 2011).

Míra hloubky, do které se půda zpracovává, ovlivňuje obsah a kvalitu strukturních agregátů. Fyzikální vlastnosti půd mají dynamický charakter, který je ovlivněn jak ročníkem (množství srážek, teplota atp.), tak vhodností a dlouhodobostí zvoleného způsobu zpracování půdy. Jak píše PROCHÁZKOVÁ a kol. (2001), jsou změny objemové hmotnosti půdy dotčeny nejvíce a tato fyzikální vlastnost následně ovlivňuje celou řadu dalších vlastností, jak fyzikálních (struktura, pórovitost), tak biologických a chemických.

Je ověřeno, že v utužených půdách, kde objemová hmotnost přesahuje  $1,4 - 1,6 \text{ g.cm}^{-3}$  (nižší hodnota platí pro těžší půdy, vyšší pro lehké půdy), dochází ke snížení efektivnosti minerálního hnojení, zvýšení odporu pro zpracující načiní a díky tomu k celkovému nárůstu energetické náročnosti obdělávání takovýchto půd. Jako

limitní hranice objemové hmotnosti, kdy se výrazně inhibují biologické procesy v půdě, je uváděna hodnota  $1,8 - 2,0 \text{ g.cm}^{-3}$  (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2008).

Nižší intenzita a hloubka zpracování půdy obecně vede ke zvýšení objemové hmotnosti a snížení pórovitosti nezpracovávaných spodnějších vrstev. To dokazují také výsledky pokusů vedené SMUTNÝM a kol. (2015), kde zaznamenali nižší rychlost infiltrace vody do půdy u varianty s mělkým zpracováním. Autoři to připisují právě utuženější vrstvě pod hloubkou zásahu mechanizačních nástrojů (v hloubce  $> 0,15 \text{ m}$ ).

BADALÍKOVÁ a KŇÁKAL (2001) se zabývali vlivem různých variant zakládání porostu řepky ozimé a pšenice ozimé v řepařské výrobní oblasti na obsah agronomicky cenných agregátů (tj. agregáty o průměru  $0,25 - 10 \text{ mm}$ ) a pórovitost půdy. Po tříletém sledování polního pokusu došli k závěru, že přímé setí řepky výrazně navýšilo obsah cenných agregátů oproti počátečnímu stavu. Autoři uvádějí, že přímo setá řepka má pozitivní vliv na koeficient strukturnosti a zlepšuje půdní podmínky pro následnou plodinu. Obdobné výsledky zaznamenali i po ozimé pšenici a zmiňují, že koeficient strukturnosti byl na všech variantách sledování lepší ve svrchním horizontu půdy.

Se zpracováním půdy souvisí také management posklizňových zbytků (zejm. slámy) a také organických hnojiv. Různé varianty zpracování půdy vedou k různému stupni promíchání a rozvrstvení těchto organických materiálů v půdě. Tak například u konvenčního zpracování se zaorávkou slámy dochází k dobrému promísení, homogenizaci posklizňových zbytků v celém zpracovávaném profilu a tento surový materiál je vystaven působení rozkladných procesů. Díky dobrému provzdušnění dochází k intenzivní mineralizaci organické hmoty. Při minimalizačních technologiích zůstávají posklizňové zbytky na povrchu půdy nebo jen v jejích svrchních vrstvách, kde působí proti neproduktivnímu výparu a do jisté míry chrání půdu před vodní a větrnou erozí (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

### **3.2.3.1 Konvenční zpracování půdy s orbou**

Při těchto pracovních operacích je orniční profil zpracováván do požadované hloubky radličnými pluh, které půdu nadzvedávají, mísí, drobí a obracejí. Pro předset'ovou přípravu se využívá pracovních nástrojů s radličkami, disky, bránami nebo kombinace těchto zmíněných (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

Za výhody konvenčního zpracování půdy s orbou a intenzivním obděláváním uvádějí GREGORY a NORTCLIFF (2013) :

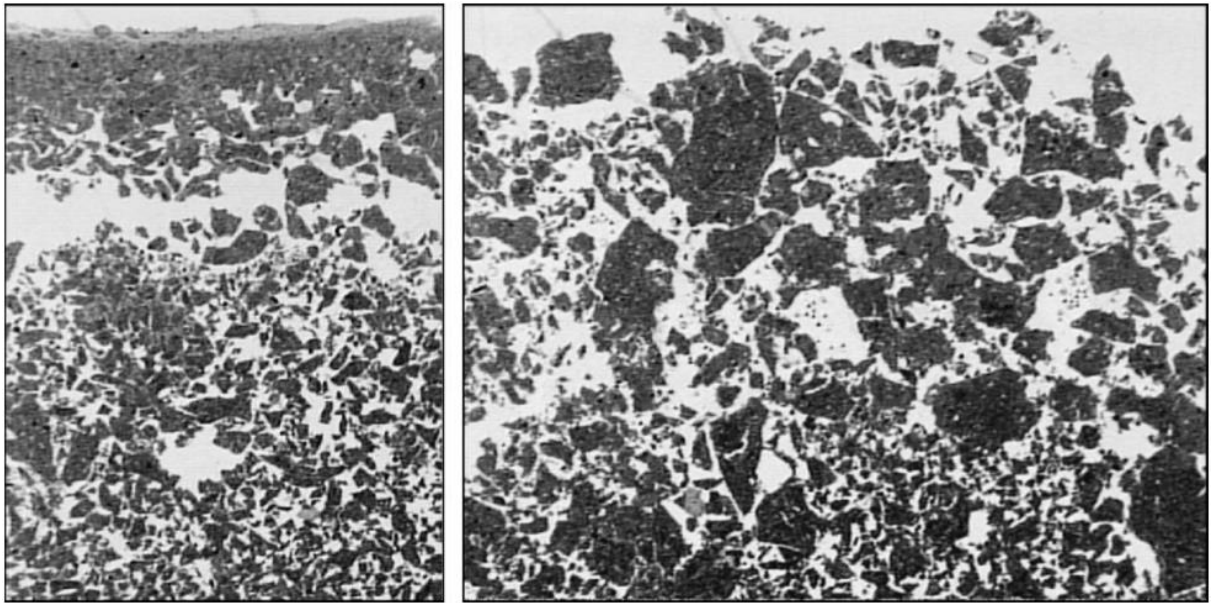
- redukce plevelných rostlin a vzešlého výdrolu
- tvorba kvalitního set'ového lůžka
- rovnoměrné zapravení posklizňových zbytků
- redukce škůdců a chorob
- podpora mineralizace organické hmoty a uvolňování živin
- dřívější prohřívání půdy

K nevýhodám autoři řadí:

- rozrušování půdní struktury a rozpad agregátů
- redukce makropórů a snížení vododržnosti půd
- podpora vodní eroze
- narušení životní cykly příznivých půdních organismů
- snížení obsahu organické složky půdy
- vyšší náklady na pohonné hmoty

Jak píší WHALEN a SAMPEDRO (2010), tradiční zpracování půdy orbou způsobuje dobré promíchávání zeminy s organickými zbytky a hnojivy, provzdušňuje ornici a zamezuje jejímu zhutnění. Na druhé straně orba způsobuje obrušování půdních částic, rozrušuje makroagregáty a podporuje mineralizaci organických látek, které by měly strukturu stabilizovat.

Také polní pokus autorů PAGLIAI, VIGNOZZI a PELLEGRINI (2004) potvrdil, že dlouhodobé konvenční zpracování půdy orbou způsobuje pokles organické hmoty, klesá stabilita půdních agregátů a dochází k tvorbě půdních krust. Obrázek 4 dokazuje tvorbu půdní krusty u kontrolní varianty bez aplikace organických hnojiv (vlevo), naopak varianta s dávkou kompostu 40 t/ha (z rostlinných zbytků z městské zeleně, čistírenských kalů a močůvky) prokazuje stálost svrchní vrstvy po působení dešťových srážek (vpravo).



*Obrázek 4 Makrofotografie neporušené svrchní vrstvy půdy (0 – 0,10 m), vpravo vzorek s aplikací kompostu, vlevo kontrolní vzorek, (PAGLIAI, VIGNOZZI, PELLEGRINI, 2004)*

### **3.2.3.2 Minimalizační zpracování půdy**

Při takovémto způsobu zpracování půdy se nevyužívá radličných pluhů ale hlavním půdo-zpracovatelským nástrojem je kypřič, který půdu jen drobí a kypří do zvolené hloubky. Orby se využívá jen výjimečně, a to při velkém množství posklizňových zbytků či organických hnojiv a při potřebě eradikace plevelů (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

Zpracování půdy působí na tvorbu půdní struktury mimo jiné zapravováním energeticky bohatých organických látek (posklizňové zbytky, statková hnojiva, meziplodiny) a jejich promícháváním s ornicí. Minimalizační a půdoochranné metody, kdy při vzházení následné plodiny zůstává nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy, přispívají ke stabilizaci půdních agregátů, celkově zlepšují půdní fyzikální vlastnosti a mají také protierozní funkci (CARTER, 2004).

### **Přímé setí (tzv. No-tillage systém)**

Půda se nezpracovává a setí se realizuje pomocí speciálních secích strojů do vytvořené rýhy. Při setí do nezpracované půdy zůstává 80 – 100% posklizňových zbytků na půdním povrchu. Tak je sice zajištěn dobrý protierozní efekt a zamezen neproduktivní výpar vody z půdy, ale opakované přímé setí s velkým množstvím posklizňových zbytků nechaným na povrchu půdy může zapříčinit koncentrování zbytků



pesticidů a zasolování z minerálních hnojiv (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002). Vzhledem k nulové intenzitě zpracování půdy se tak jedná o nejextrémnější minimalizační metodu.

Dlouhodobý experiment mezi konvenčním zpracováním půdy a přímým setím, který porovnával objemovou hmotnost půdy, retenční kapacitu a infiltraci, míru a stabilitu agregace půdy a výnos jarního ječmene dokazuje, že ve všech sledovaných parametrech byla varianta pokusu s přímým setím do nezpracované půdy lepší než při klasickém zpracování. Výsledky tohoto polního pokusu podporují využití minimalizačních postupů obdělávání půdy v sušších oblastech západní Kanady (ARSHAD, FRANZLUEBBERS, AZOOZ, 1999).

Polní pokusy porovnávající přímé setí s využitím vymrzajících meziplodin a konvenční zpracování půdy, které zmiňují VACH s JAVŮRKEM (2010), dokazují pozitivní vliv minimalizačního zpracování na stabilitu půdních agregátů. Ta byla stanovena až na dvojnásobek oproti konvenční variantě.

### **Setí do hrůbků (Ridge-tillage)**

Využívá se především při pěstování širokořádkových plodin. Setí probíhá speciálními stroji do hrůbků bez základního zpracování půdy. Na povrchu zůstává 40 – 70 % posklizňových zbytků (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

### **Pásové zpracování půdy (Strip-tillage)**

Ke zpracování půdy v pásech dochází až při kultivaci meziřádků ve vegetačním období. Setí tedy probíhá do nezpracované půdy (BRANT a kol., 2011).

### **Mulčovací zpracování půdy**

Při tomto způsobu se strniště tzv. podřeže šípovými radličkami, půda se nadzdvihne a rostlinné zbytky tak zůstávají na povrchu. Po setí kryje povrch půdy 30 – 60 % posklizňových zbytků (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

Naproti výše uvedeným výhodám minimalizačních technologií zpracování půdy uvádí SMUTNÝ a kol. (2015) výsledky svého pokusu, vedeného v kukuřičné výrobní oblasti v letech 2008 až 2012, kde zaznamenali, že s klesající intenzitou obrábění půdy se postupně zvyšovala její objemová hmotnost a současně s tím se snižovala celková

pórovitost půdy. Dle autorů je tento fakt ovlivněn délkou uplatňování minimalizačních technologií, a pokud tak nastane, je vhodné provést hlubší vertikální zpracování.

#### **3.2.4 Vliv osevního postupu na strukturu půdy**

Možnost optimálního rozvoje kořenové soustavy rostlin je ovlivněna strukturálním stavem půdy. V půdách nestrukturních a utužených, nemají kořeny dostatečný přístup k půdnímu vzduchu, je potlačen mikrobiální život a rostliny tak nemohou profitovat. Ovšem tvorba půdních agregátů, jejich forma a stabilita je mj. ovlivňována právě pěstovanými rostlinami. Prorůstání kořenů půdou má za následek vytváření tlaku na již existující půdní agregáty, které se mohou za vlhka rozpadat na menší. Současně také kořenové exsudáty a výměšky endomykorhízních hub působí na stmelování půdních částic v agregáty. Dochází také ke stlačování půdních pórů a po odumření kořenů k tvorbě nových makropórů, které zajišťují dobrou infiltraci vody do půdního profilu (ANGERS, CARON, 1998).

Efektivního využití produktivnosti daného stanoviště lze dosáhnout jedině správnou volbou počtu a druhů pěstovaných plodin. Intenzifikace hnojení ani nejvýnosnější odrůdy ve špatně zvolené struktuře osevního postupu nemohou zajistit předpokládané výnosy ani dobrý ekonomický výsledek pěstování. Jak uvádějí VACH a JAVŮREK (2008), při nedodržování zásad minimálního střídání plodin dochází k nedostatečné reprodukci a obnově půdní úrodnosti, roste infekční tlak chorob a výskyt plevelných rostlin, stoupá potřeba chemických vstupů a riziko jejich toxicity na půdní prostředí a podzemní vodu a také často klesá kvalita a kvantita polní produkce. Autoři proto uvádějí jako bazální agroekologický požadavek osevní postup se zastoupením 4 – 5 různých druhů plodin a s co nejvíce možným využitím mezipločin. V teplých úrodných oblastech kukuřičné a řepařské výrobní oblasti lze dle autorů efektivně hospodařit i bez živočišné výroby, bez produkce stájových hnojiv. V takových případech je ale nutné do osevního postupu zařazovat jednoleté výkonné plodiny z čeledi bobovitých, např. hrách setý, sóju luštinatou či lupinu bílou, které mají vysokou předplodinovou hodnotu. Svými kořeny a pomocí kořenových bakterií jsou schopny poutat vzdušný dusík, příznivě působí na strukturální stav půdy, poutají ostatní živiny z méně dostupných forem a mají také fytosanitární efekt proti chorobám pat a stébel obilnin.

Důležitým činitelem, který působí na obsah půdní organické hmoty, její kvalitu a stabilitu půdních agregátů je také způsob hospodaření se slámou. Sláma zejm. obilnin

je z velké míry tvořena celulórou a hemicelulórou, což jsou rozvětvené polysacharidy pomalu hydrolyzovatelné půdní mikroflórou. Míru schopnosti rozkladu slámy udává poměr uhlíku a dusíku. Uhlíkaté sloučeniny slouží jako energetická potrava půdní bioty. Po zapravení posklizňových zbytků tak dojde k masivnímu nárůstu celulólytických bakterií, které inkorporují dostupný dusík, tento je odebírá z půdní zásoby a dochází tak k nežádoucí konkurenci o tuto významnou živinu mezi mikroflórou a rostlinami. Obilná sláma má tedy široký poměr C : N (80 – 90 : 1) a je nutné tento stav zvrátit dodáním tzv. vyrovnávací dávky dusíku společně se zapravením slámy. Nejvyšší v tomto ohledu je sláma luskovin s poměrem 20 – 30 : 1, který zabezpečuje optimální rozklad slámy půdními organismy (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002).

Při minimalizačních technologiích může být velké množství slámy na pozemku velkým problémem pro založení porostu následné plodiny. Díky špatnému rozdrobení a rozmístění posklizňových zbytků na povrchu půdy se mohou vyskytovat shluky slámy, které brání přesnému uložení osiva do určité hloubky. K podpoření rozkladu slámy a zlepšení vláhového stavu půdy je vhodné aplikovat kejdu (nebo jiné formy amonného dusíku) v dávce 6 – 15 m<sup>3</sup>/ha společně se zapravením slámy obilnin nebo řepky. Předpokládá se, že mělké zapravení slámy a meziprodukty jejího rozkladu (fenolické látky a organické kyseliny) vedou ke snížení polní vzcházivosti na 80 % (BADALÍKOVÁ, PROCHÁZKOVÁ, 2005). Stejní autoři se také zabývali působením osevního postupu, zpracováním půdy a managementu posklizňových zbytků na strukturní stav. Varianty se sklizením slámy jednoznačně snížily obsah agronomicky cenných agregátů.

Působením strništních meziplodin na zelené hnojení v osevním postupu na strukturu půdy v kukuřičné, řepařské a bramborářské výrobní oblasti se zabývali PROCHÁZKA, PELIKÁN a HARTMAN (2001). Ti vysledovali, že koeficient strukturnosti při zaorávce meziplodiny byl vyšší (KS dosahoval hodnot 1,3 – 2,4) než u kontrolní varianty bez meziplodiny (KS = 1,1) a tento jev pokračoval s rostoucím trendem až do sklizně následné plodiny, kdy hodnoty KS u varianty s meziplodinou dosahovaly hodnot 3,2 – 5,4 a na kontrolní variantě 2,8. Autoři zaznamenali také lepší kvalitativní a kvantitativní ukazatele produkce brambor po zařazení meziplodiny.

Podle VACHA a JAVŮRKA (2007) patří mezi plodiny s kladným efektem na tvorbu drobtovité půdní struktury a její stabilitu kulturní rostliny travních porostů. Travinná společenství vytvářejí hustou síť jemných kořínků do hloubky 0,25 m, pomocí kterých

působí na formování a stabilizaci půdních agregátů. Jak již bylo uvedeno výše, důležitým zdrojem tmelících látek jsou symbiotické houby na kořenech těchto travin.

REEVES (1997) zmiňuje, že v podmínkách kontinuálního pěstování pšenice byla stabilita půdních agregátů nejnižší. Klesala v pořadí kontinuální pastva > pšenice a pastva > pšenice a úhor > dlouhodobě pěstovaná pšenice. S rostoucí hloubkou odběru půdy klesal obsah organické hmoty a také stabilita agregátů.

## **4 MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ**

### **4.1 Charakteristika polního pokusu**

Dlouhodobý stacionární pokus je prováděn od roku 1989 na polní pokusné stanici v Ivanovicích na Hané, která patří Výzkumnému ústavu rostlinné výroby v Praze, v. v. i. Pokus je orientován na odlišné způsoby zpracování půdy k obilninám a cukrovce při různých variantách osevního postupu (OP).

Zhodnocení variant pokusů se zaměřením na strukturní stav půdy bylo provedeno v roce 2014 a 2015, a to vždy po sklizni jarního ječmene, jehož předplodinou byla cukrovka.

Pozemky pokusné stanice (dále jako PS) se nacházejí v nadmořské výšce 225 m n. m., v rovinném terénu řepařské výrobní oblasti, podoblasti Ř1.

#### **4.1.1 Půdní podmínky**

Převládajícím půdním typem na pozemcích PS je degradovaná černozem vzniklá ze spraší. Půdní typ hlinitý. Jde z velké části o aluviální a diluviální hlinité půdy na sprašových podložích. Tmavě hnědě zbarvená ornice, dosahující mocnosti až 0,4 m, obsahuje přibližně 4,39 % humusu a přirozenou zásobu hlavních živin.

#### **4.1.2 Klimatické a povětrnostní podmínky**

Lokalita PS spadá do klimatického regionu T2, tedy slovně hodnoceno jako teplý a mírně suchý region, s mírným průběhem zimy. Průměrné teploty a množství srážek pro roky 2006 až 2015 jsou uvedeny v Tabulce 1 a 2.

Tabulka 1 Průměrné teploty v letech 2006 – 2015 (°C)

Rok	Měsíc												Průměr
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2006	-7,11	-2,87	0,99	10,33	14,50	18,45	22,54	16,86	16,32	10,73	6,34	2,65	9,14
2007	3,31	3,66	6,31	11,64	15,97	19,48	20,41	19,98	12,72	8,10	2,44	-0,39	10,30
2008	1,74	2,76	4,24	9,55	14,78	18,93	19,84	19,55	13,71	9,74	6,34	1,88	10,26
2009	-3,58	0,05	4,61	13,25	14,94	16,92	20,27	20,10	16,37	8,53	5,81	-0,43	9,74
2010	-4,69	-1,23	4,25	9,43	13,14	18,17	21,14	18,78	13,01	6,80	6,50	-4,29	8,42
<b>průměr za 5 let</b>	<b>-2,07</b>	<b>0,47</b>	<b>4,08</b>	<b>10,84</b>	<b>14,67</b>	<b>18,39</b>	<b>20,84</b>	<b>19,05</b>	<b>14,43</b>	<b>8,78</b>	<b>5,49</b>	<b>-0,12</b>	<b>9,57</b>
2011	-0,76	-1,47	4,63	11,49	14,39	18,40	18,14	19,87	16,14	8,71	2,42	1,88	9,49
2012	0,31	-4,49	5,99	10,17	15,93	18,79	20,33	20,16	15,32	8,82	6,10	-2,00	9,62
2013	-2,03	-0,25	0,83	9,62	14,01	17,33	20,76	19,63	13,02	9,97	5,20	1,85	9,16
2014	0,77	2,89	7,48	10,73	13,88	17,66	20,60	17,35	15,27	10,50	7,08	1,71,70	10,49
2015	1,07	0,86	4,79	9,54	13,84	17,68	21,59	22,69	15,36	8,67	5,72	2,42	9,47
<b>průměr za 5 let</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,49</b>	<b>4,74</b>	<b>10,31</b>	<b>14,41</b>	<b>17,97</b>	<b>20,28</b>	<b>19,94</b>	<b>15,02</b>	<b>9,33</b>	<b>5,30</b>	<b>1,04</b>	<b>9,65</b>
<b>průměr za 10 let</b>	<b>-1,10</b>	<b>-0,01</b>	<b>4,41</b>	<b>10,58</b>	<b>14,54</b>	<b>18,18</b>	<b>20,56</b>	<b>19,50</b>	<b>14,72</b>	<b>9,06</b>	<b>5,40</b>	<b>0,40</b>	<b>9,61</b>
<b>dlouhodobý průměr 1965 - 2015</b>	<b>-1,83</b>	<b>-0,19</b>	<b>3,93</b>	<b>9,29</b>	<b>14,41</b>	<b>17,39</b>	<b>19,18</b>	<b>18,71</b>	<b>14,26</b>	<b>9,00</b>	<b>3,79</b>	<b>-0,37</b>	<b>8,97</b>

Tabulka 2 Množství srážek v letech 2006 - 2015 (mm)

Rok	Měsíc												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2006	37,2	31,2	42,0	77,1	70,0	120,6	55,9	156,8	14,3	13,3	22,6	18,2	659,2
2007	61,5	24,3	80,2	2,4	95,7	106,7	35,4	55,0	107,8	51,1	31,2	20,1	671,4
2008	17,0	5,9	41,9	42,5	80,7	35,4	58,9	52,8	78,9	31,1	22,2	31,3	498,6
2009	28,9	61,3	69,1	8,3	62,0	89,1	111,6	34,3	12,9	42,5	71,4	44,8	636,2
2010	78,8	29,4	13,3	45,9	210,2	90,2	91,4	127,5	67,3	8,0	38,1	25,7	825,8
průměr za 5 let	44,7	30,4	49,3	35,2	103,7	88,4	70,6	85,3	56,2	29,2	37,1	28,0	658,2
2011	13,3	1,5	35,0	31,5	58,8	84,5	91,2	57,2	26,8	23,5	0,1	15,4	438,8
2012	30,7	6,8	3,0	29,5	21,8	93,6	62,4	73,8	48,8	66,1	21,8	23,3	481,6
2013	20,1	44,1	47,1	32,0	83,4	109,2	2,4	88,7	63,5	32,2	18,5	9,7	550,9
2014	25,1	9,7	6,5	19,9	52,6	31,0	106,1	93,5	87,9	47,1	19,7	21,3	520,4
2015	21,8	5,4	39,2	17,9	34,8	77,1	28,0	83,7	23,9	27,7	22,1	5,4	387,0
průměr za 5 let	22,2	13,5	26,2	26,2	50,3	79,1	58,0	79,4	50,2	39,3	16,4	15,0	475,7
průměr za 10 let	33,4	22,0	37,7	30,7	77,0	83,7	64,3	82,3	53,2	34,3	26,8	21,5	567,0
dlouhodobý průměr 1965 - 2015	27,0	26,0	30,8	36,2	63,6	77,9	72,7	68,4	47,1	35,3	38,8	28,7	552,4

## 4.2 Varianty pokusu

Polní pokus byl založen ve dvou variantách osevního postupu – a to se zastoupením obilnin 33,3 % a 66,6 %.

Tabulka 3 Varianty osevního postupu v hodnocených pokusech

Pořadí plodiny	OP – 33,3 % obilnin	OP – 66,6 % obilnin
1.	vojtěška	ozimá pšenice
2.	vojtěška	hrách
3.	ozimá pšenice	ozimá pšenice
4.	kukuřice na siláž	jarní ječmen
5.	cukrovka	cukrovka
6.	jarní ječmen	jarní ječmen

Různé způsoby zpracování půdy k obilninám v OP:

1. orba na 0,22 m
2. orba na 0,15 m
3. setí do nezpracované půdy
4. zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

Hnojení plodin minerálními hnojivy je prováděno podle Komplexní metodiky výživy rostlin (NEUBERG a kol., 1990). Na všech variantách pokusu byla aplikována jednotná dávka živin. Jednotná dávka chlévského hnoje k cukrovce je u všech variant 40 t.ha<sup>-1</sup>.

## 4.3 Odběr a příprava půdních vzorků

### 4.3.1 Odběr vzorků

Půdní vzorky byly odebrány v roce 2014 a 2015 po sklizni jarního ječmene, jehož předplodinou byla cukrovka. Vzorky byly odebrány z hloubky 0 – 0,15 m a 0,15 – 0,30 m na všech uvedených variantách, a to ve dvou opakováních.

Odběr vzorků proběhl pomocí rýče, kdy se odebral plást půdy s rozměry 0,2 x 0,2 x 0,05 m z každého opakování. Následně byla zemina v laboratoři volně rozložena k proschnutí.



#### 4.3.2 Stanovení koeficientu strukturnosti tzv. suchou cestou

Jednotlivé proschlé vzorky zeminy byly přesáty obvyklým způsobem (JAVORSKÝ a kol., 1987) na sítěch s průměry ok 10, 5, 2, 0,5 a 0,25 mm. Následně bylo vypočítáno procentické zastoupení jednotlivých velikostních frakcí půdy, které jsou stabilní za sucha. Z vypočítaných hodnot byl zjištěn koeficient strukturnosti (KS), který udává poměr mezi agronomicky cennými (tj. agregáty o průměru 0,25 – 10 mm) a méně cennými strukturními agregáty (PROCHÁZKOVÁ a kol., 2004). Tedy čím je podíl agronomicky hodnotných agregátů vyšší, tím je i vyšší koeficient strukturnosti.

$$\text{Koeficient strukturnosti (KS)} = \frac{\sum \% \text{ zastoupení agregátů velikosti } 10 - 0,25 \text{ mm}}{\sum \% \text{ zastoupení agregátů velikosti } > 10 \text{ a } < 0,25 \text{ mm}}$$

#### 4.3.3 Stanovení vodostálosti půdních agregátů

Schopnost půdní struktury odolávat eroznímu vlivu vody byla měřena pomocí tzv. dispergačního přístroje. Modifikovaná metoda používající tento přístroj je využívána v Německu a v Rakousku a je uváděna pod německou normou č. DIN 19683-16.

Z proschlého vzorku zeminy se na sítěch oddělí frakce 1 – 2 mm. 4 g vzorku této frakce se 5 minut promývá na sítěch v destilované vodě. Následně se vysuší při 105 °C do konstantní hmotnosti. Po zchladnutí v exsikátoru se vzorek zváží (M2) a po dobu 2 hodin je zalit roztokem pyrofosforečnanu sodného, tím dojde k rozložení zbylých stabilních agregátů. Poté se vzorek opět promývá, dojde k vyplavení všech jílových částic a zůstanou jen částice písku nad 0,25 mm, které jsou vysušeny (při 105 °C) a zváženy (M3). Vodostálost půdních agregátů se následně vyjádří jako procento stabilních agregátů z celkového množství agregátů po odečtení obsaženého písku dle rovnice:

$$\% \text{ SAS} = ((M2 - M3) / W - (M3 - M1)) \cdot 100$$

% SAS procento stabilních půdních agregátů

M1 hmotnost misky (g)

M2 hmotnost misky, stabilních agregátů a písku (g)

M3 hmotnost misky a písku (g)

(M2 – M3) hmotnost stabilních agregátů

(M3 – M1) hmotnost písku

W navážka vzorku (4 g) 100 přepočítávací faktor

#### **4.4 Zpracování výsledků**

Laboratorně stanovené výsledky byly zpracovány počítačovým programem Microsoft Excel 2010 k základním výpočtům. Ke statistickému zhodnocení dat a grafickému vyjádření, s výpočtem analýzy rozptylu (ANOVA) a následným testem dle Tukeye (s intervaly spolehlivosti pro hladinu významnosti 0,05, tj. hladina pravděpodobnosti 95 %), byl použit program STATISTICA CZ.

## **5 VÝSLEDKY A DISKUZE**

### **5.1 Zhodnocení vlivu osevního postupu a různého zpracování půdy na strukturní stav půdy**

#### **5.1.1 Pokusný rok 2014**

Zjištěné výsledky sledování vlivu různého zpracování půdy a osevního postupu na koeficient strukturnosti (uváděném jako KS), jenž ukazuje na stav půdní struktury, pro rok 2014, jsou statisticky zjištěny (Tabulka 4) a graficky vyobrazeny (Obrázek 5 – 11). Sledovanými faktory byly dvě varianty osevního postupu, čtyři varianty zpracování půdy k ječmeni jarnímu a dvě varianty hloubky odběru vzorku.

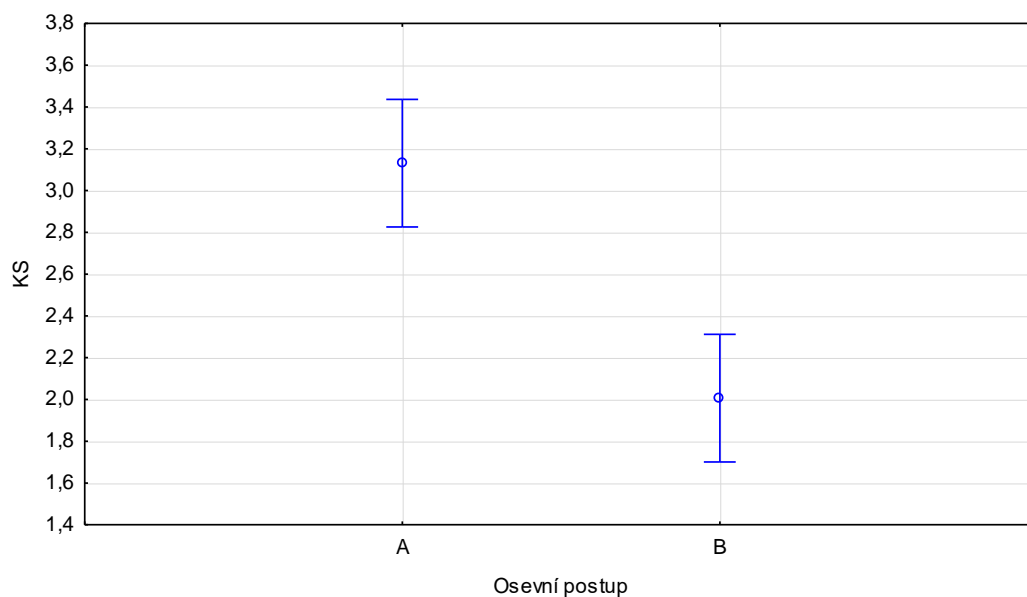
Pro rok 2014 byla pro tyto faktory vyhodnocena následující statistická zjištění.

Pro hodnocený rok 2014 byl stanoven koeficient strukturnosti výrazně vyšší u varianty osevního postupu se zastoupením 33,3 % obilovin, hodnota KS byla 3,13. Z variant různého zpracování půdy k ječmeni jarnímu dosáhlo přímé setí nejvyšších hodnot koeficientu strukturnosti, naměřená hodnota byla 2,94. U variant zpracování půdy ale nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (Obrázek 6). Mezi dvěma variantami osevního postupu byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl (Obrázek 5). Podle stratifikace odběrového místa vykazala hloubka půdy 0 – 0,15 m větší koeficient strukturnosti (kde  $KS = 2,79$ ) a byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (Obrázek 7).

U vlivů interakcí agrotechnických faktorů na koeficient strukturnosti byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl v interakci těchto dvou faktorů: způsob zpracování půdy a hloubka odběru (Obrázek 10). V interakcích zbylých faktorů nebyl zjištěn statistický rozdíl.

Tabulka 4 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2014

Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
<b>Abs. člen</b>	422,2098	1	422,2098	850,5203	<b>0,0000</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	20,2498	1	20,2498	40,7921	<b>0,0000</b>
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	3,8377	3	1,2792	2,5769	0,0639
<b>Hloubka (HL)</b>	3,1280	1	3,1280	6,3011	<b>0,0153</b>
<b>OP*ZP</b>	1,4458	3	0,4819	0,9709	0,4137
<b>OP*HL</b>	0,1647	1	0,1647	0,3317	0,5672
<b>ZP*HL</b>	12,4124	3	4,1375	8,3347	<b>0,0001</b>
<b>Chyba</b>	25,3171	51	0,4964		



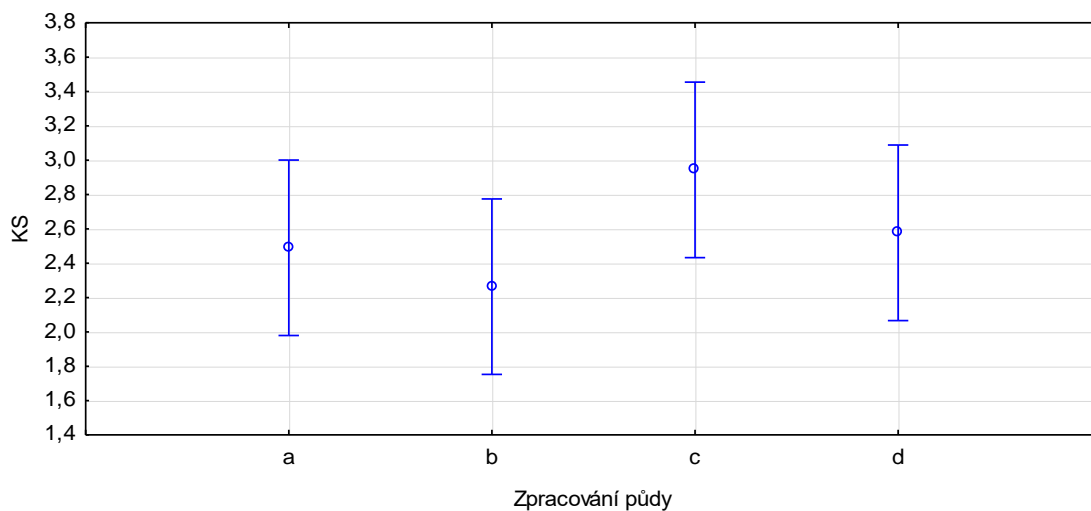
Obrázek 5 Vliv osevního postupu na koeficientu strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 6 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

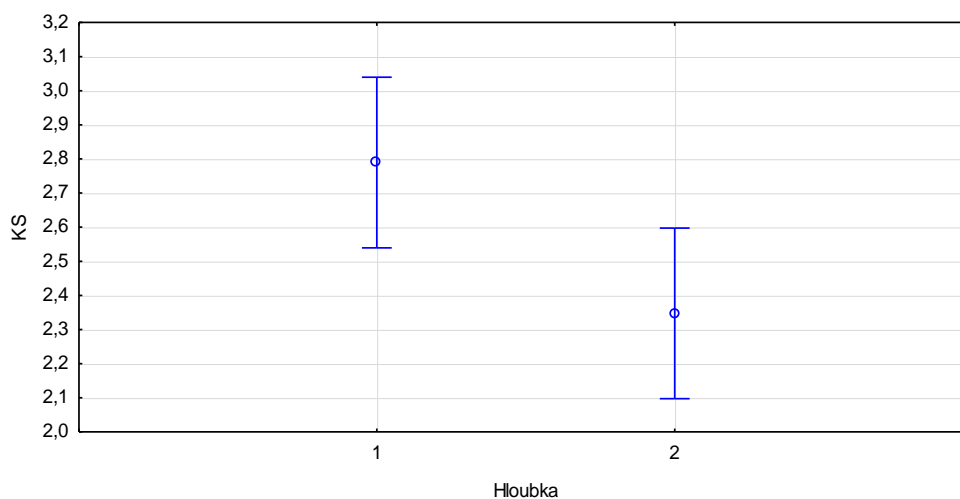
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti



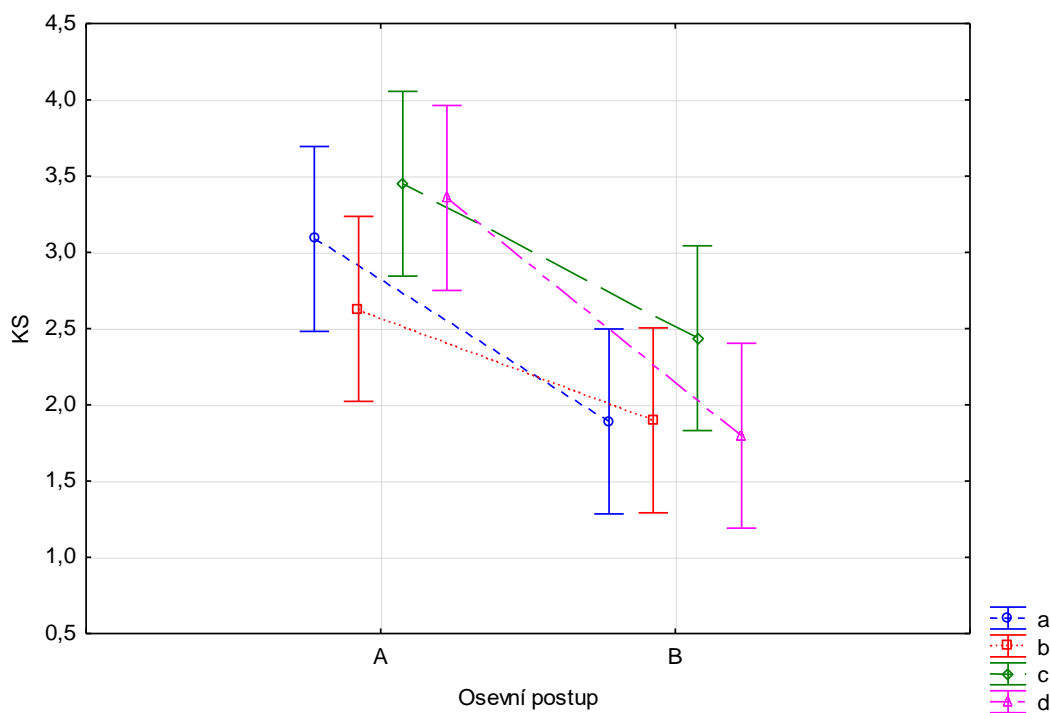
Obrázek 7 Vliv hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 8 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

a = orba na 0,22 m

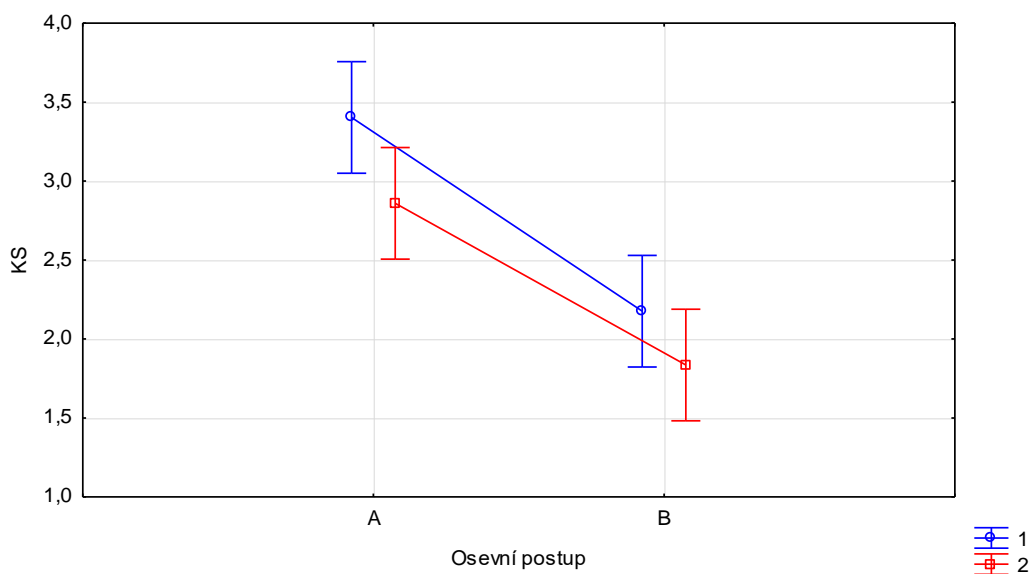
b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým náradím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti

V interakci faktorů osevní postup a zpracování půdy nebyl zjištěn statistický rozdíl (Obrázek 8). Největší hodnoty koeficientu strukturnosti byly zjištěny na variantě setí do nezpracované půdy a to na obou osevních postupech.



Obrázek 9 Vliv interakce hloubky odběru a osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

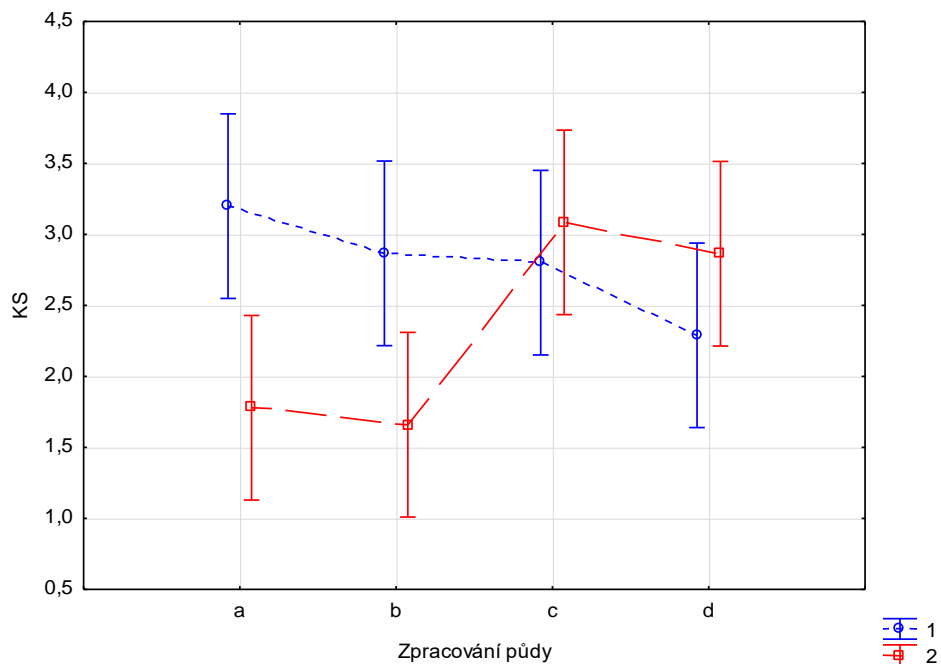
B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

Při analýze interakcí hloubky odběru a osevního postupu na KS nebyl zjištěn statistický rozdíl (Obrázek 9). Osevní postup s nižším zastoupením obilnin (33,3 %) vykázal v obou analyzovaných hloubkách (0 – 0,15 m; 0,15 – 0,30 m) vyšší hodnoty koeficientu strukturnosti než osevní postup s 66,6 % zastoupením obilnin.



Obrázek 10 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2014

Vysvětlivky:

a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

V interakci faktorů zpracování půdy a odběrové hloubky byl zjištěn statistický rozdíl (Obrázek 10). Na variantě s orbou na 0,22 m byl koeficient strukturnosti v odběrové hloubce 0 – 0,15 m výrazně vyšší než ve větší hloubce půdy. Podobný trend nastal i u varianty s orbou na 0,15 m. Naopak při minimalizačním zpracování půdy (setí do nezpracované půdy, zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m) byly průměrné hodnoty KS v celém zkoumaném profilu (0 – 0,30 m) podobné.



### 5.1.2 Pokusný rok 2015

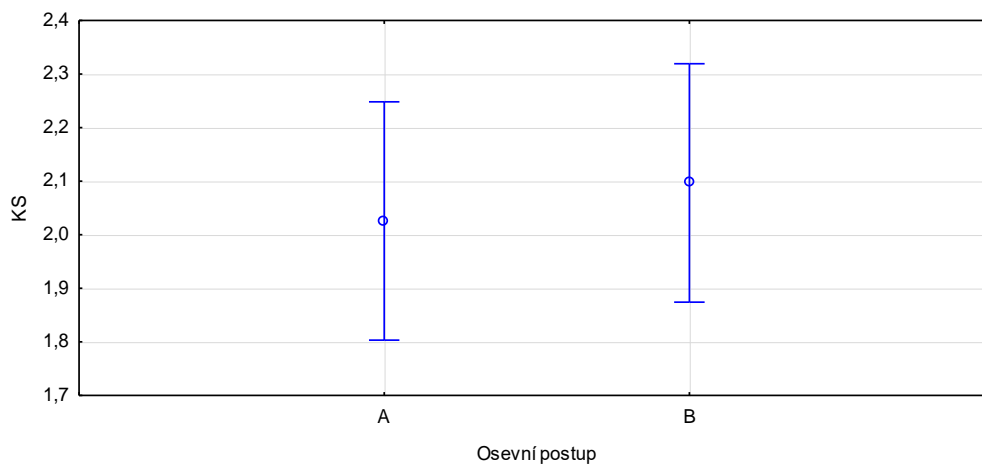
Výsledky sledování vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti (uváděném jako KS) pro rok 2015 jsou statisticky vyhodnoceny (Tabulka 5) a graficky vyobrazeny (Obrázky 11 – 16).

U stanovovaných vlivů faktorů na KS v roce 2015 byl zjištěn statisticky rozdíl pouze u faktoru hloubky, kdy ve vrchní vrstvě půdy (0 – 0,15 m) byla stanovena vyšší průměrná hodnota koeficientu strukturnosti než v hloubce 0,15 – 0,30 m, a to s vysokou průkazností (Obrázek 13). U zbylých faktorů (zpracování půdy a osevní postup) statistické rozdíly zjištěny nebyly.

Při analýze interakcí zkoumaných faktorů na KS v roce 2015 byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl u varianty způsob zpracování půdy a hloubka odběru (Obrázek 16). U zbylých interakcí faktorů statistická průkaznost zjištěna nebyla.

*Tabulka 5 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2015*

<b>Efekt</b>	<b>SČ</b>	<b>Stupně volnosti</b>	<b>PČ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Abs. člen</b>	271,9319	1	271,9319	691,5901	<b>0,0000</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	0,0805	1	0,0805	0,2049	0,6528
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	0,8371	3	0,2790	0,7097	0,5507
<b>Hloubka (HL)</b>	15,9368	1	15,9368	40,5311	<b>0,0000</b>
<b>OP*ZP</b>	1,3959	3	0,4653	1,1834	0,3253
<b>OP*HL</b>	0,0918	1	0,0918	0,2335	0,6310
<b>ZP*HL</b>	13,3816	3	4,4605	11,3443	<b>0,0000</b>
<b>Chyba</b>	20,0531	51	0,3932		



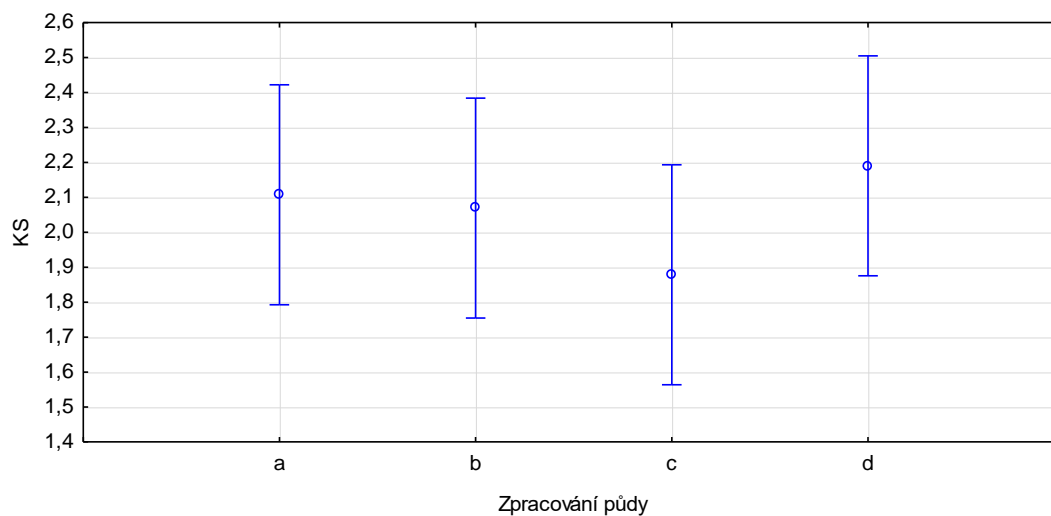
Obrázek 11 Vliv osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 12 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2015

Vysvětlivky:

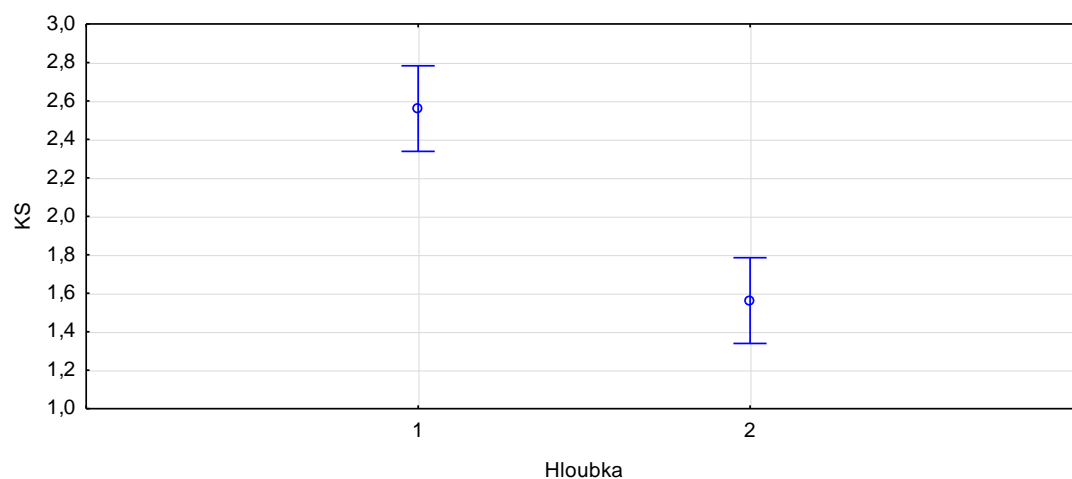
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým náradím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti



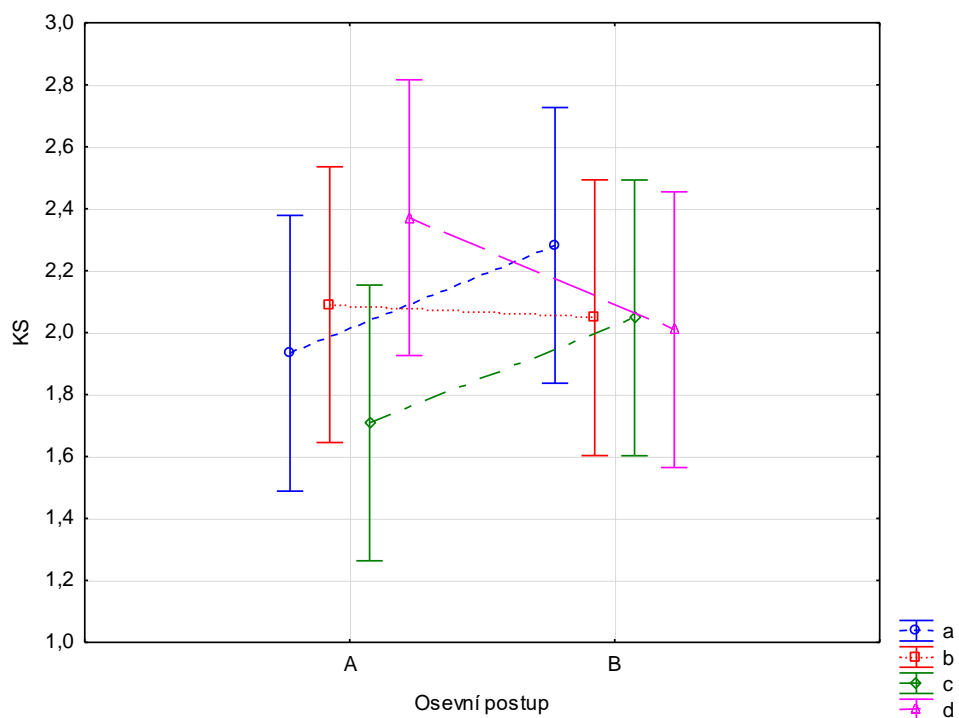
*Obrázek 13 Vliv hĺoubky na koeficient strukturnosti v roce 2015*

Vysvětlivky:

1 = odběrová hĺoubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hĺoubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 14 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

a = orba na 0,22 m

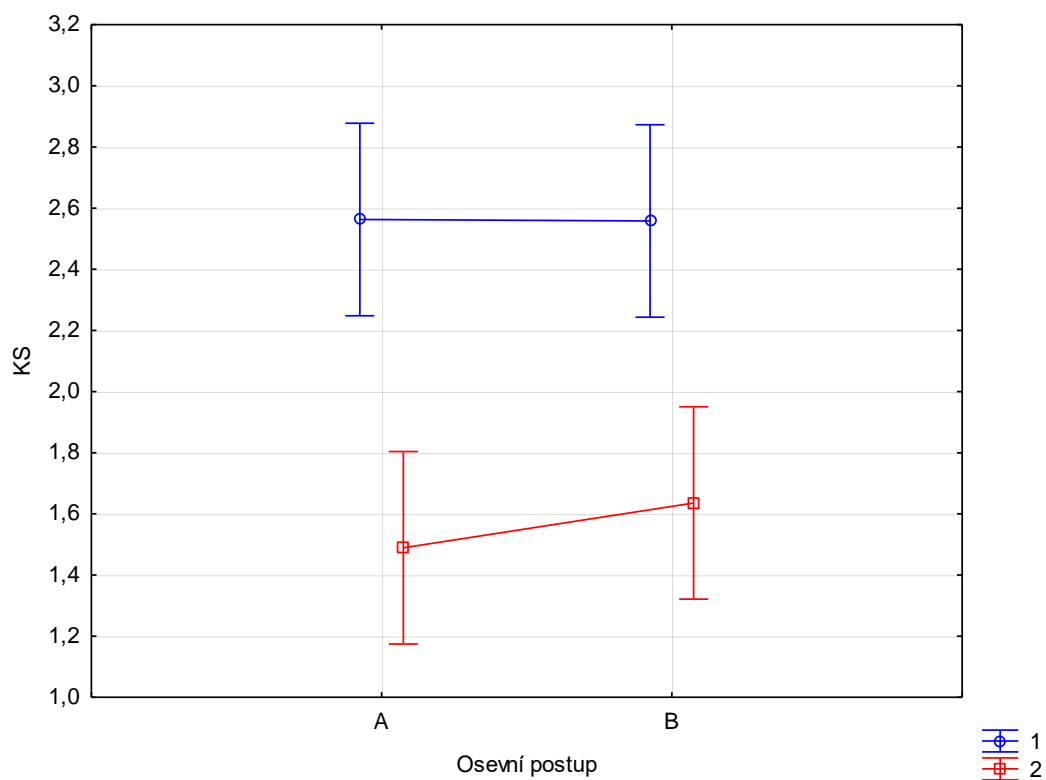
b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti

V interakci faktorů osevní postup a zpracování půdy při vlivu na koeficient strukturnosti v roce 2015 nebyla zjištěna statistická průkaznost (Obrázek 14). V podmínkách osevního postupu s 33,3 % obilnin byla zjištěna nejvyšší průměrná hodnota KS u varianty zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m. Naopak v osevním postupu s 66,6 % obilnin byly průměrné hodnoty KS u takto zpracovávané půdy nejnižší.



Obrázek 15 Vliv interakce osevního postupu a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

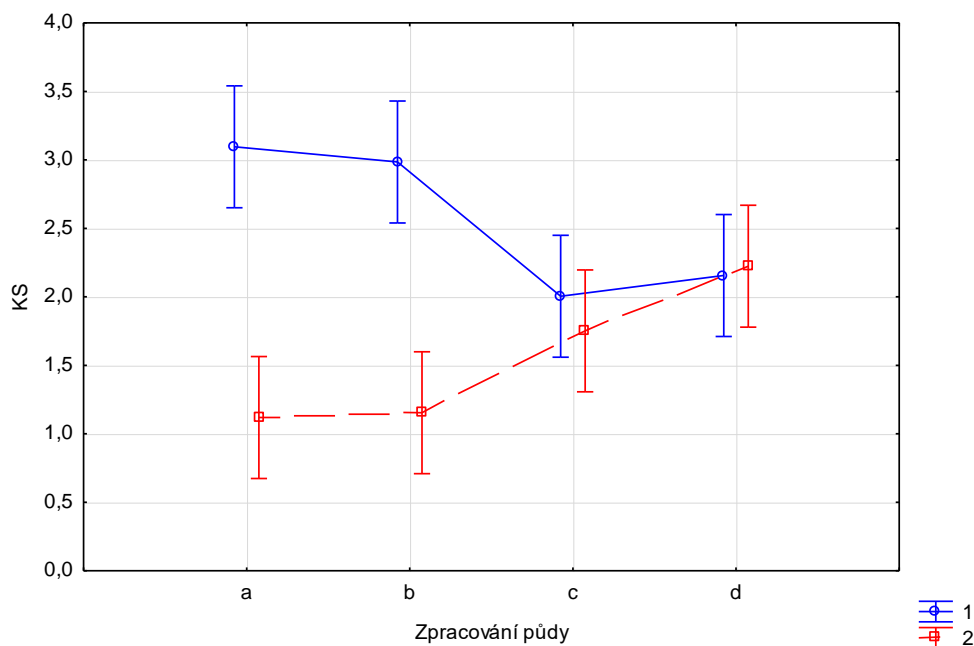
B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

U vlivu interakce hloubky a osevního postupu na KS v roce 2015 nebyla stanovena statistická průkaznost. V hloubce 0 – 0,15 m, na obou variantách osevního postupu, byly zaznamenány vyšší hodnoty KS než v hloubce 0,15 – 0,30 m. S hloubkou odběru klesá hodnota koeficientu strukturnosti na obou variantách osevního postupu. KS byly na obou variantách osevního postupu v téže hloubce podobné (Obrázek 15).



Obrázek 16 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2015

Vysvětlivky:

a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

U analýzy vlivu interakce mezi zpracováním půdy a hloubkou odběru na koeficient strukturnosti v roce 2015 byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost, podobně jako v roce 2014 (Obrázek 16). Nejvyšších hodnot KS dosáhlo zpracování orbou (na 0,22 m i na 0,15 m), a to jen ve vrchní vrstvě (0 – 0,15 m). Naopak v hloubce 0,15 – 0,30 m byly hodnoty KS u variant s orbou nejnižší. Minimalizační zpracování vykázalo podobné hodnoty koeficientu strukturnosti v celém analyzovaném půdním profilu (0 – 0,30 m).

### 5.1.3 Celkové zhodnocení

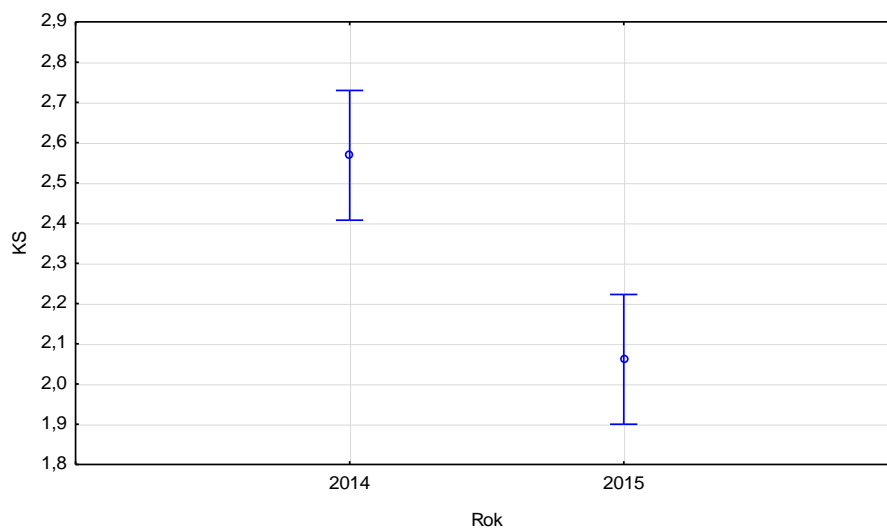
U celkového vyhodnocení vlivu agronomických faktorů na koeficient strukturnosti v letech 2014 a 2015 byla sestrojena tabulka se zjištěnými statistickými skutečnostmi (Tabulka 6) a ty následně graficky vyobrazeny (Obrázek 17 – 26).

Rok 2014 měl oproti roku 2015 statisticky výrazně vyšší hodnoty koeficientu strukturnosti (Obrázek 17). Průměrná hodnota KS v roce 2014 byla 2,57, pro rok 2015 dosáhl KS hodnoty 2,06. Osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin vykázal vyšší hodnoty koeficientu strukturnosti než osevní postup s vyšším zastoupením obilnin (Obrázek 18). Byla zde zjištěna statisticky vysoká průkaznost. U vlivu variant zpracování půdy k jarnímu ječmeni na KS nebyl zjištěn statistický rozdíl. Vyšších hodnot koeficientu strukturnosti dosáhly varianty s minimalizačními postupy zpracování půdy (Obrázek 19). Koeficient strukturnosti v hloubce půdy 0 – 0,15 m byl statisticky významně vyšší než v hlubší vrstvě 0,15 – 0,30 m (Obrázek 20).

V hodnocení vlivu interakcí na koeficient strukturnosti v letech 2014 a 2015 byly zjištěny vysoké průkaznosti u následujících kombinací faktorů: zpracování půdy a hloubka (Obrázek 23 a Obrázek 21), osevní postup a rok (Obrázek 24), zpracování půdy a rok (Obrázek 25), hloubka a rok (Obrázek 26). U zbylých interakcí statistická průkaznost zjištěna nebyla.

Tabulka 6 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

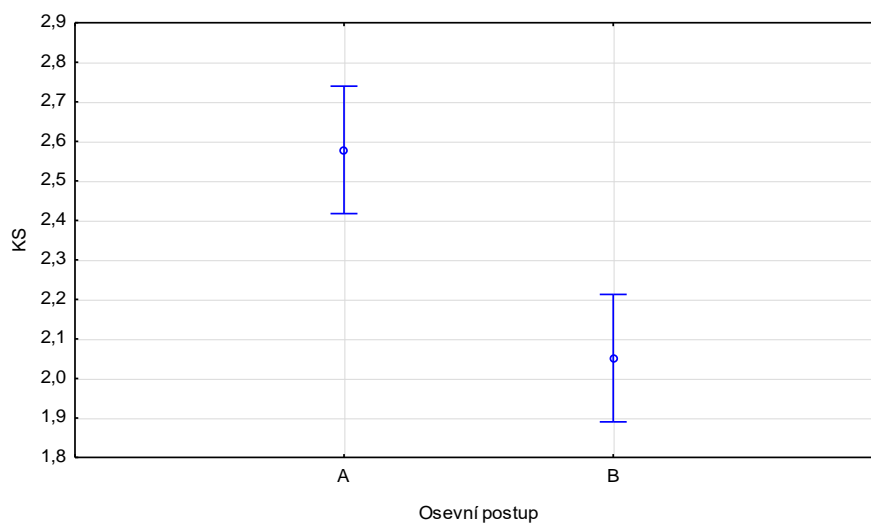
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
<b>Abs. člen</b>	685,9105	1	685,9105	1618,3459	<b>0,0000</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	8,8880	1	8,8880	20,9705	<b>0,0000</b>
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	1,1600	3	0,3867	0,9123	0,4376
<b>Hloubka (HL)</b>	16,5928	1	16,5928	39,1493	<b>0,0000</b>
<b>Rok</b>	8,2312	1	8,2312	19,4208	<b>0,0000</b>
<b>OP*ZP</b>	2,0342	3	0,6781	1,5998	0,1936
<b>OP*HL</b>	0,2512	1	0,2512	0,5926	0,4431
<b>ZP*HL</b>	25,7792	3	8,5931	20,2746	<b>0,0000</b>
<b>OP*Rok</b>	11,4423	1	11,4423	26,9971	<b>0,0000</b>
<b>ZP*Rok</b>	3,5148	3	1,1716	2,7643	<b>0,0454</b>
<b>HL*Rok</b>	2,4719	1	2,4719	5,8323	<b>0,0174</b>
<b>Chyba</b>	46,1979	109	0,4238		



Obrázek 17 Průměrná hodnota koeficientu strukturnosti pro rok 2014 a 2015

Vysvětlivky:

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 18 Vliv osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

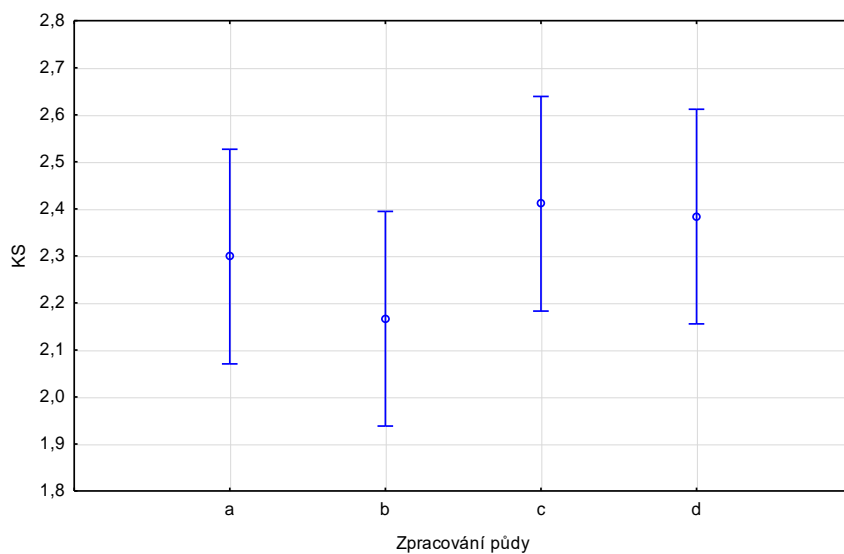
Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

KS = koeficient strukturnosti





Obrázek 19 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

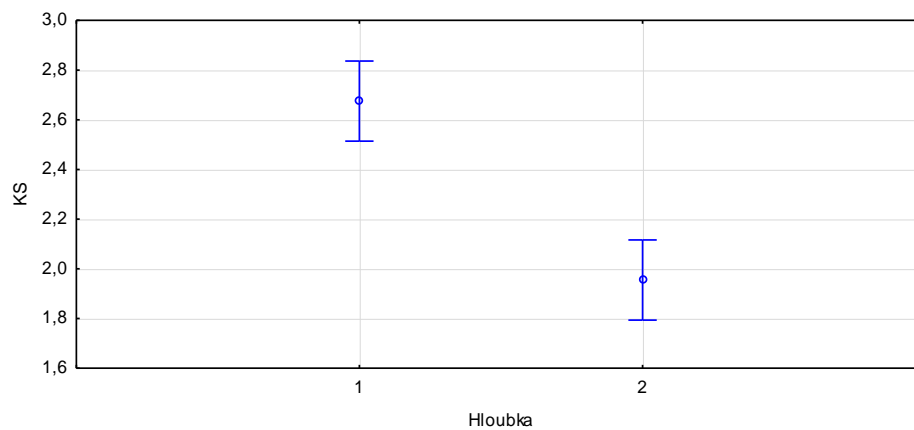
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti



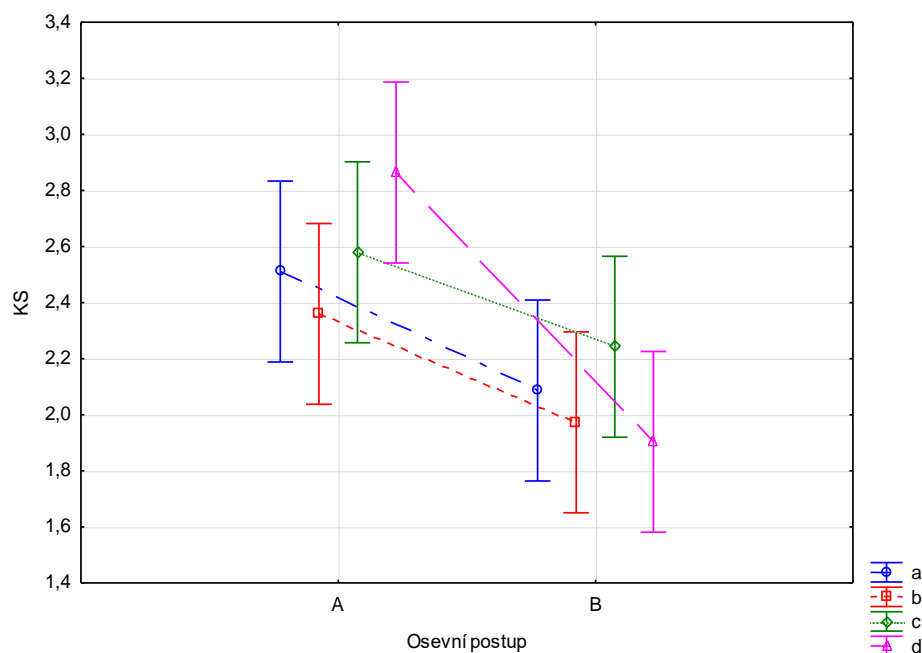
Obrázek 20 Vliv různé hloubky na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti



Obrázek 21 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

a = orba na 0,22 m

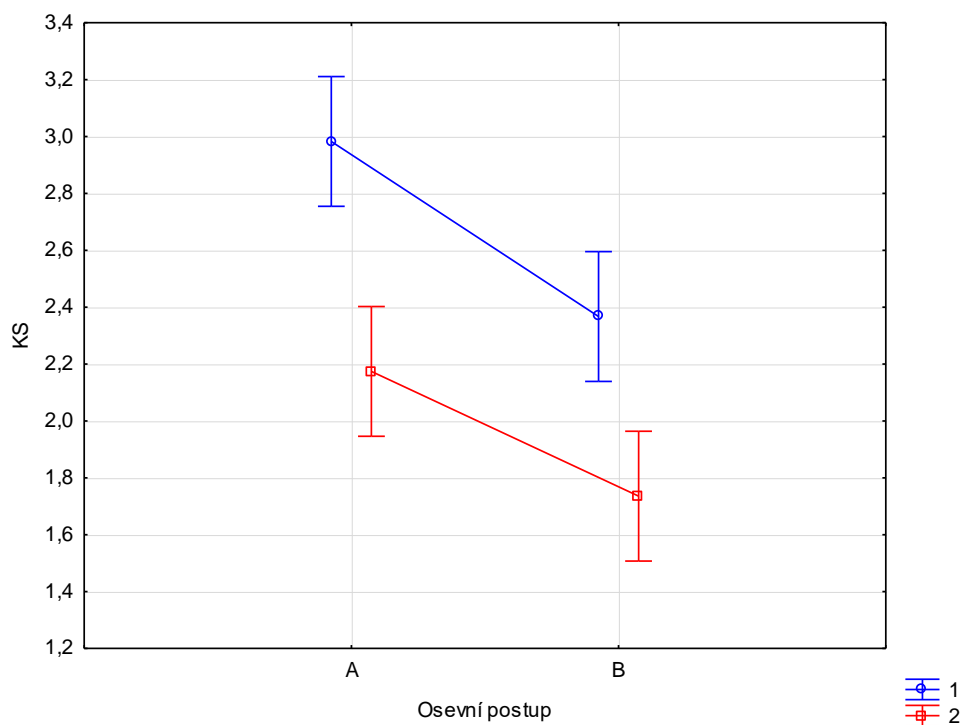
b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti

Při vlivu interakce osevního postupu a zpracování půdy dosáhl vyšších hodnot KS osevní postup s nižším zastoupením obilnin (33,3 %), a to u všech způsobů zpracování půdy (Obrázek 21). Nejlépe se jeví varianta setí do nezpracované půdy (při osevním postupu s 66,6 % obilnin) a mělké talířové zpracování na 0,10 m (varianta osevního postupu s 33,3 % obilnin). Nebyla zjištěna statistická průkaznost.



Obrázek 22 Vliv interakce hloubky a osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

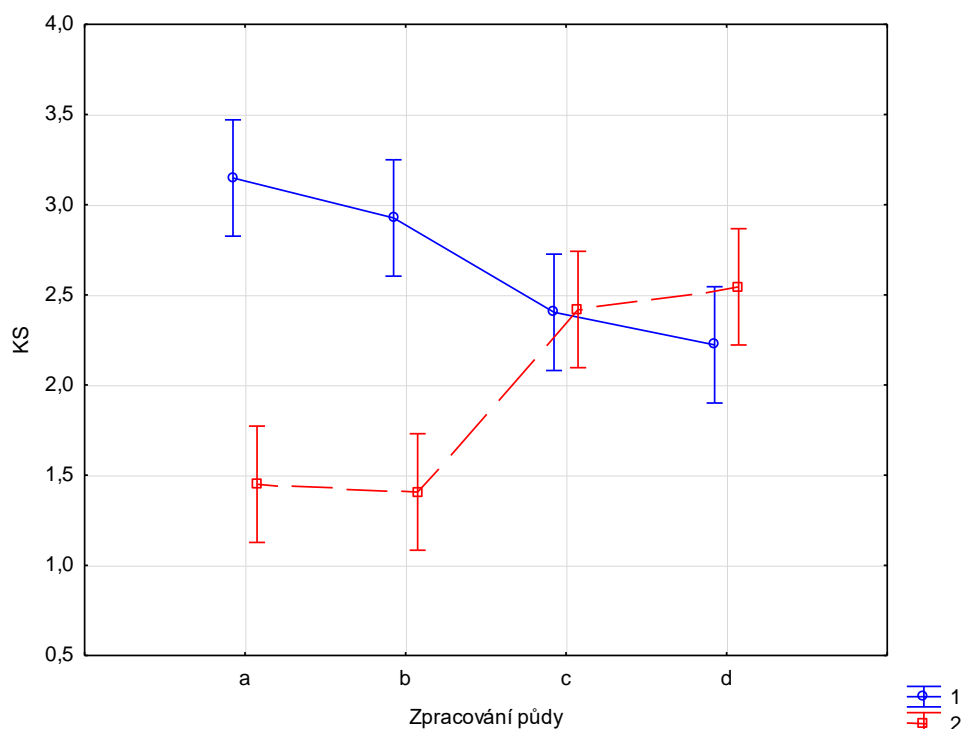
B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

Koeficient strukturnosti dosáhl na obou variantách osevního postupu vyšších hodnot v hloubce 0 – 0,15 m (Obrázek 22). Plodinově pestřejší osevní postup (s 33,3 % obilnin) vykázal lepší stav půdní struktury v celém zkoumaném půdním profilu (0 – 0,30 m). Nebyl ale zjištěn statistický rozdíl.



Obrázek 23 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

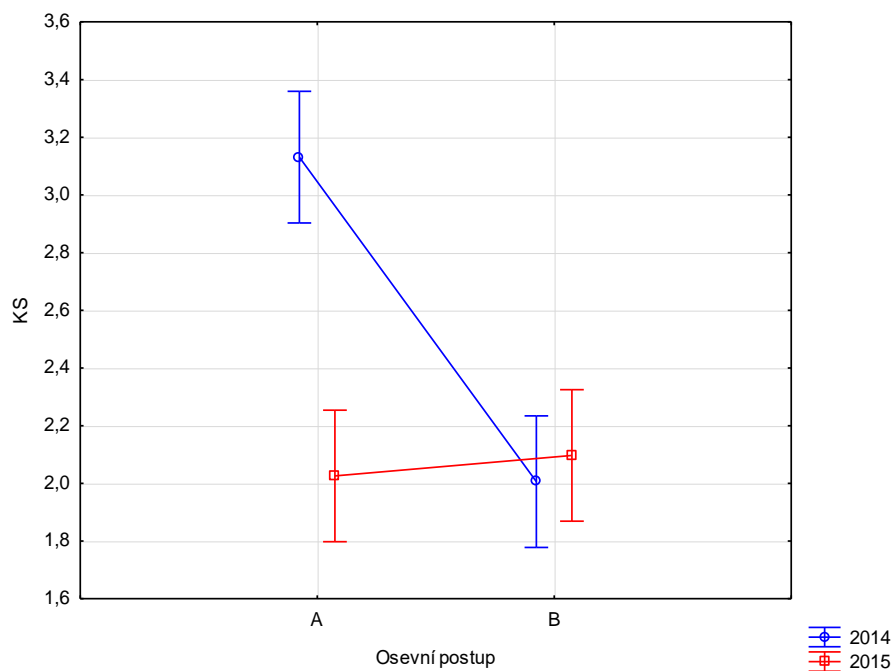
d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

U interakce zpracování půdy a hloubky odběru byla zjištěna vysoká průkaznost (Obrázek 23). Obě varianty s orbou vykázaly ve vrstvě 0 – 0,15 m vyšší hodnoty KS než minimalizační zásahy. Nicméně ve spodní vrstvě 0,15 – 0,30 m byly koeficienty strukturnosti na variantách s orbou nejnižší. Minimalizační zpracování půdy má v celém analyzovaném profilu (0 – 0,30 m) podobné hodnoty KS.



*Obrázek 24 Vliv interakce osevního postupu a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015*

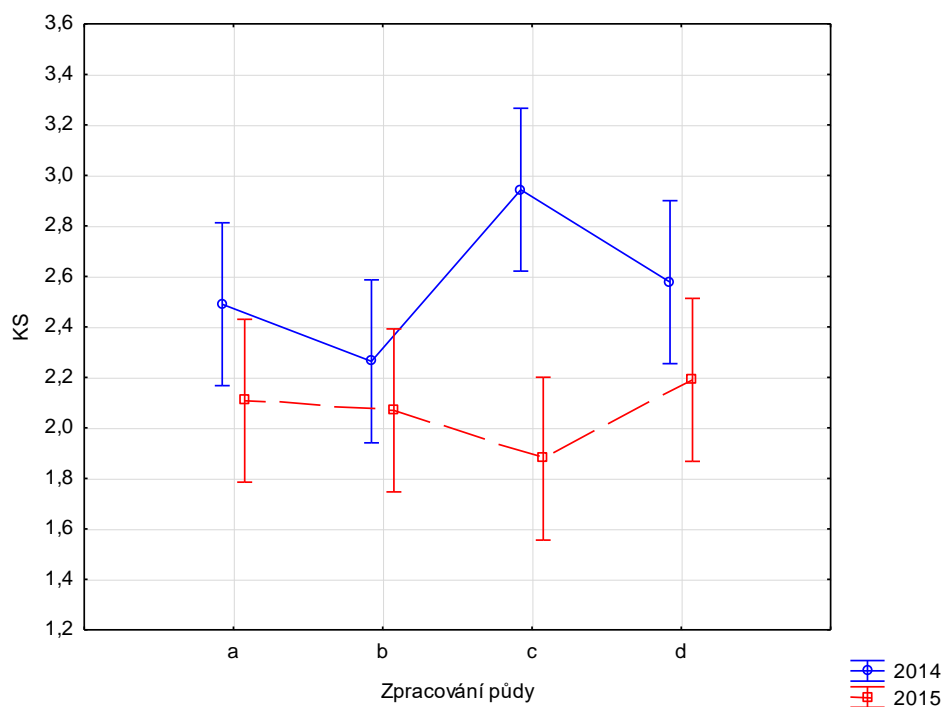
Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

KS = koeficient strukturnosti

Zastoupení 33,3 % obilnin v osevním postupu v roce 2014 vykázalo výrazně vyšší koeficient strukturnosti než v roce 2015 (Obrázek 24). Naopak na variantě osevního postupu s vyšším zastoupením obilnin 66,6 % byly zjištěny podobné hodnoty KS v obou sledovaných letech. Byla stanovena statisticky vysoká průkaznost.



Obrázek 25 Vliv interakce zpracování půdy a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

a = orba na 0,22 m

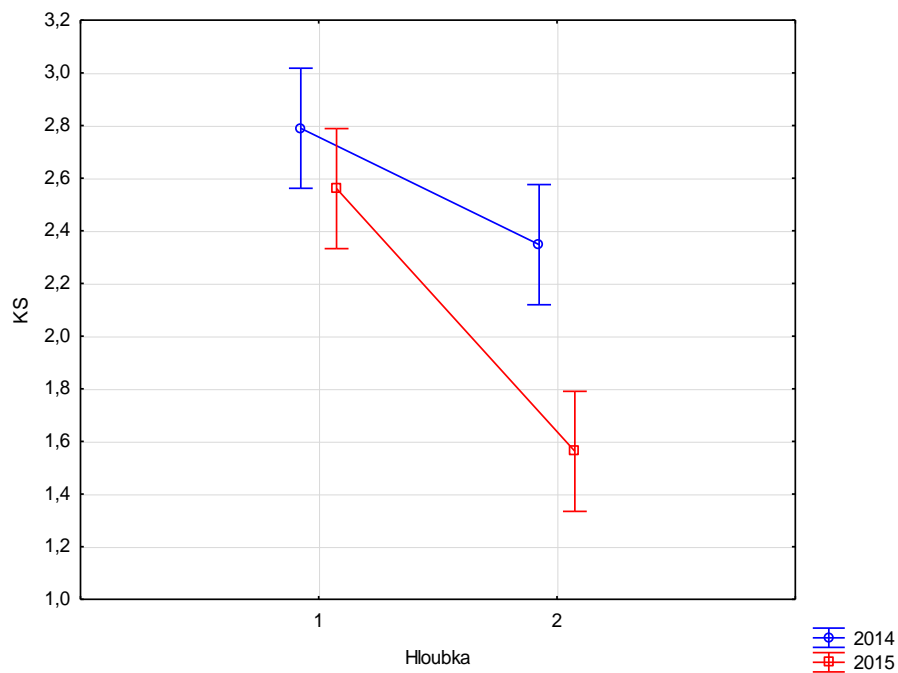
b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

KS = koeficient strukturnosti

U hodnocení vlivu interakce zpracování půdy a roku na KS byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl. Největší rozdíl v hodnotách koeficientu strukturnosti byl na variantě setí do nezpracované půdy (Obrázek 25). V roce 2014 byl stanoven nejvyšší KS ze všech variant zpracování právě u setí do nezpracované půdy. Rok 2014 také vykázal vyšší hodnoty KS na všech variantách zpracování půdy.



Obrázek 26 Vliv interakce hloubky a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

KS = koeficient strukturnosti

V horní analyzované vrstvě 0 – 0,15 m byla stanovena nejvyšší hodnota koeficientu strukturnosti, a to v obou sledovaných letech (Obrázek 26). S rostoucí hloubkou půdy hodnota KS klesala v obou letech, v roce 2015 byl klesající trend silnější. I zde byla zjištěna statisticky vysoká průkaznost.

## 5.2 Zhodnocení vodostálosti půdních agregátů

### 5.2.1 Rok 2014

Statisticky zjištěné výsledky působení vybraných faktorů (zpracování půdy, osevní postup, hloubka) na vodostálost půdních agregátů uvádí Tabulka 7, následně jsou graficky vyobrazeny (Obrázek 27 – 29).

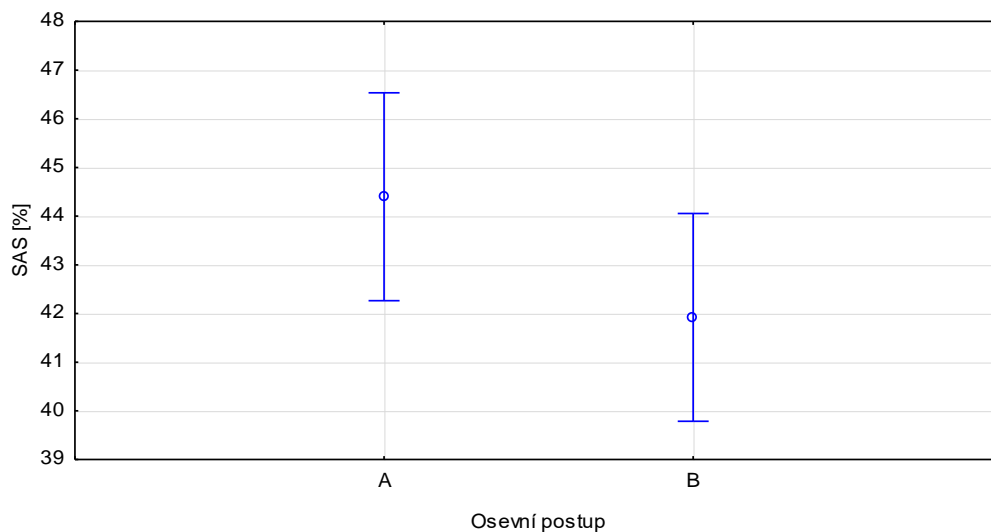
Pro rok 2014 byla pro tyto faktory vyhodnocena následující statistická zjištění.

Nejvyšší hodnoty vodostálosti půdních agregátů dosáhlo minimalizační zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m (Obrázek 28). Nejnižší hodnota byla naopak zjištěna u varianty s orbou na 0,22 m. Statisticky vysoká průkaznost byla zaznamenána pouze u variant zpracování půdy. Osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin vykázal vyšší vodostálost půdních agregátů než postup se zastoupením obilnin 66,6 % (Obrázek 27). Byl zaznamenán mírný trend snižující se stability agregátů se snižující se hloubkou odběru (Obrázek 29).

*Tabulka 7 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2014*

<b>Efekt</b>	<b>SČ</b>	<b>Stupně volnosti</b>	<b>PČ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Abs. člen</b>	119218,0872	1	119218,0872	3294,8668	<b>0,0000</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	98,2557	1	98,2557	2,7155	0,1055
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	680,9752	3	226,9917	6,2734	<b>0,0010</b>
<b>Hloubka (HL)</b>	4,2518	1	4,2518	0,1175	0,7332
<b>OP*ZP</b>	12,6620	3	4,2207	0,1166	0,9499
<b>OP*HL</b>	6,5594	1	6,5594	0,1813	0,6721
<b>ZP*HL</b>	48,2712	3	16,0904	0,4447	0,7221
<b>Chyba</b>	1845,3318	51	36,1830		





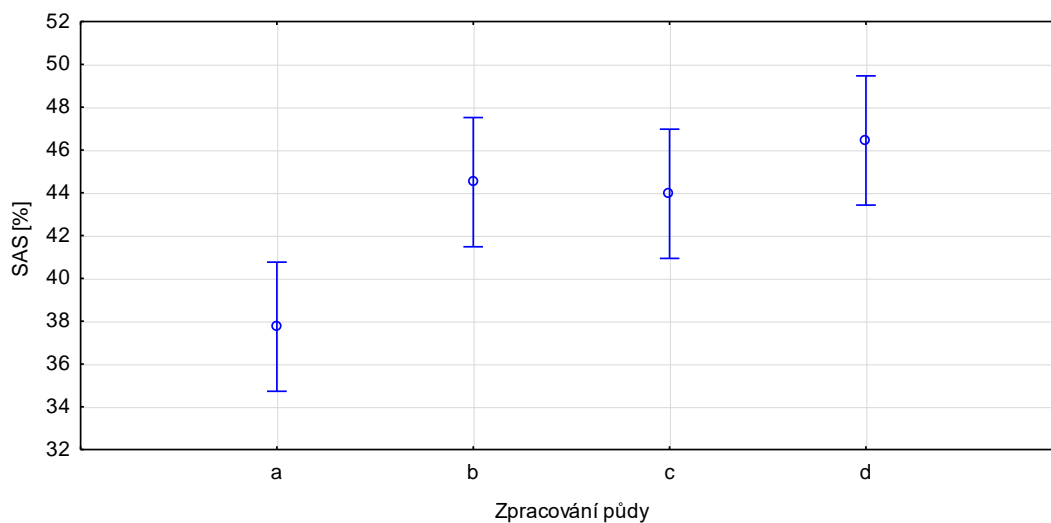
Obrázek 27 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 28 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Vysvětlivky:

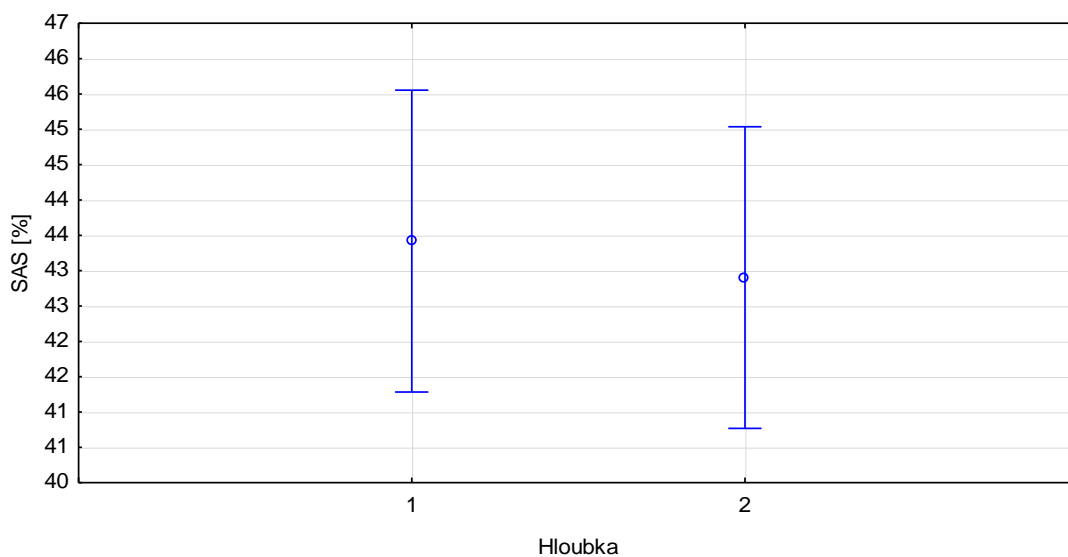
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým náradím na 0,10 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 29 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů

### 5.2.2 Rok 2015

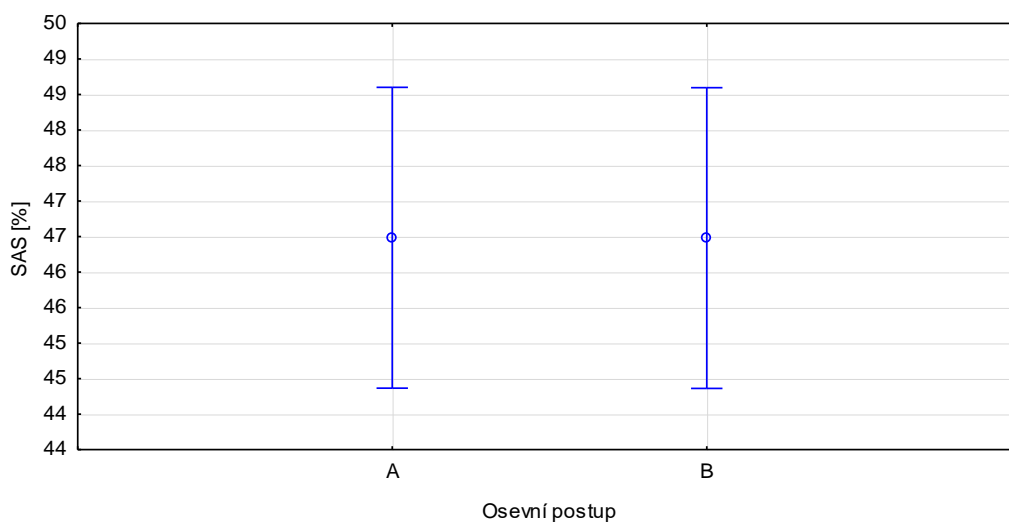
Statisticky zjištěné výsledky působení vybraných faktorů (zpracování půdy, osevnický postup, hloubka) na vodostálost půdních agregátů v roce 2015 uvádí Tabulka 8, následně jsou graficky vyobrazeny (Obrázek 30 – 32).

Pro rok 2015 byla pro tyto faktory vyhodnocena následující statistická zjištění.

V roce 2015 byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl pouze u hloubky odběru. V hloubce 0 – 0,15 m byla stanovena vyšší stabilita agregátů než v hloubce 0,15 – 30 m (Obrázek 32). Obě varianty osevnického postupu vykázaly shodné hodnoty vodostálosti půdních agregátů (Obrázek 30). Nejnižší hodnotu vodostálosti vykázala varianta s orbou na 22 cm (Obrázek 31).

Tabulka 8 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
<b>Abs. Člen</b>	138272,6	1	138272,5922	3882,1266	<b>0,0000</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	0,0	1	0,0000	0,0000	1,0000
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	54,5	3	18,1557	0,5097	0,6774
<b>Hloubka (HL)</b>	808,1	1	808,0528	22,6868	<b>0,0000</b>
<b>OP*ZP</b>	151,1	3	50,3617	1,4139	0,2494
<b>OP*HL</b>	0,2	1	0,1691	0,0047	0,9453
<b>ZP*HL</b>	19,3	3	6,4484	0,1810	0,9088
<b>Chyba</b>	1816,5	51	35,6177		



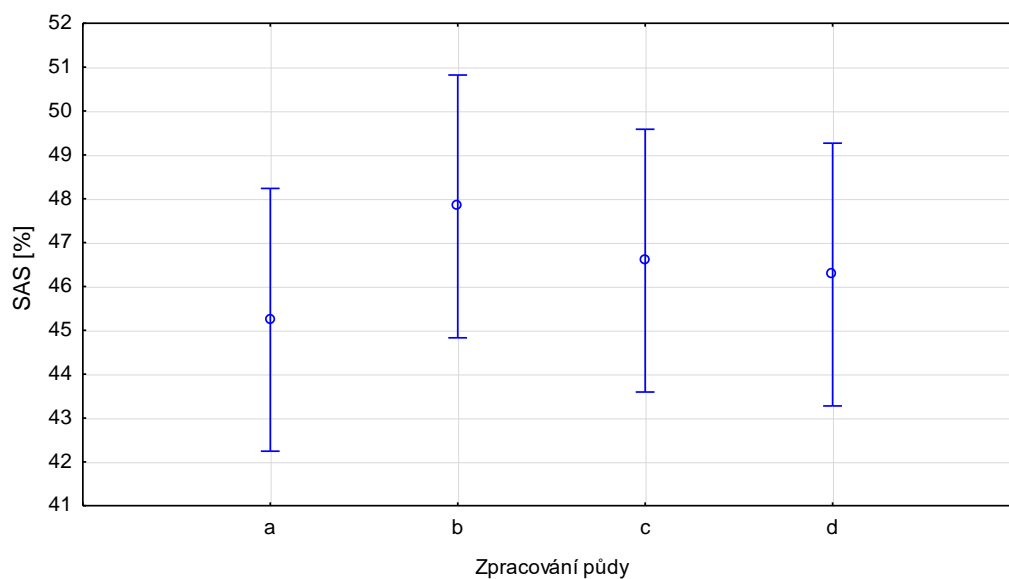
Obrázek 30 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 31 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Vysvětlivky:

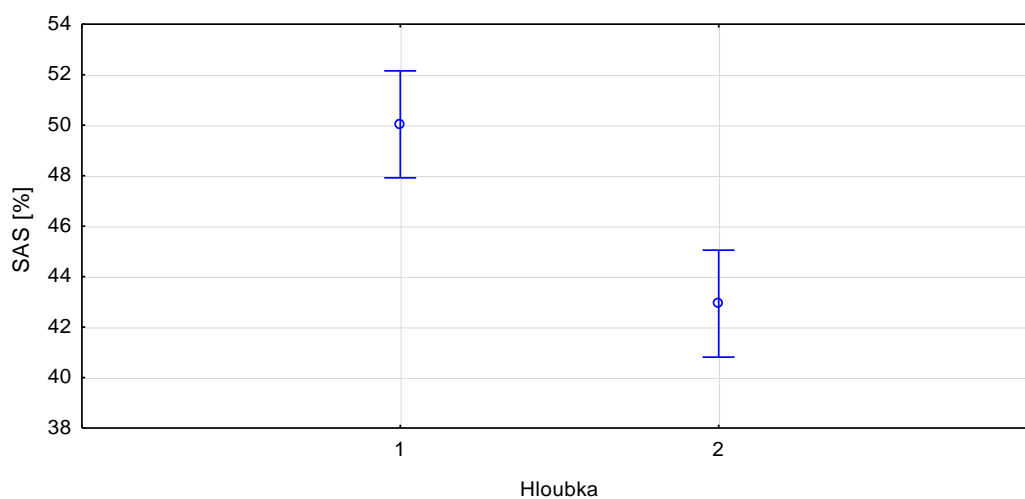
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 32 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů

### 5.2.3 Celkové zhodnocení

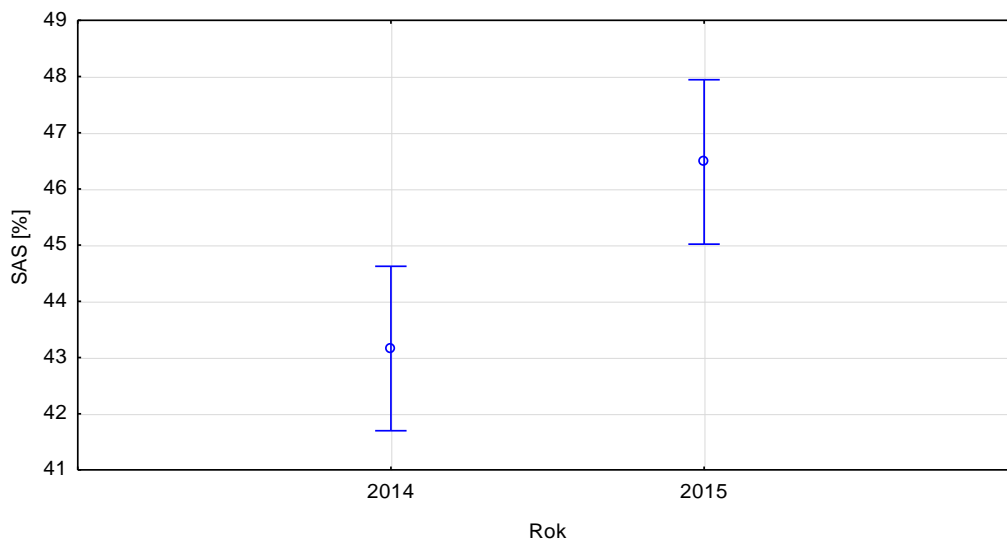
U celkového vyhodnocení vlivu agronomických faktorů na vodostálost půdních agregátů v letech 2014 a 2015 byla sestrojena tabulka se zjištěnými statistickými skutečnostmi (Tabulka 9) a ty následně graficky vyobrazeny (Obrázek 33 – 36).

Při celkovém hodnocení let 2014 a 2015 a vlivů vybraných faktorů na vodostálost půdních agregátů byly zjištěny vysoce průkazné rozdíly. A to u efektů: rok, zpracování půdy, hloubka.

V roce 2014 byla zjištěna celkově nižší vodostálost agregátů (43,2 %) než v roce 2015 (46,5 %), (Obrázek 33). Jak vyplývá z obrázku č. 36, tak mělké zpracování orbou na 0,15 m a kypření na 0,10 m vykázalo vyšší míru stability půdní struktury. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v obou letech u orby na 0,22 m. Ve svrchní vrstvě půdy 0 – 0,15 m byly zjištěny celkově stabilnější půdní agregáty než ve větší hloubce (Obrázek 36).

Tabulka 9 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

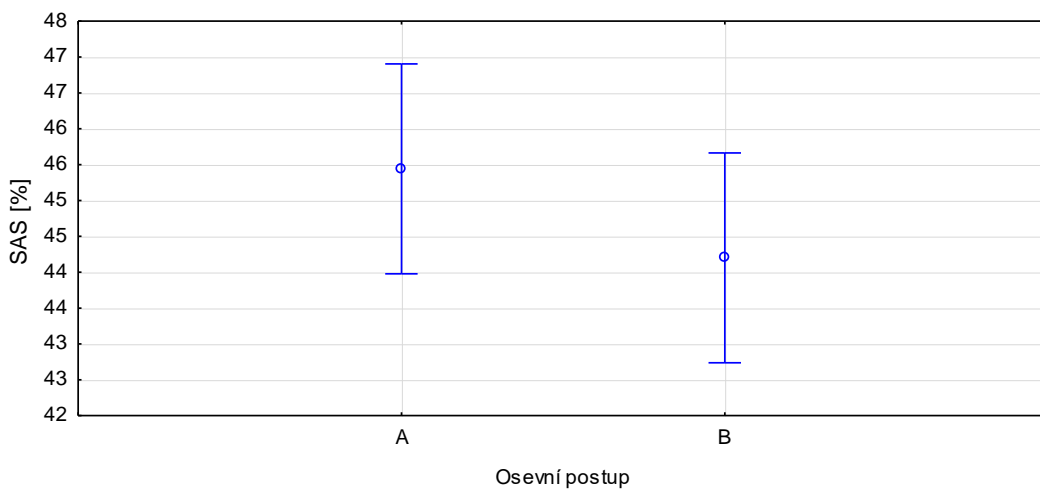
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
<b>Abs. člen</b>	257136,8220	1	257136,8220	7376,2393	<b>0,0000</b>
<b>Rok</b>	352,8164	1	352,8164	10,1209	<b>0,0019</b>
<b>Osevní postup (OP)</b>	49,2652	1	49,2652	1,4132	0,2371
<b>Zpracování půdy (ZP)</b>	494,3084	3	164,7695	4,7266	<b>0,0039</b>
<b>Hloubka (HL)</b>	464,9344	1	464,9344	13,3371	<b>0,0004</b>
<b>ROK*OP</b>	48,9926	1	48,9926	1,4054	0,2384
<b>ROK*ZP</b>	241,0314	3	80,3438	2,3047	0,0809
<b>OP*ZP</b>	51,9174	3	17,3058	0,4964	0,6855
<b>ROK*HL</b>	347,5237	1	347,5237	9,9691	<b>0,0021</b>
<b>OP*HL</b>	4,4290	1	4,4290	0,1271	0,7222
<b>ZP*HL</b>	43,9722	3	14,6574	0,4205	0,7387
<b>Chyba</b>	3799,7566	109	34,8602		



Obrázek 33 Vliv ročníku na vodostálost půdních agregátů

Vysvětlivky:

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



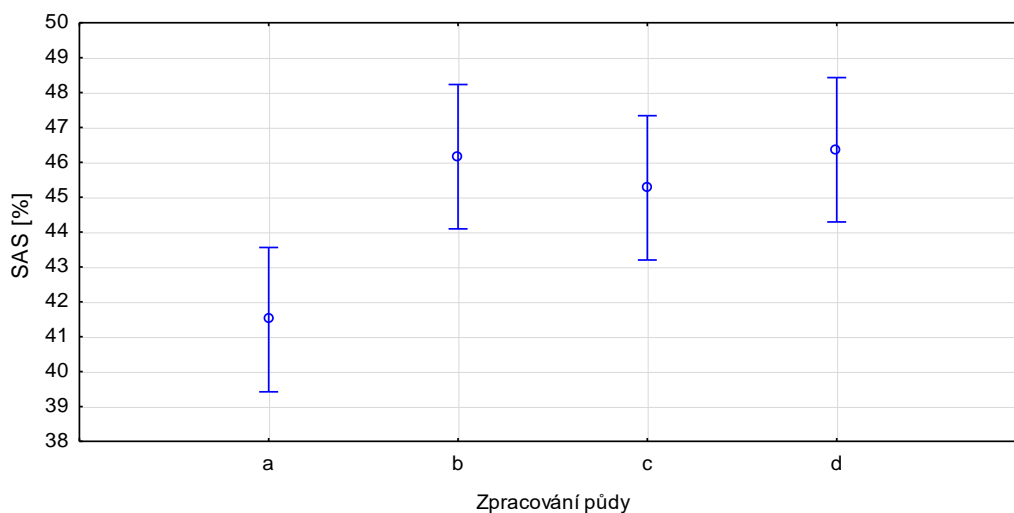
Obrázek 34 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

A = osevní postup se zastoupením 33,3 % obilnin

B = osevní postup se zastoupením 66,6 % obilnin

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 35 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

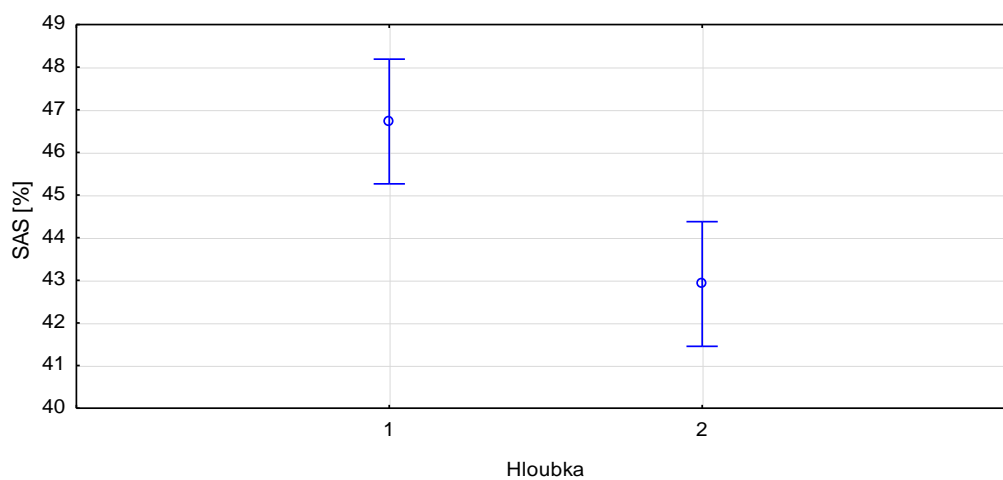
a = orba na 0,22 m

b = orba na 0,15 m

c = setí do nezpracované půdy

d = zpracování půdy talířovým nářadím na 0,10 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů



Obrázek 36 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

Vysvětlivky:

1 = odběrová hloubka vzorku 0 – 0,15 m

2 = odběrová hloubka vzorku 0,15 – 0,30 m

SAS [%] = procento stabilních půdních agregátů

### 5.3 Diskuze

Ze statistického vyhodnocení zjištěných dat pro rok 2014 a 2015 je zřejmé, že různé agrotechnické faktory více či méně ovlivňují stav půdní struktury, resp. koeficient strukturnosti půdy.

Byla zaznamenána vysoká průkaznost rozdílu ročníkových hodnot koeficientu strukturnosti. To potvrzuje fakt, který uvádějí mnozí autoři (WHALEN, SAMPEDRO, 2010; PROCHÁZKOVÁ a kol., 2001), že struktura půdy je také značně ovlivněna průběhem počasí, má dynamický charakter. Jak je vidět z Tabulky 1 a 2, oba sledované roky byly teplotně nadprůměrné a srážkově podprůměrné. Extrémní byl rok 2015 kvůli výraznému srážkovému deficitu a nadprůměrným teplotám v letních měsících. Společně s nevhodně zvolenou technologií zpracování půdy a v nevhodnou dobu tak mohou nastat podmínky k destrukci půdních agregátů.

Při hodnocení vlivu různého procentuálního zastoupení obilnin v osevním postupu na jednu ze základních fyzikálních charakteristik půdy, koeficient strukturnosti, byl pro rok 2014 zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl, a to ve prospěch pestřejšího osevního postupu se zastoupením obilnin 33,3 %. To potvrzuje všeobecně známý fakt, že pestrý osevní postup s plodinami různých skupin (obilniny, olejnin, okopaniny, luskoviny aj.) může reprodukovat lepší fyzikální stav půdy, a tedy lepší obsah agronomicky cenných agregátů (VACH a JAVŮREK, 2008). Jako zlepšující plodina byla v tomto osevním postupu zařazena vojtěška (pěstovaná 2 roky) a hnojem hnojená cukrovka. Kladný vliv na půdní strukturu vojtěšky potvrzuje mj. práce RAIMBAULTA a VYNA (1991), kteří také uvádějí, že zařazení kukuřice do osevního postupu zlepšuje půdní strukturnost nejvíce ze všech obilnin. Přisuzují to bohatému obsahu fenolů v kukuřičných posklizňových zbytcích, které mají dobrou agregující schopnost.

V klimaticky méně příznivém roce 2015 nebyl mezi variantami osevního postupu zjištěn v hodnotách KS výrazný rozdíl. V tomto roce byl stanoven mírně vyšší koeficient strukturnosti na variantě osevního postupu s 66,6 % obilnin. Lze předpokládat, že u osevního postupu s 33,3 % obilnin došlo k negativnímu vlivu dvou širokořádkových předplodin (silážní kukuřice, cukrovka) na půdní agregáty. Těžká sklizňová mechanizace u obou plodin působí depresivně na objemovou hmotnost půdy a půdní strukturu.

Vliv různé hloubky na koeficient strukturnosti byl zjištěn jako statisticky průkazný v obou sledovaných letech, a to s trendem snižujícího se koeficientu strukturnosti



s rostoucí hloubkou odběru. V interakci hloubky se způsobem zpracování půdy bylo zjištěno, že konvenční zpracování orbou vytvářelo ve zpracovávané vrstvě lepší zastoupení agronomicky cenných agregátů, tedy byly zjištěny vyšší hodnoty KS. Nicméně v analyzované vrstvě půdy 0,15 – 0,30 m byly hodnoty KS výrazně nižší. HŮLA a PROCHÁZKOVÁ (2008) tento negativní efekt orby charakterizují tvorbou ztuhlé nestrukturní vrstvy, která se tvoří právě v podbrázdí. To může mít negativní dopad především na celkový vodní režim půdy, kdy se při dlouhodobějším dešti nemohou srážky vsakovat přes utužené podbrázdí, a může tak docházet k výrazným erozním smyvům. Minimalizační metody měly naopak v obou letech hodnoty KS vyrovnané v celém půdním profilu (0 – 0,30 m). V roce 2014 vykázaly lepší strukturnost půdy ve spodní hloubce 0,15 – 0,30 m. Podobné výsledky zveřejnila také BADALÍKOVÁ s PROCHÁZKOVOU (2015), které zjistily, že v hloubce 0,15 – 0,30 m měly minimalizační postupy vyšší koeficient strukturnosti oproti orbě. V roce 2015 takový rozdíl zjištěn nebyl. Na problematiku ztuhlého podbrázdí narazil také SMUTNÝ a kol. (2015), který upozorňuje na výskyt utužené vrstvy podbrázdí i v podmínkách dlouhodobě uplatňovaného minimalizačního zpracování.

Co se týká vlivu různého zpracování půdy na půdní strukturu, tak nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v žádném hodnoceném roce. Průměr hodnot KS obou sledovaných let vykázal vyšší strukturnost u minimalizačních postupů. K podobným výsledkům, avšak se statistickou průkazností, došli i PROCHÁZKOVÁ a kol. (2011) na stejné pokusnické lokalitě. Nejvyšší průměrnou hodnotu KS zjistili u varianty se setím do nezpracované půdy, nejnižší KS zaznamenali při orbě na 0,22 m.

Pro koeficient strukturnosti v roce 2014 bylo (ze všech čtyř metod zpracování) přívětivější setí jarního ječmene do nezpracované půdy a mělké kypření na 0,10 m. Ve srážkově chudším roce 2015 vykázalo nejvyšší hodnotu KS mělké kypření následované orbou na 0,22 m. Překvapivě nejnižší hodnota KS v roce 2015 byla naměřena u varianty setí do nezpracované půdy. V kombinaci se srážkově deficitním průběhem roku tak zřejmě nenastaly vhodné podmínky pro tvorbu dobrého strukturního stavu.

U hodnocení vodostálosti půdních agregátů, tedy jejich schopnosti odolávat erozním vlivům, byl stanoven statisticky vysoce průkazný rozdíl pouze u variant zpracování půdy. Mělké kypření talířovým náradím na hloubku 0,10 m vykázalo nejvyšší hodnotu

vodostálosti agregátů, a to 46,4 %. Konvenční varianta s orbou na 0,22 m vykázala agregátovou vodostálost jen 37,7 %. Vlivem různého zpracování půdy na stabilitu půdní struktury se věnovali mj. ANGERS, SAMSON a LÉGÈRE (1993), kteří potvrdili pozitivní vliv snížení intenzity zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů. Autoři PAGLIAI, VIGNOZZI a PELLEGRINI (2004) vysvětlují, že menší vodostálost půdní struktury při konvenčním zpracování orbou, je způsobena vyšší mineralizací organické hmoty v takto zpracovávané půdě a následně může docházet k tvorbě půdních krust. Pestřejší osevní postup (se zastoupením 33,3 % obilnin) poskytl v roce 2014 celkově vyšší míru vodostálosti agregátů. Potvrdil se tak fakt, na který upozorňují RAIMBAULT a VYN (1991), že zařazením vojtěšky do osevního sledu zlepší celkovou strukturnost půdy a stabilitu půdních agregátů.

V klimaticky odlišném roce 2015 byla vysoká průkaznost stanovena pouze u faktoru hloubky. Vyšší vodostálost půdních agregátů, a to 50,0 %, byla zjištěna na variantě hloubky 0 – 0,15 m, s hloubkou stabilita klesala. Zajímavým zjištěním je fakt, že stabilita půdních agregátů byla celkově ve srážkově a teplotně optimálnějším roce 2014 nižší než v extrémním roce 2015.

## 6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce, která se zabývá vlivem vybraných agrotechnických faktorů na strukturní stav půdy při dlouhodobém pěstování ječmene jarního, bylo zhodnotit vliv různého zpracování půdy a osevního postupu na stav půdní struktury, resp. na koeficient strukturnosti (KS). Ten uvádí poměr agronomicky příznivějších půdních agregátů (10 – 0,25 mm) k těm méně příznivým. Doplňkově je také stanovena vodostálost půdních agregátů.

Vyhodnocení vlivů výše zmíněných agronomických faktorů na koeficient strukturnosti proběhlo v roce 2014 a 2015. Odběr půdních vzorků probíhal na pozemcích polní pokusné stanice Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze v Ivanovicích na Hané. Hodnotil se stav půdní struktury po sklizni jarního ječmene, jehož předplodinou byla cukrová řepa. První varianta osevního postupu byla se zastoupením 33,3 % obilnin, ve sledu: vojtěška, vojtěška, pšenice ozimá, kukuřice na siláž, cukrovka, ječmen jarní). Druhá varianta byla s 66,6 % zastoupením obilnin, a to v následujícím sledu: pšenice ozimá, hrách, pšenice ozimá, ječmen jarní, cukrovka, ječmen jarní. Půda k jarnímu ječmeni byla zpracována ve čtyřech variantách: orba na 0,22 m, orba na 0,15 m, mělké kypření talířovým náradím na 0,10 m a poslední variantou bylo setí ječmene jarního do nezpracované půdy. Vzorek zeminy byl odebírán z hloubky 0 – 0,15 m a 0,15 – 0,30 m. Vodostálost půdních agregátů, tedy jejich odolnost k rozplavování vodou, byla zpracována samostatně pro rok 2014 a 2015.

Ze statistického vyhodnocení roku 2014 a 2015 vyplynul jednoznačný vliv ročníku na dynamiku půdní struktury. V roce 2014 panovaly příznivější klimatické podmínky a společně s vhodně zvolenou dobou zpracování půdy vedly k významně vyššímu koeficientu strukturnosti než ve srážkové chudém roce 2015. V roce 2014 byl statisticky významně vyšší KS na variantě osevního postupu se zastoupením 33,3 % obilnin.

Z hodnocení variant zpracování půdy k jarnímu ječmeni, s ohledem na KS, bylo v roce 2014 nejvýhodnější přímé setí do nezpracované půdy a mělké kypření na 0,10 m. V roce 2015 byl zjištěn nejvyšší KS na variantě mělkého kypření.

Obě varianty zpracování orbou (na 0,22 m a 0,15 m) vykazaly v obou letech výrazný rozdíl KS ve dvou analyzovaných hloubkách. V horní vrstvě (0 – 0,15 m) byly hodnoty KS významně vyšší než ve spodní hloubce 0,15 – 0,30 m. U minimalizačních metod byl KS přibližně shodný v celém zkoumaném profilu (0 – 0,30 m).

Rozdíly vlivu různého zpracování půdy na míru stability půdní struktury proti rozplavování vodou v roce 2014 byly zjištěny jako statisticky vysoce průkazné. Nejvyšší hodnotu vodostálosti agregátů vykazalo minimalizační zpracování talířovým nářadím na 0,10 m, nejnižší hodnotu mělo klasické zpracování půdy orbou na 0,22 m.

V klimaticky odlišném roce 2015 byla vysoká průkaznost stanovena pouze u efektu hloubky. Vyšší vodostálost půdních agregátů, 50,0 %, byla zjištěna na variantě hloubky 0 – 0,15 m, s hloubkou stabilita klesala.

I přes výrazný vliv roku 2015, který se projevil jako teplotně nadprůměrný a srážkově podprůměrný, můžeme konstatovat, že snížením intenzity a hloubky zpracování půdy může vést k vyšší agregační schopnosti půdy a ke stabilizaci půdních agregátů. Zpracování půdy orbou na 22 cm vykazalo celkově nejnižší míru strukturnosti půdy a také nejnižší vodostálost půdních agregátů. Minimalizační technologie se tak v určitých půdně ekologických podmínkách jeví jako ekonomicky i ekologicky příznivé. Jak plyne z našeho sledování, tak důležitým předpokladem k udržení minimální půdní úrodnosti je také sestavení pestrého osevního postupu.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

ANGERS, D. A. a CARON, J. *Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks*. In: *Plant-induced soil changes: processes and feedbacks*. Springer Netherlands, 1998. p. 55 – 72.

ANGERS, D. A.; SAMSON, N.; LEGERE, A. Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production. *Canadian journal of soil science*, 1993, 73.1: 51 – 59.

ARSHAD, M. A.; FRANZLUEBBERS, A. J. a AZOOZ, R. H. *Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada*. Soil and Tillage Research, 1999, 53.1: 41 – 47.

BADALÍKOVÁ, B. a Z. KŇÁKAL. *Vliv zpracování půdy na půdní strukturu*. Farmář. ProfiPress, 2001, č. 9, s. 34 – 36. Dostupné také z: <http://profipress.cz/archiv/farmar-92001/#page/35>

BADALÍKOVÁ, B. a B. PROCHÁZKOVÁ. *Ovlivnění půdní struktury*. Farmář. ProfiPress, 2005, č. 5, s. 28 – 31. Dostupné také z: <http://profipress.cz/archiv/farmar-52005/#page/29>

BENADA, J., a kol. *Metodika pěstování jarních obilnin: ječmen jarní, oves, pšenice jarní*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav, 2001, 143 s. ISBN 80-902545-4-3.

BRANT, V., a kol. *Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice*. Agromanuál: Technologie pěstování [online]. 2011 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice>

BRONICK, C. J. a LAL, R. *Soil structure and management: a review*. Geoderma, 2005, 124.1: 3-22.

CARTER, M. R. *Researching structural complexity in agricultural soils*. Soil and Tillage Research, 2004, 79.1: 1 – 6.

ČERNÝ, L., a kol. *Jarní sladovnický ječmen: pěstitelský rádce*. Vyd. 1. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, 2007, 39 s. ISBN 978-80-87111-04-8.

GERZABEK, M. H., KIRCHMANN, H. a PICHLMAYER, F. *Response of Soil Aggregate Stability to Manure Amendments in the Ultuna Long-Term Soil Organic Matter Experiment*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 1995, 158.3: 257 – 260.

GREGORY, P. J. a S. NORTCLIFF (eds.). *Soil conditions and plant growth*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. ISBN 978-1-4051-9770-0.

HANCOCK, J. F. *Plant evolution and the origin of crop species*. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 2004, x, 313 s. ISBN 0-85199-685-x.

HŮLA, J., a kol. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.

HŮLA, J. a B. PROCHÁZKOVÁ. *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

HŮLA, J. a B. PROCHÁZKOVÁ. *Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. ISBN 80-7271-106-7.

JANDÁK, J., A. PRAX a E. POKORNÝ. *Půdoznalství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 140 s. ISBN 80-7157-559-3.

JAVORSKÝ, P., a kol., *Chemické rozborů v zemědělských laboratořích – I. Díl, 2. vydání*, Praha: MZV ČSR, 1987, 399 s.

KHEL, T., VOPRAVIL, J., *Půdní vlastnosti a charakteristiky – Půdní struktura a její stabilita*, Úroda, 2009, č. 5, s. 86.

KUBINEC, S., a kol. *Progresívne technológie pestovania jarného jačmeňa*. Piešťany : Výskumný ústav rastlinnej výroby, 1998, 82 s. ISBN - 80-88720-03-6.

NEUBERG, J., a kol.: *Komplexní metodika výživy rostlin*, ÚVTIZ, Praha, 1990.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. *Soil structure and the effect of management practices*. Soil and Tillage Research, 2004, 79.2: 131-143.

PIERZYNSKI, G. M., J. SIMS a G. F. VANCE. *Soils and environmental quality*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2000. ISBN 0849300223.

PROCHÁZKA, J., J. PELIKÁN a I. HARTMAN. *Mezplodiny na zelené hnojení. Farmář*. ProfiPress, 2001, č. 9, s. 36 – 37. Dostupné také z:<http://profipress.cz/archiv/farmar-92001/#page/37>

PROCHÁZKOVÁ B., a kol. *Impact of the different straw management upon yields of cereal crops and upon the modification of soil environment parameters*. In Proc. Of International Symposium *Agro environ 2004*, Udine (Italy): University of Udine, October 2004.

PROCHÁZKOVÁ, B., a kol. *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika*. V Brně: Mendelova univerzita, 2011. ISBN 978-80-7375-524-9.

RAIMBAULT, B. A.; VYN, T. J. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal*, 1991, 83.6: 979-985.

REEVES, D. W. *The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems*. Soil and Tillage Research, 1997, 43.1: 131 – 167.

SCHAETZL, R. J.; S. ANDERSON. *Soils: genesis and geomorphology*. 1st pub. Cambridge: Cambridge University Press, c2005. ISBN 0-521-81201-1.

*Situační a výhledová zpráva*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2015. 1x ročně.

SKØIEN, S. *Long-term effects of crop rotation, manure and straw on soil aggregation*. Norwegian Journal of Agricultural Sciences (Norway), 1993.

SMUTNÝ, V., a kol. *Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin: Certifikovaná metodika*. Mendelova univerzita v Brně, 2015.

SUMNER, M. *Handbook of soil science*. Boca Raton, Fla: CRC Press, c2000. ISBN 0849331366.

ŠANTRŮČKOVÁ, H., 2014. *Základy ekologie půdy*. První vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ISBN 978-80-7394-480-3

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. *Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass*. *Soil Research*, 1979, 17.3: 429 – 441.

VACH, M.; JAVŮREK, M., *Eroze půdy – stále závažný problém v rostlinné výrobě*, Agromagazín, 2007, č. 2, s. 14 – 21.

VACH, M.; JAVŮREK, M., *Rostlinná produkce s ohledem na agroekologická hlediska*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. ISBN 978-80-87011-58-4.

VACH, M., JAVŮREK, M., *Význam a využití meziplodin v osevních postupech*, Farmář, 2010, č. 10, s. 16 – 18.

WHALEN, K. a L. SAMPEDRO. *Soil ecology and management*. Cambridge, MA: CABI, c2010. ISBN 9781845935634.

ZIMOLKA, J., a kol. *Ječmen – formy a užitkové směry v České republice*. 1. vyd. Praha : Profi Press s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 80-86726-18-5.



## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura osevu obilnin v roce 2015, Situační a výhledová zpráva MZe, 2015

Obrázek 2 Vývoj osevních ploch ječmene v České republice; Situační a výhledová zpráva MZe, 2015

Obrázek 3 Schéma stavby půdního agregátu, (ŠANTRŮČKOVÁ, 2014)

Obrázek 4 Makrofotografie neporušené svrchní vrstvy půdy (0 – 0,10 m), vpravo vzorek s aplikací kompostu, vlevo kontrolní vzorek, (PAGLIAI, VIGNOZZI, PELLEGRINI, 2004)

Obrázek 5 Vliv osevního postupu na koeficientu strukturnosti v roce 2014

Obrázek 6 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014

Obrázek 7 Vliv hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2014

Obrázek 8 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014

Obrázek 9 Vliv interakce hloubky odběru a osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014

Obrázek 10 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2014

Obrázek 11 Vliv osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 12 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 13 Vliv hloubky na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 14 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 15 Vliv interakce osevního postupu a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 16 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky odběru na koeficient strukturnosti v roce 2015

Obrázek 17 Průměrná hodnota koeficientu strukturnosti pro rok 2014 a 2015

Obrázek 18 Vliv osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 19 Vliv zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 20 Vliv různé hloubky na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 21 Vliv interakce osevního postupu a zpracování půdy na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 22 Vliv interakce hloubky a osevního postupu na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 23 Vliv interakce zpracování půdy a hloubky na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 24 Vliv interakce osevního postupu a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 25 Vliv interakce zpracování půdy a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 26 Vliv interakce hloubky a roku na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Obrázek 27 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Obrázek 28 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Obrázek 29 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Obrázek 30 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Obrázek 31 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Obrázek 32 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Obrázek 33 Vliv ročníku na vodostálost půdních agregátů

Obrázek 34 Vliv osevního postupu na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

Obrázek 35 Vliv zpracování půdy na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

Obrázek 36 Vliv hloubky na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015

## **9 SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Průměrné teploty v letech 2006 – 2015 (°C)

Tabulka 2 Množství srážek v letech 2006 - 2015 (mm)

Tabulka 3 Varianty osevního postupu v hodnocených pokusech

Tabulka 4 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2014

Tabulka 5 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2015

Tabulka 6 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na koeficient strukturnosti v roce 2014 a 2015

Tabulka 7 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2014

Tabulka 8 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2015

Tabulka 9 Statistické vyhodnocení vlivu zkoumaných faktorů na vodostálost půdních agregátů v roce 2014 a 2015