

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv půdního typu na výnos obilnin a řepky na Školním
zemědělském podniku Lány**

Bakalářská práce

**Jiří Soukup
Rozvoj Venkova**

Ing. Josef Holec, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv půdního typu na výnos obilnin a řepky na Školním zemědělském podniku Lány" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.04.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil své poděkování všem, kteří se podíleli na vzniku této práce:
Zejména bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Josefovi Holcovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, podněty a pomoc při vedení práce.

Dále děkuji doc. Ing. Milanovi Kroulíkovi, Ph.D., Ing. Martinovi Křenkovi a Ing. Františkovi Kadlecovi za poskytnutí dat a materiálů potřebných k vytvoření této práce. V neposlední řadě děkuji mé rodině za trpělivost a toleranci.

Vliv půdního typu na výnos obilnin a řepky na Školním zemědělském podniku Lány

Souhrn

Cílem práce je zhodnocení vlivu půdního typu na výnosy obilnin (pšenice ozimá a ječmen jarní) a řepky na Školním zemědělském podniku Lány. Podnik v současné době hospodaří na 2 800 ha zemědělské půdy a cca 90 ha tvoří půda nezemědělská. Přibližně 58 % výměry je půda univerzitní a zbývající část je pronajata od soukromých vlastníků.

Za tímto účelem byly vybrány tři lokality s různými půdními typy. Porovnáním výnosů obilnin a řepky v jednotlivých hospodářských letech můžeme zjistit vliv sledovaných půdních typů na dosažené výnosy plodin s ohledem na průběh klimatických podmínek. Výběr lokalit byl proveden s cílem co nejlépe zhodnotit vliv půdních podmínek na dosažené výnosy hodnocených druhů plodin. Byly vybrány lokality Nový Dům (okres Rakovník) Nové Strašecí (okres Rakovník) a Ruda (okres Rakovník).

Variabilitu pozemků lze v principu vysvětlit dvěma způsoby. A to jako variabilitu prostorovou a časovou. Znakem prostorové variability je například stav, kdy na různých částech pozemku v rámci jedné plodiny dosáhneme různých výnosů. Příčinou může být například heterogenita půdních podmínek, geomorfologie terénu, předplodina ale i způsob obhospodařování pozemků. Časová variabilita je projevem změny znaku v čase. Příčinou je zpravidla průběh povětrnostních podmínek, který zásadně ovlivňuje dosažené výnosy plodin a jejich kvalitu. Důsledky nevyrovnanosti stanoviště mohou být patrné pouhým okem na porostu plodin, ale nejvýrazněji se následně projevují na výnosu.

V souvislosti s variabilitou půdních podmínek je v současnosti často diskutovaná problematika zhutnění. Odhaduje se, že v České republice je zhutněním ohroženo kolem 30–50 % zemědělských půd (z hlediska zrnitosti, případně stavu fyzikálního poškození), a to převážně technogenním zhutněním, způsobeným použitím nevhodné mechanizace. Všeobecně jako náchylnější na deformace jsou označovány půdy s vysokým obsahem jílu.

Klíčová slova: výnos, řepka, obilniny, půdní typ, ročníkový vliv

The influence of soil type on the yield of cereals and rape on the University Farm Estate Lány

Summary

The aim of the thesis is to evaluate the influence of soil type on yields of cereals (winter wheat and spring barley) and rape on the University Farm Estate Lány. For this purpose, three localities with different soil types were selected. By comparing the yields of cereals and rape in individual harvesting years, we can find out the influence of the monitored soil types on the achieved yields of crops with regard to the course of climatic conditions. The selection of localities was carried out in order to best evaluate the influence of soil conditions on the achieved yields of the evaluated crop species. The localities Nový Dům (okres Rakovník) Nové Strašecí (okres Rakovník) and Ruda (okres Rakovník) were selected. Land variability can in principle be explained in two ways. And that as spatial and temporal variability. A sign of spatial variability is, for example, the state when we achieve different yields on different parts of the land within one crop. The cause may be, for example, heterogeneity of soil conditions, geomorphology of the terrain, pre-crop, but also the method of land management. Time variability is a manifestation of a change in character over time. The reason is usually the course of weather conditions, which fundamentally affects the achieved crop yields and their quality. The consequences of habitat imbalance can be seen with the naked eye on the crop, but they are most pronounced in the yield.

In connection with the variability of soil conditions, the issue of compaction is currently often discussed. It is estimated that in the Czech Republic about 30–50% of agricultural land is endangered by compaction (in terms of grain size or state of physical damage), mainly by technogenic compaction, caused by the use of inappropriate mechanization. In general, soils with a high clay content are described as more prone to deformation.

Keywords: yield, oilseed rape, soil type, annual effect

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce.....	2
3 Literární rešerše.....	3
3.1 Půda a půdní úrodnost.....	3
3.1.1 Vybrané typy půd.....	4
3.1.2 Variabilita v rámci pozemku.....	5
3.2 Požadavky plodin na prostředí.....	6
3.3 Pěstování pšenice ozimé.....	7
3.3.1 Výživa a hnojení.....	7
3.3.2 Agrotechnika.....	8
3.3.3 Tvorba výnosu.....	9
3.4 Pěstování ječmene jarního.....	10
3.4.1 Výživa a hnojení.....	10
3.4.2 Agrotechnika.....	11
3.4.3 Tvorba výnosu.....	11
3.5 Pěstování řepky ozimé.....	12
3.5.1 Výživa a hnojení.....	12
3.5.2 Agrotechnika.....	13
3.5.3 Tvorba výnosu.....	13
4 Materiál a metody.....	14
4.1 Charakteristika podniku.....	14
4.1.1 BPEJ vybraných pozemků.....	14
4.1.2 Půdní variabilita pozemků Kuchař.....	15
4.2 Struktura plodin a jejich odrůdy.....	16
4.2.1 Ječmen jarní.....	17
4.2.2 Pšenice ozimá.....	17
4.2.3 Řepka ozimá.....	17
4.3 Stanovení výnosu plodin.....	18
4.4 Statistické vyhodnocení.....	19
5 Výsledky.....	20
5.1 Sklizňový rok 2016/2017.....	20
5.1.1 Průběh povětrnostních podmínek 2016/2017.....	20
5.2 Sklizňový rok 2017/2018.....	21
5.2.1 Průběh povětrnostních podmínek 2017/2018.....	22
5.3 Sklizňový rok 2018/2019.....	23
5.3.1 Průběh povětrnostních podmínek 2018/2019.....	24

5.4 Výnos plodin ve vztahu k průměrnému výnosu v SČ kraji v letech 2017-2019.....	24
5.5 Statistické vyhodnocení	25
6 Diskuze	26
7 Závěr	29
8 Literatura.....	30
9 Přílohy	35

1 Úvod

Předmětem této práce je zhodnocení vlivu půdního typu na výnosy pšenice ozimé, ječmene jarního a řepky ozimé na Školním zemědělském podniku Lány.

Obilniny jsou u nás nejrozšířenější plodiny, ve většině zemědělských podniků se pěstují na více než polovině orné půdy a mnohde přesahuje jejich zastoupení i 60 % všech osevních ploch. Dle ČSÚ byla pšenice ozimá v roce 2019 vyseta na 815 tis. ha. Oproti roku 2018 se jedná o navýšení o 40 tis. ha. Ječmen jarní byl dle ČSÚ v roce 2019 vyset na ploše 212 tis. ha, což je o 10 tis. ha méně než v roce 2018.

Olejniny poskytují suroviny pro tukový a potravinářský průmysl a většinou působí dobře jako předplodiny v osevních sledech. Dominantní postavení má řepka olejka. Řepka je celosvětově druhou nejvýznamnější olejinou s přibližnou produkcí 55 milionů tun semen. Jejím největším producentem je EU (19 milionů tun) a veškerá tato produkce bývá v EU i zpracována. Druhý největší výrobce je Čína (12 milionů tun). Dle ČSÚ činila plocha řepky v roce 2019 372 tis. ha. O 32 tis. ha méně než v roce 2018.

Středisko rostlinné výroby na Školním zemědělském podniku Lány hospodaří na 2 800 ha zemědělské půdy. Hlavními pěstovanými komoditami jsou řepka ozimá, pšenice ozimá, ječmen jarní, ječmen ozimý, vojtěška a kukuřice na siláž, která je produkována pro výrobu vlastních objemných krmiv.

Nejrozšířenějším půdním typem na území ČR jsou hnědé půdy. Mimo nížin jsou zastoupeny ve všech typech členitějšího reliéfu. Půdní úrodnost je schopnost půdy poskytnout rostlinám dobré podmínky pro růst a vývoj, zejména vodu a přístupné živiny, podmínky pro utváření kořenového systému, a tím zajištění příjmu uvedených látek. Hodnocení půdní úrodnosti v souvislosti s růstem rostlin je prováděno především na základě výnosu pěstovaných rostlin, případně kvality jejich produktu. Výnos rostlin a kvalitu produkce ovlivňují i další faktory, proto je nutné definici rozšířit o schopnost půd vyrovnávat změny (pufrační vlastnosti, sorpční vlastnosti, vodní režim), osevní postupy (pěstování rozdílných druhů a odrůd plodin). Půdním vlastnostem přizpůsobovat obdělávání půdy podle půdních a klimatických podmínek.

2 Cíl práce

Cílem práce bude vyhodnocení vlivu půdního typu na výnosy obilnin a řepky včetně analýz vlivu podmínek stanoviště a průběhu počasí. Hodnocení bude probíhat na základě dat ze zemědělského podniku.

Hypotézy:

1. Výnosy řepky ozimé prokáží nižší pokles než výnosy obilnin vlivem lepší schopnosti řepky využívat vláhu z půdního profilu.
2. Půdní typ bude mít větší vliv na výnosy plodin než vliv ročníku.

3 Literární rešerše

3.1 Půda a půdní úrodnost

Půda je skutečná, existuje, lze se jí dotknout, cítit ji, stát na ní, obdělávat ji, ale definovat ji je mnohem obtížnější, protože jde pravděpodobně o nejsložitější oživený systém na Zemi (Ritz 2008).

V širším pojetí lze půdní úrodnost vnímat jako jednotku tří navzájem propojených složek: fyzikální (která například zahrnuje hloubku půdy), chemická (která zahrnuje například množství dostupných živin) a biologická (která zahrnuje například přítomnost určitých organismů roztočů, chvostoskoků, žížal atd.) v interakci s aktivitami člověka (zemědělství, znečištění) (Legout et al. 2014). Obecně lze konstatovat, že půdní úrodnost je schopnost půd poskytnout rostlinám dobré podmínky pro růst a vývoj, zejména vodu a přístupné živiny, podmínky pro utváření kořenového systému, a tím zajištění příjmu uvedených látek. Hodnocení půdní úrodnosti v souvislosti s růstem rostlin je prováděno především na základě výnosu pěstovaných rostlin, případně kvality jejich produktů (Černý et al. 2015).

Dle Vaňka et al. (2012) lze však stanovit kritické parametry některých prvků půdní úrodnosti pro určité půdně-klimatické podmínky, např. pH, obsah přijatelných živin, nasycenost sorpčního komplexu apod. Prvky půdní úrodnosti lze rozdělit na dva typy:

Konzervativní prvky, které jsou stabilní, obtížně měnitelné a značně závislé na stanovišti. Většinou je musíme respektovat a podle nich usměrňovat pěstební i agrotechnická opatření. K jejich případné změně je zapotřebí velké množství prostředků a energie a mají většinou meliorační charakter.

Dynamické prvky jsou krátkodobějšího charakteru, snadněji se usměrňují a vyžadují také častější, ale méně nákladná opatření. Patří sem hlavně živinný režim, obsah snadno mineralizovatelných organických látek, biologická činnost apod.

Základem produktivity stanoviště je půdní typ a půdní druh. Podmínky podnebí mají primární vliv na půdu a život organismů. Těsnost tohoto vzájemného vztahu ovlivňuje především průběh počasí a způsob hospodaření na půdě (Vach&Javůrek 2008).

Půda je počasím a klimatem bezprostředně ovlivněna. Je přirozeným substrátem pro růst kořenů a zdrojem vody i většiny minerálních látek. Svými fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi působí na příjem vody a ostatních živin. Je to složka prostředí rostlin, díky které se vliv počasí na rostliny promítá nepřímým a modifikovaným způsobem (např. teplotním režimem půdy, změnami obsahu vody atd.) (Petr et al. 1987).

Výzkumy posledních let totiž zjevně signalizují, že úrodnost půdy v mnoha hospodářských oblastech spíše klesá. Tato skutečnost je úzce spojena se zpracováním půdy, která výrazně ovlivňuje rozklad organické hmoty a s tím spojené uvolňování živin (Gobeille 2006).

Změny půdních vlastností jsou nejčastěji způsobeny měnící se přírodními podmínkami (například klimatická změna) nebo činností člověka. Do této druhé kategorie patří zejména degradační faktory půdy vyvolané nesprávnými zemědělskými postupy (Gleick 1993; Wiel-Shafran 2006).

Aby mohly být lépe hodnoceny půdní vlastnosti, je v posledním období používán také termín „kvalita půdy“. Přestože v různém smyslu slova se s tímto pojmem setkáváme i ve starší

literatuře, pojem kvalita půdy ve vztahu k hodnocení půdní úrodnosti se objevil v literatuře až na počátku devadesátých let minulého století a první oficiální použití termínu bylo schváleno výborem pro kvalitu půdy SSSA (Soil Science Society of America). Kvalita půdy je z uvedeného pohledu definována jako „schopnost půdy nebo obhospodařovaném ekosystému udržet produktivitu rostlin a zvířat, zároveň zachovávat nebo zlepšovat kvalitu vody a ovzduší, podporovat lidské zdraví a bydlení“. V této souvislosti je v literatuře používán i termín “zdraví půdy“ (soil health). Někdy jsou oba termíny zaměňovány, avšak je třeba rozlišovat, že kvalita půdy se vztahuje k funkci půdy (Jenkinson et al. 1981), kdežto zdraví půdy prezentuje půdu jako konečný neobnovitelný, ale dynamicky živý zdroj. V zemědělství je věnována pozornost zejména rostlinné a živočišné produkci, neboť ta má na obdělávaných půdách největší význam. Naopak v obydlených lokalitách je sledováno působení na zdraví a bydlení (Gobat et al. 2004).

3.1.1 Vybrané typy půd

Luvizem jsou zonální půdy navazující na černozemě a vytvořené převážně ze středně těžkých až těžkých většinou čtvrtohorních sedimentů (spraše, sprašové a různé polygenetické hlíny, materiál základních morén). Proto se nejčastěji vyskytují v nížinách a kotlinách. Vyznačují se luvickým diagnostickým horizontem s více či méně výrazným horizontem eluviace jílu, přičemž výrazněji okyselené jsou jen eluviální části profilu. Luvisoly mají mělové a moderové formy humusu. Luvisoly vznikají illimerizací, kdy dojde ke ztrátě karbonátů a poté při určitém poklesu pH dojde k uvolnění a posunu koloidů, které se vyschnutím půdy usadí. Luvizemě jsou dobře zásobeny živinami, hůře vodou (sušší oblasti). Mají méně příznivé fyzikální vlastnosti (jsou uléhavé). Vyskytují se v rovinatých terénech, na plochých úpatích svahů apod., nejvýše do 600 m n. m. (Smatanová et al. 2014). Mají podobné, ale poněkud horší vlastnosti než hnědozem. U těchto půd je vyšší přesun jílu půdním profilem, jsou většinou slabě kyselé a vyskytují se ve vyšších polohách než hnědozemě (Vaněk et al. 2012).

Kambizem jsou půdy vytvořené ve vyšších polohách na mírnějších svazích pahorkatin, vrchovin a hornatin. Mají typický hnědý horizont (proto byly dříve označovány jako hnědé půdy). Jsou většinou sorpčně nenasycené, vyskytují se v širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek. Ve vyšších polohách vykazují vyšší obsah organických látek, ale s nízkým podílem huminových kyselin. Jsou to nejrozšířenější půdy u nás (zauímají přes 50 % všech půd u nás) (Vaněk et al. 2012). Vznikly na velmi rozdílných horninách, převážně nekarbonátových. Nejčastěji jsou to zvětraliny pevných silikátových hornin. Půdotvorné substráty jsou zpravidla skeletnaté. Značně rozdílnou minerální bohatostí substrátu je podmíněn stupeň nasycenosti půd, a tím i jejich odolnost vůči okyselení a podzolizaci. V chladnějších polohách vrchovin s vyššími srážkami se zvyšuje obsah humusu a hloubka prohumóznění. Humus je u nich kyselejší. V sušších a teplejších polohách pahorkatin je akumulace humusu slabší v důsledku vyšší biologické činnosti a výraznější mineralizace humusu. Vyskytují se v mírném humidním klimatickém pásmu, a to především pod listnatými lesy. S nadmořskou výškou stoupá hloubka půdy, zvyšuje se její kyprost, roste obsah humusu a hloubka prohumóznění, zároveň však větší množství srážek způsobuje větší vymývání. Vyznačují se bohatým podílem volných prostorů mezi agregáty i uvnitř agregátů a vysokou biotickou aktivitou (Smatanová et al. 2014).

Hnědozem jsou půdy, které se vytvořily hlavně v rovinatých oblastech na spraších a hlínách a mají slabě eluviovaný horizont (vyšší srážky vedly k vymytí uhličitanů a následně k posunu částí jílových minerálů do hlubších vrstev). Patří mezi velmi úrodné půdy s nižším obsahem humusu. Rozšířené jsou v mírně vyšších oblastech, kde lemují černozemě (Vaněk et al. 2012). Většina hnědozemí je zorněna, protože patří k zemědělsky cenným půdám. Obsah humusu v ornících zemědělských půd je nízký – v průměru 1,8 %. Hnědozemě se vytvořily hlavně v rovinatém či mírně zvlněném reliéfu ze spraší prachovic a polygenetických hlín pod původními doubravami a habrovými doubravami (Kubík & Sáníka 2010).

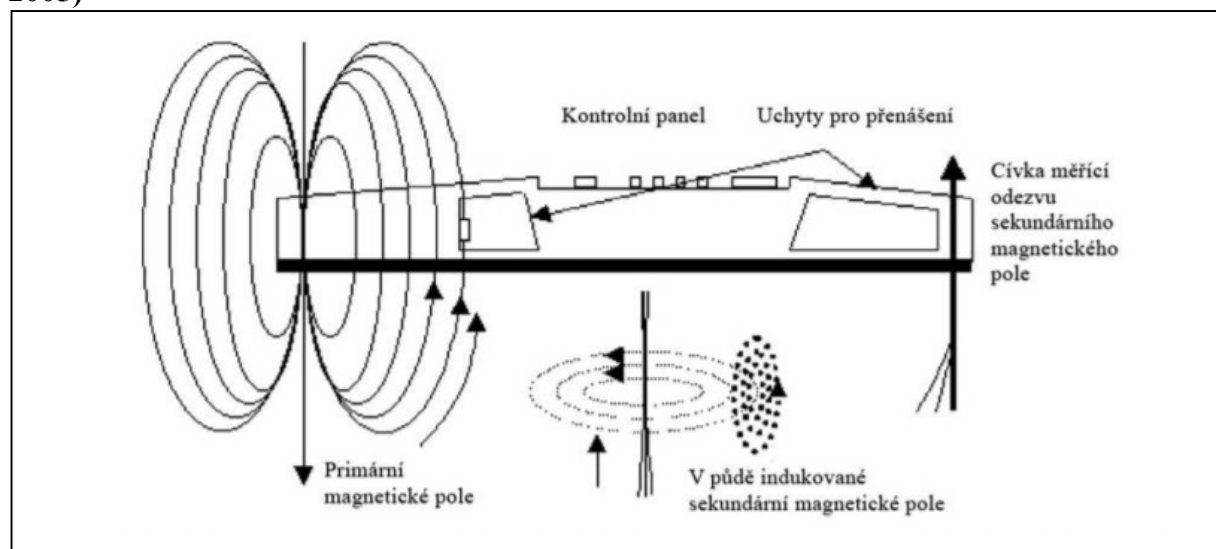
3.1.2 Variabilita v rámci pozemku

Variabilita půdních podmínek je způsobena celou řadou faktorů, jejichž vliv se mění s ohledem na prostorové měřítko sledování. V regionálním měřítku převládá vliv klimatických faktorů, způsob využití půdy, vegetační pokryv a charakteristiky povrchu krajiny. Na úrovni pole jsou hlavními faktory ovlivňujícími variabilitu půdní typ, reliéf terénu, předplodina a předchozí způsob hospodaření. Ve větším měřítku pak mohou mít vliv směr řádků porostu, způsob aplikace živin, technologie zpracování půdy a stupeň utužení půdy. Další faktory, jako je voda a člověk, mohou způsobit příznivé i nežádoucí změny v půdě a podílet se na zvýšení půdní proměnlivosti (Borůvka 2001).

Důsledky nevyrovnanosti stanoviště mohou být patrné pouhým okem na porostu plodin, ale nejvýrazněji se následně projevují na výnose. Godwin & Miller (2003) rozděluje výnos ovlivňující faktory do dvou skupin – na pěstitelem málo a více ovlivnitelné. Do první skupiny spadají vlastnosti pro daný pozemek víceméně neměnné, jako je půdní zrnitost, klima a topografie. Do druhé lze zařadit půdní strukturu, dostupnost půdní vláhy, zásobenost živinami, pH půdy, zaplevelení a výskyt chorob a škůdců. Prostorovou variabilitu vlastností v první skupině stačí zjišťovat pouze při vstupním posouzení, zatímco pro druhou skupinu je doporučeno jej provádět průběžně.

Mezi nepřímé metody identifikace variability půdy patří elektrické a elektromagnetické metody, které umožňují rychlé a relativně přesné stanovení rozdílů v půdním substrátu dle jeho vodivosti. Využívají geofyzikálních vlastností půdy, kdy změna půdního prostředí ovlivňuje procházející elektrický proud (elektrická rezistivita půdy - ER) nebo elektromagnetické pole (elektromagnetická indukce - EMI) (Lukas et al. 2011). Měření využívající elektromagnetické indukce (EMI) je bezkontaktní, půdou prochází pouze elektromagnetické pole. Výhodou je tedy provádění měření na kamenitých půdách nebo během vegetace. Měřicí přístroje sestávají ze dvou cívek, které jsou od sebe v přesně definované vzdálenosti (Obrázek č. 1). První cívka indukuje primární elektromagnetické pole, které je vysíláno směrem do půdy. V půdním prostředí dochází na základě fyzikálně-chemických vlastností půdy k vytvoření sekundárního elektromagnetického pole. Druhá cívka umístěná na opačném konci měřicího přístroje měří odezvu obou polí a z jejich vzájemného porovnání je stanovena výsledná elektrická vodivost půdy v hodnotách [$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$] (Lück et al. 2000).

Obrázek 1: Princip měření elektrické vodivosti půdy EMI přístrojem EM38 (Lesch et al. 2005)



Zdroj: Lukas et al. (2011)

3.2 Požadavky plodin na prostředí

Ozimá pšenice (*Triticum aestivum* L.) je dlouhodobě nejpěstovanější obilninou na orné půdě v České republice. Její osevní plochy se pohybují na úrovni 780 tis. ha (2015–2017), z čehož vyplývá, že jde o jednu z nejvýznamnějších tržních komodit, která významně ovlivňuje ekonomiku zemědělských podniků, především těch, které hospodaří bez živočišné výroby. Plocha osevu pšenice ozimé ve sklizňovém roce 2020 činila 759 tis. ha, což je o 59 tis. ha méně než v roce 2019 (ČSÚ 2020).

Tvorbu výnosu a kvalitu zrna ozimé pšenice lze do určité míry ovlivnit správně zvolenou pěstební technologií tvořenou různými agrotechnickými zásahy (předplodina, zpracování půdy) a dalšími vstupy (hnojení, ošetření fungicidy, použití regulátorů růstu apod.), které je zapotřebí optimalizovat ve vztahu k průběhu počasí. Tímto přístupem lze do jisté míry eliminovat míru negativních projevů sucha a s efektivním vynaložením vstupů docílit přijatelné rentability pěstování ozimé pšenice.

Povětrnostní podmínky během vegetačního období, zejména množství srážek a suma teplot mají podstatný vliv na metabolismus rostliny a tak na kvalitu zrna pšenice. Během fáze nalévání zrna může dojít k zesílení stresu a tím ke snížení objemu zrna (Wardlaw & Moncur 1995), a tím rychlejší buněčnou smrt a dřívější dosažení sklizňové zralosti (Altenbach et al. 2003), což může mít za následek podstatné změny v bílkovinném složení zrna a velikosti a distribuci škrobových částic.

Jarní ječmen nemá příliš vyhraněné požadavky na prostředí, z toho důvodu jej lze úspěšně pěstovat i ve velmi rozdílných podmínkách. Jiná je však situace u jednotlivých užitkových směrů, zaměřených na produkci zrna s určitými znaky, či parametry jakosti. Těmto požadavkům se musí přizpůsobit i výběr vhodných agroekologických podmínek. Z toho důvodu je nejnáročnější ječmen sladovnický a množitelský (Zimolka et al. 2006).

Výskyt sucha při setí a během vegetativních fází růstu obilnin má vliv na vzházení porostu a následnou redukci odnoží. Sucho během generativních fází má vliv na redukci počtu

založených klásků a zrn. Kritickým obdobím je kvetení, kdy má nedostatek vody horší dopad než v jiných fázích vývoje. Dalším kritickým obdobím je fáze počátku tvorby zrna, kdy se rozhoduje o počtu buněk v endospermu. Ve fázi nalévání zrna vodní stres narušuje proces syntézy a ukládání škrobu a zásobních bílkovin (Haberle et al. 2008). Studie Hlavinky et al. (2009), která srovnávala citlivost plodin vůči vodnímu stresu ve vegetačním období (1961-2000), ukázala, že sucho výrazně snižuje výnos jarního ječmene oproti výnosu ozimé pšenice.

Rozmístění oblastí pěstování **řepky olejky** se podstatně změnilo. Původně se řepka pěstovala jen v úrodných nížinách. V těchto vysloveně kukuřičných a řepařských oblastech se řepka dostávala do konkurence s cukrovkou o chlévský hnůj. Proto se velká část ploch řepky přesunula do vyšších poloh a do podhůří. V těchto podmínkách má řepka vhodné ekologické podmínky, je tu dostatek srážek a menší výskyt škůdců a sněhový kryt chrání porosty proti holomrazům. V posledních období dochází k rozšíření pěstování řepky v řepařských a kukuřičných oblastech vlivem rozhodnutí, v jejichž důsledku je omezován rozsah výroby cukrové řepy (EU) (Baranyk et al. 2010).

Čím více se přibližuje rozmístění řepky optimálnímu požadavku na prostředí, tím vyšší je efektivnost vkladů do výroby – vyšší stabilita výnosů ve vyšších, středních a humidnějších lokalitách (přezimování, nízký tlak škůdců a chorob). Naopak v nižších polohách negativně působí sucho při zakládání porostů a také ochrana je nákladnější (Kulanová 2001).

3.3 Pěstování pšenice ozimé

Požadavky ozimé pšenice na půdně-klimatické podmínky jsou nejvyšší, porovnáváme-li je s ostatními obilninami. Přesto se pšenice pěstuje ve všech výrobních oblastech, včetně podhorských, kde je pochopitelně dosahováno nižších výnosů než v oblastech níže položených. Výnos je u pšenice ovlivněn vyšší měrou průběhem počasí, půdní typ a druh ovlivňuje růst a výnos méně, ač je to pochopitelně také nezanedbatelný parametr (Petr et al. 1987).

Z dlouhodobých výnosových výsledků polyfaktoriálních pokusů vyplývá významný vliv stanoviště a ročníku, které ovlivňují výši hospodářského výnosu přibližně z 25 %. Počasí v jednotlivých ročnících zvyšuje výnosovou variabilitu větší měrou než půdní typ a půdní druh, přestože pšenice ozimá se z pěstovaných obilnin vyznačuje vyšší náročností na půdní podmínky. V ČR se ozimá pšenice pěstuje ve všech výrobních podmínkách, které však značně působí na výši dosahované produkce i na její kvalitu (Zimolka et al. 2005).

3.3.1 Výživa a hnojení

Ozimá pšenice je poměrně náročná na jednotlivé živiny. S ohledem na její pěstování a ve vztahu k půdní úrodnosti je nezbytné zabezpečit výživu na potřebné úrovni a přizpůsobit systém hnojení jednak požadavkům ozimé pšenice ale také podmínkám stanoviště. Strukturu výnosu ozimé pšenice tvoří tři základní složky: počet klasů na jednotce plochy; počet zrn v klasu a hmotnost tisíce semen (HTS). Jednotlivé výnosové prvky jsou na sobě závislé a vzájemně se ovlivňují, ale také kompenzují. Mezi faktory, kterými již před setím můžeme ovlivnit výnos a kvalitu produkce, patří výživa a hnojení. Ozimá pšenice odčerpá z půdy

poměrně velké množství některých živin (Tabulka č. 1). Jednotlivé živiny jsou pak během vývoje rostlin přemísťovány do sklizených produktů (Černý et al. 2014).

Tabulka 1: Průměrné odběry živin ozimou pšenicí vztažené na 1 t výnosu zrna a průměrný celkový odběr při výnosu 6 t/ha

Odběr živin	N	P	K	Ca	Mg	S
Množství v kg/t	22–26	4,4–6,2	17–21	2,8–5,7	1,2–3,0	4,0–5,8
Množství v kg/ha	150	30	110	24	12	30

Zdroj: Černý et al. (2014)

Regenerační hnojení dusíkem začínáme brzy na jaře. Hlavním ukazatelem pro volbu dávky jsou výsledky agrobiologické kontroly porostu po zimě (počet rostlin na m², počet odnoží, zdravotní stav porostu a jeho vývoj) a obsah N_{min} v půdě. Pokud nemáme k dispozici výsledky rozborů půd na N_{min}, obvykle se dávka dusíku pohybuje kolem 40-60 kg na ha.

Produkční hnojení dusíkem provádíme na počátku sloupkování. Dávka dusíku vychází ze zhodnocení aktuálního výživného stavu porostu ozimých pšenic, provedeného na základě chemického rozboru rostlin odebraných ve fázi DC 25. Přitom je potřeba vyjít z místních zkušeností a dávku dusíku, pokud by měla překročit 60 kg N/ha, dělíme na 2x. Druhou dávkou budeme aplikovat s odstupem 2-3 týdnů.

Pozdní (kvalitativní) přihnojení dusíkem se provádí zpravidla ve dvou obdobích. U slabších porostů, kde je potřeba posílit asimilační aparát a udržet co nejvyšší počet produktivních odnoží, přihnojujeme již velmi brzo, a to ve fázi DC 37, tj. v období, kdy se objevuje poslední list. Toto přihnojení můžeme zařadit i jako druhé produkční hnojení. Ostatní porosty přihnojujeme až na počátku metání, tj. ve fázi DC 51 (Zimolka et al. 2005).

Hnojení P, K a Mg vychází z jejich obsahu v půdách a zásadou musí být udržení či vytvoření takového stavu, aby výnos výnos zrna byl zajišťován především živinami půdy a hnojením byly do půdy doplňovány z půdy odebrané živiny. Vhodným obdobím ke hnojení je podzim a hnojiva by měla být aplikována nejpozději při předset'ové přípravě. Přihnojování během vegetace není účelné (Vaněk et al. 2007).

3.3.2 Agrotechnika

Pšenice ozimá je ze všech plodin nejnáročnější na předplodinu, neboť ta podstatně mění půdní prostředí a vlastnosti důležité jak pro růst rostlin, tak pro tvorbu výnosu i jeho kvalitu. Při výběru předplodiny je nutno zohlednit podmínky výrobní oblasti, požadavky odrůdy a konečné využití produkce (Zimolka et al. 2005).

Za dobrou předplodinu pro ozimou pšenici je považována řepka. Předplodina obilnina je hodnocena, především z dlouhodobého hlediska, jako méně vhodná varianta, která je závislá na způsobu zpracování posklizňových zbytků a následně půdy, i na intenzitě zásahů proti chorobám. Významné místo mezi předplodinami co do zastoupení v současné době zaujímá

kukuřice, která díky možnostem využití pro technické účely zaujímá u nás relativně velkou plochu. I když je z hlediska následné plodiny značný rozdíl mezi předplodinou kukuřicí na siláž a kukuřicí na zrno, vždy je nutno počítat s tím, že se po kukuřici zhorší půdní struktura a sníží obsah pohotových živin v půdě v raných fázích růstu pro následnou ozimou pšenici (Polišenská 2017).

V současné době se ještě při zakládání porostů ozimé pšenice v mnoha zemědělských podnicích vychází převážně z klasických postupů zpracování půdy a setí (Zimolka et al. 2005).

Při zakládání porostu pšenice ozimé lze také využívat různé varianty minimalizačních technologií a ochranných způsobů zpracování půdy. Při rozhodování o použití efektivních variant zjednodušených technologií zakládání porostu pšenice ozimé je nutno brát v úvahu zejména vhodnost předplodiny a stav pozemku po její sklizni, tj. výskyt plevelů, stupeň utužení, úrodnost půdy, aj. Současně je třeba přihlížet k termínu setí a volbě vhodných odrůd pšenice. Za optimální termín setí se obecně považuje konec září do cca 10. října. Avšak vzhledem k tomu, že po některých předplodinách, zejména pak po kukuřici na zrno či siláž, slunečnici nebo i cukrovce se vysévá pšenice až koncem října, případně začátkem listopadu, je nutné volit odrůdy tolerantní pozdní výsev (Vach & Javůrek 2011).

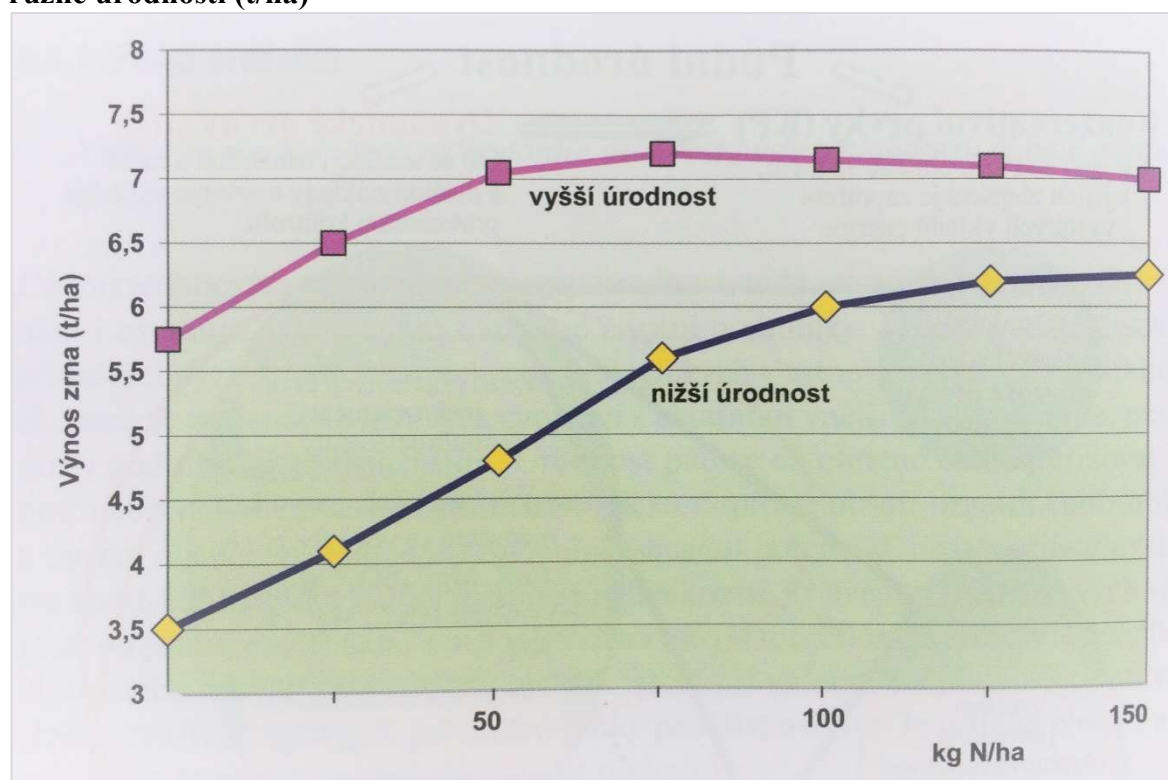
3.3.3 Tvorba výnosu

Tvorba výnosu je složitý proces, na kterém se podílejí kromě půdní úrodnosti, povětrnosti a klimatických podmínek i agrotechnické zásahy, druh a odrůda pěstované rostliny, výskyt škodlivých činitelů a další faktory. Z průběhu výnosové křivky ozimé pšenice je zřejmé, že dusíkaté hnojení výrazně zvyšuje výnos zrna, avšak na pozemku s nižší úrodností je pro dosažení dobrého výnosu zapotřebí vyšší dávky dusíku než na pozemku úrodnějším (Graf č. 1), a většinou není dosaženo ani vyššími dávkami N výnosu jako na úrodnější části pozemku. I když nelze přeceňovat jednotlivé faktory, je dobrá půdní úrodnost základní podmínkou pro dosažení dobrého výnosu a kvality produkce (Vaněk et al. 2012).

Strukturu výnosu obilnin tvoří tři základní složky: počet klasů nebo lat (palic) na jednotce plochy, počet zrn v klasu nebo latě, hmotnost 1000 semen (HTS) (Vaněk et al. 2007).

Přestože uvedené složky výnosu se objevují až v jarním období, jejich základ je již ovlivněn agrotechnickými postupy v období před založením porostu. Agrotechnická opatření by měla být prováděna tak, aby bylo dosaženo optimálního poměru těchto tří výnosových prvků (Černý et al. 2014).

Graf 1: Vliv stupňovitých dávek dusíku na výnos zrna pšenice na stejném pozemku o různé úrodnosti (t/ha)



Zdroj: Vaněk et al. (2012)

3.4 Pěstování ječmene jarního

Ječmen se pěstuje se v oblastech řepářských, obilnářských, ale i v teplejších regionech pěstování zrnových kukuřic nebo chladnějších oblastech typických výrobou bramboru. V posledních letech je stále více limitujícím prvkem výnosu voda - nedostatek srážek. Nejvhodnější jsou hlubší černozemě a hnědozemě s dostatkem jílu, který dokáže držet vodu a podporuje vzlínání za sucha. Na lehkých půdách nelze počítat s vysokými výnosy a navíc se přidává riziko vysokého obsahu N-látek v zrně díky podeschnutí před sklizní a neuplatnění zřed'ovacího efektu (Černý et al. 2007).

3.4.1 Výživa a hnojení

Pro zajištění dobré výživy ječmene je vzhledem k menší osvojovací schopnosti pro příjem živin a krátké vegetační době nutná dobrá zásoba pohotových živin v půdě. Ze všech obilnin jarní ječmen nejcitlivěji reaguje na nedostatek živin v půdě a velmi pozitivně působí hnojení minerálními a organickými hnojivy (Vaněk et al. 2007).

U jarního ječmene jsou důležité vyrovnané půdní poměry jak z hlediska obsahu a poměru živin, tak i z pohledu půdní struktury, vzdušných a vlhkostních poměrů. Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a půdní reakce souvisejí s celkovou úrovní hnojení v osevním postupu. Výživa a hnojení dusíkem rozhodujícím způsobem ovlivňuje jakost sladovnického ječmene (Faměra et

al. 1996). Základní dávka dusíku se řídí výrobní oblastí a výnosem předplodiny a pohybuje se zpravidla v rozmezí 20-60 kg N na ha. Dávka dusíku korigujeme podle obsahu minerálního dusíku v půdě ve vzorcích odebraných v předjaří (konec února, začátek března) z hloubky 0-30 cm (Zimolka et al. 2006).

Hodnoty odběrových normativů, tj. potřeby živiny na vytvoření 1 tuny hlavního produktu, jsou u ječmene i pšenice velmi podobné (Tabulka č. 2) (Černý et al. 2018).

Tabulka 2: Potřeba živin ozimé pšenice a jarního ječmene vyjádřená jako odběrový normativ (kg živiny na 1 t výnosu zrna)

Parametr	Plodina	N	P	K	Ca	S	Mg
Odběrový normativ (kg/t)	ozimá pšenice	24–26	4,4–6,2	16,6–21,0	2,8–5,7	3,8–4,9	1,2–3,0
	jarní ječmen	20–24	3,5–6,2	16,0–21,0	6,0–8,5	3,2–4,5	1,2–2,4

Zdroj: Černý et al. (2018)

3.4.2 Agrotechnika

V oblasti zpracování a předseťové přípravy půdy zůstávají agrotechnické zásady zachovány. Podzimní zpracování půdy, podle charakteru předplodiny, nevyžaduje nutně orbu a mohou se uplatnit i minimalizační technologie. Základním požadavkem je časný termín setí, který nesmí vést k setí do mokré nevyzrálé půdy. Ječmen potom pomalu a nevyrovnaně vzchází (Faměra et al. 1996).

U obilnin, tedy i u ječmene, dochází po jejich opakovaném pěstování několik let (monokultura) k tzv. declain efektu, tj. ke změně mikroflóry a k pomalejšímu poklesu výnosů než v prvních letech. Organické hnojení pokles výnosů zmírňuje. Na nejlepších stanovištích v kratších intervalech toleruje z obilnin nejlépe monokulturní pěstování právě ječmen jarní. V suchých oblastech může dojít i k tomu, že obecně považovaná zlepšující předplodina jako je cukrová řepa se může stát výrazně zhoršující pro sladovníkový ječmen. Odebere v předchozím roce vodu z půdy a za suché zimy se vláhové poměry ještě zhorší. Následný rok trpí ječmen nedostatkem vody v půdě, pomaleji vzchází a vše se odrazí ve výnosu (Černý et al. 2007). To dokládá také Yang et al. (2006). Vodní stres během nalévání zrna zkracuje dobu nalévání zrna.

3.4.3 Tvorba výnosu

Výsledky z četných pokusů prokazují, že pro dosažení špičkových výnosů jarního ječmene na úrovni okolo 8-9 t/ha by se měla hustota klasů pohybovat mezi 800-1100 m². Optimum by se mělo pohybovat v rozpětí 900-1000 klásků na m². Tuto hustotu je ječmen schopen dosáhnout i při nižších výsevcích vzhledem k vysoké odnožovací schopnosti většiny odrůd. Současně by ale vysoký počet odnoží na rostlinu neměl být základem tvorby výnosu, protože produktivita odnoží vyššího řádu výrazně klesá. V praxi to znamená, že při stejném počtu klasů na jednotku plochy je v porostu se 2-3 klasy na rostlinu dosaženo vyššího výnosu než v porostu se 4-5 klasy na rostlinu (Zimolka et al. 2006).

3.5 Pěstování řepky ozimé

Řepka olejka je nejdůležitější olejnatou plodinou v Evropské unii s celkovou produkcí 19,6 mil. tun a třetí nejdůležitější olejnatá plodina na světě (jarní a zimní kultivar společně) s produkcí 70,3 mil. tun (USDA 2019). Ve srovnání s obilninami, např. s pšenicí ozimou nebo ječmenem výnosy řepky olejné v mnoha zemích neustále rostou díky optimalizaci termínu setí a šlechtění osiva. Nicméně stabilita sklizně se za poslední čtyři desetiletí výrazně nezlepšila a je stále nižší než u obilnin (Finger 2010; Rondanini et al. 2012).

Výnos řepky ozimé je výsledkem komplexních interakcí mezi genotypem a půdou a průběhem počasí a manažerských rozhodnutí přijatých během růstu rostliny a jejich vývojových fází (Habekotté 1997; Peltonen-Sainio et al. 2010; Weymann et al. 2015).

3.5.1 Výživa a hnojení

Řepka se vyznačuje vysokou náročností na živiny. Týká se to jak hlavních živin včetně síry, tak také mikroelementů, neboť jejich návratnost minerálními a organickými hnojivy se velmi výrazně v posledním desetiletí snížila (Vostal 2003). Pro řepku je charakteristický vysoký obsah dusíku v průběhu vegetace. Nároky na výživu dusíkem jsou tedy velmi značné. Biologický odběr dusíku nadzemní částí rostliny činí přibližně 200-250 kg N/ha. Na úrodných půdách může přesáhnout 300 kg N (Balík et al. 2007).

Dle Vaňka et al. (2007) jsou rozhodující pro výnos jarní dávky dusíku.

Regenerace kořenového systému – velikost první dávky činí v našich podmínkách zpravidla asi 60-90 kg N/ha. Protože v tomto období existuje nebezpečí návratu zimy, proto lze tuto dávku rozdělit na dvě části.

Hnojení ve fázi dlouhivého růstu – běžná dávka je 50-80 kg N/ha. Silné porosty, kde činí hustota 30 až 40 rostlin na m², hnojíme vyššími dávkami dusíku (asi o 20 kg N/ha).

Fáze žlutých pupat – tato dávka má své opodstatnění na lehčích a chudších půdách v sušších oblastech, kde není zabezpečen přísun dusíku rostlinám v době květu a ve fázi zelených šešulí. Velikost dávky činí zpravidla 20-40 kg N/ha (Baranyk et al. 2010).

Tabulka 3: Odběrový normativ živin na výnos 1 t semene řepky a odpovídající množství slámy

kg/t					
N	P	K	Ca	Mg	S
52-59	11-18	40-50	30-38	4-6	12-16

Zdroj: Balík et al. (2007)

3.5.2 Agrotechnika

Vysoké zastoupení řepky je sice vítáno jako předplodinová alternativa za postupně se zmenšující plochy ostatních širokolistých plodin, na straně druhé však již dnes v důsledku vysoké koncentrace vznikají vážné fytopatologické problémy.

Za optimální bylo v minulosti různými autory považováno zastoupení řepky v osevním postupu do 17 %, tj. 1x za 6-7 let. Za současné situace, kdy se stalo pěstitelským standardem ošetření fungicidy, lze tento interval zakrátit na 4 až 5 let. Kratší rotace se zastoupením řepky na orné půdě 25-33 % je zdůvodnitelná pouze tam, kde je řepka jedinou alternativou pro přerušení obilních sledů (Baranyk et al. 2007).

Semena řepky ale klíčí z povrchové vody, rosy, deště. Protože rosa se tvoří na chladných agregátech půdy – na povrchových hrudkách a hroudách, které v noci rychle vystydnou, vyklíčí na hrudovitém poli řepka jen po dešti. Za sucha nemá šanci – hrudky vysají rosnou vodu – „hrudka řepky hrobka“. Proto jsou v suchých oblastech doporučovány bezorebné postupy, neboť po nich se hroudy netvoří a olejka dobře vzejde. Současně, spíše ale v předstihu, se pole po minimalizaci silně zaplevelí výdrolom obilnin.

Nové postupy umožňují vypustit podmínku. Ta, pokud se neprovede skutečně klasická příprava půdy (dva týdny odstupu orby od podmínky a dva až tři týdny mezidobí mezi orbou a předseťovou přípravou půdy), umožní plevelům i výdrolu nabobtnat a vyklíčit před řepkou (Vašák et al. 2000).

3.5.3 Tvorba výnosu

Proces tvorby výnosu řepky ozimé je vysoce variabilní a závisí na genetických, environmentálních a agronomických faktorech a stejně tak na interakci mezi nimi (Sidlauskas & Bernotas 2003). Biologický výnos řepky ozimé je výsledek rychlosti růstu a délky vegetačního období (Diepenbrock 2000). V Evropě se výnose semen řepky ozimé běžně pohybuje v rozmezí 3 až 4 tun na hektar. V příznivých produkčních podmínkách Evropy výnos řepky ozimé dosahuje 5 tun na hektar.

Hlavními výnosotvornými prvky jsou hmotnost tisíce semen (HTS), počet šesulí na m² a počet šesulí na jednu rostlinu (Baranyk et al. 2010).

Řepka má sice dobrou kompenzační schopnost, ale může ji využít pouze v případě, že jsou rostliny rovnoměrně plošně rozmístěny (Soukup 2007). Organizace porostu a způsob jeho založení tedy mohou mít významný vliv jak na životní prostor každé rostliny, tak i mikroklima samotného porostu, a tím velmi výrazně ovlivňovat zdravotní stav, tvorbu výnosových prvků a v konečné fázi i celkový výnos pěstované plodiny (Krček et al. 2013).

Hmotnost tisíce semen (HTS) je výnosotvorným prvkem, který lze nejjednodušeji stanovit. Je podmíněna geneticky, ročníkem, prostředím, souborem pěstitelských opatření včetně výživy, způsobem sklizně a zdravotním stavem porostu. Počty semen v šesuli jsou v negativním vztahu k utváření HTS, to znamená, že se vzrůstajícím počtem semen v šesuli klesá HTS. Obecně lze konstatovat, že HTS je jedním z hlavních ukazatelů zdravotního stavu v době sklizně (Baranyk et al. 2007).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika podniku

Školní zemědělský podnik Lány (50°7'42.263"N, 13°57'23.088"E) je účelovým zařízením České zemědělské univerzity v Praze. Jeho hlavním úkolem je zabezpečit činnost univerzity v praktických podmínkách. Realizuje se zde odborná a praktická výuka studentů ČZU v Praze, ostatních zemědělských škol a odborné veřejnosti. Dále vytváří podnik zázemí pro výzkumnou a pedagogickou práci fakult, institutů a kateder ČZU v Praze.

ŠZP Lány v současné době hospodaří na 2 800 ha zemědělské půdy a cca 90 ha tvoří půda nezemědělská. Přibližně 58 % výměry je půda univerzitní a zbývající část je pronajata od soukromých vlastníků.

Průměrná roční teplota je v oblasti dle ČHMÚ 8,4 °C a roční úhrn srážek se pohybuje okolo 562 mm. Obě hodnoty představují průměrné hodnoty pro celou Českou republiku a sledovaná oblast z hlediska dlouhodobého průměru není zatížena žádnými extrémními počasí.

Cílem práce je zhodnocení vlivu půdního typu na výnosy pšenice ozimé, ječmene jarního a řepky ozimé. Za tímto účelem byly vybrány tři lokality s různými půdními typy. Výběr lokalit byl proveden s cílem co nejlépe zhodnotit vliv půdních podmínek na dosažené výnosy hodnocených druhů plodin. Byly vybrány lokality Ruda (okres Rakovník) Nové Strašecí (okres Rakovník) a Nový Dům (okres Rakovník). Tyto lokality reprezentují pozemky uvedené v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Poloha a popis pozemků dle LPIS

Lokalita	Pozemek	č. dle LPIS	Mapový čtverec	Výměra (ha)
Ruda	Kuchař	1003/4	780-1030	18,1
Nové Strašecí	Bora Levá	8801/1	770-1020	20,1
Nový Dům	U Hraniční cesty	4502	780-1030	16,5

Zdroj: ŠZP Lány

4.1.1 BPEJ vybraných pozemků

Klasifikační systém stanovištních podmínek vychází většinou ze základních charakteristik, tj. nadmořské výšky a reliéfu terénu, klimatu (průměrné teploty vzduchu, úhrnu dešťových srážek), typu a druhu půdy. Na základě těchto a dalších charakteristik jsou v ČR vymezeny zemědělské výrobní oblasti. V současné době má zemědělská praxe k dispozici údaje o každém pozemku bonitovaných půdně-ekologických jednotkách (BPEJ) a bodové hodnocení produkčního potenciálu půd (PPP) jednotlivých okresů.

Hodnoty BPEJ byly stanoveny na základě evidence LPIS. Charakteristiku pozemků dle BPEJ uvádí tabulka č. 5. V tabulce je dále uveden procentický podíl jednotlivých půdních typů na celkové výměře sledovaných pozemků.

Vrstva bodové výnosnosti poskytuje informaci o kvalitě a výnosnosti půd na základě souhrnu informací o vybraném zemědělském území. Výchozí ukazatel je charakteristika

jednotlivých bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) včetně jejich ekologických a ekonomických informací.

Tabulka 5: Charakteristiku pozemků dle BPEJ

Pozemek	BPEJ	BPEJ (ha)	Půdní typ	Půdní typ (%)
Kuchař	4.15.00	6,2	Luvizem	34,3
	4.30.04	3,5	Kambizem	19,5
	4.11.00	8,4	Hnědozem	46,2
Bora Levá	5.25.04	20,1	Kambizem	100
U Hraniční cesty	4.14.10	4,5	Luvizem	86
	4.15.00	7	Luvizem	
	4.15.10	2,3	Luvizem	
	4.26.14	2,7	Kambizem	14

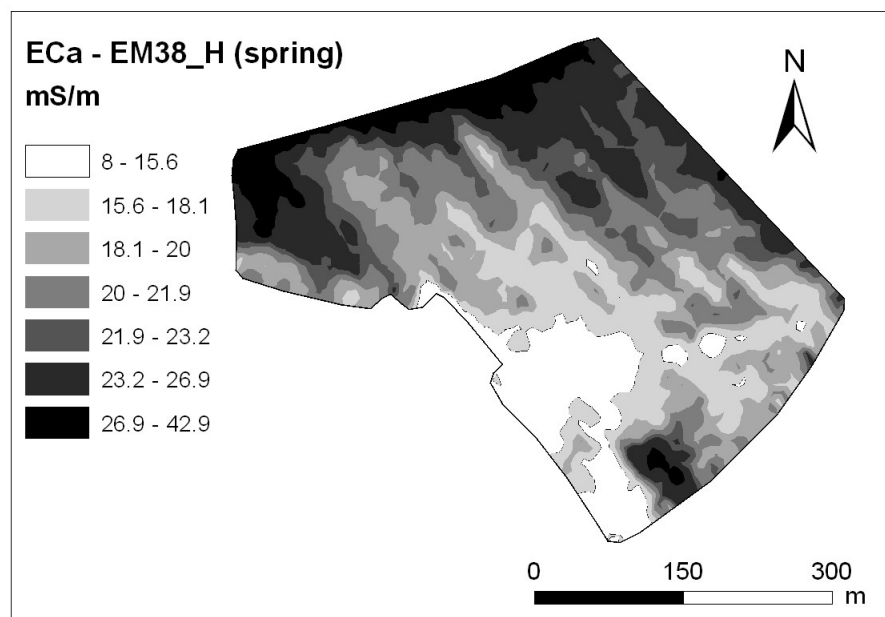
Zdroj: ŠZP Lány, ekatalog BPEJ, vlastní výzkum

4.1.2 Půdní variabilita pozemků Kuchař

Elektrická vodivost půdy je ovlivňována působením mnoha půdních faktorů. Mezi nejvýznamnější patří vlhkost půdy, zrnitost půdy a zasolení půdy, dále to může být také objemová hmotnost, obsah organické hmoty, kationtová výměnná kapacita a další. Dle Schmidhaltera et al. (2002) jsou nižší hodnoty elektrické vodivosti ($5-15 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$) typické pro písčité půdy, zatímco vyšší hodnoty ($30-60 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$) reprezentují jílovité půdy. Mezi nimi leží hlinité půdy. Velmi vysoké hodnoty (nad $60 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$) poukazují převážně na vliv vyššího obsahu vody, často v kombinaci s vyšším obsahem jílu a organické hmoty, či dodatečný vliv zvýšeného zastoupení solí v půdním roztoku. V řadě případů také naměřené hodnoty EC vykazují vztah s agrochemickými vlastnostmi půdy. Spíše ale než o přímý vliv obsahu živin v půdě na elektrickou vodivost půdy se jedná o sekundární vazbu agrochemických vlastností na základní půdní charakteristiky ovlivňující EC půdy (Lukas et al. 2009). Naopak nenalezení vazby EC s obsahem živin nemusí nutně znamenat nepoužitelnost EC při mapování živinného stavu půdy. Měření EC může být využito pro mapování půdních vlastností, které představují klíčové faktory ovlivňující změny v koncentraci živin, a tímto způsobem na pozemku definovat oblasti s obdobnou půdní zásobeností (Heiniger et al. 2003).

Obrázek č. 2 znázorňuje elektrickou vodivost na pozemku Kuchař. Mapa pozemku byla zpracována na základě zdrojových dat a údajů z článku Kroulík et al. (2011) v programu ArcGIS. Z mapování elektrické vodivosti pozemku Kuchař v jarním období je patrná určitá prostorová variabilita pozemku. Hodnoty elektrické vodivosti se pohybují v rozmezí $8-42,9 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$. Tento pozemek je z 34,3 % tvořen luvizemí, 19,5 % kambizemí a z 46,2 % hnědozemí. Severně orientovaná část pozemku je tvořena spíše půdami těžšími s vyšším obsahem jílu a vody. Jižně orientovaná část půdami suššími s vyšším obsahem písku.

Obrázek 2: Elektrická vodivost na pozemku Kuchař



Zdroj:Kroulík et al. (2011)

4.2 Struktura plodin a jejich odrůdy

Školní zemědělský podnik Lány se zaměřuje na intenzivní rostlinnou produkci, jak dokládá struktura plodin na vybraných pozemcích. Zejména na ozimou pšenice, jarní ječmen a ozimou řepku. Plodinová variabilita je ve sledovaných hospodářských letech velmi nízká. Jedná se tedy o osevní postup zaměřený na dosažení, co nejlepších ekonomických výsledků podniku.

Osevní postup na vybraných pozemcích a použité odrůdy jednotlivých plodin uvádí tabulka č. 6. Průměrné výnosy plodin ve Středočeském kraji tabulka č. 7.

V práci se porovnávaly hodnoty výnosů plodin získané ze ŠZP Lány s průměrnými hodnotami výnosů pro Středočeský kraj. Hodnoty výnosů ze ŠZP Lány byly vztaženy k hodnotám ve Středočeském kraji (100%) a vyjádřeny procenticky.

Tabulka 6: Struktura plodin a odrůdy

Pozemek	Rok	Plodina	Odrůda
Kuchař	2019	Řepka ozimá	Inspiration
	2018	Pšenice ozimá	Ludwig
	2017	Ječmen jarní	Malz
Bora Levá	2019	Ječmen jarní	Malz
	2018	Pšenice ozimá	Ludwig
	2017	Řepka ozimá	RTG Dozzen
U Hraniční cesty	2019	Řepka ozimá	DK Exstrom
	2018	Pšenice ozimá	Jindra
	2017	Ječmen jarní	Malz

Zdroj: ŠZP Lány

Tabulka 7: Průměrné výnosy plodin ve Středočeském kraji (t/ha)

Hospodářský rok	2018/2019	2017/2018	2016/2017
Pšenice ozimá	5,89	5,54	6,04
Ječmen jarní	5,17	4,94	5,15
Řepka ozimá	3,06	3,42	2,96

Zdroj: ČSÚ

4.2.1 Ječmen jarní

Odrůda **Malz** je polopozdní odrůda středního vzrůstu, vhodná do všech oblastí pěstování sladovnického ječmene. Poskytuje stabilně vysoký výnos zrna i výnos předního zrna v ošetřené variantě pěstování. Velmi dobře reaguje na vysokou intenzitu pěstování. Středně odnožující odrůda odolná k fuzariózám v klase, středně odolná proti hnědé a rhynchosporiové skvrnitosti a rzi ječné, méně odolná proti padlí travnímu. Vyznačuje se dobrou odolností k poléhání. Doporučený výsevek je 3,5–4,7 MKS/ha.

4.2.2 Pšenice ozimá

Ludwig je odrůda s elitní pekařskou jakostí. Středně raná, středně odnožující odrůda s vynikající odolností vyzimování. Vyznačuje se dobrou odolností napadení braničnatkou plevovou i fuzariózami v klasu, střední odolnost padlí a rzi pšenice. Prověřená odrůda doporučená pro pěstování v ŘVO, OVO, i BVO. Výsevek spíše nižší 3,5 MKS/ha.

Odrůda **Jindra** je velmi raná osinatá, velmi dobře odnožující odrůda, pekařské jakosti A. Rostliny středně vysoké (96 cm) se střední odolností poléhání mají velmi dobrý zdravotní stav, pouze odolnost k braničnatce na listech je střední. Poskytuje vysoký výnos ve všech oblastech, vhodná i do sušších oblastí, není vhodná k pěstování po obilovině, vhodná i k časnému výsevu. Doporučený výsevek je 3,5–4,5 MKS/ha.

4.2.3 Řepka ozimá

^{RGT} **Dozen** je plastická hybridní odrůda řepky ozimé a patří k nízkým kompaktním hybridům s velmi vysokou odolností poléhání. Vhodná je do všech oblastí pěstování s mimořádnou odolností k polehání. Má výborný zdravotní stav. Také mrazuvzdornost je vysoká a stejně, tak odolnost k chorobám, zvláště hlízence a fómové hnilobě. Dosahuje stabilního výnosu i v přísuškových oblastech.

Odrůda **Inspiration** je hybrid s minimálním obsahem kyseliny erukové a vyhovujícím obsahem glukosinolátů. Rostliny jsou vysoké, středně odolné až odolné proti poléhání před sklizní. Odrůda středně odolná až odolná proti napadení plísní šedou, středně odolná proti napadení fomovým černáním stonku, méně odolná proti napadení sklerotiniovou hnilobou a středně odolná proti napadení černěmi řepky.

DK Exstrom je velmi plastický a adaptabilní hybrid. Je doporučený pro pěstování i na méně kvalitním stanovišti nebo při základní agrotechnice. Je doporučený pro pěstitele s vysokým podílem řepky v osevním sledu a potřebou snižovat výrobní náklady. Doporučený výsevek 1 VJ (500 tis. semen).

4.3 Stanovení výnosu plodin

Výnosy plodin v jednotlivých hospodářských letech byly získány z vnitropodnikové evidence, ve které jsou evidovány výnosy jednotlivých pozemků. Vážení jednotlivých vozů bylo provedeno přímo v podniku na vlastní mostové váze.

Tabulka 8: Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek na stanovišti Lány pro pšenici ozimou

Skl. rok/měsíc	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
2018/2019	14,8	9,7	3,9	2,5	-0,6	2,6	6,3	9,3	11,1	21,1	19,5
2017/2018	11,8	10	4,1	1,6	-2,8	2,7	2,1	12,3	20	17,6	20,3
2016/2017	16	7,6	2,7	0,4	-5,2	1,5	6,1	7,2	13,9	18,3	18,4
dl. průměr	13	8,2	3,1	0	-1,2	-0,4	3,5	8,5	13,2	16,2	18,2
2018/2019	54	25,8	10,5	49,7	39,8	24	40,3	26,3	71	14,3	40,4
2017/2018	30,9	77,9	33,6	27,3	29,8	6	41,8	15,3	67,4	66,1	41
2016/2017	44,4	61,8	23,4	15,4	15,6	14,6	40,8	53,9	22,7	90,3	76,2
dl. průměr	45	36	37	32	30	27	37	38	65	72	74

Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 9: Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek na stanovišti Lány pro ječmen jarní

Skl. rok/měsíc	III	IV	V	VI	VII	VIII
2019	6,3	9,3	11,1	21,1	19,5	18,5
2018	2,1	12,3	20	17,6	20,3	20,8
2017	6,1	7,2	13,9	18,3	18,4	18,3
dl. průměr	3,5	8,5	13,2	16,2	18,2	17,8
2019	40,3	26,3	71	14,3	40,4	70,9
2018	41,8	15,3	67,4	66,1	41	26,6
2017	40,8	53,9	22,7	90,3	76,2	72,6
dl. průměr	37	38	65	72	74	69

Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 10: Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek na stanovišti Lány pro řepku ozimou

Skl. rok/měsíc	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
2018/2019	20,7	14,8	9,7	3,9	2,5	-0,6	2,6	6,3	9,3	11,1	21,1	19,5
2017/2018	18,3	11,8	10	4,1	1,6	-2,8	2,7	2,1	12,3	20	17,6	20,3
2016/2017	17,1	16	7,6	2,7	0,4	-5,2	1,5	6,1	7,2	13,9	18,3	18,4
dl. průměr	17,8	13	8,2	3,1	0	-1,2	-0,4	3,5	8,5	13,2	16,2	18,2
2018/2019	26,6	54	25,8	10,5	49,7	39,8	24	40,3	26,3	71	14,3	40,4
2017/2018	72,6	30,9	77,9	33,6	27,3	29,8	6	41,8	15,3	67,4	66,1	41
2016/2017	50,7	44,4	61,8	23,4	15,4	15,6	14,6	40,8	53,9	22,7	90,3	76,2
dl. průměr	69	45	36	37	32	30	27	37	38	65	72	74

Zdroj : ČHMÚ

4.4 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu Statistica 10 (StatSoft, USA) metodou jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. V práci se porovnávaly hodnoty výnosů plodin získané ze ŠZP Lány s průměrnými hodnotami výnosů pro Středočeský kraj. Při statistickém vyhodnocení byly hodnoty ze ŠZP Lány vztaženy k hodnotám ve Středočeském kraji (100%) a vyjádřeny procenticky.

Tabulky a grafy byly vytvořeny v programu Excel 2007 (Microsoft Office).

5 Výsledky

5.1 Sklizňový rok 2016/2017

V tomto roce byla na na pozemcích Kuchař a U Hraniční cesty pěstována shodně odrůda ječmene jarního Malz. Na pozemku Bora Levá byla v tomto roce pěstována řepka ozimá. Jak je patrné z tabulky č. 11, vyššího výnosu u ječmene jarního bylo dosaženo na pozemku U Hraniční cesty a to o 0,6 t/ha více než na pozemku Kuchař.

Pro další porovnání byl zvolen ukazatel bodové výnosnosti dle BPEJ, který se pohybuje na škále 6–100 (čím vyšší číslo, tím lepší) a váženým průměrem byla pak vypočítána průměrná bodová výnosnost. Ačkoliv je bodová výnosnost pozemku U Hraniční cesty nižší než u pozemku Kuchař (o 12 bodů), bylo zde dosaženo vyššího výnosu ječmene jarního.

Z hlediska zastoupení typů půd je pozemek Kuchař tvořen převážně hnědozemí a luvizemí. Pozemek U Hraniční cesty je z 86 % tvořen luvizemí.

Tabulka 11: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy v roce 2016/2017

Pozemek	Plodina	Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Výnos (t/ha)	Výnos ve vztahu k SČ kraji (%)
Kuchař	Ječmen jarní	Malz	60	4,09	79,4
Bora Levá	Řepka ozimá	^{RTG} Dozzen	36	3,31	111,8
U Hraniční cesty	Ječmen jarní	Malz	48	4,68	90,9

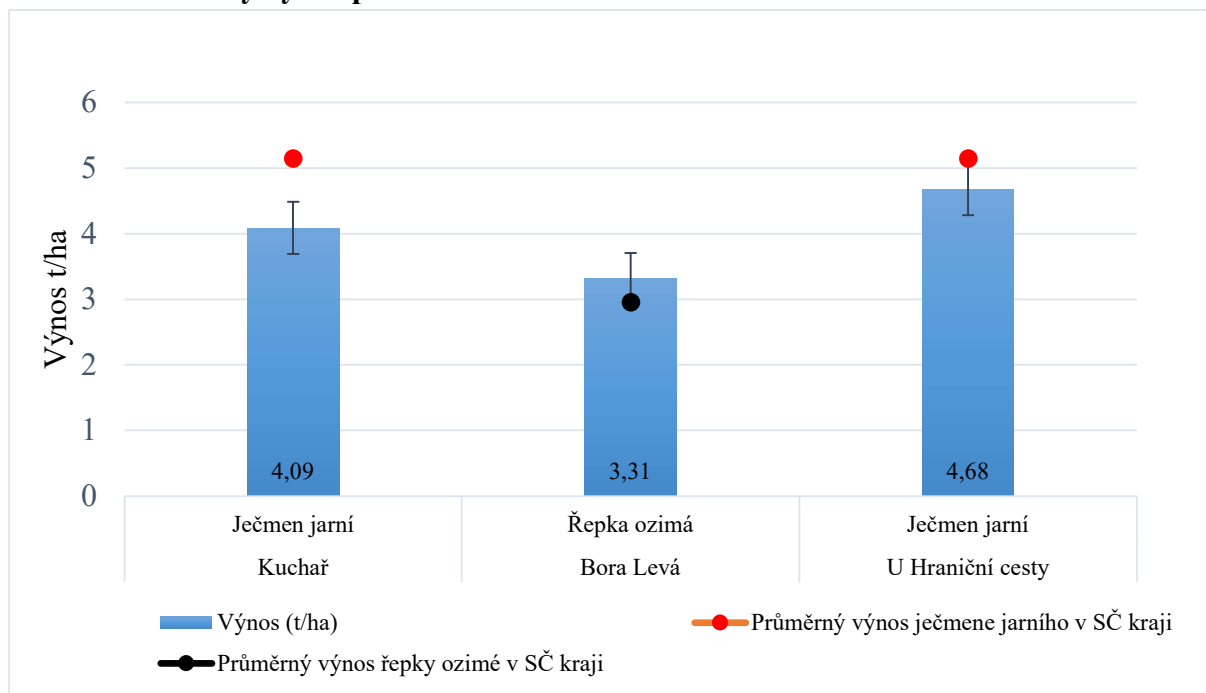
Co se týče porovnání dosažených výnosů plodin na sledovaných pozemcích s průměrnými výnosy ve Středočeském kraji, bylo dosaženo nižšího výnosu ječmene jarního na obou sledovaných pozemcích Kuchař a U Hraniční cesty (Graf č. 2). Průměrný výnos ječmene jarního pro Středočeský kraj činil v tomto roce 5,15 t/ha (100 %). Na pozemku Kuchař byl zjištěn propad výnosu o 20,6 % na pozemku U Hraniční cesty o 9,1 %. U řepky, naopak došlo k výrazně vyššímu výnosu na pozemku Bora Levá ve srovnání s průměrem ve Středočeském kraji, který činil 2,96 t/ha. Výnos byl vyšší v průměru o 11,8 %.

5.1.1 Průběh povětrnostních podmínek 2016/2017

Z hlediska teplot se jednalo o nejstudenější rok ze všech sledovaných let (Tabulka č. 8, 9 a 10). Výrazně pod dlouhodobým průměrem byl měsíc leden, kdy průměrná měsíční teplota klesla až na -5,2 °C.

Při pohledu na průběh srážek v tomto roce je patrná velmi suchá zima pro řepku ozimou. Od listopadu 2016 do února 2017 byl průměrný měsíční úhrn srážek výrazně pod dlouhodobým průměrem. Úhrn činil v těchto měsících 50 % dlouhodobého průměru. Problematický byl měsíc květen 2017, co se týče úhrn srážek, zejména pro ječmen. Úhrn srážek dosáhl pouze 41 % dlouhodobého průměru. Celkově se jednalo o studený rok s delší suchou zimou a relativně teplým létem s dostatkem srážek.

Graf 2: Průměrný výnos plodin ve sklizňovém roce 2016/2017



5.2 Sklizňový rok 2017/2018

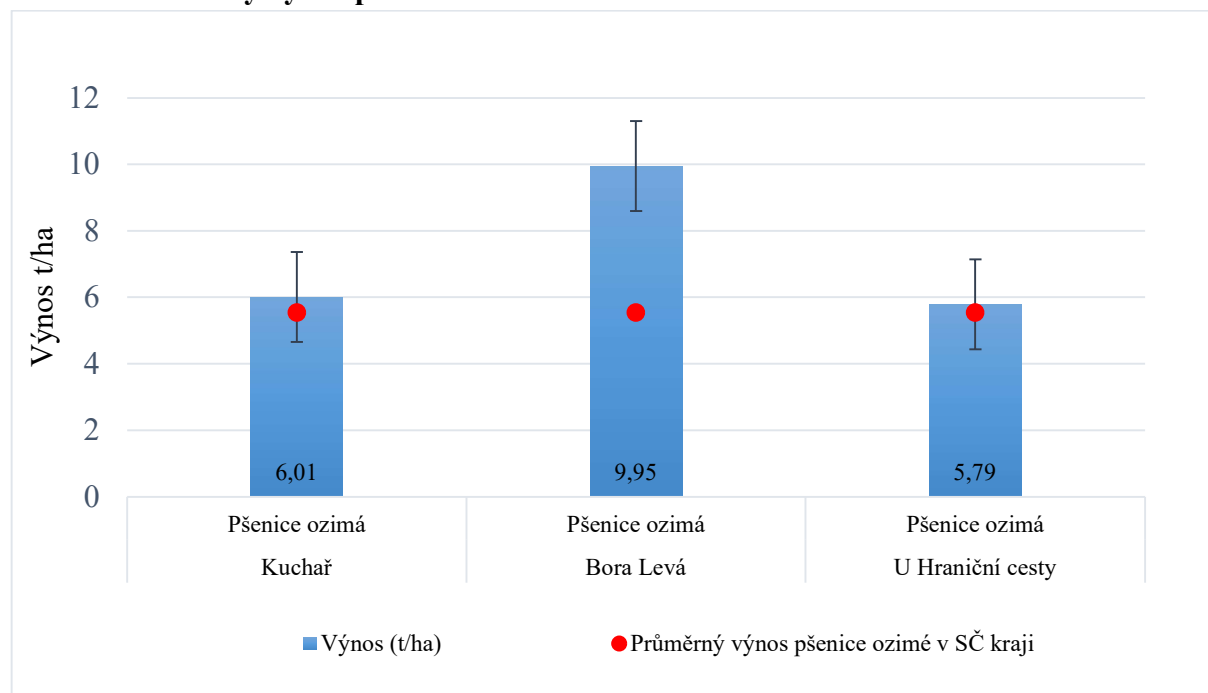
Ve sklizňovém roce 2017/2018 byla na všech pozemcích shodně pěstována pšenice ozimá (Tabulka č. 12). Bezmála o 3 t/ha byl dosažen vyšší výnos na pozemku Bora Levá ve srovnání s ostatními pozemky. Z hlediska bodového hodnocení pozemku dle BPEJ je pozemek Bora Levá na nejnižší úrovni a dosahuje pouze 36 bodů. Tento pozemek je tvořen pouze kambizemí (100 %) a má nejvyšší výměru (20,1 ha). Pozemek Kuchař naproti tomu dosahuje nejvyšší bodové výnosnosti dle BPEJ protože je tvořen převážně úrodnou hnědozemí (46,2 %), luvizemí (34,3 %) a kamibizemí (19,5 %). Na obou pozemcích byl shodně pěstována odrůda Ludwig. Na pozemku U Hraniční cesty byla pěstována odrůda Jindra a bylo zde dosaženo nejnižšího výnosu pšenice ve srovnání s ostatními pozemky, bodová výnosnost dle BPEJ činila 48 a je druhá nejnižší u sledovaných pozemků,

Tabulka 12: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy v roce 2017/2018

Pozemek	Plodina	Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Výnos (t/ha)	Výnos ve vztahu k SČ kraji (%)
Kuchař	Pšenice ozimá	Ludwig	60	6,01	108,5
Bora Levá	Pšenice ozimá	Ludwig	36	9,95	179,6
U Hraniční cesty	Pšenice ozimá	Jindra	48	5,79	104,5

Při porovnání výnosů pšenice s průměrným výnosem ve Středočeském kraji, který činil 5,54 t/ha (100 %) v tomto roce, byl potvrzen trend výrazně vyššího výnosu na pozemku Bora Levá (Graf č. 3). Rozdíl činil 4,45 t/ha a byl zde dosažen téměř o 80 % vyšší výnos. Na pozemku Kuchař bylo dosaženo o 8,5 % vyššího výnosu ve srovnání s průměrem v SČ kraji a na pozemku U Hraniční cesty o 4,5 % vyššího výnosu.

Graf 3: Průměrný výnos plodin ve sklizňovém roce 2017/2018



5.2.1 Průběh povětrnostních podmínek 2017/2018

Teploty v tomto sklizňovém roce se většinou pohybovaly nad dlouhodobým průměrem (Tabulka č. 8, 9 a 10). Celkově lze tento ročník hodnotit jako teplý, také zima byla mírná až na výrazný pokles teplot v měsíci lednu oproti dlouhodobému průměru (o 1,6 mm). Léto bylo teplotně nadprůměrné a nástup podzimu pozvolný. Teploty na přelomu července a srpna místy šplhaly až k 30 °C. Tento rok byl charakteristický lokálními srážkami. Říjen byl charakteristický dvojnásobkem měsíčního dlouhodobého úhrnu srážek. Ostatní měsíce, co se týče srážek, byly spíše průměrné. Výrazně pod dlouhodobým průměrem úhrnu srážek byl měsíc únor, kdy byl úhrn srážek přibližně o 21 mm nižší a duben, kdy byl úhrn srážek nižší přibližně o 22,7 mm.

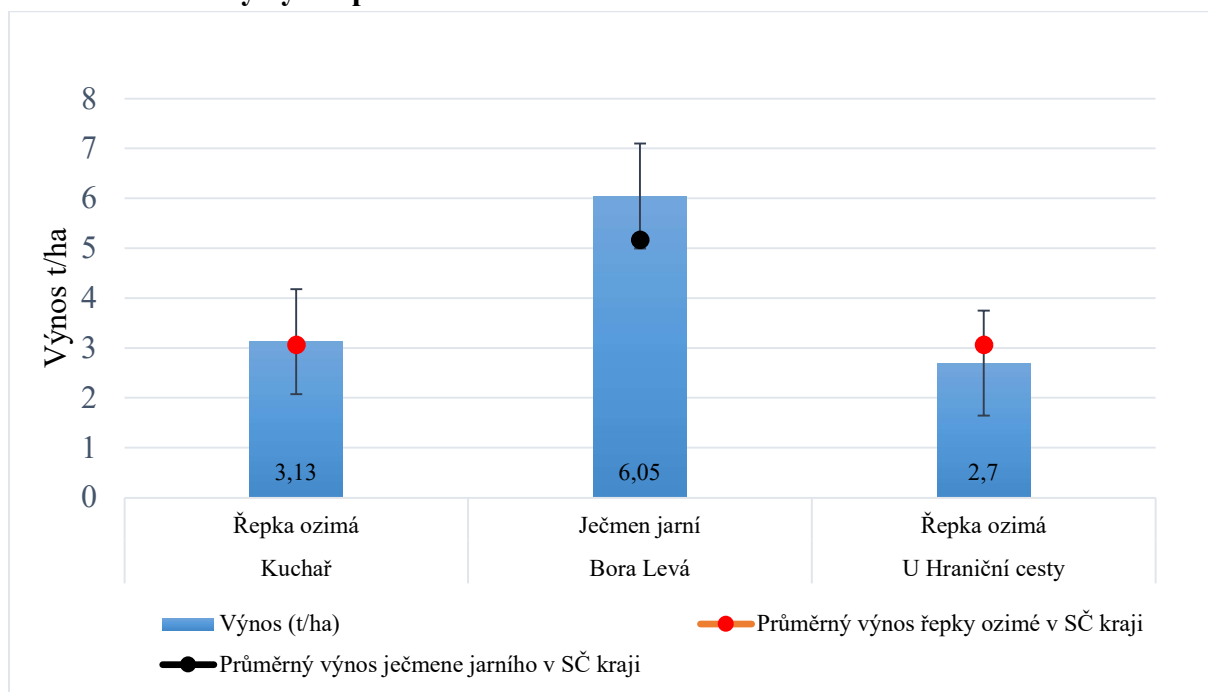
5.3 Sklizňový rok 2018/2019

Ve sklizňovém roce 2018/2019 byla na dvou sledovaných pozemcích pěstována řepka ozimá, konkrétně na pozemku Kuchař a na pozemku U Hraniční cesty (Tabulka č. 13). Vyššího výnosu řepky bylo dosaženo na pozemku Kuchař ve srovnání s pozemkem U Hraniční cesty a to konkrétně o 0,43 t/ha. Pozemek Kuchař je tvořen z 46,2% úrodnou hnědozemí a bodová výnosnost tohoto pozemku je o 12 bodů vyšší než u pozemku U Hraniční cesty. Ve srovnání s průměrným výnosem řepky ozimé ve Středočeském kraji v roce 2018/2019, který činil 3,06 t/ha, byla hodnota na pozemku Kuchař velmi vyrovnaná 3,13 t/ha. Relativně zde bylo dosaženo o 2,3 % vyššího výnosu. Na pozemku U Hraniční cesty byl výnos řepky ozimé o 11,7 % nižší ve srovnání s průměrným výnosem ve Středočeském kraji. Co se týká výnosu ječmene jarního, bylo dosaženo na pozemku Bora Levá o 0,9 t/ha vyššího výnosu ve srovnání s průměrným výnosem ve Středočeském kraji v tomto sklizňovém roce, což činí nárůst o 17 % (Graf č. 4).

Tabulka 13: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy v roce 2018/2019

Pozemek	Plodina	Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Výnos (t/ha)	Výnos ve vztahu k SČ kraji (%)
Kuchař	Řepka ozimá	Inspiration	60	3,13	102,3
Bora Levá	Ječmen jarní	Malz	36	6,05	117
U Hraniční cesty	Řepka ozimá	DK Exstrom	48	2,70	88,3

Graf 4: Průměrný výnos plodin ve sklizňovém roce 2018/2019



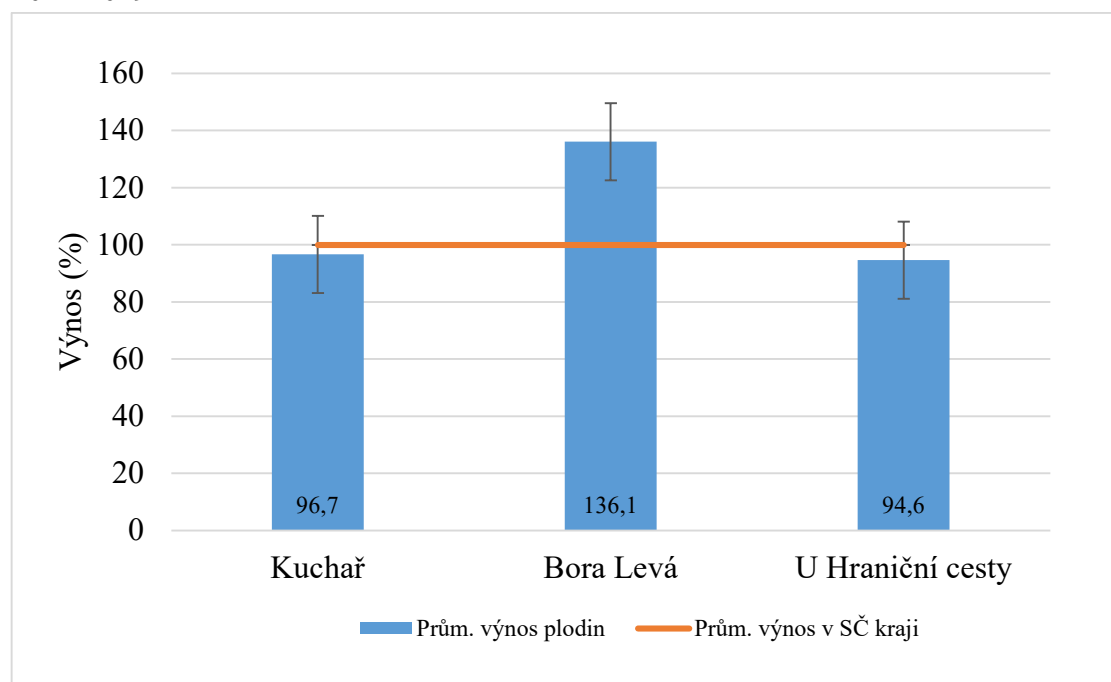
5.3.1 Průběh povětrnostních podmínek 2018/2019

Z hlediska průběhu teplot byl tento rok nejteplejším ve sledovaném období (Tabulka č. 8, 9 a 10). Zima byla velmi teplá s teplotami výrazně nad dlouhodobým průměrem. Citelnější ochlazení přišlo v měsíci květnu, kdy byla teplota o 2,1°C pod dlouhodobým průměrem, po kterém přišlo skokové oteplení v měsíci červnu o 5,1°C nad dlouhodobým průměrem. Podzim byl suchý s úhrnem srážek výrazně pod dlouhodobým průměrem zejména v říjnu (o 10,2 mm) a listopadu (o 26,5 mm). Další výrazné sucho nastalo v měsíci červnu a červenci oproti dlouhodobému průměru, které bylo také doprovázeno teplotami nad dlouhodobým normálem.

5.4 Výnos plodin ve vztahu k průměrnému výnosu v SČ kraji v letech 2017-2019

Z grafu č. 5 vyplývá, že v průběhu sledovaných let bylo stabilně dosahováno vyššího výnosu bez ohledu na pěstovanou plodinu na pozemku Bora Levá, kde je dominantní půdní typ kambizem. Bylo zde dosaženo o 36,1 % vyššího výnosu ve srovnání s průměrným výnosem ve Středočeském kraji za stejné období. Na pozemku U Hraniční cesty byl výnos plodin naopak o 5,4 % nižší ve srovnání s průměrem ve Středočeském kraji. Zde je dominantní půdním typem luvizem s 86 % zbytek tvoří kambizem. Na pozemku Kuchař byl výnos plodin nižší o 3,3 % ve srovnání s průměrem ve Středočeském kraji ve sledovaném období. Tento pozemek je z hlediska zastoupení půdních typů nejvariabilnější. Je tvořen převážně půdním typem hnědozem (46,2 %) a luvizem (34,3 %). Zbytek je tvořen půdním typem kambizem.

Graf 5: Průměrný výnos plodin (%) ve vztahu k průměru k SČ kraji (100 %) v letech 2017-2019



5.5 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení pokusu bylo provedeno metodou jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Získané výsledky byly porovnány s průměrnými výnosy plodin ve Středočeském kraji, které tvořily 100 %. Námi sledované výnosy plodin byly vztaženy k tomuto průměru a vyjádřeny procenticky dle druhu plodiny.

Byly vyhodnoceny vztahy: vliv stanoviště na výnos plodin, vliv bodové výnosnosti dle BPEJ na výnos plodin, vliv ročníku na výnos plodin.

Ze statistického vyhodnocení vyplývá:

- nebyl zjištěn průkazný vliv stanoviště (Příloha č. 1) na výnos plodin ve sledovaných letech (p-hodnoty větší než 0,05)
- nebyl zjištěn vliv bodové výnosnosti (Příloha č. 2) na výnos plodin ve sledovaných letech (p-hodnoty větší než 0,05)
- nebyl zjištěn vliv ročníku (Příloha č. 3) na výnos plodin ve sledovaných letech (p-hodnoty větší než 0,05)

Z podrobnějšího vyhodnocení bodové výnosnosti pozemků dle BPEJ vyplývá, že variabilita výnosů plodin je ve sledovaných letech z 34,4 % vysvětlena tímto faktorem (Příloha č. 4).

6 Diskuze

Ve sklizňovém roce 2016/2017 byly výnosy jarního ječmene na pozemcích Kuchař a U Hraniční cesty velmi vyrovnané. Ječmen byl zaset do vlhké půdy a spolu s relativně vysokou teplotou se jednalo o ideální podmínky pro jeho klíčení. Problematický byl v tomto sklizňovém roce měsíc květen, kdy srážky dosáhly pouze 35 % dlouhodobého průměru. Dle Lawlor et al. (1981) časné sucho snižuje index listové plochy, zpomaluje expanzi listů a hlavních stonků a snižuje počet listů. Vlivem sucha se také urychluje stárnutí listů. Mezi výše zmiňovanými pozemky nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve výnosu zrna ječmene jarního. Pozemky Kuchař a U Hraniční cesty se rozlohou příliš neliší a byla zde pěstována stejná odrůda ječmene Malz. Na pozemku U Hraniční cesty, i když je to pozemek méně úrodný (dle bodové výnosnosti BPEJ), bylo dosaženo vyššího výnosu zrna ječmene jarního než na pozemku Kuchař, kde je dominantním typem hnědozem. Dle Kozáka et al. (2003) jsou hnědozemě charakteristické vysokou půdní úrodností a reprezentují jedny z neúrodnějších typů půd zastoupených v České republice. Bodová výnosnost dle BPEJ je o 12 bodů nižší na pozemku U Hraniční cesty než na pozemku Kuchař. Rozdíl ve výnosu je tedy možno z části přisoudit vlivu ročníku. Dalším možným odůvodněním rozdílu ve výnosu ječmene mezi pozemky může být variabilita půdních podmínek na pozemku Kuchař, jak je patrné ze zastoupení tříd BPEJ (Tabulka č. 5) a mapování elektrické vodivosti (Obrázek č. 2). Pozemek Kuchař vykazuje největší půdní heterogenitu. Na všech pozemcích bylo během sledovaných let hospodařeno uniformně, tudíž potenciál jednotlivých produkčních zón nemohl být plně využit. Tento přístup není v souladu s přístupem precizního zemědělství, jehož hlavním cílem je přizpůsobení pěstebních operací aktuálním (lokálním) podmínkám stanoviště, přičemž zásadou je provádět pěstební zásahy na správném místě, se správnou intenzitou a ve správný čas (Lukas et al. 2012). V tomto roce byla na pozemku Bora Levá pěstována řepka ozimá, kdy její výnos byl mírně vyšší, než průměrný výnos řepky ve Středočeském kraji. Celkově lze v tomto roce s ohledem na průběh povětrnostních podmínek hodnotit jako neúrodnější půdní typ kambizem (Bora Levá), dále pak luvizem, která je převažujícím půdním typem na pozemku U Hraniční cesty. Nejnižších výnosů ve vztahu k průměrnému výnosu plodin ve Středočeském kraji bylo v tomto roce dosaženo na pozemku Kuchař, i když je tento pozemek tvořen převážně úrodným půdním typem hnědozem, dále pak luvizem a kambizem.

Ve sklizňovém roce 2017/2018 byla na všech pozemcích pěstována pšenice ozimá. Na pozemku Kuchař a U Hraniční cesty byl předplodinou ječmen jarní, na pozemku Bora Levá to byla řepka ozimá. Z průběhu povětrnostních podmínek vyplývá, že pšenice po zasetí byla schopna využít srážky pro klíčení, které přišly v říjnu. Nástup zimy byl pozvolný a pšenice tak měla dostatek času pro prvotní vývoj a také pro odnožování. Problémy mohly způsobit holomrazy na konci února, které měly za následek částečné odumření odnoží. Dalším kritickým obdobím v tomto sklizňovém roce byl pro pšenici nejen duben, který byl výrazně teplý a suchý, ale zejména květen, kdy průměrná denní teplota byla až o 7 °C nad dlouhodobým průměrem. Dle Černého et al. (2020) se v květnu rozhoduje o počtu zrn v klasu, a pokud má pšenice dostatek dusíku, tak se chladnějším a vlhčím počasím prodlužuje fenologická doba pro tvorbu zrn v klasech. Ze statistického hodnocení vyplývá, že nebyly zjištěny rozdíly mezi výnosy zrna pšenice ozimé. Velmi vysokého výnosu bylo dosaženo na pozemku Bora Levá, kde byl výnos vyšší o 80 % ve srovnání s průměrným výnosem pšenice ozimé ve Středočeském kraji.

Pozemek Bora Levá má největší rozlohu, ze všech sledovaných pozemků a z hlediska BPEJ je tvořen pouze kambizemí. Pozemek je dle bodového hodnocení BPEJ o 24 bodů na nižší úrovni, než pozemek Kuchař, kde byla také pěstována odrůda pšenice Ludwig a o 12 bodů na nižší úrovni než pozemek U Hraniční cesty. Z toho zjištění vyplývá, že ve sledovaných letech byla odrůda Ludwig nejlépe přizpůsobena právě na kambizemi. Tento výsledek je v rozporu s tvrzením Kunzová et al. (2020), že na půdách typu kambizem (vyšší množství srážek, nižší průměrné teploty) jsou vhodnější podmínky pro jiné plodiny než pšenice a celkové výnosy pšenice jsou zde nižší. Na druhou stranu výkyvy klimatických podmínek zde nejsou tak veliké a míra produkce je zde stabilnější (nižší fluktuace výnosů). Dle studie Weiser et al. (2017) z Německa jsou výnosy pšenice ozimé v osevním sledu po řepce ozimé výrazně vyšší než v osevním sledu po pšenici zejména na půdách s nižší úrodností a s nižšími průměrnými srážkami. Toto tvrzení je v souladu s prezentovanými daty, neboť předplodinou pro pšenici byla na tomto pozemku řepka ozimá. Na pozemku Kuchař a U Hraniční cesty byl předplodinou ječmen jarní. Opět se potvrdil trend vyššího výnosu plodiny na pozemku méně heterogenním, co se týče půdní variability, pokud se na pozemku hospodaří konvenčním způsobem. Celkově lze v tomto roce s ohledem na průběh povětrnostních podmínek opět hodnotit jako nejméně vhodný půdní typ kambizem (Bora Levá). Kde bylo dosaženo nejvyššího výnosu a zároveň výrazně vyššího výnosu ve srovnání s průměrným výnosem ve Středočeském kraji. Nejnižších výnosů ve vztahu k průměrnému výnosu plodin ve Středočeském kraji bylo v tomto roce dosaženo na pozemku Kuchař, i když je tento pozemek tvořen převážně úrodným půdním typem hnědozem (46,2%), dále pak luvizem (34,3 %) a kambizem (19,5 %). Toto zjištění není v souladu s Vaněk et al. (2012), že hnědozemě patří mezi velmi úrodné půdy s nižším obsahem humusu. Rozšířené jsou v mírně vyšších oblastech, kde lemují černozemě.

Ve sklizňovém roce 2018/2019 byla na dvou pozemcích (Kuchař a U Hraniční cesty) pěstována řepka ozimá, na pozemku Bora Levá byl pěstován ječmen. Pro všechny plodiny v tomto sklizňovém roce byla předplodinou pšenice ozimá. Podzim byl poměrně suchý. V září došlo k výraznějším srážkám, řepka na některých místech vscházela mezerovitě. Zima byla teplá, což nahrávalo růstu řepky, která mohla růst i v tomto období. Biologický výnos řepky ozimé je výsledek rychlosti růstu a délky vegetačního období (Diepenbrock, 2000). Na jaře 2019 byl pozorován silný tlak hlízenky obecné, díky dlouhodobému ovlhčení listu, díky vysokým srážkám hlavně v květnu. To mohl být problém zejména pro odrůdu řepky Inspiration na pozemku Kuchař, neboť tato odrůda je méně odolná právě proti této chorobě. Tato skutečnost neměla vliv na výslednou sklizeň. Co se týče výnosů semen řepky ozimé, tak vyšší byl na úrodnějším pozemku Kuchař než na pozemku U Hraniční cesty. Rozdíl ve výnosu činil 0,4 t/ha. Ječmen jarní byl v březnu na pozemku Bora Levá zaset do vlhké půdy. V tomto roce, oproti roku 2016/2017, byl naopak přísun srážek pro ječmen v květnu dostatečný, ale poté následovaly dva měsíce, kdy byl přísun srážek pod dlouhodobým průměrem. Červen byl horký a suchý. Úhrn srážek byl pouze 20% oproti dlouhodobému průměru. Dle Haberle et al. (2008) je pro ječmen kritickým obdobím kvetení, kdy má nedostatek vody horší dopad než v jiných fázích vývoje. Dalším kritickým obdobím je fáze počátku tvorby zrna, kdy se rozhoduje o počtu buněk v endospermu. Ve fázi nalévání zrna vodní stres narušuje proces syntézy a ukládání škrobu do zásobních bílkovin. Studie Hlavinky et al. (2009), která srovnávala citlivost plodin vůči vodnímu stresu ve vegetačním období (1961–2000), ukázala, že sucho výrazně snižuje výnos jarního ječmene oproti výnosu ozimé pšenice. Toto tvrzení nebylo v tomto roce na

pozemku Bora Levá (kambizem) potvrzeno, neboť výnos plodiny byl na pozemku bezmála o 1 tunu vyšší než průměrný výnos ječmene ve Středočeském kraji.

Celkově lze v tomto roce s ohledem na průběh povětrnostních podmínek opět hodnotit jako nejúrodnější půdní typ kambizem (Bora Levá). Nejnižších výnosů ve vztahu k průměrnému výnosu plodin ve Středočeském kraji bylo v tomto roce dosaženo na pozemku U Hraniční cesty, který je z 86 % tvořen půdním typem luvizem. Na pozemku Kuchař s převažujícím půdním typem hnědozem a luvizem bylo dosaženo srovnatelných výnosů plodin jako ve Středočeském kraji.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení vlivu půdního typu na výnosy pšenice ozimé, ječmene jarního a řepky ozimé na Školním podniku Lány. Hodnocení bylo provedeno na třech vybraných pozemcích ve třech po sobě jdoucích letech (2017-2019).

Na základě zjištění lze vyvodit následující závěry:

- Výnosy sledovaných plodin byly vy jednotlivých letech na sledovaných půdních typech zpravidla vyšší než průměrné výnosy plodin ve Středočeském kraji.
- Rekordního výnosu pšenice ozimé (9,95 t/ha) bylo dosaženo v roce 2017/2018 na půdním typu kambizem (Bora Levá).
- Vyšší výnosy plodin byly pozorovány na pozemku s půdním typem kambizem (Bora Levá).
- S variabilitou půdních podmínek s ohledem na průběh povětrnostních podmínek kolísal výnos námi sledovaných plodin více ve vztahu k průměrnému výnosu plodin ve Středočeském kraji.

Hypotézy

1. Hypotéza o nižším poklesu výnosů řepky ozimé ve srovnání s obilninami vlivem lepší schopnosti řepky využívat vláhu z půdního profilu nebyla potvrzena.
2. Hypotéza o tom, že půdní typ bude mít větší vliv na výnosy plodin, než vliv ročníku nebyla potvrzena.

8 Literatura

Altenbach SB, DuPont FM, Kothari KM, Chan R, Johnson EL, Lieu D. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science* **37**: 9–20.

Balík J et al. 2007. *Principy výživy a hnojení řepky ozimé*. Power Print, Praha.

Baranyk P et al. 2007. *Řepka. Pěstování. Využití. Ekonomika*. Profi Press, Praha.

Baranyk P et al. 2010. *Olejniný*. Profi Press, Praha.

Borůvka L. 2001. *Variabilita půdních vlastností a jejich hodnocení [habilitační práce]*. Katedra pedologie a geologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Černý J, Sedlář O, Kulhánek M, Balík J, Šiler D. 2020. Hnojení ozimé pšenice dusíkem podle vývoje porostu a vědeckých poznatků. *Agromanual 2020*. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-astimulace/hnojeni/hnojeni-ozime-psenicedusikem-podle-vyvoje-porostu-a-vedeckych-poznatku> (accessed February 12, 2021).

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2018. Hnojení jarního ječmene. *Agromanual.cz*. 2018. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-jarniho-jecmene> (accessed February 12, 2021).

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Vaněk V. 2015. Půdní úrodnost. Sborník z 21. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na půdu a půdní úrodnost. Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin. ČZU v Praze.

Černý J, Shejbalová Š, Kovářik J, Kulhánek M. 2014. Předset'ové a podzimní hnojení pšenice ozimé. *Agromanual.cz* 2014. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-astimulace/hnojeni/predsetove-a-podzimni-hnojeni-psenice-ozime> (accessed February 12, 2021).

Černý L et al. 2007. *Jarní sladovnický ječmen - Pěstitelský rádce*. FAPPZ, ČZU, Praha.

Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crop Research* **67**: 35-49.

Faměra O, Jurečka D, Pařízek P. 1996. Pěstitelské požadavky jarního ječmene a význam odrůd. Sborník z konference „Zamyšlení nad rostlinnou výrobou 12. 12. 1996“. KRV, ČZU, Praha.

Finger R. 2010. Evidence of slowing yield growth – The example of Swiss cereal yields. *Food Policy* **35**: 175–182.

Gobat JM et al. 2004. *The living soil: Fundamentals of Soil Science and Soil Biology*. Enfield, USA.

Gobeille A, Yavitt J, Stalcup P, Valenzuela A. 2006. Effects of soil management practices on soil fertility measurements on Agave tequilana plantations in Western Central Mexico. *Soil & Tillage Research* **87**.

Godwin RJ, Miller PCH. 2003. A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. *Biosystems Engineering* **4**: 393-407.

Gleick PH. 1993. *Water in Crisis: A Guide to the World? Fresh Water Resources*. Oxford University Press. New York: 473.

Habekotté B. 1997. Identification of strong and weak yield determining components of winter oilseed rape compared with winter wheat. *European Journal of Agronomy* **7**: 315–321.

Haberle J, Trčková M, Růžek, P. 2008. Příčiny nepříznivého působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. *Metodika pro praxi*. VÚRV, Praha.

Heiniger RW, McBride RG, Clay DE. 2003. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. *Agronomy Journal* **3**: 508-519.

Hlavinka P, Trnka M, Semerádová D, Dubrovský M, Žalud Z, Možný M. 2009: Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and forest meteorology* **149**: 431–442.

Jenkinson DS, Ladd JN. 1981. Microbial Biomass in Soil: Measurement and Turnover. In E. A. Paul, & J. N. Ladd (Ed.). *Soil Biochemistry* **5**: 415-471.

Kozák J, Borůvka L, Němeček J. 2003. Degradation of soils in the Czech Republic. In: Jones R.J.A., Montanarella, L. (eds.), *Land Degradation in Central and Eastern Europe*. European Soil Bureau Research Report No. 10. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg. 177-192.

Krček V, Baranyk P, Pulkrábek J, Urban J, Škeříková M, Brant V, Zábanský P. 2013. Vliv založení a organizace porostu na výnos řepky. Sborník z konference „Prosperující olejniny“, 12. - 13. 12. 2013, KRV, ČZU, Praha.

Kroulík M, Werban U, Nüsch AK, Necasova M, Loonstra E, van Egmond FM. 2011. Proximal soil sensing in the framework of iSOIL project. The Second Global Workshop on Proximal Soil Sensing – Montreal 2011.

Kubík L, Sánka M. 2010. Reprezentativní půdní typy a jejich charakteristika pro území jižních a západních Čech – výsledky projektu "Rizikové látky v půdě ve vztahu k životnímu prostředí" – přeshraniční základy ochrany půdy (Bavorsko – Česká republika). Mezinárodní projekt realizovaný v rámci programu Iniciativy Evropských společenství. ÚKZUZ, Brno.

Kulanová E. 2001. Intenzita při pěstování ozimé řepky a rezervy v rentabilitě. Uroda.cz. 2001. Available at <https://www.uroda.cz/intenzita-pri-pestovani-ozime-repky-a-rezervy-v-rentabilite/> Černý J, Balík J, Kulháněk M, Sedlář O. 2018. Hnojení jarního ječmene. Agromanual.cz. 2018. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-jarniho-jecmene> (accessed February 20, 2021).

Kunzová E, Hlisnikovský L, Menšík L. 2020. Vliv hnojení statkovými a minerálními hnojivy na výnos a kvalitu pšenice ozimé na stanovištích Ivanovice na Hané a Lukavec v letech 2015–2018. Agromanual.cz. 2020. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky%2Fvyziva-a-stimulace%2Fhnojeni%2Fvliv-hnojeni-statkovymi-a-mineralnimi-hnojivy-na-vynos-a-kvalitu-psenice-ozime-na-stanovistich-ivano> (accessed February 18, 2021).

Lawlor DW, Day W, Johnston AE, Legg BJ. 1981. Growth of spring barley under drought: Crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. The Journal of Agricultural Science **96**: 167-186.

Legout A et al. 2014. Revue forestiere francaise **4**: 413.

Lesch SM, Corwin DL, Robinson DA. 2005. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. Computers and Electronics in Agriculture **1-3**: 351-378.

Lukas V. et al. 2012. Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství. Metodika pro praxi. Mendelova univerzita v Brně.

Lukas V, Neudert L, Křen J. 2011. Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. Metodika pro praxi. Mendelova univerzita v Brně.

Lukas V, Neudert L, Křen J, Dryšlová T, Ryant P. 2009. Význam mapování prostorové variability půdy v precizním zemědělství. In Cerkal, R. et al. MZLU pěstitelům 2009 - sborník odborných příspěvků a sdělení. Žabčice, MZLU v Brně.

Lück E, Eisenreich M, Domsch H, Blumenstein O. 2000. Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde. Stoffdynamik in Geosystemen **4**: 167.

- Peltonen-Sainio P. et al. 2010. Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **139**: 483–489.
- Petr J et al. 1987. *Počasí a výnosy*, 1st. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Polišenská I. 2017. Vliv předplodiny na kvalitu ozimé pšenice. *Agromanual.cz* 2017. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/sklizen-1/vliv-predplodiny-na-kvalitu-ozime-psenice> (accessed February 12, 2021).
- Ritz K. 2008. *Complexity and Security*, IOS Press, Amsterdam.
- Rondanini DP, Gomez NV, Agosti MB, Miralles DJ. 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-towheat yield ratio in the last four decades. *European Journal of Agronomy* **37**: 56–65.
- Schmidhalter U, Raupenstrauch J, Selige T, Bobert J. 2002. Geophysikalische Erfassung von Standorteigenschaften. *Precision Agriculture: Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis*: 53-64
- Sidlauskas G, Bernotas S . 2003. Some factors affecting seed yield of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research* **1**: 229–243.
- Smatanová M, Klement V, Florián M. 2014. Sledování vlivu stupňované intenzity hnojení na výnosy plodin, na agrochemické vlastnosti půd a bilanci živin. *ÚKZUZ, Brno*.
- Soukup J. 2007. Založení porostu řepky. In: Baranyk. P., Fábry. A. a kol. 2007: *Řepka. Pěstování. Využití. Ekonomika*. Profi Press, Praha.
- Vach M, Javůrek M. 2011. *Efektivní technologie zpracování půdy a zakládání porostů polních plodin. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha*.
- Javůrek M, Vach M. 2008. *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Metodika pro praxi. VÚRV, Praha*.
- Vaněk V et al. 2012. *Výživa zahradních rostlin. Academia, Praha*.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. *Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha*.
- Vašák J. et al. 2000. *Řepka. Agrospoj, Praha*.
- Wardlaw IF, Moncur L. 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal of Plant Physiology* **22**: 391–397.

Weiser CH, Fuß R, Kage H, Flessa H. 2017. Do farmers in Germany exploit the potential yield and nitrogen benefits from preceding oilseed rape in winter wheat cultivation? *Archives of Agronomy and Soil Science* **1**: 25-37.

Weymann W, Böttcher U, Sieling K, Kage H. 2015. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Research* **173**: 41–48

Wiel-Shafran A et al. 2006. Potential changes in soil properties following irrigation with surfactant-rich greywater. *Ecological Engineering* **26**: 348-354.

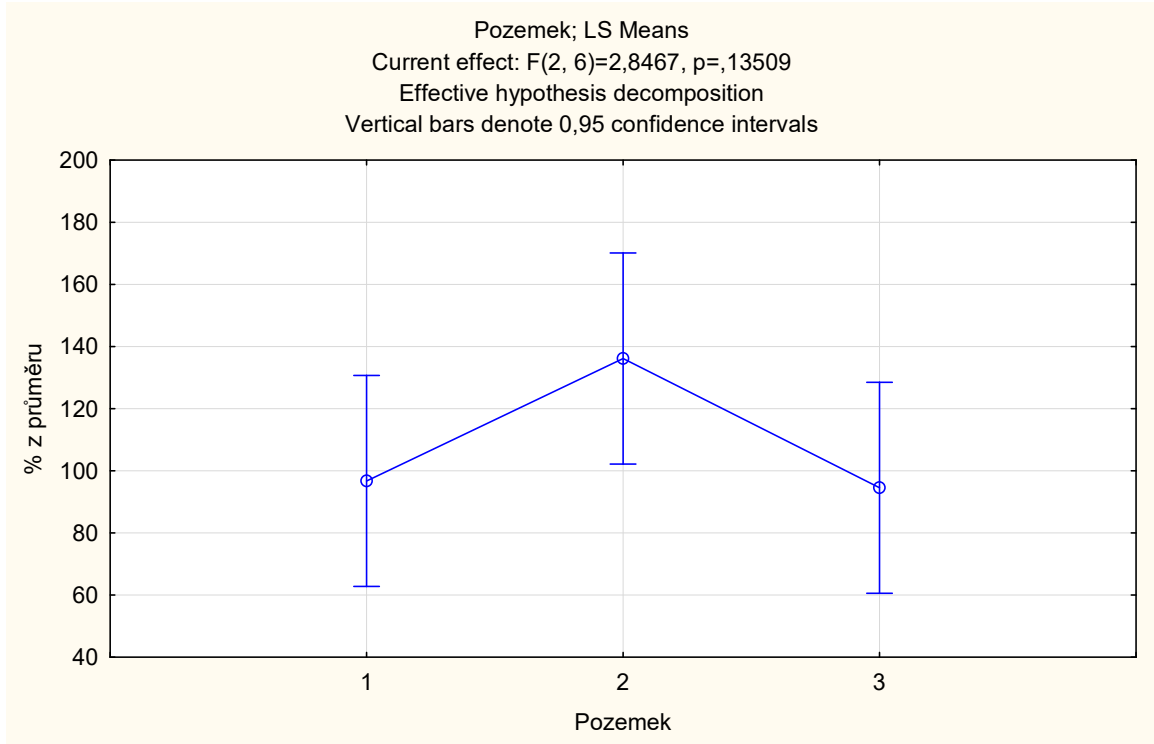
Yang X, Chen X, Ge Q, Li B, Tong Y, Zhang A, Li Z, Kuang T, Lu C. 2006. Tolerance of photosynthesis to photoinhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: a comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. *Plant Science* **171**: 389–397.

Zimolka J. 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi Press, Praha.

Zimolka J et al. 2006. *Ječmen-formy a užitkové směry v České republice*. Profi Press, Praha.

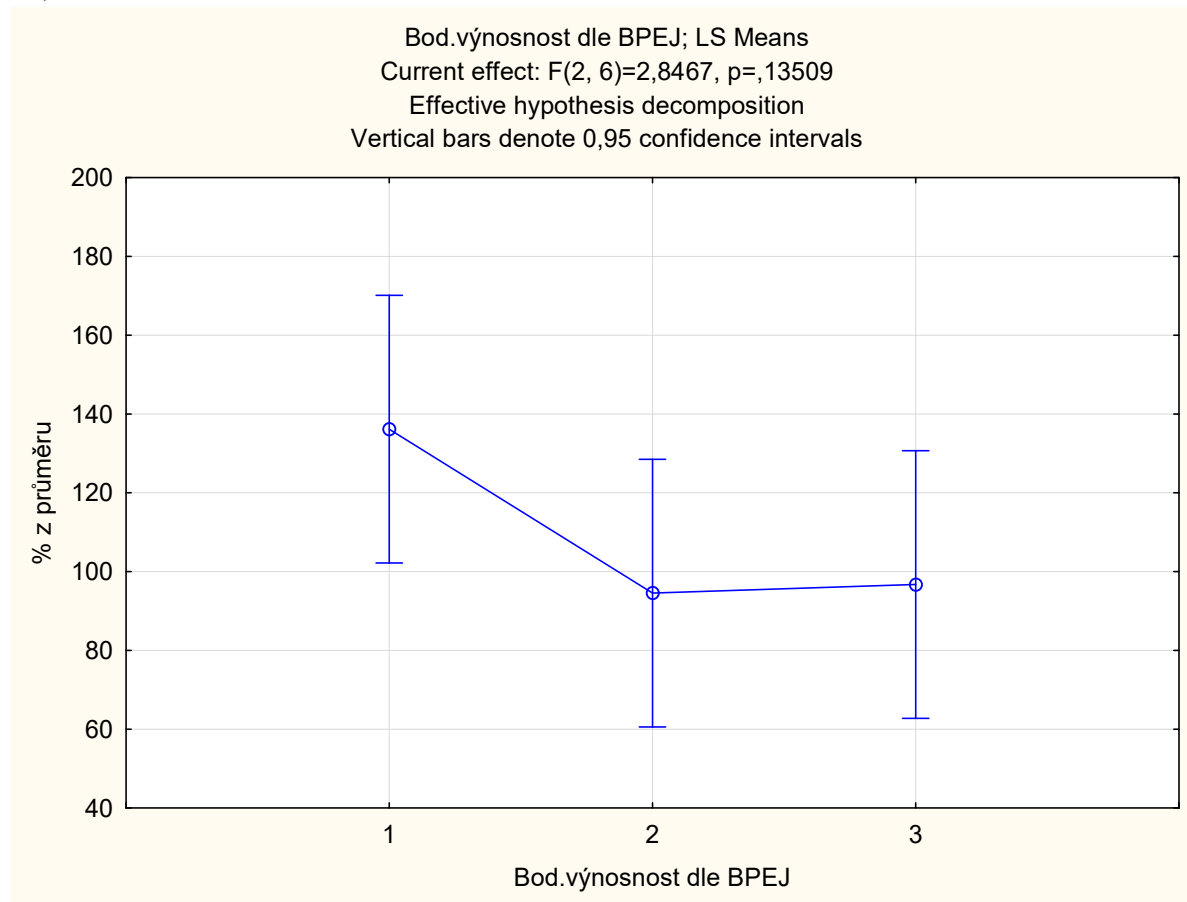
9 Přílohy

Příloha 1: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Faktor: pozemek (1-Kuchař, 2-Bora Levá, 3-U Hraniční cesty)



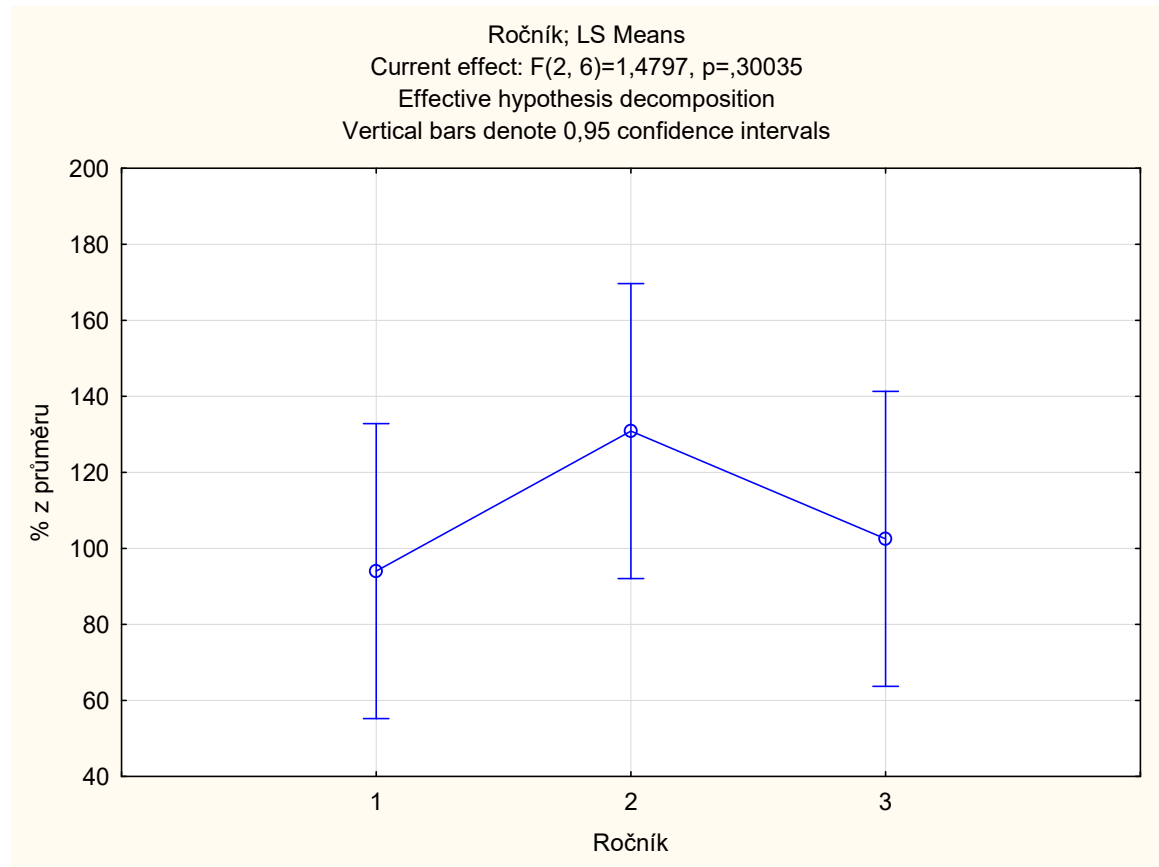
Tukey HSD test; variable % z průměru (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 577,87, df = 6,0000				
Cell No.	Pozemek	{1}	{2}	{3}
1	1	96,730	136,15	94,541
2	2	0,191037		0,993264
3	3	0,993264	0,165887	

Příloha 2: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Faktor: Bodová výnosnost dle BPEJ (1-36, 2-48, 3-60)



Tukey HSD test; variable % z průměru (Spreadsheet3) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 577,87, df = 6,0000				
Cell No.	Bod.výnosnost dle BPEJ	{1}	{2}	{3}
1	1	136,15	0,165887	0,191037
2	2	0,165887	94,541	0,993264
3	3	0,191037	0,993264	96,730

Příloha 3: Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Faktor: Ročník (1-16/17, 2-17/18, 3-18/19)



Tukey HSD test; variable % z průměru (Spreadsheet5) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 754,21, df = 6,0000				
Cell No.	Ročník	{1}	{2}	{3}
1	1	94,039	130,87	102,51
2	2	0,300437		0,462978
3	3	0,925308	0,462978	

Příloha 4: Regresní analýza pro vztah BPEJ a výnos

