

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra rostlinné výroby

**Vliv intenzity pěstování na produkční schopnost vybraných
polních plodin**

doktorská disertační práce

Autor: Ing. Martin Káš

Školitel: Prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

Praha 2017

Souhrn

Cílem práce bylo zkompletovat a vyhodnotit dostupná data z třicetileté řady z dlouhodobého mezinárodního polního pokusu IOSDV. Dosud byly hodnoceny pouze fragmenty pokusu. Cílem práce je spracovat a vyhodnotit polní pokus jako celek.

Polní pokus byl založen v roce 1983 na dvou stanovištích s odlišnými půdními a klimatickými podmínkami: Lukavec u Pacova (kraj Vysočina) a Ivanovice na Hané (Olomoucký kraj). Pokus je součástí sítě dlouhodobých polních pokusů IOSDV (Internationale Organische Stickstoff Dauer Versuche), které jsou rozmístěné po více než 10 státech v celé Evropě. Cílem pokusu je zjistit vliv různých organických hnojiv v kombinaci se stoupajícími dávkami minerálních dusíkatých hnojiv na výnos a kvalitu produkce pěstovaných plodin.

Pokus je založen do tříhonného osevního postupu – okopanina (v Lukavci brambory, v Ivanovicích cukrovka), ozimá pšenice, ozimý ječmen. Pokus je rozdělen na tři hony, každá plodina byla pěstována ve všech letech. Každý hon je rozdělen do tří systémů organického hnojení: A – bez organického hnojení, B – 30 t/ha hnoje k okopanině, C – zapravená sláma obilnin + meziplodina. V rámci každého systému organického hnojení je šest úrovní hnojení minerálními hnojivy, převážně dusíkatými, v rozsahu 0 – 160 kg/ha N pro obilniny a 0 – 200 kg/ha N pro okopaniny.

Na obou stanovištích byl potvrzen pozitivní vliv organického a minerálního hnojení na výnos hlavního a vedlejšího produktu. Byl zjištěn průkazný pozitivní vliv organického hnojení na výnos. Efekt organického hnojení byl největší na minerálně nehnojených variantách. Se stoupajícími dávkami minerálního hnojení byl vliv organického hnojení na výnos menší. Minerální dusíkatá hnojiva zvyšovala výnos u všech testovaných druhů plodin, ale maximální efektivní dávka byla odlišná jak mezi druhy plodin, tak i mezi stanovišti. V Lukavci, kde je nízká přirozená půdní úrodnost, stoupaly výnosy zrna pšenice až do varianty 3N, (120 kg/ha N), zatímco v Ivanovicích byl dosažen optimální výnos již na variantě 2N (80 kg/ha).

Minerální hnojení N mělo pozitivní vliv na výnos, ale negativní na kvalitu sklizené produkce. Se zvýšeným výnosem klesala cukernatost cukrovky, škrobnatost brambor, HTS zrna pšenice a ječmene, objemová hmotnost pšenice a podíl nad sítím (nad 2,8 mm, 2,5 mm)

Významným faktorem ovlivňujícím výnos produkce byl ročník. V Ivanovicích se ukázal jako limitující faktor nízký úhrn srážek, v Lukavci teplota vzduchu.

Obsah

Souhrn	2
Obsah.....	3
1. Úvod.....	6
2. Literární přehled.....	7
2.1. Význam dlouhodobých polních pokusů.....	7
2.2. Dlouhodobé polní pokusy ve světě	7
2.3. Dlouhodobé polní pokusy v ČR.....	7
2.4. Dlouhodobé polní pokusy IOSDV	8
2.5. Působení faktorů stanoviště a počasí na pěstované plodiny a jejich výnosové charakteristiky	9
2.5.1. Vliv stanoviště.....	9
2.5.2. Vliv počasí.....	10
2.6. Osevní postup.....	12
2.7. Vliv agrotechnických intenzifikačních opatření na výnosnost a kvalitu produkce.....	14
2.7.1. Ozimá pšenice	14
2.7.2. Cukrovka	17
2.7.3. Brambory.....	18
2.7.4. Ozimý ječmen	19
2.7.5. Celý osevní postup	20
2.8. Vývoj odrůdové skladby pěstovaných plodin	21
2.8.1. Pšenice ozimá.....	21
2.8.2. Brambory.....	23
2.8.3. Cukrovka	23
2.8.4. Ozimý ječmen	24
3. Cíle a hypotézy.....	25
3.1. Cíl práce	25

3.2. Hypotézy navrhovaného tématu	25
4. Materiál a metody.....	26
4.1. Polní pokus IOSDV.....	26
4.2. Popis pokusných stanovišť	26
4.2.1. Lukavec	26
4.2.2. Ivanovice na Hané (okres Vyškov)	27
4.3. Metodika pokusu	27
4.3.1. Osevní postup.....	27
4.3.2. Organické hnojení	28
4.3.3. Minerální hnojení	28
4.3.4. Popis polního pokusu	30
4.4. Monitoring obsahu N _{min} v půdě	31
4.5. Laboratorní zpracování	33
4.5.1. Brambory.....	33
4.5.2. Cukrovka	33
4.5.3. Pšenice ozimá.....	33
4.5.4. Ječmen ozimý.....	33
4.6. Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení.....	34
5. Výsledky.....	35
5.1. Počasí	35
5.1.1. Počasí v Lukavci	35
Průběh počasí v Ivanovicích	36
5.2. Pšenice ozimá.....	40
5.2.1. Ozimá pšenice v Lukavci	40
5.2.2. Ozimá pšenice v Ivanovicích na Hané	55
5.3. Ječmen ozimý	67
5.3.1. Ozimý ječmen v Lukavci	67

5.3.2. Ozimý ječmen v Ivanovicích.....	74
5.4. Brambory	80
5.4.1. Výnos hlíz brambor	80
5.4.2. Škrobnatost.....	82
5.4.3. Velikostní rozdělení hlíz	87
5.5. Cukrovka	92
5.5.1. Výnos bulev.....	92
5.5.2. Cukernatost.....	97
5.6. Monitoring obsahu N _{min} v půdě.....	98
6. Diskuse	106
7. Vyjádření k hypotézám	114
8. Závěry.....	116
8.1. Doporučení pro praxi	117
9. Seznam literatury.....	118
10. Přílohy	128
10.1. Statistické vyhodnocení.....	128
10.1.1. Pšenice.....	128
10.1.2. Ozimý ječmen	142
10.1.3. Brambory.....	152
10.1.4. Cukrovka	159

1. Úvod

Hospodaření na půdě je základem lidské existence. Nejen udržení, ale i zvýšení výnosů zemědělských plodin udržitelným způsobem je životně důležitý úkol pro světovou populaci lidstva (Powlson et al., 1997).

Dle demografických odhadů bude v roce 2050 na zemi kolem 9 miliard lidí (Bilsborrow et al., 2013). V té samé době bude pravděpodobně využitelná plocha pro pěstování plodin značně zmenšena vlivem působení eroze, desertifikace a zatopení světovým oceánem. Úbytek zemědělské půdy se celosvětově odhaduje na přibližně 10 milionů hektarů ročně. Pro více a více lidí bude k dispozici stále méně zemědělské půdy. Jestliže v roce 1965 připadalo na člověka v průměru 4000 m², v roce 2020 se předpokládá pouze 1600 m². Proto je zvýšení produkce potravin z jednotky plochy celosvětově považováno za nutnost, ovšem za podmínky zachování a ochrany přírodních zdrojů (Powlson et al., 1997). Předpokládá se také, že půda bude více než dnes využívána pro energetické účely (Bilsborrow et al., 2013).

Proto udržitelné využívání půdy je nejdůležitější úkol pro současné i budoucí generace obyvatel planety Země. Jedním ze způsobů zjištění proměn půdních vlastností v dlouhé časové řadě, při zavedení odlišných pěstitelských technologií, je založení a vedení dlouhodobých polních pokusů.

2. Literární přehled

2.1. Význam dlouhodobých polních pokusů

Půdní procesy probíhají zpravidla velmi pomalu. Dlouhodobé polní pokusy jsou velmi významným zdrojem informací, které jsou jedinečné pro pochopení problematiky dlouhodobého a setrvalého využívání půdy. Dlouhodobé pokusy tak mohou přispět např. k objasnění otázek týkajících se dodávání organické hmoty do půdy, osevních postupů, vztahů mezi půdou, rostlinou a prostředím apod. (Körschens, 2005). Dlouhodobé polní pokusy jsou velmi drahé, ale zároveň představují nezastupitelné prostředky pro získání poznatků, které se jiným způsobem získat nedají - např. sledování vlivů klimatických změn na výnos a kvalitu produkce, i některé otázky týkající se kvality vody, obsahu uhlíku v atmosféře atd. (Körschens, 1997). V popředí zájmu vědců i politiků zpravidla převažují jen témata týkající se přítomnosti. Potřeby budoucích generací nejsou dostatečně řešeny. Proto je třeba ocenit naše předchůdce, kteří před více než sto lety cítili nutnost založit dlouhodobé polní pokusy. Díky nim a dalším generacím, které udržely dlouhodobé pokusy v chodu, je můžeme dnes využívat pro výzkum aktuálních témat v oblasti trvale udržitelného využívání půdy (Körschens, 2006).

2.2. Dlouhodobé polní pokusy ve světě

V současné době se na světě vyskytuje přes 600 dlouhodobých polních pokusů s délkou trvání více než 20 let, včetně pokusů na travních porostech, z toho 25 jich je starších více než 100 let. Tento počet se jeví jako vysoký, ale je nutné brát v potaz velkou rozmanitost půdních a klimatických podmínek a skutečnost, že každý pokus je specifický pro místní podmínky. Obecně přijatelné závěry lze vytvořit pouze kompilací z výsledků dlouhodobých pokusů z co nejvíce půdních a klimatických podmínek, které se od sebe často značně odlišují (Körschens, 2006).

2.3. Dlouhodobé polní pokusy v ČR

V České Republice v současné době probíhá 18 dlouhodobých polních pokusů. Nejvíce pokusů bylo založeno a je stále udržováno Výzkumným ústavem rostlinné výroby, v.v.i., který jich do dnešního dne spravuje osm. Pokusy jsou vedeny na stanicích rozmístěných po celé České Republice, aby byly zachyceny rozdílné půdně-klimatické podmínky. Pět dlouhodobých pokusů je umístěno na stanicích Ústředního kontrolního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ), čtyři pokusy jsou spravovány Zemědělským výzkumným ústavem

v Kroměříži a jeden pokus je pod patronací Mendelovy univerzity v Brně. Nejstarší a nejvýznamnější polní pokus byl založen v Praze Ruzyni v roce 1955 (Lipavský et al., 2015, Florian a Smatanová, 2015).

2.4. Dlouhodobé polní pokusy IOSDV

V rámci mezinárodní pracovní společnosti pro půdní úrodnost pod vedením Prof. Dr. Dr.h.c. Edwarda Von Boguslawski (Univerzita J. Liebiga v Giessenu, Německo) bylo v roce 1984 založeno 16 dlouhodobých pokusů řady IOSDV (**I**nternationale **O**rganische **S**tickstoff **D**auerdüngungs **V**ersuche) v 10 evropských zemích. Velká část těchto pokusů běží dodnes. Pokusy jsou rozmístěny po téměř celé Evropě v různých půdně-klimatických podmínkách. Polní pokusy z této řady mají na všech stanovištích velmi podobný metodický rámec, který se skládá z tříhonného osevního postupu ve složení: okopanina – ozimá pšenice – ozimý ječmen. Okopanina se řídí především výrobní oblastí dané pokusné stanice. Na některých stanicích jsou metodické odchylky, které více vyhovují místním podmínkám, nebo zvyklostem. V České Republice je tento pokus zastoupen na dvou stanovištích – Lukavec (okres Pelhřimov) a Ivanovice na Hané.

Dalším znakem, charakteristickým pro tyto dlouhodobé pokusy, je kombinace různých druhů organického hnojení se stoupajícími dávkami minerálního dusíku. Pokus je koncipován nejen pro vědecké účely, ale je velmi prakticky uspořádán a pro svou jednoduchost je dobře využitelný i pro zemědělskou praxi. Pokus simuluje tři typy podniků, které hospodaří na většině zemědělských půd.

A – bez organického hnojení – podnik, který nemá živočišnou výrobu a snaží se o co nejvyšší (krátkodobý) zisk – tzn., že z pole odchází jak hlavní produkt (zrno, hlízy, bulvy), tak i vedlejší produkt (sláma, chrást) bez náhrady

B – 30 t/ha hnoje jednou za tři roky k okopanině – podnik kombinovaný – má rostlinou i živočišnou výrobu – hlavní i vedlejší produkt je sklizen, ale vrací se na pole zpět v podobě statkového (organického) hnojiva

C – vedlejší produkt zůstává na pozemku + meziplodina + 50 kg N/ha na rozklad slámy – podnik bez živočišné výroby, vedlejší produkt se vrací zpět do půdy, pro regeneraci půdy je použita meziplodina jako zelené hnojení + dusík na rychlý rozklad slámy.

Varianty minerálního hnojení pokusu představují intenzitu pěstování plodin. Jsou zde zahrnuty jak nulové varianty, tak i varianty s velmi vysokými dávkami hnojiv.

2.5. Působení faktorů stanoviště a počasí na pěstované plodiny a jejich výnosové charakteristiky

2.5.1. Vliv stanoviště

Stanoviště ovlivňuje výnos a kvalitu pěstovaných plodin velmi významně, do značné míry určuje i výběr pěstovaných plodin a následně i sestavení osevního postupu. Zatímco obilniny jsou velmi plastické a lze je pěstovat téměř všude, prostorová rajonizace se týká především okopanin. Dlouhodobé mezinárodní pokusy řady IOSDV se nacházejí napříč celým evropským kontinentem. Nejjižněji položené stanice této řady se nacházejí v Madridu (Španělsko) a na stanici Novi Sad (Srbsko). Naopak nejseverněji položenou stanicí je Tartu (Estonsko). I přes jednotný metodický rámec mezinárodního pokusu, se zde nacházejí odchylky, které jsou definovány právě odlišným geografickým umístěním stanic. V Madridu je do osevního postupu zařazen čirok, na stanicích v Srbsku, Slovinsku, Rumunsku a Maďarsku kukuřice (Novi Sad, Jable, Rakičan, Ketzelly), v úrodnějších oblastech Německa, Česka, Rakouska a Polska se pěstuje cukrovka (Rauischholzhausen, Speyer, Vídeň, Ivanovice, Wrocław a další), v méně úrodných oblastech (Bad Lauchstadt, Lukavec, Tartu) jsou pěstovány brambory (Honermeier *et.al.*, 2001, Bischof, 1995, Tajnšek a Šantavec, 1997, Starčević *et al.*, 1995, Vasilica, 1995, Hoffman *et al.*, 1995, Káš a Haberle, 2006, Spiegel *et al.*, 2010, Pffeferkorn a Körschens, 1995, Kuldkepp *et al.*, 1996). Rozdílnost mezi jednotlivými stanovišti je nejlépe popsána v práci Körschense a kolektivu autorů z jednotlivých stanic. Z 20 dlouhodobých pokusů převážně z řady IOSDV na 17 stanicích, byly zjištěny tyto hodnoty. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybovala od 8,1 do 15,3 °C, roční průměrný úhrn srážek činil od 450 do 1400 mm. Obsah jílovitých částic v půdě se vyskytoval od 3 do 31% (Körschens *et al.*, 2013).

V České Republice, která se vyznačuje velmi členitým reliéfem krajiny, velkou rozmanitostí geologického podloží a oblastmi s velmi rozdílným klimatem, patří vliv stanoviště mezi nejsilnější faktory, které ovlivňují pěstování a následně výnos i kvalitu produkce. Z tohoto důvodu byla Česká Republika rozdělena do pěti výrobních oblastí na základě bonitace zemědělských půd. Oblasti jsou označeny podle plodiny, která je pro dané podmínky typická. V ČR tedy rozlišujeme výrobní oblast kukuřičnou, řepařskou, obilnářskou, bramborářskou a píceňářskou (Vašák a Honz, 1993).

Černý *et al.* (2010), na dlouhodobém polním pokusu na pěti stanovištích s různými půdně-klimatickými podmínkami v ČR (Praha Suchdol, Červený Újezd, Hněvčevy,

Humpolec, Lukavec) sledovali vliv stanoviště, ročníku a hnojení na výnos a kvalitu produkce a zjistili na různých stanovištích odlišnou reakci pěstovaných plodin na různé druhy hnojiv. Na všech stanicích byl zjištěn průkazný vliv hnojení na výnos zrna pšenice. Pouze na stanici Suchdol se rozdíl mezi hnojenou a nehnojenou variantou nepodařil statisticky prokázat. Na úrodném stanovišti s dobrou zásobou přístupných živin, je vliv hnojení podstatně menší. Naproti tomu účinek hnojení se více projeví na stanovištích s přirozeně nízkou půdní úrodností, jako např. na stanici Lukavec. Varianta hnojená pouze minerálními hnojivy zde dosáhla proti nehnojené kontrole nárůstu výnosu o 120 až 137 %. Na ostatních stanovištích se nárůst výnosu zrna pšenice pohyboval od 40 do 66 % proti nehnojené variantě.

Nejstarší dlouhodobý pokus v ČR byl založen v roce 1955 na čtyřech stanovištích s různými půdně-klimatickými podmínkami (Praha Ruzyně, Lukavec, Čáslav, Ivanovice na Hané). Zatímco na stanovištích s přirozenou vysokou půdní úrodností se i po 50 letech bez jakéhokoli hnojení nachází v půdě dostatek přístupných živin (Ivanovice na Hané), na stanovištích s nízkou půdní úrodností (Lukavec) je na nehnojených kontrolních variantách zaznamenáván výnosový pokles. Naopak, zatímco na úrodných stanovištích se hnojení proti nehnojené variantě příliš výrazně neprojeví, v horších půdně-klimatických podmínkách je vliv hnojení podstatně více viditelný (Hejzman a Kunzová, 2010, Kunzová a Hejzman, 2009, Kunzová et al., 2015).

Na šesti stanovištích v různých půdně-klimatických podmínkách na Slovensku byly založeny dlouhodobé výživářské pokusy. Z nich získaných výsledků vyplývá, že lokalita se výrazně podílí na výnosu. Podíl vlivu lokality se pohyboval v závislosti na intenzitě hnojení a pěstované plodině v průměru od 65,74 do 93,06 % (Gáborík et al., 2010).

2.5.2. Vliv počasí

Faktor počasí, resp. ročníku patří vedle stanoviště k nejvýznamnějším faktorům, které ovlivňují výnos a kvalitu polní produkce. Dle výsledků Ležoviče (1998), který zpracovával výsledky z dlouhodobého polního pokusu „Věčné žito“ pomocí modelu využívajícího váženého klouzavého průměru vyplynulo, že vliv počasí se podílel na výnosové variabilitě mezi ročníky přibližně z 30 % na všech ošetřovaných variantách. Dle jeho zjištění vysoké teploty v říjnu a v listopadu zvyšovaly výnos, ale naopak vysoké teploty v květnu a červnu měly opačný efekt. Pozitivní vliv na výnos žita měly vysoké srážky v srpnu, ale při vysokých úhrnech srážek v listopadu, únoru a v březnu docházelo k poklesu výnosu. Vysoké sluneční záření v říjnu a listopadu zvyšovalo výnos, ale vysoké záření v květnu mělo opačný efekt.

Vysokou meziročníkovou variabilitu a průkazný efekt ročníku je často patrný také u jiných plodin. Klima et al. (2010) uvádí, že nejvyšší výnos během dvanáctiletého sledování dlouhodobého polního pokusu v Polsku byl dosažen v letech s časným nástupem jara, které umožňovalo časný výsev a v letech s vysokým úhrnem srážek v květnu, červnu a červenci, které zajistily intenzivní růst a vývoj rostlin. Jak ukazují výsledky z dlouhodobého pokusu v Maďarsku, rozdíly mezi vlhkými a suchými roky mohou být značné. Ve sledovaném období 1961 – 1998 byl zjištěn průměrný roční úhrn srážek 539 mm s rozpětím od 386 do 760 mm. Rozdíl mezi vlhkými a suchými roky se ve vegetačním období (duben – září) lišil i o více než 100 mm, což mělo statisticky průkazný vliv na výnos pšenice a kukuřice (Berzsenyi et al., 2000). Jasný vliv úhrnu srážek během vegetační doby na výnos zrna pšenice zmiňují také López-Bellido et al. (1998). Kuldkepp et al. (1996) uvádí, že průběh počasí měl nejsilnější vliv na obsah škrobu v hlízách. Káš a Haberle (2006) sledovali pomocí regresní analýzy vliv počasí na výnos a kvalitu ozimé pšenice v dlouhodobém pokusu na stanici Lukavec. Výsledky regresní analýzy potvrdily průkazný vliv ($P < 0,05$) počasí na výnos. Vlivy počasí v jednotlivých měsících však nejsou stejné. Korelační koeficient vlivu počasí v jednotlivých měsících na výnosech se pohyboval od 0,55 do 0,65. Byl zjištěn pozitivní vliv mezi teplotou vzduchu v lednu a výnosem a negativní vliv mezi vysokými srážkami v červnu a výnosem. Tato zjištění se shodují se zkušenostmi místních sedláků. Nízké teploty v lednu zvyšují riziko vymrznutí mladých rostlinek pšenice, které ještě nemusí být dostatečně otužilé, neboť teploty v prosinci bývají v této oblasti ještě relativně vysoké. Únorové mrazy již tolik neškodí, neboť rostliny jsou již v této době na chlad přivyklé a navíc bývají velmi často pokryté sněhem. Vysoké srážky v červnu zvyšují riziko poléhání a zvýšený výskyt houbových chorob. Vysokou meziročníkovou variabilitu uvádí ve své práci také Černý et al. (2010). Vysoká meziročníková variabilita je často také ovlivněna druhem hnojení. Varianty hnojené organickými hnojivy vykazují mnohem menší výnosovou variabilitu, než varianty hnojené pouze hnojivy minerálními. K podobným závěrům došli také Haberle a Ivičic (2006).

Počasí neovlivňuje výnosy a kvalitu produkce jen v rámci meziročníkové variability. Do popředí zájmu odborné veřejnosti se dostává i téma změny klimatu na našem území. Roční průměrná teplota vzduchu pro celé území ČR činí za období 1961 až 2010 7,6 °C. Roční průměrná teplota vzduchu vypočtená pro celou zemi vykazuje značný růst, který je ovšem doprovázen silnými fluktuacemi z roku na rok. Přitom jsou změny teploty na různých stanicích i v regionech odlišné. Vyšší růst teploty je pozorován na stanicích v Čechách, zatímco na Moravě je růst nižší. Tento rozdíl je výraznější v zimním období, zatímco v létě je velmi malý. Růst teploty v podzimním období je podstatně nižší než v jiných ročních

obdobích. Celkové roční úhrny srážek za celou republiku vykazují slabý vzrůst, který je ale překryt mnohem silnějším kolísáním z roku na rok. Dlouhodobá změna ročních úhrnů je na různých stanicích a v různých regionech různá. Nejvíce rostou srážky letní, naproti tomu jarní srážky klesají, v ostatních obdobích je změna nepatrná. Současně se slabě mění roční variace: maximum srážek se přesouvá z června na červenec a srpen (Rožnovský et al., 2015).

2.6. Osevní postup

Současná rostlinná produkce v České republice je charakteristická úzkou skladbou plodin. Struktura pěstovaných plodin je ovlivněna jak vhodností půdně-klimatických podmínek pro pěstování jednotlivých druhů polních plodin, tak stále více podmínkami na trhu. Výběr plodin a jejich vhodné střídání v rámci sledu plodin jsou jedním z nejučelnějších agrotechnických opatření. Správné střídání plodin nezvyšuje náklady na produkci, ale naopak zvyšuje produkci, a to optimálním využitím přírodních podmínek (Procházková et al., 2011). Osevní postup má příznivý vliv na půdní úrodnost, reguluje počet škůdců, choroboplodných zárodků a plevelů, zlepšuje půdní strukturu, snižuje půdní únavu, pomáhá půdě lépe hospodařit s vodou (Babulicová a Kubinec, 2006). Na základě výsledků polyfaktoriálních pokusů vedených v různých půdně-klimatických podmínkách Vach (1987) určil, že sledované faktory působily na produkci plodin v tomto sestupném pořadí: druhová skladba plodin v osevním postupu – stanoviště – hnojení dusíkem – chemická ochrana – odrůda – zpracování půdy.

Billsborow et al. (2013) uvádějí jasný efekt předplodiny na obsah bílkovin v zrna pšenice, objemovou hmotnost zrna a úroveň napadení rostlin padlím. Předplodinová hodnota se více projevuje v horších půdně-klimatických podmínkách, než v na stanovištích úrodnějších. Se stoupající úrovní výživy, klesá vliv předplodinové hodnoty. Z dlouhodobých polních pokusů VOP založených v různých půdně-klimatických podmínkách ČR vyplývá, že na půdách chudších (Lukavec) měla předplodina mnohem vyšší vliv na výnos následné plodiny, než na půdách úrodných (Ivanovice). Rozdílnost mezi jednotlivými předplodinami se projevila nejvíce na nehnojených variantách. Průkazně nejvhodnější předplodinovou hodnotu měly okopaniny, před leguminózou a obilninami (Kunzová a Hejzman, 2010, Hejzman a Kunzová, 2009).

Hlisníkovský et al. (2014) ve své studii porovnávali výnosy a kvalitativní parametry produkce cukrové řepy a příjem živin z dodaných hnojiv na dvou dlouhodobých výživářských

pokusech, z nichž jeden byl devítihonný a druhý dvouhonný. Mezi osevními postupy byly zjištěny výrazné statistické rozdíly ve všech sledovaných parametrech. Cukrová řepa v devítihonném osevním postupu, přestože v průběhu experimentu obdržela v minerálních i statkových hnojivech menší dávku živin, vykazovala vyšší schopnost jejich využití, vyúsťující ve vyšších výnosech i cukernatosti. Výsledky mezi oběma osevními postupy se rovněž lišily i významným rozdílem mezi mírou vlivu varianty hnojení a ročníku na sledované parametry. Zatímco u devítihonného osevního postupu byly výnosy i cukernatost ovlivněny především variantou hnojení, s menším vlivem podmínek daného ročníku, u dvouhonného osevního postupu byly výnosy i cukernatost počásím ovlivněny v mnohem větší míře, než vlivem dodaného hnojiva.

Se zařazením brambor do monokultury žita v dlouhodobém polním pokusu „Věčné žito“ se značně zvýšil výnos zrna žita v průměru celého pokusu o 1,12 t/ha, což činilo nárůst o 44% u nehnojené varianty (Schmidt et al, 2000). Vliv osevního postupu na výnos produkce zjišťovali ve své studii Berzsényi et al. (2000). V dlouhodobém pokusu porovnávali monokulturu kukuřice a pšenice s různě dlouhými osevními postupy (tři dikultury, jedna trikultura a norfolkský osevní postup). Výnosy kukuřice i pšenice byly ve všech případech nižší v monokultuře, než v osevních postupech. Nejvyšší výnos byl zaznamenán v Norfolkském osevním postupu, následován trikulturou vojtěška – kukuřice – pšenice a dikulturami pšenice – kukuřice, vojtěška – kukuřice, vojtěška – pšenice. Zvýšení výnosu v osevním postupu u pšenice proti monokultuře nebylo ovlivněno hnojením. Naproti tomu u kukuřice hnojení ovlivnilo rozdíl ve výnosu mezi osevním postupem a monokulturou snížením efektu osevního postupu na polovinu. Porovnání mezi osevním postupem a monokulturou vybraných plodin řešil na dlouhodobém polním pokusu v Moskvě Kirjushin (1997). Jeho závěry ukázaly velmi slabou a statisticky neprůkaznou citlivost brambor na pěstování po sobě. Ozimé žito a jarní ječmen vykazovaly střední výnosovou depresi a nejhůře snášel monokulturu len, který vykazoval přibližně stejný výnos jako v osevním postupu jen v prvních letech pěstování.

Složením osevního postupu se výrazně mění i intenzita zaplevelení a zastoupení jednotlivých druhů plevelů. Dle výsledků Winklera et al. (2015) se se stoupajícím podílem obilnin v osevním postupu zvyšovala i intenzita zaplevelení. Gidea (2006) zkoumal vliv délky osevního postupu na množství biomasy plevelů v porostu kukuřice. Došel k závěru, že s rostoucí délkou osevního postupu klesá zaplevelení. Redukce biomasy plevelů na čtyřhonném osevním postupu v dusíkem nehnojené variantě činila proti monokultuře 35 – 51 %. Na více hnojených variantách následovala redukce biomasy ještě větší.

2.7. Vliv agrotechnických intenzifikačních opatření na výnosnost a kvalitu produkce.

2.7.1. Ozimá pšenice

Pšenice je považována za plodinu náročnou na obsah snadno dostupných živin v půdě. Pšenice je ze všech obilnin nejnáročnější plodinou, ale vyniká velmi dobrou reakcí na zvyšující se intenzitu pěstování. Z tohoto důvodu bývá pšenice často zařazována do osevního postupu po zlepšující předplodině, zpravidla organicky hnojené okopaně (Zimolka et al., 2000).

Ozimá pšenice reaguje na hnojení organickými hnojivy velmi pozitivně. Ačkoliv není ozimá pšenice plodinou první trati a na většině dlouhodobých pokusů se k pšenici přímo organicky nehnojí, ukazují se na stanovištích řady pokusů IOSDV a i jiných dlouhodobých pokusech nesporné benefity organického hnojení ve srovnání s variantami organicky nehnojenými (Kismányoky a Dunai, 2015).

Účinek organického hnojení je nejvíce patrný v případech chybějícího, nebo velmi nízkého minerálního hnojení dusíkem. Dle výsledků z dlouhodobých pokusů v Maďarsku dosahovala kontrolní nulová varianta průměrný výnos kolem 2 t/ha. Pouze organicky hnojené parcely dosahovaly výnos o 1 t/ha vyšší. Podobné výsledky ukazují i další autoři. Rozdíly mezi pouze organicky hnojenými a nehnojenými (kontrolními) variantami je dán půdně-klimatickými podmínkami stanoviště a druhem použitého hnojiva. Na lehčích hlinitopísčítých půdách se vliv organického hnojení projevuje na výnosu výrazněji, než na půdách těžkých, jílovitých. Důvodem vyšší účinnosti je lepší prohřívání půdy, vyšší mikrobiální aktivita, lepší výměna vzduchu a následně mineralizace živin dodaných v organickém hnojivu (Honemaier et al., 2001). Pozitivní vliv organického hnojení na stabilitu půdních agregátů zaznamenali ve své práci Stehlíková et al. (2016).

Další nespornou předností organického hnojení je puфраční schopnost reakce porostu na nepříznivý průběh počasí během vegetace. Vysoké dávky minerálního hnojení dusíkem na většině stanovišť dlouhodobých pokusů ukázaly srovnatelné výnosy mezi variantami organicky hnojenými a nehnojenými. Dle studie mezinárodní asociace pro dlouhodobé polní pokusy, ve které byly hodnoceny výsledky z 15 dlouhodobých pokusů, došlo k navýšení výnosu u kombinovaného organicko-minerálního hnojení oproti pouze minerálnímu průměrně u všech plodin o 6 %, u pšenice pouze o 3 %. (Körschens a Kubát, 2015). Organicky hnojené varianty byly odolnější proti vlivům prostředí a výnosy vykazovaly nižší variabilitu výnosů

mezi jednotlivými ročníky. Dle výsledků z dlouhodobého polního pokusu v Lukavci vykazovaly nehnojené varianty meziroční variabilitu kolem 30 %, zatímco varianty hnojené 80 kg/ha a více dosahovaly meziroční variability 15-18 %. (Káš a Haberle, 2006).

Organické hnojení zvyšuje účinnost také minerálního hnojení. Na kombinovaných variantách, kde bylo hnojeno hnojem a minerálním N bylo dosahováno vyšších výnosů ve všech stupních N hnojení ve všech sledovaných letech, než na variantách hnojených jen minerálně (Kwast, 2008). Při kombinovaném hnojení, tj. organické hnojení + stupňované dávky N₂ –N₄ (120-240 kg N/ha) byly dosaženy nejvyšší výnosy na variantách hnojených hnojem k předplodině (Bischoff, 1997).

Míra vlivu organického hnojení na výnos přímo hnojené a následné plodiny je ovlivňována řadou faktorů, z nichž hlavní jsou druh organického hnojení, dávka hnojiva a časový prostor od aplikace hnojiva k vysetí sledované plodiny.

Organická hnojiva lze rozdělit dle rychlosti účinku na hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem a pomalu uvolnitelným dusíkem. Hodnotící kritérium je dáno poměrem C:N, kdy pokud poměr C:N činí méně než 10, jedná se hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem. Hnojiva s poměrem C:N nad 10 jsou vedena jako s pomalu uvolnitelným dusíkem. Do obou kategorií hnojiv patří jak stájová hnojiva, tak i posklizňové zbytky. Mezi rychle uvolnitelná hnojiva patří kejda a chrást. Pomalu uvolnitelná hnojiva jsou hnůj a sláma obilnin. Hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem jsou velmi koncentrovaná a v půdě se chovají velmi podobně jako minerální hnojiva, tj. výrazně ovlivňují výnos přímo hnojené plodiny, ale vliv na následné plodiny je již podstatně nižší. Naopak hnojiva s pomalu uvolnitelným dusíkem uvolňují živiny v delším časovém období a jejich účinek se při pravidelném dodání projevuje v rámci celého osevního postupu. (Klír et al, 2008).

Zatímco většina pokusů je vedena s aplikací chlévského hnoje, některé stanice mají v pokusu zařazenou také variantu s hnojením kejdou skotu. Na stanovišti Limburgerhof (Německo) na polním pokusu IOSDV byla pšenice zařazena až jako druhá po kejdou hnojené kukuřici, přesto reagovala na hnojení kejdou velmi pozitivně a dosahovala nejvyšších výnosů v porovnání s ostatními variantami organického hnojení. Nejvyšší výnosy byly dosaženy na všech stupních minerálního přihnojení dusíkem.

Na stanicích, kde je pěstována cukrovka se významným způsobem zapojuje do výživy následné plodiny i chrást. Na stanici Speyer na pokusu IOSDV byla pšenice pěstována po cukrovce. Na variantách 0 a N₁, tedy na nejnižším stupni hnojení minerálním dusíkem se jako nejvhodnější organické hnojivo ukázal řepný chrást. Při kombinovaném hnojení, tj. organické

hnojení + stupňované dávky N₂ –N₄ (120-240 kg N/ha) byly dosaženy nejvyšší výnosy na variantách hnojených hnojem k předplodině (Bischoff, 1997).

Minerální hnojení dusíkem se pozitivně projevilo na výnose na všech sledovaných stanovištích řady dlouhodobých pokusů IOSDV. Nejvyšší přírůstky zrna na 1 kg dodaného dusíku v minerálním hnojivu byly zaznamenány na nejnižších stupních N₁-N₂ (40 – 100 kg N/ha), při vyšších dávkách výnos zrna stále rostl, ale již s nižší dynamikou. Na stanovištích s vhodnějšími půdně-klimatickými podmínkami bylo dosaženo optimálního výnosu na úrovni stupně N₂ – N₃ (100 – 140 kg N/ha). U vyšších dávek dusíku již přírůstek je velmi nepatrný. Nejvyšší stupně hnojení naopak mohou způsobit snížení celkového výnosu, neboť přehnojené porosty jsou náchylnější k poléhání, které způsobuje vyšší sklizňové ztráty (Pfefferkorn a Körschens, 1995, Lang et al.,1995). Na stanovištích s horšími půdně-klimatickými podmínkami naopak výnos stoupá až k nejvyšším dávkám N (Bischoff, 1995, Káš et al., 2010). Stanovení optimální dávky dusíku je závislé na půdně-klimatických podmínkách stanoviště, předplodině a zásobě živin v půdě. Významným faktorem je organické hnojení, které významně zvyšuje využitelnost minerálních hnojiv (Kwast, 2008).

Významný vliv v hnojení minerálním dusíkem má termín aplikace a rozvržení dávek během vegetačního období pšenice. U vyšších stupňů hnojení dusíkem je celková dávka rozvržena do 3 – 4 aplikací (základní hnojení před setím – regenerační – produkční – kvalitativní). Problematické je základní hnojení před setím pšenice na podzim. Mladé rostliny pšenice nastupují do zimy ve fázi odnožování a vytvoří dostatek biomasy schopné přijmout cca 20 kg N/ha do své biomasy (Zimolka et al.,2005). Při dávkách minerálního dusíku 40 kg N/ha může docházet na stanovištích s promyvným režimem k vyplavení nitrátů do spodních vrstev půdy, kde již jsou pro rostliny nevyužitelné. Na stanici Lukavec byly odebírány vzorky půdy na stanovení obsahu N_{min} v půdě v období před zámrazem půdy a v předjaří, před regenerační dávkou dusíku. Z výsledků desetileté řady odběrů vyplývá, že čím vyšší obsah nitrátového dusíku je na podzim v půdě, tím riziko vyplavení nitrátů stoupá. Vyplavení nitrátů je ovlivněno především průběhem počasí během zimy a časného jara. Při vysokých úhrnech srážek, nebo prudkém tání sněhu, dochází k výrazným posunům minerálního dusíku v půdním profilu. V ročnicích s vlhkými zimami byly zjištěny rozdíly mezi zásobou dusíku v půdě v hloubce 0-60 cm na podzim a na jaře větší než 40 kg N/ha, což odpovídá dávce základního hnojení k nejvíce hnojeným variantám (Káš, 2010).

2.7.2. Cukrovka

Cukrovka patří mezi plodiny, která reaguje velmi dobře na organické hnojení (Richter a Škarpa, 2013). Reakce cukrovky na organické hnojení však podléhá podmínkám stanoviště. Z výsledků dlouhodobých pokusů řady IOSDV nelze jednoznačně stanovit, které hnojivo a v jaké dávce je optimální pro dosažení maximálního výnosu bulvů cukrovky, případně cukru. Z jednotlivých stanovišť přicházejí velmi odlišná doporučení stanovení ideální dávky, případně druhu organického hnojení.

Vhodnost organického hnojiva do podmínek dané lokality je podmíněna především půdními a klimatickými podmínkami stanoviště. Vedle půdních vlastností, které ovlivňují dynamiku účinku organických hnojiv (struktura, zrnitost, obsah jílovitých částic) zde hraje významnou roli také voda v půdě během vegetace (Starčević et.al., 1997, Vasilica et.al., 1997, Schellberg a Hüging, 1997).

V dlouhodobém polním pokusu v Bonnu, ve kterém byla cukrovka pěstována v rámci pětihoňového, „Rýnského“ osevního postupu v letech 1954-1996, dosahoval kumulativní výnos varianty hnojené jen hnojem 2263,4 t/ha, zatímco cukrovka hnojená jak hnojem, tak i minerálními hnojivy vykázala kumulativní výnos jen o 8 % vyšší (Schellberg a Hüging, 1997). Dle výsledků z dlouhodobého polního pokusu IOSDV ve Speyeru (Německo) po prvních deseti letech (1984 -1994) byly mezi variantami organického hnojení zjištěny jen minimální rozdíly ve výnosu. K podobným závěrům došli na svém polním pokusu z řady IOSDV i Klasink a Steffens (1995). Na stanici Oldenburg (Německo) nebyly zaznamenány významnější rozdíly ve výnosech cukrovky mezi jednotlivými variantami organického hnojení. Teprve ve třetí rotaci pokusu se začínal projevovat výnosový pokles na variantě bez organického hnojení. Podle Pffeferkorna a Körschense (1997), kteří sledovali vliv hnojení na obsah sacharózy v bulvách, nejlépe ze všech druhů organických hnojiv působilo hnojení slámou. Imobilizace dusíku ve slámě vedlo ke zvýšení obsahu sacharózy ve srovnání s dávkou 40 t/ha hnoje, která naopak obsah sacharózy snižovala. Je nutno dodat, že v pokusu měl velký vliv výběr odrůdy cukrovky. Odrůdy tzv. objemového typu mají geneticky menší cukernatost, kterou ale kompenzují vysokým výnosem bulvů, takže i přes nižší cukernatost mohou mít vyšší výnos cukru z jednotky plochy, než tzv. cukrové odrůdy řepy.

Výživa dusíkem je předpokladem tvorby výnosu, metabolismus dusíku v cukrové řepě je však zároveň jistým protipólem metabolismu glycidového a konkurentem při tvorbě zásobní sacharózy. Proto je dávkování dusíku u cukrové řepy vždy optimalizační úlohou: dodat dusíku právě tolik, aby se podpořil počáteční růst a vytvořila se potřebná listová plocha, aby však tvorba listů nebyla ve druhé fázi vegetace na úkor ukládání sacharózy. Vedle snížení

koncentrace sacharózy v řepě – cukernatosti – se nadměrná výživa dusíkem projevuje i zvýšeným obsahem dusíkatých látek v řepách, zejména aminokyselin, a tyto látky komplikují zpracování řepy v cukrovaru (Chochola, 2012). Při vyrovnaném obsahu živin v půdě rozhoduje o výši výnosu dusík (Richter a Škarpa, 2013). Jak uvádí ve své práci Bischoff (1995), tak na stanici Speyer v dlouhodobém pokusu IOSDV výnos cukrovky mírně stoupal se zvyšující se dávkou N, ale optimálního výnosu bylo dosaženo při dávce 120 kg/ha. Klasink se Steffensnem (1995) na svém polním pokusu řady IOSDV na stanici Oldenburg zjistili optimální výnos, tj. nejvyšší výnos při co nejnižší dávce N, na dávku 100 kg N/ha. Nutno ovšem dodat, že rozdíly ve výnosu mezi variantou N0 a variantou N2 (100 kg N/ha) představovaly řádově jednotky tun, rozdíl mezi variantami N1 (50 kg N/ha) a N2 (100 kg N/ha) nebyl u organicky hnojených variant žádný nebo nepatrný. Při stanovení optimální dávky dusíku je třeba brát ohled na cenu hnojiva a následně výtěžnost cukru. Vyšší dávky hnojiv (150 a 200 kg N/ha) již měly vliv na pokles výnosů. Na další stanici řady IOSDV v Rauschholzhausenu (Německo), byl zaznamenán nejvyšší výnos cukrovky při kombinaci hnojení hnojem a dávkou dusíku 140 kg/ha (Boguslawski, 1995)

Na dlouhodobém polním pokusu řady IOSDV v Bad Lauchstadtu (Německo) byl zjišťován vliv minerálního hnojení dusíkem na výnos cukrovky a obsah sacharózy v bulvách cukrovky. Nejvyšší výnos cukru byl dosažen při dávce 120 kg N/ha. Výnos bulv by ještě rostl do dávky cca 160 kg N/ha, ale tento nárůst byl již nepatrný. Nejvyšší obsah cukru v bulvách byl zaznamenán na minerálně nehnojených variantách. Se stoupajícími dávkami dusíku obsah sacharózy klesal, i když se zde projevil velký vliv odrůdy, která průběhy klesání značně ovlivnila (Pfefferkorn a Körschens, 1995, 1997).

2.7.3. Brambory

Brambory jsou plodinou první trati s velmi dobrou reakcí na organické hnojení. Reakce na hnojivo je však velmi závislá na podmínkách stanoviště, zařazení do osevního postupu, průběhu počasí během vegetace a druhu organického hnojiva.

V dlouhodobém pokusu v Bad Lauchstadtu byly pěstovány brambory v pěti systémech organického hnojení (bez hnojení, zelené hnojení - meziplodina, hnůj – dávka 20 a 40 t/ha, sláma). Z výsledků plyne nízká účinnost zeleného hnojení, které dosahovalo podobných nebo jen mírně vyšších výnosových hodnot než varianta bez organického hnojení. Dobrého výsledku naopak dosáhla varianta hnojení slámou, která v některých letech dosahovala

stejného výnosu hlíz jako varianta s 40 t/ha hnoje (Pfefferkorn a Körschens, 1995). Na dlouhodobém pokusu ve stanici Skierniewice (Polsko) byl zjišťován výnos brambor v různých osevních postupech a s rozdílnými dávkami hnojiv. Nejvyšší výnosy brambor bylo dosaženo na variantě hnojené hnojem a v osevním postupu se zastoupením leguminózy, nižší výnos byl na variantě nehnojené hnojem a v osevním postupu bez leguminózy. Nejnižší výnos hlíz byl zaznamenán na variantě s monokulturou brambor. Dále bylo zjištěno, že brambory pěstované v monokultuře poskytují vyšší výnos, jsou-li hnojeny pouze minerálními hnojivy, než při hnojení hnojivy organickými (Mercik et al., 1997).

Maximální doporučené dávkování minerálních dusíkatých hnojiv velmi silně závisí na stanovišti pěstování a je velmi závislé na místních půdně-klimatických podmínkách. Kvůli vysoké meziročníkové výnosové variabilitě je obtížné určit i optimální dávku na konkrétní stanoviště, neboť výnos hlíz je velmi silně ovlivněn průběhem počasí během vegetace, které se dá předpovídat jen na velmi krátkou dobu. Významným faktorem ovlivňující výnos hlíz je odrůda. Mezi odrůdami jsou velké rozdíly v reakci na výživu, především v závislosti na užitkovém směru odrůdy (Šrek et al., 2010).

Meziročníková variabilita u brambor dosahovala na dlouhodobých pokusech v Praze 28,1 – 36,3 %, avšak varianta hnojená hnojem ukazovala nižší hodnotu variability 28,9 %, pouze minerálně hnojené varianty 30,2 % (Haberle a Ivičic, 2006). Na dlouhodobém polním pokusu Dikopshof (Bonn) vykazovaly brambory také obrovskou meziročníkovou variabilitu ve výnosu. Díky této variabilitě nebylo možné pomocí statistiky zachytit nějaký výnosový trend (Schellberg and Hüging, 1997).

Organické ani minerální hnojení nemá vliv na obsah škrobu v hlízách. Větší vliv na škrobnatost hlíz má volba odrůdy a ročník (Pfefferkorn a Körschens, 1997). K podobným závěrům došli na pokusné stanici Berlin-Dahlem také Köhn a Limberg (1996). Dle Kuldkepa et al. (1996), hnojení, jak organické, tak i v kombinaci s minerálním snižuje obsah škrobu v hlízách, ale zvyšuje obsah hrubého proteinu a nitrátů v hlízách. Obsah nitrátů souvisí s velikostí hlízy. Ve velkých hlízách je obsah nitrátů nižší. Jak uvádí Vrkoč et al. (2002) tak na stanici Lukavec se výnosy zvyšovaly až do nejvyšší dávky hnojení N. Zároveň však docházelo k silnému poklesu škrobnatosti.

2.7.4. Ozimý ječmen

Ozimý ječmen se vyskytuje na dlouhodobých pokusech řady IOSDV na doběrném místě za ozimou pšenicí. Na pokusné stanici ve Speyeru byly dosaženy nejvyšší výnosy při

dávce 150 kg N/ha na organicky nehnojené variantě a 100 kg N/ha na organicky hnojených parcelách (Bischoff, 1995). Účinnost jednotlivých druhů organických hnojiv je různá. Velmi silný vliv na výnos má doba aplikace hnojiva před výsevem. V porovnání s hnojením hnojem v cyklu jednou za tři roky, vychází varianta hnojení slámou s mezipločinou, případně chrástem každoročně, mnohem lépe (Köhn and Limberg, 1996). Vliv organického hnojení ukazuje silnou závislost na obsahu snadno přístupného dusíku. Na stanici Puch, v rámci celého osevního postupu, při zprůměrování dávek minerálního hnojení, ovlivňovala organická hnojiva navýšení výnosu proti variantě bez organického hnojení o 5 %, u aplikace hnoje, 15 % u kejdy a 5 % u bobovité mezipločiny. Naproti tomu hnojení slámou způsobovalo snížení výnosu proti organicky nehnojené variantě o 4 % (Hege a Offenberger, 2007). Poněkud odlišné výsledky prezentuje ve své práci Tajnšek a Šantavec (2008) na stanici Rakičan. Hnojem hnojená varianta vykazovala o 10 % vyšší výnos než varianta organicky nehnojená. Hnojení slámou bylo proti nehnojené variantě výnosnější o 5 %. Výnosové maximum ozimého ječmene bylo při vyšších dávkách dusíku omezeno častým polehnutím porostu (Bischoff, 1995). Na stanici Berlin – Dahlem (1996) byl největší přírůstek zjištěn na první stupňované dávce N1 (40 kgN/ha), na které byl zaznamenán největší přírůstek obilí na 1 kg dusíku v minerálním hnojivu. Další vyšší stupně hnojení minerálním N, již výnos zvyšovalo jen velmi nepatrně. V kombinaci vysoké dávky minerálního hnojení dusíkem s hnojením organickými hnojivy (zapravení slámy s mezipločinou) docházelo k výnosovým depresím (Köhn and Limberg, 1996).

2.7.5. Celý osevní postup

Vliv organického a minerálního hnojení na výnos a stabilitu celého osevního postupu je silně závislý na půdně-klimatických podmínkách jednotlivých stanovišť. Dynamiku mineralizace organických hnojiv silně ovlivňují klimatické podmínky stanoviště. V jižněji položených stanovištích, které se vyznačují vysokou průměrnou roční teplotou vzduchu (např. 11 °C – Novi Sad) při ročním úhrnu srážek 550 mm (Starčević et al., 1995) docházelo často k nedostatku vody v půdě a následně k nízkému účinku organických hnojiv. Z tohoto důvodu byla dynamika rozkladu velmi nízká, tzn., že na přímo hnojené plošině se neprojevila žádná pozitivní reakce ve výnosu, ale zvýšil se vliv na následnou plodinu, případně plodiny. Nejhůře na nedostatek vody v půdě reagovaly porosty na variantě se zapravenou slámou, které na některých stanovištích vykazovaly v rámci celého osevního postupu nižší výnos, než na

variantách bez organického hnojení. Např. na stanici Puch v Bavorsku činil tento rozdíl 4 % (Hege a Offenberger, 2006).

Význam organického hnojiva však spočívá v dlouhodobém vlivu na půdu. Zařazením okopanin do osevního postupu se snižuje obsah organické hmoty v půdě. Tato skutečnost byla zjištěna na dlouhodobém polním pokusu v Halle, kde na části pokusu Věčné žito byly zařazeny brambory v dvouhonném osevním postupu v rotaci s žitem. Dlouhodobé pěstování způsobilo pokles organické hmoty v půdě oproti monokultuře žita. Úbytek organické hmoty je zřejmě způsoben agrotechnikou pěstování brambor v hrůbku, což vede ke zvýšení povrchu půdy, lepší provzdušněnosti půdy a následně vyšší mineralizaci. Zvýšení mineralizace podporuje také mechanická kultivace meziřadí (Mehrbach a Deubel, 2008).

Účinek minerálních hnojiv závisí na přirozené úrodnosti stanoviště a průběhu počasí během rotace osevního postupu. Na úrodnějších stanovištích docházelo k dosažení optimální dávky minerálního dusíku již na nízkých stupních a další zvyšování již nebylo ekonomicky ani ekologicky efektivní. V některých případech docházelo i k výnosové depresi (Pffferkorn a Körschens, 1995, Boguslawski, 1995). Na méně úrodných stanovištích však výnosy stoupaly u všech pěstovaných plodin až do nejvyšších stupňů hnojení dusíkem (Káš et al., 2010). Reakce plodin na zvýšenou intenzitu pěstování vykazuje dynamiku nárůstu výnosů v průběhu času dlouhodobých pokusů. Na pokusné stanici Bad Lauchstadt se od založení dlouhodobých pokusů v roce 1902 výnosy pěstovaných plodin zdvojnásobily (Mehrbach a Deubel, 2008).

2.8. Vývoj odrůdové skladby pěstovaných plodin

2.8.1. Pšenice ozimá

V druhé polovině minulého století došlo ke zvýšení výnosu pšenice díky změnám v agrotechnice, částečně využíváním syntetických hnojiv a pesticidů a výběrem odrůd, které jsou vhodné do těchto podmínek. Jako příklad přínosu lze použít příklad zavedení trpasličího genu rht D1B, kterým se zlepšil jak tzv. Harvest Index, tak se i podstatně zvýšila odolnost k poléhání (Austin, 1999). Mezi roky 1920 až 1980 byl také zaznamenán mírný nárůst výnosu zrna pšenice díky zavedení moderních odrůd a používání herbicidů a fungicidů na dlouhodobém polním pokusu v Broadbalku, který byl založen v roce 1843 (Rothamsted Research Station, 2006). K podobným závěrům došel ve své studii také Hejzman et al. (2012),

kde uvádí, že v dlouhodobém polním pokusu založeném v roce 1955 byl v první rotaci plodin průměrný výnos 3,67 t/ha zrna ozimé pšenice a v poslední rotaci běžící v letech 1996-2006 byl zaznamenán výnos 5,39 t/ha. Oba údaje se vztahují ke kontrolní variantě, tzn., že tato varianta nebyla po celých 50 let přihnojena a živiny tak byly získávány jen pomocí osevního postupu (zařazení jetele).

Na druhou stranu, modernější odrůdy jsou schopné lépe přijímat a využívat minerální hnojiva. Hejzman a Kunzová (2010) uvádějí, že maximální výnos zrna pšenice na dlouhodobém polním pokusu na stanici Lukavec, byl dosažen při dodání 121 kg N/ha. Při vyšší dávce N došlo již k nepatrnému poklesu výnosu. Toto svoje zjištění porovnal s výsledky studie svých předchůdců, kteří zpracovávali tentýž polní pokus v 60 letech (Baier a Prokop, 1969) a zjistili ideální dávku N pro maximální výnos na 73 kg N/ha. Na podobné výsledky ukazuje i jiná studie Kunzové et al. (2015), ve které se uvádí, že zařazením dlouhostébelnatých odrůd ozimé pšenice nebyl statisticky průkazný rozdíl mezi kontrolní nehnojenou variantou a variantou s nejvyššími dávkami minerálních hnojiv. Tato skutečnost je dána vysokou přirozenou půdní úrodností stanoviště, pěstování pšenice v rámci pestrého osevního postupu a většího kořenového systému dlouhostébelnatých odrůd. Zařazením krátkostébelných odrůd došlo k navýšení průměrného výnosu a zároveň byl statistický rozdíl mezi hnojenými variantami.

Uvedená data platí jen dlouhodobé pokusy, které mají svá specifika a z povahy své podstaty nemohou postihovat nové trendy v zemědělských disciplínách. V krátkodobých pokusech se mohou používat nejmodernější postupy, které výrazně zvyšují příjem živin rostlinou a následně dosahují podstatně vyšších výnosů.

Významnou hospodářskou vlastností pěstovaných plodin ozimé pšenice je zimovzdornost. Prášilová et al. (2006) testovala 1348 vzorků ozimé pšenice na zimovzdornost. Kolekce odrůd byla rozdělena dle doby pěstování na odrůdy „zastaralé“, tj. odrůdy, které byly pěstovány na přelomu 19. a 20. století a odrůdy „současné“, tj. odrůdy registrované v druhé polovině 20. století a dále dle země původu odrůdy (10 evropských zemí). Na základě zjištěných dat lze konstatovat, že současné odrůdy mají nižší zimovzdornost než odrůdy zastaralé a zimovzdornost odrůd vzrůstá směrem od jihozápadu k severovýchodu Evropy. Tento fakt lze vysvětlit nižší frekvencí studených zim ve 20. století (dle údajů z Klementina bylo v 19. století 58 zim s průměrnou teplotou nižší než 0 °C, zatímco ve 20. století pouze 28).

2.8.2. Brambory

Brambory pochází z oblasti nového světa (oblasti střední a jižní Ameriky). V Evropě se jejich pěstování a využití rychle rozšířilo především díky produktivitě a obsahu živin jako ochrana před hladomorům v případě neúrody jiných plodin. Šlechtění brambor prodělalo v posledních sto letech významný posun především v nárůstu většího počtu velkých hlíz, zvýšení obsahu sacharidů (škrobu) a odolnosti proti Verticilliovému vadnutí. Dnešní moderní odrůdy musí být odolné proti biotickým a abiotickým stresům, dobře reagovat na moderní pěstitelské a zpracovatelské technologie, do sklizně si udržet pevnou slupku a dužinu. Velmi významnou vlastností je také vhodnost ke skladování (Brown, 2011). Směry ve šlechtění brambor se kromě šlechtění na výnos a zdravotní stav hlíz zaměřují na kvalitativní parametry jako je barva a pevnost dužniny, hladká a pevná slupka u stolních odrůd brambor a vysoký obsah škrobu u průmyslových odrůd (Carew et al., 2009)

Brambory patří mezi nejdůležitější plodiny pro výživu lidstva na celém světě. Současně jsou významnou komoditou pro průmyslové zpracování a produkci škrobu. Škrob se vyskytuje v mnoha plodinách, ale prakticky je získáván pouze malého množství rostlinných druhů. V České republice je škrob získáván především z brambor (60 %) a pšenice (40 %) (Šimková et al., 2013)

Technologie pěstování brambor se v posledních desetiletích výrazně proměnila. Výrazný posun nastal především v technologii zpracování půdy, hnojení, ošetřování během vegetace a sklizně. Vysoké procento velkovýrobně pěstovaných brambor je zakládáno v systému odkameňování. Minerální hnojiva jsou vkládána přímo do speciálně upraveného hrůbku, který umožňuje vyšší zasakování vody do půdy za účelem vyššího využití hnojiv a zároveň omezení eroze půdy při silných nárazových srážkách (Kusá et al., 2012).

2.8.3. Cukrovka

V posledních dekádách výnosy cukrové řepy trvale rostly. Celosvětově je však nárůst výnosů cukrovky nižší ve srovnání s obilninami a kukuřicí. Při porovnání mezi starými a novými odrůdami cukrovky se ukazuje, že stoupající výnosy souvisely s posunem k snížení listové plochy a zvýšení cukernatosti (Hoffmann et al., 2015)

Před 30 lety zjišťoval Chochola (2012) vliv hnojení dusíkem na výnos cukru. Dávka dusíku potřebná pro maximální výnos polarizačního cukru byla tehdy stanovena na 99 kg/ha, zatímco dnes 64 kg/ha N. Tento posun si lze vysvětlit úbytkem biomasy chrástu, kam

cukrovka ukládá právě nejvíce dusíku. Dnešní poměr mezi chrástem a řepou však bývá cca 0,5, před 30 lety to bylo 1,0 – 1,2.

Kvalita osiva cukrovky se bezesporu každým rokem zvyšuje. Je to vlivem genetického potenciálu, přínosem jsou však také nové technologie úpravy osiva, směřující k zajištění rychlého a rovnoměrného vzcházení. Šlechtitelé se zaměřili především na toleranci proti vybraným chorobám a škůdcům. Všechno prodané osivo patří odrudám tolerantním k rizománii, 5 % z prodaného osiva zastupují odrůdy tolerantní k háďátku řepnému, na trhu jsou odrůdy tolerantní k rizoktónii (Konečný, 2009). Tolerance k rizománii se jeví jako významný intenzifikační faktor v pěstování cukrovky. Jak uvádí Bischoff (1995), na mezinárodním pokusu IOSDV na stanici Speyer (Německo) v tříhonném osevním postupu cukrovka – ozimá pšenice – ozimý ječmen došlo ve třetí rotaci, tj. v 6-9 roce pokusu k průměrnému poklesu výnosu cukrovky o 43 % ve srovnání s první rotací. Důvodem tohoto výpadku ve výnosu byla rizománie. Zavedením nové odrůdy, která byla k rizománii tolerantní, výnosy opět vzrostly na úroveň první rotace pokusu. Zajímavé však bylo zjištění, že ve třetí rotaci byl nejvyšší výnos cukrovky zaznamenán na všech stupních hnojení N, ale na variantě bez organického hnojení.

2.8.4. Ozimý ječmen

Výměra ozimého ječmene prošla v posledních 40 letech v ČR dramatickými změnami. Vzhledem k malým plochám pěstování (asi 4000 ha) bylo šlechtění ozimého ječmene v ČR v roce 1974 ukončeno. Bylo rozhodnuto, že šlechtění bude pro tehdejší ČSSR zajišťovat bývalá NDR, neboť se předpokládalo že plochy ozimého ječmene u nás nepřesáhnou 20 tisíc ha. V letech 1971 – 1977 činila průměrná výměra ozimého ječmene 6000 ha. Po roce 1975 došlo k postupnému rozšiřování ploch ozimého ječmene až na úroveň 214 000 ha v období 1988-1991, především v důsledku registrace výkonných zimovzdorných odrůd, zvláště odrůdy Erfa a Borwina. V devadesátých letech se ozimý ječmen stal naší druhou nejvýnosnější a třetí nejrozšířenější obilninou (Dreiseitl, 2007; Špunar, 2001). V posledních letech se osevy ozimého ječmene pohybují okolo 100 tis. hektarů (ČSÚ, 2017).

3. Cíle a hypotézy

3.1. Cíl práce

Vyhodnotit soubor dostupných údajů o produkčních a jakostních parametrech polních plodin (pšenice ozimá, ječmen ozimý, brambory, cukrovka), pěstovaných v dlouhodobém pokusu (třicetiletá řada) ve vztahu ke sledovaným pěstitelským faktorům

3.2. Hypotézy navrhovaného tématu

1. Výnosy a kvalitu produkce polních plodin lze zvýšit intenzitou pěstování.
2. V dlouhodobém horizontu působí hnojení hnojem příznivěji na produkční schopnost a kvalitu pěstovaných plodin než zaorávka slámy s meziplodinou.
3. Vývoj produkčních schopností hodnocených plodin v dlouhodobém sledování bude vykazovat různou dynamiku v závislosti na podmínkách stanoviště (řepařská x bramborářská oblast).

4. Materiál a metody

4.1. Polní pokus IOSDV

Mezinárodní dlouhodobý polní pokus IOSDV (International Organisch Stickstoff Dauer Versuche) tvoří síť pokusných stanic umístěných v různých půdně klimatických podmínkách ve více než deseti evropských zemích na 25 pokusných stanovištích. V České republice je tento pokus spravován Výzkumným ústavem rostlinné výroby, v.v.i. Pokus byl založen na základě mezinárodní spolupráce s Universitou J. Liebiga v Giessenu pod vedením prof. E. von Boguslavski. Ve VÚRV byl pokus veden výzkumnými pracovníky z oddělení Ekologie polních plodin, Doc. Ing. Josefem Šimonem, CSc. a Doc. Ing. Františkem Vrkočem, DrSc.. Pokus byl založen v roce 1984 na dvou stanicích s rozdílnými půdně-klimatickými podmínkami a ve stejné podobě je provozován dodnes. Po odchodu Doc Ing. Františka Vrkoče, DrSc. z VÚRV, v.v.i. pokus spravuje Martin Káš. Základní myšlenka pokusu je zjistit vliv rozdílného organického hnojení v kombinaci se stupňovanými dávkami minerálního dusíku na výnos a kvalitu pěstovaných plodin v různých půdně klimatických podmínkách. Na všech stanovištích je zaveden tříhonný osevní postup. Skladba plodin se na jednotlivých stanovištích liší v závislosti na výrobní oblasti daného pokusného stanoviště. Kostru tvoří okopanina, doplněná dvěma zástupci obilnin.

4.2. Popis pokusných stanovišť

4.2.1. Lukavec

Lukavec (okres Pelhřimov) Pokusná stanice rostlinné výroby v Lukavci spadá do podhoří Českomoravské vysočiny se středem velké rulové oblasti (Pacovská vrchovina) s polohou kolem 610 m nad mořem, se značně členěným reliéfem terénu a s hojnějším výskytem jehličnatých lesů.

Stanoviště se nachází na dvou geologických útvech. Útvary krystalických břidlic a nejmladší náplavy holocenní. Půda je hnědá, podzolová oglejová. Půdotvorný substrát je rula. Druhově jde o půdu středně těžkou, spíše lehčí drobitost, která se vyznačuje vyšším obsahem IV. kategorie hrubého písku, a to u ornice 30-40 % a spodin 40-60 %. Obsah jílnatých částic se pohybuje u ornice mezi 40-60 %. Půdní profil má humózní horizont mocnosti 18-25 cm písčitohlinité až hlinité textury.

4.2.2. Ivanovice na Hané (okres Vyškov)

Půdní podmínky: typická černozem s mocností ornice 0,3 m. Zrnitostní složení ornice i podorničí je hlinité (40% částic menších než 0,1 mm). Do 0,2 m je šedohnědá hlína, fyzikálně příznivá, beze stop CaCO₃. Půdní reakce středně humózní ornice (2,8 % humusu) a mírně humózního podorničí (1,6%) je neutrální (Hrubý a Procházková 1991).

Tabulka 1: Půdně-klimatické podmínky stanic Lukavec a Ivanovice na Hané

Charakteristika	Lukavec	Ivanovice n. H.	
Nadmořská výška (m n. m.)	610	225	
Zeměpisná šířka (sev. š.)	49°34'00''	49°19'	
Zeměpisná délka (vých.d.)	14°59'30''	17°05'	
Zemědělská výrobní oblast a podoblasti	oblast	B2 - bramborářská	Ř1 - řepařská
	region	MT4 – mírně teplý	T2 - teplý
Pedologická charakteristika	půdní typ	KM - Kambizem	CMm - černozem
	půdní druh	pisčitohlinitá	hlinitá
	matečný substrát	rula	spraš
Průměrná teplota (°C)	7,3	9,36	
Průměrné srážky (mm)	682	558,4	

4.3. Metodika pokusu

4.3.1. Osevní postup

Pokus je založen na třech honech, ve tříhonném osevním sledu. Tento systém zaručuje, že v každém roce jsou pěstovány všechny tři plodiny. Plodiny jsou pěstovány za sebou v tomto pořadí:

1. okopanina (brambory v Lukavci, cukrovka v Ivanovicích)
2. ozimá pšenice
3. ozimý ječmen

4.3.2. Organické hnojení

Všechny plodiny jsou pěstovány ve třech systémech organického hnojení:

- A. bez organického hnojení
- B. 30 t/ha hnoje každý třetí rok k okopanině
- C. Zapravená sláma obilnin v dávce 5 t/ha + 50 kg N/ha na rozklad slámy+ meziplodina (meziplodina pouze po ječmeni- hořčice bílá)

Na pokus je používán chlévský hovězí hnůj. Na třetí systém organického hnojení bývá obvykle použito odvážené množství slámy, narostlé na pokusu. Sláma je přihnojena N hnojivem v síranu amonném.

Tabulka 2: Průměrné hodnoty obsahu živin v chlévském hnoji (obsah z čerstvé hmoty)

	% Ca	% K	% Mg	% N	% P	% Laboratorní sušiny	% Organické hmoty	pH H ₂ O
Ivanovice	0,81	0,68	0,16	0,53	0,15	25,73	59,93	9,16
Lukavec	0,36	0,65	0,18	0,63	0,28	22,18	61,72	8,7

4.3.3. Minerální hnojení

V rámci každého systému organického hnojení je pět stupňů minerálního hnojení dusíkem. V každém bloku organického hnojení je také zařazena varianta bez minerálního hnojení, kde nejsou používána žádná dusíkatá, fosforečná ani draselná minerální hnojiva. Schéma a dávky minerálního hnojení jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Schéma a dávky minerálního hnojení

Varianta	N (kg/ha)					P			K	
	Obilniny (ozimý pšenice + ozimý ječmen)					okopanina			P [kg/ha]	K [kg/ha]
	ZD	RD	PD	KD	Σ	ZD	O	Σ	ZD	ZD
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N0 + P, K	0	0	0	0	0	0	0	0	35	83
N1 + P, K	20	20	0	0	40	25	25	50	35	83
N2+ P, K	40	40	0	0	80	50	50	100	35	83
N3+ P, K	40	40	40	0	120	75	75	150	35	83
N4+ P, K	40	40	40	40	160	100	100	200	35	83

Vysvětlivky:

ZD - základní dávka, RD - regenerační dávka, PD - produkční dávka, KD - kvalitativní dávka, O - první přihnojení

4.3.3.1. Hnojení dusíkem

Základní dávka minerálního hnojení dusíkem k ozimé pšenici a ozimému ječmeni je aplikována v síranu amonném (21 % N) na podzim před setím, jarní aplikace pak v ledku amonném s vápencem (LAV – 27 % N). Regenerační dávka je aplikována ihned po ukončení zimy, kdy lze vstoupit na pozemek bez rizika poškození porostu, produkční dávka je aplikována ve fázi počátku sloupkování (BBCH 31), kvalitativní dávka na počátku metání (BBCH 51). Okopaniny jsou hnojeny síranem amonným v obou dávkách hnojení N. Druhá dávka N hnojení k okopaninám je aplikována při proorávce na již zapojený porost (obvykle v polovině června).

4.3.3.2. Hnojení fosforem a draslíkem

Dávky minerálního hnojení P a K jsou na všech stupních stejné.

Fosforečná hnojiva jsou aplikována ve formě trojitého superfosfátu (20 – 21 % P). Draselná hnojiva jsou aplikována ve formě draselné soli KCl – 50 % K. Minerální P, K hnojiva jsou aplikována na slámu předplodiny a následně zaorána.

4.3.4. Popis polního pokusu

Polní pokus je veden ve třech opakováních. Velikost hnojené parcely je 40 m² (5 x 8 m), sklizňová parcela má rozměr 6 x 3 m, tj. 18 m². Delší strana parcel je orientována kolmo na řádky výsevu. Řádky výsevu jsou orientovány na obou stanovištích shodně: východ-západ. Jednotlivé varianty pokusu nejsou zařazeny náhodně, ale systematicky od nehnojené kontroly postupně až k nejvyššímu stupni hnojení N. Varianty se stejným organickým hnojením jsou z praktických důvodů soustředěny do bloků. Uspořádání těchto bloků na pozemcích je však na obou stanovištích odlišné, jak je vidět na schématu (Obrázek 1).

Obrázek 1 Uspořádání bloků na pozemcích

Ivanovice

Lukavec

N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	3. opakování	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K
N3,P,K	N3,P,K	N4,P,K		N3,P,K	N4,P,K	N3,P,K
N2,P,K	N2,P,K	N4,P,K		N2,P,K	N4,P,K	N2,P,K
N1,P,K	N1,P,K	N4,P,K		N1,P,K	N4,P,K	N1,P,K
N0,P,K	N0,P,K	N4,P,K		N0,P,K	N4,P,K	N0,P,K
0	0	N4,P,K		0	N4,P,K	0
N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	2. opakování	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K
N3,P,K	N3,P,K	N4,P,K		N4,P,K	N3,P,K	N3,P,K
N2,P,K	N2,P,K	N4,P,K		N4,P,K	N2,P,K	N2,P,K
N1,P,K	N1,P,K	N4,P,K		N4,P,K	N1,P,K	N1,P,K
N0,P,K	N0,P,K	N4,P,K		N4,P,K	N0,P,K	N0,P,K
0	0	N4,P,K		N4,P,K	0	0
N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	1. opakování	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K
N3,P,K	N3,P,K	N4,P,K		N3,P,K	N3,P,K	N4,P,K
N2,P,K	N2,P,K	N4,P,K		N2,P,K	N2,P,K	N4,P,K
N1,P,K	N1,P,K	N4,P,K		N1,P,K	N1,P,K	N4,P,K
N0,P,K	N0,P,K	N4,P,K		N0,P,K	N0,P,K	N4,P,K
0	0	N4,P,K		0	0	N4,P,K

	A - bez organického hnojení
	B - 30 t/ha hnoje k okopanině
	C - zapravená sláma+mezipl.

Při předseťové přípravě není povoleno používat smyk z důvodu přemístění zeminy z jednotlivých parcel. Při orbě se půda skládá každý rok na opačnou stranu. Mezi parcelami jsou vytvořeny kolejevé řádky pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin. Porost je ošetřován běžnými chemickými přípravky na ochranu rostlin dle potřeby (herbicidy, fungicidy, insekticidy). Na porost nejsou aplikovány žádné přídatné, podpůrné látky ani morforegulátory. Z důvodu promyvného režimu a povaze matečné horniny je na stanici Lukavec upravováno pH půdy vápněním. Tato operace se děje po výsledcích analýzy půdních vzorků. V pokusu jsou používány moderní odrůdy s potenciálem dosahovat požadované potravinářské kvality (pšenice), krmné kvality (ječmen), kvality pro stolní odrůdy brambor a vysoký výnos cukru (cukrovka). Odrůdy do pokusu jsou vybírány s ohledem na dobrou reakci na hnojení i při absenci morforegulátorů a podpůrných přípravků. Vybraná odrůda je pěstována v pokusu minimálně 3 roky.

V pokusu byly sledovány tyto ukazatele: výnos hlavního a vedlejšího produktu (t/ha), průběh počasí – teplota vzduchu (°C), úhrn srážek (mm). Meteorologické údaje byly sledovány na meteorologické stanici umístěné v prostoru pokusné stanice Lukavec a Ivanovice.

4.4. Monitoring obsahu N_{min} v půdě

Pro účely monitoringu obsahů N_{min} v půdě jsou odebírány vzorky půdy v porostu ozimé pšenice, která následuje po okopanině. Odběry byly provedeny v období pozdního podzimu, tedy na počátku vegetačního klidu a po zimě velmi brzy na jaře před dávkou regeneračního hnojení. V rámci každého systému organického hnojení byly vybrány dvě intenzity minerálního hnojení N, jak je vidět na obr. 2.:

N0 – bez N hnojení, hnojeno jen P,K

N3 – 120 kg N/ha – z toho 40 kg N/ha základní dávka před setím, předplodina hnojena 150 kg N/ha

Obrázek 2: Schematické znázornění odběrových variant

N4				
N3				
N2				
N1				
N0				
0				
	bez organického hnojení	30 t/ha chlévský hnůj		sláma

Odebrané vzorky jsou udržovány v chladném prostředí a převezeny k okamžitému zpracování do laboratoře. Vzorky půdy jsou prosévány přes síto 2mm. Extrakce N_{min} z půdy byla provedena dle metodiky ÚKZÚZ (JPP: Analýza půd III, 2004), a sice hodinovým protřepáváním půdního vzorku v 1 % roztoku síranu draselného v poměru hmotnost půdy (m): V (vyluhovadla) = 1:5. Pro stanovení amonného (NH₄⁺-N) a nitrátového (NO₃⁻-N) dusíku je používán automatický kolorimetrický analyzátor SAN^{PLUS} System (firma Skalar, Holandsko).

4.5. Laboratorní zpracování

4.5.1. Brambory

Velikostní třídění – Při sklizni je odebrán vzorek z celých trsů brambor o přibližné celkové hmotnosti 5 kg (na celé hlízy). Vzorek hlíz je přesně zvážen a poté jsou jednotlivé hlízy roztříděny do tří velikostních kategorií: do 3cm, 3-7 cm, nad 7 cm. Třídění je prováděno pomocí destičky s kalibrovanými kruhovými otvory. U jednotlivých velikostních kategorií je stanovena hmotnost a počet hlíz. Následně je vypočteno poměrné zastoupení jednotlivých velikostních kategorií z celkového vzorku.

Stanovení škrobnatosti – Při sklizni je odebrán vzorek z celých trsů brambor o přibližné celkové hmotnosti 5 kg (na celé hlízy). Obsah škrobnatosti je měřen na Hošpes-Pecoldově váze, která je založena na výpočtu hmotnosti hlíz na suchu a ve vodě.

4.5.2. Cukrovka

Stanovení cukernatosti a obsah sodíku, draslíku a amino dusíku v řepné kaši – posíláno do certifikované laboratoře.

4.5.3. Pšenice ozimá

HTS – hmotnost tisíce semen, objemová hmotnost, podíl nad sítím 2,8 mm; 2,5 mm; 2,2 mm; 2 mm a propad

4.5.4. Ječmen ozimý

HTS – hmotnost tisíce semen, podíl nad sítím – 2,5 mm, 2,2 mm

4.6. Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení

Získané údaje z celého období trvání pokusu byly převedeny z papírových záznamů (především z prvních 15 let trvání pokusu) do digitální podoby. Data byla následně zpracována v programu MS Excel do sumárních tabulek, které pak sloužily k dalšímu zpracování. Grafické znázornění bylo provedeno v programu MS Excel.

Pro statistické hodnocení byl použit software 12 Statistica 12 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Byla použita popisná statistika, Anova – jednofaktorová a s intrakcemi (Tukeyho HSD test) a korelace (Pearsonův korelační koeficient).

5. Výsledky

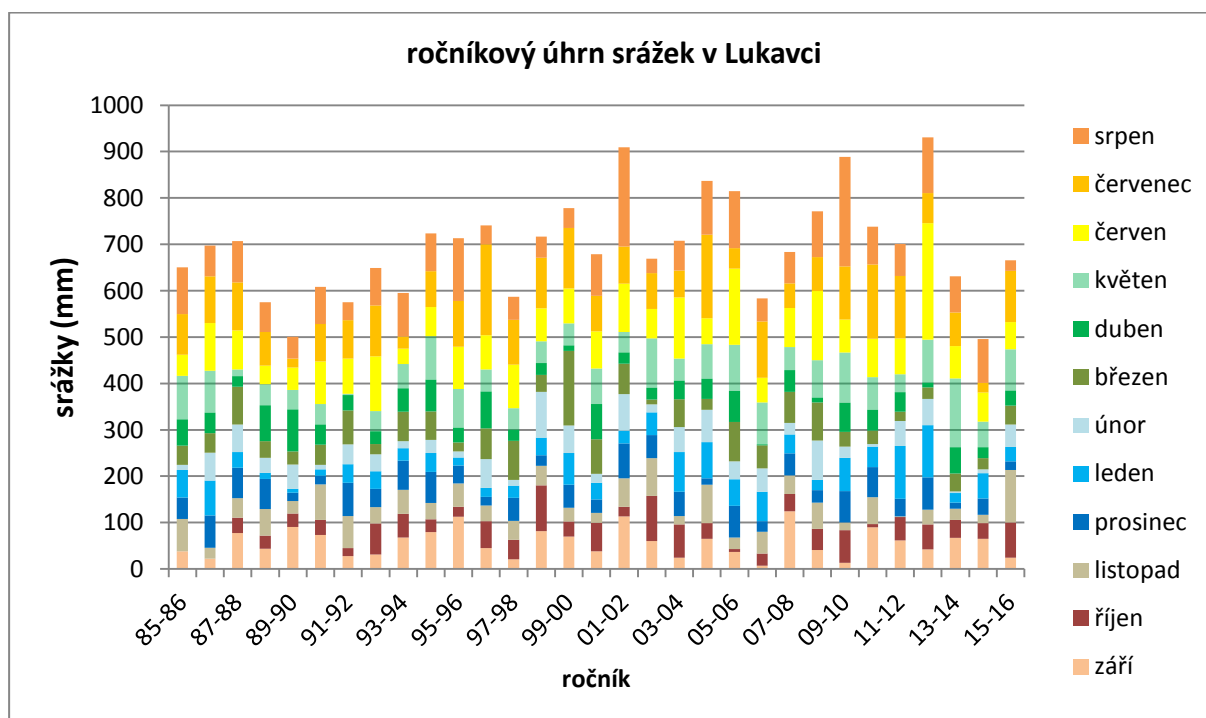
5.1. Počasí

5.1.1. Počasí v Lukavci

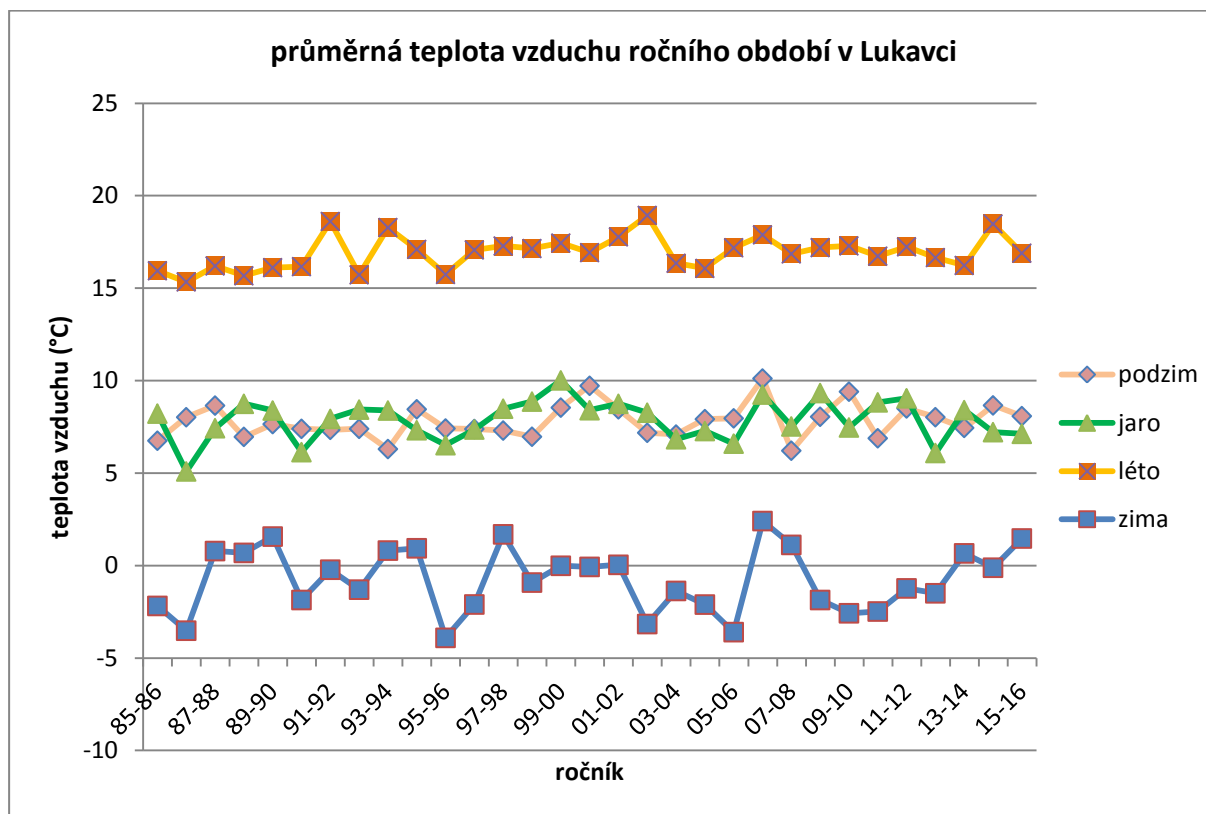
Výsledky vývoje počasí v jednotlivých ročnících jsou znázorněny v grafech 1 a 2. V grafu 2 jsou z důvodu větší přehlednosti uvedeny průměrné teploty za roční období. Průměrný úhrn srážek ve sledovaných ročnících činil 694,3 mm. Mezi jednotlivými roky však byla zjištěna vysoká míra variability. Rozdíl mezi nejvlhčím a nejsušším ročníkem činil 434,4 mm srážek. Nejvyšší úhrn srážek byl zaznamenán v ročníku 2012-2013, (930 mm), naopak největší sucho bylo v ročníku 2014/2015 – pouze 495,6 mm. Nejvlhčím měsícem byl červenec (91,4 mm), naopak nejnižší srážky byly zaznamenány v říjnu (40,9 mm).

Průměrná teplota vzduchu v Lukavci činila 7,96 °C. Nejteplejší ročník byl 2006/2007s průměrnou teplotou 9,9 °C. Naopak nejchladněji bylo v ročníku 1986/1987 kdy bylo naměřeno pouze 6,2 °C. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 17,74 °C, nejchladnější měsíc byl leden (-1,38 °C).

Graf 1: Lukavec-ročníkový úhrn srážek v za celé období polního pokusu



Graf 2: Lukavec – průměrné teploty ročních období ve sledovaných ročnících za celé období pokusu

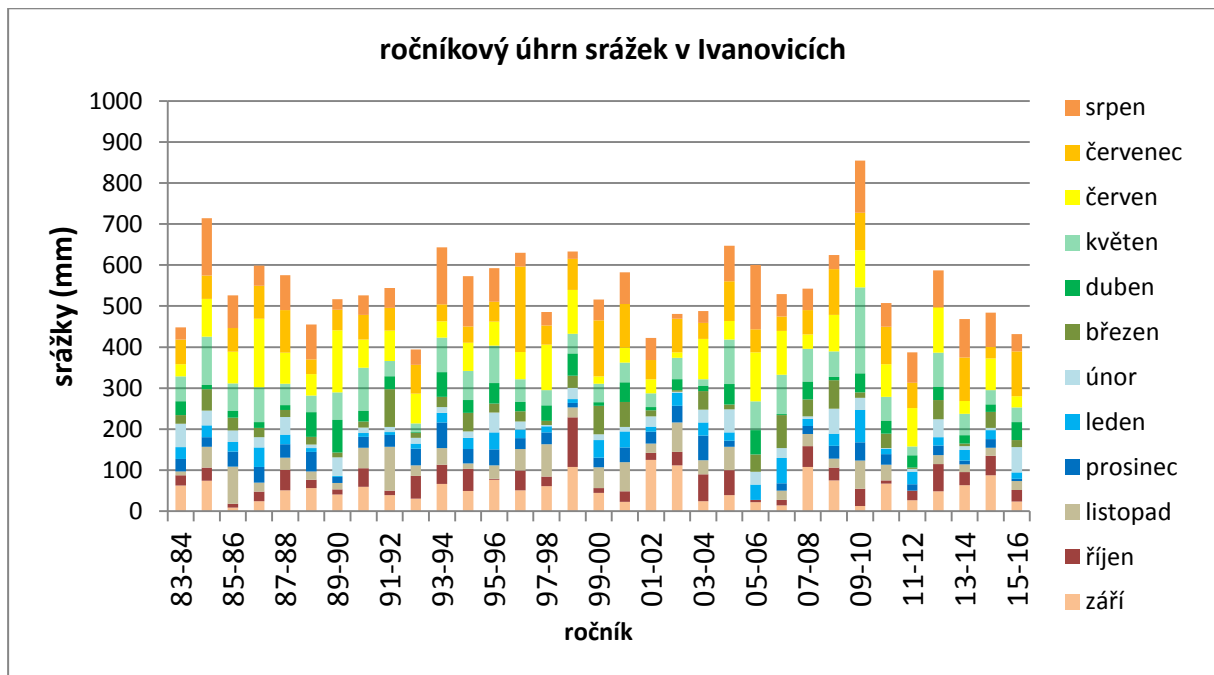


Průběh počasí v Ivanovicích

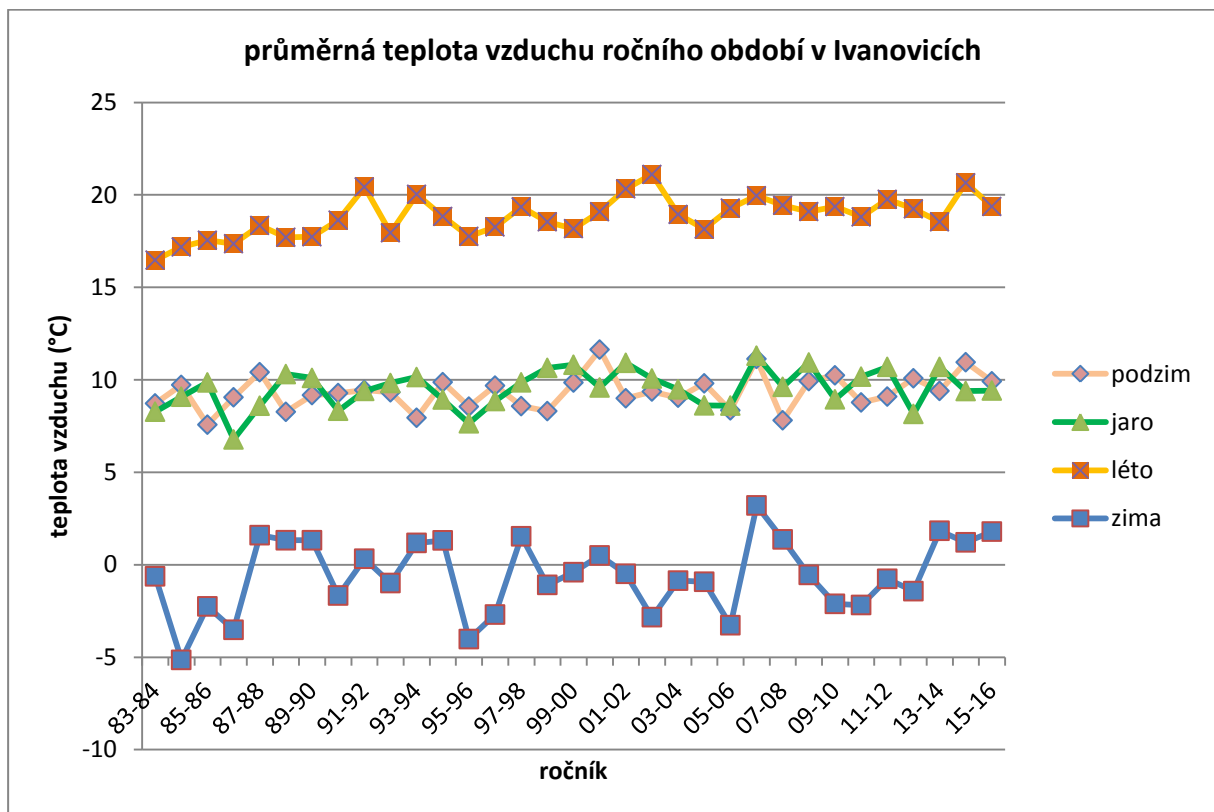
Průměrný ročníkový úhrn srážek ve sledovaném období činil 545,8 mm. Nejvíce srážek bylo zaznamenáno v ročníku 2009/2010 (854,9 mm), naopak nejméně přišlo v ročníku 2011/2012, kdy byl naměřen celkový úhrn srážek pouze 387,3 mm. Nejvyšší měsíční průměrný úhrn srážek byl naměřen v měsíci červnu (73,3 mm). Nejméně srážkově bohatým měsícem je únor s průměrným úhrnem 25,2 mm.

Průměrná teplota vzduchu za sledované období dosahovala 9,28 °C. Nejvyšší průměrné teploty vzduchu (11,4 °C) byly dosaženy v ročníku 2006/2007. Nejchladněji bylo v Ivanovicích v ročníku 1986/1987 s průměrnou teplotou vzduchu 7,42 °C. Nejteplejším měsícem je červenec (19,63 °C), nejchladnějším leden (-1,55 °C).

Graf 3: Ivanovice – úhrn srážek za celé období polního pokusu (září – srpen)



Graf 4: Ivanovice – průměrné teploty ročních období ve sledovaných ročnících za celé období pokusu



3.1.1. Porovnání obou stanovišť

Jak je patrné z Grafu 5, teplotní křivka v Ivanovicích vykazovala vyšší dynamiku během roku. Průměrná teplota vzduchu v Ivanovicích byla v měsíci lednu nižší, než v Lukavci, v dalších měsících až do října však byla teplota v Ivanovicích průměrně o 2 °C vyšší, než v Lukavci.

Průměrný úhrn srážek byl na stanici Lukavec ve všech měsících vyšší, než v Ivanovicích. Významný srážkový rozdíl mezi stanicemi je patrný především v zimních a letních měsících. Také rozložení srážek během roku je na obou stanicích rozdílné. Zimní měsíce (prosinec – únor) se na celkovém úhrnu podílely v Ivanovicích jen z 14,6 %, v Lukavci z 18,83 %. Procentické zastoupení v jarních a letních měsících na celkovém úhrnu srážek bylo na stejné úrovni. Podzimní srážky tvořily v Ivanovicích 23 %, v Lukavci jen 20,45 % z celkového úhrnu.

Rozdíly mezi stanicemi jsou patrné ve vývoji počasí během trvání polního pokusu. Celá třicetiletá řada byla rozdělena po dekádách:

I. 1986/1987 – 1995/1996

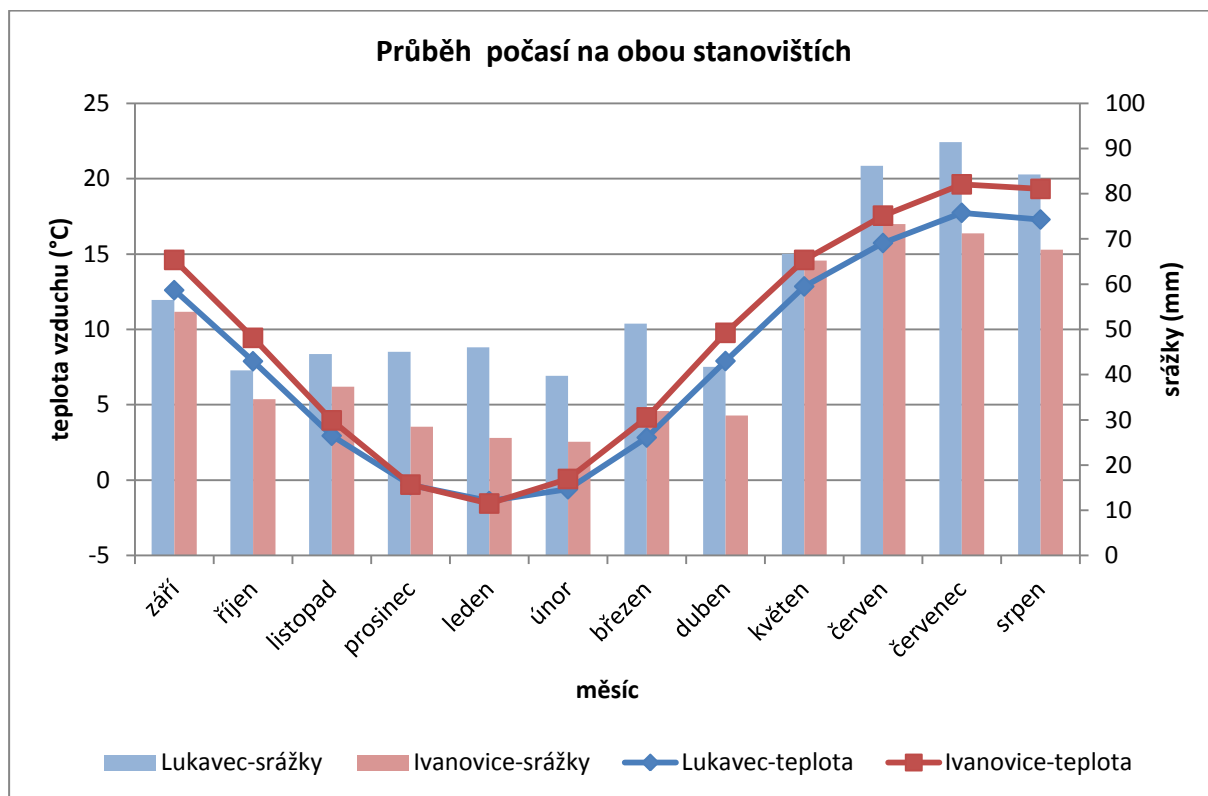
II. 1996/1997 – 2005/2006

III. 2006/2007 – 2015/2016

Na obou stanovištích byl zaznamenán nárůst průměrné teploty vzduchu mezi jednotlivými dekádami. V Lukavci byla v první dekádě průměrná teplota vzduchu 7,8 °C, ve druhé 8 °C, ve třetí 8,23 °C. V Ivanovicích bylo v první dekádě naměřeno 9,08 °C, ve druhé 9,29 °C, ve třetí 9,83 °C.

Rozdíly mezi dekádami byly zaznamenány i v případě průměrného úhrnu srážek. Na obou stanovištích byl nejnižší úhrn srážek zaznamenán v první dekádě, druhá dekáda představovala nárůst srážek a ve třetí dekádě došlo k poklesu. Mezi oběma stanicemi je patrný rozdíl. Úhrn srážek v Ivanovicích se mezi dekádami významně neliší (I. – 540mm; II.- 548 mm; III. – 541,7 mm), v Lukavci je rozdíl velmi vysoký (I. – 636 mm; II. – 743,8 mm; III. – 708,8 mm).

Graf 5: Průběh průměrné teploty vzduchu (°C) a úhrnu srážek (mm) na stanovištích Lukavec a Ivanovice



5.2. Pšenice ozimá

5.2.1. Ozimá pšenice v Lukavci

Jak bylo uvedeno v metodice, ozimá pšenice následuje v polním pokusu IOSDV po hnojem hnojené okopanině. Na stanici Lukavec po bramborách. V tab. 4 jsou uvedeny názvy odrůd ozimé pšenice, které byly pěstovány v průběhu pokusu.

Tabulka 4: Odrůdy ozimé pšenice na stanici Lukavec

odrůda	počet let	období
Zdar	9	1985-1993
Sida	3	1994-1996
Siria	6	1997-2002
Contra	1	2003
Rheia	3	2004-2006
Cubus	10	2007-2016

5.2.1.1. Výnos zrna

Výnos zrna ozimé pšenice v Lukavci byl ovlivňován celou řadou faktorů, které působily na konečný výnos různou měrou. Výnos zrna byl z 24,97 % ovlivněn ročníkem, z 5,27 % odrůdou, 1,52 % organickým hnojením a 59,09 % minerálním hnojením.

Tabulka 5: Průměrné výnosy zrna (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými systémy organického hnojení v Lukavci

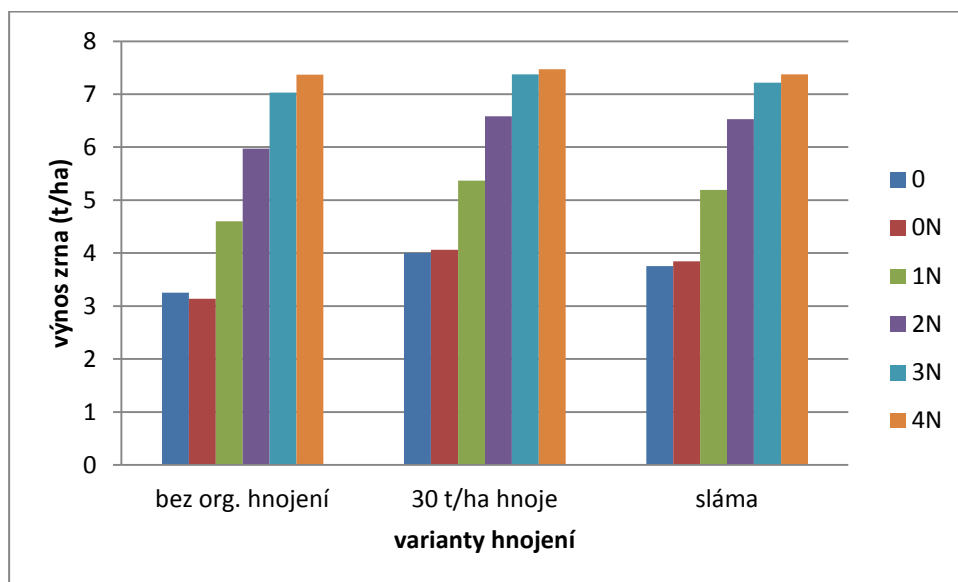
Organické hnojení	Výnos zrna
bez organického hnojení	5,27 ^b
sláma	5,68 ^a
30 t/ha hnoje	5,83 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^{a,b} a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Byl zjištěn významný rozdíl ve výnosu zrna pšenice mezi organicky nehnojeným systémem a organicky hnojenými systémy. Významný rozdíl ve výnosu zrna nebyl nalezen mezi systémy organického hnojení sláma a 30 t/ha hnoje (tab.5)

Jak je patrné z grafu 6, reakce na přihnojení minerálními dusíkatými hnojivy byla v průměru ve všech systémech organického hnojení pozitivní až do nejvyšších stupňů hnojení. Mezi variantami 3N a 4N se však již nebyl nalezen významný rozdíl ve výnosu (tab. 7). Ukazuje se, že s aplikací vysokými dávkami minerálních dusíkatých hnojiv se stíral rozdíl mezi organicky hnojenými variantami a organicky nehnojenou kontrolou. Významné rozdíly je však možné pozorovat na minerálně nehnojených kontrolách a také ještě na prvních dvou stupních hnojení dusíkem. Mezi variantami 0 a 0N nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve výnosu zrna.

Graf 6: Průměrné výnosy zrna ozimé pšenice za celou dobu trvání pokusu (1985-2016) na stanici Lukavec



Mezi variantami hnojenými hnojem a slámou s meziplodinou nebyl zaznamenán významný rozdíl v průměrném výnosu zrna ve všech stupních minerálního hnojení.

Jak je znázorněno v grafu 7., významnou měrou na výnos zrna se ukázal být faktor ročníku. Graf ukazuje vývoj výnosu zrna ozimé pšenice během celého období polního pokusu. Z důvodu větší přehlednosti byly vybrány dvě krajní varianty (0 a 4N) v rámci každého systému organického hnojení. Pro lepší názornost byl také vybrán spojnicový typ grafu, ačkoliv u výnosu zrna mezi roky se nejedná o spojitou funkci.

Statisticky průkazné rozdíly v průměrném výnosu zrna nebyly nalezeny mezi odrůdou Sida, Siria, Cubus, dále pak mezi odrůdami Contra, Rheia, Zdar a mezi odrůdou Cubus a Contra (Tab. 6). K této tabulce je nutné dodat upřesnění. Jak již bylo uvedeno v Tab.4, odrůdy byly pěstovány po sobě v různých ročnících a nestejně dlouhou dobu. Získané výsledky tedy nelze interpretovat jako konfrontační, neboť odrůdy nebyly pěstovány za stejných podmínek. Uvedená data pouze pomáhají upřesnit celkový obraz o vývojových trendech ve výnosech ozimé pšenice. Podobné dokreslení bude uvedeno i u dalších plodin.

Tabulka 6: Průměrné výnosy zrna (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými odrůdami pšenice ozimé na stanici Lukavec

Odrůda	Výnos
Sida	5,09 ^a
Siria	5,10 ^a
Cubus	5,22 ^{ac}
Contra	5,88 ^{bc}
Rheia	5,95 ^b
Zdar	6,27 ^b

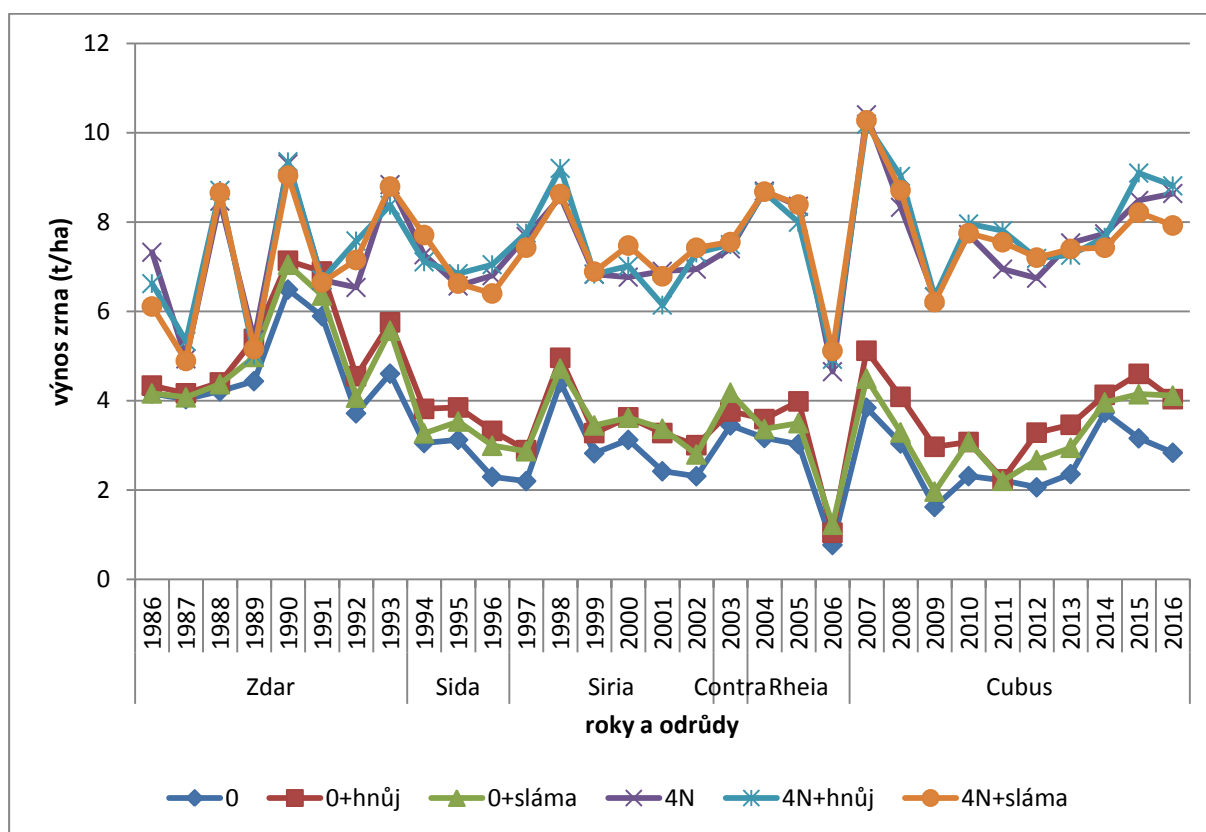
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry označené různými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 7: Průměrné výnosy zrna (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými dávkami minerálního hnojení na stanici Lukavec

Minerální hnojení	Výnos zrna
0	3,67 ^a
0N	3,68 ^a
1N	5,05 ^c
2N	6,36 ^d
3N	7,21 ^b
4N	7,41 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry označené různými indexy ^{a,b,c,d} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Graf 7: Vývoj průměrných výnosů zrna ozimé pšenice u nehnojených kontrol a nejvíce hnojených variant N4 na stanici Lukavec



U variant minerálně nehnojených je zřejmý rozdíl mezi systémy organického hnojení. Organicky nehnojená varianta vykazovala téměř ve všech letech nejnižší výnos zrna. Varianty

hnojené hnojem a slámou se ve výnosech zrna mezi sebou odlišovaly v závislosti na průběhu počasí v daném roce.

U nejvíce hnojené varianty 4N se rozdíl mezi systémy organického hnojení podstatně zmenšil.

Z grafu je však patrná obrovská meziročníková variabilita ve výnosech zrna. Největší rozdíl byl zaznamenán mezi ročníky 2006 a 2007, kdy na nejvíce hnojených variantách byl meziročníkový rozdíl větší než 5 t/ha. S přibývajícimi roky vedení pokusu se také více projevoval vliv dlouhodobého působení stejného managementu hnojení na pokusné parcely. V prvních osmi letech se rozdíl mezi hnojenými a nehnojenými variantami neprojevovaly tak významně, jako ve druhé a třetí dekádě polního pokusu.

Pro podrobnější analýzu vlivu ročníku na výnos zrna byly použity záznamy o průměrné teplotě vzduchu a sumárnímu úhrnu srážek za daný ročník. Data byla vztažena k vývojovému cyklu ozimé pšenice, tedy od září (rok výsevu) do srpna (rok sklizně). Data byla rozdělena do 5 tříd. Krajiní hodnoty pro zvolené třídy byly odvozeny od průměrné hodnoty hodnocené veličiny za ročník (tab. 8).

Tabulka 8: Rozdělení ročníků dle ročního úhrnu srážek a průměrné teploty vzduchu na stanici Lukavec

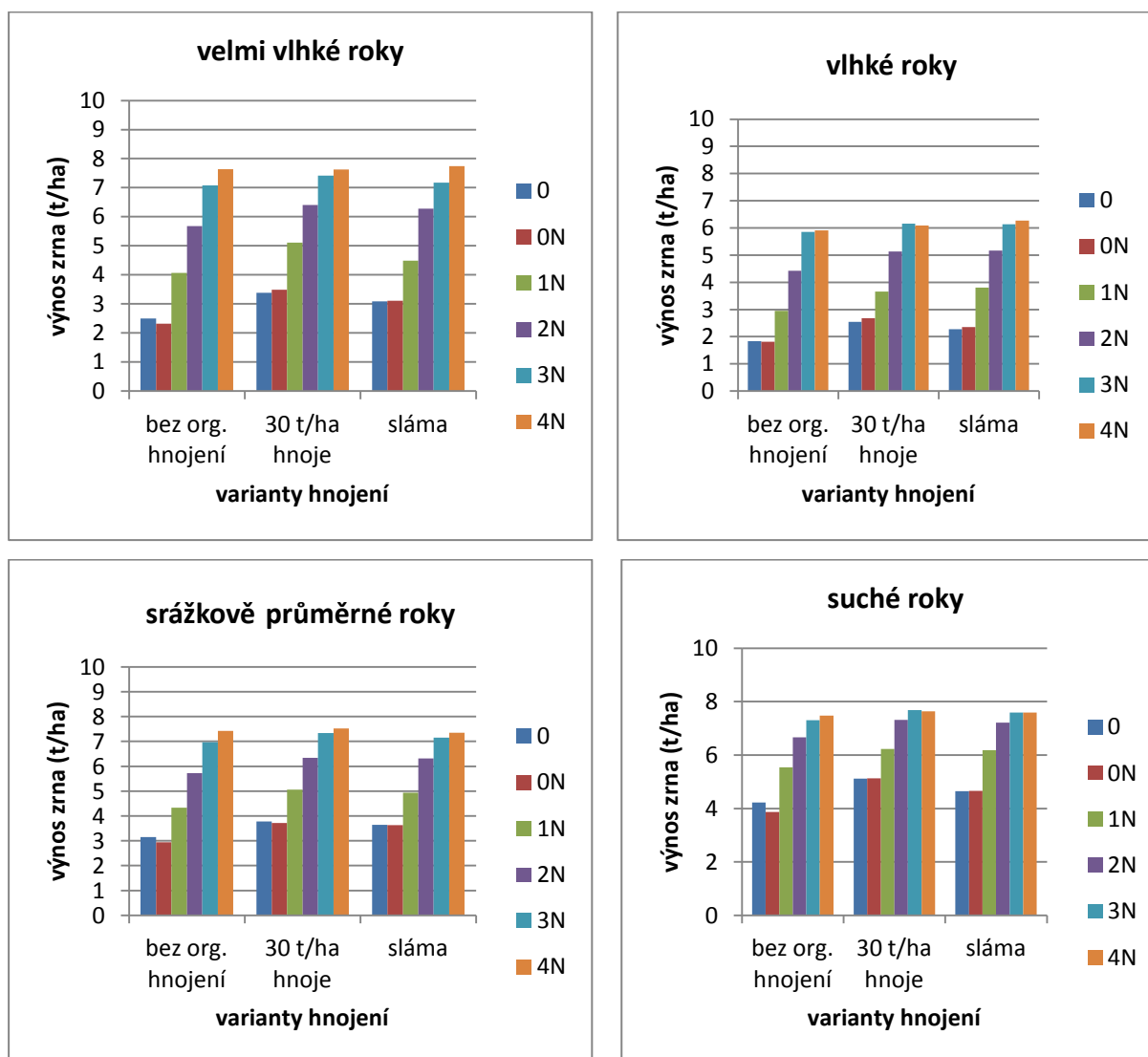
úhrn srážek	mm	% z Ø hodnoty	prům. teplota vzduchu	% z Ø hodnoty	°C
velmi vlhký	nad 833	nad 120 %	velmi teplý	nad 115 %	nad 9,2
vlhký	765-833	110-120 %	teplý	105-115 %	8,5-9,2
průměrný	626-764	90-110 %	průměrný	95-105 %	7,6-8,4
suchý	555-625	80-90 %	chladný	85-95 %	6,8-7,5
velmi suchý	pod 555	pod 80 %	velmi chladný	pod 85 %	pod 6,8

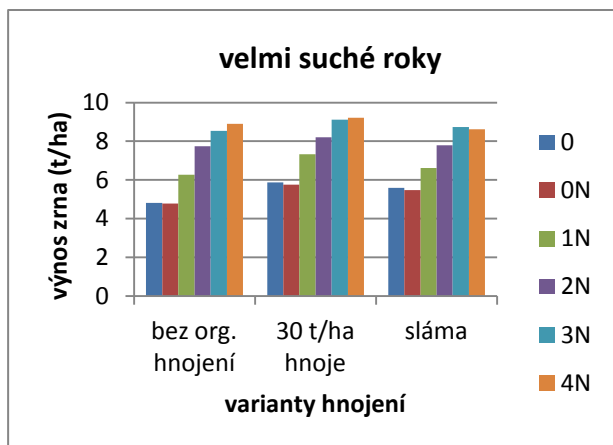
Rozdělení dle ročního úhrnu srážek

Roční úhrn srážek ovlivňoval výnos zrna poměrně výrazně. Rozdíly jsou patrné jak v dosažených hodnotách výnosu, tak i v relativním porovnání mezi variantami. Nejnižších výnosů zrna pšenice bylo dosaženo ve vlhkých letech (graf 8). Nejnižší výnos v porovnání s ostatními třídami byl zaznamenán na všech variantách hnojení. Vlhké roky se vyznačovaly

nízkou dynamikou zvýšení výnosu na minerálně hnojených variantách. Nejvyšší výnosy na minerálně nehnojených kontrolách byly zaznamenány na variantách hnojených hnojem k předplodině. Na minerálně hnojených variantách 3N a 4N, se však vliv organického hnojení neprojevil.

Graf 8: Výnosy zrna ozimé pšenice v letech s rozdílnými ročními úhrny srážek v Lukavci

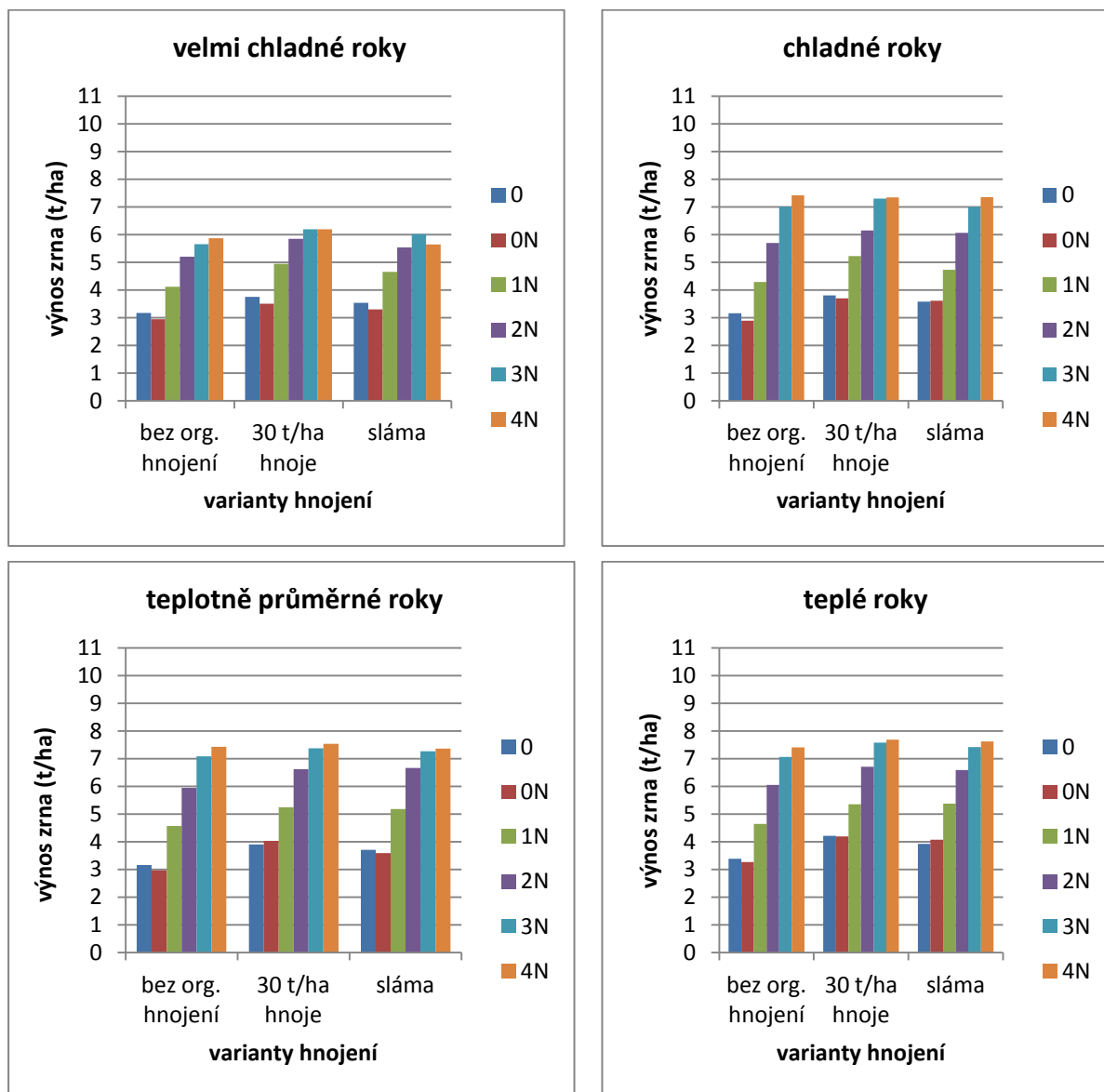


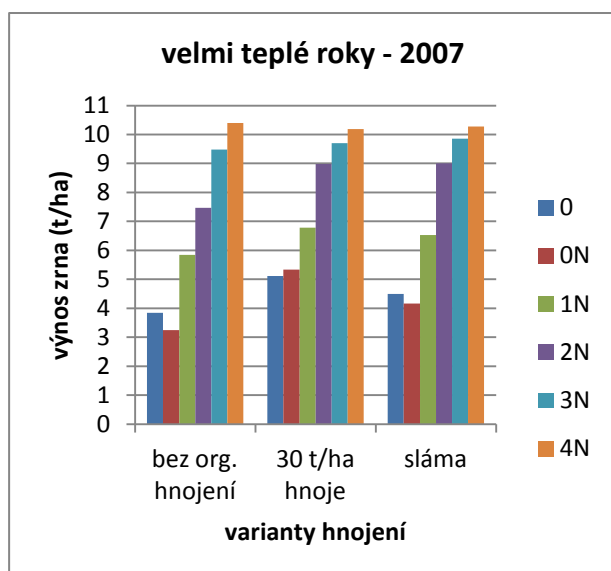


Z uvedených dat z grafu 8 vyplývá, že se stoupajícím množstvím srážek, klesá výnos zrna pšenice. Nejvyšší výnosy byly dosaženy ve velmi suchých letech a naopak vlhké a velmi vlhké roky patří k výnosově nejslabším. Nejvýrazněji se tento trend ukazuje u minerálně nehnojených kontrol, kde rozdíly mezi velmi suchými a vlhkými roky dosahovaly 100 %. S vyšší dávkou N hnojiva se rozdíl ve výnosu zrna zmenšoval.

Rozdělení podle teploty vzduchu v Lukavci

Graf 9: Výnosy zrna ozimé pšenice v letech s rozdílnými průměrnými teplotami vzduchu (t/ha) v Lukavci





Na grafu 9 je znázorněno, že se stoupající průměrnou roční teplotou vzduchu, vzrůstají výnosy zrna. Nejvýrazněji je tato skutečnost vidět na minerálně nehnojených variantách v organicky hnojených systémech (sláma a hnůj). Se zvyšující teplotou byl také zaznamenán rozdíl v nárůstu výnosu u varianty 4N u všech organických systémů.

5.2.1.2. Hmotnost tisíce semen (HTS)

Hmotnost tisíce semen byla značně ovlivněna výběrem odrůdy. Průkazné rozdíly byly nalezeny mezi téměř všemi pěstovanými odrůdami. Významný rozdíl v HTS nebyl nalezen pouze mezi odrůdou Sida a Zdar. Nejvyšší HTS byla zjištěna u odrůdy Rheia (51,84 g), další odrůdy vykazovaly hodnoty HTS výrazně nižší (tab. 9, graf 10). **Doplnit stejně jako u výnosu procentické vyjádření (ANOVA) – vlivy na HTS**

Tabulka 9: HTS (g) - průměrné hodnoty a rozdíly mezi jednotlivými odrůdami pšenice ozimé, stanice Lukavec

Odrůda	HTS
Contra	39,57 ^b
Siria	43,12 ^c
Cubus	43,74 ^d
Sida	45,05 ^a
Zdar	45,30 ^a
Rheia	51,84 ^e

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny indexy ^{a,b,c,d,e} a jsou statisticky průkazné pro $p < 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 10: HTS – průměrné hodnoty a rozdíly mezi jednotlivými systémy organického hnojení, pšenice ozimá, stanice Lukavec

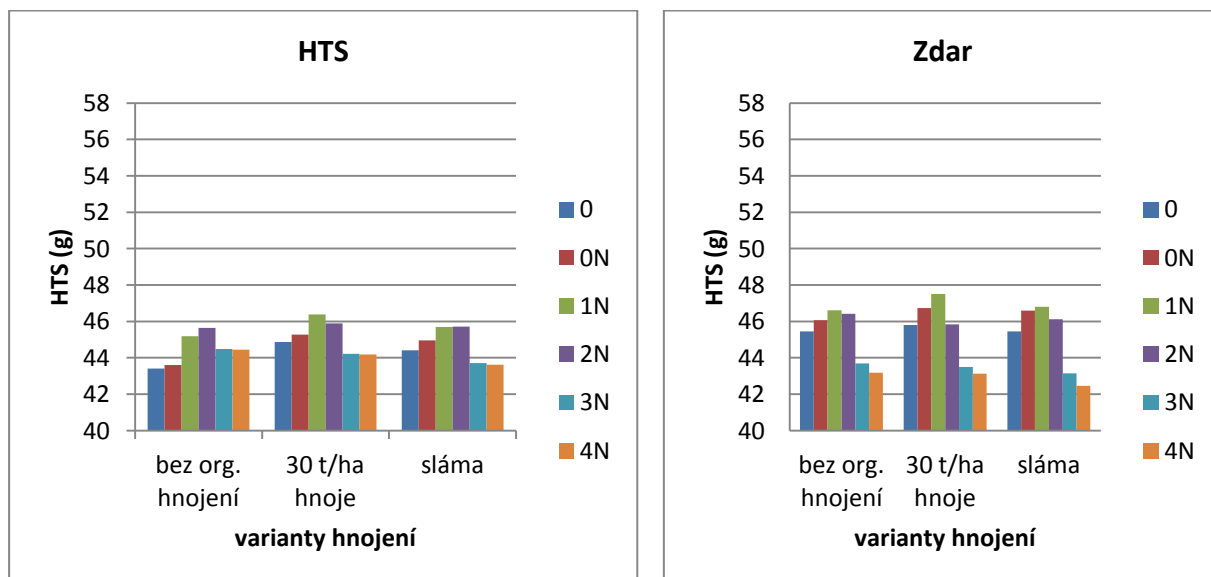
Organické hnojení	HTS (g)
Bez org. hnojení	44,4 ^a
Sláma	44,6 ^a
30 t/ha hnoje	45,1 ^b

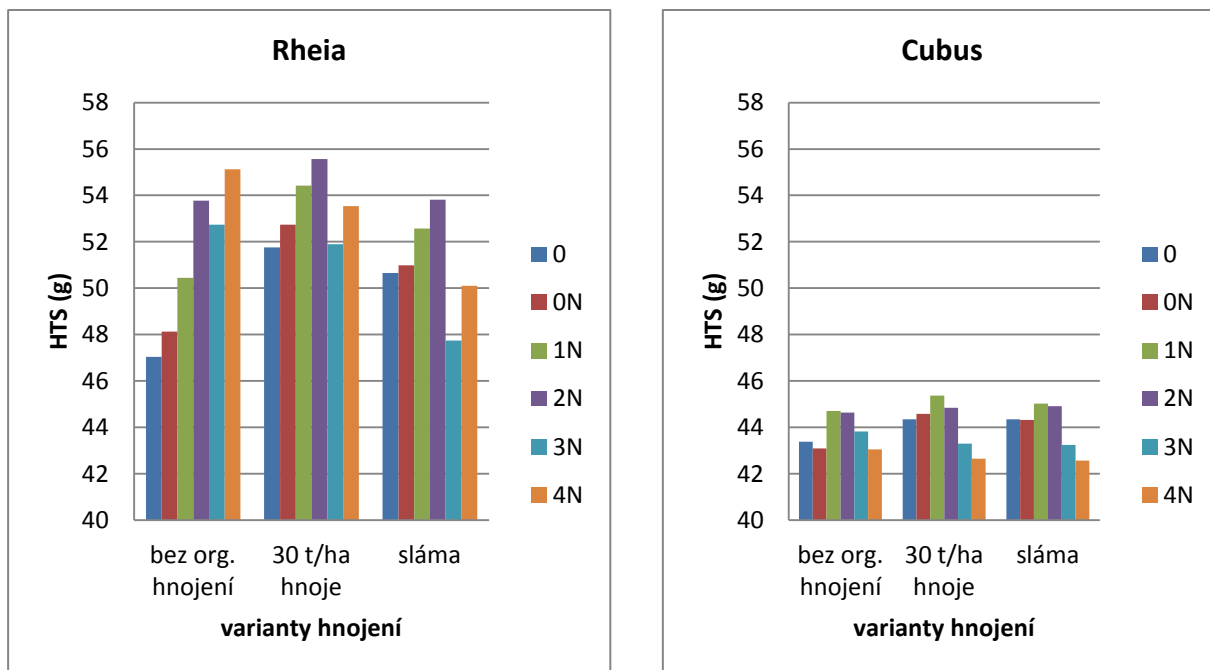
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny indexy ^{a,b} a jsou statisticky průkazné pro $p < 0,05$ (Tukey test)

Byl prokázán významný rozdíl v HTS mezi systémy organického hnojení. Významně vyšší HTS vykazovaly varianty pěstované v systému hnojeném hnojem k předplodině. Mezi systémy Sláma a Bez organického hnojení nebyl v HTS zjištěn průkazný rozdíl.

Minerální hnojení působilo na HTS pozitivně pouze do varianty 2N, vyšší dávky N hnojiv pak již působily na HTS negativně (graf 10).

Graf 10: Hmotnost tisíce semen ozimé pšenice v Lukavci – průměr za celou dobu pokusu a rozdíly mezi vybranými odrůdami

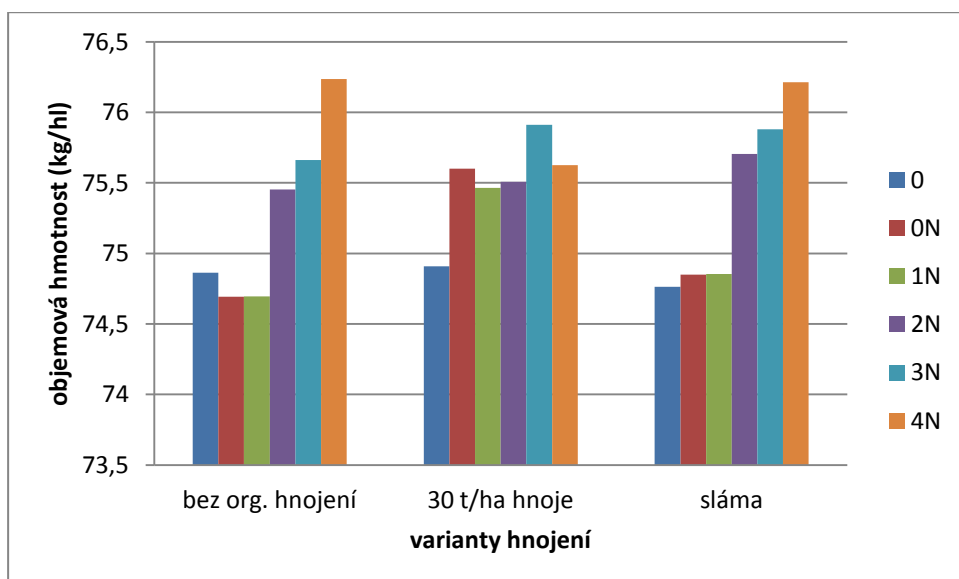




5.2.1.4. Objemová hmotnost

Jak je patrné z grafu 11, pšenice reagovala na vyšší dávky N hnojiv pozitivně až do úrovně 4N u systémů bez organického hnojení a sláma. Jiný průběh vykazovaly varianty hnojené hnojem k předplodině. Mezi variantami 0N a 4N nebyl zaznamenán rozdíl a minerální hnojení nemělo na objemovou hmotnost žádný vliv (graf 11).

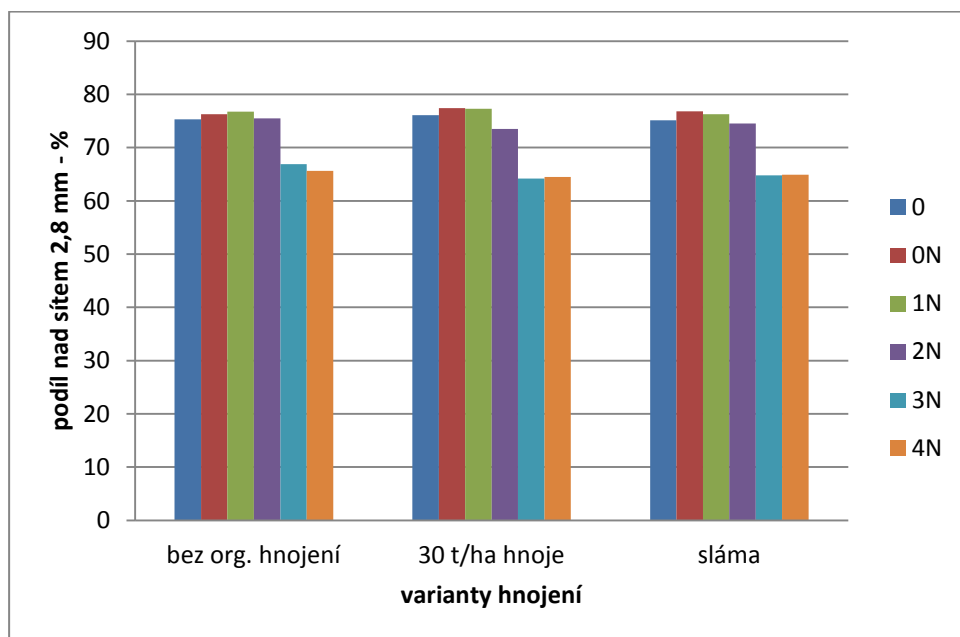
Graf 11: průměrná objemová hmotnost zrna ozimé pšenice, stanice Lukavec



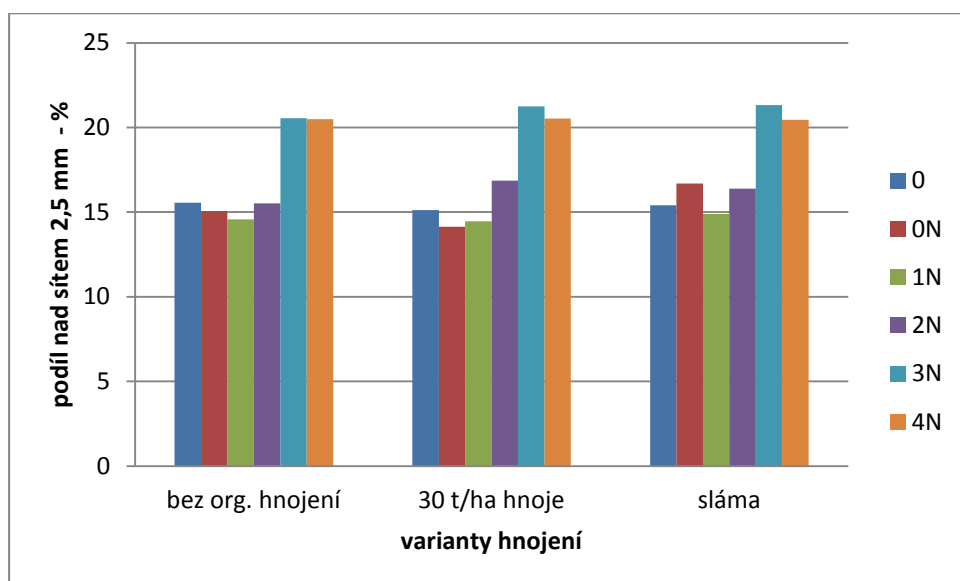
5.2.1.5. Podíl nad sítím- třídění dle velikosti síta 2,8 mm, 2,5 mm a 2,2 mm

Mezi systémy organického hnojení nebyl zaznamenán rozdíl v podílu zrna nad sítím. Hodnoty mezi jednotlivými systémy jsou téměř identické. Byl zjištěn vliv minerálního hnojení. Varianty 3N a 4N vykazovaly nižší zastoupení nad sítím 2,8 mm, než varianty 0 až 2N. Na sítích 2,5mm a 2,2 mm naopak bylo jejich zastoupení vyšší (grafy 12-14).

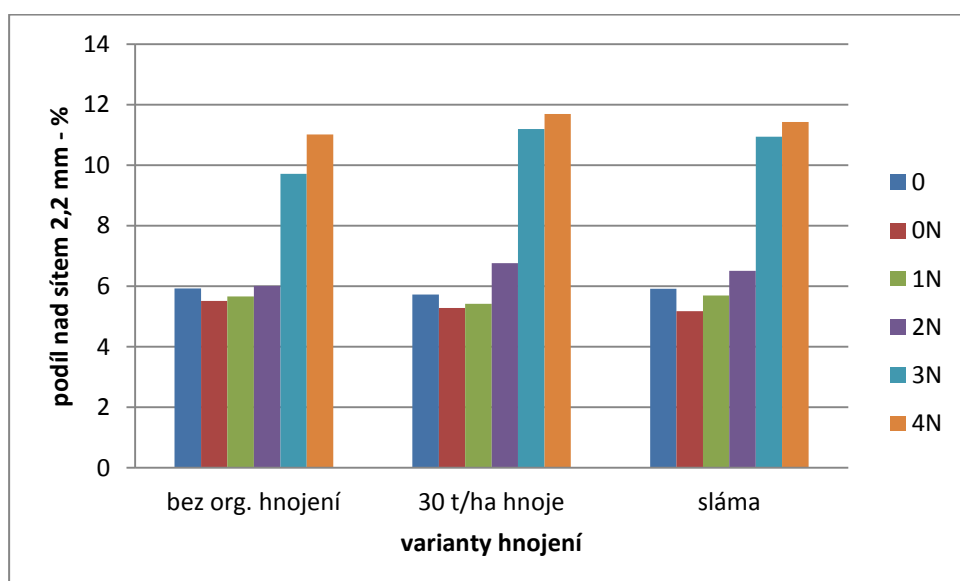
Graf 12: Podíl nad sítím 2,8 mm – ozimá pšenice, stanice Lukavec



Graf 13: Podíl nad sítím 2,5 mm – ozimá pšenice, stanice Lukavec



Graf 14: Podíl nad sítím 2,2 mm – ozimá pšenice, stanice Lukavec



5.2.1.6. Výnos slámy

Výnos slámy úzce souvisí s délkou rostlin a počtem stébel. Byl zjištěn významný rozdíl ve výnosu slámy mezi odrůdou Zdar (8,53 t/ha) a ostatními odrůdami (tab. 11).

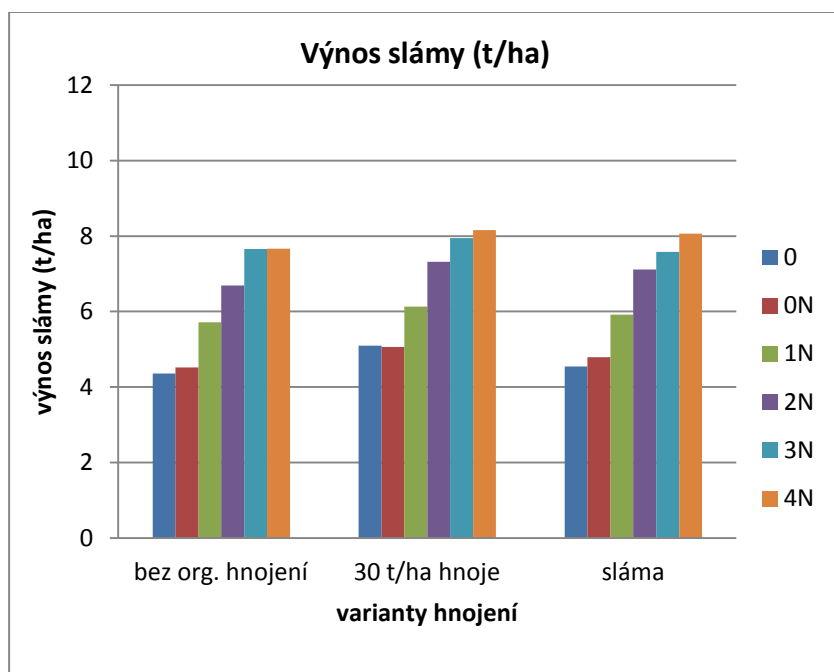
Tabulka 11: Průměrné výnosy slámy (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými odrůdami pšenice ozimé, stanice Lukavec

Odrůda	Výnos slámy
Contra	5,07 ^a
Cubus	5,69 ^a
Rheia	5,75 ^a
Sida	5,94 ^a
Siria	6,63 ^a
Zdar	8,53 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Významný rozdíl v průměrném výnosu slámy byl nalezen mezi variantou organického hnojení 30 t/ha hnoje a bez organického hnojení (Tabulka 12).

Graf 15: Průměrné výnosy slámy ozimé pšenice, stanice Lukavec



Tabulka 12: výnos slámy (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými systémy organického hnojení, ozimá pšenice, stanice Lukavec

Organické hnojení	Výnos slámy
bez organického hnojení	6,39 ^a
sláma	6,80 ^{ab}
30 t/ha hnoje	7,08 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými písmennými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Významný rozdíl v průměrném výnosu slámy nebyl nalezen mezi variantou minerálního hnojení 0 a 0N a dále pak nebyl nalezen významný rozdíl mezi variantou 1N a 2N a mezi variantou 2N, 3N a 4N (Tab. 13).

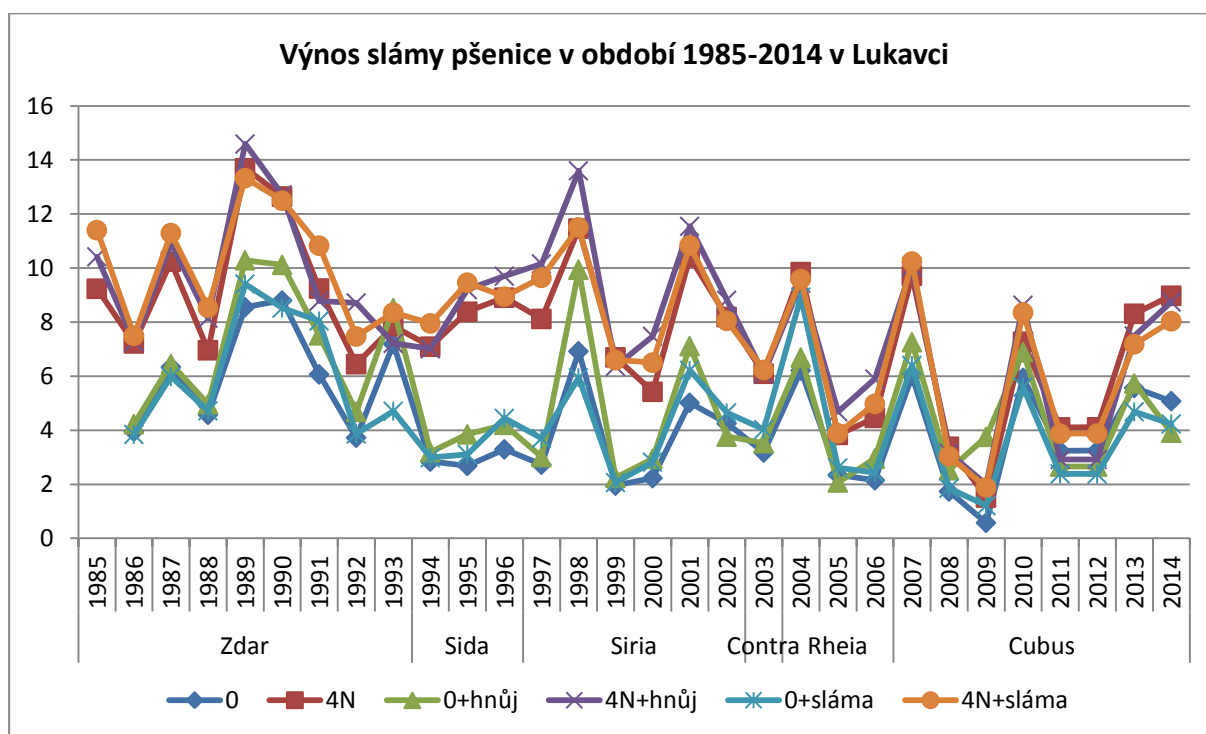
Tabulka 13: průměrné výnosy slámy (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými variantami minerálního hnojení

Minerální hnojení	Výnos slámy
0N	5,15 ^b
0	5,28 ^b
1N	6,51 ^c
2N	7,27 ^{ac}
3N	8,02 ^a
4N	8,26 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Z grafu 16 je i přes vysokou meziročníkovou variabilitu patrný klesající trend ve výnosu slámy jak u nehnojených kontrol, tak i u minerálně hnojených variant. Ten je pravděpodobně způsoben pěstováním krátkostébelných odrůd.

Graf 16: Výnos slámy ozimé pšenice v období 1985 – 2014 v Lukavci



5.2.2. Ozimá pšenice v Ivanovicích na Hané

V Ivanovicích na Hané byl pokus zahájen o rok dříve, než v Lukavci. V období 1999 – 2003 byla ozimá pšenice nahrazena jarní formou (odrůdy Sandra a Saxana, tab. 14).

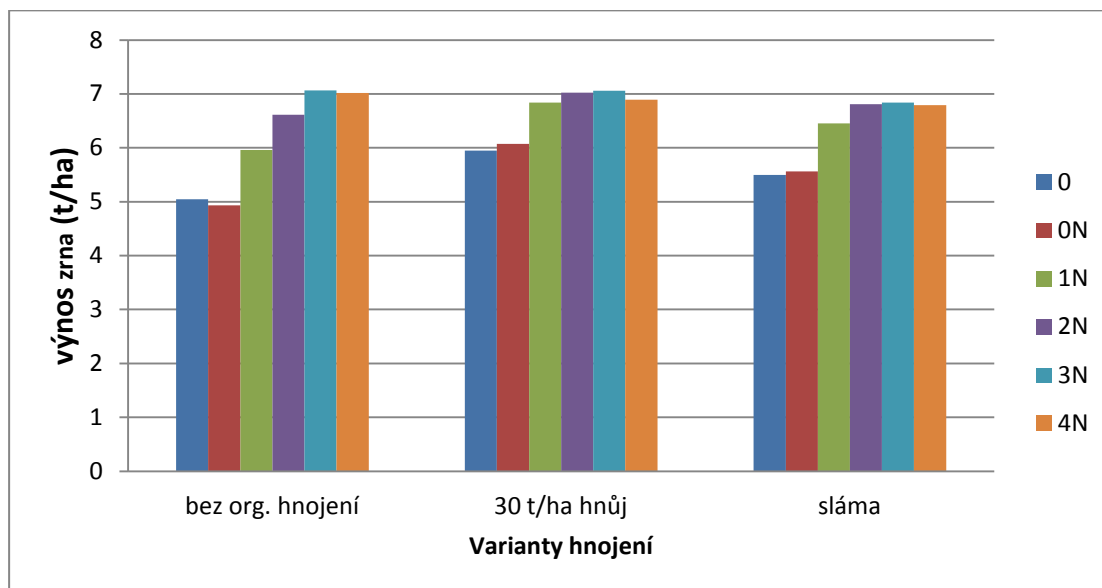
Tabulka 14: Odrůdy ozimé pšenice pěstované v období 1984-2016 na stanici Ivanovice na Hané

odrůda	počet let	období
Sabina	2	1984-1985
Zdar	13	1986-1998
Sandra	3	1999-2001
Saxana	2	2002-2003
Rheia	4	2004-2007
Cubus	9	2008-2016

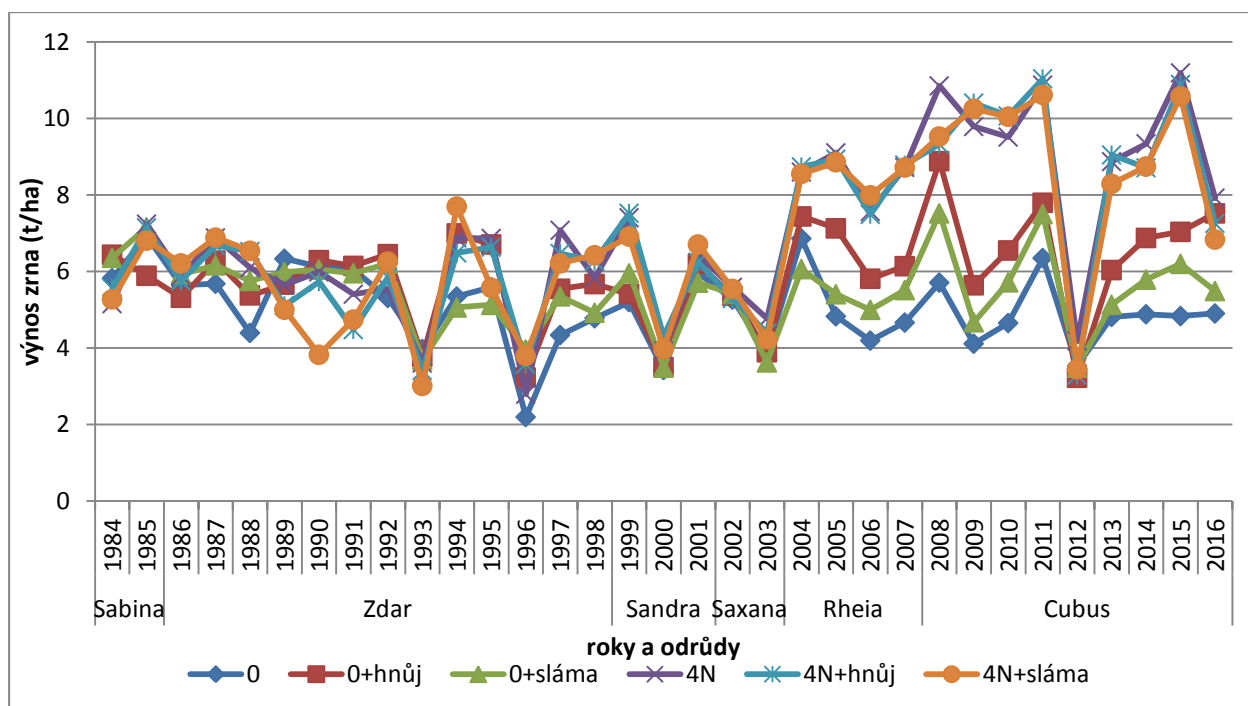
5.2.2.1. Výnos zrna ozimé pšenice v Ivanovicích na Hané

Výnos zrna ozimé pšenice v Ivanovicích byl ovlivněn několika faktory různou měrou. Ze 61,69 % měl vliv ročník, z 1,37 % organické hnojení a z 11,23 % minerální hnojení.

Graf 17: Výnos zrna ozimé pšenice v Ivanovicích – průměr za celou dobu trvání pokusu



Graf 18: Vývoj výnosů zrna ozimé pšenice v Ivanovicích v období 1984-2016



Středně silná pozitivní korelace $r = 0,33$ byla nalezena mezi ročníkem a výnosem, středně slabá pozitivní korelace byl nalezen mezi minerálním hnojením a výnosem $r = 0,22$. Slabá pozitivní korelace byla nalezena mezi výnosem a organickým hnojením $r = 0,076$. Negativní slabá korelace byla zjištěna mezi výnosem a opakováním $r = -0,055$ (Tabulka 15).

Tabulka 15: Přehled korelačních koeficientů (r) mezi výnosem pšenice ozimé, roky, organickým hnojením, minerálním hnojením a opakováním při daném počtu bodů N = 1782

Proměnná	výnos
rok	0,33*
organické hnojení	0,08*
minerální hnojení	0,22*
opakování	-0,06*

*statisticky významné pro $p \leq 0,05$

Nejvyššího průměrného výnosu dosáhly obě posledně pěstované odrůdy Cubus (7,56 t/ha) a Rheia (7,37 t/ha). Nejnižší průměrné výnosy dosahovaly obě jarní odrůdy Sandra a Saxana. Významné rozdíly ve výnosu zrna nebyly zjištěny mezi pěstovanými odrůdami Saxana a Sandra, dále pak mezi odrůdou Sandra a Zdar a odrůdami Rheia a Cubus (Tabulka 16).

Tabulka 16: Průměrné výnosy zrna (t/ha) a rozdíly mezi odrůdami pšenice ozimé a pšenice jarní v t/ha, stanice Ivanovice

Odrůda	Výnos
Saxana	5,01 ^a
Sandra	5,64 ^{ab}
Zdar	5,99 ^b
Rheia	7,37 ^c
Cubus	7,56 ^c

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Byl zjištěn významný rozdíl ve výnosu zrna mezi systémem organického hnojení – 30 t/ha hnoje k předplodině (6,64 t/ha) a systémy bez organického hnojení (6,11 t/ha) a sláma (6,33 t/ha). Významné rozdíly ve výnosu zrna nebyly nalezeny mezi variantou organického hnojení, sláma a bez organického hnojení (Tabulka 17).

Tabulka 17: Průměrné výnosy zrna (t/ha) pšenice ozimé a rozdíly mezi jednotlivými systémy organického hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	Výnos
bez organického hnojení	6,11 ^a
sláma	6,33 ^a
30 t/ha hnoje	6,64 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Ozimá pšenice reagovala pozitivně na minerální hnojení N pouze do úrovně 2N. Vyšší dávky N hnojiv pak již nezpůsobili průkazný rozdíl ve výnosu zrna. Významné rozdíly ve výnosu zrna také nebyly nalezeny mezi dávkami hnojení 0 a 0N. Mezi variantami hnojení 4N a 3N není významný rozdíl ve výnosu zrna (Tabulka 18).

Tabulka 18: Průměrné výnosy zrna (t/ha) pšenice ozimé a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení v Ivanovicích n. H.

Minerální hnojení	Výnos
0	5,50 ^b
0N	5,52 ^b
1N	6,42 ^c
2N	6,82 ^{ac}
4N	6,90 ^a
3N	6,99 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Sledované roky byly rozděleny do pěti tříd dle ročního úhrnu srážek a průměrné teploty vzduchu. Celé spektrum dat bylo rozříděno do pěti tříd. Hranice tříd jsou odvislé od průměrné hodnoty sledované veličiny (tab. 19).

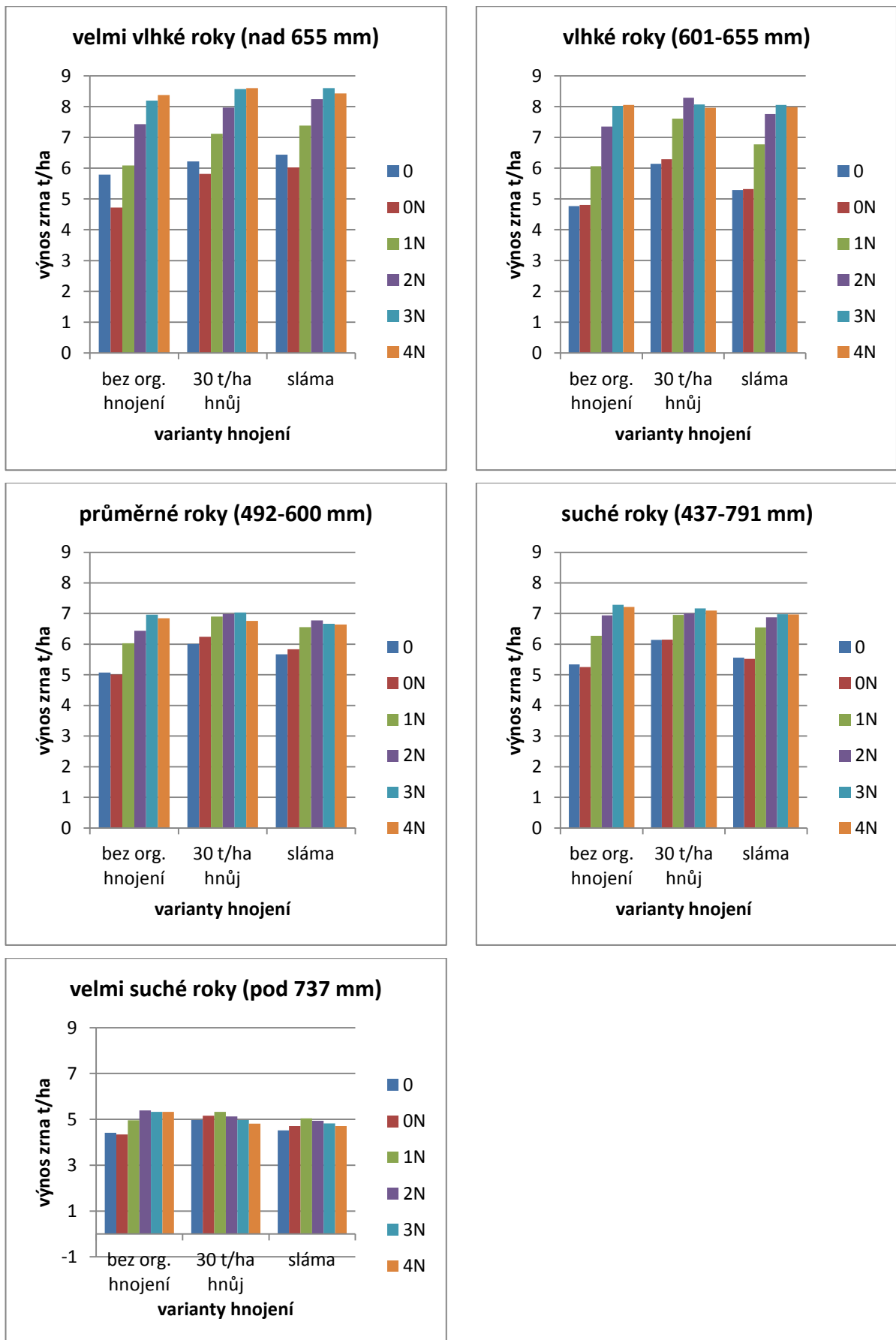
Tabulka 19: Rozdělení ročníků dle ročního úhrnu srážek a průměrné teploty vzduchu na stanici Ivanovice na Hané

úhrn srážek	mm	% z $\bar{\varnothing}$ hodnoty	prům. teplota vzduchu	% z $\bar{\varnothing}$ hodnoty	°C
velmi vlhký	nad 655	nad 120 %	velmi teplý	nad 115 %	nad 10,6
vlhký	601-655	110-120 %	teplý	105-115 %	9,7-10,6
průměrný	492-600	90-110 %	průměrný	95-105 %	8,8-9,7
suchý	437-491	80-90 %	chladný	85-95 %	7,8-8,8
velmi suchý	pod 437	pod 80 %	velmi chladný	pod 85 %	pod 7,8

Rozdělení dle ročního úhrnu srážek

Roční úhrn srážek ovlivňoval velmi výrazně. Ve velmi vlhkých letech je patrná vysoká dynamika nárůstu výnosu zrna se zvyšující se dávkou N hnojiva až do varianty 3N. V srážkově průměrných letech jsou všechny minerálně hnojené varianty dusíkem (1N-4N) výnosově shodné. Ve velmi suchých letech docházelo dokonce k poklesu výnosu na dusíkem hnojených variantách (1N – 4N) v obou organicky hnojených systémech (hnůj a sláma) (graf 19).

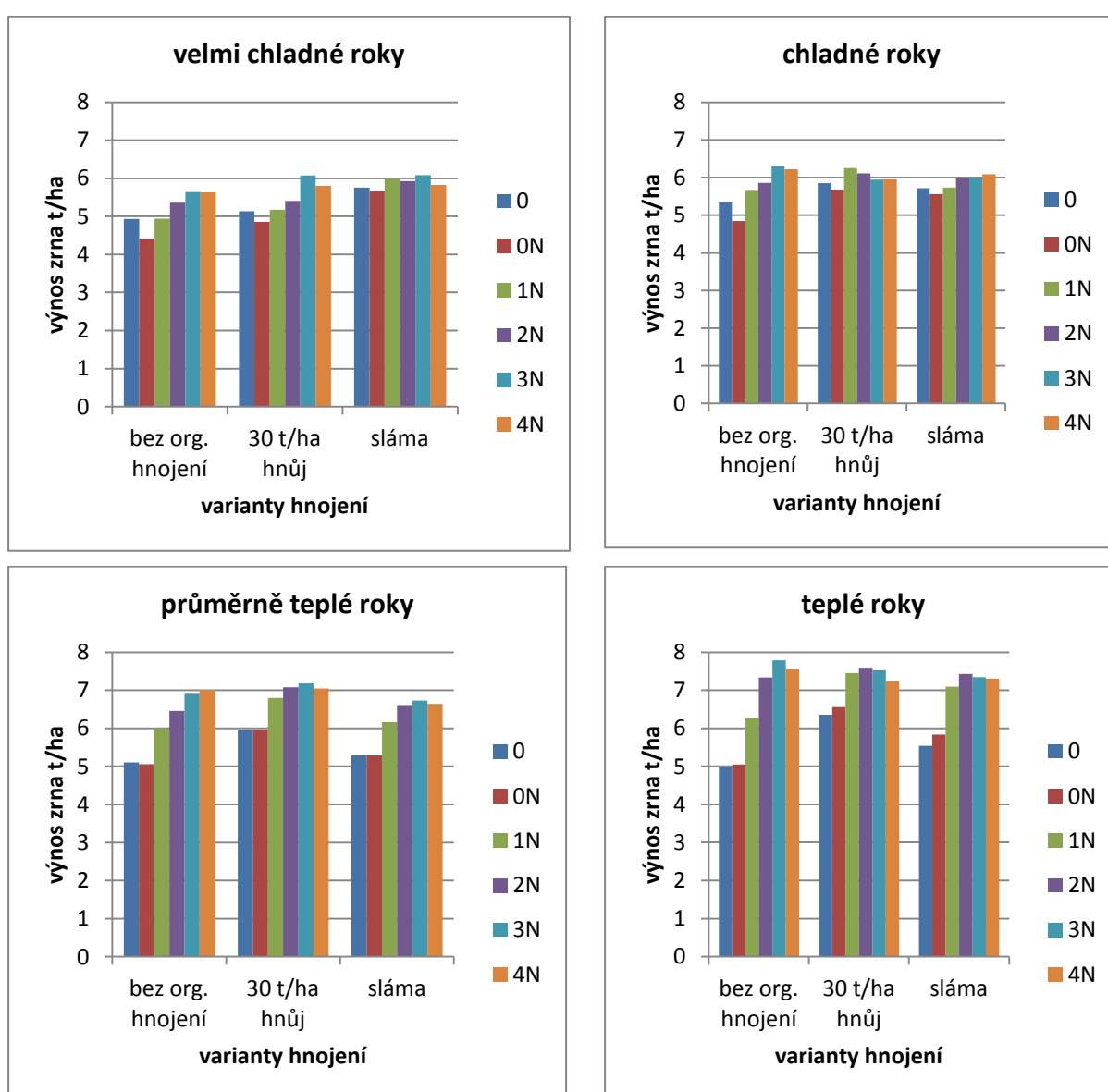
Graf 19: Výnos zrna ozimé pšenice rozdílnými úhrny srážek v Ivanovicích

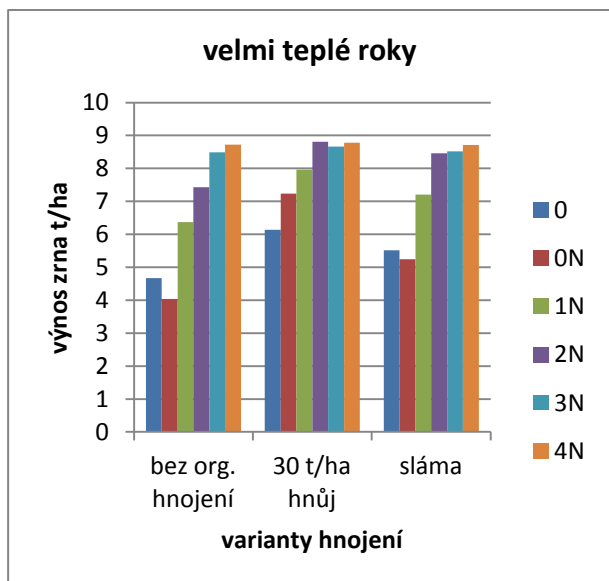


Rozdělení dle průměrné roční teploty vzduchu

Teplota vzduchu ovlivňovala výnos zrna pšenice. Se zvyšující se teplotou se zvyšovaly rozdíly mezi variantami minerálního hnojení. Ve velmi chladných letech je rozdíl mezi nehnojenými kontrolami a variantou 4N v řádech metrických centů, ve velmi teplých letech to v systému bez organického hnojení dosahuje rozdílu téměř 100 %. Organicky hnojené systémy, především hnůj k předplodině působí jako stabilizační prvek a rozdíly mezi minerálně hnojenými variantami nejsou tak velké (graf 18).

Graf 18: Výnos zrna ozimé pšenice ve velmi chladných letech (průměrná roční teplota vzduchu nižší než 7,8 °C) v Ivanovicích

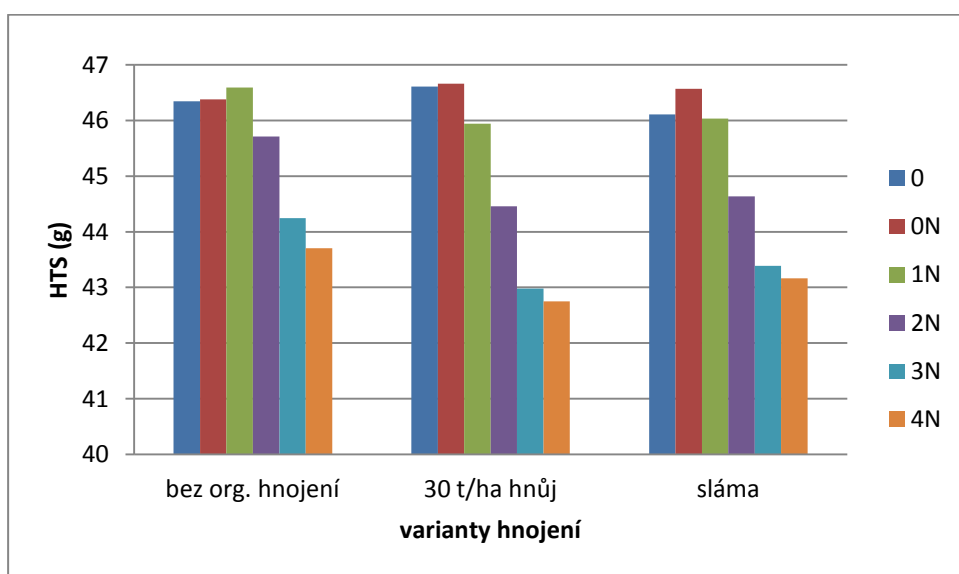




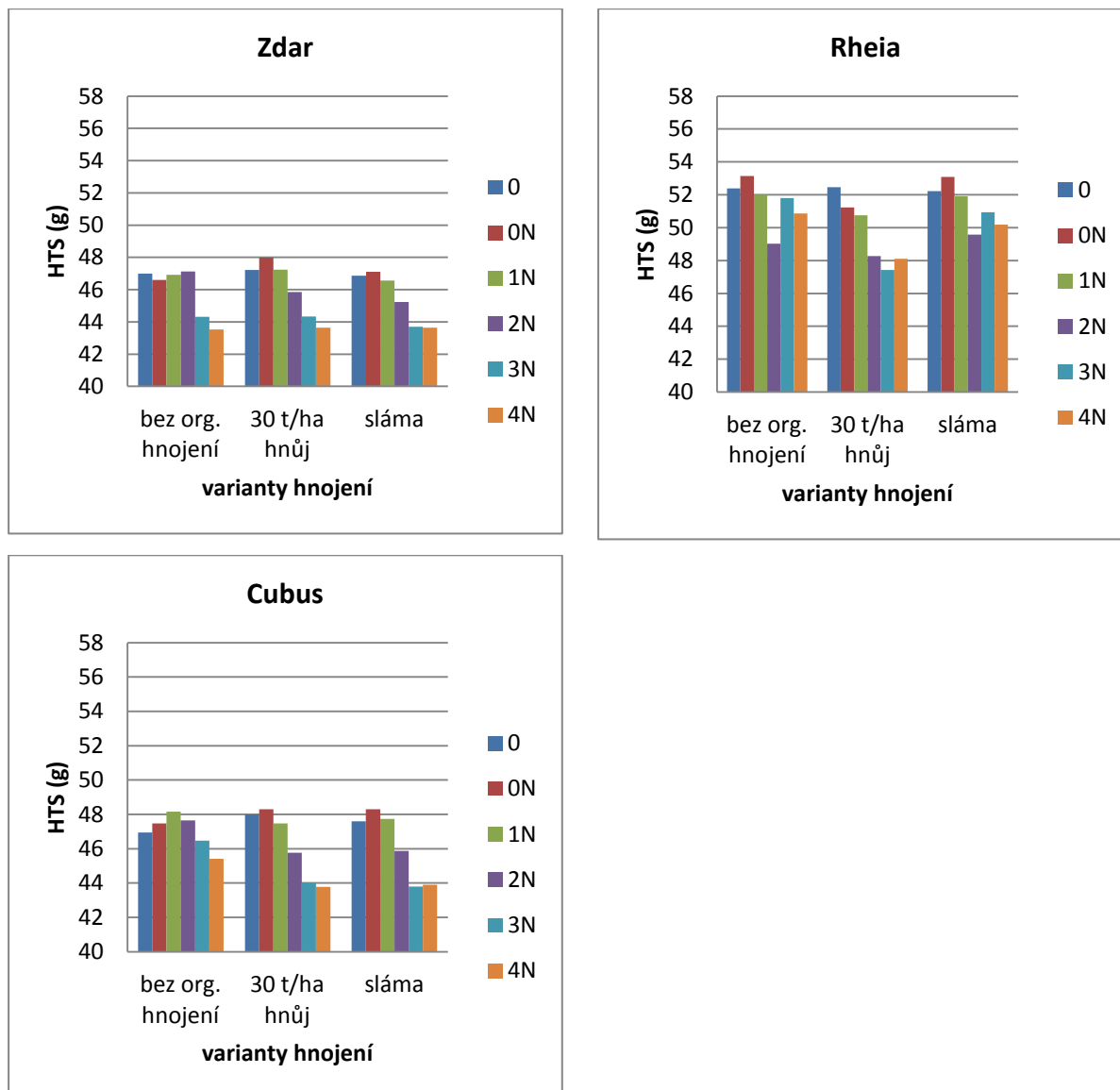
5.2.2.2. Hmotnost tisíce semen

Organické hnojení nemělo významný vliv na HTS (tab. 20). Minerální hnojení mělo na HTS negativní vliv. Pokles byl zaznamenán u všech pěstovaných odrůd (graf 20). Významně rozdílné hodnoty HTS byly zjištěny u nejvíce hnojených variant 3N a 4N, proti ostatním variantám (0-2N).

Graf 19: Hmotnost tisíce semen ozimé pšenice – průměr z období 1984-2016, Ivanovice n. H.



Graf 20: Hmotnost tisíce semen vybraných odrůd ozimé pšenice, stanice Ivanovice n. H.



Tabulka 20: HTS (g) - průměrné hodnoty a rozdíly mezi systémy organického hnojení, pšenice ozimá, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	HTS (průměr) v g
sláma	45,01 ^a
30 t/ha hnoje	45,12 ^a
bez org. hnojení	45,74 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 21: HTS (g) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, ozimá pšenice, stanice Ivanovice n. H.

Minerální hnojení	HTS
4N	43,09 ^b
3N	43,47 ^b
2N	45,30 ^a
1N	46,47 ^a
0	46,60 ^a
0 N	46,83 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Významné rozdíly v průměrné HTS nebyly nalezeny mezi jarními formami pšenice - odrůdou Saxana a Sandra a dále mezi odrůdou Cubus a Rheia (Tabulka 18).

Tabulka 22: HTS (g) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami ozimé pšenice, stanice Ivanovice n. H.

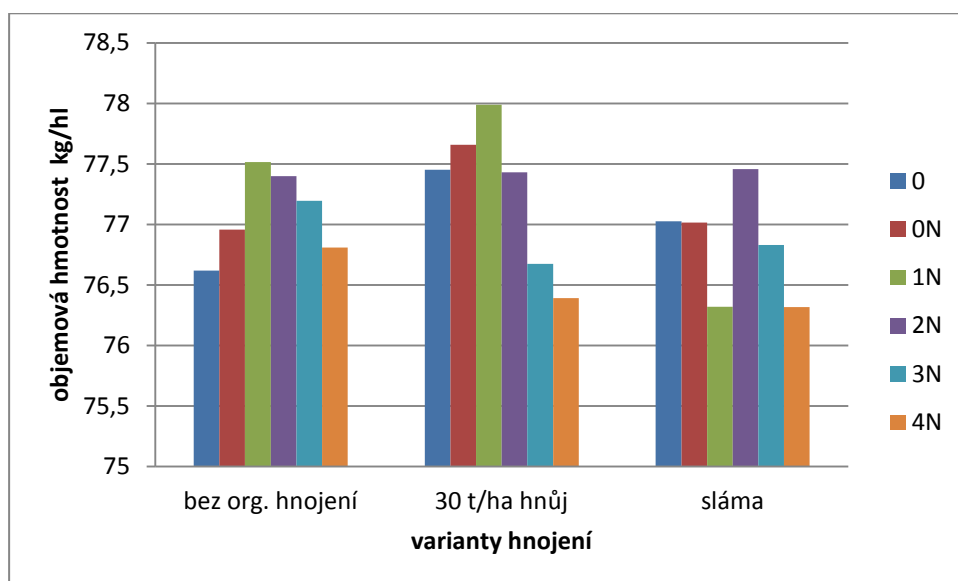
Odrůda	HTS
Saxana	36,02 ^a
Sandra	37,95 ^a
Zdar	44,58 ^c
Cubus	46,48 ^b
Rheia	47,38 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.2.2.3. Objemová hmotnost

Organické ani minerální hnojení nemělo vliv na objemovou hmotnost zrna pšenice. Jak je zřejmé z tabulek 23 a 24, zjištěné hodnoty mezi variantami hnojení jsou velmi blízké a rozdíly významně neprůkazné. Z grafu 21 je patrné, že nejvyšších hodnot objemové hmotnosti bylo dosaženo při nízkých stupních N hnojení (1N a 2N). Vyšší dávky hnojiv způsobovaly pokles hodnoty.

Graf 21: Objemová hmotnost zrna ozimé pšenice, Ivanovice na Hané



Tabulka 23: Objemová hmotnost zrna ozimé pšenice – průměrné hodnoty a rozdíly mezi systémy hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	Hektolitrová váha zrna
sláma	77,51 ^a
bez org. hnojení	77,79 ^a
30 t/ha hnoje	77,93 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 24: Objemová hmotnost zrna ozimé pšenice - průměrné hodnoty a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení

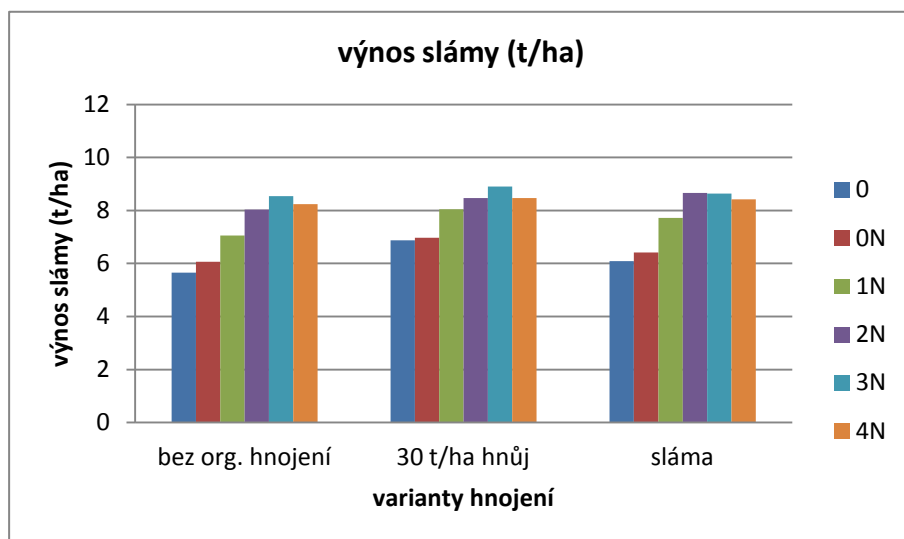
Minerální hnojení	Hektolitrová váha zrna
4 N	77,09 ^a
3 N	77,60 ^a
0	77,79 ^a
2N	77,91 ^a
0 N	77,95 ^a
1 N	78,14 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými indexy ^a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.2.2.4. Výnos slámy

Nejvyššího výnosu slámy dosáhla odrůda Zdar, která byla v pokusu zařazena jako první odrůda. Odrůda Zdar je ještě zástupce dlouhostébelnatých odrůd pšenice. Průměrný výnos slámy odrůdy Zdar činil 8,32 t/ha. Moderní krátkostébelné odrůdy, pěstované v posledních dvou dekadách – Rheia (7,51 t/ha) a Cubus (6,97 t/ha) mají výnos slámy prokazatelně nižší (tab. 25).

Graf 22: Výnos slámy ozimé pšenice – prům. hodnoty za sledované období (1984-2016), Ivanovice n. H.



Tabulka 25: Průměrné výnosy slámy (t/ha) a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami pšenice ozimé a pšenice jarní, stanice Ivanovice n. H.

Odrůda	Výnos slámy
Sandra	5,27 ^b
Saxana	6,95 ^a
Cubus	6,97 ^a
Rheia	7,51 ^a
Zdar	8,32 ^c

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Významné rozdíly ve výnosu slámy byly nalezeny mezi systémy organického hnojení. Na organicky nehnojených variantách byl zjištěn významně nižší výnos slámy (7,02 t/ha).

Nejvíce slámy bylo zjištěno v systému s chlěvským hnojem k předplodině (7,67 t/ha), ale mezi systémy hnojení 30 t/ha hnoje a sláma nebyly nalezeny významné rozdíly (tab. 26).

Tabulka 26: Průměrné výnosy slámy (t/ha) pšenice ozimé a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	Výnos slámy
bez organického hnojení	7,02 ^b
sláma	7,38 ^a
30 t/ha hnoje	7,67 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Minerální hnojení pozitivně ovlivnilo výnos slámy až do varianty 2N. Vyšší dávky minerálních N hnojiv již výnos slámy významně neovlivnili (graf 22). Významné rozdíly v průměrných výnosech slámy nebyly nalezeny mezi dávkami hnojení 0N a 0, dále pak mezi aplikovanými dávkami 2N, 3N a 4N (Tabulka 27).

Tabulka 27: Průměrné výnosy slámy (t/ha) pšenice ozimé a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Minerální hnojení	Výnos slámy
0	5,99 ^b
0N	6,24 ^b
1N	7,35 ^c
2N	8,08 ^a
4N	8,08 ^a
3N	8,39 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.3. Ječmen ozimý

5.3.1. Ozimý ječmen v Lukavci

V polním pokusu IOSDV je ozimý ječmen pěstován od roku 1985. Během této doby bylo použito 6 odrůd ozimého ječmene (tab. 28). V roce 2006 během dlouhé zimy ozimý ječmen vymrzl a byl nahrazen jarním ječmenem Sebastian.

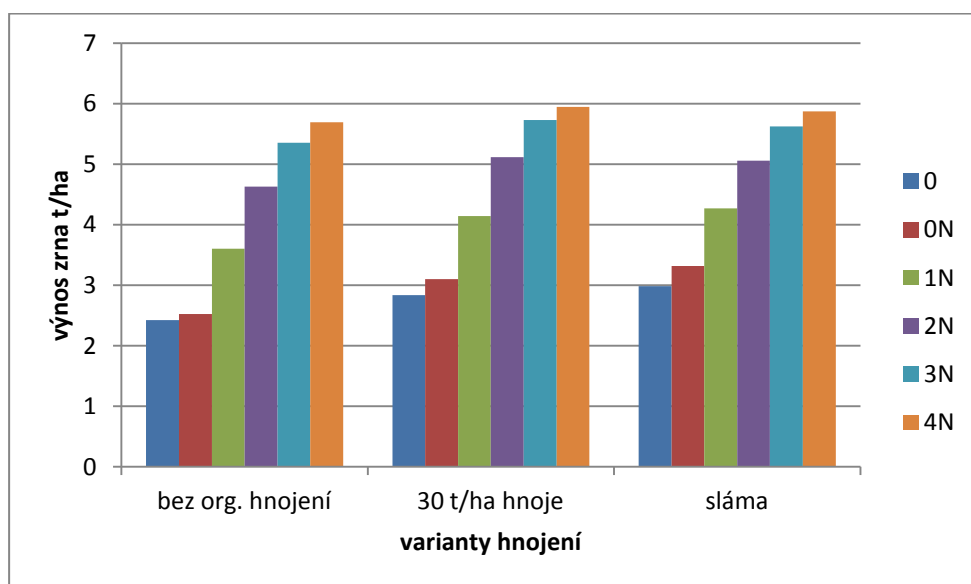
Tabulka 28: Pěstované odrůdy ozimého ječmene v Lukavci v období 1985 – 2016

odrůda	počet let	období
Borwina	10	1985-1994
Lunet	4	1995-1998
Okal	5	1999-2003
Luran	3	2004-2007
Lomerit	1	2008
Laverda	8	2009-2016

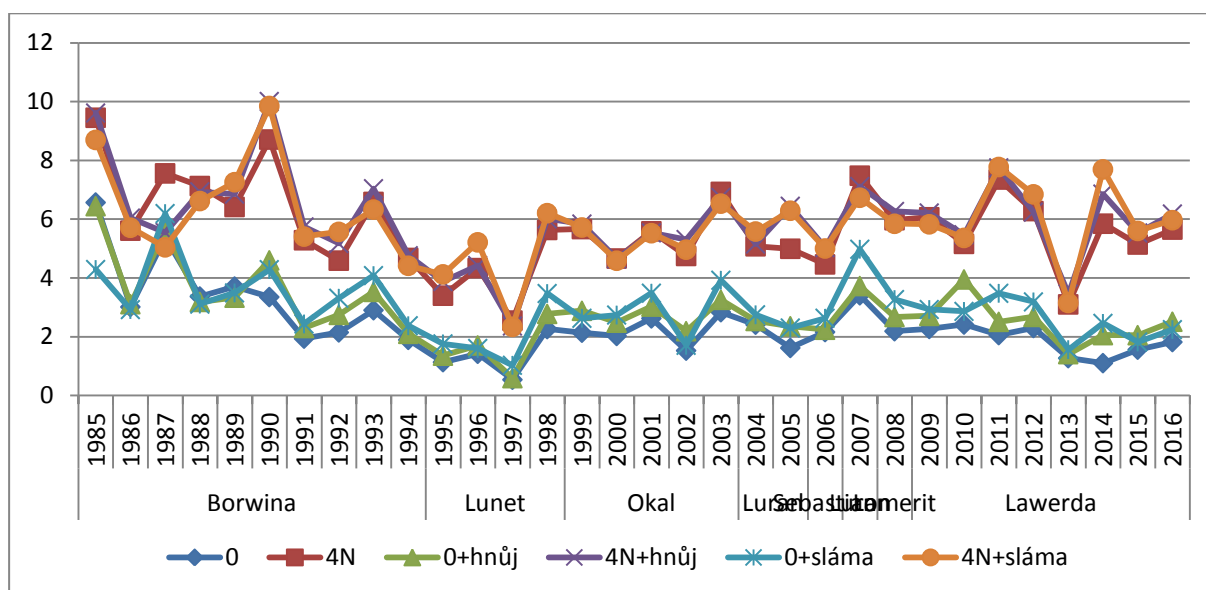
5.3.1.1. Výnos zrna ozimého ječmene

Průměrný výnos zrna ozimého ječmene byl v období od roku 1985 – 2016 4,33 t/ha (N=1728). Jak je vidět na grafu 23, minerální hnojení pozitivně působilo na výnos zrna ječmene. Dle statistického vyjádření, ročník ovlivňoval výnos zrna z 48,02 %, organické hnojení z 1,56 % a minerální hnojení z 33,74 % . Vliv ročníku je znázorněn na grafu 24.

Graf 23: Výnos zrna ozimého ječmene v Lukavci – průměrné hodnoty (1985-2016)



Graf 24: Průběh výnosů zrna ozimého ječmene v Lukavci v období 1985 - 2016



Průměrný výnos slámy činil 3,58 t/ha (N=1584) a průměrná HTS 41 g (N=1602). Středně silná pozitivní korelace (N=1458) byla nalezena mezi výnosem zrna a výnosem slámy $r=0,58$ ($p<0,05$) a slabá pozitivní korelace mezi výnosem zrna a HTS $r=0,056$ ($p<0,05$).

Odrůda měla vliv na výnos zrna z 18,89 %, na výnos slámy z 18,43 % a na HTS z 29,46 %.

Tabulka 29: Výnos zrna ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami v Lukavci

Odrůda	Výnos zrna Průměr (t/ha)
Lunet	2,66 ^d
Laverda	3,98 ^a
Lomerit	4,24 ^{ab}
Okal	4,45 ^{abc}
Luran	4,56 ^b
Borwina	5,19 ^c

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p\leq 0,05$ (Tukey test)

Nejvyššího průměrného výnosu v Lukavci dosáhla odrůda Borwina (5,19 t/ha). Nejnižší průměrný výnos zrna byl zaznamenán u odrůdy Lunet (2,66 t/ha). Významné rozdíly ve výnosu zrna nebyly nalezeny mezi odrůdou Laverda, Lomerit a Okal a dále pak mezi odrůdami Lomerit, Okal a Luran (tab. 29)

Tabulka 30: Průměrné výnosy zrna ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Lukavec

Organické hnojení	Výnos zrna Průměr (t/ha)
bez org. hnojení	4,06 ^b
30 t/ha hnoje	4,57 ^a
Sláma	4,60 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Mezi systémy organického hnojení byl zjištěn významný rozdíl ve výnosu zrna ozimého ječmene. Oba organicky hnojené systémy (30 t/ha hnoje a Sláma) vykazovaly významně vyšší výnos zrna, než systém bez organického hnojení. Významné rozdíly ve výnosu zrna nebyly nalezeny mezi 30 t/ha hnoje a slámou

Tabulka 31: Průměrný výnos zrna ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Lukavec

Minerální hnojení	Výnos zrna Průměr (t/ha)
0	2,84 ^a
0N	3,08 ^a
1N	4,13 ^c
2N	5,01 ^d
3N	5,64 ^b
4N	5,75 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Výnos zrna ozimého ječmene se stoupající dávkou dusíkatého hnojiva vykazoval stoupající tendenci až do nejvíce hnojené varianty 4N.

Významné rozdíly ve výnosu zrna nebyly nalezeny při nulové variantě a 0N, dále pak nebyly nalezeny významné rozdíly mezi aplikovanou dávkou 3N a 4N.

5.3.1.2. Výnos slámy

Na výnos slámy měl vliv ročník z 68,27 %, organické hnojení z 0,64 % a minerální hnojení z 11,52 %.

Významné rozdíly ve výnosu slámy nebyly nalezeny mezi odrůdou Lunet a Lomerit, dále pak mezi odrůdou Lomerit a Laverda a mezi odrůdou Luran a Okal a pak dále mezi odrůdou Okal a Borwina.

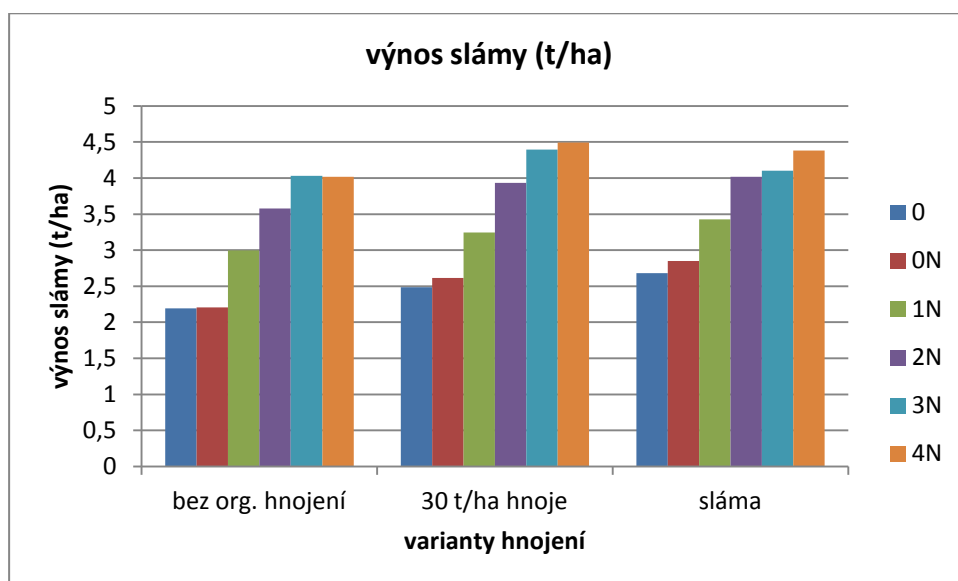
Tabulka 32: Výnos slámy ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Lukavec

Organické hnojení	Výnos slámy Průměr (t/ha)
bez org. hnoj.	3,22 ^b
30 t/ha hnoje	3,63 ^a
sláma	3,64 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Organické hnojení mělo pozitivní vliv na výnos slámy ozimého ječmene v Lukavci. Nebyly nalezeny statisticky průkazné rozdíly ve výnosu slámy u organického hnojení mezi systémy sláma a 30 t/ha hnoje.

Graf 25: Výnos slámy ozimého ječmene v letech 1985 – 2016, stanice Lukavec



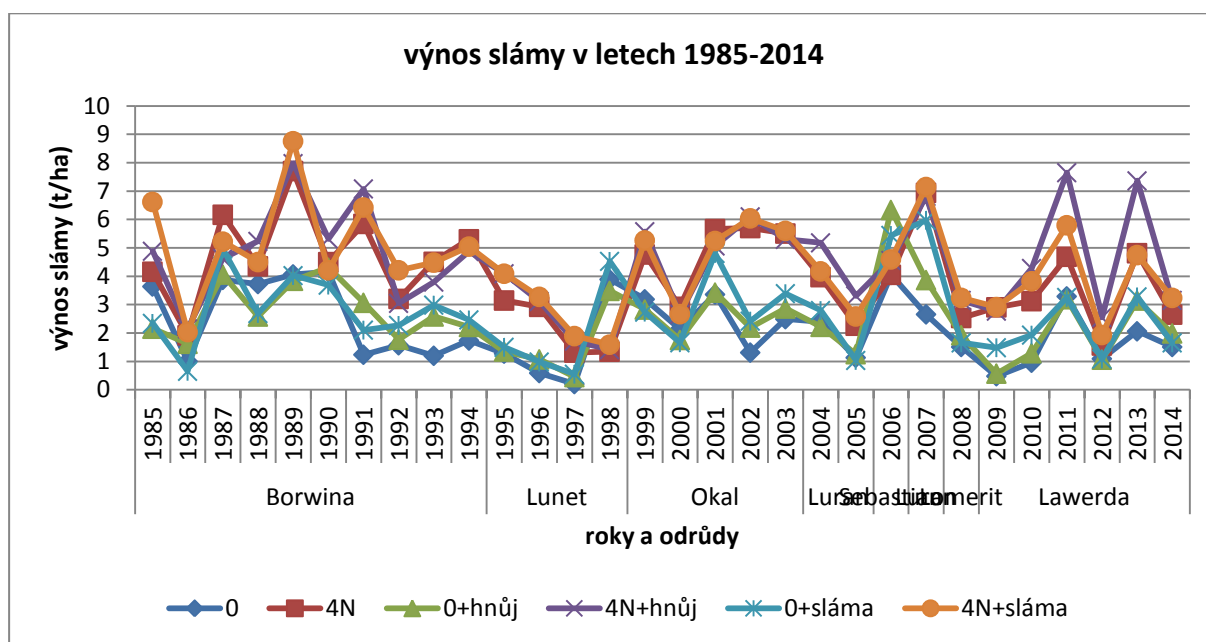
Ječmen reagoval na minerální hnojení N pozitivně. Výnos slámy rostl až do varianty 4N, ačkoliv pak již růst výnosu slámy nebyl statisticky průkazný. Statisticky průkazné rozdíly ve výnosu slámy nebyly nalezeny mezi variantou minerálního hnojení 0 a 0N, dále pak mezi variantou 2N a 3N, a mezi variantami 3N a 4N. Významný rozdíl byl nalezen u varianty 1N a ostatními hodnocenými variantami.

Tabulka 33: Výnosu slámy ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Lukavec

Minerální hnojení	Výnos slámy Průměr (t/ha)
0	2,39 ^a
0N	2,47 ^a
1N	3,16 ^d
2N	3,92 ^b
3N	4,42 ^{bc}
4N	4,63 ^c

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Graf 26: Výnos slámy ozimého ječmene v průběhu let 1985 – 2014, stanice Lukavec



5.3.1.3. Hmotnost tisíce semen (HTS)

Tabulka 34: HTS – průměrné hodnoty (g) a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami, stanice Lukavec

Odrůda	HTS Průměr (g)
Borwina	35,8 ^c
Lunet	38,2 ^b
Okal	42,65 ^{ab}
Luran	45,07 ^a
Laverda	47,23 ^a
Lomerit	48,07 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny různými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Nebyly nalezeny statisticky průkazné rozdíly v HTS mezi odrůdami Okal, Luran, Laverda a Lomerit a pak mezi odrůdou Lunet a Okal.

Z důvodu vysoké variability nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v HTS mezi jednotlivými systémy organického hnojení a ani mezi variantami minerálního hnojení.

5.3.2. Ozimý ječmen v Ivanovicích

Tabulka 35: Pěstované odrůdy ozimého ječmene během celého období polního pokusu (1984-2000) v Ivanovicích na Hané.

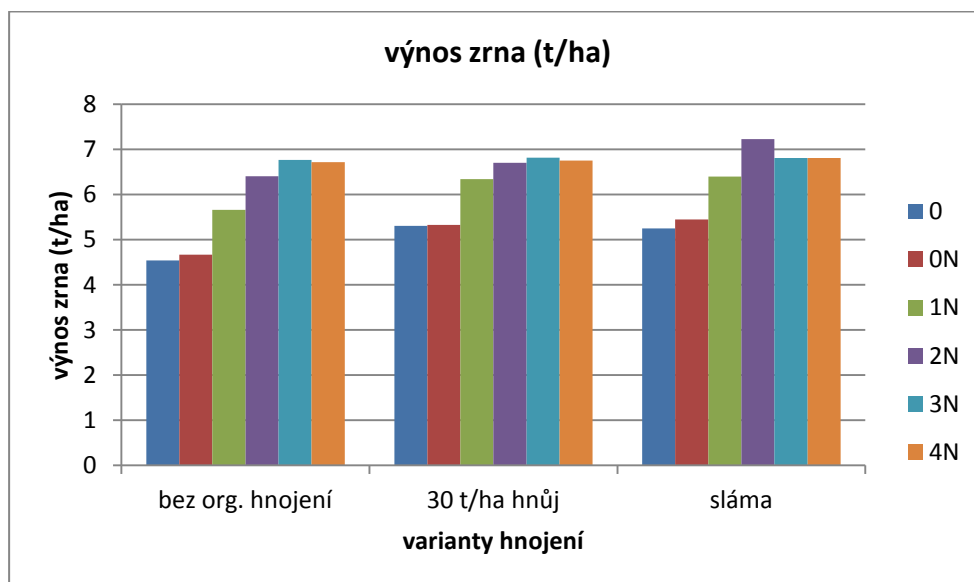
odrůda	počet let	období
Borwina	17	1984-2000
Kromoz	2	2001-2002
Luran	4	2004-2007
Lomerit	1	2008
Laverda	8	2009-2016

5.3.2.1. Výnos zrna

Přímá závislost (středně silná pozitivní korelace) $r=0,48$ ($p<0,05$) byla nalezena mezi výnosem zrna a výnosem slámy. Negativní slabá korelace byla nalezena $r=-0,08$ mezi výnosem zrna a HTS, tzn. že s výnosem zrna se snižuje HTS.

Na výnos zrna ječmene měl ročník vliv ze 14,9 %, organické hnojení vliv ze 2,6 % a minerální hnojení vliv z 0,6 %.

Graf 27: Výnos zrna ozimého ječmene ve sledovaném období 1984-2016, Ivanovice n. H.



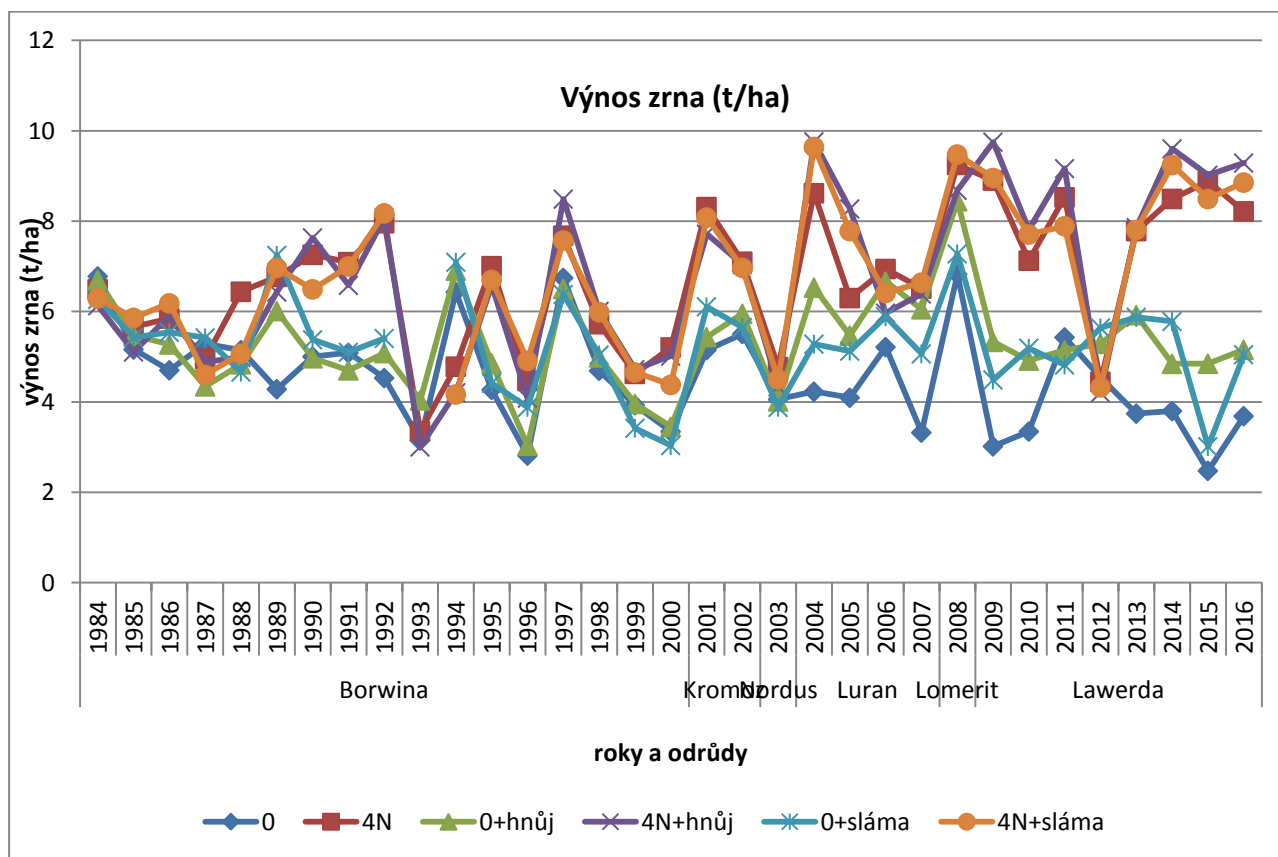
Signifikantní rozdíly ve výnosu zrna mezi jednotlivými odrůdami Luran, Kromoz a Laverda nebyly potvrzeny. Pouze byl potvrzen signifikantní rozdíl ve výnosu zrna mezi odrůdou Lomerit, Borwina a Nordus.

Tabulka 36: Významné rozdíly v průměrném výnosu zrna ozimého ječmene, stanice Ivanovice n. H.

Odrůda	Výnos zrna Průměr (t/ha)
Nordus	4,3 ^b
Borwina	5,73 ^c
Laverda	6,43 ^a
Kromoz	6,58 ^a
Luran	6,66 ^a
Lomerit	8,33 ^d

Vysvětlivky: hodnoty s odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Graf 28: Průběh výnosu zrna ozimého ječmene v období 1984-2016 v Ivanovicích n. H.



Průkazně vyšší výnos zrna ječmene bylo dosaženo na systému hnojeném chlévským hnojem, než v systému organicky nehnojeném. Varianty hnojené slámou s meziplodinou vykazovaly statisticky neprůkazné rozdíly ve výnosu zrna variantou bez organického hnojení a 30 t/ha hnoje.

Tabulka 37: Významné rozdíly v průměrném výnosu zrna ozimého ječmene mezi systémy organického hnojení, stanice Ivanovice

Organické hnojení	Výnos zrna Průměr (t/ha)
Bez org. hnojení	5,99 ^a
sláma	6,46 ^{ab}
30 t/ha hnoje	6,58 ^b

Vysvětlivky: hodnoty s odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Hnojení dusíkatými minerálními hnojivy působilo pozitivně na výnos zrna ozimého ječmene. Průměrné výnosy stoupaly až do nejvyššího stupně hnojení 4N. Statisticky průkazné rozdíly ve výnosu zrna však nebyly zjištěny mezi nejvíce minerálně hnojenými variantami 4N a 3N, dále pak nebyly nalezeny významné rozdíly mezi minerálně nehnojenými variantami dusíkem 0 a 0N.

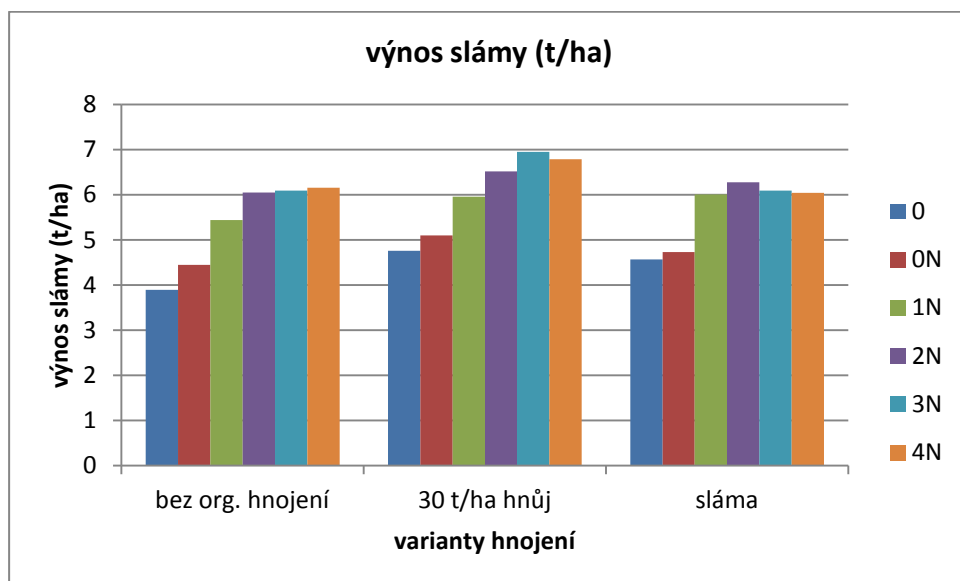
Tabulka 38: Významné rozdíly v průměrném výnosu zrna ozimého ječmene mezi variantami minerálního hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Minerální hnojení	Výnos zrna Průměr (t/ha)
0	5,12 ^c
0N	5,19 ^c
1N	6,19 ^a
4N	7,00 ^{ab}
3N	7,02 ^{ab}
2N	7,54 ^b

Vysvětlivky: hodnoty s odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.3.2.2. Výnos slámy

Graf 29: Výnos slámy ozimého ječmene v období 1984-2016, stanice Ivanovice n. H.



Výnos slámy byl ovlivněn ročníkem ze 43,2 %, organickým hnojením z 1,2 % a minerálním hnojením z 9,9 %. Statisticky průkazné rozdíly nebyly nalezeny ve výnosu slámy mezi systémy bez org. hnojení a sláma.

Tabulka 39: Významné rozdíly v průměrném výnosu slámy oz. ječmene mezi systémy organického hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	Výnos slámy Průměr (t/ha)
Bez org. hnoj.	5,02 ^a
sláma	5,12 ^a
30 t/ha hnoje	5,65 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Se stoupajícími dávkami N, stoupaly také výnosy slámy ozimého ječmene. Rozdíl mezi průměrnými výnosy minerálně nehnojené kontroly a nejvíce hnojené varianty 4N byl

téměř 2,5 t/ha. Statisticky průkazné rozdíly ve výnosu slámy nebyly nalezeny mezi variantami 0 a 0N a pak mezi variantami minerálního hnojení 2N, 4N a 3N.

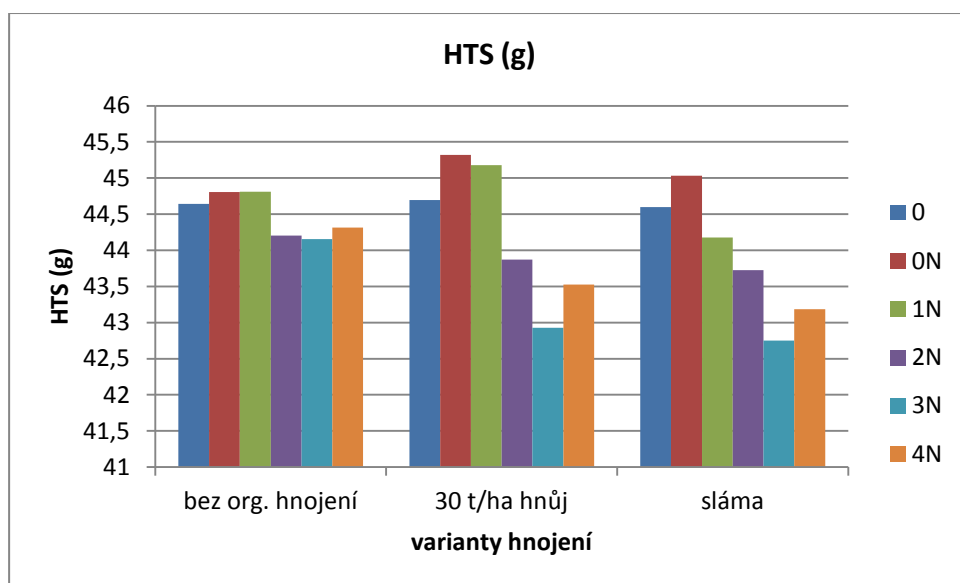
Tabulka 40: Výnos slámy ozimého ječmene (t/ha) a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Minerální hnojení	Výnos slámy Průměr (t/ha)
0	5,12 ^c
0N	5,19 ^c
2N	6,19 ^a
4N	7,00 ^{ab}
3N	7,02 ^{ab}
2N	7,54 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.3.2.3. Hmotnost tisíce semen (HTS)

Graf 30: Hmotnost tisíce semen ozimého ječmene ve sledovaném období 1984-2016, stanice Ivanovice n. H.



Tabulka 41: HTS ozimého ječmene – průměrné hodnoty a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami, stanice Ivanovice n. H.

Odrůda	HTS Průměr (g)
Nordus	37,03 ^c
Kromoz	40,32 ^a
Borwina	41,11 ^a
Laverda	48,29 ^b
Luran	48,42 ^b
Lomerit	52,10 ^d

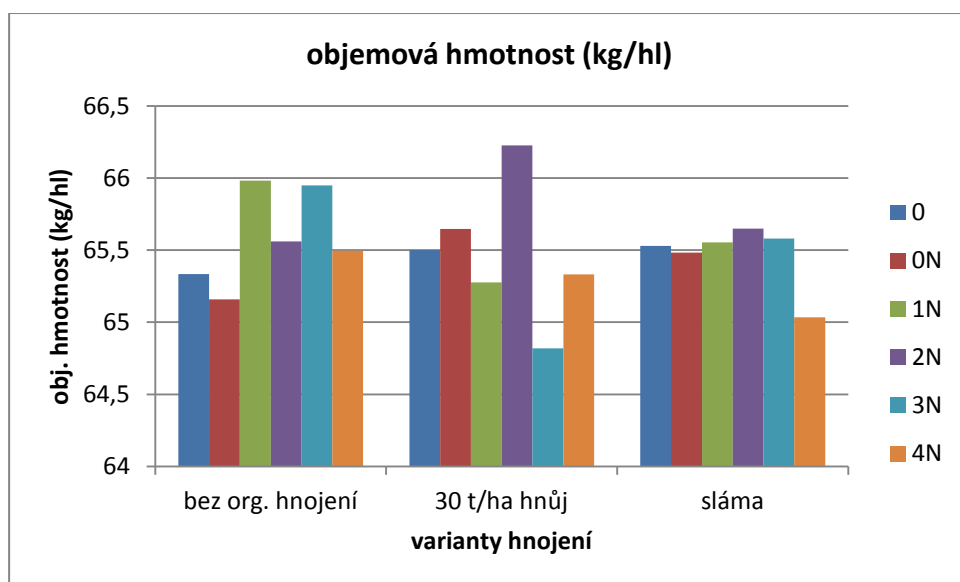
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.3.2.4. Objemová hmotnost

Významné rozdíly mezi org. hnojením v hektolitrové váze nebyly potvrzeny.

Významné rozdíly mezi min. hnojením v hektolitrové váze nebyly potvrzeny.

Graf 31: Objemová hmotnost zrna ozimého ječmene, stanice Ivanovice n. H.



5.4. Brambory

Tabulka 42: Odrůdy brambor pěstované v polním pokusu v období 1985-2016 v Lukavci

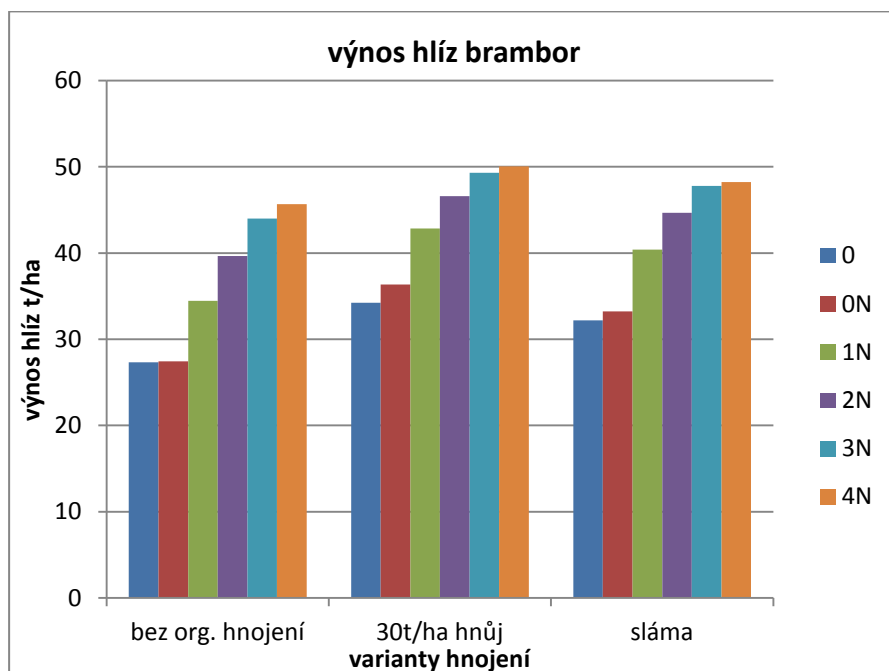
odrůda	počet let	období
Svatava	4	1985-1988
Ostara	2	1989-1990
Karin	12	1991-2002
Samantana	3	2003-2005
Ditta	11	2006-2016

5.4.1. Výnos hlíz brambor

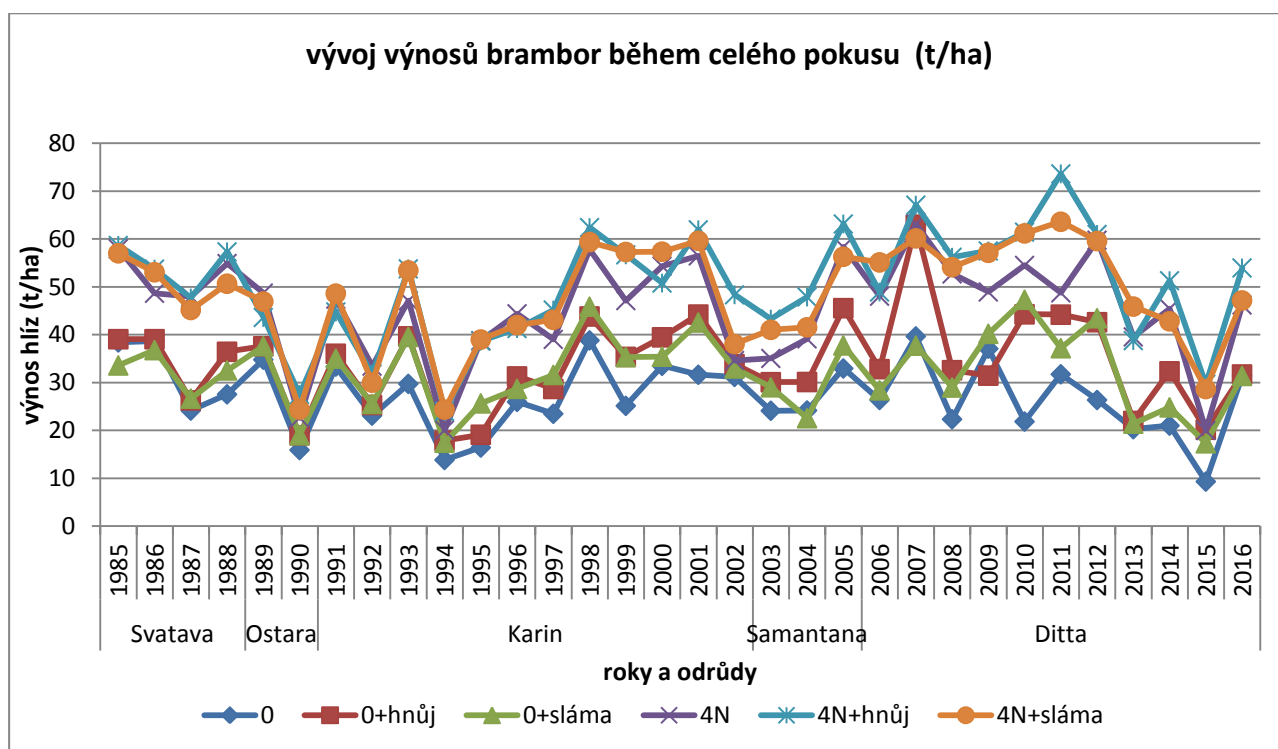
Průměrný výnos hlíz byl za celou dobu pěstování, tj. od roku 1985 do roku 2016, 40,17 t/ha. Minimální výnos dosahoval pouze 9 t/ha a maximální výnos 81 t/ha). Variační koeficient výnosu hlíz byl 31,39 %.

Středně silná pozitivní korelace byla zjištěna mezi výnosem sušiny hlíz a výnosem hlíz $r=0,61, p<0,05$.

Graf 32: Výnos hlíz brambor (t/ha) – průměrné výsledky z doby trvání polního pokusu (1985-2016)



Graf 33: Vývoj výnosů brambor během celého polního pokusu (1985-2016)



Tabulka 43: Průměrné výnosy hlíz brambor (t/ha) a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami, stanice Lukavec

Odrůda	Výnos hlíz (t/ha)
Ostara	31,57 ^c
Karin	37,39 ^d
Svatava	41,35 ^a
Samantána	46,05 ^{ab}
Ditta	46,9 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny s odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Odrůdy brambor se mezi sebou průkazně odlišovaly ve výnosu hlíz. Statisticky průkazné rozdíly ve výnosu hlíz nebyly pouze nalezeny mezi odrůdou Svatava a Samantána (tab. 43).

Oba systémy organického hnojení působily pozitivně na výnos hlíz. Mezi organicky hnojenými systémy nebyl zjištěn průkazný rozdíl ve výnosu hlíz. Průkazně nižší výnos byl zaznamenán na systému bez organického hnojení (tab. 44a).

Minerální hnojení ovlivňovalo pozitivně výnos sušiny hlíz jen do varianty 2N, tedy 100 kg N/ha. Vyšší dávky dusíku již výnos průkazně nezvýšily (tab.44b).

Tabulka 44a: Průměrné výnosy hlíz (t/ha) a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Lukavec

Organické hnojení	Výnos hlíz Průměr (t/ha)
30 t/ha hnoje	42,4 ^a
sláma	41,34 ^a
bez org. hnojení	36,26 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 44b: Průměrné výnosy sušiny hlíz (t/ha) a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Lukavec

Minerální hnojení	Výnos sušiny hlíz (t/ha)
0	7,26 ^b
0N	7,36 ^b
1N	8,35 ^{ab}
2N	9,19 ^a
3N	9,76 ^a
4N	10,05 ^a

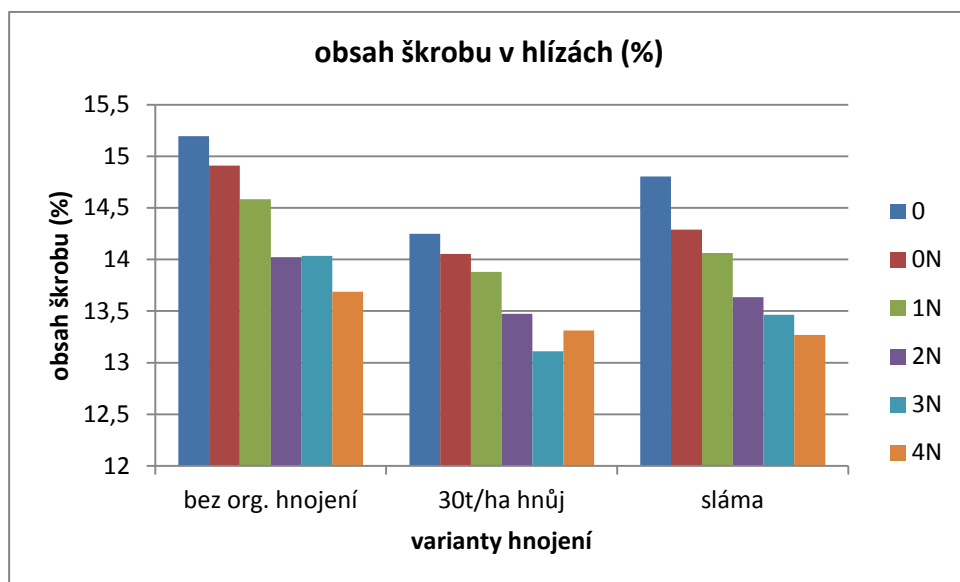
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

5.4.2. Škrobnatost

Obsah škrobu v hlízách vykazoval se stoupajícími dávkami hnojiv klesající tendenci (graf 34). Mezi výnosem hlíz a obsahem škrobu byla zjištěna středně silná negativní korelace $r = -0,48, p < 0,05$ Tento vztah platí i mezi jednotlivými ročníky.

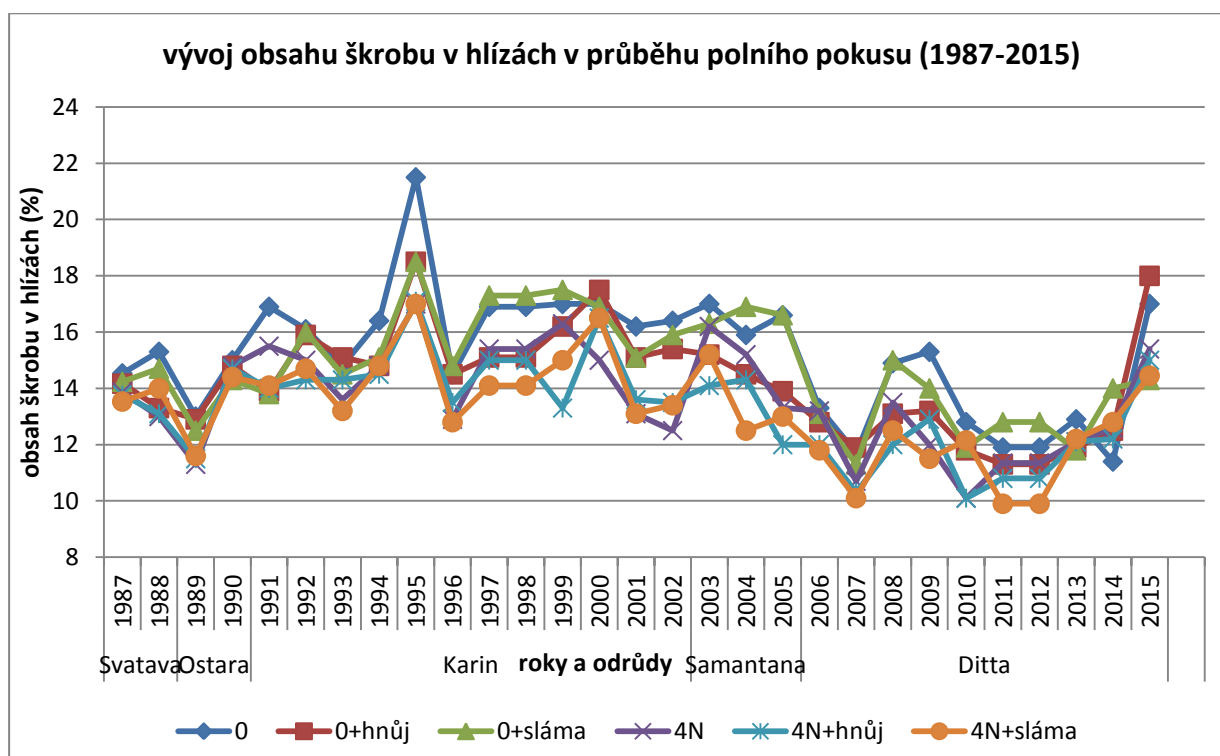
Na obsah škrobu v hlízách má ročník vliv ze 77,62 %, odrůda z 38 %, organické hnojení z 0,22 % a minerální hnojení z 6,07 %.

Graf 34: Obsah škrobu v hlízách – průměrné hodnoty z celého trvání polního pokusu (1987-2015)



Nejvyšší obsah škrobu v hlízách byl dosažen v letech 1995 a 2015 (graf 35), avšak výnos hlíz byl v těchto letech podprůměrný.(graf 33).

Graf 35: Vývoj obsahu škrobu v hlízách v průběhu polního pokusu (1987-2015).



Významné rozdíly obsahu škrobu v hlízách nebyly nalezeny mezi variantami organického hnojení – sláma (14,16 %) a 30 t/ha hnoje (13,97 %). Od těchto dvou variant organického hnojení se významně lišila varianta bez organického hnojení, která obsahovala 14,59 % škrobu v hlízách brambor.

Významné rozdíly v obsahu škrobu u variant minerálního hnojení nebyly nalezeny mezi variantami 4N, 3N a 2N, dále mezi variantami 3N, 2N a 1N a pak mezi variantami 1N, 0N a 0.

Tabulka 45: Obsah škrobu v hlízách (%) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Lukavec

Organické hnojení	Obsah škrobu (%)
30 t/ha hnoje	13,97 ^a
sláma	14,16 ^a
Bez org. hnoj.	14,59 ^b

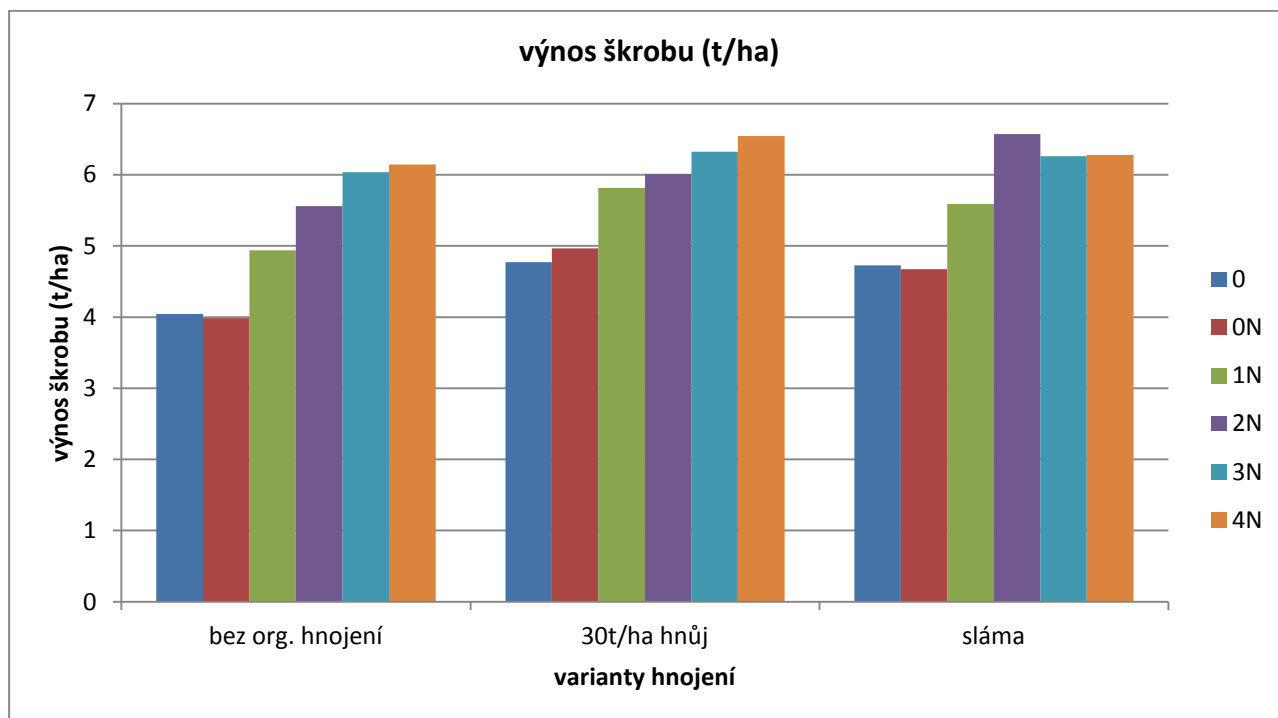
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^{a,b}, jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Tabulka 46: Obsah škrobu v hlízách (%) – průměrné hodnoty a rozdíl mezi variantami minerálního hnojení, stanice Lukavec

Minerální hnojení	Obsah škrobu – průměr %
4N	13,64 ^a
3N	13,87 ^{a,b}
2N	14,01 ^{a,b}
1N	14,33 ^{b,c}
0N	14,66 ^c
0	14,9 ^c

Vysvětlivky: hodnoty s odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Graf 36: Výnos škrobu (t/ha) – průměrné hodnoty z polního pokusu (1987-2015)



I přes silnou negativní korelaci je výnos škrobu v t/ha silně ovlivněn výnosem hlíz. V letech, kdy se urodil vysoký výnos hlíz s nízkou škrobnatostí, tak se také zároveň sklídilo vyšší množství škrobu, než v letech, ve kterých hlízy obsahovaly vysoký obsah škrobu, ale bylo jich méně. (grafy 32 a 34)

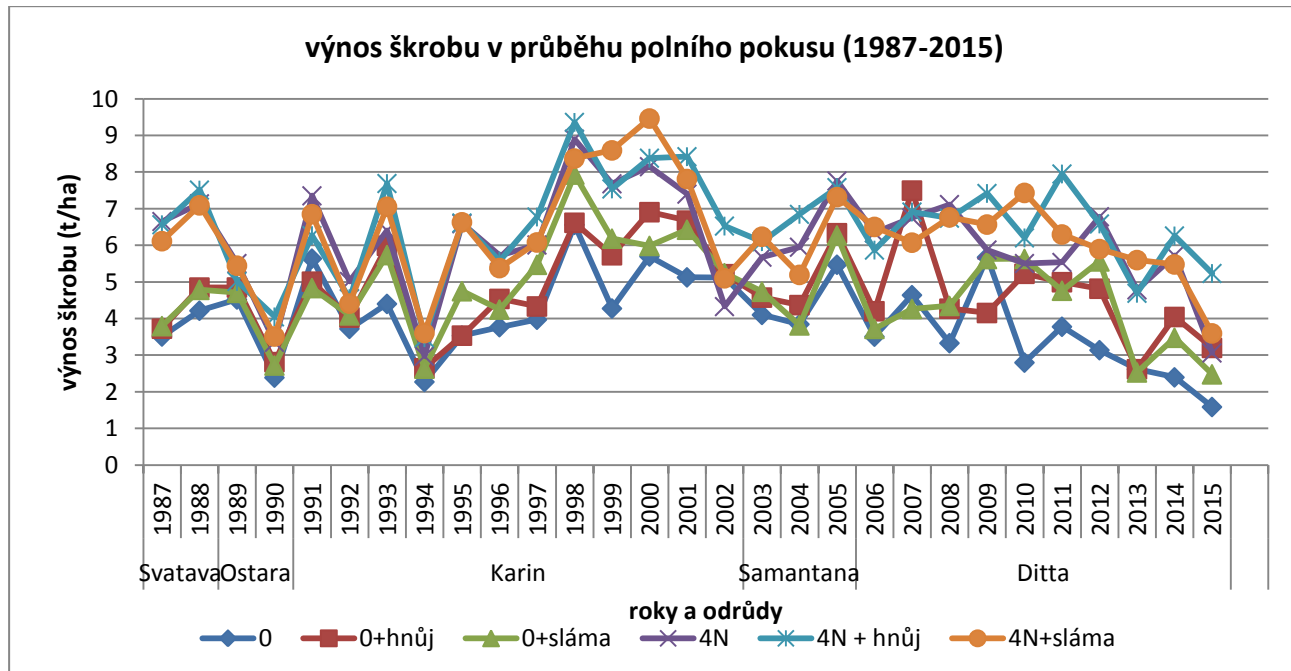
Nejvyšší průkazný obsah škrobu byl zjištěn u odrůdy Karin (15,24 %), naopak nejnižší odrůda Ditta (12,35 %). Mezi odrůdami Svatava a Samantána nebyl zjištěn průkazný rozdíl (tab. 47)

Tabulka 47: Obsah škrobu v hlízách (%) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi pěstovanými odrůdami, stanice Lukavec

Odrůda	Obsah škrobu %
Ditta	12,35 ^c
Ostara	13,37 ^a
Svatava	14,15 ^b
Samantána	14,23 ^{ab}
Karin	15,24 ^d

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými indexy ^{a,b,c} jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Graf 37: Výnos škrobu (t/ha) v průběhu polního pokusu (1987-2015)

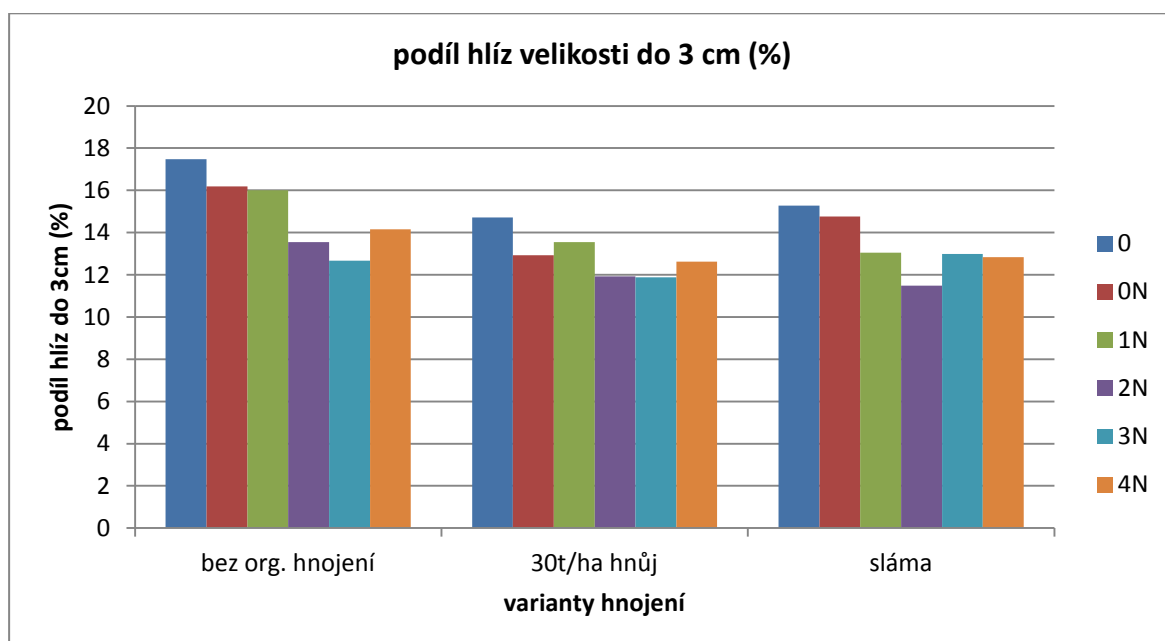


5.4.3. Velikostní rozdělení hlíz

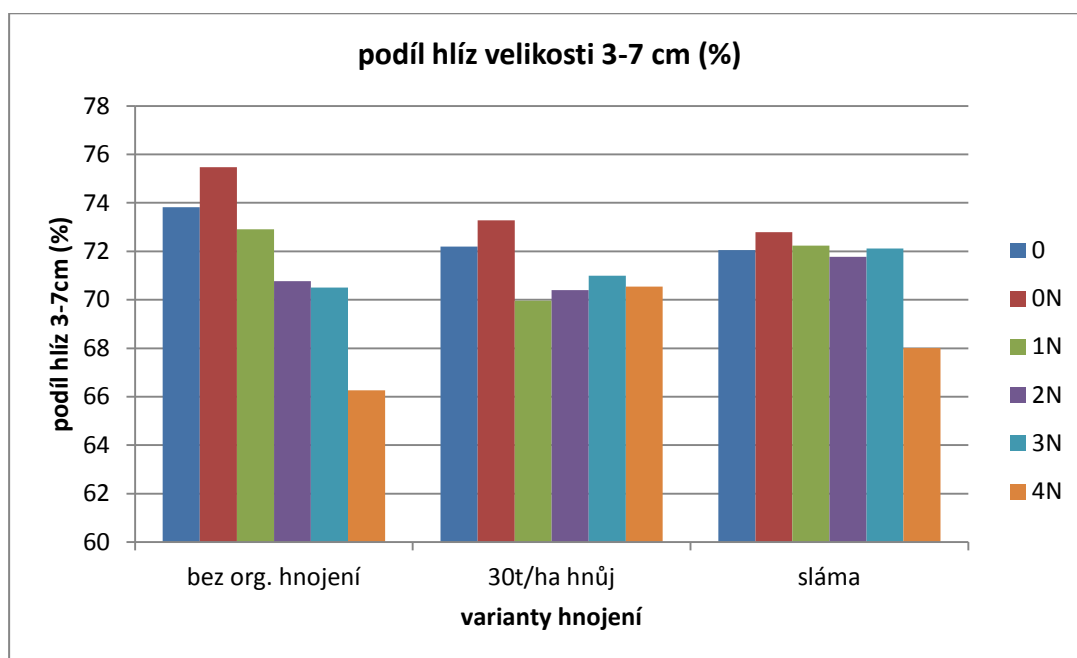
Hlízy brambor byly po sklizni roztríděny do tří velikostních tříd: do 3 cm, 3-7 cm, nad 7 cm. Tato charakteristika vypovídá, jak velký podíl úrody lze prodat jako produkci k stolnímu použití. Do prodeje se nedávají hlízy menší, než 3 cm a mnozí zákazníci vyžadují hlízy větší než 7 cm.

Z grafů 38 až 40 je zřejmé, že se stoupajícími dávkami minerálního hnojení klesá zastoupení hlíz do 3 cm a naopak stoupá zastoupení hlíz větších. Největší dynamika mezi variantami je zřejmá u systému bez organického hnojení. V organicky hnojených systémech je dynamika mezi variantami minerálního hnojení podstatně menší, hnůj a sláma s meziplodinou zde fungují, jako tlumič a do značné míry stírají rozdíly mezi minerálně hnojenými variantami.

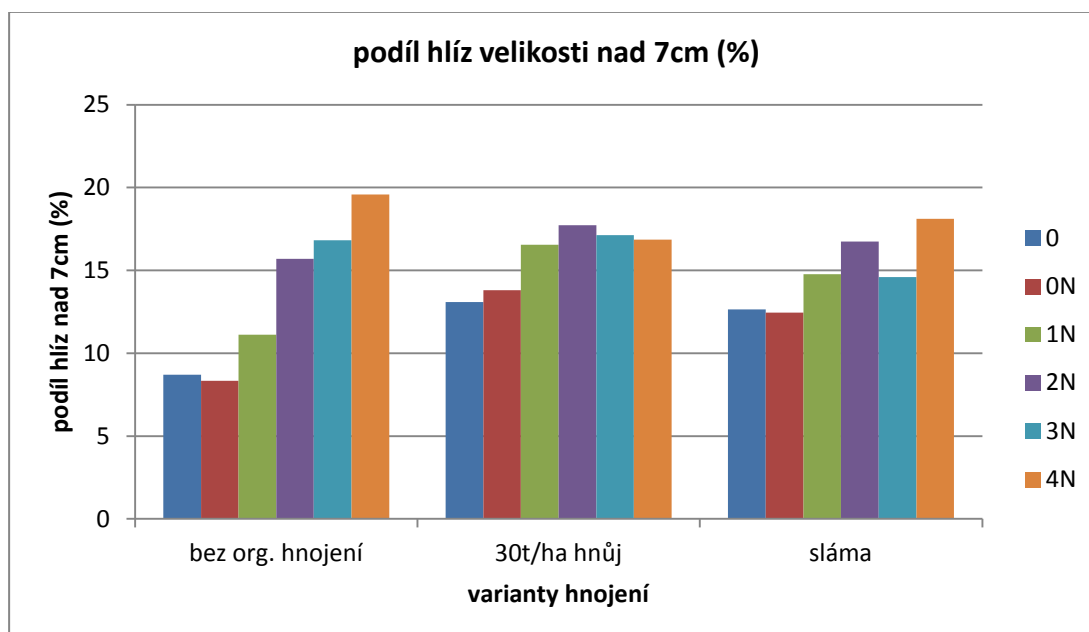
Graf 38: Podíl hlíz velikosti do 3 cm (%)



Graf 39: Podíl hlíz velikosti 3-7 cm (%)



Graf 40: Podíl hlíz velikosti nad 7 cm (%)



Tabulka 48: Podíly (%) hlíz do 3cm, 3-7cm, nad 7cm – průměrné hodnoty a rozdíly mezi systémy organického hnojení

Organické hnojení	Podíl (%) do 3cm	Podíl (%) 3-7cm	Podíl (%) nad 7cm
30 t/ha hnoje	11,13 ^a	70,75 ^a	18,11 ^a
Sláma	11,63 ^a	71,29 ^a	17,01 ^a
Bez org. hnojení	12,08 ^a	72,63 ^a	15,28 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny písmennými indexy ^a jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Jak je vidět z tabulky 48, mezi jednotlivými systémy organického hnojení se neprokázal významný rozdíl v žádné velikostní třídě.

Tabulka 49: Významné rozdíly v podílu (%) hlíz do 3cm, 3-7cm, nad 7cm v různých úrovních minerálního hnojení

Minerální hnojení	Podíl (%) do 3cm	Podíl (%) 3-7cm	Podíl (%) nad 7cm
0	12,91 ^b	73,95 ^a	13,11 ^a
0N	12,34 ^{a,b}	74,47 ^a	13,17 ^a
1N	11,84 ^{a,b}	72,03 ^{a,b}	16,16 ^{a,b}
2N	10,24 ^a	70,62 ^{a,b}	19,15 ^b
3N	10,83 ^{a,b}	70,56 ^{a,b}	18,48 ^{a,b}
4N	11,51 ^{a,b}	67,7 ^b	20,77 ^b

Vysvětlivky: hodnoty s odlišnými písmennými indexy ^a jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Statisticky průkazné rozdíly byly zaznamenány mezi variantami minerálního hnojení. Ve velikostní třídě do 3 cm byl zjištěn průkazný rozdíl mezi variantou 2N a 0. Ostatní varianty vykazovaly mezi sebou neprůkazné rozdíly. U středně velkých hlíz (3-7 cm) byl zjištěn významný rozdíl mezi nehnojenými variantami 0, 0N a nejvíce hnojenou variantou 4N. U nehnojených variant bylo dosaženo významně vyššího podílu středně velkých hlíz, než na nejvíce hnojené variantě. Ve velikostní třídě nad 7 cm dosahoval významný rozdíl mezi nehnojenými kontrolami a 4N variantou 7 % (tab. 49).

Tabulka 50: Podíl (%) hlíz do 3cm, 3-7cm, nad 7cm – průměrné hodnoty a průměry mezi pěstovanými odrůdami brambor

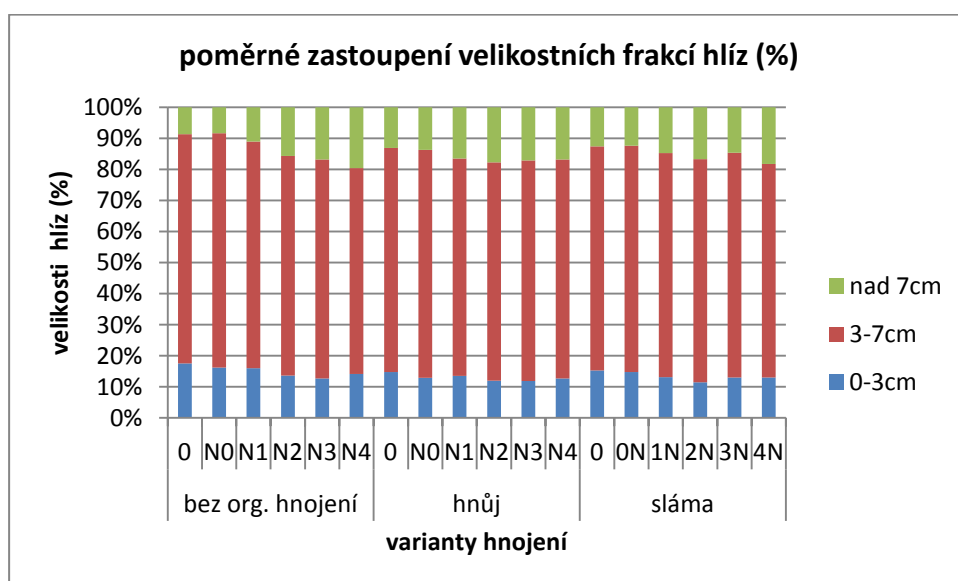
odrůda	Podíl (%) do 3cm	Podíl (%) 3-7cm	Podíl (%) nad 7cm
Ostara	6,13170 ^c	74,84 ^{b,c}	19,02 ^a
Ditta	9,8 ^a	68,8 ^{a,b}	21,38 ^a
Karin	11,44 ^{a,b}	67,36 ^a	21,19 ^a
Svatava	12,64 ^b	83,65 ^d	3,69 ^b
Samantána	18,44 ^d	76,68 ^c	4,34 ^b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^{a,b,c,d} a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

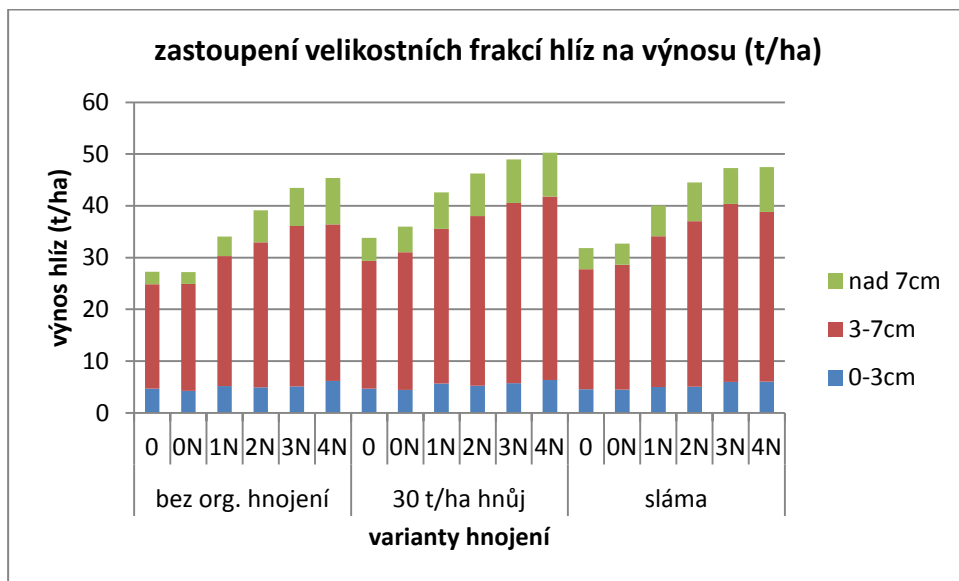
Mezi odrůdami byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ve všech třech velikostních kategoriích. Nejvyšší podíl středně velkých (3-7 cm) a velkých (nad 7 cm), vykazovala odrůda Ditta. U odrůdy Ditta je možné předpokládat i vyšší podíl hlíz nad 7 cm, vzhledem k podlouhlému tvaru hlíz, které jsou pro tuto odrůdu typické. Naopak nejvyšší podíl malých hlíz byl zjištěn u odrůdy Samantána (18,44 %). Odrůda Svataava měla nejvyšší podíl středně velkých hlíz, ale nejméně (3,69 %) velkých hlíz nad 7 cm (tab. 50).

Na grafech 41 a 42 je znázorněný relativní i absolutní podíl velikostních kategorií hlíz na výnosu brambor. Se zvyšujícími se dávkami N hnojení sice narůstá podíl i celkové množství velkých hlíz, ale nad variantu 2N už je tento nárůst hospodářsky nevýznamný.

Graf 41: Poměrné zastoupení velikostních frakcí hlíz na výnosu (%)



Graf 42: Zastoupení velikostních frakcí hlíz na výnosu (t/ha)



5.5. Cukrovka

Cukrovka je v pokusu zařazena jako plodina první trati, následuje v osevním sledu po ozimém ječmeni. V systému organického hnojení hnojem je hnůj aplikován na podzim před jarním výsevem cukrovky. V pokusu bylo použito osm odrůd cukrovky (Tab. 51).

Tabulka 51: Odrůdy pěstované v dlouhodobém pokusu ve sledovaném období 1984 - 2016

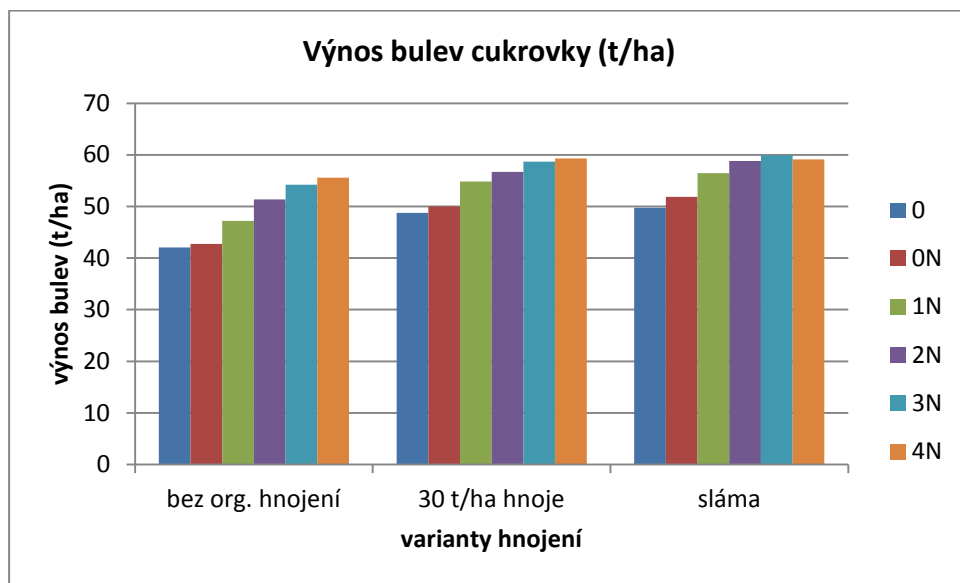
odrůda	počet let	období
Dobrovická A	9	1984-1992
Domona	1	1993
KW Duca	5	1994-1998
Kristall	4	1999-2002
Vegas	1	2003
Economy	5	2004-2008
Lucata	6	2009-2014
Nature	2	2015-2016

5.5.1. Výnos bulev

Cukrová řepa pozitivně reaguje na hnojení N a nárůst výnosu bulev má stoupající tendenci až do varianty 3N. Z důvodu vysoké meziročníkové variability z prvních let pokusu se neprokázal příznivý vliv na výnos bulev.

Vzájemný vztah byl nalezen mezi výnosem chrástu a výnosem bulev $r=0,28$; dále pak mezi výnosem bulev a výnosem cukru $r=0,15$. Nepřímá závislost (nízká až středně silná negativní korelace) byla nalezena mezi výnosem bulev a cukernatostí $r=-0,38$, také mezi cukernatostí a výnosem chrástu $r=-0,28$.

Graf 43: Výnos bulev cukrovky (t/ha) – průměrný výnos z celé doby trvání pokusu (1984-2016)



Tabulka 52: výnos bulev cukrovky (t/ha) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi systémy organického hnojení, stanice Ivanovice n. H.

Organické hnojení	Výnos bulev (t/ha) průměr
sláma	50,87 a
30 t/ha hnoje	51,64 a
Bez org. hnojení	54,87 b

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^{a,b}, a jsou statisticky významné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Byl nalezen statisticky průkazný rozdíl ve výnosu bulev mezi systémy organického hnojení. Průkazně vyšší výnos byl zaznamenán v systému bez organického hnojení (54,87 t/ha), Systémy Sláma a 30 t/ha hnoje dosáhly prokazatelně nižšího průměrného výnosu bulev (tab. 52).

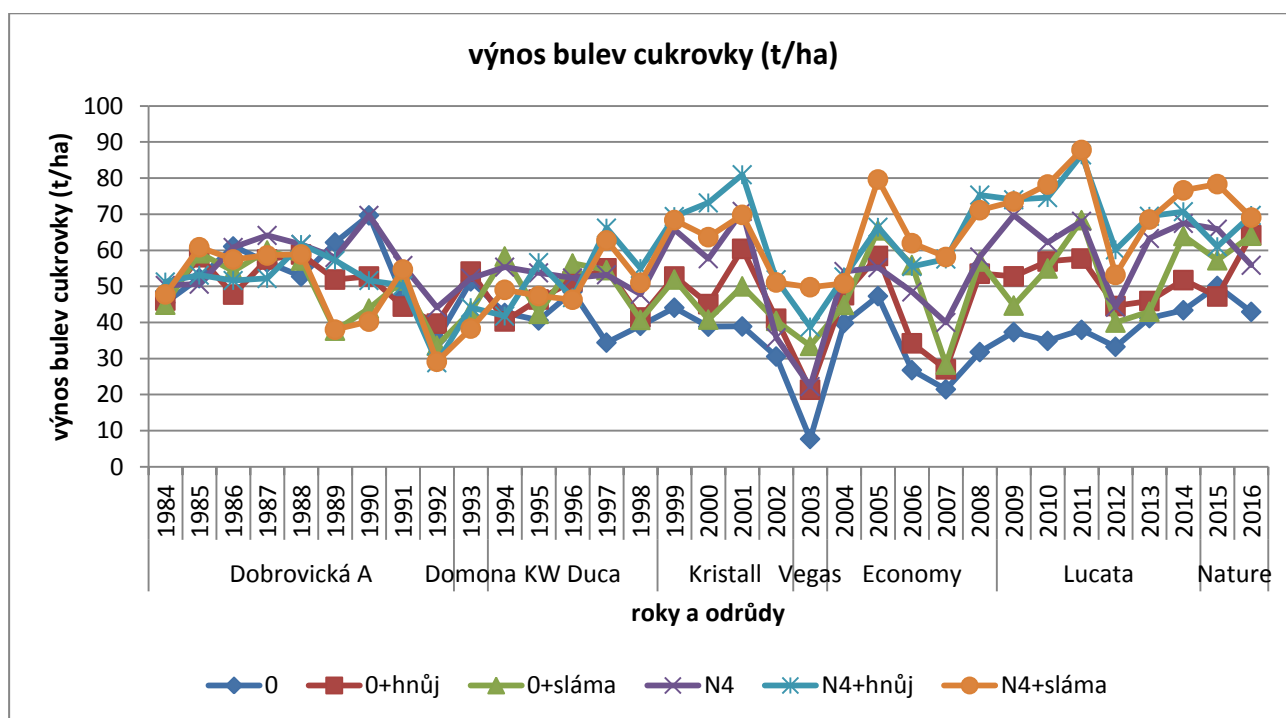
Tabulka 53: Výnos bulev (t/ha) – průměrné hodnoty a rozdíly mezi variantami minerálního hnojení, stanice Ivanovice

Minerální hnojení	Výnos bulev (t/ha) průměr
0	46,86 ^a
0N	48,21 ^a
1N	52,83 ^a
2N	55,63 ^a
3N	57,61 ^a
4N	57,99 ^a

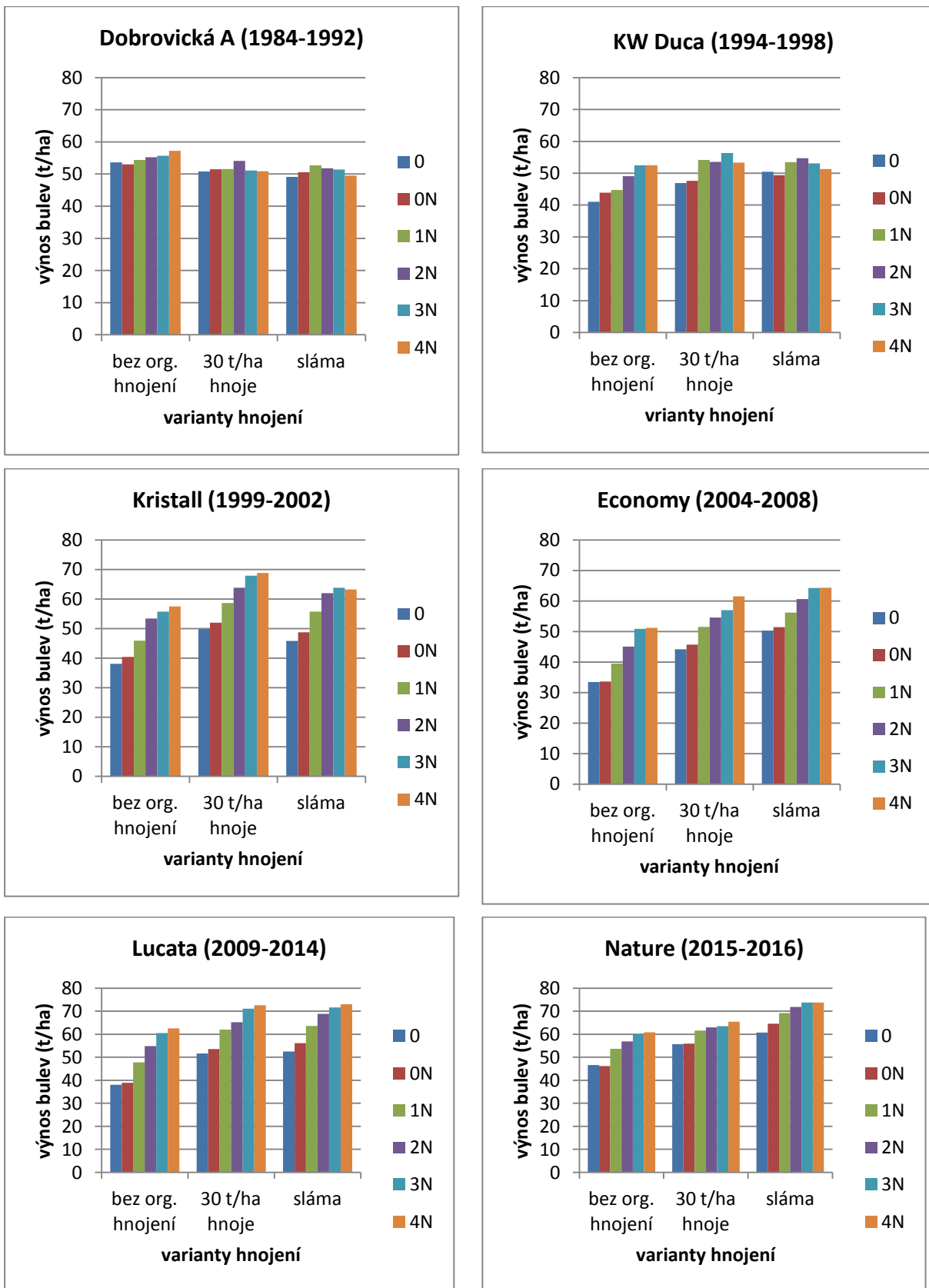
Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny odlišnými písmennými indexy ^a, jsou statisticky vprůkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

Na grafu 44a je uveden vývoj výnosů bulev cukrovky. V prvních pěti rotacích (15 letech), se vliv hnojení na výnosu bulev významně neprojevoval. Významné rozdíly mezi hnojenými variantami začaly být pozorovány až s nasazením odrůdy Kristall, tedy až v druhé půli sledovaného období. Tato data se projevila v celkovém statistickém hodnocení cukrovky za celou dobu polního pokusu (tabulky 52 a 53). Počátkem nového století lze pozorovat rozdíly mezi hnojenými variantami a kontrolami. Graf 44b znázorňuje výnosovou reakci pěstovaných odrůd na varianty hnojení. U první pěstované odrůdy Dobrovická A je zřejmý rozdíl ve výnosu bulev mezi systémem bez organického hnojení a organicky hnojenými systémy. Vzhledem ke skutečnosti, že odrůda Dobrovická A byla pěstována 9 let, tedy téměř třetinu sledované doby, bylo celkové statistické hodnocení touto odrůdou významně ovlivněno. Při pohledu na výnosovou reakci odrůd pěstovaných od roku 1999 (graf 44b) lze reálně předpokládat, že pokud bychom do hodnocení nezařadili odrůdu Dobrovická A, pak by získané výsledky vykazovaly zcela jiné závěry.

Graf 44a: Výnos bulev cukrovky (t/ha)- průběh výnosů v období 1984 – 2016



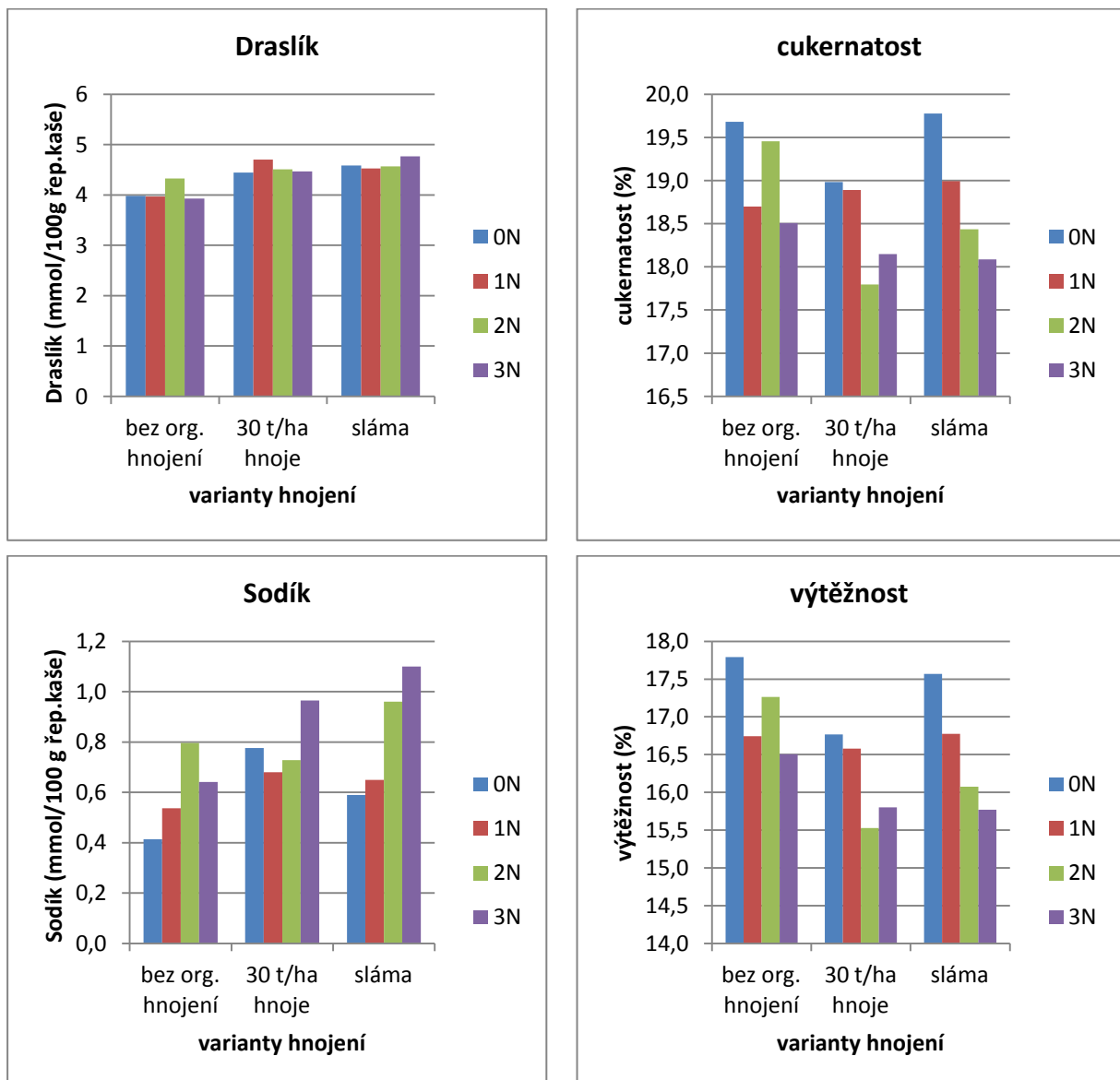
Graf 44b: Výnos bulev cukrovky (t/ha) - průměrné výnosy pěstovaných odrůd

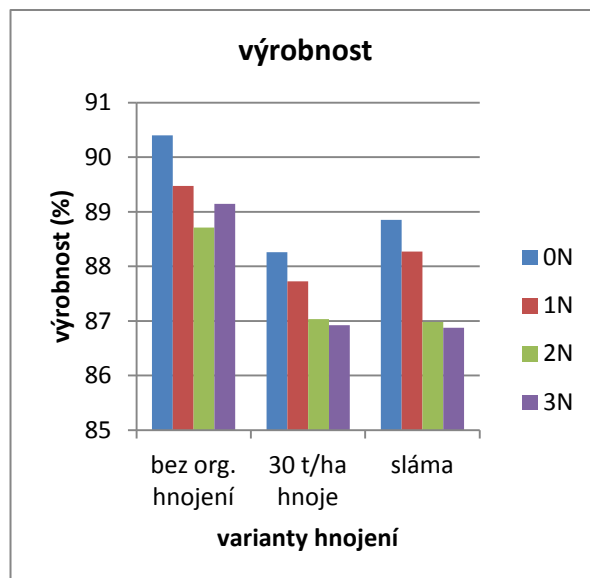
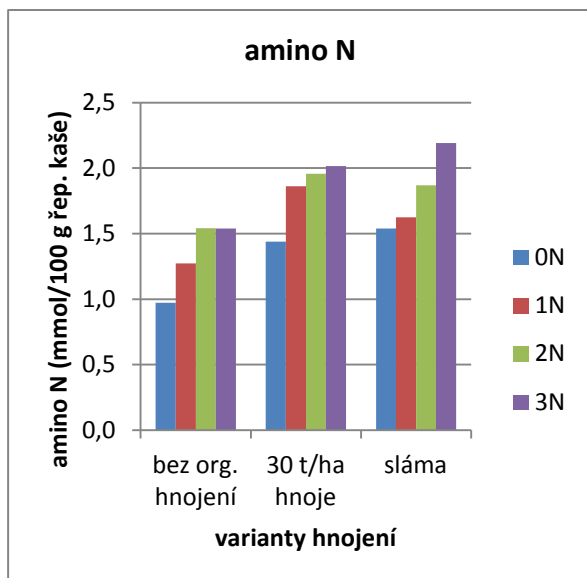


5.5.2. Cukernatost

V Grafu 45 je uveden vliv vybraných variant hnojení na cukernatost a obsah látek, které zhoršují výtěžnost rafinády z řepy. Ze získaných dat je zřejmé, že se stoupající dávkou N hnojiva klesá cukernatost. Stoupající dávky N hnojiv také negativně ovlivnily obsahy látek, které zhoršují výtěžnost rafinády a následnou výrobnost cukru.

Graf 45 Technologické parametry bulev cukrovky – průměr z let 2013,2015,2016





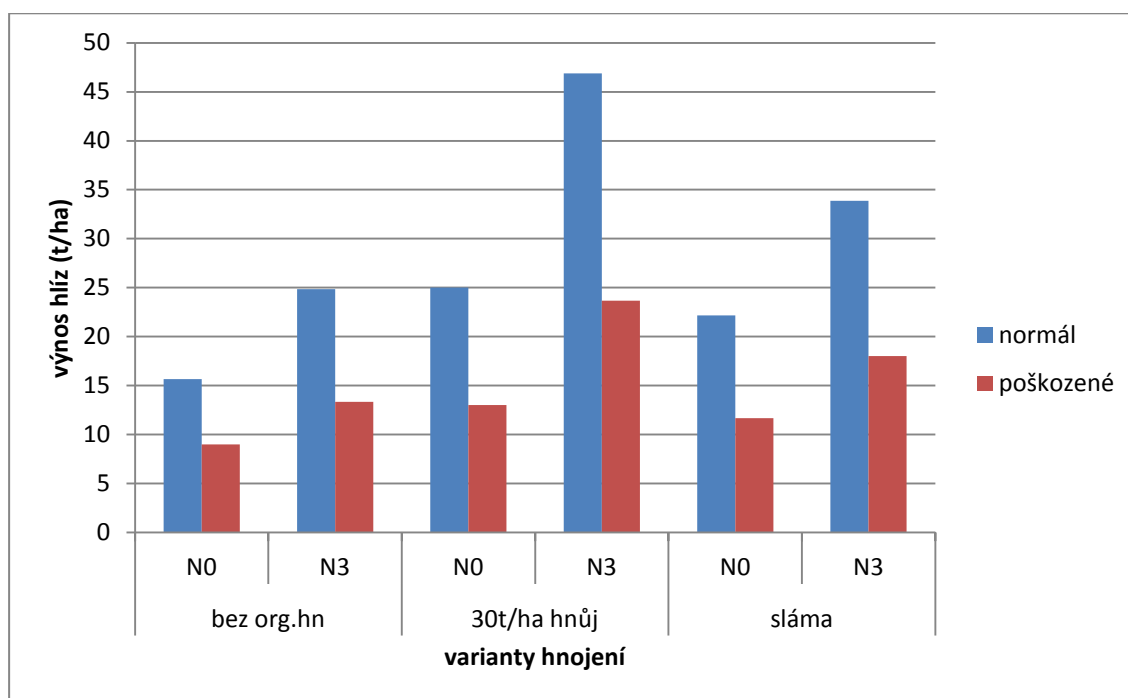
5.6. Monitoring obsahu Nmin v půdě

Pro doplnění a upřesnění výnosových výsledků pěstovaných plodin je zde uveden monitoring obsahu Nmin v půdě. Toto měření bývá prováděno každoročně 2x za rok, vždy na podzim před zámrazem půdy a na jaře před regenerativním hnojením. Monitoring je prováděn od roku 2002 vždy na obou stanovištích honu s ozimou pšenicí.

Lukavec

Na jaře 2015 byl porost předplodiny (brambory) napaden divokými prasaty a bylo zničeno celé třetí opakování pokusu, které muselo být následně znovu založeno. Tímto zásahem však byla výrazně zkrácena vegetační doba a následně také výnos hlíz byl na všech variantách nižší zhruba o polovinu (viz. graf 46). Nejvyšší výnosy předplodiny byly zaznamenány na variantách hnojených chlévským hnojem. Výsledky ukazují pozitivní účinek chlévského hnoje. Varianta hnojená pouze chlévským hnojem vykazovala stejný výnos jako varianta hnojená pouze minerálně dávkou 150 kg N/ha. Dusík obsažený v hnoji je uvolňován postupně a ovlivňuje výnos i u následných plodin, jak ukazují dosavadní výsledky pokusu. Výsledky pokusu ukazují, že pokud je do půdy dodávána pravidelně organická hmota v kvalitní formě, zlepšuje se tzv. stará půdní síla a bývá dosahováno srovnatelných výnosů jako u vysoce hnojených půd pouze minerálními hnojivy.

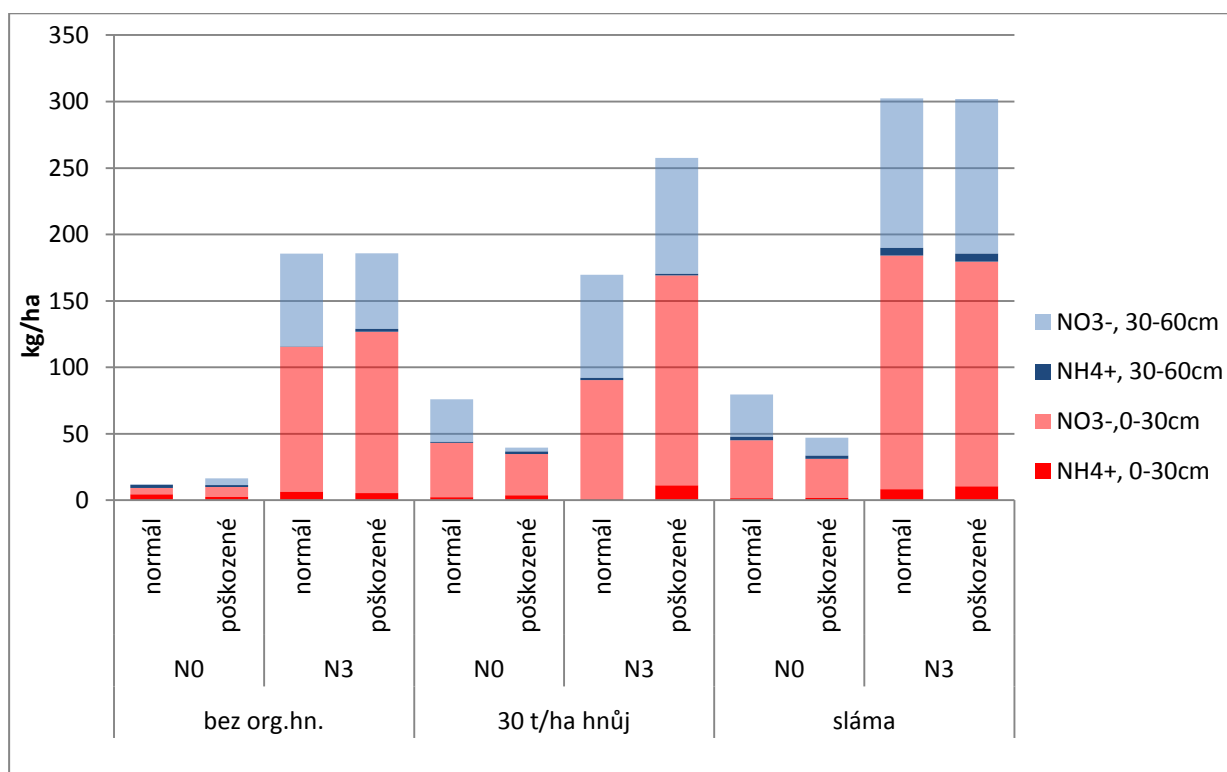
Graf 46: Vliv zkrácení vegetační doby na výnos hlíz bramboru



Stav před zimou

Z důvodu poškození porostu prasaty a rozdílnému výnosu mezi poškozenou a nepoškozenou částí pokusu, byly odebrány vzorky půdy z obou částí půdy s cílem zjistit, zda výnos předplodiny výrazně ovlivní obsah N_{min} v půdě. Jak je vidět na grafu 47, obsah N_{min} v půdě byl před zimou na všech minerálně hnojených variantách velmi vysoký. Tato skutečnost je způsobena především podzimním hnojením N v dávce 40 kg N/ha v síranu amonném a pak také průběhem počasí během vegetace, které se vyznačovalo nízkým úhrnem srážek a především vysokými teplotami během léta. Nedostatek vody v půdě také negativně ovlivnil čerpání živin z půdy, především z minerálních hnojiv. Hnojiva tak ležela bez užitku a rozpustila se v půdním prostředí až po nástupu dešťů během podzimu, jak je nejvíce patrné na variantě se zapravenou slámou předplodin. Výnos brambor bývá průměrně na obou organicky hnojených systémech velmi podobný, v roce 2015 byl však zaznamenán ve výnosech hlíz významný rozdíl. Obsah N_{min} je na variantě sláma +N3 velmi vysoký, bez ohledu na to, zda byl porost předplodiny poškozen či ne. Poškození porostu se na obsahu N_{min} v půdě na minerálně hnojených variantách neprojevovalo, kromě varianty s chlévským hnojem.

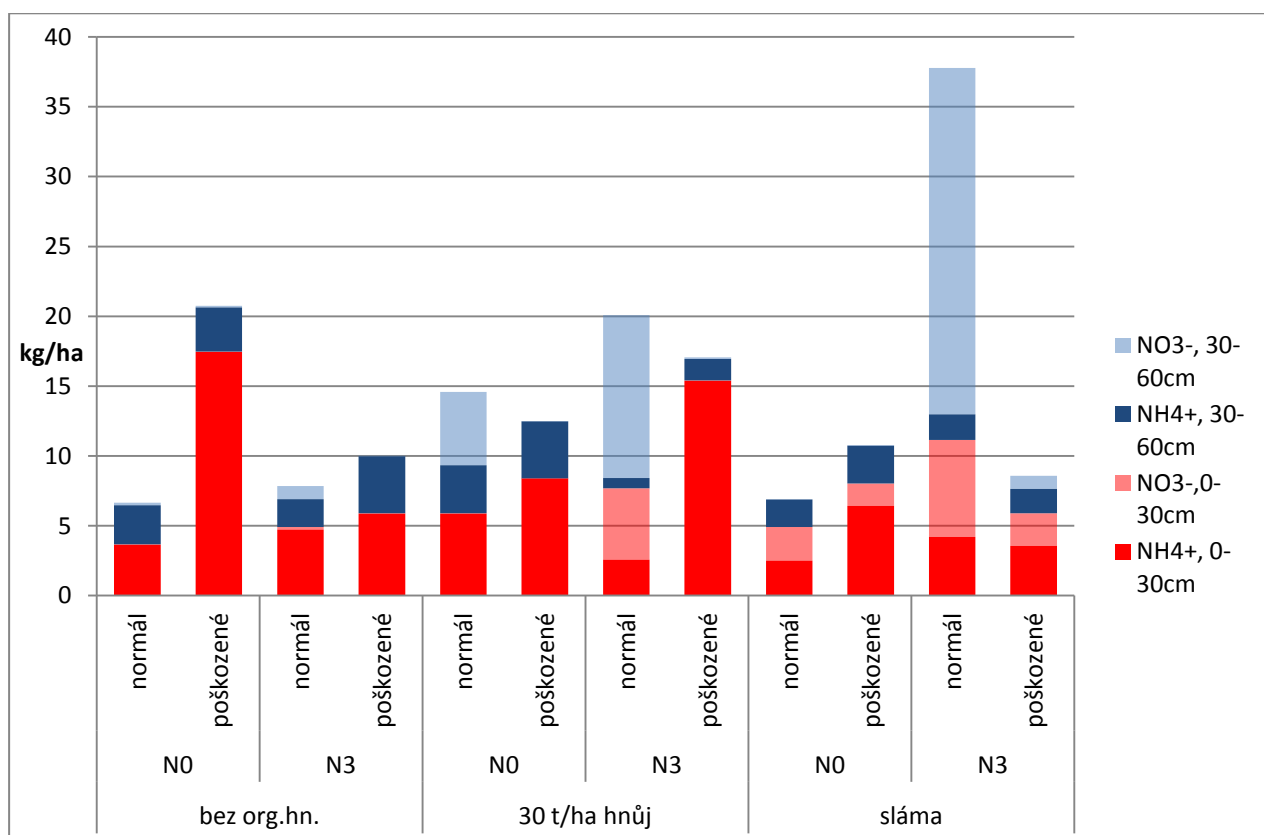
Graf 47: Obsah Nmin v půdě na podzim 2015 v Lukavci



Stav po zimě

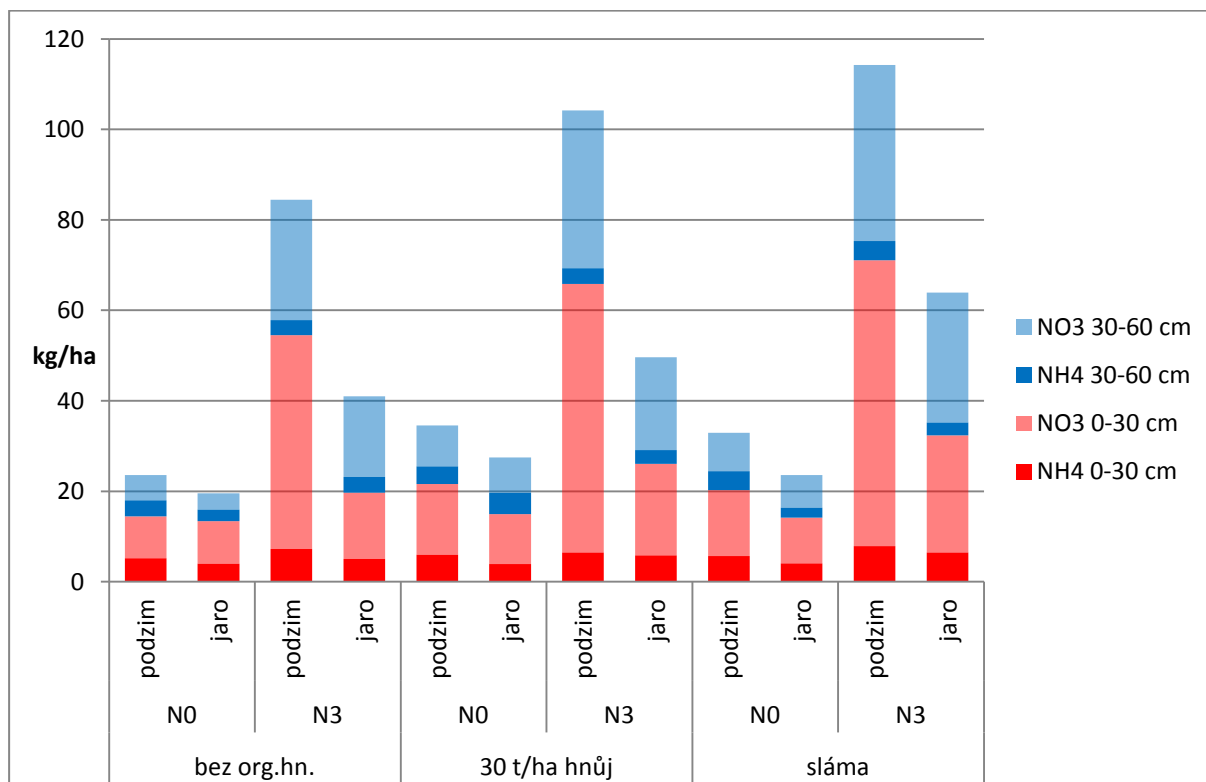
Vysoký úhrn srážek v říjnu a v listopadu a nadprůměrně vysoké teploty vzduchu během zimního období (graf 50) pravděpodobně způsobily velmi vysoký rozdíl mezi zjištěnými hodnotami Nmin na podzim a na jaře. Vysoké rozdíly lze vysvětlit odběrem dusíku rostlinami během vegetace, neboť půda přes zimní období nepromrzla a rostliny vegetovaly i přes zimu. Jak je však vidět na grafu 48, v jarním období není v půdě téměř žádný nitrátový dusík a celkový obsah Nmin je řádově nižší než na podzim. Stanice Lukavec se vyznačuje lehkými písčitými půdami se silným promyvným režimem. Lze tedy předpokládat, že nitrátový dusík se během zimy posunul do spodních vrstev půdy. Vliv poškození porostu předplodiny (brambor) prasaty a následně rozdílný výnos předplodiny se na obsah Nmin v půdě významně neprojevil.

Graf 48: Obsah Nmin v půdě na jaře 2016 v Lukavci



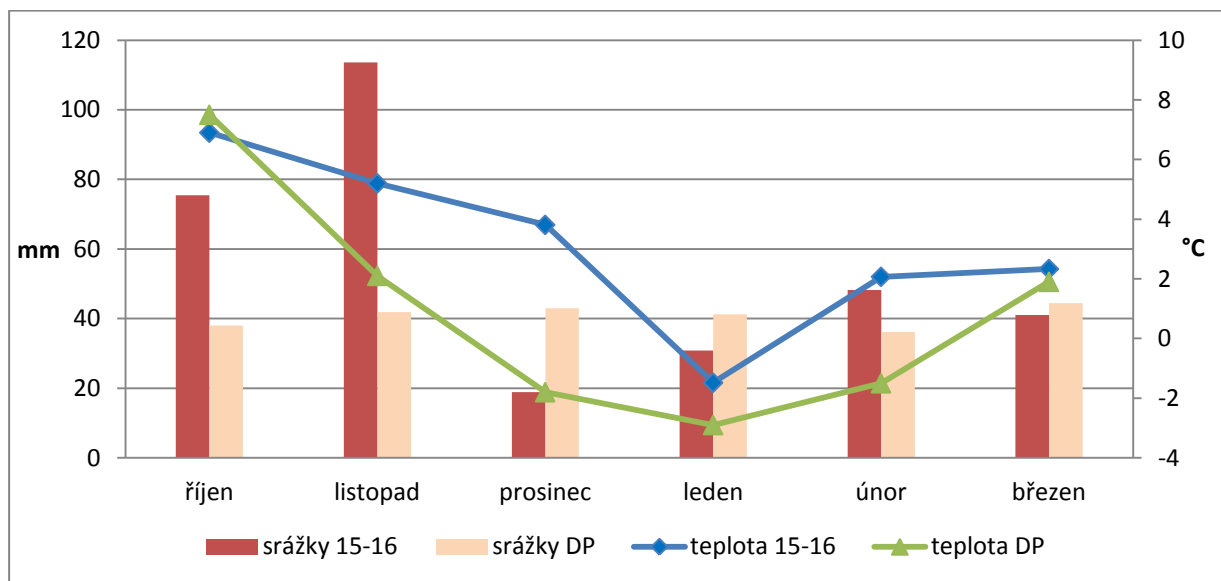
Při porovnání s předchozími ročníky je patrné, že na minerálně hnojených variantách dochází k posunům Nmin do hlubších vrstev pravidelně. Zatímco N v amonné formě zůstává v půdě přes zimu prakticky téměř ve stejném množství, nitratového dusíku nalézáme po zimě ve sledovaných půdních profilech vždy zpravidla polovinu (viz Graf 49).

Graf 49: Průměrný obsah jednotlivých forem N_{min} v půdě v dlouhodobém pokusu IOSDV na stanici Lukavec z let 2000-2015



Z našich sledování je patrné, že nejvýznamnější vliv na změnu N_{min} v půdě má výše podzimní zásoby v půdě. Je-li v půdě před zimou nízká zásoba N, nejsou rozdíly mezi podzimem a jarem významné. Vliv organického hnojení se projevil velmi málo.

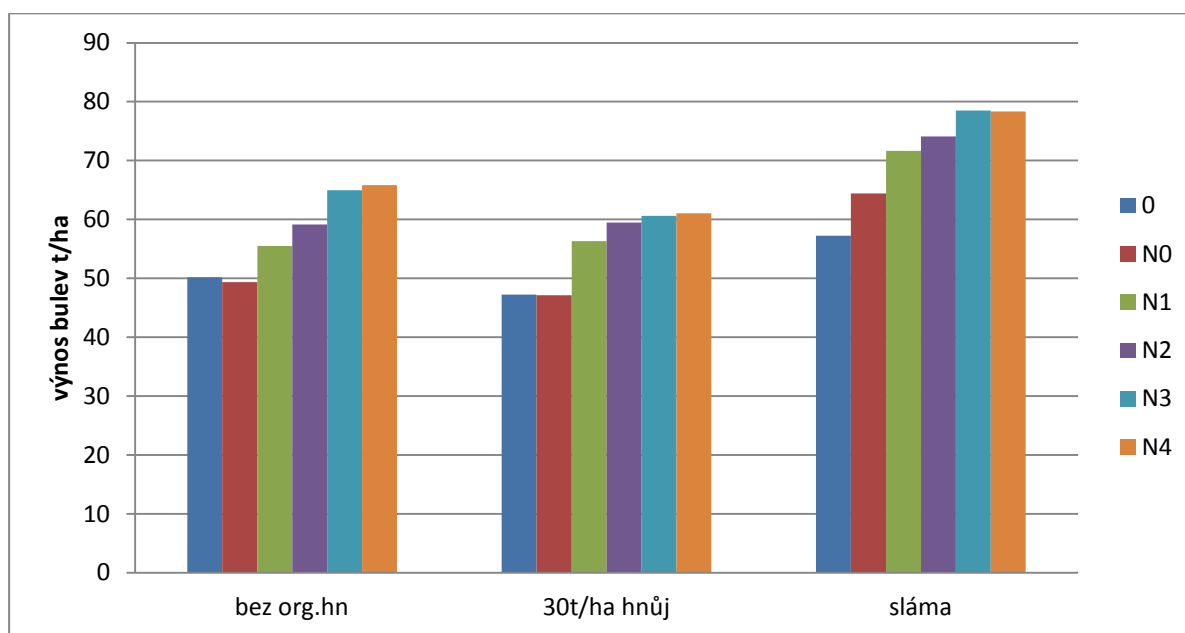
Graf 50: Průběh počasí v období říjen 2015 - březen 2016 na stanici Lukavec v porovnání s dlouhodobým průměrem



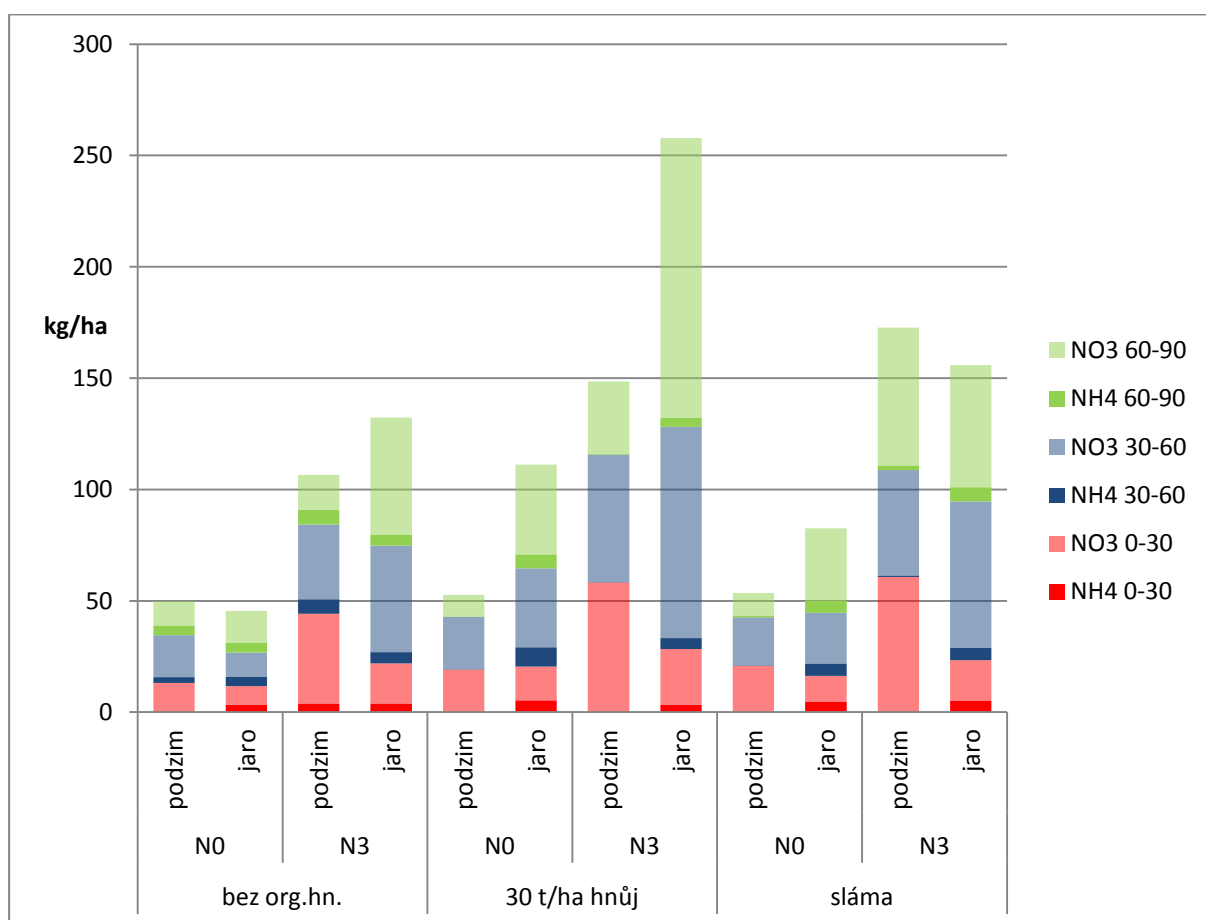
Ivanovice na Hané

Suchý průběh léta měl zásadní vliv na výnos předplodiny (cukrovky) v Ivanovicích. Nedostatek srážek se nejvíce projevilo na variantách hnojených chlěvským hnojem. Tyto varianty bývají v jiných letech nejvýnosnější, nebo alespoň shodné s variantami hnojené organicky slámou a mezipločinou (Graf 51). Z výsledků je patrné, že nedostatek vody v letním období ovlivnil i následně obsah N_{min} v půdě. V Ivanovicích jsou těžké, humózní, velmi kvalitní půdy. Riziko posunu nitrátového dusíku do spodních vrstev půdy je zde mnohem nižší, než v Lukavci. Ve sledovaném období však díky suchému a teplému počasí během zimy (graf 54) nedocházelo k posunům N do spodních vrstev, ale naopak během zimy probíhala mineralizace. V jarním odběru byl zjištěn vyšší obsah N_{min}, než na podzim (graf 52). Průběh zimy 2015/16 se v Ivanovicích stejně také jako v Lukavci vyznačuje netypickým průběhem ale v opačném směru (graf 53).

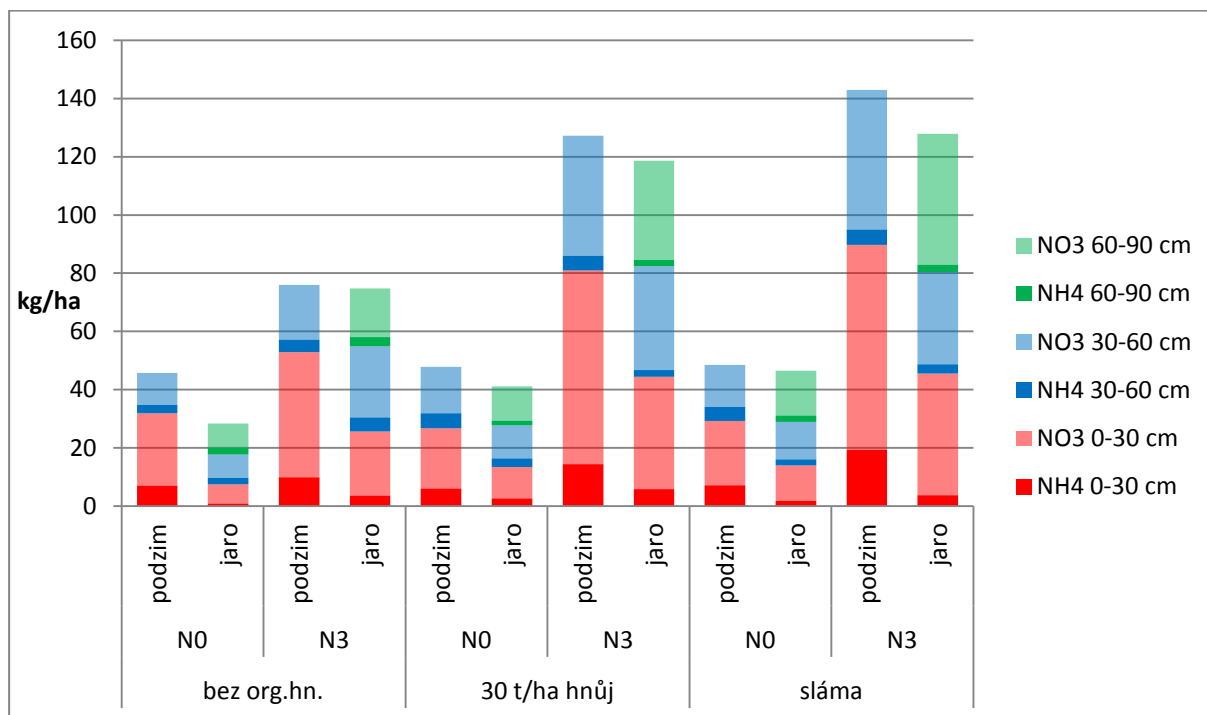
Graf 51: Výnosy bulev předplodiny (cukrovky) v roce 2015 na stanici Ivanovice na Hané



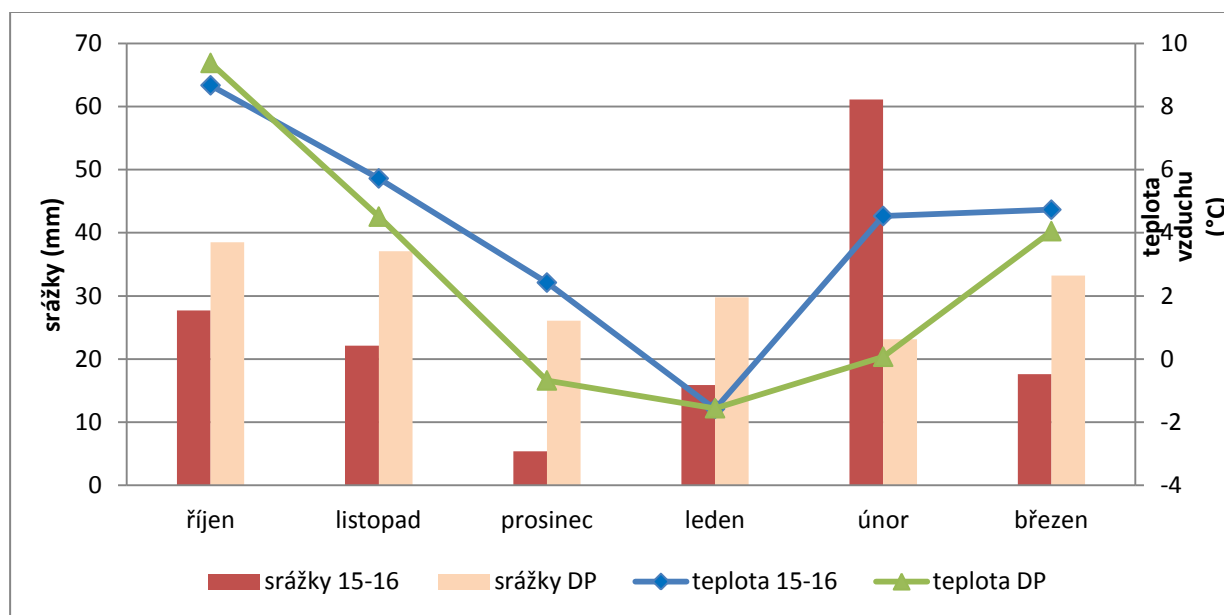
Graf 52: Obsah jednotlivých forem Nmin v půdě v zimním období 2015-2016 v Ivanovicích na Hané



Graf 53: Průměrný obsah jednotlivých forem Nmin v půdě z dlouhodobého polního pokusu IOSDV z let 2010-2015 na stanici Ivanovice na Hané



Graf 54: Průběh počasí v období říjen 2015 - březen 2016 na stanici Ivanovice na Hané v porovnání s dlouhodobým průměrem



6. Diskuse

Cílem mé disertační práce bylo vyhodnocení souboru dat z dlouhodobého polního pokusu.

Na výnos a kvalitu produkce polních plodin působí celá řada faktorů. Mezi nejvýznamnější faktory lze zařadit stanoviště, průběh počasí během vegetace, druh a výnos předplodiny, zařazení do osevního postupu, výživa a hnojení a zvolený management pěstování.

Vliv stanoviště

Mezi stanovištěm Lukavec a Ivanovice byly zjištěny výrazné rozdíly. Dle získaných poznatků lze konstatovat, že rozdíly ve výnosech mezi stanicemi se nejvíce projevovaly na méně hnojených variantách. Zatímco v Lukavci dosahovaly rozdíly ve výnosu zrna pšenice mezi nehnojenými a nejvíce hnojenými variantami přes 100%, v Ivanovicích tento rozdíl činil maximálně 30%. Ke stejným závěrům došli i Černý et al. (2010) a Kunzová a Hejman (2009).

Vliv stanoviště také výrazně ovlivňoval reakci plodin na vývoj počasí v daném ročníku. Ze získaných údajů vyplývá, že na stanici Lukavec je omezujícím faktorem teplota vzduchu, zatímco v Ivanovicích je rozhodující úhrn srážek. Naopak v Lukavci byly zjištěny při vysokých ročních úhrnech srážek výnosové deprese ve srovnání s roky suchými. V Ivanovicích byla voda základní faktor intenzity. Ve velmi vlhkých letech byla dynamika nárůstu výnosu mezi minerálně hnojenými variantami velmi výrazná, ve velmi suchých letech byla na hnojených variantách zaznamenána výnosová deprese. S podobnými závěry se shodují také práce z dlouhodobých pokusů v Maďarsku (Berzsényi et al. 2000).

Do vlivu stanoviště je také nutné zahrnout kvalitu půdy. Nejvýrazněji jsou rozdíly mezi stanovišti patrné při sledování obsahu N_{min} v půdě přes zimní období. Na lehkých půdách, s nízkým podílem jílových částic a v oblastech s promyvným režimem jsou rizika posunu nitrátů do spodních půdních horizontů mnohem vyšší, než na půdách s vysokým obsahem jílových částic a v oblastech srážkového stínu.

Kromě celkové dávky N je nutné brát zřetel na termín aplikace během vegetačního období pšenice. Dle Zimolky (2005) je pro zdárný vývoj porostu pšenice na podzim potřeba dávka N 20 kg/ha. Na vysokých stupních hnojení dusíkem (2N až 4N) je základní dávka

hnojiv aplikována již na podzim v množství 40 kg/ha bez ohledu na obsah N_{min} v půdě po předplodině. Dle našich měření, v Ivanovicích se díky vysokému obsahu jílových částic v půdě a nízkým úhrnem srážek v mimovegetačním období většina živin přes zimní období udrží v horních půdních horizontech. Situace v Lukavci je diametrálně odlišná. S rostoucím podzimním obsahem minerálního dusíku v půdě vzrůstá rozdíl mezi naměřenými hodnotami na podzim a na jaře.

Schopnost zadržet živiny v půdě v mimovegetačním období však nemusí být jen ovlivněno jen půdními vlastnostmi stanoviště a průběhem počasí. Dynamiku změny obsahů N_{min} v půdě mohou ovlivnit plodiny pěstované v osevním sledu před sledovanou pšenicí. Zatímco v Lukavci jsou pěstovány brambory, v Ivanovicích cukrovka. Brambory jsou sklizeny od poloviny září a v této době už nať brambor zasychá, brambory již významně omezují asimilaci a transpiraci. Cukrovka je při sklizni v polovině října ještě v plné síle, asimilační a transpirační aparát je plně funkční až do sklizně. Z tohoto důvodu označuje Pulkrábek (2011) cukrovku za plodinu vhodnou pro zadržení živin, především N_{min}, v půdě přes zimní období. Řepa nejen že čerpá dusík z půdy až do sklizně, ale především díky vysoké transpiraci vysušuje půdu do spodních vrstev. Půda je tedy po cukrovce více proschlá, než po bramborách a k posunu živin do spodních půdních horizontů je třeba vyššího úhrnu srážek.

Tato skutečnost má svá negativa. Dle Kvěcha et al. (1985) mají brambory ve srovnání s cukrovkou menší kořenový systém, který čerpá vodu z povrchových horizontů půdy. Cukrovka má kořenový systém velmi mohutný a je schopna čerpat vodu ze značných hloubek. V případě nízkého úhrnu srážek přes zimní období dochází k výnosové depresi u následné plodiny – pšenice ozimé. V průběhu třicetileté řady byly v některých letech na výnosech ozimé pšenice zaznamenány výnosové propady, které si nelze vysvětlit nepříznivým průběhem počasí během vegetace. Bylo zjištěno, že ročníkům s nízkým výnosem zrna pšenice předcházeli ročníky s vysokými výnosy cukrovky. Jako příklad lze uvést ročník 2005, kdy byl zaznamenán vysoký výnos cukrovky a následně rok 2006 s nízkým výnosem zrna pšenice. Výnos zrna je mimo jiné ovlivňován také vlivem předplodiny. Cukrovka bývá označována jako plodina s výbornou předplodinovou hodnotou. Pokud je však po cukrovce zařazena ozimá pšenice, může být její předplodinová hodnota podstatně nižší. Vlivem předplodiny lze vysvětlit i významný vliv ročníku na výnos zrna pšenice. Ve srovnání s Lukavcem je v Ivanovicích vliv ročníku na výnos zrna více než dvojnásobný. Zařazení ozimé pšenice po cukrovce není v ČR příliš rozšířená praxe především z důvodu nutnosti časné sklizně řepy a pozdnímu termínu setí ozimé pšenice. Skladba a řazení plodin v mezinárodním pokusu

IOSDV bylo zřejmě sestaveno podle německého modelu, kde je pšenice po cukrovce zařazována tradičně v rámci Rýnského osevního sledu (Schellberg a Hüging, 1997).

Faktor ročníku patří mezi nejvýznamnější proměnné, zahrnuje v sobě vlivy počasí před a během vegetace pěstované rostliny. S vývojem počasí úzce souvisí výskyt chorob a škůdců, kteří mohou výsledný výnos významně ovlivnit. V neposlední řadě lze do faktoru ročníku též zahrnout i vliv lidského faktoru. Z vlastní zkušenosti mohou potvrdit, že každý rok je jiný, během vegetace je nutné provést v pokusu řadu zásahů. I při nejlepší vůli se ne vždy všechno vydaří optimálně.

Ročníková variabilita vzrůstá se zkracující se vegetační dobou pěstovaného druhu plodiny. Výnosy ozimé pšenice a ječmene byly významně méně ovlivněny ročníkem, než brambory nebo cukrovka. K podobným závěrům dospěli ve své práci Chmielewski s Köhnem (1999), kteří hodnotili výnosovou řadu z dlouhodobého pokusu v Berlíně-Dahlemu v porovnání s podmínkami počasí. Dle jejich zjištění bylo ozimé žito ovlivněno ročníkem z 16,7 %, jarní ječmen z 21 %, oves z 28,3 %, brambory z 25,9 % a kukuřice z 47 %. Z tohoto důvodu se lze domnívat, že v posledních letech narůstá podíl ozimých plodin v osevních postupech (ozimá řepka, ozimá pšenice, ozimý ječmen) na úkor plodin s kratší vegetační dobou (brambory, luskoviny) (ČSÚ). S delší vegetační dobou pěstované plodiny klesá meziroční variabilita a tím se zvyšuje jistota příjmu z produkce. Zemědělské podniky, které mají závazky k bankám a jiným obchodním partnerům (půjčky, leasingy) zužují své osevní postupy a ve větší míře zařazují do osevních sledů ozimy na úkor jařin a jiných více rizikových plodin.

Organické hnojení – pozitivní vliv organického hnojení se projevilo především na variantách bez minerálního hnojení a na stanovišti s nízkou zásobou živin v půdě. Se zvyšujícími se dávkami minerálního hnojení pozitivní vliv organického hnojení klesal.

Významné rozdíly mezi organicky hnojenými systémy nebyly zjištěny. Organická hnojiva mají puffrovací funkci. Ta se projevuje jak pozitivně, tak i negativně – horší kvalitativní parametry. Organické systémy mají nižší dynamiku proti org. Nehnojené variantě.

Cukrová řepa je označována jako královna polí (Pulkrábek et al., 2011) a proto se vysévá přednostně na nejlepší pozemky s nejurodnější půdou. Tato skutečnost vysvětluje velmi nízkou reakci cukrovky na hnojení jak organickými, tak především minerálními hnojivy. Podobné poznatky popisují ve svých pracích i kolegové v Evropě, kteří také pěstují cukrovku v rámci pokusu IOSDV. Pffeferkorn a Körschens (1997) uvádějí jako nejvhodnější, z hlediska cukernatosti bulev, systém se zapravenou slámou. Jako nevhodný uvádějí systém s 40 t/ha hnoje. Starčević et al. (1996) uvádějí, že na jejich stanovišti v Novém Sadu (Srbsko) byly sice nejvyšší výnosy bulev cukrovky po hnojem hnojeném systémem společně s minerálním hnojením, ale cukernatost byla nejvyšší v systému bez organického hnojení. Klasink a Steffens (1995) na stanici Oldenburg nenašli průkazný rozdíl mezi systémy organického hnojení. Takto rozdílné výsledky z různých stanic lze vysvětlit jako působení dalších faktorů a specifí, která jsou spojená s pěstováním cukrové řepy. Použité literární zdroje uvádějí zkušenosti z jiných stanovišť mezinárodního polního pokusu IOSDV. Na těchto stanovištích byl pokus založen ve stejnou dobu jako v Ivanovicích. Zkušenosti z jiných pokusných míst v Evropě potvrzují i naše poznatky z Ivanovic. V prvních pěti rotacích (tedy 15 letech se efekt organického hnojení na výnos bulev neprojevil a naopak nejlepším se ukazoval systém bez organického hnojení. Zde zřejmě sehrál vliv mix faktorů – úrodné pozemky s vysokou zásobou živin ve staré půdní síle, odrůdová skladba s omezeným potenciálem využití vyšší úrovně hnojení a úroveň ochrany rostlin před chorobami chrástu. Další možné vysvětlení může být velká setrvačnost půdy v reakci na odlišný management hnojení. Cukrovka bývá pěstována na nejlepších pozemcích ve staré půdní síle a v kombinaci s vhodným osevním postupem se vlivy absence hnojení projeví podstatně později, než na půdách chudých, nebo na pozemcích s jinými agrotechnickými handicapami (špatný osevní postup). V práci Hliseníkovského et al. (2014), jsou uvedeny dílčí výnosové výsledky z dlouhodobého výživářského pokusu po 45 letech trvání pokusu. Varianta hnůj + N,P,K vykazovala ve srovnání s nehnojenou variantou rozdíl ve výnosu bulev 164 %. Dle práce Hejcmana et al. (2012), ve které byl sledován vliv hnojení na výnos pšenice ve stejném pokusu jako popisovali Hliseníkovský et al. (2014). V prvních rotacích pokusu se vliv hnojení na výnos prakticky neprojevil, resp. vlivem vysoké ročníkové variability se neukázal jako průkazný.

Důvody ovlivňující výnos bulev a cukernatost souvisí z velké části na agrotechnických faktorech a ročníku. Jak uvádějí Pavluš s Chocholou (2016), podstatný vliv na výnos má termín výsevu a sklizně. S tím je spojen i osevní postup na jednotlivých

stanovištích. V Ivanovicích je po cukrovce pěstována ozimá pšenice. Z tohoto důvodu musí být cukrovka sklizena dřív, než na jiných stanovištích, kde je po cukrovce pěstována jařina (např. v Novém Sadu je po cukrovce zařazen jarní ječmen). Podstatně je ovlivněn i termín výsevu. Průběh zimy a počasí na jaře podstatně ovlivňuje zralost půdy k jarní předset'ové přípravě a setí. Dle výsledků Pavlů et al. (2017), každý den zpoždění výsevu proti nejranějšímu možnému termínu znamená ztrátu 1 t/ha bulev. Vzhledem ke skutečnosti, že sklizeň cukrovky byla v každém roce v Ivanovicích provedena přibližně ve stejnou dobu (první polovina října), byl celkový výnos z agrotechnického hlediska ovlivňován jen termínem výsevu. Významným faktorem ovlivňujícím vztah mezi druhem a dávkou hnojení byl výběr odrůdy na jednotlivých stanovištích. Existuje reálný předpoklad, že především v počátečních letech pokusu IOSDV byly ve státech tehdejší západní Evropy použity lepší odrůdy cukrovky, než ve státech východního bloku. V průběhu let polního pokusu došlo ke změnám v odrůdové skladbě cukrovky. Zpočátku pěstovanou odrůdu Dobrovická A, která představuje klasického zástupce objemného typu řepy, nahradily nové cukrové typy řep. Nízké ovlivnění výnosu hnojením, jak organickým, tak minerálním lze v raných fázích polního pokusu vysvětlit kombinací vlivů volby odrůdy, vysokou přirozenou zásobeností půdy živinami před zahájením pokusu a také nízkou úrovní ochrany rostlin. Jak uvádějí Pulkrábek et al. (2011), počátkem 21. století došlo k výraznému zlepšení ochrany řepy. V důsledku toho bylo dosaženo lepšího zdravotního stavu porostu a využití větší plochy asimilačního aparátu (chrástu) řepy až do sklizně. V Ivanovicích se významné rozdíly mezi variantami hnojení začaly projevovat až s nasazením odrůdy Kristall.

Pšenice v pokusech reagovala na organické hnojení velmi pozitivně. Na obou stanovištích byl zjištěn nárůst výnosu zrna, proti organicky nehnojeným variantám o 1 t/ha. S těmito závěry jsou ve shodě i výsledky, které dokládá i Kismányoky a Dunai z dlouhodobých pokusů v Maďarsku (2015). Také práce Šimona et al. (2015) ve které dokládá výsledky z polních pokusů v Ruzyni, kde testoval vliv různých organických hnojiv a minerálních N,P,K hnojiv na výnos pšenice. Z výsledků vyplývá, že pšenice reagovala na dodaná hnojiva nárůstem výnosu zrna a slámy ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo na variantě hnojené pouze digestátem. Tato varianta se výnosově projevila lépe, než varianta hnojená pouze minerálně (N,P,K). Digestát ve spojení se slámou vykazoval nejnižší výnosy ze všech organicky hnojených variant. Vyšší výnos zrna pšenice byl častěji dosahován po hnojem hnojené předplodině, než v systému hnojení slámou.

Na minerální hnojení dusíkem reagovala pšenice lépe v Lukavci, než v Ivanovicích. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s vysokou půdní úrodností a také s nižším využitím hnojiv z důvodu nízkého úhrnu srážek ve vegetačním období v Ivanovicích. V Lukavci lze maximální optimální dávku minerálního N stanovit na 120 kg/ha, zatímco v Ivanovicích 80 kg/ha. Jak uvádějí Pfefferkorn a Körschens, vysoké dávky dusíku mohou způsobit snížení výnosu z důvodu polehání a vyšších sklizňových ztrát. K polehání porostu pšenice docházelo na hnojených variantách 3N a 4N na stanici Ivanovice téměř v každém roce. V Lukavci výnos zrna stoupal až k nejvyšším dávkám N, ale rozdíl již nebyl statisticky průkazný. K podobným závěrům došel Bischoff (1995) na stanici Speyer.

Dalším sledovaným parametrem byl výnos slámy pšenice. Na obou stanovištích u obou plodin (pšenice i ječmen) byl výnos slámy prokazatelně ovlivněn organickým hnojením. Organické hnojení prokazatelně zvyšovalo výnos slámy ve srovnání s organicky nehnojeným systémem. Pozitivní vliv organického hnojení na výnos slámy uvádějí ve své práci také Dhadli a Brar (2016), kteří v dlouhodobém pokusu zkoumali vliv rozdílných aplikací minerálních hnojiv a kejdy na výnos pšenice a kukuřice. Zjistili, že u obou plodin byl výnos zrna i slámy nejvyšší na variantě s kombinovaným hnojením N,P,K + kejda ve srovnání s pouze minerálně hnojenými variantami. Výnos slámy je do značné míry ovlivněn výběrem odrůdy. V průběhu let se výnos slámy snižoval z důvodu zařazení moderních krátkostébelných odrůd. S délkou stébla je úzce spjaté riziko polehnutí porostu. V počátečních letech byla do pokusu zařazena odrůda Zdar, která je typickým zástupcem dlouhostébelných odrůd. Ve srovnání s dalšími pěstovanými odrůdami vykazala odrůda Zdar, průkazně vyšší výnos slámy. Hejzman et al. (2012) sledovali vliv hnojení na výnos pšenice v dlouhodobém pokusu v Praze Ruzyni. Během 60 let trvání pokusu byly pěstovány jak dlouhostébelné, tak krátkostébelné odrůdy. Krátkostébelné odrůdy dosahovaly vyššího výnosu zrna ve srovnání s dlouhostébelnými, výnos slámy byl vyšší u dlouhostébelných odrůd. Zajímavé je, že i v jejich pokusu byla pěstována odrůda Zdar, ale je zde uváděna jako odrůda krátkostébelná. Odrůdy pšenic pěstovaných v 50. a 60. letech dosahovaly vyššího vzrůstu. Odrůda Zdar je tedy přechodným typem mezi starými, krajovými a méně prošlechtěnými odrůdami a odrůdami současnými, které se vyznačují nízkým stéblem a vyšším harvest indexem.

Odrůda Zdar vykazovala ve srovnání s jinými odrůdami i odlišnou dynamiku nárůstu výnosu zrna vzhledem ke stoupajícím dávkám N hnojení. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo již při dávce 80 kg/ha N hnojiva, při vyšších dávkách se již výnos významně nezvyšoval, respektive nebyl dosažen. Výnosový strop mohl být způsoben poleháním porostu na hnojených variantách a následně vyššími ztrátami při sklizni. Odrůda Zdar však dosahovala

na stanici Lukavec nejvyšších výnosů na nehnojených variantách. Tuto skutečnost lze vysvětlit dvěma způsoby. Odrůda Zdar byla pěstována na počátku polního pokusu a v půdě bylo ještě dostatek živin ve staré půdní síle, takže se rozdílné hnojení na výnosu zrna projevilo až v pozdějších letech. Se zkracováním stébla, se také zmenšuje kořenový systém rostlin. Větší kořenový systém dlouhostébelných odrůd má vyšší ústojnou schopnost a dokáže čerpat živiny a vodu z půdy lépe, než moderní krátkostébelné odrůdy. K podobným závěrům došli i Kunzová s Hejmanem při hodnocení dlouhodobého polního pokusu v Lukavci (2015).

Vliv na jakostní parametry souvisí s volbou odrůdy, stanovištěm a managementem. Závěry výzkumu z Číny uvádějí, že výnos a HTS stoupaly se zvyšujícími se dávkami a byly statisticky průkazné při dávkách N 300 kg/ha, ve srovnání s nehnojenou variantou. K tomuto výsledku je ovšem třeba dodat, že pokus byl veden pod závlahou, v jiných půdně-klimatických podmínkách a získané hodnoty (výnos a HTS) byly ve srovnání s našimi pokusy nižší (Shi et al., 2010).

Jak uvádějí Shi et al. (2010), se zvýšenými dávkami dusíku (130 kg/ha N) se zvýšila proti nehnojené kontrole koncentrace mikroprvků v zrnu pšenice (železo, zinek a měď). Nejvíce těchto živin se však vyskytovalo v otrubách, nejméně v mouce.

V našich pokusech se vliv hnojení na objemovou hmotnost neprojevil. Vliv na objemovou hmotnost nemělo jak organické, tak minerální hnojení. Ke stejnému závěru došla i Babulicová (2014). Vliv na objemovou hmotnost dle Babulicové měly tyto faktory: vysoké zastoupení obilnin v osevním postupu (80 %), volba předplodiny (oz.ječmen x hrách), ročník a vzájemné interakce mezi těmito faktory. Z důvodu charakteru našeho pokusu nemůžeme posoudit vliv předplodiny, neboť předplodina je v našem pokusu stále stejná a zastoupení obilnin v osevním postupu také.

Brambory vykazovaly během celého trvání polního pokusu velkou meziročníkovou variabilitu a rovněž faktor ročníku ovlivňoval výnos hlíz nejvýznamněji. Velké rozdíly mezi ročníky ve výnosu hlíz uvádějí i další autoři. Černý et al. (2010) ve své práci nemohli potvrdit vliv hnojení na výnos kvůli velkým rozdílům ve výnosech mezi ročníky. Také Zrust et al. (1999) popisuje větší vliv ročníku než aplikovaných hnojiv na sledované výnosové parametry. Přesto díky dlouhodobé řadě lze potvrdit pozitivní vliv organického hnojení na výnos hlíz. V našich pokusech se neprojevil statisticky významný rozdíl mezi organicky hnojenými systémy. Lošák et al. (2016) sledoval účinnost dvou dusíkatých hnojiv na výnos hlíz a obsah

škrobu v bramborách. Z výsledků vyplývá, že efektivnost obou hnojiv byla ovlivněna převážně ročníkem.

Mezi odrůdami vykazovala nejvyšší podíl škrobu odrůda Karin. Sýkora et al.(2012) porovnávali ve své práci obsah škrobu v hlízách dvou odrůd – Karin a Red Anna. Dle jejich závěrů obsahovala odrůda Karin prokazatelně vyšší obsah škrobu, než odrůda Red Anna. V literatuře se vyskytují rozdílné názory na to, zda má ročník vliv na obsah škrobu v hlízách. Šimková et al. (2013) ve své práci zjišťovala vliv odrůdy, lokality a ročníku na obsah škrobu v hlízách. Z výsledků vyplynul průkazný rozdíl mezi ročníky v obsahu škrobu v hlízách brambor. Körschens a Pfefferkorn (1996) uvádějí, že mnohem významnější vliv na škrobnatost měl výběr odrůdy, než hnojení. V práci Lošáka et al. (2016) jsou však uvedeny závěry zcela opačné. Meziroční rozdíly v obsahu škrobu v hlízách byly minimální a nejnižší obsahy škrobu v hlízách byly dosaženy na variantách s nejnižší dávkou dusíkatého hnojiva. Závěry Lošákovy práce jsou v rozporu s výsledky z našeho pokusu. V našem pokusu byla zjištěna velká variabilita mezi ročníky v obsahu škrobu v hlízách a nejvyššího obsahu škrobu bylo dosaženo na nehnojených variantách. Tuto skutečnost lze vysvětlit tzv. zřed'ovacím efektem, tzn., že se stoupajícími výnosy hlíz, klesal obsah škrobu v hlízách. Brambory byly pěstovány na stanici Lukavec, která se vyznačuje půdami s velmi malou přirozenou úrodností. Brambory v Lukavci sice díky vysokým dávkám hnojiv zvýší výnos, ale za cenu horší kvality. Na druhou stranu, v našem pokusu byly pěstovány stolní odrůdy brambor, které nejsou šlechtěné na vysoký obsah škrobu. Obsah škrobu u stolních odrůd brambor není hodnocen jako ukazatel kvality.

Kombinace organického a minerálního hnojení zlepšovala podíl hlíz ve větších velikostních kategoriích (3-7 cm, nad 7 cm) ve sklizené produkci. Minerální hnojení ovlivnilo vyšší zastoupení větších hlíz jen do aplikované dávky N 100 kg, pak se již zastoupení větších hlíz nezvyšovalo, naopak vzrostl počet velmi malých hlíz. Dle Poljaka et al. (2012) nejvýznamnější vliv na velikost hlíz měla vzdálenost vysazených hlíz v hrůbku. Zkrácením výsadbové vzdálenosti v hrůbku z 35 cm na 25 cm se významně zvýšil podíl velmi malých hlíz. To mělo samozřejmě vliv na snížení výnosu.

Vnímání velikosti hlízy jako známky kvality nemusí být jednoznačné. Lze předpokládat, že díky zřed'ovacímu efektu budou menší hlízy obsahovat vyšší koncentraci živin a látek ovlivňující sensorické vlastnosti produktu. Na trhu se již objevují odrůdy, které se vyznačují vysokým počtem malých hlíz, nebo nabízejí jinou přidanou hodnotu, např. barevnou barvu dužniny (Pazderů et al., 2015).

7. Vyjádření k hypotézám

1. Výnosy a kvalitu produkce polních plodin lze zvýšit intenzitou pěstování

Výnos - Hypotéza potvrzena jen částečně.

Organické a minerální hnojení jako intenzifikační faktor ovlivňuje výnos jen do určité míry. Jak ukazují výsledky z dlouhodobé řady pokusů, velmi významným faktorem se ukázal vliv ročníku. V Ivanovicích bylo nejvyšších výnosů dosaženo v letech s vysokým úhrnem srážek, v Lukavci byl nejvyšší výnos dosažen v nejteplejším roce. Vzhledem k vývoji změny klimatu se dá předpokládat, že v budoucích letech bude vyšších výnosů dosahováno na stanici Lukavec, zatímco v Ivanovicích lze očekávat vzhledem k vyšší četnosti suchých a horkých let pokles výnosů.

Mezi pěstovanými odrůdami všech plodin byl na obou stanovištích prokázán významný rozdíl ve výnosu produkce. Volba odrůdy tedy prokazatelně zvyšuje výnos.

Kvalita – Hypotéza potvrzena jen částečně.

Na kvalitu produkce měl pozitivní vliv pouze výběr odrůdy. U všech pěstovaných plodin se projevil tzv. zředovací efekt. Se zvyšujícím se výnosem klesal obsah živin (škrobnatost hlíz, cukernatost bulev), zhoršovaly se parametry zrna – HTS, podíl nad sítem.

2. V dlouhodobém horizontu působí hnojení hnojem příznivěji na produkční schopnost a kvalitu pěstovaných plodin než zaorávka slámy s meziplodinou

Hypotéza zamítnuta – U všech pěstovaných plodin na obou stanovištích nebyl zjištěn významný rozdíl ve výnosu produkce mezi systémy hnojení hnojem a zapravení slámy s meziplodinou. Oba systémy organického hnojení však průkazně zvyšovaly výnos a kvalitativní parametry u většiny pěstovaných plodin. Výjimku tvoří jen cukrovka, kde bylo nejvyšších výnosů dosaženo v organicky nehnojeném systému.

U kvalitativních parametrů se významně neprokázal vliv jednotlivých systémů organického hnojení. Kvalita sklizené produkce byla více ovlivňována ročníkem, odrůdou a především minerálním hnojením

3. Vývoj produkčních schopností hodnocených plodin v dlouhodobém sledování bude vykazovat různou dynamiku v závislosti na podmínkách stanoviště (řepařská x bramborářská oblast).

Hypotéza potvrzena – Z výsledků je zřejmý rozdíl mezi stanicemi Lukavec a Ivanovice. V Lukavci byl na nehnojených variantách zjištěn významně nižší výnos zrna pšenice (3,2 t/ha) než v Ivanovicích (4,9 t/ha). V Lukavci rostl výnos zrna pšenice a až do nejvyšších dávek minerálního hnojení N (7 t/ha), ale průkazný rozdíl nebyl zjištěn mezi variantami 3N a 4N. V Ivanovicích dosahoval zjištěný výnos zrna pšenice na nehnojených variantách (4,9 t/ha), ale maximální výnos byl shodný jako v Lukavci, ale byl dosažen již na variantě 2N (7t/ha).

8. Závěry

- Vyšší intenzita hnojení zvyšovala výnosy hlavního produktu jen do určité míry, nejvyšší stupně hnojení již nepřinesly statisticky průkazný nárůst výnosu, nebo dokonce způsobovaly výnosové deprese.
- Výnosy slámy ozimé pšenice i ozimého ječmene reagovaly na organické a minerální hnojení rostoucím výnosem. Rozdíly mezi varianty 3N a 4N již nebyly statisticky průkazné.
- Faktory ročníku nejvíce ovlivňovaly výnos hlavního produktu brambor a cukrovky, pšenice v Ivanovicích a ječmene v Lukavci.
- V Lukavci byl limitujícím faktorem pro dosažení vyšších výnosů teplota vzduchu, v Ivanovicích úhrn srážek.
- Vysoká výnosová variabilita u pšenice ozimé v Ivanovicích byla způsobena z velké části nevhodně poskládaným osevním postupem, kdy pšenice následovala po cukrovce.
- Pozitivní vliv organického hnojení se nejvíce projevil na minerálně nehnojených variantách. Se zvyšujícími se dávkami N se vliv organického hnojení snižoval. U většiny sledovaných parametrů se neprokázal statisticky průkazný rozdíl mezi systémy organického hnojení 30 t/ha hnoje a sláma s mezipločinou. Oba tyto systémy organického hnojení vykazovaly statisticky vyšší výnosy, než systém bez organického hnojení
- U většiny plodin se projevil pozitivní vliv organického hnojení na výnos a kvalitu sklizené produkce. Výjimku tvořila pouze cukrovka.
- Výnos pěstovaných plodin byl v negativní korelaci s kvalitativními parametry. Se zvyšujícími se dávkami hnojiv se snižoval obsah sledovaných látek v hlavním produktu (obsah škrobu, cukernatost). Na vyšších stupních hnojení byly zaznamenány horší kvalitativní znaky zrna u pšenice a ječmene (HTS, objemová hmotnost, podíl nad sítem 2,8 mm, 2,5 mm, 2,2 mm)

8.1. Doporučení pro praxi

- Používání minerálních dusíkatých hnojiv by mělo být aplikováno jen na základě půdních analýz obsahu N_{min} v půdě a stavu porostu
- Výnos brambor dosahoval nejvyšších výnosů hlíz v kombinaci hnojení chlévského hnoje a dávce minerálních N hnojiv 100 kg/ha. Při této kombinaci hnojiv bylo dosaženo nejvhodnějšího poměru velikostních partií hlíz. Vyšší dávky N hnojiv, již výnos nezvyšovaly
- Optimální kombinace hnojiv pro nejvyšší hospodářský výnos ozimého ječmene je 30 t/ha hnoje a 80 kg/ha N minerálních hnojiv v suché a teplé oblasti (Ivanovice), ve vlhké a chladné oblasti je optimální kombinace sláma s meziplochinou + 120 kg/ha N.
- Optimální kombinace hnojení ozimé pšenice byla stanovena 30 t/ha hnoje + 80 kg/ha N hnojiv v suché teplé oblasti (Ivanovice). V chladné a vlhčí oblasti byla optimální kombinace hnůj + 120 kg N/ha
- Zařazení ozimé pšenice po cukrovce se ukázalo do našich podmínek nevhodné vzhledem k častějšímu výskytu zim s nízkými úhrny srážek.
-

9. Seznam literatury

- Anderson, R. (2007): Why do we need long-term field experiment?, Success Stories of Agricultural Long-term Experiments, Volume 146, Issue 9, ISBN 978-91-85205-61-5
- Austin, R., B. (1998) Yield of Wheat in the United Kingdom: Recent Advances and prospects, Crop Science, Volume 39, Issue 6, P. 1604-1610
- Babulicová, M. (2014): The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production, Plant, Soil and Environment, Volume 60, Issue 7, p. 297-302
- Babulicová, M., Kubinec, S. (2006): Effects of the monoculture growing on winter wheat yield and onweed infestation in K.Voříšek et.al.(ed.):The role of Long-term field experiments in agricultural and ecological sciences and Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils III, p. 9 – 15, Power Print, Praha, ISBN 80-213-1454-0
- Baier, J., Prokop, J., 1969. The influence of some ecological conditions on the quantity of maximum doses of nitrogen fertilizers for winter wheat. Rostl. Vy' r. 15, 589–594
- Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Vaněk, V. (2010): Význam dlouhodobých pokusů pro praxi, vědu a zaměření výzkumu, Sborník z 16. Mezinárodní konference Racionální využití hnojiv zaměřené na úlohu a význam dlouhodobých pokusů ve výživě rostlin, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, p.13-20, ISBN 978-80-213-2118-2
- Berzsenyi, Z., Györfly, B., Lap, D.(2000): Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment, European Journal of Agronomy, Volume 13, Issues 2-3, p. 225-244
- Bilsborrow, P.Cooper, J., Téterd-Jones, C., Srednicka-Tober, D., Barański, M., Eyre, M., Schmidt, Ch., Shotton, P., Volakalis, N., Cakmak, I., Ozturk, L., Leifert, C., Wilcockson, S. (2013): The effect of organic and conventional management on the yield and quality of wheat grown in a long-term field trial, European Journal of Agronomy, Volume 51, p. 71-80, Elsevier
- Bischoff, R. (1995): Der Internationale organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Speyer, Archive of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 6, p.461-471, ISSN 0365-0340
- Boguslawski, E.V. (1995): Das Zusammenwirken der mineralischen Düngung mit verschiedenen Formen der organischen Düngung im IOSDV Rauschholzhausen, Archive of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 6, p.403-412, ISSN 0365-0340
- Brown, Ch. R. (2011): The Contribution of Traditional Potato Breeding to Scientific Potato Improvement, Potato Research, Volume 54, Issue 4, p. 287-300, ISSN 0014-3065

- Carew, R., Khkbazan, M., Mohr, R. (2009): Cultivar developments, fertilizer inputs, environmental conditions and yield determination for potatoes in Manitoba, *American Journal of Potato Research*, Volume 86, p. 442-455
- Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Časová, K., Nedvěd, V. (2010): Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments, *Plant, Soil and Environment*, Volume 56, Issue 1, p. 28-36, ISSN 1214-117
- Dhadli, H. S., Brar, B.S. (2016): Effect of long-term differential application of inorganic fertilizers and manure on soil CO₂ emissions, *Plant, Soil and Environment*, Volume 62, Issue 5, p. 195-201
- Diez, T., Beck, R., Brandhuber, P., Capriel, P., Krauss, M. (1997): Changes of soil properties in the international organic nitrogen long-term fertilization experiment (IOSDV) at Puch after 12 years (in German), *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 41, Issue 2, p. 113-122, ISSN 0365-340
- Dreiseitl, A. (2007): Powdery mildew resistance in winter barley cultivars, *Plant breeding*, Volume 126, Issue 3, p. 268-273,
- Florian, M., Smatanová, M. (2015): Long-term field experiments in ÚKZÚZ (CISTA) with focus on the effects of organic fertilizers, in 60th anniversary of long-term field experiments in the Czech Republic, *Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference*, p.13, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9
- Gáborík, Š., Ložek, O., Slamka, P., Kajanovičová, I., Várady, T. (2010): Výsledky dlhodobých poľných pokusov na Slovensku, *Sborník z 16. Mezinárodní konference Racionální použití hnojiv*, Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, p.49 – 56, ISBN 978-80-213-2118-2
- Gidea, M. (2006): The crop rotation system, a part of integrated weed management, item to guarantee the stable productions and a low weedness level, in K.Voříšek et.al.(ed.):*The role of Long-term field experiments in agricultural and ecological sciences and Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils III*, p. 109-113 Power Print, Praha, ISBN 80-213-1454-0
- Haberle, J. Ivičic, P.(2006): The effect of climatic parameters and organic-mineral fertilization on potato yields in a long-term field experiment, *Archive of Agronomy and Soil Science*, Volume 52, Issue 5, p.525 – 534, ISSN 0365-0340
- Hege, U., Offenberger, K. (2007): Effect of differentiated mineral fertilization and organic manuring on yield, product quality and N balances in the international permanent organic nitrogen

- experiment (IOSDV) Puch, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 52, Issue 5, p.535-550, ISSN 0365-0340
- Hejzman, M., Kunzová, E.(2010): Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment, Field Crops Research, Volume 115, p.191-199, ISSN 0378-4290
- Hejzman, M.,Kunzová, E.,Šrek,P.(2012):Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N,P and K fertilizer applicatioén on illimerized luvisol in the Czech Republic, Field Crops Research, Volume 139,p.30-38, ISSN 0378-4290
- Hlisníkowský, L.,Kunzová, E.,Klír, J.,Hejzman, M. (2014): Vliv hnojení a osevních postupů na výnosy a cukernatost cukrové řepy, Listy cukrovarnické a řepářské, Volume 130, Issue 2, p. 50-56, ISSN 1805-9708
- Hoffman, S.,Kismányoky, T., Balázs, J. (1997): The international organic nitrogen long-term fertilization experiment (IOSDV) in Keszthely after 12 experimental years (in German), Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 41, Issue 2,p. 123-132, ISSN 0365-340
- Hoffmann, Christa M., Loel, J. (2015): Importance of breeding for the increase of sugar beet yield, Sugar Industry-Zuckerindustrie, Volume 140, Issue 1, p.48-56, Abstract
- Hohenmeier, B., Behle-Schalk, L., Zimny, L., Sniady, R., Malak, D. (2001): Ertragsreaktionen von Zuckerrüben in den internationalen organischen Stickstoffdauerdüngungsversuchen (IOSDV) Rauschholzhausen und Wroclaw-Swojec, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 47, Issue 5-6, p. 459-471, ISSN 0365-340
- Hrubý, J., Procházková, B.(1991): Výnos a kvalita ozimé pšenice ve vztahu k různým agrotechnickým opatřením, Rostlinná výroba, Volume 37,Issue 6-7,p. 481-490, ISSN 0370-663X
- Chmielewski, F.-M., Köhn, W.(1999): The long-term agrometeorological field experiment at Berlin-Dahlem, Germany, Agricultural and Forest Medeorology, Volume 96, p. 39-48
- Chochola, J. (2012): Vliv půdní zásoby dusíku na potřebu hnojení cukrové řepy, Listy cukrovarnické a řepářské, Volume 128, Issue 3, p.90-95, ISSN 1805-9708
- Christensen, B. T. (1997): The Askov long-term field experiments, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, ISSN 0365-0340
- Káš, M., Haberle, J. (2006): The relation between weather and winter wheat yield and quality traits in the long-term experiment IOSDV in Lukavec at Pacov (1985-2003), in K.Voříšek et.al.(ed.):The role of Long-term field experiments in agricultural and ecological sciences and Practical solutions for managing optimum C and N kontent in agricultural soils III,p. 109-113 Power Print, Praha, ISBN 80-213-1454-0

- Káš, M. (2010): Vliv hnojení organickými a minerálními dusíkatými hnojivými na vyplavení dusíku do spodních půdních horizontů ve zranitelných oblastech, Diplomová práce
- Káš, M., Haberle, J., Matějková, Š.(2010): Crop productivity under increasing nitrogen rates and different organic fertilization systems in a long-term IOSDV experiment in the Czech Republic, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 56, Issue 4, p. 451-461, ISSN 0365-340
- Kismányoky T.,Dunai, A. (2015): Effect of the cropping years on the yield of winter wheat in long-term field experiments (IOSDV 1984 – 2013), Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference, p.27-31,Výzkumný ústav rostlinné výroby,v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9
- Kiryushin, B. D. (The static field experiment at the Timiryasev Academy in Moscow- results of long-term investigations (in German), Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, p. 235-246, ISSN 0365-0340
- Klasink, A., Steffens, G (1995): Der internationale organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) oldenburg nach neun versuchsjahren, Archive of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 6, p.449 -460, ISSN 0365-0340
- Klima, K.,Wiśniowska-Kielian, B.(2010): Yealding of pure sowings and grains mixture in long-term field experiment, Sborník z 16. Mezinárodní konference Racionální použití hnojiv, Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, p.81 -84, ISBN 978-80-213-2118-2
- Klír, J., Wollnerová, J., Růžek, P., Haberle, J.,Kunzová, E. (2008): Zásady správné zemědělské praxe pro ochranu vod před znečištěním dusičnany, Metodika pro praxi, Výzkumný ústav rostlinné výroby,v.v.i., ISBN 978-80-87011-64-5
- Köhn, W., Limberg, P. (1996): Der internationale organische stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem po třech rotacích, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 40, Issue 2, p. 75-95, ISSN 0365-0340
- Konečný, I. (2009): Cukrová řepa v roce 2009, Listy cukrovarnické a řepařské, Volume 125, Issue 9-10,p.256-259 ISSN 1805-9708
- Körschens, M. (1997): Die wichtigstten Dauerfedversuche der Welt – Übersicht, Bedeutung, Ergebnisse, Archive of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, p.157-168, ISBN 90-5702-3245
- Körschens, M. (2005): Global and regional importace of long-term field experiments, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 51, Issue 2, p. 111-117

- Körschens, M. (2006): The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research – a review, *Plant, Soil and Environment*, Volume 52, Special Issue, p. 1-8., ISSN 1214-117
- Körschens, M., Albert, E., Armbuster, M., Barkusky, D., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Čergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffman, S., Hofmann, B., Kismanyoky, T., Kubát, J., Kunzová, E., Lopez-Fando, Ch., Mehrbach, I., Mehrbach, W., Pardor, M.T., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnšek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W. (2013): Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 59, Issue 8, p.1017-1040, ISSN 0365-0340
- Körschens, M., Kubát, J. (2015): Soil organic matter – Climate change – carbon sequestration? The importance of long-term field experiments, *Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference*, p.43-50, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9
- Kuldkep, P., Teesalu, T., Liiva, I. (1996): Einfluss mineralischer und organischer N-düngung auf Ertrag, Qualitätsmerkmale und auf die N-bilanz im IOSDV Tartu/Estland, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 40, Issue 2, p. 97-105, ISSN 0365-0340
- Kunzová, E., Hejman, M. (2009): Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P, and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic, *Field Crops Research*, Volume 111, Issue 3, p. 226-234, ISSN 0378-4290
- Kunzová, E., Hliseníkovský, L., Menšík, L. (2015): Effect of long-term fertilizer application on the yield of winter wheat in 60th anniversary of long-term field experiments in the Czech Republic, *Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference*, p.51-55, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9
- Kusá, H., Růžek, P., Kasal, P. (2012): Vliv aplikace minerálních dusíkatých hnojiv u brambor a jejich vliv na výnos hlíz, *Vědecké práce, VUBHB*, Volume 19, p. 9-18
- Kvěch, O., Baláš, J., Kos, M., Krišťan, F., Skala, J., Strnad, P., Šimon, J., Vrkoč, F. (1985): Osevní postupy, *Státní zemědělské nakladatelství, Sb. Rostlinná výroba*
- Kwast, A. (2008): Vorstellung des internationalen organischen Stickstoff-dauerdüngungsversuchs (IOSDV) durchführen und Auswertung der Erträge und N Entzüge, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 40, Issue 2, p. 133-143 ISSN 0365 - 0340
- Lang, H., Dressel, J., Bleiholder, H. (1995): Langzeitwirkung der Stickstoffdüngung IOSDV – Standort Limburgerhof (Deutschland), in der Reihe *Internationale Organische*

- Stickstoffdauerdüngungsversuche, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 6, p. 429-448, ISSN 0365-0340
- Lang, H., Dressel, J. (1997): N-P-K-fertilization effects in agricultural crops on two different soils in identical climatic locations – 40 respectively 60 years permanent field trials at Limburgerhof (in German), Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, p. 211-234, ISSN 0365-0340
- Ležovič, P. 1998.: Beitrag zur Methodik der Dauerfeldversuche. Doctorate thesis Univ. Halle-Wittenberg, Herbert-Uzt-Verl. München,
- Lipavský, J., Madaras, M., Kubát, J. (2015): Long-term field experiments in the Czech Republic, 60th anniversary of long-term field experiments in the Czech Republic, Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference, p.57-60, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9
- López-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E., López-Garrido, F.J. (1998): Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions, Field Crops Research, Volume 57, Issue 3, p. 265-276,
- Lošák, T., Hlušek, J., Musilová, L., Jůzl, M. (2016): The effect of urea and urea with urease inhibitors on tuber yields and starch content in potatoes, VI Balkan Symposium on vegetables and potatoes, Book Series: Acta Horticulturae, Volume 1142, p. 37-40
- Mehrbach, W., Deubel, A. (2008): Long-term field experiments – museum relics or scientific challenge?, Plant, Soil and Environment, Volume 54, Issue 5, p.219-226, ISSN 1214-117
- Mercik, S., Stepien, W., Gebski, M. (1997): Results of 75 years of continuous fertilization experiments in Skierniewice as a contribution to modification of fertilization, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, p. 201-210, ISSN 0365-340
- Pavlu, K., Chochola, J. (2016): Vliv termínu setí a sklizně na výnosy cukrové řepy, Listy cukrovarnické a řepářské, Volume 132, Issue 7-8, p. 216-223
- Pavlu K., Chochola J., Pulkrábek J., Urban J. (2017): Influence of sowing and harvest dates on production of two different cultivars of sugar beet. Plant Soil and Environment, Volume 63, Issue 2, 76–81
- Pazderů, K., Hamouz, K., Lachman, J., Kasal, P. (2015): Yield potential and antioxidant activity of potatoes with coloured flesh, Plant, Soil and Environment, Volume 61, Issue 9, p. 417-421
- Pfefferkorn, A., Körschens, M. (1995): Der internationale organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Bad Lauchstädt nach 16 Jahren, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 6, p. 413-428, ISSN 0365-340

- Pfefferkorn, A., Körschens, M. (1997): Untersuchungen zur Pflanzenqualität im internationalen organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Bad Lauchstädt, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 41, Issue 2, p. 93-112, ISSN 0365-340
- Poljak, M., Lazarevic, B., Horvat, T. (2011): Impact of Nitrogen Fertilization and In-Row Seed Distance on Potato Yield, Tuber Size and N Recovery, V. Balkan Symposium on vegetables and potatoes, Book Series: Acta Horticulturae, Volume 960, p. 417-423
- Powlson, D. S., Schlipf, H., Garz, J., Christensen, B. T., Körschens, M., Schellberg, J., Kirjushin, B. D., Mercik, S., Krzysch, G., Caesar, K., Peschke, H., Lang, H., Dressel, J., Krauss, M., Kubát, J., Roggasik, J., Mäder, P. (1997): Maintenance and comprehensive use of European long-term field trials, Memorandum of the International Conference „Long-term field trials as a research basis for sustainable agriculture“, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 42, Issue 3-4, p. 154-156, ISBN 90-5702-3245
- Prášilová, P., Prášil, I. T., Faberová, I., Hermuth, J., Stehno, Z., Dotlačil, L. (2006): Long-term evaluation of winter hardiness and the differences between obsolete and recent wheat cultivars in K. Voříšek et al. (ed.): The role of Long-term field experiments in agricultural and ecological sciences and Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils III, p. 178-182, Power Print, Praha, ISBN 80-213-1454-0
- Procházková, B. et al.: Význam a možnosti optimalizace struktury a střídání plodin v systémech hospodaření na půdě. Certifikovaná metodika, 2011, osvědčení 197-10/KÚ/UKZUZ/2011.
- Pulkrábek, J., Urban, J., Pazderů, K., Švachula, V., Černý, I., Candráková, E. (2011): Pěstování cukrové řepy a její vliv na životní prostředí, Listy cukrovarnické a řepářské, Volume 127, Issue 2, p. 57-62
- Richter, R., Škarpa, P. (2013): Úprava živinného režimu půd pro cukrovku – předpoklad stabilní a kvalitní produkce, Listy cukrovarnické a řepářské, Volume 129, Issue 7-8, p. 219 – 222, ISSN 1805-9708
- Rothamsted Research Station, (2006): Long-term experiments – Guide to the Classical and Other Long-Term Experiments, Datasets and Sample Archive. Rothamsted Research Station, Rothamsted, UK.
- Rožnovský, J., Střešík, J., Štěpánek, P., Zahradníček, P. (2015): Long-term air temperature and precipitation changes in the territory of the Czech Republic, 60th anniversary of long-term field experiments in the Czech Republic, Book of Abstracts and Proceedings of the International Conference, p. 94-98, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-177-9

- Schellberg, J., Hüging, H. (1997): Die Entwicklung der Erträge von Getreide, Hackfrüchten und Klee im Dauerdüngungsversuch Dikopshof von 1906 bis 1996, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 42, Issue 3-4, p. 303-318, ISSN 0365-340
- Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römheld, V., Zou, Ch (2010): Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), *Journal of Cereal Science*, Volume 51, p. 165--170
- Schmidt, L., Warnstorff, K., Dörfel, H., Leinweber, P., Lange, H., Mehrbach, W. 2000.: The influence of fertilization and rotation on soil organic matter and plant yields in the long-term Eternal Rye trial in Halle (Saale), Germany, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Volume 163, p. 639-648, Wiley-VCH Verlag GmbH, D-69451, Weinheim, ISSN 1522-2624
- Spiegel, H., Dersch, G., Baumgarten, A., Hösch, J. (2010): The International Organic Nitrogen Long-term Fertilisation Experiment (IOSDV) at Vienna after 21 years, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 56, Issue 4, p. 405-420, ISSN 0365-340
- Starčević, L., Malešević, M., Marinković, B., Crnobarać, J. (1997): The international organic nitrogen long-term fertilization experiment (IOSDV) in Novi Sad after 12 years (in German), *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 41, Issue 2, p. 155-166, ISSN 0365-340
- Stehlíková, I., Madaras, M., Lipavský, J., Šimon, T. (2016): Study on some soil quality indices obtained from long-term experiments, *Plant, Soil and Environment*, Volume 62, Issue 2, p. 74-79
- Sýkora, V., Strnkova, J., Nedomová, S., Jůzl, M. (2012): Influence of the technology of cultivation on the quality of potato tubers varieties of Redona and Karin, *MendelNet International Ph.D. Students Conference*
- Šimková, D., Lachman, J., Hamouz, K., Vokál, B. (2013): Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing, *Food Chemistry*, Volume 141, p. 3872-3880
- Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M. (2015): The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters, *Plant, Soil and Environment*, Volume 61, Issue 11, p. 522-527
- Špunar, Z. (2001): Ozimý ječmen a jeho perspektiva, *Úroda, Tématická příloha Ozimý ječmen* Volume 49, Issue 4, p. 1-3, ISSN 0109-6013
- Šrek, P., Hejčman, M., Kunzová, E. (2009): Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment, *Field Crops Research*, Volume 118, p. 183-193, ISSN 0378-4290

- Tajněšek, A., Šantavec, I. (1997): Yields and nitrogen balance in the international organic nitrogen long-term fertilization experiment Ljubljana-Jable after the first crop rotation (in German), Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 41, Issue 2, p. 143-154, ISSN 0365-340
- Vach, M. (1987): Vliv některých regulovatelných faktorů na produkci sušiny biomasy plodin v různých agroekosystémech, Rostlinná výroba, Volume 33, Issue 10, p.1011 – 1018, ISSN 0370-663X
- Vasilica, C., Mogárgan, A., Axinte, M., Chetrone, M. (1997): The effect of fertilizing with different forms of organic manure and N fertilizers on sugarbeets, winter wheat, maize, and on the nutrient balance in the soil (in German), Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 41, Issue 2, p. 133-142, ISSN 0365-340
- Vašák, J., Honz, J. (1993): Výběr plodin a osevní postupy pro rodinný zemědělský podnik, Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství, 1. Vydání, ISBN 8071050520
- Vrkoč, F., Vach, M., Veleta, V. Košner, J.(2002): Influence of different organic mineral fertilization on the yield structure and on changes of soil properties, Rostlinná výroba, Volume 48, Issue 5, p. 212-216, ISSN 0370-663X
- Winkler, J., Hledík, P., Procházková, B.(2015): Vliv osevního postupu na aktuální zaplevelení cukrovky, Listy cukrovarnické a řepařské, Volume 131, Issue 5-6, 162 – 166. ISSN 1805-9708
- Zbiral, J., Honsa, I., Malý, S., Čižmár, D. 2004. Jednotné pracovní postupy Analýza půd III. 199 s., ÚKZUZ
- Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F. (2005): Pšenice – pěstování, hodnocení a užití zrna, 1. Vydání, Profi Press, Praha, ISBN 80-86726-09-6
- Zrust, J., Hlušek, J., Jůzl, M, Přichystalova, V.(1999): Relationship between some chosen growth characteristics and yield of very early potato varieties, Rostlinná výroba, Volume 45, Issue 11, p. 503-509, ISSN 0370-663X

Internetové zdroje:

https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr

Literatura autora:

- Káš, M., Haberle, J. (2006): The relation between weather and winter wheat yield and quality traits in the long-term experiment IOSDV in Lukavec at Pacov (1985-2003), in K.Voříšek et.al.(ed.):The role of Long-term field experiments in agricultural and ecological sciences and Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils III,p. 109-113 Power Print, Praha, ISBN 80-213-1454-0
- Káš,M.,Haberle,J.,Matějková,Š.(2009): Crop productivity under increasing nitrogen rates and different organic fertilization systems in a long-term IOSDV experiment in the Czech Republic, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 56, Number 4, p.451-461
- Haberle, J., Káš, M. (2010): Simulace vyplavení dusíku a koncentrace nitrátů v dlouhodobém pokusu *Úroda*, 2010, 58(12,věd.př.): 461 - 464
- Káš, M. (2010): Vliv hnojení organickými a minerálními dusíkatými hnojivými na vyplavení dusíku do spodních půdních horizontů ve zranitelných oblastech, Diplomová práce
- Káš, M., Matějková, Š. (2010): Vliv hnojení na ztráty dusíku do spodních půdních horizontů ve zranitelných oblastech, *Úroda*, Volume 58, Issue 12, vědecká příloha, p.491-494.
- Káš, M., Haberle, J., Matějková, Š.(2010): Crop productivity under increasing nitrogen rates and different organic fertilization systems in a long-term IOSDV experiment in the Czech Republic, Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 56, Issue 4, p. 451-461, ISSN 0365-340
- Mühlbachová, G., Káš, M. (2011): Interakce mezi přijatelnými obsahy živin v půdách a rostlinách při různém způsobu hnojení na dlouhodobých pokusech, *Úroda*, 2011, 59(12 věd.př.): 391 – 394
- Haberle, J., Káš, M.(2012): Simulation of nitrogen leaching and nitrate concentration in a long-term field experiment, *Journal of Central European Agriculture*, Volume 13, Issue 3, p.416-425
- Káš, M., Mühlbachová, G. (2014): Vliv organicko-minerálního hnojení na výnos ozimé pšenice v dlouhodobém polním pokusu v různých půdně-klimatických podmínkách, *Úroda*, Volume 62, Issue, 12, vědecká příloha, p.351-354.
- Káš, M. Muňoz, J., Ust'ak, S. (2015): Effect of organic and mineral fertilization on soil carbon dioxide emissions at long-term international field trial, in Ust'ak S., Mikulka J., Muňoz J. (eds.): Sborník příspěvků ze semináře k výsledkům Česko-Ruského projektu, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha - Ruzyně, 27.10.2015. – 69-73s., ISBN 978-80-7427-192-2.
- Káš, M., Mühlbachova, G., Kusá, H., Pechová, M. (2016): Soil phosphorus and potassium availability in long-term field experiments with organic and mineral fertilization, *Plant, Soil and Environment*, Volume 62, Issue 12, p.558-565.

10. Přílohy

10.1. Statistické vyhodnocení

10.1.1. Pšenice

10.1.1.1. Ozimá pšenice, stanice Lukavec

Tabulka 1: Popisná statistika pšenice ozimé v Lukavci, rok 1984-2016

Proměnná	N	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
výnos zrna (t/ha)	1719	5,57	1,35	11,15	1,99
výnos slámy (t/ha)	1575	6,74	1,60	110,51	4,69
HTS (g)	1581	44,73	26,85	62,59	4,57
hektolitrová váha zrna	378	75,38	68,10	83,85	3,41
vyrovnanost zrna nad 2,8 mm	914	72,78	13,20	89,2	13,04
vyrovnanost zrna nad 2,5 mm	914	16,53	5,41	131,00	8,48
vyrovnanost zrna nad 2,2 mm	1400	37,72	1,2	99,95	41,83
propad zrno	590	1,82	0,0	30,70	1,99

Vysvětlivky: N – počet bodů

Tabulka 2: Procentický vliv faktoru pšenice ozimá, Lukavec

Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos zrna (SČ)	Výnos zrna (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna (%)
Ročník	30	1633,71	0,00	24,33
Organické hnojení	2	106,39	0,00	1,58
Mineralni hnojení	5	4097,96	0,00	61,02
Chyba	1636	878,02		
Celkem	1673	6716,07		

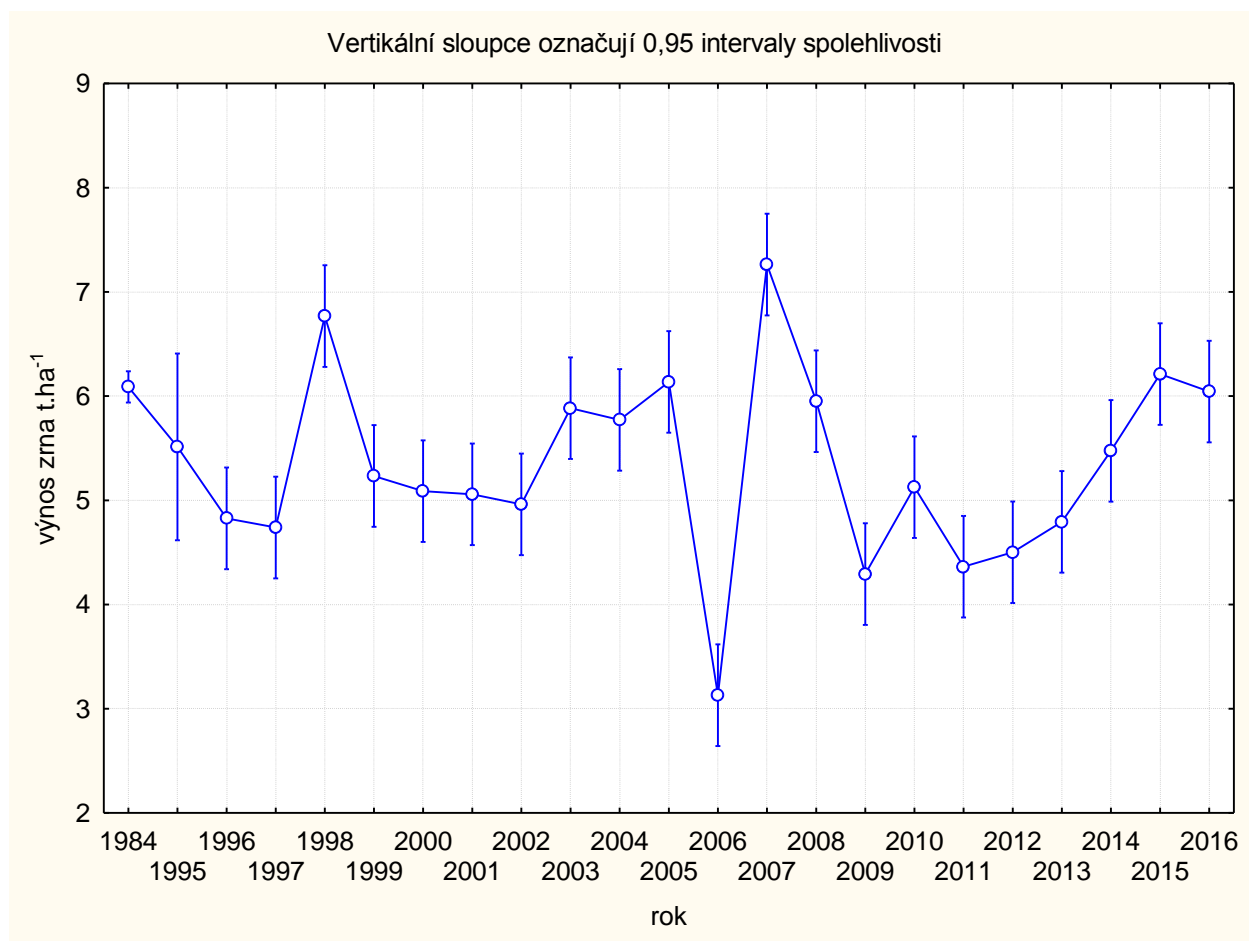
Vysvětlivky: SČ – Suma čtverců, p – hladina významnosti

Tabulka 3: Průměrné výnosy zrna ozimé pšenice (t/ha) a rozdíly mezi jednotlivými ročníky

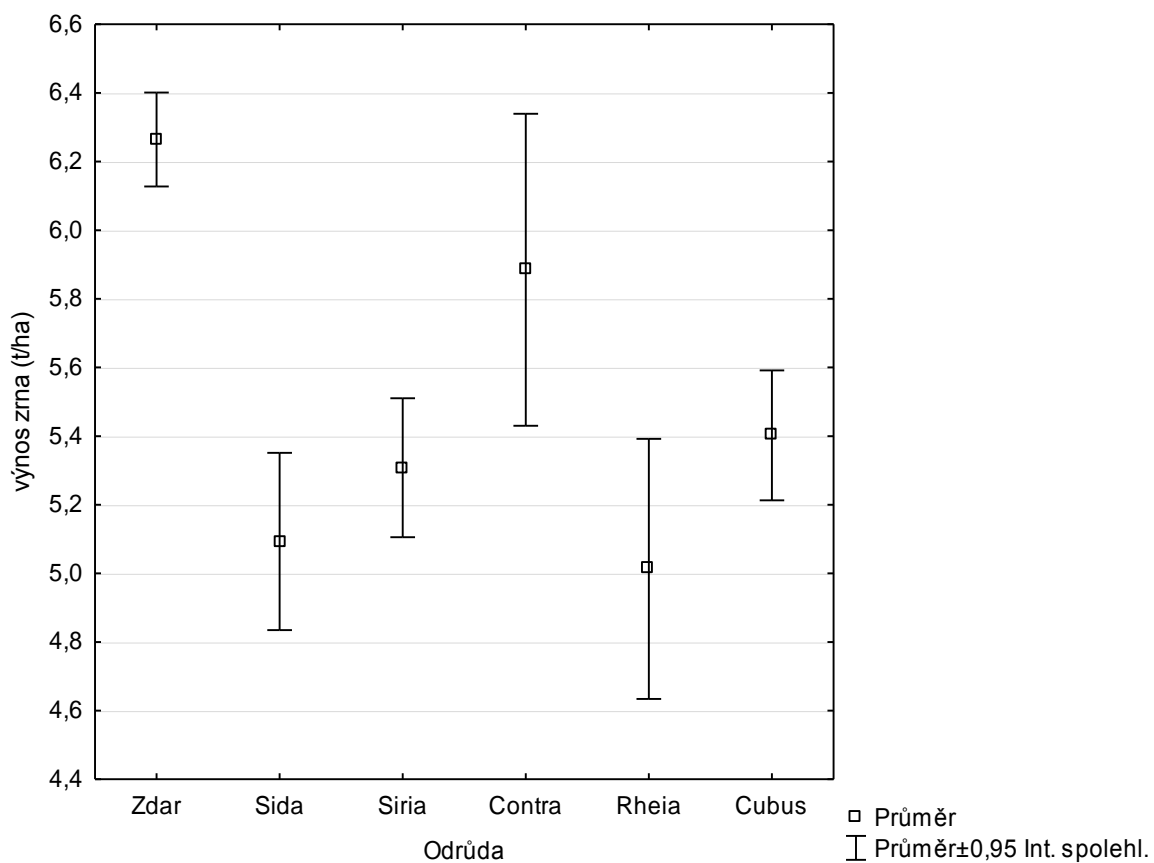
Rok	Výnos zrna
2006	3,13 ^a
2009	4,29 ^{ab}
2011	4,36 ^{ab}
2012	4,50 ^{bc}
1997	4,74 ^{bcd}
2013	4,79 ^{bcde}
1996	4,83 ^{bcde}
2002	4,96 ^{bcdeg}
2001	5,06 ^{bcdeg}
2000	5,09 ^{bcdeg}
2010	5,13 ^{bcdeg}
1999	5,23 ^{bcdefg}
2014	5,47 ^{bcdefg}
1995	5,51 ^{bcdefghi}
2004	5,77 ^{cdefgh}
2003	5,88 ^{defgh}
2008	5,95 ^{defgh}
2016	6,04 ^{efghi}
1984	6,09 ^{fh}
2005	6,14 ^{fghi}
2015	6,21 ^{fghi}
1998	6,77 ^{hi}
2007	7,26 ⁱ

Vysvětlivky: Rozdíly mezi průměry jsou označeny indexy ^{a,b,c,d,e,f,g,h,i} a jsou statisticky průkazné pro $p \leq 0,05$ (Tukey test)

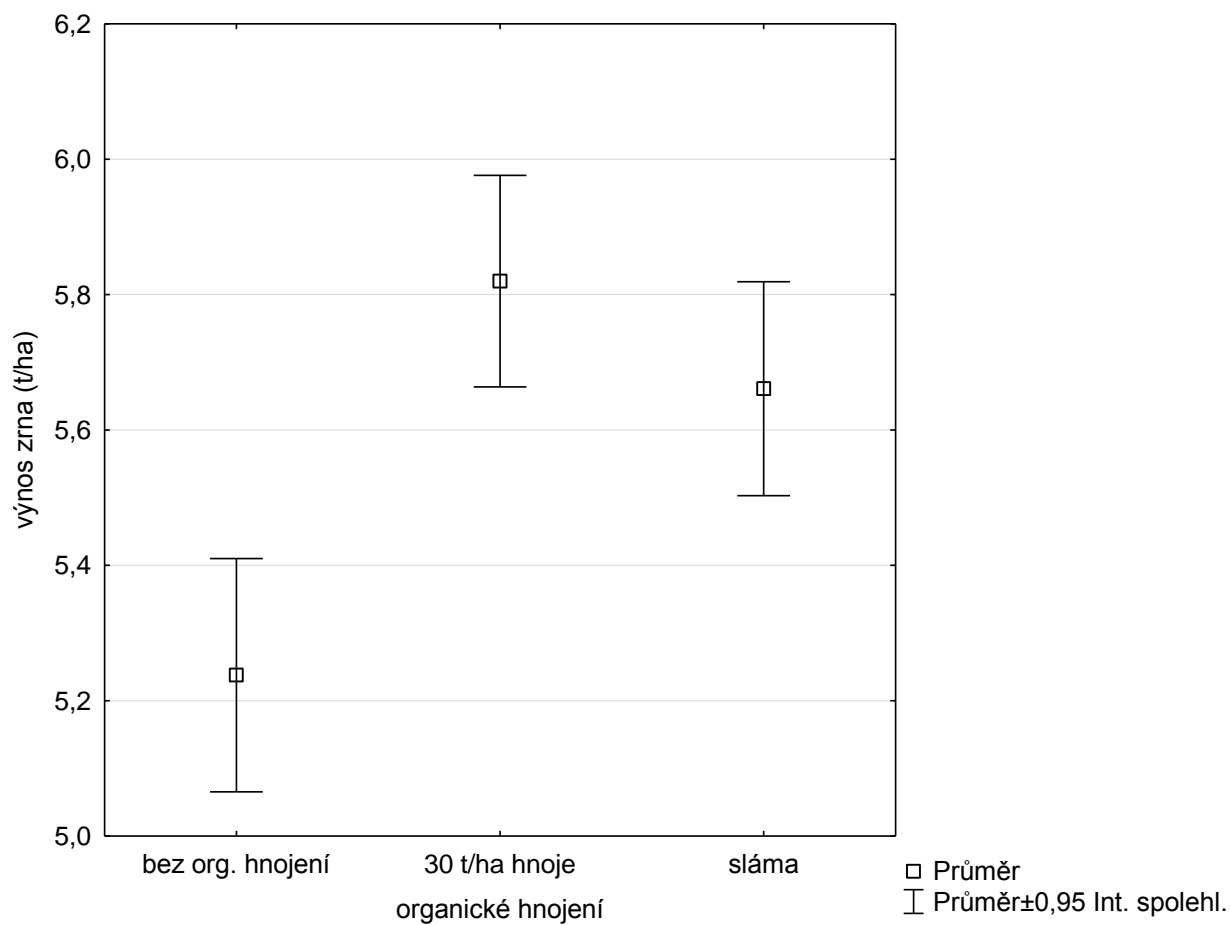
Graf 1: Výnos zrna ozimé pšenice na stanici Lukavec během celého trvání pokusu včetně intervalů spolehlivosti



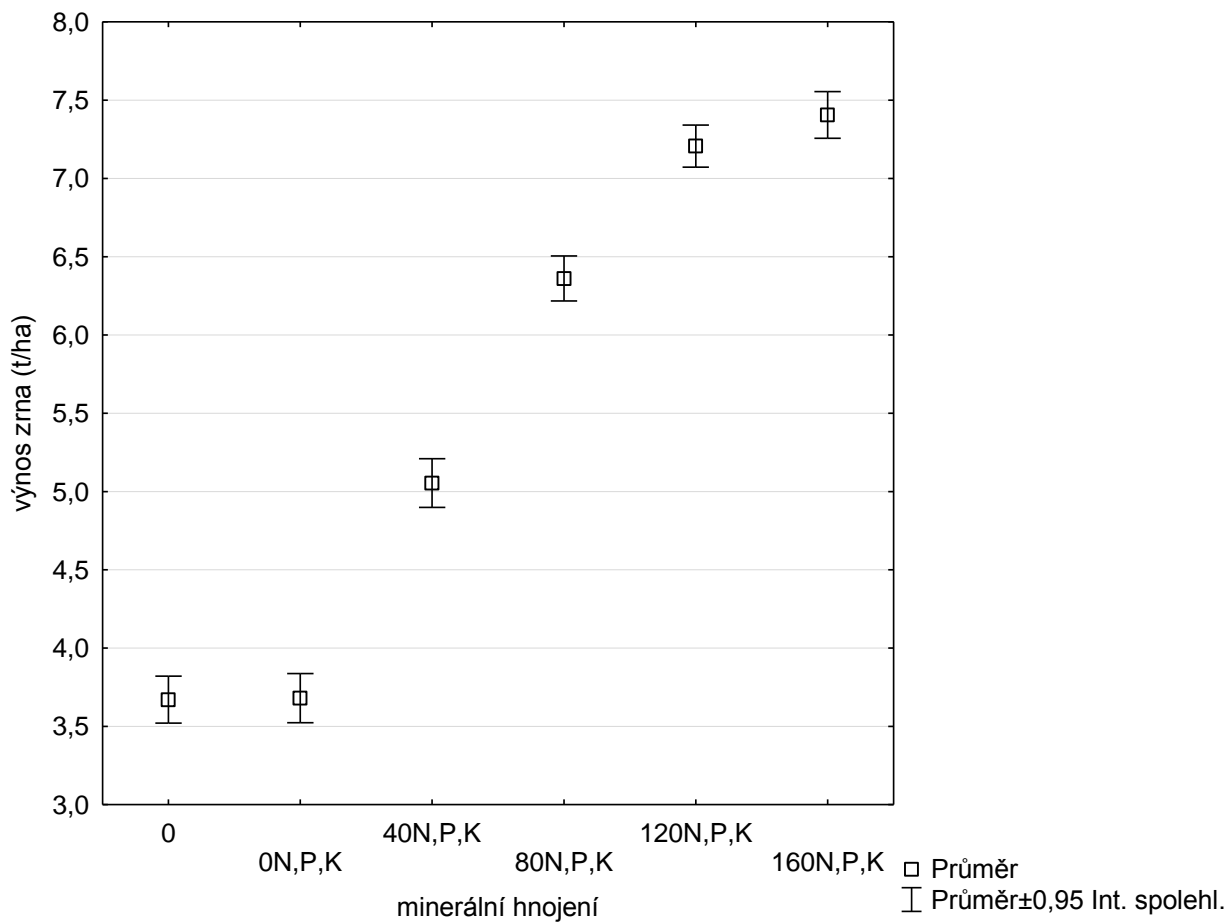
Graf 2: Výnos zrna pěstovaných odrůd ozimé pšenice (t/ha) včetně intervalů spolehlivosti



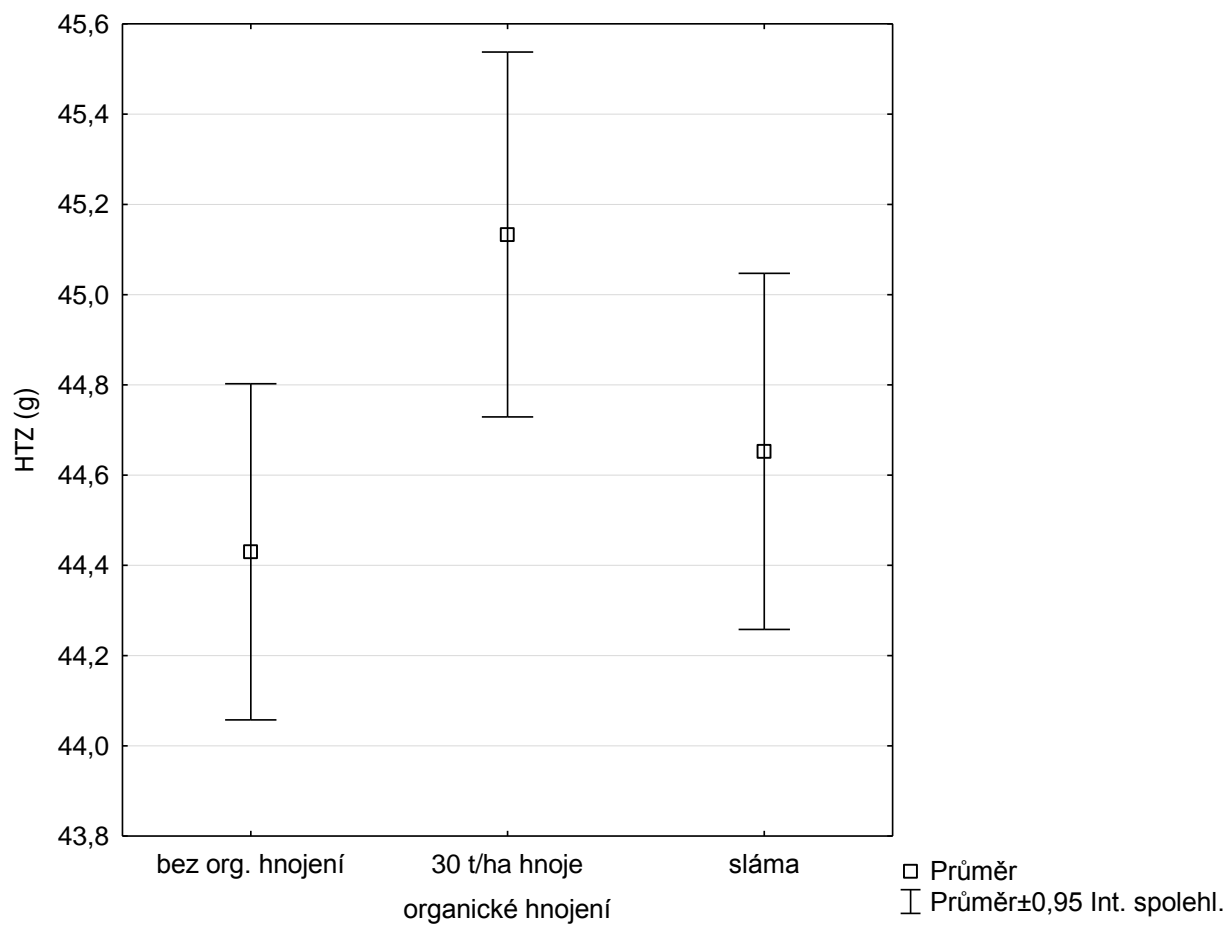
Graf 3: Výnos zrna ozimé pšenice (t/ha) v různých systémech organického hnojení, včetně intervalů spolehlivosti



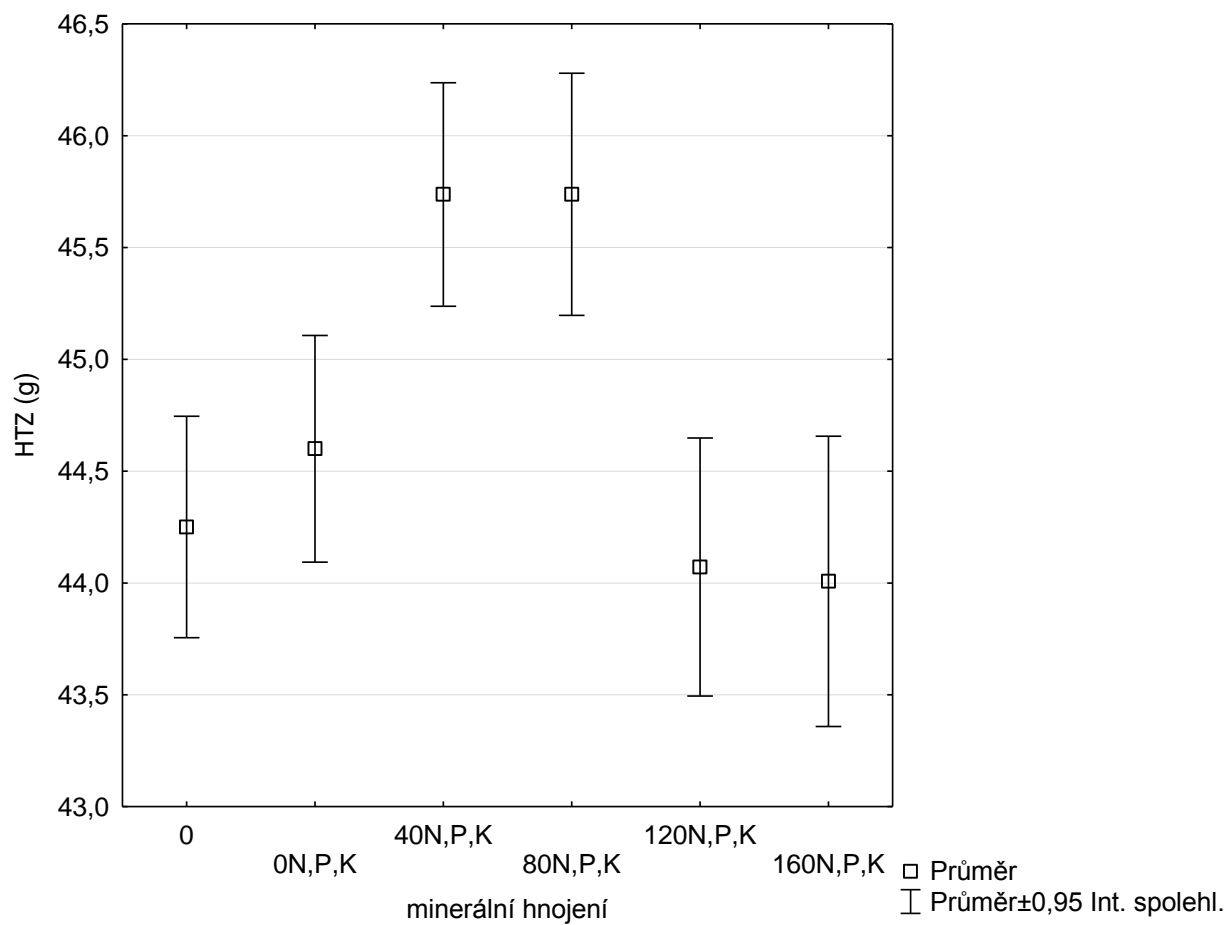
Graf 4: Průměrný výnos zrna ozimé pšenice (t/ha) v různých intenzitách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti



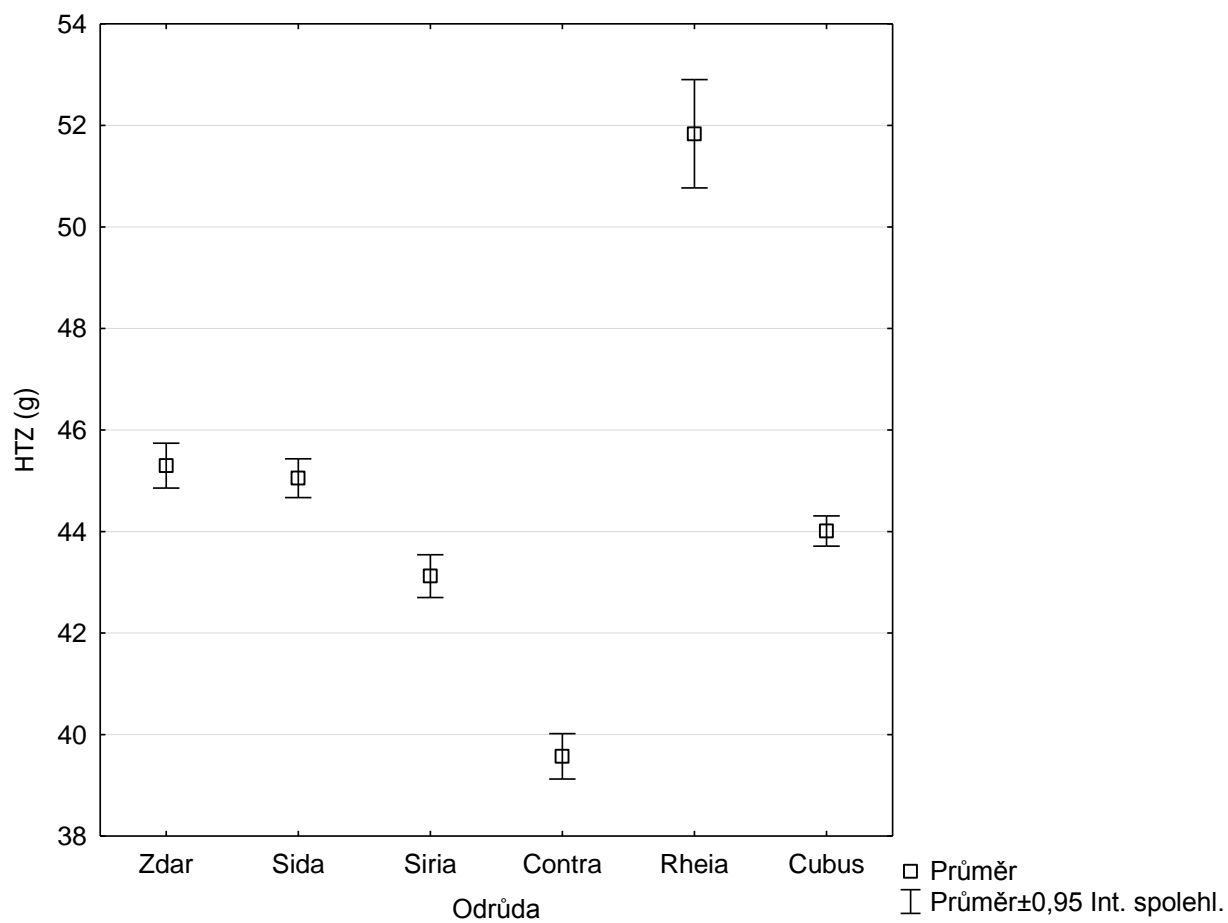
Graf 5: Průměrná hmotnost tisíce semen (g) v různých systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti



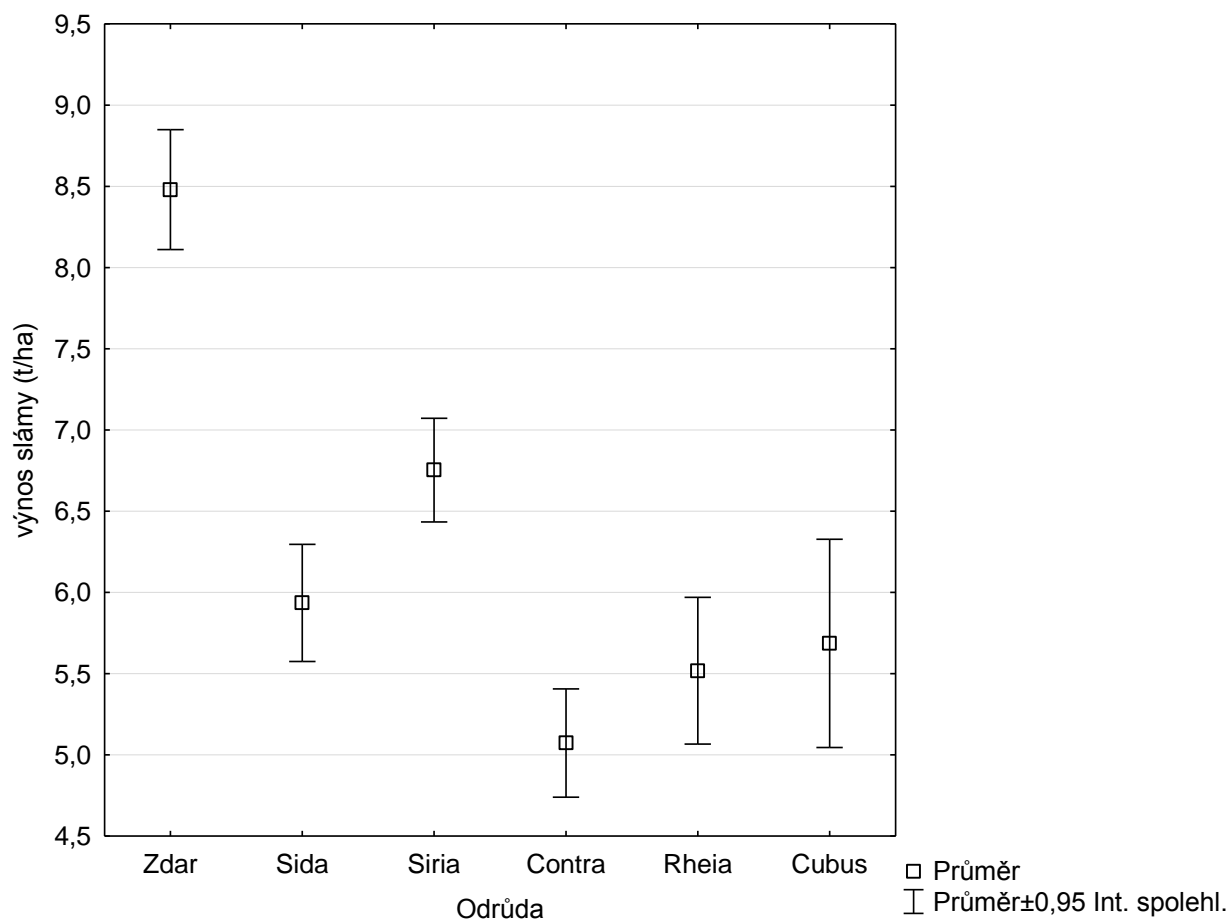
Graf 6: Průměrná hmotnost tisíce semen (g) na různých intenzitách minerálního hnojení dusíkem včetně intervalů spolehlivosti



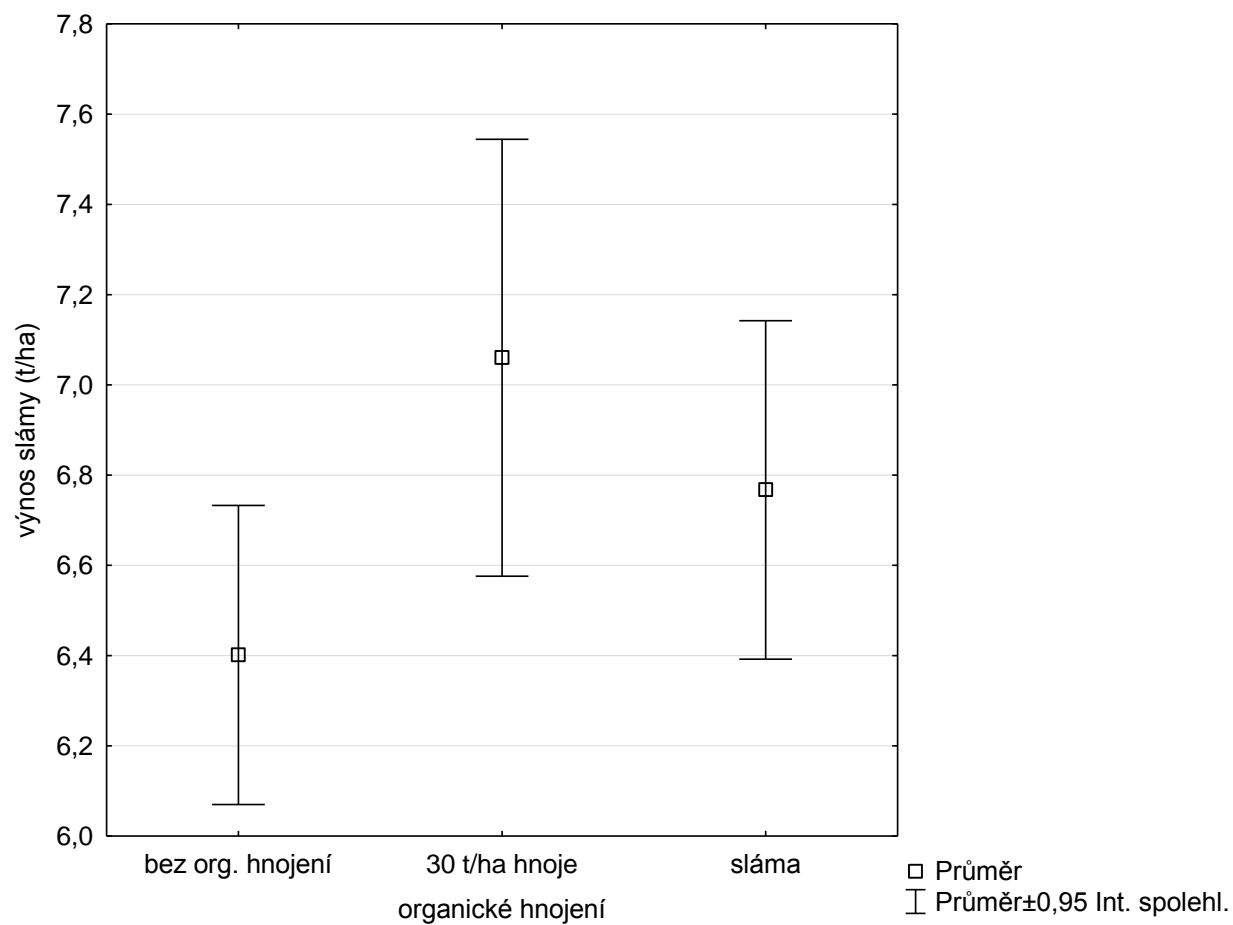
Graf 7: Průměrná hmotnost tisíce semen (g) pěstovaných odrůd ozimé pšenice včetně intervalů spolehlivosti



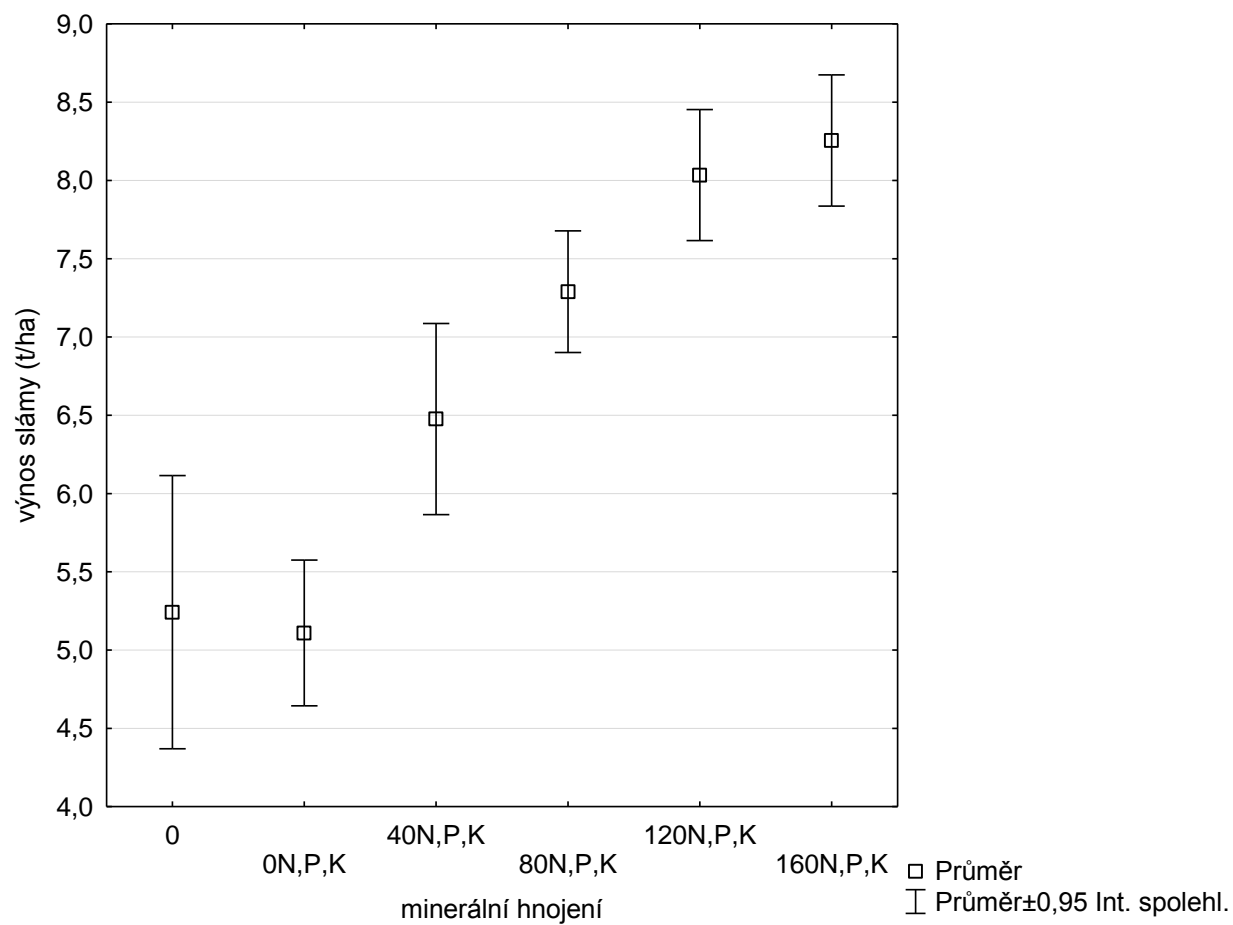
Graf 8: Průměrný výnos slámy ozimé pšenice (t/ha) pěstovaných odrůd včetně intervalů spolehlivosti



Graf 8: Průměrný výnos slámy (t/ha) v systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti



Graf 9: Průměrný výnos slámy (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti



10.1.1.2. Pšenice v Ivanovicích

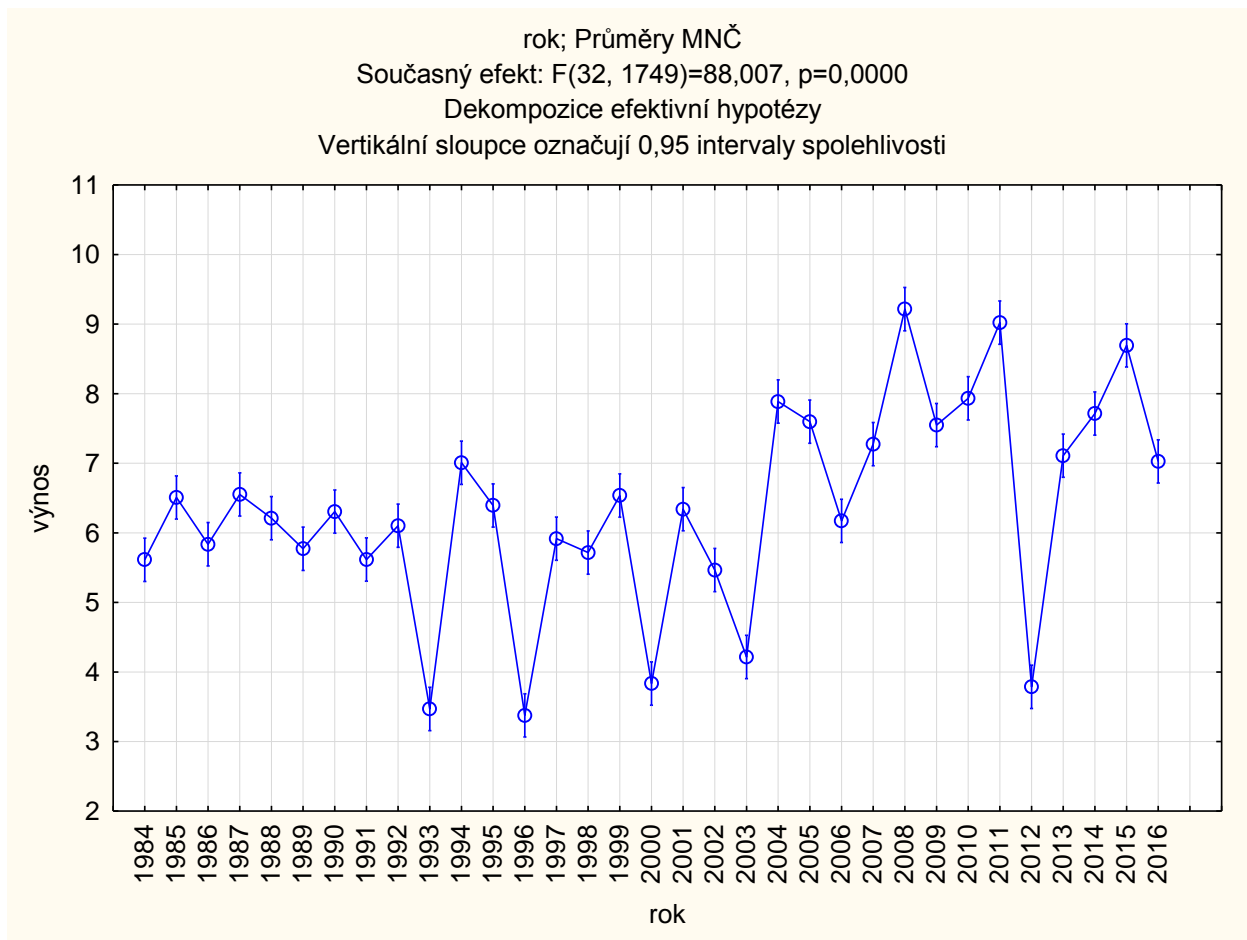
Tabulka 4: Popisná statistika – ozimá pšenice, stanice Ivanovice

Proměnná	N platných	průměr	minimum	maximum	Sm. Odch.	Var. Koef.
Výnos zrna	1782	6,35	1,2836	11,423	1,86	29,3393
Výnos slámy	1458	7,35	1,6	15,732	2,33	31,69
HTS	1188	45,29	20,2	68,46	5,63	12,43
Podíl nad sítím 2,5+2,8	702	94,55	76,97	99,8	3,59	3,8
Objem. hmotnost	1098	77,74	1,14	97,38	6,56	8,44

Tabulka 5: Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna, Pšenice ozimá, Ivanovice

Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos zrna (SČ)	Výnos zrna (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna (%)
Ročník	32	3821,43	0,000000	61,69
Organické hnojení	2	85,03	0,000000	1,37
Mineralni hnojeni	5	695,86	0,000000	11,23
Rok*organické hnojení	64	179,56	0,000000	2,90
Rok*mineralni hnojeni	160	899,01	0,000000	14,51
Organické hnoj*mineralni hnojeni	10	72,16	0,000000	1,16
Rok*organické hnojení*mineralni hnojeni	320	152,23	0,000000	2,46
Chyba	1188	289,42		
Celkem	1781	6194,71		

Graf 10. Průměrné výnosy zrna pšenice (t/ha) ve sledovaném období včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice na Hané



10.1.2. Ozimý ječmen

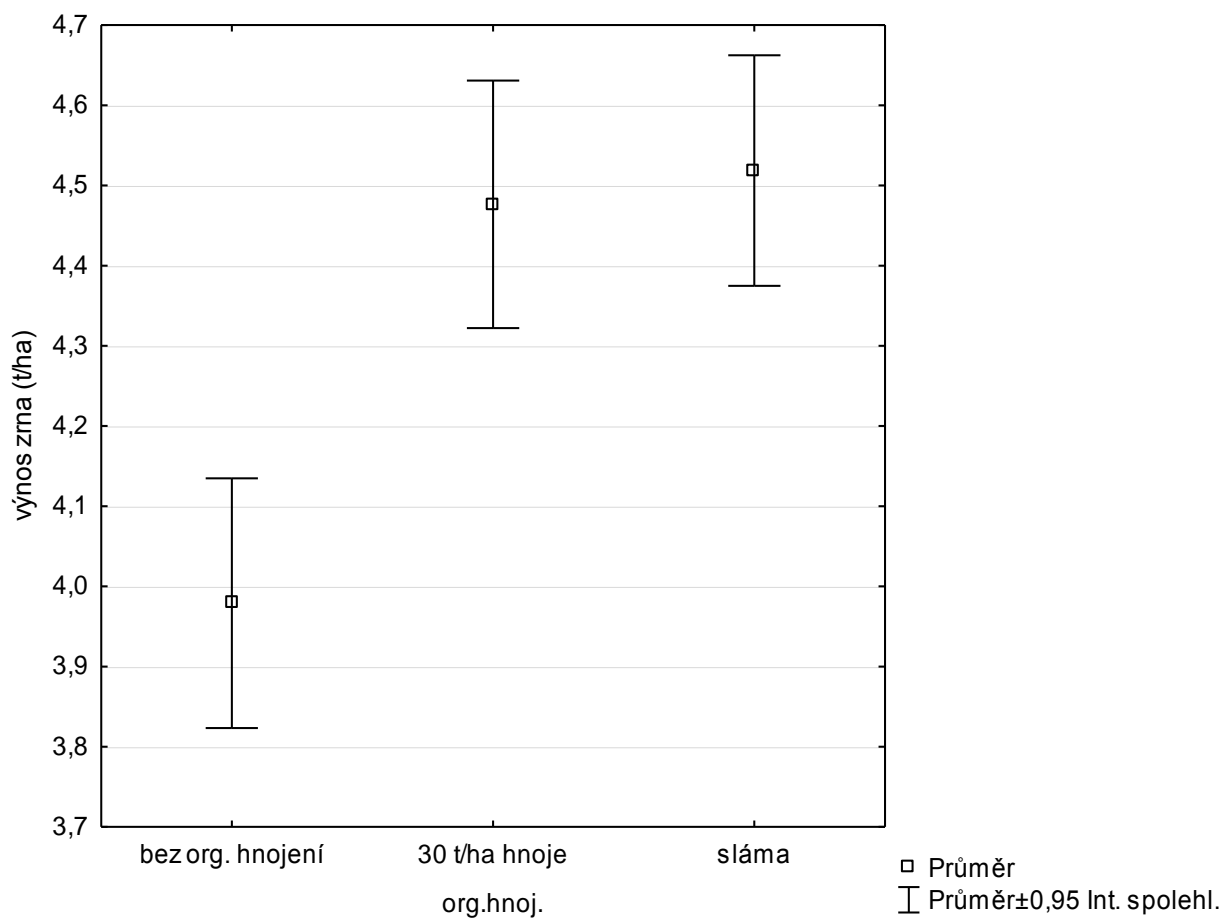
10.1.2.1. Ječmen ozimý v Lukavci

Tabulka 6: Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna (%), Ječmen ozimý, Lukavec

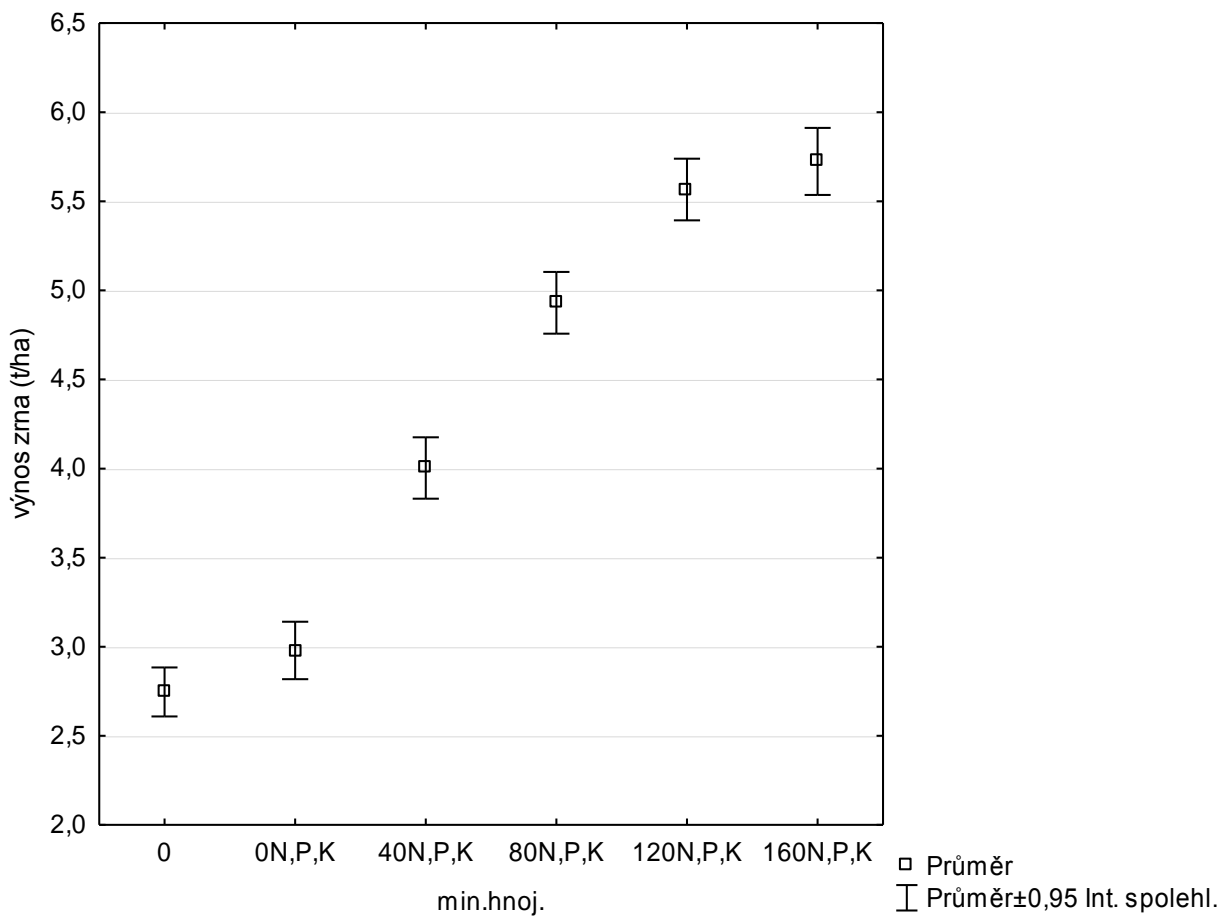
Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos zrna (SČ)	Výnos zrna (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna (%)
Ročník	28	2583,49	0,000000	48,02
Organické hnojení	2	84,01	0,000000	1,56
Minerální hnojení	5	1815,35	0,000000	33,75
Rok*organické hnojení	56	110,71	0,000000	2,06
Rok*minerální hnojení	140	286,37	0,000000	5,32
Organické hnojení*minerální hnojení	10	9,67	0,000000	0,18
Rok*organické hnojení*minerální hnojení	280	184,66	0,000004	3,43
Chyba	936	202,74	0,000000	
Celkem	1457	5379,71		

Vysvětlivky: SČ – suma čtverců, p – hladina významnosti

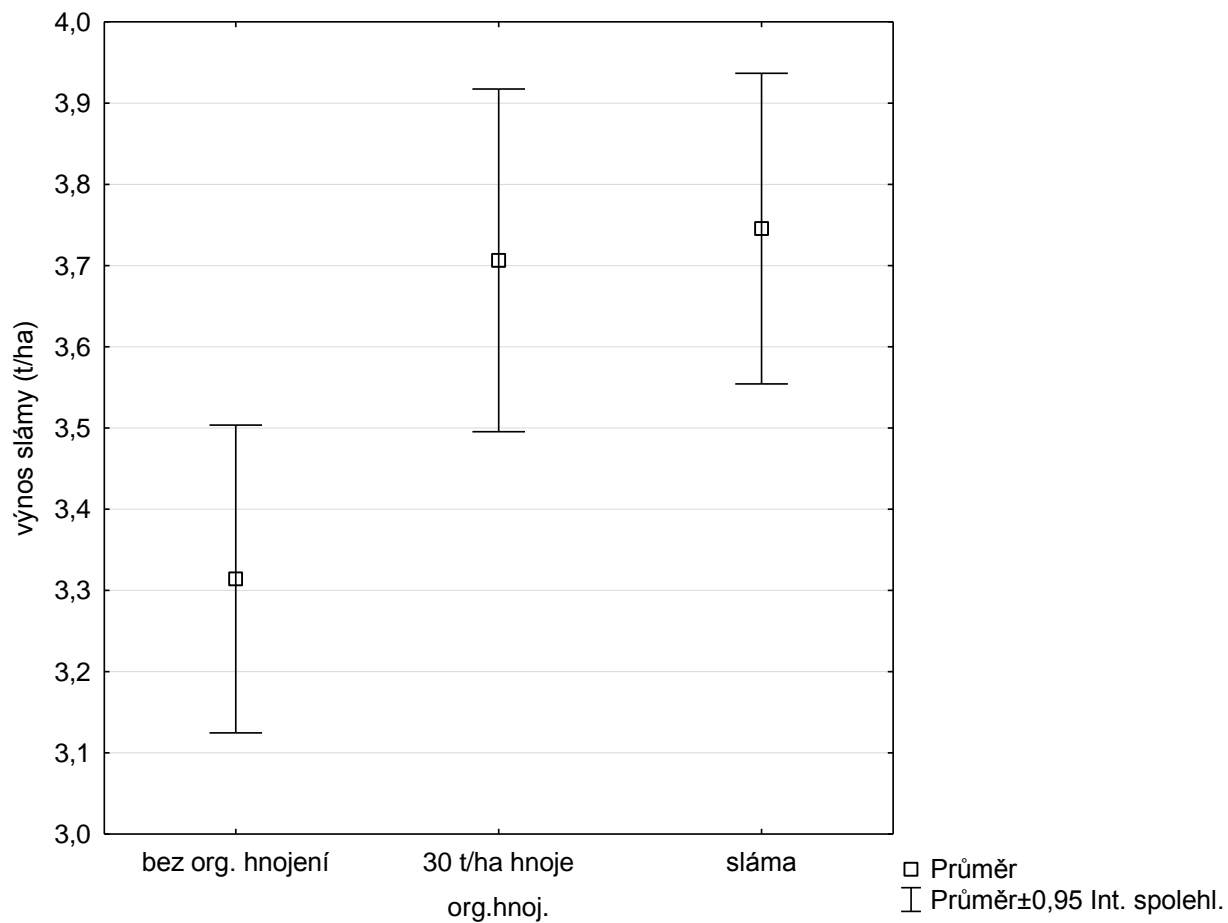
Graf 11: Průměrné výnosy zrna ozimého ječmene (t/ha) v systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



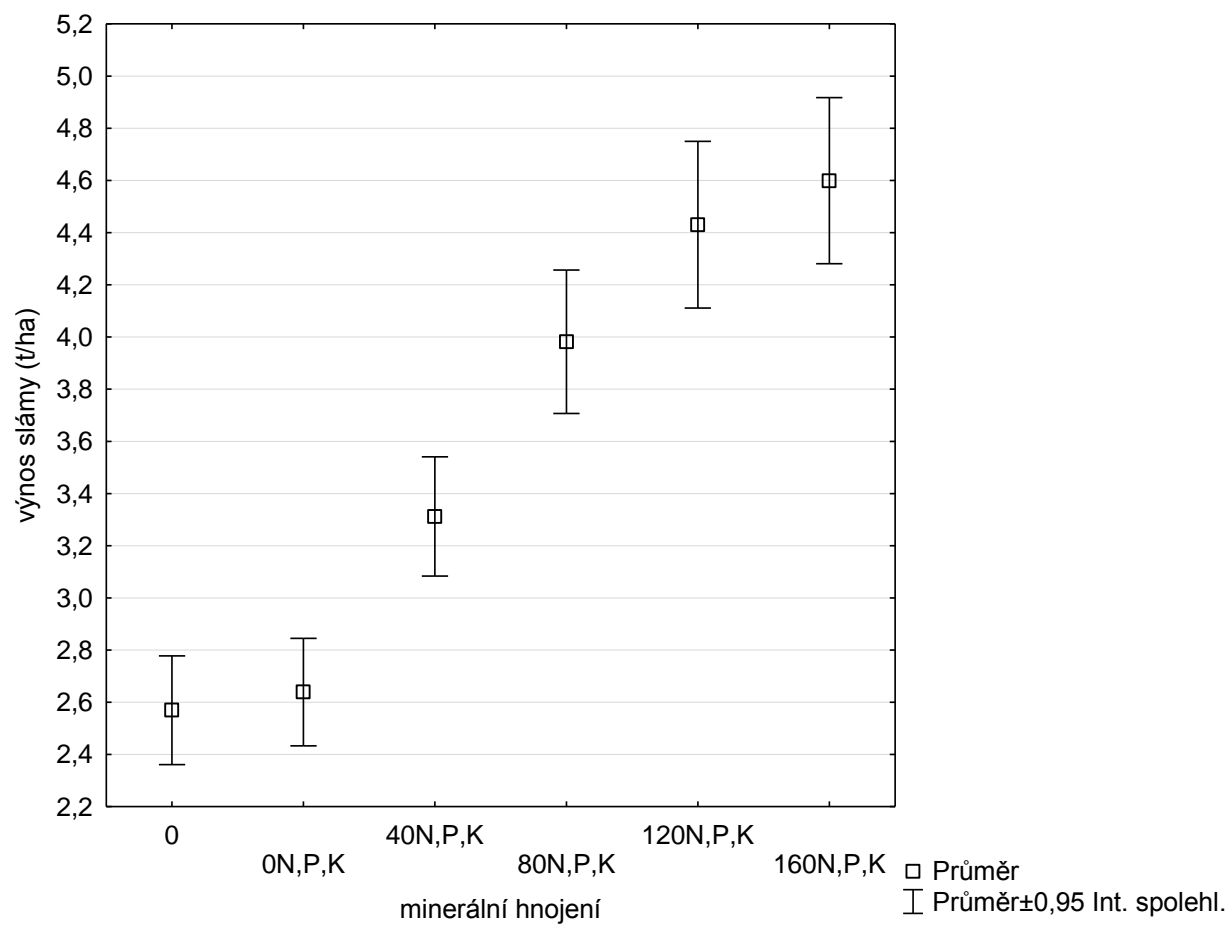
Graf 12: Průměrné výnosy zrna ozimého ječmene (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



Graf 13: Průměrné výnosy slámy ozimého ječmene (t/ha) v systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



Graf 14: Výnos slámy ozimého ječmene (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



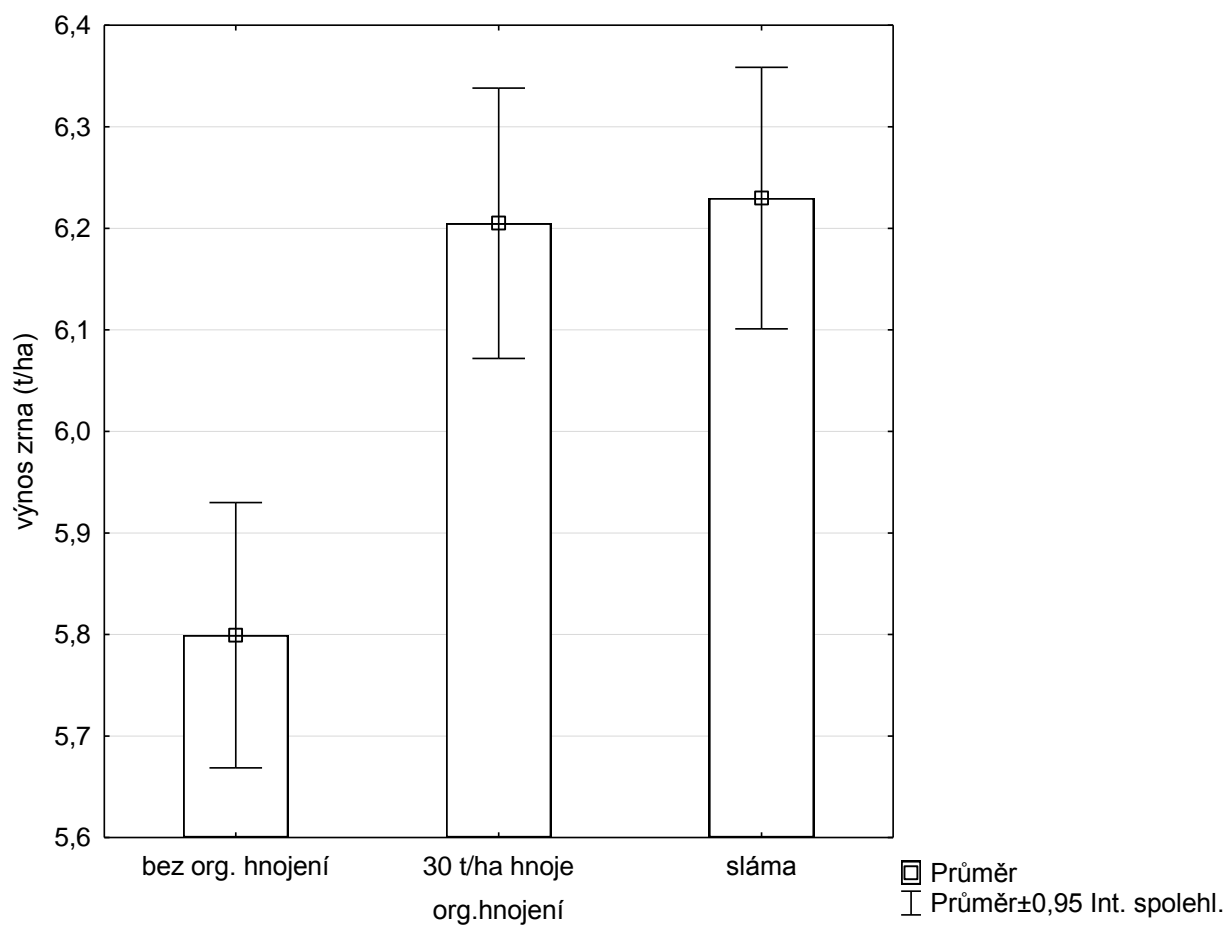
10.1.2.2. Ječmen ozimý v Ivanovicích

Tabulka 7: Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna, Ječmen ozimý, Ivanovice na Hané

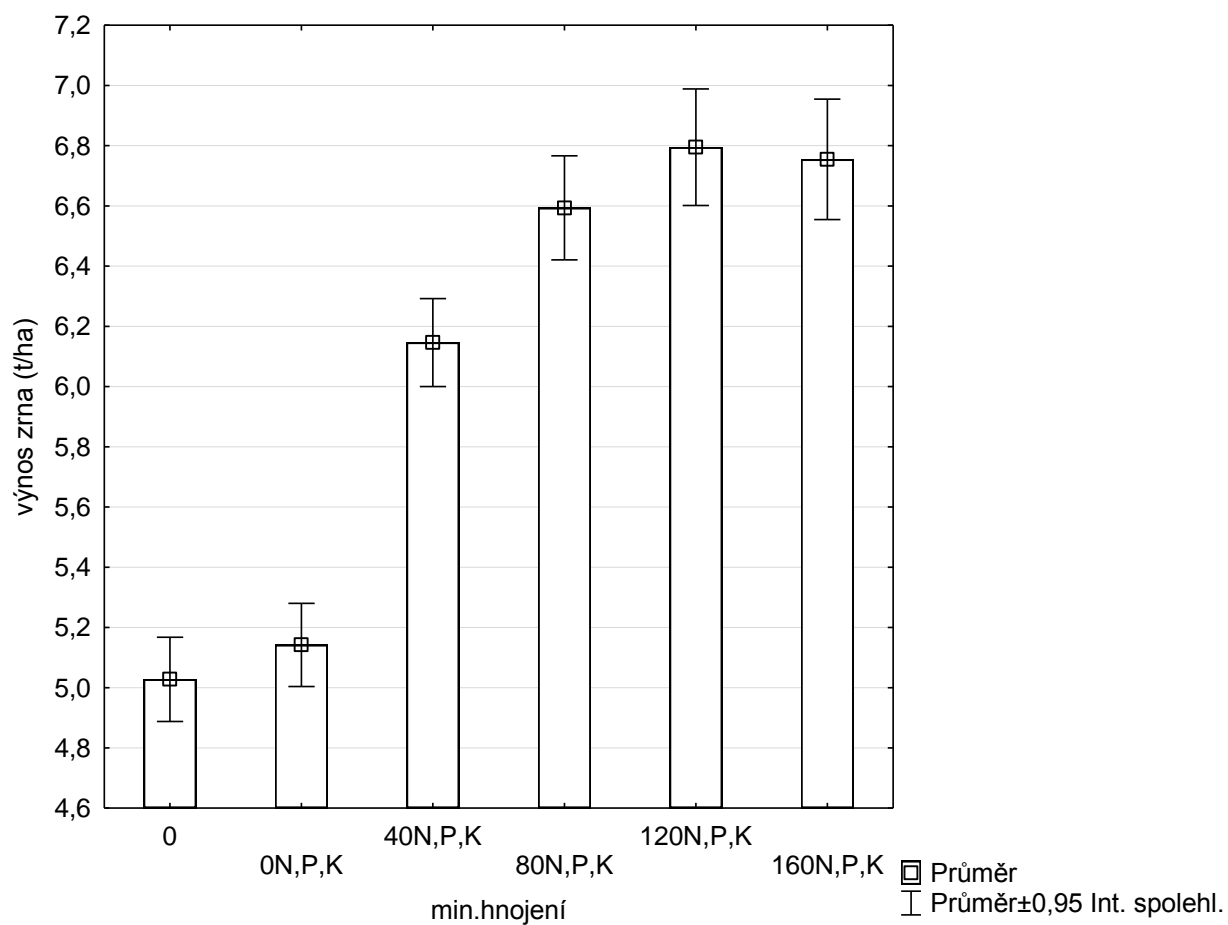
Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos zrna (SČ)	Výnos zrna (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu zrna (%)
Ročník	32	2010,83	0,00	42,74
Organické hnojení	2	60,04	0,00	1,28
Mineralni hnojeni	4	944,63	0,00	20,08
Chyba	1725	1677,23		
Celkem	1763	4704,76		

Na výnos zrna měl ročník vliv z 42,74%, organické hnojení z 1,28% a minerální hnojení z 20,08%.

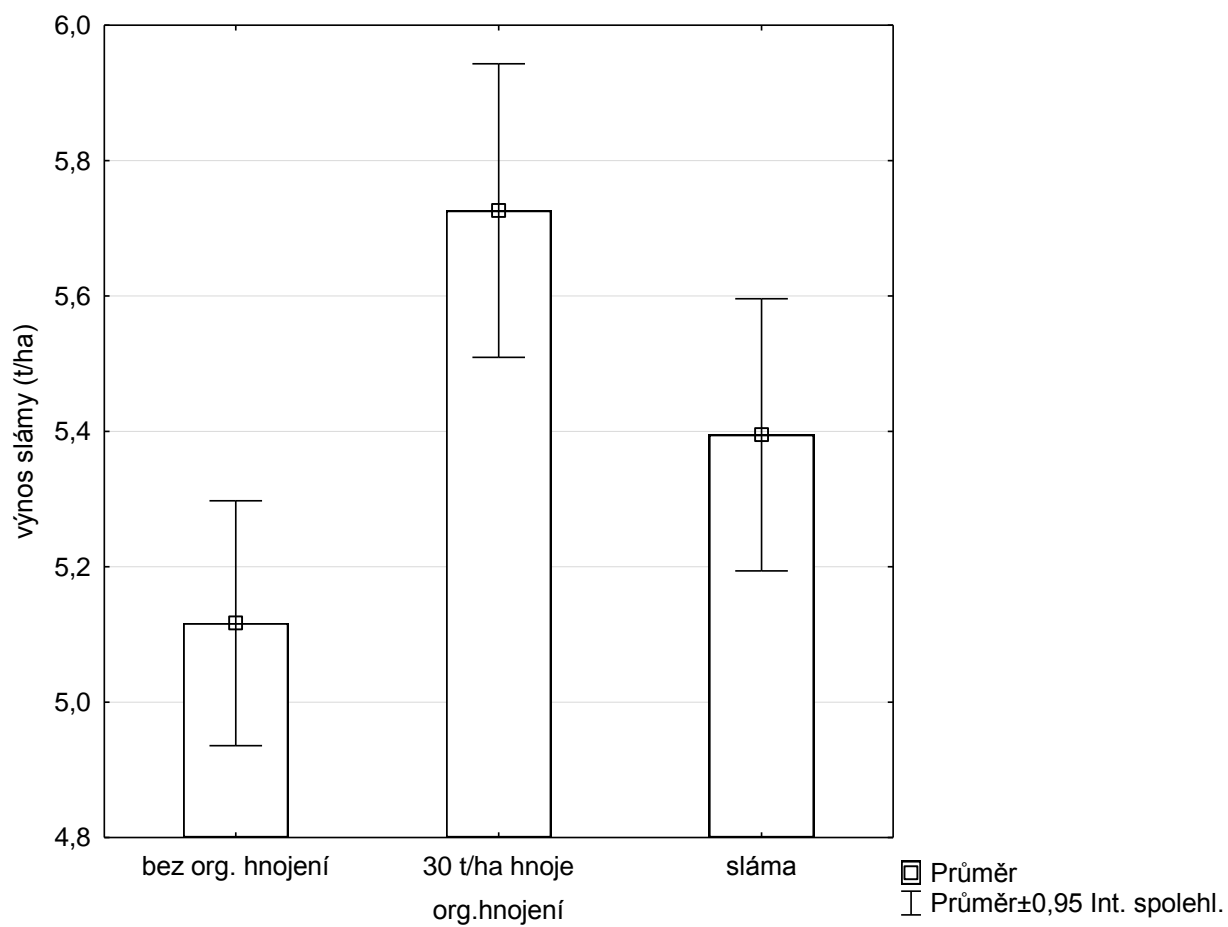
Graf 15: Průměrné výnosy zrna ozimého ječmene (t/ha) v systémech organického hnojení, včetně intervalů spolehlivosti



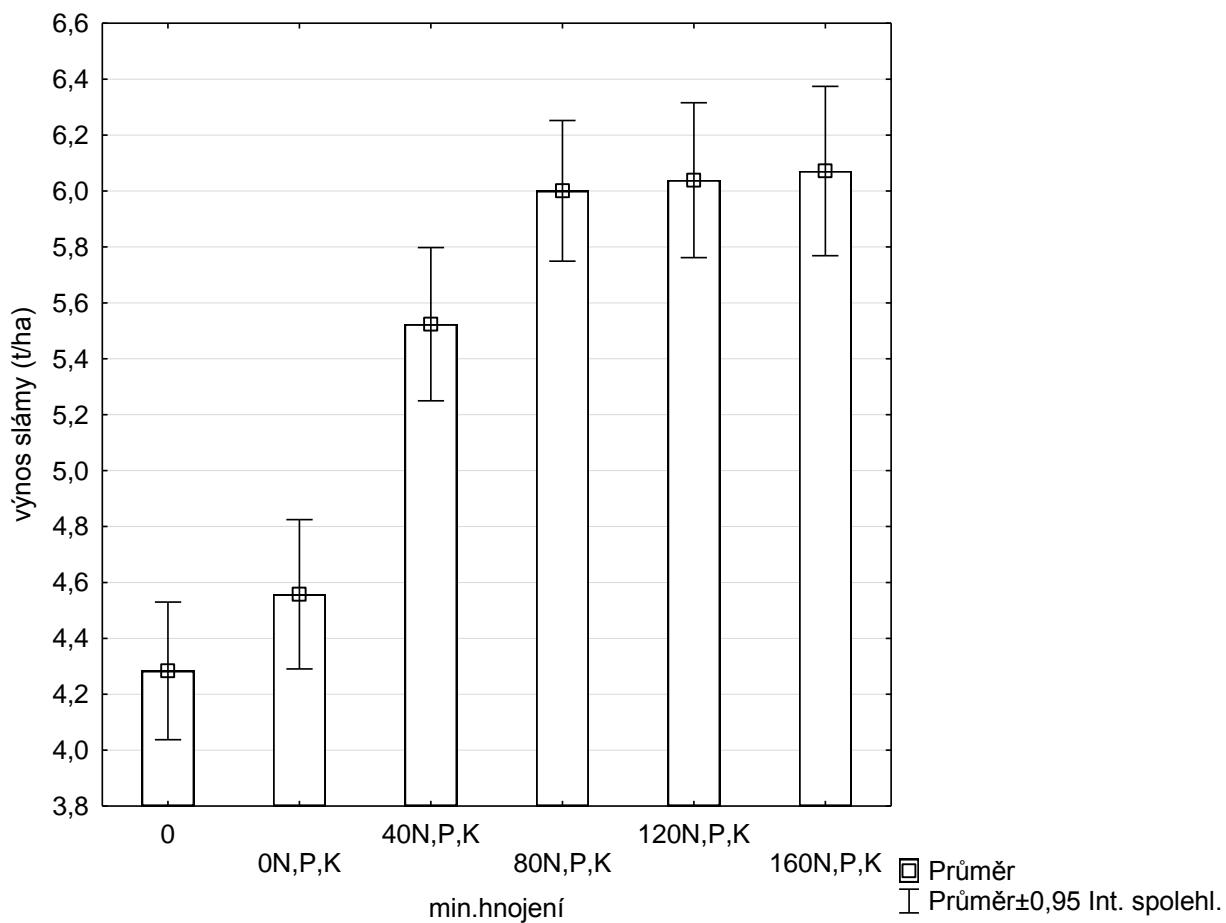
Graf 16: Průměrné výnosy zrna ozimého ječmene (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice na Hané



Graf 17: Průměrný výnos slámy ozimého ječmene (t/ha) v systémech organického hnojení, včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice na Hané



Graf 18: Průměrné výnosy slámy ozimého ječmene (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice na Hané



10.1.3. Brambory

Tabulka 8: Popisná statistika – Brambory, stanoviště Lukavec

proměnná	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm. Odch.	Var. Koef.
Výnos hlíz	1728	40,169	9	81,23	12,6	31,3
Obsah škrobu	630	14,061	9	21,5	1,869	13,289
Podíl do 3cm %	575	13,78	0	56,863	9,239	67,04757
3-7 cm %	575	71,507	29,03	95,45	13,26	18,5442
Nad 7cm %	503	16,808	0	62,069	14,352	85,3861

Tabulka 9: Brambory – procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu hlíz, stanice Lukavec

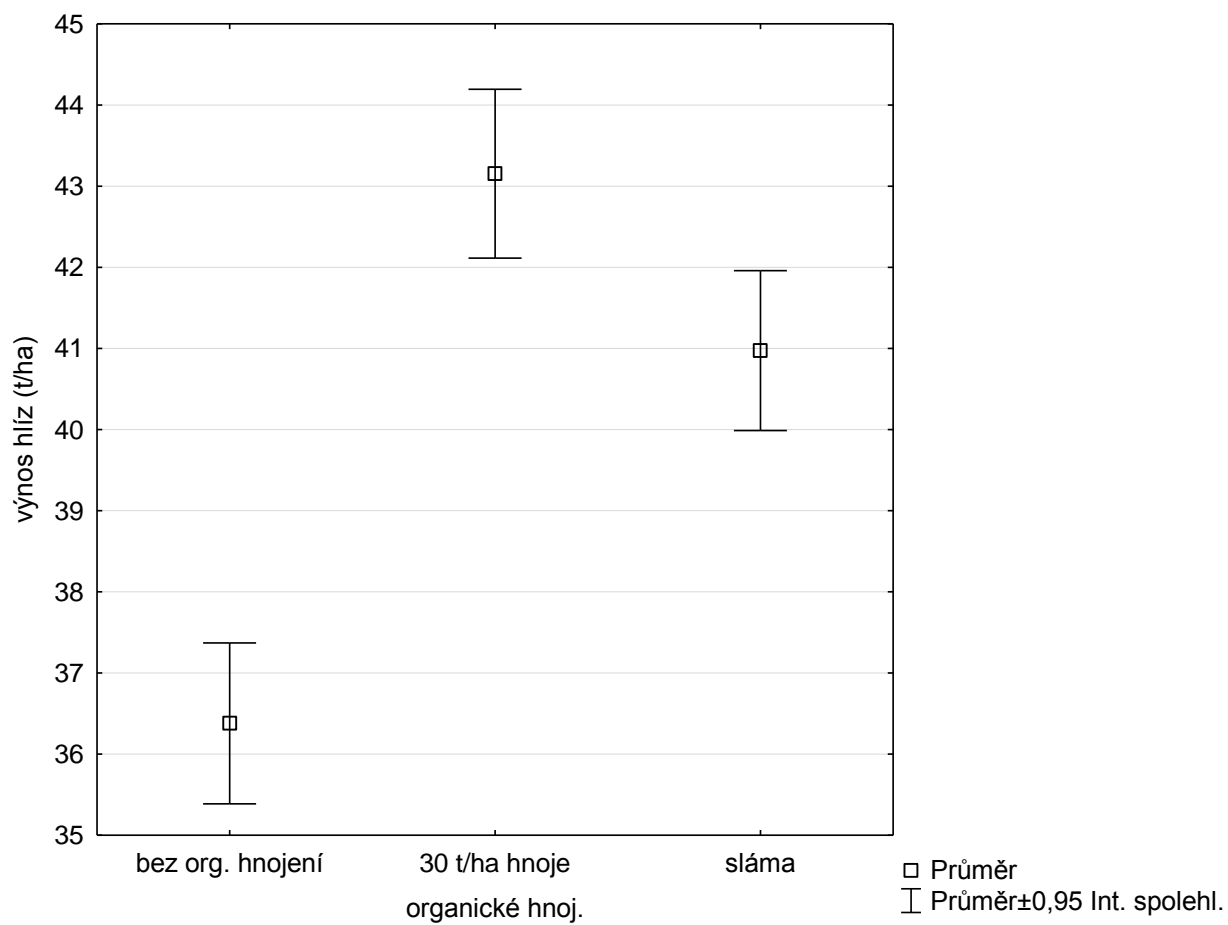
Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos hlíz (SČ)	Výnos hlíz (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu hlíz (%)
Ročník	31	141246	0,000000	51,46
Organické hnojení	2	13775	0,000000	5,01
Mineralni hnojeni	5	75451	0,000000	27,48
Rok*organické hnojení	62	10219	0,000000	3,72
Rok*mineralni hnojeni	155	11719	0,000000	4,27
Organické hnoj*mineralni hnojeni	10	759	0,000000	0,28
Rok*organické hnojení*mineralni hnojeni	310	8596	0,000000	4,63
Chyba	1152	12720		
Celkem	1727	274485		

Tabulka 10: Škrobnatost hlíz – Procentický vliv faktoru na variabilitu škrobnatosti hlíz, Lukavec

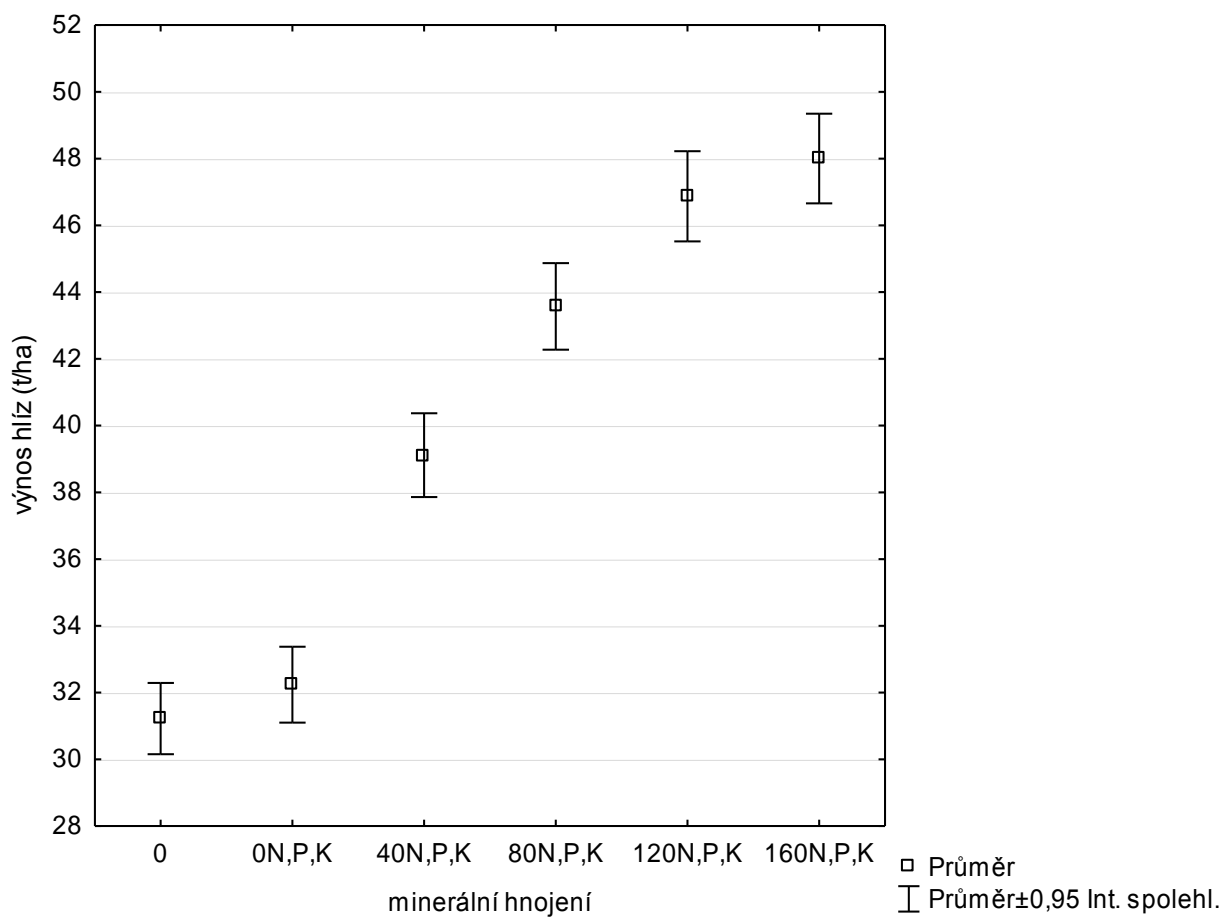
Efekt	Stupně (volnosti)	Škrobnatost hlíz (SČ)	Škrobnatost (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu hlíz (%)
Ročník	29	1703,8	0,000000	78,36
Organické hnojení	2	53,8	0,000000	2,47
Mineralni hnojeni	5	134,4	0,000000	6,18
Rok*organické hnojení	58	63,5	0,000060	2,92
Rok*mineralni hnojeni	145	83,4	0,017013	3,84
Organické hnoj*mineralni hnojeni	10	5	0,146029	
Rok*organické hnojení*mineralni hnojeni	290	127,8	0,104757	
Chyba	36	11,2		
Celkem	575	2174,2		

Na škrobnatost hlíz měl ročník vliv z 78,36%, organické hnojení z 2,47% a minerální hnojení z 6,18%.

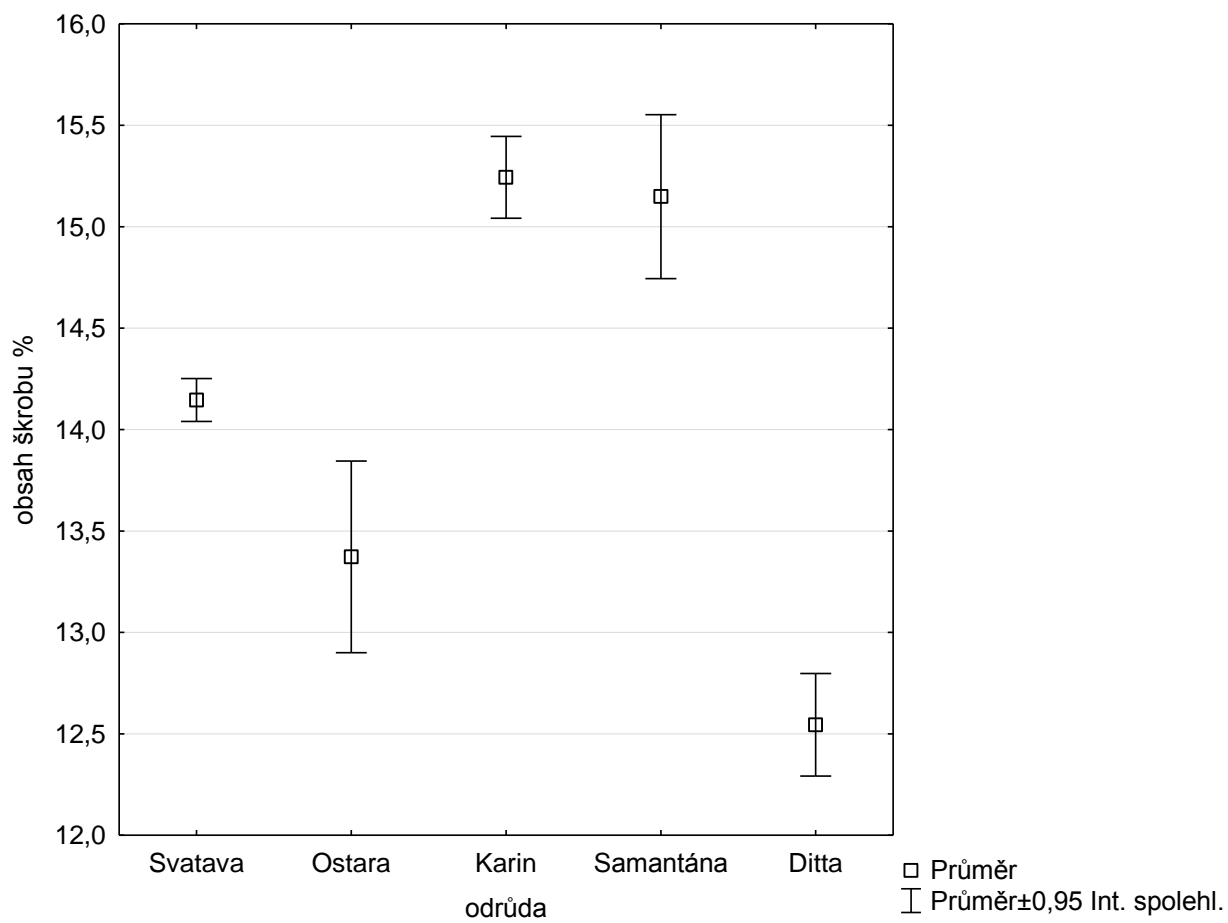
Graf 19: Průměrný výnos hlíz bramboru (t/ha) v systémech organického hnojení, včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



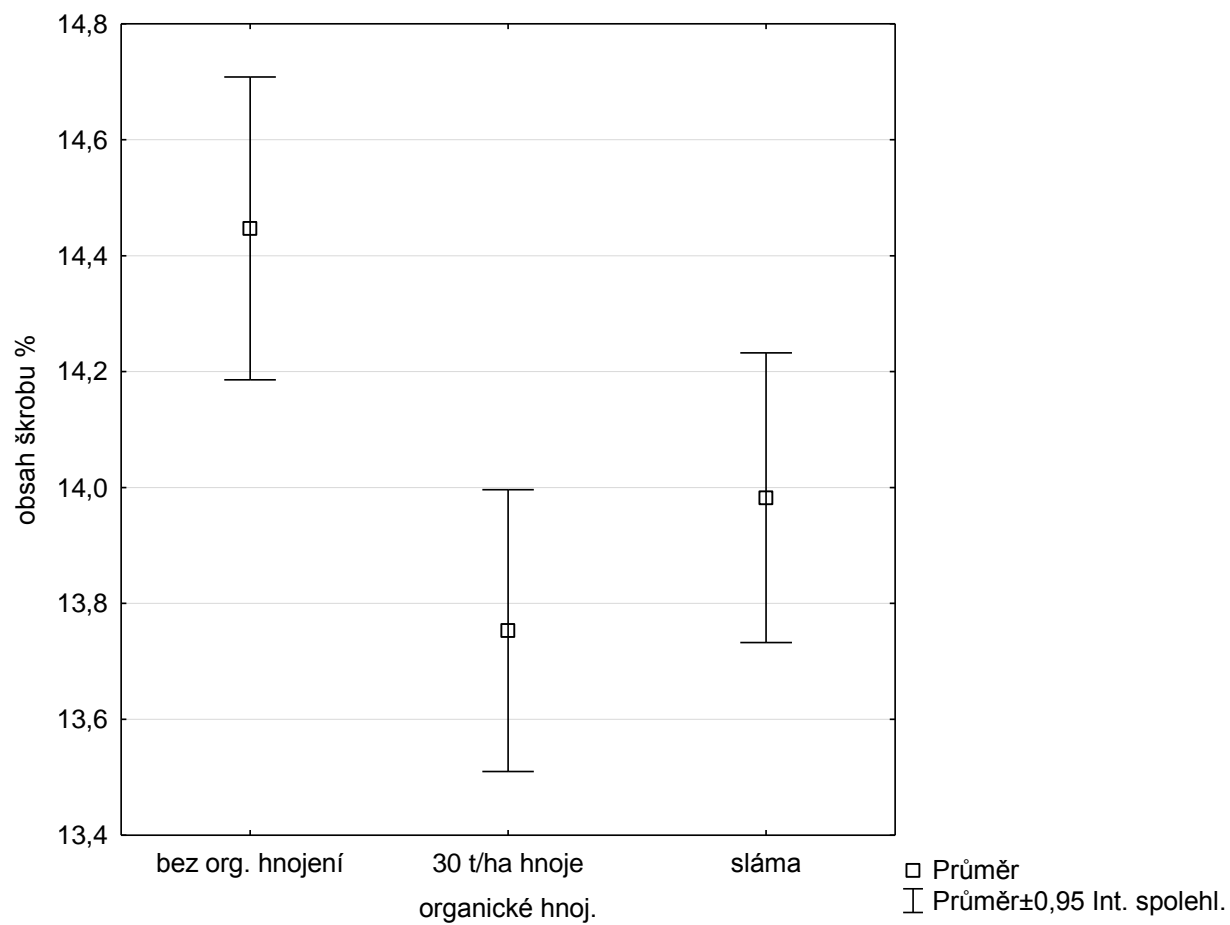
Graf 20: Průměrný výnos hlíz bramboru (t/ha) v různých variantách minerálního hnojení, včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



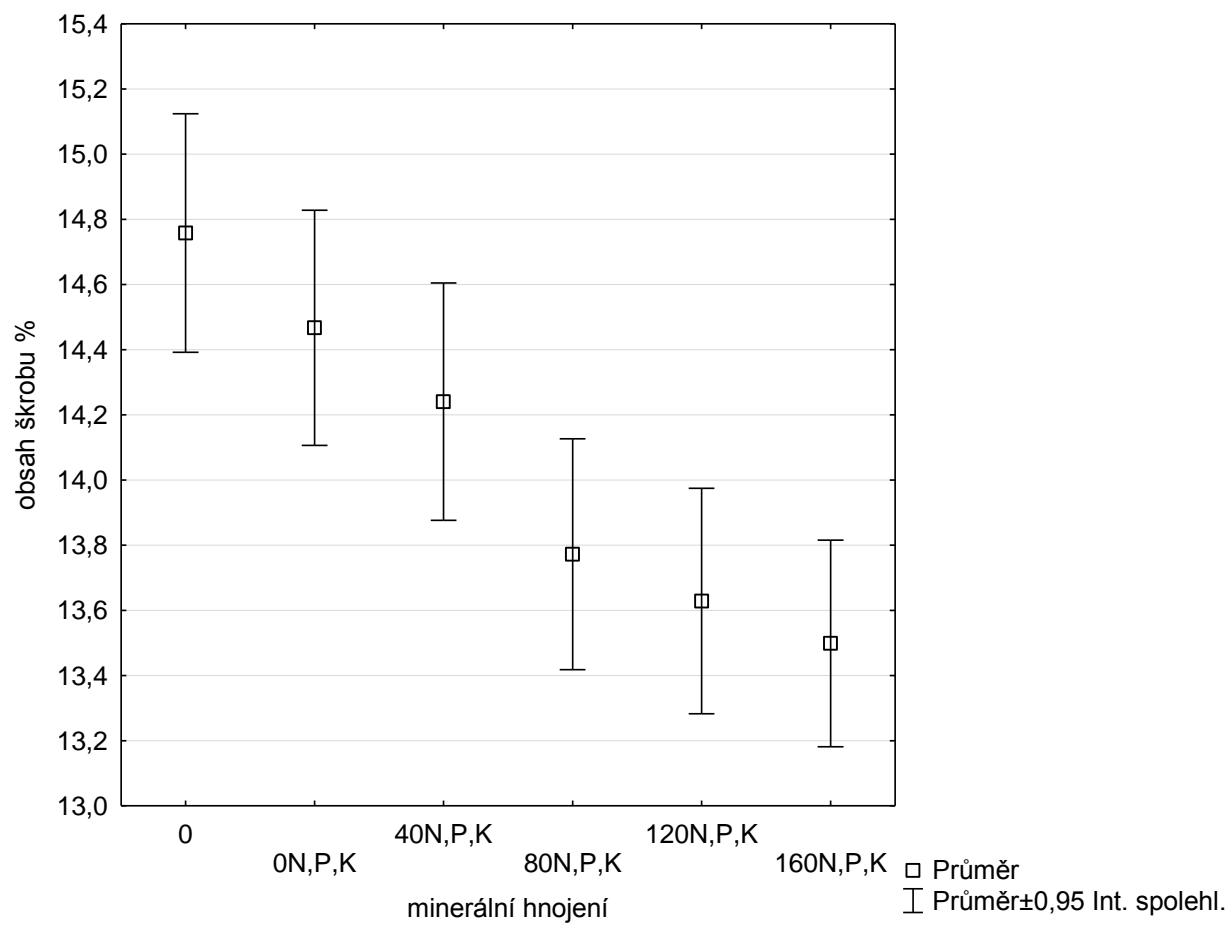
Graf 21: Průměrný obsah škrobu (%) v pěstovaných odrůdách včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



Graf 22: Průměrný obsah škrobu (%) v systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



Graf 23: Průměrný obsah škrobu v hlízách (%) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Lukavec



10.1.4. Cukrovka

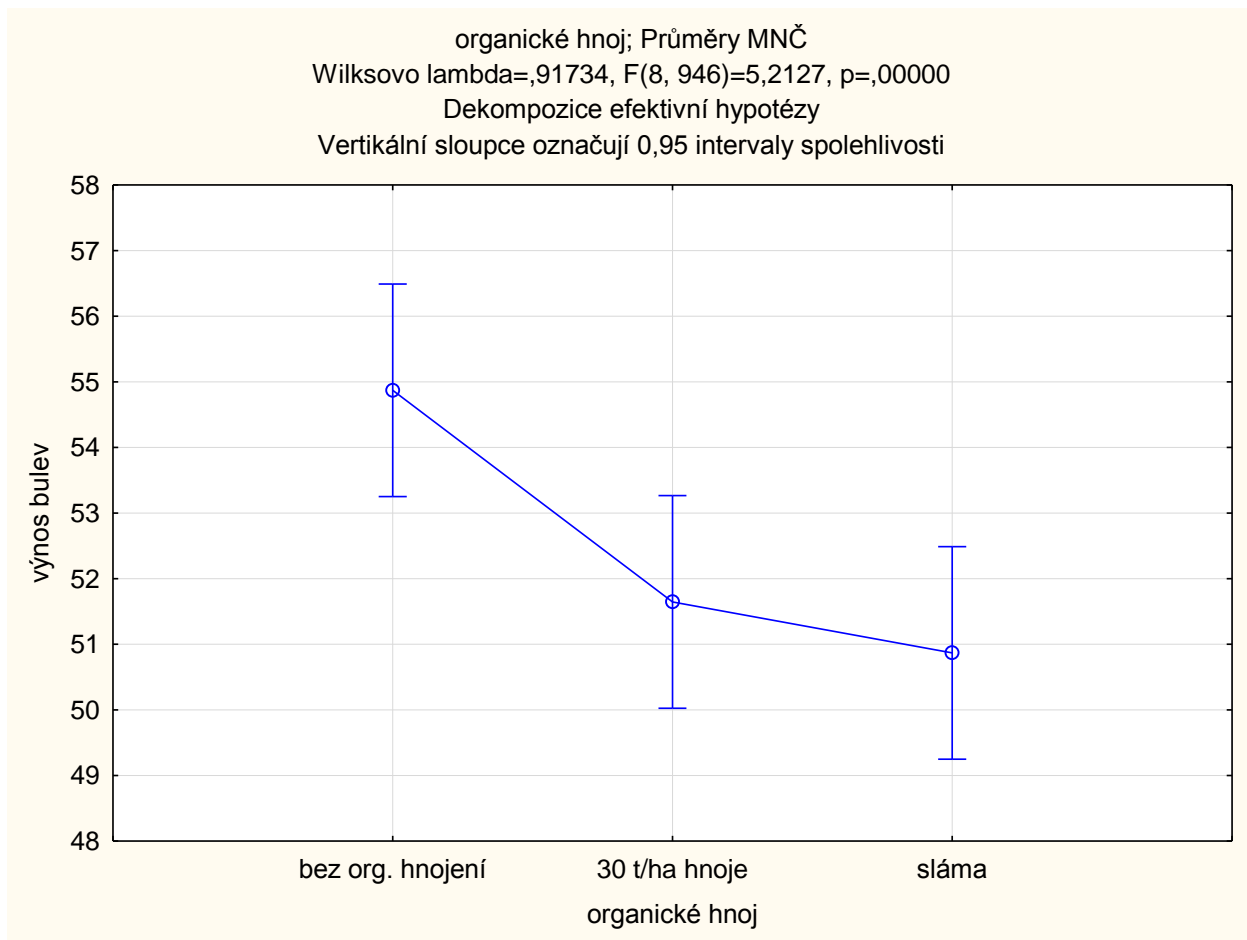
Tabulka 11: Cukrovka – popisné statistiky

Proměnná	Popisné statistiky					
	N platných	průměr	minimum	maximum	Sm.odch.	Var.koef
Výnos bulev	1782	53,19	5,9	92,66	13,11	24,64
Výnos chrástu	1026	26,53	6,64	299,9	17,67	66,62
Cukernatost	558	19,73	13,6	42,1	2,44	12,41
Výnos cukru	486	10,22	0,40	153,27	11,31	110,61

Tabulka 12: Cukrovka – Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu bulev (%), stanice Ivanovice

Efekt	Stupně (volnosti)	Výnos bulev (SČ)	Výnos bulev (p)	Procentický vliv faktoru na variabilitu výnosu bulev (%)
Ročník	8	23990	0,000000	43,34
Organické hnojení	2	1459	0,000001	2,64
Mineralni hnojeni	5	326	0,247725	0,59
Rok*organické hnoj	16	8646	0,000000	15,62
Rok*mineralni hnojeni	40	1665	0,719697	3,01
Organické hnoj*mineralni hnojeni	10	449	0,512077	0,81
Rok*organické hnoj*mineralni hnojeni	80	3059	0,902003	5,53
Chyba	324	15762		
Celkem	485	55355		

Graf 24: Průměrný výnos bulev cukrovky (t/ha) v systémech organického hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice



Graf 25: Průměrné výnosy bulev cukrovky (t/ha) na variantách minerálního hnojení včetně intervalů spolehlivosti, stanice Ivanovice n. H.

