

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



Diplomová práce

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

Mimokořenová aplikace humátu

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Bursík

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Mimokořenová aplikace humátu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne

podpis

Poděkování

Svým jménem bych velmi rád poděkoval za pomoc, konzultace, rady, připomínky a nemalou ochotu při realizaci této diplomové práce. Moc tedy děkuji vedoucímu práce panu Ing. Jindřichovi Černému, Ph.D. Těž chci poděkovat panu Ing. Martinovi Kulhánkovi, Ph.D a paní Ing. Marii Bazalové za pomoc při zpracování a analýze vzorků.

Samozřejmě nesmím zapomenout na poděkování pracovníkům Demonstračního a pokusného pozemku v Suchdole, na kterém byl pokus realizován, a to za zajištění pracovních operací souvisejícími s pěstováním brambor, ozimé pšenice i jarního ječmene.

Souhrn

Vliv aplikace přípravku Lignohumát B (LH) na výnos a obsah makroprvků u brambor, ozimé pšenice a jarního ječmene byl sledován na stanovišti Praha – Suchdol v letech 2009, 2010 a 2011. Proti nehnojené kontrole byly testovány různé kombinace hnojení dusíkem ve formě LAV (120 kg N/ha) a LH (doporučená a zvýšená dávka). Hodnocen byl výnos hlíz a zrna, obsah sušiny v nadzemní hmotě během vegetace, v hlízách a zrna a procento makroprvků (N, P, K, Ca, Mg) v hlízách, zrna i rostlinách. Nejvyššího výnosu hlíz (21,1 t/ha) bylo dosaženo při doporučené dávce LH. Rozdíly mezi obsahy P, K, Ca a Mg u brambor nebyly statisticky průkazné. Nejvyšší obsah dusíku v sušině hlíz (1,31% N) byl statisticky průkazně stanoven u doporučené dávky LH v kombinaci s aplikací LAV (120 kg/ha).

Nejvyššího výnosu zrna pšenice (7,8 t/ha) bylo dosaženo u varianty s aplikací LH a LAV (140 kg N/ha). Rozdíly mezi obsahy N a P jednotlivých variant byly u zrna pšenice statisticky průkazné opět u varianty s aplikací LH a LAV (140 kg N/ha). Nejvyššího výnosu zrna ječmene (6,1 t/ha) bylo dosaženo u variant s aplikací LH a LAV (70 kg N/ha). Rozdíly mezi obsahy N a P jednotlivých variant byly u zrna ječmene statisticky průkazné také u varianty s aplikací LH a LAV (70 kg N/ha).

Klíčová slova: Půda, Brambory, Pšenice, Ječmen, Lignohumát, Dusík, Makroprvky

Abstract

The influence of Lignohumate B (LH) application on the qualitative and quantitative yield and macronutrients content of potatoes winter wheat and spring barley.

Winter wheat and spring barley was tested at Prague - Suchdol experimental fields in the year 2009, 2010, 2011. Different combinations of nitrogen fertilizing (CAN – 120 kg N/ha) and LH (recommended and increased rate) compared to control non-fertilized treatment were tested. Potatoes yield, the dry mass content in above ground biomass during vegetation and tubers and content of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) were studied in this experiment. The highest yield of tubers (21.1 t/ha) was reached at the recommended rate of LH. The highest content of dry mass of tubers and above ground biomass was always found at treatment fertilized only with 120 kg N/ha. Differences between P, K, Ca and Mg contents were not statistically significant. The highest content of nitrogen (1,31%) was significantly measured at the treatment with recommended LH rate.

The highest grain yield of wheat(7.8t /ha)was achieved in applications with variations of LH and CAN (140kg N/ ha). Differences between N and P contents of individual variations in wheat grain were statistically significant variation seen again with the application of LH and CAN (140kg N/ ha). Barley grain yield (6.1 t /ha) was achieved in applications with variations of LH and CAN (70 g N/ ha). Differences between N and P contents of individual variants in barley grain were statistically significant variations in the application of LH and CAN 70 kg N/ ha).

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1. Biologie pšenice.....	3
3.2. Biologie ječmene.....	3
3.3. Chemické složení zrna pšenice.....	4
3.4. Chemické složení zrna ječmene.....	5
3.5. Ontogeneze ozimé pšenice a jarního ječmene.....	6
3.6. Požadavky ozimé pšenice na prostředí.....	7
3.7. Požadavky jarního ječmene na prostředí.....	8
3.8. Agrotechnika pěstování ozimé pšenice.....	9
3.8.1. Zařazení do osevního postupu.....	9
3.8.2. Výběr stanoviště.....	9
3.8.3. Zpracování půdy.....	10
3.8.3.1. Základní zpracování půdy.....	10
3.8.3.2. Předset'ové zpracování půdy.....	10
3.8.4. Založení porostu ozimé pšenice.....	11
3.9. Agrotechnika pěstování jarního ječmene.....	12
3.9.1. Zařazení do osevního postupu.....	12
3.9.2. Výběr stanoviště.....	13
3.9.3. Zpracování půdy.....	13
3.9.3.1. Základní zpracování půdy.....	14
3.9.3.2. Předset'ové zpracování půdy.....	15
3.9.4. Založení porostu jarního ječmene.....	16
3.10. Výživa a hnojení.....	16
3.10.1. Dusík.....	16
3.10.1.1. Hnojení ozimé pšenice dusíkem.....	17
3.10.1.2. Hnojení jarního ječmene dusíkem.....	18
3.10.2. Výživa a hnojení pšenice a ječmene fosforem.....	19
3.10.3. Výživa a hnojení pšenice a ječmene draslíkem.....	20
3.10.4. Výživa a hnojení pšenice a ječmene hořčíkem.....	21
3.10.5. Výživa a hnojení pšenice a ječmene vápníkem.....	21

3.10.6. Výživa a hnojení pšenice a ječmene sírou.....	22
3.10.7. Výživa a hnojení brambor.....	23
3.10.7.1. Statková hnojiva.....	23
3.10.7.2. Dusík, fosfor, draslík, hořčík.....	24
3.10.8. Foliární aplikace živin.....	25
3.10.9. Huminové látky ve výživě rostlin.....	27
4. Materiál a metody.....	32
5. Výsledky.....	35
5.1. Brambory.....	35
5.2. Ozimá pšenice.....	38
5.3. Jarní ječmen.....	45
6. Diskuze.....	53
7. Závěr.....	59
8. Použitá literatura.....	60

1. Úvod

Mimokořenová výživa má v zemědělské praxi nezastupitelnou roli na zvýšení a zkvalitnění výsledné produkce. Na začátku každého úspěchu je vždy kvalitní základ. V pěstování rostlin je tento základ tvořen dodržováním osevního postupu, správnou agrotechnikou, vhodně načasovanou ochranou, kvalitní sklizní a téměř v první řadě výživou a hnojením. Výživa a hnojení nabývají v poslední době na významu. Je tomu především z důvodu úbytku hospodářských zvířat a tedy i statkových hnojiv. Vše je nutné chápat jako celek. Nemělo by se zapomínat na používání pomocných přípravků a stimulátorů růstu. Aplikací stimulátorů růstu na bázi humátů se zabývá tato diplomová práce.

2. Hypotéza a cíle

Předpokládá se vliv aplikace Lignohumátu B na zvýšení výnosů vybraných plodin a vliv na vyšší přijatelnost živin.

Cílem této práce bylo sledování a následné vyhodnocení vlivu aplikace přípravku Lignohumát B na výnos a obsah makroprvků u brambor, ozimé pšenice a jarního ječmene v odlišných dávkách Lignohumátu při hnojení dusíkem.

3. Literární rešerše

3.1. Biologie pšenice

Do rodu pšenice *Triticum* L., který náleží do čeledi lunicovitých *Poaceae*, patří několik druhů. Její klas je složený z vícekvětých klásků, které jsou umístěny na jednotlivých člancích klasového větene. Mohou být jedno až dvou, ale i sedmikvěté, z nichž zpravidla jeden až čtyři jsou plodné. Základní chromozómové číslo $n = 7$ a podle počtu chromozómů rod *Triticum* zahrnuje tři skupiny. Do skupiny diploidních pšeníc ($2n = 14$) patří pšenice planá jednozrnka *Triticum boeoticum* (Boiss.) Schiem. Dalším diploidním druhem je pšenice kulturní jednozrnka *Triticum monococcum* L. větší pěstitelský význam má skupina tetraploidní pšenice ($2n = 28$). Sem patří pšenice planá dvouzrnka (*Triticum dicocoides* L.), pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoceum*), pšenice Timofejova (*Triticum timopheevi*), pšenice naduřelá (*Triticum turgidum* L.), pšenice polská (*Triticum polonicum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum*). Pěstitelsky nejvýznamnější je skupina pšeníc hexaploidních ($2n = 42$), do kterých patří pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) a pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) (Zimolka a kol., 2005).

3.2. Biologie ječmene

Rod *Hordeum* L. podle počtu chromozómů ($n = 7$) rozdělujeme obdobně jako pšenici na diploidní, tetraploidní a hexaploidní, přičemž i v rámci jednoho téhož druhu se mohou vyskytovat rozdílné stupně ploidity. Za předchůdce dnešních ječmenů se převážně považuje víceřadý *Hordeum agriocrithon* Aberg. Dal pravděpodobně vzniknout ječmenům dvouřadým. Je však třeba zmínit i názory, že původním typem ječmene byl polymorfní druh *Hordeum spontaneum* C. Koch, případně že kulturní formy jsou kříženci *Hordeum agriocrithon* a *Hordeum spontaneum* C. Všechny kulturní odrůdy ječmene patří do jediného diploidního druhu ($n = 14$) *Hordeum vulgare* L., ječmen setý, který dále člení na convariety:

- *Hordeum vulgare* convar. *vulgare* - ječmen setý, víceřadý, u nějž se rozlišují dva typy: šestiřadý (hexastichon), čtyřřadý (tetrastichon),

- *Hordeum vulgare* convar. *intermedium* . ječmen setý, přechodný, pěstovaný převážně ve východní Asii, Skandinávii, případně ve Skotsku,
- *Hordeum vulgare* convar. *distichon* – ječmen setý, dvouřadý.

Ječmen dvouřadý se vyskytuje v několika varietách, z nichž nejdůležitější jsou:

- Varieta *nutans* – ječmen nící, háčkující, tvoří klas dlouhý 50 až 130 mm, má dlouhé, souběžně přiléhající osiny, v době zrání se klas ohýbá (háčkuje). Patří sem většina sladovnických odrůd.
- Varieta *erectum* – ječmen vzpřímený, má klas kratší, hustý, do plné zralosti vzpřímený.
- Varieta *zeocrithon* (syn. *breve*) – ječmen paví, tvoří krátký velmi hustý klas.
- Varieta *nudum* – ječmen nahý, u nějž obilka nesrůstá s pluchami, při výmlatu zůstává asi 20 % obilek obaleno pluchami, které však rovněž nejsou obilkou srostlé.
- *Hordeum vulgare* convar. *labile* – ječmen setý, různotvarý, labilní, na člancích klasového větene tvoří stejný počet plodných klásků. Tento ječmen je důkazem toho, jak byl počet řad klasu ovlivňován klimatickými podmínkami v oblastech pěstování (Zimolka a kol., 2006).

3.3. Chemické složení zrna pšenice

Nejpodstatnější podíl pšeničného zrna tvoří sacharidy. Sem patří především polysacharidy škrob, celulóza, hemicelulózy, pentozany, slizy, dále oligosacharidy a monosacharidy a konečně sacharidy jako součást komplexů s lipidy a bílkovinami – glykolipidy a glykoproteiny. Obsah škrobu v pšeničném zrně se pohybuje v širokém rozpětí od 50 do 70 % v závislosti na odrůdě a agroekologických podmínkách. Škrob se skládá ze dvou polysacharidů, a to jednak z amylosy s přímým řetězcem glukósových zbytků a jednak z amylopektinu. Molekuly amylopektinu mají rozvětvenější řetězec. Mimo sacharidy jsou v zrně pšenice obsaženy lipidy v hodnotách 1,5 – 3 %, tvořených jednak vlastními tuky složenými hlavně z kyseliny linolové a olejové a jednak fosfatidy, které obsahují kyselinu fosforečnou a dusíkatou bázi. V pšeničném zrně se vyskytují vitaminy důležité pro výživu člověka i hospodářských zvířat. Ve 100 g sušiny se průměrně nachází 0,45 mg thiaminu, 0,15

mg riboflavínu, 5,0 mg niacinu, 1,0 mg kyseliny pantothenové, 0,4 mg pyridoxinu, 0,15 mg kyseliny listové, 0,015 mg biotinu, 3,0 mg tokoferolů a 0,01 mg provitaminu A – karotenu. Vitaminy jsou většinou nahromaděny v klíčku a v aleuronové vrstvě zrna. Co se obsahu minerálních látek v zrně pšenice týká, tak se pohybuje mezi 1,4 až 3,0 % (nejčastěji v rozsahu 1,7 až 2,0 %) v závislosti na odrůdě, půdě a podmínkách v průběhu vegetace. Zrno obsahuje průměrně ve 100 g sušiny asi 450 mg fosforu, 380 mg draslíku, 160 mg síry, 140 mg hořčíku, 60 mg vápníku, 30 mg sodíku, 5 mg železa, 4,5 mg manganu, 3 mg zinku, 2,5 mg bóru, 0,7 mg mědi a v nepatrných množstvích ještě další minerální prvky. Nejvíce minerálií je také uloženo nejvíce v klíčku a v obalech zrna. Ze všech látek obsažených v zrně mají ovšem největší význam bílkoviny, a to jak z hlediska technologického, tak i pro nutriční a krmnou hodnotu. Jejich množství kolísá ve velmi širokém rozpětí od 8 do 20 % v sušině zrna. V meteorologicky normálním roce obsahuje pšeničné zrno okolo 12 až 13 % bílkovin v sušině. Je zde zastoupeno osm esenciálních aminokyselin v těchto hodnotách: 0,4 % lysinu, 0,5 % valinu, 0,8 % leucinu, 0,4 % izoleucinu, 0,5 % fenylalaninu, 0,3 % threoninu, 0,2 % methioninu a 0,2 % tryptofanu (Prugar a kol. 2008).

3.4. Chemické složení zrna ječmene

Největší podíl hmotnosti zrna ječmene tvoří organické látky (asi 80 %), z nich pak největší podíl patří stejně jako u pšenice sacharidům. V zrně ječmene si jich nachází pestrá paleta od jednoduchých cukrů až po vysokomolekulární sacharidy. Obsah glukózy zde činí 0,055 % sušiny, maltózy 0,07 % sušiny a sacharózy 1,0 % sušiny. Mono a disacharidy jsou soustředěny především v klíčku, kde plní biologické funkce. Nejvíce zastoupenou složkou ze sacharidů je škrob (60 až 65 %). Je zásobním polysacharidem a v endospermu obilky je ukládán v podobě velkých a malých granulí. Tyto granule se vytváří postupně při zrání obilky. Většina ječných škrobů obsahuje dvě základní složky: amylozu (asi 25 %) a amylopektin (asi 75 %). Avšak tento poměr může být geneticky (šlechtěním) jiný. Dále obsah minerálních látek (popelovin) v sušině se uvádí kolem 2 %, jejich nejvyšší koncentrace je v obalových vrstvách obilky, nejnižší v endospermu. Mezi nejhojněji zastoupené patří fosfor, draslík, křemík a hořčík, v menším množství obsahuje zrno ječmene vápník, železo, hliník, sodík a molybden (Zimolka a kol., 2006).

3.5. Ontogeneze ozimé pšenice a jarního ječmene

U obilnin, jakožto vyšších rostlin, je růst výsledkem zvětšování počtu buněk, jejich objemu a hmotnosti. Růst je vázán na meristémy, čili na pletiva s růstovou schopností. Již v embryonálním stavu se vyčleňují dva typy primárních meristémů, jeden pro růst kořenů a druhá pro růst nadzemních částí. Tyto meristémy se udržují v apikálních (vrcholových) částech kořene a stonku po celý život rostliny. To znamená, že růst rostlin je tzv. otevřený. U kořenů a stonků jsou tedy meristémy v aktivním stavu velmi dlouho, u stromů i po staletí (nedeterminované meristémy), u listů a květů ale jen po omezenou dobu (tzv. determinované meristémy). U kořenů a stonků je intenzita dělení buněk nejvyšší při samém vrcholu, zatímco zvětšování objemu buněk spojené s intenzivním prodlužovacím růstem se děje až v zóně několik milimetrů od vrcholu. Naproti tomu u listů a plodů jsou dělení a zvětšování objemu buněk odděleny spíše časově, takže v rané etapě tvorby těchto orgánů převažuje dělení buněk, později zvětšování jejich objemu. Diferenciací v širším smyslu pak rozumíme jako specifické změny jednotlivých buněk, ale také jako tvorbu pletiv s určitou funkcí a vznik celých orgánů. Jako vlastní vývoj můžeme označit časový sled kvantitativních a kvalitativních změn v rostlinném organismu. Poněvadž se vývoj projevuje navenek zejména morfologickými změnami, jsou od nich odvozena prakticky používaná kritéria jeho hodnocení. Vývoj je konvenčně rozdělen do etap charakterizovaných morfologickým stavem rostliny. Tyto etapy jsou tedy nazývány fenologickými fázemi - fenofázemi (Hejtník a kol., 2007).

Z hlediska praktického využití ontogeneze rostlin zahrnuje tato základní období: **vegetativní** (klíčení, vzcházení, odnožování), **generativní** (sloupkování, metání, kvetení, zrání). V rámci těchto uvedených základních období lze přesně definovat fáze sestavené do stupnic fáze růstu, zaznamenávajících momentální stav rostlin v porostech, pro určení optimálních termínů vhodných k agrotechnickým zásahům. K nejběžnějším a zároveň nejstarším patří makrofenologická stupnice dle Feekese, kterou u nás rozšířil na 12 fází Petr, pro potřeby sblížení s mikrofenologickou stupnicí podle Kupermanové (XII etap organogeneze vzrostného vrcholu). V současnosti převažuje využití stupnice dle Zadokse – mezinárodní stupnice s

desetinným kódem DC, jež nejlépe vyhovuje registraci moderní výpočetní technikou (Zimolka a kol., 2005).

Formování vysoce produktivního porostu obilnin vyžaduje více než u jiných plodin regulaci početného souboru složek určujících vysokou biologickou a zejména hospodářskou úrodu. Je to dáno tím, že během vegetačního období se realizují růst a diferenciaci vegetativních i generativních orgánů a procesy, které rozhodují nejen o velikosti vyprodukované hmoty, ale i o jejím rozdělení mezi orgány a zvláště o akumulaci v hospodářsky důležitém orgánu. U jarního ječmene je prakticky nejvýznamnější poznání produktivity hlavního stébla a jednotlivých odnoží. Výnos odrůd jarního ječmene je tvořen převážně odnožemi. Počet zrn je u hlavního stébla nejvyšší a u odnoží průkazně klesá. Ovšem hmotnost tisíce zrn (HTZ) u hlavního stébla a prvních tří a někdy i čtyř odnoží je vyrovnaná, jen s malým poklesem. Produktivnost jednotlivých stébel na rostlině je závislá na podmínkách, které panují v době formování klásků, kvítků a obilek. Další příčina plodnosti a neplodnosti odnoží souvisí zřejmě s hmotností sušiny odnože, protože existuje přímý vztah mezi hmotností sušiny odnože a produkcí zrna na odnoži (Petr a kol., 1980).

3.6. Požadavky ozimé pšenice na prostředí

Z dlouhodobých výnosových výsledků polyfaktoriálních pokusů vyplývá významný vliv stanoviště a ročníku, které ovlivňují výši hospodářského výnosu zrna pšenice přibližně z 25 %. Počasí v jednotlivých ročnících zvyšuje výnosovou variabilitu větší měrou než půdní typ a půdní druh, přestože pšenice ozimá se z pěstovaných obilnin vyznačuje vyšší náročností na půdní podmínky (Zimolka a kol., 2005).

Území České republiky je rozdělováno podle vhodnosti pěstování pšenice z hlediska účelu využití produkce k potravinářským účelům do čtyř oblastí.

- I. **Oblasti s velmi dobrými podmínkami** – oblasti dostatečně teplé až velmi teplé, podoblasti převážně suché až velmi suché, průměrné denní teploty v jarních a letních měsících se pohybují mezi 14 a 17 °C a úhrn srážek je 250 – 350 mm, převažující půdní typy jsou černozemě, fluvizemě, hnědozemě a rendziny.

- II. **Oblasti s převážně vyhovujícími podmínkami** – oblasti poměrně až dostatečně teplé, podoblasti mírně suché až převážně suché, průměrné denní teploty v jarních a letních měsících se pohybují mezi 13 a 15 °C a úhrn srážek je 350 – 400 mm, převažující půdní typy jsou hnědozemě, fluvizemě a rendziny, v Čechách i černozemě.
- III. **Oblasti s převážně nevyhovujícími podmínkami** – oblasti mírně teplé až poměrně teplé, podoblasti mírně vlhké až mírně suché, průměrné denní teploty v jarních a letních měsících se pohybují mezi 12 a 14 °C a úhrn srážek je 400 – 500 mm, v Čechách i méně, převažující půdní typy jsou podzoly, v nižších polohách jsou zastoupeny také hnědozemě. V těchto oblastech se dobrá pekařská jakost zrna dosahuje pouze ve zvláště příznivých letech.
- IV. **Oblasti s nevhodnými podmínkami** – oblasti chladné a vlhčí, průměrné denní teploty v jarních a letních měsících se pohybují mezi 11 a 13 °C, s výjimkou horských poloh, úhrn srážek je nad 500 mm, s výjimkou některých území v Čechách, půdy jsou většinou podzoly (Hůla a kol., 2008).

3.7. Požadavky jarního ječmene na prostředí

Jarní ječmen lze pěstovat ve všech výrobních podmínkách. Avšak vysoké sladovnické hodnoty se dosahuje jen za určitých půdně klimatických podmínek. Tyto podmínky výrazně vymezují oblasti, kde lze úspěšně pěstovat kvalitní sladovnické ječmeny. V Čechách je to především Polabská nížina a nižší polohy Středočeské pahorkatiny, na Moravě celá střední Morava s jádrem úrodné Hané. Jedná se převážně o úrodné řepařské oblasti, s převahou půd černozemního a hnědozemního charakteru, na spraši a sprašových pokryvech, do nadmořské výšky 250 m. Tzv. v obilnářské oblasti jsou též podmínky pro pěstování sladovnického ječmene, ale jistota dosažení dobré jakosti je již menší. Tam se pěstuje na středně těžkých, sprašových půdách s převahou hnědozemí a illimerizovaných půd. Kromě půdních podmínek mají rozhodující význam klimatické podmínky a aktuální průběh počasí v daném ročníku. Ty se na jakostních ukazatelích podílejí až dvěma třetinami (Polák a kol., 1998).

3.8. Agrotechnika pěstování ozimé pšenice

3.8.1. Zařazení do osevního postupu

Z hlediska ekonomického je osevní postup nejlevnější agrotechnické opatření, který má zemědělská výroba k dispozici. Obilniny jsou v polním sledu obvykle zastoupeny nejvíce ze všech pěstovaných plodin (na úrodných půdách 50 i více %). Proto jejich správné zařazení patří k nejvýznamnějším aspektům dobře sestaveného osevního postupu. Ozimá pšenice reaguje ze všech u nás pěstovaných obilnin nejcitlivěji výnosem na předplodinu a na tzv. starou půdní sílu (Škoda a kol., 1998). Pšenice tedy reaguje nejlépe na všechny zlepšující předplodiny. Opravdových zlepšujících předplodin však dnes není mnoho. Plocha jetelovin klesla z 294 tis. ha na 115 tis. ha, luskoviny klesly na polovinu, podobně i okopaniny. Zbývá ozimá řepka, ale ta plochou nenahradí ostatní dobré předplodiny. Musíme si proto pomoci zvýšeným dodáním organické hmoty do půdy, s využitím různých meziplodin na zelené hnojení (Petr, 2011).

3.8.2. Výběr stanoviště

Jedno z nejdůležitějších hledisek důležitých pro výběr pozemku pro jakoukoliv plodinu je půdní reakce. Ta má významný vliv především na výživu rostlin. Slaběji vyvinutý kořenový systém pšenice vyžaduje půdy strukturní, hlubší, hlinité a jílovitohlinité s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,2 – 7,0), dobře zásobené živinami. Nevhodné jsou extrémní, písčité, kyselé a trvale zamokřené půdy. Důležité jsou i půdy s dobrou vodní kapacitou, která napomáhá k překlenutí přísušků s ohledem na celkově dlouhou vegetační dobu pšenice (Zimolka a kol., 2005). Pšenice je na vodu poměrně náročná. Vyhovují jí průměrné srážky kolem 600 mm za rok a transpirační koeficient bývá 400 až 500. Pšenice je náročná zároveň také na teplo a vyžaduje souhrn vegetačních teplot cca 1 960 až 2530 °C. Klíčí již při teplotě 3 až 4°C a snese pod sněhovou pokrývkou mrazy až – 20 °C. Nároky na teplotu se během vegetačního období značně diferencují a pšenice ozimá může vymrzat vlivem holomrazů (Kuchtík a kol., 2003).

3.8.3. Zpracování půdy

System zpracování půdy a zakládání porostů je důležitou složkou pěstebních technologií obilnin. Pro ozimou pšenici je v současné době široký výběr technologických postupů zpracování půdy. Volbu technologie zpracování půdy a založení porostu je potřeba přizpůsobit konkrétním podmínkám pěstování (stanovištním podmínkám, zařazení ozimé pšenice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků předplodiny, stavu půdy po sklizni předplodiny) (Hůla a kol., 2008).

3.8.3.1. Základní zpracování půdy

Při tradičním postupu je třeba věnovat zvýšenou pozornost podmítce, a to z hlediska její hloubky, doby, způsobu ošetření při zohlednění vlhkostních podmínek, půdního druhu, předplodiny a rovněž druhové zaplevelenosti pozemku. Provádí se zpravidla po ozimé řepce, luskovinách, luskovino – obilných směskách a obilninách. V sušších oblastech se provádí na hloubku 120 – 150 mm, ve vlhčích mělčeji. Vlastní seťová orba následuje 4 týdny, po víceletých předplodinách 6 týdnů před setím. Provádí se na střední hloubku (180 – 220 mm). Po zrnové kukuřici, kdy zaoráváme velké množství posklizňových zbytků a půdu často s nerovným povrchem, je hloubka orby 200 – 250 mm, po silážní kukuřici je to do 200 mm s následným omezením hrudovitosti použitím talířového náradí. V sušších podmínkách, stejně jako v případě horší drobitosti půdy je výhodné použít za pluhem drtič hrud nebo adaptér na úpravu hrubé brázdy, případně hruďez (Zimolka a kol., 2005).

3.8.3.2. Předset'ové zpracování půdy

Předset'ová příprava půdy je soubor agrotechnických opatření, jejichž úkolem je urovnat povrch pole, vytvořit hrudovitou půdní strukturu a kvalitní lůžko pro osivo. Jedná se tedy o zpracování půdy v rámci klasických, konvenčních, orebních technologií. Jednou ze zásad při předset'ové přípravě půdy je co nejmenší počet pojezdů po pozemku. Proto všechny moderní stroje umožňují provést kvalitní práci v jedné operaci. Využívá se různých typů náradí, které povrch půdy intenzivně kypří a mísí a současně ho urovnávají a mírně utužují. Jsou to například vibrační či rotační brány a kombinátory sdružující několik pracovních

operací. Každý nedostatek ve zpracování půdy se projeví v nevyrovnaném vzcházení (Faměra, 1993).

3.8.4. Založení porostu ozimé pšenice

Důležitým článkem zakládání porostů je vlastní setí, jehož podcenění či nekvalitní provedení, navíc nevhodnou technikou, se těžko napравuje a projevuje se prakticky až do sklizně i do kvality sklizené produkce. Proto je třeba k setí ozimé pšenice přistupovat z hlediska splnění požadavků vyplývajících z biologické podstaty výnosotvorného procesu. Nejčastější variantou řádkového setí je rozteč 125 mm, avšak i při ní je řádkování patrné po celou vegetaci, což svědčí o tom, že není plocha optimálně využita. Vhodnější variantou je páskové setí, při kterém je osivo rozptýlováno a ukládáno do pásků 30 až 40 mm širokých při rozteči jednotlivých pásků 100 až 150 mm. Takže například při rozteči 125 mm a šířce pásků 40 mm pokrývá osivo plochu z 32 %. Na zvětšení výživné plochy rostliny reagují rychlejším vzcházením, vyšším počtem vzejitých rostlin i intenzivnějším odnožováním, v konečném důsledku větším zahuštěním porostu. Jako třetí možnost výsevu pšenice je plošné setí. Osivo je při něm rovnoměrně rozmístěno po celé šíři záběru secího stroje. Dochází při něm ke zvětšení vzdálenosti mezi jednotlivými obilkami (při výsevu 4,5 milionu klíčivých semen – MKS o více než 2,5 násobek) oproti řádkovému setí na 125 mm. Plošné setí rovněž zvýrazňuje protierozní efekt v raných růstových fázích (Zimolka a kol., 2005).

Termín setí ozimé pšenice v České republice je odvislý od konkrétní zemědělské výrobní oblasti (ZVO) od které se odvíjí také výsevek. Z hlediska časového zařazení setí, tzn. termínu setí, byly již dříve zaznamenány výsledky potvrzující vliv délky a mohutnosti kořenového systému pšenice v závislosti na termínu setí. Výzkum probíhal ve Velké Británii v Rothamstedu a Woburnu v roce 1980 a 1981. Kořeny pšenice zaseté v září dosáhly do prosince až 1 m hloubky. Naproti tomu pšenice seté v říjnu neměly v těchto hloubkách detekovatelné kořeny až do dubna. U obou variant byl růst kořenů do hloubky popsán exponenciální funkcí. Více než 50 % kořenů bylo v horní vrstvě (20 cm) půdy. I přes veškeré rozdíly mezi variantami byl zjištěn malý vliv na celkovou produkci kořenů za vegetaci (Barraclough a Leigh, 1984).

Pro správné založení porostu ozimé pšenice je zapotřebí vysévat zdravé, uznané a mořené osivo. Osivo má být čisté. To znamená, že musí obsahovat pouze dobře vyvinutá zrna daného druhu a odrůdy. Vyjadřuje se v procentech čistých zrn z celkového množství. Musí se pohybovat od 98 do 100 %. Schopností osiva za odpovídajících podmínek do určité doby vytvořit normální klíček se nazývá klíčivost. Podmínky pro zjištění klíčivosti jsou u jednotlivých druhů různé. U obilnin je to teplota kolem 20 °C (Teksl a kol., 1999). Procento klíčivosti není dostatečným vyjádřením semenářské hodnoty v případech, kde dochází k rozdílům mezi zjištěnou laboratorní hodnotou a vlastní polní vzcházivostí osiva. Ani vysoká laboratorní klíčivost osiva není vždy zárukou dobré polní vzcházivosti. Polní podmínky totiž jen zřídka odpovídají podmínkám laboratorním a při výpočtu výsevu by měl být navíc zohledněn polní faktor. Ten lze vyjádřit indexem polní vzcházivosti, tj. podílem semen, která v daných podmínkách vzejdou z celkového počtu vysetých klíčivých semen. Za dobrých podmínek dosahuje index polní vzcházivosti hodnot 0,8 až 0,85 i vyšších, tzn. 80 až 85 % relativní vzcházivosti. Za podmínek méně stresových až stresových může být jeho hodnota pouze 0,4 až 0,5. Polní faktor souvisí s vitalitou osiva, čím větší vitalita, tím menší redukce rostlin při vzcházení (Houba a kol. 2002).

3.9. Agrotechnika pěstování jarního ječmene

3.9.1. Zařazení do osevního postupu

Jarní ječmen reaguje více na minerální hnojení. Naopak od ozimé pšenice, která reaguje nejvíce na předplodinu a tzv. starou půdní sílu. Minerální hnojení má u jarního ječmene vyšší kompenzační účinek a proto ho můžeme na dobrých stanovištích zařazovat bez obav i po obilnině. Přesto jarní ječmen má osvědčené předplodiny v animálně hnojených okopaninách (zejména po cukrové řepě) (Škoda a kol., 1998). Co se týká vlivu osevního postupu na vodní erozi půdy, tak je poměrně zásadní. Vodní eroze půdy neohrožuje však zdaleka pouze pozemky v České republice, ale také jinde ve světě. V letech 1995 - 1999 byl ve Středním Chorvatsku na stagnických luvisolích proveden pokus na 5tihném osevním postupu (OP). Tento OP byl zvolen takto: Kukuřice (*Zea mays* L.), sójový bob (*Glycine hispida* L.), ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.), řepka olejka (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) a jarní ječmen (*Hordeum vulgare* L.). Ztráty půdy z pozemků byly několikrát vyšší než je 10 t ha/rok. Během prvních dvou let, kdy se na jaře vysela kukuřice nebo sója (1995 a 1996) bylo riziko eroze extrémně vysoké, a to zejména po založení porostů a také po obdělávání půdy nahoru a dolů po svahu. Když se na podzim vysela ozimá pšenice nebo řepky olejka

(1996/1997 nebo 1997/1998), eroze půdy byla zanedbatelná. Samozřejmě tedy kromě případů, kdy orání a setí bylo nahoru a dolů svahem, čili přes vrstevnice. Ztráty půdy vlivem eroze byly překvapivě bezvýznamné i při osetí plochy jarním ječmenem. Varianta bez orby, tzn. no – tillage ovlivnila ze 40 a 65% erozi na ploše s kukuřicí a sójou v porovnání s orbou, a to i přesto, že výsev i zpracování půdy byly stále směřovány nahoru a dolů po svahu. Došlo se tedy k závěru, že erozní rizika (důsledky) mohou být použita jako spolehlivý indikátor udržitelného hospodaření s půdou a že používání tzv. no - tillage, nebo zpracování půdy a výsev kolmo na převládající svah jsou účinné postupy ochrany půdy pro tento evropský region (Basic a kol., 2004).

3.9.2. Výběr stanoviště

Významným faktorem ovlivňujícím pěstování jarního ječmene je půdní reakce. Ta by se řepařské oblasti měla pohybovat v rozmezí 6,2 až 7,2 pH, v obilnářské 5,8 až 6,2 pH. Kyselé půdní prostředí má negativní vliv na růst jarního ječmene i sladovnickou kvalitu potlačuje tvorbu kořenového systému a snižuje účinnost živin. Jarní ječmen je poměrně málo náročný na teplotu a vláhu. Mnohem náročnější než ostatní obilniny je na půdu. Vyplývá to z jeho jemnějšího a mělčího kořenového systému a z potřeby intenzivního příjmu živin a vody z půdy během krátkého vegetačního období. Sladovnický ječmen není vhodné pěstovat na pozemcích s vysokým utužením ornice a nevyrovnaným vláhovým režimem půdy, na lokalitách s častým výskytem mlhy a rosy, a to z důvodu možnosti výskytu zahnědlých špiček obilek. Kromě půdních podmínek mají rozhodující význam klimatické podmínky a aktuální průběh počasí v daném ročníku. Ty se na jakostních ukazatelích podílejí až dvěma třetinami (Polák a kol., 1998).

3.9.3. Zpracování půdy

Systém zpracování půdy a zakládání porostu ovlivňuje základní prvky struktury porostu, tj. budoucí podmínky pro tvorbu výnosu a jeho kvality. U jarních obilnin je možnost kompenzace špatného založení porostu dalšími agrotechnickými zásahy velmi malá. Pro jarní ječmen je v současnosti široký výběr technologických postupů zpracování půdy a zakládání porostu. Volbu pracovních postupů je potřeba přizpůsobit stanovištním podmínkám, zařazení

ječmene do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků předplodiny, stavu půdy po sklizni předplodiny, vybavení podniku i dalším faktorům (Zimolka a kol., 2006).

3.9.3.1. Základní zpracování půdy

V našich podmínkách je dosud většinou používána tradiční technologie s orbou. Zpravidla k jarnímu ječmeni postačuje mělká orba do hloubky 15 až 18 cm. Výhodné je použití oboustranných otočných pluhů s měnitelným pracovním záběrem. Přizpůsobení pracovního záběru orebních těles požadované hloubce orby umožňuje dodržet žádoucí kvalitu orby a stupeň drobení skýv. Po předplodinách, které zanechávají strniště, předchází orbě podmítka. Ta se provádí podle podmínek do hloubky 6 až 12 cm. Orba je vhodná především tam, kde je potřeba zapravit do půdy větší množství posklizňových zbytků předplodiny (Zimolka a kol., 2006).

Intenzita zpracování půdy má také vliv na bilanci skleníkových plynů prostřednictvím účinků fyzikálních a biologických vlastností půdy. Tyto vlastnosti ovlivňují ukládání uhlíku v půdě a emise oxidu dusného (N_2O). V porovnání účinků konvenčního zpracování půdy, mělkého kypření půdy (8 - 10 cm) a přímého setí do porostu jílku, na obsahy CO_2 a N_2O v hlinitopísčitých půdách (8,1 % jílu, 3,5 % organické hmoty) vycházela v tomto dánském pokuse nejlépe varianta se setím do jílu. I přesto výnos sušiny jarního ječmene byl u této varianty nižší o 14% v porovnání s variantou mělkého kypření a o 27% nižší oproti variantě s orbou (Chatskikh a Olesen, 2007). Krycí plodiny jsou totiž jednou z možností, jak snížit vyplavování NO_3 do vodních toků. Velmi příznivý je vliv jílu vytrvalého (*Lolium perenne* L.) jako krycí plodiny v jarním ječmeni (*Hordeum vulgare* L.) na vyplavování $NO_3 - N$ a dostupnost N pro hlavní plodinu. Je pokusy dokázáno, že jílkový pokryv v porostu jarního ječmene na jednu sezónu podstatně snižuje vyplavení $NO_3 - N$. Vody v těchto lokalitách, kde je touto metodou pěstován jarní ječmen splňují evropské normy pitné vody oproti pěstování jarního ječmene bez krycí plodiny. Tohoto je dosahováno především na půdách písčitých s velkým množstvím dešťových srážek na podzim a při optimálních podmínkách pro růst jílu jako krycí plodiny. Avšak aby byl ekologický potenciál jílu setého na podzim plně využit, tak je nutné, aby předplodina byla sklizena včas, aby jílek měl možnost do zimy narůst do potřebné biomasy. Prodlení založení porostu jílu do pozdějšího podzimu není tedy vhodné (Bergström a Jokela, 2000). Rostlinný pokryv je velmi důležitý právě v zimním období.

V zimě a předjaří existují dva druhy polí. A to pole ozimů se světlou a řídkou zelení a zorané holé půdy, které se osazují či osívají teprve na jaře (Reichholf, 1989). Aby se zabránilo holému povrchu pozemků přes zimu, kde by se měla vysévat jařina, tak je vhodné, jak již bylo řečeno, zasít jařinu například do travního drnu (např. *Poa pratensis*) založeného již v minulém roce. Tento porost je na jaře cíleně umrtven herbicidem na bázi glyfosátu [N-(phosphonomethyl) glycine]. Do tohoto travního drnu založený porost jarní obilniny poskytuje srovnatelné nebo dokonce i vyšší výnosy než je tomu u konvenčních technologií s orbou. Jako primární důvod lze uvést, že travní drn přes zimu a předjaří působí značně protierozně až je dokonce schopen erozi úplně eliminovat a má také za následek významné úspory energie dopadající na zemský povrch. Závěrem k této technologii lze říci, že jarní ječmen (*Hordeum vulgare*) a také jarní pšenice (*Triticum aestivum* L.) jsou schopny vyšší produkce, tedy výnosu, než je tomu u konvenčního zpracování půdy. Je zde ovšem podmínka úplného a dokonalého umrtvení travního drnu do kterého je jarní obilnina zasévána (Elliott a Papendick, 1983).

3.9.3.2. Předset'ové zpracování půdy

Jarní příprava půdy musí zabezpečit provzdušnění ornice a vytvoření set'ového lůžka v hloubce 30 až 50 mm. Předset'ová příprava má vytvořit předpoklady pro udržení dobrého strukturního stavu půdy po celou dobu vegetace. Každý předčasný nebo opožděný zásah porušující strukturu zamazáním nebo proschnutím půdy se nepříznivě odrazí na výnosu zrna i sladovnické kvalitě. Jarní ječmen je na tzv. zamazání velmi citlivý. Na zrnu se vytvoří blátivý film, který brání přístupu kyslíku. Tím se snižuje energie klíčení a porost nevyrovnaně vzchází (Zimolka a kol., 2006). Orbu není potřebné na jaře ošetřit v případě, že orba je velmi kvalitní a průměr hrud dosahuje cca 100 až 120 mm. Na tuto velikost se hroudy rozpadly vlivem mrazu. V případě větších hrud může postačit převlácení hřbovými branami, abychom neotevřeli půdu příliš hluboko a tím nesnížili obsah vody v půdě (Molnárová a Horevaj, 2007).

3.9.4. Založení porostu jarního ječmene

Pro obilniny je všeobecně nejvhodnější mělké setí do hloubky 20 až 30 mm na půdách středních a těžkých, 40 mm na lehkých půdách. Spodní vrstva lůžka má být přibližně o 1 až 2 cm hlubší oproti požadované hloubce uložení obilky (Zimolka a kol., 2006). Příliš hluboké setí způsobuje zeslabení rostlin a menší odnožení. Je to zapříčiněno nedostatkem asimilátů po vyčerpání zásobních látek z obilky při opožděném tvorbě vlastních asimilátů při dlouhém období vzcházení (Petr a kol., 1980).

Setí jarního ječmene následuje ihned po přípravě půdy a je možno použít běžných secích strojů. Pokud je k dispozici secí kombinace, tak okamžitě, jakmile to půdní podmínky dovolí (při správné zralosti půdy), je možné v jedné operaci založit porost jarního ječmene (Šimon a kol., 1999).

3.10. Výživa a hnojení

Z celkového pohledu je zřejmé, že řada vnějších činitelů (světlo, teplota, časové faktory) má objektivní charakter – působí nezávisle, a proto je musíme respektovat a jen některé je možné záměrně a cílevědomě ovlivňovat. Jedná se především o úpravu půdních podmínek (zlepšení půdních vlastností) a zajištění potřebného množství živin, případně vody. Dosažením dobrých podmínek jsou vytvořeny předpoklady pro realizaci reprodukční schopnosti rostlin, a tím i vyšší využití sluneční energie. Z tohoto hlediska vyplývá velký význam cílevědomého hnojení jako základního předpokladu ovlivnění půdní úrodnosti, a tím i výnosů plodin (Vaněk a kol., 2007).

3.10.1. Dusík

Dusík se nachází v aminokyselinách, amidech, bílkovinách, nukleoproteinech, ve chlorofylu. Je součástí enzymů, koenzymů, alkaloidů a jiných biologicky aktivních látek. Podporuje především růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty. Při poruše syntézy bílkovin může při nadměrné výživě docházet k hromadění nitrátů v pletivech (Vostal, 1994). Dusík je kvantitativně nejvíce zastoupeným minerálním prvkem v rostlinných pletivech a vstupuje do

potravního řetězce hlavně prostřednictvím nitrátového (NO_3^-) a amonného iontu (NH_4^+). Jeho dostupnost bývá často limitujícím faktorem pro růst rostlin (Neuberg a kol., 2008). Jedním z důležitých kritérií foliárních aplikací je rychlost příjmu živin přes listy. Tato rychlost se významně liší v závislosti mimo jiné na druhu živiny. Například u dusíku se uvádí rychlost 0,5 až 6 hodin, zatímco u fosforu 2,5 až 10 dní (Růžek a kol., 2006).

3.10.1.1. Hnojení ozimé pšenice dusíkem

Pro zúročení vysokého výnosového potenciálu pšenice je nutno zajistit i vysoké hnojení dusíkem. Velké nároky na obsah dusíku v živném prostředí vznikají zejména v období od ukončení odnožování až do období mléčné zralosti (Neuberg a kol., 1985).

I přes veškerou důležitost skýtá hnojení ozimé pšenice (a nejen jí) dusíkem značné problémy. Jedním z nich je vyplavování dusíku na něž má vliv mimo jiné i systém hnojení. To bylo sledováno v dlouhodobém pokuse na černozemním stanovišti Praha - Suchdol. Ze sledování bylo zjištěno, že výrazně větší množství vody bylo zachyceno na variantách s aplikací organických hnojiv. Toto potvrzuje vliv organických hnojiv na lepší infiltraci srážek v půdě. Na variantách s organickými hnojivy byl stanoven i nižší penetrační odpor půdy. Po přepočtu obsahu dusíku v lyzimetrických vodách na množství dusíku na lyzimetr bylo vypočteno výrazně větší množství dusíku v lyzimetrech pod variantami s čistírenskými kaly, než na lyzimetrech na ostatních variantách. Nejvyšší obsah dusíku v lyzimetrických vodách byl stanoven na variantách hnojených minerálními dusíkatými hnojivy, avšak největší množství vyplaveného dusíku bylo stanoveno na variantách s čistírenskými kaly a s hnojem. Po přepočtu představovaly roční ztráty dusíku na variantě s čistírenskými kaly 2 kg N/ha a na variantě hnůj 0,7 kg N/ha. Na variantách s minerálními dusíkatými hnojivy bylo množství vyplaveného dusíku do 0,5 kg N/ha, na variantách N + sláma a NPK jen 0,2 kg N/ha. Množství vyplaveného dusíku tak nepředstavuje výraznou ekonomickou ztrátu, ani zdroj znečištění vod, zvláště na variantách s minerálními dusíkatými hnojivy (Černý a kol., 2011). Lepšího využití a především cílenější aplikace lze dosáhnout jedině kvalitní mechanizací. Na správnou funkci nejvíce používaného odstředivého rozmetadla minerálních hnojiv má negativní vliv, když dané hnojivo obsahuje částice menší než 2 mm. Čím více těchto částic hnojivo obsahuje, tím rozmetadlo dosahuje horší rovnoměrnosti rozhozu. Též je potřebné konstatovat, že u hnojiv, které obsahují vysoký procentuální podíl částic pod 2 mm je velmi

problematické dosahování vyšších pracovních záběrů, protože kinetická energie těchto částic při opouštění kotouče rozmetadla je příliš nízká na to, aby hnojivo doletělo do požadované vzdálenosti (Macák a kol., 2011). Lepšího využití dusíku lze dále docílit například usměrněním přeměn dusíku v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace. Inhibitory ureasy a nitrifikace jsou používány s cílem zvýšit využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami a omezit ztráty únikem amoniaku, denitrifikací a vyplaváním nitrátů. Z výsledků dosažených na pokusném pozemku v Lukavci vyplynulo, že ze sledovaných forem dusíku (nitrátová, amonná, lidická) v aplikovaných hnojivech (dusičnan amonný, močovina) při hnojení na začátku jarní vegetace ozimé pšenice byla rostlinami do fáze BBCH 30 – 31 nejvíce využita nitrátová forma a nejméně amonná forma dusíku. Na využití dusíku z aplikované močoviny měl příznivý vliv inhibitor ureasy, který zvýšil využití dusíku z močoviny rostlinami o 10 – 11 %. Působení inhibitoru nitrifikace při delším období bez srážek po povrchové aplikaci močoviny se neprojevovalo pozitivně, protože inhibitor omezoval přeměnu amonného na nitrátový, a tím přispíval ke zvýšení koncentrace NH_4^+ na povrchu půdy. Pro účinné působení inhibitoru nitrifikace je tedy třeba, aby po aplikaci hnojiva na povrch půdy došlo co nejdříve transportu dusíku spolu s inhibitorem do půdního profilu, například v důsledku srážek, nebo aby bylo hnojivo s inhibitorem nitrifikace zapraveno do půdy při předseťové přípravě. Jestliže zůstane hnojivo s inhibitorem nitrifikace delší dobu na povrchu půdy, může inhibitor zvyšovat ztráty dusíku únikem amoniaku (Růžek a Pišánová, 2007). Jinou alternativou jak zvýšit efektivitu hnojení pšenice dusíkem je metoda CULTAN. Cílem jednoho pokusu zabývajících se touto metodou bylo zjistit vliv metody CULTAN na výnos zrna pšenice ozimé a následně výsledky porovnat s konvenční variantou. U konvenčních variant bylo dusíkaté hnojivo aplikováno ve třech dávkách, v podobě regeneračního, produkčního a kvalitativního hnojení. U CULTAN variant byl dodán dusík rostlinám pšenice v jedné aplikaci přímo do půdy ve fázi konce odnožování. Na všech stanovištích bylo vždy dosaženo nižších výnosů u CULTAN variant v porovnání s příslušnou konvenční variantou (Kozlovský a kol., 2007).

3.10.1.2. Hnojení jarního ječmene dusíkem

Hnojení dusíkem je i u jarního ječmene nejvýznamnější výživářské opatření. Především je nutné správně stanovit celkovou dávku dusíku podle předplodiny, půdní úrodnosti a směru pěstování. Vzhledem k tomu, že se ječmen velmi často pěstuje po obilnině,

je nutné tuto skutečnosti zohlednit při hnojení, hlavně dusíkem – zvýšit dávku. Obecně vyšší dávku můžeme použít pro krmné ječmeny, na půdách s nižší úrodností a po horší předplodině. Pro tzv. technický ječmen volíme dávky nižší. Stanovení vhodné doby dusíkatého hnojení je u všech jařin oproti ozimům jednodušší. Většinu dusíku aplikujeme již na počátku vegetace. Pouze u krmného ječmene příznivě působí dostatek N ve druhé polovině vegetace na zvýšení kvality zrna. Při celkových dávkách dusíku do 60 až 80 kg N/ha se hnojí jednorázově před setím ve formě síranu amonného (SA), močoviny (MO), případně DAM 390, zvláště v sušších oblastech a na středních a těžších půdách. Pokud je nutné použít vyšší dávku N a na lehčích půdách, je vhodnější celkovou dávku N rozdělit tak, že asi 2/3 se aplikují před setím a zbytek se ponechá k přihnojení během vegetace (3. – 4. list). K přihnojení je vhodné použít LAV nebo DAM 390 (Vaněk a kol., 2007).

Stejně jako pšenice, tak i u jarního ječmene je možnost využití metody hnojení dusíkem systémem CULTAN. V pokusech v letech 2007 až 2009 bylo zjištěno, že výnos zrna jarního ječmene byl vyšší při dávce 80 kg N/ha u CULTAN varianty ve srovnání s konvenčním způsobem dusíkaté výživy (Sedlář a kol., 2010). Zajímavou metodu zkoušely Ntayombya a Gordon (1995), kteří v roce 1990 vykáceli stromy akáty a na tentýž pozemek vyseli ječmen. To vedlo k výraznému zvýšení výnosu ječmene a obsahu N v zrnu v průměru o 23% vyšší než u monokultury. Bylo to přičteno obsahu N v půdě, který byl za léta nafixován bobovitými akáty. Odhaduje se, že akát přispěl asi 36 kg N ha/ha.

3.10.2. Výživa a hnojení pšenice a ječmene fosforem

Celkový půdní fosfor lze rozdělit na organicky vázaný a minerální. Obě tyto frakce jsou významným zdrojem mobilních fosforečnanů přijatelných pro rostliny. Minerální fosfor lze rozdělit na tři skupiny, jedná se o fosfor vázaný na železo, hliník a vápník (Kulhánek a kol., 2006). Fosfor rostliny přijímají pouze ve vysoce oxidované formě jako ortofosfát. Zpravidla je to H_2PO_4^- , za neutrálních až alkalických podmínek i jako HPO_4^{2-} . Jiné organické vazby fosforu (například polyfosfáty) musí být proto nejdříve přeměněny na ortofosfát a organicky vázaný fosfor (například fyтин). Musí být mineralizovány (Baier a kol., 1988). Podíl mobilních forem přístupného fosforu v půdách značně kolísá a pohybuje se od 10 až do 100 mg P/kg zeminy (Marschner, 1995). Zjišťování přijatelnosti fosforu je komplikována tím, že P dodaný v hnojivech může být na rozdíl od nitrátů dlouhodobě sorbován a často má tendenci

pohybovat se půdou v koloidní formě nebo v drobných částicích (McGechan a Lewis, 2002). Pšenice i ječmen jsou rostlinami, které dokážou osvojit si fosfor z půdy nejhůře ze všech pěstovaných plodin. Podle schopnosti rostlin osvojovat si fosfor z půdní zásoby je možné sestavit následující pořadí: ječmen < pšenice < oves < žito, kukuřice < brambory, cukrovka, jetel luční, hořčice < vojtěška, hrách, bob, pohanka. Rostliny proto vyvinuly řadu strategií pro získávání fosforu i z velmi těžko dostupných zásob v půdě. Velmi účinné jsou mykorrhizní asociace. Základními typy mykorrhizy s vysokou účinností v získávání rostlině těžko dostupných minerálních živin a v rozšiřování oblasti, do níž zasahuje sorpční schopnost kořenového systému, jsou ektotrofní a endotrofní mykorrhiza (Pavlíková a kol., 2008).

V rostlinách je nejvíce fosforu soustředěno v semenech. Proto největší odběr z plochy mají na svědomí obilniny. Sklizní a odvozem jedné tuny zrna obilnin se exportuje okolo 4 kg fosforu. Odběrový normativ fosforu a ječmene se příliš neliší. Pšenice odebere na produkci jedné tuny zrna 4,4 až 6,2 kg P a jarní ječmen 3,5 až 6,2 kg P (Vaněk a kol., 2007).

3.10.3. Výživa a hnojení pšenice a ječmene draslíkem

Draslík ovlivňuje příjem vody kořeny, převod vody, otevírání a zavírání průduchů. Má vliv na turgor, ovlivňuje příznivě velikost efektivní listové plochy a tím také průběh fotosyntetických procesů. Zrychluje odsun produktů fotosyntézy z listů do zásobních vakuol. Ovlivňuje příznivě akumulaci vysokomolekulárních glycidů, syntézu bílkovin a některých enzymů. Dobrá zásobenost rostlin vede ke zvýšené tvorbě vitamínu C, zvyšuje se odolnost k nízkým teplotám (Vostal, 1994). Obilniny jakožto jednoděložné plodiny si osvojují draslík z půdy lépe než ostatní dvouděložné rostliny. Při nižších koncentracích draslíku v půdním roztoku je K^+ přijímán aktivně. Sorpce iontů draslíku probíhá přes membránu pomocí specifických nosičů a je řízena adenosintrifosfátázou. Při vyšších koncentracích draslíku v půdním roztoku je K^+ přijímán přednostně pasivně. Přitom má jeho intenzivní příjem antagonistický vliv na příjem ostatních kationtů (především Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), čímž je výživa těmito živinami brzděna. Na druhé straně při převaze kationtů, zejména Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ale i NH_4^+ , může být narušen příjem draslíku. Největší nároky na draslík mají rostliny při nejintenzivnější tvorbě biomasy. Zatímco během vegetativní fáze mají obilniny značné nároky na draslík, tak jeho výnosotvorná funkce po odkvětu zaniká (Baier a kol., 1988).

Závažnost většiny příznaků nedostatku draslíku bývá silně ovlivněna i obsahem fosforu v půdě (Hackett a kol., 1965).

3.10.4. Výživa a hnojení pšenice a ječmene hořčíkem

Ionty hořčíku (Mg^{2+}) jsou chemicky podobné vápenatých iontům (Ca^{2+}). I přesto existují důležité rozdíly v chování těchto iontů v rostlinách (Troeh a Thompson, 2005). Například při procesech eluce (vymývání) kationtů z půd a s ní související acidifikací lze kationty seřadit takto: $Mg > Ca > Al > Fe$. Přítomnost Al a Fe v půdním roztoku svědčí již o značném poklesu pH a skutečnosti, že půda byla ochuzena o bazické kationty Mg a Ca. Půdy obsahují v průměru 0,4 až 0,6 % hořčíku, na dolomitech až 10 %. Lehké písčité i rašelinné půdy s nízkým pH vykazují velmi nízký obsah Mg. Pro výživu rostlin je kromě Mg obsaženého v půdním roztoku významné množství Mg^{2+} sorbované na půdní koloidy. V sumě kationtů by Mg měl zaujímat postavení hned za Ca, a to 10 až 15 % KVK. Rozhodující je i vztah ostatních kationtů, především K. Poměr v ekvivalentním zastoupení Mg : K by měl být 3 : 1, nejméně 2 : 1. Pokud jsou dodrženy tyto poměry, jsou předpoklady harmonického příjmu obou kationtů. Hořčík přijímají rostliny převážně pasivně, tzn. na základě elektrochemického gradientu, kde uvnitř buňky převládá záporný elektrický náboj a je snaha o jeho vyrovnání kationty. Obsah Mg v rostlinách je závislý na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří. U semenných kultur, tedy i obilnin, je ke konci vegetace Mg transportován do semen, kde je ukládán ve fytinu. Obsah Mg v zrně obilnin je poměrně stabilní a většinou se pohybuje kolem 0,12 %. Ve slámě je obsah Mg nižší (okolo 0,1 %) (Vaněk a kol., 2007).

3.10.5. Výživa a hnojení pšenice a ječmene vápníkem

Vápník se vyskytuje v půdě a rostlinách jako dvojmocný kation Ca^{2+} . Některé minerály jako vápenec ($CaCO_3$) a sádrovec ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) mají velmi nízkou rozpustnost. Tyto minerály jsou často ve vlhkých půdách (v humidních oblastech) vyluhovány. V suchých aridních oblastech zůstávají v půdě téměř nedotčené. Vápník se také vyskytuje v dalších minerálech, jako je například apatit a plagioklas. Vápník může být v půdě zastoupen ve vybraných oblastech více než 5 % hmotnosti půdního roztoku. Naopak ve vlhkých tropických

půdách se obsah vápníku pohybuje kolem 0,01% hmotnosti půdy. Půdy vlhkých mírných pásem obsahují cca 1 – 2 % vápníku. Tato hodnota je zhruba totožná jako obsah draslíku (Troeh a Thompson, 2005). Příjem Ca^{2+} rostlinami je závislý i na vnějších podmínkách. Při nižší vlhkosti je přijímáno více Ca, teplotou však není mnoho ovlivněn. Přesto mohou vnější podmínky významně zasáhnout do příjmu Ca a působit s ostatními faktory na výrazně vyšší příjem K než Ca, a tak způsobit jeho relativní nedostatek v rostlinách. Obsah Ca v sušině rostlin je velmi variabilní a většinou se pohybuje v rozmezí 0,4 až 1,5 % v závislosti na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří. Často je milně dáván obsah Ca a požadavek rostlin na pH prostředí do souvislosti. To však není zcela jednoznačné. Například obilniny potřebují málo Ca, ale odlišují se v nárocích na půdní reakci – ječmen a pšenice nesnášejí nízké hodnoty pH, zatímco žito a oves je vyžadují. Bramborám a lupině se dobře daří na kyselých stanovištích, ale spotřebují velké množství vápníku (Vaněk a kol., 2007). Vápník je také klíčovým prvkem při zprostředkování signálu potřebného pro regulaci rostlin vůči stresu. Vztah mezi příjmem a koncentrací Ca v pletivech bývá intenzivnější v podmínkách zasolených půd než v aridních podmínkách. Odběr vápníku rostlinami tedy není zanedbatelný. V časové křivce roste příjem Ca společně s růstovou fází ječmene, a to bez ohledu na vodní režim či hnojení. Ovšem ve stresových podmínkách dochází k poklesu odběru Ca nadzemní biomasou poměrně strmě (Krček a kol., 2011).

3.10.6. Výživa a hnojení pšenice a ječmene sírou

Síra patří v říši rostlinné, zvířecí a i lidské mezi základní živiny. V přírodě je vysoký obsah síry v magmatických horninách a nejvyšší je v ostatních kyselých horninách. Síra se nachází převážně ve formě sulfidů Fe, Zn, Pb, Cu, Hg, Ni, Ag a tak dále. Sulfáty vlivem aerobních podmínek oxidují. Anorganické formy síry se vyskytují téměř výlučně v podobě sádry ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$). Sádrovec skal může obsahovat až 15% SO_4 . V anaerobních sedimentech se síra vyskytuje především v podobě pyritu (FeS_2). Ve vlhkých půdách je obsah síry převážně 0,1 až 0,5 g/kg. Ale v bažinách až 10g/kg a v kyselých sulfátových močálech až 35g/kg. Naproti tomu ve vyprahlé aridní půdě dochází k akumulaci síranů srážením. Obsah v těchto půdách se zvyšuje vlivem bohatých podzemních vod nebo v důsledku zavlažování a postřiků. Vlivem toho může docházet k vysrážení sádrovce (Blume a kol., 2002).

3.10.7. Výživa a hnojení brambor

Vysoké nároky na živiny a celkově nižší úrodnost půd bramborařské výrobní oblasti, kde se pěstuje převážná část brambor, naznačují význam hnojení pro dosažení potřebných výnosů a kvality hlíz. Základem úspěšného pěstování brambor je přiměřené hnojení kvalitními stájovými hnojivy. Je to dáno nejen jejich nároky, ale také tím, že brambory se pěstují zejména na lehčích půdách, kde je rychlejší mineralizace organické hmoty v půdě. Nejčastěji se k bramborám hnojí chlévským hnojem v dávce 30 – 35 t/ha již na podzim. Pouze ve vlhkých oblastech a tam, kde je možné užití závlah, lze zaorávat dobře vyztřelý hnůj na jaře. V tomto období je však lepší aplikace kompostů nebo kompostovaného hnoje. Brambory dobře snášejí kyselejší půdní reakci, a proto se k nim přímo nevápňují. Většina půd, na kterých se brambory pěstují, má optimální hodnotu pH v oblasti 5,5 – 6, což naznačuje, že potřeba vápnění je zde jen při silném poklesu pH. Po vápnění a spolupůsobení dalších faktorů (hnojení čerstvým nevyztřelým hnojem, pěstování náchylnějších odrůd) hrozí zvýšení výskytu strupovitosti hlíz (Vaněk a kol., 2007). Brambory přijmou během své vegetace celkem v průměru na výnos 10 tun hlíz spolu s nadzemní hmotou a kořeny 40 – 50 kg N, 9 kg P, 70 kg K, 22 kg Ca a 9 kg Mg (Čepl a Kasal, 2006).

3.10.7.1. Statková hnojiva

Používání statkových hnojiv má nezastupitelnou roli v přívodu organických látek a živin do půdy a tím i v udržování a zvyšování půdní úrodnosti. Brambory patří mezi rostliny pěstované obvykle v tzv. „první trati“, to znamená, že se k nim aplikují statková hnojiva, jejichž pozitivního působení využívají plodiny pěstované v rámci celého osevního sledu. Není to však pravidlo, brambory, stejně jako ostatní plodiny, nejlépe dokážou využít statková hnojiva v „druhé trati“. Hnojení brambor může mít různou podobu, i když standardem je vyztřelý chlévský hnůj. K dalším organickým hnojivům patří i zelené hnojení, stájová hnojiva různých druhů (hnůj, kejda) a komposty (Čepl, 2005).

Jestliže produkované množství organických látek v živočišné výrobě kryje potřebu půdy, není třeba žádných změn daného systému. V případě, že množství vyprodukovaných organických hnojiv nekryje potřebu půdy, je nutno provést některou z těchto možností:

- změnu zastoupení plodin,
- nákup organických hnojiv mimo zemědělský podnik,
- zaorávku slámy, zařazení zeleného hnojení (Balík,1993).

3.10.7.2. Dusík, fosfor, draslík, hořčík

Dusík má přímý vliv na výnosy a kvalitu brambor. Se zvyšující se dávkou klesá jeho účinnost. To znamená, že v rámci nízkých dávek N na hektar (50 kg N/ha) připadá na 1 kg dusíku přírůstek kolem 100 – 120 kg hlíz, ale u dávek nad 120 kg N/ha již jenom 20 – 30 kg hlíz. U velmi vysokých dávek dochází k výnosové depresi, ale je obtížné určit přesnou hranici. Vysoké dávky nad 150 kg N/ha negativně ovlivňují životní prostředí a kontaminují spodní vody. Zvyšující se dávky dusíku snižují obsah sušiny, škrobu a zhoršují chuť hlíz po uvaření. Existuje i nebezpečí zvýšeného obsahu dusičnanů v hlízách. Je to však více záležitost průběhu počasí v ročníku a délky vegetační doby jednotlivých odrůd brambor.

Fosfor má pro rostliny významné postavení v biochemických reakcích a v přenosu energie. Brambory mají střední schopnost příjmu P z půdního roztoku. Příjem fosforu rostlinami je výrazně ovlivňován půdní reakcí (optimum 6,0) a dostatkem organických látek v půdě (při vyšším obsahu organické hmoty se snižuje objem chemicky vázaného fosforu). Jedná – li se o vyšší dávky P jako důsledek jeho nízkého obsahu v půdě, nebo jde – li o pozemky s nižším pH (méně než 5,0), je účelné použít na podzim spolu s organickým hnojením hnojiva s pomalejším uvolňováním méně rozpustného fosforu typu Hyperkorn a ta pak na jaře doplnit nižší dávkou superfosfátu.

Draslík má výrazný vliv na základní funkce rostliny (transport látek, hospodaření s vodou, aktivitu enzymů, kvalitu škrobu, kvalitu hlíz apod.). Brambory mají střední nároky na množství K v půdě, i když ho z půdy odčerpávají v poměrně velkém množství. Při nízké zásobě K v půdě lze použít doporučenou dávku draslíku zpravidla v draselné soli na podzim. Pozor se však musí dát na jarní aplikace draselné soli (KCl), protože vyšší dávky chloru mohou mít negativní vliv na obsah a kvalitu škrobu.

Hořčík má i u brambor významné postavení v procesu fotosyntézy, aktivaci enzymů a syntézy bílkovin. Brambory jsou na nedostatek Mg citlivé a setkáváme se poměrně často s projevy nedostatku ve formě chloróz. Foliární aplikace roztoku Mg ve vegetaci zpravidla již

nic nevyřeší, takže je důležité dbát na optimalizaci zásoby přístupného Mg v půdě a na poměr K : Mg v půdě. Rostliny brambor mají samozřejmě své požadavky na úroveň výživy P, K, Mg i Ca, ale lze konstatovat, že v podmínkách dobré zásoby těchto živin v půdě a při jejich harmonickém poměru P:K (1:1,27), nijak významně na přímé hnojení nereagují (Vokál a kol., 2004).

3.10.8. Foliární aplikace živin

Rostliny potřebují minimálně 16 živin pro svůj růst a vývoj. Tři z nich jsou uhlík, vodík a kyslík, získané z atmosféry a z půdního roztoku. Jsou – li udržovány příznivé podmínky v půdě, není s obsahem těchto živin ve výživě rostlin problém. Pokud však některý z ostatních 13 živin, dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra, železo, bór, měď, mangan, molybden, zinek či chlór je v deficitu nebo je jeho obsah nedostatečný, musí být dodán rostlině jinou cestou. Touto cestou je aplikace živin na půdu nebo na listy rostlin. Aplikace na listy je známá též pod pojmem foliární aplikace (McCall, 1980). Mimokořenovou výživu je nutno chápat jako doplněk výživy přijímané rostlinou kořeny. Princip příjmu živin listy je dosti podobný jako u kořenů. Zásadní rozdíl spočívá v tom, že vnější stěna listu je pokryta kutikulou a vrstvou epikutikulárních vosků, které jsou často typicky strukturovány. Tyto vosky jsou vylučovány empidermálními buňkami a skládají se z dlouhých řetězců alkoholů, ketonů a esterů vyšších mastných kyselin. Vosky se také vyskytují v kutinové vrstvě. Průnik nízkomolekulárních a rozpustných látek (cukrů, minerálních živin) je umožněn v důsledku hydrofilních pórů v kutikule. Průměr těchto pórů je menší než 1 nm a jejich hustota činí kolem 10^{10} na cm^2 . Těmito póry dobře prostupují takové látky, jako je např. močovina (průměr 0,44 nm), ale ne velké molekuly, jako jsou syntetické chaláty. Buňky v listu, obdobně jako buňky v kořenech, přijímají minerální prvky z apoplastu. Přitom je příjem ovlivněn takovými vnějšími faktory, jako jsou koncentrace iontů, jejich mocenství, teplota a vnitřními faktory, jako je metabolická aktivita. Vliv koncentrace roztoku je u foliární aplikace mnohem nižší než u kořenové výživy, což je dáno izolačním působením kutikuly. Příjem živin z povrchu listu lze rozdělit do několika navzájem souvisejících fází:

- Ulpění foliárního roztoku na povrchu listu.
- Průnik vnější epidermální buněčnou stěnou do apoplastu listu. Mezibuněčné prostory a buněčné stěny tvoří cca 3 – 5 % z celkového objemu listu.

- Příjem živin buňkami listových pletiv. Příjem látek a živin přes plasmalemu se uskutečňuje v zásadě dvěma principy: I. spotřebovává se energie na činnost přenašečů (aktivní proces), II. ve směru elektrochemického gradientu bez nároků na energii (pasivní proces).
- Translokace živin v listu do dalších orgánů rostliny. Významným faktorem ovlivňujícím využití živin je jejich pohyblivost ve floému. Mobilní živiny ve floému (N, P, K, Mg, S) jsou transportovány v rámci listu a dále jejich vysoký podíl může být také translokován do rostoucích nebo zásobních orgánů rostliny. Na druhé straně prvky s nízkou mobilitou (Ca, Mn) jsou distribuovány především od místa průniku k vrcholu listu.
- Přenos na dlouhé vzdálenosti xylémem a floémem ve spojenci stonku a listu a transport xylém/floém procházející stěnami transportní buňky (Balík a kol., 2006).

Využití některých živin u foliární aplikace je různá. Například u foliární aplikace dusíku se udává využití této živiny mezi 70 až 80 %, tedy zhruba dvojnásobné oproti aplikaci do půdy. Při mimokořenové výživě je však nutné brát v úvahu to, že jen část aplikovaného roztoku ulpí na povrchu rostlin. Závisí na celkové ploše povrchu rostlin a je zřejmé, že u mladších rostlin, zvláště s úzkými listy je množství aplikované látky zachycené na rostlinách nízké. Pohybuje se jen v hodnotách několika desítek procent. Proto skutečné využití dusíku z aplikované dávky je podstatně nižší (Vaněk a kol., 2006).

Předností mimokořenové aplikace je, že jsou vyloučeny nežádoucí chemické vazby v roztoku, které při aplikaci živin do půdy by mohly výrazně ovlivnit jejich přijatelnost, a tím i účinnost dodaných živin. Aplikaci je možné také spojit (zvláště u dusíkatých hnojiv) s ošetřením porostu fungicidy a morforegulátory. Moderní listová hnojiva obsahují speciální aditiva, která výrazně zlepšují přilnavost postřikové jíchy k povrchu listů, současně se tím zvyšuje i rovnoměrnost pokrytí listové plochy. I po zaschnutí postřiku na listech umožní tato aditiva čerpání živin z tenké vrstvičky filmu, čímž se prodlužuje doba, po kterou jsou živiny pro rostliny přístupné, a tak se zvyšuje efektivita využití těchto hnojiv (Čermák, 2006).

3.10.9. Huminové látky ve výživě rostlin

Huminové látky jsou nejrozšířenější organické sloučeniny v přírodě. Množství uhlíku vázaného v huminových kyselinách obsažených v půdě, rašelině a uhlí je téměř čtyřikrát vyšší než obsah uhlíku vázaný v organických látkách veškerých rostlin a živočichů na světě. Huminové látky tvoří specifickou skupinu vysoce molekulárních, tmavě zbarvených hmot vzniklých v důsledku rozkladu organických zbytků v zemi syntézou produktů rozkladu a tlení odumřelých rostlinných pletiv a živočišných tkání, tedy z procesu jejich humifikace. Huminové látky nejsou však pouhým odpadem z rozkladu životních funkcí, jsou přírodním produktem současného vývoje nerostných a biologických látek po celou historii země (Tugarinov a kol., 2008). Jejich dnešní využití je ovlivněno i tím, že ubývá statkových hnojiv dodávaných do půdy. Při snížení objemu živočišné výroby musejí zemědělci hledat nové alternativní zdroje plnohodnotného organického hnojiva, jakým je chlévský hnůj. Náhradním zdrojem organických hnojiv by mohly být vedle městských a průmyslových odpadů i přírodní zdroje, jako jsou oxyhumolit, rašelina či níže zmiňovaný preparát Lignohumát (Poláková, 2007). Obsah organické hmoty v půdě měříme většinou jako obsah uhlíku. V současné době neexistuje jediná všeobecně akceptovaná metodika pro stanovení organické hmoty z půdy, i když je známo, že množství a kvalita extrahované organické hmoty je ovlivňována objemem extrakčního činidla, teplotou, dobou extrakce i složením extrakčního činidla. Nejčastěji používanými extraktanty jsou demineralizovaná voda nebo roztok CaCl_2 a K_2SO_4 (Pospíšilová a Drápelová, 2011).

Dosavadní výsledky vývoje a výzkumu potvrdily velký a mnohostranný vliv huminových látek na úrodnost půdy, příznivý vliv na rostliny, zdravotní stav, odolnost proti stresům, příjem živin a na výnosy. Intenzivním využíváním zemědělské půdy dochází k vyčerpání přírodního půdního potenciálu – tedy úbytku organických látek. Proto se hledaly cesty, jak půdu obohatit huminovými látkami. Průmyslově se začaly huminové látky vyrábět v 70. – 80. letech 20. století a „vyhospodařená“ půda se začala obohacovat huminovými přípravky a rostlina tak měla dostatek huminových látek z půdy. Dnes se huminové přípravky aplikují přímo na rostliny - zejména foliárně (Zedník, 2009).

O humátech se v přirozeném půdním prostředí hovoří také v souvislosti se sorpcí některých fungicidů na strukturu humátů v půdě. Jedním z těchto fungicidů je tebuconazole. Přesto, že je fungicid aplikován na rostliny, může se do půdy dostávat důsledkem srážek či

opadem rostlinného materiálu. Následkem toho může docházet ke znečišťování povrchových či spodních vod a taktéž k ohrožování půdního ekosystému. Jedním z klíčových procesů, které ovlivňují pohyb a chování fungicidů v půdním profilu, je sorpce. Tebuconazole je detekován hlavně v horních vrstvách půdy (0 – 15 cm), a proto by nemělo docházet k jeho průniku do spodních vod. Přesto byla v Německu provedena studie, která měla za cíl popsat sorpci tebuconazolu na humínové kyseliny, které představovaly půdní organickou hmotu, jakožto hlavní komponent, který ovlivňuje sorpci této látky. Většina podobných studií používala tebuconazol ve formě analyticky čisté látky i přesto, že v zemědělství se v této formě nepoužívá. Komerčně se dostupné prostředky, které obsahují účinnou látku tebuconazole, dále obsahují aditiva, která umožňují snadnější aplikaci fungicidu, zvyšují jeho efektivitu a zabraňují případné krystalizaci fungicidu. Studie nakonec potvrdila důležitou roli půdní organické hmoty, která byla zastoupena huminovými kyselinami, na sorpci tebuconazolu v půdě. Aditiva v komerčně dostupném přípravku (převážně N, N – dimethyldekanamid) lehce ovlivnila mechanismus sorpce, ale nijak výrazně neovlivnila míru sorpce tebuconazole (Čadková a kol., 2011).

Lignohumátové preparáty představují důležitý zdroj organického uhlíku a získávají se z technického lignosulfonátu (odpad při výrobě papíru). Po okyselení sulfitového výluhu lze přidáním dusíku získat tmavohnědý roztok, připomínající roztok půdních huminových látek. Proces oxidačně – hydrolytické destrukce lignosulfonátů je zaměřen na získání komplexu vysokomolekulárních a nízkomolekulárních produktů s nahromaděním určitého obsahu nízkomolekulárních huminových látek rozpustných ve vodě, které se vyznačují zvýšeným obsahem skupin látek obsahujících kyslík, a tudíž mají zvýšenou biologickou aktivitu. Výrobci deklarují 90 % solí huminových kyselin, které jsou minimálně z 50 % zastoupeny nízkomolekulárními látkami. Lignohumátové preparáty slouží především jako aktivátory růstu rostlin a jejich aplikaci v zemědělství by mělo vždy doprovázet kvalitní hnojení (Pospíšilová a Drápelová, 2011). Lignohumát je preparát, u kterého je surovinou pro jeho výrobu dřevo či již zmiňovaný odpad z výroby papíru. Je tedy plně přírodním přípravkem. Tento preparát je na rozdíl od výrobků z uhlí nebo rašeliny velmi dobře rozpustný ve vodě. Tím pádem se lépe dostává i do půdy a jeho přínos je výraznější než u výrobků ze zmiňovaných fosilních paliv (Hezký, 2005).

Lignohumát je možné použít v širokém spektru plodin. Nachází uplatnění při pěstování: obilnin, kukuřice, máku, kmínu, lnu, brambor, řepky, cukrovky, trav na semeno aj.

Lignohumát lze použít i při kompostování nebo kultivaci půdy. Lignohumát a jeho formy patří k nejnovější generaci huminových preparátů. Obsahuje jak vysokomolekulární, tak nízkomolekulární část spektra a je plně rozpustný. Základní surovinou pro jeho výrobu je dřevo, které je upravováno bezodpadovou technologií, jež urychluje proces humifikace a ve výsledném produktu zachovává všechny látky, vznikající během procesu.

Tento pomocný rostlinný přípravek obsahuje soli huminových kyselin a fulvokyselin, které působí velice kladně na tvorbu buněk. Účinné látky pronikají buněčnou stěnou do buňky, kde aktivují a zrychlují cytoplazmatické proudění (cyklónu). To zabezpečuje výměnu látek uvnitř buňky a mezi buňkami a prostředím. Dochází k rychlejšímu přísunu stavebních látek, buňky lépe rostou a mají pevnější buněčnou stěnu. Po aplikaci přípravku se na povrchu buněčných stěn tvoří více tuků a vosků, rostliny se lesknou, mají zdravější vzhled, jsou odolnější proti okolním vlivům (napadání chorobami, vymrzání apod.). Aplikace zvyšuje také obsah účinných cenných látek (například u brambor obsah škrobu, u bylin obsah silic a vonných látek aj.), výnos a kvalitu sklizně, podporuje látkovou výměnu v rostlinách, v půdě váže těžké kovy a radionuklidy (Kučera, 2006).

Lignohumát má rovněž vliv na účinnost herbicidů, v kombinaci s nimi zvyšuje Lignohumát jejich účinnost (jako stimulant růstu) u celé řady plodin (např. luskovin). V pesticidních pokusech se sójou byly rovněž zařazeny čtyři stimulanty růstu, a to přípravky Lignohumát, Lexin, Sunagreen a Atonik Pro s přídavkem močoviny. Kontrolní variantou byla herbicidní kombinace Escort + Stomp 400 SC (3,0 + 1,0 l/ha),

kteřá byla použita u všech variant se stimulanty. Na základě výsledků měření výkonu fotosyntézy po aplikaci uvedených stimulantů růstu lze konstatovat, že všechny tyto přípravky zvyšovaly výkon fotosystémů rostlin sóji. Nejvyšší výkon fotosyntézy byl zjištěn u přípravků Lexin, následně pak u přípravku Atonik Pro + močovina. Porosty sóji po aplikaci všech uvedených stimulantů jeví ještě v průběhu července (při silně nadprůměrných teplotách okolo 35 °C) známky intenzivní fotosyntézy (Štranc a kol., 2006).

Lignohumát je jediný produkt svého typu, který je vyráběn v řízeném procesu okysličené hydrolytické destrukce z odpadů při zpracování dřeva. Prakticky to znamená, že proces tvorby huminových látek, který v přírodě trvá miliony let, firmy vyrábějící Lignohumát ve své výrobní technologii simulují a zkracují tuto dobu na přibližně 45 minut. Díky skutečnosti, že jsou kontrolovány všechny vstupy, je přípravek ekologický, neobsahuje

žádné škodlivé látky ani těžké kovy a především je chemicky definovatelný a stabilní. Produkt obsahuje pouze nízkomolekulární části huminového spektra, a to fulvokyseliny a soli huminových kyselin (Kasal a Rákos, 2008).

Aplikace Lignohumátu má vliv též na takové rostliny jako je chmel otáčivý. U mladých chmelových rostlin pokusné i kontrolní varianty nebyl po zálivce (v průběhu 9.měsíce a později) zaznamenán žádný dlouhivý růst výhonů (s ohledem na vegetační rytmus chmele, zejména jeho fotoperiodicitu, je tato skutečnost pochopitelná). Rostliny ošěrené roztokem Lignohumátu byly tmavěji zelené než u varianty kontrolní a později (cca o 1 týden) u nich opadávaly listy. Při sklizni bylo zjištěno, že pokusné rostliny vytvořily v průměru o cca 6% mohutnější kořenový systém než rostliny kontrolní. Z orientačního šetření vyplývá, že pokusné rostliny v porovnání s kontrolními rostlinami, při ponechání na přirozeném stanovišti (ve školce) lépe přezimovaly. Rovněž nebyly zaznamenány prakticky žádné ztráty (úhyn) vymrznutím (Štranc a kol., 2005).

Uplatnění přípravku je také u ozimých plodin. Je zřejmé, že zvláště u ozimé pšenice hraje důležitou úlohu v osevních sledech předplodina, jež by měla zanechat dostatečné množství posklizňových zbytků, které při patřičném zpracování působí pozitivně na fyzikální a chemické vlastnosti půdy. V tom případě se doporučuje aplikovat Lignohumát B v množství 2 litry/ha před zapravením zeleného hnojení do půdy. Huminové látky postupně pronikají vrchní vrstvou ornice, napomáhají bakteriím, které rozkládají celulózu a tím příznivě působí na rozklad organické hmoty v půdě. Organický materiál je do zimy dostatečně zpracován a na jaře neodebírání rostlina tolik potřebný dusík. Aplikace Lignohumátu B do půdy také umožňuje rozvoj kořenové soustavy rostlin a to zejména vznik bohatého bočního kořenového vlášení. Je možná i listová aplikace v růstové fázi 4. – 5. listu (fáze - od 14 BBCH – 15 BBCH). Tento zásah v množství 1 litrLignohumátu B/ha celkově posílí zdravotní stav rostliny, zpevní zelené části a to má pozitivní vliv na přezimování. Pokud v této době přistupujete k aplikaci látek k podpoře odnožování u nevyrovnaných a řídkých porostů, je možná společná aplikace s Lignohumátem B – to v konečném důsledku přispívá i k omezování poléhání. Mnohem výhodnější je aplikovat Lignohumát B v případě plánovaného zásahu s dalšími preparáty – třeba společně s jakýmkoli prostředky chemické ochrany rostlin, např. s insekticidy nebo regulátory růstu či fungicidy (Rákos, 2006).

Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze Ruzyni byl testován vliv přípravku Lignohumát AM na obsah nitrátového dusíku v půdě. Hodnocení vlivu Lignohumátu AM na

množství nitrátového dusíku v půdě bylo provedeno na základě výsledků aerobní inkubace třiceti různých půdních vzorků. Přípravek Lignohumát AM posunul rovnováhu procesu imobilizace-nitrifikace N v půdním prostředí ve prospěch imobilizace v převážné většině půd. Ve srovnání s kontrolními půdními vzorky bez aplikace Lignohumátu AM, bylo pouze u dvou vzorků z testovaného souboru půd zaznamenáno průkazné zvýšení hodnot nitrátového dusíku. V patnácti inkubovaných půdách došlo po aplikaci Lignohumátu ke zvýšení obsahu amoniakálního dusíku, u tří půd byly změny obsahu neprůkazné a u ostatních (12) byly naměřeny hodnoty nižší. Získané výsledky naznačují, že testovaný preparát Lignohumát AM je vhodným alternativním zdrojem dostupného uhlíku a jeho využití v zemědělské praxi se ukazuje jako velmi perspektivní. Posunutím rovnováhy imobilizace – nitrifikace dusíku ve prospěch imobilizace lze při jeho aplikaci s minerálními hnojivy lze prodloužit dobu využití dusíku rostlinou a zároveň snížit riziko vyplavování nitrátového dusíku z půdního profilu. Možnost jeho využití by měla být podmíněna dalším důkladným výzkumem jeho vlastností a působením v konkrétních půdních podmínkách (Krejčová, 2008).

Lignohumát je možné využít dokonce i v trávnících. Jednou ze základních podmínek správného vývoje okrasného či sportovního trávníku je dostatečné množství humusu v půdě. Je zřejmé, že použití chlévského hnoje je nemožné a to především z technických důvodů (nemožnost zapravení do půdy), ale také v souvislosti s omezováním živočišné výroby. Avšak i použití chlévského hnoje do nově zakládáných trávníků je velmi složitou otázkou vzhledem k výskytu plevelů. Hledají se tedy varianty, jak dopravit organickou hmotu do trávníku. Jednou z možností je použití preparátů na bázi huminových látek, což jsou látky, které jsou obsaženy právě v přírodním humusu. Přírodní humus obsahuje ve vyváženém poměru obě části huminového spektra – tedy vysokomolekulární huminové kyseliny a také nízkomolekulární fulvokyseliny. Huminové látky plní v půdě akumulární funkci pro vytváření nezbytných zásob živin, regulační funkci pro jejich distribuci v rostlině a ochrannou funkci pro případ dopadu jakéhokoli stresového faktoru na rostlinu. Preparát je vysoce koncentrovaný přípravek, plně rozpustný, neobsahuje žádné balastní částice, je mísitelný s hnojivy, mikroelementy, ale i prostředky chemické ochrany rostlin. V případě Lignohumátu je třeba zmínit jednu z vlastností huminových látek – tedy schopnost vázat na sebe těžké kovy. Toto je důležité například v městských aglomeracích v případě urbánních (antropogenních) zemin, kde výskyt těchto škodlivin přímo musíme předpokládat. Lignohumát zvyšuje odolnost proti náslapu a podporuje regeneraci poškozených rostlin. Aplikace při zakládání a následné péči o trávník zajišťuje zlepšení jeho zdravotní kondice, vytváří

předpoklady pro aktivní rozvoj kořenové soustavy, posiluje pletiva rostlin, zpřístupňuje živiny, zvětšuje listovou plochu a díky zefektivnění průběhu fotosyntézy zvyšuje obsah chlorofylu v listech a zlepšuje i barvu rostliny. (Hrabě, 2006).

4. Materiál a metody

Vliv aplikace přípravku Lignohumát B na výnos a obsah makroprvků u brambor byl sledován v roce 2009, u ozimé pšenice v roce 2010 a u jarního ječmene v roce 2011. Přesný polní pokus byl založen na demonstračním pokusném pozemku České zemědělské univerzity v Praze v Suchdole. Na tomto pozemku jsou v tříhonném osevním sledu pěstovány brambory, pšenice ozimá a ječmen jarní.

Nadmořská výška zde je 286 m n. m. a půdně klimatické podmínky se vyznačují ročními průměrnými srážkami 490 mm, průměrnou roční teplotou 9,1°C, půdním typem je černozem a půdním druhem je hlinitá půda. Jedná se o řepařskou výrobní oblast (ŘVO). Půdní zásobenost živinami byla zjištěna extraktem Mehlich 3 (Mehlich, 1984) v těchto hodnotách: P - 99 mg/kg, K - 114 mg/kg, Mg - 169mg/kg, Ca - 8 703 mg/kg. U P se jedná o dobrou půdní zásobenost, u K se jedná o nižší a u Mg o vyhovující zásobenost. Půdní reakce pH se na tomto stanovišti pohybuje kolem 7,2. Tudíž se jedná o neutrální půdní reakci.

Použita byla rakouská odrůda brambor Lenka, která je od 1.5. 2004 přejmenována na Ditta. Jedná se o konzumní odrůdu, zařazenou do varného typu AB. Hlízy má středně velké, dlouze oválné, s mělkými očky a se žlutou dužninou. Počet hlíz pod jedním trsem má střední až nízký. Jedná se o odrůdu rezistentní k hád'átku bramborovému patotypu Ro1 a rakovině brambor. Hlízy jsou odolné mechanickému poškození. Distributorem v ČR je Oseva, Agro Brno, spol. s r.o. sídlící v Brně.

U ozimé pšenice pak byla použita odrůda Alana. Jedná se o odrůdu s pekárenskou jakostí A. Je to odrůda splňující požadavky pro výkup kvalitní potravinářské pšenice. Tato odrůda je právně chráněna pod firmou Selgen sídlící ve Stupicích.

U jarního ječmene byla zasetá odrůda Calgary. Je to sladovnická odrůda vhodná pro výrobu prémiových českých ležáků. Patří mezi nejvýnosnější odrůdy jarního ječmene. I tato odrůda je právně chráněna pod firmou Selgen sídlící ve Stupicích.

Na pokusných parcelkách o rozměrech 55 m² bylo založeno 6 variant ve 4 opakováních. S nehnojenou variantou (kontrola) bylo porovnáváno 5 různých variant hnojení. Jednalo se o různé kombinace Lignohumátu B (LH) a hnojení dusíkem ve formě ledku amonného s vápencem (LAV – 27% N). Přesné schéma variant je znázorněno v tabulce III.

Tab. III. Schéma variant hnojení

Brambory			
Varianta	1. aplikace	2. aplikace	3. aplikace
1	Kontrola	kontrola	kontrola
2	LH (4,5 l/ha)	LH (4,5 l/ha)	LH (4,5 l/ha)
3	120 kg N/ha	\	\
4	120 kg N/ha + LH (4,5 l/ha)	LH (4,5 l/ha)	LH (4,5 l/ha)
5	LH (1,14 l/ha)	LH (1,14 l/ha)	LH (1,14 l/ha)
6	120 kg N/ha + LH (1,14 l/ha)	LH (1,14 l/ha)	LH (1,14 l/ha)
Ozimá pšenice			
1	Kontrola	\	\
2	LH (4,5 l/ha)	\	\
3	140 kg N/ha	\	\
4	140 kg N/ha + LH (4,5 l/ha)	\	\
5	LH (1,14 l/ha)	\	\
6	140 kg N/ha + LH (1,14 l/ha)	\	\
Jarní ječmen			
1	Kontrola	\	\
2	LH (4,5 l/ha)	\	\
3	70 kg N/ha	\	\
4	70 kg N/ha + LH (4,5 l/ha)	\	\
5	LH (1,14 l/ha)	\	\
6	70 kg N/ha + LH (1,14 l/ha)	\	\

LH – přípravek Lignohumát B

Všechny aplikace Lignohumátu B byly provedeny foliárně, tedy na list, a to v následujících vývojových fázích bramboru: růst do délky – růst do výšky, zapojení (uzavírání) porostu, přechodná fáze tvorby pupat a počátkem kvetení – BBCH 32, 42 a 59.

Jednotlivé termíny provedených činností jsou znázorněny v tabulce IV. Aplikace byly tedy provedeny v období největšího růstu biomasy a počátku růstu hlíz.

U ozimé pšenice a jarního ječmene byla provedena dle doporučení výrobce pouze jedna aplikace LH, a to v těchto vývojových fázích: pšenice BBCH 29 a ječmen také BBCH 29 (tab. IV.).

Tab. IV. Termíny provedených činností

Provedená činnost	Datum (fenologická fáze)
Brambory (2009)	
1. aplikace LH + odběr vzorků nadz. hmoty	5.6. (růst do délky – růst do výšky)
aplikace LAV (120 kg N/ha) na hnojené var.	5.6. (růst do délky – růst do výšky)
2. aplikace LH + odběr vzorků nadz. hmoty	16.6. (zapojení porostu)
3. aplikace LH + odběr vzorků nadz. hmoty	25.6. (tvorba pupat až počátek kvetení)
sklizeň + odběr vzorků hlíz	8.9. (plná zralost)
Ozimá pšenice (2010)	
aplikace LAV (70 kg N/ha) na hnojené var.	18.3.
aplikace LH + odběr vzorků nadz. hmoty	15.4. (odnožování / začátek sloupkování)
aplikace LAV (70 kg N/ha) na hnojené var.	15.4.
odběr vzorků nadz. hmoty	15.6.
sklizeň + odběr vzorků zrna a slámy	2.8.
Jarní ječmen (2011)	
aplikace LAV (70 kg N/ha) na hnojené var.	15.3.
aplikace LH + odběr vzorků nadz. hmoty	16.4. (odnožování)
odběr vzorků nadz. hmoty	14.6.
sklizeň + odběr vzorků zrna a slámy	3.8.

Před aplikacemi LH byly z každé parcelky odebírány vzorky nadzemní hmoty. Tyto vzorky byly dále v laboratoři zváženy a usušeny při teplotě 60 °C. Z rozdílu mezi čerstvou a suchou hmotou byl stanoven obsah sušiny. Vzorky byly dále rozemlety a analyzovány na obsah makroprvků. Tato analýza probíhala u brambor v rámci mikrovláknového rozkladu. U pšenice a ječmene probíhala analýza na suché cestě. Měření obsahu P proběhlo na přístroji ICP - OES (optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem). Měření obsahu K, Ca a Mg proběhlo na přístroji AAS (atomová absorpční spektrofotometrie). Měření obsahu N bylo provedeno destilačně dle Kjeldahla na přístroji Gerhard Vapodest 50s.

Při sklizni brambor byl proveden odběr vzorků hlíz, které byly zpracovány stejným způsobem jako nadzemní hmota. Při sklizni pšenice a ječmene byl proveden odběr zrna a slámy. Tyto odebrané vzorky byly taktéž zpracovány stejným způsobem jako nadzemní hmota. Stejnou metodou byl zjišťován i obsah makroprvků. Při sklizni byl zjišťován také výnos hlíz bramboru na základě zvážení celkové hmotnosti hlíz z jednotlivých parcelek. Stejným principem byl zjištěn výnos zrna a slámy u pšenice a ječmene.

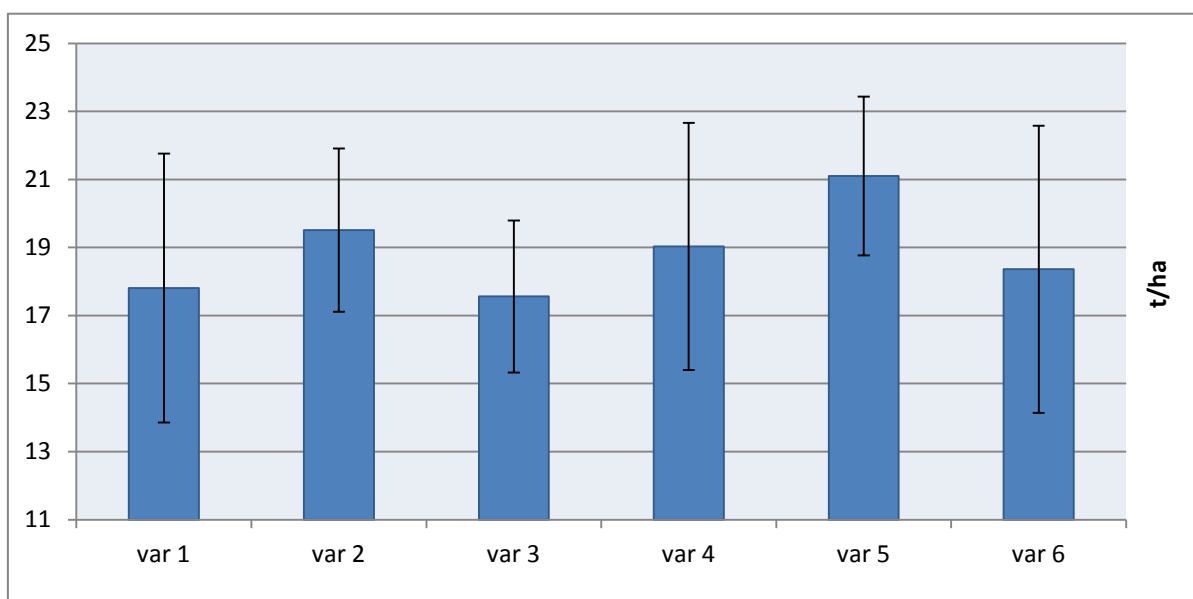
Sklizeň brambor byla realizována za pomoci traktoru v agregaci s vyorávačem brambor. Sběr byl proveden ručně ihned po vyorání. U pšenice a ječmene byla sklizeň realizována maloparcelkovou sklízecí mlátičkou. Pro statistické vyhodnocení byl využit statistický software SAS (1998) a Excel (2003 a 2007).

5. Výsledky

5.1. Brambory

Výnosy byly stanoveny od 17,5 t/ha do 21,1 t/ha. Získaný soubor hodnot nesplňoval na základě popisných charakteristik normalitu rozdělení, a proto nebyla pro další hodnocení využita analýza variance, ale pouze základní popisné charakteristiky. Nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty číslo 3, kde byl aplikován pouze dusík. Podobných výsledků bylo dosaženo i u nehnojené kontrolní varianty a u varianty 6. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty 5 s doporučeným dávkováním Lignohumátu B a aplikací 120 kg N/ha.

Graf 1: Průměrné výnosy hlíz brambor



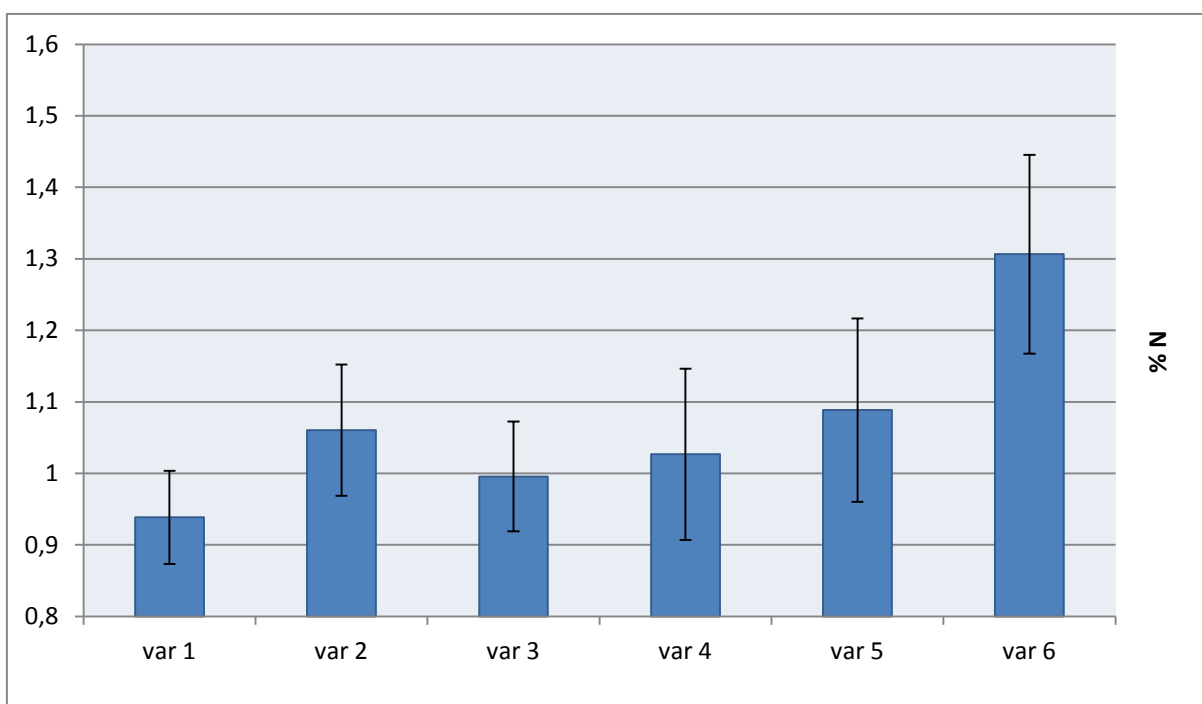
Průměrné hodnoty obsahu sušiny byly ve všech odběrech stanoveny mezi 10 % a 12 % bez ohledu na variantu hnojení. Nejvyšších obsahů sušiny bylo dosaženo vždy při druhém odběru. Nejvyšší obsah sušiny v nadzemní hmotě byl vždy zaznamenán u varianty číslo 3 hnojené pouze N a to především ve vzorcích z druhého odběru, kde rostliny již stagnovaly v intenzitě růstu. Podobných hodnot bylo dosaženo i u varianty 4, tzn. varianta hnojená dusíkem i Lignohumátem B. Obsahy sušiny v hlízách se pohybovaly v rozmezí 22,2 – 24,1%.

Nejvyšší naměřené hodnoty obsahu N v sušině nadzemní hmoty byly stanoveny všeobecně u vzorků z prvního odběru. U vzorků z druhého a třetího odběru tyto hodnoty poklesly a stagnovaly. U prvního odběru byla změřena nejvyšší hodnota (4,40 %) u varianty číslo 4, nejnižší hodnota byla naopak stanovena u variant 5 a 6. U druhého odběru byl opět stanoven nejvyšší obsah dusíku u varianty hnojené N a Lignohumátem B (var. 4). Nejnižší obsah N byl naproti tomu naměřen u kontrolní nehnojené varianty. Podobných výsledků bylo dosaženo i u třetího odběru. Z toho lze usuzovat, že aplikace Lignohumátu B společně s hnojením 120 kg N/ha měla pozitivní vliv na obsah dusíku v nadzemní hmotě brambor.

Obsahy dusíku v hlízách jsou znázorněny v grafu 2. Dosažené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,95 – 1,31% N. Nejvyšší obsah dusíku v hlízách brambor (1,31 %) byl stanoven u

variant hnojených Lignohumátem v běžné dávce (var. 6). Nejnižší hodnota byla dosažena u kontrolní varianty. Je tedy pravděpodobné, že doporučená dávka Lignohumátu B měla spolu s aplikací 120 kg N/ha vliv na akumulaci dusíku v hlízách brambor. Tyto hodnoty jsou vyjádřeny v grafu 2. Hodnoty obsahu N v hlízách mezi variantou 6 a kontrolou jsou statisticky průkazné. Statisticky průkazný rozdíl byl zaznamenán i mezi variantou 3 (120 kg N/ha bez Lignohumátu) a 6 (120 kg N/ha a doporučená dávka LH).

Graf 2: Obsah dusíku (v %) v hlízách brambor

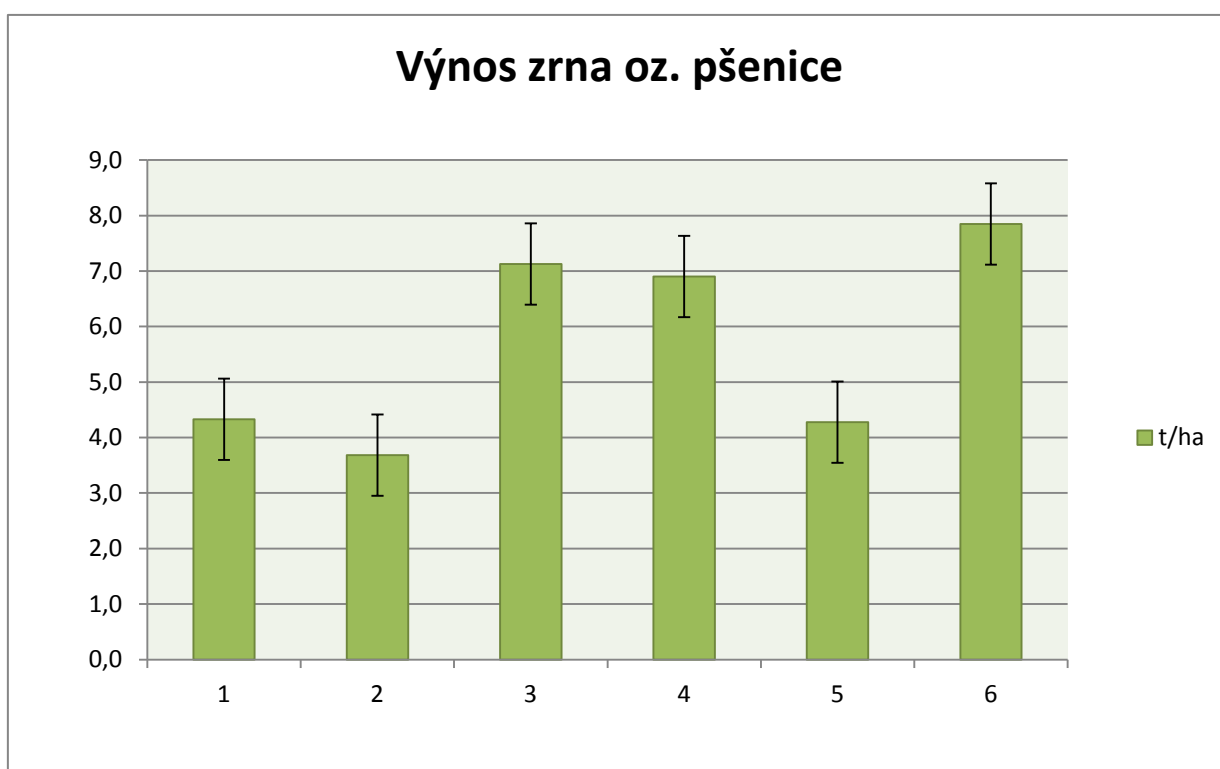


V sušině vzorků nadzemní hmoty a hlíz brambor byl rovněž sledován obsah vybraných makroprvků (P, K, Ca, Mg). V nadzemní hmotě byl u uvedených prvků dosažen téměř shodný obsah bez ohledu na variantu hnojení a termín odběru. Z vyrovnaných hodnot lze tedy usuzovat, že zvolené dávky Lignohumátu a dusíku nepodpořily příjem ostatních sledovaných prvků nadzemní hmotou brambor. Průměrný obsah fosforu v nadzemní hmotě činil 0,17 %, obsah draslíku 2,68 % a obsah vápníku a hořčíku 1,71%, respektive 0,28%. Ve vzorcích hlíz byl stanoven obsah fosforu 0,50 %, draslíku 3,71 %, vápníku 1,31% a hořčíku 0,23 %.

5.2. Ozimá pšenice

Výnosy zrna pšenice byly stanoveny od 3,7 t/ha do 7,8 t/ha. Nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty číslo 2, kde byl aplikován pouze Lignohumát B ve zvýšené dávce. Podobných výsledků bylo dosaženo i u nehnojené kontrolní varianty a u varianty 5. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty 6 s doporučeným dávkováním Lignohumátu B a 140 kg N/ha. Z pohledu výnosu zrna se tedy jednalo o nejefektivnější variantu. Podobných výsledků dosahovali i varianty 3 a 4, tzn. varianta hnojená pouze N a varianta hnojená dusíkem a s aplikací zvýšené dávky Lignohumátu B. Hodnoty výnosů u jednotlivých variant jsou znázorněny v grafu 3. Rozdíly mezi sledovanými variantami byly statisticky průkazné.

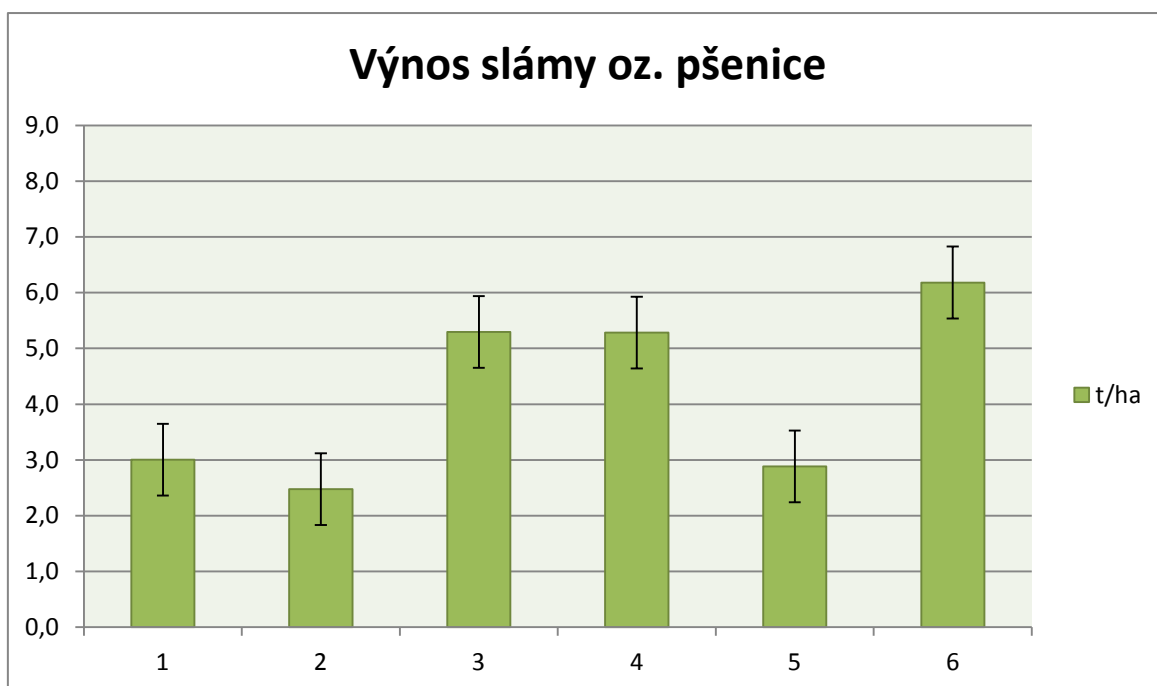
Graf 3: Výnos zrna ozimé pšenice



Výnosy slámy pšenice měly podobnou tendenci jako výnosy zrna. Stanoveny byly od 2,5 t/ha do 6,2 t/ha. Nejnižšího výnosu bylo dosaženo u varianty 2 a nejvyššího výnosu u varianty 6. Hodnoty výnosů u jednotlivých variant jsou znázorněny v grafu 4. Z grafu je

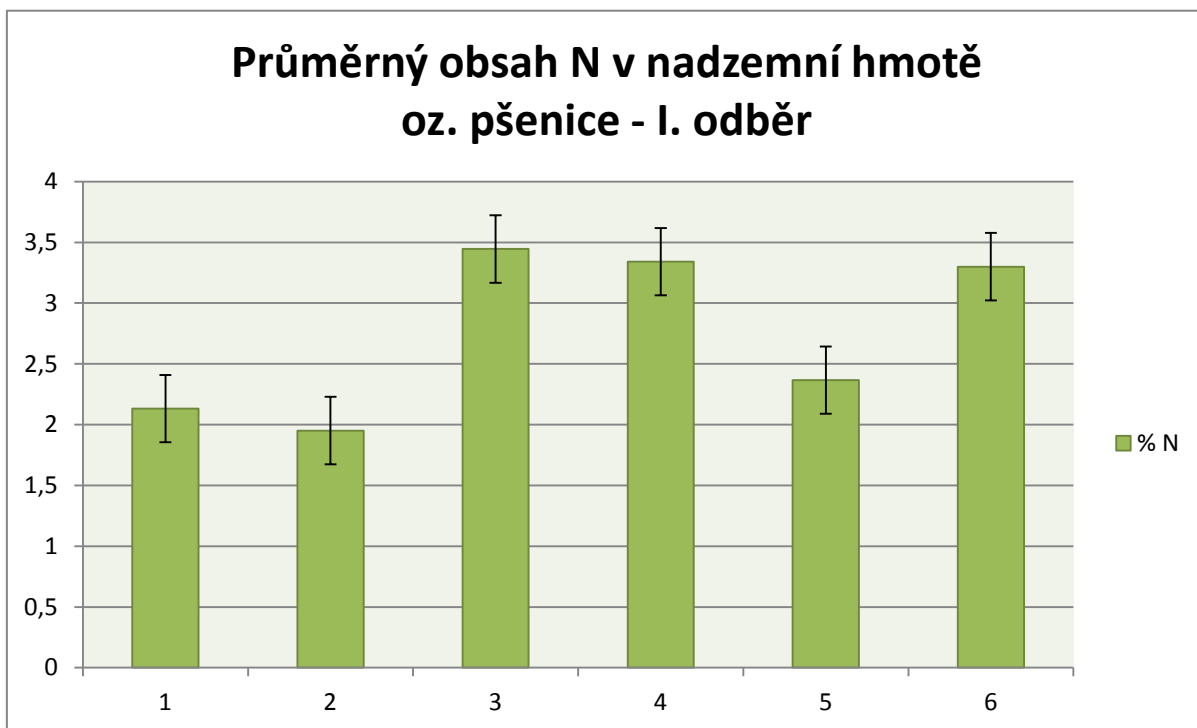
patrné, že rozdíly mezi sledovanými variantami byly statisticky průkazné stejně jako u výnosu zrna.

Graf 4: Výnos slámy ozimé pšenice

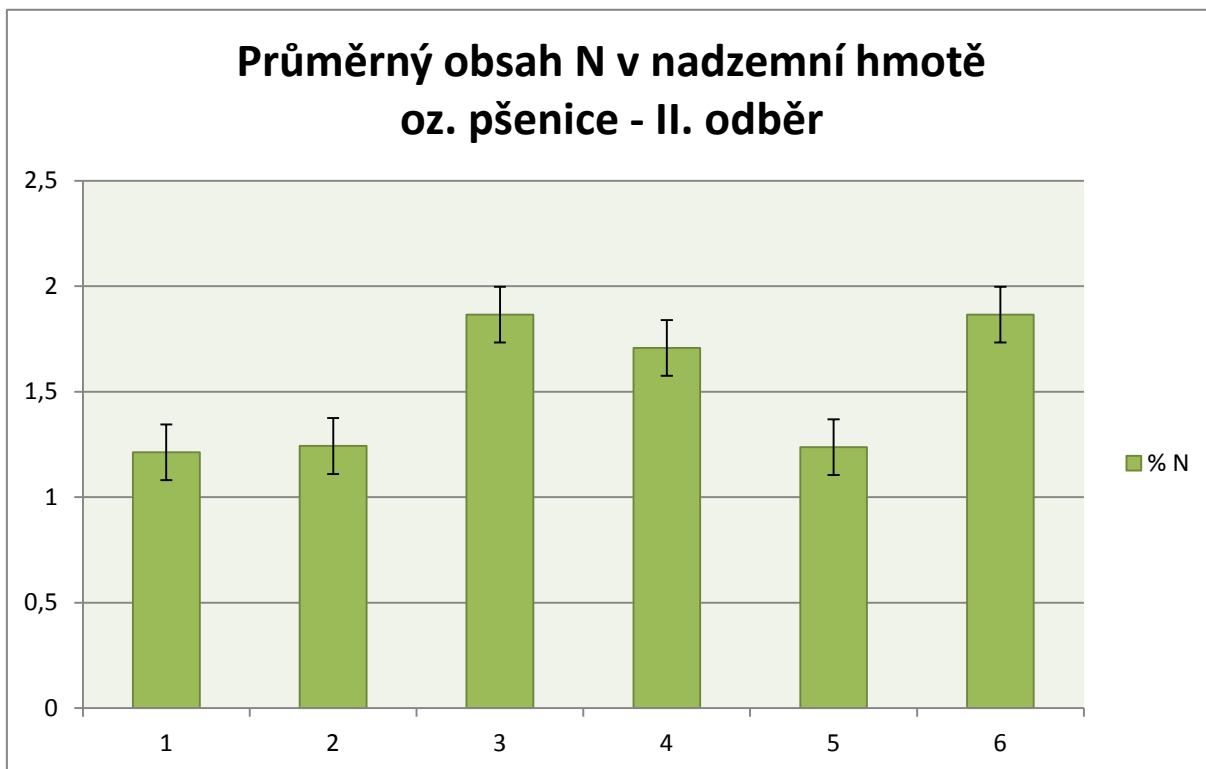


Nejvyšší naměřené hodnoty obsahu N v sušině nadzemní hmoty v I. odběru byly stanoveny u variant 3 (140 kg N/ha), 4 (140 kg N/ha + zvýšená dávka Lignohumátu B) a 6 (140 kg N/ha + běžná dávka Lignohumátu B) (Graf 5). U vzorků z II. odběru byly stanoveny vzhledem k vývojové fázi nižší obsahy N než u I. odběru. Nejvyšší obsah v nadzemní hmotě II. odběru byl stanoven u varianty 3 a 6 (1,9 %). Nejnižší obsah N byl stanoven u kontrolní varianty 1 (1,21 %) (graf 6). Rozdíly mezi variantami 3 a 6 a variantou 1 jsou statisticky průkazné.

Graf 5: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě – I. odběr

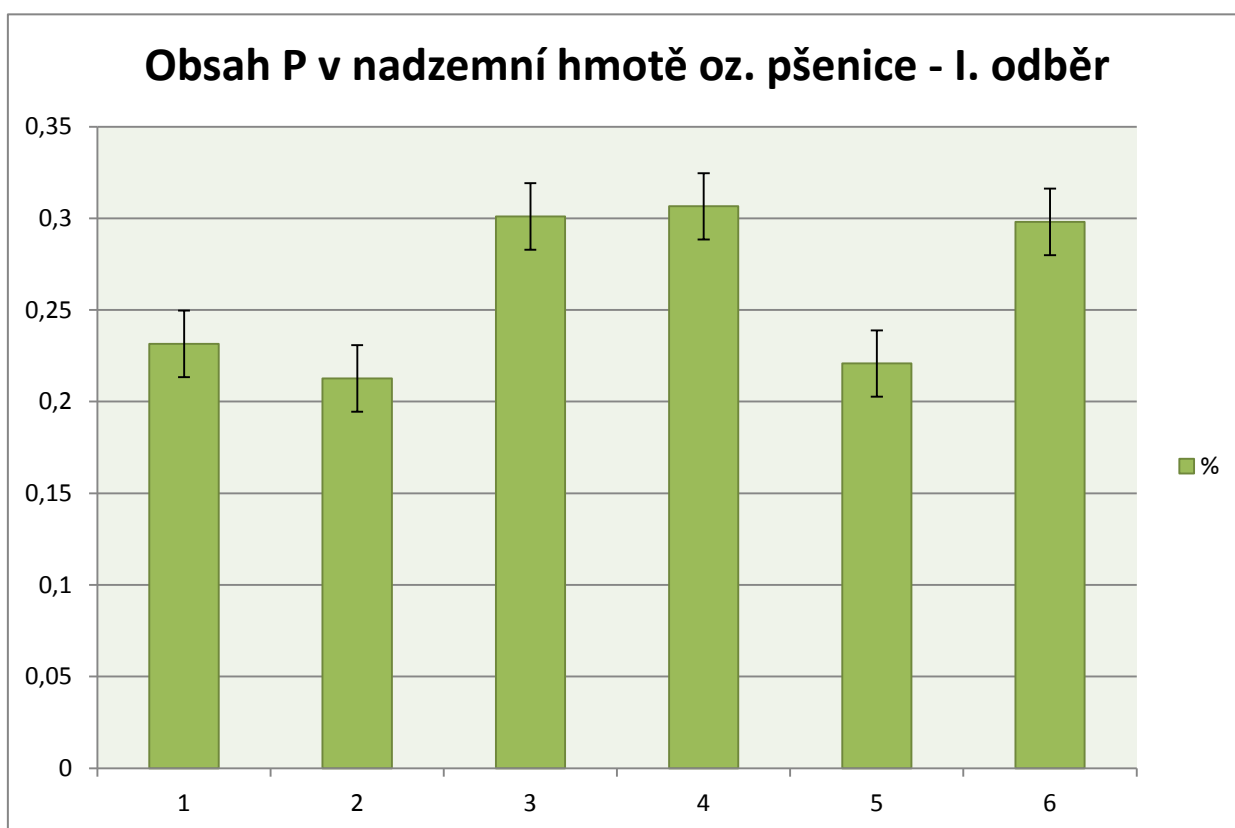


Graf 6: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě – II. odběr

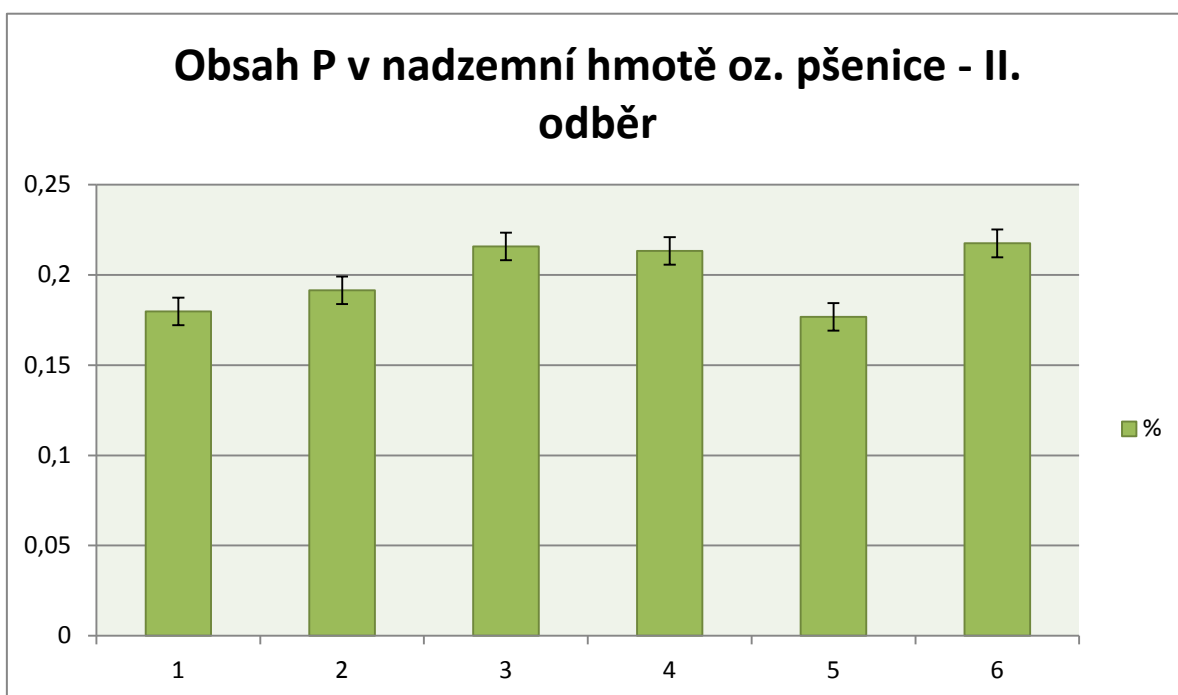


Ve vzorcích obou odběrů byly stanoveny také obsahy P, K, Ca a Mg. U prvního odběru jsou statisticky nejvíce průkazné rozdíly u obsahu P v nadzemní hmotě. Nejvyšší obsah P v I. odběru byl stanoven 0,30 % u variant 3, 4 a u varianty 6 (0,29 %) (graf 7), stejně jako u obsahu N. Nejnižší u vzorků 2 (0,21 %) a 5 (0,22 %). U vzorků druhého odběru byl nejvyšší obsah P stanoven u varianty 6 (0,22 %). Nejnižší hodnoty obsahu P byly stanoveny u kontrolní varianty 1 (0,17 %) a u varianty 5 (0,17 %) Statistiky průkazné rozdíly zde jsou mezi variantami 6 a 1, 5. Obsahy ostatních makroprvků nebyly statisticky průkazné. Nejsou tedy uváděny v grafech.

Graf 7: Obsah P v nadzemní hmotě oz. pšenice – I. odběr

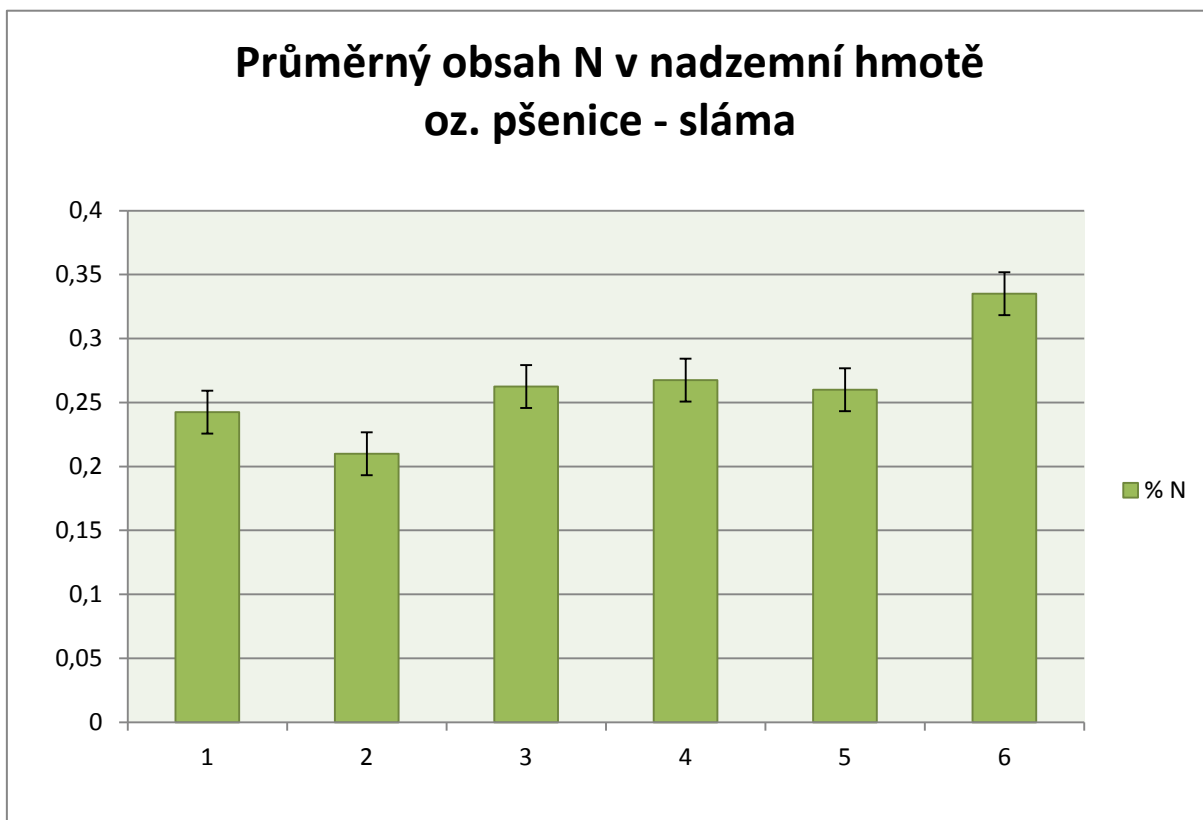


Graf 8: Obsah P v nadzemní hmotě oz. pšenice – II. odběr

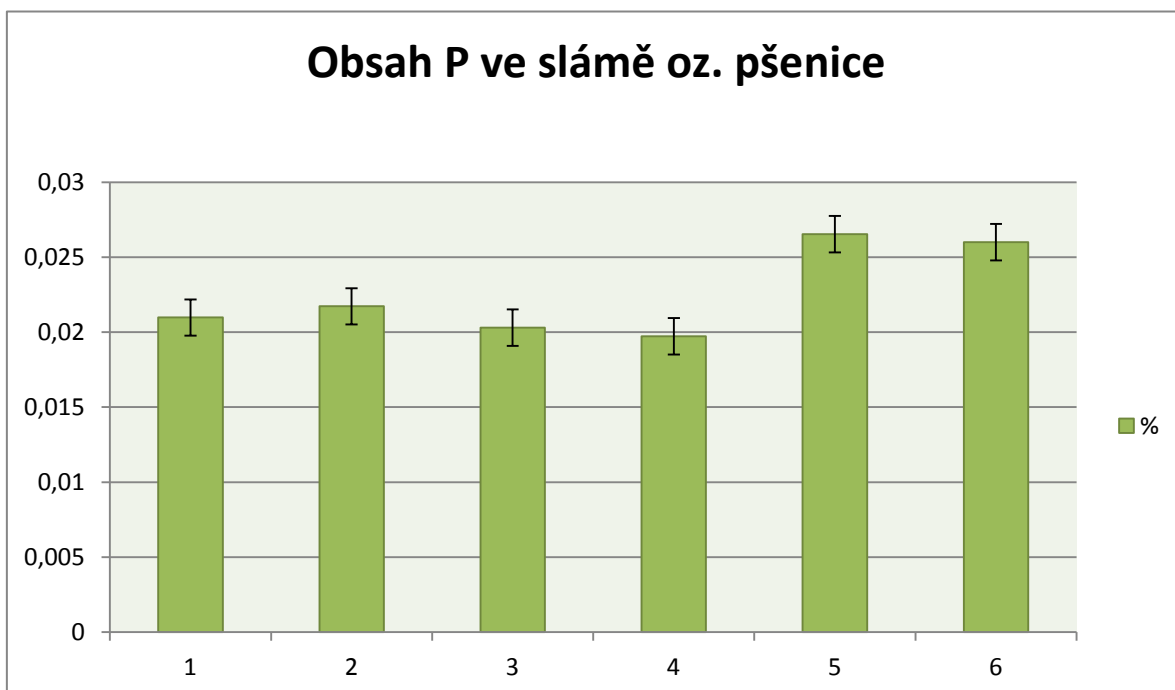


Průměrné obsahy N v pšeničné slámě jsou znázorněny v grafu 9. Nejvyšší hodnota byla stanovena u varianty 6 (0,33 %) a nejnižší u varianty 2 (0,21 %). Rozdíly mezi těmito variantami jsou statisticky průkazné. Obsah P ve vzorcích slámy byl nejvyšší u variant 5 a 6. Rozdíly mezi těmito dvěma variantami a ostatními jsou statisticky průkazné.

Graf 9: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě oz. pšenice – sláma

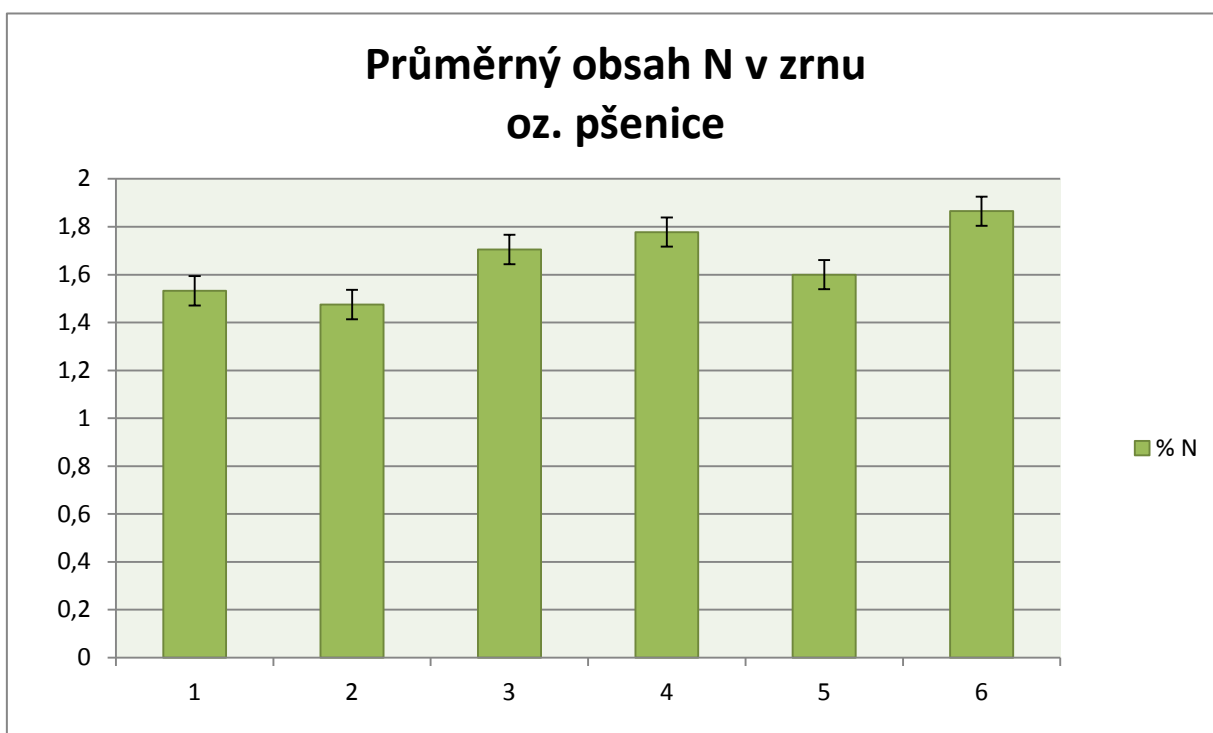


Graf 10: Obsah P ve slámě oz. pšenice

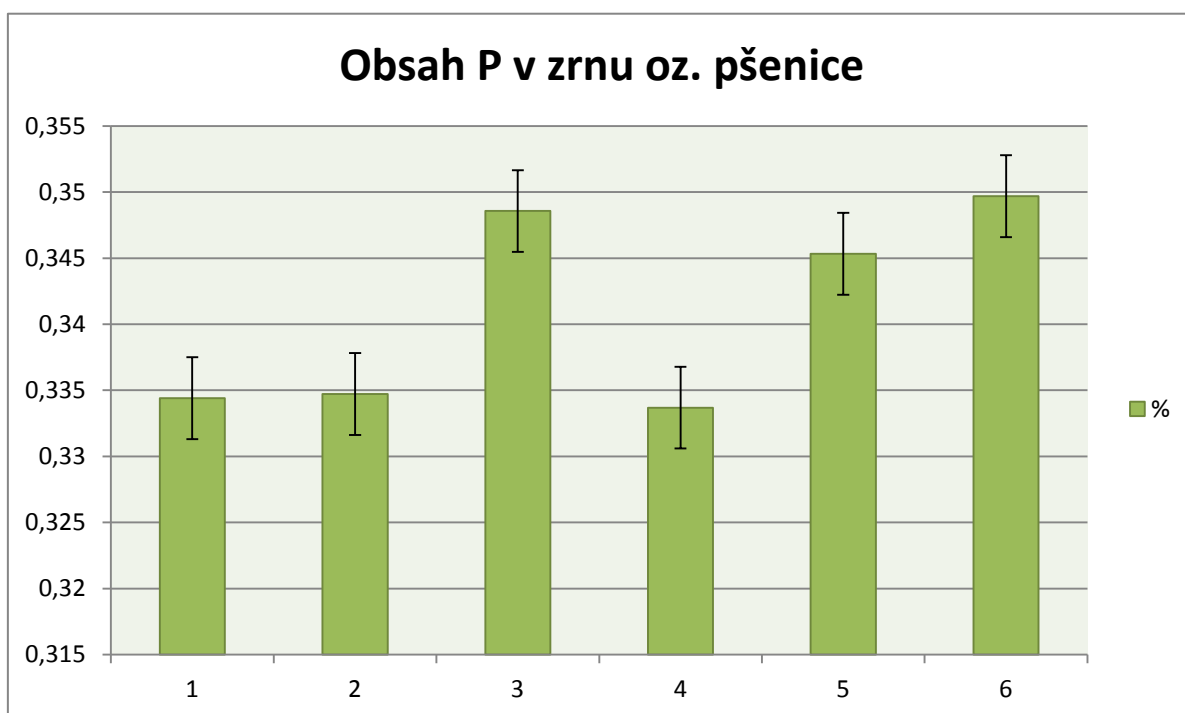


Průměrné obsahy N v pšeničném zrně se pohybovaly od 1,47 % (var. 2) do 1,86 % (var. 6). Rozdíl mezi nimi je statisticky průkazný (graf 11). Obsah P v zrně je statisticky průkazný mezi variantami 3, 5, 6 a variantami 1, 2 a 4 (graf 12). Obsahy K v zrně byly stanoveny od 0,28 % (var. 4) do 0,30 % (var. 5).

Graf 11: Průměrný obsah N v zrně oz. pšenice



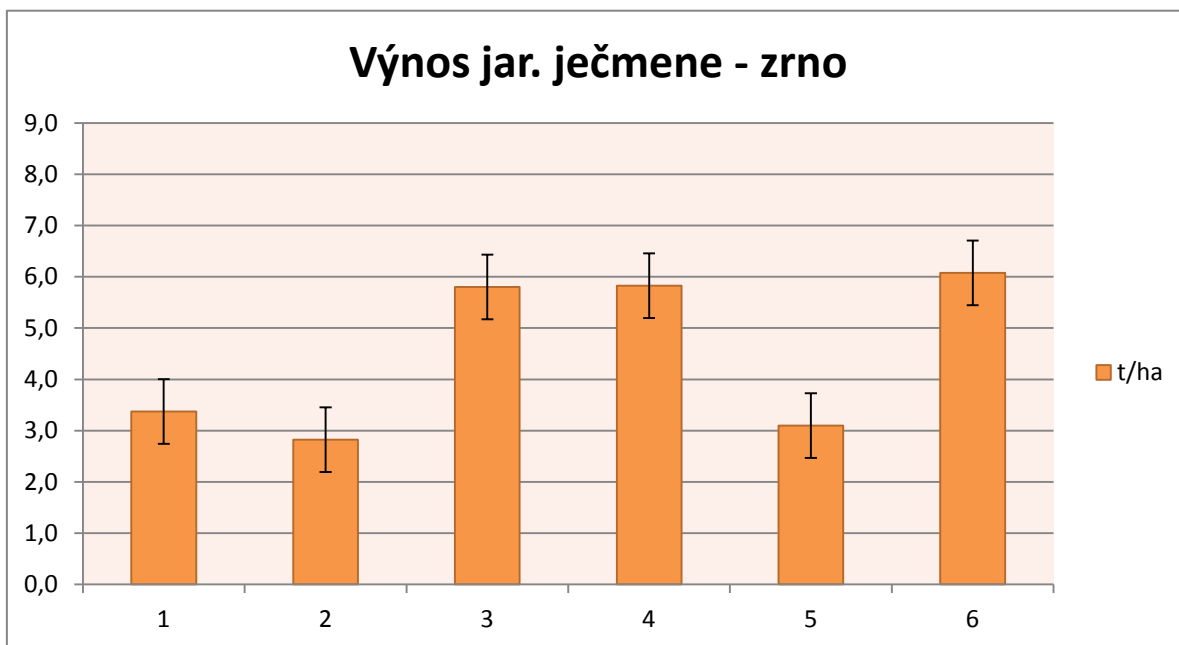
Graf 12: Obsah P v zrně oz. pšenice



5.3. Jarní ječmen

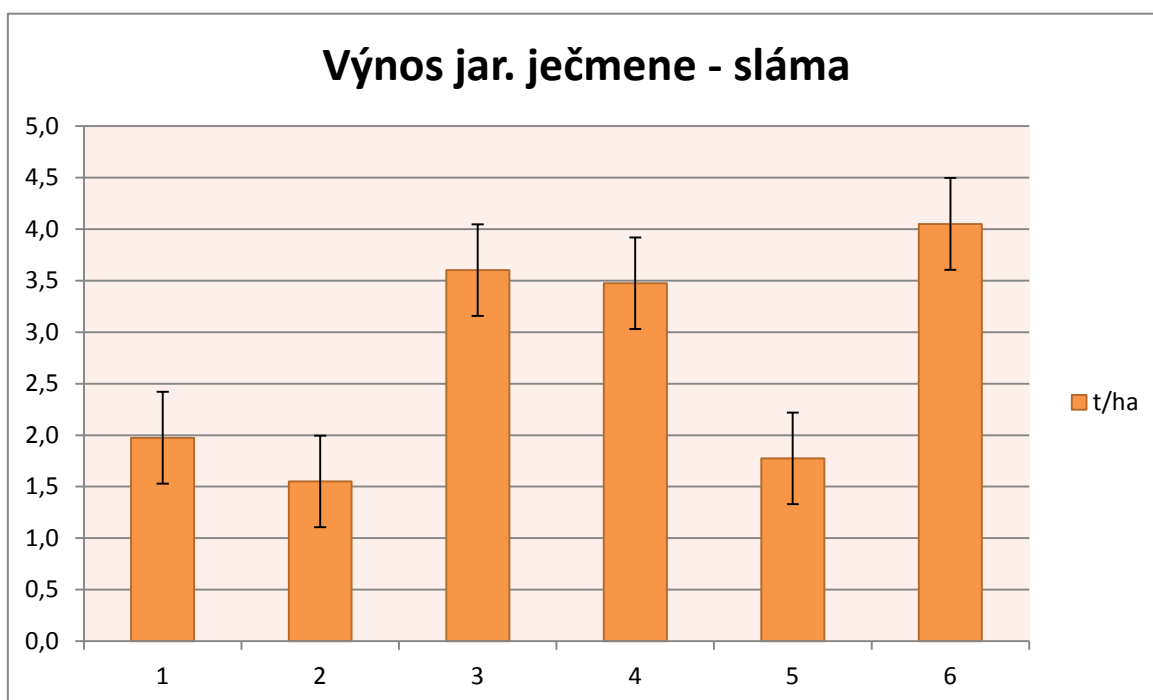
Výnosy zrna ječmene se pohybovaly od 2,8 t/ha do 6,1 t/ha. Nejnižší výnos byl stanoven u varianty číslo 2, kde byl aplikován pouze Lignohumát B ve zvýšené dávce. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty 6 s doporučeným dávkováním Lignohumátu B a aplikací 70 kg N/ha. Z pohledu výnosu zrna se tedy jednalo o nejefektivnější variantu. Podobných výsledků dosahovali i varianty 3 a 4, tzn. varianta hnojená pouze N a varianta hnojená dusíkem a s aplikací zvýšené dávky Lignohumátu B. Hodnoty výnosů u jednotlivých variant jsou zachyceny v grafu 13. Z tohoto grafu je také patrné, že rozdíly mezi sledovanými variantami s nejvyšším výnosem (6, 4, 3) a s nejnižším (2, 5, 1) byly statisticky průkazné.

Graf 13: Výnos jarního ječmene - zrno



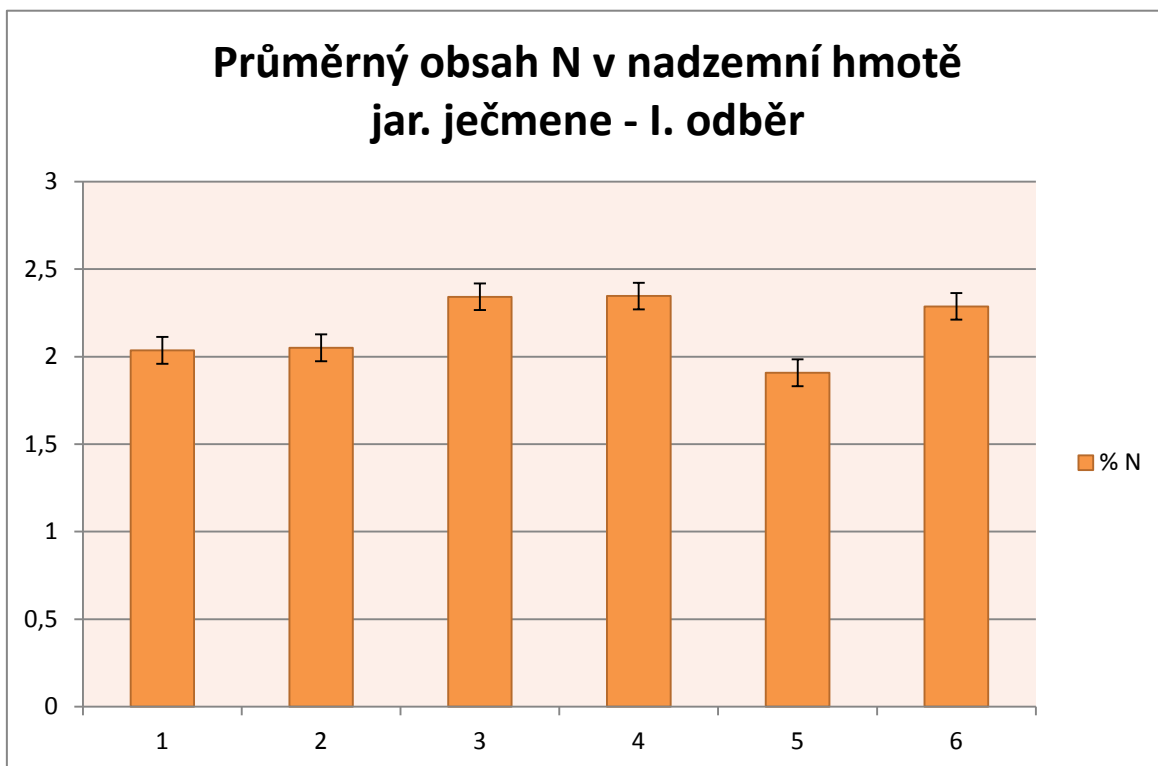
Výnosy slámy ječmene měly podobnou tendenci jako výnosy zrna. Pohybovaly se od 1,6 t/ha do 4,1 t/ha. Nejnižšího výnosu bylo dosaženo u varianty 2 a nejvyššího výnosu u varianty 6. Hodnoty výnosů u jednotlivých variant jsou znázorněny v grafu 14. Rozdíly mezi sledovanými variantami 6, 4, 3 a 2, 5, 1 byly statisticky průkazné stejně jako u výnosu zrna.

Graf 14: Výnos jar. ječmene - sláma

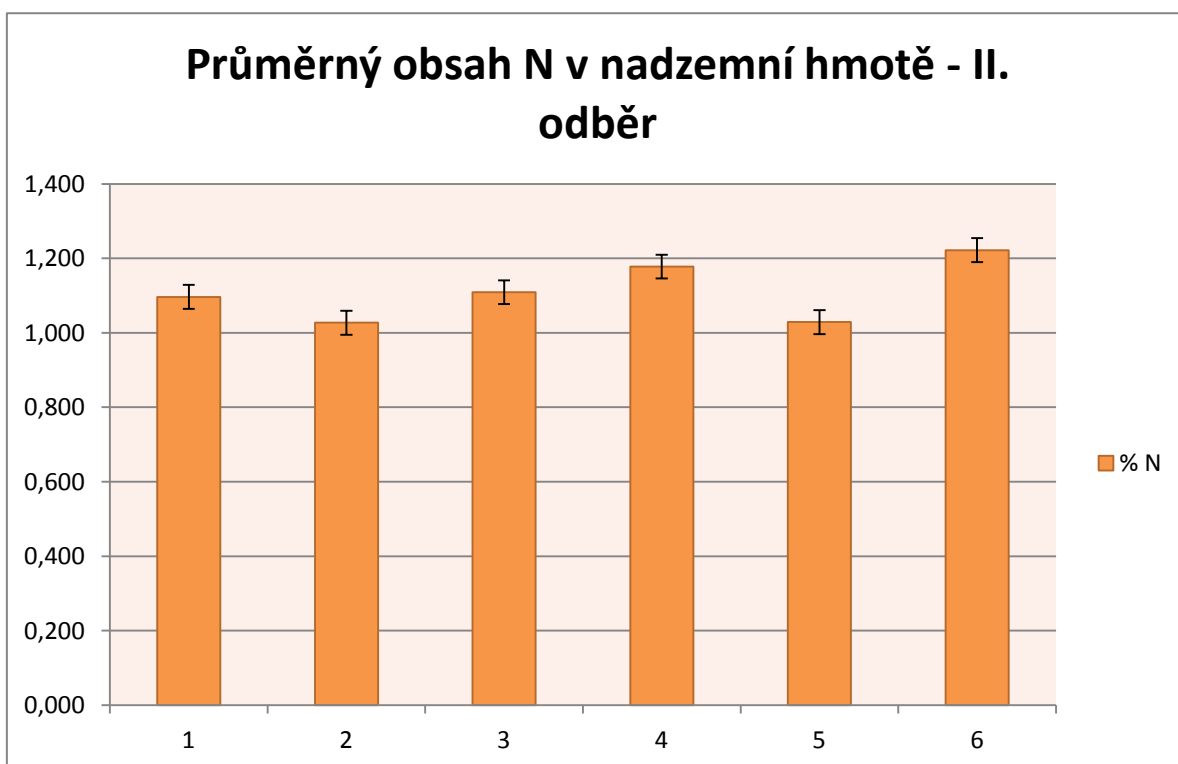


Nejvyšší naměřené hodnoty obsahu N v sušině nadzemní hmoty u I. odběru byly stanoveny u variant 3 (70 kg N/ha), 4 (70 kg N/ha + zvýšená dávka Lignohumátu B) a 6 (70 kg N/ha + běžná dávka Lignohumátu B) (Graf 15). U vzorků z II. odběru byly stanoveny vzhledem k vývojové fázi nižší obsahy N než u I. odběru. Nejvyšší obsah v nadzemní hmotě II. odběru byl stanoven u varianty 6 (1,22 %). Nejnižší obsah N byl stanoven u kontrolní varianty 3 (1,03 %) (graf 16). Rozdíl mezi variantou 6 a variantou 2 je statisticky průkazný.

Graf 15: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě jar. ječmene – I. odběr

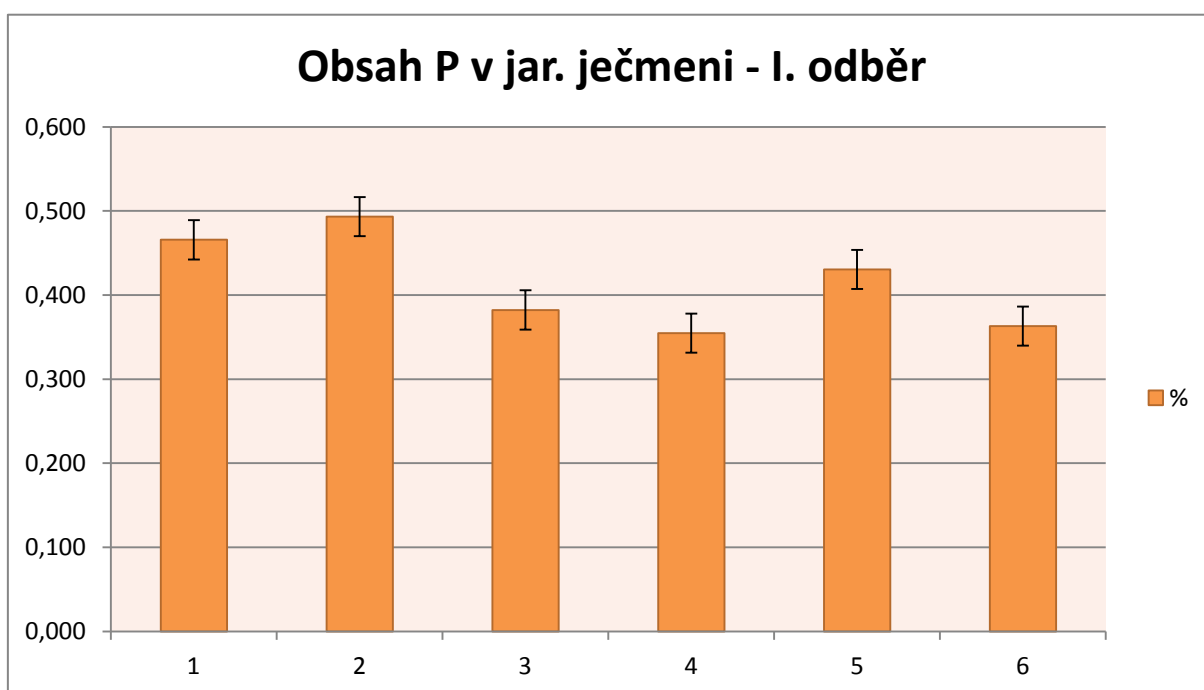


Graf 16: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě jar. ječmene – II. odběr

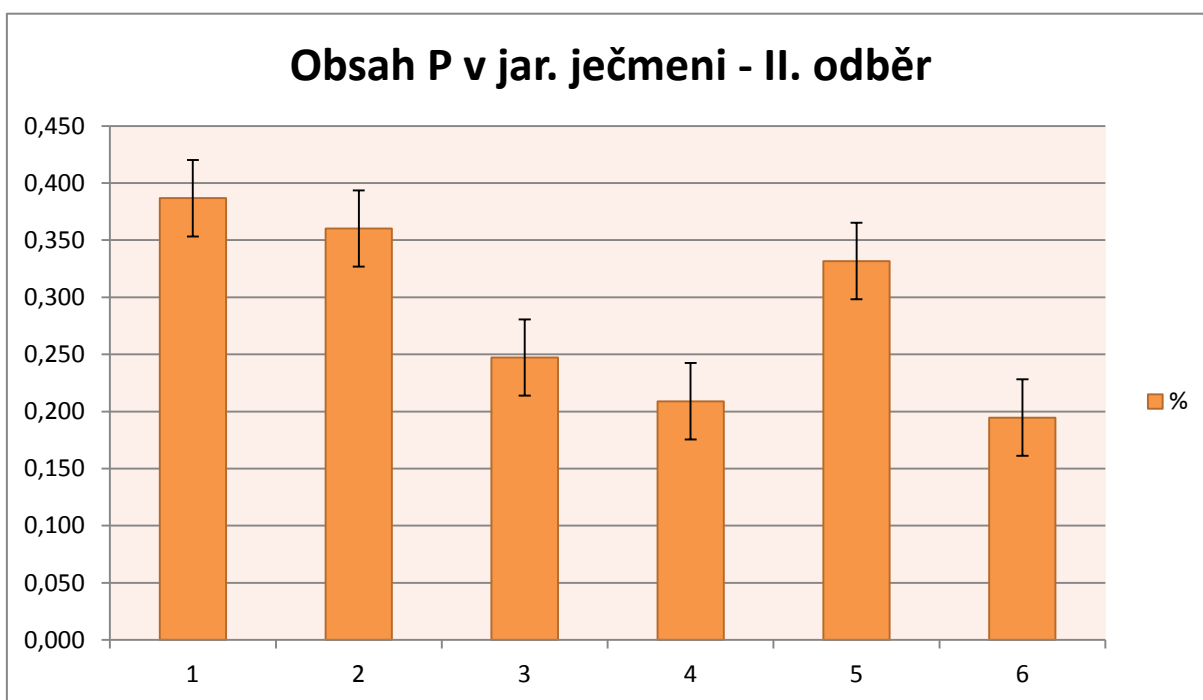


Nejvyšší obsah P v I. odběru byl stanoven 0,49 % u varianty 2 (graf 17). Nejnižší byl u vzorku 4 (0,35 %) a 6 (0,36 %). U vzorků druhého odběru byl nejvyšší obsah P stanoven u kontrolní varianty 1 (0,38 %). Nejnižší hodnoty obsahu P byly stanoveny u varianty 6 (0,19 %) a u varianty 4 (0,20 %). Statistiky průkazné rozdíly zde jsou tedy mezi variantami 6, 4 a 1 (graf 18).

Graf 17: Obsah P v jar. ječmeni – I. odběr

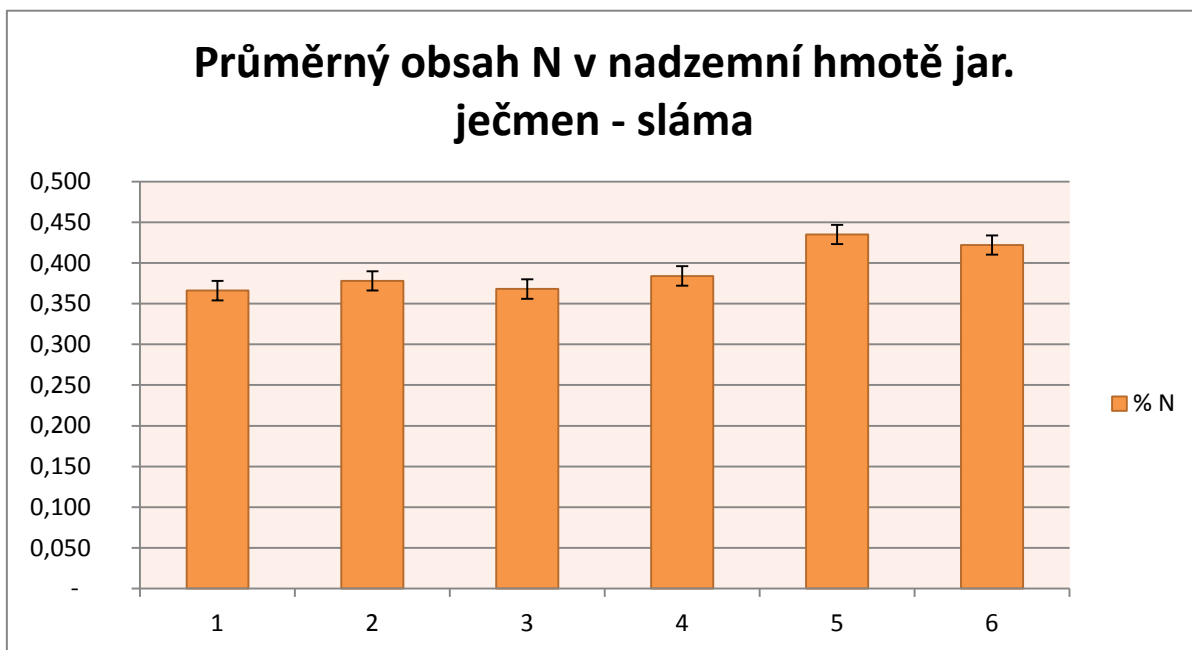


Graf 18: Obsah P v jar. ječmeni – II. odběr

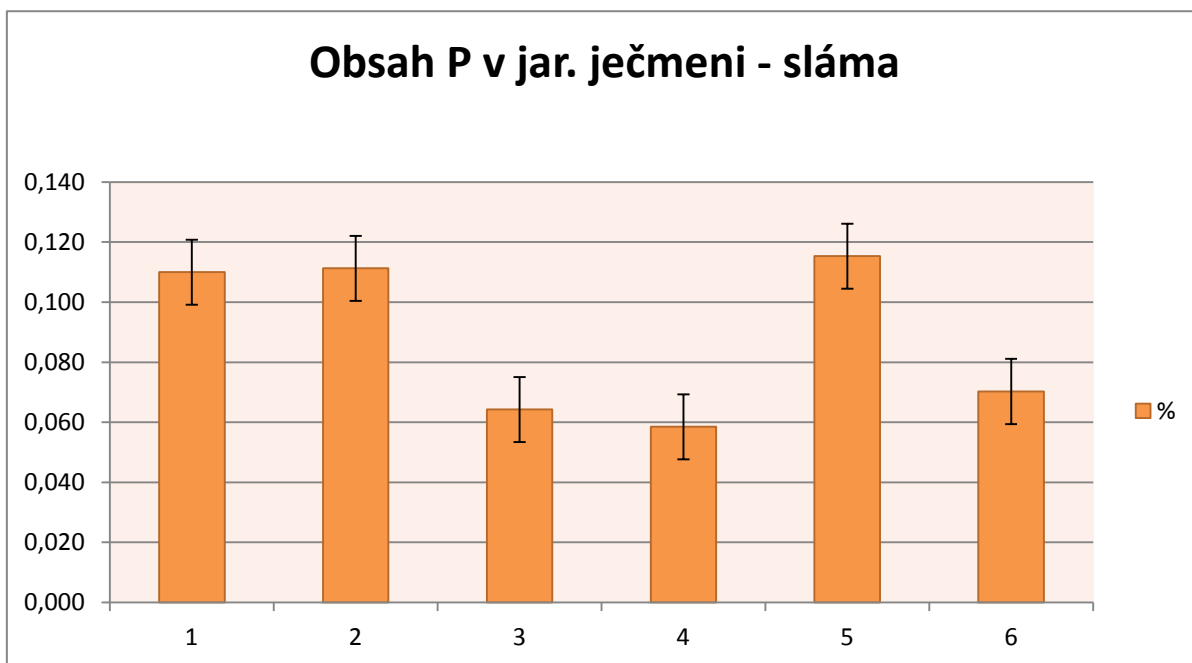


Průměrné obsahy N v ječné slámě jsou znázorněny v grafu 19. Nejvyšší hodnota byla stanovena u varianty 5 (0,43 %) a 6 (0,42 %). Nejnižší hodnota byla u varianty 1 a 3 (0,36 %). Rozdíly mezi těmito variantami jsou statisticky průkazné. Obsah P ve vzorcích slámy byl nejvyšší u variant 5, 2 a 1. Rozdíly mezi těmito třemi variantami a ostatními (3, 4, 6) jsou statisticky průkazné.

Graf 19: Průměrný obsah N v nadzemní hmotě jar. ječmene - sláma

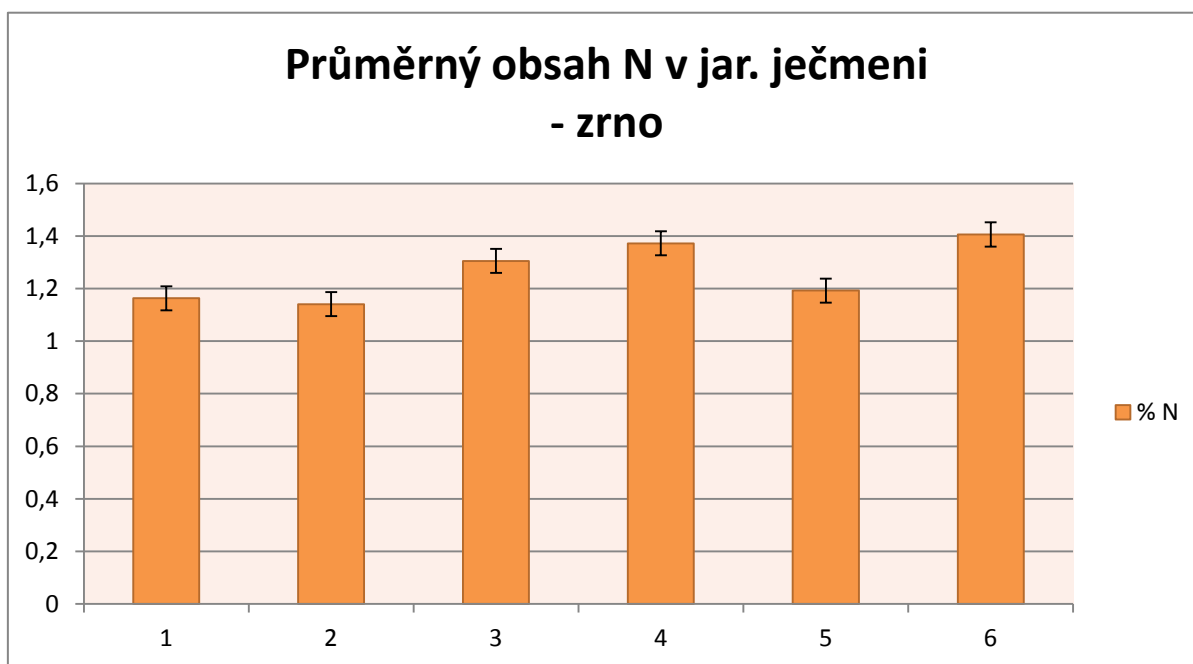


Graf 20: Obsah P v jar. ječmeni - sláma

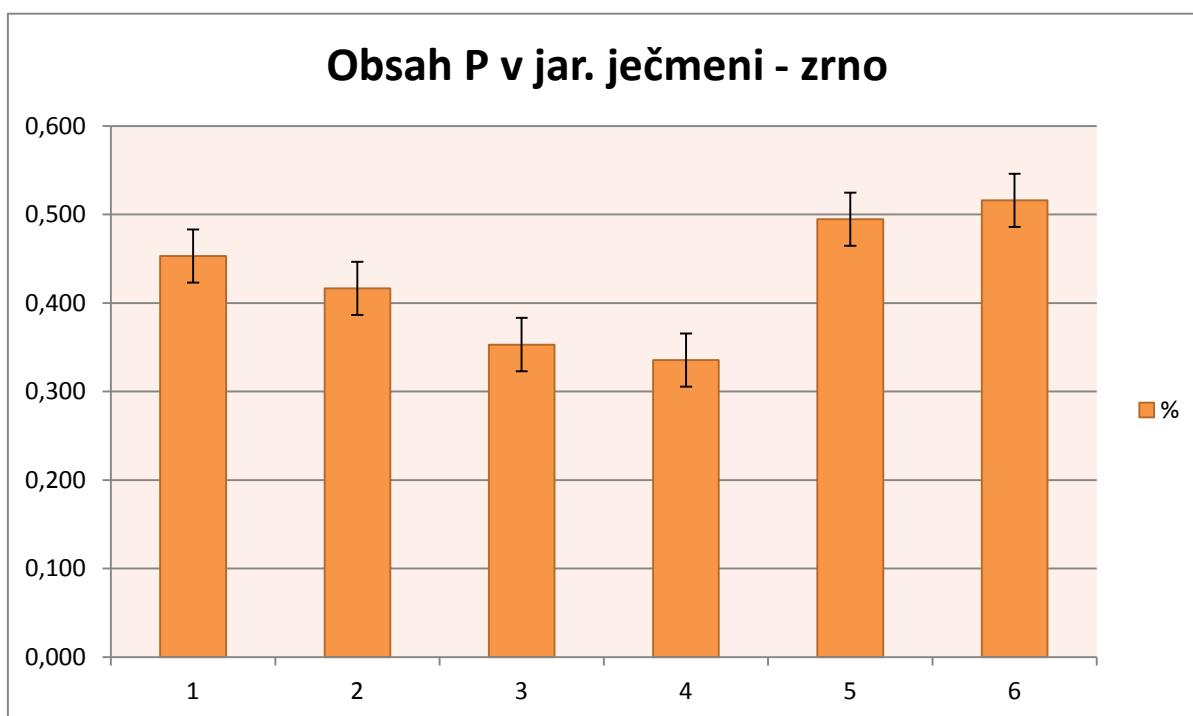


Průměrné obsahy N v ječném zrně se pohybovaly od 1,14 % (var. 2) do 1,40 % (var. 6). Rozdíl mezi nimi je statisticky průkazný (graf 21). Obsah P v zrně je statisticky průkazný mezi variantami 5, 6 a variantami 3 a 4 (graf 22). Nejnižší obsah P byl stanoven u varianty 4 (0,33 %). Nejvyšší hodnota byla stanovena u varianty 6 (0,51 %). Obsah K v zrně ječmene byl stanoven od 0,38 % (var. 3) do 0,42 % (var. 1).

Graf 21: Průměrný obsah N v jar. ječmeni – zrno



Graf 22: Obsah P v jar. ječmeni - zrno



6. Diskuze

Vzhledem k tomu, že nejvyššího výnosu hlíz brambor bylo dosaženo u varianty 5 s doporučeným dávkováním Lignohumátu B, tak lze usoudit, že hnojení této varianty mělo vliv na výnos hlíz a lze říci, že se jednalo v tomto ohledu o nejefektivnější variantu. Hodnoty výnosů hlíz u jednotlivých variant jsou zachyceny v grafu 1. Z tohoto grafu je rovněž patrné, že rozdíly mezi sledovanými variantami nebyly vzhledem k vysokým směrodatným odchylkám statisticky průkazné. Obsahy sušiny v hlízách se pohybovaly v rozmezí 22,2 – 24,1%. To odpovídá i hodnotám uváděným Pulkrábkem (nedatováno), který uvádí průměrný obsah sušiny 23,7%. Varianta číslo 3 vykazovala nejvyšší obsah sušiny i u vzorků hlíz. Dále následovala varianta 2 hnojená zvýšenou dávkou Lignohumátu, kde bylo dosaženo 23,6% sušiny. U variant 1, 4 a 6 bylo zaznamenáno shodně 23,2% sušiny.

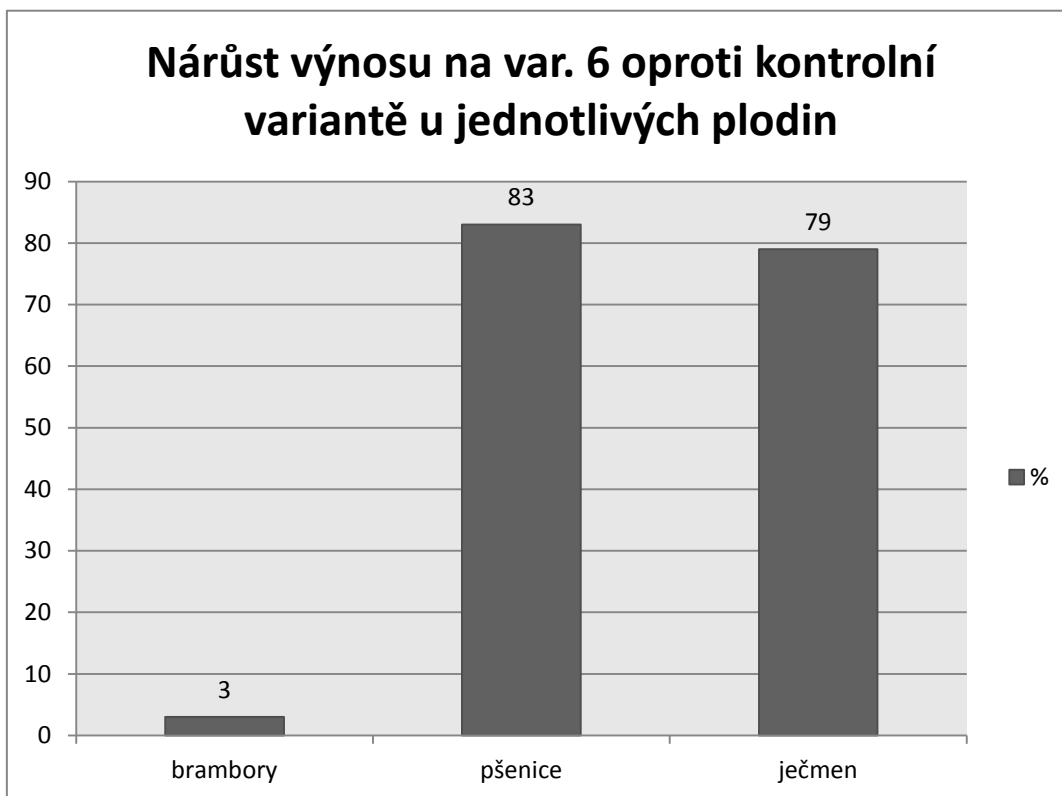
Obsahy dusíku v hlízách znázorněné v grafu 2 dosahovaly hodnot, které se pohybovaly v rozmezí 0,95 – 1,31 % N. To odpovídá i výsledkům Merhana a kol. (2010), kteří u brambor hnojených dávkami N v rozmezí 0 - 200 kg N/ha zaznamenali obsah dusíku v rozmezí od 1,25 do 1,30 %. Nejvyšší obsah dusíku v hlízách brambor (1,31 %) byl stanoven

u variant hnojených Lignohumátem v běžné dávce (var. 6). To částečně potvrzuje teorii Rákose (2005), že přípravek Lignohumát zvyšuje využití živin z půdy.

Průměrný obsah fosforu v nadzemní hmotě činil 0,17 %, obsah draslíku 2,68 % a obsah vápníku a hořčíku 1,71 %, respektive 0,28 %. Co se týká obsahu makroprvků, tak se ve vzorcích hlíz nevyskytovaly prakticky žádné rozdíly mezi sledovanými variantami. Obsah fosforu byl stanoven v hodnotě 0,50 %, draslíku 3,71 %, vápníku 1,31 % a hořčíku 0,23 %. Podobných hodnot obsahů makroprvků dosáhli ve své práci i Merhan a kol. (2010), kteří ve svých pokusech stanovili 0,26 – 0,32% P, 2,09 – 2,32% K, 1,33 – 1,55% Ca. Drobné rozdíly mezi hodnotami jsou pravděpodobně způsobeny různými stanovištními podmínkami.

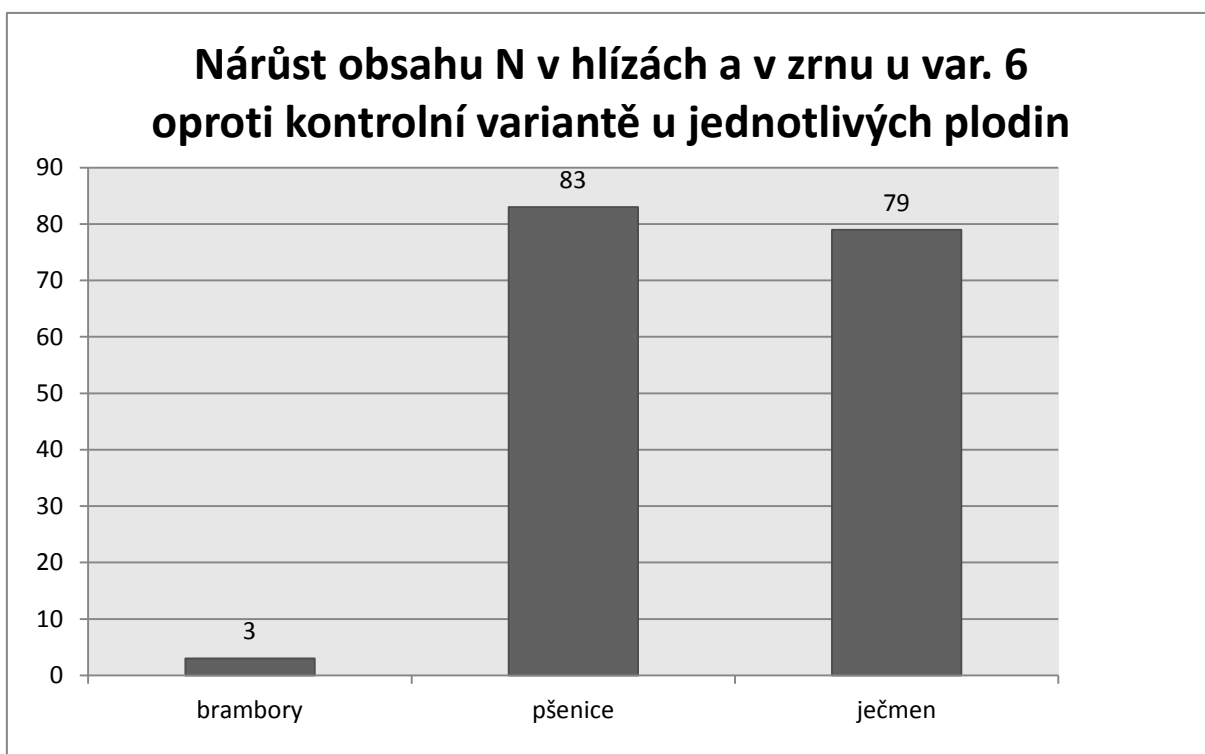
Jelikož bylo nejvyššího výnosu zrna i slámy pšenice a ječmene dosaženo u varianty 6, tzn. u varianty, kde byl aplikován Lignohumát B v doporučené dávce a LAV, tak lze tuto variantu hodnotit jak neoptimálnější. Neboli, byl – li aplikován pouze Lignohumát B, nedošlo k výraznějšímu nárůstu výnosu. Ovšem jestliže společně s tímto přípravkem je aplikován také N, tak dojde k nárůstu výnosu zrna ozimé pšenice o 83 % oproti kontrolní variantě, o 17 % oproti variantě 3 (120 kg N/ha) a o 22 % oproti variantě 4 (120 kg N/ha + zvýšená dávka LH). Výnos zrna jarního ječmene byl u varianty 6 o 106 % vyšší ve srovnání s kontrolní variantou, o 30 % oproti variantě 4 (120 kg N/ha + zvýšená dávka LH) a o 29 % oproti variantě 3 (120 kg N/ha). Tvrzení Rákose (2005), že přípravek Lignohumát zvyšuje využitelnost minerálních hnojiv pro rostliny, bylo částečně potvrzeno. Dokládají to výsledky obsahu dusíku na variantách na kterých byl aplikován Lignohumát B s LAV. Tyto výsledky byly stanoveny u obsahu N v zrna pšenice, ale i ječmene. Využití dávky N ve formě LAV bylo prokazatelně zvýšeno aplikací Lignohumátu. Dávkování těchto výživných látek může být sníženo až o 25 procent při zachování stejného efektu na porost. S tím je spojeno zlevnění takového zásahu a snížení rizika vyplavení živin do spodních vod. Je jedno, zda je Lignohumát aplikován na podporu příjmu základních prvků (N, P, K) nebo mikroprvků. Nárůst výnosů na variantě 6 oproti kontrole u jednotlivých plodin zachycuje graf 23. Obsah P v zrna pšenice byl stanoven u varianty 6 na 0,35 % a u varianty 4 na 0,33 %. To potvrzuje víceméně tvrzení Vaňka a kol. (2007), který uvádí 0,37 % P v zrna pšenice. U pokusu se jedná tedy o podprůměrné výsledky. Stejně podprůměrné hodnoty byly stanoveny u obsahu N v zrna pšenice, a to maximální hodnota u varianty 6 (1,86 %), přičemž Vaněk a kol. (2007) uvádí 2,00 % N v zrna pšenice.

Graf 23: Nárůst výnosu na variantě 6 oproti kontrolní variantě u jednotlivých plodin



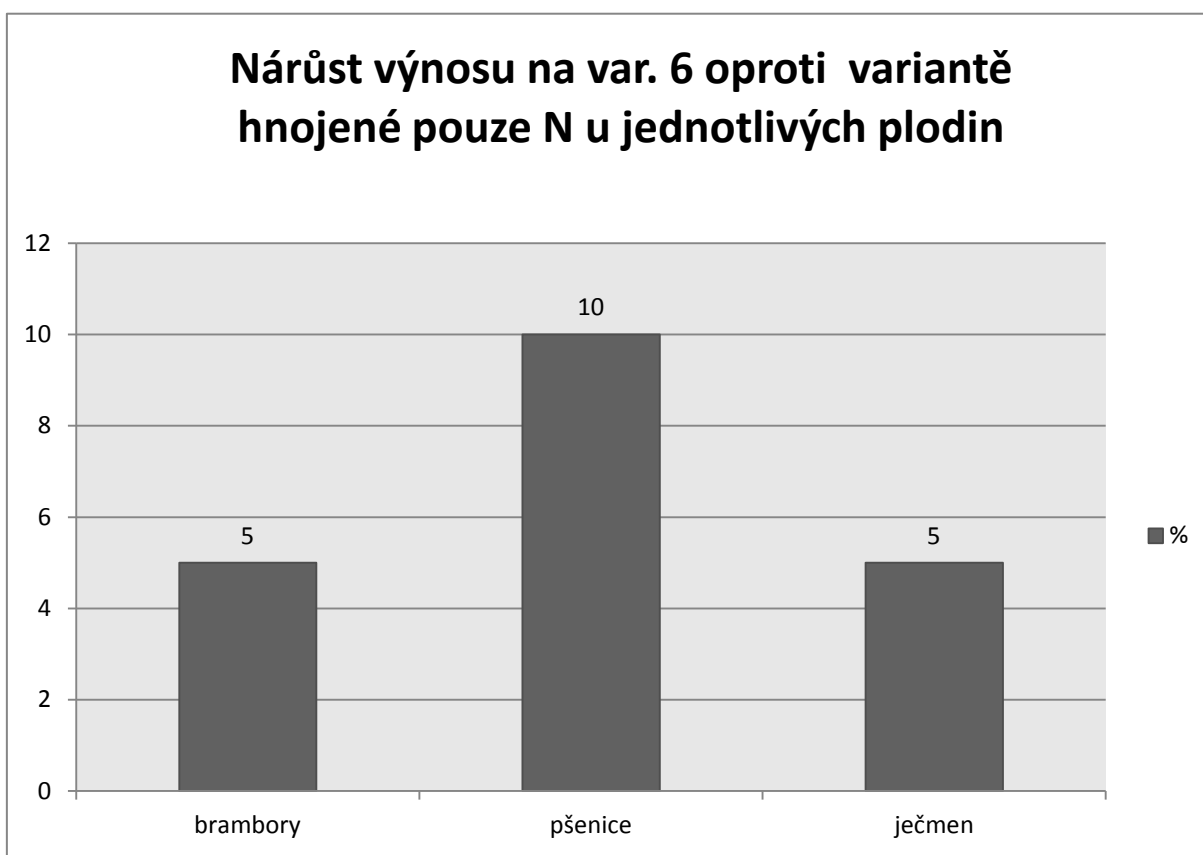
Společná aplikace Lignohumátu a dusíku měla vliv také na obsah N v konečném produktu, hlízách a znu (graf 24). Nejintenzivněji reagovala ozimá pšenice. Přestože s rostoucím výnosem obecně klesá obsah fosforu v znu, tak u pokusu došlo k vyšší utilizaci P do zrna.

Graf 24: Nárůst obsahu N v hlízách a v zrnu u var. 6 oproti kontrolní variantě u jednotlivých plodin



V grafu 25 je znázorněn procentický nárůst výnosu na variantě s aplikací doporučené dávky Lignohumátu a aplikací LAV oproti variantě, která byla hnojena pouze LAV. Nejintenzivněji reagovala pšenice s nárůstem na výnosu o 10 % vyšším. To znamená, že aplikace doporučené dávky Lignohumátu ve spojení s aplikací N měla vliv na výsledný výnos zrna obilnin i hlíz brambor.

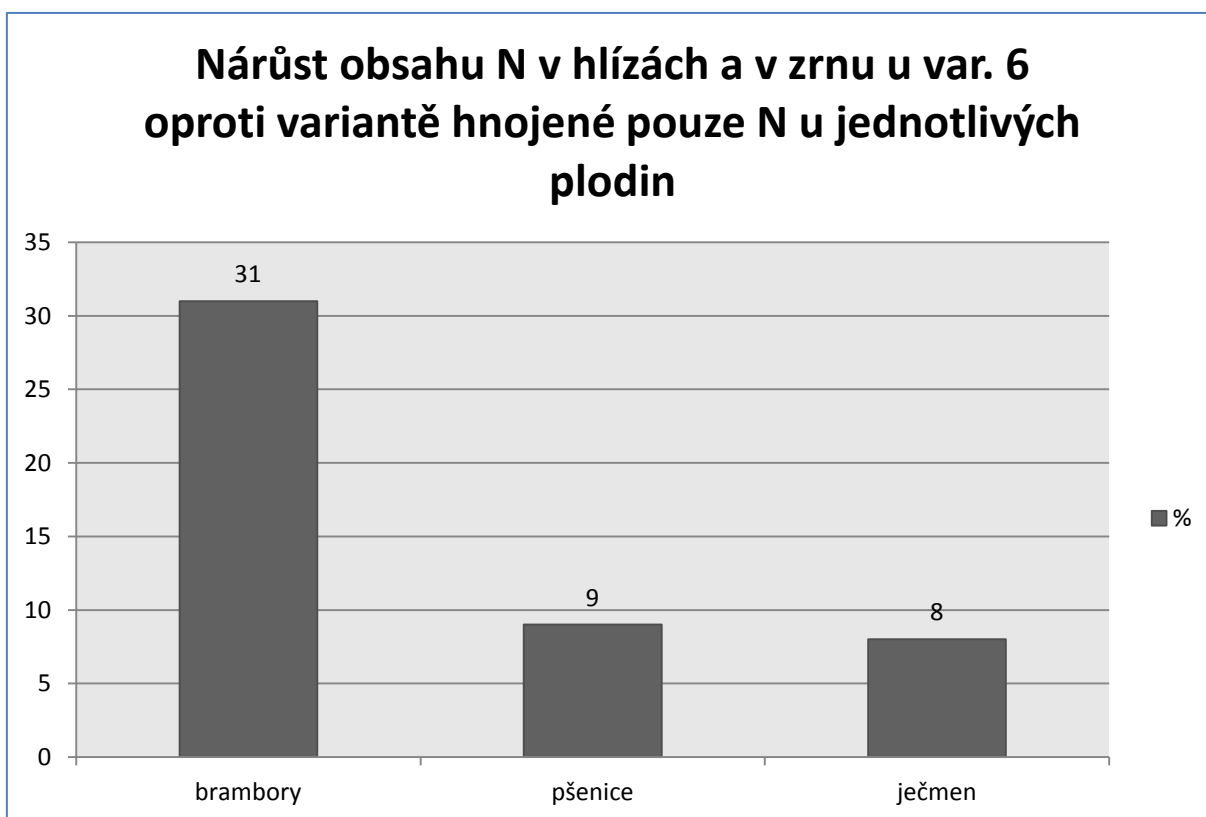
Graf 25: Nárůst výnosu na variantě 6 oproti variantě hnojené pouze N u jednotlivých plodin



V grafu 26 je znázorněn nárůst obsahu N ve sklizených produktech na variantě s aplikací Lignohumátu a LAV oproti variantě na které byl aplikován pouze N.

Zde byl nejvyšší rozdíl u bramborových hlíz, které reagovali na aplikaci Lignohumátu nárůstem o 31 %. Lze tedy usoudit, že aplikace Lignohumátu má ve spojení s aplikací dusíku vliv na přijatelnost N plodinami a obsah N v hlízách i zrna.

Graf 26: Nárůst obsahu N v hlízách a v zrnu na variantě 6 oproti variantě hnojené pouze N u jednotlivých plodin



Hypotéza předpokládá vliv aplikace Lignohumátu B na zvýšení výnosu hlíz brambor a zrna ozimé pšenice a jarního ječmene a vliv na vyšší přijatelnost živin těmito plodinami. Na základě výsledků byla potvrzena hypotéza pouze za předpokladu společné aplikace dusíku s Lignohumátem.

7. Závěr

Vliv aplikace přípravku Lignohumát B na výnos a obsah makroprvků u brambor, ozimé pšenice a jarního ječmene byl sledován v roce 2009, 2010 a 2011 v maloparcelkovém přesném polním pokusu na stanovišti Praha - Suchdol. Z pokusu lze vyvodit následující závěry:

- Nejvyšší výnos bramborových hlíz byl stanoven u doporučené dávky Lignohumátu B
- Varianta hnojená pouze 120 kg N/ha vykazovala vždy nejvyšší obsahy sušiny v hlízách).
- V obsahu P, K, Ca a Mg v sušině rostlin brambor se nevyskytovaly téměř žádné rozdíly mezi kontrolou ani ostatními variantami hnojení.
- Rozdíly mezi variantami u výše uvedených údajů nebyly statisticky průkazné.
- Obsah dusíku v hlízách brambor u varianty hnojené běžnou dávkou Lignohumátu B (1,31 % N) byl průkazně vyšší než u kontrolní varianty (0,95 % N) a varianty hnojené pouze dusíkem (0,99 % N).
- Nejvyšší výnos zrna pšenice i ječmene byl stanoven u varianty s doporučenou dávkou Lignohumátu B a aplikací LAV.
- Po aplikaci Lignohumátu společně s aplikací N byl statisticky vyšší výnos v porovnání s variantami bez dusíkatého hnojení i se zvýšenou dávkou Lignohumátu.
- Po aplikaci Lignohumátu společně s aplikací N byl statisticky vyšší obsah P v zrnu obilnin v porovnání s variantami bez dusíkatého hnojení i se zvýšenou dávkou Lignohumátu.
- U ostatních sledovaných makroprvků nebyly zjištěny statistické rozdíly.

8. Použitá literatura

Baier, J., Smetánková, M. a Baierová, V. 1988. Diagnostika výživy rostlin. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR v Praze, Praha. 282 s. ISBN: neuvedeno.

Balík, J., 1993. Základy výživy rostlin. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze. 36 s. ISBN: 80-7105-056-3.

Balík, J., Pavlíková, D. a Tlustoš, P. 2006. Principy mimokořenové výživy rostlin. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 16-21. ISBN: 80-213-1558-X.

Barraclough P. B. a Leigh, R. A. 1984. The growth and activity of winter beat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root grow thof high-yielding crops. The Journal of Agriculture Science. 103 (1). 59-74.

Basic, F., Kistic, I., Mesic, M.,Nestroy, O. a Butorac, A. 2004. Tillage and crop management effects on soil erosion in central croatia. Soil and tillage research.78 (2). 197-206.

Bergström, L. F. a Jokela W. E. 2000. Rye grass cover crop effects on nitrate leaching in spring barley fertilized with 15NH_4 15NO_3 . Journal of environmental duality. 30 (5). 59-67.

Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Schwertmann, U., Horn, R. Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K. a Wilke, B. M. 2002. Scheffer/Schachtschabel, Lehrbuch der bodenkunde. spektrum akademischer verlag. Stuttgart. 607 s. ISBN: 978-3-8274-1444-1.

Čadková, E., Komárek, M. a Kaliszová, R. 2011. Sorpce tebuconazolu na huminové kyseliny. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 80-83. ISBN: 978-80-213-2224-0.

Čepl, J., 2005. Hnojení brambor. Výzkumná ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Havlíčkův Brod. 8 s. ISBN: 80-86940-02-0.

Čepl, J. a Kasal, P., 2006. Aplikace dusíkatých hnojiv. Moderní rostlinná výroba 01. Vydavatelství ZT. 7-8.

Čermák, P. 2006. Hnojiva registrovaná pro mimokořenovou výživy rostlin. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 30-35. ISBN: 80-213-1558-X.

Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Vašák, F. a Kroulík, M. 2011. Vliv hnojení na vyplavování dusíku z půdy. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 84-85. ISBN: 978-80-213-2224-0.

Dryšlová, T. a Procházková, B. 2008. Ozimá pšenice. In: Hůla, J. a Procházková, B. (ed.). Minimalizace zpracování půdy. Profi Press. Praha. 125-131. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Elliott, L. F. a Papendick, R. I. 1983. Direct seed into bluegrass sod for erosion control. Soil and water conservation society. 38 (5). 436-439.

Faměra, O. 1993. Základy pěstování ozimé pšenice. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze. Praha. 51 s. ISBN: 80-7105-045-8.

Hackett, C., Sinclair, C. a Richards, F. J. 1965. Balance between potassium and phosphorus in the nutrition of barley. The influence on amine content. Annals of botany. 29 (3). 331-345.

Hejnák, V., Zámečnicková, B., Zámečník, J. a Hnilička, F. 2007. Fyziologie rostlin. Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra botaniky a fyziologie rostlin. Praha. 159 s. ISBN: 978-80-213-1667-6.

Hezký, P., 2005. Složka humusu vyráběná ze dřeva. Farmář. 11 (6). 35.

Houba, M., Hosnedl, V., Prokinová, E. a Pazdera, J. 2002. Osivo a sadba. Martin Sedláček. Praha. 186 s. ISBN: 80-902413-6-0.

Hrabě, F. 2006. Trávníkářská ročenka 2006. Vydavatelství Ing. Petr Baštan. Olomouc. 135 s. ISBN: 80-903275-6-7.

Hrubý, J. a Javůrek, M. 2008. Jarní ječmen. In.: Hůla, J. a Procházková, B. (ed.). Minimalizace zpracování půdy. Profi Press. Praha. 137-143. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Chatskikh, D. a Olesen, L. E. 2007. Soil tillage enhanced CO₂ and N₂O emissions from loams and soil underspring barely. Soil a Tillage Research. 97 (1). 5-18.

Kasal, P. a Rákos, L. 2008. Zkušenosti s aplikací lignohumátu u brambor v podmínkách roku 2007. Úroda. LVI (10). 46-47.

Kozlovský, O., Balík, J., Černý, J. a Kos, M. 2007. Vliv dusíkaté výživy CULTAN technologií na výnos zrna ozimé pšenice. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 122 – 125. ISBN: 978-80-213-1707-9.

Krejčová, J. 2008. Lignohumát a obsah nitrátového dusíku v půdě. Agro. 9 (4). 22-23.

Krček, M., Slamka, P. a Golisová, A. 2011. Obsah vápníka v sušine a jeho odber nadzemnou fytomasou při pestování jačmeňa jarného v podmienkach stresu zo sucha. Agrochémia. XV. (51). 3-5.

Kučera, R. 2006. Lignohumát a organická hmota. Úroda. LIV (7). 47.

Kuchtík, F., Procházka, I., Teksl, M., Valeš, J. a Palát, M. 2003. Pěstování rostlin. Vydavatelství Petr Večeřa. Hrotovice. 80 s. ISBN: 80-901789-7-9.

Kulhánek, M., Balík, J., Černý, J., Časová, K. a Habásková, B. 2006. Podíl minerálního a organického fosforu v půdě po aplikaci organických hnojiv. Agregion 2006. Sborník referátů z VI. ročníku vědecké konference. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. 70 – 73. ISBN: 80-7040-870-7.

Macák, M., Nozdrovický, L. a Žitňák, M. 2011. Vplyv granulometrického zloženia priemyselných hnojív na kvalitu práce rozhadzovača. Agrochémia. XV. (51). 11-15.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. San Diego CA. USA. 889 s. ISBN: 0-12-473543-6.

McCall, W. W. 1980. Foliar application of fertilizers, Honolulu. University of Hawaii. 2 p. General home garden series. GHGS-24. Dostupné i z WWW: <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/7801>.

McGechan, M. B. a Lewis, D. R., 2002. Sorption of phosphorus by soil, part 1: Principles, Equations and Models. Biosystems Engineering. 82 (1). 1-24.

Molnárová, J. a Horeváj, V. 2007. Faktory ovplyvňujúce výšku a kvalitu úrody sladovnickeho ječmena. Ječmenářská ročenka 2008. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 269 s. ISBN: 80-86576-25-6.

Merhan, O.A., Shahzad, J. S., Abazar, A., Shahamad, H., Mohammad, H. 2010. Effects of nitrogen fertilizer and plant density on NPK uptake by potato tuber. *World applied science journal*. 8 (3). 382-386.

Neuberg, M. a Krupičková, M. 1985. Výživa a hnojení polních plodin – obilniny. In: Neuberg, M. (ed.). *Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. 122-123. ISBN: 73665/1-2.

Neuberg, M., Pavlík, M., Balík, J., Kaliszová, R. a Pavlíková, D. 2008. Vliv hnojení dusíkem na obsah volných aminokyselin v rostlině. Sborník ze 14. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv.

Ntayombya, P., a Gordon, A. M. 1995. Effects of black locust on productivity and nitrogen nutrition of inter cropped barley. *Agroforestry Systems*. 29 (3). 239-254.

Pavlíková, D., Pavlík, M., Balík, J. 2008. Úloha fosforu v rostlinách. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 31-35. ISBN: 978-80-213-1856-4.

Petr, J. 2011. Agrotechnika cílená na jakost potravinářské pšenice. Pšenice – odborná příloha časopisu *Úroda*. LIX (8). 10-13.

Polák, B., Váňová, M. a Pánek, Z. 1998. *Základy pěstování a zpracování sladovnického ječmene*. Institut výchovy vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze. Praha. 39 s. ISBN: 80-7105-166-7.

Poláková, L., 2007. Nahradí Lignohumát chlévský hnůj?. *Úroda*. LV (9). 32.

Pospíšilová, L. a Drápelová, I., 2011. Stanovení obsahu vodou extrahovatelného uhlíku v půdě a ve vybraných lignohumátových preparátech. *Agrochémia*. XV (51). 24-27.

Hrušková, M., Burešová, I., Capouchová, I., Faměra, O., Hanišová, A., Horáková, V., Horčíčka, J., Hřivna, L., Novotný, F., Petr, J. a Prugar, J. 2008. Chemické složení pšeničného zrna. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 78-80. ISBN: 978-80-86576-28-2.

Pulkrábek, J. (nedatováno). *Okopaniny*. SMEP [online: cit 4.4.2010]. dostupné z WWW: <http://www3.czu.cz/sekce.php?id=publikace>.

- Rákos, L. 2006. Použití Lignohumátu při pěstování ozimých plodin. Agrární obzor. 7 (9). 9.
- Reichholf, J. H. 1989. Feld und Flur. Mosaik Verlag. München. 223. ISBN: 3570047997.
- Repka, J. a Petr J. 1980. Produkční procesy u obilnin, tvorba biologického výnosu. In: Petr, J., Černý, V. a Hruška, L. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 98-99. ISBN: 07-069-80-04/11.
- Růžek, P., Pišánová J. a Trčková M. 2006. Vliv mimokořenové aplikace hnojiv na výnos a kvalitu zrna obilovin, Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze, str. 41 – 45. ISBN: 80-213-1558-X.
- Růžek, P. a Pišánová, J. 2007. Možnosti usměrnění přeměn N v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace, Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 34 – 37. ISBN: 978-80-213-1707-9.
- Růžek, P., Pišánová, J. a Trčková, M. 2006. Vliv mimokořenové aplikace hnojiv na výnos a kvalitu zrna obilovin. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 41 – 45. ISBN: 80-213-1558-X.
- Sedlář, O., Balík, J., Kozlovský, O., Peklová, L. a Roldán, D. 2010. Vývoj porostu jarního ječmene při hnojení metodou CULTAN. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 113 – 116. ISBN: 978-80-213-2118-2.
- Šimon, J., Škoda, V. a Hůla J. 1999. Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi. Agrospoj. Praha. 78 s. ISBN: 80-239-4240-9.
- Škoda, V., Kohout, V., Soukup, J., Vrkoč, F. a Zitta, M. 1998. Obecná produkce rostlinná, Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta. Praha. 190 s. ISBN: 80-213-0450-2.
- Štranc, P., Štranc, J., Štranc, D. a Šmidl, R. 2005. Výsledky ověření Lignohumátu ve chmelařství. Agromanuál. 0 (0). 30-31.
- Štranc, P., Štranc, J. a Hradecká, D. 2006. Výsledky pesticidních pokusů se sójou v letošním roce. Agro. XI (11-12). 36-38.

Teksl, M., Miller, I., Křišťan, T. a Kaňková, M. 1999. Pěstování rostlin 1. Vydavatelství Credit. Praha. 300 s. ISBN: 80-902295-7-3.

Troeh, F.R. a Thompson, L. M. 2005. Soils and soil fertility, 6th ed. Black well publishing professional. Iowa. USA. 489 s. ISBN: 0-8138-0995-X.

Tugarinov, L.V., Alexejeva, S.V. a Skrenževský, S.S., 2008. Lignohumát v zemědělství, rozsah použití. Státní zemědělská univerzita Petrohrad, 6 s.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, San Diego CA, USA.

Vaněk, V., Tlustoš, P., Pavlíková, D. a Kolář, L. 2006. Podmínky ovlivňující účinnost mimokořenové aplikace hnojiv. Racionální použití hnojiv, sborník z konference konané na ČZU v Praze. 22-29. ISBN: 80-213-1558-X.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D. a Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. ProfiPress. Praha. 176 s. ISBN: 976- 80-86726-25-0.

Vokál, B., Čepl, J., Čížek, M., Diviš, J., Domkářová, J., Fér, J., Hamouz, K., Hausvater, E., Jůzl, M., Rasocha, V. a Zrůst, J. 2004. Pěstování brambor. Agrospoj. Praha. 261 s. ISBN: neuvedeno.

Vostal, J., 1994. Základy výživy a hnojení hlavních plodin. Agrofert. Praha. 94 s. ISBN: neuvedeno.

Zedník, Z., 2009. Používání Lignohumátu v olejninách. Sborník z konference Prosperující olejnin 2009. Česká zemědělská univerzita v Praze, katedra rostlinné výroby. 117-120. ISBN: 978-80-213-2012-3.

Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K. a Tichý, F. 2005. Pšenice – pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press. Praha. 180 s. ISBN: 80-86726-09-6.

Zimolka, J., Cerkal, R., Dvořák, J., Edler, S., Ehrenbergerová, J., Hřivna, L., Kamler, J., Klem, K., Milotová, J., Míša, P., Procházková, B., Psota, V., Richter, R., Ryant, P., Tichý, F.,

Vaculová, K., Váňová, M. a Vejražka, K. 2006. Ječmen – formy a užitkové směry v ČR. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN: 80-86726-18-5.