

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Diplomová práce

**Vztah mezi statkovým a minerálním hnojením dusíkem
a obsahem živin v půdě a jejich vlivem na výnos
a kvalitu ozimé pšenice**

Autor práce: Bc. Jan Brinar

Obor: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

Konzultant: Ing. Gabriela Mühlbachová Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vztah mezi statkovým a minerálním hnojením dusíkem a obsahem živin v půdě a jejich vlivem na výnos a kvalitu ozimé pšenice“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: _____

Jan Brinar

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat svojí rodině za trpělivost, lásku a ochotu mi věnovat čas a úsilí, bez níž bych nemohl studovat vysokou školu a napsat tuto práci. Děkuji za rady a vedení prof. Josefu Pulkrábkovi, vedoucímu katedry rostlinné výroby České zemědělské univerzity, s nímž jsem často diskutoval. Děkuji konzultantce práce doktorce Gabriela Mühlbachové z VÚRV v Praze Ruzyni za společné naplňování cílů práce zaměřené na výzkum vlivu hnojení v rozsáhlých polních pokusech.

Vztah mezi statkovým a minerálním hnojením dusíkem a obsahem živin v půdě a jejich vlivem na výnos a kvalitu ozimé pšenice

Souhrn: Experiment byl založen na dvou lokalitách, které jsou součástí mezinárodní sítě pokusných stanic IOSDV v pokusech trvajících od roku 1984. Cílem práce bylo zjistit jak ozimá pšenice jakostní skupiny A reaguje na různé způsoby organického a minerálního hnojení v parametrech: výnos, obsah hlavních makroživin N, P, K v zrně a slámě, a vliv rozdílného pH půdy na příjem živin při dvouletém sledování v letech 2016 a 2017. Pokus byl založen na lokalitách Ivanovice na Hané (225 m. n. m.) a Lukavec na Vysočině (610 m. n. m.). Obě lokality se vyznačují strukturní půdou, v Lukavci je půda lehčího charakteru a méně úrodná. Klimaticky se vegetační rok 2017 řadil mezi sušší v Ivanovicích, nikoliv v Lukavci. Minerální hnojení N mělo negativní vliv na výnos v Ivanovicích ve sledovaném roce 2017. Různé dávky minerálního N na obou lokalitách měly vliv na příjem N a P zrnem a slámou v roce 2017. Půda na PS Lukavec byla postižena úbytkem K při vyšších dávkách minerálního N a závěrem je, že lokalita je limitována půdními vlastnostmi. V Lukavci docházelo k vyššímu odběru P slámou v průměru 12 kg.ha⁻¹ v roce 2017. Na obou lokalitách by měl být aplikován fosfor z minerálních či organických zdrojů. Dalším doporučením je, že půda v Lukavci by měla být pravidelně hnojena draslíkem.

Klíčová slova: výnos ozimé pšenice, hnojení ozimé pšenice, kvalita ozimé pšenice, organické hnojení, minerální hnojení

Relation between application of farmyard manure and mineral nitrogen on nutrients content in soil and effect on yield and quality of winter wheat

Summary: Experiment was established at 2 localities as part of the international IOSDV experiments which lasts from 1984. The aim of the thesis was to determine the effect of various organic and mineral fertilizing on parameters of winter wheat with grain quality A: yield; N, P, K content in grain and straw, and effect of different soil pH on nutrients uptake by grain in two-year monitoring in 2016 and 2017. The experiments were located at Ivanovice – South Moravia (225 m. a. s. l.) and at Lukavec – Czech-Moravian highlands (610 m. a. s. l.). The soil at both sites can be evaluated as structural, but at Lukavec there is lighter and less fertile soil. The growing year 2017 climatically ranked among the drier at Ivanovice, not at Lukavec. Nitrogen fertilizing had negative impact on grain yield at Ivanovice site in the monitored year 2017. Various doses of mineral N at both sites affected the N and P in grain and straw in 2017. The Lukavec site was characterized by K losses at higher doses of mineral N, so conclude is that the site is limited by the character of the soil. At Lukavec there was a higher sampling of P in straw an average of 12 kg.ha⁻¹ in 2017. Both experimental sites should be fertilized with phosphorus from mineral or organic sources. Another recommendation is that the soil at Lukavec should be regularly fertilized with potassium.

Keywords: winter wheat yield, winter wheat fertilizing, winter wheat quality, organic fertilizing, mineral fertilizing

1	Úvod.....	1
2	Vědecká hypotéza a cíl práce.....	2
2.1	Hypotéza.....	2
2.2	Cíl práce.....	3
3	Literární rešerše.....	4
3.1	Pšenice obecná ozimá.....	4
3.1.1	Původ.....	5
3.1.2	Popis.....	6
3.1.3	Habitus.....	6
3.1.4	Vývojové fáze ozimé pšenice.....	7
3.2	Základní agrotechnika a pěstování.....	8
3.2.1	Pěstování a nároky.....	8
3.2.2	Výnosové prvky a tvorba výnosu.....	9
3.3	Výživa ozimé pšenice.....	11
3.4	Nároky na živiny.....	11
3.5	Minerální výživa.....	12
3.6	Makroprvky ve výživě rostlin.....	16
3.6.1	Dusík.....	16
3.6.2	Draslík.....	20
3.6.3	Fosfor.....	21
3.6.4	Hořčík.....	24
3.6.5	Síra.....	25
3.6.6	Vápník.....	25
3.7	Dlouhodobé polní pokusy.....	26
3.8	Nové směry ve výživě porostů.....	27

4	Materiál	28
4.1	Mezinárodní polní pokus IOSDV	28
4.1.1	Pokusná stanoviště	28
4.1.2	Odrůda Cubus	31
4.1.3	Popis pokusu	35
4.1.4	Uspořádání	36
5	Metody	39
5.1.1	Stanovení bilance fosforu.....	39
5.1.2	Stanovení počtu klasů na jednotce plochy	40
5.1.3	Stanovení počtu zrn v klasu	40
5.1.4	Stanovení HTZ a objemové hmotnosti	41
5.2	Laboratorní zpracování	41
5.2.1	Ukazatele kvality.....	43
5.2.2	Nmin v půdě.....	42
5.2.3	Obsah hrubých bílkovin	43
5.3	Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení	44
6	Výsledky	45
6.1	Výnosy.....	45
6.2	Klimatické podmínky	31
6.3	Změny obsahu živin v půdě v závislosti na hnojení.....	47
6.3.1	Fosfor v půdě	47
6.3.2	Draslík v půdě	50
6.3.3	Nmin v půdě.....	52
6.4	Bilance fosforu	54
6.5	Živiny ve slámě	56
6.5.1	Dusík ve slámě.....	56

6.5.2	Fosfor ve slámě	57
6.5.3	Draslík ve slámě.....	58
6.6	Změny pH půdy	60
6.7	Vliv hnojení a pH půdy na příjem fosforu.....	63
6.8	Vliv hnojení a pH půdy na příjem draslíku	65
6.9	Klasové rozборы.....	67
6.9.1	Zdravotní stav klasů a HTZ	67
6.9.2	Počet klasů	69
6.9.3	Počet zrn v klasu	70
6.9.4	Sklizňový index.....	71
6.10	Kvalita produkce	72
6.10.1	Kvalitativní ukazatele	72
6.10.2	Objemová hmotnost	73
6.10.3	Obsah dusíku v zrn.....	74
6.10.4	Výnos bílkovin z 1 hektaru	75
7	Diskuze	76
8	Závěr	79
9	Seznam literatury	
9.1	Tištěné dokumenty	
9.2	Elektronické dokumenty.....	
10	Přílohy	
10.1	Výnosy	
10.2	Změny obsahu živin v půdě	
10.3	Bilance fosforu.....	
10.4	Živiny ve slámě.....	
10.5	Klasové rozборы.....	

10.5.1	Sklizňový index.....
10.6	Kvalita produkce.....
10.6.1	Obsah dusíku v znu.....

1 Úvod

Spotřeba potravin v tuzemsku trvale roste. Průměrný Čech sní za rok okolo 770 kg potravin a vypije 250 litrů minerální vody a nealkoholických nápojů. Spotřeba jídla tak roste asi o 1,5 % ročně. Samostatná je ČR jen v několika rostlinných a živočišných komoditách – obilovinách, mléku, hovězím mase, cukru, z nápojů dále ve výrobě piva. Méně jíme chléb, pšeničné a trvanlivé pečivo, což značí, že mírně klesá spotřeba mouky. Naopak roste obliba ječné krupice, ovesných vloček nebo rýže (ČSÚ, 2016a). Češi jedí pestřeji (zdravěji). Již dávno neplatí, že se na celkové spotřebě potravin rozhodujícím způsobem podílí pouze několik druhů základních potravin. Spotřeba obilovin (v hodnotě mouky), chleba, mléka a brambor dosahovala svého maxima v 40. a 50. letech minulého století (ČSÚ, 2015). České zemědělství vospělo, ale nemá odezvu v národní spotřebě, a proto musí vyvážet. Průměrný zemědělský subjekt obhospodařuje kolem 141 ha, z čehož má ve svém vlastnictví přibližně třetinu. Orné půdy dle posledních údajů od roku 2000 přibylo o 12 ha na subjekt a v rostlinné výrobě je zaměstnáno v průměru o 2,3 pracovních úvazků méně lidí (ČSÚ, 2013). V posledních letech klesá plocha obilovin, z nichž nejvýznamnější je stále ozimá pekárenská pšenice. Oproti roku 2015 klesla v roce 2016 osevní plocha obilovin o 51 tis. ha na 1 352 tis. ha. na úkor řepky a pícein pěstovaných na orné půdě (ČSÚ, 2016b). Osetá plocha s ozimou pšenicí se meziročně zvýšila (veg. rok 2016/2017) o bezmála 5 % (ČSÚ, 2017b). Výnos dle žnového zpravodajství byl v roce 2017 nižší vůči předchozímu roku o 1,15 t.ha⁻¹ (ČSÚ, 2017a; MZe, 2017). Světová cena pšenice nebyla a dosud není příznivá - od 5/2014 nepřesáhla 5 tis. Kč.t⁻¹, při současném kurzu dolaru (Macrotrends LLC, 2018). To by mohlo spolu s nižším výnosem vést k dalšímu poklesu produkce pšenice, z níž naprostou většinu pěstujeme v ozimé formě a značnou část vyvezeme do okolních zemí.

Kvalitní pšenice potřebuje ke svému růstu dostatek živin, a nejen dusíku. V ČR se v současnosti výrazně podceňuje hnojení fosforem, draslíkem i jinými živinami a výrazně stoupá pouze hnojení dusíkem. Podniky bez produkce nebo s minimální produkcí statkových hnojiv se mohou dostávat do problémů s udržením výnosů i kvality plodin, což se ale nedá říct zcela paušálně. Dosycovat půdu zpětně hnojivy lze, a je to jeden ze způsobů, jak zachovat půdní úrodnost (Vaněk a kol., 2007).

V této práci se věnuji vlivu sucha a dalších pěstitelských faktorů na výnos a kvalitu ozimé pšenice. Porovnávám při dvouletém sledování dvě lokality, a to lokalitu sušší a teplejší – Ivanovice na Hané s lokalitou vlhčí a chladnější – Lukavec na Vysočině. Normál srážek na Jižní Moravě činí 543 mm za rok, na Vysočině o 101 mm za rok více. V práci porovnávám vegetačně velmi odlišné roky 2016 a 2017. Z hlediska počasí se řadil vegetační rok 2017 mezi sušší. Teploty se vyšplhaly přes normál jak na jižní Moravě, tak na Českomoravské vysočině především v květnu, červnu a červenci. Oproti roku 2016, který byl srážkově bohatší, což se příznivě projevilo na vyšším výnosu ozimé pšenice především v Ivanovicích, byl vegetační rok 2017 problematičtější co se týče teplotních extrémů a srážkových podnormálů v kritických fázích vývoje na Jižní Moravě, a to v době jarního odnožování a od přibližně mléčné zralosti zrna. Od ledna do července 2017 napršelo v Ivanovicích jen 66 % normálu (1961 - 1990). V Lukavci spadlo v roce 2017 za stejné období o téměř 20 % více srážek vůči normálu. Klimatické podmínky měly významný vliv na kvalitu porostů, a zatímco v Lukavci zůstal meziročně výnos na stejné úrovni, tak v Ivanovicích výnosy zaznamenaly meziroční propad o 98,8 % v průměru.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

2.1 Hypotéza

Navyšování výnosů v ČR posiluje dominantní postavení ozimé pšenice mezi obilninami a je tak stále stěžejní plodinou českého zemědělství. Vztah mezi vstupy a výstupy živin z pole byl dlouhou dobu příznivý, v posledních letech se však s měnícím se klimatem ozimé pšenici méně daří dosahovat stabilního výnosu napříč ČR. Pro udržení výnosů a kvality zrna je nezbytné minerální hnojení, a to způsobem, který odpovídá potřebám porostů. Vypouštění jednotlivých dávek dusíku ze systému hnojení je opatřením, jak v sušších letech předcházet hospodářským ztrátám. Hnojení N, P, K a zejména statkovými hnojivy, jejichž účinek je dlouhodobý, nejenže zlepšuje kvalitu půdy pro příští generace, ale je také nezbytnou složkou výnosu a kvality zrna pšenice. Při nadměrném hnojení N dochází u lepších porostů zejména na lehčích půdách k deficitu P, K v půdě, kde se živiny snadněji uvolňují a následně jsou exportovány spolu s produkcí. Ukládání živin do slámy a zrna probíhá v průběhu roku nesouvisle, nicméně je pozorovatelný vliv hnojení a lokality. Jakmile

se zvyšuje množství srážek a je příznivá teplota pro růst, ukládání/ odčerpávání živin stoupá. Deficit je možno kompenzovat do určité míry minerálním hnojením.

Hypotézy:

1. Hnojení minerálním dusíkem zvyšuje příjem P a K rostlinami.
2. Příjem živin je ovlivněn pH půdy, kde minerální hnojení působí snižování pH a ovlivňuje různým způsobem příjem P zrnem a slámou.
3. Hnojení chlévským hnojem kompenzuje možnou negativní bilanci P a K způsobenou minerálním hnojením.

2.2 Cíl práce

V souvislosti s výnosem a kvalitou ozimé pšenice publikovali Káš a kol. (2016) výsledky z pokusu IOSDV, kde došlo k prokazatelnému snížení obsahu K, Mg, P v zrně a slámě po aplikaci minerálního N. Nicméně ve své podstatě byly odběry K, Mg, P rostlinami nejvyšší u minerálního hnojení N vzhledem k vyšším výnosům slámy i zrna a většímu zahuštění porostu.

Cílem práce je během dvouletém sledování (2016, 2017) určit, zda tento trend v pokusu IOSDV pokračuje – prohlubuje se spolu s měnícím se (extrémnějším) klimatem střední Evropy nebo neklesá. Tento cíl byl promítnut do hypotéz.

3 Literární rešerše

3.1 Pšenice obecná ozimá

Královna obilnin pšenice je nenahraditelnou složkou lidské výživy již po tisíce let. Pšenice se objevila ve výživě lidí v oblastech vzniku starověkých civilizací tedy Egyptě, Mezopotámii, Malé Asii, Íránské vysočiny a Sýrii. Byla prostředkem přechodu z doby kamenné, jejímž posledním obdobím byl Eneolit (doba měděná), kdy už bylo rozvinuto zemědělství (polní hospodářství, chov dobytka). Proběhla evoluce písma, které nahradilo piktogramy a ideogramy. Vznikla světová náboženství jako židovství a křesťanství. Písmo a mimo jiné rozvoj zemědělství umožnili zavést stálý správní a náboženský aparát, což je pokládáno za okamžik počátku civilizace (Oliva, 2003).

Pšenici řadíme po boku žita (také triticale), ječmene a ovsa, mezi obilniny I. skupiny. Fyziologicko - morfologické vlastnosti odlišující I. a II. skupinu jsou hlavně vytváření více zárodečných kořínků, počáteční rychlý vývin, kde dochází k odnožování již po 2 až 3 listu, vytváření ozimé a jarní formy, potřeba nižší teploty v době jarovizace, fotoperiodická reakce na dlouhý den (přechod do kvetení) a větší náročnost na vláhu než na teplo.

Nejvíce se v ČR na přibližně 81 % ploch všech obilnin pěstují 3 plodiny, a to pšenice ozimá, jarní a ozimý ječmen. Ozimá pšenice je dlouhodobě nejvyrovnanější výnosově z těchto obilnin (Palík a kol., 2007). V posledních letech se průměr hektarových výnosů pšenice v ČR ustálil na bezmála 6 tunách. Ve velikosti osevních ploch může pšenici konkurovat pouze řepka (350 tis. ha) a pícniny pěstované na orné půdě (400 tis. ha). Plocha osetá naprosto většinou ozimou pšenicí se drží na úrovni kolem 800 tis. ha, zatímco plocha ječmene od roku 2009 klesala. Ročně vyprodukujeme cirká 4 mil. tun. Z toho 2 600 tis. tun tedy cca 65 % průměrné produkce nejde do potravinářského průmyslu, ale zkrmí se, využije v jiném odvětví průmyslu nebo vyveze do zahraničí. Semeleme a vyrobíme potravinářské výrobky z cca 1 200 tis. tun pšenice (30 % produkce). Spotřeba na osivo činí cca 190 tis. tun tedy do 5 % produkce (Palík a kol., 2009). EU v roce 2016 vyprodukovala 142,6 mil. tun pšenice. Dle údajů FAO (2016) náš roční vklad činí dokonce 5,45 mil. tun což odpovídá 3,8 % produkce EU. Evropa (nejen EU) se na světové produkci podílí cca 32,5 %. Nejvýznamnější zemí EU-28 v produkci je již delší dobu Francie, následovaná Německem (FAO, 2016).

V ČR se pěstují především registrované odrůdy pšenice. Od nich je očekáván vysoký potenciál tedy potřebná kvalita a výnos v proměnlivých podmínkách prostředí i při různé úrovni agrotechniky. Důležitým prostředníkem mezi šlechtiteli a pěstiteli je národní odrůdový úřad, který provádí u přihlášených odrůd polní pokusy. ÚKZÚZ vydává každoročně seznam doporučených odrůd, který je k dispozici v tištěné podobě a také online na resortním portálu Ministerstva zemědělství. Portál poskytuje další doplňující informace o užitné hodnotě, výnosu a poznatky z odrůdových zkoušek a pokusů. V roce 2016 se mezi tyto informace dostalo také měření obsahu N-látek v zrna jednotlivých odrůd při shodné úrovni agrotechniky. Ve tříletém pokusném sledování ÚKZÚZ (období let 2013 - 2016) bylo zkoušeno 26 odrůd standardního sortimentu a 7 odrůd raného sortimentu ozimé pšenice. Výnos a kvalita odrůd charakterizovaná obsahem N-látek byla v negativní závislosti. Projevil se také poměrně malý rozdíl ve výnosu N-látek z hektaru. Pouze 2 odrůdy standardního sortimentu poskytly ve sledovaném období větší výnos než 1,3 t.ha⁻¹ bílkovin, 6 ze 7 odrůd raného sortimentu pak překonalo 1,2 t.ha⁻¹ bílkovin. V ČR je stálý zájem pěstitelů o rané odrůdy s vysokou kvalitou zrna vzhledem k zařazení následné plodiny ozimé řepky s přípravou půdy konvenčním způsobem, tak aby půda mohla po orbě slehnout a stihlo se zasít v agrotechnickém termínu. Značný zájem dokládá i fakt, že raná odrůda Julie (E) byla množena v roce 2017 na bezmála 1600 ha (3. místo mezi ozimými pšenicemi). Oblíbená raná odrůda českých pěstitelů Bohemia postupně sklesala v množení ze 4355 ha v roce 2012 na 916 ha v roce 2017, což je důkazem nezbytné obměny sortimentu odrůd (ÚKZÚZ, 2012; ÚKZÚZ, 2017).

3.1.1 Původ

Dnešní hexaploidní pšenice je chápána jako kříženec mezi tetraploidní pšenicí dvouzrnkou *T. dicoccoides* a divokou stepní trávou *Aegilops tauschii* (Mac Key a kol., 2005). Touto cestou se také dnes získává nový genetický materiál pro šlechtění současných hexaploidů. Mimo ČR se pěstuje poměrně hodně pšenice tvrdé, která je náročnější na vyšší teploty a řadíme ji mezi pšenice dvouzrnky (*T. dicoccoides*). Pšenice procházela už od počátku selektivním křížením. Byla domestikována již před 7 000 lety př. n. l., její původ je možné směřovat do oblasti Úrodného půlměsíce i když zcela přesně její původ neznáme. Genetické výzkumy poukázaly na to, že původ spadá do oblasti sousedící s Kaspickým

mořem v dnešním Iránu, archeologové přišli s přibližným datem vzniku 7000 př. n. l. (Dvorak a kol., 2012). Pšenici obecnou řadíme do čeledi trav (*Poaceae*), která obsahuje cereálie jako rýže setá (*Oryza sativa*), kukuřice (*Zeamays*), oves setý (*Avena sativa*) a okrasné druhy jako stepní trávy (*Cortaderia selloana*) a bambus. V současnosti je k dispozici přibližně 5000 kultivarů konzumní pšenice. Historicky bylo vytvořeno přibližně 35000 kultivarů (Jaradat, 2011).

3.1.2 Popis

Rostlinné orgány pšenice dělíme na kořeny, stéblo a klas se zrna. Stéblo je duté, kolénkaté, lysé případně s jemným ochlupením na kolínkách. Z jednotlivého stébela vyrůstá cca 6 listů s čepelí až 20 mm širokou a až 35 cm dlouhou. Nejvyšší „praporcový“ list (svisle rostoucí, ukloněný nebo zpola ukloněný) má důležitou úlohu, jelikož jeho pozice souvisí s metabolickou asimilací, a tedy produktivitou rostliny. Rostlina vytváří odnože, které se tvoří hlavně na jaře, tuto fázi označujeme jako odnožování. V době po vymetání se objevuje klas, který následně kvete. Klas je až 15 cm dlouhý, téměř čtvercový v průřezu, se 2-5 neplodnými klásky na základně 10-25 plodných klásků (u jednotlivých druhů značně kolísá). Plevy jsou široké, v horní části kýlovité, střední žilka plevy bývá protažena v osinu, z paždí vyrůstá klásek. Skutečně bezosinné pšenice neexistují, protože se vždy vytvoří alespoň krátká osina na některé plevě. Zrno vyrůstá nejčastěji v páru uvnitř klásku, je oválného tvaru se střední žilkou na břišní straně a jemně ochmýřeno chomáčkem chloupků (Zimolka a kol., 2005).

3.1.3 Habitus

Výška je variabilní, nejčastěji je mezi 1,2 - 1,5 metru u odrůd starších (cirka 1930) až po 85 cm u dnešních odrůd. U moderních odrůd postupně zesílilo stéblo, které drží čím dál větší a těžší klas. Snížení výšky bylo dosaženo pomocí tzv. trpasličích genů, selektivním křížením s Japonskou odrůdou Norin 10, čímž vznikaly nejnovější kultivary po roce 1960. To umožňovalo nově pěstovat pšenici v rozvojových krajinách s použitím hnojiv a závlahy – snížení rizika poléhání (Reitz a Salmon, 1963 In Brooking a Kirby, 1981).

3.1.4 Vývojové fáze ozimé pšenice

Tabulka 1: Mezinárodní stupnice vývojových fází BBCH (00-99) pro jednoděložné plevle, upraveno dle Meiera a kol. (2009)

00	semena suchá
01 – 03	bobtnání semen
05 - 07	růst zárodečných kořínků
07 – 09	prorůstání koleoptile a listové pochvy
10 – 19	vývoj listů
20 – 28	tvorba vedlejších výhonů
29	konec odnožování
30	začátek sloupkování
31 - 36	růst kolének (1., 2., 3., 4., ...)
37 - 39	diferenciace praporcového listu
40 – 49	naduřování listové pochvy
50 – 59	metání, 59 - vyvinutý klas
60 – 69	kvetení
70 – 79	vývoj plodu, 75 - střed mléčné zralosti, všechna zrna konečné velikosti, zelená zrna, obsah zrn mléčný
80 - 89	dozrávání, 89 - plná zralost, zrno je tvrdé, lze ho jen těžko nehtem přelomit
90 – 99	stárnutí, dormance, 92 – fyziologická zralost, zrna se přes den uvolňují

3.2 Základní agrotechnika a pěstování

3.2.1 Pěstování a nároky

Za vůbec nejvhodnější předplodiny jsou pokládány luskoviny, jeteloviny, okopaniny, olejninny a zeleniny, obecně zlepšující plodiny. Ze základních prvků agrotechniky krmné pšenice se lze smířit i s obilní předplodinou, ale pro dobrý výnos bude vždy zlepšující předplodina přínosem (Petr, 2001). Nejčastěji zařazovanou předplodinou ozimé pšenice v ČR je ozimá řepka, často se střídají pouze tyto dvě ve sledu. Častý je sled ozimá pšenice, jarní ječmen, ozimá řepka. Zařazování v obilním sledu po kukuřici se nedoporučuje vzhledem ke zvýšení fyto-sanitárního rizika napadení porostu (Kazda a kol., 2010).

Porosty pšenice se zakládají obvykle na vzdálenost řádků 12,5 cm a hloubku 1,5 – 3 (4) cm. Obilky vzcházejí po 7 - 9 dnech při teplotě 15 °C. Mělké setí kolem 2,5 – 3 cm zajistí rychlejší vzcházení, více odnoží, lepší kořenovou soustavu a menší poškození houbovými chorobami napadající kořeny a báze stébel. Na lehkých a sušších půdách se seje do větší hloubky než na těžších a vlhčích půdách. Předplodina vytváří podmínky pro rozvoj kořenové soustavy pšenice. Podstatně mění fyzikální vlastnosti půdy, které jsou důležité pro růst a vývoj biomasy, ale i klasu a zrna (Prugar a Hraška, 1986 In Palík a kol., 2009). V případě horší předplodiny je nutno vysávat ozimou pšenici nejpozději do 10. října (Vach a Javůrek, 2011). Pro časný výsev se za dobrých půdních podmínek doporučuje výše výsevu 1,8-2,5 MKS.ha⁻¹. Při pozdějších výsevech je potřeba výsevek zvýšit – při výsevu v říjnu na 2,5-3,5 MKS.ha⁻¹, později 3,5-4,5 MKS.ha⁻¹ (Koubová, 2005). Snižovat výši výsevu lze i pod 1,8 MKS.ha⁻¹. V pokusech se zkoušelo přesné setí s hnojením pod patu poskytující stejný a v některých případech také vyšší výnos na lokalitě Uhřetěves v roce 2014/2015 vůči variantám s vyšším výsevkem setých konvenčně (Brinar, 2016).

Pšenice je náročnější na půdy. Dobré výnosy poskytuje na půdách strukturních, hrubších hlinitých až jílovitohlinitých s optimální zásobou živin. Přijímá půdy slabě kyselé až neutrální s pH 6,0-7,2. Hůře snáší půdy písčité, kyselé a trvale zamokřené. Při poklesu pH pod hodnotu 6,0 klesá výrazně výnos ozimé pšenice (Tichá a Vyzínová, 2006).

Důležité je přihlídnout k charakteru půdních vlastností. Úrodnost půdy tvoří 3 nejvýznamnější faktory: mocnost orničního profilu, půdotvorný substrát a zrnitost půdy značně závislá na půdním typu. Nejvyšší surovina je pěstována v kukuřičné a řepařské

výrobní oblasti. Ve výše položených oblastech neobsahuje zrno příliš N – látek. Speciálně v horských oblastech by měl být podíl krmných odrůd až ke 100 % (Palík a kol., 2009).

V ČR převažuje půdní typ kambizem (58 % území), především v méně úrodné bramborářské VO. Hejzman a Kunzová (2010) uvádějí, že na kambizemi byl v dlouhodobém pokusu výnos nejvíce ovlivněn minerálním hnojením (lokalita Lukavec), dále odrůdovými vlastnostmi, předplodinou a organickým hnojením statkovými hnojivy. Produktivita pěstování ozimé pšenice na hlinitopísčité kambizemi je tedy založena na aplikaci N, P a K hnojiv. Především hnojení N má pozitivní vliv na výnos vzhledem k nízké úrovni mineralizace půdní organické hmoty. V minulé dekádě se dle Kunzové a Hejcmána (2009) In Hejzman a Kunzová (2010) neprojevil tak vysoký nárůst výnosu na černozemi jako na kambizemi (kambizem 27,1 kg zrna na 1 kg N; černozem 18,7 kg zrna na 1 kg N). Optimální dávka N hnojení byla určena na úrovni 121 kg N. ha⁻¹ pro ozimou pšenici na kambizemi, vyšší úroveň hnojení 160 kg N.ha⁻¹ lehce snižovalo výnos (Hejzman a Kunzová 2010).

3.2.2 Výnosové prvky a tvorba výnosu

Výše výsevku klíčivých zrn a jejich rozmístění je podkladem pro utváření struktury porostu. Základní struktura je určena počtem rostlin na jednotce plochy a počtem odnoží na rostlině. Z hlediska výnosu je důležitý podíl realizovaných odnoží, tj. počet plodných stébel na rostlině. V porostech s hustotou kolem 500 rostlin na 1 m² odumírá až 80 % ze založeného počtu odnoží. Redukce odnoží je větší u odrůd více odnožujících. Schopnost obilnin odnožovat je velká a závisí na podmínkách růstu a vývoje. Odnožování nejvíce podporují faktory, které zpomalují vývoj, tedy diferenciaci vzrostného vrcholu. Patří sem zejména vliv krátkého dne a hnojení obzvláště dusíkem, ale také kombinace hnojení dusíkem s fosforem (Lipavský, 2000).

Výnos se formuje postupně s tím, jak narůstá biomasa a formují se klasy. Až 70-80 % N obsaženého v zrně pochází z rezerv, vytvořených ve vegetativních orgánech rostliny ve fázích odnožování a sloupkování na jaře. Zbývající dusík přijímají rostliny z půdy. Za intenzivní asimilaci odpovídá praporcový list, který směřuje kolmo vzhůru a je spirálovitě ukloněn (Mabberley, 2008). Praporcový list zajišťuje 50-60 % výnosu zrna. Druhý vrcholový list rozhoduje o výnosu zrna 15-25 % a klas z 20-30 %. Zdravotní stav prvních dvou listů je podstatou vysoké fotosyntetické asimilace (Grzebisz a Szczepaniak, 2006).

Každý založený kvítek a klásek nepřinese obilku. Pokud jsou tedy rostliny v blahobytu během celé vegetace, je předpoklad toho, že pšenice vytvoří bohatší klasy. Nedostatek dusíku v kritické fázi naplňování sinku produkty fotosyntézy zkracuje dobu dozrávání a zároveň zmenšuje obsah N v zrna. Vztah mezi produkčním potenciálem a akumulací kapacitou pro dosažení vysokých výnosů zrna je založen na efektivitě využití sluneční energie, zabudování této energie a na minimálních ztrátách respirací (ovlivňuje i např. N) (Madani a kol., 2010). Pozdní hnojení v době metání se odráží v příznivých hodnotách sedimentačního indexu (Zelený test), které má vztah k obsahu hrubých bílkovin a objemu pečiva. Hnojivý efekt závisí na dostatku srážek po aplikaci, z toho důvodu je lépe aplikovat dusík již před metáním (Petr a kol., 1980). Důležitým aspektem je však dobré založení klasů, zakvetení a opylení porostů. Kvalitní základ tvoří rostliny již na podzim a během zimy, kdy není výjimkou, že dorůstají kořeny. Porosty, které odnoží již na podzim jsou perspektivnější. K plnému odnožování dochází zjara, poté porosty sloupkují – stébla a odnože se vzpřimují, objevuje se první kolénko. Porost následně vymetá z klasů, kvete, je opylen a formují se zrna. Delší klasy znamenají větší počet zrn, výnos však zajistí teprve dostatečně velká, objemná zrna (Lipavský, 2000). Právě v období od počátku kvetení do plné zralosti vzniká 80-90 % výnosu zrna. Porost sklízíme v plné zralosti, kdy je obilka tvrdá a vlhkost nepřesahuje 13 %. Důležitým aspektem tvorby výnosu je správné hnojení – dávka a termín, dle průběhu ročníku.

V letech s vyšší objemovou hmotností bývá teplota nejvyšší v červnu a poté klesá. V letech s nižší objemovou hmotností je typický nárůst teploty v období červen – červenec. Vysvětlení publikovali Rharrabi a kol. (2003) a Muchová (2001) In Palík a kol. (2009) – delší působení vysoké teploty v období tvorby zrna urychluje stárnutí asimilačního aparátu horní části rostliny (první dva listy) a objemová hmotnost zrna se sníží. V roce 2003 se velmi výrazně projevil vliv ročníku na produkci, výnosový propad tehdy zasáhl všechny obilniny. Ukázalo se, že limitujícím faktorem pro užití potravinářské pšenice byla celková produkce pšenice a nikoli její kvalita (MZe, 2003). V suchém roce 2015 došlo k poklesu produkce obilovin, přesto byla jejich celková sklizeň s výjimkou zrnové kukuřice vysoce nadprůměrná vůči sklizním obilovin za 10 let (ÚZEI, 2015).

Výpočet úrody/ výnosové prvky:

$$V = \frac{K \times Z \times A}{10^5} \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$$

kde K = počet klasů na 1 m^2
 Z = průměrný počet zrn v klase
 A = hmotnost 1000 zrn (g)

3.3 Výživa ozimé pšenice

3.4 Nároky na živiny

Ozimá pšenice se řadí mezi plodiny se střední potřebou živin. Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá v průměru:

Odběr živin (kg.t⁻¹): 25 kg N, 5 kg P, 20 kg K, 2,4 kg Mg, 4 kg S

Průměrná dávka živin k ozimé pšenici dle správné zemědělské praxe je přibližně následující (Vaněk a kol., 2007):

Potřeba hnojení: 126 kg N.ha⁻¹, 28 kg P.ha⁻¹, 23 kg K.ha⁻¹

Správný průběh růstu, kvetení, tvorby zrna a zajišťují živiny N, P, K. Zatímco P a K se sorbují v půdě, N je nutné pravidelně doplňovat. Dusík se účastní mnoha fyziologických pochodů v rostlinách a jeho dostatečné množství je potřebné v průběhu celé vegetace. Celkovou dávku N aplikovanou během vegetace obvykle pěstitelé dělí do 3 dávek. Rozdělení dávky N závisí také na odrůdě a využití (Růžek a kol., 2013)

Dělení dávek N: regenerační dávka, produkční dávka (I, II), kvalitativní dávka

V zemědělských podnicích s nedostatkem stájových hnojiv je nutné pro zajištění obnovy půdní úrodnosti pěstovat dostatečné plochy zeleného hnojení. V řadě podniků je stájových hnojiv ještě dostatek a mohou být aplikována v pravidelných cyklech. Je zde žádoucí dodržovat zásadu vyhnojení větší plochy nižšími dávkami než naopak. Pokud by statková hnojiva měla krýt plně export živin z půdy je zřejmé, že by musela být vysoká hustota dobytka a tím i vysoký nákup krmiv. Tím by se eliminoval nedostatek živin obsažených v produkci i ztráty zejména u dusíku. Deficit živin v půdě však v našem zemědělství nelze uhradit plně statkovými hnojivy (Vaněk a kol., 2002).

Dusík v zrně charakterizující množství bílkovin je podroben testu kvality lepku (Zelený test) již při výkupu. Výnos bílkoviny je funkcí prostředí a její kvalita má silný genetický základ (Hrušková a Faměra, 2003). V období 2004-2009 sledovali Palík a kol. (2009) souvislost intenzity pěstování s ukazateli: obsah N - látek v zrně, číslo poklesu,

objemová hmotnost, obsah lepku, sedimentační index (Zeleny test). Vyšší intenzita pěstování nebyla průkazně spojena s poklesem kvality zrna pekárenských pšeníc.

3.5 Minerální výživa

Porosty ozimé pšenice vedené v souladu se zásadami správné pěstitelské praxe, jako je dodávka organické hmoty ve formě hnoje, úprava pH vápněním, široký osevní postup a vhodné ošetřování, dávají velmi dobrý výnos v nižších až středních hladinách dávek minerálních hnojiv (Hodanová, 1998). Konkrétně u pšenice ozimé dle nitrátové směrnice zákona č. 263/2014 Sb. je strop hnojení dusíkem nastaven na hranici 190 kg N.ha⁻¹ jako součet dílčích hnojení N za rok – organicky i minerálně.

Minerální hnojení se dnes považuje za předpoklad vysokého výnosu i kvality produkce a je také základem pro udržení půdní úrodnosti do budoucna. Tvorba výnosu ozimé pšenice v době sloupkování až po sklizeň je založena na dosycování základními živinami ve formě minerálních hnojiv (Vaněk a kol., 2012). K hnojení se využívají klasická N hnojiva jako ledky s nitrátovou formou N - ledek amonný s vápencem (27 % N), amonná forma - NH₄⁺, a amidická forma v močovíně (46 % N). Nitrátová a amonná forma se často spojuje s ostatními prvky, používají se kombinovaná hnojiva jako Amofos či NPK. V kyselých nebo v alkalických půdách, kde dochází k významné chemisorpci fosforu v půdě je vhodné využívat hnojiva s fosforem v méně rozpustných formách jako mleté fosfáty, hyperfosfáty, Dopofos, Fosmag apod. Z K hnojiv se běžně hnojí draselnými solemi, Kamexem či Kainitem obsahujícím také hořčík. Lepší z hlediska nižšího okyselování půdy je ovšem síranový typ draselných hnojiv (síran draselný, Patentkali) (Kunzová, 2009).

Síran je součástí řady kombinovaných hnojiv - síran amonný, SAM, DASA, LAS aj. K hnojení na podzim je možné samotnou síru aplikovat v hnojivech obsahujících její elementární formu S₀ (Škarpa a kol., 2016). Praxe nesmí opomíjet ani hnojení hořčíkem i když jednoděložné rostliny nejsou na Mg nejnáročnější. Vhodná forma Mg hnojiv jsou ve vodě rozpustné soli (Cl₂⁻, SO₄²⁻, NO₃²⁻), snadno dostupné rostlinám, lze je aplikovat také v roztoku na list, který se musí opakovat alespoň 1x, a naplánování aplikace je o něco složitější než půdní hnojení, nesmí totiž dojít ke smyvu po několik hodin (Sigel a Sigel, 1990).

Na pozemcích s disharmonií výživného stavu půdy nemá opodstatnění vyšší intenzita hnojení dusíkem. Potřeba vápnění a stanovení množství a přístupnosti esenciálních živin N_{min}, P, K, Mg je důležitá součást šetrného přístupu k hnojení půdy.

Množství proteinů v zrně – důležitá součást a ukazatel kvality zrna, je ovlivněno těmito faktory: klima, odrůda, množství dodaného N, načasování hnojení dávek N, výsevek, půdní úrodnost. Faktory navzájem interagují a ovlivňují tím výnos. Výběr odrůdy a vhodně zvolená strategie hnojení je způsob, jak zvýšit efektivitu pěstování (Nakano a kol., 2008). Existuje předpoklad, že u odrůd tvořící výnos počtem klasů je potřeba hnojit vyšší dávkou N již v BBCH >31<51. Většina porostů se hnojí více až produkční dávkou N (BBCH 51) (Tvarůžek a kol., 2011). Tento postup nebere příliš v potaz typ odrůdy, ale pouze stav porostu. K dispozici jsou dnes kompenzační odrůdy tvořící jakýsi střed mezi odrůdami tvořícími výnos počtem klasů a produktivitou klasu (kompenzační odrůdy středně odnožují, mají zpravidla vyšší HTS a objemovou hmotnost, a jsou plastičtější).

Tabulka 2: Obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku v rostlinách, zrna a slámě ozimé pšenice; zdroj Vaněk a kol., 2012

Orgán (fáze růstu)	% sušiny				
	N	P	K	Ca	Mg
Nadzemní část (6. list)	4,52	0,37	3,34	0,65	0,2
Nadzemní část (1. kolénko)	3,36	0,33	3,29	0,56	0,19
Nadzemní část (květ)	1,54	0,23	1,81	0,35	0,13
Zrno	2,24	0,37	0,48	0,06	0,18
Sláma	0,63	0,09	1,12	0,32	0,12

Obsah živin v sušině rostlin klesá se stářím porostu viz tab.2. V zrně obsah naopak stoupá. Takto se vrací již v době růstu kořenovými exudáty část dodaných živin zpět do půdy. Výrazně se navrácí K, který je navíc ve zvýšené míře obsažen ve slámě a tolik není odčerpáván zrnem. Z tohoto pohledu je nezbytné slámu na polích zanechat (zaorat), K se uvolní zpět do půdy pro následnou plodinu. Na slámu se dnes běžně aplikuje minerální N, který urychlí její rozklad, i když sláma určité množství N obsahuje. N využijí půdní organismy a neodeberou jej slámě, která se rychleji vstřebá do půdy (postačí 8 - 10 kg N.t⁻¹ slámy). Hnojení slámou nejlépe využívají plodiny, ke kterým se běžně hnojí chlévským hnojem – okopaniny, olejnin, některé zeleniny apod. (Hlušek, 2004).

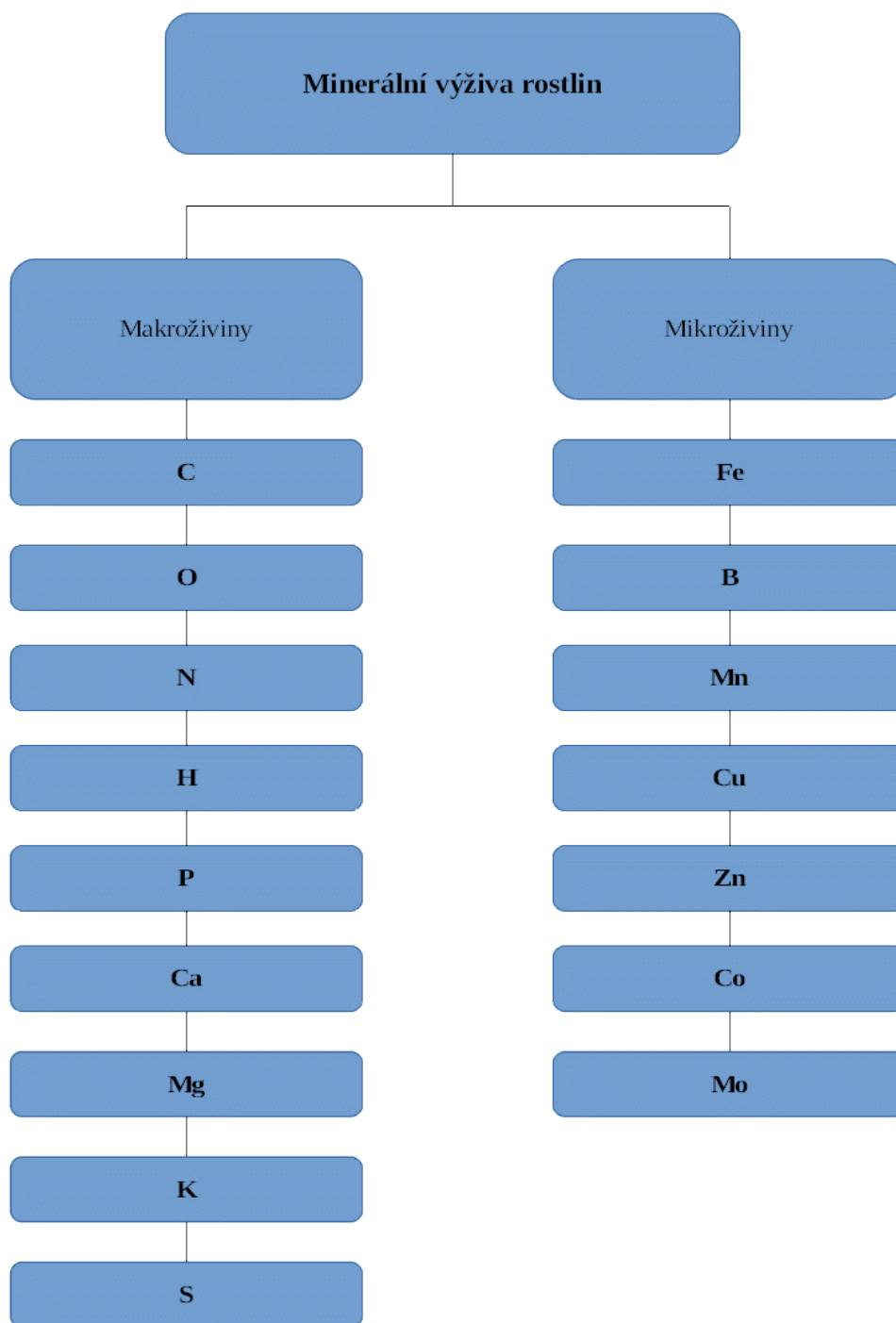
Tabulka 3: Průměrné chemické složení slámy v %, zdroj: Hlušek, 2004

Druh slámy	Sušina	Org.l.	N	P	K	Ca	Mg	C:N
Obilniny	86	82	0,45	0,09	0,79	0,24	0,06	80 - 100

Průmyslová hnojiva poškozují půdní strukturu a narušují její chemismus. Na druhou stranu jde o nenahraditelný vstup, který je základem výnosu a kvality ozimé pšenice. Je třeba najít optimální poměr faktorů ovlivňující růst, vývoj, výnos a kvalitu produkce. Nejpodstatnější je pravidelné cílené doplňování makroživin a nezbytných mikroživin – dobrým zdrojem jsou statková hnojiva, která se ovšem liší hnojivovým účinkem a neobsahují všechny potřebné živiny. Chlévský hnůj např. obsahuje málo Ca. Většina organických hnojiv je však bohatým zdrojem nezbytných mikroprvků a obsahuje také řadu biologicky aktivních látek (Hlušek, 2004). Hnůj obsahuje např. auxiny. Rostliny odčerpávají přibližně 1000x menší množství mikroprvků ve srovnání s makroelementy.

Z významných škod vlivem nedostatku mikroprvků lze jmenovat poškození nedostatkem manganu, které omezuje tvorbu bílkovin. Nadbytek vyvolává těžké chlorózy a listy mohou i odumřít. Nedostatek mědi se objevuje často už při odnožování a listy se různě stácejí. Pokud se nedostatek objeví později, tak se listy stácejí, ovšem ovlivněn je i klas a zkracuje se. Při nedostatku bóru je zasažen meristém, odumírá růstový vrchol a rostlina intenzivně odnožuje. Odnože ovšem brzo odumírají. Důsledkem je také zakrslý klas, problémy se objevují již při kvetení a pyl je často sterilní. Možná je opačná situace a sice toxicita bóru, příznakem jsou zlatožluté chlorózy starších listů (Richter a Hřivna, 2005). Nedostatky mikroprvků Fe a Mo nejsou při pěstování ozimé pšenice na většině půd běžné (Vaněk a kol., 2012). V kvalitním chlévském hnoji je průměrně obsaženo následné množství mikroprvků (v mg.kg⁻¹): 5 – 30 B; 4 – 15 Cu; 30 – 200 Mn; 0,05 – 2,4 Mo; 20 – 90 Zn (Hlušek, 2004). Nikl je považován za esenciální mikroprvek také pro rostliny, i když jeho úloha u některých rostlin není ještě plně objasněna (Vaněk a kol., 2012).

Obrázek 1: Prvky nezbytné pro správný růst a vývoj rostlin; zdroj: Vaněk a kol. 2007



3.6 Makroprvky ve výživě rostlin

3.6.1 Dusík

Pro zemědělce má zvláštní význam porovnání vstupů a výstupů dusíku. Z atmosférické depozice se na území ČR v průměru dostává do půdy 20 – 30 kg N.ha⁻¹ za rok (Skořepová a kol., 2000). Je však třeba si uvědomit, že většina tohoto N nemůže být využita rostlinami, protože padá na půdu i mimo vegetaci, kdy porost není schopen N využít. Největší množství N bezprostředně využitelného rostlinami je již obsaženo v půdě. Celkově se jeho obsah pohybuje v hodnotách od 0,05 % do 0,3 % (tj. na 1 ha od 1 500 do 9 000 kg N). Většina dusíku je vázána ve formě organické (98 - 99 %), rostlinám až na výjimky přímo nepřístupné a pouze 1 – 2 % se nachází ve formě minerální (na 1 ha připadá 15 – 180 kg N). Významná část N je vázána v aromatických jádrech huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických látek v půdě. Organický dusík v půdě, který je základem její úrodnosti dělíme na lehce a těžce hydrolyzovatelný. Určitá část hydrolyzovatelného organického N podléhá mineralizaci až na N_{min}, který může být rostlinami využit k výživě. Množství lehce hydrolyzovatelného N_{org}, který se v průběhu vegetace mineralizuje, činí podle Berekzaie a kol. (1992) In Balík a kol. (2012), a Bieleka (1998) od 60 do 160 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Fixací elementárního dusíku hlízkovými bakteriemi lze získat mezi 100 - 200 kg N.ha⁻¹.rok⁻¹. Při nesymbiotické fixaci se dodá na každý ha cca 5 kg N.rok⁻¹. K zajištění lepšího využití N rostlinami je nutné vyvarovat se nadbytečných ztrát. Využití N z hnojiv činí pouze 35-70 % (v průměru cca 50 %), a 20 - 50 % je N je vázáno v půdě, k čemuž se připojují i ztráty volatilizací, vyplavením a erozí (Hlušek a Richter, 2009).

Významné jsou především ztráty volatilizací amoniaku z organických hnojiv při jejich povrchové aplikaci a pozdním zapravení. K největším ztrátám však dochází těsně po aplikaci organických hnojiv. Balík a kol. (2012) měřili v polních a laboratorních podmínkách ztráty amoniaku těkáním u organických hnojiv kalu a hnoje. Aplikovány byly dávky 330 kg N.ha⁻¹ na variantě kal a hnůj, a 165 kg.ha⁻¹ na variantě hnůj ½. Z průběhu měření byly vypočteny ztráty N, které činily 15 % u hnoje z dodaného N a u kalu 18 %, což při přepočtu na 1 ha představuje 51 kg, resp. 60 kg N.ha⁻¹ do 24 hodin po aplikaci, pokud hnojivo zůstane na povrchu. V případě 1/2 dávky hnoje představovaly ztráty 19 % z dodaného množství N již za

13,5 hodiny po aplikaci. Přestože podle legislativy by tuhá organická hnojiva měla být zapravena během 24 hodin, je nezbytné jejich zapravení v praxi provádět během několika málo hodin.

Bilance N v půdě; upraveno dle Balíka a kol. 2012

Bilance dusíku v půdě = počáteční obsah N_{\min} v půdě ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + dávka N v hnojivech ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – reziduální zbytek N_{\min} po sklizni ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + odběr N rostlinami ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Změny v obsahu celkového N jsou pomalé (desítky let), znalost obsahu celkového N v půdě však umožňuje lepší hodnocení přeměn a bilancí N. Nejvíce přístupného N se běžně nalézá v ornici, kde se N uvolňuje mineralizací organických látek. V simulovaných modelech růstu kořenů v podornici při změně parametrů kořenů ozimé pšenice (zvýšení růstu kořenů do hloubky) bylo zaznamenáno lepší využití dusíku (Svoboda a Haberle, 2006).

Zásoba N_{\min} v půdě během roku velmi fluktuuje v závislosti na procesech přeměn. Tuto velkou sezónní variabilitu N_{\min} v půdě je třeba respektovat a využívat v praktické výživě rostlin při určování dávek N v různých formách ke konkrétní plodině (ozimá pšenice), před založením porostů, ale i při přihnojování během vegetace (Balík a kol., 2012). Z měření Balíka a kol. (2012) vyplynulo, že relativně kladné změny obsahu celkového N v půdě lze zaznamenat při hnojení kvalitními organickými hnojivy (kal, hnůj) a také při současném hnojení minerálním hnojivem s obsahem N (hnůj+N) a dokonce při samostatném hnojení minerálním NPK. Pro výživu rostlin je však rozhodující N, který je ze stabilních dusíkatých, především organických sloučenin v půdě uvolňován mineralizací. Tyto lehce mineralizovatelné formy N (hydrolyzovatelné formy N) jsou mnohem více ovlivněné zemědělskou činností než obsahy celkového N. Mezi tyto složky patří horkou vodou extrahovatelný dusík (N_{hwe}), dusík mikrobiální biomasy (N_{bio}), dusík stanovený inkubačními testy (N_{ink}) a extrahovatelný organický dusík (N_{org}). Nejčastěji se v zemědělské praxi využívá stanovení minerálního dusíku N_{\min} . Zde je však důležité, jaké extrakční činidlo je využíváno. V ČR je to 0,01 M CaCl_2 , ale často se využívá také 0,2 M KCl, 0,05 M K_2SO_4 nebo destilovaná voda. Extrahovatelný podíl se liší na jednotlivých stanovištích. Na stanovištích s horší kvalitou organické hmoty (např. Lukavec) je extrahován větší podíl horkou vodou, ale zároveň jsou zde horší podmínky pro přirozený průběh mineralizačních procesů, takže je

stanovováno menší množství N_{min} v půdě ve srovnání s úrodnějšími stanovišti (např. Suchdol, Hněvčeves). Obsah N stanovený inkubačními testy ukazuje, kolik N ještě může být mineralizováno v případě optimálních podmínek (N_{pot}) pro průběh mineralizačních procesů ($N_{pot} = N_{ink} - N_{min}$) (Balík a kol., 2012).

Tabulka 4: Průměrný podíl extrahovatelných forem N z N_t – celkového dusíku (%), na třech lokalitách v ČR přepočítaný na 1 ha ornice; upraveno dle Balíka a kol. 2012

Stanoviště	Extrahovatelný podíl z N_t (%)			Extrahovatelný podíl z N_t (kg/ha)		
	N_{hwe}	N_{min}	N_{ink}	N_{hwe}	N_{min}	N_{ink}
Suchdol	5,18	0,88	1,78	446	76	153
Hněvčeves	4,94	0,77	1,92	400	62	155
Lukavec	7,02	0,67	2,11	660	63	198

Dle Balíka a kol. (2012) jsou mikroby potažmo mikrobiální biomasa významnou složkou lehce rozpustných forem N, produktů mineralizace organické hmoty. Mikrobiální biomasa tvoří přibližně polovinu z podílu N_{hwe} (org. látky extrahované horkou vodou). Mikrobiální biomasa může být potenciálním zdrojem živin nebo naopak může představovat konkurenci ve výživě rostlin, zvláště u významných biogenních prvků jako jsou N, P, S. V krátkém časovém rozmezí mohou být detekovány změny v bilancích organické hmoty a živin, které s její transformací úzce souvisejí (především C, N, příp. S). Tyto změny charakteristické výrazným počátečním kolísáním před ustavením rovnováhy mohou lépe popsat podmínky pro průběh mineralizačně/imobilizačních procesů v půdě.

Obsah dusíku je ovlivněn nejen hnojením, ale významný vliv zde má i vliv ročníku. Obsah N v jednotlivých letech je, ale v úzké korelaci mezi různě hnojenými variantami na určitých stanovištích. Hodnocení obsahu dusíku ve sklizených produktech lze využít při posouzení ukazatelů využitelnosti N z aplikovaných hnojiv (Balík a kol., 2012).

Ve výživě ozimé pšenice se prakticky vždy dostává do popředí hnojení N, ale aby došlo k jeho efektivnímu využití, nesmíme opomenout význam P, K, S, Ca a Mg. Absence těchto pěti prvků, významně zasahujících do metabolických procesů spojených s fotosyntézou a transportem vytvořených asimilátů by mohla zapříčinit, že i optimální dávka N nezajistí výnos a kvalitu potravinářské pšenice.

Množství N v organických sloučeninách se určuje již od roku 1956 Kjeldahlovou metodou s pomocí automatické analýzy. Kjeldahlovu metodu lze rozdělit na tři hlavní kroky: rozklad, destilaci, a titraci. Pomocí Kjeldahlovy metody se v minulosti podařilo získat vědomosti o množství N v živé hmotě a docílit tak vyrovnané bilance mezi vstupy a výstupy N na polích (novějším typem rozboru mineralizátů je například metoda ICP). Vedlejším účinkem obcházení přirozeného koloběhu dusíku člověkem, kdy se pěstuje málo motýlokvětých rostlin (luskoviny), dodává se méně statkových hnojiv a rostlinných zbytků do půdy (odvoz biomasy), a pěstuje se méně píce, je díky dorovnávání bilance minerálními hnojivy (především N) v celkovém součtu faktorů poškozování krajiny. Hnojiva způsobují znečištění (eutrofizaci) vody, a i přes legislativní omezení aplikace zákonem o hnojivech zaznamenávají hydrologové občas nadlimitní množství vyplavených nitrátů i v pitné vodě. N hnojiva jsou aplikována v několika vyšších dávkách, kde až z 50 % může dojít k vyplavení (Sprent, 1990). To není jen plýtvání energiemi a penězi, ale také velkým zdrojem znečištění, zejména vodního prostředí.

Mineralizace N probíhá snadno na lehkých půdách v teplejším klimatu, u plodin s delším vegetačním obdobím (typicky ozimů), mělčeji kořenících. V 1. roce po aplikaci (2. vegetačním roce) je zbytkový efekt chlévské mrvy 50 – 80 % dostupnosti minerálního hnojiva dle nejnovějších údajů. Je to více než se předpokládalo v podmínkách Evropy (Zavattaro a kol., 2017). Koeficient je běžně předmětem pro kalkulaci potřeby minerálního hnojení N.

Vyspělejší aplikační nářadí umožnilo v posledních letech aplikace hnojiva místo rozmetáním před setím aplikaci napřímo při setí. Tzv. hnojení pod patu, kdy je hnojivo naaplikováno 2 - 4 cm pod osivo nebo po straně vysetého řádku je dnes nejrozšířenější způsob (Růžek a kol., 2010). Důležitá je stabilita tohoto typu hnojiva, ale zároveň schopnost živiny postupně uvolňovat. Hnojiva se stabilizují nejčastěji inhibitorem ureázy pro dlouhodobější působení močoviny jako zdroje N. Obalují se proti rozmočení vodou. V případě stabilizace močoviny sírou se živiny uvolňují skrze póry a prasklinky v obalové vrstvě (Stone, 1994). Uvolňování N z hnojiva obaleného polymery (polyolefin), není tolik spojené s vodou. Jakmile se v půdě objeví voda a naruší polymer, hnojivo se již uvolňuje bez závislosti na množství další vody (Shoji a Kano, 1994). Stabilizovaná hnojiva se dají aplikovat v průběhu celé vegetace, záleží však na klimatických podmínkách

Zemědělství využívá další zdroje N - organominerální hnojiva. Nejčastěji jde o odpadní produkty výroby bioplynu (digestát, fugát, separát). Digestát se vyznačuje úzkým poměrem mezi C:N a nízkou sušinou. Obsahuje nezbytné makroživiny N, P, K a Mg. Oproti kejďe při výživových pokusech ÚKZÚZ (2016) dosáhla pšenice ozimá po aplikaci digestátu k předplodině (bilanční dávka 120 kg N.ha⁻¹) nižšího výnosu dosahující 88,3 % výnosu po aplikaci kejdy. Výnos na kontrole v roce 2012 dosáhl 3,78 t.ha⁻¹, což bylo více než u jedné varianty hnojené 120 kg N.ha⁻¹ v digestátu. Ne vždy jsou organická/ organominerální hnojiva nejlepším zdrojem živin, především N.

V pokusech Balíka a kol. (2012) byla vypočítána celková bilance dusíku (vstupy – výstupy). Bilance živin v půdách je kvantifikována rozdílnými toky živin. Publikované výsledky ukazují, že vliv hnojení na výnos může být rozdílný, neboť půdní podmínky a průběh počasí v jednotlivých letech výrazně ovlivňují tvorbu výnosu (Benjamin a kol., 2003; Cai et Quin, 2006 In Balík a kol. 2012). Proto jsou potřebná dlouhodobá sledování. Nezbytné je přesné stanovení všech prvků vstupujících do a vystupujících z celkové bilance.

3.6.2 Draslík

Draslík poskytuje odpovídající iontové prostředí pro metabolické procesy v cytosolu. Nedostatek snižuje syntézu organických látek a zvyšuje respiraci. Draslík spolupůsobí například také jako regulátor různých procesů včetně regulace růstu. Účastní se tvorby cukrů a syntézy škrobu, ale také fotosyntézy a následné syntézy proteinů, což se projevuje při transportu a přeměnách vytvořených cukrů. Napomáhá rovněž transportu rozpuštěných látek a asimilátů cévními svazky. Nedostatek K zvyšuje respiraci, což rostlinu oslabuje. Důsledkem je narušení tvorby sacharidů, tvorba tenčích buněčných stěn, což vede u obilnin k poléhání. Nedostatek v rostlinách způsobuje v zimě vymrzání, jelikož K zahušťuje cytoplasmu buněk, které mohou nenávratně poškodit ledové krystalky vody. Hnojení draslíkem je výrazně podceňováno, průměrný roční příjem činí 11,15 kg.ha⁻¹ (v č.ž.) na zemědělskou půdu v ČR (ČSÚ, 2017c).

Draslík v půdě se vyskytuje ve vzájemně úzce korelujících nevýměnných, výměnných a vodorozpustných formách. Pro hnojení se využívá draselná sůl s obsahem 50 % K, vedle níž se nabízí široké spektrum nejčastěji kombinovaných hnojiv obsahující rovněž lehece

rozpuštěné formy K. Draslík je z půd s malou sorpční kapacitou (lehkých) také snadněji odčerpáván rostlinami, a pokud není doplňován hnojením, neposkytují takové půdy dostatek K, zvláště pro náročné rostliny v období nedostatku. Na půdách lehkých je poměrně rychle kapacita půdy zpětně dosycena hnojením, a proto zde není možné hnojit vyššími dávkami K a s ohledem na možný transport v profilu je doporučováno hnojení až v jarním období. Draslík putuje poměrně snadno s vodou do podorničí. Množství výměnného K v půdě zjištěné metodou KVK-UF je velmi dobrým ukazatelem schopnosti půdy zásobovat rostliny touto živinou (Kunzová, 2010).

Kapacita sorpčního komplexu, který je předmětem měření KVK-UF, stoupá s množstvím jílovitých částic v půdě. To vytváří předpoklad pro dlouhodobé zásobení rostlin K na těžších půdách, což platí, pokud se kationt K rovnoměrně uvolňuje do půdního roztoku (PR). Z PR je vodorozpuštěný draslík přijímán kořeny. Při nadbytku K v PR nad 40 mg K.l⁻¹ mohou nastávat vlivem vyššího příjmu K, a jeho antagonistického vlivu k ostatním kationtům disproporce v růstu a vývoji rostlin. Obsah kolem 40 mg K.l⁻¹ v půdním roztoku je dosažen na lehké půdě při obsahu výměnného K již kolem 150 mg K.kg⁻¹ půdy a ve střední půdě okolo až 750 mg K.kg⁻¹ (Vaněk a kol., 2012).

Tento nesoulad by měl být zahrnut do kalkulací výsledné dávky draselného hnojení v rámci správné zemědělské praxe. Antagonistický vliv K s kationty Ca²⁺, Mg²⁺ lze ovlivnit vápněním a použitím vhodné formy draselného hnojiva v ne-chloridové formě (síranová forma je vhodnější). Je třeba říci, že k okyselování půdy dochází i vlivem nevhodné mechanizace (zhutněním), zásahů při nesprávné vlhkosti půdy, předplodiny atp., nejen dlouhodobým hnojením. Výpočet aktuální KVK včetně poměru kationtů K:Mg provádí v rámci agrochemického zkoušení půd ÚKZÚZ podle zákona č. 263/2014 Sb. Zastoupení draslíku v KVK (kationtová výměnná kapacita půdy) by mělo být v řádech jednotek procent – cca 3 % z KVK. Je sledován vzájemný poměr 3:1 mezi Mg a K pro zemědělské půdy v podmínkách ČR. Odebírá se půdní vzorek, který se skládá z minimálně 30 sond, a to jednou za 6 let. 1 půdní vzorek činí v BVO 7 ha, v ŘVO 10 ha.

3.6.3 Fosfor

Fosfor je málo pohyblivým prvkem v půdě. Zdrojem minerálního fosforu jsou v přírodě zvětrávající minerály typu fosforitů a apatitů. Organický fosfor se uvolňuje do půdy dekompozicí organické hmoty. Podmínkou je kvůli nízké pohyblivosti dobré promísení

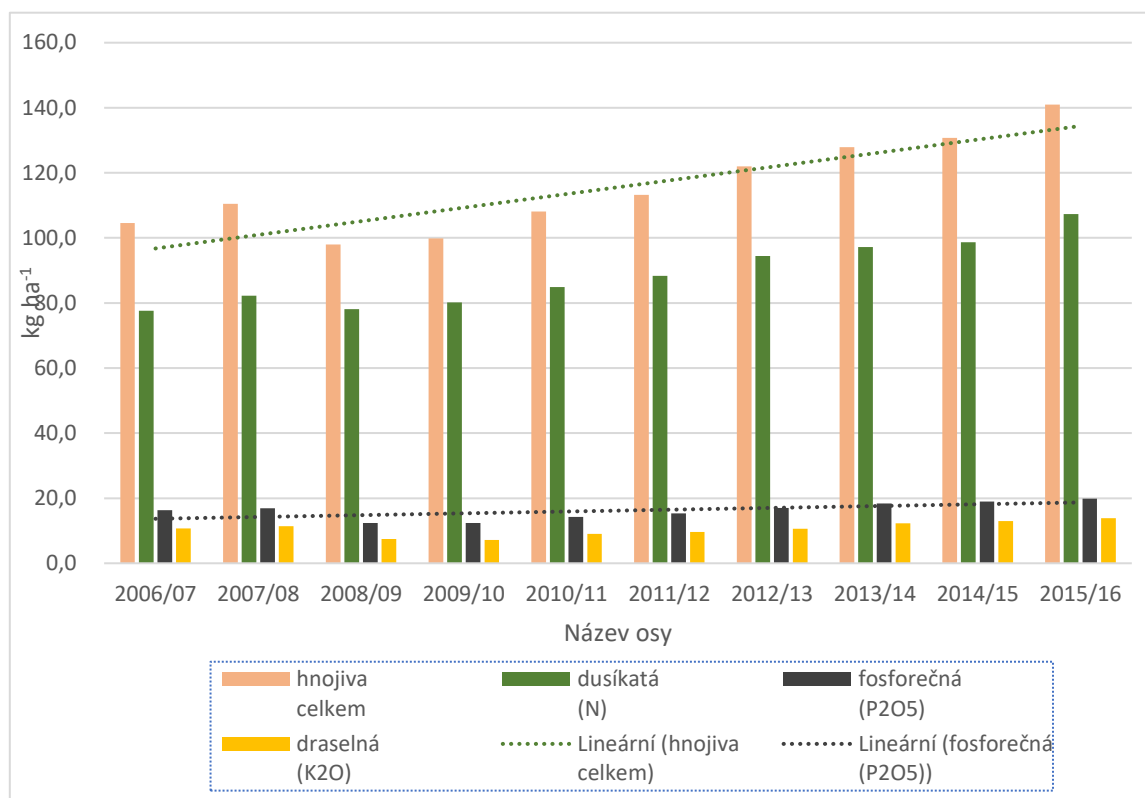
rostlinných zbytků v ornici. Množství P v půdě se pohybuje v rozmezí 0,03 – 0,13 %. Fosfor je nepostradatelným prvkem syntézy nukleových kyselin, účastní se přenosu energie (ATP, ADP), tvoří zásobní látky (fytin) a sloučeniny buněčných membrán. Rostlinou je P přijímán anionty H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . V rostlině je fosfor dobře pohyblivý a tvoří od 0,1 do 0,5 % hmotnosti sušiny. Nedostatek se projevuje většinou latentně (skrytě) přičemž neprobíhají všechny biochemické reakce. Symptomy nedostatku jsou nižší rostliny s menšími listy, červeného až fialového zbarvení. Zdrojem organického fosforu jsou statková hnojiva – hnůj a kejda. Liší se obsahem fosforu. Problémy spojené s vyplavováním fosforu z půdy jsou eutrofizace vody způsobující nadměrný růst řas ve vodě. Průměrný obsah P na orné půdě byl v letech 2002-2007 v ČR 92 mg.kg^{-1} při průměrném pH půdy 6,2. Nízké vstupy P do půdy mají v podmínkách ČR za následek přechod půdy do nižších kategorií zásobenosti. Snahou by mělo být takové hnojení fosforem, aby nedocházelo k trvalému deficitu v půdě, které následně ohrožuje produkci rostlin (Kunzová, 2009). Za přiměřenou lze považovat dávku $20 - 50 \text{ kg P.ha}^{-1}$ v č.ž., ale vždy záleží na zastoupení živiny v půdě dle AZP a půdních vlastností.

Zdroji P mohou být mimo minerálních hnojiv také digestát, separát a čistírenské kaly. Blake a kol. (2000) zkoumali příjem a vyplavování P v půdě při různých způsobech hnojení na třech lokalitách v Evropě (Anglie – Rothamsted, Německo – Bad Lauchstaedt, Polsko – Skierniewice) v 30 ti leté časové řadě. Významnou měrou ovlivňoval pohyb P půdou půdní typ, což byl průvodní jev, který odlišoval lokalitu s černozemí (lokalita Bad Lauchstaedt) od zbylých dvou lokalit s nižším podílem organické hmoty v půdě. Na půdách s nižším podílem organické hmoty při stejném množství dodaného P do půdy došlo k vyplavení či fixaci půdou ve větším měřítku. Aplikace P v minerální i organické formě měla významný vliv na přijatelnost, příjem, vyplavování nebo fixaci P. Fixace P plodinou nepřesáhla v černozemi při minerálním hnojení 35 % (lokalita Bad Lauchstaedt). Chlévský hnůj se projevil jako lepší zdroj P na těžších půdách (využitelnost 47% resp. 37%) oproti minerálnímu hnojení, kde došlo ke zvýšenému vyplavení nebo fixaci P půdou ($8 \text{ a } 25 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$). Na lehké, hlinitospísčité půdě byla fixace plodinou vyšší než u statkového hnojiva. Zde došlo v průměru k 30% utilizaci minerálního P plodinou. Organické hnojení tedy není vždy nejúčinnějším zdrojem živin pro rostliny a dochází k fixaci P v půdě (pozitivum) i jeho vyplavování (negativum).

Pro hodnocení obsahu přístupného P v půdě se využívá v ČR nejčastěji metoda Mehlich III, dle zákona 263/2014 Sb. Obsah pod 50 mg.kg^{-1} je hodnocen jako nízký, od $51\text{--}185 \text{ mg.kg}^{-1}$ jako vyhovující, dobrý až vysoký, a nad 185 mg.kg^{-1} jako velmi vysoký. Nepřesné stanovení může nastat při měření metodou Mehlich III u vzorků z karbonátových půd. Průměrná hodnota půdní reakce zemědělské půdy činí v ČR 6,1; podíl alkalických půd s pH nad 7,2 zaujímá 11,8 % výměry zemědělské půdy ČR. Při analytické metodě Mehlich III je používáno extrakční činidlo o pH 2,5 s téměř nulovou pufrací schopností proti změně pH a tím je omezena extrakční efektivita při vyluhování (Kunzová, 2009). Výsledek měření pomocí analytické metody Mehlich III se používá pro určení dávky minerálního hnojiva v podmínkách ČR dle AZP.

Fosforečná hnojiva obsahují hlavní živinu P, a to buď ve formě, které jsou přímo rostlinám přístupné nebo ho poskytují až po uvolnění v půdě. P hnojiva dělíme dle rozpustnosti. Nejpoužívanější skupinou jsou superfosfáty, které jsou rozpustné ve vodě. Superfosfáty dělíme na jednoduchý, dvojitý a trojitý. Před hnojením superfosfátem je potřeba zvláště dbát na pH půdy, protože ne všechny formy jsou vhodné na většinu půd. Na půdy s kyselější půdní reakcí volíme dvojitý a trojitý superfosfát, jednoduchý superfosfát není vhodný, jelikož se váže při nízkém pH na hliník a železo a stává se tak nepřístupnou formou P. Vhodným opatřením je jako obvykle vápnění s časovým odstupem před hnojením jednoduchou formou superfosfátu. Na kyselé půdy je vhodné aplikovat zejména u pastvin hyperfosfáty (např. hyperkorn) a na půdy s různou mírou acidity Amofos, zejména na orné půdě. Na kyselé půdy jsou vhodnější vyšší jednorázové dávky mletého fosfátu, popř. hyperfosfátu, jde o formu s o-fosforečnany rozpustnými v silných kyselinách, patří sem například i kostní moučky jejichž uvolňování je dlouhodobější. P hnojiva vhodná na neutrální půdy jsou hnojiva s vodorozpustnými o-fosforečnany (superfosfáty), popř. i s o-fosforečnany rozpustnými v citranu amonném a v kys. citrónové (dikalciumfosfát, Thomasova moučka, Dopofos a část P z mletých fosfátů). Vhodným agrotechnickým opatřením je společná aplikace P hnojiv a statkového hnojiva, kdy dochází k lepšímu využití P rostlinami. Hnojiva zapravujeme vždy kultivačním nářadím nebo orbou. Na příjem fosforu má vliv mnoho faktorů i příjmová kapacita daného druhu a odrůdy plodin. Některé druhy mají schopnost přijímat o-fosforečnany i z méně přístupných sloučenin půdního fosforu (Kunzová, 2009).

Graf 1: Hnojení NPK v průběhu posledních deseti let na 1 ha zemědělské půdy ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) v ČR, zdroj: ČSÚ (2010;2017)



3.6.4 Hořčík

Je přijímán v podobě kationtu Mg^{2+} . Mg okupuje centrální atom molekuly chlorofylu. V buňkách zajišťuje zabudování CO_2 , přenos energie, funkci chloroplastů, mitochondrií a stabilitu ribozomů – ovlivněn je vznik polypeptidů. Nedostatky se projevují nejprve na starších listech, jelikož se Mg v rostlině pohybuje snadno floémem. Listy blednou typicky mezi cévními svazky – u trav se objevuje pruhování listů, někdy i shluky chlorofylu na bázi listů ostře ohraničené proti světlému zbytku listu. Nekrózy u obilnin většinou začínají na konci listů. Nedostatek Mg se odrazí na nízkém výnosu (uvádí se $<10\%$), rostliny jsou méně odolné působení mrazu, na kyselých půdách se zvyšuje toxicita působení Al a Ni. Obecně hořčík působí na celkový zdravotní stav rostlin a chrání je proti nepříznivým vlivům prostředí (podobně jako vápník). Optimální množství Mg v sušině listů je většinou vyšší než $0,4\%$, což závisí také na staří porostu a konkrétním listu na rostlině. Limitní obsah je pak $<10\%$ v sušině listů. Toxické (nadlimitní) působení Mg není prakticky známo. Odběr Mg zrnem není vysoký. Nejčastější příčinou nedostatku Mg je nadbytek ostatních „těžších“ prvků K a Ca, nebo Al či Mn na sorpčním komplexu kyselých půd. To lze pozorovat

spíše u víceletých pícein. Nedostatky se objevují častěji na lehčích půdách, při vysokých dávkách K a za vlhkého počasí. Jak již bylo zmíněno v dřívější kapitole o draslíku, je užitečné sledovat poměr Mg:K, optimálně 3:1 v sorpčním komplexu. Díky vysoké mobilitě Mg floémem ozimá pšenice využívá zásoby ze starších listů a zejména praporcového listu během generativní fáze vývoje. Vyšší efektivita hnojení Mg je dosažena při aplikaci již ve fázi vegetace. Nejčastěji se hnojí Mg zásobně na podzim. Ve fázi růstu lze aplikovat hořčnaté soli dobře rozpustné ve vodě - $MgSO_4$, $MgCl_2$, $Mg(NO_3)_2$ a Mg v chelátové formě. Roztok by měl po aplikaci zůstat několik hodin na listech, jinak je bezúčelný a je nutné jej alespoň 1x opakovat (Sigel a Sigel, 1990).

3.6.5 Síra

Godfrey a kol. (2010) uvádějí, že hnojení sírou a dusíkem má pozitivní efekt na tvorbu bílkovin nutných pro výrobu kynutého pečiva. Frakční složení bílkovin ovlivňuje jak technologickou, tak i nutriční a nepřímo i hygienickou kvalitu zrna (Kuktaite, 2004). Omezení již zjevných příznaků nedostatku síry během vegetace je obtížnější a vyžaduje většinou i použití mimokořenové aplikace hnojiv se sírou, např. S-Ksol, roztok SAM, případně i hořké soli. Příjem přes kořeny je poměrně málo ovlivňován ostatními ionty v půdním roztoku a půdními vlastnostmi (Vaněk a kol., 2012). V současné době se snížil přísun S v hnojivech i spadem z ovzduší, a proto je nutné u rostlin náročných na S realizovat hnojení touto živinou, nejčastěji zásobně.

3.6.6 Vápník

Vápník je vedle svých pozitivních účinků na zdravý vývoj rostlin nenahraditelným zdrojem kationtů chránící sorpční komplex před okyselováním. Sekundárně chrání rostliny před toxickým působením Al, Fe, Mn, Pb, Cd a jiných prvků, popř. zabraňuje navázání P na oxidy Fe a Al při nízkém pH (Vaněk a kol., 2012; Tuchrová a kol., 2018). Silné vápnění naopak může způsobovat nedostatek některých prvků, např. bóru a železa. Jen na extrémně těžkých půdách lze doporučit vápnění páleným vápnem. V posledních letech byly častěji pozorovány poruchy výživy rostlin z nedostatku Ca, které jsou vyvolány hlavně antagonistickým působením K^+ a spolupůsobením vnějších podmínek (příznivé podmínky pro příjem K jsou vlhko a teplo) (Vaněk a kol., 2012).

3.7 Dlouhodobé polní pokusy

Udržitelnost zemědělství je jedním z klíčových faktorů hospodaření s půdou. Ta by měla vycházet ze zodpovědné soustavné zemědělské činnosti, což dává nejlepší předpoklad pro její zachování budoucím generacím. Dlouhodobé polní pokusy jsou v poslední době stále zřetelněji považovány za nenahraditelný zdroj informací o dlouhodobých účincích agrotechnických opatření na půdní prostředí. Lze z nich odvodit prognózy a strategie adaptace na změněné podmínky. Z hlediska sledovaných parametrů a využití dlouhodobých polních pokusů je dělíme na plodinové (odrodné, osevnické postupy), výživářské (organické a minerální hnojení) a agrotechnické (zpracování půdy, ochrana). Z hlediska stáří existence dlouhodobé polní pokusy dělíme na klasické (starší 50 ti let), středně dlouhodobé (20-50 let trvání) a mladší (5-20 let s prognózovanou kontinuitou) (Lipavský a kol., 2010).

Nejstarší dlouhodobý polní pokus byl na území ČR založen pány Novákem, Škopíkem a Škardou v Praze Ruzyni v roce 1955. Madaras a Lipavský (2009) zkoumali v Ruzyni vliv hnojení K v téměř 30 ti leté časové řadě, respektive nehnojení. Obilniny nejsou při zachování slámy na poli velkými konzumenty K – menší část je transportovaná do zrna. Autoři zmiňují určité riziko po zařazení obilniny po vojtěšce, která silně odčerpává půdní K i při zařazení na 2 roky v osevnickém postupu. Druh plodiny byl vůbec nejsignifikantnějším činitelem variability celkové bilance K. Ukázalo se, že hnojení menší dávkou minerálního K hnojiva je pro plodiny lepší, než pokud se hnojí nízkou dávkou chlévského hnoje. Ve vyhodnocení se nicméně objevila 42% neznámá reziduální variabilita. Autoři zmínili zajímavou konsekvenci u nehnojené kontroly, kde na lepší půdě značně rychle kleslo množství přístupného K, a naopak na lehké méně úrodné půdě nebyl pokles K za mnoho let tolik patrný.

Černý a kol. (2010) při pokusech na více lokalitách ČR zkoumali vliv organického a minerálního hnojení na výnosy plodin v 12 ti leté časové řadě. Celkem zaznamenali nejvyšší relativní nárůst výnosu ozimé pšenice hnojené varianty vůči nehnojené kontrole na lokalitě Lukavec. Při >100% nárůstu výnosu oproti kontrole šlo o varianty hnojení: NPK, chlévský hnůj + N; N, a sláma + N. Hnojení pouze chlévským hnojem vůči kontrole nepřineslo takový výnosový efekt (Lukavec 39% nárůst). O něco vyšších výnosů po hnojení chlévským hnojem bylo dosaženo v teplejších, sušších oblastech (Hněvčoves, Červený Újezd u Prahy; 41 % resp. 46 %).

3.8 Nové směry ve výživě porostů

Hypoteticky by při správné dávce hnojiva mělo vždy dojít k odpovídající reakci porostu, ideálně zvýšením výnosu. Pokud by se naopak vůbec nehnojilo, znamenalo by to možná konec současného zemědělství. Díky minerálním hnojivům toto nenastalo, přestože část vstupů živin z organických hnojiv je nejspíš nenávratně ztracena úbytkem hospodářských zvířat. Nejvíce poklesly stavy drůbeže (-3 mil. ks), prasat (-1,34 mil. ks), ale došlo ke zvýšení stavů skotu (+ 27 tis. ks) za 10 let (ČSÚ, 2018). Trendem je ozeleňování, vracení organické hmoty do půdy, nikoliv rozšiřování osevních sledů. To by byl zásadní krok pro zvýšení efektivity známý z minulosti. Jde o příklad, proč „nové postupy“ nemusí být vždy „nové“, ale hlavně mají být účinné, pokud možno všude. Některé hnojivové zásahy s pomocí stabilizovaných hnojiv přinášejí efekt jen za určitých podmínek, což je omezující faktor jejich rozšíření. Dobré jsou postupy, které vedou ke stabilizaci výnosů v měnícím se klimatu. Motivací nemá být primárně získání dotace (např. zmíněný greening), ale snaha o zlepšení stavu půdy.

S půdou vše souvisí, tím pádem je možné promyšlenými zásahy snížit potřebu chemických látek – pesticidů i hnojiv. Je známo, že se tím zvyšuje zadržování vody v krajině – „největší nádrže“ v Česku, spolu s nárůstem množství organické hmoty v půdě (Mikulka a kol., 2016). Novým směrem ve výživě porostů je tak odpovědný přístup k hnojení. Teprve s dostatkem vody lze účinně hnojivé zásahy spojit. Rozložení srážek se již změnilo, na některých místech neprší téměř vůbec, jinde naprší deště nadbytek. Moderní je získávat data přímo v porostu, popř. z půdy a v krátkém horizontu provést korekční zásah. Těžko lze reagovat na zjištění, že důvodem nízkého množství živin (např. N) v rostlinách je sucho. Při předpovědi dnů s tropickou teplotou a hrozícím přísuškem je nutné zvážit aplikaci každého dávky N, jelikož za sucha nemá účinnost. Již v roce 2010 více než ½ (51%) ze 47 hodnocených vzorků ozimých pšenic vykazovala střední nedostatek N a jenom 6,4 % dostatek, při konečném výnosu 5 t.ha⁻¹ v rámci celé ČR (Tvarůžek a kol., 2011; ÚZEI, 2010). Následující rok byl stav odlišný z hlediska výživného stavu N i výnosů, které dosáhly 5,69 t.ha⁻¹ (Tvarůžek a kol., 2011; ÚZEI, 2011). Klíčem k dosahování vyšších výnosů je optimální hustota a zdravý porostu (Hiltbrunner a kol., 2007 In Mosanaei a kol., 2017).

4 Materiál

4.1 Mezinárodní polní pokus IOSDV

Mezinárodní dlouhodobý pokus IOSDV má cíl sledovat vlivy odrůd, hnojení a klimatu na výnos a kvalitu 3 plodin – ozimé pšenice, jarního ječmene a cukrovky/ brambor. Dlouhodobý pokus založený v roce 1983 patří do sítě IOSDV (International Organisch Stickstoff Dauer Versuche – Mezinárodní experimenty s trvanlivostí organického N), která zabírá více než 10 zemí Evropy a min. 25 pokusných stanovišť. Pokus prováděný v České republice byl založen na 2 lokalitách: na Českomoravské vysočině – Lukavec a Jižní Moravě – Ivanovice na Hané. Pokus byl založen na základě německých pokusů ve spolupráci s universitou J. Liebiga v Giessenu (Německo).

V pokusu je aplikováno vápnění na lokalitě Lukavec z důvodu promyvného režimu a povaze matečné horniny. Tato operace se děje po výsledcích z analýzy půdních vzorků. Díky nepříznivému okyselování vlivem minerálního hnojení bude nutné (i nadále) věnovat pozornost hodnotám pH v tomto pokusu (okyselující efekt hnojiv), popř. dávce vápnění. Do pokusu je zařazována, co několik let nová odrůda. Ozimá pšenice odrůdy Cubus byla do pokusů IOSDV na lokalitě Ivanovice zařazena v roce 2007, v Lukavci pak v roce 2008.

4.1.1 Pokusná stanoviště

Celkem má VÚRV Praha Ruzyně, v.v.i. 7 pokusných stanovišť po republice. Pokusné stanice jsou nositeli GEP certifikátu (Good Experimental Practice) na základě ISO 9000 a ISO 14000 (Quality and Environmental Management). Stanice Lukavec je smluvní pokusnou stanicí, stanice Ivanovice na Hané spravuje odbor pokusných stanic VÚRV v Praze Ruzyni.

PS Ivanovice na Hané se nachází na 49°19' s. š., a 17°05' v. d. na území obce Ivanovice na Hané, nadmořská výška je 225 m.n.m., výrobní oblasti Ř1. Pokus je umístěn stacionárně na pozemcích Alej a Zahrádky. Dříve zde rotoval intenzivní řepařský osevní postup. Výměra obhospodařované plochy PS Ivanovice na Hané činí 36 ha. Jedná se o rovinaté pozemky. Půdy v oblasti Ivanovice na Hané v okrese Vyškov jsou úrodné s přirozenou zásobou hlavních živin. Půdní typ je degradovaná černozem, půdní druh hlinitý. Půdotvorným substrátem je zde spraš. Půdy jsou na PS Ivanovice aluviální a diluviální, na

sprašových podložích. Ornice je tmavohnědá humosní hlína, hloubky dosahuje v průměru 0,4 m.

Agrochemické vlastnosti ornice na PS Ivanovice na Hané:

- Obsah humusu: 4,39 %
- Obsah přístupných živin (mg.kg^{-1}): P 177; K 573; Mg 215; Ca 3988
- pH (KCl): 6,6 v hloubce 20 – 30 cm

Klimatická a povětrnostní charakteristika PS Ivanovice na Hané:

- Klimatický region T2
- Oblast teplá, klimatický okresek teplý, mírně suchý s mírnou zimou
- Průměrná roční teplota: 9,17 °C
- Roční suma srážek: 548,1 mm

Charakteristické plevely jsou laskavce, merlíky, rdesna, ježatky, svízel přítula, zeměděmi. Z vytrvalých plevelů pak pcháč oset. Obilniny zapleveluje oves hluchý.

Obrázek 2: Pokusné plochy v Ivanovicích – větší obdélníky, celkem 18 parcel v jedné řadě (Z - V).



Lokalita Lukavec v okres Pelhřimov spadá do podhoří Českomoravské vysočiny s nadmořskou výškou 610 m. n. m (na souřadnicích 49°34' s. š., 14°59' v.d.). Stanoviště se nachází na dvou geologických útvarech – půdotvorným substrátem je krystalická břidlice (přesněji rula) nebo jej tvoří nejmladší náplavy z doby holocénu (prvohor). Půda je zde středně těžká spíše s lehčí drobností vyznačující se vyšším podílem hrubého písku, v ornici tvoří písek až 40 % objemu. (30 – 40 % objemu tvoří ornice a 40 – 60 % zaujímá objem spodin). Obsah jílnatých částic v ornici se pohybuje okolo 15 %, což příznivě ovlivňuje

vlastnosti sorpčního komplexu. Půdní profil má humózní charakter od 20 cm do asi ¼ metru, je písčitohlinité až hlinité textury. Půdním druhem je písčitohlinitá půda, půdním typem je kambizem, podzolová, oglejová, výrobní oblast B2. Klimatický region je mírně teplý, jedná se vskutku o méně vhodný region pro produkci potravinářské kvality ozimé pšenice.

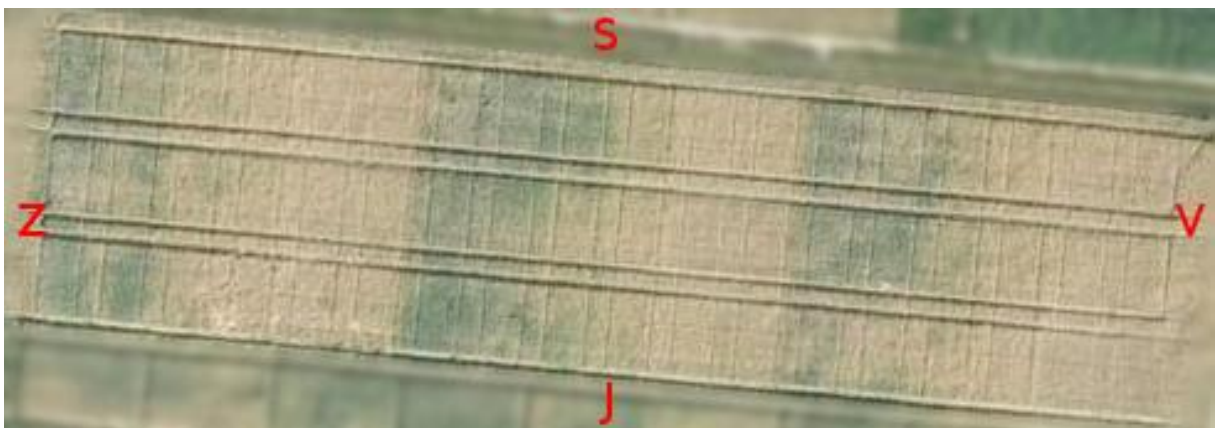
Agrochemické vlastnosti ornice na PS Lukavec na Vysočině:

- Humusový horizont: 18 – 25 cm
- Obsah přístupných živin ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): P 178; K 306; Mg 107; Ca 1619; S 13,3
- pH (CaCl_2): 5,8 – 6,2

Klimatická a povětrnostní charakteristika v Lukavci na Vysočině:

- Klimatický region MT4
- Průměrná teplota 7,3 °C
- Roční suma srážek 682 mm

Obrázek3: Pokusné plochy v Lukavci – větší obdélníky, celkem 18 parcel v jedné řadě (V - Z).



4.2 Klimatické podmínky

Neexistovala větší odchylka vůči datům ČHMÚ a datům z vlastního pozorování na stanicích při srovnání průměrné měsíční teploty. Srovnání postihuje následující tabulka:

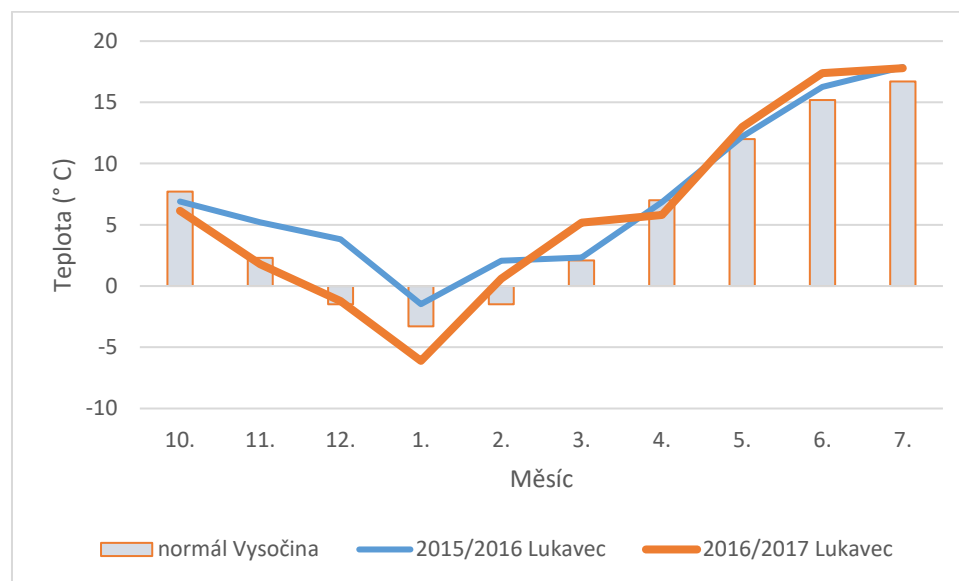
Tabulka 5: Porovnání naměřených průměrných měsíčních teplot vzduchu na PS Lukavec vůči údajům ČHMÚ z kraje Vysočina za rok 2017 v období I. – VII.

Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec
-6,1	0,6	5,17	5,81	13	17,38	17,79
-6,1	0,6	5,6	6,3	13,6	18	18,3

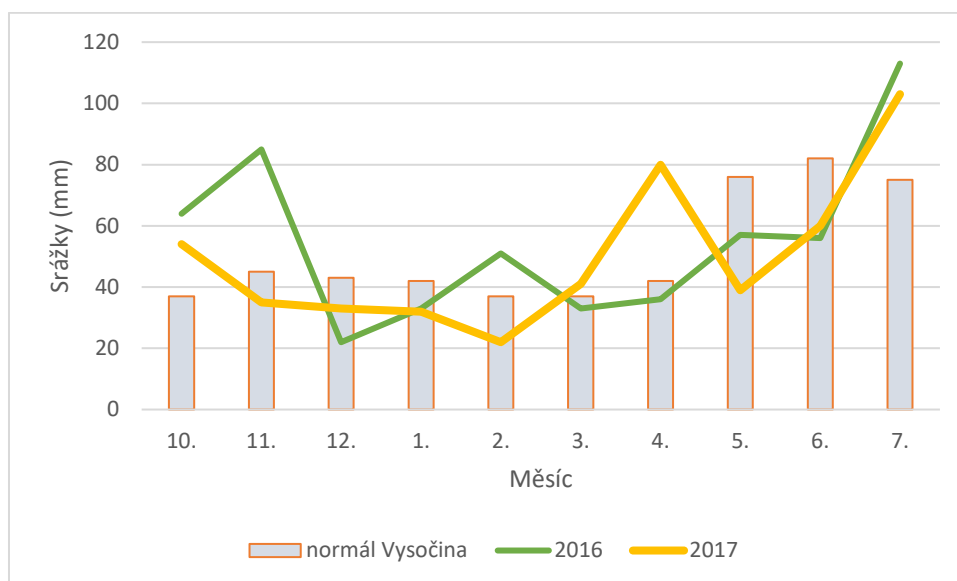
Popis řádků: Horní řádek – data z PS Lukavec, spodní řádek – data z kraje Vysočina

Suma měsíčních teplot 2015/2016 byla v Lukavci 72,01 °C, to je odchylka +15,31 °C od normálu (normál je 57,7 °C za vegetační období od X. – VII). Ve vegetačním roce 2016/2017 byla suma teplot 60,36 °C a odchylka +3,66 °C od normálu. Vegetační rok 2016/2017 byl chladnější v kraji Vysočina, totéž se dalo tvrdit o kraji Jihomoravském. Průměrné měsíční teploty vzduchu naměřené v Lukavci:

Graf 2: Průměrné měsíční teploty vzduchu v Lukavci v letech 2016 a 2017 v období X. – VII.

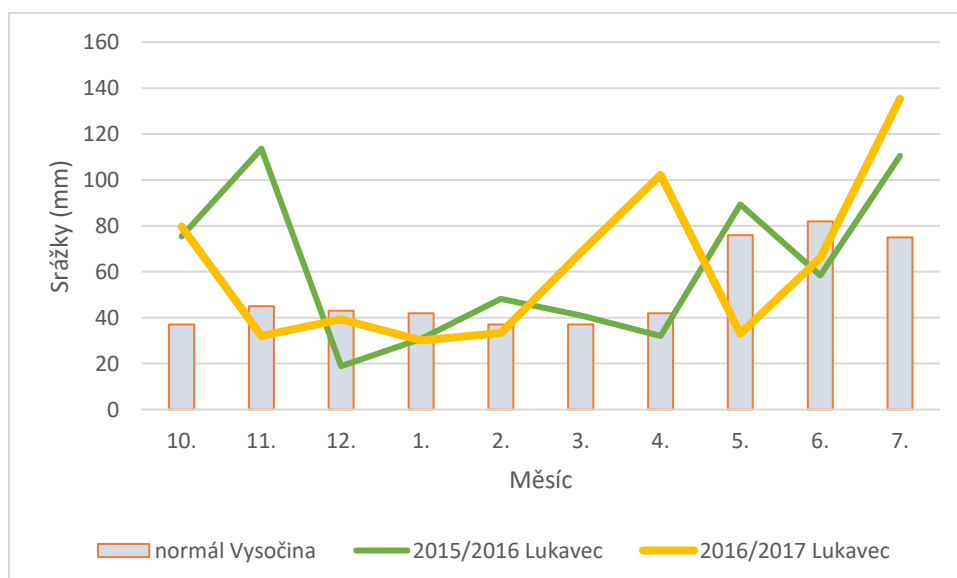


Graf 3: Rozložení měsíčních úhrnů srážek v kraji Vysočina v letech 2016, 2017 v období X. – VII.; zdroj: ČHMÚ (2015, 2017)

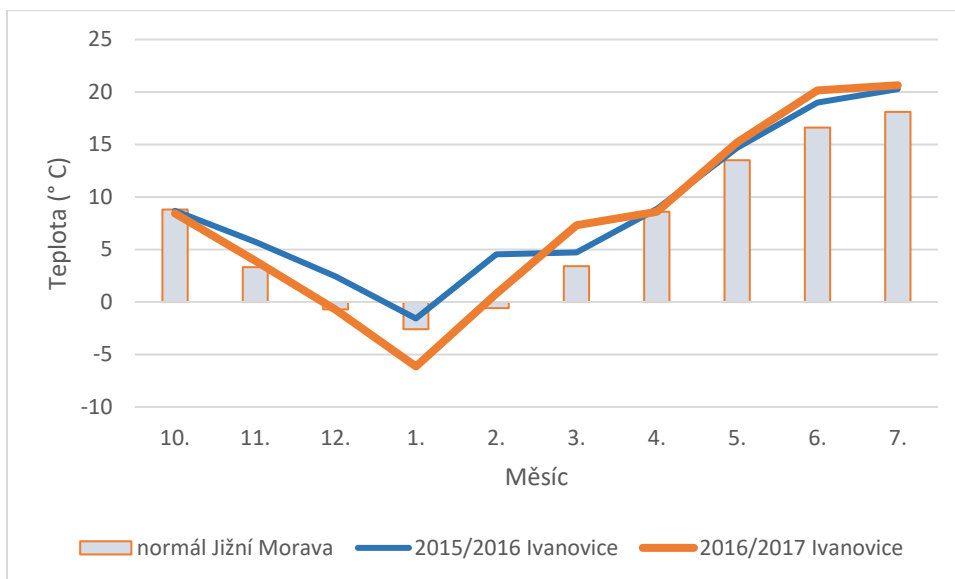


Měsíční úhrn srážek byl shodný v obou letech v říjnu. Suma srážek za vegetační sezónu 2015/2016 byla 618, 1 mm, za sezónu 2016/2017; 619, 4 mm.

Graf 4: Rozložení měsíčních úhrnů srážek v Lukavci v letech 2016 a 2017 v období X. – VII.

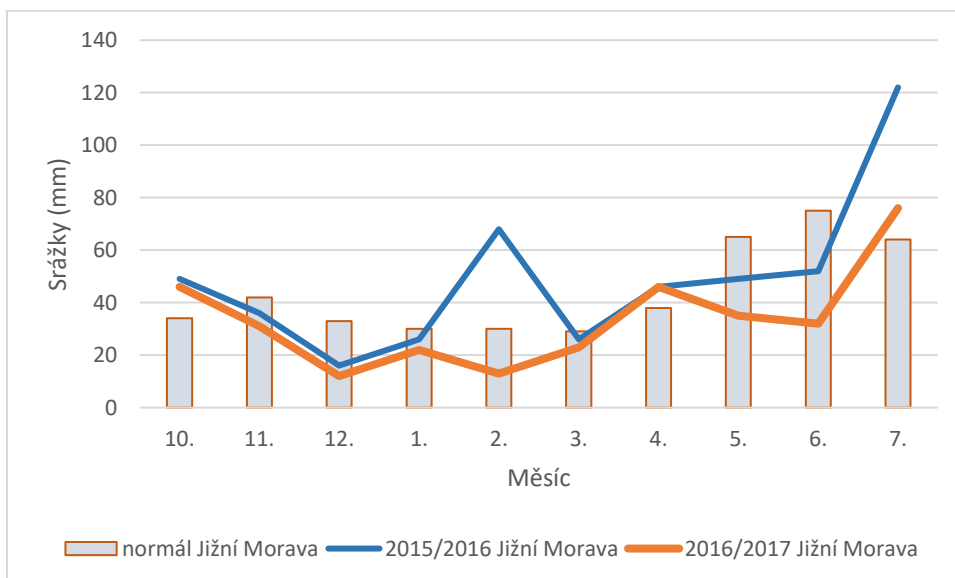


Graf 5: Průměrné měsíční teploty vzduchu na lokalitě Ivanovice v letech 2016 a 2017 v období X. – VII.

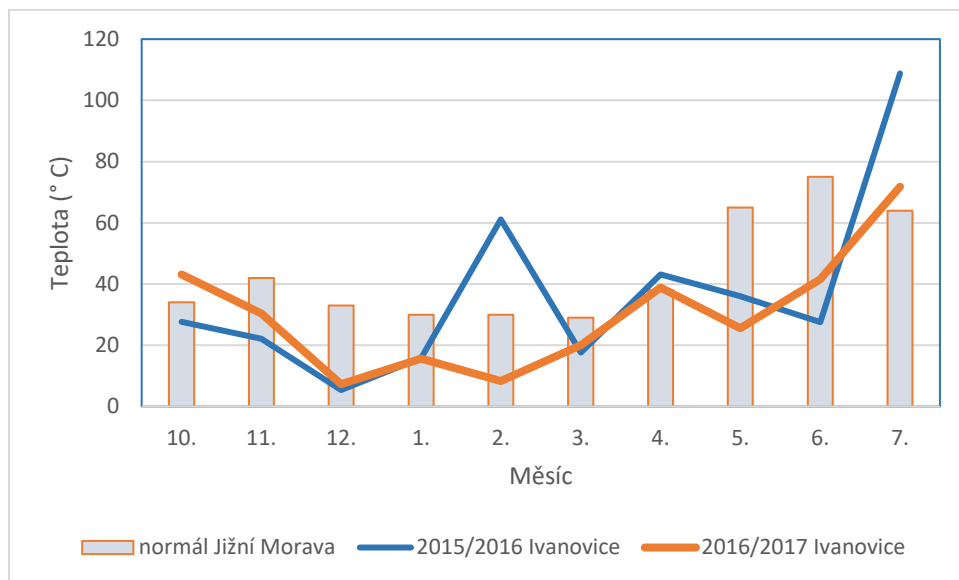


2015/2016 byla suma měsíčních teplot za vegetační sezónu 87,29 °C, s odchylkou 18,89 °C od normálu. V sezóně 2016/2017 šlo o sumu teplot 78,17 °C s odchylkou cca 10 °C od normálu (přesně 9,77 °C). Teploty nebyly vzdáleny od měsíčního normálu v rámci Jihomoravského kraje.

Graf 6: Rozložení měsíčních úhrnů srážek v Jihomoravském kraji v letech 2016 a 2017 v období X. – VII.; zdroj: ČHMÚ (2015, 2017)



Graf 7: Rozložení měsíčních úhrnů srážek na lokalitě **Ivanovice 2016, 2017** za období X. – VII.



ČHMÚ naměřil vydatnější srážky v několika měsících v sezóně 2015/16 vůči datům z Ivanovic, a i v sezóně následující. Méně vody napršelo v dubnu 2017. Jednalo se o srážkově chudší sezónu, než jaká byla v roce 2016, kdy napršelo za 10 měsíců 365 mm vody, a v sezóně 2016/2017 o 62,5 mm méně; 302,6 mm (ekvivalent 62,5 l.m⁻²). Největší rozdíl byl v únoru (52,8 mm) a v červenci (37 mm), v sezónním srovnání.

4.2.1 Popis pokusu

Pokus byl založen na 3 honech ve tříhonném osevním postupu. Každý rok se zde pěstuje na jednom honu 1 konkrétní plodina. Tento přístup zaručuje každý rok při počtu 3 honů vypěstování všech plodin.

Osevní postup:

- 1) **Okopanina (brambory v Lukavci, cukrovka v Ivanovicích)**
- 2) **Ozimá pšenice (odrůda pekařské pšenice Cubus)**
- 3) **Ozimý ječmen**

1x za 3 roky je zapraveno do půdy 30 t.ha⁻¹ chlévského (hovězího) hnoje. Na dalším bloku je pěstována meziplodina po obilnině a všechna sláma je ponechána na pozemku – na každou 1 tunu slámy je aplikováno 10 kg N v č. ž. na podporu rozkladu slámy - v hnojivu (NH₄)₂SO₄. Na 3 bloku je odklizená sláma – varianta bez organického hnojení.

Průměrné obsahy živin v chlévském hnoji jsou (% z čerstvé hmoty při 25 % sušiny):

Ivanovice: 0,51 N; 0,15 P; 0,66 K; 0,16 Mg; 0,79 Ca

Lukavec: 0,71 N; 0,32 P; 0,73 K; 0,20 Mg; 0,41 Ca

Tabulka 6: Přísun živin z chlévského hnoje na 1 ha tříletém období (obsah sušiny 25 %).

Ivanovice:	153 kg N	45 kg P	198 kg K	48 kg Mg	237 kg Ca
Lukavec:	213 kg N	96 kg P	219 kg K	60 kg Mg	123 kg Ca

Průměrný obsah organické hmoty v chlévském hnoji byl cca 60 % u obou zdrojů. Hodnota pH chlévského hnoje z Ivanovic se rovnala pH 9,16; u chlévského hnoje z Lukavce pak pH 8,7. Hnůj byl každoročně aplikován k okopanině, na stejnou parcelu se pak dostal jedenkrát za tři roky (zaorávka na podzim). Meziplodina u varianty se slámou byla zasetá po ječmeni, šlo o hořčici bílou.

4.2.2 Uspořádání

Polní pokus je veden ve třech opakováních. Jde o stacionární pokus. Velikost hnojené parcely je 5 x 8 m, tj. 40 m², sklizňová parcela má rozměr 6 x 3 m, tj. 18 m². Delší strana parcel je orientována kolmo na řádky výsevu. Řádky výsevu jsou orientovány na obou stanovištích (Lukavec a Ivanovice) shodně ve směru východ – západ. Varianty jsou uspořádány za sebou s tím, jak vzrůstá dávka minerálního N. Varianty se stejným organickým hnojením jsou z praktických důvodů soustředěny do bloků. Uspořádání těchto bloků na pozemcích je však na obou stanovištích odlišné, což je patrné z následující tabulky.

Tabulka 7: Uspořádání bloků v Lukavci (610 m. n. m.) a v Ivanovicích (225 m. n. m.) – delší strana parcely sever - jih

Schéma: lokalita Lukavec			Schéma: lokalita Ivanovice		
opakování č. 3.			opakování č. 1., 2., 3.		
N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K
N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K
N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K
N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K
N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K
0	0	0	0	0	0
30 t hnoje k předplodině	zapravená sláma + meziplodina	bez organického hnojení	bez organického hnojení	30 t hnoje k předplodině	zapravená sláma + meziplodina
opakování č. 2.					
N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K			
N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K			
N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K			
N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K			
N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K			
0	0	0			
zapravená sláma + meziplodina	bez organického hnojení	30 t hnoje k předplodině			
opakování č. 1.					
N4,P,K	N4,P,K	N4,P,K			
N3,P,K	N3,P,K	N3,P,K			
N2,P,K	N2,P,K	N2,P,K			
N1,P,K	N1,P,K	N1,P,K			
N0,P,K	N0,P,K	N0,P,K			
0	0	0			
bez org. hnoj.	30 t hnoje	sláma + MP			

Tabulka 8: Schéma a dávky minerálního hnojení

Varianta	Dodané živiny (kg/ha) v č. ž.						
	N					P	K
	ZD	RD	PD	KD	Σ	ZD	ZD
0	0	0	0	0	0	0	0
N0 + P, K	0	0	0	0	0	35	83
N1 + P, K	20	20	0	0	40	35	83
N2 + P, K	40	40	0	0	80	35	83
N3 + P, K	40	40	40	0	120	35	83
N4 + P, K	40	40	40	40	160	35	83

- P, K hnojiva jsou na všech hnojených variantách aplikována ve stejném množství sice 35 kg P.ha⁻¹ a 83 kg K.ha⁻¹.

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

- Základní dávka minerálního N k ozimé pšenici je aplikována v síranu amonném (21 % N). Další dávky jsou v LAV27. Regenerační dávka je aplikována ihned po ukončení zimy, produkční dávka na začátku sloupkování (BBCH 31), kvalitativní dávka na počátku metání (BBCH 51).

Při předseťové přípravě půdy není povoleno používat smyk. Půda by se jinak volně přemísťovala mezi parcelami. Při orbě se půda skládá každý rok na opačnou stranu. Ve směru sever – jih jsou mezi parcelami vytvořeny kolejevé řádky.

Porost je ošetřován běžnými chemickými přípravky na ochranu rostlin dle potřeby - herbicidy, fungicidy, insekticidy. Na porost nejsou aplikovány žádné přídatné, podpůrné látky ani morforegulátory.

Vápnění v Lukavci probíhá na základě odebraných vzorků půdy a děje se tak, kvůli charakteru matečné horniny – jde o p. typ kambizem horších vlastností. Do pokusu je snaha vybírat odrůdy s potenciálem dosahovat požadované potravinářské kvality (ozimá pšenice), krmné kvality (ječmen), kvality pro stolní odrůdy brambor (Lukavec na Vysočině) a vysoký výnos cukru (Ivanovice na Hané). Odrůdy do pokusu jsou vybírány také s ohledem na dobrou reakci na hnojení i při absenci morforegulatorů a podpůrných přípravků. Vybraná odrůda je pěstována v pokusu minimálně 3 roky (odrůda Cubus již 10 let resp. 11 let).

4.2.3 Odrůda Cubus

Cubus je polopozdní odrůda kvalitní (A) zaregistrovaná v roce 2004. Rostliny jsou středně vysoké až nízké, středně odnožující, zrna středně velké až malá. Předností je střední odolnost proti napadení plísní sněžnou a vymrzání. Rizikem je vysoká náchylnost k napadení fuzariózami klasů, malá stabilita čísla poklesu. Udržovatelem je KWS Lochow GmbH, Německo.

Charakteristika odrůdy ozimé pšenice Cubus dle ÚKZÚZ (2013):

- číslo poklesu 327 sekund, objemová hmotnost cca 791 g.l⁻¹
- sedimentační (Zeleny) test 58 ml, HTS 43 g

Ve tříletém zkoušení ÚKZÚZ odrůda Cubus nevyhověla v 23 % měření požadavku ČSN 46 1100-2 na minimální úroveň čísla poklesu 220 s. Dále v 8 % měření nevyhověla na minimální objemovou hmotnost 760 g.l⁻¹ dle této normy. Ve zkouškách užitné hodnoty v roce 2013 dosáhl Cubus výnosu 8,03 t.ha⁻¹ při 110 kg N.ha⁻¹ respektive 9,54 t.ha⁻¹ při 150 kg N.ha⁻¹. V tomto pokusu dosáhla odrůda HTS 40,5 g (110 kg N.ha⁻¹) respektive 45,7 g (150 kg N.ha⁻¹). Odezva na hnojení N je tedy na dobré úrovni, jelikož Cubus vytváří výnos produktivitou klasů. Odrůda netrpí poléháním po metání. Rizikem je vysoká náchylnost k napadení fuzariózami klasů a malá stabilita čísla poklesu (ÚKZÚZ, 2014). Největší efekt pozdního hnojení N je dle Růžka a kol. (2013) u odrůd, které dosahují vysoké výnosy zrna s nižším obsahem bílkovin (např. Cubus, Mulan, Manager, JB Asano, Baletka apod.).

5 Metody

5.1.1 Stanovení bilance fosforu

Bilance P v ornici byla vypočtena podle následujícího vztahu:

Výpočet bilance P při hnojení chlévským hnojem:

Bilance $P_{\text{hnůj}}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) = miner. hnojení P ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + množství P v chlévském hnoji ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + množství P v půdě po sklizni ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) - výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) x odběrový normativ P ozimé pšenice zrno ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)

Výpočet bilance P při hnojení slámou a meziplodinou:

Bilance $P_{\text{sláma,mp}}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) = miner. hnojení P ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + množství P v půdě po sklizni ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) x odběrový normativ ozimé pšenice zrno ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)

Výpočet bilance P při nehnojení organickými hnojivy (sláma, chlévský hnůj):

Bilance $P_{\text{org. nehnojeno}}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) = miner. hnojení P ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + množství P v půdě po sklizni ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) x odběrový normativ ozimé pšenice zrno ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$) - výnos slámy* ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) x odběrový normativ P slámou ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

** Počítalo se s poměrem mezi zrnem a slámou 1,25:1*

Při hnojení chlévským hnojem dochází dle Blaka a kol. (2000) k příjmu cca 35 – 45 % fosforu na středních půdách.

Vzorec využitelnosti P z chlévského hnoje ozimou pšenici (II. rok po hnojení chlévským hnojem):

$$P_{\text{hnůj}} = K \times D \times V$$

$$P_{\text{hnůj Ivanovice}} = 0,35 \times 45 \times 0,8 = 12,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$$

$$P_{\text{hnůj Lukavec}} = 0,30 \times 96 \times 0,8 = 23,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$$

kde: K ... koeficient příjmu živiny na středních/ lehkých půdách (dolní hranice)

D ... dávka živiny v chlévském hnoji (kg)

V ... koeficient využitelnosti v 2. roce pěstování

Dle Blaka a kol. (2000) může být využití P na lehkých půdách celkově nižší, a proto jsem počítal s koeficientem 0,3 pro lehčí půdu v Lukavci.

Hnojením minerálně P se běžně vyplaví nebo zafixuje do nevýměnných vazeb od 8 – 25 kg P.ha⁻¹. Ztráty vyplavením ani zabudováním do nevýměnných vazeb v půdě nebyly započteny do výsledné bilance.

- Odběr fosforu zrnem činil přesně 5 kg.t⁻¹ pro potřeby kalkulace na obou lokalitách.

Množství P v půdě po sklizni – rovnice:

P v půdě po sklizni (kg.ha⁻¹) = hloubka ornice (m) x obj. hm. půdy (t.ha⁻¹) x množství P ve vzorku půdy (ppm) x 10⁴

- Hloubka ornice byla pro potřeby výpočtu určena na úrovni 0,25 m; objemová hmotnost půdy byla určena 1,3 t.ha⁻¹.

5.1.2 Stanovení počtu klasů na jednotce plochy

Z každé parcely byly odebrány vzorky klasů po jednom metru ze dvou řádků vždy na protilehlých koncích parcely. Počet rostlin byl stanoven pomocí „čtvrtmetrovek“. Násobením 4 mi byl vypočten počet klasů na 1 m².

5.1.3 Stanovení počtu zrn v klasu

Počet zrn byl stanoven na základě odběru klasových odběrů při sklizni, kdy se odebraly 2 vzorky ze dvou řádků po 50 cm na opačných koncích parcely, celkem 2 x 1 metr. U kontrolních a různě N hnojených variant byl odebrán vždy jeden průměrný klas z jednoho vzorku a stanoven počet zrn (Ivanovice, rok 2017). Jinak byl rozbor proveden z většího vzorku klasů od každé varianty přibližně z 10 ti klasů (Lukavec, rok 2016 a 2017; Ivanovice, rok 2016). Důvodem rozboru pouze 2 klasů od každé varianty v Ivanovicích (rok 2017) bylo,

že výběr více průměrných klasů často nebyl možný vzhledem k jejich poškození (vysypané klasy apod.).

5.1.4 Stanovení HTZ a objemové hmotnosti

Hodnoty HTZ byly zjištěny na elektronickém počítadle semen C 21. HTZ bylo stanoveno odpočítáním 2 x 500 semen a jejich zvážením s přesností na 3 desetinná místa. Objemová hmotnost vzorku byla stanovena pomocí obilního zkoušeče a váhy.

5.2 Laboratorní zpracování

Ozimá pšenice:

- HTZ – počet zrn v 1 klasu, hmotnost tisíce zrn, objemová hmotnost, Zeleného test, obsah škrobu, obsah prvků P, K, N ve slámě a v zrně.

Půda:

- Obsah přístupných živin P a K metodou KVK-UF, N_{min}, pH

V laboratoři byly připravovány vzorky rostlin a půd mineralizačním rozkladem v mikrovlnném rozkladném zařízení MLS-1200 mega od firmy MILESTON s.r.l. (Soriso, Itálie). Používá se 10 ti pozicový rotor (nízkotlaký rozklad) pro rostliny nebo 6 ti pozicový rotor (střednětlaký rozklad) pro půdy a kaly. Následné měření probíhalo na optickém emisním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem ICP-OES Thermo Scientific iCAP 7400 Duo od firmy Thermo Fisher Scientific (Cambridge, UK). Metody jsou připraveny dle ČSN ISO 11 885: Stanovení 33 prvků ICP AES.

Stanovení celkového N a P po mineralizaci (amonných iontů a nitrátového dusíku ve výluzech):

Použit byl průtokový kolorimetrický analyzátor SAN^{plus} System od firmy Skalar Analytical (Breda, Holandsko). Přístroj pracuje na principu změny intenzity zbarvení v závislosti na koncentraci měřené látky.

Stanovení pH:

Vodíkový exponent byl stanoven jak v destilované vodě, tak v 0,01 M CaCl₂ podle ISO 10390:2005. Pro stanovení pH byly použity následující navážky a roztoky: pH (CaCl₂)– 10 g zeminy, 50 ml 0,01 M CaCl₂; pH (H₂O) - 20 g zeminy, 50 ml destilované vody. Vzorke pro stanovení pH(CaCl₂) byly ponechány na třepačce 1 hod., poté 1 hod. stály, byly mechanicky promíchány a byla stanovena hodnota pH skleněnou elektrodou. Měření bylo provedeno nejpozději 3 hod. po extrakci. Vzorke pro stanovení pH (H₂O) byly protřepány po 1 hodinu, přes noc v klidu stály, znovu byly protřepány po 10 minut a bylo stanoveno pH skleněnou elektrodou. Měření proběhla na přístroji Eutech Instruments pH 510 s teplotní korekcí. Přístroj byl před měřením vzorků dvoubodově zkalibrován pomocí roztoků o určeném pH (4,01; 7,00).

Stanovení draslíku a fosforu metodou KVK-UF:

Draslík v půdě byl stanoven pomocí metody KVK-UF (octan amonný 0,5 M). Předmětem zkoušení půdy pomocí KVK-UF byl výměnný K⁺, který dosahuje běžně 2 – 4 (5) % z kationtové výměnné kapacity (KVK) půdy (Matula, 2007). Touto metodou byl určen i obsah fosforu v půdách.

5.2.1 N_{min} v půdě

V pokusu IOSDV byl obsah přístupného půdního N (N_{min}) měřen po sklizni ozimé pšenice.

Tabulka 9: Schématické znázornění odběrových variant N_{min} v půdě.

160 kg N/ha			
120 kg N/ha	✓	✓	✓
80 kg N/ha			
40 kg N/ha			
0 kg N/ha	✓	✓	✓
kontrola			
	bez organického hnojení	30 t/ha chlévský hnůj	sláma

Odebrané vzorky z profilu 0 – 30 cm se zchlazují a posílají k okamžitému rozboru, jelikož N podléhá těkání.

Extrakce N_{min} z půdy byla provedena pomocí metodiky ÚKZÚZ – Analýza půd III (Zbiral a kol., 2011). Pro stanovení amonného (NH₄⁺) a nitrátového (NO₃⁻) dusíku je používán automatický kolorimetrický analyzátor SAN PLUS System (firma Skalar, Holandsko).

Stanovení kvality zrna pro pekárenské zpracování:

Kvalita zrna byla zjištěna na zařízení (NIR) OmegaAnalyzer GTM od firmy Bruinsinstruments (Salem, USA). Přístroj měří vlnové délky v pásmu 730 – 1100 nm a je pravidelně kalibrován.

5.2.2 Ukazatele kvality

Hodnocena byla pšenice na základní úrovni kvality pro pšenici potravinářskou „A“ v ukazatelích:

- Obsah N, sedimentační index (Zeleny), hektolitrová váha, množství škrobu

5.2.3 Obsah hrubých bílkovin

Obsah N v zrně (%) byl násoben faktorem 5,75 pro pšeničné zrno dle ČSN 46 1100 – 2.

5.3 Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení

Výstupy v podobě grafů byly zpracovány v programu MS Excel a RStudio. Statistická část byla vypracována v programu RStudio verze 1.1.4. (Rstudio, Inc.) s licenci GNU (General Public License, Version 3). Byla použita Anova – jednofaktorová i vícefaktorová, Tukeyho test s interakcemi, Pearsonův korelační koeficient.

Statistická jednofaktorová analýza a interakční test:

Většina dat byla zpracována jednofaktorovým testem Anova, při kterém se zjišťovala základní variabilita mezi pozorovanými jevy - např. vliv hnojení na výnos, obsah fosforu v půdě a v rostlinách atp. Následoval interakční Tukeyho test, kde se určilo, jaká ošetření přesně mezi sebou interagovala na zvolené hladině významnosti. Tímto způsobem byly získány hodnoty F, které pro zjednodušení program převádí na další hodnotu - p. Ve statistických testech se pracovalo shodně s hladinou významnosti $p \leq 0,05$.

Statistická vícefaktorová analýza:

Pro účely statistické analýzy vlivu pH půdy a minerálního hnojení na množství P a K v zrně při vícefaktorové analýze byly rozděleny varianty minerálního hnojení do dvou skupin: hnojení = ano, nehnojení = ne. Byly tedy zanedbány dávky N na různě hnojených variantách. Do analýzy nebyla zahrnuta jednotlivá opakování, každá parcela byla programem počítána zvlášť.

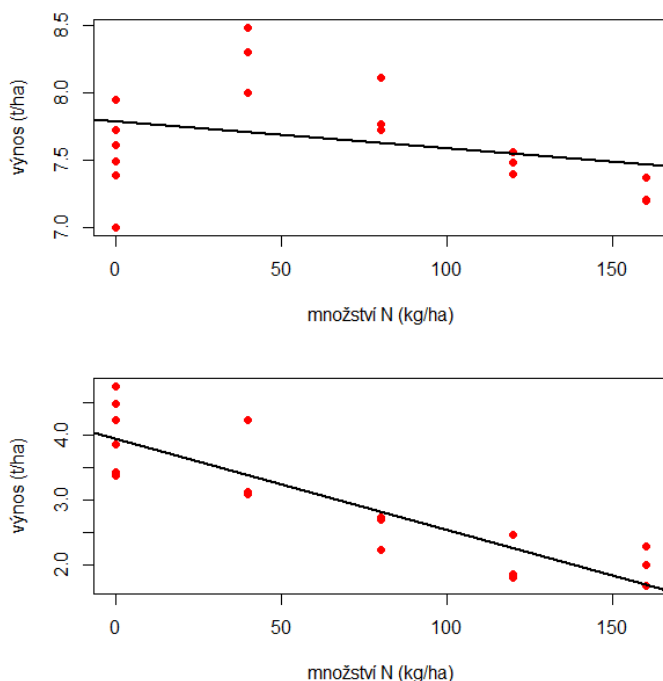
6 Výsledky

6.1 Výnosy

Ivanovice

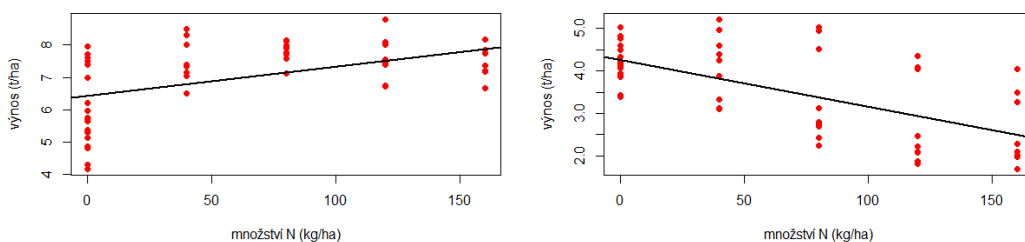
Výnosy v obou letech při hnojení chlěvským hnojem v Ivanovicích statisticky významně korelovaly. Porosty hnojené chlěvským hnojem reagovaly v obou letech obdobně na hnojení N (odezva na zvyšující se hnojení N byla v korelaci obou let). Negativní trend ve výnosu při vyšších dávkách N na bloku s chlěvským hnojem se v roce 2017 ještě prohloubil.

Grafy 8 a 9: Vývoj hektarových výnosů v rámci bloku s chlěvským hnojem dle dávky N, Ivanovice 2016 a 2017



Naopak velmi neprůkazně korelovaly výnosy porostu z obou let mezi sebou vlivem hnojení N na bloku se slámou a meziplodinou, kde v roce 2016 výnos spolu s hnojením N stoupal, zatímco v roce 2017 klesal v souladu s trendem celého pokusu viz grafy 10 a 11:

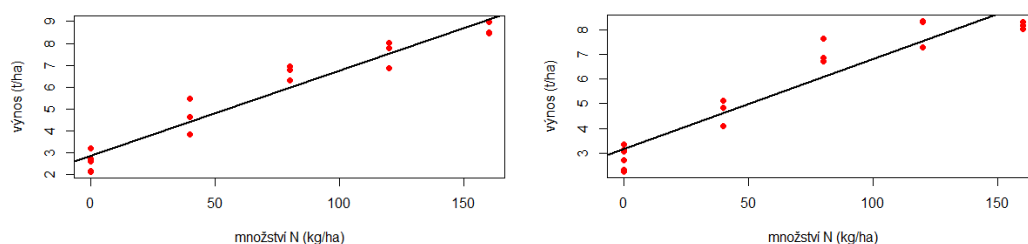
Grafy 10 a 11: Vývoj hektarových výnosů v rámci celého pokusu na všech variantách dle dávky N, Ivanovice 2016 a 2017 (zleva)



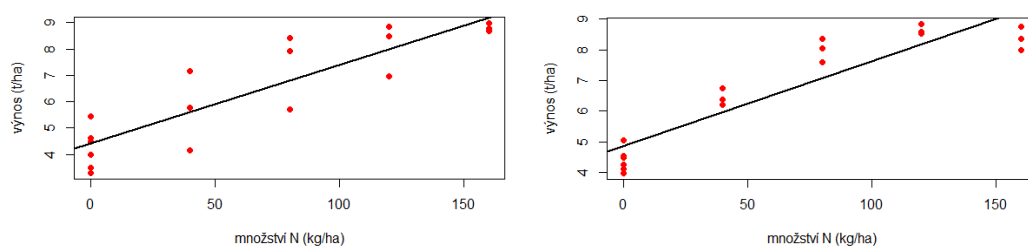
Lukavec

Vzájemná korelace byla nejvyšší na variantách bez organického hnojení (94% korelace). Korelace výnosů na variantách se slámou (88,4% korelace) a na variantách s chlévským hnojem (88,45 %), byla totožná. Odrůda Cubus již naplnila svůj potenciál (rok 2016 a předchozí) a neměla naopak další možnost potenciál zvýšit (rok 2017). To dokládají následující grafy výnosů dle jednotlivých dávek N:

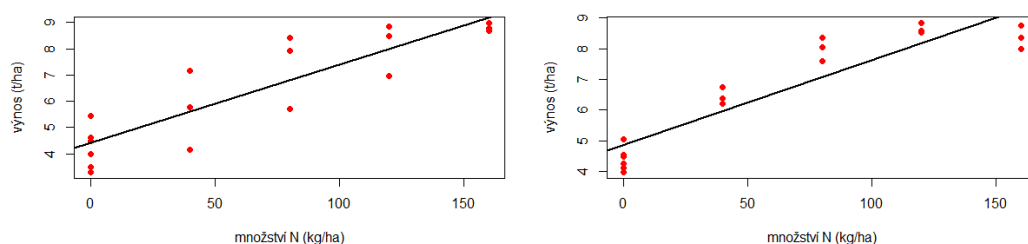
Grafy 12 a 13: Meziroční vývoj hektarových výnosů pšenice ozimé v rámci bloku bez organického hnojení dle dávky N, Lukavec 2016 a 2017



Grafy 14 a 15: Meziroční vývoj hektarových výnosů pšenice ozimé v rámci bloku s chlévským hnojem dle dávky N, Lukavec 2016 a 2017



Grafy 16 a 17: Meziroční vývoj hektarových výnosů pšenice ozimé v rámci bloku s chlévským hnojem dle dávky N, Lukavec 2016 a 2017



V roce 2017 na blocích bez organického hnojení a s chlévským hnojem stoupl výnos při dávce 0 – 120 kg N.ha⁻¹. Při dávce vyšší se výnos snížil, přestože regresní přímka předpovídala opak – výnosový strop odrůdy Cubus se nejspíš nachází mezi 9 – 10 t.ha⁻¹, v roce 2017 jím bylo 9 t.ha⁻¹. Na bloku se slámou a meziplodinou byly výnosy nastaveny

přesně opačně. Nejvyšší průměrný výnos zde byl dosažen při dávce 120 kg N.ha⁻¹, ale pouze při dávce 160 kg N.ha⁻¹ byl výnos vyšší než v roce 2016.

6.2 Změny obsahu živin v půdě v závislosti na hnojení

Vyšší výnos by se měl logicky promítat do vyššího odčerpávání P a K. Výsledkem má být určení maximální dávky hnojiva, pro kterou ještě platí, že má pozitivní vliv na kvalitu produkce. Při korelaci v obou letech se při stejném obhospodařování parcel v následujících letech může trend prohlubovat i zůstávat v současném stavu (v tuto chvíli lze jen s určitou pravděpodobností tvrdit, co se nejspíš stane, zbytek je zatížen chybou). To lze zjistit pouze porovnáním s víceletými údaji, v tomto případě se jednalo jen o jednoleté pozorování. Porovnání je zatíženo chybou, která se teoreticky snižuje při dalších měřeních stejných ukazatelů v budoucnu. Část živin se pomalu uvolňuje z půdních zásob a záleží na velikosti souboru proměnných – mocnosti půdy, mineralizačním potenciálu, nejvíce průběhu ročníku, jak moc je jimi statistický model ovlivněn (model předkládá určitý scénář, vypovídající hodnota je závislá na přesnosti měření a tom, zda lze hodnoty mezi sebou porovnávat – nepřevládá jiný, neznámý nebo opomenutý vliv, což platí pro všechna biologická pozorování).

Pokud data z bloků s významnými rozdíly v letech 2016 a 2017 mezi sebou korelovala (Pearsonova korelace), bylo možné vyvrátit nulovou hypotézu (H_0 = mezi hnojením N a obsahem prvků v půdě není rozdíl).

6.2.1 Fosfor v půdě

Ivanovice

Statistické zhodnocení obsahu P v půdě v roce 2017 v Ivanovicích bylo provedeno u všech variant hnojených N + P, K. Nicméně jedna varianta na každém bloku s rozdílným organickým hnojením byla hnojena samotným P a K. Záměr byl zjistit vztah mezi zvyšujícím se dusíkatým hnojením a obsahem přístupného fosforu v půdě. Jelikož byla na P, K hnojených variantách všude naaplikovaná stejná dávka P a K hnojiva, záleželo pouze na dávce N hnojení a výsledném výnosu, což určilo konečnou zásobu fosforu zjištěnou po sklizni na jednotlivých blocích. Rozdíly v množství

půdního fosforu (vynechány kontroly) na všech 3 blocích dle hnojení N (Anova test, $\alpha \leq 0,05$):

Ivanovice: rok 2017 ... bez organického hnojení ... $p = 0.0468$

Ivanovice: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹ ... $p = 0.7874$

Ivanovice: rok 2017 ... sláma a meziplodina ... $p = 0.4324$

Výsledky z rozborů půdy po sklizni metodou KVK-UF v Ivanovicích ukázaly, že hnojení vysokou dávkou minerálního dusíku mělo významný vliv na množství P v půdě po sklizni na bloku bez organického hnojení. Rozdíl byl zaznamenán mezi variantou nejvyšší, tj. 160 kg N.ha⁻¹, kde došlo k poklesu obsahu přístupného fosforu oproti dávce 40 kg N.ha⁻¹. To dokládají tyto průměrné hodnoty obsahu fosforu v půdě:

Ivanovice: rok 2017 ... bez org. hnojení, var. 1N^a ... obsah P = 21.58 mg.kg⁻¹

Ivanovice: rok 2017 ... bez org. hnojení, var. 4N^b ... obsah P = 18.16 mg.kg⁻¹

Vysvětlivky: Rozdíl mezi variantami označenými písmenným indexem ^{ab} byl statisticky průkazný (Tukey test, s interakcemi), $\alpha \leq 0,05$.

Zjištěná množství odpovídají zásobě 80,92 resp. 68,1 kg.ha⁻¹ P v půdě po sklizni. V roce 2017 měly různé dávky N statisticky významný vliv na obsah přístupného P v půdě po sklizni. Hodnota korelace mezi oběma roky v Ivanovicích nebyla určena, jelikož nebyla k dispozici měření z roku 2016.

Lukavec

Rok 2017 na lokalitě Lukavec neprobíhal tak extrémně jako na Jižní Moravě, zejména bylo normální množství a rozložení srážek. Rozdíl v množství P v půdě po sklizni byl statisticky průkazný pouze na bloku chlévského hnoje dle dávek minerálního N (vynechány kontroly). Rozdíly v množství půdního fosforu na 3 blocích (Anova test, $\alpha \leq 0,05$):

Lukavec: rok 2017 ... bez organického hnojení ... $p = 0.1624$

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹ ... $p = 0.002725$

Lukavec: rok 2017 ... sláma a meziplodina ... $p = 0.8505$

Při porovnání se statistickými výsledky z Ivanovic ze stejného roku je zřejmé, že obsah půdního P po sklizni je závislý na výnosu, méně na způsobu organického hnojení/nehnojení. Statisticky významné rozdíly obsahu půdního P byly zaznamenány na obou lokalitách při vysokém odběru P. Výrazný pokles obsahu půdního P byl patrný v roce 2017 na bloku s chlévským hnojempři nejvyšší dávce N. Rozdíly mezi variantami na bloku chlévský hnůj:

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 0N^a ... obsah P = 45.96 mg.kg⁻¹

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 1N^b ... obsah P = 44.32 mg.kg⁻¹

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 2N^c ... obsah P = 45.13 mg.kg⁻¹

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 4N^{abc} . obsah P = 29.76 mg.kg⁻¹

Vysvětlivky: Rozdíl mezi variantami označenými písmennými indexy^{abc} byl statisticky průkazný (Tukey test, s interakcemi), $\alpha \leq 0,05$.

Rozdíl v zásobě mezi nejnižším a nejvyšším obsahem v půdě odpovídal 55,75 kg P.ha⁻¹ při hloubce půdy 0,25 m a objemové hmotnosti půdy 1,3 t.m⁻³. Rozdíl ve výnosu mezi variantou 2N a 4N na bloku s chlévským hnojem byl v průměru 17 %, což zcela nepokrývá vzniklou ztrátu odčerpání zrnem. Lze soudit, že hnojení N by mohlo přispívat za určitých okolností ke snížení obsahu P v půdě. Korelační test postihuje míru závislosti hnojení N na bloku s chlévským hnojem mezi dvěma sledovanými roky (Pearsonův korel. test):

Lukavec: rok 2016 a 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 1N - 4N ... korelace = 0.2154

Mezi obsahy P v půdě po sklizni nebyla zjištěna statisticky významná míra korelace. Z naměřených dat v Lukavci z obou let nelze vyvodit závěr, že hnojení N snižuje množství P v půdě, jelikož nízká míra korelace v obou letech nepotvrzuje uvažovaný trend při téměř shodných výnosech.

6.2.2 Draslík v půdě

Ivanovice

Porovnány byly stejné varianty jako při hodnocení fosforu: 0N + P, K – 4 N (vynechány kontroly). Rozdíly v množství draslíku v půdě na 3 blocích (Anova test, $\alpha \leq 0,05$):

Ivanovice: rok 2017 ... bez organického hnojení ... p = 0.2689

Ivanovice: rok 2017 ... chlévský hnůj 30 t.ha⁻¹ ... p = 0.6779

Ivanovice: rok 2017 ... sláma a meziplodina ... p = 0.936

V Ivanovicích na Moravě bylo zjištěno stabilní množství přístupného K v půdě po sklizni na všech blocích. Hnojení různými dávkami N zde nemělo v roce 2017 žádný významný vliv na zásobu K v půdě po sklizni. Předpokládal jsem, že nižší zásoby budou naměřeny na organicky nehnojeném bloku, což se potvrdilo. Zde byl naměřen nejnižší obsah v průměru všech hnojených variant 475 mg.kg⁻¹ půdy, následoval blok se slámou s 538 mg.kg⁻¹ a blok s chlévským hnojem s 877 mg.kg⁻¹. V Ivanovicích je půda středně těžká a obsah K kolem 750 mg.kg⁻¹ je teprve dostačující pro správnou výživu porostů – v tomto případě následné plodiny jarního ječmene. Z tohoto pohledu obstál pouze blok s chlévským hnojem. Vzhledem k nízkým výnosům lze vyvodit další závěr sice, že sucho významně přispělo ke zvýšení konečné zásoby K v půdě na všech blocích v Ivanovicích v roce 2017.

Lukavec

Rozdíl v množství K v půdě po sklizni při různé úrovni N hnojení byl statisticky průkazný na bloku bez organického hnojení a bloku s chlévským hnojem v dávce 30 t.ha⁻¹. Při hodnocení byly vynechány kontroly. Rozdíly v množství půdního draslíku na 3 blocích (Anova test, $\alpha \leq 0,05$):

Lukavec: rok 2017 ... bez organického hnojení ... p = 0.0378

Lukavec: rok 2017 ... chlévský hnůj 30 t.ha⁻¹ ... p = 0.0001

Lukavec: rok 2017 ... sláma a meziplodina ... p = 0.2031

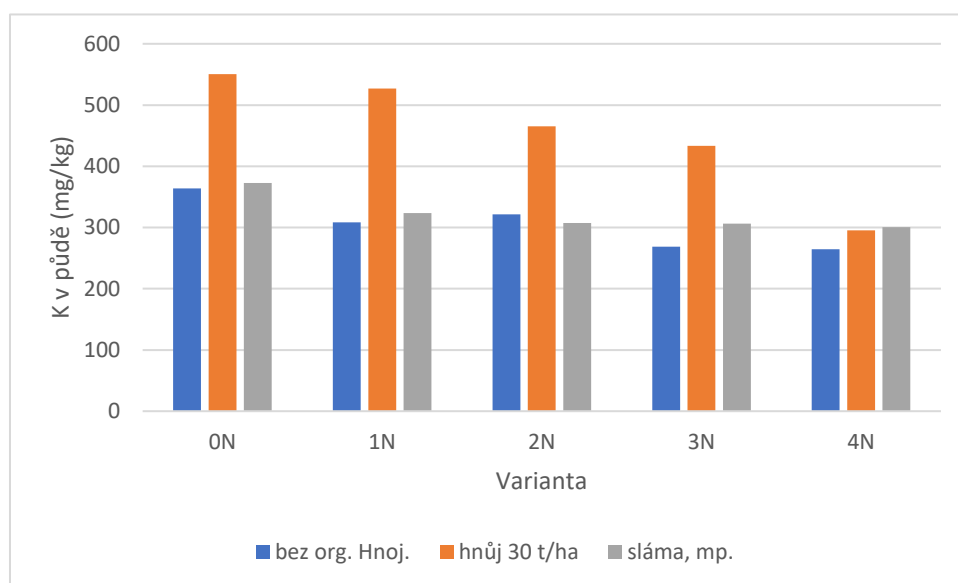
Podobně jako při analýze půdního fosforu po sklizni se ukazuje, že obsah K v půdě po sklizni je závislý na výnosu jednotlivých variant v rámci jednoho bloku, kdy se statisticky významně projevil vliv odstupňovaných dávek N na množství K v půdě po sklizni. To upřesňují v rámci jednotlivých bloků – 1. a 2. bloku, tato průměrná čísla:

Lukavec: rok 2017 ... bez org. hnoj., var. 0N ^a ...	obsah K = 364 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... bez org. hnoj., var. 4N ^b ...	obsah K = 241,1 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha ⁻¹ , var. 0N ^{ab} ...	obsah K = 550,6 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha ⁻¹ , var. 1N ^c ...	obsah K = 527,2 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha ⁻¹ , var. 2N ^d ...	obsah K = 465,5 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha ⁻¹ , var. 3N ^{ae} ...	obsah K = 433,6 mg.kg ⁻¹
Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha ⁻¹ , var. 4N ^{bcde} ...	obsah K = 295,2 mg.kg ⁻¹

Vysvětlivky: Rozdíl mezi variantami označenými písmennými indexy ^{abcde} byl statisticky průkazný (Tukey test, s interakcemi), $\alpha \leq 0,05$.

Jednalo se o významný pokles na nejvíce N hnojených parcelách (varianta 4N – 160 kg N.ha⁻¹) na těchto 2 blocích, kde byl zaznamenán statisticky významný rozdíl vůči všem méně hnojeným variantám. Nejvyšší obsah K po sklizni v půdě byl zaznamenán v roce 2017 na var. 0N + P, K na bloku s chlévským hnojem, kde byl ovšem nejnižší výnos ze všech N hnojených variant v rámci tohoto bloku. Korelačním testem mezi oběma lety na lokalitě Lukavec byl prokázán shodný průběh změn obsahu K z půdy při různém N hnojení ($p = 0,0024$, kor. = 0,7194). V roce 2017 byl výnos mezi variantami 3N a 4N dokonce nižší v neprospěch varianty 4N. Nízký obsah K v půdě po sklizni v Lukavci na variantě 4N je záležitostí působení hnojení a dalších interakcí a není závislý pouze na výnosu (vliv předplodiny, pH půdy apod.).

Graf 18: Průměrný obsah K zjištěný po sklizni na různě N hnojených variantách a různě organicky hnojených blocích, **Lukavec 2017**



6.2.3 Nmin v půdě

Ivanovice

Tabulka 10: Rozdíl v obsahu Nmin na podzim a na jaře v porovnání s průměrem, **Ivanovice**

Způsob organického hnojení:	Dávka N za vegetaci (kg/ha):	Nmin podzim - jaro 2010 – 2015 rozdíl průměr (kg/ha):	Nmin podzim - jaro 2017 rozdíl (kg/ha):
bez org.hnojení	0; 120	18.3; 21	4.22; 25.53
hnůj 30 t/ha	0; 120	9.8; 27.8	28.94; 89.08
sláma a meziplodina	0; 120	9.9; 28.7	23.67; 75.01

V Ivanovicích má půda vysoký mineralizační potenciál, kde se může na podzim v půdě nacházet podobné množství minerálního N při hnojení i nehnojení N – blok bez organického hnojení v letech 2010 - 2015. Na zbylých 2 blocích hnůj a sláma je tento poměr mezi nehnojenou kontrolou a hnojením 120 kg N.ha⁻¹ cca 1:3 (dle průměru 2010 - 2015). Tento poměr byl v roce 2017 zachován. Naopak na bloku bez organického hnojení bylo

naměřeno menší množství minerálního dusíku na podzim při nehnojení N, což koresponduje s vyššími výnosy kontroly (i u některých dalších 0/ 0N variant v rámci celého pokusu).

Nízká hladina N v hloubce půdy 0 - 30 cm může znamenat dobré využití N porostem – existuje předpoklad vysoké schopnosti asimilace živin díky výbornému stavu porostu (výživný i zdravotní stav). Množství N_{min} po sklizni měřené v porostu pšenice je stanoveno na stejném honu 1x za 3 roky. Průměrné údaje za roky 2010 – 2015 tedy vypovídají o výživném stavu rostlin přibližně ze 40 %. Je známo, že N se velmi snadno vyplavuje. Vysoké množství N_{min} po sklizni postihuje dobře nízkou míru dostupnosti minerálního N za podmínek, kdy je porost v určitém směru limitován.

Lukavec

V Lukavci nebyly zaznamenány v roce 2017 větší výnosové výkyvy mezi bloky s různým organickým hnojením/ nehnojením. Množství N_{min} v půdě v roce 2017 v porovnání s průměrem bylo následující:

Tabulka 11: Rozdíl v obsahu N_{min} na podzim a na jaře v porovnání s průměrem, Lukavec

Způsob organického hnojení:	Dávka N za vegetaci (kg/ha):	N _{min} podzim - jaro 2010 – 2015 rozdíl průměr (kg/ha):	N _{min} podzim - jaro 2017 rozdíl (kg/ha):
bez org.hnojení	0; 120	+0.1; - 32.7	6.7; 105.26
hnůj 30 t/ha	0; 120	- 4.6; 39.2	26.22; 49.2
sláma a meziplodina	0; 120	4.5; 27.3	13.45; 19.08

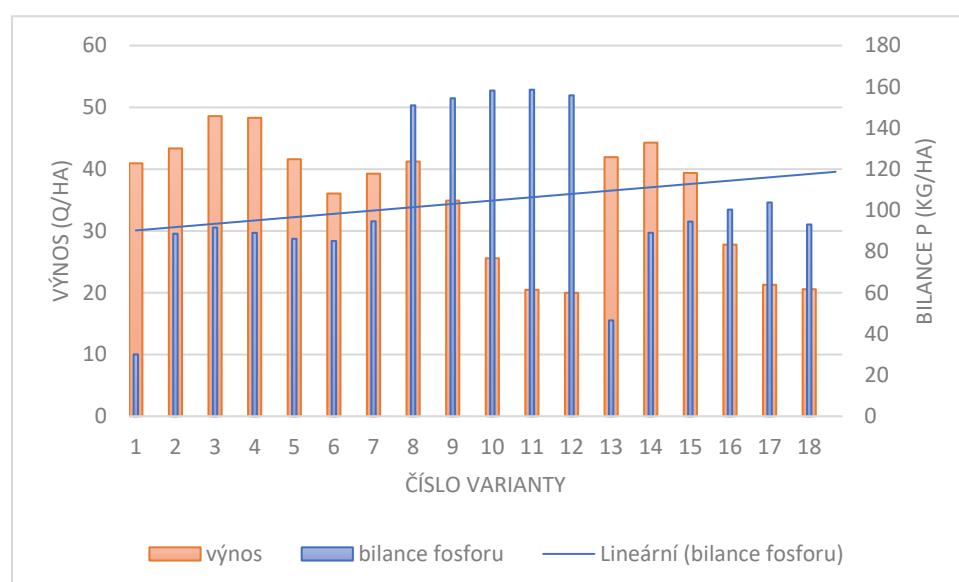
Nejvyšší nárůst množství minerálního dusíku nastal na bloku bez organického hnojení v roce 2017 při hnojení 120 kg N.ha⁻¹ k předplodině. Naopak nejnižší rozdíl mezi obsahem N_{min} na jaře a na podzim byl zaznamenán při stejné dávce dusíku na slámou hnojeném bloku, přestože obsah na jaře byl vysoký (98,44 kg N.ha⁻¹). Na podzim 2017 v půdě zůstalo 57,8 kg N.ha⁻¹ v průměru ze všech bloků hnojených minerálně dávkou 120 kg N.ha⁻¹, a 15,45 kg N.ha⁻¹ v průměru ze všech bloků nehnojených N. V Lukavci byla tedy značná část dusíku

zachována v půdě na podzim po sklizni ozimé pšenice v roce 2017, přestože byl dosažen poměrně vysoký výnos – zvláště u N hnojených variant. Mineralizační potenciál lokality Lukavec nelze hodnotit jako nízký, což dokládají také zjištění Balíka a kol. (2010), kteří zdejší půdu hodnotili jako úrodnou z hlediska výnosů plodin, méně z hlediska agronomického hodnocení dle obsahu N_{min} v půdě (horší kvalita organické hmoty – vyšší podíl N extrahovatelný horkou vodou).

6.3 Bilance fosforu

Ivanovice

Graf 19: Výnos zrna a bilance P; extrakční činidlo octan amonný; Ivanovice 2017.



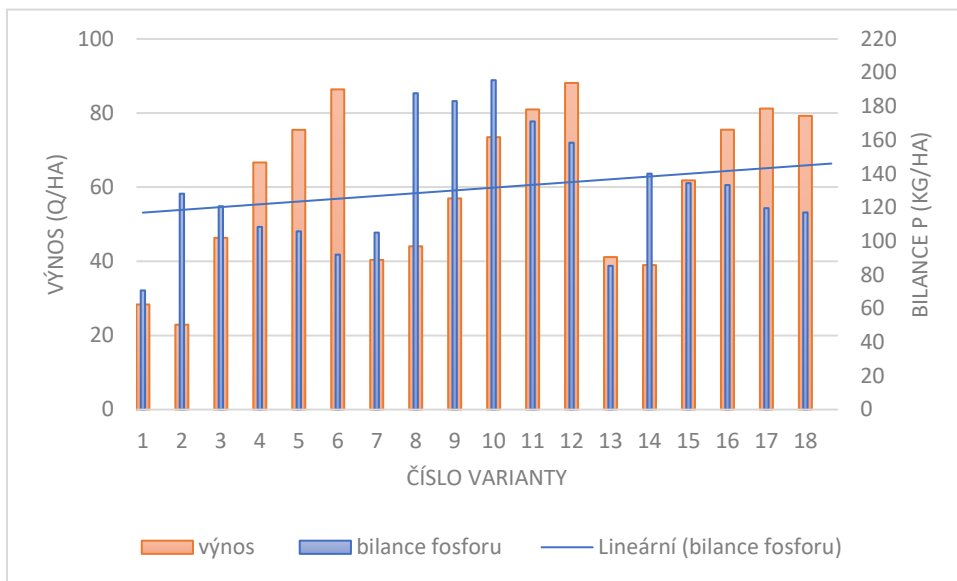
Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlévský hnůj, var. 13 – 18 sláma

Bilance fosforu vypočtená z výnosu zrna a měření půd metodou KVK-UF zaznamenána v všech variantách v průměru pozitivní bilanci. Použitá metoda bere v úvahu množství P v půdě po sklizni a 100% efektivitu minerálního hnojení. Důvodem použití 100% efektivitu minerálního hnojení bylo obtížné stanovení využitelnosti minerálního fosforečného hnojiva do této bilance, která se dle půdního typu a vlivem ročníku může lišit až o 20 % (Blake a kol., 2000). Výrazně pozitivní bilance celkového P byla zaznamenána na bloku chlévského hnoje. K záporné bilanci na této lokalitě v roce 2017 nedošlo na žádné z variant, tedy ani na 3 kontrolách. Export v zrně představoval od cca 10 kg P.ha⁻¹ – 24 kg P.ha⁻¹ v rámci všech pokusných variant. Přibližně 3x lepší bilance dosáhla při obdobném výnosu

varianta 1N na bloku chlévského hnoje vůči nehnojené kontrole na bloku se slámou a mezíplodinou. Rozdíl byl větší, než kolik bylo možné postihnout minerálním hnojením P – dávka 35 kg.ha⁻¹; efekt chlévského hnoje na zvýšené množství P v půdě je tedy v tomto případě nesporný.

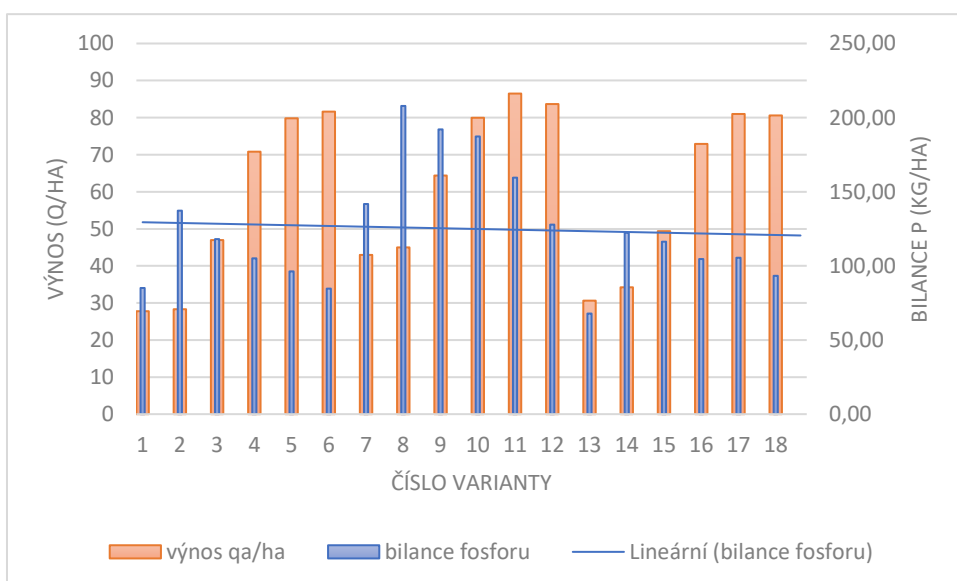
Lukavec

Graf 20: Výnos zrna a bilance P; extrakční činidlo octan amonný; Lukavec 2016.



Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlévský hnůj, var. 13 – 18 sláma

Graf 21: Výnos zrna a bilance P; extrakční činidlo octan amonný; Lukavec 2017.



Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlévský hnůj, var. 13 – 18 sláma

Se zvyšujícím se hnojením N a vyšším výnosem se bilance P (rok 2017) na bloku chlévský hnůj propadala, zatímco na ostatních dvou blocích ne tolik výrazně. Celková bilance napříč jednotlivými bloky mírně klesala, viz „Lineární trendová funkce“ v příloženém grafu, zatímco v roce 2016 bilance napříč bloky s různým organickým hnojením vzrůstala. Díky odpočtu P v odvezené slámě na organicky nehnojeném bloku byly v grafu zaznamenány rozdíly v bilanci P při odvozu slámy právě vůči hnojení organicky slámou a meziplodinou.

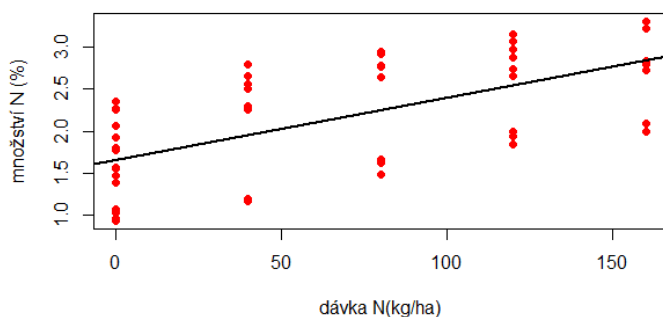
6.4 Živiny ve slámě

6.4.1 Dusík ve slámě

Ivanovice

Obsah dusíku ve slámě v Ivanovicích se pohyboval od 1,5 do cca 3,0 % (i více). V Ivanovicích průkazně zareagoval porost na hnojení N (zabudováním N do slámy) na všech blocích s různým organickým hnojením (vynechány kontroly).

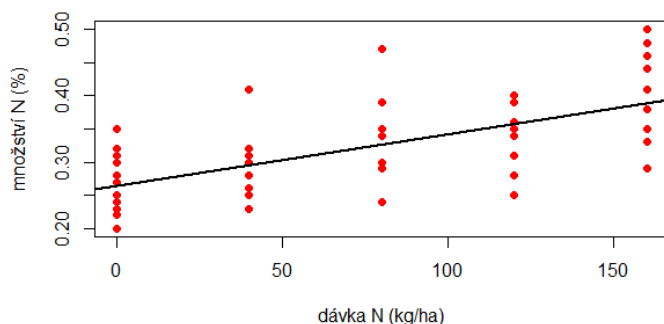
Graf 22: Závislost mezi hnojením N a obsahem N ve slámě v rámci všech pokusných variant, Ivanovice 2017



Lukavec

Obsah dusíku stoupal v roce 2017 v rámci všech variant pokusu od 0,25 % do 0,40 % spolu s hnojením N. Na blocích bez organického hnojení a se slámou a meziplodinou byla prokázána závislost mezi N hnojením a obsahem N ve slámě (vynechány kontroly). Výjimkou tedy byl blok s chlévským hnojem, kde nebyl prokázán vliv hnojení N na obsah N ve slámě.

Graf 23: Závislost mezi hnojením N a obsahem N ve slámě v rámci všech pokusných variant, Lukavec 2017

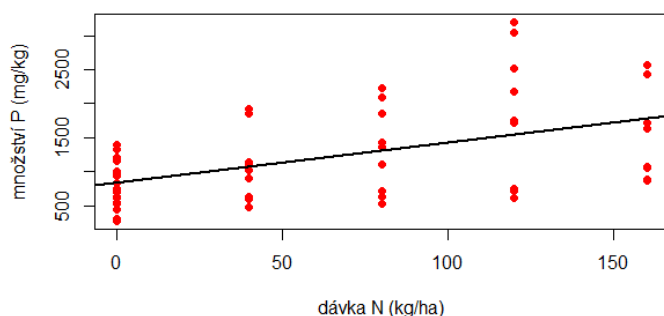


6.4.2 Fosfor ve slámě

Ivanovice

Obsah fosforu ve slámě narůstal spolu s hnojením N v rámci všech pokusných variant od cca 0,75 g.kg⁻¹ po cca 2,0 g.kg⁻¹. Na všech blocích s různým organickým hnojením byla prokázána závislost mezi N hnojením a obsahem P ve slámě (nehnojené kontroly byly součástí) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$. Závislost mezi hnojením N, a P ve slámě:

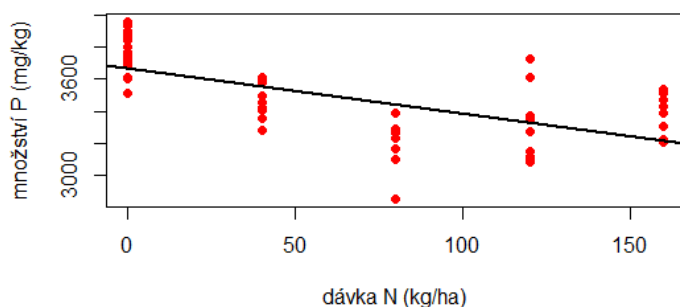
Graf 24: Závislost mezi hnojením N a obsahem P ve slámě v rámci všech pokusných variant, Ivanovice 2017



Lukavec

Obsah fosforu ve slámě v rámci všech pokusných variant v roce 2017 mírně klesal s dávkou N od cca 3,2 mg.kg⁻¹ po cca 3,6 g.kg⁻¹. Nižší obsahy P ve slámě byly zaznamenány při dávce 2N. Nicméně utilizace P slámou byla na podstatně vyšší úrovni než na lokalitě Ivanovice na Hané v posledním roce. Slámou bylo odčerpáváno v průměru bloku bez organického hnojení 15,5 kg.ha⁻¹.

Graf 25: Závislost mezi hnojením N a obsahem P ve slámě v rámci všech pokusných variant, **Lukavec 2017**



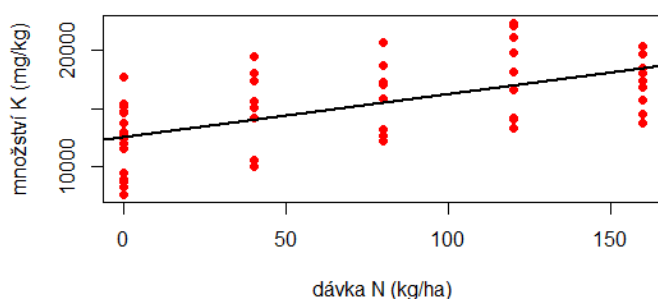
6.4.3 Draslík ve slámě

Draslík přechází poměrně ve velkém množství u ozimé pšenice do slámy. Při exportu slámy z pole mohou vznikat v extrémních případech až jeho nedostatky v půdě.

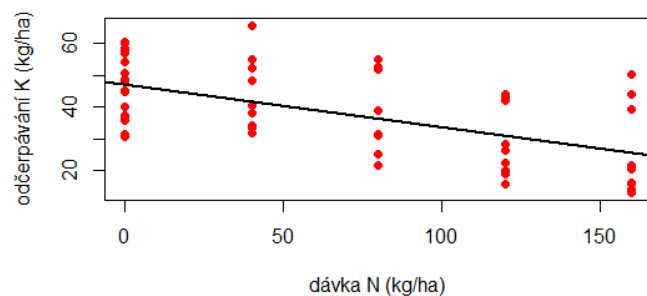
Ivanovice

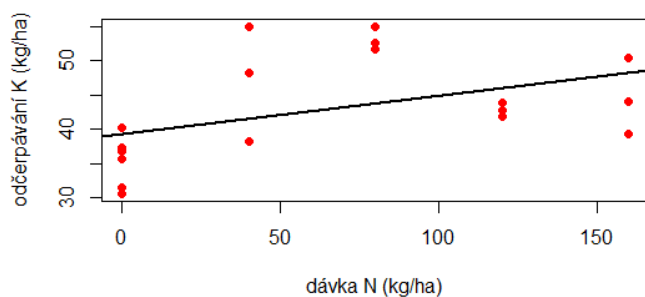
Obsah draslíku ve slámě mírně klesal spolu s minerálním hnojením N. Napříč všemi variantami pokusu se obsah K pohyboval v rozmezí cca 12,5 – 17,5 g.kg⁻¹.

Graf 26: Závislost mezi hnojením N a obsahem K ve slámě v rámci všech pokusných variant, **Ivanovice 2017**



Grafy 27 a 28: Závislost mezi hnojením N a odčerpáváním K slámou na bloku bez organického hnojení/ v rámci všech pokusných variant v roce 2017, **Ivanovice**



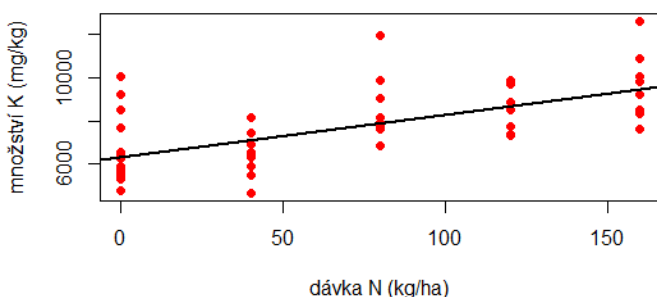


Množství draslíku exportovaného slámou se pohybovalo v rozmezí 30 – 55 kg.ha⁻¹ na bloku bez organického hnojení. Zatímco v celém pokusu odběr K ve slámě klesal, na bloku bez organického hnojení odběr K stoupal spolu s vyšším výnosem slámy a také zrna.

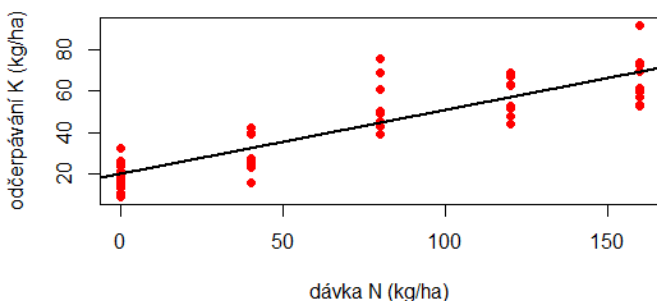
Lukavec

Obsah draslíku se pohyboval v rozmezí 6 – 9 g.kg⁻¹ slámy v rámci celé lokality Lukavec v roce 2017.

Graf 29: Závislost mezi hnojením N a obsahem K ve slámě v rámci všech pokusných variant, Lukavec 2017



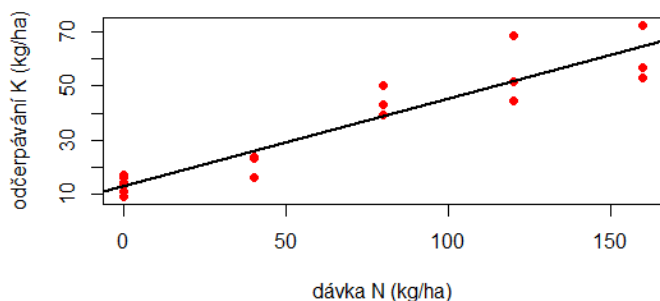
Graf 30: Závislost mezi hnojením N a odčerpáváním K slámou v rámci všech pokusných variant, Lukavec 2017



Export K slámou jak v Ivanovicích, tak v Lukavci se v roce 2017 pohyboval okolo podobných hodnot. V Lukavci bylo odčerpáváno slámou 20 - 60 kg K.ha⁻¹. V Lukavci ovšem nebyl určen přesný poměr mezi zrnem a slámou pro přesnější určení množství exportovaného

K slámou – byl tedy použit faktor 0,833 pro výpočet výnosů slámy v poměru k výnosům zrna (poměr zrna a slámy 1,2:1). Odčerpávání K na nehnojených kontrolách bylo nízké.

Graf 31: Závislost mezi hnojením N a odčerpáváním K slámou na bloku bez organického hnojení, Lukavec 2017

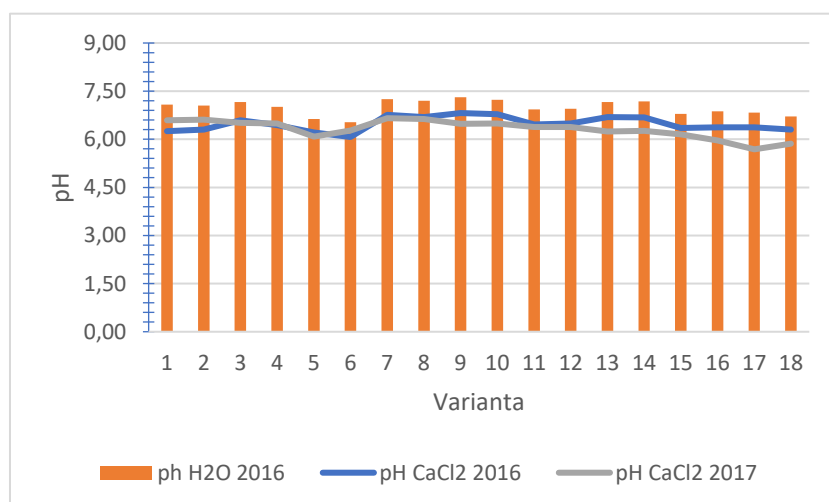


6.5 Změny pH půdy

Ivanovice

K nežádoucímu okyselování půdy přispívá více faktorů. Jelikož bylo hnojeno mnoho variant okyselujícím síranem amonným v různých dávkách, bylo možné porovnat graficky varianty dle pH. Variantou bez okyselujících minerálních N solí byla kontrola (0N), případně varianta 0N + P, K. Fosforečné hnojivo (TSP) působí na rostliny fyziologicky neutrálně, draselné hnojivo (KCl) má tendenci půdu okyselovat.

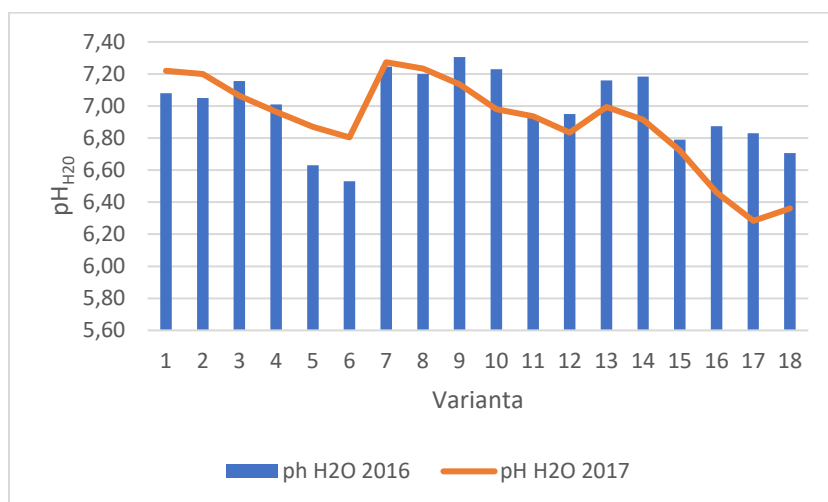
Graf 32: Vodíkový exponent v CaCl₂ a ve vodě; Ivanovice 2016, 2017



Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlěvský hnůj, var. 13 – 18 sláma

Při hnojení N, P, K vznikala ve výlužích v CaCl_2 disproporce hodnoty pH mezi nehnojenou kontrolou a hnojenými variantami. PH mírně klesalo napříč jednotlivými bloky s různým organickým hnojením, kde měly vždy první 2 varianty podobné, stabilní pH, které klesalo s dávkami N, viz grafy 33 a 34. Samotné K hnojení tedy příliš pH nesnižovalo – varianta 0N vůči 0N + P, K.

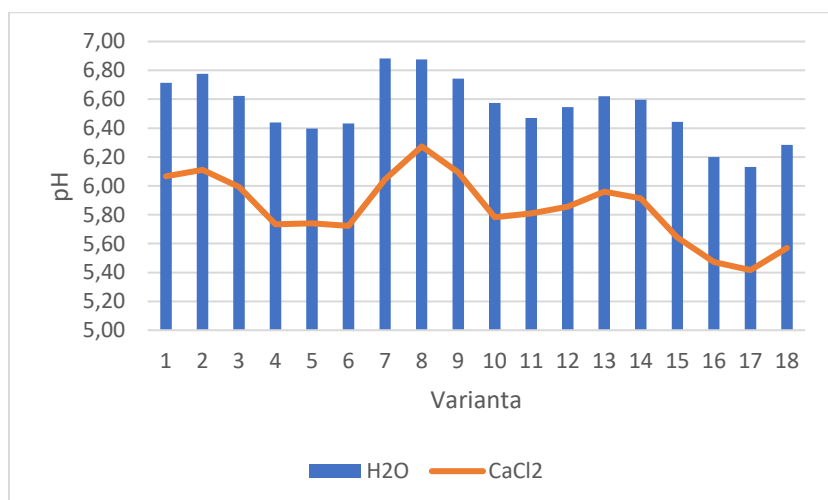
Graf 33: Vodíkový exponent ve vodě; *Ivanovice 2016, 2017*



Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlěvský hnůj, var. 13 – 18 sláma

Lukavec

Graf 34: Vodíkový exponent ve vodě a v CaCl_2 , *Lukavec 2017*



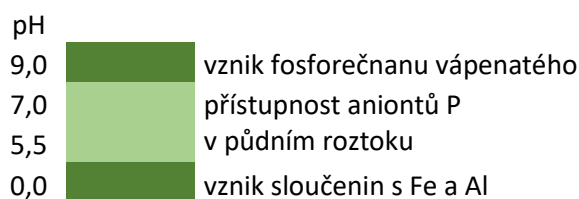
Vysvětlivky: Var. 1 – 6 bez org. hnojení, var. 7 – 12 chlěvský hnůj, var. 13 – 18 sláma

PH postupně klesalo podobně jako v Ivanovicích (rok 2017) se zvyšujícími se dávkami N hnojení. Mezi variantami 0N a 0N +P, K se navíc pH spíše zvyšovalo a to při obojím testování jak ve vodě, tak v CaCl₂. Bohužel se nepodařilo zatím vysvětlit klesající pH na bloku se slámou, kde pH klesalo s dávkou N, ale zvýšilo se při dávce 4 N.

6.6 Vliv hnojení a pH půdy na příjem fosforu

Při nízkém pH se dle literatury významně snižuje příjmová kapacita P. Optimální hodnota půdní reakce se liší dle nároků jednotlivých plodin, pro pšenici ozimou je dle Baiera a Baierové (1985) nejlepší pH 6,0 – 7,2 (KCl). Při pH nad 9,0 vytváří P vazbu s Ca a vzniká nerozpustný fosforečnan vápenatý, při nízkém pH pod 5,5 vznikají vazby s Fe a Al. Množství volných fosforečných iontů ovlivňuje kvalita organické hmoty při vyšším pH.

Obrázek 4: Přístupnost fosforu při různém pH v půdě



Ivanovice

Tabulka 12: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(H₂O) půdy měřené po sklizni na zabudování fosforu do zrna zjištěné Anova testem ($\alpha \leq 0,05$), **Ivanovice 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{H₂O} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	p = 0.0047	p = 0.4294	p = 0.4459
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	p = 5.23 x 10 ⁻⁶	p = 0.0038	p = 0.088
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	p = 8.68 x 10 ⁻⁷	p = 0.825	p = 0.266

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 13: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(CaCl₂) půdy měřené po sklizni na zabudování fosforu do zrna zjištěné Anova testem ($\alpha \leq 0,05$), **Ivanovice 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{CaCl₂} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	p = 0.0022	p = 0.0825	p = 0.2454
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	p = 1.21 x 10 ⁻⁵	p = 0.0103	p = 0.1423
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	p = 5.37 x 10 ⁻⁷	p = 0.835	p = 0.1264

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

V roce 2017 mělo na množství fosforu v zrna na všech variantách v Ivanovicích vliv minerální hnojení N. Pouze na bloku s chlěvským hnojem mělo pH zjištěné oběma metodami (pH(H₂O), pH(CaCl₂)) vliv na obsah fosforu v zrna ozimé pšenice. V interakci s hnojením nemělo pH v Ivanovicích v roce 2017 vliv na obsah fosforu v zrna na žádném z bloků s různým organickým hnojením/ nehnojením při obojím testování pH půdy.

Lukavec

Tabulka 14: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(H₂O) půdy měřené po sklizni na zabudování fosforu do zrna zjištěné Anova testem, **Lukavec 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{H₂O} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	$p = 6.59 \times 10^{-6}$	$p = 0.0638$	$p = 0.4146$
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	$p = 0.0017$	$p = 0.8754$	$p = 0.6734$
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	$p = 2.8 \times 10^{-5}$	$p = 0.160$	$p = 0.126$

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 15: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(CaCl₂) půdy měřené po sklizni na zabudování fosforu do zrna zjištěné Anova testem, **Lukavec 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{CaCl₂} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	$p = 4.76 \times 10^{-6}$	$p = 0.052$	$p = 0.261$
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	$p = 0.0012$	$p = 0.1938$	$p = 0.9435$
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	$p = 3.08 \times 10^{-5}$	$p = 0.226$	$p = 0.110$

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Příjem fosforu byl vždy ovlivněn hnojením N a na žádném z bloků s různým organickým hnojením/ nehnojením se v roce 2017 neprojevovalo nízké pH jako významný činitel na příjem P zrnem. Ani interakce obou faktorů na příjem P nebyla statisticky významná. V Lukavci se pravidelně vápní na základě rozborů půdy, v Ivanovicích nikoliv, což mohlo sehrát svou roli. Nejbližší ke statisticky významnému rozdílu v příjmu P zrnem na základě hnojení N byly hodnoty z bloku s organickým hnojením, kde rozdíl v *p* hodnotě Anova testu činil pár setin mezi průkazností/ neprůkazností.

6.7 Vliv hnojení a pH půdy na příjem draslíku

Ivanovice

Tabulka 16: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(H₂O) půdy měřené po sklizni na příjem draslíku zrnem, Ivanovice 2017

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{H₂O} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	p = 0.1734	p = 0.0691	p = 0.9804
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	p = 0.849	p = 0.844	p = 0.497
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	p = 0.9325	p = 0.0148	p = 0.4583

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 17: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a pH(CaCl₂)půdy měřené po sklizni na příjem draslíku zrnem, Ivanovice 2017

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH _{CaCl₂} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	p = 0.216	p = 0.521	p = 0.723
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	p = 0.845	p = 0.365	p = 0.479
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	p = 0.9365	p = 0.0315	p = 0.8496

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Bylo prokázáno vyrovnané zásobení zrna (a porostu) draslíkem bez rozdílů mezi jednotlivými dávkami N hnojiva v Ivanovicích. Hnojení N nemělo tedy vliv na obsah K v zrně v Ivanovicích v roce 2017. Prokazatelný byl vliv pH při obojím testování pH (H₂O), pH(CaCl₂) na obsah K v zrně na bloku se slámou (rok 2017). Vliv interakcí se nepotvrdil.

Lukavec

Tabulka 18: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a $pH(H_2O)$ půdy měřené po sklizni na příjem draslíku, **Lukavec 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH_{H_2O} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	$p = 0.0013$	$p = 0.3591$	$p = 0.6516$
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	$p = 0.0862$	$p = 0.3368$	$p = 0.3695$
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	$p = 0.0114$	$p = 0.6692$	$p = 0.4895$

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 19: *p* – hodnoty vlivu faktorů hnojení a $pH(CaCl_2)$ půdy měřené po sklizni na příjem draslíku, **Lukavec 2017**

Typ org. hnoj.:	Varianty:	Vliv hnojení:	Vliv pH_{CaCl_2} :	Vliv obou:
bez org. hnoj.	0, 0N – 4 N	0.0009	0.2010	0.4317
hnůj 30 t.ha ⁻¹	0, 0N – 4 N	0.0933	0.5326	0.4247
sláma a mezipl.	0, 0N – 4 N	0.0119	0.8330	0.5218

Vysvětlivky: Anova test (vícefaktorová) vybraných ukazatelů příjmu živin, $\alpha \leq 0,05$.

V Lukavci prokazatelně působilo na obsah K v zrně většinou minerální hnojení N, vliv minerálního N byl neprůkazný pouze na bloku s chlévským hnojem při obojím testování $pH(H_2O, CaCl_2)$. Vliv pH nebyl významný na žádném z bloků různého organického hnojení/ nehnojení. Na lehčí půdě, jaká je v Lukavci je nutné dosycovat draslík minerálně, ale ideální je aplikace chlévského hnoje, který je jeho dobrým zdrojem a může snižovat i nároky na N pro vyrovnání příjmu K.

6.8 Klasové rozbory

6.8.1 Zdravotní stav klasů a HTZ

Ivanovice

V Ivanovicích v extrémním roce 2016/2017 nenarostly všechny klasy zcela dobře. Průvodním jevem na všech pokusných variantách bylo zasychání spodních klásků, v horším případě došlo k zaschnutí horních klásků. Organicky nehnojené varianty byly nejzdravější, klasy na pohmat nejpevnější i v době vyhodnocení, a tolik neuvolňovaly zrna, pouze zaschly spodní klásky.

Tabulka 20: Hodnoty HTZ při různém organickém a minerálním hnojení, Ivanovice 2017

Bez org. hnojení	HTZ	Chlévský hnůj	HTZ	Sláma a meziplodina	HTZ
0	42,14	0	39,12	0	37,63
0N	<u>42,51</u>	0N	39,33	0N	<u>39,93</u>
1N	39,21	1N	38,32	1N	39,17
2N	37,94	2N	38,20	2N	39,25
3N	37,89	3N	<u>40,36</u>	3N	39,42
4N	39,39	4N	36,77	4N	38,63

Minerálně hnojené varianty na bloku s chlévským hnojem na obou lokalitách (rok 2017) byly podrobeny statistickému hodnocení HTZ (při vlhkosti zrna 12%):

Lukavec: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 1N, 2N, 3N, 4N ...průměr_{HTZ}= 44.142 g

Ivanovice: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 1N, 2N^a, 3N^b, 4N^{ab} ... průměr = 38.68 g

Rozdíl mezi variantami označenými písmennými indexy ^{abc} byl statisticky průkazný (Tukey test, s interakcemi), $\alpha \leq 0,05$.

Varianty s chlévským hnojem v Ivanovicích (rok 2017) byly zaschlé nebo uvolňovaly zrna ve spodní a horní třetině. V klasech se objevovala ještě čerň travní, a to hlavně na nejvíce hnojených variantách na bloku s chlévským hnojem a slámou a mezipločinou. Výnos těchto variant byl nejnižší (nižší hodnoty HTZ a počtu zrn v klasu). Na bloku se slámou a mezipločinou byly klasy napadány chorobou už při dávce 2 N - 80 kg N.ha⁻¹ (kromě kontrol), na bloku s chlévským hnojem při vyšší dávce 3N (120 kg N.ha⁻¹) a varianty na bloku organického nehnojení nebyly zasaženy téměř vůbec.

Klasy napadené černí travní (*Puccinia graminis*), která se objevuje převážně v jižních oblastech ČR, byly pokryty černými tečkami zimních výtrusů (teliospory) patogena. Epidemie může způsobit výrazné ztráty na výnosu kvůli redukci hodnoty HTZ. Vzhledem k počtu zrn v klase, který byl nižší asi o 1/3 vůči roku 2016 na relativně zdravém bloku bez organického hnojení lze konstatovat, že významněji ovlivňoval počet zrn v klasu činitel sucha. Nicméně nelze říci, do jaké míry se podílelo na ztrátě výnosu sucho a jak další pěstitelské faktory.

Tabulka 21: Hodnoty HTZ při různém organickém a minerálním hnojení, Ivanovice 2016

Bez org. hnojení	HTZ	Chlévský hnůj	HTZ	Sláma a meziplodina	HTZ
0	47,41	0	<u>45,87</u>	0	47,89
0N	<u>49,05</u>	0N	45,57	0N	<u>48,33</u>
1N – 4N	44,25	1N – 4N	40,38	1N – 4N	40,55

Lukavec

Zdravotní stav klasů při sklizni v obou letech v Lukavci lze hodnotit jako dobrý. Nebylo tedy třeba jednotlivé varianty mezi sebou porovnávat na poškození vzniklá jak suchem, tak dalšími vlivy. V Lukavci v obou letech korelovaly hodnoty HTZ na bloku bez org. hnojení.

Tabulka 22: Hodnoty HTZ při různém organickém a minerálním hnojení, Lukavec 2017

Bez org. hnojení	HTZ	Chlévský hnůj	HTZ	Sláma a meziplodina	HTZ
0	41,88	0	45,19	0	41,78
0N	43,91	0N	45,05	0N	43,54
1N	44,61	1N	<u>45,68</u>	1N	<u>45,49</u>
2N	<u>46,42</u>	2N	43,61	2N	44,08
3N	42,95	3N	43,21	3N	42,00
4N	45,46	4N	44,06	4N	41,72

Tabulka 23: Hodnoty HTZ při různém organickém a minerálním hnojení, Lukavec 2016

Bez org. hnojení	HTZ	Chlévský hnůj	HTZ	Sláma a meziplodina	HTZ
0	41,73	0	43,17	0	<u>44,89</u>
0N	41,66	0N	<u>43,86</u>	0N	43,80
1N – 4N	<u>44,10</u>	1N – 4N	43,57	1N – 4N	44,25

6.8.2 Počet klasů

Ivanovice

Výnos tvoří vedle počtu zrn v klase a HTZ množství klasů na jednotce plochy (1 m²). Limitní je počet klasů spolu s nízkou HTZ. Za sucha dochází k zasychání odnoží a porost je často viditelně poškozen, což bylo znatelné např. v roce 2015 napříč ČR.

Průměrný počet klasů na všech variantách v Ivanovicích v roce 2016 byl 556 klasů na 1 m². V roce 2017 v průměru narostlo 438 klasů na 1 m². Hodnota korelace mezi oběma roky u všech variant byla záporná v neprospěch roku 2017 (-0.5019). Korelace byla statisticky významná na hladině $p \leq 0,05$. Statistické hodnocení počtu rostlin před sklizní při různých dávkách minerálních hnojiv N (P, K):

Ivanovice: rok 2017 ... bez org. hnojení, var. 0, 0N, 1N^a, 2N^b, 3N, 4N^{ab} $p = 0.0097$

Ivanovice: rok 2017 ... hnůj 30 t.ha⁻¹, var. 0, 0N^a, 1N, 2N, 3N, 4N^b ... $p = 0.0673$

Ivanovice: rok 2017 ... sláma a mez..., var. 0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N ... $p = 0.0309$

Anova test (jednofaktorová), $\alpha \leq 0,05$; rozdíl mezi variantami označenými písmennými indexy ^{ab} byl statisticky průkazný (Tukey test, s interakcemi), $\alpha \leq 0,05$.

Mezi různě hnojenými variantami na bloku s chlévským hnojem nebyl zaznamenán v roce 2017 v Ivanovicích významný rozdíl v počtu klasů. Statisticky významně se lišily počty klasů pouze mezi variantou 0N + P, K a 4N + P, K (zjištěné Tukey testem). Chlévský hnůj je schopen tedy mírně stabilizovat počet klasů na jednotce plochy i v suchých letech při různých dávkách N.

6.8.3 Počet zrn v klasu

Ivanovice

Počty zrn v klasu byly v Ivanovicích v roce 2017 ovlivněny suchem.

Tabulka 24: Počet zrn v klasu při různém organickém a minerálním hnojení, Ivanovice 2017

Bez org. hnojení	Zrn v 1 klasu	Chlévský hnůj	Zrn v 1 klasu	Sláma a meziplodina	Zrn v 1 klasu
kontrola	29,2	kontrola	<u>34,2</u>	kontrola	<u>31,5</u>
3N	29,3	3N	21,3	3N	24,7
4N	<u>30,3</u>	4N	23,7	4N	27,3

Znatelný rozdíl v počtu zrn v klasu na N hnojených variantách s chlévským hnojem nebo slámou a meziplodinou mělo pravděpodobně souvislost se suchem. Klas se formuje ještě v rámci své mikrostruktury uvnitř stébla ve fázi odnožování porostu – III. etapa organogeneze vzrostného vrcholu (Petr a kol., 1980). Toto období lze kalendářně umístit od poloviny března do 20. dubna. Ve III. etapě organogeneze vzrostného vrcholu u obilnin v závislosti na výživě, vláze, a množství tepla se formuje konečná délka klasu, nicméně to je spojeno s další fází, kdy se formují jednotlivé klásky. Konečného počtu zrn každý klas dosahuje až na přelomu května a června, při podzimním odnožování obilniny o 2 týdny dříve v polovině května. Poté nastává dle Petra (2001) redukce počtu zrn, ale i klásků. Teprve ve fázi X. po fázi IX. (opylení) se v klasu tvoří obilky (podle Kupermanové), už se ovšem logicky nedá hovořit o mikrofenoologickém vývoji klasu (Petr, 2001). Obilky, jak je známe lze pozorovat při BBCH 73 – časná mléčná zralost. Mléčné zralosti dosáhl porost 10. června a plné zralosti 16. července, dle pozorování. V roce 2016 dosáhl porost mléčné fáze zralosti na den přesně 11. června a plné zralosti až 28. července. V roce 2017 postihlo Jižní Moravu sucho, a především v červenci napršelo méně srážek než v roce 2016. Svou úlohu nejspíše sehrály také vysoké teploty v kritických fázích růstu a vývoje. V lednu 2017 poklesla teplota nejnižší na -22,5 °C při minimálním měsíčním úhrnu srážek 15,6 mm. Suchý a teplý březen mohl následovně porost zbrzdit ve vývoji – vývoji klasů, počtu odnoží.

V červnu bylo zaznamenáno 7 tropických dní, stejně jako v červenci. Vyšší teploty narušují přesun asimilátů do zrna a mohou ovlivnit vývoj a výnos všech porostů – 1. tropický den byl na stanici v roce 2017 zaznamenán již 12.6. ve fázi mléčné zralosti zrn. V kombinaci s podnormálním úhrnem srážek se efekt teplotních extrémů nejspíš prohloubil.

6.8.4 Sklizňový index

Ivanovice

Sklizňový index označuje poměr mezi hmotností zrna a slámy rostlin. Je ukazatelem zvyšující se úrovně výnosů, která je spojena s nárůstem indexu ve prospěch zrna. Ten se začal zvyšovat v průběhu XX. století. Hodnota sklizňového indexu reflektuje rozdělení aktivity fotosyntetického aparátu rostliny mezi zrno a vegetující orgány. Index lze číst i jako množství ukládaného uhlíku do zrna. Historicky delší dobu byla upřednostňována produkce slámy nad zrnem, nízký sklizňový index byl tehdy výhodnější.

Z množství slámy a zrna byl vypočten sklizňový index hnojených variant 1N, 2N, 3N, 4N, které byly hnojené také P, K. Index byl hodnocen statisticky pomocí korelace (Pearsonova korelace). Hodnoty korelace sklizňového indexu mezi lety 2016 a 2017 v Ivanovicích na variantách 1N, 2N, 3N, 4N byly následující:

Ivanovice: oba roky...bez organického hnojení, var. 1N – 4N ... kor. = -0.2481

Ivanovice: oba roky ... hnůj 30 t ha⁻¹, var. 1N – 4N ... kor. = 0.5912

Ivanovice: oba roky ...sláma a meziplodina, var. 1N -N... kor. = 0.0119

Statisticky významná korelace byla zaznamenána na bloku chlévský hnůj mezi různě N hnojenými variantami v obou letech. Chlévský hnůj stabilizoval hodnotu sklizňového indexu, přestože se oba roky výnosem zrna velmi lišily.

6.9 Kvalita produkce

6.9.1 Kvalitativní ukazatele

Tabulka 25: Kvalitativní ukazatele zrna všech variant, *Ivanovice 2017*

Typ org. hnoj.:	N-látky:	Lepek:	Zelený test:	Škrob:
bez org. hnoj.	15.4	31.18	38.22	67.58
hnůj 30 t.ha ⁻¹	10.74	33.39	56.75	59.81
sláma, mezipl.	12.37	31.56	53.77	60.53

Z kvalitativních ukazatelů nebylo dosaženo v Ivanovicích v průměru potřebného obsahu N-látek na bloku s chlévským hnojem. Požadavkem na kvalitu lepku (Zelený test) prošlo všechno sklizené obilí.

Tabulka 26: Kvalitativní ukazatele zrna všech pokusných variant, *Lukavec 2017*

Varianty:	N-látky:	Lepek:	Zelený test:	Škrob:
1. – 18.	10.74	18	49.75	70.53

Zrno z Lukavce dosáhlo nižšího obsahu lepku a spíše vyššího obsahu škrobu, nicméně kvalita pšenice z této lokality nemohla být dostatečně vyhodnocena, jelikož přístroj NIR nezměřil valnou většinu vzorků. V průměru všech variant nebyly naplněny požadavky na množství N-látek a obsah lepku byl také nízký, i když ten není předmětem normy pro potravinářskou pšenici.

6.9.2 Objemová hmotnost

V roce 2016 byly zjištěné hodnoty objemové hmotnosti na stanici Ivanovice o něco nižší než v roce 2017, kdy zrna pravděpodobně dorostla o něco málo větší velikosti. Hodnoty objemové hmotnosti byly vesměs stabilní v roce 2016 napříč jednotlivými bloky různého organického hnojení/ nehnojení, v roce 2017 méně. Hodnoty byly limitující především v roce 2016.

Tabulka 27: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti v Ivanovicích v roce 2016

Bez org. hnojení	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Chlévský hnůj	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Sláma a meziplodina	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)
0	75,82	0	<u>76,94</u>	0	<u>76,25</u>
0N	75,72	0N	76,62	0N	76,02
1N – 4N	<u>76,32</u>	1N – 4N	75,01	1N – 4N	75,34

Tabulka 28: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti v Ivanovicích v roce 2017

Bez org. hnojení	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Chlévský hnůj	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Sláma a meziplodina	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)
0	78,31	0	78,85	0	<u>79,05</u>
0N	<u>79,49</u>	0N	<u>79,01</u>	0N	78,87
1N – 4N	79,16	1N – 4N	77,62	1N – 4N	77,17

Tabulka 29: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti v Lukavci v roce 2017

Bez org. hnojení	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Chlévský hnůj	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)	Sláma a meziplodina	Objemová hmotnost (kg.hl ⁻¹)
0	78,21	0	78,75	0	78,47
0N	78,14	0N	78,94	0N	78,57
1N – 4N	<u>80,33</u>	1N – 4N	<u>80,98</u>	1N – 4N	<u>80,04</u>

Objemová hmotnost nebyla v Lukavci v obou letech limitujícím faktorem využití zrna. Ve srovnání s daty ze stejného roku z Ivanovic byly průměrné hodnoty objemové

hmotnosti N hnojených variant v Lukavci vyšší, u variant bez N hnojení se hodnota mezi lokalitami takřka nelišila.

6.9.3 Obsah dusíku v zrně

Ivanovice

Tabulka 30: Průměrné množství dusíku v zrně různě organicky a minerálně hnojených variant, Ivanovice 2017

Bez org. hnojení	N – zrno (%)	Chlévský hnůj	N – zrno (%)	Sláma a meziplodina	N – zrno (%)
0	1,013	0	1,64	0	2,1
0N	0,99	0N	1,553	0N	2,113
1N – 4N	<u>1,68</u>	1N – 4N	<u>2,93</u>	1N – 4N	<u>2,70</u>

V Ivanovicích bylo nejvíce dusíku v zrně změřeno na bloku hnojeném hnojem, statisticky významné rozdíly byly mezi variantami 1N a 3N, 4N. Hnojení N tedy mělo významný vliv na množství dusíku v zrně.

Lukavec

Tabulka 31: Průměrné množství dusíku v zrně různě organicky a minerálně hnojených variant, Lukavec 2017

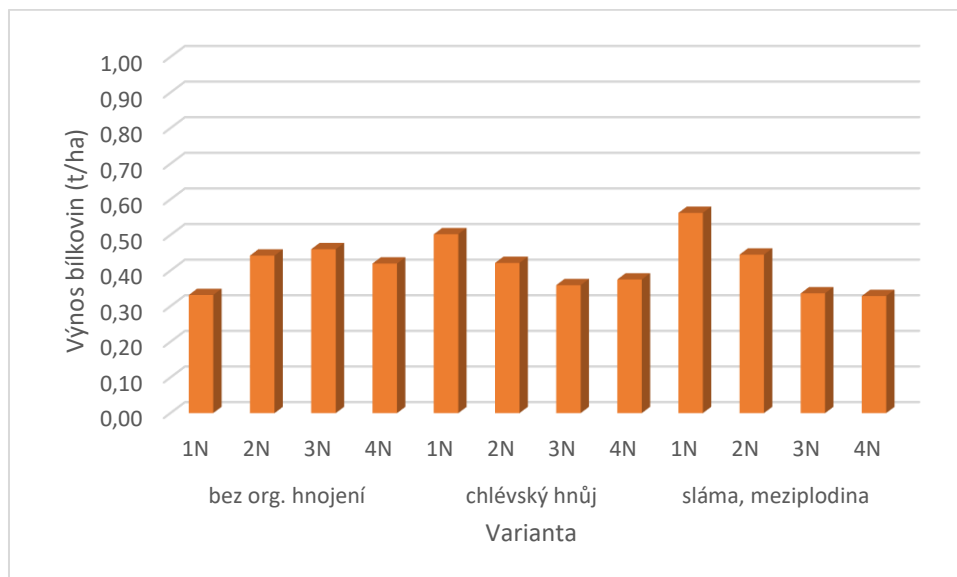
Bez org. hnojení	N – zrno (%)	Chlévský hnůj	N – zrno (%)	Sláma a meziplodina	N – zrno (%)
0	1,25	0	1,303	0	1,256
0N	1,263	0N	1,323	0N	1,226
1N – 4N	<u>1,508</u>	1N – 4N	<u>1,49</u>	1N – 4N	<u>1,52</u>

Průměrný obsah dusíku na všech pokusných variantách v Lukavci v roce 2017 bez ohledu na množství minerálních hnojiv byl 1,42 – 1,43 % N v zrně (všechny varianty organického hnojení/ nehnojení).

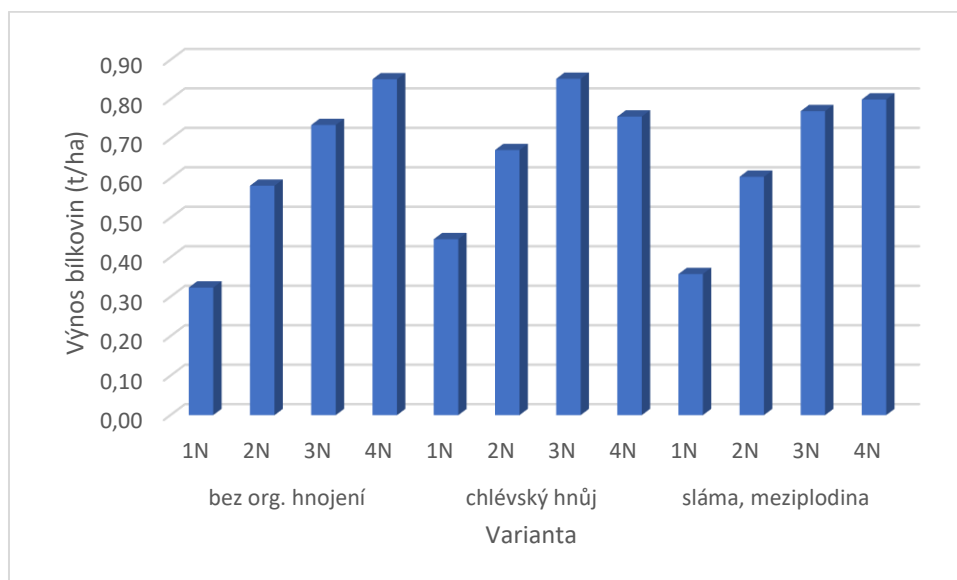
Určitým stabilizačním faktorem v Lukavci bylo hnojení chlévským hnojem dávkou 30 t.ha⁻¹, kde byly naměřeny statisticky nejnižší rozdíly obsahu N v zrně mezi variantami 40 kg N.ha⁻¹ a 120 kg N.ha⁻¹, nicméně rozdíl nebyl průkazný. Dle Vaňka a kol. (2012) se obvyklé množství N v zrně pohybuje kolem 2,20 %. Žádná pokusná varianta této hodnoty v Lukavci nedosáhla.

6.9.4 Výnos bílkovin z 1 hektaru

Graf 35: Hrubý výnos bílkovin vypočtený z obsahu N v zrna dle různého minerálního a organického hnojení, Ivanovice 2017



Graf 36: Hrubý výnos bílkovin vypočtený z obsahu N v zrna dle různého minerálního a organického hnojení, Lukavec 2017



Vyšších výnosů bílkovin bylo dosaženo v Lukavci, nicméně zrno z Ivanovic bylo bohatším zdrojem bílkovin.

7 Diskuze

V roce 2017 došlo zejména k zaschnutí odnoží I. řádu. Porosty v Ivanovicích však byly dostatečně husté, a přesto poskytly nízké výnosy. U velmi rozšířených klasových odrůd (odrůda Cubus) se výnos sníží při malém počtu plodných klásků v klase, které se formují ve IV. fázi organogeneze vzrostného vrcholu, na jaře do začátku sloupkování (do BBCH 30) (Petr a kol., 1980; Enz a Dachler, 1997). Po regeneračním hnojení se doporučuje I. diagnostický zásah analýzou ARR (anorganický rozbor rostlin) a stanovením N_{min} v půdě na jaře (Lovochemie, 2018). Zemědělci upravují podle N_{min} dávku N produkčního hnojení. V roce 2017 se ukázalo, že porosty nemusí být v plném blahobytu N, aby poskytly uspokojivý výnos kolem 4 t.ha⁻¹ i v suchých letech. Oblasti jako je Jižní Morava mohou být ohroženy klimatickými extrémami počasí častěji. V praxi se osvědčily rozborů na N_{min}, což pomáhá předcházet ztrátám vzniklým bezúčelným hnojením N. Vyšší průměrné teploty vzduchu a podnormálním množstvím srážek mohou u ozimé pšenice negativně ovlivnit hodnotu HTZ. Moderní šlechtitelské programy se zaměřují na znak tvorby dostatečného počtu zrn v klase v rané fázi vývoje klasu. Ve fázi generativního vývoje jsou moderní genotypy ozimé pšenice méně náchylné k reakci na přísušek, což se projeví ve výnosu (Parzefall, 2015). V souvislosti se strategií přizpůsobení se klimatickým změnám v ČR, které publikovalo MZe (2014), kde se hovoří o úpravách v načasování agrotechnických postupů, jako výsev a datum ošetření, se domnívám, že by se mohlo více rozšířit pěstování kompenzačních odrůd pšenice ozimé v oblastech sušších. Kompenzační odrůdy jsou platičtější při tvorbě výnosu a dokáží vykompenzovat poškození klasů jejich počtem.

Nezbytné je kvalitní založení porostu, příliš hustý porost ani naopak příliš řídký porost ozimé pšenice neposkytuje dle Zimolky a kol. (2005), Palíka a kol. (2010) nejvyšší výnos. Autoregulační i kompenzační schopnost pšenice je vysoká. Prioritou by mělo být dosažení potřebné hustoty porostů ve všech pěstitelských oblastech ČR. Hustotu porostu může ovlivnit významnou měrou sucho, což postihlo porosty v Ivanovicích v roce 2017, kdy byly porosty o 25 % řidší a průměrně poskytly 440 klasů.m⁻² ve srovnání s rokem 2016, kdy bylo v průměru 550 klasů.m⁻². Počet klasů v Lukavci byl v obou letech podobný, v roce 2017 byly porosty o něco málo hustší (ani ne o 2 %) a poskytly zde v průměru 606 klasů.m⁻².

Přehuštené porosty trpí poklesem HTZ a nižším počtem zrn v klase, zvláště v přísuškových oblastech. V odrůdovém pokusu Macha (2016) na lokalitě Lukavec v sezóně 2014/2015 (sušší rok) poskytly nejlepší výnos kompenzační odrůdy s produktivním klasem a odrůdy klasové. Silné podzimní odnožení po včasném výsevku do 20. září mělo ve většině případů pozitivní vliv na tvorbu výnosu.

Současná praxe hnojení N podstatné části N ve fázi od BBCH 31 do BBCH 51 se může začít v teplejších oblastech posunovat časově do dřívější fáze, je větší předpoklad využití N před teplejším obdobím roku. Problémem ovšem je, že meteorologické jaro je v posledních letech vláhově nejisté a dosti teplé. Nabízí se využití stabilizovaného N hnojiva s inhibitorem ureázy, které zajistí dlouhodobější působení močoviny za sucha (Růžek a kol., 2012). K moderní pěstitelské technologii patří aplikace N hnojiva na list spolu s např. Mg, což porost krátkodobě vyživí. Anorganickým rozborem rostlin se lze vyhnout jistým obtížím při výživě porostů. Nicméně již před setím je dobré zapravit do půdy P a K, popř. Mg a S, které zajistí, že rostliny nebudou trpět nedostatkem, který se u některých prvků jako P projevuje skrytě, a tedy ovlivňuje bez varování výnos. Hnojení P, které se v tomto pokusu také objevuje je v Evropském zemědělství široce podceňováno (v ČR je situace velice špatná; ČSÚ, 2017c).

Madani a kol. (2010) zaznamenali 40% redukci výnosu ozimé pšenice při silném vodním stresu ve fázi po odkvětu. Při modelaci středně hlubokého sucha vůči hlubokému suchu autoři zaznamenali vedle zvýšení výnosu zvýšení ukazatelů: množství biomasy, sklizňový index, HTZ, počet zrn v klase. Vyšší dávka N měla negativní dopad na HTZ, ale zvyšovala množství zrn v klase a pozitivně ovlivňovala hodnotu sklizňového indexu. V mé práci se potvrdily některé jejich závěry, jiné ne. Na blocích s různým organickým hnojením (sláma a hnůj) hodnota sklizňového indexu rostla v roce 2017. Zvýšila se HTZ, ale při větší dávce N 120 – 160 kg.ha⁻¹ hodnoty klesaly, což je v souladu se zjištěními Madaniho a kol. (2010). Průměrný výnos hnojených variant (také v Ivanovicích v roce 2017) klesnul. Sucho na Jižní Moravě také negativně působilo na počet zrn v klasech. To je v souladu s převládajícím názorem, že aplikace N za sucha negativně ovlivňuje výnos (Haberle a kol., 2008; Sepaskhah a Hosseini, 2008; Singh a kol., 2008 In Madani a kol., 2010). Jelikož je pšenice omezena velikostí zásobního sinku (místa pro ukládání asimilátů), které se nachází

v hlavních rostlinných orgánech (kořen, stonek, listy), je výnos závislý na kontinuálním dosycování sinku živinami (Madani a kol., 2010). Nedostatek vody v půdě při zařazení ozimé pšenice po cukrovce je možné hodnotit jako riziko, což se potvrzuje i na jižní Moravě.

V Ivanovicích i v Lukavci bylo pěstováno od minulého století několik odrůd ozimé pšenice. Postupně vzrůstal výnos pšenice na obou lokalitách. Každá odrůda časem vyčerpá svůj potenciál, což byl i případ odrůdy ozimé pšenice Cubus (ÚKZÚZ, 2014). Cubus dosáhl v Lukavci na Vysočině vysokého průměrného výnosu 9,98 t.ha⁻¹ při hnojení 120 kg N.ha⁻¹ respektive 160 kg N.ha⁻¹ jen v roce uvedení – rok 2007 (Ivanovice), resp. 2008 (Lukavec). Tento výsledek už Cubus nezopakoval a za dalších 11 (10) let pokusů dosáhla odrůda průměrného výnosu 7,52 t.ha⁻¹ při hnojení ≥ 120 kg N.ha⁻¹. Rok 2017 v Lukavci byl výnosově nadprůměrný na variantách hnojených větší dávkou N, ≥ 120 kg N.ha⁻¹. Porosty v Lukavci nebyly nijak výrazně poškozeny suchem ani jinými pěstitelskými vlivy. Hodnoty HTZ byly v pokusu IOSDV vyšší na variantách s chlévským hnojem v nepříznivém roce 2012 v Ivanovicích (Káš a Mühlbachová, 2014). Nicméně v roce 2017 se tento závěr nepotvrdil a mezi bloky s různým organickým hnojením se HTZ významně nelišilo, přestože šlo o nepříznivý rok pro pšenici ozimou na Jižní Moravě.

Na obou lokalitách byl zjištěn průměrný obsah N_{min} v půdě po sklizni v roce 2017. Množství dusíku v půdě dobře korespondovalo s dosaženými výnosy na lokalitě Ivanovice, méně v Lukavci, kde byla i přes vysoký výnos zaznamenána vysoká hladina N_{min} v půdě po sklizni při nehnojení organicky a hnojení minerálně 120 kg N.ha⁻¹. Lokalita Lukavec tedy není limitována nízkou úrovní mineralizace organické hmoty. V Ivanovicích se množství N_{min} po sklizni zvýšilo při aplikaci chlévského hnoje a slámy (2 rozdílné bloky). Zvýšení N_{min} v půdě při organickém hnojení chlévským hnojem i slámou a aplikací minerálního N bylo zaznamenáno také v Estonsku v rámci sítě pokusných stanic IOSDV v letech 1999 – 2000 při rotaci plodin brambor – jarní pšenice – jarní ječmen (Teesalu a Leedu, 2001). V Maďarsku byl v pokusu IOSDV založeném v roce 1983 prokázán vliv hnojení chlévským hnojem a slámou spolu s minerálním hnojením N (zvyšující se dávky N) na zvýšení produkce biomasy ozimé pšenice, příjem N porosty a zvýšenou úrodnost půdy při rotaci plodin ozimá pšenice – ozimý ječmen – kukuřice. Významně se také zvýšilo množství půdní

organické hmoty po aplikaci organických hnojiv chlévského hnoje a slámy (Kismányoky a Tóth, 2010).

8 Závěr

V Lukavci byly nalezeny průkazné rozdíly v množství P po sklizni dle dávky N na variantách hnojených chlévským hnojem. Tento rozdíl činil mezi variantou 4N a kontrolou necelých 56 kg P.ha⁻¹. Předpokládal jsem, že hnojení N by mohlo přispívat ke ztrátě půdního P, nicméně při srovnání množství P v půdě po sklizni v obou letech metodou korelace se v Lukavci tato domněnka nepotvrdila. Obsah P v půdě po sklizni byl ovlivněn v souladu s dávkou N, resp. dosaženými výnosy, což platilo na bloku hnojeném chlévským hnojem a při nehnojení organicky. Hnojení N podporovalo příjem P zrnem. Nebyl, ale dokázán vliv nízkého pH na příjem P zrnem a tím pádem ani v interakci s hnojením N.

V Ivanovicích se fosfor v půdě nachází v nižších koncentracích. Hnojením N bylo ovlivněno množství P v půdě po sklizni vzhledem k dosaženým vyšším výnosům pouze na bloku bez organického hnojení, kde porosty poskytly výnos cca 4 t.ha⁻¹. V roce 2017 byly zaznamenány nízké výnosy při hnojení organickými hnojivy což se ještě prohlubovalo s dávkou N. Hnojením čistě P, K se v rámci lokality Ivanovice zvýšil výnos vůči nehnojené kontrole. Fosfor v zrnu byl přijímán v závislosti na dávce N a příjem podporovalo nižší pH půdy při hnojení pouze chlévským hnojem, nikoliv však interakce obou faktorů.

V Ivanovicích pozitivně na hnojení N reagovala sláma vyšším příjmem P v roce 2017 a odběr činil vzhledem k nízkým výnosům mezi 3,5 – 6,5 kg.ha⁻¹. V Lukavci bylo v průměru odčerpáno slámou mezi 12 - 18 kg P.ha⁻¹. Odběr 18 kg P.ha⁻¹ je více, než kolik se v současnosti dostává v průměru fosforu na zemědělskou půdu v ČR na 1 ha (v č.ž.), což se dělo, přestože obsah P s výnosem slámy v Lukavci klesal.

Závěr je, že hnojení P je nutné, jak na poměrně bohatě zásobené půdě v Lukavci, tak na méně zásobené půdě v Ivanovicích. Dále by neměla být z polí exportována sláma, přestože může obsažený P s výnosem ve slámě klesat. Příjem P zrnem stoupal na obou lokalitách vlivem zvyšující se dávky minerálního N v roce 2017. Hnojení N mělo významný

vliv na zabudování N do zrna, a tedy působí přímo na kvalitu, což se při hnojení P nepodařilo dokázat.

Příjem draslíku zrnem byl v Ivanovicích ovlivněno pH půdy pouze na bloku se slámou a následnou mezipločinou. V rámci celé lokality se nepodařilo prokázat vliv hnojení minerálním N na příjem K zrnem. Půda v Ivanovicích má o něco vyšší zásobu K než lokalita Lukavec a netrpí ztrátou K vlivem vysoké dávky N - 160 kg.ha⁻¹. Dostatečné zásobení porostů ozimé pšenice draslíkem v Ivanovicích je však pravděpodobně možné jen při hnojení chlévským hnojem zvyšujícím obsah K tak, aby byl dostatečně přístupný zdejší středně těžké půdě.

Obsah K v zrně v Lukavci byl ovlivněn hnojením N na různě hnojených blocích organicky, což znamená, že zdejší půda lehčího charakteru musí být dosycována pravidelně K, ať už ve formě minerálních nebo organických hnojiv. Velmi vhodným zdrojem by byl chlévský hnůj, který působí mírně alkalicky a na lokalitě Lukavec průkazně snížil závislost mezi minerálním hnojením N a příjmem K do zrna. Organické hnojení sice snížilo výnos v Ivanovicích v roce 2017, chlévský hnůj však působil na většinu výnosových prvků jako HTZ a počet klasů pozitivně, což bylo možné usoudit v porovnání vůči hnojení slámou.

Draslík ve slámě pšenice byl na obou lokalitách odčerpáván v prakticky stejné míře od 20 – 30 kg.ha⁻¹ po 50 – 60 kg.ha⁻¹. Z tohoto pohledu nelze doporučit export slámy ani z jedné z lokalit, přestože v Ivanovicích byl výnos slámy v průměru jen 3,5 t.ha⁻¹.

Limitujícím prvkem produkce ozimé pšenice na Jižní Moravě byl nedostatek srážek, hlavně v červenci v roce 2017. Přesto bylo v zrně zjištěno o cca 1/3 větší množství P než v Lukavci v rámci všech variant a významně větší obsah K ve slámě. Hnojení N se v Ivanovicích ukázalo v sušším roce 2017 jako jeden z limitujících faktorů produkce vedle nižšího úhrnu srážek a značného množství dnů s tropickou teplotou vzduchu. Rok 2017 byl problémový na lokalitě Lukavec z hlediska nízkého obsahu N-látek v zrně, v Ivanovicích se nízký obsah N-látek nacházel na bloku s hnojením chlévským hnojem. V ostatních parametrech bylo sklizeno na obou lokalitách v roce 2017 obilí splňující normu potravinářské kvality.

Hypotéza: „hnojení chlévským hnojem kompenzuje negativní bilanci P“ nebyla vyvrácena, vzhledem k vyšší dosažené průměrné bilanci P vůči jiným variantám organického hnojen na obou lokalitách při různých průměrných výnosech na bloku chlévský hnůj, a mohla být tudíž přijata.

Hypotéza: „příjem živin je ovlivněn pH půdy, kde minerální hnojení působí snížení pH a ovlivňuje negativně příjem P rostlinami“ byla vyvrácena v Lukavci ve sledovaném roce 2017. Vliv minerálního hnojení N na příjem P zrnem a okyselování půdy byl sice v Lukavci neoddiskutovatelný, nicméně nebyl dokázán vliv nízkého pH ani interakce pH a hnojení N na příjem P zrnem. V Ivanovicích se nedá tolik hovořit o okyselování, nicméně byl zaznamenán pozitivní vliv nižšího pH způsobený minerálním hnojením na příjem P zrnem při současném hnojení chlévským hnojem. Pokud by byla hypotéza postavena opačně tj., že nízké pH podporuje příjem P, pak by bylo možné v rámci bloku s chlévským hnojem v Ivanovicích takto vyřčenou hypotézu přijmout.

Hypotéza: „hnojení chlévským hnojem má vliv na obsah P v zrně při rozdílném pH“ tedy byla na základě předchozí interpretace přijata na lokalitě Ivanovice.

9 Seznam literatury

9.1 Tištěné dokumenty

1. Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství (certifikovaná metodika). ČZU. Praha. 40 s. ISBN: 9788021323292
2. Barezai, A., Steffens, D., Bohring, J., Engels, T. 1992. Principles and evaluation of the “Giessener-Model” for N fertilizer recommendations to winter cereals by means of the EUF method. *Agribiol Res.* 45. p. 65–76. In: Balík, J., Černý, J., Pavlíková, D. 2012. Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotavných porostů (certifikovaná metodika). ČZU. Praha. s. 5. ISBN: 9788021323308
3. Benjamin J.G., Nielsen D.C., Vigil M.F. 2003. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. *Geoderma*, 116:137–148. In Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství (certifikovaná metodika). ČZU. Praha. 40 s. ISBN: 9788021323292
4. Bielek, P. 1998. Nitrate in nature: product of soil cover. In: Nitrogen, the Confer-N-s. Proceedings of the First International Nitrogen Conference. Elsevier. Amsterdam. p. 527-530. ISBN: 9780080432014
5. Blake. L., Mercik, S., Koerschens, M., Moskal, S., Poulton, P. R., Goulding, K. W. T. Weigel, A., Powlson, D. S. 2000. Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosys.* 56 (3). p. 263-275. ISSN: 13851314
6. Brinar, J. 2016. Přesné setí při zakládání porostů zrnin. Bakalářská práce. ČZU. Praha. 47 s.
7. Cai Z.C., Qin S.W. 2006. Dynamics of crop yields and soil organic carbon in a long-term fertilization experiment in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Geoderma*, 136:708–715. In: Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství (certifikovaná metodika). ČZU. Praha. 40 s. ISBN: 9788021323292

8. Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Časová, K., Nedvěd, V. 2010. Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments.
9. ČSN EN ISO 11 885. Stanovení 33 prvků atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (P, K, Na, Ca, Mg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn). 1999. Praha. 20 s.
10. ČSN EN ISO 46 1100-2. Obiloviny potravinářské - část 2: Pšenice potravinářská. 2002. Český normalizační institut. Praha. 8 s.
11. Dvorak, J., Deal, K. R., Luo, M. C., You, F. M., von Borstel, K., Dehghani, H. 2012. The origin of speltand free-threshing hexaploid wheat. *Journal of Heredity* 103 (2012). p. 426–441
12. Enz, M., Dachler, Ch. 1997. Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants. Extended BBCH scale. 2nd edition. Novartis. ISBN: 3952074934
13. Godfrey, D. Hawkesford, M. Powers, S., Millar, S., Shewry, P. 2010. Effect of crop nutrition on wheat grain nutrition on wheat grain composition and end use quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 (2010). p. 3012-3021
14. Grzebisz, W, Szczepaniak, W., 2006 Systém hnojení ozimé pšenice dusíkem – stanovení dávek. Sborník vědeckých a odborných prací z konference: Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. VÚRV, Praha. ISBN: 80-86555-96-8
15. Hiltbruner, J., Streit, B., Lidgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? *Field Crop Res.* 102. p. 163 – 171. In: Mosanaei, H., Ajamnorzi, H., Dedashi, M. R., Faraji, A., Pessarakli, M. 2017. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield. *Emirates Jour. of Food and Agric.* 29 (11). p. 899 - 910
16. Hejzman, M., Kunzová, E. 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. *Field Crop Research*. 115 (2010). p. 191-199

17. Hlušek, J., Richter, R. 2009. Bilance živin v rostlinné výrobě ČR a potřeba hnojení. Racionální použití hnojiv – sborník z konference. ČZU. Praha. ISBN: 9788021320062
18. Hodanová, J. 1998. Sledování vlivu různé intenzity hnojení na výnosy plodin a na vývoj agrochemických vlastností půd. Závěrečná práce za období 1990-1997, referát výživy rostlin. ÚKZÚZ. Brno. 18 s.
19. Hrušková, M., Faměra, O. 2003. Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. Czech J. Food Sci. 21 (2003). p. 91-96
20. Jaradat, A. A. 2011. Wheat Landraces: Genetic resources for sustenance and sustainability. USDA-ARS. Maine. USA
21. Káš, M., Mühlbachová, G. 2014. Vliv organicko-minerálního hnojení na výnos a kvalitu ozimé pšenice v dlouhodobém polním pokusu v různých půdně-klimatických podmínkách. Úroda. 62 (12). Vědecká příloha. s. 351 – 354
22. Káš, M., Mühlbachová, G., Kusá, H., Pechová, M 2016. Soil phosphorus and potassium availability in long-term field experiment with organic and mineral fertilization. Plant, Soil and Environment. 62 (12). p. 558 - 565
23. Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. ProfiPress. Praha. s. 53-87. ISBN: 9788086726342
24. Kismányoky, T., Tóth, Z. Effect of mineral and organic fertilization on soil fertility as well as on biomass production and N utilization of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in a long-term cereal crop rotation experiment (IOSDV). Archives of Agronomy and Soil Sci. 56 (4). p. 473 - 479
25. Koubová, D. 2005. Management pěstování ozimé pšenice. Getriede Mag. 10 (4). s. 220-225

26. Kuktaite, R., 2004. Protein quality in wheat: Changes in protein polymer composition during grain development and dough processing. Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Agraria, 1401-6249. ISBN: 9157667780
27. Kunzová, E. 2009. Výživa rostlin a hnojení fosforem. Metodika pro praxi. VÚRV, v.v.i. Praha. 24 s. ISBN: 9788074270154
28. Kunzová, E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Metodika pro praxi. VÚRV, v.v.i. Praha. 21 s. ISBN: 9788074270666
29. Kunzová, E., Hejcman, M. 2009. Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic. Field Crop Research. 111(2009). p. 226 – 234. In: Hejcman, M., Kunzová, E. 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. Field Crop Research. 115(2010). p. 191-199
30. Mac Key, J. 2008. Wheat: its concept, evolution, and taxonomy In Rojo, C., Nachit, M. M., Di Fonzo, N., Pfeiffer, W. H., Slater, G. A. 2005. Durum Wheat Breeding: Current Approaches and Future Strategies. Food Products Press. 1112 p. ISBN: 9781560223337
31. Madani, A., Shirani-Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., Zarghami, R., Mokhtassi-Bidgoli, A. 2010. The impact of source or sink limitations on yield formation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) due to post-anthesis water and nitrogen deficiencies. Plant, Soil and Environment. 56 (5). p. 218-227
32. Madaras, M., Lipavský, J. 2009. Interannual dynamics of available potassium in a long-term fertilization experiment. Plant, Soil and Environment. 55 (8). p. 334-343
33. Matula, J. 2007. Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF. VÚRV v.v.i. Ústav zem. a potr. informací. Praha. 47 s. ISBN: 9788087011164
34. Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M., Lancashire, P. D., Schnock, U., Stauß, R., Boom, T. v. d., Elfriede, W., Zwerger, P. 2009. The BBCH

- system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *Journal für Kultur pflanzen*. 61(2). s. 41-52. ISSN: 00277479
35. Mikulka, J., Šubrt, J., Kuník, J. 2016. České zemědělství – III. (Jak dál). *Zemědělský týdeník*. 41 (9). 3P s.r.o. Praha. s. 4-8
36. MZe.2003. Situační a výhledová zpráva Obiloviny. Praha. 95 s. ISBN:8070842341
37. MZe. 2014. Český venkov a zemědělství v podmínkách měnícího se podnebí. Přizpůsobení českého zemědělství a venkova na dopady změny klimatu. MZe. Praha. 23 s.
38. Oliva, P. 2003. Zrození evropské civilizace. Epoque. Praha. 160 s. ISBN: 8086410374
39. Palík, S., Buresova, I., Polisenska, I., Tichy, F., Spunar, J., Prokes, J., 2007. Erfahrungsberich Erfahrungsbericht über die Qualität der tschechischen Weizenernte 2007 und über neue Perspektiven für den Weizenanbau in der Tschechischen Republik. *Getreidetechnologie*. 61 (5). s. 281-283
40. Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M., 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. *Agrotestfyto*, s.r.o. Kroměříž. 66 s. ISBN: 9788086888071
41. Petr, J., 2001. Pěstování pšenice podle užitkových směrů. Praha. Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN: 8072710907
42. Petr, J., Černý, V., Hruška, V., 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. *Rostlinná výroba*. Praha. 447 s.
43. Prugar, J., Hraška, Š. 1986. Kvalita pšenice. *Príroda*. Bratislava. 221 s. In Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M., 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. *Agrotestfyto*, s.r.o. Kroměříž. 66 s. ISBN: 9788086888071

44. Reitz, L. P., Salmon, S. C., Origin, history and use of Norin 10 wheat. *Crop Science*. 8 (6). p 686-689. In Brooking, I. R., Kirby, E. J. M. 1981. Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: the effects of Norin 10 dwarfing gene, *Gai/Rht₂*. *The Journal of Agr. Sci.* p. 373-381
45. Rharrabi, Y., Villegas, D., Royo, C., Martor-Nunéz, V., Garcia del Mortal, L. F. 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environments II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters. *Field Crops Research*. 80. p. 133-140. And: Muchová, Z., Frančáková, H., Bojňanská, I. 2001. Faktory ovplyvňujúce technologickú kvalitu pšenice a jej potravinárske využitie. *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre*. 112 s. In: Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M., 2009. Metodika pěstování ozimé pečárenské pšenice. *Agrotestfyto, s.r.o. Kroměříž*. 66 s. ISBN: 9788086888071
46. Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R. 2013. Pozdní přihnojení ozimé pšenice dusíkem po letošní zimě a pozdějším začátku jara. *Agromanuál*. 13 (5). s. 98-100
47. Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R., 2010. Zakládání porostů obilnin s aplikací hnojiva k osivu. *Agromanuál*. 5 (8). s. 46-47
48. Shoji, S., Kanno, H. 1994. Use of polyofilen-coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. *Fertilizer Research*. 39 (2). p. 147
49. Sigel, H., Sigel, A. 1990.: Compendium on magnesium and its role in biology, nutrition, and physiology. *Metal ions in biological systems*. 26. 768 p. ISBN: 9780824783150
50. Sinclair, T. R. 1997. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. *Crop Sci*. 38. p. 638-643
51. Skořepová, I., Pařízek, I., Roušarová, Š. 2000. Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR, dílčí zpráva subprojektu "půda" za rok 1999. *EKO VIS MŽp. Informační zpravodaj*. 03 (2000). s. 5-21

52. Sprent, J. I. 1990. The biology of nitrogen transformations. Soil use and management. 6 (2). p. 74-77
53. Stone, H. M. 1994. Organic and slow-release fertilizers. SportsTURF. 10 (7). p. 15
54. Svoboda, P., Haberle, J., 2006. The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat. Plant Soil and Environment. 52 (7). p. 308
55. Teesalu, T., Leedu, E. 2001. Effect of weather conditions and use of fertilizers on crop and soil mineral nitrogen content in years 1999-2000 during field experiment IOSDV/Tartu. Starptautiska zinatniska konference: Zinatne lauku attistibai, Jelgava (Latvia). 23-25 May 2001. Latvia University of Agriculture.
56. Tichá, M., Vyzínová, P., 2006. Polní plodiny. Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně. 41 s.
57. ÚKZÚZ. 2012. Seznam doporučených odrůd – Obilniny. Odbor osiv a sadby ÚKZUZ. Brno. 208 s. ISBN: 9788074010590
58. ÚKZÚZ. 2014. Seznam doporučených odrůd 2014. ÚKZÚZ. Brno. 202 s. ISBN: 9738074010897
59. ÚKZÚZ. 2017. Obilniny 2017. Odbor osiv a sadby ÚKZUZ. Brno. ISBN: 97880774011429
60. ÚZEI, 2010. Zpráva o stavu zemědělství za rok 2010. „Zelená zpráva“. MZe. Praha. 185 s.
61. ÚZEI, 2011. Zpráva o stavu zemědělství za rok 2011. „Zelená zpráva“. MZe. Praha. 319 s.
62. ÚZEI, 2015. Zpráva o stavu zemědělství za rok 2015. „Zelená zpráva“. MZe. Praha. 385 s.
63. Vach, M., Javůrek, M., 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Metodika pro praxi. VÚRV v.v.i. ISBN 9788074270796

64. Vaněk, V. 2002. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3 vyd. ProfiPress, s.r.o. Praha. 132 s. ISBN: 9788090241374
65. Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 570 s. ISBN: 9788020021472
66. Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. ProfiPress, s.r.o. Praha. 176 s. ISBN: 9768086726250
67. Zavattaro, L., Bechini, L., Grignani, C., Evert, van F. K., Mallast, J., Spiegel, H., Sandén, T., Pecio, A., Cervera, J. V. G., Guzmán, G., Vanderlinden, K., D'Hose, T., Ruyschaert, G., Berge, ten H. F. M. 2017. Agronomic effects of bovine manure: A review of long-term European field experiments. *Eur. Jour. of Agr.* 90. p. 127-138
68. Zbiral, J., Malý, S., Váňa, M. 2011. Analýza půd III. Vyd. 3. ÚKZÚZ. Brno. 253 s. ISBN: 9788074010446
69. Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J, Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., 2005. Pšenice. Pěstování, hodnocení a užití zrna. ProfiPress. Praha. 180 s. ISBN: 9788086726090

9.2 Elektronické dokumenty

1. ČHMÚ. 2016. Meteorologická pozorování 2016 [online]. Resort životního prostředí. [cit. 2018-02-10]. And: Meteorologická pozorování 2017 [online]. Resort životního prostředí. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z <<http://portal.chmi.cz/informace-pro-vas/rocní-vyhodnocení/meteorologická-pozorování>>
2. ČSÚ. 2010. Statistická ročenka České republiky – 2010, 13-29. Spotřeba minerálních hnojiv [online]. 24. listopadu 2010 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/documents/10180/24040563/0001101329.xls/5cc43693-05b7-4241-9ca3-776bb35e22fe?version=1.0>>
3. ČSÚ. 2013. Průměrný zemědělský subjekt [online]. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. 16. března 2015 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/strukturalni-setreni-v-zemedelstvi-analyticke-vyhodnoceni-2013>>
4. ČSÚ. 2015. Češi jedí pestřeji [online]. 3. prosince 2015 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/cesi-jedi-pestreji>>
5. ČSÚ. 2016a. Spotřeba potravin roste [online]. 8. prosince 2016 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-roste>>
6. ČSÚ. 2016b. Vybrané ukazatele zemědělství (1986-2016) [online]. 17. května 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/ceska-republika-od-roku-1989-v-cislech-w0i9dxmghn#09>>
7. ČSÚ. 2017a. Odhady sklizní – září 2017 [online]. 13. října 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/cr/odhady-sklizni-zari-2017>>
8. ČSÚ. 2017b. Osevní plochy pro sklizeň v roce 2017 [online]. 30. ledna 2017 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2017>>

9. ČSÚ. 2017c. Statistická ročenka České republiky – 2017, 13-29. Spotřeba minerálních hnojiv [online]. 22. listopadu 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z <https://www.czso.cz/documents/10180/66810276/320198171329.xlsx/Digestat_jako_organicke_hnojivo.pdf>
10. FAO. 2016. FAO Global Statistical Yearbook, FAO Regional Statistical Yearbooks [online]. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z <<http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>>
11. Hlušek, J. 2004. Statková hnojiva – sláma na hnojení [online]. 22. března 2004 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/hnojiva_statkova.htm>
12. Lipavský, J., 2000. Tvorba výnosu obilnin a možnosti modelování těchto procesů [online]. 6. prosince 2000 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z <<http://www.agris.cz/vyzkum/detail.php?id=106805&iSub=566>>
13. Lovochemie. 2018. Aplikační listy. Kombinovaná výživa pevnými a kapalnými hnojivy [online]. 22. ledna 2018 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z <<http://www.lovochemie.cz/cs/dokumenty-ke-stazeni?category=4>>
14. Macrotrends. 2018. Wheatprices – 40 yearhistorical chart [online].Macrotrends LLC. 22. března 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z <<http://www.macrotrends.net/2534/wheat-prices-historical-chart-data>>
15. Mach, J. 2016. Vyhodnocení odrůdových pokusů pšenice na Pokusnické stanici Lukavec v pokusnickém roce 2014/2015 [online]. Energen. [cit. 2018-04-06]. Dostupné z <<http://www.energen.info/files/dokumenty/vyhodnoceni-odrudovych-pokusu-psenice-na-pokusnicke-stanici-lukavec-2014-az-2015.pdf>>
16. MZe. 2017. Postup sklizně obilovin a řepky k 7.8.2017 [online]. 7. srpna 2017 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/544980/Postup_sklizne_7._8._2017_tabulka.doc>

17. Parzefall, J. Winter wheat – New variety type with huge potencial [online]. Saaten Union GmbH. 15. října 2015 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z <<https://www.saaten-union.com/index.cfm/article/8924.html>>
18. Richter, R., Hřivna, L. 2005. Pšenice ozimá [online]. MZLU v Brně. 25. ledna 2015. [cit. 2018-3-10]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/psenice_ozima.htm>
19. Škarpa, P., Ryant, P., Antošovský, J. 2016. Základní hnojení pšenice ozimé [online]. Agromanuál. 08. září 2016 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zakladni-hnojeni-psenice-ozime>>
20. ÚKZÚZ. 2013. Výsledky zkoušek užitné hodnoty odrůd – Pšenice ozimá [online]. 18. prosince 2013 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/279130/ZUH_PO_13.pdf>
21. ÚKZÚZ. 2016. Digestáty a jejich použití v zemědělství [online]. Oddělení hnojiv. Leden 2016 [cit. 2017-10-25]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/233740/vyziva_rostlin/html/hnojiva/slama.htm>
22. Zákon č. 263/2014 Sb. ze dne 23.10.2014, kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů. In: Sbírka zákonů. 19. 11. 2014, částka 108. PDF online. [Dostupné v Aplikaci veřejné správy ČR.](#)

10 Přílohy

10.1 Výnosy

Ivanovice

Tabulka 32: Výnos všech variant v rámci svých bloků v $t \cdot ha^{-1}$, Ivanovice oba roky

Rok:	Blok:	Varianty:	Výnos - průměr:	Výnos – minimum:	Výnos – maximum:
2016	bez organického hnoj.	0 - 4N	6.796	4.173	<u>8.786</u>
2016	hnůj 30 t/ha	0 - 4N	<u>7.653</u>	<u>7.000</u>	8.484
2016	sláma a meziplodina	0 - 4N	6.629	5.136	7.773
2017	bez organického hnoj.	0 - 4N	<u>4.274</u>	<u>3.276</u>	<u>5.213</u>
2017	hnůj 30 t/ha	0 - 4N	3.023	1.692	4.756
2017	sláma a meziplodina	0 - 4N	3.253	1.968	5.035

Tabulka 33: Výnos variant nehnojených minerálně N v $t \cdot ha^{-1}$; Ivanovice 2016 a 2017

Varianta:	Blok \emptyset organ.:	Blok hnůj:	Blok sláma:
0	4.902	7.518	<u>6.949</u>
0N + P, K	<u>4.921</u>	<u>7.536</u>	6.834
0	4.094	3.926	4.194
0N + P, K	<u>4.335</u>	<u>4.123</u>	<u>4.429</u>

Lukavec

Tabulka 34: Výnos všech variant v rámci svých bloků v t.ha⁻¹, Lukavec oba roky

Rok:	Blok:	Varianty:	Výnos - průměr:	Výnos – nejméně:	Výnos – nejvíce:
2016	bez organického hnoj.	0 - 4N	5.435	2.129	8.974
2016	hnůj 30 t/ha	0 - 4N	<u>6.399</u>	<u>3.301</u>	<u>8.98</u>
2016	sláma a meziplodina	0 - 4N	6.298	3.162	8.611
2017	bez organického hnoj	0 - 4N	6.086	2.257	<u>8.833</u>
2017	hnůj 30 t/ha	0 - 4N	<u>6.707</u>	<u>3.98</u>	8.831
2017	sláma a meziplodina	0 - 4N	5.812	2.968	8.720

Tabulka 35: Výnos variant nehnojených minerálně N v t.ha⁻¹; Lukavec 2016 a 2017

Varianta:	Blok Ø organ.:	Blok hnůj:	Blok sláma:
0	<u>2.84</u>	4.04	<u>4.41</u>
0N + P, K	2.29	<u>4.41</u>	3.90
0	2.78	4.30	3.06
0N + P, K	<u>2.83</u>	<u>4.50</u>	<u>3.42</u>

10.2 Změny obsahu živin v půdě

Ivanovice

Tabulka 36: Obsah P v půdě v závislosti na hnojení N; extrakční činidlo octan amonný; Ivanovice 2017

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0432
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.7874
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2268

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) pro hladinu významnosti $\alpha \leq 0,05$

Tabulka 37: Průměrný obsah P v půdě při různých dávkách N hnojení na bloku s chlěvským hnojem; extrakční činidlo octan amonný; **Ivanovice 2017**

Varianty:	Obsah P v půdě (mg/kg) - průměr:
0N	20.08
1N	21.58 ^a
2N	20.85
3N	19.19
4N	18.16 ^a

Vysvětlivky: Rozdíly mezi třídami označené odlišnými písmennými indexy ^ajsou statisticky průkazné pro $\alpha \leq 0,05$ (Tukeyho test)

Tabulka 38: Bilance P v závislosti na výnosu a hnojení N; extrakční činidlo octan amonný; **Ivanovice 2017**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0040
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0011
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	$7.37 \cdot 10^{-5}$

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) pro hladinu významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 39: K v půdě v závislosti na hnojení N (varianty hnojené K); extrakční činidlo octan amonný; **Ivanovice 2017**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2689
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.6779
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.9360

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Lukavec

Tabulka 40: Obsah P v půdě v závislosti na hnojení N (varianty hnojené P, K); extrakční činidlo octan amonný; **Lukavec oba roky**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2016	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.9683
2016	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.4050
2016	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.4233
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.1624
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0027
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.8505

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) pro hladinu významnosti $\alpha \leq 0,05$

Tabulka 41: P v půdě v závislosti na hnojení N na bloku s chlévským hnojem; extrakční činidlo octan amonný; **Lukavec 2017**

Varianty:	Obsah P v půdě (mg/kg) - průměr:
0N	45.96 ^a
1N	44.32 ^b
2N	45.13 ^c
3N	38.60
4N	29.76 ^{abc}

Vysvětlivky: Rozdíly mezi třídami označené odlišnými písmennými indexy ^{abc} jsou statisticky průkazné pro $\alpha \leq 0,05$ (Tukeyho test)

Tabulka 42: K v půdě v závislosti na hnojení N; extrakční činidlo octan amonný; **Lukavec oba roky**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2016	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.6535
2016	hnůj 30 t/ha	0N ^a , 1N, 2N, 3N, 4N ^b	4	0.0455
2016	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.1042
2017	bez organického hnoj.	0N ^a , 1N, 2N, 3N, 4N ^b	4	0.0378
2017	hnůj 30 t/ha	0N ^{ab} , 1N ^c , 2N ^d , 3N ^{ae} , 4N ^{bcde}	4	0.0001
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2031

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$. Rozdíly mezi třídami označené odlišnými písmennými indexy ^{abcde} jsou statisticky průkazné pro $\alpha \leq 0,05$ (Tukeyho test).

10.3 Bilance fosforu

Ivanovice

Tabulka 43: Bilance P v závislosti na výnosu a hnojení N; **Ivanovice 2017**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.5458
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.9656
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2077

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Lukavec

Tabulka 44: Bilance P v závislosti na výnosu a hnojení N; **Lukavec oba roky**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stup. voln.:	p:
2016	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2016
2016	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.2522
2016	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0372
2017	bez organického hnoj.	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0003
2017	hnůj 30 t/ha	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.0005
2017	sláma, meziplodina	0N, 1N, 2N, 3N, 4N	4	0.1951

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

10.4 Klasové rozbory

10.4.1 Fotografie klasů

Ivanovice

Obrázek 5: Klasy varianty 0N + P, K z bloků 1, 2, 3 (zleva) v roce 2017 na lokalitě Ivanovice



Obrázek 6: Klasy varianty 4N + P, K z bloků 1, 2, 3 (zleva) v roce 2017 na lokalitě Ivanovice



Vysvětlivky: blok 1 – bez organického hnojení, blok 2 – hnůj 30 t.ha⁻¹, blok 3 – sláma

10.4.2 Sklizňový index

Ivanovice

Tabulka 45: Hodnoty korelace sklizňového indexu NPK hnojených variantů obou letůch v Ivanovicích

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	F:	p:
'16/'17	bez org. hnoj.	1N, 2N, 3N, 4N	10	-0.2481	0.4368
'16/'17	hnůj 30 t/ha	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.5912	0.04289
'16/'17	sláma a meziplod.	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.0119	0.9706

Vysvětlivky: Hodnoty korelace (Pearsonův kor. koeficient) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

10.5 Kvalita produkce

10.5.1 HTZ

Obě lokality

Tabulka 46: Porovnání HTZ mezi lokalitami Ivanovice a Lukavec v roce 2017

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	korelace:	p:
2017	bez org. hnoj.	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	16	-0.4005	0.0995
2017	hnůj 30 t/ha	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	16	-0.0557	0.8261
2017	sláma a meziplod.	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	16	-0.0281	0.9119

Vysvětlivky: Hodnoty korelace (Pearsonův kor. koeficient) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 47: Porovnání HTZ na lokalitě Ivanovice v obou letech

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	korelace:	p:
'16/'17	bez org. hnoj.	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.2516	0.4301
'16/'17	hnůj 30 t/ha	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.2118	0.5086
'16/'17	sláma a meziplod.	1N, 2N, 3N, 4N	10	-0.0669	0.8362

Vysvětlivky: Hodnoty korelace (Pearsonův kor. koeficient) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Tabulka 48: Porovnání HTZ různě organicky hnojených bloků na lokalitě **Lukavec** – oba roky

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	korelace:	p:
'16/'17	bez org. hnoj.	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.5977	0.0401
'16/'17	hnůj 30 t/ha	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.2432	0.4462
'16/'17	sláma a meziplod.	1N, 2N, 3N, 4N	10	0.4686	0.1243

Vysvětlivky: Hodnoty korelace (Pearsonův kor. koeficient) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

10.5.2 Obsah dusíku v zrně

Ivanovice

Tabulka 49: N v zrně v závislosti na různém minerálním hnojení N/ NPK, **Ivanovice 2017**

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	F:	p:
2017	bez org. hnoj.	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	5	144.69	2.7×10^{-10}
2017	hnůj 30 t/ha	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	5	62.07	3.7×10^{-8}
2017	sláma, meziplod.	0, 0N, 1N, 2N, 3N, 4N	5	9.75	0.0006

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

Lukavec

Tabulka 50: N v zrnu v závislosti na různém minerálním hnojení N/ NPK; Lukavec 2017

Rok:	Blok:	Varianty:	Stupeň volnosti:	F:	p:
2017	bez org. hnoj.	0 ^a , 0N ^b , 1N ^c , 2N ^{cd} , 3N ^{abcd} , 4N ^{abcd}	5	31.482	1.68 x10 ⁻⁶
2017	hnůj 30 t/ha	0, 0N, 1N ^a , 2N, 3N ^b , 4N	5	3.2101	0.04542
2017	sláma,meziplod.	0 ^a , 0N ^b , 1N ^c , 2N ^d , 3N ^{abcd} , 4N ^{abcd}	5	30.022	2.187 x10 ⁻⁶

Vysvětlivky: Anova test (jednofaktorová) na hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$; Rozdíly mezi třídami označené odlišnými písmennými indexy ^{abcdefg} jsou statisticky průkazné pro $\alpha \leq 0,05$ (Tukeyho test).