

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

**Vliv aplikace hnojiva s vodorozpustným fosforem na výnos
a kvalitu ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)**

Diplomová práce

Autor práce: Nikola Hruběšová
Obor studia: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. David Bečka, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv aplikace hnojiva s vodorozpustným fosforem na výnos a kvalitu ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.7.2020 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Davidovi Bečkovi Ph.D. a Ing. Pavlovi Cihlářovi Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při zpracování diplomové práce.

Vliv aplikace hnojiva s vodorozpustným fosforem na výnos a kvalitu ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)

Souhrn

Diplomová práce se zabývá vlivem aplikace hnojiva s vodorozpustným fosforem na výnos a kvalitu pšenice ozimé. Na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu, která leží ve Středočeském kraji na okrese Praha-západ, jsme založili pokus s pšenicí ozimou. Nadmořská výška stanice je 401 m.n.m. a průměrná denní teplota vzduchu činí 6,9 °C. Roční úhrn srážek je 549 mm. Délka vegetačního období v této lokalitě bývá okolo 150–160 dní. Lokalita spadá do řepařské výrobní oblasti.

Zvolili jsme odrůdu Tobak. Pokus měl tři varianty a každá byla založena ve 4 opakováních. Založili jsme tři leté pokusy v roce 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019. U varianty č. 1 jsme aplikovali Amofos (100 kg/ha) před setím, se zapravením secím strojem. Následovalo regenerační hnojení dusíkatým hnojivem LAV (60 kg/ha). Produkční aplikace ve dvou dávkách DAM 390 (50 kg/ha a 70 kg/ha). Produkční a regenerační hnojení bylo u všech 3 variant shodné. V následujících dvou variantách bylo použito hnojivo EF 54 (Eurofertil Top 54 N-PROCESS). Variantu č. 2 jsme hnojili EF 54 (100 kg/ha) a proběhla ve 3. dekádě října termínu do 1.11. Poslední varianta č. 3 byla hnojena v časně jarní regeneraci po 15.2. EF 54 (150 kg/ha). Sledované znaky u jednotlivých variant byly: výnos a kvalitativní parametry (obsah N-látek, škrobu, HLV a HTZ).

Cílem bylo ověřit hnojivo EF 54 aplikované do porostu ozimé pšenice ve 3. dekádě října (do 1.11.) a na počátku jarní regenerace (po 15.2.) na výnos a kvalitu zrna. Dále porovnat hnojiva s obsahem P (Amofos a EF 54) a zhodnotit, se kterým dosáhneme vyšších výnosů a zároveň porovnat jejich cenu na trhu.

Na lokalitě Červený Újezd, byl i přes jarní sucho a vysoké teploty, zaznamenán vysoký výnos pšenice ozimé v letech 2018, 2019 (9,1 t/ha). Rok 2016/2017 se vyznačoval poměrně tvrdou a časnou zimou, proto zde byl výnos nízký, v průměru okolo 5,6 t/ha. Během tříletých pokusů v dané lokalitě, jsme udělali průměry z jednotlivých let (2017,2018,2019) a získali následující výsledky.

Varianta č. 2 dosáhla nejvyššího výnosu 9,9 t/ha, HTZ 43,85 g, N-látek 12,63 %, ale v objemové hmotnosti a škrobu měla nejnižší naměřenou hodnotu ze všech variant (HLV 814,83 g, škrob 66,05 %).

Výnosy variant č. 1 a č. 3 byly shodné (9,81 t/ha). Varianta č. 1 měla vyšší hodnoty u N-látek 12,48 % a HTZ 43,75 g, oproti variantě č. 3, která dosahovala pouze 12,28 % N-látek a 43,68 g HTZ. Nejnižší hodnota N-látek byla naměřena u varianty č. 3 (N-látky 12,28 %), což přičítáme absenci kvalitativního hnojení u všech variant, kde se hodnoty pohybovaly v průměru 12,46 % N-látek v zru.

Lze konstatovat, že pro dosažení vysokého výnosu u pšenice ozimé, je hnojivo EF 54 vhodnější nežli Amofos a můžeme očekávat i uspokojivé kvalitativní parametry pro schválení pšenice k potravinářským účelům. Varianty hnojené EF 54, v termínu po 15.2. a Amofos před setím se vyznačovaly shodnými výnosy (9,81 t/ha), ale vyšší naměřené kvalitativní parametry N-látky (12,48 %) a HTZ (43,75 g) byly zaznamenány u varianty s hnojivem Amofos. Tyto parametry jsou klíčové v posouzení pšenice pro potravinářské zpracování. Tudíž považujeme variantu č. 1 za prospěšnější vzhledem k obsahu látek v zru, oproti variantě č. 3 EF 54 po 15.2.

Další rozhodující ukazatel je cena hnojiv, která se výrazně lišila. Cena EF 54 je vyšší v průměru o 5000 Kč/t proti Amofosu. Ceny u hnojiva Amofos dosahovaly v průměru 9700 Kč/t a EF 54 až 15050 Kč/t. Cena Amofosu je výrazně nižší, ale vždy bude záležet na dávce hnojiva, kterou aplikujeme. Na podzim volíme zpravidla nižší dávky (100 kg/ha) a vyšší na jaře (150 kg/ha), kvůli potřebám pšenice v tomto období.

V pokusu jsme došli k jednoznačnému zjištění, že podzimní aplikace EF 54 zvýšila výnos pšenice ozimé o 0,09 t/ha ve srovnání s ostatními variantami. Také můžeme potvrdit, že v tomto ročníku se projevila aplikace EF 54 v termínu na podzim (do 1.11.) jako nejlepší v dopadu na kvalitativní parametry (obsah N látek, škrobu). Amofos považujeme za nákladově dostupnější hnojivo a za ekonomicky výhodnější proti EF 54.

Na závěr podotýkám, že tyto uspokojivé výsledky (výnos a kvalita), lze očekávat pouze za předpokladu vhodných povětrnostních podmínek (dostatečných srážek) a lokality pěstování, proto aby se projevil účinek hnojiv s obsahem P a živiny se dostaly ke kořeni ve formě která je přijatelná pro rostlinu.

Klíčová slova: pšenice ozimá, hnojení, vodorozpustný fosfor, výnos, kvalita

Effect of fertilizer with water-soluble phosphorus application on the yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Summary

The thesis deals with the influence of the application of water-soluble phosphorus fertilizer on the yield and quality of ozimé wheat. At the Research Station in Červený Újezd, which lies in the Central Bohemian Region in the Prague-West district, we set up an experiment with wheat ozim. The station's altitude is 401 m above sea level and the average daily air temperature is 6.9 °C. The annual rainfall total is 549 mm. The length of the growing season in this locality is around 150–160 days. The site falls into the beetroot production area.

We chose the Tobak variety. The experiment had 3 variants and each was based in 4 repetitions. We started three years of experiments in 2016/2017, 2017/2018 and 2018/2019. For option 1, we applied Amophos (100 kg/ha) before sowing, with the seed drill. Regenerative fertilization was followed by lav nitrogen fertilization (60 kg/ha). Production application in two doses of DAM 390 (50 kg/ha and 70 kg/ha). Production and regeneration fertilization was the same for all 3 variants. Ef 54 (Eurofertil Top 54 N-PROCESS) fertiliser was used in the following two variants. Option 2 was manicured by EF 54 (100 kg/ha) and took place in the 3rd century. october in the period to 1.11. The last option No. 3 was fertilized in early spring regeneration after 15.2. EF 54 (150 kg/ha). The endpoints for each variant were: yield and qualitative parameters (content of N-substances, starch, HLV and HTZ).

The aim was to verify the EF 54 fertiliser applied to the winter wheat crop in the 3rd arrondissement of the 1960 s. october (until 1.11.) and at the beginning of spring regeneration (after 15.2.) on the yield and quality of the grain. Next, compare the fertilizers with the P content (Amofos and EF 54) and evaluate with which we will achieve higher yields while comparing their price on the market.

In the locality Červený Újezd, despite the spring drought and high temperatures, a high yield of ozimé wheat was recorded in 2018, 2019 (9.1 t/ha). The year 2016/2017 was marked by a rather hard and early winter, therefore the yield was low here, on average around 5.6 t/ha. During the three-year experiments in the site, we made averages from each year (2017,2018,2019) and got the following results.

Option 2 achieved the highest yield of 9,9 t/ha, HTZ 43,85 g, N-substances 12,63 %, but in volume weight and starch had the lowest measured value of all variants (HLV 814,83 g, starch 66,05 %). Yields on variants 1 and 3 were the same (9,81 t/ha). Option 1 had higher

values for N-substances of 12,48 % and HTZ 43,75 g, compared to option 3, which amounted to only 12,28 % N-substances and 43,68 g HTZ. The lowest N-substances were measured for option 3 (N-substance 12.28%), which is attributed to the absence of qualitative fertilization in all variants where the values averaged 12.46% of N-substances in the grain.

It can be stated that ef 54 fertiliser is more suitable than Amofos for achieving a high yield for winter wheat and we can also expect satisfactory quality parameters for the approval of wheat for food purposes. Variants of fertilized EF 54, in the period after 15.2. and Amophos before sowing were characterised by identical yields (9,81 t/ha), but higher measured quality parameters of the N-substance (12,48 %) and HTZ (43.75 g) were observed for the Amophos fertilizer variant. These parameters are key in the assessment of wheat for food processing. Therefore, we consider option 1 to be more beneficial in relation to the content of substances in the grain, compared to option 3 ef 54 after 15.2.

Another decisive indicator is the price of fertilisers, which varied significantly. The price of EF 54 is on average 5000 CZK/tonne than Amofos. Prices for Amophos fertilizer were on average CZK 9700/tonne and EF 54 to 15050 CZK/tonne. The price of Amophos is significantly lower, but it will always depend on the dose of fertilizer we apply. In autumn we choose from the rule of lower dose (100 kg/ha) and higher in spring (150 kg/ha), due to the needs of wheat in this period.

In the experiment, we found unequivocally that ef 54's autumn application increased the yield of winter wheat by 0.09 t/ha compared to other variants. We can also confirm that ef 54 in the autumn (until 1.11.) was the best in impact on qualitative parameters (N content of substances, starch). We consider Amofos to be a more cost-effective fertiliser and to be more economically advantageous against EF 54.

Finally, these satisfactory results (yield and quality) can only be expected if appropriate weather conditions (sufficient precipitation) and the cultivation site, in order to show the effect of P-containing fertilisers and nutrients to the root in a form acceptable to the plant.

Keywords: wheat winter, fertilization, water-soluble phosphorus, yield, quality

Obsah

Obsah	10
1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....	11
3 Literární rešerše.....	12
3.1 Pšenice ozimá (<i>Triticum aestivum</i> L.)	12
3.1.1 Historie a význam pěstování pšenice	12
3.1.2 Ekonomika a vývoj ceny na trhu	13
3.1.3 Botanická charakteristika pšenice ozimé.....	13
3.1.4 Půdní podmínky pro pěstování pšenice.....	14
3.1.5 Tvorba výnosu u pšenice	16
3.2 Hnojení a výživa fosforem.....	19
3.2.1 Fosfor jako živina.....	19
3.2.2 Koloběh fosforu	20
3.2.3 Dostupnost fosforu v půdě.....	22
3.2.4 Příjem fosforu rostlinou.....	25
3.2.5 Příznaky nedostatku fosforu	26
3.2.6 Nároky pšenice ozimé na fosfor	28
3.3 Fosforečná hnojiva	29
3.3.1 Charakteristika fosforečných hnojiv	29
3.3.2 Kyselina fosforečná.....	30
3.3.3 Hnojiva rozpustná ve vodě (superfosfáty).....	31
3.3.4 Hnojiva rozpustné ve 2 % kyselině.....	31
3.3.5 Hnojiva rozpustná v silných minerálních kyselinách.....	32
3.3.6 Hnojiva s obsahem P v pokusu	33
3.3.7 Efektivní využití fosforečných hnojiv.....	33
3.3.8 Doporučení pro rostlinnou výrobu.....	34
4 Materiál a metody	36
4.1 Pokusná lokalita	36
4.1.1 Popis lokality	36
4.1.2 Klimatické podmínky během vegetačního období.....	36
4.1.3 Agrotechnika u jednotlivých variant.....	38
4.1.4 Přehled pokusných variant.....	39
4.2 Metodika.....	40
4.2.1 Popis pokusného materiálu	40
4.2.2 Popis pokusu a metodika	44
5 Výsledky	46
5.1 Výnos t/ha.....	46

5.2 HTZ (g)	48
5.3 N-látky (%)	49
5.4 Obsah škrobu (%)	51
5.5 HLV g/l	52
5.6 Odběry AZP (agrochemické zkoušení půd)	54
5.7 Vyhodnocení výsledků	55
5.8 Rentabilita použití hnojiv s obsahem P	56
6 Diskuze	57
7 Závěr	60
8 Literatura	61
10 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Pšenice ozimá je v České republice dominantní plodinou. Její zastoupení je až 55,6 % na trhu nabídky všech obilovin a největší podíl produkce se zkrmuje. Ve světě zaujímá 30 % celkových osevních ploch. Největšími producenty pšenice ozimé jsou zejména USA, Rusko, Kanada, Francie a Čína. Každý rok přibývá více registrovaných odrůd ozimé pšenice domácích i zahraničních. Podle kategorie se odrůdy pšenice ozimé dělí na: pšenice pro pekárenské zpracování (elita E, třída A, třída B); pšenice pečivářské pro výrobu oplatků, sušenek a krekrů; pšenice pro ostatní použití – třída C (krmné pšenice, pro technické využití, výroby škrobu a lihu). Plodina na 1 tunu zrna a odpovídajícímu množství slámy a kořenů odčerpá v průměru 25 kg dusíku, 5 kg fosforu, 20 kg draslíku, 2,4 kg hořčíku, 4 kg síry (Zimolka 2005).

Z hlediska půdních vlastností jsou pro pšenici nejvhodnější typy černozemě, právě i degradované, hnědozemě, rendziny, s pH neutrálním. Snáší i půdy slabě kyselé i slabě alkalické. Půdy vhodné pro pšenici ozimou jsou středně-hlinité, jílovito-hlinité až hlinitě-jílovité, které mají vyrovnaný poměr vody a vzduchu v půdě a mají dobrou půdní strukturu s dobrou biologickou činností. Dalším důležitým faktorem je vláhota, ta by měla být dostatečně vysoká zejména na podzim v době vzházení a také na jaře v období vegetace. Týká se to převážně měsíce května, června a první dekády července (Špaldon 1982).

Výnos u pšenice ozimé dosahuje okolo 3,5 do 6,0 t/ha. Vše závisí na volbě odrůdy, pokud zvolíme správnou odrůdu, výnosy se mohou pohybovat okolo 6,0 až 10,0 t/ha. V roce 2019 jsme v České republice dosáhli průměrného výnosu zrna 5,79 t/ha. Cena potravinářské pšenice byla v dubnu roku 2019 v průměru 4 614 Kč/t (ČSÚ 2019).

Pro dosažení očekávaných výnosů a s nimi i kvality pšenice je nutné, aby pěstitel vytvořil v půdě optimální podmínky pro to, aby rostliny s postupným rozvojem kořenového systému měla v půdě zajištěnou dobrou zásobu přístupných živin a mohla tak využít v maximální možné míře genetický potenciál pěstované odrůdy (Pourazari et al. 2015).

Mezi významné živiny v období růstu pšenice ozimé patří nejen dusík, draslík a síra, ale také fosfor. Dostupnost fosforu pro rostliny je důležitá již od počátku vývoje. Ačkoliv na podzim bývá odběr fosforu velice malý, je pro rostliny jeho příjem nepostradatelný. Fosfor se při klíčení a vzházení rychle spotřebovává ze zásobních látek obsažených v semeni (fytin), a jeho nedostatek, již v počátku vývoje může mít významný dopad na další vývoj porostu (Vaněk et al. 2016).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce je ověřit účinek hnojiva obsahující vodorozpustný anorganický fosfor (Top-Phos) EUROFERTIL Top 54 N-PROCESS aplikovaného do porostu ozimé pšenice ve 3. dekádě října a na počátku jarní regenerace na výnos a kvalitu zrna.

- ❖ Získané výsledky ověří, zda aplikovaný EF 54 má vliv na kvalitativní a výnosové parametry u pšenice ozimé, při aplikaci do 1.11.
- ❖ Následně se ukáže, zda vyšší vliv na kvalitu a výnos bude zaznamenán v aplikaci EF 54 po 15.2.
- ❖ Bude prokázán vliv hnojiva Amofos před setím na výnos a zároveň posoudíme rozdíl mezi hnojivy Amofos a EF 54 (výnos, kvalita, cena).
- ❖ Výstupem práce bude vyhodnotit termín aplikace a typ hnojiva s obsahem P, se kterým s nejvyšší pravděpodobností dosáhneme vysokého výnosu a nejvyšších kvalitativních hodnot pro schválení pšenice k potravinářským účelům.

Hypotézy

- 1) Podzimní aplikace hnojiva obsahujícího vodorozpustný fosfor zvyšuje výnos zrna ozimé pšenice a je ekonomicky výhodná.
- 2) Podzimní, popř. časně jarní aplikace hnojiva obsahujícího vodorozpustný fosfor má vyšší vliv na výnos zrna pšenice než aplikace hnojiva Amofos před setím se zapravením do půdy.
- 3) Podzimní, popř. časně jarní aplikace hnojiva obsahujícího vodorozpustný fosfor pozitivně ovlivňuje kvalitativní parametry ozimé pšenice (obsah N látek, škrobu, HTZ aj.)

3 Literární rešerše

3.1 Pšenice ozimá (*Triticum aestivum* L.)

3.1.1 Historie a význam pěstování pšenice

V České republice se nejvíce pěstuje ozimá forma pšenice (až 94 %). Podíl pšenice na produkci všech obilovin má dlouhodobě vzrůstající tendenci (Kopáčová 2007). Pěstování plodin v druhé polovině 19. století se vyznačovalo spoustou změn, jednou z největších byl přechod od trojpolního ke střídavému polnímu hospodaření. Hlavním cílem bylo zvyšování výnosů pomocí vhodných agrotechnických zásahů, zejména provádění podmítky při přípravě půdy. Dalším z významných kroků v tomto století bylo zavádění nových předplodin, jenž vedly ke zlepšování půdní úrodnosti. Vybíraly se převážně okopaniny a jeteloviny. Význam se postupně začal klást i na semenářství a šlechtění nových odrůd, především pšenice (Kulovaná 2001).

K první kultivaci pšenice došlo asi před 10 000 lety, jako součást „neolitické revoluce“, která zaznamenala přechod od lovu a sběru potravin k usazenému zemědělství. Tyto nejdříve kultivované formy byly diploidní a tetraploidní. První pěstované formy pšenice byly v podstatě vybrané zemědělci z divokých populací, pravděpodobně kvůli jejich vynikajícímu výnosu a jiným vlastnostem. Domestikace však byla také spojena s výběrem genetických vlastností, které je oddělily od jejich divokých příbuzných (Shewry et al. 2009).

Transcriptomické studie ukázaly, že ve vyvíjejícím se pšeničném zrna je exprimováno více než 30 000 genů (Wan et al. 2008). V přepočtu na jednoho obyvatele ČR představuje spotřeba pšenice v posledních letech okolo 112 – 114 kg zrna, což je necelých 88 kg mouky. Zásadní v dosažení požadovaného výnosu a kvality u sklizené pšenice je především řazení do definované jakostní kategorie a tím umožnit pěstiteli a spotřebiteli zvolit optimální odůdu pro daný užitkový směr. Kritérium pro toto hodnocení je třídění na skupiny dle jakosti a to dle významu na hlavní a doplňková (Zimolka 2005).

Shewry et al. (2009) ve svém výzkumu uvedl, že navzdory relativně nízkému obsahu bílkovin (8-15 %), pšenice stále poskytuje dostatečné množství bílkovin pro výživu lidí a hospodářských zvířat, proto by nutriční význam u pšeničných bílkovin neměl být podceňován, zejména v méně rozvinutých zemích, kde chléb tvoří podstatnou část potravy.

3.1.2 Ekonomika a vývoj ceny na trhu

Hlavní faktor pro získání kvality a výnosu je především klima, které ovlivní celou řadu procesů v průběhu vývoje pšenice a následně také její cenu na trhu. Dnes je hlavní překážkou v pěstování pšenice dopad sucha, zejména na jihu Evropy. Nejen sucho, ale i krupobití a povodně vedou k vysokým ztrátám na výnosu, mnohdy až samotné likvidaci porostu. Cenu na trhu ovlivňuje celosvětová ekonomická situace, kurz dolaru a očekávané inflace. Dle statistik, můžeme pozorovat vyšší nabídku v období sklizně, proto nám klesá cena v důsledku převyšující nabídky nad poptávkou. Situace se mění v období prosince, kdy ceny mohou stoupat a poptávka bývá vyšší oproti nabídkám (INVESTPLUS 2019).

Veřejný portál SZIF (Státní zemědělský investiční fond) (2019), uvádí, že průměrná cena pšenice potravinářské v říjnu 2019 dosáhla 3 982 Kč/t. Cena se snížila o 492 Kč/t, oproti říjnu předchozímu roku 2018. Jak již bylo uvedeno, poptávka má stoupající tendenci zejména v období zimy, což platilo u potravinářské pšenice, kdy v listopadu 2018 průměrná cena byla 4 479 Kč/t. Oproti listopadu 2017 se cena zvýšila o 580 Kč/t. Světová sklizeň pšenice za rok 2018 dosáhla úrovně 733,0 mil./t. Z celkové sklizňové plochy obilovin v ČR v roce 2018, tj. 1 338,8 tis./ha, zaujímaly největší podíl pšenice, až 61,2 % celkové plochy, ječmen 24,3 % a kukuřice 6,1 %.

Průměrný hektarový výnos pšenice v roce 2018 byl 5,39 t/ha, což bylo oproti předchozímu roku nižší výnos o 4,9 %. Produkce pšeničného zrna byla průměrná a dosáhla výše 4 417,8 tis./t, přičemž se velmi podobala sklizňovému ročníku 2009/10. Jedná se o meziroční pokles 6,4 %. Přes tento mírný meziroční pokles bude mít trh stále charakter převažující nabídky nad poptávkou, ale s poptávkou po kvalitní surovině. Průměrné ceny pšenice vyvážené z ČR meziročně vzrostly, a to o 7,2 % na 4 096 Kč/t u pšenice potravinářské a o 6,9 % na 3 867 Kč/t u pšenice krmné (Zelená zpráva 2018).

3.1.3 Botanická charakteristika pšenice ozimé

Pšenici taxonomicky řadíme k rodu *Triticum*, její pěstování zahrnuje mnoho odrůd, jako nejvýznamnější odrůda pěstovaná v celém světě je *Triticum aestivum* (pšenice setá) a *Triticum durum* (pšenice tvrdá), kterou výhradně používáme k výrobě těstovin (Kopáčová 2007). Pšenice prochází změnami, jenž soustavně nazýváme růst a vývoj. Tyto období zahrnují vegetativní průběh (klíčení, vzcházení a odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení a zrání) (Zimolka 2005).

Plodina musí projít určitými fázemi, aby dosáhla požadované zralosti. Nástup růstové fáze zaznamenáváme tehdy, jestliže 50-70 % rostlin v porostu již dosáhlo uvedené fáze. Sledujeme změny na celé rostlině konkrétně v období odnožování. Znaky jsou dále hodnoceny na hlavním (vývojově pokročilejším) stéble, a to v pozdějších fázích. Časové rozpětí každé vývojové fáze v podstatě závisí na genotypu, teplotě, délce dne a datumu setí. Různá environmentální zátěž, zejména teplo, ale také voda a slanost, mohou zkrátit fáze růstu pšenice (Acevedo et al. 1999).

Pšenice setá má nelámaný klas, bezosinatý i osinatý a různě hustý. Plevy mají tvar vejčitý nebo podlouhle vejčitý se zřetelným kýlem. Obilky jsou nahé, buclaté na průřezu oblé s mírně vystouplým klíčkem. Z botanického hlediska se člení druh *T. aestivum* na čtyři variety dle barvy a osinatosti klasů (Kopáčová 2007).

Ve středu klasu se nachází vřetenno, které nese klásky složené z drobných květů. Na vřetenová kolínka nasedají klásky, jsou převážně třívětvé. Klásek je složen ze dvou bezosinných plev a kvítků. Plevy jsou listeny a z jejich úžlabí vyrůstá květenství. Každý kvítek v květenství je obalen z vnější strany bezosinnou nebo osinatou pluchou a z vnitřní strany blanitou pluškou. Plodem je obilka, která se skládá z obalů, endospermu a zárodku (Rovenská 1968).

V současné době je asi 95 % pšenice pěstované na celém světě hexaploidní (na chléb), přičemž většina ze zbývajících 5 % je tetraploidní tvrdá pšenice. Ta je více přizpůsobena suchému středomořskému klimatu než pšeničná (na výrobu chleba) a často se nazývá těstovinová pšenice, aby odrážela její hlavní konečné použití. Ale také ji lze použít k pečení chleba. Dále se používá k výrobě regionálních potravin, jako jsou kuskus a bulhar v severní Africe (Shewry et al. 2009).

3.1.4 Půdní podmínky pro pěstování pšenice

Pšenice ozimá je jednou z nejdůležitějších plodin a pěstuje se na 200 milionech hektarů zemědělské půdy po celém světě (Ortiz & Carretero 2008). Také patří k nejnáročnějším obilninám na půdní podmínky a živiny. Zrno má využití pro potravinářské a krmivářské zpracování, přičemž pro potravinářské účely se využívá 28–32 % z celkové produkce pšenice v ČR, ke krmným účelům 55–58 % a na osivo asi 6 % (Palík et al. 2009).

Pěstuje se v mírných oblastech s vysokými srážkami, ale také v oblastech chladných a suchých. Tato široká adaptace nepochybně vyplývá z jejího složitého genomu, jenž ji poskytuje velkou plasticitu. Je to rostlina typu C3, proto lze zvolit chladnější prostředí pro její pěstování (Acevedo et al. 1999).

I přes velkou adaptabilitu ji především vyséváme v mírném klimatickém pásmu, jelikož upřednostňuje teplé a vlhčí podnebí (NIIR Board of Consultants & Engineers 2006). Základem produktivity stanoviště je půdní typ a půdní druh. Podmínky podnebí mají primární vliv na půdu a život organismů. Těsnost tohoto vzájemného vztahu ovlivňuje především průběh počasí a způsob hospodaření na půdě (Vach & Javůrek 2008).

Dopady změny klimatu jsou nejvíce patrné v produktivitě zemědělských plodin, protože tento parametr představuje součást největšího zájmu producentů i spotřebitelů. Klimatické efekty mohou změnit očekávanou dobu do zralosti, kterou plodina vyžaduje. Například při vysoké teplotě dochází k rychlejšímu růstu a kratšímu životnímu cyklu plodin, které nejsou trvalé. Výsledkem je menší a slabá rostlina, kratší doba reprodukce a nižší výnosový potenciál (Hatfield 2015).

Vhodné půdní podmínky pro pšenici ozimou jsou půdní typy černozemě, pravé i degradované, hnědozemě, rendziny, s pH neutrálním. Snášejí půdy slabě kyselé a slabě alkalické. Vhodné k pěstování jsou zejména půdní druhy střední až hlinité, nebo hlinito-jílovité, které mají vyrovnaný poměr vody a vzduchu v půdě, a mají dobrou půdní strukturu s dobrou biologickou činností (Zimolka 2005).

Vach & Javůrek (2008) tvrdí, že požadavky ekologické optimalizace mohou být naplněny jen při důsledném uplatňování biologicky vyvážené struktury plodin v osevních postupech. To znamená důsledněji využívat půdní a klimatické podmínky stanoviště, produkční potenciál výkonných odrůd a co nejvhodnější skladbu pěstovaných plodin. Dosáhne se tím vyšší nezávadnosti produkce při současném snížení rizika poškození životního prostředí. Důsledným naplňováním tohoto úkolu dosáhnou zemědělské podniky rentabilní a nezávadnou produkci zemědělských plodin a poklesne riziko poškození životního prostředí.

Přizpůsobení zemědělství ke změně klimatu je důležité pro posouzení dopadů a zranitelnosti a pro rozvoj politiky v oblasti změny klimatu (Smit & Skinner 2002). Analýzou, od Meehla et al. (2007), bylo zjištěno, že denní minimální teploty se budou zvyšovat rychleji než denní maximální teploty. Denní minimální teploty vedou ke zvýšení denních průměrných teplot a zvýší pravděpodobnost extrémních událostí. Takové změny mohou mít škodlivé účinky na výnos zrna.

Dle Neumanna et al. (2010) se stále v budoucnosti očekává silné zvýšení poptávky po zrnech, což podle jejich tvrzení může být dosaženo intenzivnější zemědělskou činností oproti zvětšování pěstební plochy.

3.1.5 Tvorba výnosu u pšenice

Tvorba výnosu u všech plodin ať už z biologického nebo hospodářského závisí na pozornosti pěstitele. Hospodářský výnos je u obilnin tvořen především výnosem zrna, který je vytvářen několika výnosovými prvky. Optimální podmínky jejich tvorby mohou být jiné než podmínky pro tvorbu veškeré biomasy. Posuzování výnosových prvků je odlišné v případě rostliny a v případě porostu (Lipavský 2000). Mezi zmiňované výnosové prvky patří počet klasů na hektar, počet zrn v klase a hmotnost zrn (HTZ). Tyto komponenty se vytváří postupně a navazují na sebe svým vývojem. Po vzejití určitého počtu rostlin se začínají tvořit odnože, avšak je třeba si uvědomit, že počet odnoží neznamená stejný počet plodných stébel. Postupně dochází k odumírání odnoží, nebo mohou některá stébla zůstat do sklizně neplodná (Petr 2000).

Významným faktorem při tvorbě výnosu je dusík (N), tato živina je hlavní složkou fotosyntetického aparátu. Po vodě je dusík hlavním omezením růstu plodin. Jako hnojivo je obvykle zapotřebí asi 25 kg N, aby se vyrobila 1 tuna pšeničného zrna. Výnosy pšenice jsou proto vysoce závislé na dusíku. V reakci pšenice na dusík existují genotypové rozdíly. Obecně mají genotypy s vyšším výnosovým potenciálem vyšší účinnost využití N (výnos / nabídka N) v důsledku vyšší účinnosti využití N (příjem / příjem N). Existuje však negativní souvislost mezi potenciálem výnosu genotypu a obsahem bílkovin v zrně, což je parametr, který je důležitý pro kvalitu zrna. Aplikace dusíku v počátku kvetení (anthesis) zvyšují obsah bílkovin v zrně (Abbate et al. 1995).

Moderní odrůdy plodin často produkují vysoké výnosy při vysoké dostupnosti zdrojů, zatímco u starých odrůd se očekává, že budou mít vlastnosti vhodnější při nízké dostupnosti zdrojů (Pourazari et al. 2015). Nejdůležitějšími charakteristikami odrůd pšenice, je jejich výnosová schopnost a kvalita zrna. Tyto vlastnosti jsou nejvíce brány v úvahu při sestavování sortimentu odrůd pro danou lokalitu a podnik. Zemědělci velmi důvěřují zavádění nových odrůd, neboť ty jsou obvykle prezentovány tak, že vzbuzují naději na snadnější dosažení vysokého výnosu i požadované kvality. Výnosový pokrok byl u pšenice dosahován především změnami proporcí rostlin, změnami porostů (zvýšení hustoty porostu) a prodloužením životnosti asimilačního aparátu (Austin et al. 1980).

Selekce a domestikace vedla k odrůdám, které jsou schopny využívat velké množství živin, jež jsou v půdě dostupné moderním zaváděním hnojiv. Domestikace a selekce pro zvýšenou alokaci asimilátů reprodukčním orgánům (zrna) a vysokým výnosům zrna se pravděpodobně uskutečnily za cenu zvyšování požadavků na příznivé podmínky prostředí pro

růst a snižování koncentrací N a proteinů v zrnech (Evans & Rawson 1970).

Lze tedy očekávat, že staré a moderní genotypy pšenice vykazují různé typy růstu ve vztahu k dostupnosti zdrojů (Wacker et al. 2002). Konkrétně se očekává, že divoké a starověké odrůdy shromážděné v přírodních ekosystémech nebo primárně vyvinuté za podmínek nízké dostupnosti živin, budou lépe přizpůsobeny půdám chudým na živiny a budou mít vyšší koncentraci (N) v zrna než moderní odrůdy (Godfray et al. 2010).

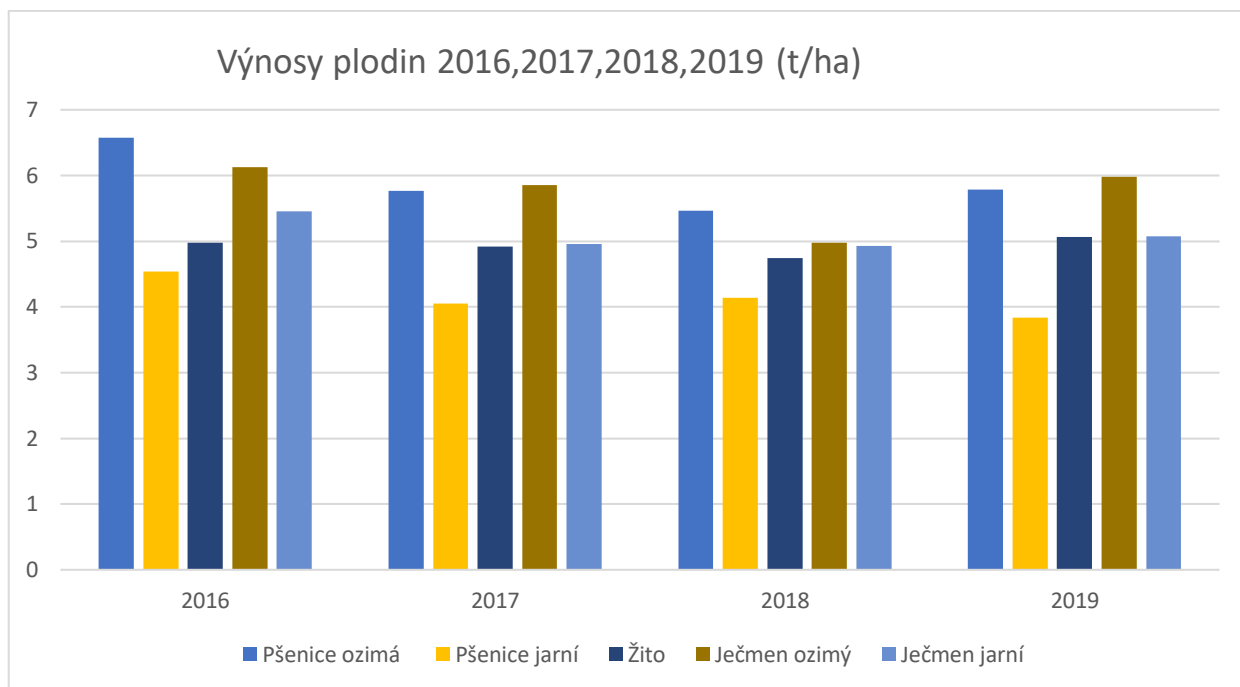
Vach & Javůrek (2008) uvádějí, že účelná skladba plodin v zemědělském podniku se považuje za jeden z rozhodujících faktorů úspěšného hospodaření, neboť výrazně přispívá k vysokému využití potenciálu stanoviště, k pěstování plodin a agrotechnických opatření. Jednoznačně bylo prokázáno, že ani intenzivní hnojení nebo nejvýkonnější odrůdy, při nevhodně zvolené struktuře plodin, nezajistí předpokládané výnosy, a tím pádem ani dobrý ekonomický výsledek podniku.

Výzkumy v posledních letech ukazují, že vyšší výnos může být dosahován snadněji, pokud je tvořen větším podílem polysacharidové (škrobové) složky a menším podílem složky bílkovinné. Je to zřejmé i z výsledků ÚKZÚZ, kde pšenice s nejvyšší potravinářskou kvalitou (E a A) doprovázenou v průměru vyšším obsahem dusíkatých látek v zrna, mají obvykle nižší výnosy než pšenice s nepotravinářskou kvalitou (C) (Martínek & Váňová 2012). Růst zrna a jeho hmotnost tedy závisí na faktorech, které ovlivňují tvorbu celkové sušiny rostliny, tj. stav asimilačního aparátu klasu, listů a stébla, dostatek vláhy, světla a minerálních živin. Záporný vliv mají také vysoké teploty (Lipavský 2000).

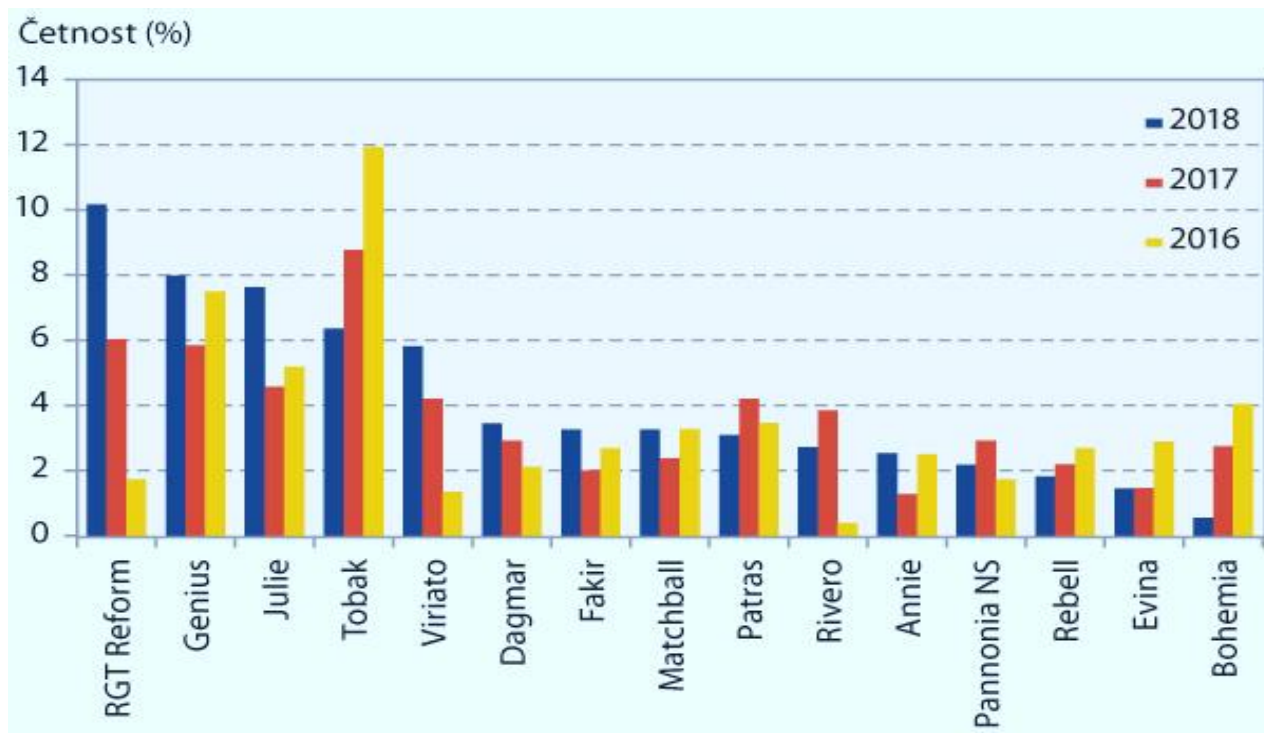
Vysoké teploty výrazně omezují výnos pšenice. Urychlují vývoj rostlin a konkrétně ovlivňují květinové orgány, tvorbu zrna a fungování fotosyntetického aparátu. U pšenice bez nedostatku půdní vody se teplotní rozdíl mezi listem a vzduchem zvyšuje lineárně s rozdílem tlaku par (Idso et al. 1984). Pokud dojde k nedostatku vody a začnou se uzavírat stomata, teplota listů stoupá a může překročit teplotu vzduchu. To vše postupně vede k tepelnému stresu, který snižuje celkovou nadzemní biomasu a výnos zrn pšenice (Shpiler & Blum 1986).

Naopak mírné mrazy obvykle neovlivňují zelenou plochu, ale silné mrazy mohou způsobit nekrózu listů a zánik rostliny. Čím pokročilejší je stadium vývoje, tím citlivější jsou rostliny a tím větší může být účinek na výnos. Po zahájení prodloužení stonků mohou být rostoucí stonky a hroty poškozeny a stéblo zanikne. Mráz může být obzvláště škodlivý mezi vznikem vlajkových listů a deset dní po anthesis (kvetení). Poškození se projevuje jako nepravidelný výskyt přerušovaných klásků na základně, středu nebo špičce hrotů. Také lze sledovat sterilní kvítky v částech celé špičky, což má za následek počáteční podchlazení (Harding et al. 1990).

Graf 1: Výnosy obilnin během let 2016-2019 (uvedlo ČSÚ 2019)



Graf 2: Četnost zastoupení 10 nejčastějších odrůd ve sklizních let 2018, 2017 a 2016 (uvedlo ČSÚ 2019)



3.2 Hnojení a výživa fosforem

3.2.1 Fosfor jako živina

Mnoho živin může být na poli omezeno v závislosti na hlavních charakteristikách půdy, klimatu nebo systému plodin. V mírných oblastech severní Evropy jsou nejčastějšími omezujícími faktory dusík a voda. Jsou-li živiny v půdě v optimálním poměru, jsou splněny požadavky na vývoj rostliny. V neposlední řadě je nutné zajistit rostlině i přísun slunečního záření, které vytváří biomasu a souvisí s fotogenickým aktivním zářením. Můžeme tvrdit, že všechny procesy, jenž přispívají k tvorbě zrna v terénu, jsou ovlivněny konkurencí o jeden nebo více růstových faktorů (Masle 1985).

Z hlediska agrochemického je fosfor (P) označován jako „faktor plodnosti“, protože urychluje zrání, podporuje nasazení květů a přispívá k tvorbě pevných pletiv (Šafaříčková & Kouřil 2006). Dále ho řadíme mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Zásoba přijatelného fosforu v půdách klesá a fosfor se postupně stává limitujícím prvkem výnosu a kvality produktu. Při současném omezeném hnojení statkovými hnojivy (např. hnojem), případně organickými hnojivy a minerálními hnojivy dochází k odčerpání fosforu z půdy, které bilančně přesahuje vstupy. To má za následek snižování obsahu přístupného fosforu v půdě (Kunzová 2009).

Dostupnost fosforu pro rostliny je důležitá již od počátku vývoje. Ačkoliv v období na podzim je odběr fosforu velice malý, je pro rostliny jeho příjem nepostradatelný. Fosfor se při klíčení a vzcházení rychle spotřebovává ze zásobních látek obsažených v semeni (fytin) a jeho nedostatek již v počátku vývoje může mít významný dopad na další vývoj porostu (Zimolka 2005). Fosfor také ovlivňuje tvorbu buněčných membrán (fosfolipidy). Některé studie uvádějí vztah mezi odolností rostlin a obsahem fosfolipidů v pletivech. U ozimé pšenice je významný vliv fosforu na podporu odnožování. Nedostatek P snižuje tvorbu odnoží a redukuje listovou plochu (Vaněk et al. 2016).

Při výživě a hnojení ozimé pšenice musíme zkombinovat znalosti o potřebě ozimé pšenice na živiny a chování živin v půdě. U této ozimé plodiny je toto důležité, neboť odběr (potřeba) živin v podzimním období není ještě vysoká. Značná potřeba živin sice nastává až v jarním období, ale v tomto období již není možné některé živiny již aplikovat, aby byly správně využity. Z tohoto důvodu je nezbytné aplikovat živiny již před založením porostu. V odborné terminologii tomuto způsobu hnojení říkáme základní hnojení (Černý et al. 2011).

3.2.2 Koloběh fosforu

Fosfor je nezbytný, nenahraditelný prvek ve všech živých buňkách. Bez fosforu by na Zemi neexistovaly živé bytosti. V oblasti zemědělství je na P nahlíženo jako na nezbytný prvek ve výživě rostlin a v posledních letech se klade důraz na jeho účinné využívání. Zpracovává se fosfátová hornina, z níž se vyrábějí fosfátová hnojiva. Také je velmi důležité udržovat zásoby P v půdách, zejména v méně rozvinutých zemích pro tvorbu potravin, vlákniny a bioenergie (Johnston et al. 2014).

Velikost globálního zdroje fosforu byla v poslední době hlavní obavou ve světě. Ze všech prvků, které ve velkých množstvích vyžadují živé buňky, je globální zdroj fosforu nejmenší. Před několika lety se předpokládalo, že při tehdejších současných rychlostech těžby bude ekonomicky těžitelná rezerva fosfátových hornin vyčerpána za 60–100 let. Nedávné přehodnocení naznačuje, že beze změny poptávky mohou využitelné rezervy P hornin trvat 300–400 let (Vuuren, Bouwman & Beusen 2010).

V současné době je okolo 85 % ročně těžené fosfátové horniny zpracované pro použití v zemědělství, většinou jako hnojivo pro aplikaci na půdu (až 80 %), nebo jako výživa pro rostliny (5–10 %). Existuje však obecná představa, že P je v zemědělství používán velmi neefektivně, protože při polních pokusech je často využíváno pouze 10–15 %, zůstatek až 25 % hnojiva P aplikovaného na plodinu, není k dispozici následujícím plodinám z důvodu fixace v půdě. Zlepšení efektivity využití P v zemědělství, zejména ve výrobě plodin pro potraviny, krmiva, biopaliva a vlákna, budou mít významný dopad na prodloužení životnosti globálního zdroje P horniny a minimalizaci všech nepříznivých dopadů na životní prostředí vyplývajících z jeho používání (Johnston et al. 2014).

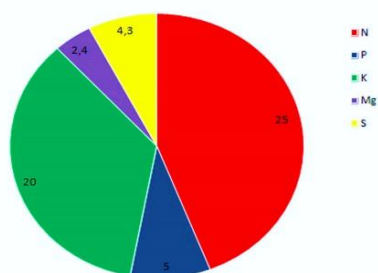
V přírodě P neexistuje jako volný prvek, ale spíše v kombinaci s jinými prvky, jako je kyslík (O) nebo vodík (H). Vyskytuje se v plně oxidované formě (P má valenci +5) jako fosfátový anion (PO_4^{-3}). Po mnoho let byly tyto sloučeniny považovány za jedinou formu, která mohla rostlinám dodávat výživu P. V hnojivech se nachází ve formě kyseliny fosforečné (H_3PO_4) a její soli, jako je například: superfosfát, fosforečnan amonný a fosforečnan draselný. Další forma s jedním menším kyslíkem (P má valenci +3) jako fosfit (PO_3^{-3}). Fosfit běžně označuje soli kyseliny fosforečné a termín fosfonát se používá k označení fosfitového esteru obsahujícího vazbu uhlík-fosfor (White & Metcalf 2007). Takové formy byly uznávány jako vynikající fungicidy pro kontrolu mnoha důležitých chorob rostlin způsobených Oomycetes, zejména *Phytophthora* sp. (Fenn & Coffey 1984).

Ve výzkumu, který uskutečnili Thao & Ymakawa (2008), bylo zkoumáno působení fosfitu jako hnojiva pro rostliny. V závěru bylo uvedeno, že ačkoli fosfit může být vstřebán většinou rostlin přes list nebo kořen, nemůže být použit přímo jako zdroj živin, tudíž nikdy nenahradí hnojivo ve formě PO_4^{3-} . V půdě je fosfor obsažen ve čtyřech formách fosfátů. Jsou to fosfolipidy, fyтин, nukleové kyseliny a fosforylované cukry. Nejlépe dostupná forma, převážně kvůli rychlosti hydrolyzovatelnosti, jsou fosforylované cukry. Naopak nejhůře dostupný je fyтин, který je považován za potenciální zdroj fosforu pro rostliny, téměř se nerozvádí v rostlinách a jen velmi zřídka se účastní chemických reakcí. Tvoří hlavní část organického fosforu. Při nevhodné aplikaci P, dojde k vyplavení do řek, následně moří a zde končí na dně jako sediment. Jako takový je pro nás již nedostupný. Přeměny a uvolnění P z hornin v důsledku eroze je dlouhodobý proces. Těžba fosforečnanů je možná pouze v některých částech světa. Kvůli vysoké náročnosti a nedostupnosti, se těžení fosforečnanů stává velmi vzácnou komoditou (Pavlovcová 1998).

Jak již bylo uvedeno, zmíněný téměř nedostupný fyтин je vápenato-hořečnatá sůl kyseliny fytové, která se tvoří a hromadí v semenech. Jeho obsah v semeni je okolo 1 % (u hrachu, řepky až 4 %). Představuje nízkoenergetickou zásobní sloučeninu P. V semenu tvoří obsah P 60 až 80 % celkového obsahu P spolu s Mg. Vrací se do půd v podobě posklizňových zbytků a organických hnojiv (Vaněk et al. 2016).

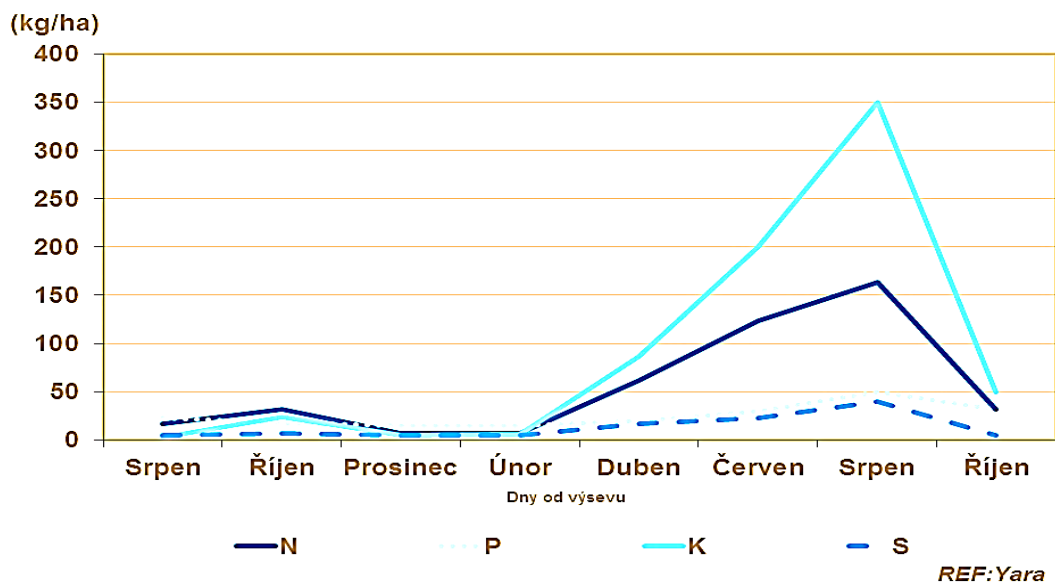
U fosforu v půdě dochází k přeměně z anorganické formy na organickou. K tomuto procesu je nezbytný pohyb P. Nejmenší množství P je v půdním roztoku a největší podíl je fixován na stabilních fosfátech, které jsou za normálních podmínek prakticky nerozpustné. Za určitý časový úsek přejde stále větší množství P z adsorbované formy do krystalicky stabilních fosfátů. Následně dochází k uvolnění z pevných vazeb do forem, jež jsou přístupné rostlinám. To nastane pouze za určitých půdních podmínek (Rikanová 1992).

Graf 3: Podíl odběru jednotlivých živin v kg/t u pšenice ozimé (dle ÚKZÚZ 2014)



Graf 4: Příjem živin u pšenice ozimé během vegetace (uvádí Yara Hanninghof 2010)

Graf příjmu živin (kg/ha) u pšenice ozimé



3.2.3 Dostupnost fosforu v půdě

Obsah fosforu v půdě patří mezi základní agrochemické parametry, které jsou sledovány pomocí agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP). Stanovením tzv. přístupné formy fosforu se získávají informace, dle kterých lze mimo jiné určit některé parametry půdní úrodnosti (Kunzová 2009).

Několik složitých a vzájemně souvisejících procesů určuje, kolik fosforu je v půdě přítomno a zda je ve formě, kterou mohou rostliny absorbovat. Většina půd nemá dostatečnou přirozenou úroveň, aby poskytovala dostatek této živiny pro rostlinnou výrobu. Je tomu tak proto, že přirozené procesy dodávek fosforu v půdě zvětráváním půdních minerálů a rozkladem organických látek a rostlinných zbytků obsahujících fosfor, se vyskytují příliš pomalu, aby uspokojily potřeby plodin (Johnston et al. 2014).

V půdě P existuje v anorganických a organických formách. Anorganickým formám P dominují hydrosekviksidové, amorfní a krystalické sloučeniny Al a Fe v kyselých půdách a sloučeniny Ca v alkalických vápenatých půdách. Organické formy P zahrnují relativně labilní fosfolipidy a kyseliny fulvové. Odolnější formy se skládají z inositolů a huminových kyselin (Sharpley & Rekolainen 1997).

Fosfor vnesený do půdy ve formě hnojiv značnou měrou (v některých případech až z 90 %) podléhá fixaci, resp. přeměně na obtížně rozpustné a rostlinám málo dostupné (až prakticky nedostupné) formy fosfátů. Tato neproduktivní zásoba fosforu se může dále zvyšovat v důsledku fixace či retrogradace – „zvrhávání“ fosforu, zejména není-li při hnojení dostatečně přihlídnuto k půdním podmínkám. Pro zvýšení podílu dostupného fosforu, je velmi významné především hnojení organickými materiály, zejména vzhledem k jejich účinku na způsob vazby fosforečné kyseliny v půdě. Už před lety bylo ověřeno, že organické hnojení výrazně omezuje tvorbu málo dostupných Fe-fosfátů ve prospěch forem pro rostliny dostupnějších. Je to zřejmě důsledek úspěšné konkurence organických iontů vůči iontům fosforečným, které se takto uvolňují do roztoku (Kulovaná 2001).

Průměrný obsah přístupného fosforu na orné půdě se pohybuje v rozmezí od 72 do 130 mg/kg. Podíl orných půd s nízkým obsahem fosforu tvoří téměř 26,51 %, které je potřeba hnojit. Vysoký a velmi vysoký obsah je zastoupen na 24,64 % výměry (Smatanová 2018). Lze procentuálně vyjádřit celkové množství fosforu v půdě, což představuje hodnoty od 0,01 do 0,15 % (Vaněk et al. 2016).

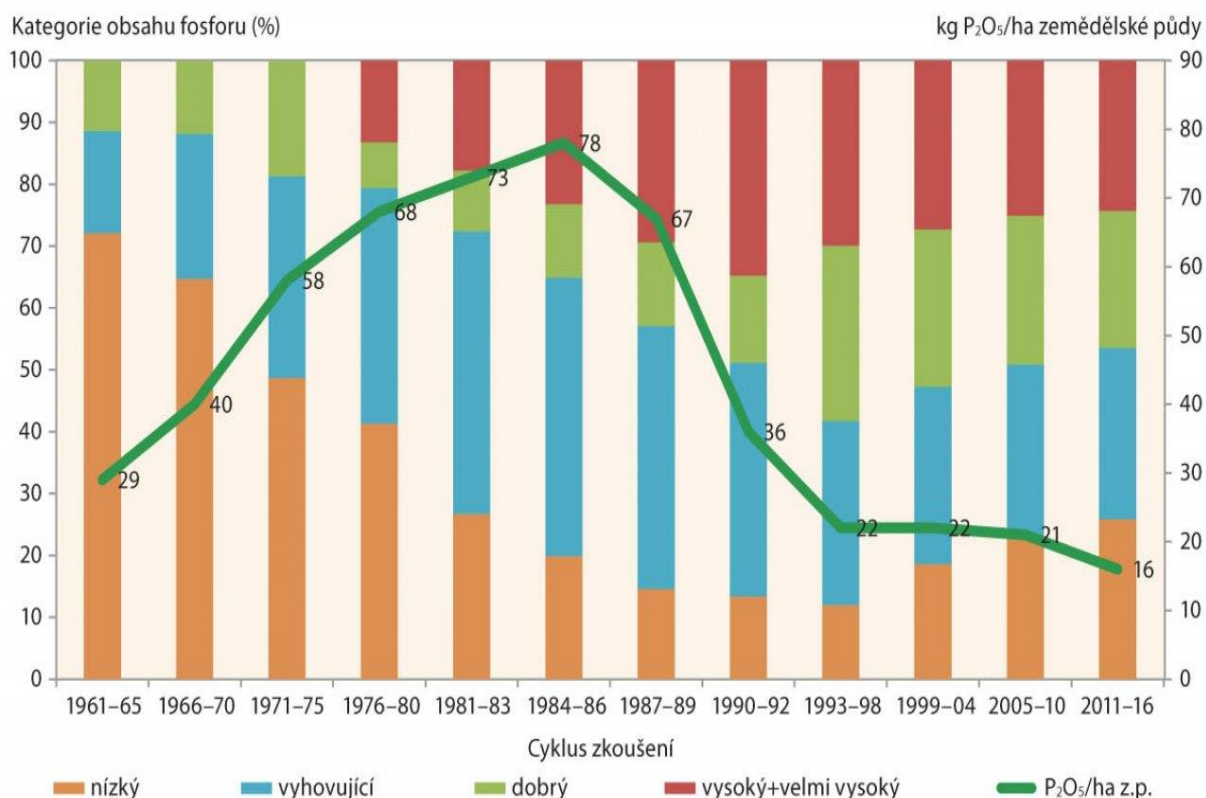
Jsou prezentovány změny v chápání chování fosforu v půdě a hnojivech P za posledních 150 let. Nedávné koncepty byly spojeny s agronomickými údaji za účelem vytvoření modelu, který bere v úvahu čtyři skupiny anorganické půdy P související s jejich dostupností rostlin a extrahovatelností chemickými látkami (extraktory). Čím silnější je vazba fosfátových iontů na půdní složky, tím nižší je dostupnost rostlin. Účinnost využití P v zemědělství souvisí s dosahováním a udržováním půd na kritické úrovni snadno dostupného P v rostlině a jsou diskutovány faktory ovlivňující kritickou úroveň. Účinnost lze hodnotit metodami přímé, rozdílové a rovnovážné. Rovnovážný je vypočtený jako poměr výstupu P/vstup, ukazuje, že účinnost využití P může překročit 80–90 % (Johnston et al. 2014).

Tabulka 1: Kritéria hodnocení obsahu přístupného fosforu – dle Mehlich 3, orná půda

Obsah	Přístupný P mg/kg	Hodnocení
Nízký (N)	Do 50	Potřeba výrazného dosycení +50 %
Vyhovující (VH)	51-80	Mírné dosycení + 25 %
Dobrý (D)	81-115	Nahrazovací hnojení
Vysoký (V)	116-185	Vypustíme do dosažení obsahu D
Velmi vysoký (VV)	Nad 185	Hnojení není přípustné

(Kunzová 2009).

Graf 5: Změny obsahu přístupného P na z. p. a spotřeba fosforečných hnojiv (Smatanová 2018)

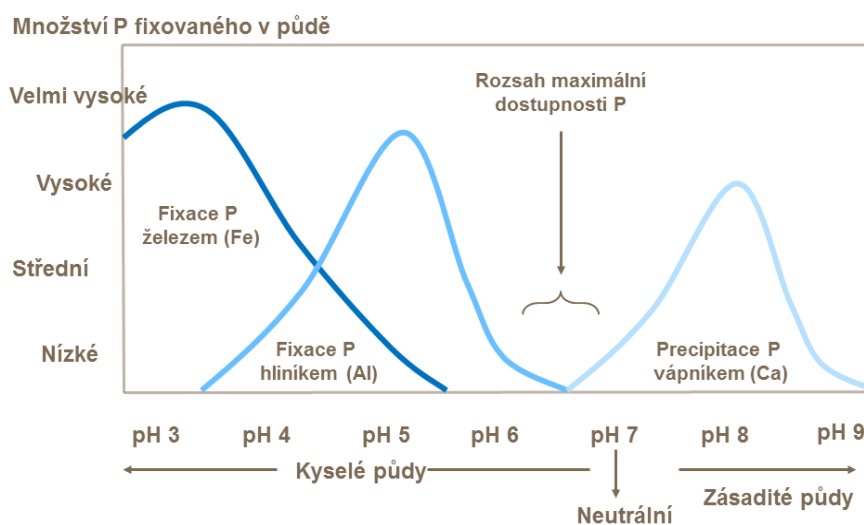


Poměr P v P₂O₅ se používá pro výpočet ekvivalentního množství P v hnojivu: $2 P / P_2O_5 = (2 \times 31 \text{ g / mol}) / 142 \text{ g / mol} = 0,437$. To znamená, že podíl P v 12-24-12 hnojiva je: 24 % P₂O₅ × 0,437 = 10,5 % P (Green 2015).

Sánchez et al. (2009) uvádí ve svém článku, že mikroorganismy jsou nedílnou součástí cyklu půdního fosforu a jako takové hrají důležitou roli při zprostředkování dostupnosti P rostlinám. Nedostatek P je v důsledku zapříčiněn zvětralými a tropickými půdami po celém světě a rostoucími náklady na hnojivo. Účinek v užívání P rostlinami z půd a zdrojů hnojiv je často nízká, přestože mnoho půd obsahuje relativně velké množství z celkového množství P. Kvalitní zdroje fosforečnanu bývají ve světě omezeny, proto se zvyšuje snaha vyvíjet rostliny a celkově zemědělské systémy mnohem spolehlivější než doposud. Snaha je o lepší využívání mikroorganismů ke zlepšení příjmu P a rozvíjet udržitelné hospodaření. Týká se to především podniků s vysokými vstupy výrobních systémů, ale také rozvojových zemích, kde je omezen přístup k minerálním hnojivům.

Graf 6: Vliv pH půdy na dostupnost P v půdě (uvádí Yara Hanninghof 2010)

Vliv pH půdy na dostupnost fosforu (P) v půdě.



3.2.4 Příjem fosforu rostlinou

Fosfor je získáván z půdního roztoku kořeny rostlin hlavně jako ortofosfátové ionty, H_2PO_4^- , a v menší míře HPO_4^{2-} . Několik faktorů může ovlivnit jak rychlost, tak množství P absorbované kořeny, a tím i odhady účinnosti využití, nejen to, že se aplikuje jediné hnojivo P, ale také to, že jeho zásoby se nahromadily v půdě z minulých dávek ve formě jako hnojivo a hnůj. Nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími jeho dostupnost pro kořeny rostlin jsou koncentrace P v půdním roztoku a pufovací kapacita půdy (Johnston et al. 2014).

Živiny jsou odebírány z půdního roztoku v rhizosféře, když se pohybují do kořene dvěma kontrastními procesy, a to hmotnostním tokem a difúzí (Barber et al. 1988). Množství P dopravovaného hromadným tokem je obvykle pouze 2–3 % z celkového množství, které vyžaduje mnoho plodin, aby se dosáhlo přijatelných výnosů. V důsledku toho je difúze, pohyb iontů z vyšší na nižší koncentraci, hlavním procesem, kterým se pohybuje na kořenový povrch, kde se vytváří tkz. „dřez“, když je absorbován kořeny rostlin (Tinker & Nye 2000).

Různé aspekty kořenů jsou také velmi důležité. Patří sem velikost kořenového systému a rozsah, v jakém kořeny dorůstají do půdy, která je ovlivněna strukturou půdy, a také účinnost, s jakou kořeny přijímají P z půdního roztoku. Koncentrace P v půdním roztoku může být v rozmezí od 10^{-4} M, velmi vysoké a 10^{-6} M, velmi nízké, proto jde o půdy velmi chudé nebo tropické (Johnston et al. 2014).

Příjem kořeny probíhá proti strmému gradientu koncentrace P, protože jeho obsah je v kořenových buňkách a xylému 100 -1000x větší než v půdním roztoku (Mengel & Kirkby 1987).

Obecně platí, že vytvoření bohaté kořenové soustavy je důležitým předpokladem pro příjem. Proto je také kritické období příjmu počátek vegetace, kdy se vyčerpávají zásoby ze semen, rostlina postupně přechází na autotrofní výživu a nemá dostatečný kořenový systém. Další faktory spolu s kořenovou soustavou, jsou vlhkost půdy s příznivým pH (nejlépe v rozmezí 5,5–7,0), dostatek organických látek, dobrá biologická činnost a v neposlední řadě obsah přijatelného P v půdě (40-80 ppm P) (Vaněk et al. 2016).

Mnoho rostlin si vyvinulo symbiotické spojení s vezikulárními arbuskulárními mykorhizními houbami, které vyrůstají z kořene do okolní půdy, což rozšiřuje schopnost kořene absorbovat vodu a živiny, zejména P a mikroživiny (Tinker 1984). Arbuskulárními mykorhizní houby napomáhají rostlinám odolávat vůči stresům, vyvolaným nedostatkem vody (Ferrol et al. 2004).

Množství odebraného a využitého P, bude záviset na výnosu, který bude ovlivněn jinými faktory, nejen dostupností P v půdě. Faktory, jež budou ovlivňovat výnos, jsou především klima během vegetačního období, dostupnost dalších rostlinných živin, struktura půdy a potlačování plevelů a škůdců. To vše slouží k následnému posouzení a je zcela závislé na délce experimentu zkoumání (Johnston et al. 2014).

3.2.5 Příznaky nedostatku fosforu

Nízká dostupnost P je hlavním omezením produktivity rostlin v mnoha přírodních a zemědělských ekosystémech. Rostliny vykazují širokou škálu adaptivních odpovědí na jeho nízkou dostupnost, které obecně slouží ke zvýšení mobility P v půdě a ke zvýšení její absorpce (Lynch & Brown 2001).

Nedostatek P se u rostlin projevuje méně často. Většinou se jedná o latentní nedostatek, což znamená, že je rostlina bez zjevných příznaků nedostatku této živiny, ale jeho obsah je nízký a nemohou probíhat všechny biochemické funkce na potřebné úrovni. Jak bylo již zmíněno, kritickým obdobím pro příjem P rostlinami je počátek vegetace, a zvláště za chladného nebo suchého počasí se příjem výrazně komplikuje. Při déletrvajícím výrazném nedostatku začnou rostliny vykazovat vnější příznaky. Charakteristickými znaky, pro tento nedostatek je nízký porost, úzké listy, malé a vzpřímené, stonky jsou slabší a u obilnin je omezeno odnožování. Následně dojde k oslabení tvorby kořene, na listu pozorujeme špinavě

zelenou barvu, která postupně přechází až do fialového zbarvení. To je způsobeno vyšší tvorbou antokyanů. Mnohdy se může toto zbarvení zaměnit s chladovým poškozením rostlin (Vaněk et al. 2016).

Lynch & Brown (2001) se ve výzkumech zabývají, jak odpovídat rostlinám na projevy stresu z nedostatku P. Uvádějí, že stres může být způsobem rostlinným hormonem ethylenem. Genetické průzkumy a mapování těchto znaků ukazuje, že jsou kvantitativně zděděny. Je možné využít rostliny ve šlechtitelských programech a dosáhnout nových genotypů, které se lépe adaptují nepříznivým podmínkám. Nové odrůdy s pozměněnými genotypy byly vypěstovány v Africe a Latinské Americe, kde dosahovaly vyšších výnosů i na půdách s nedostatkem P.

V přírodních ekosystémech je dostupnost P v půdě řízena sorpcí, desorpcí, a srážení P uvolněné během zvětrávání a rozpouštění hornin a minerálů s nízkou rozpustností. Dostupnost P v půdě je obecně nedostatečná pro potřeby plodin v produkčním zemědělství, a proto se P přidává jako hnojivo nebo zvířecí hnůj, aby se vybuodovala nebo udržovala jeho zásoba na předem stanovených optimálních úrovních (Sharpley & Rekolainen 1997).

Využití organického P rostlinami a mikroorganismy vyžaduje mineralizaci (hydrolýzu) substrátů enzymu fosfatázy, které mohou být rostlinného nebo živočišného původu. Ke zvýšení aktivity fosfatáz dochází v reakci na nedostatek P. To následně způsobí v rostlině uvolnění extracelulárních fosfatáz z kořenů, které jsou podstatné pro zachycení a přeměnu organického P (Richardson et al. 2005).

V opačném pohledu na nedostatky fosforu, jsou jeho ztráty ze zemědělské půdy do vodních toků. Ty souvisejí hlavně s nadměrným hromaděním dostupného P v půdě, což mají na svědomí dlouhodobé vstupy hnojiv do půd (Frossard & Oberson 2015). Zároveň je důležité zmínit, že nadměrné hnojení P kyselých půd, by mělo mít za následek zvýšené vychytávání Mn a Mo, zatímco v alkalických půdách nadměrné hnojení P snížilo dostupnost Mo. Rozpustnosti Cu a Zn byly zvýšeny nadměrným hnojením P. Mechanismy týkající se různých interakcí fosforu, jsou diskutovány především s důrazem kladeným na antagonismus mezi P: Cu (Bingham & Garber 1960).

Okyselení půdy je urychleno kyselým deštěm a použitím anorganických dusíkatých hnojiv na bázi amoniaku. Příznivé účinky aplikace vápna a hnojení fosforem obvykle nejsou trvalé, je vyžadována roční aplikace. Aplikace je omezena pouze na povrch půdy a pokud není dodáno vápno, jsou zde omezené účinky, které působí zejména na plodiny s hlubokými kořenovými systémy. I přes tyto omezení, roste na kyselých půdách hojná vegetace, protože mnoho rostlin se vyvinulo s tolerancí na toxicitu hliníku a nedostatek P (Zimdahl 2019).

3.2.6 Nároky pšenice ozimé na fosfor

U ozimé pšenice je významný vliv fosforu zejména na podporu odnožování. Jeho absence snižuje tvorbu odnoží a redukuje listovou plochu. Významný je ale také vliv fosforu v dalších fázích vývoje, neboť ovlivňuje zakládání generativních orgánů (klasů a klásků). Při nedostatku P se opoždí přechod jednotlivých vývojových fází a oddaluje kvetení. Výrazně pak dochází ke snížení počtu fertálních klasů, naopak se zvyšuje počet hluchých klásků a klasů. Fosfor je nezbytný i na konci vegetace ozimé pšenice, neboť velký podíl P je ukládán v znu. Část P rostliny remobilizují (přemísťují) z vegetativních částí do generativních, ale určitý podíl P ještě rostliny přijímají prostřednictvím kořenů. S ohledem na chování P v půdě je zřejmé, že není vhodné aplikovat P pouze na povrch (například přihnojením během vegetace), jelikož využití P ozimou pšenicí bude velice nízké. Proto nejvhodnější aplikace P hnojiva je již před setím ozimé pšenice spolu se zapravením do půdy, a to ideálně rovnoměrně v celém orničním profilu (Černý et al. 2014).

Za předpokladu dobré půdní zásoby není potřeba vysoká dávka, je však nezbytné respektovat půdní vlastnosti, zvláště pH. Obvyklou praxí bývá například podzimní aplikace Amofosu před setím pšenice. Zde je nutné opět podotknout, že Amofos (obdobně jako Superfosfát) je v hnojivu ve vodorozpustné formě. Při nevhodném pH půdy pak dochází k vysrážení dodaných vodorozpustných forem a účinnost hnojení se výrazně snižuje. Do kyselých půd jsou vhodnější hnojiva typu mletých fosfátů, hyperfosfátů apod. Vždy je potřeba dbát na úpravu pH a následně pak hnojit P. Potřebu P u pšenice nelze řešit mimokořenovou výživou (přes list) a to z důvodu pomalého vstupu fosforečných aniontů do vnitřního prostředí rostliny i vzhledem k nároku na potřeby pšenice P (20–30 kg P/ha). Na stanovištích s deficitem P sice listová aplikace může přinést zvýšení výnosu, ale právě na těchto stanovištích by mělo být snahou doplnění živin do půdy, nikoliv její další ochuzování (Vaněk et al. 2016).

3.3 Fosforečná hnojiva

3.3.1 Charakteristika fosforečných hnojiv

Fosforečná hnojiva se vyrábějí z fosforečnanu vápenatého $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, ale samotný skalní fosfát se zřídka používá přímo jako hnojivo kvůli nízké dostupnosti fosforu a dopravním nákladům. Místo toho se zpracovává jemně mletý skalní fosfát s kyselinou sírovou za vzniku monohydrátu fosforečnanu vápenatého, znám jako superfosfát. Asi 85–90 % fosfátu v superfosfátu je rozpustné ve vodě. V dalším procesu jemně mletý skalní fosfát reaguje s kyselinou sírovou za vzniku kyseliny fosforečné (54 % P_2O_5), také nazývané zelená kyselina, a sádra, která je odstraněna jako vedlejší produkt. Kyselina fosforečná se obvykle nepoužívá přímo jako hnojivo, protože je žíravá, ale používá se k výrobě jiných hnojiv (Green 2015).

Přírodní minerály – apatity a fosfority se v převážné míře používají i v dnešní době. Apatity jsou magmatického původu, krystalického složení. Nejrozšířenější je kolský apatit (fluoroapatit) s obsahem 17,5 % P. Další naleziště apatitu jsou ve Švédsku, Kanadě, Norsku, Číně, Brazílii. Apatity kryjí asi 10 % potřeby surovin k výrobě fosforečných hnojiv.

Fosfority mají amorfni (pevnou) strukturu a jedná se o sedimenty různě zbarvené s různým obsahem fosforu. V nalezištích jsou uloženy ve vrstvách s pískovcem a jinými sedimenty. Po chemické stránce převládá fluoroapatit, dále jsou přítomny i chloroapatity, hydroxylapatity a karbonátapatity (Richter & Hlušek 1996).

Dalšími zdroji P mohou být kosti zvířat, kde je obsaženo velké množství fosforečnanu vápenatého ve formě karbonapatitu (50-60 % kostní hmoty). Určité množství fosforečných minerálů obsahují některé rudy (železité), tím je i řada některých odpadních látek strusky a popele. Fosfor je ve fosfátech silně poután, proto je nutné pro jeho rozpustnost provést různé úpravy jako: rozklad silnými minerálními kyselinami (sírová, dusičná a fosforečná) – k výrobě hnojiv rozpustných ve vodě, jemným mletím – k výrobě mletých fosfátů, tavení s alkalickými přísadami – výroba termofosfátů a vazbou na zoxidované strusky při výrobě železa (Vaněk et al. 2016).

Fosforečná hnojiva se dělí:

1. Hnojiva rozpustná ve vodě (superfosfáty)
2. Hnojiva rozpustná v citrátu amonném (termofosfáty)
3. Hnojiva rozpustné ve 2 % kyselině citronové (Thomasova moučka)
4. Hnojiva rozpustná v silných minerálních kyselinách – mleté fosfáty, kostní moučky

Dle zastoupení biogeniích prvků dělíme hnojiva na:

1. Jednosložková – obsahují pouze jeden ze základních biogeniích prvků (dusík-N, fosfor-P nebo draslík-K)
2. Vícesložková – Dvojitá – obsahují dva z biogeniích prvků, Plná – obsahují všechny tři základní prvky

Hnojiva minerální k dodání potřebného množství fosforu jsou:

- Superfosfát jednoduchý granulovaný (SP) 7,5-8,5 % P
- Superfosfát trojitý granulovaný (TSP) 20-21 % P
- Hyperkorn + magnezium (HFP) 11,5 % P
- Hyperphoshat mahlfein (HP) 12,8 % P (Richter & Hlušek 1996).

Dávky efektivně dělíme a aplikujeme:

- Každoročně – uplatňuje se hlavně na kyselých půdách, které nejsou vhodné pro zásobní hnojení.
- Zásobní hnojení – dávka je součtem dávek na 2-3 roky.
- Meliorační hnojení – jednorázové zapravení vysokých dávek P hnojiv s cílem zvýšit základní zásobu přijatelného P v půdě. Uplatňuje se převážně na rekultivovaných plochách a při zakládání trvalých kultur (Kunzová 2009).

3.3.2 Kyselina fosforečná

Kyselina fosforečná (kyselina trihydrogenfosforečná) H_3PO_4 , je trojsytná kyselina, tzn. že v její struktuře jsou tři hydroxylové skupiny schopné odštěpit proton. Jeden atom kyslíku je vázaný přímo. Jedná se o středně silnou kyselinu. Za normálních podmínek ji tvoří bezbarvé tvrdé kosočtverečné hygroskopické krystalky.

Tvoří tři řady solí: fosforečnany, hydrogenfosforečnany a dihydrogenfosforečnany. Na vzduchu je to rozplývavá látka. Na rozdíl od kyseliny dusičné nemá oxidační vlastnosti. Většinu kovů nerozpustí, protože se ve zředěné kyselině fosforečné vytváří na jejich povrchu vrstva nerozpustných fosforečnanů. Zahříváním uvolňuje kyselina trihydrogenfosforečná molekuly vody (Vohlídal et al. 1999).

3.3.3 Hnojiva rozpustná ve vodě (superfosfáty)

Superfosfát jednoduchý granulovaný se vyrábí rozkladem fosfátů minerálními kyselinami, nejčastěji sírové. Účinnou složkou je dihydrogenfosforečnan vápenatý $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ a síran vápenatý CaSO_4 . Jeho charakteristickým znakem je nakyslý zápach. Obsahuje 7,5 – 8,5 % P, 20 % Ca a 10 % S. Hnojivo obsahuje vysoký obsah sádry. Z tohoto hlediska jde o hnojivo s přísunem síry (S), proto na půdách trpících deficitem S je vhodnější volbou než trojitý superfosfát. Vhodná je aplikace jako základní hnojení, tedy nejpozději při předset'ové přípravě půdy. Na chudých půdách bez výrazného obsahu P, je vhodné volit lokální zapravení hnojiva tkz. pod patu. Zásadně se nedoporučuje použít SP na pozemkách s výrazně kyselou reakcí (5,5 pH), neboť vodorozpustný P rychle přechází do méně přístupné formy pro rostliny (Vaněk et al. 2016).

Superfosfát trojitý (TSP) obsahuje 21 % P (48 % P_2O_5) bez sádry. Téměř veškerý fosfor je vodorozpustný $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Bývá práškový i granulovaný, jako práškový se používá i pro výrobu granulovaných vícesložkových hnojiv. Použití je obdobné jako u jednoduchého superfosfátu (Richter & Hlušek 1996).

3.3.4 Hnojiva rozpustné ve 2 % kyselině

Dopofos vzniká jako vedlejší produkt při odvodňování kalů ve výrobě fosforečných solí. Je to práškové hnojivo. Obsahuje 34,5 % P_2O_5 veškeré množství fosforu je rozpustné ve 2 % kyselině citrónové. Podstatou hnojiva je fosforečnan sodný s obsahem sodíku 21 % (Na). Dopofos je výhodné používat k zásobnímu hnojení písčitých a hlinitopísčitých půd především s nižší zásobou fosforu a s dostatkem draslíku.

Thomasova moučka je hnojivo, které není vyrobeno na základě přírodních fosfátů. Je to mletá odpadní struska, získaná při výrobě oceli z železa, jež bylo získáno z hornin obsahující P. Struska vzniká při teplotě 1500 °C. V této teplotě oxidují nečistoty v železe (Jäger & Hegner 1987).

Hnojivo obsahuje 6 % P (13,5 % P_2O_5) celkového, z toho má být 80 % P rozpustného ve 2 % kyselině citrónové. Kromě fosforu obsahuje 32-35 % Ca, 2,5 % Mg, 3-4 % Si, 5-6 % Mn. Účinnost fosforu se zvyšuje jemností mletí (Richter & Hlušek 1996).

3.3.5 Hnojiva rozpustná v silných minerálních kyselinách

Mleté fosfáty k přímému hnojení se hodí pouze tzv. měkké amorfní fosfority, které se mohou v půdě účinkem slabých kyselin a činností mikroorganismů rozkládat a uvolňovat do půdního roztoku ionty fosforu.

Z fosforitů se nejlépe osvědčuje Gafsafosfát s celkovým obsahem 12,3 – 12,7 % P (28–29 % P_2O_5). Velmi dobrou účinností se vyznačují mikromleté fosfáty, u nichž je požadováno, aby 90 % částic bylo menších než 0,063 mm. Při požadované jemnosti je fosforit Gafsa ve svém účinku na kyselých půdách rovnocenný superfosfátu.

Hyperfosfáty se získávají jemným mletím suroviny. Jedná se o:

Hyperkorn 26 % P_2O_5 + 2 % MgO

Hyperkorn 26 % P_2O_5 + 2,5 % MgO

Obě hnojiva obsahují fosfor rozpustný v silných minerálních kyselinách, z toho 55 % ve 2 % kyselině mravenčí. V hnojivech je velmi malý podíl lehce rozpustného fosforu, proto je jeho uvolňování velmi pozvolné. Hnojiva jsou vhodná do kyselých půd a využití fosforu se zvýší kombinací s organickým hnojením.

Fosmag celkem obsahuje 25 % P_2O_5 , z toho je 13,8 % P_2O_5 rozpustný ve 2 % kyselině mravenčí. Základem hnojiva a zdrojem fosforu je mikro mletý fosforit. Doporučuje se na půdy kyselé (s hodnotou pH pod 6,5). Používá se zejména na jaře nebo na podzim při přípravě půdy (Vaněk et al. 2016).

Kostní moučky, ze kterých složka kostí obsahuje až 80 % fosforečnanu vápenatého, takže jejich moučka, která se získává z vyklížených kostí, mohou sloužit jako fosforečné hnojivo s velmi pomalým účinkem. Obsahuje 13,2 – 15 % P. Slouží k zásobnímu hnojení a jako přídavek do kompostů. Použitím kostní moučky, dochází rovněž k oživení mikrobiální činnosti v půdě (Richter & Hlušek 1996).

3.3.6 Hnojiva s obsahem P v pokusu

Top-Phos obsažený v hnojivu Eurofertil Top

Hnojivo obsahuje celkový dusík 15 % (N), fosforečnan rozpustný ve vodě a neutrálním citronanu amonném jako P_2O_5 8 %, fosforečnan rozpustný ve vodě jako P_2O_5 5 % a celkový oxid sírový jako SO_3 31 %. Vodorozpustný oxid sírový, jako SO_3 30 %. Principem technologie, je nová formulace fosforu (Top-Phos), kdy se prvek váže přes kalciový můstek na organický komplex. Firma, která ho vyrábí, TIMAC AGRO, v podkladech ke hnojivu tvrdí, že takto ošetřený fosfor je přijatelný po celou dobu vegetace a je chráněn před vysrážením v různých typech půd. Fosfor z běžných minerálních hnojiv se může v půdě během několika dnů až z 90 % přeměnit na formy, které jsou rostlinám nepřístupné (Bouma 2016).

Amofos NP 12-52

Obsahuje celkový fosfor jako P_2O_5 52 % a celkový dusík NH_3 12 %. Hnojivo je původem od PHOSAGRO BALTIC Sp. Využíván jako složka do směsných hnojiv. Hnojivo se doporučuje používat při aplikaci fosforu k podzimnímu předset'ovému hnojení, nebo regeneračnímu hnojení ozimů. Možné použití rovněž k základnímu jarnímu hnojení s nutností dodatečného dusíkatého přihnojování plodin. Nedoporučuje se současná aplikace s hnojivy obsahujícími hořčík a vápník, dochází k zvrhávání fosforu. Obsahuje síru jako sekundární živinu v množství cca 5 % SO_3 (Richter & Hlušek 1996).

3.3.7 Efektivní využití fosforečných hnojiv

Závisí především na jednotlivých níže zmíněných faktorech:

- ✓ Dávce fosforečného hnojiva, jeho rozpustnosti (rozpustný ve vodě, citranu amonném apod.), na úpravě (práškové, granulované) a konečně na jeho chemických vlastnostech.
- ✓ Na půdách s optimálním pH je možné aplikovat všechna hnojiva s vodorozpustnými o-fosforečnany, popř. i s o-fosforečnany rozpustnými v citranu amonném a v kyselině citrónové.

- ✓ Na půdách kyselých (pH pod 5,0) je možno aplikovat mleté fosfáty, popř. hyperfosfáty, které jsou rovněž vhodnější při nutnosti aplikace vysokých jednorázových dávek fosforu (meliorační hnojení).
- ✓ Způsobu zapravení hnojiva – vhodné je společné zapravení se statkovými hnojivy nebo po vápnění, kdy dochází k lepšímu využití fosforu rostlinami.
- ✓ Nikdy společně neprovádět aplikaci statkových hnojiv a vápnění.
- ✓ Při hlubším zapravení hnojiva do vlhčího prostředí způsobuje pozvolnější retrogradaci o-fosforečnanů, vyšší a rychlejší příjem fosforu rostlinou. Proto hnojiva zapravujeme vždy kultivačním nářadím nebo orbou.
- ✓ Vlastnostech hnojené plodiny-různé druhy a odrůdy plodin vykazují rozdílnou příjmovou kapacitu pro fosfor, některé druhy rostlin mají schopnost přijímat o-fosforečnany i z méně přístupných sloučenin půdního fosforu (Kunzová 2009).

3.3.8 Doporučení pro rostlinnou výrobu

Vach & Javůrek (2008) se domnívají, že i přes rozsáhlé koncepční změny v rostlinné výrobě je třeba více uplatňovat a prosazovat agroekologické přístupy. Je známo, že požadavky ekologické optimalizace mohou být naplněny jen při důsledném uplatňování biologicky vyvážené struktury plodin v osevních postupech. To znamená důsledněji využívat půdní a klimatické podmínky stanoviště, produkční potenciál výkonných odrůd a co nejvhodnější skladbu pěstovaných plodin. Dosáhne se tím vyšší nezávadnosti produkce při současném snížení rizika poškození životního prostředí. Tato tzv. ekologická restrukturalizace rostlinné výroby by měla být také schopna reagovat na situaci na trhu zemědělských komodit případnými meziročními posuny v rozsahu a druzích pěstovaných plodin. Důsledným naplňováním tohoto úkolu dosáhnou zemědělské podniky rentabilní a nezávadnou produkci zemědělských plodin se sníženým rizikem poškozování životního prostředí.

Polišenská & Jirsa (2019) z výsledků mnohaletého sledování kvality obilovin, zjistili, velmi dobře patrný odraz charakteru počasí v jednotlivých letech i měnící se odrůdové složení. Je zřejmé, že většina nových odrůd má velmi dobrou kvalitu a zároveň také potenciál dosáhnout vysokého výnosu. Ne všem pěstitelům se to ovšem podaří. O odrůdách často nejsou k dispozici

informace o pěstitelských nárocích nebo nejsou dodržovány. Přesto je na výsledcích sklizně obilovin v posledních letech vidět, že zemědělci u nás dokážou vypěstovat pšenici ve velmi dobré kvalitě a zároveň dosáhnout vysokého výnosu. Komberec (1998) ve svém článku apeluje na zemědělce, aby brali v úvahu, že výkonné odrůdy zemědělských plodin vyžadují i výkonné prostředí. Řada zemědělců má vysoké náklady na osivo a sadbu, ale nízké náklady na minerální hnojiva a pesticidy.

Škarpa, Ryant & Antošovský (2016), doporučují, při předset'ové přípravě půdy optimalizovat půdní reakci s následnou úpravou zásoby fosforu, draslíku a hořčíku. Jejich dávka se odvíjí od plánovaného výnosu zrna s korekcí na jejich obsah v půdě a případné množství živin, dodávaných organickými hnojivy nebo posklizňovými zbytky. Také poukazují na nitrátovou formu dusíku (LAV, LAD) k regeneračnímu přihnojení jako rychlý zdroj této živiny. Stejně doporučení by mohlo následovat při pozdějším a rychlém nástupu jara. Pokud budou porosty v některých oblastech již středně odnožené a jaro se otevře brzy, lze doporučit aplikace hnojiv s amonnou či amidickou formou dusíku (DASA, močovina). Při použití močoviny je důležité, zda denní teploty již nepřekračují 10 °C, protože při takových teplotách močovina hydrolyzuje a vzniklý amoniak může tēkat a dochází tak k ztrátám na aplikovaném dusíku. Ideální situace je, když po aplikaci močoviny můžeme očekávat srážky, díky kterým se močovina rozpustí a dostává se tak lépe ke kořenům.

Dr. Michael Basten z výzkumné stanice společnosti Yara v německém Hanninghofu, se zabýval formami fosforu obsaženého v půdě. Zdůrazňoval, že je výhodné mít ve fosforečných hnojivech nejen snadno přijatelný vodorozpustný fosfor, ale také rozpustný v neutrálním citranu amonném. Díky této formě je uvolnění do půdního roztoku během vegetace delší, nemá tendenci se fixovat a je méně náchylný k tvorbě sloučenin s hliníkem a železem. Dostupnost této formy je podporována uvolňováním kořenových exudátů. V souvislosti s tímto zjištěním, Dr. Basten upozornil na novou aplikaci Yara Protein Pass, která slouží pro mobilní zařízení a je určena pro nastavení systému výživy potravinářské pšenice tak, aby dosáhla správného obsahu bílkovin. Zadá se do ní odrůda, půdní druh, cílový výnos, kvalita a data z N-testeru. Na základě těchto dat, má pěstitel od společnosti Yara agronomické doporučení (Bouma 2018).

4 Materiál a metody

4.1 Pokusná lokalita

4.1.1 Popis lokality

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze v Červeném Újezdě, o. Praha západ. Stanice se nalézá na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky. Půdotvorným substrátem (80-120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší šterkovitosti, a tím rychlého vsakování, se projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu.

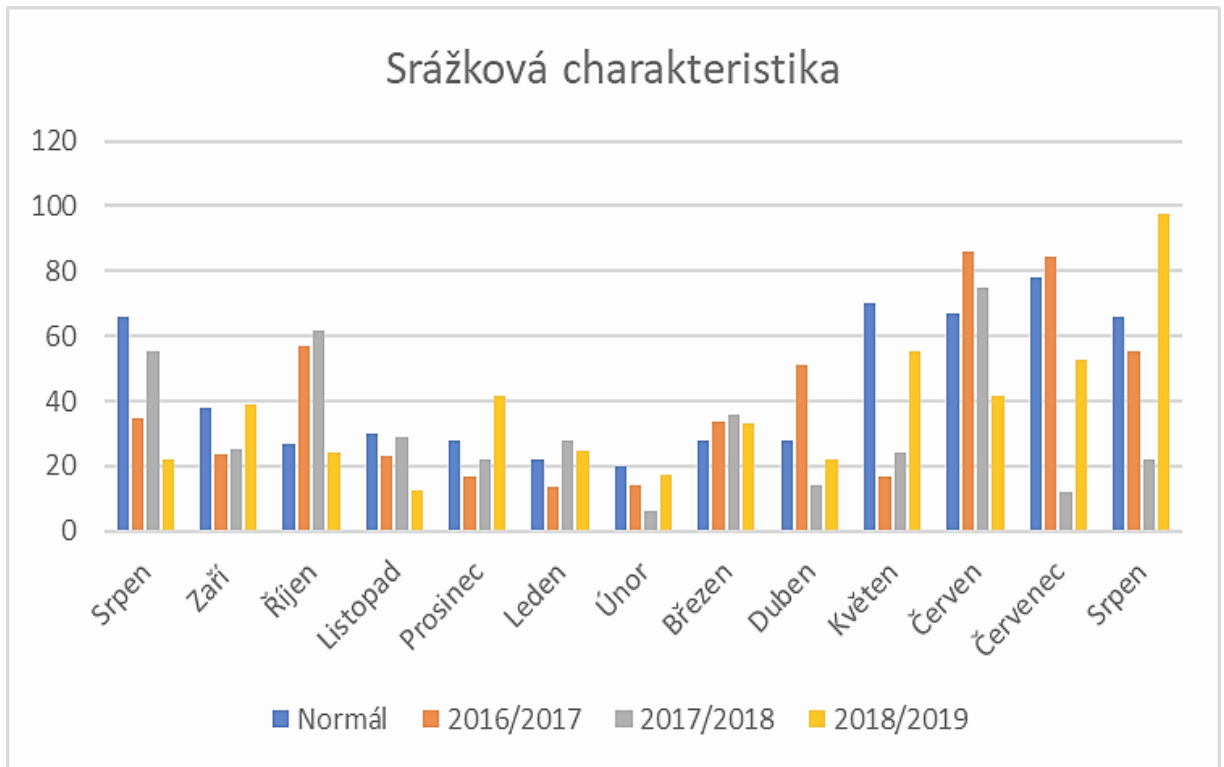
Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50–70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední. Pokus byl 3letý a uskutečnil se v letech 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019.

4.1.2 Klimatické podmínky během vegetačního období

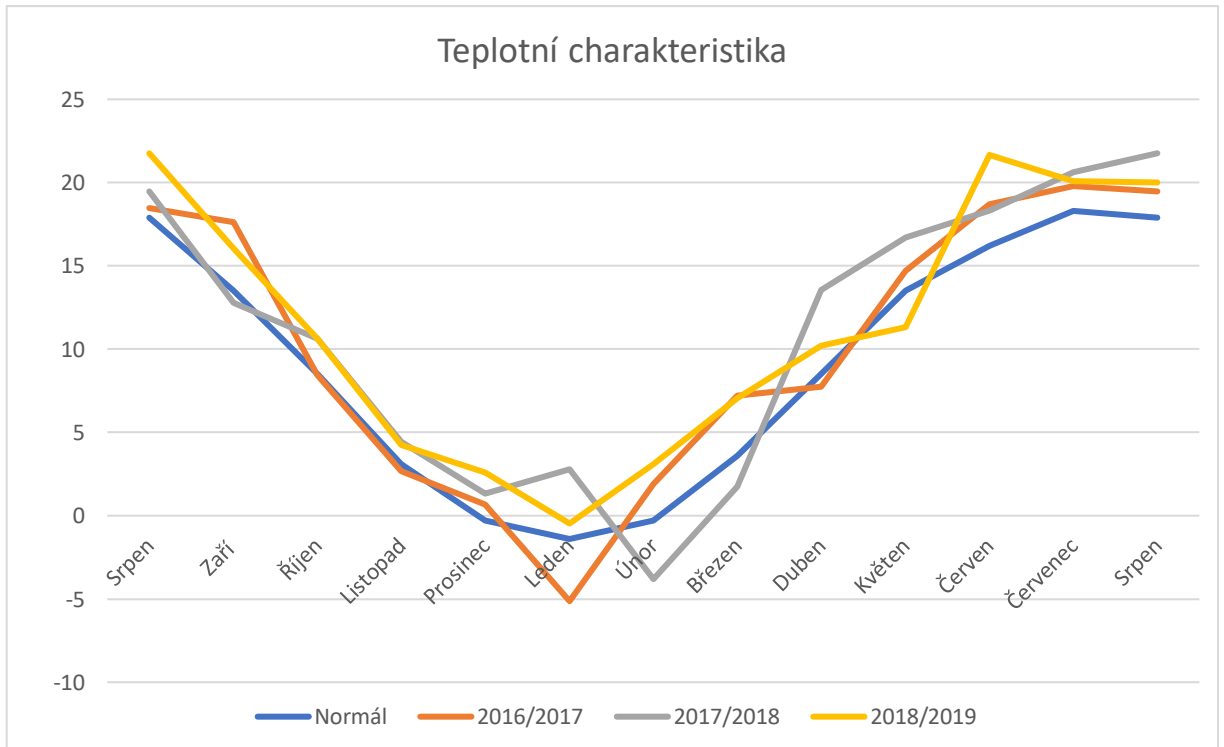
Klimaticky pokusné stanoviště spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,9 °C. Úhrn srážek se pohybuje mezi 450–550 mm a v porovnání s ostatním územím ČR je průměrný (kolem 600 mm). Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je 12,9 °C (resp. 13,8 °C), průměrný vegetační úhrn srážek činí 361 mm (resp. 333 mm). Průměrná teplota ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období 53,0 mm. Délka vegetačního období činí 150-160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna.

Ročník 2016/17 měl v zimě vyšší počet ledových dnů (29), delší dobu zamrzlou půdu, na jaře se vyskytovalo 11 dní, kdy maximální teplota vzduchu přesáhla 30 °C (= tropický den) a maximální teplota ve vrchní vrstvě ornice dosáhla 37,6 °C. Celkově byl vegetační rok 2017/18 teplejší (vyšší suma teplot vzduchu), s větším výskytem vysokých teplot nad 33 °C, s větší sumou globálního slunečního záření, ale suma srážek byla nižší než předchozí ročník 2016/17. Vegetační rok 2018/2019 v Červeném Újezdě byl s teplotami okolo 10 °C a úhrn srážek v průměru 46,0 mm.

Graf 7: Měsíční úhrny srážek v mm v roce 2017, 2018, 2019



Graf 8: Průměrná denní teplota ve °C v roce 2017, 2018, 2019



4.1.3 Agrotechnika u jednotlivých variant

V tabulce je přehled hnojených variant s přesnými termíny aplikace. U všech variant jsme zasahovali obdobně v dávkách regeneračního a produkčního hnojení. Ke každé variantě jsme aplikovali hnojivo s obsahem P. U varianty č. 1, byl použit Amofos (jako kontrola) a u zbylých dvou variant hnojivo EF 54, pro ověření jeho účinnosti na pšenici (výnos a kvalita).

Ochrana proběhla jednorázovou dávkou insekticidu a fungicidu. Ušetřili jsme náklady spojené s přejezdy na pole a pracovní sílu. Insekticid Karate Zeon (pyrethroidní insekticid) byl použit proti širokému spektru žravého a savého hmyzu, např. bejlomorče sedlové, plodomorče plevové a kohoutkovi černému. Boogie Xpro (fungicid) s účinkem proti stéblolamu, braničnatce pšeničné, padlí a rzi, které se vyskytují u pšenice ozimé. Jako regulátor růstu byl zvolen Moddus, určený ke zvýšení odolnosti proti poléhání.

Tabulka 2: Agrotechnické postupy během vegetace u 3letých pokusů za rok 2017,2018 a 2019

Varianty	1	2	3
	2016/207	2017/2018	2018/2019
Příprava půdy (hrubá)	15.9.	8.9.	10.9.
Příprava půdy (kompaktor)	17.9. + zapravení Amofos 100 kg/ha	15.9.	13.9.
Setí 3,5 MKS	25.9.	22.9.	20.9.
Ochrana (herbicid)	10.10. Bizon 1 l/ha	13.10. Bizon 1 l/ha	16.10. Bizon 1 l/ha
Hnojení dle metodiky		25.10. EF 54 100 kg/ha	
Hnojení dle metodiky			5.3. EF 54 150 kg/ha
Regenerační hnojení	15.3. LAV 60 kg/ha	16.3. LAV 60 kg/ha	18.3. LAV 60 kg/ha
Produkční hnojení 1.	19.4. DAM 390 50 kg/ha	17.4. DAM 390 50 kg/ha	15.4. DAM 390 50 kg/ha
Regulátor růstu	27.4. Moddus 0,25 l/ha	25.4. Moddus 0,25 l/ha	22.4. Moddus 0,25 l/ha
Produkční hnojení 2.	30.4. DAM 390 70 kg/ha	30.4. DAM 390 70 kg/ha	30.4. DAM 390 70 kg/ha
Ochrana (insekticid)	27.5. Karate Zeon 0,1 l/ha	24.5. Karate Zeon 0,1 l/ha	29.5. Karate Zeon 0,1 l/ha
Ochrana (fungicid)	Boogie Xpro 1,2 l/ha	Boogie Xpro 1,2 l/ha	Boogie Xpro 1,2 l/ha
Sklizeň	27.7. Wintersteiger	25.7. Wintersteiger	29.7. Wintersteiger

4.1.4 Přehled pokusných variant

V následující tabulce jsou uvedeny hnojiva a dávky pro jednotlivé varianty. Varianta č. 1 je zároveň kontrola pro ověření vlastností hnojiv s obsahem P. Dávky v regeneračním a produkčním hnojení byly vždy shodné s ostatními variantami v pokusu. Zvolili jsme dvě dávky produkčního hnojení, zejména z důvodu dodání potřebného N v období utváření klasu a klásků.

Tabulka 3: Přehled pokusných variant – druhy a dávky hnojiv

Varianta	Startovací před setím	Regenerační hnojení	Produkční hnojení 1 A	Produkční hnojení 1 B	Do 1.11	Po 15.2.
1	Amofos (100 kg/ha)	LAV (60 kg N/ha) *	DAM 390 (50 kg N/ha) *	DAM 390 (70 kg N/ha) *		
2		LAV (60 kg N/ha) *	DAM 390 (50 kg N/ha) *	DAM 390 (70 kg N/ha) *	Eurofertil Top 54 N-PROCESS (100 kg/ha)	
3		LAV (60 kg N/ha) *	DAM 390 (50 kg N/ha) *	DAM 390 (70 kg N/ha) *		Eurofertil Top 54 N-PROCESS (150 kg/ha)

*(čisté živiny N kg/ha)

Zde uvádím přehled cen u hnojiv, která jsme použili v pokusu. Jedná se o rozmezí částky u jednotlivých firem. Ceny dusíkatých hnojiv LAV, DAM 390 a Amofos s obsahem P jsou cenově dostupnější. V průměru se jejich ceny pohybují okolo 6633 Kč/t. U hnojiva EF 54 je cena výrazně vyšší zhruba až o 5000 Kč/t.

Tabulka 4: Ceník hnojiv použitých v pokusu Kč/t

Amofos ¹	LAV ¹	DAM 390 ¹	EF 54 ²
9500-9700	6680-7734	4320-6950	10000-15050

(Agro ZETA servis s.r.o. 2020)¹ (TIMAC AGRO-distributor 2020)²

4.2 Metodika

4.2.1 Popis pokusného materiálu

❖ Odrůda TOBAK

Rekordních výnosů zrna odrůda TOBAK dosahuje zejména díky kombinaci dobrého zdraví, plastičnosti a tolerance k půdně-klimatickým podmínkám. Výnos je postaven na spojení vyššího počtu klasů, vysokého počtu zrn v klase a střední HTZ. Vyšší odnožovací schopnost zaručuje výbornou autokompatibilitu v průběhu špatných seřových podmínek.

TOBAK je vysoce intenzivní odrůda, proto je třeba pro dosažení pekařských parametrů „A“ neopomenout vhodné hnojení sírou a všemi ostatními makro i mikroprvky a zejména vhodné zvolený termín a dávka kvalitativního hnojení dusíkem. Zástupcem odrůdy pšenice ozimé TOBAK je SAATEN-UNION (Oseva 2020).

❖ EUROFERTIL TOP 54 NPS N-PROCESS

Vlastnosti hnojiva: je určeno především do ozimých obilnin a řepky olejky pro základní hnojení v podzimním období a pro regenerační hnojení. Hnojivo EF je vyrobeno od firmy TIMAC AGRO CZECH s.r.o., která na českém trhu funguje již deset let, je to dceřiná společnost francouzské firmy Groupe Roullier. Obsahuje speciální živinové nosiče Mescal a Physio+. Tyto dvě složky rozhodují o rychlosti přechodu živin do půdního roztoku a zabezpečují progresivní růst kořenů.

Obsah živin: částečně rozložený fosfát

<i>Celkový dusík jako N</i>	15 %
✓ Amonný dusík jako NH_4^+	11 %
✓ Močovinový dusík jako NH_2^-	4 %
<i>Fosforečnan rozpustný ve vodě a neutrálním citronanu amonném jako P_2O_5</i>	8 %
✓ Fosforečnan rozpustný ve vodě jako P_2O_5	5 %
<i>Celkový oxid sírový jako SO_3</i>	31 %
✓ Vodorozpustný oxid sírový jako SO_3	30 %
<i>Oxid vápenatý CaO</i>	12%

Mescal 975 - upravený, jemný vápenec pro urychlené rozpouštění jednotlivých granulí, s pozitivním vlivem na přijatelnost živin ze samotného hnojiva

Physio+ na bázi fytohormonu – aminopurinu

Čistá hmotnost: 50 kg PE pytle, vaky 600 kg, volně ložené

Doba použitelnosti: 36 měsíců od data dodávky hnojiva při dodržení podmínek skladování

EUROFERTIL Top obsahuje unikátní formulaci fosforu **Top-Phos**-fosfor vázaný přes kalciový můstek na organický komplex, je obsažený ve vybraných hnojivech produktové řady EUROFERTIL a Duofertil s obchodním označením EUROFERTIL Top a Duofertil Top.

Top-Phos označuje fosfor chráněný před vysrážením ve všech typech půd (silně kyselých, lehkých písčitých, těžkých jílovitých), tento vodorozpustný fosfor je okamžitě dostupný pro rostliny a přijatelný pro danou plodinu po celou dobu vegetace (Timac AGRO 2020).

❖ **LAV-Ledek amonný s vápencem**

Vlastnosti hnojiva: je dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % dusíku. Tvoří jej směs dusičnanu amonného s jemně mletým vápencem ve formě bělavých až světle hnědých granulí o velikosti 2–5 mm. Granule jsou povrchově upraveny proti spékavosti a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti zaručují výbornou skladovatelnost.

Obsah živin: *Celkový dusík jako N* **27 %**

✓ Dusičnanový dusík jako N 13,5 %

✓ Amonný dusík jako N 13,5 %

Použití: Ledek amonný s vápencem je univerzální dusíkaté hnojivo, vhodné jak k základnímu hnojení před setím, tak pro přihnojení během vegetace. Uplatnění nachází především při regeneračním hnojení ozimých obilovin a řepky. Vhodný je též k přihnojování luk a pastvin.

Balení: dodává se volně ložený, ve velkoobjemových vacích – big-bag, nebo pytlovaný v polyetylenových pytlích o hmotnosti 50 kg.

Orientační dávky hnojiva: ozimá pšenice, ozimý ječmen 170-500 kg/ha (LOVOFERT 2020).

❖ AMOFOS

Vlastnosti hnojiva: Šedobílé granulované NP hnojivo dovážené především z Ruska, Běloruska a Ukrajiny. Základem je fosforečnan amonný, který se získává z apatitového koncentráту neutralizací kyseliny fosforečné amoniakem.

Obsah živin:

Celkový fosfor jako P_2O_5 **52 %**

Celkový dusík jako $N(NH_3)$ **12 %**

Použití: Amofos je vhodné použít k podzimnímu předseťovému hnojení fosforem. Dále lze hnojivo použít k regeneračnímu hnojení ozimů, především na půdách dobře zásobených draslíkem. Významné uplatnění našel Amofos při pěstování kukuřice k tzv. hnojení pod patu nebo při výrobě směsných hnojiv.

Balení: Amofos se dodává volně ložený, ve velkoobjemových vacích – big-bag, nebo pytlovaný v polyetylenových pytlích o hmotnosti 50 kg.

Orientační dávky hnojiva: Obilniny, řepka ozimá 100-200 kg/ha (AGRO CS 2020).

❖ DAM 390

Vlastnosti hnojiva: DAM 390 je roztok dusičnanu amonného a močoviny s průměrným obsahem 30 % hmotových dusíku, z toho 1/4 ve formě amonné, 1/4 ve formě dusičnanové a 1/2 ve formě močovinové. Kapalné dusíkaté hnojivo DAM 390 při optimálním složení 42,2 % dusičnanu amonného, 32,7 % močoviny a 25,1 % vody obsahuje ve 100 litrech roztoku 39 kg dusíku. Při eventuální krystalizaci nezvětšuje objem a neohrožuje tak skladovací nádrže. Při zvýšení teploty nad 0° C nabývá opět konzistenci čirého roztoku bez újmy na kvalitě produktu a obsahu dusíku.

Obsah živin:

celkový dusík jako N 30 %

močovinový dusík jako N 15 %

Použití: pro určení potřeby hnojení dusíkem se doporučuje využít platných normativů a dalších objektivních diagnostických postupů (např. rozborů půd a rostlin) při zohlednění hnojení statkovými hnojivy a vlivu předplodiny. DAM 390 je možno použít k základnímu hnojení,

k přihnojování během vegetace, k urychlenému rozkladu zaorané slámy a k přípravě široké palety NPK suspenzí.

Pro základní dusíkaté hnojení při předseťové přípravě půdy lze DAM 390 použít ke všem plodinám, zvláště k jařinám. Velmi vhodně zapadá do systému předzásobního hnojení fosforem a draslíkem. Dobře se uplatní i v systému minimálního zpracování půdy k meziplodinám. DAM 390 je možno aplikovat na porosty nekvetoucí bez omezení. Na kvetoucí porosty lze aplikovat jen v době mimo letu včel.

Orientační dávky hnojiva: obilniny 150-350 l/ha

Balení: DAM 390 se dopravuje v železničních cisternách, autocisternách nebo v jiných obalech dohodnutých s odběratelem (AGROPODNIK HK 2020).

4.2.2 Popis pokusu a metodika

Velikost parcel 15 m² brutto, 11,250 m² netto. Každá varianta je ve čtyřech opakováních, založená metodou náhodných čtverců. Pokus měl dohromady 3 varianty a 4 opakování. Posklizňové rozborů pšenice ozimé byly zjišťovány v laboratoři na fakultě FAPPZ (ČZU Praha). Následně se zjistil teoretický a skutečný výnos, objemová hmotnost (HLV g), množství N-látek v zrně, obsah škrobu (%) a hmotnost tisíce zrn (HTZ g).

1. Výnos zrna

Skutečný výnos se zjišťoval u každé varianty. Po sklizni bylo zrně zváženo na vahách a zjistil se skutečný výnos. Teoretický výnos byl vypočítán z hlavních výnosových prvků - počet klasů na jednotku plochy, počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn (HTZ).

Vzorec pro výpočet teoretického výnosu:

Výnos v t/ha = průměrný počet klasů na 1 m² * průměrný počet zrn v klasu * HTZ 100 000

2. Objemová hmotnost zrna (HLV)

Objemová hmotnost se stanovila nasypáním osiva (1 litr osiva v gramech) zkoušené odrůdy do obilného zkoušeče, tzv. objemové váhy. Vyjadřuje se g/cm³, g/l 1 nebo kg. Hl/1. Objemová hmotnost byla stanovena u všech odrůd vybraných pro náš pokus v období 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019.

3. Množství dusíkatých látek v zrně, obsah škrobu a vlhkost (%)

Zastoupení N-látek, škrobu a vlhkosti (%) jsme zjistili na přístroji, který je umístěn v laboratoři ČZU fakulty FAPPZ (viz obrázek-Samostatné přílohy).

4. Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) Hmotnost tisíce zrn byla stanovena v plné zralosti u všech sledovaných odrůd z podílu čistých zrn na přístroji čítač semen.

Zpracování výsledků-Statistika

Výsledky byly následně statisticky vyhodnoceny a posouzeny. Provedli jsme statistické vyhodnocení pomocí programu Statistika 12 – analýza variací (součet čtverců, stupně volnosti, rozptyl (MS), hodnota F, p-hladina), homogenní skupiny na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

P-hodnota je hladina pravděpodobnosti, pro kterou platí nulová hypotéza (H_0), tedy varianty sledování (např. odrůdy) se od sebe statisticky významně neliší. Jeli p-hodnota $< 0,05$ popř. $i < 0,01$, zamítáme H_0 a mezi variantami sledování (úrovněmi znaku) je statisticky významný (*) popř. velmi významný rozdíl (**).

Varianty pokusu:

VARIANTA 1. (KONTROLA)

U varianty č.1 jsme aplikovali Amofos před setím v dávce 100 kg/ha. Varianta byla následně hnojena v regeneračním hnojení LAV v dávce 60 kg/ha N. Dále jsme aplikovali produkční hnojení 2x během vegetace. V první dávce (1.A) 50 kg/ha DAM 390 a druhé (1.B) dávce 70 kg/ha DAM 390.

VARIANTA 2.

V této variantě se aplikoval EF 54 v dávce 100 kg/ha na podzim do 1.11. Následovalo regenerační hnojení LAV v dávce 60 kg/ha. Provedli jsme zde i 2x produkční hnojení DAM 390 v dávce 50 kg/ha a v druhé dávce 70 kg/ha.

VARIANTA 3.

Varianta č. 3 byla opět hnojena EF 54 v dávce 150 kg/ha, ale oproti variantě č. 2, byla hnojena v termínu až po 15.2. a vyšší dávkou (kvůli nároku na živiny v tomto období). Bylo provedeno regenerační hnojení LAV 60 kg/ha. Produkční dávky DAM 390 stále zůstaly stejné jako u ostatních variant (50 kg/ha, 70 kg/ha).

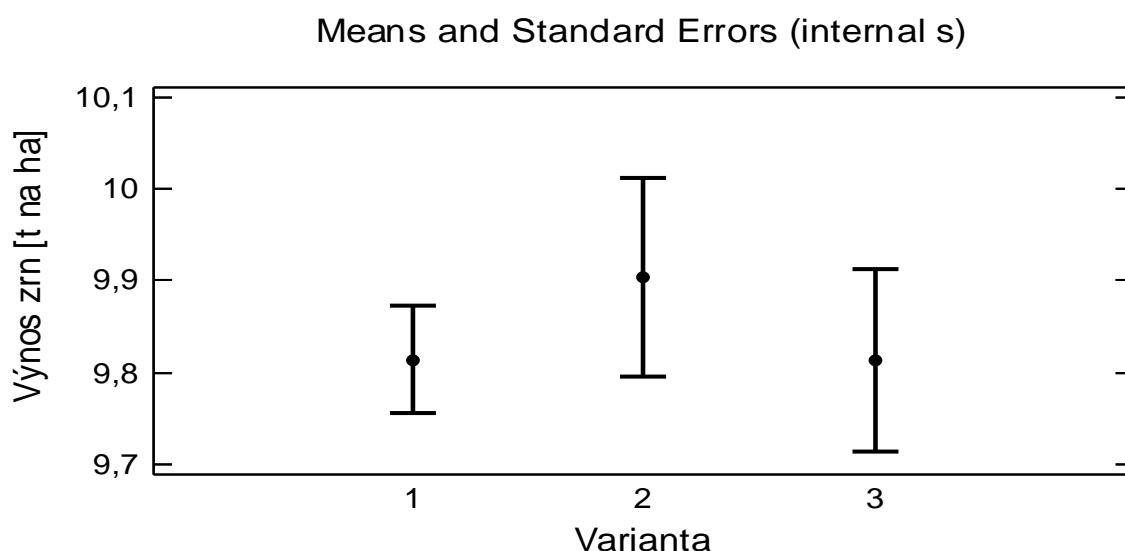
5 Výsledky

Níže uvedené grafy a tabulky znázorňují jednotlivé zjišťované znaky (výnos t/ha, HTZ g, HLV g, Obsah škrobu a N-látek v %) u pšenice ozimé. Tyto hodnocené znaky během 3letých pokusů, byly zprůměrovány a zapsány do tabulek a grafů, kde je následně porovnáváme mezi sebou. Jedná se tedy o průměr z ročníků 2016/ 2017, 2017/2018 a 2018/ 2019.

5.1 Výnos t/ha

V grafu jsou znázorněny jednotlivé varianty a jejich dosažený výnos. Ten je spočítán jako průměr ze 3 let testovaných variant. Jako nejvýnosnější se prokázala varianta č.2. (9,9 t/ha). Varianty č.1 a č.3 dosáhly v průměru ze 3 let shodný výnos (9,81 t/ha).

Graf 9: Výnos t/ha



Jeli p -hodnota $< 0,05$ popř. $i < 0,01$, zamítáme H_0 a mezi variantami sledování (úrovněmi znaku) je statisticky významný (*) popř. velmi významný rozdíl (**). Z uvedených hodnot níže vidíme, že se nejedná o statisticky významný rozdíl mezi výnosy ($p=0,7323$).

Tabulka 5: ANOVA – Výnos t/ha

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0215968	2	0,0107984	0,32	0,7323
Within groups	0,301301	9	0,0334779		
Total (Corr.)	0,322898	11			

Tabulka 6: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami (Výnos t/ha)

<i>Contrast</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	-0,0894625	0,292676
1 - 3	0,0010525	0,292676
2 - 3	0,090515	0,292676

Nejvýnosnější variantou byla varianta č. 2, kde jsme použili EF 54 (100 kg/ha) se zapravením do 1.11. Varianty č. 1 a č. 3 byly výnosově stejné. Z výsledků vidíme, že v dané lokalitě Červený Újezd byl i přes sucha a vysoké teploty vysoký výnos a rozdíly mezi variantami nebyly významné. Nejvíce se projevila varianta hnojená EF 54 na podzim. V tomto případě vzrostl výnos oproti kontrole o 0,09 t/ha.

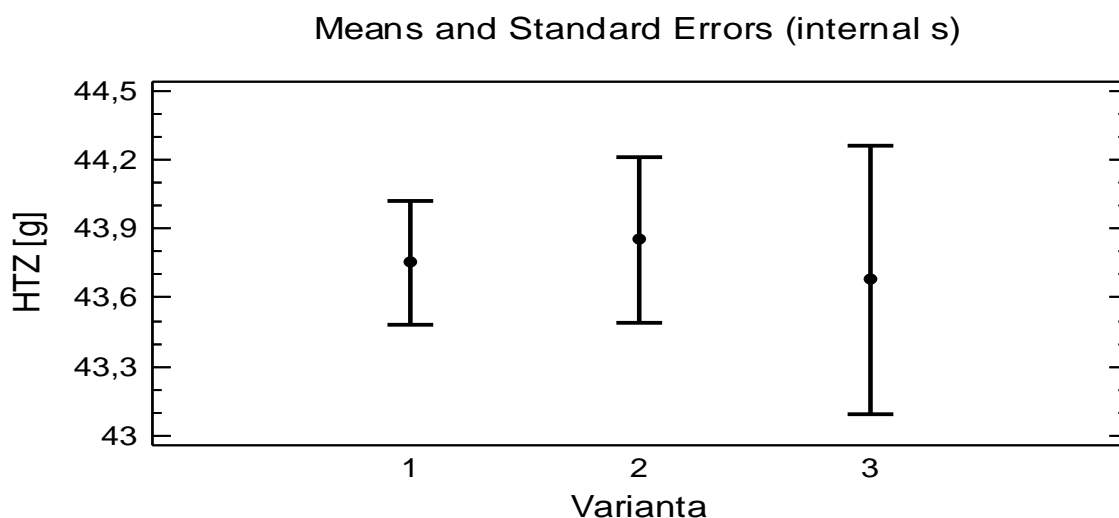
Tabulka 7: Výnosy v t/ha u jednotlivých variant

varianta	1	2	3
Výnos t/ha	9,81	9,90	9,81

5.2 HTZ (g)

V grafu jsou znázorněny výsledky jednotlivých hnojených variant. Varianta s nejvyšším naměřeným HTZ (g) byla opět varianta č. 2 (43,85 g) s dávkou EF 54 (100 kg/ha) na podzim. Varianta č. 1 (43,75 g) byla druhou s nejvyšším HTZ (g), lze konstatovat, že byl zaznamenán vliv hnojiva EF 54, a to i v případě dávky brzy na počátku jarní regenerace. Amofos, který byl jako kontrola, měl nejnižší hodnotu v HTZ (43,68 g).

Graf 10: HTZ (g)



V tabulce jsou výsledky ze statistického měření ANOVA. Homogenní skupiny jednotlivých odrůd pšenice ozimé na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ se od sebe statisticky významně nelišily.

Tabulka 8: ANOVA HTZ (g)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0616667	2	0,0308333	0,04	0,9586
Within groups	6,5275	9	0,725278		
Total (Corr.)	6,58917	11			

Tabulka 9: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku – HTZ (g)

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-0,1	1,36226
1 - 3	0,075	1,36226
2 - 3	0,175	1,36226

Statistické vyhodnocení analýzy variancí hmotnosti tisíce zrn v letech 2017, 2018 a 2019 bylo s průměrnou HTZ 43,76 g. Na hladině významnosti $p \leq 0,05$ se neprokázal vliv hnojení na HTZ (g). Varianty se vykazovaly obdobnými hodnotami a šlo pouze o desetinné rozdíly mezi nimi.

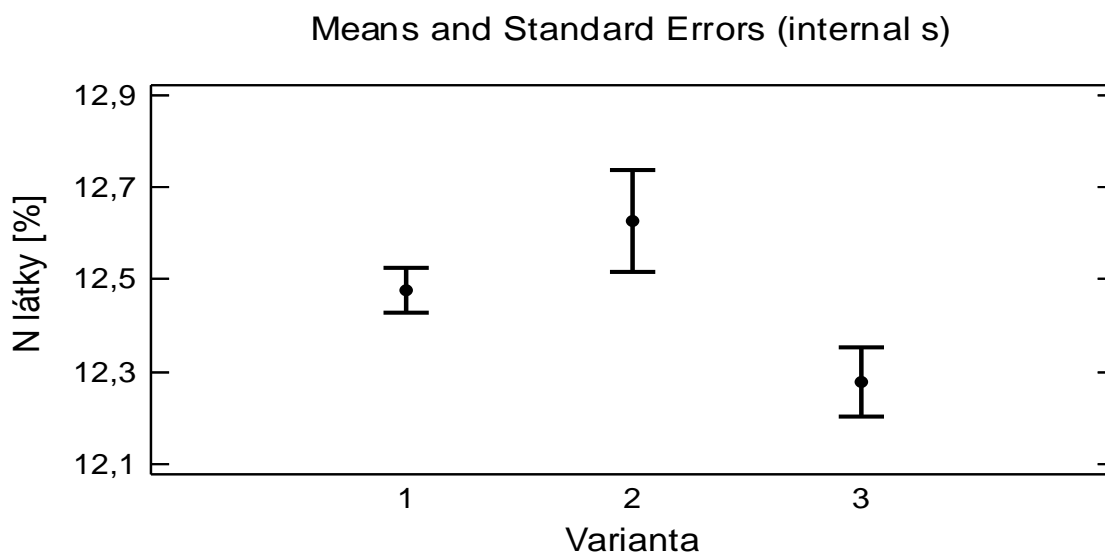
Tabulka 10: HTZ (g) u jednotlivých variant

varianta	1	2	3
HTZ	43,75	43,85	43,68

5.3 N-látky (%)

V grafu je přehled variant, u kterých byly naměřeny hodnoty N-látek (%) v zrn. N-látky varianta č. 2 (12,63 %) měla nejvyšší a byla hnojena EF 54 na podzim. U varianty č.1 (12,48 %) s hnojivem Amofos, byl významný pokles v obsahu N-látek a u varianty č. 3 (12,28 %) jsme naměřili nejnižší hodnoty. Zaznamenali jsme statisticky významný rozdíl.

Graf 11: N-látky (%)



Statistické vyhodnocení analýzy N-látek (%) v letech 2018, 2019 je vysoce průkazné $p < 0,05$, mezi variantami sledování (odrůda i rok) je statisticky významný rozdíl (*). Mezi variantami sledování (kontrola) a testovanými EF 54 nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl. Opět se nejvíce projevila varianta hnojená EF 54 na podzim.

Tabulka 11: ANOVA N-látky (%)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,246667	2	0,123333	4,58	0,0425
Within groups	0,2425	9	0,0269444		
Total (Corr.)	0,489167	11			

Tabulka 12: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku N-látek (%)

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,15	0,262569
1 - 3		0,2	0,262569
2 - 3	*	0,35	0,262569

U sledovaného znaku obsah N-látek je významnější statistický rozdíl mezi variantou 2-3. S nejvyšším obsahem N-látek (12,63 %) byla varianta č. 2 a nejnižším varianta č. 3 (12,28 %). Obsah N-látek byl u daného pokusu celkově velmi nízký. Tento fakt lze přičíst absenci kvalitativního hnojení a odrůdě Tobak, které spolu pro dosažení optimálních hodnot u tohoto znaku vyžadují dostatečné množství N v půdě v průběhu celé vegetace.

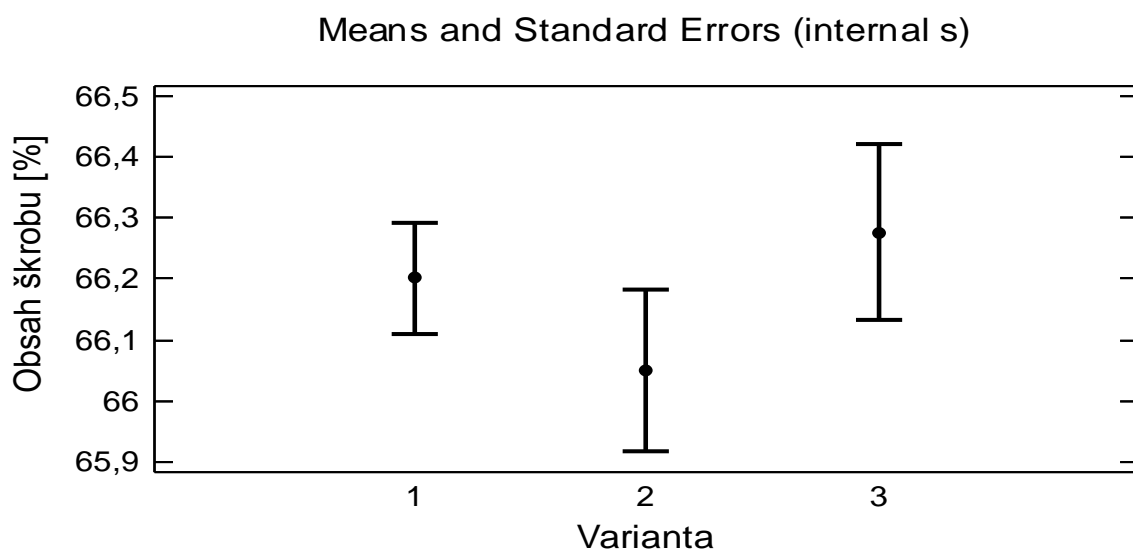
Tabulka 13: N-látky v % u jednotlivých variant

varianta	1	2	3
N-látky %	12,48	12,63	12,28

5.4 Obsah škrobu (%)

Graf znázorňuje varianty s obsahem škrobu v znu (%). Varianta č. 2 měla nejnižší hodnotu obsahu škrobu (66,05 %) Mezi variantami č. 1(66,20 %) a č. 3 (66,28 %) byl jen nepatrný rozdíl v obsahu škrobu.

Graf 12: škrob v %



V následující tabulce jsou výsledky z programu statistika-ANOVA. Nebyl zde významný statistický rozdíl mezi variantou č. 2 (66,05 %) a č. 3 (66,28 %). Výnos škrobu byl zřetelně vyšší u variant č. 1 (66,20 %), oproti č. 2 (66,05 %), ale vliv hnojení v tomto případě pro $p \leq 0,05$, byl statisticky neprokazatelný.

Tabulka 14: ANOVA tabulka obsah škrobu %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,105	2	0,0525	0,85	0,4600
Within groups	0,5575	9	0,0619444		
Total (Corr.)	0,6625	11			

Tabulka 15: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah škrobu v %

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	0,15	0,398116
1 - 3	-0,075	0,398116
2 - 3	-0,225	0,398116

Varianta hnojená EF 54 (100 kg/ha) na podzim, oproti ostatním parametrům, kde byla prokazatelně s nejvyššími hodnotami, zde u poměru škrobu, byla nejslabší (66,05 %) mezi variantami. Varianta s EF 54 (150 kg/ha) hnojena brzy na jaře měla nejvyšší procento škrobu (66,28 %).

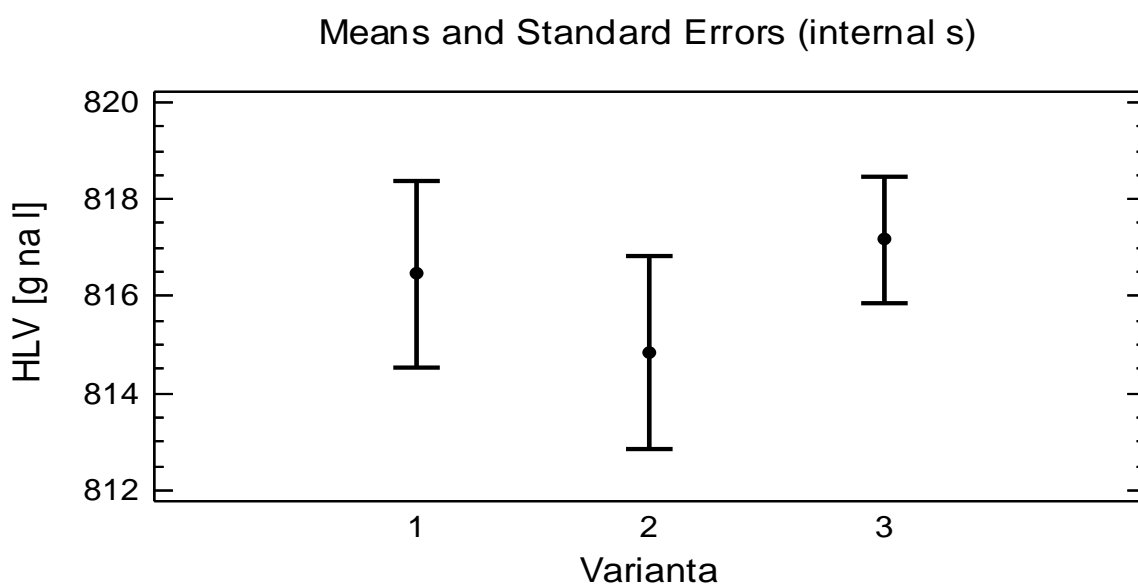
Tabulka 16: Obsah škrobu u jednotlivých variant

varianta	1	2	3
Škrob %	66,20	66,05	66,28

5.5 HLV g/l

Graf ukazuje hodnoty naměřené HLV (g) objemová hmotnost. Varianta č. 2 (814,83 g) a č. 3 (817,15 g) vykazovala mírný rozdíl mezi sebou a varianty č. 1 (816,45 g) a č. 3 (817,15 g) naopak neměly velký rozdíl mezi sebou.

Graf 13: HLV g/l



Rozdíly mezi jednotlivými hnojivy byly minimální. Nijak se neprokázal žádný statisticky významný rozdíl ($p \leq 0,05$).

Tabulka 17: ANOVA tabulka Objemová hmotnost (g/l)

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	11,3817	2	5,69083	0,46	0,6466
Within groups	111,847	9	12,4275		
Total (Corr.)	123,229	11			

Tabulka 18: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – HLV g/l

<i>Contrast</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	1,625	5,63898
1 - 3	-0,7	5,63898
2 - 3	-2,325	5,63898

V následujícím přehledu obsahu HLV (g) jsme nezaznamenali výrazné rozdíly. Výsledné hodnoty byly celkově uspokojivé u všech variant v průměru 816,14 g. Jako nejlepší v tomto měření obsahu HLV, byla varianta hnojená EF 54 v počátku jarní regenerace.

Tabulka 19: Obsah HLV v g/l u jednotlivých variant

varianta	1	2	3
HLV g/l	816,45	814,83	817,15

5.6 Odběry AZP (agrochemické zkoušení půd)

Na pokusné stanici v Červeném Újezdě jsme odebrali vzorky půdy. V uvedených tabulkách je znázorněno, co jsme zjistili a jaké zásoby se v půdě živin pohybovaly. Dle těchto výsledků, jsme určovali dávky hnojiv.

V tabulce jsou uvedeny obsahy živin z odběru půd u pšenice ozimé. Byly odebírány v průběhu 3 let (2016,2017,2018). Barevně jsme rozlišili potřebu hnojení. Obsahy humusu byly nízké a pH slabě kyselé. U pH lze konstatovat, že mělo významný vliv na vstřebání P a přeměny na formy přístupné pro pšenici ozimou.

Tabulka 20: Odběry půd u řepky ozimé (2016,2017,2018)

Červený Újezd odběry půd u pšenice ozimé							
		P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)	CaO (t/ha)	S (kg/ha)	
Sp.č.ž.	pH (CaCl ₂)	P(mg/kg)	K(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	S(mg/kg)	humus %
2016	5,7	60	176	130	2110	7,1	1,8
2017	6,4	76	208	117	2670	10,2	1,8
2018	6,5	78	185	103	2340	22,1	1,8

*oranžová -střední zásoba v půdě *zelená – dobrá zásoba *červená-velmi nízká

5.7 Vyhodnocení výsledků

Následující tabulka obsahuje komplexní souhrn všech znaků, které byly změřeny. Jedná se opět o průměr hodnot z 3letého pokusu. Můžeme vidět, že výsledky neprokazují nijak významné statistické rozdíly. Pouze u znaku HLV (objemová hmotnost) se hodnoty měnily o zhruba 2-3 g. Výnosy byly nad očekávání uspokojivé v průměru okolo 9,8 t/ha za 3 roky průběhu pokusu, avšak N-látky byly v průměru jen okolo 12,46 %.

Tabulka 21: Přehled výsledků průměr 3 let (2017,2018,2019)

Varianta	Výnos	HTZ (g)	Obsah N-látek v %	Obsah škrobu %	HLV (g)
1	9,81	43,75	12,48	66,20	816,45
2	9,90	43,85	12,63	66,05	814,83
3	9,81	43,68	12,28	66,28	817,15
průměr	9,84	43,76	12,46	66,17	816,14

5.8 Rentabilita použití hnojiv s obsahem P

V tabulce jsou uvedeny náklady spojené s použitím hnojiv, které jsme aplikovali v pokusu. Varianta č. 1 nám složí jako kontrola, s porovnáním EF 54 hnojivem. V přehledu je zcela zřejmé, že hnojivo EF 54 je výrazně dražší položkou nežli Amofos. Zisk z hektarového výnosu u varianty č. 1 Amofos je o 937 Kč/ha vyšší. Náklady na 1 hektar u EF 54 se zvedly až o 1288 Kč/t případě jarní dávky ve 150 kg/ha (přepočteno 15050 Kč x 0,15 dávky).

Pokud se zvolí správný termín aplikace a hnojivo bude v maximální míře využito rostlinou, pak by lepší volbou mohlo být právě hnojivo EF 54. Sice se u něho nejedná o velké statistické rozdíly oproti kontrole, ale to můžeme přisuzovat klimu a ročníku, kdy byl pokus proveden. I Amofos měl nad očekávání dobré výsledky a s jeho cenovou dostupností, se v tomto případě stává výhodnější volbou pro pěstitele.

Ačkoli, je cena EF 54 vysoká, své výsledky prokázal ve výnosu a parametrech pro potravinářské účely, proto při rozhodování je nutné zvážit všechny okolnosti, zda jít cestou k očekávanému výnosu, nebo zvážit nízký náklad na hnojivo, a to za předpokladu, že jiné hnojivo s obsahem P dosáhne také uspokojivých výnosů.

Tabulka 22: Ekonomika-přehled nákladů a zisku

Varianty	1. Amofos (kontrola)	2. EF 54 na podzim	3. EF 54 jarní dávka
Sklizeň t/ha	9,81	9,9	9,81
Cena pšenice Kč/t	3900	3900	3900
Náklady Kč/ha bez aplikace	38259	38610	38259
Cena hnojiva Kč/t	9700	15050	15050
Dávka hnojiv kg/ha	100	150	100
Náklady na hnojivo Kč/ha	970	2258	1505
Navýšení nákladů Kč/ha	0	1288	535
Tržby Kč/ha	38259	37322	37724

Doporučení pro praxi

Ze získaných výsledků potvrzujeme, že podzimní aplikace hnojiva EF 54 zvyšuje výnos zrna ozimé pšenice a zároveň má na výnos vyšší vliv v porovnání s Amofosem. EF 54 aplikovaný na podzim má pozitivní dopad na kvalitativní parametry u pšenice. Z hlediska ceny hnojiv, doporučujeme hnojivo Amofos. Zdůrazňujeme, že při vhodných podmínkách (srážky, lokalita), lze dosáhnout úspěšných výsledků (kvalita, výnos) i s hnojivem Amofos.

6 Diskuze

V našem pokusu výnosy i kvalitativní parametry zejména ovlivnil vliv ročníku. Ročník 2018/2019, kdy jsme aplikovali EF 54 v počátku jarní regenerace, byl prokazatelný vliv počasí koncem února. V zimě se objevila mrazivá období, na jaře se vyskytovaly vlny horka, většina období vegetace pšenice byla v obou letech doprovázena suchem. Růst a vývoj porostů pšenice byl významně ovlivněn uvedenými abiotickými faktory. To mělo ve výsledku velký dopad na působení EF 54, protože hnojivo, aby projevilo svou účinnost a účinek, potřebuje dostatek srážek. Hlavně klima v tomto období je hlavní podmínkou pro uvolnění přijatelné formy P.

Sucho a nedostatek srážek pak způsobí, jako je v našem pokusu uvedeno, že výsledky výnosu nebudou takové, jaké bychom právě po aplikaci EF 54 očekávali, zejména v dávce na jaře. Firma TIMAC svými pokusy poukazuje na skutečnost, že se již opakovaně projevila lepší vliv hnojiva EF 54 aplikovaného na počátku jara. Rostlina získá potřebnou dávku N a P v době, kdy ji nejvíce potřebuje pro svůj další vývoj. Ale, jak je zřejmé z našich výsledků, když nejsou dostačující podmínky pro působení hnojiva, nedosáhneme v tomto termínu lepšího výsledku ve srovnání s variantou hnojenou na podzim.

U naší varianty hnojené na podzim EF 54 byl zaznamenán nejvyšší výnos (9,9 t/ha) a kvalitativní hodnoty (43,85g HTZ, 12,63 % N-látek) u pšenice. To vše byl také výsledek vhodného termínu aplikace spolu s podmínkami počasí. V roce 2017/2018 se teploty pohybovaly teplotně nadprůměrem. Průměrná roční teplota v roce 2017 dosahovala 10,6 °C a v roce 2018 až 12 °C. Celkově byl vegetační ročník 2017/18 teplejší (vyšší suma teplot vzduchu), s větším výskytem vysokých teplot nad 33 °C, s větší sumou globálního slunečního záření, ale suma srážek byla nižší než předchozí ročník 2016/17. Výsledky této varianty byly velmi uspokojivé a ovlivnily to i srážky na konci října, kdy se podpořilo uvolnění P z hnojiva a dalších živin. Amofos hnojený na podzim před setím se opět prokázal jako úspěšný, dokonce v některých kvalitativních hodnotách byl lepší oproti EF 54 na podzim. Opět to mělo za následek klima, jelikož v roce 2016/2017 byly častější srážky. Pokud půda nezamrzne a má dostatek vláhy, pak snadno přijme přes kořen živiny.

Také je nutné podotknout, že snížená dávka na podzim EF 54 byla dána záměrně, kvůli nárokům plodiny v této vegetační fázi. Porost pšenice byl zapojen a vytvořil kořen, přes něj pak mohla přijmout potřebné živiny, ačkoli v této fázi jsou nároky nízké (např. na N, P, K) a přijme jen malé množství. To však neznamená, že živiny zcela nevyužije v průběhu.

Jedná se tedy spíše o zásobení P, N do půdy, pšenice si je pojme na jaře a vyřeší deficit těchto živin. V této fázi pojme mnohonásobně více živin, nežli na podzim (hlavně N).

Pokusy s hnojivem od TIMAC, provádí Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. a dokládá výsledky tuzemských pokusů, podle kterých v porovnání s aplikací Amofosu stoupl při využití fosforečného hnojiva obsahujícího technologii Top-Phos u řepky z 6,29 t/ha na 6,48 t/ha a u ozimé pšenice z 11,99 t/ha na 12,35 t/ha. Jednalo se o jednoleté výsledky z roku 2014 ze čtyř opakování. Technologii Top-Phos využívají například hnojiva skupiny Eurofertil Top, případně hnojivo Duofertil Top. Avšak, je potřeba zmínit, že se jeho účinnost snižuje v půdách, které mají pH pod 6,6, ale i při pH nad 7,2, což je dáno blokací příjmu jinými prvky. V kyselých se na procesu podílí například hliník a železo, v zásaditých naopak vápník (Hřivna et al. 2016).

V pokusech od Škarpy, Richtera & Lošáka (2006) na vliv hnojení fosforem na výnos semene máku a kvalitu makoviny bylo potvrzeno, že aplikace fosforečných hnojiv při nízké a vyhovující zásobě fosforu v půdě pozitivně ovlivňuje hmotnost sušiny a obsah fosforu v rostlině.

Varianta, která nám zároveň sloužila jako kontrola k posouzení ostatních, se hnojila Amofosem před setím, se zapravením do půdy. Hnojivo je běžně využívané a cenově dostupnější, oproti EF 54 (kapitola Výsledky – náklady a výnosy). Dávka je opět zvolena dle potřeb rostliny v daném období. Vždy se vyplatí, aplikovat Amofos před setím a zapravit jej, protože se P stane lépe přístupný rostlině. Kdybychom ho aplikovali na půdu s kyselým pH, tak není téměř žádná šance, aby se stal P přijatelný kořeny (tkz. se P vysráží).

U variant v našich pokusech, byl naměřen poměrně nízký podíl N-látek v zrna (12 %). Což mohla způsobit absence kvalitativního hnojení dusíkem. Podle Baiera, Smetánkové a Baierové (1988) se pozdní přihnojení dusíkem s větším efektem uplatní na půdách lehkých a středních, protože ty bývají dusíkem zpravidla hůře zásobeny. Nemusí to být ale vždy pravidlem, protože i na půdách těžkých byly zaznamenány deficiencie dusíku při nadměrných srážkách, vysokém odběru dusíku předplodinami, nevyváženou bilancí živin při úzké specializaci osevního sledu, a také z důvodu sucha, což bývá často velmi aktuální záležitost.

My přičítáme tento deficit, právě vynechání kvalitativního hnojení, protože je nezbytné v období kdy už je vytvořeno zrno, ale v předešlých fázích, kdy se tvořil klas a klásky (generativní orgány) odčerpala pšenice mnoho N na jejich vytvoření a mnohdy nezbyvá ke konci vegetace dostatek N pro uložení v zrna před sklizní.

V praxi se nejčastěji preferuje aplikace Amofosu na podzim, a jinak tomu nebylo ani v našem pokusu. Je nutné při aplikaci těchto hnojiv (s vodorozpustným P) dbát zejména na pH půd (viz kapitola – Fosfor v půdě). Obecně lze říct, že do kyselých půd je vhodnější aplikovat hnojiva typu mletých fosfátů, hyperfosfátů aj.

Dávky hnojiv na podzim, byly cíleně nižší, než dávky na jaře u EF 54 (po 15.2.), z důvodu vegetační doby, jelikož rostlina byla ve fázi, kdy tvořila kořeny, ale šlo o zásobování živin do půdy, z níž si ve fázi regenerace (po zimě) mohla pojmout potřebné dávky živin. V této fázi přijala pouze menší množství pro svůj růst a vývoj. Na podzim, kdy vytvořila kořen, jsme ji dodali dávku značnou N a P, jenž využije pouze z části, protože v této době není potřeba, aby pojmula hodně živin. Chceme jen, aby vytvořila kořen a zapojil se rovnoměrně porost. Následně, v době jarní regenerace, kdy je značně vyšší spotřeba živin, si ho pšenice vezme přes kořen z půdy z hnojení na podzim.

Dalším cílem u našeho pokusu bylo zjistit, jestli hnojiva s obsahem P jsou ekonomicky výhodná. Z pohledu ceny u námi zvolených hnojiv, byl dostupnější Amofos, jelikož se jeho cena pohybuje okolo 9700 Kč/t. Aktuální nabídka od firmy TIMAC, která nabízí hnojivo EF 54 je až 15000 Kč/t. Kdybychom, tedy aplikovali v podmínkách příznivého počasí (viz kapitola Výsledky-Ekonomika-přehled nákladů a zisku) pak by se daly očekávat uspokojivé výnosy a vyplatila by se nám investice do nich. Avšak, pravdou zůstává, že se běžně v praxi aplikuje hnojivo Amofos před setím. Vyjde nás levněji a dosahujeme očekávaného výsledného výnosu. Nutné je zmínit, že Amofos by měl být aplikován před setím se zapravením do půdy, kvůli lepšímu vstřebání. U tohoto hnojiva není vhodná volba hnojení na zapojený porost (jako tomu bylo u EF 54), protože má velkou tendenci se vysrážet a neproniknout ke kořenům. Je to způsobeno převážně tím, že nemáme dostatečně stabilizované pH (viz kapitola-Dostupnost fosforu v půdě).

Z výsledků ostatních pokusů s EF 54 je zřejmé, že byl zaznamenán pozitivní vliv na výnos, spolu s kvalitativními parametry na pšenici ozimou. I v našem pokusu jsme došli k jednoznačnému závěru, kdy je prokázán vliv na výnos u hnojiv EF 54. Výsledky nebyly statisticky významné (pouze u parametru N-látky-kapitola Výsledky), ale můžeme potvrdit, že nejvhodnější volbou byl termín s EF 54 po zasetí pšenice. Mohou za to vliv ročníku a daná lokalita, kde byly vhodné podmínky pro vstřebání hnojiva. Proto doporučujeme použití EF 54 pro dosažení očekávaného výnosu spolu se zastoupení parametrů v zrnu, ale zároveň poukazujeme na vysokou cenu u hnojiv EF 54, která mohou znamenat riziko u výsledné rentability pro pěstitele. V tomto ohledu zůstává hnojivo Amofos, jako cenově dostupnější.

7 Závěr

V pokusu, který probíhal v 3letém pozorování, jsme z průměru let (2017, 2018 a 2019) došli k následujícím tvrzením:

- ✓ Získané výsledky ověřily, že hnojivo EF 54 má pozitivní vliv na kvalitativní a výnosové parametry u pšenice ozimé v termínu aplikace do 1.11. a obstálo nejlépe ze všech testovaných variant.
- ✓ EF 54 hodnotíme jako nejúspěšnější pro získání očekávaných výnosů a kvality, dodané v termínu do 1.11.
- ✓ Prokázán byl i větší vliv na výnos v termínu (do 1.11.), oproti variantě hnojené EF 54 po 15.2.
- ✓ Hnojivo EF 54 (po 15.2.) a Amofos před setím měla obdobné výsledky (výnos variant 9,81 t/ha), ale v kvalitativních parametrech byla lepší varianta s Amofos (N-látky 12,48 %, HTZ 43,75 g), proti EF 54 po 15.2. (N-látky 12,28 %, HTZ 43,68 g).
- ✓ EF 54 je dražší hnojivo (15050 Kč/t), oproti Amofosu (9700 Kč/t), proto tvrdíme, že EF 54 není cenově výhodné, to za předpokladu, že podmínky počasí (srážek) a lokality nám nezaručují dobré podmínky pro příjem živin z EF 54.
- ✓ Dosažené výsledky byly ovlivněny podmínkami sledovaného roku a prostředím. Pro objektivnější výsledky vlivu hnojiv s obsahem P, by bylo nutné pokus opakovat.
- ✓ Vždy je potřeba zvážit všechny okolnosti, jako je vliv počasí a lokalita pěstování. To je hlavní ukazatel u rozhodování typu hnojiva s obsahem P.

8 Literatura

1. Abbate P. E, Andrade F. H, Culot J. P. 1995. Vliv záření a dusíku na počet zrn pšenice. *J. Agric. Sci.* **124**: 351-360.
2. Acevedo E, Silva P, Silva H, Solar B. 1999. Wheat production in Mediterranean environments. In E.H. Satorre & G.A. Slafer, eds. *Wheat. Ecology and physiology of yield determination*, Binghamton, NY, USA, Haworth Press.
3. AGRO CS a.s. 2020. Fosforečná hnojiva. AGRO CS a.s., Substráty. Available from: <http://www.agrocs.cz/divize-agroslužby/produkty-a-sluzby/mineralni-hnojiva/fosforecna-hnojiva> (accessed Januar 2020).
4. AgroZETA. 2016. MAP Amofos 12-52 - zemědělské hnojivo. Copyright. Available from: <http://www.agrozetaservis.cz/hnojiva/amofos-np-12-52-zemedelske-hnojivo> (accessed December 2016).
5. Austin R. B, Bingham J, Blackwell R. D, Evans L. T, Ford M. A, Morgan C. L, Taylor M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. Camb.* **94**: 675–689.
6. Baier J, Smetánková M, Baierová V. 1988. Diagnostika výživy rostlin. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR.
7. Barber SA, Mackay AD, Kuchenbuch RO. 1988. Účinky teploty půdy a vody na růst kořenů kukuřice. *Plant Soil* **111**: 267–269.
8. Bingham F. T, Garber M. J. 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. Proc* **24 (3)**: 209-213.

9. Bouma D. 2016. Pro lepší využitelnost fosforu. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/pro-lepsi-vyuzitelnost-fosforu/> (accessed June 2016).
10. Bouma D. 2018. Na formě fosforu záleží. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/na-forme-fosforu-zalezi/> (accessed Januar 2018).
11. Černý J, Shejbalová Š, Kovářik J, Kulhánek M. 2014. Předset'ové a podzimní hnojení pšenice ozimé. Agromanual. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/predsetove-a-podzimni-hnojeni-psenice-ozime> (accessed August 2014).
12. Černý J, Vaněk V, Vašák F. 2011. Podmínky stanoviště a význam hnojení. Zemědělec **19**: 12-14.
13. Český statistický úřad (ČSÚ). 2019. Indexy spotřebitelských cen-inflace-červen 2019. Česká republika.
14. Evans LT, Rawson HM. 1970. Photosynthesis and Respiration by the Flag Leaf and Components of the Ear During Grain Development In Wheat. Australian Journal of Biological Sciences **23**: 245-254.
15. Fenn ME, Coffey MD. 1984. Antifungal activity of Fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology **74**: 606-611.
16. Ferrol N, Aguilar C.A, Bago B, Franken P, Gollotte A, Guerrero M.G, Harrier L.A, Lanfranco L, Tuinen D, Pearson V.G. 2004. Genomics of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Applied Mycology and Biotechnology **4**: 379-403.
17. Frossard E, Oberson A. 2015. Správa fosforu pro ekologické zemědělství. Fosfor: zemědělství a životní prostředí, 761-779.

18. Godfray H, Charles J, Crute IR, Lawrence H, Lawrence D, Muir JF, Nisbett N, Hezká J, Robinson S, Toulmin C, Whiteley R. 2010. The future of the global food system. R. Soc. B., Phil. Trans.
19. Green B, W. 2015. Feed and Feeding Practices in Aquaculture. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
20. Harding S.A, Guikema J.A, Paulsen G.M. 1990. Photosynthetic decrease in stress at high cost during ripening wheat-Interaction with aging processes. Plant Physiol. **92**: 648-653.
21. Hardy M.D. 2002. Fertilization. ACADEMIA PRESS, Orlando.
22. Hatfield J. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes. Available from: https://www.researchgate.net/publication/282542578_Temperature_extremes_Effect_on_plant_growth_and_development/citation/download (accessed August 2015).
23. Idso S. B, Reginate R. J, Hatfield J. I, Pinter P. J. 1984. Yield measurement reducing the reduction of plant water potential in wheat using infrared thermometry. Irrig.Sci. **2**: 205-212.
24. INVESTPLUS. 2019. PŠENICE – cena, online graf, aktuální a historický vývoj kurzu. Copyright. Available from: <https://investplus.cz/kurzy/aktualni-cena-psenice-online-graf-vyvoj/> (accessed November 2014).
25. Jäger L, Hegner P. 1987. Kvalita tuhých průmyslových hnojiv. SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha.

26. Ježková A. 2013. Výživa hospodářských zvířat a bezpečná produkce. Profi Press, Praha. Available from: <http://naschov.cz/vyziva-hospodarskych-zvirat-a-bezpecna-produkce-2/> (accessed November 2013).
27. Johnston A. E, Poulton P. R, Fixen P. E. Curtin D. 2014. Phosphorus. Its Efficient Use in Agriculture. *Advances in Agronomy* **123**: 177-228.
28. Kopáčová O. 2007. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
29. Kulhánek M, Balík J, Černý J, Vašák F, Shejbalová Š. 2014. Vliv aplikace dlouhodobých hnojiv na změny obsahu odhadovaných půdních makronutrií Mehlich-3. *Plant Soil Environ.* **60**: 151-157.
30. Kulovaná E. 2001. Letmé nahlédnutí do historie kulturních plodin. Úroda, Národní zemědělské muzeum Kačina. Available from: <https://www.uroda.cz/letme-nahlednuti-do-historie-kulturnich-plodin/> (accessed December 2001).
31. Kunzová E. 2009. Výživa a hnojení fosforem. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
32. Lipavský J. 2000. Tvorba výnosu obilnin a možnosti modelování těchto procesů. AGRIS, Praha. Available from: <http://www.agris.cz/clanek/106805> (accessed December 2000).
33. LOVOFERT. 2020. LOVOFERT LAV 27. Lovochemie. Available from: <http://www.lovochemie.cz/produkty/lovofert-lav-27>(accessed September 2018).
34. Lynch JP, Brown KM. 2001. Topsoil foraging – an architectural adaptation of plants to low phosphorus availability. *Plant and Soil* **237**: 225–237.

35. Martínek P, Váňová M. 2012. Vliv technologie pěstování a ročníku na znaky výnosu a kvalitu zrna vybraných odrůd a linií ozimé pšenice s odlišnou morfologií klasu. *Obilnářské listy* **XX**: 90-91.
36. Masle J. 1985. Competition Among Tillers in Winter Wheat: Consequences for Growth and Development of the Crop. In: Day W., Atkin R.K. (eds) *Wheat Growth and Modelling*. NATO ASI Science (Series A: Life Sciences), Boston.
37. Meehl, Gerald & Stocker, Thomas & Collins, W.D. & Friedlingstein, P. & Gaye, Amadou & Gregory, J.M. & Kitoh, A. & Knutti, Reto & Murphy, J.M. & Noda, A. & Raper, S.C.B. & Watterson, I.G. & Weaver, A.J. & Zhao, Zong-Ci. 2007. Global climate projections climate change. *The physical science basis*, 747-845.
38. Mengel K, Kirkby E.K. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Basilej, Switzerland.
39. Ministerstvo zemědělství ČR. 2018. Zelená zpráva 2018. Česká republika
40. Musil D, Baleja L. 2018. 1. Místo Timac Agro. Timac AGRO. Available from: <https://cz.timacagro.com/2019/03/06/1-misto-timac-agro/> (accessed March 2018).
41. Neumann K, Verburg P. H, Stehfest E, Muller Ch. 2010. The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems* **103**: 316-326.
42. NIIR Board of Consultants & Engineers. 2006. *Wheat, Rice, Corn, Oat, Barley and Sorghum Processing Handbook*. Press Inc. p., Asia Pacific Business.
43. Ortiz C, Carretero S. C. 2008. Rethinking Ethnology in the Spanish Context. *Ethnologia Europaea. Journal of European Ethnology* **38**: 23–28.

44. Oseva. 2020. Tobak. Available from: <https://oseva.eu/product/tobak/> (accessed August 2020).
45. Palík J, Burešová S, Edler I, Sedláčková S, Tichý F, Váňová M. 2009. Metodiky pěstování ozimé pekárenské pšenice. Agrotest fyto, Kroměříž.
46. Pavlovcová H. 1998. Studium faktorů ovlivňujících bilanční stravitelnost fosforu u prasat [disertační práce]. MZLU, Brno.
47. Petr J. 2000. Tvorba výnosu u obilnin. Úroda **4**: 9-11.
48. Polišínská I, Jirsa O. 2019. Kvalita sklizně pšenice 2018 a hodnocení nejčastěji pěstovaných odrůd. Agromanual, Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/sklizen-1/kvalita-sklizne-pšenice-2018-a-hodnoceni-nejcasteji-pestovanych-odrud> (accessed April 2019).
49. Pourazari F, Vico G, Ehsanzadeh P, Weih M. 2015. Contrasting growth pattern and nitrogen economy in ancient and modern wheat varieties. Canadian journal of plant science **95**: 851-860.
50. Richter R, Hlušek J. 1996. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha.
51. Rikanová J. 1992. Studium fosfátového režimu v závlahách [disertační práce]. VŠZ, Brno.
52. Rovenská B. 1968. Anatomický atlas pšenice. Academia, Praha.

53. Sánchez De La Orden M, Castillejo-González IL, López-Granados F, García-Ferrer A, Peña-Barragán JM, Jurado-Expósito M, González-Audicana M. 2009. Object-and pixel-based analysis for mapping crops and their agroenvironmental associated measures using QuickBird imagery. *Comput Electron Agric* **68**: 207–215.
54. Sharpley A, Rekolainen S. 1997. Phosphorus In Agriculture And Its Environmental Implications. Centre for Agriculture and Biosciences International. Agricultural Research Service, Available from: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=84257> (accessed February 2020).
55. Shewry P. R, Halford N. G. 2009. Protein Storage Proteins. Structures Properties and Role Using Grain. *Bulletin of Experimental Botany* **60**: 1537-1553.
56. Shpiler L, Blum A. 1986. Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica* **35**: 483-492.
57. Smatanová M. 2018. Současný stav agrochemického zkoušení půd, vývoj obsahu přístupných živin a půdní reakce. *Agromanual*, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/soucasny-stav-agrochemickeho-zkouseni-pud-vyvoj-obsahu-pristupnych-zivin-a-pudni-reakce> (accessed January 2018).
58. Smit B, Skinner M. W. 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **7**: 85-114.
59. Státní zemědělský investiční fond. 2018. ZPRÁVA O TRHU OBILOVIN, OLEJNIN A KRMIV. Pages 15-16 in *Tržní informační systém ČR XVIII, Česká republika*.

60. Šafarčíková S, Kouřil M. 2006. Živiny v krajině. DAPHNE ČR-Institut aplikované ekologie, České Budějovice.
61. Škarpa P, Ryant P, Antošovský J. 2016. Základní hnojení pšenice. Agromanuál, Brno. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zakladni-hnojeni-psenice-ozime> (accessed September 2016).
62. Špaldon E. 1982. Rostlinná výroba. Příroda, Bratislava.
63. Thao HTB, Yamakawa T. 2008. Growth of celery (*Apium graveolens* var. dulce) as influenced by phosphite. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* **53**: 375–378.
64. Tinker P. B, Nye P. H. 2000. Solute movement in rhizosphere. Oxford University Press, Great Britain.
65. Tinker P. B. 1984. The role of microorganisms in mediating and receiving plant nutrient uptake from soil. *Plant Soil* **76**: 77-91.
66. Vach J, Javůrek M. 2008. Rostlinná produkce s ohledem na agroekologická hlediska. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
67. Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s. r. o., Praha.
68. Vohlídal J, Štulík K, Julák A. 1999. Chemické a analytické tabulky. Grada Publishing, Praha.
69. Vuuren V.D.P, Bouwman A.F, Beusen A.H.W. 2010. Phosphorus Demand for 1970–2100 Period: A Scenario Analysis of Resource Depletion, *Global Environmental Change* **20**:428-439.
70. Wacker M, Linton D, Hitchen PG, Nita-Lazar M, Haslam SM, North SJ, Panico M, Morris HR, Dell, Wren BW, Aebi M. 2002. N-vázaná glykosylace v *Campylobacter jejuni* a její funkční přenos do *E. coli*. *Věda* **298 (5599)**: 1790-3.

71. Wan Y, Poole RL, Huttly AK, et al. 2008. Transkripční analýza vývoje zrna v hexaploidní pšenici, BMC Genomics.
72. White A. K, Metcalf W.W. 2007. Mikrobiální metabolismus redukovaných sloučenin fosforu. Annu. Microbiol **61**: 379-400.
73. Zimdahl LR. 2019. Sustainable Agriculture and Environment-Ethical Perspective. Weeds- Journal of Asian-Pacific Weed Science Society, USA.
74. Zimolka J. 2005. Pšenice. Profi Press, Praha.

10 Samostatné přílohy

Tabulka 1: Kritéria hodnocení obsahu přístupného fosforu – dle Mehlich 3, orná půda.....	23
Tabulka 2: Agrotechnické postupy během vegetace u 3letých pokusů za rok 2017,2018 a 2019	38
Tabulka 3: Přehled pokusných variant – druhy a dávky hnojiv.....	39
Tabulka 4: Ceník hnojiv použitých v pokusu Kč/t.....	39
Tabulka 5: ANOVA – Výnos t/ha.....	46
Tabulka 6: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami (Výnos t/ha).....	47
Tabulka 7: Výnosy v t/ha u jednotlivých variant.....	47
Tabulka 8: ANOVA HTZ (g)	48
Tabulka 9: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku – HTZ (g)	48
Tabulka 10: HTZ (g) u jednotlivých variant.....	49
Tabulka 11: ANOVA N-látky (%).....	50
Tabulka 12: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku N-látek (%).....	50
Tabulka 13: N-látky v % u jednotlivých variant.....	50
Tabulka 14: ANOVA tabulka obsah škrobu %.....	51
Tabulka 15: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah škrobu v %.....	51
Tabulka 16: Obsah škrobu u jednotlivých variant	52
Tabulka 17: ANOVA tabulka Objemová hmotnost (g/l)	53
Tabulka 18: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – HLV g/l	53
Tabulka 19: Obsah HLV v g/l u jednotlivých variant	53
Tabulka 20: Odběry půd u řepky ozimé (2016,2017,2018).....	54
Tabulka 21: Přehled výsledků průměr 3 let (2017,2018,2019)	55
Tabulka 22: Ekonomika-přehled nákladů a zisku.....	56
Graf 1: Výnosy obilnin během let 2016-2019 (uvedlo ČSÚ 2019)	18
Graf 2: Četnost zastoupení 10 nejčastějších odrůd ve sklizních let 2018, 2017 a 2016 (uvedlo ČSÚ 2019)	18
Graf 3: Podíl odběru jednotlivých živin v kg/t u pšenice ozimé (dle ÚKZÚZ 2014).....	21
Graf 4: Příjem živin u pšenice ozimé během vegetace (uvádí Yara Hanninghof 2010)	22
Graf 5: Změny obsahu přístupného P na z. p. a spotřeba fosforečných hnojiv (Smatanová 2018).....	24
Graf 6: Vliv pH půdy na dostupnost P v půdě (uvádí Yara Hanninghof 2010)	25
Graf 7: Měsíční úhrny srážek v mm v roce 2017, 2018, 2019	37
Graf 8: Průměrná denní teplota ve °C v roce 2017, 2018, 2019.....	37
Graf 9: Výnos t/ha	46
Graf 11: HTZ (g).....	48
Graf 12: N-látky (%)	49
Graf 13: škrob v %	51
Graf 14: HLV g/l.....	52
Obrázek 1: Hodnoty u pšenice ozimé (laboratoř)	II
Obrázek 2: Sáčky s odběry vzorků pšenice ozimé.....	II

Obrázek 1: Hodnoty u pšenice ozimé (laboratoř)



Obrázek 2: Sáčky s odběry vzorků pšenice ozimé

