



OBILNÁŘSKÉ LISTY 3–4/2022

Odborný časopis
pro zemědělskou veřejnost

XXX. ročník

P.P.
981317-0109/2007
767 01 Kroměříž 1



Díky teplému počasí a vláze v půdě je letošní vzcházení ozimů vyrovnané

Obsah č. 3–4/2022:

- | | |
|---|------------|
| Váňová, M., Jirsa, O., Martinek, P.: Příprava osiva je součástí antistresových opatření | (s. 55–62) |
| Polišenská, I., Tvarůžek, L., Jirsa, O., Růžková, S., Spitzer, T.: Kvalita a výnos odrůd pšenice tvrdé (<i>T. durum</i>) v polních pokusech v Kroměříži 2016–2021 | (s. 63–70) |
| Látal, O., Sedláčková, I., Pozdíšek, J.: Optimalizace kvality hnoje s využitím aplikace aktivátoru Z'fix v chovech skotu | (s. 70–72) |
| Vaculová, K., Sedláčková, I.: Vliv míry využitelnosti fosforu na kvalitu potravin a krmiv, zatížení životního prostředí a zdraví konzumentů | (s. 73–79) |
| Martinek, P., Kotíková, Z., Paznocht, L.: Odrůda AF Zora – nový směr ve využití nutriční kvality pšenice | (s. 80–84) |

Redakční rada:

Dr. Ing. Ludvík Tvarůžek, vedoucí redaktor,
Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.

Mgr. Věra Kroftová,
Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.

RNDr. Ivana Polišenská, Ph.D.,
Agrotest fyto, s.r.o.

Doc. Ing. Ivana Šafránková, Ph.D.,
Mendelova univerzita v Brně

Ing. Kateřina Vaculová, CSc.,
Agrotest fyto, s.r.o.

OBILNÁŘSKÉ LISTY – vydává:

Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.,
Společnost zapsána v obchodním rejstříku
vedeném Krajským soudem v Brně, oddíl C, vložka 6094,

Vedoucí redaktor:

Dr. Ing. Ludvík Tvarůžek

Adresa:

Havlíčková ulice 2787,

PSČ 767 01 Kroměříž,

tel.: 573 317 141, –138, fax: 573 339 725,

e-mail: vukrom@vukrom.cz

náklad 5 000 výtisků,

grafická příprava: F.R.Z. agency s.r.o., Brno

tisk: NOVATISK, a.s., Blansko

MK ČR E 12099

ISSN 1212-138X

eISSN 1213-3981

Instrukce pro autory odborných článků předaných ke zveřejnění v časopise Obilnářské listy

Ke zveřejnění jsou přijímány původní vědecké a odborné práce, které nebyly publikovány v jiných periodikách. V recenzním řízení se odborní opONENTI vyjádří, zda text odpovídá požadavkům na zveřejnění popřípadě zpracují připomínky, podle kterých by měl být rukopis před zveřejněním upraven.

Text musí být členěn do následujících částí:

- **Název práce** – musí výstižně informovat o zaměření práce.
- **Jméno/a autora/ů** – bez titulů a vědeckých hodností.
- **Souhrn (abstrakt)** v českém i anglickém jazyce – stručný text, který informuje o cílech, metodách a dosažených výsledcích práce.
- **Klíčová slova** – výrazy (jedno- i víceslovné) výstižně charakterizující obsah práce.
- **Úvod** – stručně vysvětluje, proč byla práce prováděna, a jaký má studovaná problematika význam. Citovanými publikacemi lze doložit stav současných poznatků, z nichž autoři vycházejí.
- **Materiál a metody** – jasně formulované a přesně popsané veškeré kroky, které vedly k provedení a dokončení práce včetně způsobu zpracování a vyhodnocení výsledků. Obsahuje také popis použitých metod, případně citace zdrojů, ve kterých je použita metoda nebo metodika popsána. Je nutno dodržovat mezinárodně platné odborné termíny, vědecké názvy organismů, soustavy jednotek, a jejich platné české ekvivalenty.
- **Výsledky a diskuze** – analytické zhodnocení, čeho bylo při experimentech dosaženo. Výsledky musí být zpracovány přehledně a pokud možno vyjádřeny graficky nebo v tabulkách. Nelze zde uvádět výsledky získané postupem, který není popsán nebo citován v metodice.
- **Závěr** – stručně shrnuje nejdůležitější výsledky a poznatky.
- **Poděkování a dedikace** – poděkování za technickou spolupráci, poskytnutí dat apod., dedikace k řešenému projektu/projektům. Číslo projektu a názvy poskytovatelů je nutno psát ve tvaru, v jakém jsou zapsány v informačním systému VaV na stránkách <http://www.vyzkum.cz>.
- **Kontaktní adresa autora/ů** – Jméno autora (včetně e-mailové adresy), u kterého je možné získat další informace k tématu zveřejněného příspěvku.

(Inzerce v časopisu nepodléhá recenznímu řízení a vyjadřuje názory jejího zadavatele)

Příprava osiva je součástí antistresových opatření

(Seed priming is part of anti-stress approaches)

Marie Váňová, Ondřej Jirsa, Petr Martinek
Agrotest fyto s.r.o., Kroměříž, Havlíčkova 2787/121

Souhrn: Úpravou osiva mořením lze docílit lepší počáteční růst a vývoj nejen z hlediska zlepšení zdravotního stavu, ale i z hlediska účinku růstových stimulantů obsažených v mořidlech. Především u porostů v horších podmínkách, např. při pozdním setí, za sucha, při nižší intenzitě pěstování, při vyšších teplotách. Příprava osiva pomáhá překonat stres způsobený abiotickými faktory, k nimž patří nevyzpytatelný průběh počasí, i když má ozimá pšenice díky poměrně dlouhé vegetační době schopnost kompenzovat řadu nepříznivých faktorů. K tomu je ovšem nutné, aby jednotlivé růstové fáze byly dostatečně dlouhé a probíhaly za podmínek příznivých pro realizaci morfo-fyziologických procesů jako je růst a vývoj kořenů a proces tvorby odnoží v rané fázi růstu. Velmi důležitá je i hladina fytohormonů v raných fázích růstu, které jsou všeobecným stimulem pro vyvolání tolerance k nepříznivým okolnostem.

V uvedených pokusech byla sledována u tří odrůd ozimé pšenice agrotechnická opatření posilující především růst a vývoj kořenového systému (podpora rozkladu organické hmoty, termín setí, ochrana proti chorobám) a použití speciálních mořidel s dlouhodobou účinností nejen na choroby, ale i se stimulačními účinky na růst a vývoj kořenové soustavy. V konkrétním případě se tedy jedná o vliv odrůdy, termínu setí a využití mořidel.

Klíčová slova: ozimá pšenice, příprava osiva, tolerance k abiotickým stresům

Abstract: Seed priming is possible to achieve better initial growth and development not only in terms of improving health, but also in terms of the effect of growth stimulators contained in the seed dressing. Especially for stands in worse conditions, e.g. during late sowing, dry, at lower intensity of cultivation, at higher temperatures. Seed preparation helps to overcome the stress caused by abiotic factors, which include unpredictable weather conditions, even though winter wheat has the ability to compensate for a number of unfavourable factors due to its relatively long growing season. However, it is necessary that the individual growth phases are sufficiently long and take place under conditions favourable for the implementation of morpho-physiological processes such as root growth and development and the process of tillers formation in the early phase of growth. The level of phytohormones in the early stages of growth is also very important, which is a general stimulus for inducing tolerance to adverse circumstances.

In the above experiments, agrotechnical measures strengthening the growth and development of the root system (support of organic matter decomposition, sowing date, protection against diseases) and the use of special seed treatment with long-term effectiveness not only on diseases but also with stimulating effects on growth.

Key Words: winter wheat, seed priming, tolerance on abiotic stress

Úvod

Klimatické změny jsou universálním problémem současné doby a sektor zemědělství patří k těm vysoce zranitelným. Při globálních změnách klimatu, v němž dominantní úlohu hraje celkové oteplování a velká variabilita v množství a intenzitě srážek je obtížně předvídatelný jejich dopad na výnosy a kvalitu zemědělské produkce (Rosenzweig, Colls 2005). Proto je snaha o korekci negativních vlivů v mnoha směrech a hledání těch, které mohou mít širší uplatnění. Problematika ochrany vůči působení abiotických stresů v průběhu pěstování plodin nabývá na významu a je snaha navrhnout adaptační opatření, která umožní snížit tyto ztráty.

Vysoké výnosy se nám zdají být samozřejmou skutečností a mnohdy si nepřipouštíme to, že roční či lokální výkyvy mohou být značné, a že je obtížné je ovlivnit. A tak se snadno přehlídí. Je proto důležité podrobněji se zabývat výsledky, které identifikují slabá místa v technologii pěstování a kterých bychom si mohli více všimnout.

Změna klimatu přináší nepravidelné rozložení srážek a teplot a vyšší četnost extrémních klimatických jevů. Střídají se období silných nebo dlouhodobých dešťů s obdobím sucha a to ovlivňuje i polní práce. Nejen doba sklizně je různě dlouhá a začíná v odlišných termínech. Ale i doba setí anebo délka jednotlivých vegetačních fází je posunutá a zkrácená. To všechno jsou důsledky GZK a ty jsou součástí stresu ze sucha a zvyšující se teploty vzduchu i půdy (Čílek, Storch 2021). Následky toho se

projevují v řádu týdnů a měsíců a je obtížné nebo téměř nemožné je předvídat a tak připravovat (vůbec nějaká) protipatření.

Ozimá pšenice má díky poměrně dlouhé vegetační době schopnost kompenzovat řadu nepříznivých faktorů, které mohou ovlivnit výnos i kvalitu. K tomu je nutné, aby jednotlivé růstové fáze byly dostatečně dlouhé a probíhaly za podmínek příznivých pro realizaci morfo-fyziologických procesů jako je růst a vývoj kořenů a proces tvorby odnoží v rané fázi růstu. Velmi důležitá je i hladina fytohormonů v raných fázích růstu, které jsou všeobecným stimulem pro zvýšení odolnosti k suchu v následném vegetačním období (Ilias et al. 2021).

Podzimní srážky a teploty v době před a po zasetí patří k těm velmi důležitým, neboť průběh podzimu ovlivňuje termín setí, dobu vzcházení, následné odnožování a mohutnost kořenové soustavy ozimé pšenice. Problémy mohou být dva: nedostatek srážek v období září–říjen, kdy je ovlivněna příprava půdy na setí, vzcházení ozimů a vliv na počáteční růst ozimých obilovin anebo nadbytečné srážky – říjen až listopad ovlivňující přípravu půdy a dobu setí.

Úpravou osiva mořením lze docílit lepší počáteční růst a vývoj (Farooq et al. 2021) nejen z hlediska zlepšení zdravotního stavu, ale i z hlediska účinku růstových stimulantů v mořidlech obsažených.

Především u porostů v horších podmínkách např. při pozdním setí, za sucha, při nižší intenzitě pěstování, při vyšších teplotách. Příprava osiva pomáhá překonat stres způsobený abiotickými faktory, k nimž patří nevyzpytatelný průběh počasí (Farooq et al. 2021).

Výzkum pracuje na vytváření podmínek s různým stupněm intenzity pěstování až po výrazně deficitní situaci a následně hodnotí, jakou roli hraje zkoušené opatření – v našem případě úprava osiva. Tím se vyloučí podmínky, kdy je dané opatření zbytečné (nepřináší žádaný efekt) a naopak jsou definovány situace, které následně akcentují jejich vliv a přináší řešení pro překonání stresu a dokáží zlepšit růst a vývoj rostlin.

V uvedených pokusech byla sledována u tří odrůd ozimé pšenice agrotechnická opatření posilující především růst a vývoj kořenového systému (podpora rozkladu organické hmoty, termín setí, ochrana proti chorobám) a použití speciálních mořidel s dlouhodobou účinností nejen na choroby, ale i se stimulačními účinky na růst a vývoj kořenové soustavy. V konkrétním případě se tedy jedná o vliv odrůdy, termínu setí a využití mořidel.

Metodika pokusu

Jsou uvedeny pokusy z tří let po předplodině obilnině a ze dvou let po předplodině hrachu.

Způsob zakládání pokusů se v jednotlivých letech lišil v době jejich zakládání a v technologii pěstování na základě vyhodnocení výsledků z předcházejícího roku. To proto, abychom byli schopni stanovit vliv přípravy osiva na možnost ovlivnění negativního vlivu některého z komponentů technologie pěstování.

1. Agrotechnická data

Pro všechny varianty pokusu byla předplodinou: obilnina v roce 2018/19, 2019/20, 2020/21 hrách v roce 2019/ 20 a 2020/2021 Velikost parcel byla 10 m² v 2×5 opakováních.

Termín setí:

rok 2018/19

první termín setí – 1. 10. 2018

druhý termín setí – 30. 10. 2018

rok 2019/20

první termín setí – 2. 10. 2019

druhý termín setí – 15. 10. 2019

třetí termín setí – 29. 10. 2019

rok 2020/21

pozdní setí – 16. 11. 2020

setí po hrachu – 23. 10. 2020

Odrůdy: Moschus (E), Judita (A), Frisky (C)

Moření: každá z uvedených odrůd měla dvě varianty moření:

Vibrance Gold 2 l/t (V)

Vibrance Gold + Systiva 2 l/t + 1,5 l/t (V+S).

V pokuse byl hodnocen na jaře počet odnoží.

Dále pak zdravotní stav v době mléčné voskové zralosti, výnos zrna, HTZ, OH a obsah N-látek. V této práci jsou uvedeny jen výnosy zrna ve vztahu k průběhu počasí a agrotechnickým opatřením a v roce 2021 i HTZ a OH.

Tab. 1: Varianty hnojení a ošetření fungicidy

Moření:	Varianta ošetření		
	Nízká intenzita – kontrola	Střední intenzita	Vyšší intenzita
každá z uvedených variant ošetření měla dvě varianty moření:	hnojení na podzim	hnojení na podzim	hnojení na podzim
NPK	NPK	NPK	NPK
200 kg/ha bez fungicidů	200 kg/ha, 120 kg N/ha během vegetace	200 kg/ha, 160 kg N/ha během vegetace	
Vibrance Gold 2 l/t (V)		1× fungicid BBCH 31-33 konec sloupkování	2× fungicid BBCH 31-33 konec sloupkování
Vibrance Gold + Systiva 2 l/t + 1,5 l/t (V+S).	ochrana proti poléhání BBCH 31-33	ochrana proti poléhání BBCH 31-33	ochrana proti poléhání BBCH 51-55 metání

2. Meteorologická data

Z meteorologických dat jsme pro dané pokusné místo vyhodnotili údaje o množství srážek v mm a teplotě vzduchu ve °C, ve srovnání s normálem (N) pro dané veličiny z meteorologické stanice v Kroměříži.

Byly vyhodnoceny údaje z roku 2018 až 2020 pro podzimní období z měsíců září až prosinec a údaje z let 2019 až 2021 pro měsíce leden až červen (a také leden až červenec).

Počasí (Tab. 2–5).

Tab. 2

Podzimní srážky v mm					
	rok	2018	2019	2020	Normál
suma měsíců 9.–12. v mm		145,2	223,5	288,3	168,8
v % normálu		86,01	132,4	170,8	

Tab. 3

Srážky během následující vegetace v mm					
	rok	2019	2020	2021	Normál
suma měsíce 1.–6. v mm		287,9	343,1	223,2	272,7
v % normálu		105,57	125,8	81,8	
měsíc červenec (7.)		118,8	89	42,1	73,1
suma měsíců 1.–7. v mm		406,7	432,1	265,2	345,8
v % normálu		117,6	124,9	76,7	

Tab. 4

Teploty na podzim ve °C					
	rok	2018	2019	2020	Normál
suma měsíců 9.–12. ve °C		35,9	36,9	34,2	28,2
v % normálu		127,3	130,9	121,3	

Tab. 5

Teploty během následující vegetace ve °C					
	rok	2019	2020	2021	Normál
suma měsíce 1.–6. ve °C		53,8	51,8	44,2	45,2
v % normálu		119,02	114,6	97,8	
měsíc červenec (7.)		20,1	19,2	21,5	19,6
suma měsíců 1.–7. ve °C		73,9	71,0	65,7	64,8
v % normálu		114,04	109,56	101,4	

Pro ozimou pšenici je nutné hodnotit srážky a teploty v době před a po setí, neboť průběh podzimu ovlivňuje termín setí, dobu vzcházení, následné odnožování a mohutnost kořenové soustavy ozimé pšenice.

Rok 2018 byl na podzim sušší (množství srážek činilo je 86,01 % N. Následující vegetační období roku 2019 vykazovalo v prvních čtyřech měsících rovněž vláhový deficit. Jen v květnu bylo srážek více (o 47,7%) a následně vlhký byl i měsíc červenec, což v celém období leden až červenec znamenalo zvýšení oproti normálu o 5,57 až 17,6 %.

Rok 2019 byl pro podzimní období velmi příznivý. Srážky byly rozloženy rovnoměrně a celková suma byla o 32,4 % vyšší než N. Následující vegetační období roku 2020 vykazovalo v prvních čtyřech měsících rovněž vláhový deficit. Jen v únoru bylo srážek více (o 20,9%) a následně vlhké byly i měsíce květen, červen a červenec.

Rok 2020 byl v podzimním období z hlediska srážek velmi proměnlivý.

Srážky byly rozloženy nerovnoměrně a celková suma byla o 70,8 % vyšší než N. Velmi deštivý byl měsíc říjen. Napršelo 133,8 mm oproti normálu 35,8 mm (to je 373,74 % N).

Tato situace byla příčinou velmi pozdního setí ozimé pšenice. Následující vegetační období roku 2021 se vyznačovalo až do konce měsíce července sušším, ale chladnějším průběhem počasí. Studené byly zejména jarní měsíce.

Předplodiny:

Pokusy byly založeny po dvou předplodinách.

Obilovina jako méně vhodná předplodina, zanechávající půdu v horším fyzikálním stavu s organickou hmotou, která odčerpává pro následný rozklad více vláhy a živin a s větším nebezpečím výskytu chorob přenosných v půdě nebo na rostlinných zbytcích.

Druhou předplodinou byl hrách, který je považován za předplodinu s vysokou přídavnou hodnotou po stránce zlepšení půdní struktury i zvýšení obsahu živin v půdě.

Výnosová úroveň uvedených pokusů se lišila především jako důsledek odlišného průběhu počasí na podzim, dále pak dle termínu setí, odlišnou aplikací mořidel i odrůdami, které byly v pokusech použity.

Vzhledem k velkému počtu proměnlivých veličin jsme výsledky zpracovali individuální formou v grafech, které udávají přesný vliv jednotlivých opatření, z nichž nedůležitější je míra účinnosti použitých mořidel v odlišných situacích (vliv ročníku, termín setí, intenzita pěstování).

Dále jsme pak volili statistické zpracování všech získaných údajů o výnosech v daném pokuse. To poskytuje širší pohled na vzájemné vztahy mezi nimi navzájem v obecnější rovině a stanoví místo, které v daném pokuse měla příprava osiva největší efekt.

Výsledky a diskuse

Předplodina obilnina

Nejnižší výnosy ve všech variantách byly v roce 2018/19 (7,26 t/ha, tab. 8), což bylo dáno především suchým podzimním obdobím roku 2018 a následnými čtyřmi měsíci s vláhovým deficitem roce 2019.

V roce 2019/20 byl výnos v průměru 10,98 t/ha (tab. 10).

V roce 2020/21 byl výnos v průměru 8,48 t/ha (tab. 14). Byl to druhý nejnižší průměrný výnos, především jako důsledek velmi pozdního setí.

Předplodina hrách

V roce 2019/20 byl výnos v průměru 11,02 t/ha (tab. 12).

V roce 2020/21 byl výnos v průměru 10,63 t/ha (tab. 15).

Termín setí

V roce 2018/2019 byl mezi termínem setí rozdíl 2,41 t/ha (tab. 8).

V roce 2019/2020 byl mezi termínem setí rozdíl 1,34 t/ha (tab. 10).

Vzhledem k tomu, že termín setí je průkazně rizikovým (stresovým) momentem, zvolili jsme pro rok 2020/21 setí až v polovině listopadu (16. 11. 2020) ve formátu tří intenzit pěstování (tab. 14).

Vliv mořidel na výnos zrna

V roce 2018/19 byl výnos zrna v kombinaci dvou mořidel (V+S) o 1,16 t/ha vyšší ve srovnání s variantou s jedním mořidlem (V). Kombinované moření vyvažovalo celkovou nižší výnosovou úroveň danou sušším průběhem počasí (tab. 8).

V roce 2019/2020 byla kombinace dvou mořidel (V+S) výnosově vyšší o 0,35 t/ha ve srovnání s variantou s jedním mořidlem (V) při celkově vyšší výnosové úrovni všech variant (tab. 10).

Po předplodině hrachu v roce 2019/2020 byla kombinace dvou mořidel (V+S) výnosově vyšší o 0,49 t/ha ve srovnání s variantou s jedním mořidlem (V) při celkově vysoké výnosové úrovni všech variant (tab. 12).

Při detailním hodnocení jsou patrné výraznější rozdíly mezi intenzitami pěstování. Nízká a střední intenzita se v průměru významně nelišily.

Ve vysoké intenzitě byl rozdíl mezi V a V+S nevýznamný. Vysoká intenzita poskytovala nejvyšší výnos a stírala rozdíl mezi variantami moření (obr. 4).

V roce 2020/21 kombinace dvou mořidel (V+S) měla o 1,05 t/ha vyšší výnos zrna ve srovnání s variantou s jedním mořidlem (V). Kombinované moření vyvažovalo celkovou nižší výnosovou úroveň danou pozdním setím (tab. 14)

Pokud bereme v úvahu všechna data o výnosu zrna (v t/ha) v jednotlivých letech a porovnáváme je k celkovému průměru výnosu všech sledovaných variant, pak nejvyššího rozdílu mezi variantami s jedním mořidlem (V) a kombinovaným mořením (V+S) bylo dosaženo v podmínkách suchého podzimu anebo při velmi pozdním setí (tab. 6).

Statistické hodnocení (průměry všech variant)

Proto, abychom měli možnost posoudit trend vlivu jednotlivých sledovaných faktorů (odrůda, doba setí, intenzita pěstování, mořidla), zpracovali jsme statisticky všechna data. To nám umožnilo zjednodušit, zpřehlednit a v obecnější rovině vyhodnotit jak významný vliv tyto faktory mají, jaká je jejich variabilita a průkaznost. Výnosové výsledky pokusů byly vyhodnoceny analýzou rozptylu (ANOVA) s použitím Tukeyova testu.

Druhý termín výsevu vedl v průměru všech variant pokusu ke snížení výnosu o 2,41 t/ha. Moření kombinací Vibrance + Systiva vedlo k průměrnému zvýšení výnosu o 1,16 t/ha.

Odrůda Frisky měla v průměru významně vyšší výnos než Judita a Moschus (tab. 8).

Termín výsevu ovlivnil méně Moschus (rozdíl 2,03 t/ha) než ostatní odrůdy (obě rozdíl 2,61 t/ha). Moření kombinací Vibrance+Systiva mělo průkazný efekt u všech odrůd, nejvíce na Juditu (+1,88 t/ha), pak na Moschusu (+0,86 t/ha) a Frisky (+1,73 t/ha) (obr. 1).

Tab. 7: Výsledky hodnocení výnosu pšenice analýzou rozptylu v roce 2018/19

	Počet stupňů volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	F hodnota	p hodnota
Odrůda (O)	2	75,4	37,7	97,4	0,000***
Intenzita (I)	1	80,3	80,3	207,7	0,000***
Výsev (V)	1	349,9	349,9	904,6	0,000***
Mořidla (M)	1	80,4	80,4	207,9	0,000***
O × I	2	12,2	6,1	15,8	0,000***
O × V	2	4,6	2,3	5,9	0,003**
I × V	1	2,3	2,3	5,9	0,016*
O × M	2	15,6	7,8	20,2	0,000***
I × M	1	0,3	0,3	0,7	0,418
V × M	1	5,9	5,9	15,2	0,000***
O × I × V	2	0,9	0,4	1,2	0,315
O × I × M	2	0,5	0,2	0,6	0,541
O×V×M	2	2,6	1,3	3,4	0,036*
I×V×M	1	0,3	0,3	0,7	0,389
O×I×V×M	2	2,3	1,2	3	0,052
Chyba	216	83,5	0,4		
Celkem	239	716,9			

Pozn.: *, **, *** je průkaznost při 0,5, 0,05 resp. 0,01

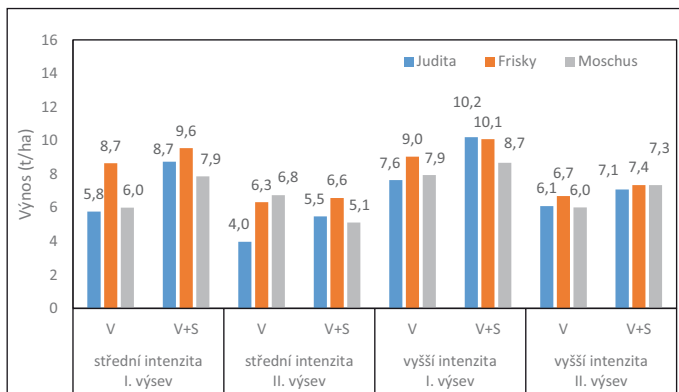
Tab. 6: Stručný přehled efektu kombinovaného moření v jednotlivých letech z pohledu dosaženého výnosu zrna ve vztahu k variantám s použitím mořidel

Rok	Předplodina	Stresový faktor	Výnos t/ha varianta V	Zvýšení V+S t/ha
2019	obilnina	sucho	7,26	1,16
2020	obilnina		10,98	0,51
2020	hrách		11,02	0,49
2021	obilnina	pozdní setí	8,48	1,05
2021	hrách		10,44	0,38

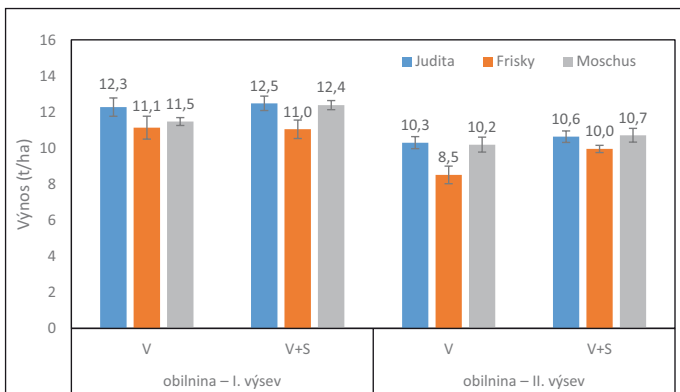
Tab. 8: Vliv doby setí a moření na výnos zrna při střední intenzitě pěstování v roce 2018/19. Průměrné hodnoty výnosu hlavních efektů

Efekt	Úroveň	N	Průměr t/ha	Rozdíl t/ha
Celkem		240	7,26	
Odrůda	Moschus	80	6,79 ^b	
	Judita	80	6,94 ^b	0,16
	Frisky	80	8,04 ^a	1,10
Výsev	II	120	6,05 ^b	
	I	120	8,46 ^a	2,41
Mořidla	V	120	6,68 ^b	
	V+S	120	7,84 ^a	1,16

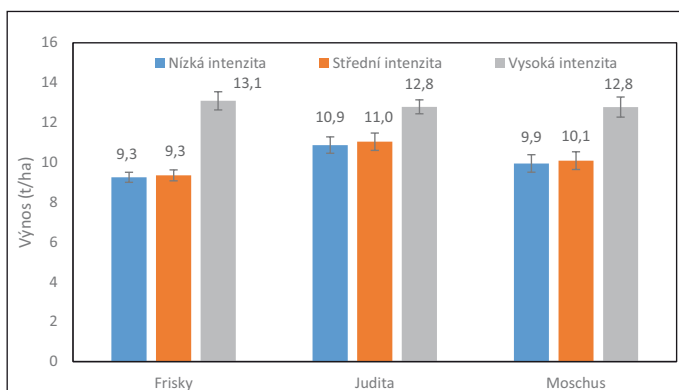
Pozn.: různá písmena označují statisticky významné rozdíly



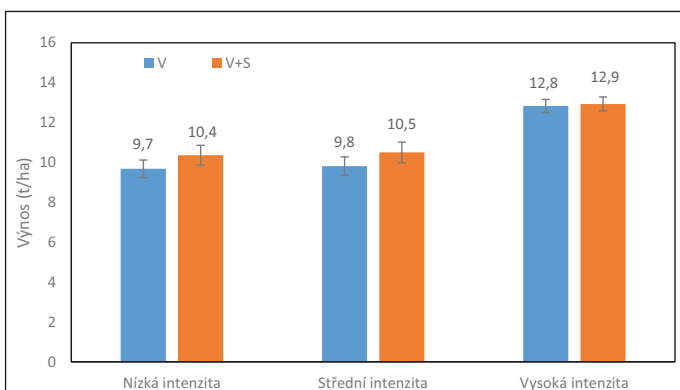
Obr. 1: Vliv intenzity pěstování, odrůdy a mořidel na výnos zrna ozimé pšenice v roce 2018/19



Obr. 2: Vliv doby setí a moření na výnos zrna po obilnině (2019/20)



Obr. 3: Průměrný výnos pšenice po hrachu v interakci intenzity pěstování a odrůdy (2019/20)



Obr. 4: Průměrný výnos pšenice po hrachu v interakci moření (V – Vibrance Gold, S – Systiva) a intenzity pěstování

Tab. 9: Výsledky hodnocení výnosu pšenice po hrachu analýzou rozptylu v roce 2019/20

Zdroj variability	Počet stupňů volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	F hodnota	p hodnota
Odrůda (O)	2	56,9	28,4	47	0,000***
Výsev (V)	1	86,4	86,4	144	0,000***
Moření (M)	1	6,9	6,9	11	0,001***
O x V	2	2,9	1,4	2	0,095
O x M	2	1,5	0,8	1,3	0,285
V x M	1	0,2	0,2	0,4	0,554
O x V x M	2	1,4	0,7	1,2	0,317
Chyba	147	88,4	0,6		
Celkem	158	237			

Pozn.: *** je průkaznost při 0,01

Tab. 10: Průměrné hodnoty výnosu hlavních efektů po obilnině (rok 2019/20)

Efekt	Úroveň	N	Průměr t/ha	Rozdíl t/ha
Celkem		159	10,90	
Odrůda	Frisky	48	10,19 ^c	
	Moschus	48	10,91 ^b	0,72
	Judita	63	11,44 ^a	0,53
Výsev	II	79	10,23 ^b	
	I	80	11,57 ^a	1,34
Mořidla	V	81	10,73 ^b	
	V+S	78	11,08 ^a	0,35

Pozn.: různá písmena označují statisticky významné rozdíly

Výnos zrna po předplodině obilnině byl nejvíce ovlivněn termínem výsevu před odrůdou a mořením. Interakce mezi faktory nejsou statisticky významné. Pozdní výsev dával o 1,34 t/ha nižší výnos oproti časnému termínu. Odrůdy se v průměrném výnosu vzájemně lišily. Moschus dával výnos vyšší o 0,72 t/ha proti Frisky a Judita o 0,53 t/ha proti Moschusu. Kombinované moření (V+S) v průměru zvýšilo výnos o 0,35 t/ha (tab. 10, obr. 2). Faktory na sobě statisticky průkazně nezávisí, pro všechny odrůdy je nejvyšší výnos při časném termínu s kombinovaným mořením.

Vliv doby setí a moření na výnos zrna při třech intenzitách pěstování v roce 2019/20 po předplodině hrachu

Výnos po hrachu byl nejvíce ovlivněn intenzitou pěstování s odstupem před odrůdou a mořením (tab. 12). Nízká a střední intenzita se v průměru významně nelišily, při vysoké intenzitě pěstování byl výnos vyšší o 2,73 t/ha proti střední intenzitě.

Tab. 11: Výsledky hodnocení výnosu pšenice po hrachu analýzou rozptylu v roce 2019/20

Zdroj variability	Počet stupňů volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	F hodnota	p hodnota
Odrůda (O)	2	12,3	6,1	39	0,000***
Intenzita (I)	2	125	62,6	393	0,000***
Moření (M)	1	4,3	4,3	27	0,000***
O × I	4	10,2	2,5	16	0,000***
O × M	2	0,4	0,2	1,2	0,297
I × M	2	1,4	0,7	4,3	0,019*
O × I × M	4	0,1	0,0	0,1	0,970
Chyba	54	8,6	0,2		
Celkem	71	162			

Pozn.: *, *** je průkaznost při 0,5, resp. 0,01

Tab. 12: Průměrné hodnoty výnosu hlavních efektů po předplodině hrachu v roce 2019/20

Efekt	Úroveň	N	Průměr t/ha	Rozdíl t/ha
Celkem		72	11,02	
Odrůda	Frisky	24	10,56 ^c	
	Moschus	24	10,94 ^b	0,37
	Judita	24	11,56 ^a	0,63
Intenzita	Nízká	24	10,02 ^b	
	Střední	24	10,16 ^b	0,14
	Vysoká	24	12,88 ^a	2,73
Moření	V	36	10,78 ^b	
	V+S	36	11,27 ^a	0,49

Pozn.: různá písmena označují statisticky významné rozdíly

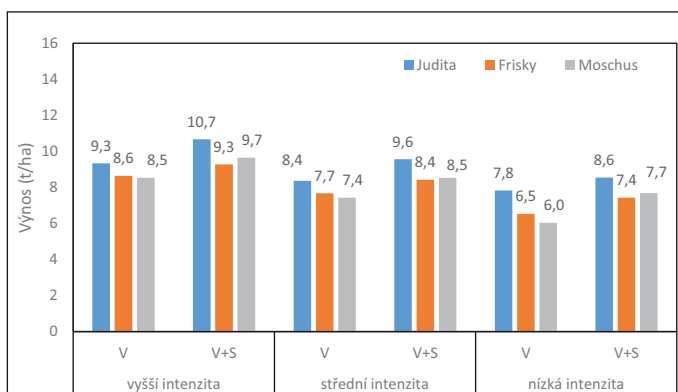
Tab. 14: Průměrné hodnoty výnosu hlavních efektů po obilnině rok 2020/21

Efekt	Úroveň	N	Průměr t/ha	Rozdíl t/ha
Celkem		108	8,48	
Odrůda	Moschus	36	7,96 ^a	
	Frisky	36	8,22 ^b	0,26
	Judita	36	9,27 ^c	1,05
Intenzita	Kontrola	46	7,08 ^a	
	Střední	39	8,46 ^b	1,38
	Vyšší	23	9,34 ^c	0,88
Mořidla	V	54	7,81 ^a	
	V+S	54	8,86 ^b	1,05

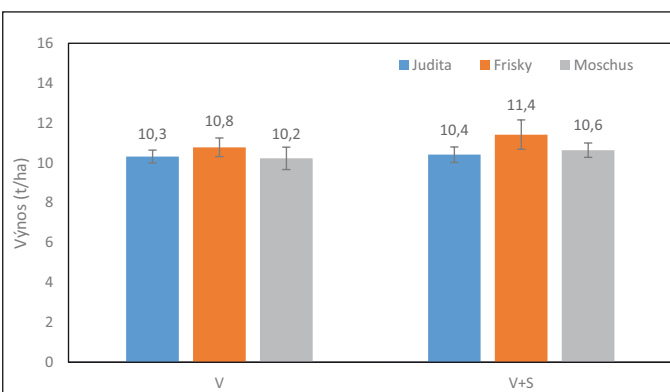
Pozn.: různá písmena označují statisticky významné rozdíly

Tab. 13: Výsledky hodnocení výnosu pšenice po obilovině analýzou rozptylu rok 2020/21
Průkaznost rozdílů ve výnosu u jednotlivých variant

HSD při nestejných N; proměnná Výnos Chyba: meziskup. PČ = 0,14426, SV = 90												
Odrůda	Intenzita	Moření	Výnos t/ha (průměr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Moschus	K	V	6,04	****								
Frisky	K	V+S	6,53	****	****							
Moschus	St	V	7,43		****	****						
Frisky	K	V	7,44		****	****	****					
Frisky	St	V+S	7,67			****	****	****				
Moschus	K	V+S	7,69			****	****	****	****			
Judita	K	V	7,83			****	****	****	****			
Judita	St	V	8,37				****	****	****			
Frisky	St	V	8,43					****	****			
Moschus	Vy	V	8,53					****	****	****		
Moschus	St	V+S	8,55						****			
Judita	K	V+S	8,55			****	****	****	****	****		
Frisky	Vy	V+S	8,64						****	****		
Frisky	Vy	V	9,28							****	****	
Judita	Vy	V	9,35							****	****	
Judita	St	V+S	9,56								****	
Moschus	Vy	V+S	9,65								****	
Judita	Vy	V+S	10,67									****



Obr. 5: Průměrný výnos pšenice po hrachu v interakci moření, intenzity pěstování a odrůdy (2020/21)



Obr. 6: Průměrný výnos pšenice po hrachu v interakci použitých mořidel a odrůdy (2020/21)

Tab. 15: Průměrné hodnoty výnosu hlavních efektů po hrachu rok 2020/21

Efekt	Úroveň	N	Průměr t/ha	Rozdíl t/ha
Celkem		24	10,63	
Odrůda	Judita	8	10,37 ^a	
	Moschus	8	10,43 ^a	0,07
	Frisky	8	11,10 ^b	0,67
Mořidla	V	12	10,44 ^a	
	V+S	12	10,82 ^b	0,38

Odrůdy se v průměrném výnose vzájemně lišily, při vysoké intenzitě byl ale jejich výnos srovnatelný (obr. 4).

Kombinace mořidel (V+S) v průměru zvýšila výnos o 0,49 t/ha, ve vysoké intenzitě byl však efekt nevýznamný (obr. 4). Vysoká intenzita tak poskytovala nevyšší výnos a stírala rozdíly v odrůdě a v moření.

Vliv moření na výnos zrna při třech intenzitách pěstování v roce 2020/21 po předplodině obilovině při pozdním termínu setí

Výnos po obilnině při pozdním setí byl ovlivněn odrůdou, intenzitou pěstování i mořením (tab. 13 a tab. 14).

Interakce mezi faktory jsou statisticky významné. Odrůdy se v průměrném výnose vzájemně lišily. Frisky a Judita měly vyšší výnos o 0,26 t/ha a 1,05 proti Moschusu.

Intenzity pěstování se výnosově průkazně odlišovaly. Oproti kontrole s nízkou intenzitou pěstování měla střední intenzita vyšší výnos o 1,38 t/ha a vyšší intenzita pěstování se lišila od střední intenzity o 0,88 t/ha.



Pozdní setí navozuje stresovou situaci, neboť ozimá pšenice odnožuje až na jaře

Kombinované moření (V+S) v průměru všech variant pokusu zvýšilo výnos o 1,05 t/ha.

Výnos zrna po předplodině hrachu byl v roce 2020/21 vyšší ve srovnání s výnosem po obilovině seté až 16. 11. 2020. Rozdíl v době setí byl 23 dní a rozdíl ve výnose 2,15 t/ha.

Rozdíl mezi variantami moření byl po předplodině hrachu jen 0,38 t/ha (tab. 15).

Naproti tomu rozdíl mezi variantami moření při pozdním setí po předplodině obilnině byl 1,05 t/ha (tab. 14).

Závěr

Výnos zrna ozimé pšenice je podle mnoha literárních zdrojů statisticky významně ovlivněn v první řadě ročníkem (Váňová a kol., 2021), přestože máme velmi výkonné odrůdy a zpracované technologie pěstování (Martinek, 2019). Pro zemědělce je výnos a především výnosová stabilita předpokladem pro rentabilitu podnikání a měnící se klima je faktorem, který nelze mnohdy nahradit známými schématy.

Je obtížné hledat pozici pro uplatnění stimulatorů růstu, a proto mají pokusy s nimi velkou různorodost variant. Výsledky v jednotlivých letech jsou proměnlivé, pokud ale bereme v úvahu všechna data o výnosu zrna (v t/ha) v jednotlivých letech a porovnáváme je ve vztahu k celkovému průměru výnosu všech sledovaných variant, pak nejvyššího rozdílu bylo dosaženo v podmínkách suchého podzimu anebo při velmi pozdním setí. Stručný přehled efektu kombinovaného moření v jednotlivých letech z pohledu dosaženého výnosu zrna ve vztahu k variantám s použitím mořidel je uveden v tab. 6.

Kombinace vysoce účinných mořidel má vliv nejen na řadu chorob přenosných osivem, ale je i specifickým fyziologickým přínosem. Zlepšuje klíčivost a podporuje vývoj kořenů, a to jak z hlediska hmotnosti, tak délky, zejména v době stresu (Rehman et al., 2015).

To vede k lepšímu založení porostů, lepšímu udržení odnoží a k vývoji mohutnější rostliny, což umožňuje pěstitelům maximalizovat genetický potenciál plodiny (Gillbard, 2021).

Jak uvedené výsledky co neefektivněji využít (?), především v době kdy náklady na výrobu stoupají a je nutné hledět na precizní a co neefektivnější provedení všech zásahů v rámci technologie pěstování.

Počasí lze jen obtížně odhadnout, i když meteorologické celebrity upozorňují na častější možnost suchých období a na celkově se zvyšující roční teplotu. Týká se to především oblastí, které už v minulých letech strádaly menším množstvím srážek a jejich nerovnoměrným rozložením.

Kromě toho jsou situace, které lze předvídat s vyšší mírou pravděpodobnosti. Jsou to především předplodiny, které navozují vyšší nároky na vláhu jako je kukuřice, vojtěška, slunečnice. Předplodiny, které prohlubují proschnutí půdního profilu, anebo omezují dostupnost vláhy tím, že je voda poutána na rozklad organické hmoty, jsou pro následnou ozimou pšenici v suchých letech rizikem s těžko napravitelnými následky. Kombinované moření ve všech zkoušených letech výnos zrna ovlivnilo kladně, ale uplatnilo se především při pozdním setí, při nižší intenzitě pěstování a v podmínkách sucha v raných fázích růstu.

(Recenzováno)

Poděkování

Příspěvek byl vypracován za podpory projektu QK 1910269 Ministerstva zemědělství České republiky.

Literatura:

Cílek V., Storch D.: Vesmír 29, 2021, 154-159.

Farooq M., Romdhane L., Rehman A., Al-Alawi A.K.A., Al-Busaidi W.M., Asad S.A., Lee D.J.: Integration of seed priming and biochar application improves drought tolerance in cowpea. Journal of Plant Growth Regulation (2021) 40: 1972-1980.

Gillbard E.: New SDHI fungicide seed treatment now available for winter cereals. Farmers WEEKLY, May 28, 2021, 57.

Ilyas M., Nisar M., Khan N., Hazrat A., Khan A.H., Hayat K., Fahad S., Ullah A.: Drought tolerance strategies in plants: A mechanistic Approach. Journal of Plant Growth Regulation (2021) 40: 926-944

Martinek P., Váňová M.: Vliv technologie pěstování a ročníku na znaky výnosu a kvalitu zrna vybraných odrůd a linií ozimé pšenice s odlišnou morfologií klasu. Obilnářské listy, 20, 2012, 4, 90-97

Rosenzweig C., Colls J.: Global warming and agriculture. Nottingham University Press (2005), 143-165.

Rehman A., Farooq M., Ahmad R., Basra S.M.A.: Seed priming with zinc improves the germination and early seedling growth of wheat. Seed Sci. Technol. (2015) 43: 262-268

Váňová M., Jirsa O., Hledík P.: Výnosová stabilita ozimé pšenice v závislosti na počasí, osevním sledu a zpracování půdy. Obilnářské listy 29, 2/2021, s. 29-38.

Kvalita a výnos odrůd pšenice tvrdé (*T. durum*) v polních pokusech v Kroměříži 2016–2021

(Quality and yield of durum wheat (*T. durum*) varieties in field trials in Kroměříž 2016–2021)

Ivana Polišínská, Ludvík Tvarůžek, Ondřej Jirsa, Simona Růžková, Tomáš Spitzer
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

Souhrn: Byla hodnocena zpracovatelská kvalita a výnos tvrdé pšenice (*T. durum*) pěstované v letech 2016–2021 v polních pokusech v Kroměříži ve dvou úrovních technologie pěstování (extenzivní, intenzivní). Technologie se lišily dávkou N/ha a aplikací fungicidů a morforegulátorů. V letech 2017, 2020 a 2021 byla v extenzivní technologii provedena inokulace klasů patogenem *F. culmorum*. V rámci souhrnného vyhodnocení výsledků ze všech sklizňových let byl v intenzivní technologii statisticky významně vyšší výnos (v průměru +0,96 t/ha), HTZ (+1,7 g), obsah dusíkatých látek (+0,5 %) a sklovitost (+9 %). Z hlediska požadavků na kvalitu bylo největším problémem dosažení vyhovující sklovitosti, v některých letech také objemové hmotnosti. Obsah deoxynivalenolu v přirozeně infikovaných variantách nepřesáhl limitní hodnotu pro pšenici tvrdou (1750 µg/kg), v inokulovaných variantách byly zjištěny značné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami.

Klíčová slova: pšenice tvrdá, *Triticum durum*, technologie pěstování, výnos, kvalita, sklovitost, deoxynivalenol

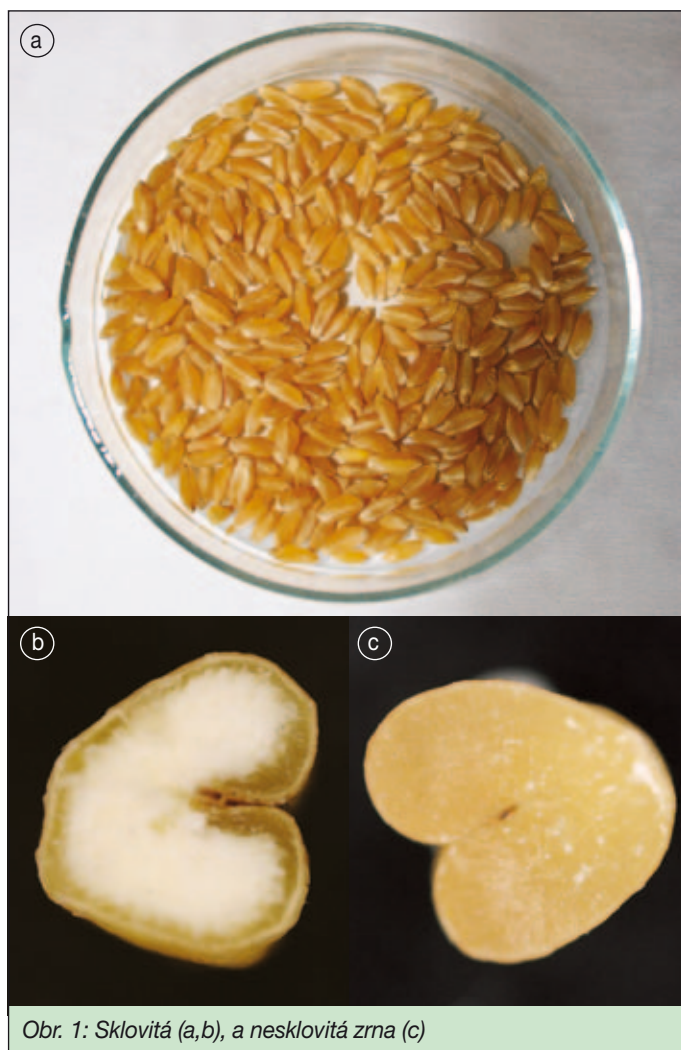
Abstract: The processing quality and yield of durum wheat (*T. durum*) grown in 2016–2021 in field trials in Kroměříž in two levels of cultivation technology (extensive, intensive) were evaluated. The technologies differed in N rate/ha, and in application of fungicides and morphoregulators. In 2017, 2020 and 2021, inoculation of ears with the pathogen *F. culmorum* was carried out in the extensive technology. Based on the aggregate evaluation of the results from all harvest years, in intensive technology statistically significantly higher were the yield (on average +0.96 t/ha), HTZ (+1.7 g), protein content (+0.5 %) and vitreousness (+9 %). From the point of view of quality, the main problem was to achieve satisfactory vitreousness and, in some years, also bulk density. The deoxynivalenol content of the naturally infected variants did not exceed the limit value for durum wheat (1750 µg/kg). In the inoculated variants, there were significant differences in deoxynivalenol content between durum wheat varieties

Key Words: durum wheat, *Triticum durum*, crop management, yield, quality, vitreousness, deoxynivalenol

Úvod

V současné době je v celosvětovém měřítku zdaleka nejpěstovanějším pšeničným druhem pšenice setá (*Triticum aestivum*). Tvoří přibližně 93–95 % produkce. Téměř celý zbývající podíl představuje pšenice tvrdá (*T. durum*). Ostatní druhy, jako např. pšenice špalda, jednozrnka nebo dvouzrnka, mají podíl v řádu zlomků procent. Pšenice tvrdá (*T. durum*) a pšenice setá (*T. aestivum*) jsou rozdílné botanické druhy pšenice. Svědčí o tom jejich rozdílný počet chromozómů: pšenice setá je hexaploid, tj. má 6 sad (6x7=42) chromozómů, zatímco pšenice tvrdá pouze čtyři sady (4x7=28), jde tedy o tetraploid. Stejný počet chromozómů jako pšenice tvrdá má také pšenice dvouzrnka. Pšenice tvrdá má nahé zrna, stejně jako pšenice setá, tj. pluchy a plevy nejsou okolo zrna příliš pevně vázány a k jejich odstranění dochází hned při kombajnové sklizni. Naproti tomu u pluchatých pšenic, jako jsou pšenice špalda nebo jednozrnka a dvouzrnka, nejsou sklízena jednotlivá zrna, ale celé klásky a před mlýnskou nebo přímou kuchyňskou úpravou je třeba zrna vyloupat. Jméno pro tvrdou pšenici pochází z latiny, v které „durum“ znamená „tvrdý“. Zrna jsou ve srovnání s pšenicí setou o něco větší, jantarově zbarvená a jejich typickým rysem je sklovitost endospermu. Obvykle má v porovnání s pšenicí setou pěstovanou ve stejných podmínkách vyšší obsah bílkovin a jiná je také kvalita bílkovin – lepek je velmi pevný a vytváří malý objem pečiva. Proto pro pečení chleba a jiných pečárenských výrobků, na jaké jsme ve středoevropské kuchyni zvyklí, není tvrdá pšenice příliš vhodná. Její hlavní využití je pro výrobu těstovin. Mouka z tvrdé pšenice se nazývá semolina.

Hlavním ukazatelem kvality zrna tvrdé pšenice je sklovitost, kterou se rozumí vizuálně vyhodnocený podíl sklovitých zrn v %. Sklovitá zrna mají průsvitný vzhled, jantarovou barvu a jsou sklovitá i na řezu, bez známek moučných skvrn (Obr. 1a,b), na rozdíl od zrn nesklovitých (Obr. 1c). Nesklovitá zrna mají



Tab. 1: Odrůdy pšenice tvrdé (*Triticum durum*) pěstované v polních pokusech v Kroměříži, a) ozimy, b) jařiny. Odrůda Haristide (typ přesívka) je zařazena podle toho, zda byla v daném roce vyseta na podzim nebo na jaře

Odrůda	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Odrůda	2017	2018	2021
a) ozimy							b) jařiny			
Auradur			✓	✓			Atlante			✓
Ceres				✓			Duralis			✓
Diadur						✓	Duramonte			✓
Haristide				✓	✓	✓	Haristide	✓	✓	
IS Fortidur						✓	Odysseo			✓
IS Karmadur		✓	✓	✓	✓		SY Nilo			✓
Sambadur			✓	✓	✓	✓	Tamadur		✓	✓
Tempodur			✓							
Wintergold	✓	✓	✓	✓	✓	✓				

Tab. 2: Pěstební technologie – dávka N/ha, počet aplikací fungicidů a morforegulátorů v intenzivní technologii (extenzivní bez fungicidů a morforegulátorů): a) ozimy, b) jařiny. V tabulce je uveden ročník/rok/číslo Obilnářských listů, ve kterých byla uveřejněna podrobně metodika a hodnocení pěstební technologie pro pšenici setou (<https://www.vukrom.cz/cz/poradenstvi-a-sluzby/obilnarske-listy.html>)

a) ozimy

Rok sklizně	Extenzivní	Intenzivní			Datum				Obilnářské listy
	N	N	Počet aplikací		Setí	Inokulace	Plná zralost	Sklizeň	
	(kg/ha)	(kg/ha)	fung.	morf.					
2016	70	217	5	4	08. 10.	x	21. 7.	25. 7.	25/2017/1
2017	70	218	3	2	15. 10.	5.6.	12. 7.	20. 7.	26/2018/2
2018	92	224	2	2	14. 10.	x	7. 7.	15.+16. 7.	27/2019/2
2019	70	256	2	2	09. 10.	x	10. 7.	24.+25. 7.	28/2020/1
2020	70	154	3	1	18. 10.	9.6.	22. 7.	30. 7.	29/2021/1
2021	116	146	2	4	22. 10.	15.6.	20. 7.	24. 7.	30/2022/2

b) jařiny

Rok sklizně	Extenzivní	Intenzivní			Datum		Obilnářské listy
	N	N	Počet aplikací		Setí	Sklizeň	
	(kg/ha)	(kg/ha)	fung.	morf.			
2017	70	70	1	3	17. 3.	22. 7.	
2018	88	88	1	2	11. 4.	31. 7.	27/2019/2
2021	90	90	1	2	26. 3.	31. 7.	30/2022/1

měkčí strukturu, při mletí dávají nižší výtěžnost semoliny a v těstovinách způsobují bílé skvrny. Podle požadavků ČSN 46 1100-3 na zrno pšenice tvrdé musí být podíl sklovitých zrn minimálně 73 %. Dále jsou kladeny požadavky na vlhkost (max. 14,5 %), objemovou hmotnost (min. 78 kg/hl), obsah N-látek v sušině (min. 11,5 %), číslo poklesu (min. 220 s) a podíl příměsí a nečistot (max. 12 %).

Pšenice tvrdá má jarní i ozimou formu a některé odrůdy lze pěstovat jako přesívky. Podobně jako pšenice setá je i pšenice tvrdá náročná na půdu. Nejvhodnější pro její pěstování jsou hluboké, středně těžké, hlinité půdy s dostatečnou zásobou živin a vláhy, především na počátku vegetace. Má vyšší nároky na teplo, proto se jí nejlépe daří v oblastech s dlouhým, teplým a suchým létem. Tvrdá pšenice je v Evropě pěstována hlavně ve Středomoří, odkud také pochází a kde její pěstování převládá nad pěstováním pšenice seté. V Evropě je celková plocha osetá tvrdou pšenicí 2,2 mil. ha, což je přibližně ve srovnání s pšenicí setou přibližně desetina (21,7 mil. ha) (<https://circabc.europa.eu>). Největším evropským pěstitelem tvrdé pšenice je Itálie (1229 tis. ha), dále Španělsko (298 tis. ha), Francie (291 tis. ha) a Řecko (220 tis. ha). V menší míře je tvrdá pšenice pěstována také na Slovensku (49 tis. ha), v Německu (38 tis. ha), Maďarsku (30 tis. ha) a Rakousku (21 tis. ha). Uváděné údaje se vztahují k roku 2021. V České republice se osevní plochy ani sklizené množství tvrdé pšenice pro jejich nepatrný podíl statisticky nesledují. V omezené míře se zde však pěstuje, zejména na jižní

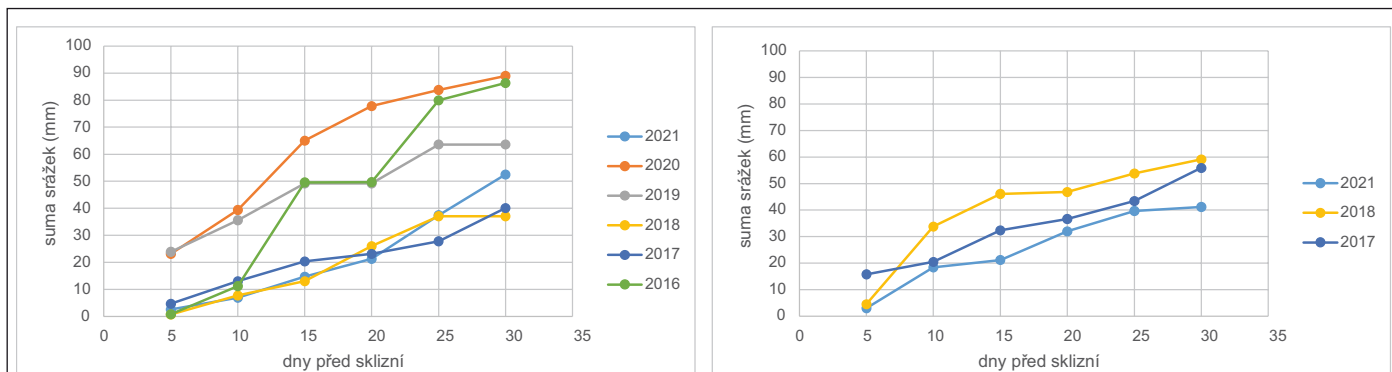
Moravě. Otázkou je, zda by její osevní plochy nemohly být větší a zda by pěstování tvrdé pšenice nebylo v suchých a teplých oblastech ekonomicky výhodnou volbou k pšenici seté. Výnos tvrdé pšenice je obvykle o něco nižší ve srovnání s pšenicí setou, výkupní ceny jsou však vyšší. V suchých podmínkách se rozdíly mezi výnosy pšenice seté a pšenice tvrdé zmenšují.

Pro ověření možnosti pěstování pšenice tvrdé v podmínkách střední Moravy byly v letech 2016–2021 zařazovány do kroměřížských odrůdových pokusů s pšenicí odrůdy pšenice tvrdé.

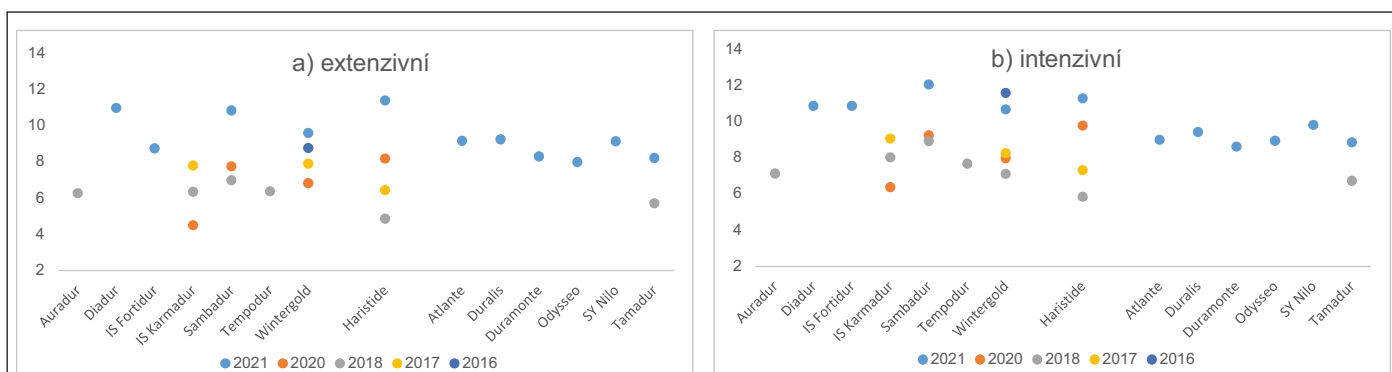
Materiál a metody

Odrůdy tvrdé pšenice (8 ozimých, 6 jarních, 1 odrůda typu přesívka) (Tab. 1) byly pěstovány v maloparcelkových (10 m²) polních pokusech v Kroměříži. Ozimy byly pěstovány ve všech sklizňových letech 2016–2021, jařiny 2017, 2018 a 2021. Pokusy byly vedeny ve dvou technologiích pěstování.

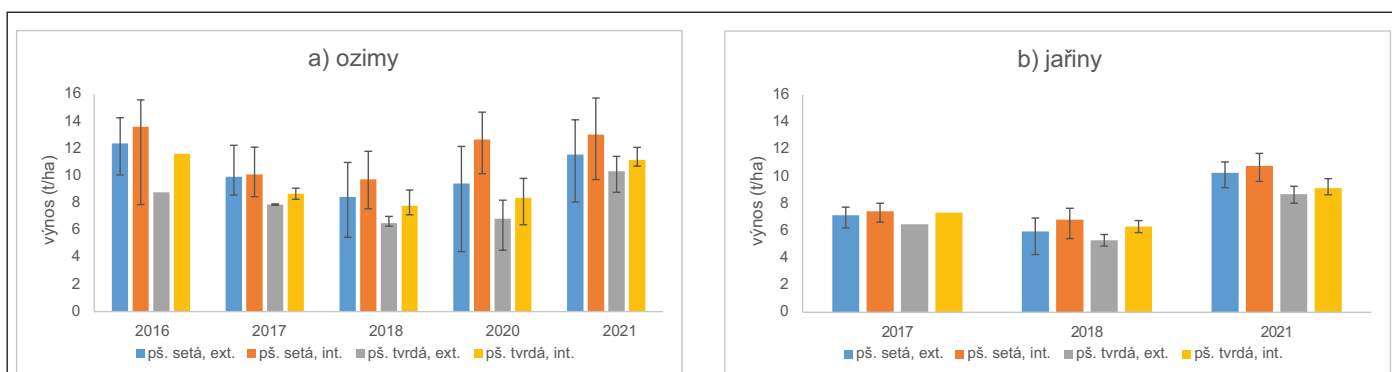
V extenzivní technologii byla dávka dusíku 70 až 116 kg/ha podle ročníku, nebyly aplikovány fungicidy ani morforegulátory a v letech 2017, 2020 a 2021 byla u ozimů ve fázi kvetení (BBCH 65) provedena inokulace klasů patogenem *Fusarium culmorum*. V intenzivní technologii byla dávka dusíku mezi 146 až 256 kg/ha, fungicidy byly aplikovány 2–5 × a morforegulátory 1–4 × za vegetaci, podle aktuální situace (Tab. 2). Inokulace klasů patogenem *Fusarium culmorum* nebyla v intenzivní variantě prováděna. Po sklizni byl hodnocen výnos, HTZ a kvalita, tj. objemová hmotnost



Obr. 2: Suma srážek v intervalech 5, 10, 15, 20, 25 a 30 dnů před sklizní, a) ozimy, b) jařiny



Obr. 3: Výnosy odrůd pšenice tvrdé: a) extenzivní technologie, b) intenzivní technologie. Zleva: ozimy, přesívka Haristide (2017 a 2018 – setí na jaře, 2020 a 2021 – setí na podzim), jařiny



Obr. 4: Srovnání výnosů pšenice tvrdé a pšenice seté, pěstovaných v rámci stejného pokusu: a) ozimy, b) jařiny

(OH), číslo poklesu (FN), obsah N-látek (NL) a sklovitost. V letech 2017, 2020 a 2021 byl v zrnu analyzován obsah mykotoxinu deoxynivalenolu (DON). V roce 2019 byly všechny pokusné parcely silně poškozeny hraboši, výnosové vyhodnocení nemohlo být provedeno a hodnocena byla pouze kvalita. Statistické porovnání vlivu intenzity pěstování na výnos a kvalitu bylo provedeno párovým *t*-testem (průkaznost pro $p < 0,05$), statisticky byla hodnocena data pro jednotlivé sklizňové roky i soubor dat ze všech let dohromady. Byly sledovány srážky v pokusných letech, a to v období 5, 10, 15, 20, 25 a 30 dnů před sklizní, zvláště pro ozimy (Obr. 2a) a jařiny (Obr. 2b).

Výsledky a diskuse

Sklizeň 2016

V roce 2016 byla hodnocena jediná odrůda pšenice tvrdé, a to ozimá odrůda Wintergold. V intenzivní technologii měla vyšší

výnos (ext: 8,8 t/ha, int: 11,6 t/ha, +32 %, Obr. 3a), HTZ (ext: 38,5 g, int: 41,4 g), OH (ext: 77,8 kg/hl, int: 80,4 kg/hl), obsah NL (ext: 11,7 %, int: 13,3 %) i sklovitost (ext: 6 %, int: 31 %) – Tab. 3. FN bylo naopak v intenzivní technologii o něco nižší (ext: 361 s, int: 328 s). Hlavním problémem kvality byla nízká sklovitost, která i když byla v intenzivní technologii výrazně vyšší, ve srovnání s požadavkem min 73 % byla méně než poloviční. Všechny ostatní parametry v intenzivní technologii požadavkům na kvalitu vyhověly (Tab. 4), v extenzivní technologii byla o něco nižší OH.

Sklizeň 2017

Výnos ozimých odrůd IS Karmadur a Wintergold v extenzivní technologii byl podobný – v průměru 7,85 t/ha (Obr. 3a), v intenzivní technologii měla IS Karmadur 9,1 t/ha (+16%), Wintergold 8,3 t/ha (+4 %) (Obr. 3b) a podobná byla také kvalita. V obou technologiích měly obě odrůdy vysokou OH (průměr

odrůd ext.: 81,2 kg/hl, int.: 82,1 kg/hl) i FN (ext.: 392 s, int.: 412 s) (Tab. 3) a obsah NL (průměr odrůd ext: 11,8 %, int: 14,3 %) i sklovitost (ext: 82 %, int: 99 %) výrazně vyšší v intenzivní technologii. Obě odrůdy splnily všechny požadavky na kvalitu v obou technologiích (Tab. 4). Odrůda Haristide z jarního setí měla výnos 6,5 t/ha v extenzivní a 7,3 t/ha (+14 %) v intenzivní technologii. FN bylo velmi vysoké v obou technologiích (v průměru 413 s), OH byla u intenzivní technologie vyšší (ext: 77,8 kg/hl, int: 81,5 kg/hl), stejně jako HTZ (ext: 42,4 g, int: 47,7 g), nižší byla naopak sklovitost (ext: 79 %, int: 56 %) a obsah bílkovin (ext: 13,1 %, int: 11,6 %). Požadavky na kvalitu odrůda Haristide v extenzivní technologii těsně nesplnila kvůli hraniční hodnotě OH, v intenzivní technologii kvůli nižší sklovitosti.

Sklizeň 2018

Průměrný výnos ozimých odrůd v extenzivní technologii byl 6,5 t/ha (od 6,3 t/ha – Auradur, po 7,0 t/ha – Sambadur), v intenzivní technologii 7,8 t/ha (+20 %) (od 7,1 t/ha – Wintergold, po 9,0 t/ha – Sambadur). Průměrný výnos dvou na jaře setých odrůd byl v extenzivní technologii 5,3 t/ha, jejich výnosový přírůstek v intenzivní technologii byl srovnatelný (Haristide: 5,7 t/ha, +20 %; Tamadur: 6,8 t/ha, +18 %) (Obr. 3a,b). Průměrná HTZ byla u ozimů nižší (ext: 39,4 g, int: 44,4 g) než u jařin (ext: 51,1 g, int: 52,1 g) (Tab. 3), zvýšení v intenzivní variantě bylo statisticky průkazné, stejně jako zvýšení výnosu. Všechny odrůdy splnily v obou technologiích požadavek na FN (304 – 409 s) i na obsah NL (13,4–14,8 %) (Tab. 4), přičemž hodnoty u ozimů a jařin byly přibližně srovnatelné a průkazný rozdíl nebyl ani mezi technologiemi. Průměrná OH všech odrůd v extenzivní variantě byla 78,5 kg/hl, požadavek na OH (min. 78 kg/hl) splnily ozimé odrůdy Tempodur (80,1 kg/hl) a Auradur (79,6 kg/hl), z jařin Tamadur (79,9 kg/hl). V intenzivní variantě byla OH průkazně vyšší (průměr 80,6 kg/hl) a požadavek splnily všechny odrůdy. Největším problémem tohoto ročníku byla sklovitost, požadavek splnila pouze ozimá odrůda Auradur a to pouze v extenzivní technologii (87 %, v intenzivní: 65 %). U ostatních variant se sklovitost pohybovala mezi 19 % a 69 %, bez průkazného rozdílu mezi technologiemi nebo mezi ozimými a jařinami.

Sklizeň 2019

V roce 2019 byly pokusy s tvrdou pšenicí od začátku vegetační sezóny i přes všechna učiněná opatření stále zájmem hrabošů, a to ztlačně více než odrůdy pšenice seté ve stejném pokusu. Parcely byly natolik poškozeny, že výnosové hodnocení nemělo význam a bylo provedeno pouze hodnocení HTZ a kvality. HTZ byla velmi vysoká, srovnatelná u obou technologií (ext: 56,5 g, int: 55,9 g), u extenzivní mezi 52,5 g (Sambadur) po 60,4 g (Ceres), u intenzivní mezi 49,9 g (Sambadur) po 59,2 g (Ceres) (Tab. 3). Velmi vysoký byl také obsah NL (ext: 16,7 %, int: 18,7 %) (Tab. 4), požadavek min. 11,5 % splnily všechny odrůdy v obou technologiích. Požadavek na FN (min 220 s) splnily v obou technologiích Wintergold, Sambadur a Auradur, v intenzivní technologii ještě navíc IS Karmadur. Také v tomto roce bylo problémem dosažení požadované sklovitosti, v extenzivní technologii požadavek min. 73 % nesplnila žádná odrůda (nejvíce Ceres – 68 %), v intenzivní technologii vyhověly odrůdy Ceres (93 %) a Auradur (84 %), ostatní měly mezi 53 % a 63 % sklovitých zrn. Sklovitost byla průkazně vyšší v intenzivní technologii (průměr ext: 54 %, int: 71 %). Nejméně vyhovujícím parametrem v tomto roce byla OH, na kterou vyhověla pouze odrůda Wintergold v obou technologiích.

Sklizeň 2020

Výnos byl v extenzivní technologii v průměru 6,8 t/ha, od 4,5 t/ha (IS Karmadur) po 8,2 t/ha (Haristide) (Obr. 3a), v intenzivní technologii v průměru 8,4 t/ha (+24 %), od 6,4 t/ha (IS Karmadur, +42 %) po 9,8 t/ha (Haristide, +20 %) (Obr. 3b). HTZ byla v extenzivní variantě nízká u všech odrůd (28,9 g – 30,5 g), v intenzivní byly rozdíly mezi odrůdami výraznější (33,1 g – 41,9 g) (Tab. 3). HTZ i výnos byly v intenzivní technologii statisticky průkazně vyšší. Obsah NL byl v obou technologiích srovnatelný (ext: 14,2 %, int: 14,0 %) a požadavek splnily všechny odrůdy (Tab. 4), v obou technologiích měla nejvíce IS Karmadur (ext: 16,3 %, int: 15,5 %), ostatní odrůdy od 13,1 % do 13,8 %. OH byla průkazně vyšší v intenzivní technologii, hodnoty však byly i přesto velmi nízké a žádná odrůda nevyhověla požadavku na minimální OH 78 kg/hl (ext: průměr 67,7 kg/hl, max 71,2 kg/hl; int. průměr 72,0 kg/hl, max. 74,2 kg/hl). FN bylo mírně lepší v extenzivní variantě, kde se pohybovalo od 179 s (IS Karmadur) po 290 s (Wintergold) a vyhověly 3 odrůdy ze 4, v intenzivní technologii od 139 s (IS Karmadur) po 270 s (Sambadur) a vyhověly 2 odrůdy ze 4. Požadavek na sklovitost 73 % splnila pouze odrůda Wintergold, a to v obou technologiích (87 % a 88 %), u ostatních odrůd se pohybovala v extenzivní technologii mezi 30 % a 42 %, v intenzivní technologii mezi 54 % a 69 %. Rozdíl průměrů mezi technologiemi (ext: 47 %, int: 67 %) byl průkazný.

Sklizeň 2021

V tomto roce byly výnosy ze všech pokusných let nejvyšší (Obr. 3a,b). Průměr na podzim setých odrůd byl v extenzivní technologii 10,3 t/ha, od 8,8 t/ha (IS Fortidur) po 11,4 t/ha (Haristide), v intenzivní technologii 11,2 t/ha (+9 %), od 10,7 t/ha (Wintergold) po 12,1 t/ha (Sambadur). Výnos na jaře setých odrůd byl v extenzivní technologii v průměru 8,7 t/ha, od 8,0 t/ha (Odysseo) po 9,3 t/ha (Duralis), v intenzivní technologii v průměru 9,1 t/ha (+5 %), od 8,7 t/ha (Duramonte) po 9,8 t/ha (SY Nilo). Zvýšení výnosů v intenzivní technologii bylo průkazné. HTZ byla naopak u obou technologií srovnatelná a rozdíly nebyly ani mezi ozimými a jařinami (Tab. 3). FN bylo velmi vysoké u ozimů i jařin (min. 371 s) a požadavek splnily všechny varianty (Tab. 4). Stejně tak byl splněn v obou technologiích požadavek na obsah NL u ozimů (průměr ext: 13,9 %, int: 13,3 %) i jařin (průměr ext: 14,2 %, int: 14,1 %). Obecně vysoká byla také OH, v extenzivní technologii u ozimů v průměru 82,5 kg/hl (min. 82,0 kg/hl), u jařin 81,2 kg/hl (min. 79,4 kg/hl), v intenzivní technologii měly ozimý průměr 81,5 kg/hl (min. 80,0 kg/hl) a jařiny 79,4 kg/hl (min. 77,3 kg/hl). Požadavek min. 78 kg/hl nesplnila pouze odrůda SY Nilo. Největší rozdíly mezi ozimými a jařinami byly ve sklovitosti. Zatímco u odrůd setých na podzim byla v obou technologiích sklovitost vyhovující u 4 odrůd z 5 (průměr ext. 85 %, int. 83 %), u jařin pouze u jedné odrůdy ze 6 (průměr ext. 36 %, int. 37 %). Mezi technologiemi významné rozdíly u sklovitosti nebyly, odrůdy vyhověly buď v obou technologiích (ozimé - Diadur, IS Fortidur, Sambadur, Wintergold, jarní - Tamadur) nebo v žádné.

Obsah deoxynivalenolu (DON)

V roce 2017 byl hodnocen obsah DON u odrůd Wintergold a IS Karmadur v extenzivní technologii, tj. po inokulaci *F. culmorum* a bez fungicidního ošetření. Odrůda Wintergold měla obsah DON 980 µg/kg, IS Karmadur 1382 µg/kg. Pro srovnání, obsah DON u souboru 75 odrůd pšenice seté ze stejného pokusu se pohyboval od méně než 20 µg/kg po 2574 µg/kg (Tvarůžek et al., 2018).

Tab. 3: Výnos a kvalita odrůd pšenice tvrdé (*T. durum*) v polních pokusech v Kroměříži ve 2 technologiích pěstování (extenzivní/ intenzivní).
Jarní odrůdy a jarní setí přesívky Haristide jsou uvedeny kurzívou.

Odrůda/rok	Extenzivní						Intenzivní					
	Výnos (t/ha)	HTZ (g)	OH (kg/hl)	FN (s)	NL (%)	S (%)	Výnos (t/ha)	HTZ (g)	OH (kg/hl)	FN (s)	NL (%)	S (%)
2016												
Wintergold	8,79	38,5	77,8	361	11,7	6	11,62	41,4	80,4	328	13,3	31
2017												
<i>Haristide</i>	6,47	42,4	77,8	411	13,1	79	7,34	47,7	81,5	414	11,6	56
IS Karmadur	7,82	46,1	80,0	386	11,7	77	9,08	45,5	81,9	402	14,5	99
Wintergold	7,92	45,7	82,4	398	11,9	87	8,27	43,7	82,2	421	14,1	99
2018												
Auradur	6,29	37,1	79,6	369	14,1	87	7,15	42,8	81,3	365	14,8	65
<i>Haristide</i>	4,87	50,1	77,6	343	13,9	47	5,86	52,7	78,6	336	13,8	50
IS Karmadur	6,37	40,5	76,8	310	13,4	37	8,04	46,9	79,0	304	14,7	69
Sambadur	7,00	37,7	77,1	409	13,9	19	8,95	44,5	81,5	404	13,8	58
<i>Tamadur</i>	5,73	52,1	79,9	382	14,4	57	6,75	51,4	80,6	396	14,2	67
Tempodur	6,39	42,1	80,1	384	13,5	48	7,70	44,0	82,0	391	14,0	69
Wintergold	×	×	×	×	×	×	7,13	43,9	81,6	406	13,8	51
2019												
Auradur	×	54,7	77,6	259	16,9	61	×	53,7	76,6	236	19,9	84
Ceres	×	60,4	76,4	152	17,1	68	×	59,2	76,0	129	18,5	93
<i>Haristide</i>	×	59,6	77,1	211	13,8	63	×	57,3	77,9	178	17,3	63
IS Karmadur	×	58,1	×	×	18,0	48	×	58,7	×	276	19,4	×
Sambadur	×	52,5	75,3	322	17,0	28	×	49,9	75,9	322	18,5	53
Wintergold	×	53,4	78,1	392	17,7	58	×	56,7	78,5	338	18,6	60
2020												
<i>Haristide</i>	8,20	32,0	68,7	251	13,2	42	9,81	41,9	73,4	153	13,1	69
IS Karmadur	4,52	28,9	61,2	179	16,3	30	6,40	33,1	68,4	139	15,5	56
Sambadur	7,77	33,5	69,6	290	13,8	31	9,25	34,8	72,1	270	13,7	54
Wintergold	6,85	30,5	71,2	279	13,7	87	8,00	36,1	74,2	249	13,7	88
2021												
<i>Atlante</i>	9,19	38,3	80,8	402	14,1	48	9,02	41,0	78,7	403	13,7	30
Diadur	11,01	45,8	82,7	403	14,0	99	10,89	48,0	81,4	409	13,6	91
<i>Duralis</i>	9,27	42,3	81,7	388	14,1	27	9,45	42,4	80,5	391	14,5	37
<i>Duramonte</i>	8,33	40,7	81,3	396	13,5	32	8,65	42,9	80,2	397	13,7	34
<i>Haristide</i>	11,42	47,0	82,8	450	12,2	62	11,31	48,4	82,5	430	12,1	62
IS Fortidur	8,77	46,3	82,0	373	14,3	90	10,89	43,3	80,7	400	14,0	84
<i>Odysseo</i>	8,02	46,0	79,4	371	14,6	19	8,96	45,1	78,8	327	14,6	27
Sambadur	10,87	42,7	83,2	449	13,7	91	12,08	43,1	83,0	470	13,7	93
<i>SY Nilo</i>	9,16	46,7	80,7	427	14,0	12	9,84	49,0	77,3	396	14,0	17
<i>Tamadur</i>	8,24	48,3	83,5	449	14,8	75	8,88	51,8	81,1	437	14,3	75
Wintergold	9,62	39,9	82,0	384	13,7	84	10,70	38,6	80,0	395	13,1	85

HTZ – hmotnost tisíce zrn, OH – objemová hmotnost, FN – číslo poklesu, NL – obsah bílkovin, S – podíl sklovitých zrn (sklovitost), × – údaj není k dispozici (2018 – porucha kombajnu u odrůdy Wintergold; 2019 – poškození parcel hraboši)

V roce 2020 byl hodnocen obsah DON u odrůd Wintergold, IS Karmadur, Sambadur a Haristide, a to v extenzivní (inokulace *F. culmorum*, bez fungicidního ošetření) i intenzivní technologii (bez inokulace a po ošetření fungicidem do klasů). V extenzivní technologii měla nejméně odrůda Wintergold (2078 µg/kg), následována odrůdou Sambadur (2711 µg/kg), dále IS Karmadur (4696 µg/kg) a nejvíce Haristide (5371 µg/kg). Pro srovnání, odrůdy pšenice seté ze stejné varianty tohoto pokusu měly obsah DON od 816 µg/kg po 17518 µg/kg. V intenzivní technologii byl obsah DON odrůd pšenice tvrdé mezi 58 µg/kg a 306 µg/kg, obdobně jako u inokulované varianty měly odrůdy Wintergold (58 µg/kg) a Sambadur (82 µg/kg) obsah DON nižší, Haristide (173 µg/kg) a IS Karmadur (306 µg/kg) vyšší. Obsah DON u pšenice seté ze stejného pokusu měly od <20 µg/kg po 257 µg/kg. Obsah DON v intenzivní technologii byl hluboko pod legislativním limitem pro pšenici tvrdou (1750 µg/kg) i pšenici setou (1250 µg/kg), a to i v podmínkách příznivých pro rozvoj infekce patogeny *Fusarium* v klasech, které v roce 2020 panovaly.

V roce 2021 byl hodnocen obsah DON u 5 ozimých odrůd pšenice tvrdé pěstované v obou technologiích a také u 6 jarních odrůd, u kterých však nebyla provedena inokulace. Z inokulovaných ozimých odrůd měla nejnižší obsah DON Haristide (419 µg/kg), následována odrůdou Sambadur (994 µg/kg), výrazně vyšší obsah měly odrůdy Wintergold (3436 µg/kg), IS Fortidur (3623 µg/kg) a Diadur (6222 µg/kg). Odrůdy pšenice seté pěstované ve stejném pokusu měly od 140 µg/kg po 5424 µg/kg. V neinokulovaných variantách tvrdé pšenice se DON pohyboval od 95 µg/kg (Haristide, IS Fortidur, Sambadur, Wintergold) po 200 µg/kg (Odysseo, SY Nilo). U neinokulovaných odrůd pšenice seté byla úroveň obsahu DON ve srovnání s pšenicí tvrdou o něco nižší (49–65 µg/kg).

Diskuse

Pěstování pšenice tvrdé v podmínkách České republiky může být spojeno s určitými riziky. Těmi hlavními jsou otázka dosažení odpovídající kvality a riziko vyzimování. Kvalita je ohrožena zejména nejistým počasím v období sklizně, protože vystavení zralého porostu srážkám má za následek rychlý a výrazný pokles kvality, zejména sklovitosti. Zatímco v zemích odkud pšenice tvrdá pochází je pravděpodobnost deštivého počasí v před sklizňovém období mizivá, u nás nelze kromě lokálních bouřek vyloučit ani déletrvající srážkové období.

Sklovitost byla nejobtížněji dosažitelným kvalitativním parametrem v hodnocených pokusech z let 2016–2021. Požadavek na podíl minimálně 73 % sklovitých zrn splnila v rámci všech pokusných let přibližně třetina hodnocených variant. Ztráta sklovitosti záleží zejména na délce doby, po kterou jsou klasy ovlhčeny. Proto hraje roli nejen celkový úhrn srážek,

ale i teplota, doba slunečního svitu, vítr, hustota porostu apod. K nízké sklovitosti dosahované v našich pokusech přispěly také poměrně dlouhé intervaly mezi dosažením zralosti a sklizní, které byly od 4 (2016 a 2021) do 15 dnů (2019), a to kvůli technickým možnostem pokusnické sklizňové techniky. V praxi se doporučuje sklídit pšenici tvrdou výrazněji dříve, a to již při vlhkosti 16–18 % a následně na skladovací vlhkost 14 % dosušit (např.: www.energen.info/files/dokumenty/metodiky-pestovani-psenice-ozime-tvrde-2018.pdf). Nutnost včasné sklizně dokládají také naše výsledky pokusů. Např. v roce 2021 byly jařiny sklizeny o týden později než ozimy, a zatímco u ozimů byla

Tab. 4: Počet odrůd splňujících v jednotlivých technologiích pěstování požadavky na kvalitu pšenice tvrdé podle ČSN 46 1100-3: objemová hmotnost (OH) min 78 kg/hl, obsah N-látek (NL) min 11,5 %, číslo poklesu (FN) min 220 s, podíl sklovitých zrn (S) min 73 %.

Rok sklizně	Počet vyhovujících / celkem hodnocených odrůd									
	Extenzivní technologie					Intenzivní technologie				
	OH	FN	NL	S	Všechny parametry	OH	FN	NL	S	Všechny parametry
2016	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1
2017	2/3	3/3	3/3	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	2/3	2/3
2018	3/6	6/6	6/6	1/6	1/6	7/7*	7/7	7/7	0/7	0/7
2019	1/6	3/6	6/6	0/6	0/6	1/6	4/6	6/6*	2/6*	0/6
2020	0/4	3/4*	4/4	1/4	0/4	0/4*	2/4	4/4	1/4*	0/4
2021	11/11*	11/11	11/11	5/11	5/11	10/11	11/11	11/11	5/11	5/11
celkem	21/31	27/31*	31/31	10/31	8/31	26/32	28/32	32/32*	10/32*	7/32

* parametr byl v dané technologii statisticky významně lepší.

sklovitost vyhovující u 4 odrůd z 5, u jařin pouze u jedné odrůdy z 6. Koreluje to se skutečností, že mezi sklizní ozimů a jařin spadlo 11 mm srážek a jejich celkové množství v 10 dnech před sklizní bylo u ozimů 7 mm (Obr. 2a), u jařin 18 mm (Obr. 2b). Ostatní kvalitativní parametry byly u ozimů a jařin v roce 2021 srovnatelné. V předcházejících letech nebylo možné rozdíly v kvalitě jarních a ozimých odrůd obecněji posoudit.

Druhým rizikem pěstování pšenice tvrdé v našich podmínkách je, v případě ozimých odrůd, vyzimování. Jako kritická teplota se uvádí u pšenice tvrdé –13 až –16 °C, zatímco u pšenice seté –13 až –23 °C (Horáková a Dvořáčková, 2021), v závislosti na odrůdě. V hodnocených pokusech v letech 2016–2022 nedošlo k poškození porostu tvrdé pšenice mrazem u žádné odrůdy. Během předchozí série pokusů v letech 2011–2014 (Polišenská et al., 2018) vymrzly v roce 2012 tři z pěti pěstovaných odrůd.

Sklovitost a obsah bílkovin spolu pozitivně korelují (Sieber et al., 2015). Je proto předpoklad, že vyšší intenzita pěstování může sklovitost příznivě ovlivnit. Výsledky našich pokusů to potvrdily a v intenzivní technologii byl průkazně vyšší jak obsah NL, tak sklovitost. Avšak zatímco i nižší hodnoty obsahu bílkovin, dosahované v extenzivní technologii stačily u všech odrůd ve všech letech pro splnění požadavku na minimální obsah bílkovin ve výši 11,5 %, u sklovitosti ani vyšší hodnoty v intenzivní technologii nestačily na zvýšení počtu variant vyhovujících požadavku na minimální podíl 73 % sklovitých zrn. Číslo poklesu bylo vyhovující u převážné většiny variant, s výjimkou některých odrůd v letech 2020 a 2019, což byly roky s nejvyššími srážkami v před sklizňovém období. Technologie pěstování neměla na číslo poklesu výraznější vliv. Naproti tomu OH byla v intenzivní technologii průkazně vyšší. Nedostatečná OH se týkala zejména roku 2020, kdy požadavku min. 78 kg/hl



AKCE

podzim 2022!

Cenové zvýhodnění herbicidní ochrany obilnin + nový herbicid Cadou® proti travám

Bacara® Trio MAXIPack

sleva 5,5 %

Tři účinné látky
bez nutnosti
kombinace



Sekator® OD MAXIPack

sleva 6,5 %

Samostatně nebo
v kombinacích
proti svízeli přítule
a výdrolu řepky



Cougar® Forte MAXIPack

sleva 6 %

Dvě účinné látky
bez omezení
v použití



Cougar® Forte + Decis® Forte Pack

sleva 9,4 %

Elegantní řešení
plevelů a škůdců
na podzim



Cougar® Forte + Cadou® Pack

sleva 5,6 %

Rozšířená účinnost
proti psárce polní
a dalším travám



**UDRŽITELNOST
JE ZÁKLAD**



Bayer Expert CZ&SK



Bayer ExpertNEWS



Používejte přípravky na ochranu rostlin bezpečně. Před použitím si vždy přečtěte označení a informace o přípravku. Respektujte varovné věty a symboly.

Slevy přípravků jsou kalkulovány na základě doporučených cen společnosti Bayer pro konečné spotřebitele platných od 1. 7. 2022.

cropscience.bayer.cz

nevyhověla žádná odrůda, ovšem tento ročník nepřál tvorbě dobré OH obecně a s problémy se potýkala i sklizeň pšenice seté v rámci celé ČR.

Vyšší intenzita pěstování měla ve všech pokusných letech příznivý dopad na výnos. Výnosový přírůstek se pohyboval v průměru odrůd mezi 9–32 % u ozimů a 5–19 % u jařin, v závislosti na ročníku.

Uvádí se, že pšenice tvrdá je obvykle více napadána patogeny *Fusarium* a v důsledku toho také více kontaminována mykotoxiny než pšenice setá (*T. aestivum*) (Clear et al., 2005). Pro pšenici tvrdou platí i vyšší limit pro maximální obsah DON, a to 1750 µg/kg, zatímco pro pšenici setou je to 1250 µg/kg (Nařízení komise (EC) č. 1881/2006). Naše pokusy ukázaly, že mezi jednotlivými odrůdami tvrdé pšenice jsou značné rozdíly. Zatímco některé odrůdy snesly srovnání s méně náchylnými odrůdami pšenice seté, jiné měly obsah DON na úrovni více náchylných odrůd pšenice seté a někdy i vyšší. Ve variantě bez inokulace však byl ve všech hodnocených letech u všech odrůd tvrdé pšenice obsah DON hluboko pod maximálním limitem, a to i v roce 2020, kdy pro rozvoj klasových fuzárií byly velmi příznivé podmínky. V každém případě je třeba při pěstování pšenice tvrdé riziko výskytu klasových fuzarióz zohlednit.

Zajímavé je srovnání výnosů pšenice tvrdé s výnosy pšenice obecné (Obr. 4). Odrůdy obou druhů pšenice byly pěstovány vždy v rámci stejného pokusu. U ozimých odrůd pšenice tvrdé byl průměrný výnos na úrovni 66–89 % výnosu ozimých odrůd pšenice obecné (Obr. 4a), u jarních odrůd 85–99 % (Obr. 4b), v závislosti na ročníku a úrovni technologie pěstování. Odrůda Haristide přesívkového typu měla při setí na podzim výnosy výrazně vyšší (průměr technologií: 2020 – 9,0 t/ha, 2021 – 11,4 t/ha), než při setí na jaře (průměr technologií: 2017 – 6,9 t/ha, 2018 –

5,4 t/ha), ovšem v letech 2017 a 2018, kdy byla seta na jaře, byly výnosy ve srovnání s lety 2020 a 2021 obecně nižší.

(Recenzováno)

Poděkování

Článek vznikl s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotest fyto, s.r.o. (MZE-RO1118) a projektu QK22010029.

Literatura

Clear, R.M., Patrick, S.K., Gaba, D., Abramson, D., Smith, D.M. Prevalence of fungi and fusariotoxins on hard red spring and amber durum wheat seed from western Canada, 2000 to 2002. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27, 2005, 528–540.

Horáková V., Dvořáčková O. Seznam doporučených odrůd – obilniny. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, 166 s.

Polišenská, I., Jirsa, O., Spitzer, T., Sedláčková, I., Miša, P. Quality and Yield of *Triticum durum* Under Temperate Continental Climate of the Czech Republic. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66, 2018, 2, 371–379.

Sieber, A.N., Würschum, C., Longin, C.F.H. Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 61, 2015, 71–77.

Tvarůžek, L., Polišenská, I., Růžková, S., Jergl, Z., Jirsa, O. Reakce ozimé pšenice na napadení klasů fuzárií způsobené druhem *F. culmorum*. *Obilnářské listy*, 26, 2018, 2, 27–30.

Optimalizace kvality hnoje s využitím aplikace aktivátoru Z'fix v chovech skotu (Farmyard manure quality optimisation by using the Z'fix activator application in cattle farms)

Oldřich Látal¹, Irena Sedláčková², Jan Pozdíšek¹

¹Agrovýzkum Rapotín s.r.o., ²Agrotest fyto, s.r.o.

Souhrn: Aplikace přípravků na bázi aktivátorů biologické transformace organické hmoty statkových hnojiv představuje v současné době možnost, jak zlepšit kvalitu hnoje a šetrněji s ním hospodařit. Cílem práce bylo ověřit v provozních podmínkách účinnost aplikace aktivátoru Z'fix a jeho vlivu na možné zlepšení kvality hnoje, parametrů jeho výroby a snížení produkce volného amoniaku v systému chovu krav bez tržní produkce mléka (BTPM). Hodnocení probíhalo od ledna 2018 do prosince 2020 na dvou reprezentativních farmách s monitorovaným počtem 350 DJ (hluboká podestýlka; dvě stáje – první s aplikací aktivátoru Z'fix a druhá kontrola; interval vyhrnování hnoje ze stáje 6–8 týdnů; hodnocená roční produkce hnoje 3 500 tun). Na základě dosažených výsledků aplikace aktivátoru Z'fix ($P < 0,05$) do podestýlky při produkci hnoje lze konstatovat, jeho pozitivní vliv na ovlivnění fermentačního procesu a výsledné kvality hnoje. Oproti kontrole došlo u hnojiv ke zvýšení obsahu živin o 18 % (Ntot), o 4 % (P_2O_5), o 11 % (K_2O) a průměrné hodnoty pH z 8,6 na 9,0. Dále byla oproti kontrole zjištěna nižší produkce volného amoniaku ve stáji o 35 %.

Klíčová slova: kvalita hnoje; Z'fix; sláma; amoniak; ekonomika

Abstract: The application of agents based on farmyard manure organic matter biological transformation activators currently represents an opportunity to improve the manure quality and manage it more carefully. The aim of the work was to verify the operational efficiency of the application of the Z'fix activator and its effect on the improvement of manure quality conditions, its parameters, and the reduction of free ammonia production in the system of suckler cows. The evaluation was carried out from January 2018 to December 2020 on two representative farms with a total monitored number of 350 DJs (deep litter; two barns - the first with the application of the Z'fix activator and the second control; the interval of manure collection from the barn 6-8 weeks and annual production manure 3 500 tons). Based on the achieved results of applying the Z'fix activator ($P < 0.05$) to the bedding during manure production, its positive effect on influencing the fermentation process and the resulting manure quality can be stated. Compared to the control, there was an increase in the nutrient content of the manure by 18 % (Ntot), by 4 % (P_2O_5), by 11 % (K_2O) and the average pH value from 8.6 to 9.0. Furthermore, compared to the control, a reduction in the production of free ammonia in the stable by 35% was found.

Key Words: manure quality; Z'fix; straw; ammonia; economy

Otázka degradace orné půdy, která je způsobena především úbytkem kvalitní organické hmoty, je v posledních letech řešena v rámci udržitelné zemědělské produkce. Zemědělci je vyčítáno nevhodné hospodaření na půdě či všeobecně rozšířenou klimatickou změnou a vyšší spotřeba minerálních hnojiv (průmyslově vyráběných) na úkor organických hnojiv. S dlouhodobým poklesem stavu hospodářských zvířat na 1 421 tis. kusů (ČSÚ 2022) je vyprodukované množství hnoje v ČR mnohdy nedostatkové a je nutné hledat další zdroje organických hnojiv (např. kompost, digestát), popř. meziplodin. Strmý nárůst ceny vstupů při výrobě průmyslových hnojiv a tím i jejich prodejní ceny nutí zemědělce v souladu s udržitelným hospodařením omezit jejich spotřebu v neprospěch hektarových výnosů. Příkladem je dle (ČSÚ 2022) průměrná cena tuny běžně používaného dusíkatého hnojiva LAV 27 %, která v 1Q 2021 stála 4 684 Kč, zatímco ve 4Q 2022 již 15 612 Kč, což představuje 3,33× násobné zdražení, obdobná situace je i u dalších hnojiv. Z tohoto se stává hnůj velmi ceněnou, ale nedostatkovou komoditou.

Aplikace přípravků na bázi aktivátorů biologické transformace organické hmoty statkových hnojiv představují možnost, jak zlepšit kvalitu hnoje. Z'fix má pozitivní vliv na parametry stájového prostředí, kvalitu hnoje, optimalizaci fermentačního procesu a produkci volného amoniaku. Ověřováním jejich účinnosti se zabývali např. Brouček et al. (2014) a Jelínek et al. (2004). Optimalizace množství podestýlky je dalším faktorem, který hraje důležitou roli při produkci hnoje, jmenujme např. absorpci kejdy a moči ve stáji, optimalizaci fermentačního procesu, produkci volného amoniaku, celkovou pohodu zvířat. Průměrná denní spotřeba slámy na 1 DJ ve stlaných provozech v ČR je na úrovni 7,0–11,0 kg. Hodnocením optimálního množství podestýlky se zabývali Wolfe et al. (2018) a Aguerre et al. (2012). Denní přídavek slámy 4,7 kg.DJ⁻¹ jak zjistili Gilhespy et al. (2009) měla pozitivní vliv (P>0.05) na snížení produkce volného amoniaku o 50 %. Hodnocením hodnoty pH a teploty během fermentace hnoje se zabývali Huang et al. (2017). Steger et al. (2007) potvrdili oproti vyšším teplotám nad 60 °C, optimální teplotu fermentace hnoje do 40 °C a jejího vlivu na nižší ztráty živin a produkce volného amoniaku. Cílem tohoto příspěvku bylo ověřit účinnost aplikace aktivátoru Z'fix a jeho vlivu na možné zlepšení kvality hnoje a parametrů jeho výroby a snížení produkce volného amoniaku v chovech krav BPM.

Materiál a metodika

Hodnocení probíhalo od ledna 2018 do prosince 2020 ve dvou reprezentativních farmách (Moravskoslezský kraj, výrobní oblast bramborářská) s celkovým monitorovaným počtem 350 DJ (1 DJ = 500 kg živé hmotnosti); kategorie skotu – krávy s telaty

a mladý skot v systému chovu krav bez tržní produkce mléka; celková sledovaná průměrná roční produkce hnoje byla ve výši 3 500 t. Na obou farmách byl skot krmen v zimním období směsnou krmnou dávkou s 70–80 % podílem sušiny objemného krmiva (jetelotravní siláž, kukuřičná siláž a seno) a 20–30 % podílem sušiny doplňkové směsi dle normativu dané kategorie. V letním období byl skot na pastvě.

Farma 1 obhospodařovala celkovou výměru zemědělské půdy 981 ha (orná půda 325 ha a TTP 656 ha). Hlavní plodinami jsou obiloviny, silážní kukuřice a jetelotrávy. Chová celkem 396 DJ (50 % kříženci masných plemen, krávy s telaty a mladý skot), boxové ustájení s hlubokou podestýlkou. Roční produkce hnoje 4 900 t.

Farma 2 obhospodařovala celkovou výměru zemědělské půdy 480 ha (orná půda 40 ha a TTP 440 ha). Hlavní plodinami jsou obiloviny, silážní kukuřice a jetelotrávy. Chová celkem 250 DJ (50 % kříženci masných plemen, krávy s telaty a mladý skot), boxové ustájení s hlubokou podestýlkou. Roční produkce hnoje 2 500 t.

Hodnocení účinnosti aktivátoru Z'fix probíhalo vždy ve dvou stájích na hluboké podestýlce s četností odklizení hnoje v intervalu 6–8 týdnů. V první stáji byl aplikován aktivátor Z'fix a druhá sloužila jako kontrola, bez aplikace. Přípravek Z'fix (Olmix Group CZ) je založený na specifickém účinku solí stopových prvků a uhličitů, je na bázi granulátu uhličitů vápenatého a hořečnatého s příměsí makro a mikroelementů. Složení: organické látky (5 %), CaO (37,5 %), MgO (4,4 %), Na₂O (3,9 %), SO₃ (0,7 %), K₂O (0,5 %), P₂O₅ (0,1 %). Testovaná dávka aktivátoru Z'fix byla stanovena na 4 kg.t⁻¹ vyrobeného hnoje, která byla poměrově rozdělena do 16 aplikací po dobu 8 týdnů v průběhu přistýlání slámy. Celkem byly průběžně odebráno 50 vzorků hnoje, které byly dále laboratorně analyzovány. Měření teploty a koncentrace volného amoniaku bylo hodnoceno ve stáji v 30denních intervalech (25 cm nad podestýlkou; 5 opakování) po dobu 2 hodin na 1 bod. Měření byla prováděna na přístroji Data Logger NH₃ (Bauer Technics s.r.o.).

Hodnocené parametry byly u hnoje (N_{tot}, P₂O₅, K₂O a pH) a ve stáji (koncentrace volného amoniaku, maximální teplota při fermentaci hnoje, celková denní spotřeba slámy a ekonomika). Bližší informace o měření a hodnocení parametrů, odběru vzorků a aplikaci aktivátoru Z'fix je uvedeno v certifikované metodice Látal et al. (2019). Data byla následně analyzována (hladina významnosti P<0,05) s využitím softwaru Microsoft Excel (MS Corp., USA) a softwaru R (RFoundation for Statistical Computing, Rakousko).

Výsledky a diskuse

Průměrné vybrané hodnoty a chemické analýzy vzorků hnoje s aplikací aktivátoru Z'fix ve vztahu ke kontrole jsou uvedeny

Tab. 1: Vybrané průměrné hodnoty a chemické analýzy testovaných vzorků hnoje

Parametr	Aplikace Z'fix	Kontrola	Index	P hodnota
Sušina [%]	23,3	22,8	–	–
N _{tot} [kg.t ⁻¹]	6,52	5,70	1,14	0,0125
P ₂ O ₅ [kg.t ⁻¹]	3,15	3,05	1,03	0,7630
K ₂ O [kg.t ⁻¹]	6,20	5,60	1,11	0,0248
NH ₃ [maximální hodnota ppm]	16,0	23,20	0,69	0,0173
Tmax [maximální teplota °C]	33,0	47,0	–	–

Poznámka: NH₃ [měřeno 25 cm nad podestýlkou během 2 hodin / 5 bodech / stáji]; Tmax [měřeno na 5 bodech ve stáji]; Index [poměr mezi aplikací Z'fix a hodnotou kontrolních vzorků hnojů]

v tabulce 1. Klír et al. (2008) uvádí průměrnou hodnotu přívodu živin z hnoje skotu bez tržní produkce mléka u Ntot na úrovni 5,6 kg.t⁻¹, u P₂O₅ na úrovni 2,1 kg.t⁻¹ a u K₂O na úrovni 5,7 kg.t⁻¹. Ve hnoji s aplikací aktivátoru Z'fix byl zjištěn (oproti kontrole) vyšší obsah živin, který lze odůvodnit chemickým složením daného aktivátoru a jeho řízenou aplikací; optimalizací množství slámy; řízeným fermentačním procesem hnoje (nižší ztráty živin a produkce volného amoniaku) ve stáji a na hnojišti. Ve vztahu ke kontrole měření ve stájích dále ukázala snížení hodnoty koncentrace volného amoniaku o 31 % (kontrola: 23,1 ppm) a maximální teploty při fermentaci hnoje na hluboké podestýlce ze 47 °C na 33 °C. Naopak hodnota pH hnoje se zvýšila z 8,6 na 9,0. Brouček et al. (2014) zjistili snížení produkce volného amoniaku při fermentaci hnoje a aplikaci aktivátoru mezi 25-60 % a Jelínek et al. (2004) o 24,0 %. Jeho příznivé účinky na snížení produkce volného amoniaku jsou v souladu s požadavky EU a s Göteborským protokolem. Huang et al. (2017) hodnotili vztah mezi hodnotou pH a teplotou při fermentaci hnoje. Steger et al. (2007) doporučují optimální teplotu fermentace hnoje do 40 °C (nižší ztráty na živinách a produkci volného amoniaku).

Průměrná denní spotřeba slámy byla u ošetřené varianty aktivátorem nižší o 30,23 % (7,71 kg.DJ⁻¹), oproti kontrole (bez aplikace) 11,05 kg.DJ⁻¹. Hodnocením optimálního množství podestýlky se zabývali např. Wolfe et al. (2018) a Aguerre et al. (2012). Denní přírůstek slámy 4,7 kg.DJ⁻¹ jak zjistili Gilhespy et al. (2009) má pozitivní (statisticky neprůkazný) vliv na snížení produkce volného amoniaku o 50 %.

Chceme-li vyjádřit průměrné ocenění 1 tuny hnoje, vycházíme z metodického vzorce certifikované metodiky Látal et al. (2019) a aktuálních cen průmyslových hnojiv dle ČSU 2022, dostaneme průměrnou vypočtenou hodnotu 1 tuny hnoje na úrovni 795 Kč. Při dosažení parametrů z tabulky 1 dostaneme průměrnou hodnotu 1 tuny hnoje u kontrolní varianty 832 Kč a s aplikací aktivátoru Z'fix 927 Kč. Při zohlednění dostupného N z hnoje při jeho 65 % využití na středně těžkých půdách a aplikaci Z'fix, lze zvýšit jeho přísun do půdy o 0,52 kg.t⁻¹ hnoje. V praktickém využití při aplikaci 40 t.ha⁻¹ hnoje je tato hodnota dostupného N až 20,8 kg.ha⁻¹ (platí při zachování standardních agrotechnických postupů). Další možností, jak omezit ztráty živin a úniku cenného dusíku do atmosféry, je vytváření skladovaného hnoje do figury, popř. jeho zakrytí plachtou zajištěnou proti povětrnostním podmínkám.

Závěr

Na základě dosažených výsledků aplikace aktivátoru Z'fix (P<0,05) do podestýlky při produkci hnoje v systému chovu krav bez tržní produkce mléka lze konstatovat jeho pozitivní vliv na ovlivnění fermentačního procesu a výsledné kvality hnoje. Oproti kontrole došlo ke zvýšení průměrné koncentrace živin ve hnoji o 18 % (Ntot), o 4 % (P₂O₅), o 11 % (K₂O) a zvýšení hodnoty pH z 8,6 na 9,0. Při zohlednění dostupného N v hnoji, jeho 65 % využití na středně těžkých půdách a aplikaci Z'fix, lze zvýšit jeho přísun do půdy o 0,52 kg.t⁻¹. Aktivátor pozitivně ovlivňoval průběh fermentačního procesu a tím i nižší produkci volného amoniaku, což je v souladu s požadavky EU a Göteborským protokolem.

/Recenzováno/

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě řešení projektu TAČR číslo TH02030169.

Přehled literatury

- Aguerre, M. J., Wattiaux, M. A., Hunt, T., & Lobos, N. E. (2012). Effect of nitrogen content and additional straw on changes in chemical composition, volatile losses, and ammonia emissions from dairy manure during long-term storage. *Journal of dairy science*, 95(6), 3454-3466.
- Brouček J. Producing harmful emissions from bovine livestock and reducing it. *Practical Methodology* (e-book). NPPC Nitra, 2014, 18 p (In Slovak).
- Gilhespy SL, Webb J, Chadwick DR, Misselbrook TH, Kay R, Camp V, Retter AL, Bason A. Will additional straw bedding in buildings housing cattle and pigs reduce ammonia emissions? *Biosystems Engineering*, vol. 102, 2009, pp. 180 – 189.
- Huang, J., Yu, Z., Gao, H., Yan, X., Chang, J., Wang, C., ... & Zhang, L. (2017). Chemical structures and characteristics of animal manures and composts during composting and assessment of maturity indices. *PloS one*, 12(6), e0178110.
- Jelínek A, Dedina M, Pliva P, Soucek J. Research of biological agent's effects on reduction of ammonia concentration in stables of intensive farm animals breeding. *Research in Agricultural Engineering*, 50 (2), 2004, pp. 43 – 53.
- Klír J, Kunzová E, Čermák P. Framework methodology of plant nutrition and fertilization. *Methodology for practice*. 2nd updated edition, VÚRV v.v.i., Prague 2008, p 48 (In Czech).



- Látal, O., Veselý, A., Holátko, J., Kopeček, P., Mrázková, M., Dokulilová, T., Brtnický, M. (2019): Biologické transformace jako efektivní nástroj pro zvýšení produkce, kvality a ekonomických ukazatelů výroby nejen chlévského hnoje. *Certifikovaná metodika*. Osvědčení číslo 66463/2019-MZE-18142 ze dne 19. 12. 2019. ISBN: 978-80-87592-29-8.
- Steger, K., Jarvis, A., Vasara, T., Romantschuk, M., & Sundh, I. (2007). Effects of differing temperature management on development of Actinobacteria populations during composting. *Research in Microbiology*, 158(7), 617-624.
- Wolfe, T., Vasseur, E., DeVries, T. J., & Bergeron, R. (2018). Effects of alternative deep bedding options on dairy cow preference, lying behavior, cleanliness, and teat end contamination. *Journal of dairy science*, 101(1), 530-536.

Vliv míry využitelnosti fosforu na kvalitu potravin a krmiv, zatížení životního prostředí a zdraví konzumentů

(The influence of the degree of phosphorus utilization on the quality of food and feed, the health of consumers and the environmental impact)

Kateřina Vaculová, Irena Sedláčková
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: Obiloviny jsou z hlediska pěstební plochy i produkce zrna vedoucí skupinou plodin, která celosvětově zabezpečuje dominantní podíl surovin pro lidskou výživu i výživu hospodářských zvířat. Jsou důležitým zdrojem sacharidů, bílkovin, lipidů, vitamínů, vlákniny, základních minerálů a mikroživin. Plnou využitelnost a biologickou dostupnost minerálů a dalších složek zrna snižuje přítomnost některých antinutričních látek, z nichž je na prvním místě kyselina fytová (*myo*-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakisfosfát). Kyselina fytová (PA), hlavní zásobní forma fosforu, tvoří 65 %–90 % z celkového fosforu, obsaženého v zrna. S kationty kovů vytváří nerozpustné soli (fytáty) a tím je činí obtížně stravitelnými pro lidi a monogastriční zvířata. Antinutriční účinek fytátu je považován za kritický hlavně pro biologickou dostupnost železa a zinku, zejména z hlediska globálního deficitu těchto mikroživin v lidské stravě, a s tím související mikrominerální podvýživou se závažnými zdravotními důsledky. Článek pojednává o vlivu PA a fytátu na výživu lidí a hospodářských zvířat, nepříznivých důsledcích pro životní prostředí a negativních i pozitivních aspektech konzumace PA na zdraví lidí.

Klíčová slova: obiloviny, kyselina fytová, mikroprvky, výživa a zdraví lidí a zvířat

Abstract: Cereals are the leading group of crops worldwide in terms of both cultivated area and production of grain, which provide the dominant share of raw materials for human food as well as livestock nutrition. They are an important source of carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, dietary fibre, essential minerals and micronutrients. Full utility and bioaccessibility of the minerals and other grain components are reduced by the presence of some antinutritional substances, of which phytic acid (*myo*-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate – InsP6) is in the first place. Phytic acid (PA), the main storage form of phosphorus, constitutes 65%–90% of the total phosphorus contained in the grain. Due to the strong negative charge PA attracts and chelates metal cations, resulting in mixed insoluble salts (phytates), thus rendering them almost indigestible to humans and non-ruminants (poultry, swine, and fish). The anti-nutritional effect of phytate is considered critical especially for the bioavailability of Fe and Zn, mainly from the point of view of the global deficit of these micronutrients in the human diet, and the related micromineral malnutrition with serious health consequences. The article discusses the influence of PA and phytate in human and livestock nutrition, the unfavorable environmental impacts and the negative and positive aspects of PA consumption on the health of people.

Key Words: cereals, phytic acid, mikroelements, human and animal nutrition and health

Úvod

Růst, vývoj, obnova buněk, tkání a orgánů, energie i fyzická kondice lidí a zvířat je významně ovlivněna výživou, tedy kvalitou konzumované potravy anebo krmiva. Kromě základních tzv. makroživin (sacharidy, bílkoviny a tuky), které poskytují organismu „stavební materiál“ a energii, mají na kvalitu výživy vliv mikroživiny (minerální látky a vitaminy) a také další látky, které sice nejsou esenciální, ale jejich konzumace v rámci vyvážené diety vykazuje průkazné zdravotní benefity (podpora dobrého zdravotního stavu, prevence civilizačních chorob, zvýšení imunity nepříznivým biotickým a abiotickým faktorům, modulace metabolických procesů, aj.). Patří k nim například fytochemikálie s bioaktivní účinností (polyfenolické látky, karotenoidy, fytosteroly, peptidy, fytáty, atd.), vláknina a další nestavitelné materiály (Astley and Finglas 2016).

Nedostatek nebo nadbytek esenciálních živin i bioaktivních látek se negativně projevuje na všech životních funkcích a nesprávná výživa tak významně ovlivňuje vzájemné vztahy mezi přijímanou stravou, zdravím a nemocemi. Jedním ze široce evidovaných problémů, souvisejících s kvalitou přijímané potravy, je problematika nevyvážené výživy nebo podvýživy. Chronický nedostatek základních vitamínů a minerálů ve stravě, který je zvláště rozšířeným problémem v nízkopříjmových zemích, se označuje také jako skrytý hlad neboli „hidden hunger“ (Muthayya et al. 2013). S podvýživou, v souvislosti s nedostatkem některých mikroživin zejména minerálních látek, se setkáváme nejen

v nízkopříjmových, ale i v rozvinutých zemích (např. Nielsen et al. 2013). Tato forma podvýživy patří k malnutricím uváděným v souvislosti chudobou, vyšší socioekonomického statusu, zemědělskou produktivitou a obecně potravinovou bezpečností. Avšak v současnosti je nutné do tohoto výčtu zahrnout také další faktory. Paradoxně se na vzestupu počtu případů deficiencie mikroživin mohou podílet i zdánlivě pozitivní vlivy jako je stále aktivnější způsob života obyvatel, rozdílná dostupnost určitých skupin potravin, nové intenzivnější způsoby zpracování surovin, vysoká koncentrace obyvatel, nové nebo módní výživové směry, apod. V souhrnu globální zátěž podvýživou přináší dlouhodobé vývojové, ekonomické, sociální a lékařské důsledky jednotlivcům, komunitám a zemím (Kumar et al. 2022).

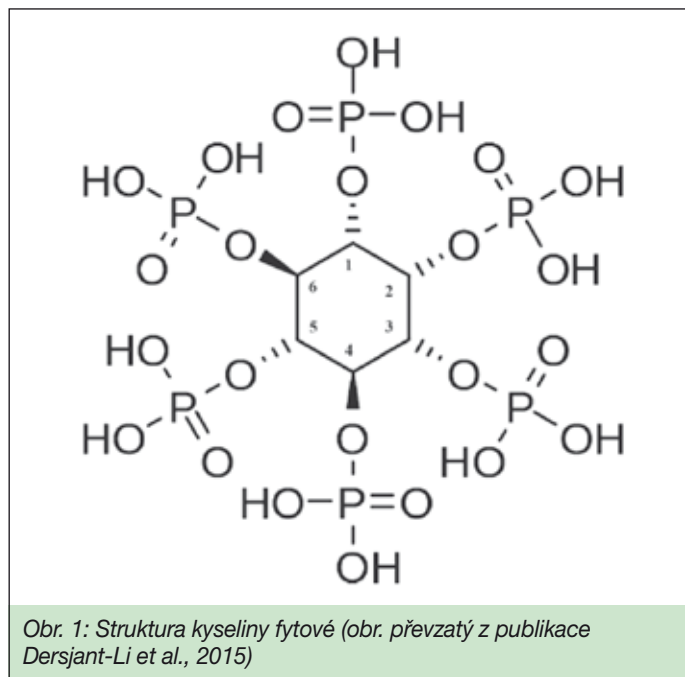
Podle dostupných údajů (Gupta et al. 2015) je více jako polovina světové populace ohrožena nedostatkem mikroživin, u více než 340 milionů lidí je evidován nedostatek jedné nebo více mikroživin, včetně nedostatku vitamínu A, železa, jódu a zinku (UNICEF, 2021) a třetina populace trpí v důsledku anémie z nedostatku železa (Fe) a deficiencí zinku (Zn). Nedostatek Fe je jednou ze čtyř nejčastěji se vyskytujících forem podvýživy (Stephenson et al. 2000). Zhruba dvě miliardy lidí na světě nepřijímají ve své stravě dostatek Fe (Zimmermann et al. 2007), přičemž se tento stav neomezuje jen na chudé země. Podle údajů WHO (2021) je 42 % dětí mladších 5 let a 40 % těhotných žen anemických. Kromě dětí a žen v produktivním věku, hlavně těhotných, jsou anemií postiženi také senioři (De Benoist et al. 2008, Russel 2021). U dětí je nedostatek Fe spojen s nízkou

porodní váhou, celkově nepříznivě ovlivňuje kognitivní a fyzický vývoj, vede k spinálním defektům a poškození mozku (Young 2018). U dospělých významně snižuje výkonnost a produktivitu práce. Deficience obou stopových prvků (Fe a Zn) se u těhotných žen odráží na nepříznivém vývoji plodu i nízké odolnosti vůči infekcím. Zinek má navíc vliv na buněčný růst a diferenciaci a jeho nedostatek způsobuje abnormální neurobehaviorální vývoj, zvýšenou nemocnost a mortalitu (Gupta et al. 2015).

Kyselina fytová, fytáty a volný fosfátový fosfor v rostlinných surovinách

Pravidelný a dostatečný příjem minerálních látek (zejména stopových prvků – Fe, Zn, manganu – Mn a mědi – Cu, ale i makroprvků – vápníku – Ca, hořčíku – Mg, fosforu – P a dalších) úzce souvisí nejen se skladbou potravy nebo krmiva, ale s mnoha dalšími faktory, od obsahu jednotlivých prvků, přes jejich stravitelnost a využitelnost v organismu, až po použité technologie zpracování (Suliburska and Krejpcio 2014). Bohatým zdrojem širokého spektra minerálních látek jsou rostlinné suroviny, avšak biologická využitelnost minerálů je často limitována přítomností antinutričních látek, které se v rostlinách nacházejí, jako jsou taniny, polyfenolické sloučeniny, vláknina, fytáty, šťavelan vápenatý nebo inhibitory proteáz a další (Kalač and Mika 1997, Arnarson 2017, Foster et al. 2012, aj.).

Fosfor je klíčový prvek nezbytný pro biologické funkce, růst a vývoj všech živých organismů. Primárně je součástí organických molekul – nukleových kyselin (DNA a RNA), fosfolipidů buněčných membrán, energetických přenašečů (ADP, ATP) a účastní se většiny významných metabolických procesů. Fosfor tvoří asi 0,2 % sušiny rostlin. U obilovin, luskovin, olejnin a ořechů je hlavní zásobní formou P kyselina fytová (Obr. 1 - *myo*-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakis-dihydrogenfosforečná kyselina, zkráceně InsP_6 , $\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_{24}\text{P}_6$), která tvoří 1–7 % hmotnosti jejich sušiny (Zhou et al. 1995).



Tato záporně nabitá molekula je syntetizována složitou, enzymaticky řízenou biochemickou cestou z glukózy přes nižší inositolfosfáty (Raboy 2001 a, 2001 b, Vlčko 2013, aj.).

Biosyntéza kyseliny fytové začíná přeměnou glukózo-6-fosfátu na inositol-3-fosfát (InsP_3) působením enzymu 1-L-*myo*-inositolfosfát syntázy (MIPS). Z InsP_3 může syntéza pokračovat k fytátu dvěma cestami: fosfatidylinositolovou cestou, závislou na lipidech a cestou nezávislou na lipidech (Madsen and Brinch-Pedersen 2020). Současné poznatky o genech, které kódují enzymy, fungující v různých fázích syntézy PA, od první fosforylace *myo*-inositolu po transport PA do rezervních tkání semen jsou dostupné například v reviu autorů Silva et al. (2021).

Kyselina fytová se hojně vyskytuje jako všudypřítomná složka eukaryotických buněk. Zde kromě hospodaření s fosfátem, *myo*-inositem a minerály v rostlinných orgánech a tkáních a účasti na celé řadě metabolických procesů slouží jako hlavní metabolický pool ve fosfátových a pyrofosfátových signalizačních a regulačních drahách a má rovněž důležitou roli v buněčném metabolismu včetně exportu mRNA, opravy DNA, regulace struktury chromatinu a apoptózy programované buněčné smrti (Raboy 2003, Agarwal et al. 2009, Doria 2009). Známa je také funkce PA v ochraně proti stresu, biosyntéze buněčných stěn a hormonální homeostázi (Croze and Soulage 2013).

Kyselina fytová má silnou schopnost chelátovat vícemocné kovové ionty a vytvářet s nimi komplexní soli (Raboy 2003, Raboy 2020, aj.), obecně nazývané fytáty, které jsou špatně nebo téměř nerozpustné, což redukuje jejich biologickou dostupnost a nutriční využitelnost pro lidi, monogastriční zvířata a ryby (Bohn et al. 2008, Brouns 2022, aj.). V některých případech může PA tvořit také vazby s proteiny a škroby (Angel et al. 2002, El-Hack et al. 2018). Nižší inositolfosfáty se také účastní stresových reakcí, membránové biogeneze a intracelulární signalizace (Storcksdieck et al. 2007, Loewus and Murthy 2000).

Fytát jako minerální vázaná sůl PA je důležitou minerální rezervou v semenech, kde je uložen v proteinových zásobních vakuolách ve vrstvě aleuronových buněk nebo embrya semene, ze kterých se, v důsledku aktivity enzymu fytázy, uvolňuje při klíčení. Údaje o množství fytátového P v rostlinách jsou často velmi variabilní a závisí na jednotlivých odrůdách, ročníkových diferencích, rozdílech v podmínkách pěstování a použité agrotechnice, technice sklizně, metodách skladování i analytických postupech (Steiner et al. 2007, Dai et al. 2007, Morgounov et al. 2007, Vaculová et al. 2012, aj.). V podobě PA a jejich solí je v semenech obilovin a luskovin vázáno 65–90 % celkového P (Bohn et al. 2008, Raboy 2020) a obsah PA v sušině dosahuje u obilovin od 0,5 do 2,0 % (Coulibaly et al. 2011).

V zrna může být obsah PA dokonce až 1000 krát vyšší než ve vegetativních pletivech, tedy kořenech, stoncích a hlízách (Cominelli et al. 2020). Fytáty se vytvářejí již po opylení a hromadí se během zrání zrna. U obilovin a dalších rostlinných semen se vyskytují zejména v aleuronové vrstvě (téměř 80 %), kde vytváří specifické kulovité krystaloidní inkluze, tzv. globoidy, které jsou uloženy ve vakuolách skladujících proteiny (Otáhalová 2015). Obsah fytátů, P a celkově minerálů (Tab. 1) je mnohem vyšší v otrubách než v celém zrna (Guttieri et al., 2003; Steiner et al., 2007).

V zrně ječmene je v perikarpu a aleuronové vrstvě 10 až 20 krát více PA než v endospermu. V aleuronové vrstvě pšenice se nachází 85 % obsahu PA, v embryu 13 % a endosperm obsahuje pouze 2 %, zatímco u rýže a kukuřice je v perikarpu a embryu koncentrováno až 80 % PA. U luskovin se fytáty kumulují převážně v bílkovinných granulích v endospermu (až 90 % – Coulibaly et al. 2011, Gupta et al. 2015, Zittermann 2003). Globoidy byly nalezeny také u rostlin například z čeledi brukvovité, lilkovité a dalších (Bohn et al. 2008).

Tab. 1: Koncentrace fytátového fosforu (g/kg, EFSA, 2014) a vybraných mikroprvků (mg/kg) v rostlinných produktech

Produkt	N ¹⁾	Fytátový P	Fe		Zn		Mn		Cu	
		průměr	průměr	SD ¹⁾	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD
Ječmen	51	2,2	36	5	25,6	3,1	14,9	1,9	5,2	0,9
Pšenice	54	2,4	40	10	26,6	4,1	31,9	6,4	3,8	0,9
Tritikale	25	2,8	44	30	32,1	3,2	30,4	7,9	5,3	0,7
Oves	20	2,3	89	81	26,9	3,9	41,7	10,5	3,7	0,5
Kukuřice	46	1,9	19	2	18,2	1,2	4	1,7	1,8	0,8
Proso	13	1,9	48	6	30,9	2,4	11,8	3,6	8,9	1,6
Čirok	19	1,8	35	8	20,3	3,9	15,1	3,9	4,9	1,6
Bob koňský	5	3,1	59	20	47,2	3,6	11,4	1,8	15,1	1,2
Lupina bílá	5	3	33	9	38,3	2,5	555,9	228,3	7,6	1,2
Lupina úzkolistá	5	3	39	8	32,6	1,6	40,2	18,9	4,8	0,7
Pšeničné otruby jemné	8	6,7	132	9	122,8	15,5	151,5	13,9	14,5	2,5
Pšeničná krmná mouka	6	3,7	52	13	40	11,2	35,2	12,8	6,9	2,2
Pšeničné otruby hrubé	11	9,7	152	23	103,6	12,7	148,5	18,8	14,4	2
Bob koňský	5	3,1	59	20	47,2	3,6	11,4	1,8	15,1	1,2
Řepkový šrot	9	6,6	146	11	65,5	3,5	71,1	4,2	6,2	1,4
Řepkové pokrutiny	10	6,4	144	31	60,9	2,5	65	4,5	5,6	1,1
Sojová mouka	14	3,6	187	51	52,2	3,4	34,9	3,9	13,2	2,2
Sojové pokrutiny	10	3,8	263	90	55,2	2	40,8	6,3	16,1	2,4
Lněné pokrutiny	10	4,2	240	116	70,7	11	45	6,4	20,8	3,2

¹⁾ – N = počet analýz; SD = směrodatná odchylka

Upraveno z publikace Nys et al. (2018), podklady Schlegel (nepublikované údaje)

Fytáty v krmivech pro hospodářská zvířata a jejich vliv na životní prostředí

Změny v systémech chovu, způsobené koncentrací ustájení vysokoprodukčních hospodářských zvířat, nastolily řadu problémů a otázek, které v předchozích staletích nemusely být řešeny. Jednou z nich je například výroba optimálně sestavených krmiv pro jednotlivé kategorie zvířat. Nedostatek potřebných minerálů a zejména mikroživin, které je nutné doplňovat při sestavování krmných směsí, je jedním z následků přechodu výživy zvířat z krmiv bohatých na mikroživiny k obilovinám, sóje a dalším vysokoenergetickým rostlinným krmivům (Cordain 1999), kde je téměř veškerá PA přítomna v podobě smíšených fytátových solí (fytin). Využití krmiv bohatých na fytáty je rozdílné u jednotlivých kategorií hospodářských zvířat.

Zatímco přežvýkavci jsou v důsledku přítomnosti fytázy v bachoru schopni strávit zhruba 2/3 fytátů z krmiva, monogastriční zvířata mají v gastrointestinálním traktu nedostatek enzymů degradujících fytáty a proto je pro tuto skupinu fytátový P, přijímaný z rostlinných zdrojů, téměř zcela nedostupný (Van Krimpen et al. 2013). V posledních letech se ale ukazuje, že i u přežvýkavců může být fytát obsažený v krmivech určitým problémem. V literatuře se setkáváme s údaji, že v případě vysokoprodukčních diet, založených na energeticky bohatých krmivech (obiloviny a olejnatá semena), se úměrně zvyšuje množství dietního fytátového P, který nejsou ani přežvýkavci schopni plně využít (Leytem et al. 2007).

Procento stravitelného fytátu kolísá nejen v důsledku přítomnosti enzymů, ale také v závislosti na struktuře fytátových globoidů, jejich velikosti a místa výskytu v rostlinných pletivech, na pH, obsahu prvků a dalších faktorech (Rada and Havlík

2010). Míru stravitelnosti fytátu proto ovlivňuje i výchozí surovina použitá pro přípravu krmiva.

Kromě toho, že ve fytátech je imobilizována řada mikroprvků, neselektivně se váží také na bílkoviny a inhibují enzymy včetně trypsinu a α -amylázy, čímž snižují využitelnost a stravitelnost bílkovin i škrobu pro zvířata (Lee et al. 2006, Kumar et al. 2010, Dersajant-Li et al. 2015, Kumar et al., 2020). Kyselina fytová je schopna vázat bílkoviny v širokém spektru pH hodnot. Při acidických hodnotách pH (např. v žaludku) se PA váže na bazické aminokyseliny (arginin, histidin a lysin) a vytváří komplexy bílkovina-fytát. V tenkém střevu, při pH vyšším než isoelektrický bod bílkovin, váže proteiny prostřednictvím kationů a vytváří komplexy bílkovina-minerál-fytát (Cheryan and Rackis 1980, Kies et al. 2006).

Celkově může PA vést ke snížení stravitelnosti živin i tím, že v interakci s endogenními enzymy zvyšuje odolnost proteinů vázaných na fytát vůči trávení pepsinem. Potřeba zvýšené sekrece trávicích enzymů a snížené reabsorpce aminokyselin v tenkém střevu pak přispívá ke zvýšení ztrát u endogenních aminokyselin nebo zhoršené využitelnosti saturovaných mastných kyselin (Cowieson et al 2008, Woyengo and Nyachoti 2013, Zaefarian et al. 2013). V chovech hospodářských zvířat je proto nepříznivé působení PA a fytátů evidováno nejen ve sníženém využití živin, ale vede i ke zvýšeným nákladům na udržení základních životních funkcí a energie a tím ke snížení dostupnosti energie pro produkci.

Globálním problémem je negativní vliv P na znečištění životního prostředí. Z krmiv rostlinného původu jsou hospodářská zvířata schopna strávit cca 30–40 % P. Zbytek P zůstává vázán v komplexech s PA, tedy pro zvířata v nepřístupné formě (Sharma et al. 2013), a proto se musí anorganický P do krmiv přidávat (Rada and Havlík 2010).

Vzhledem k potřebě a využití P ve výživě zvířat je zřejmé, že se stále velký podíl nevyužitého P dostává do půdy a povrchových vod. Degradace životního prostředí přebytkem živin se tak stává stále aktuálnější problémem, také v souvislosti se snižováním obsahu dostupné vody v půdě v důsledku nastupujících klimatických změn. Nevyužitý P v krmivech pro hospodářská zvířata, vázaný v podobě PA a fytátů, se s exkrementy dostává do kejdy, kde se z nich působením mikrobiálního rozkladu uvolňují fosfáty, hlavní zdroj eutrofizace povrchových vod a nežádoucí zátěže i pro půdu (Jongbloed and Lenis 1998).

Půdní P tvoří organické a anorganické formy P, z nichž je cca 80 % nepohyblivých, a nejsou proto pro rostliny snadno dostupné (Menezes Blackburn et al. 2013). Organická frakce půdního P, která se skládá z odumřelých rostlinných a živočišných zbytků, tvoří 30–65 % celkového půdního P (Lu et al. 2020). Tato forma P není biologicky dostupná (Wang et al. 2021), pokud není mineralizována na kyselinu fosforečnou. V souvislosti s intenzifikací rostlinné výroby se zvyšuje potřeba dostupného P pro plodiny, který je tak nezbytné dodávat v podobě minerálních hnojiv. Tyto přístupy vedou ke stálému snižování světových zásob minerálního P a současně, v případě neúplného využití minerálních hnojiv, dále zvyšují podíl nevyužitého P v půdách a vodách (Reddy et al. 2017, aj.).

V oblastech s intenzivní živočišnou výrobou nejsou environmentálními riziky jen přebytky dusíku a fosforu z hnojiv, ale i dalších prvků vyloučených z exkrementů hospodářských zvířat, přidávaných ve formě stopových minerálů do krmiv. Jejich akumulace v půdě může působit toxicky na rostliny a mikroorganismy a podpořit vývoj nepříznivých patogenů v půdě a vodních tocích (Coppenet et al. 1993). Podle údajů Fageria et al. (2008) má v současnosti nejméně 60 % orné půdy ve světě nedostatek minerálů nebo problémy s toxickými prvky. Příkladem mohou být nežádoucí následky suplementace racionů drůbeže stopovými prvky (Zn a Cu). Jak uvádějí Nys et al. (2018), za posledních 20 let hnojení drůbežím trusem se do půdy dostalo mimořádné množství těchto mikroživin. Porovnání dodávek tohoto množství s požadavky na optimální růst rostlin ukazuje, že průměrné hodnoty byly překročeny o více než 500 % (Tab. 2).

Antinutriční účinky fytátů v krmivech pro hospodářská zvířata mohou být redukovány zkrmováním plodin s geneticky sníženým obsahem PA a zvýšeným obsahem anorganického P (Raboy 2020), případně vyšší aktivitou endogenní fytázy nebo postupy, zaměřenými na snížení obsahu fytátů využitím různých způsobů zpracování zrna, ale zejména aplikací enzymu fytázy.

Fytáza, myo-inositol hexakis fosfát fosfhydroláza (EC. 3.1.3.8), katalyzuje hydrolýzu kyseliny fytové na nižší inositolfosfáty a volnou kyselinu fosforečnou. Fytázy se člení podle více kritérií, základní dělení je podle počáteční pozice hydrolýzy fytátu a podle katalytického mechanismu (popis viz např. Vlčko 2013). Působením fytázy se zlepšuje nejen stravitelnost a využitelnost fosforu, ale i využitelnost dalších vázaných prvků (Ca, Fe, Zn), aminokyselin i energie (Madsen and Brinch-Pedersen 2019).

V souhrnu se využití fytáz, zejména u monogastričních hospodářských zvířat, projeví ve snížení nákladů, zlepšení

Tab. 2: Porovnání obsahu minerálních látek v drůbežím trusu, aplikovaném dle EU legislativy (v množství 170 kg/ha/rok) a průměrné spotřeby pro růst rostlin

Minerální prvek	Dodáno ¹⁾ v podobě drůbežního trusu (kg minerálních látek/ha/rok)	Odebráno plodinami (kg minerálních látek / ha/rok)	Přebytek (%)
Dusík (N)	170	170	0
Fosfor (P)	78	35	123
Zinek (Zn)	2,32	0,2	1060
Měď (Cu)	0,306	0,06	410

¹⁾ Vypočteno z bilance mezi příjmem (spotřeba krmiva a minerální složení diety) a výdejem (výdej zvířat a minerální složení těla)

Upraveno z publikace Nys et al. (2018)

ekonomiky chovu, zdravotního stavu a plodnosti zvířat a současně dochází k redukci množství P, vyloučeného v jejich exkrementech (Kalač and Míka 1997, Abid et al. 2017, Balaban et al. 2017, Dersajant-Li et al. 2015, Dal Yang et al. 2014, Pousen et al. 2019, Madsen and Brinch-Pedersen 2019, Raboy 2020 aj.). Na rozdíl od monogastričních hospodářských zvířat jsou metody využití fytázy u ryb zatím nejednotné z důvodu rozdílů v trávicí soustavě ryb, a proto se liší druh od druhu (Kumar et al. 2012).

První komerčně vyráběné fytázy se objevily na trhu již v roce 1991 (Dersajant-Li et al. 2015), avšak jejich využívání bylo, vzhledem k vysokým cenám, zpočátku omezené. Ke zvýšení zájmu o využití fytázy vedly nejen požadavky na zlepšení efektivnosti a ekonomiky chovu, využití živin a biologické dostupnosti makro- a mikroprvků, ale především zlevnění její výroby a potřeba řešení negativního vlivu živočišné produkce na životní prostředí (Nagashima et al. 1999, Kumar et al. 2012, aj.).

V krmivech pro hospodářská zvířata jsou aplikovány různé, zejména mikrobiální fytázy, které mají širší spektrum optimálních hodnot pH (pH = 2–6) než fytázy rostlinné s pH optimem kolem hodnoty 5 (Wodzinski and Ullah 1996, Angel et al. 2002). Madsen and Brinch-Pedersen (2019) uvádějí, že v současnosti jsou ve výživě zvířat jako aditiva využívány pouze mikrobiální enzymy, zařazené do třídy kyselých fytáz (HAP - histidine acid phosphatase, EC 3.1.3.2). Na aktivitu fytázy *in vivo* může mít vliv mnoho faktorů, včetně faktorů souvisejících s fytázou, jako je optimální rozmezí pH, typ fytázy a rezistence vůči proteáze. Faktory související se zvířaty zahrnují druh, věk zvířat a retenční čas. Velmi důležité jsou faktory související se složením krmiva, jako je obsah fytátů, hladiny Ca a složení přísad i způsoby přípravy krmiva (Adeola and Cowieson 2011, Awad et al. 2013). Například fermentace krmiva před krmením prodlužuje dobu pro degradaci PA a nižších inositolfosfátů, což má ve výsledku významný vliv, neboť degradace nižších inositolfosfátů je rychlá a téměř úplná (Blaabjerg et al. 2011). Také používané krmné suroviny vykazují rozdílnou endogenní fytázovou aktivitu (Tab. 3), a to se může projevit ve směsích s odlišným podílem jednotlivých komponent.

Dobrymi přírodními zdroji enzymu fytázy jsou obiloviny čeledi Poaceae, tribu Triticeae, kde nejvyšší aktivitu vykazovalo žito, následovala pšenice, tritikale a ječmen. Naproti tomu oves a kukuřice se společně s luštěninami řadily do skupiny s nejnižší aktivitou (Steiner et al. 2007, Madsen and Brinch-Pedersen 2019). U pšenice byla nejvyšší aktivita tohoto enzymu

Tab. 3: Obsah celkového fosforu, fytátu a endogenní fytázové aktivity u vybraných krmných surovin

Krmná surovina	Celkový P (g.kg ⁻¹)	Fytátový P (g.kg ⁻¹)	Podíl fytátového P /celkový P (%)	Fytáza (FTU kg ⁻¹) ³⁾
Kukuřice	2,4–2,62	1,7–2,05	72–85,4	24–25
Sojové pokrutiny	6,49–6,66	3,88–4,53	60–68	10–95
Plnotučné sójové boby	5,55	3,08	55,5	40
Pšenice	2,0–3,08	1,6–2,2	72–80	255–840
Ječmen	2,6–3,21	1,69–1,96	61–67	130–595
Řepkové pokrutiny ¹⁾	8,76–9,72	6,45–7,4	66–76,4	5–35
Řepkové pokrutiny ²⁾	11,8	7	59	—
Pšeničné otruby	10,96	8,36	76,3	1700–3090
Pšeničné krupičné otruby	8,45	7,8	92	2500
Slunečnicové pokrutiny	9,05	7,48–7,7	82,8–85	<10

¹⁾ – s nízkým obsahem glukosinolátů; ²⁾ – s vysokým obsahem glukosinolátů

³⁾ – aktivita fytázy v FTU = množství fytázy, které uvolní za 1 minutu z fytátu sodného 1 mmol anorganického fosfátu při pH 5.5 a teplotě 37 °C.

Upraveno z publikace Dersjant-Li et al. (2015)

zaznamenána v aleuronové vrstvě (více než 40 % celkové aktivity), přibližně 34 % bylo stanoveno v endospermu, 15 % ve štitku a 3 % v zárodku. Produkty získané mletím obilovin měly různou aktivitu fytázy, celkový obsah P i koncentraci fytátového P, nejvyšší hodnoty byly naměřeny v obalových vrstvách zrna (Steiner et al. 2007). V žitných otrubách byla zjištěna 10–20 krát vyšší aktivita fytázy než v žitné mouce. Účinnost fytáz z rostlin je velice variabilní a snadno ovlivnitelná mnoha faktory jako je druh, odrůda, stáří suroviny, způsob nebo podmínky skladování (Steiner et al. 2007, Sing 2008).

Vliv forem fosforu na zdravotní stav lidí

Ze statistických přehledů vyplývá, že počet rostlinných druhů, které se podílejí na výživě lidí, je v současnosti velmi omezený. Přesto, že ve světě existuje více jako 195 000 kvetoucích rostlin, které by mohly sloužit pro výživu lidí, v současnosti se ve větší míře využívá méně než 300 druhů. Z nich jen 17 druhů zajišťuje zhruba 90 % potravin, přičemž nejvyšší podíl patří obilovinám. Osm druhů obilovin - pšenice, kukuřice, rýže, ječmen, čirok, oves, žito a proso poskytuje více jako 56 % energie a 50 % bílkovin z celosvětové spotřeby potravin (Stoskopf 1985). V této souvislosti je nutné zdůraznit, že i když je zvyšující se produkce obilovin spojována prakticky s každou vysoce rozvinutou civilizací v historii lidstva, jsou obiloviny současně „dvousečnou zbraní“, která lidstvo ohrožuje. Obilí jako základní potravina pro výživu lidí totiž představuje dramatický odklon od potravin, na které se člověk jako druh geneticky adaptoval za posledních 40 000 let svého vývoje (Cordain 1999) a tento nesoulad mezi geneticky podmíněnými stravovacími potřebami lidstva a jeho dnešní stravou je zodpovědný za mnoho civilizačních chorob, se kterými se lidstvo v současnosti potýká (Eaton and Konner 1985). Podíl zemědělské výroby na aktuálním zdravotním stavu lidí komentují Garg et al. (2018) slovy: „Náš zemědělský systém dosud nebyl navržen tak, aby podporoval lidské zdraví; místo toho se zaměřuje pouze na zvýšení výnosu obilí a produktivity plodin“.

Na současné úrovni výživy lidí se bezesporu podílejí také faktory související s celkovým hospodářským vývojem. Jak již bylo zmíněno v úvodu, podvýživa je stavem, který ohrožuje nejen nízkopříjmové skupiny obyvatel, ale paradoxně

i obyvatele hospodářsky vysoce vyspělých států. Na rozdíl od výživy hospodářských zvířat, které se v posledních letech věnuje čím dál, tím větší pozornost, výživa lidí není procesem, na který by někdo systematicky dohlížel a řídil jej. Jsou sice vypracována odborná výživová doporučení ke správné a preventivní výživě, jedná se ale jen o rámcové návody, které navíc nejsou závazné. Orientaci spotřebitelů významně ovlivňuje reklama, informace z internetu, různé nové nebo módní výživové směry, které často s nutričně vyváženou výživou nemají nic společného. Stále aktivnější způsob života vede k nárůstu poptávky po potravinářských výrobcích připravených moderními a intenzivnějšími technologickými postupy, které se mohou odrazit na využitelnosti nejen základních skupin makroživin, ale především nutričně významných fytochemikálií s bioaktivní účinností. Také alternativní výživové směry, které se od „konvenční výživy“ odlišují vyloučením některých druhů běžných potravin, spočívají v odlišném způsobu přípravy pokrmů a výběru potravin, v neobvyklém rozložení stravy během dne či v nezvyklé kombinaci potravin, se někdy podepisují na nezáměrném negativním vlivu stravy na zdravotní stav konzumentů, hlavně u dětí adolescentů, těhotných a kojících žen, sportovců a osob s různými nemocemi (Hejmalová and Hrnčířková 2012). Jednostranná orientace na určité skupiny nebo druhy potravin zase často souvisí s cenovou politikou, rozdíly v ekonomické situaci spotřebitelů i místem jejich pobytu (vesnice vs. velká města).

V souvislosti s diskutovanou problematikou, tedy využitelností, biodostupností a účinky různých forem P je nezbytné zdůraznit protichůdnou roli těchto sloučenin ve vztahu ke zdravotnímu stavu lidí. Negativní antinutriční účinek PA a jejich solí v lidské stravě, založené na dominantním podílu rostlinných surovin (hlavně obilovin a luskovin), se projevuje zejména ve dvou oblastech. První je již zmíněná podvýživa v důsledku nedostatku důležitých minerálních látek (zejména Fe, Zn a dalších prvků) a s ní související všechny zdravotní následky. Lidé, obdobně jako monogastriční hospodářská zvířata, nemají dostatečnou endogenní aktivitu enzymu fytázy, aby byli schopni plně využít P a minerální látky vázané ve formě fytátů, a proto jsou pro ně tyto sloučeniny nutričně nevyužitelné. Průměrný denní příjem PA u obyvatel z rozvojových zemí, kteří konzumovali převážně vegetariánskou stravu, byl 2000–2600 mg, zatímco populace,

jejíž strava byla smíšená, konzumovala denně jen kolem 15–1400 mg (Reddy, 2001). Druhou oblastí nepříznivého účinku PA je její inhibiční působení na bílkoviny a sacharidy. Bylo zjištěno, že PA inhibuje různé proteázy, enzymy nezbytné pro degradaci bílkovin a jejich následné trávení v žaludku a tenkém střevu (Kumar et al. 2010, 2021), a rovněž ovlivňuje absorpci sacharidů (Lee et al. 2006, Greiner and Konietzny 2006), což redukuje využitelnost těchto živin.

Navzdory prokázanému antinutričnímu působení má ale PA řadu pozitivních zdravotních a fyziologických výhod, souvisejících s její strukturou a chemickými vlastnostmi, a to jak v prevenci, tak i v léčbě různých onemocnění (Oatway et al. 2001, Bloot et al. 2021, Abdulwaliyu et al. 2019). Důležitá je především vysoká antioxidační aktivita, kladný zdravotní vliv má také inhibiční schopnost a afinita PA k některým minerálům, například Fe^{3+} , Zn^{2+} nebo Ca^{2+} (Minihane and Rimbach 2002, Chukwuma et al. 2016, Fuster et al. 2017, D'Alessandro et al. 2019, aj.). V poslední době jsou inositolfosfáty, zejména PA a myo-inositol a jejich biologická aktivita v popředí zájmu díky pozitivním výsledkům v mnohých zdravotních a farmaceutických výzkumech (Chatree et al. 2020, Rážová 2016, Narayanayswamy and Norhaizan 2018, aj.), které prokazují antikarcinogenní, antioxidační, antidiabetické, hypolipidemické, antiangiogenní, imunomodulační a další aktivity těchto sloučenin.

Mnoho prací se zaměřuje na vliv PA při potlačení oxidačního stresu (např. Fardet et al. 2008), který je považován za jeden z hlavních faktorů rozvoje život ohrožujících civilizačních chorob, jako jsou neurodegenerativní a kardiovaskulární onemocnění, rakovina, atd. Antioxidační aktivita PA se projevuje snížením hladiny volných radikálů a peroxidace lipidů, spojené s přítomností Fe (Minihane and Rimbach 2002, Bohn et al. 2008). Hlavní příčiny, možné protektivní a léčebné účinky PA u Alzheimerovy a Parkinsonovy choroby, hypolipidémie, různých typů rakoviny (kolorektální, prostaty, jater, prsu, kůže, rhabdomyosarkomu) i v terapii onemocnění HIV virem jsou diskutovány v review autorů Abdulwaliyu et al. (2019). V práci Narayanayswamy and Norhaizan (2018) jsou doplněny ještě další farmakologické aktivity PA, například antibakteriální, antiangiogenní, antiulcerózní, karyostatická, hemolytická, hypoalergenní, imunomodulační, neuroprotektivní, apod. a rovněž možnosti jejího využití při inhibici nežádoucí aktivity klíčových enzymů různých onemocnění. Protirakovinné působení je dokumentováno v řadě dalších studií, které prokazují, že PA snižuje buněčnou proliferaci, indukuje apoptózu a diferenciaci maligních buněk, je schopna zvýšit protirakovinný účinek konvenční chemoterapie, kontrolovat rakovinné metastázy a zlepšit kvalitu života (Vucenik and Shamsuddin 2006, Vucenik 2016, Vucenik et al. 2020, Chatree et al. 2020, Kumar et al. 2010, aj.). Vědecké studie prováděné v posledních letech také ukázaly pozitivní vliv PA na podporu celistvosti jaterních a nervových buněk, což lze využít při podávání chemoterapeutik (Rážová 2016). Obsáhlou studii účinků myo-inositolu a možností využití této látky v nových způsobech doposud neprozkoumaných oblastí terapie mnoha gynekologických, endokrinologických onemocnění a steroidogeneze přináší review Dinicola et al. (2021).

Dílí vědecké práce uvádějí výsledky terapeutického použití PA při diabetu, ateroskleróze a ischemické chorobě srdeční nebo také ke snížení toxicity těžkých kovů (Kumar et al. 2010). Například v léčbě cukrovky se příznivé působení fytátů projevuje regulací sekrece inzulínu prostřednictvím inhibice aktivity serin/threonin specifické protein fosfatázy, enzymu důležitého pro

uvolňování inzulínu (Larsson et al. 1997, Barker and Berggren 1999). Pro diabetické pacienty je prospěšné rovněž zjištění, že konzumace PA snižuje stravitelnost škrobu (v důsledku inhibice enzymu α -amylázy), omezuje střevní absorpci glukózy a tím i její hladinu v krvi. Dochází tak ke zlepšení zdravotního stavu zažívacího systému pacientů (Kumar et al., 2020; Yoon, Thompson, & Jenkins, 1983, aj.) a současně je podpořen příjem glukózy ve svazech, což ukazuje na možnost využití této látky jako antihyperglykemického doplňku stravy v potravinových produktech pro diabetiky (Chukwuma et al. 2016).

Vysoká afinita PA ke kovovým iontům ovlivňuje některé metabolické reakce a pozitivně působí v prevenci různých onemocnění. Norhaizan et al. (2011) zjistili, že interakce PA se zinkem, vede ke snížení hladiny cholesterolu v séru a ke snížení poměru Zn:Cu a to se příznivě projevuje při prevenci rakoviny a koronárního srdečního onemocnění. Silná afinita PA k vápníku zase zabraňuje tvorbě ledvinových kamenů (urolitiáze) v důsledku kompetice s oxalátem, jehož přítomnost v kombinaci s Ca přispívá k rozvoji tohoto onemocnění (Fuster et al. 2017, D'Alessandro et al. 2019). Bevilacqua et al. (2015) zkoumali v oblasti gametogeneze savců a lidské reprodukce účinek PA na kvalitu oocytů a spermií a diskutují perspektivní možnosti jejího využití při asistované reprodukci. Ukazuje se, že PA a myo-inositol mohou rovněž hrát výraznou roli v energetickém metabolismu a metabolických poruchách, například při citlivosti a rezistenci na inzulín nebo vykazovat další vlastnosti s významem od buněčné signalizace až po metabolismus glukózy nebo sacharidů (Chatree et al. 2020). Identifikace specifických signalizačních funkcí pro inositolpolyfosfáty v různých typech buněk vedla k získání nových informací o jejich významu v regulaci některých buněčných procesů a zdůraznila možnost nových farmakologických intervencí u mnoha onemocnění (Maffucci and Falasca 2020). Kromě toho nedávné studie naznačily účinnost PA jako inhibitoru alimentárních patogenů (Bloot et al. 2021) a ve stadiu výzkumu jsou ještě další možnosti uplatnění významných zdravotních a farmaceutických vlastností této látky.

Široké možnosti využití antioxidačních a antimikrobiálních účinků PA jsou také v dalších oblastech péče o zdraví jako například v dermatologii, stomatologii nebo kosmetice. V potravinářství se PA nachází v databázi přídatných látek pod označením E391 a přesto, že má pozitivní vliv na trvanlivost, barvu a další vlastnosti potravin, především masných výrobků (Narayanayswamy and Norhaizan 2018), v EU není její použití v potravinách povoleno.

Zajímavé údaje uvádějí Sharma et al. (2020), kteří ve svém minireview popisují pozitivní farmakologické účinky aplikace enzymu fytázy při kontrole diabetu, aterosklerózy, ischemické choroby srdeční, urolitiázy, inhibici viru lidské imunodeficiency (HIV) a toxicity těžkých kovů u lidí i hospodářských zvířat. Uplatňuje se zde zejména schopnost tohoto enzymu hydrolyzovat PA na nižší inositolfosfáty, které se zapojují například do funkce transmembránových signálních systémů nebo mobilizace vápníku z intracelulární části živočišných tkání.

Souhrn

Kyselina fytová, látka s bioaktivní účinností, která se vytváří v rostlinách, je hlavní zásobní formou fosforu v semenech významných potravinářských a krmivářských plodin, zejména obilovin, luskovin a olejnatých semen. V důsledku silného negativního náboje tato sloučenina chelatuje dvou a vícemocné

kovy a vytváří s nimi komplexní soli zvané fytáty, které jsou velmi špatně rozpustné a tedy málo využitelné pro lidi a nepřežvýkavá zvířata. Z tohoto pohledu představuje tedy PA a její soli nežádoucí antinutriční látky, které ovlivňují využitelnost fosforu, dalších makro- a zejména mikroprvků a jiných živin, se kterými PA váže (např. různé enzymy, bílkoviny i sacharidy). Z hlediska zabezpečení optimálního příjmu nezbytných mikroživin je největším problémem její afinita k mikroprvkům jako je Fe a Zn, jejichž nedostatek je celosvětově nejvýznamnějším příčinou podvýživy a s ní spojenými významnými zdravotními problémy, především v rozvojových zemích a u lidí, kteří konzumují rostlinnou stravu s převažujícím podílem výše uvedených plodin. Ve výživě hospodářských zvířat, zejména monogastričních, se nepříznivé působení fytátového fosforu projevuje ve sníženém využití živin, zvýšených nákladech na produkci a ve zhoršení zdravotního stavu. Kromě toho nevyužitý fosfor, organicky vázaný v exkrementech, představuje významnou negativní zátěž pro životní prostředí.

Na druhé straně stále větší počet klinických a farmaceutických výzkumů dokazuje, že inositolfosfáty, především PA a myo-inositol mají řadu pozitivních zdravotních a fyziologických výhod, a to jak v prevenci, tak i v léčbě různých onemocnění, zejména civilizačních. Přesto, že byla jejich přítomnost prokázána ve všech eukaryotických organismech již v minulém století, hlavně výsledky získané v posledních dvou desetiletích dokladují široký, ale doposud ještě plně nevyužitý terapeutický potenciál mnohých farmaceutických aktivit těchto sloučenin. K nejvýznamnějším patří antibakteriální, antikancerogenní, antidiabetické, antiangiogenní, hypolipidemické, antiulcerózní, karyostatické, hemolytické, hypoalergenní, imunomodulační, neuroprotektivní a další účinky a také schopnost inhibovat aktivitu některých nežádoucích enzymů. Za výrazně kontroverzní

roli PA, především z pohledu využití v lidské výživě, jsou odpovědné její chemické a fyzikální vlastnosti, zejména vysoká antioxidační aktivita, inhibiční schopnost a afinita k některým minerálním látkám a živinám (zejména bílkovinám). Proto se názory na tuto sloučeninu liší podle toho, z jakého pohledu ji posuzujeme. V zemích, kde je strava obyvatel z větší části vyvážená, nepředstavují antinutriční účinky PA a jejich sloučenin významné zdravotní nebezpečí a jsou zde kladně přijímány především její příznivé zdravotní účinky. V těchto oblastech lze tedy považovat za neopodstatněná doporučení některých odborníků, aby se spotřebitelé vyhýbali konzumaci většího množství celozrnných, vysocefyátových potravin. Jiná situace ale platí pro obyvatele zemí, zejména rozvojových, kde převažuje rostlinná strava na bázi plodin s geneticky podmíněným vysokým obsahem PA. V zájmu zlepšení zdravotního stavu ohrožených skupin obyvatel je nezbytné usilovat o snížení příjmu této sloučeniny, a to kombinací všech možných postupů, včetně zemědělských intervencí a fortifikací mikroživin, podpory lepšího stravování, zvláštní pozorností věnovanou genderovým otázkám a zranitelným skupinám, zlepšením kvality zdravotních služeb, apod. Nicméně mnozí výzkumní pracovníci a nutriční specialisté upozorňují, že intervence ze strany jiných zemí nepovedou k výrazným změnám a za nejlepší přístup považují nadále posilovat vzdělání obyvatel, aby mohli sami provádět kontrolu příjmu a využívání fytátů s vědomím jejich dopadu na své zdraví.

Seznam použité literatury je k dispozici u autorek příspěvku.

Dedikace:

Příspěvek byl vypracovaný za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE - RO1118.



Odrůda AF Zora – nový směr ve využití nutriční kvality pšenice

(AF Zora variety – new direction in use of wheat nutritional quality)

Petr Martinek¹, Zora Kotíková², Luboš Paznocht²

¹Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž, ²Katedra chemie, Česká zemědělská univerzita v Praze

Souhrn: V roce 2021 byla registrována v České republice odrůda ozimé pšenice AF Zora, která obsahuje v zrna vysoký obsah antokyanů. Zrno této odrůdy má černou barvu způsobenou kombinací genů pro modrý aleuron a purpurový perikarp. Jedná se o první evropskou odrůdu pšenice s černým zrnem. Je prezentován šlechtitelský cíl orientovaný na další zvyšování obsahu barevných látek v zrna pomocí kombinování genů pro antokyany a karotenoidy (pyramidování genů). Tento postup umožní další zvýšení obsahu antioxidantů v zrna. Vyšlechtění takových odrůd bude mít značný pozitivní význam pro zdraví konzumentů a přispěje k rozšíření využitelnosti pšeničné suroviny pro rozmanitější spektrum potravinářských výrobků.

Klíčová slova: pšenice setá, barva zrna, antokyan, antioxidant, černé zrno, odrůda

Abstract: Winter wheat variety AF Zora has been registered for growing in the Czech Republic in 2021. High level of anthocyanins in grain is typical for this variety. The black colour of grains is caused by the combination of genes for blue aleurone and purple pericarp. AF Zora is the first European winter wheat variety with black grain colour. The breeding goal was to increase the content of coloured substances in the grain by combining genes for anthocyanins and carotenoids using gene pyramiding. This approach is leading to further increase of antioxidants content in the grain. The breeding of these types of varieties will show a positive impact for health of consumers and contribute to expanding of wheat grain use in more diverse spectrum of food products.

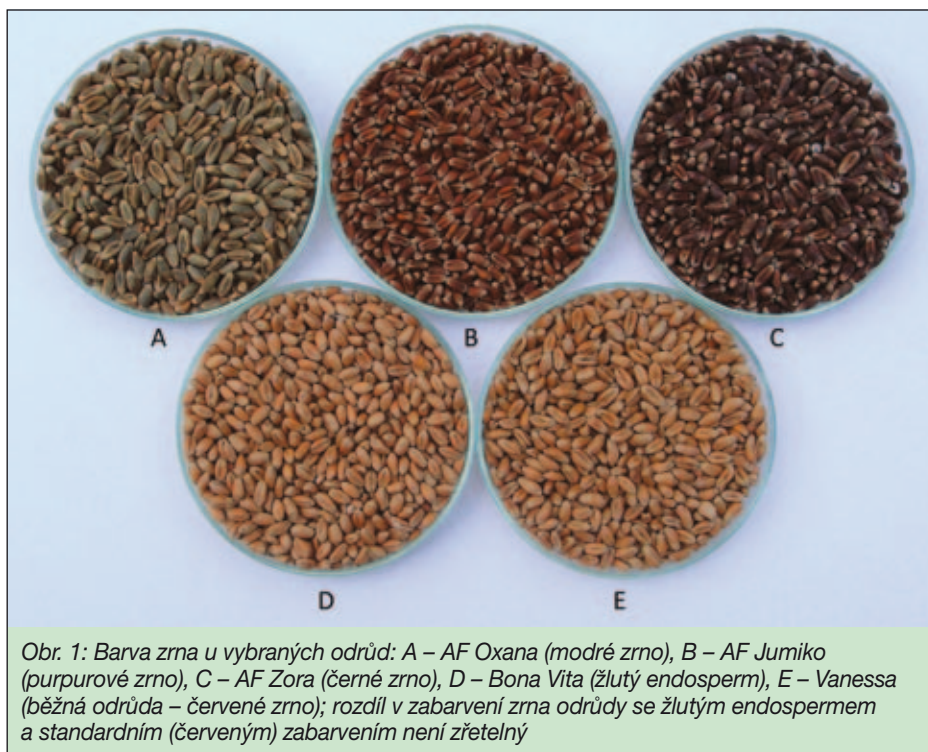
Key Words: wheat, grain colour, anthocyanins, antioxidant, black grain, variety

Úvod

Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) je starobylou zemědělskou plodinou, která zaujímá největší pěstební plochy na Zemi. Současné odrůdy pšenice mají vysoký výnosový potenciál a pěstební technologie jsou dobře zvládnuty. Pšenice je nejvýznamnější plodina mírného pásma, na které závisí obživa zhruba třetiny lidí na planetě. Možná i proto se neustále zvyšuje počet lidí majících problémy s jejím zpracováním v trávicím traktu. Pšenici najdeme v řadě druhů potravin, mnohdy i v takových, kde bychom ji vůbec nečekali.

Co je žádoucí

Za dané situace je vhodné usilovat o výraznou změnu nutriční kvality zrna pro rozšíření spektra potravinářských výrobků. Jednou z možností je orientace na šlechtění odrůd schopných tvořit ve větší míře látky s antioxidačním účinkem, jakými jsou barevné antokyany a karotenoidy, případně i další nebarevné fenolické sloučeniny. Antokyany jsou silnými antioxidanty, které snižují obsah volných radikálů, tím nespecificky působí pozitivně vůči řadě chorob a zpomalují projevy stárnutí. Žádoucí je, aby byl dostatek těchto látek uchován v potravě. Využití barevných látek ve šlechtění je výhodné, protože existují příslušné donory, jejich dědičnost je do značné míry známa a velká výhoda spočívá v možnosti provádění jednoduchého vizuálního výběru. Cílem je vytvořit odrůdy s co nejvyšším obsahem uvedených biologicky aktivních látek, aby i po tepelném zpracování kdy jsou degradovány, jich zůstalo ještě významné množství v potravinářském výrobku. Tohoto cíle lze dosáhnout vzájemnou kombinací genů odpovědných za tvorbu jednotlivých druhů barevných (i nebarevných) látek. Existence pšenice s barevným zrnem a hlavně možnost kumulace různých genů pro jednotlivé barvy zrna ukazuje, že pšenice má potenciál být dalším významným zdrojem barevných látek pro obohacení lidské stravy. Navíc dobře zvládnutá technologie pěstování pšenice na velkých plochách umožňuje získávat značná množství této komodity pro průmyslové potravinářské zpracování. Výhoda pšenice rovněž spočívá v tom, že se antokyany v ní mohou uchovávat dlouhou dobu v suchém stavu.



Obr. 1: Barva zrna u vybraných odrůd: A – AF Oxana (modré zrno), B – AF Jumiko (purpurové zrno), C – AF Zora (černé zrno), D – Bona Vita (žlutý endosperm), E – Vanessa (běžná odrůda – červené zrno); rozdíl v zabarvení zrna odrůdy se žlutým endospermem a standardním (červeným) zabarvením není zřetelný

Odrůda AF Zora

Příkladem této kombinace genů je odrůda ozimé pšenice AF Zora, registrovaná v roce 2021, která je první evropskou odrůdou pšenice s černým zabarvením zrna. Informace o existenci podobných odrůd jsou známy z Indie, Číny a Jižní Koreje (Dhua et al., 2021). Zabarvení zrna je zde způsobeno kombinací genů pro modrý aleuron a purpurový perikarp. Původ odrůdy je (Skorpion × Bohemia) × (Indigo × Bohemia), modré zabarvení pochází z odrůdy Skorpion a purpurové z odrůdy Indigo. Porovnání rozdílů v barvě zrna vybraných odrůd ukazuje **obrázek 1**.

Zastoupení antokyanů v zrně

Běžně pěstované odrůdy v našich podmínkách mají tak zvané červené zrna a antokyan v zrně nedovedou syntetizovat. Porovnání obsahu antokyanů v našich odrůdách s barevným zrnem AF Jumiko (registrace 2018) s purpurovým zrnem a odrů-

dy AF Oxana (registrace 2019) s modrým zrnem a odrůdy AF Zora (registrace 2021) s černým zrnem (**Obr. 2**) ukazuje, že AF Zora je charakteristická enormně vysokým obsahem těchto látek. Antokyan se skládá z antokyanidinu a na něho navázané sacharidové složky. V přírodě se tedy vyskytuje v glykosylované formě. Nej důležitějších a nejběžnějších je šest základních antokyanidinů: kyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin a malvidin. Tyto jednotlivé sloučeniny se od sebe odlišují přítomností různých substituentů na základní struktuře, přítomnost hydroxylových skupin posouvá přirozený odstín do purpurova, přítomnost metoxylových skupin spíše do růžova až červena. Modré zbarvení aleuronu je typicky dáno obsahem delfinidin-3-glukosidu a delfinidin-3-rutinosidu, zatímco purpurová barva perikarpu je tvořena kyanidin-3-glukosidem a kyanidin-3-rutinosidem. Z uvedeného vyplývá, že antokyaniny nejsou v zrně zastoupeny rovnoměrně, ale vyskytují se převážně v povrchových vrstvách zrna (perikarpu a aleuronu), a proto je pro potravinářskou výrobu doporučováno využití celého zrna. Barva a stabilita antokyanů

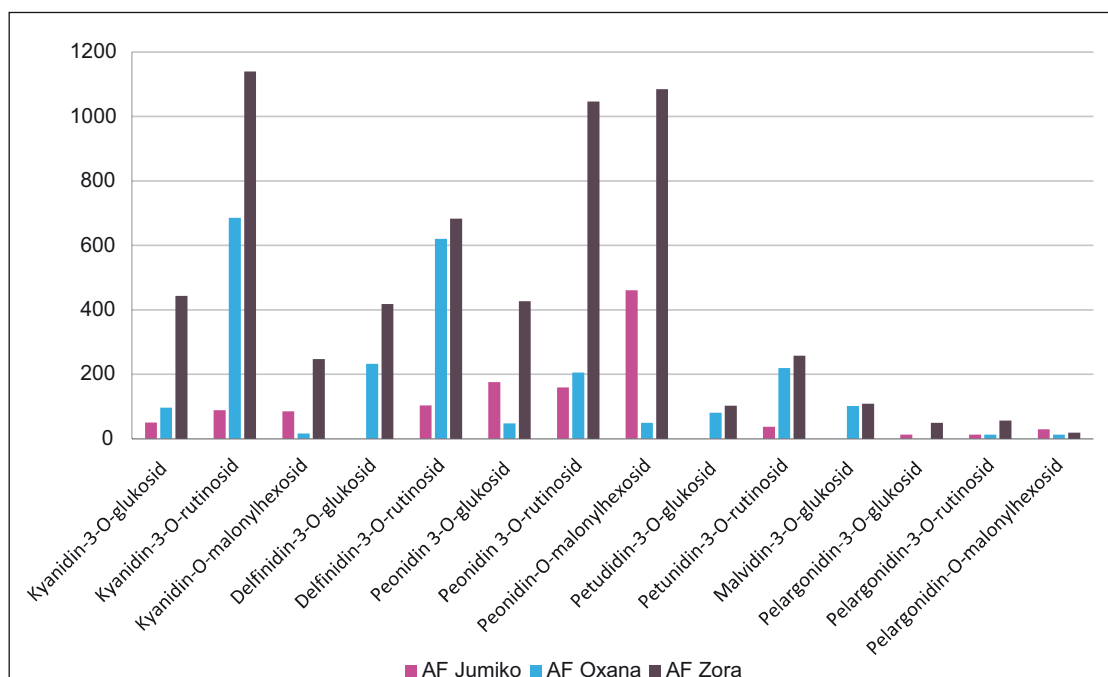
je ovlivňována zejména hodnotou pH a teplotou prostředí, typem rozpouštědla, kopigmentací nebo enzymatickou aktivitou. Názorněji je to vidět v celkovém součtu obsahů hodnocených antokyanů těchto odrůd (**Obr. 3**).

Uvedené výsledky se týkají jen části z celkového spektra antokyanů stanovených separační analytickou metodou kapalinové chromatografie (HPLC). Podle výsledků indických autorů bylo dosud v pšenici detekováno celkem 24 jednotlivých antokyanů (Garg et al., 2022) a lze předpokládat, že podobná situace bude platit i u našich vzorků. Jiným způsobem

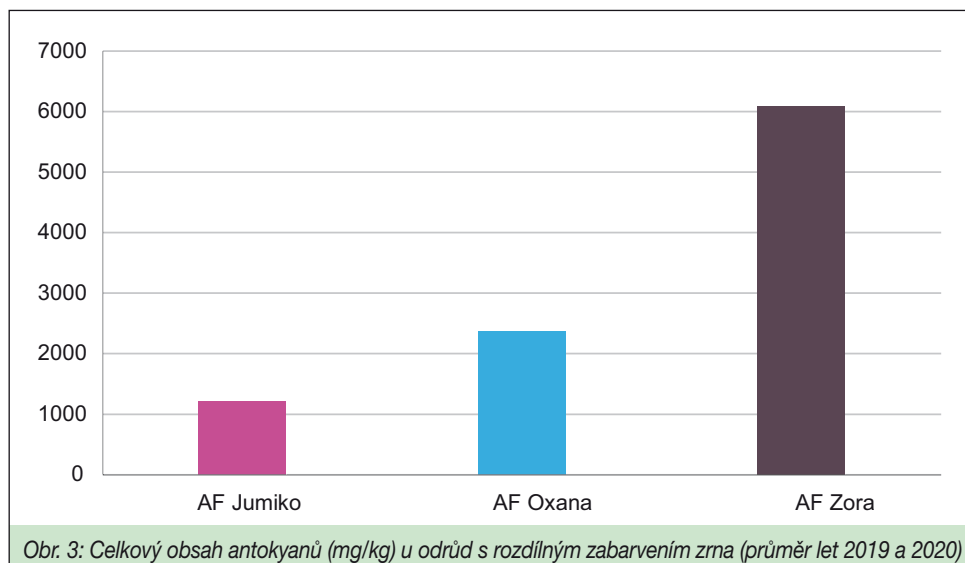
stanovení obsahu antokyanů může být spektrofotometrie, jejíž výhodou oproti metodě kapalinové chromatografie je jednodušší instrumentace a významně nižší náklady. Spektrofotometrické měření však podává pouze informaci o sumárním obsahu antokyanů vyjádřeném obvykle v ekvivalentu majoritního zástupce z této skupiny látek.

Vlastnosti odrůdy

Odrůda AF Zora je pekařskou odrůdou kategorie kvality B. Je středně raná. Má velké zrna. Objemová výtěžnost pečiva je vysoká, obsah dusíkatých látek vysoký, hodnota



Obr. 2: Porovnání obsahu vybraných antokyanů (mg/kg) u odrůd s rozdílným zabarvením zrna (průměr let 2019 a 2020)



Obr. 3: Celkový obsah antokyanů (mg/kg) u odrůd s rozdílným zabarvením zrna (průměr let 2019 a 2020)

Zeleného testu nízká, vaznost mouky středně vysoká, hodnota čísla poklesu středně vysoká, objemová hmotnost zrna středně vysoká až nízká. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odnožující, vyžadují použití morforegulatorů na zpevnění a zkrácení délky stébla, což potvrzují i praktické poznatky s pěstováním množitelských porostů.

Výnos zrna při pěstování v konvenčním režimu pěstování na úrovni odrůdy Annie, to znamená o něco nižší, než u většiny běžných odrůd používaných v praxi. Je odolná vůči vymrzání (na úrovni odrůdy Bohemia). Doporučuje se setí v agrotechnické lhůtě a běžný výsevek. Odrůda vyžaduje ošetření proti houbovým chorobám a proti poléhání.

Zajímavé je, že odrůda AF Zora se vyznačuje nejen černým zabarvením zrna ale i antokyanovým tmavým zabarvením klíčnic (**Obr. 4**) i vzrostlých rostlin (**Obr. 5**). Obsah barevných pigmentů je nejzřetelnější v období voskové zralosti (**Obr. 6**).

Odrůdu doporučujeme vysévat v agrotechnickém termínu, nicméně poskytuje dobré výsledky i v pozdějších výsevech. Nedoporučuje se pěstovat po horší předplodině, doporučuje se obvyklý výsevek pro danou lokalitu. Sklizeň je doporučována provádět ihned po dozrání a dosažení požadované sklizňové vlhkosti. Není vhodné vystavovat dozralé prostory dlouhou dobu proměnlivým vlivům počasí, protože ty mohou ovlivňovat intenzitu zabarvení zrna.

Antokyany během zpracování zrna

Antokyany jsou chemicky málo stabilní látky a je pochopitelné, že tepelnými úpravami dochází k jejich degradaci. Proto by mělo být následné zpracování obilného zrna z odrůdy AF Zora co nejšetrnější. Problematiku zpracování barevných pšenic a studium degradace obsahu antokyanů uvádí Hemmrová (2021) v doktorské disertační práci.

Jako nejšetrnější způsob zpracování se jeví vaření, uspokojivé bylo také pečení, kdy byla pozorována degradace 26 % obsažených antokyanů. Překvapivě u extruze docházelo k úbytku až 42 % a nejhorší výsledky byly zaznamenány v případě pufování (expandování), kde maximální ztráta dosáhla dokonce 83 %. Vyšší stabilita antokyanů byla pozorována u genotypů s purpurovým zrnem než u genotypů se zrnem modrým. U odrůdy AF Zora s mnohem vyšším obsahem barevných látek než u pšenice s purpurovým a modrým zrnem lze tedy předpokládat, že i při výraznější míře degradace během zpracování zůstane v hotovém potravinářském výrobku zachováno významné množství těchto barviv.

Ocenění odrůdy AF Zora

Odrůda AF Zora byla oceněna v prestižním časopise European Seed, kde byla zařazena mezi 20 nejnovativnějších od-

růd v Evropě. Toto ocenění je uvedeno v květnovém čísle z roku 2021. Odrůda získala rovněž ocenění Zlatý klas na 48. ročníku mezinárodního agrosalonu Země živitelka 2022 (**Obr. 7**, **Obr. 8**) v Českých Budějovicích.

V roce 2021 byla uzavřena licenční smlouva s množitelskou firmou ELITA semenářská, a. s. o množení osiva.



Obr. 4: Klíčnicí rostliny odrůdy AF Zora



Obr. 5: AF Zora v odrůdových pokusech v Kroměříži 2022

Výhled do budoucna

Vzhledem k tomu, že se jedná o českou odrůdu, nabízí se možnost využití odrůdy pro výrobu regionální potraviny se zdravotním benefitem, včetně oficiálního získání příslušného označení. Do budoucna je cílem zkombinovat tři rozdílné geny pro modré zabarvení, několik genů pro purpurové a žluté zabarvení do jednoho genotypu, čímž by byl ještě výrazněji navýšen obsah barevných látek. Současně bude důležité dosáhnout uspokojivé pěstitelské vlastnosti. Stanoveného cíle lze dosáhnout běžným šlechtěním, není tedy uvažováno o využití technik genetických modifikací, které by mohly vyvolávat obavy ze strany spotřebitelů. Odrůda AF Zora je prvním výraznějším výsledkem na cestě k vytyčenému cíli. Nezbytným předpokladem pro uplatnění v praxi je konečně i adekvátní reakce české zpracovatelské a pěstitelské veřejnosti.

Vlastníkem odrůdy je Agrotest fyto, s.r.o., množitelem odrůdy je Elita semenářská, a.s.

Použitá literatura:

Dhua, S., Kumar, K., Kumar, Y., Singh, L., Sharanagata, V. S.: Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 2021: 780-794. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.037>
Garg, M., Kaur, S., Sharma, A., Kumari, A., Tiwari, V., Sharma, S., Kapoor, P., Sheoran, B., Goyal, A., Krishania, M.: Rising demand for healthy foods-anthocyanin biofortified rich colored wheat is a new research trend. *Front. Nutr.* 9, 2022: 878221. doi: 10.3389/fnut.2022.878221
Hemmrová, M.: Anthokyany pšenice s barevným zrnem. Česká zemědělská univerzita Praha, FAPPZ, Katedra chemie, Praha, 2021, 130s.

Poděkování:

Odrůda a i tento článek vznikly za finanční podpory MZe: institucionální podpora DKRVO (RO1118), výzkumný projekt QK1910343 a dotační program DP 3.d.



Obr. 6: AF Zora ve voskové zralosti s ukázkou částečně obnažených obilek



Obr. 7: Z prezentace odrůdy na mezinárodní výstavě Země živitelka 2022



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ



VÝSTAVIŠTĚ
ČESKÉ BUDĚJOVICE

Ministerstvo zemědělství ČR a Výstaviště České Budějovice a.s.

udělují cenu

48. ročníku MEZINÁRODNÍHO AGROSALONU ZEMĚ ŽIVITELKA 2022



Agrotest fyto, s.r.o.

odrůda ozimé pšenice AF Zora

Ing. Zdeněk Nekula
ministr zemědělství
České republiky

Ing. Mojmir Severin
předseda představenstva
Výstaviště České Budějovice a.s.

České Budějovice, srpen 2022

evidenční číslo motýly

K1/01