

Zemědělský
výzkumný ústav
Kroměříž, s. r. o.
Havlíčková 2787
767 01 Kroměříž
tel.: 573 317 138
573 317 141
www.vukrom.cz



OBILNÁŘSKÉ LISTY 3/2021

Odborný časopis
pro zemědělskou veřejnost
XXIX. ročník

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



Obsah č. 3/2021:

- Míša, P.:** 70 let zemědělského výzkumu v Kroměříži (s. 63–65)
- Tvarůžek, L., Svačinová, I., Blažková, K., Matušinsky, P., Hambálková, M.:** Hodnocení úrovně rezistence *Zymoseptoria tritici* a *Ramularia collo-cygni* k strobilurinům, azolům, SDHI a picolinamidovým fungicidům na území ČR (s. 66–69)
- Podloucká, P., Vaculová, K., Martinek, P., Polišenská, I.:** Polyfenolické sloučeniny v obilovinách (s. 70–76)
- Sedláčková, I., Látal, O., Hambálková, M., Polišenská, I.:** Kvalita jarního ječmene v pokusu s exogenní organickou hmotou v Kroměříži (s. 77–81)
- Martinek, P.:** AF ZORA – první evropská odrůda pšenice s černým zrnem (s. 82–84)

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 popsání 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)

70 let zemědělského výzkumu v Kroměříži

Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. si v letošním roce připomíná 70 let své činnosti. Současná doba neskýtá podmínky pro velké oslavy, výsledky dlouhodobé práce ústavu si nicméně zaslouží toto výročí připomenout.

Z historie ústavu

Ústav byl založen v roce 1951 jako státní organizace s názvem „Výzkumný a šlechtitelský ústav polních plodin ČSSR“. Byl tedy původně účelovou výzkumnou organizací Československých státních statků, které v té době hospodařily na téměř 1/3 orné půdy v Československu. Byl vyčleněn z tehdejších Státních výzkumných ústavů pro pěstování polních plodin v Brně – Pisárkách, kde dnes sídlí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

Od počátku své existence ústav působil v prostředí kláštera Kongregace Milosrdných sester sv. Kříže (na Koperníkově ulici) a měl k dispozici provoz na staré farmě Psychiatrické léčebny s původní rozlohou cca 80 ha půdy. Postupem času se uživatelská půdní držba ústavu rozrostla na více než 500 ha. Nové výzkumné zázemí vyrostlo v první polovině 60. let na Havlíčkově ulici, areál byl zprovozněn v letech 1964–1965.

Z řízení generálním ředitelstvím ČSSR přešel ústav v roce 1953 jako rozpočtová organizace do přímé správy ministerstva zemědělství, již v roce 1956 byl ovšem začleněn pod Československou akademii zemědělských věd. Podřízenost ústavu těmto dvěma institucím se několikrát v historii vzájemně střídala. Rokem 1976 pak byl ústav zařazen do sestavy organizací výrobně-hospodářské jednotky Oseva, kde od ledna 1977 působil jako hospodářská organizace (ve smyslu tehdejšího hospodářského zákoníku) až do doby jeho privatizace v září 1994. V sestavě VHJ Oseva bylo ústavu přímo podřízeno 6 obilnářsky zaměřených šlechtitelských stanic Čech a Moravy (Branišovice, Čejč, Hrubčice, Krukanice, Stupice a Úhretice), a to až do roku 1990, kdy byly tyto stanice od ústavu organizačně odděleny.

Až do roku 1990 byly v ústavu řešeny úkoly tehdejších státních plánů výzkumu. Roky 1991 a 1992 byly v jeho historii z hlediska budoucnosti výzkumu nejtěžší. V tu dobu již bylo zřejmé, že ústav může nadále pokračovat v činnosti jen v privátní podobě. V těchto letech také došlo ke snížení počtu pracovníků v cca 280 na 100.

V roce 1992 založilo 18 tehdejších zaměstnanců Výzkumného ústavu obilnářského společnosti Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. Ta pak k 1.9.1994 privatizovala část majetku státního podniku Oseva - Výzkumný ústav obilnářský Kroměříž a nadále, již téměř 27 let, rozvíjí v podmínkách soukromého vlastnictví výzkumnou, šlechtitelskou, zkušební a poradenskou činnost v oboru zemědělství.

Také odborné zaměření ústavu se v průběhu jeho existence postupně vyvíjelo. Zpočátku byl tematicky zaměřen na pokusnictví v obilninách, pícech, luskovinách, olejninách a také na půdoznalství. Dlouhodobou odbornou náplní ústavu se nakonec stal výzkum v oblasti obilnářství. Ještě v polovině 50. let minulého století byl spolu s agropedologií převeden

do Brna výzkum pícech, kde vznikl specializovaný krmivářský ústav. V roce 1956 byl z ústavu odčleněn výzkum olejnin, a to na zemědělskou výzkumnou stanici do Opavy, která v letech 1956–1959 byla součástí kroměřížského ústavu. Konečně byl z Kroměříže v roce 1961 převeden i úsek výzkumu luskovin, a to do výzkumné stanice technických a přadných rostlin v Šumperku-Temenici. Výzkumné zaměření ústavu tedy od roku 1961 bylo orientováno - až na drobné výjimky - na výzkum obilnin.

Jedním z prvních posláních kroměřížského ústavu byl úkol metodicky vést a sjednotit práci na všech šlechtitelských stanicích, které vznikly organizačním sloučením pracovišť různé povahy a různého způsobu šlechtitelské práce. Největší pozornost byla věnována metodickému sjednocení udržovacího šlechtění obilnin i dalších zkoumaných plodin. Postupně se rozvíjely i otázky jakosti plodin, tvorba a udržování sortimentů obilnin. Již v té době byl položen základ významnému zaměření na oblast vedení světového sortimentu, metod šlechtění a sledování jakosti zrna sladovnického ječmene. Byla ale věnována velká pozornost i pšenici, která nabývala postupně v Československu na významu, a to i díky práci ústavu.

V souvislosti s přechodem pod řízení ČSAZV (1956) vyvstala potřeba diverzifikovat pracovní náplň ústavu i na oblast agrotechniky, výživy a fyziologicko-biochemických základů tvorby produkce obilnin. Od konce 50. let se postupně profilovala další nosná disciplína činnosti ústavu - ochrana rostlin. Těmto skutečnostem se průběžně přizpůsobovala i vnitřní organizace ústavu do příslušných oddělení a laboratoří. V 60. a 70. letech byla činnost odborně zaměřena nejen na studium a udržování genofondů, ale také na rozpracování teoretických základů tvorby výnosů obilnin a jakosti produkce. Získané výsledky sloužily jako základ pro formování soustavy agrotechnických opatření pro praktické pěstování.

V 70. a 80. letech byl ústav nositelem komplexních výzkumných úkolů programu rozvoje československého obilnářství. Dlužno podotknout, že ústav byl jediným specializovaným ústavem na výzkum obilnin v Československu, i když obilniny sloužily (a slouží i nadále) jako vhodná modelová plodina pro výzkum jak na zemědělských univerzitách, tak i v jiných výzkumných institucích. Je třeba rovněž podotknout, že po začlenění ústavu do VHJ Oseva začal být na Slovensku postupně rozvíjen výzkum obilnin samostatně. Začleněním pod VHJ Oseva se výrazněji do popředí posunul geneticko-šlechtitelský výzkum, který vyústil v některých případech i do samostatné tvorby odrůd ječmene. Do počátku 70. let byl předmětem této činnosti téměř výhradně ječmen jarní, od poloviny 70. let pak byl výzkum a metody šlechtění zaměřen i na ječmen ozimý.

Změny společenských poměrů v 90. letech minulého století se promítly jak do náplně činnosti ústavu, tak zdrojů financování. Pro existenci ústavu byl velmi důležitý rozvoj komerčních aktivit, od zkoušení odrůd, přes autorizované testování přípravků na ochranu rostlin, laboratorní analýzy až po poradenské služby.

O zdroje pro financování výzkumných aktivit jsme se začali ucházet ve veřejných soutěžích na podporu projektů výzkumu a vývoje. Našimi nejvýznamnějšími partnery v této oblasti (poskytovateli podpory) jsou Národní agentura pro zemědělský výzkum a Technologická agentura České republiky, v minulosti jsme byli rovněž úspěšnými řešiteli projektů Grantové agentury ČR.

Významným stabilizačním prvkem jak z pohledu ekonomického, tak odborného zaměření, bylo v roce 2004 získání a řešení výzkumného záměru, v té době s podporou ze zdrojů Ministerstva školství. Financování těchto činností přešlo postupem času

pod Ministerstvo zemědělství a transformovalo se do institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

Ekonomika ústavu je tak dnes založena na třech hlavních pilířích: institucionální podpoře, účelové podpoře na konkrétní výzkumné projekty (granty) a komerčních aktivitách. Příjmy z komerčních aktivit nám mj. umožňují i řešení některých výzkumných projektů, u kterých je podmínkou spolufinancování z neveřejných zdrojů.

Z hlediska odborného zůstala těžištěm činnosti obilnářská problematika, záběr ústavu se však rozšířil i do jiných plodin. Provádíme pokusy např. v řepce ozimé, slunečnici, kukuřici nebo cukrovce, u některých z těchto plodin se podílíme i na řešení výzkumných projektů.

Významné výstupy z výzkumné činnosti

V ústavu byly dlouhodobě rozpracovány metody studia a udržování genetických zdrojů obilnin. Postupem času se kroměřížské pracoviště stalo hlavním nositelem kolekce odrůd jarního ječmene, žita a ovsa. Rozvojem a uplatněním metod šlechtění obilnin postupně docházelo jednak k tvorbě významných genetických zdrojů s význačnými hospodářskými vlastnostmi, sloužících k vlastní práci šlechtitelů jako donory, jednak i k vytvoření vlastních odrůd ječmene. Z důležitých hospodářských znaků byla tato práce zaměřena na produkční výkonnost, krátkostébelnost a nepoléhavost, kvalitu zrna, produktivnost klasu a rezistenci k chorobám. V důsledku metodicko-šlechtitelské práce měl ústav podíl na autorství řady českých (ale i slovenských) odrůd drobnozrnných obilnin. Za všechny lze zmínit např. 26% podíl na autorství odrůdy ozimé pšenice Hana. Převážné nebo úplné autorství pak měl kroměřížský ústav od druhé poloviny 80. let u 10 odrůd jarního ječmene (Zenit, Karát, Jarek, Malvaz, Ladík, Terno, Viktor, Forum, Lumar, Maridol) a 3 odrůd ječmene ozimého (Kromoz, Kamil, Kromir).

Z oblasti studia a závěrů teoretických základů tvorby výnosů obilnin lze zmínit přínosy studií procesu asimilace, funkce a projevu fytohormonů. Bylo prováděno rozsáhlé studium uplatnění regulátoru CCC v široké praxi, studium procesů výživy obilnin, fyziologicko-biochemických faktorů procesů růstu a produkce obilnin, v neposlední řadě i základů kvality zrna, které byly v ústavu rozpracovány především za úseky potravinářské pšenice a sladovnického ječmene a které tvoří významnou oblast činnosti ústavu dosud.

Výzkum agrotechniky obilnin výše uvedených zjištěných teoretických základů tvorby produkce průběžně využíval. Od klasických otázek přípravy půdy, setí, hnojení a způsobů ošetřování byla práce postupně převáděna na vyšší teoretickou úroveň a chronologie základních výstupů agrotechnického výzkumu tak vedla od odrůdových, ročníkových a oblastních pěstebních technologií k systému agrobiologické kontroly vývoje a stavu porostů, k uplatnění systému raného setí u vybraných odrůd ozimých pšenic, k diferencovanému řízení produkce dle směrů jejího užití a k pravidelnému vydávání metodik pěstování obilnin pro praxi.

Významnou činností byl, a nadále zůstává, rozvoj metod a způsobů ochrany obilnin proti škodlivým biotickým faktorům. Práce teoretického i praktického zaměření v tomto oboru mají svůj odraz i ve vyšší ekologizaci zemědělství a růstu efektivity jeho činnosti. Nejde pouze o rozpracování metodik a praktických návodů pro použití přípravků na ochranu rostlin.

Považuji za důležité zmínit oblast studia původců významných houbových chorob obilnin, zejména padlí ječmene (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*), chorob pat stébel, hnědé skvrnitosti ječmene (*Pyrenophora teres*) či nejnověji ramulárie skvrnitosti ječmene (*Ramularia collo-cygni*).

Současnost

Od roku 2004 je ústav společenstvím tří firem, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. založil dceřiné společnosti Agrotest fyto, s.r.o. a Agrotrial, s.r.o., a to hlavně proto, aby mohly být i nadále vytvářeny odpovídající podmínky pro naplňování základních cílů výzkumné činnosti. Agrotrial, s.r.o. provozuje zemědělskou prvovýrobu zaměřenou na pěstování ozimé pšenice, jarního ječmene, ozimé řepky, cukrovky a dalších polních plodin. Celkově obhospodařují naše firmy cca 300 ha půdy.

Dceřiná firma Agrotest fyto, s.r.o., je výzkumnou organizací, která splňuje podmínky pro státní podporu výzkumu, vývoje a inovací podle platné české legislativy a naplňuje definici „Organizace pro výzkum a šíření znalostí“ podle nařízení Evropské komise (EU č. 651/2014). Těžiště její činnosti spočívá v řešení projektů aplikovaného výzkumu a vývoje v oblasti rostlinné produkce, výzkumné aktivity jsou doplňovány poskytováním specializovaných služeb, konzultační a poradenskou činností. Poskytuje rovněž celé spektrum laboratorních služeb, např. analýzy půd, kalů, vody, rostlinného materiálu, krmiv, pícnin, senáží a siláží, zrna obilovin z hlediska jak technologické, tak i hygienické kvality (výskyt mykotoxinů, těžkých kovů atd.). Většina těchto postupů podléhá režimu akreditace podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005, dozorovaném Českým institutem pro akreditaci.

Mateřská společnost Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. je v rámci Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity kurátorem Kolekce genetických zdrojů vybraných obilnin. K počátku května letošního roku bylo v ústavem spravovaných kolekcích uchovááno 3052 položek jarního ječmene, 2188 položek ovsa a 694 položek žita. Společnost se dále zaměřuje na autorizované zkušebnictví (GEP), řešení vybraných výzkumných projektů, poskytování poradenství a zajišťování specializovaných služeb.

Jak vyplývá z předchozího textu, i v podmínkách soukromého podnikání se snažíme navazovat na tradici zemědělského výzkumu v Kroměříži a dále ji rozvíjet. Výzkumné aktivity zůstávají historicky zaměřené především na obilniny, v rámci diverzifikace činností se nicméně věnujeme i jiným plodinám. Hlavními tématy našeho výzkumu jsou: aplikovaný geneticko-šlechtitelský výzkum, pěstební technologie polních plodin, ochrana rostlin a kvalita zrna obilovin a výrobků z nich.

V oblasti šlechtění sice nemůžeme plně konkurovat velkým firmám, ať tuzemským nebo zahraničním, přesto ústav stále dokáže registrovat nové odrůdy obilnin. V roce 2014 to byla odrůda bezpluchého jarního ječmene AF Cesar, která vyniká vysokým obsahem beta-glukanů. V roce 2018 získal výrobek ze zrna této odrůdy „Pot barley – obilky bezpluchého ječmene jarního s vysokým obsahem beta-glukanů“ ocenění Zlatý klas na mezinárodním agrosalonu Země živitelka.

V letech 2018 až 2021 byly registrovány tři odrůdy ozimé pšenice s odlišným zabarvením zrna: AF Jumiko (2018) – pšenice s purpurovým perikarpem, AF Oxana (2019) – pšenice s modrým aleuronem, AF Zora (2021) – pšenice s černým zrnem (purpurový perikarp + modrý aleuron). Všechny uvedené odrůdy jsou svými

specifickými vlastnostmi určeny zejména k výrobě standardních i speciálních potravin s vyšším nutričním benefitem pro výživu lidí.

Tradičním způsobem přenosu výsledků výzkumu do praxe je publikační činnost. Jen za poslední rok vzešlo z práce zaměstnanců ústavu více než 40 odborných článků, z toho 13 publikací ve vědeckých časopisech. Od roku 1993 vydává ústav i svůj vlastní odborný časopis Obilnářské listy. Nadále se podílíme na tvorbě a vydávání certifikovaných metodik pro zemědělskou praxi, výsledky našeho výzkumu se rovněž promítají do spoluautorství patentů a užitných vzorů.

Nedílnou součástí naší činnosti je pořádání akcí pro odbornou veřejnost.

Jednou z nejvýznamnějších akcí, které měl ústav možnost hostit a spolupořádat, bylo v roce 2004 deváté Mezinárodní genetické sympozium ječmene (International Barley Genetics Symposium – IBGS). Jedná se o významnou akci, která se koná ve čtyřletých intervalech a účastní se jí odborníci z celého světa. Její pořadatelství je prestižní záležitostí a pro kroměřížský ústav i celou Českou republiku bylo oceněním úrovně šlechtitelské práce, především v oblasti sladovnického ječmene.

Z pravidelných akcí zmiňme alespoň dvě, které již mají dlouholetou tradici.

Polní den, probíhající každý rok v červnu, je dnem „otevřených prohlídek“ polních pokusů pro veřejnost. I díky pravidelné účasti stovek návštěvníků vytváří povědomí o tradici a dobré úrovni pokusnické práce v ústavu.

Konference Jakost obilovin se koná pravidelně v listopadu. Účastní se jí odborníci z mlýnů, sladoven, pekáren, laboratoří,



V minulém roce proběhla v hlavní budově náročná rekonstrukce, jejímž hlavním cílem byly úspory energií a obnova funkčních systémů stavby

nákupních organizací, vysokých škol i státní správy. Hlavní náplní jsou aktuální informace o kvalitě potravinářské pšenice, žita a sladovnického ječmene sklizených v aktuálním roce v České republice, významný prostor je věnován i situaci na trhu s obilím a novým poznatkům výzkumu.

Toto krátké shrnutí a připomenutí činnosti kroměřížského ústavu nemohlo vyčerpávajícím způsobem zmínit všechny významné aktivity. Často je nelze bez dalšího usilovného hledání patřičně zdokumentovat. Proto si nečiním nárok na dokonalost popisu událostí, termínů a činností, zvláště před rokem 1990. Historie i současnost ústavu nicméně naplňuje mne i mé kolegy odhodláním dobrou tradici zemědělského výzkumu v Kroměříži i nadále udržet a rozvíjet.

Ing. Petr Míša, Ph.D., MBA, ředitel



Polní pokusnictví a šlechtění jsou základními činnostmi ústavu

Hodnocení úrovně rezistence *Zymoseptoria tritici* a *Ramularia collo-cygni* k strobilurinům, azolům, SDHI a picolinamidovým fungicidům na území ČR (Evaluation of resistance level in *Zymoseptoria tritici* and *Ramularia collo-cygni* to strobilurins, azoles, SDHI a picolinamide fungicides in the Czech Republic)

Tvarůžek Ludvík, Svačinová Ivana, Blažková Kateřina, Matušinsky Pavel, Hambálková Markéta
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: Populace patogenů *Z. tritici* a *R. collo-cygni* pocházející z území ČR byly hodnoceny na výskyt snížené citlivosti k fungicidním látkám azoxystrobin, prothioconazole, fluxapyroxad a fenpicoxamid. Extrémně vysoká hodnota faktoru ED50 byla zjištěna v roce 2020 u obou patogenů v reakci na azoxystrobin. *Z. tritici* tuto rezistentní reakci vykázala i v letech 2018 a 2019. V roce 2020 vzrostl podíl izolátů se sníženou citlivostí k prothioconazole ve srovnání s rokem 2019, přesto hodnota ED50 byla jen mírně zvýšena. Citlivost na fluxapyroxad a fenpicoxamid byla absolutní.

R. collo-cygni se vyskytla v reprezentativním pokrytí pro hodnocení rezistence na území ČR v roce 2020 po několika letech. Více než 80 % izolátů projevilo sníženou citlivost k prothioconazole. Také část populace vykázala sníženou citlivost na fluxapyroxad. Minimální počet izolátů byl méně citlivý na fenpicoxamid.

Klíčová slova: *Z. tritici*, *R. collo-cygni*, fungicidy, azoxystrobin, prothioconazole, fluxapyroxad, fenpicoxamid, zistence

Abstract: The populations of *Z. tritici* and *R. collo-cygni* were collected from the territory of the Czech Republic and evaluated in resistance to azoxystrobin, prothioconazole, fluxapyroxad and fenpicoxamid. Extremely high ED50 level was found in both pathogens to azoxystrobin in 2020.

Z. tritici showed high level of insensitivity also in 2018 and 2019. The number of low sensitive isolates to prothioconazole increased significantly in 2020 compare with season 2019 although the ED50 level was only jently increasing. The sensitivity to fluxapyroxad and fenpicoxamid was absolute in 2020.

R. collo-cygni occurrence allowed this screening in 2020 after a few years of non-regular pathogen distribution in the aimed territory. More then 80 % of isolates were less susceptible to prothioconazole. Also a part of population showed slight decrease of sensitivity to fluxapyroxad. Minimal number of isolates showed lower sensitivity to fenpicoxamid

Key Words: *Z. tritici*, *R. collo-cygni*, fungicides, azoxystrobin, prothioconazole, fluxapyroxad, fenpicoxamid, resistance

Úvod

Fungicidy představují řadu látek z různých chemických skupin, s různými způsoby účinku, které jsou používány k prevenci nebo kontrole chorob a tím k uchování zdravých plodin. Řada houbových patogenů má však tendenci vzniku rezistence k fungicidům. Existuje řada faktorů, které vývoj rezistence ovlivňují - biologie patogena, načasování a počet provedených aplikací, to, zda se jedná o účinné látky s jedním nebo více místy účinku a nebo zda jsou používány sólo formulace či vícesložkové přípravky.

Listová skvrnitost způsobená patogenem *Zymoseptoria tritici* (teleomorph. *Mycosphaerella graminicola*, česky septoriová skvrnitost pšenice nebo bráničnatka pšeničná) je významným onemocněním pšenice v České republice, ale i v rámci Evropy. Patogen s velkým potenciálem působení výrazného výnosových ztrát si v posledních letech vytvořil široce rozšířenou rezistenci k strobilurinům i azolům. V případě strobilurinů se jedná o jednobodovou mutaci označovanou G143A, která je označována jako kvalitativní, bez ztráty patogenity izolátů. Rezistence k azolům je naproti tomu kvantitativní podstaty, u které dochází k hromadění více bodových mutací v genu CYP51 a některé izoláty projevují známky ztráty vitality.

Podobnou závažnou listovou chorobou, jakou je bráničnatka pšeničná při pěstování pšenice, je ramuláriová nebo také tmavohnědá endofytická skvrnitost listů ječmene (*Ramularia collo-cygni*) pro ječmeny. Nekrotické skvrny se žlutým ohraničením se objevují nejdříve ve fázi metání, kvetení, ale většinou ještě později. Onemocnění je charakteristické velmi rychlým rozvojem příznaků napadení, která může způsobit

odumření listů během několika málo dnů. Nejprve se objevují drobné tmavě hnědé až černé skvrnky. Později vznikají typické symptomy, které jsou obdélníkového tvaru, tvarované podél listové nervatury. Na starších listech a v pozdějších fázích vývoje choroby jsou na spodní straně listů pomocí lupy nebo i pouhým okem rozpoznatelné, do řad uspořádané, bílé shluky konidioforů.

Azoly i strobiluriny byly klíčovými chemickými skupinami fungicidních látek, které sehrály zásadní roli ve vytvoření a zavedení systému preventivní ochrany proti chorobám obilnin. Vývoj rezistence u *Z. tritici* právě v těchto fungicidních skupinách však vyvolal kritickou potřebu zavedení nových účinných látek s odlišným módem účinku, který by eliminoval vzniklou necitlivost. Agrochemický průmysl reagoval na tuto potřebu před několika lety zavedením nové skupiny carboxamidů (inhibitorů sukcinát-dehydrogenázy, zkráceně SDHI). Tato skupina sice není originálně objevenou až v posledních letech, ale doposud nebyla využívána ve foliálních fungicidech. Po zavedení účinné látky boscalid proti pravému stéblovému v roce 2003 následovaly v roce 2010 látky z další generace této skupiny. Byl to fluxapyroxad (BASF Crop Protection), bixafen (Bayer Crop Science), penthiopyrad (DuPont Crop Protection) a isopyrazem (Syngenta). Jako poslední v řadě pak v roce 2016 následoval benzovindiflupyr (Syngenta).

Široké využívání SDHI vytváří v posledních letech opět vzrůstající selekční tlak na vznik rezistence. Je třeba vnímat, že jako obrana proti jejímu rozšíření jsou fungicidní přípravky s obsahem SDHI formulovány ve vícekomponentních směsích a to často s látkami ze skupiny strobilurinů i azolů, tedy s výše

uvedenými riziky existence populací s menší citlivostí k nim. To vše si žádá další vývoj a hledání nových účinných látek.

Před nedávnou dobou se podařilo v laboratořích firmy Dow AgroScience ve spolupráci s Meiji Seika Pharma Co. Ltd identifikovat novou účinnou látku fenpicoxamid (Inatreq) ze skupiny picolinamidů. Je určena především k využití v obilninách a primárně byla izolována z fermentačních směsí aktinomycet *Streptomyces* sp. (Shibata a kol., 1998). Picolinamidy působí rovněž v mitochondriálním komplexu patogena, ale v jiném

1,5 mm a přeneseny na bramborový agar, do kterého byl přidán streptomycin a testovaný fungicid.

V letech 2019–2020 byla hodnocena reakce populací obou patogenů na následující fungicidní účinné látky: prothioconazole, azoxystrobin a fluxapyroxad. V roce 2020 byla nově testována také účinná látka fenpicoxamid.

Koncentrační řada fungicidů byla 0,0 - 0,01 - 0,1 - 1,0 - 10,0 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$. Inkubace probíhala po dobu 14 dnů a následně byl měřen průměr kolonií. Pomocí probitové analýzy byla vypočtena

Tab. 1: Hodnoty faktoru rezistence k fungicidům (ED50) pro populace *Zymoseptoria tritici* a *Ramularia collo-cygni* z území ČR v roce 2020

Patogen	Počet izolátů	Fungicid	ED50 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ v populaci
<i>Z. tritici</i>	75	Prothioconazole	1,30 (73,3% rezistentních izolátů)
		Azoxystrobin	398,95 (66,7% rezistentních izolátů)
		Fenpicoxamid	0,07 (0,0% rezistentních izolátů)
		Fluxapyroxad	0,12 (0,0% rezistentních izolátů)
<i>R. collo-cygni</i>	51	Prothioconazole	18,21 (80,7% rezistentních izolátů)
		Azoxystrobin	100,09 (69,2% rezistentních izolátů)
		Fenpicoxamid	0,18 (3,8% rezistentních izolátů)
		Fluxapyroxad	0,58 (36,5% rezistentních izolátů)

vazebním místě než strobiluriny, neexistuje tedy společné cílové místo v metabolismu, které by zvyšovalo riziko vzniku rezistence.

Obě výše uvedené listové choroby jsou velmi závažné a způsobují významné hospodářské škody. Cílem této práce bylo porovnat výsledky víceletého sledování úrovně rezistence v populacích těchto listových patogenů pšenice a ječmene a potvrdit význam nezbytnosti zavádění nových fungicidních látek s odlišným způsobem účinku oproti dlouhodobě i krátkodobě používaným a zavedeným fungicidním látkám. Tato studie je zaměřena na hodnocení populací v České republice jako součásti evropského pěstitelského prostoru z pohledu geografie i populační dynamiky.

Materiál a metody

Byly vytvořeny kolekce izolátů *Z. tritici* a *R. collo-cygni*, pocházející z provozních ploch na území České republiky. Rostlinný materiál (listy) byl odebírán v době jarní regenerace, kdy se porosty ozimé pšenice nacházely ve stadiu plného odnožování pro odběr *Z. tritici* a ve fázi voskové zralosti zrna pro odběr *R. collo-cygni*.

Tab. 2: Zastoupení izolátů *Z. tritici* rezistentních ke strobilurinovým fungicidům (2018–2020)

Patogen	Počet izolátů celkem	Zastoupení rezistentních izolátů v testu		
		2018	2019	2020
<i>Z. tritici</i>	159	100%	82%	67%

Pozn.: 2018 - picoxystrobin, 2019 a 2020 azoxystrobin

Jednotlivé listy s příznaky choroby byly umístěny na vlhký filtrační papír a inkubovány při pokojové teplotě 24 hodin. Pyknidy nebo konidie byly sterilní jehlou přeneseny na samostatné Petriho misky s bramborovo-dextrozovým agarem (PDA) a inkubovány ve tmě. Každý získaný izolát patogenů byl popsán informacemi o místě původu, názvu odrůdy a historii jejího pěstování. Následně byly vyříznuty disky mycelia o průměru

hodnota ED50 ($\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$) jako parametr, vyjadřující koncentraci, při které je růst houby redukován na polovinu.

Výsledky a diskuse

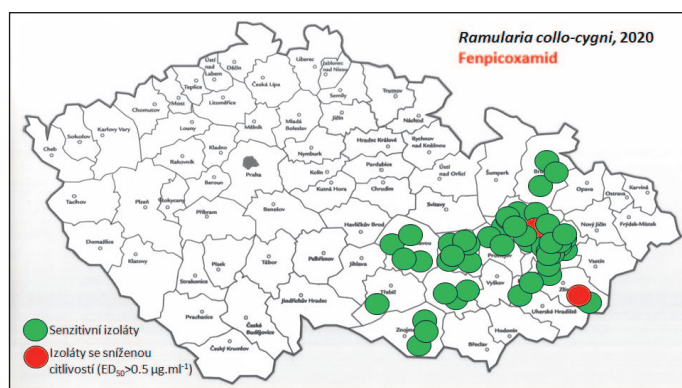
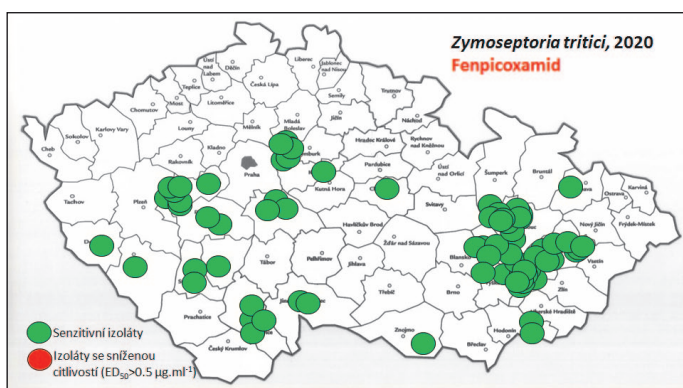
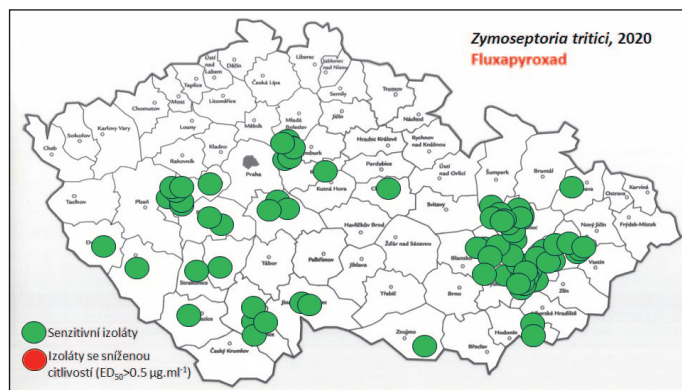
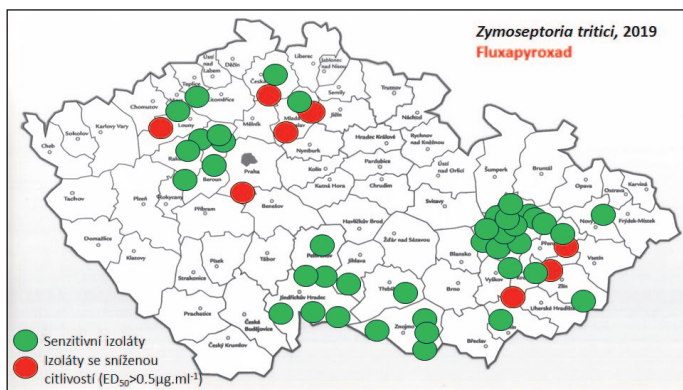
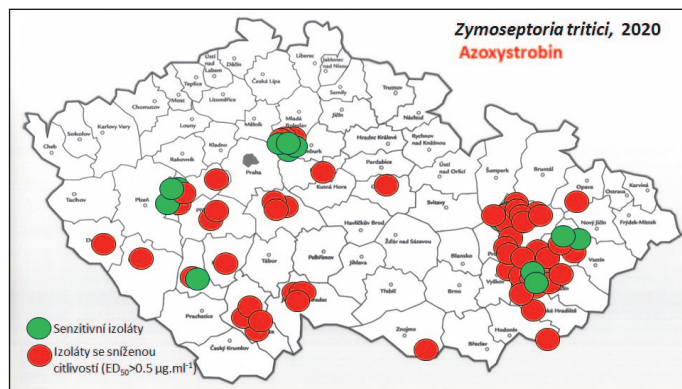
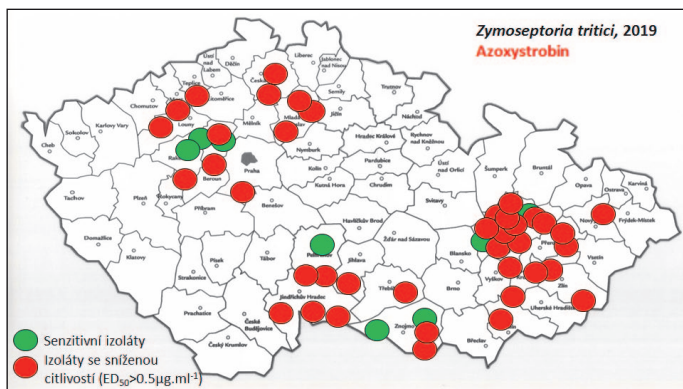
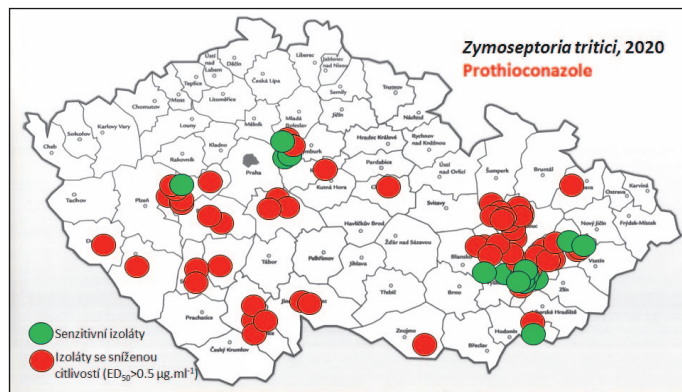
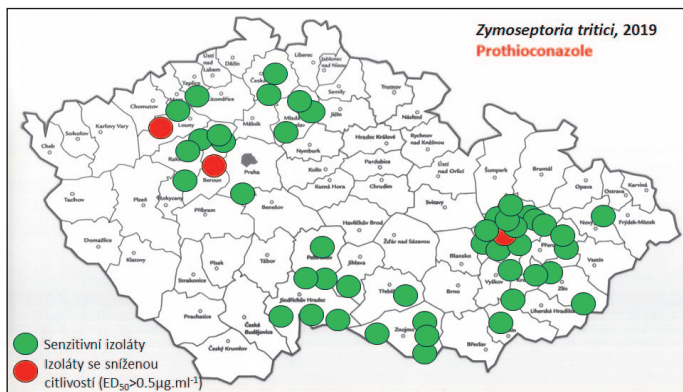
Z výsledků vyplynulo, že poměrně vysoký podíl izolátů *Z. tritici* (přes 70 %) vykazoval v minulém roce sníženou citlivost k prothioconazolu (tab. 1), ED50 však jen mírně překračovala hodnotu 0,5 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$. Rezistence populace k azoxystrobinu vykazovala dvoutřetinová část populace při tom, že byla i extrémně vysoká hodnota průměrné ED50.

Větší zastoupení méně citlivých izolátů v minulém roce ve srovnání s rokem 2019 je názorně vidět na obr. 1 a 2. Tato změna se týká všech odběrových oblastí a neměla regionální charakter. Lze předpokládat, že se vyšší hodnoty ED50 odvíjejí v souvislosti s vysokým nárůstem aplikací s účinnou látkou prothioconazole, která je obsažena v celé řadě používaných přípravků. Druhým důvodem může být odlišná klimatická situace v obou letech, kdy se rok 2020 po delší době navrátil k deštivému průběhu konce vegetace, čímž měly fytopatogenní

houbové organismy optimální podmínky pro šíření a rozvoj a populační variabilita se mohla výrazněji rozvinout. V případě azoxystrobinu vidíme podobnou celoplošně rozšířenou rezistenci v obou letech (obr. 3 a 4), její nárůst je patrný po delší řadu let. Již

v roce 2015 jsme zjistili podíl rezistentních izolátů v ČR na úrovni 47 % populace (Tvarůžek a kol., 2016), mezi roky 2018 až 2020 byla úroveň rezistence k strobilurinům mezi 70 až 100 % (tab. 2). Podobných dřívějších zjištění z různých částí Evropy existuje celá řada (Siah a kol., 2010).

Účinné látky fluxapyroxad i fenpicoxamid prokázaly v roce 2020 absolutní kontrolu choroby bez selekce rezistentních



izolátů. V případě účinné látky fluxapyroxad byl v roce 2019 zaznamenán výskyt několika izolátů se zvýšenou hodnotou rezistence, v roce 2020 se však situace neopakovala a reakce patogenu byla plně citlivá (obr. 5, 6 a 7). Fenpicoxamid jako látka, která na území ještě není používána, je podle předpokladů plně efektivní a bez záchytů rezistentních izolátů.

Více než 80 % izolátů *Ramularia collo-cygni* s řádově vyšší průměrnou hodnotou ED50 vykazovalo rezistenci k ú. I. prothioconazole (tab. 1). Část populace *Ramularia collo-cygni* (36%) vykazovala mírné snížení citlivosti k fluxapyroxadu, ale opět jen s nepatrným překročením hodnoty ED50 - 0,5 µg.ml⁻¹ (Obr 8).

V posledních letech byl zaznamenán v Evropě záchyt izolátů *Ramularia colo-cygni* s mutacemi zodpovědnými za snížení citlivosti k látkám ze skupiny inhibitorů sterolu a také inhibitorů sukcinát dehydrogenázy. Tento jev je pozorovatelný v počínajícím stádiu i na našem území, kde jsme již v roce 2018 zachytili jeden izolát s výraznou úrovní rezistence k látkám ze skupiny SDHI. V souvislosti s těmito zjištěními je důležitý i fakt, že platnost povolení pro chlorothalonil v Evropské Unii letos končí a nadále nebude možno tuto látku používat. Byla to jedna z látek, která zajišťovala k této chorobě maximálně efektivní ochranu (Tvarůžek a kol., 2017). V našich testech, podobně jako v případě *Zymoseptoria tritici*, i na *Ramularia collo-cygni* vykazoval sníženou citlivost k fenpicoxamidu pouze minimální podíl izolátů (obr. 8).

Podobně jako u *Z. tritici* dosahoval podíl rezistentních izolátů *R. collo-cygni* k azoxystrobinu 70 % a to opět při vysoké hodnotě ED50.

Závěr

Listové choroby obilnin patří k těm, které mají největší význam při snižování asimilační plochy rostlin, a tudíž výrazně ovlivňují nejen celkový výnos sklizeného zrna, ale i jeho kvalitu. Mezi nejdůležitější z nich patří u pšenice septoriová skvrnitost a u ječmene společně se síťovitou skvrnitostí také ramulárióvá skvrnitost. My jsme se zaměřili na jejich původce a sledovali jsme reakci izolátů těchto patogenů k vybraným fungicidním látkám.

V roce 2020 se po několika letech kalamičně rozšířila ramulárióvá skvrnitost a tudíž jsme měli možnost v hojně míře sbírat a následně testovat izoláty tohoto patogenu z území České republiky. Proměnlivost podmínek jednotlivých vegetačních ročníků je tak výrazná, že je třeba sledování populací patogenů provádět dlouhodobě a tím v předstihu hledat rizika, která mohou ohrožovat úspěch pěstování zemědělských plodin.

/Recenzováno/

Poděkování

Publikace vznikla s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotest fyto, s.r.o. (MZE-RO1118). Autoři děkují firmě Dow Agrosciences za podporu plošného monitoringu rezistence.

Literatura

Fraaije, B. A., Lucas, J. A., Clark, W. S., Burnett, F. J.: QoI resistance development in populations of cereal pathogens in the UK. Proc. BCPC International Congress: Crop Science and Technology, Glasgow, UK, 10–12 November, Vol. 2, BCPC, Alton, UK, pp. 689–694 (2003).

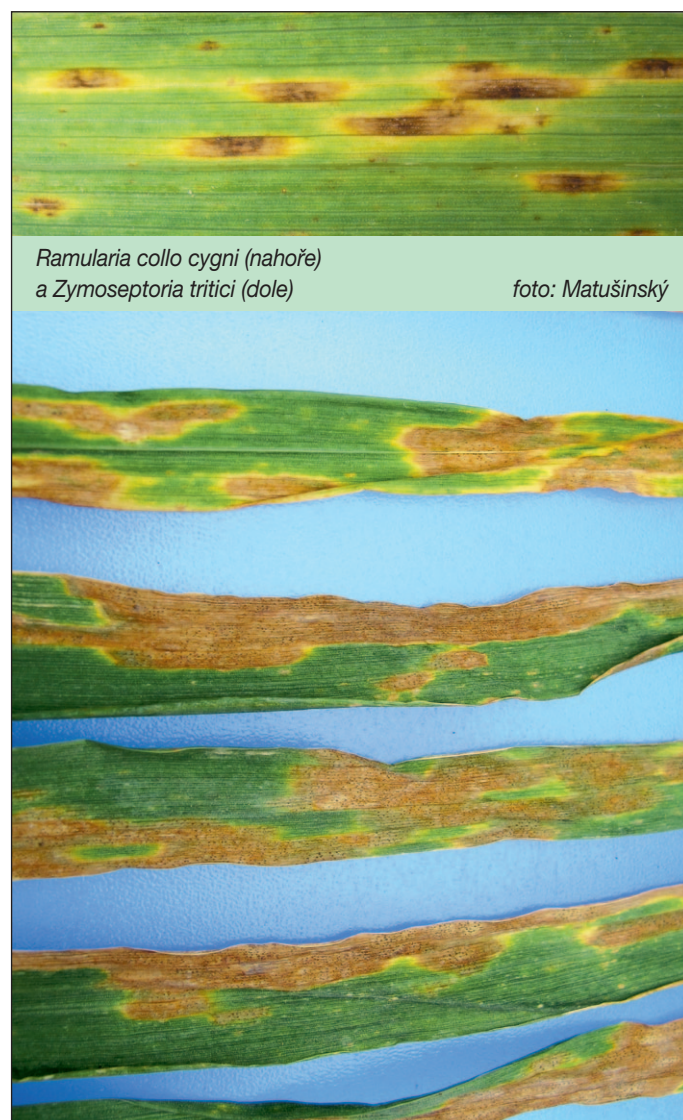
Owen, W. J., Yao, Ch., Myung, K., Kemmitt, G., Leader, A., Meyer, K. V., Bowling, A. J., Slanec, T., Kramer, V. J.: Biological characterization of fenpicoxamid, a new fungicide with utility in cereals and other crops. Pest Manag Sci. 2017; 73(10): 2005–2016.

Siah, A., Deweer, C., Morand, E., Reignault, P., Halama, P.: Azoxystrobin resistance of French *Mycosphaerella graminicola* strains assessed by four *in vitro* bioassays and by screening of G143A substitution. Crop Prot 29:737–743 (2010).

Shibata, K., Hanafi, M., Fujii, J., Sakanaka, O., Iinuma, K., Ueki, M. *et al*: UK-2A, B, C and D, novel antifungal antibiotics from *Streptomyces* sp. 517–02 III. Absolute configuration of an antifungal antibiotic, UK-2A, and consideration of its conformation. J Antibiot 51:1113–1116 (1998)

Tvarůžek, L., Svačinová, I., Matušinsky, P., Váňová, M.: Srovnání rezistence ke strobilurinovým fungicidům u braničnatky pšeničné na území ČR mezi lety 2003–2015. Obilnářské listy, 24, 2016, 2, 41–43.

Tvarůžek, L., Svačinová, I., Růžková, S., Matušinsky, P.: Využití chlorothalonilu v ochraně obilnin proti houbovým chorobám s vysokým rizikem výskytu rezistence k fungicidům. Obilnářské listy, 25, 2017, 1, 3–7.



Polyfenolické sloučeniny v obilovinách

(Polyphenolic compounds in cereals)

Podloucká Pavlína, Vaculová Kateřina, Martinek Petr, Polišínská Ivana
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: Polyfenolické látky jsou rozsáhlou skupinou sloučenin, které nacházíme v rostlinách. V dnešní době je jim věnována pozornost pro jejich pozitivní vliv na lidské zdraví, který je připisován jejich antioxidačním vlastnostem, tj. schopnosti reagovat s volnými radikály a zhaset je. Kromě ovoce a zeleniny jsou významným zdrojem těchto sloučenin i obiloviny. Množství a zastoupení jednotlivých polyfenolů v obilovinách je ovlivněno druhem i odrůdou obiloviny, prostředím a podmínkami růstu. V dnešní době je při šlechtění nových odrůd obilovin věnována zvláštní pozornost odrůdám s vyšším obsahem těchto látek, které se mohou stát surovinou pro vývoj tzv. funkčních potravin. Obiloviny a výrobky z nich tvoří významnou část potravy člověka. Při jejich zpracování zrna prochází celou řadou technologických postupů, které ovlivňují obsah těchto látek v konečném produktu. Pro stanovení obsahu polyfenolů a jejich antioxidačních vlastností se používá celá řada metod.

Klíčová slova: Polyfenolické látky, obiloviny, antioxidanty, technologický postup zpracování obilovin, obsah polyfenolických látek, antioxidační aktivita

Abstract: Polyphenols are a large group of compounds derived from plants. They are studied for their beneficial effects on human health which is attributed to their antioxidant features i.e. their ability to react with free radicals and to quench them. Barring fruit and vegetables, the important source of polyphenols are cereals. The content and the proportion of individual polyphenols in cereals is influenced by the species and the cultivar of cereal, the environment and the growing conditions. Today, the special attention in cereal breeding is paid to the varieties with higher content of these substances which can become a raw material for development of functional foods. Cereals and their products form significant part of human diet. During the processing of cereals, the cereal grains undergo a number of technological processes which affect the content of these substances in final product. To study the total polyphenol content and their antioxidant features, the number of methods is used.

Key Words: Polyphenolic compounds, cereals, antioxidants, technological process of cereal processing, content of polyphenols, antioxidant activity

V dnešní době vzrůstá pozornost odborné i laické veřejnosti, věnovaná složení potravin a působení jednotlivých látek v organismu. V popředí zájmu jsou zejména sloučeniny s tzv. antioxidačními účinky. Takových sloučenin je celá řada a množství publikací na téma antioxidantů v potravinách a jejich role v eliminaci oxidačního stresu narůstá.

Oxidace je pro živé organismy nezbytný proces, při kterém buňky přeměňují organické sloučeniny získané z potravy na oxid uhličitý, vodu a energii. V průběhu těchto reakcí dochází ke vzniku volných radikálů, které způsobují poškození komponent buněk jako jsou lipidové membrány, DNA, proteiny a další. Jestliže v buňce dojde k nerovnováze mezi vznikem radikálů a jejich eliminací, mluvíme o tzv. oxidačním stresu. Dlouho trvající oxidační stres může být příčinou vzniku celé řady onemocnění, ať už se jedná o různé záněty, kardiovaskulární onemocnění, různé typy rakoviny, neurodegenerativní onemocnění a také nemoci spojené se stárnutím. Organismus má řadu specializovaných obranných mechanismů, aby k tomuto poškození nedocházelo. Jedná se o specifické enzymové reakce i o působení jednodušších molekul syntetizovaných organismy nebo přijatých z potravy. Takovým sloučeninám říkáme antioxidanty. Přírodní antioxidanty získané z rostlinné stravy mohou mít různou strukturu a v organismu mají různé funkce. Patří mezi ně sloučeniny jako vitamíny C a E, karotenoidy, terpenoidy, alkaloidy, saponiny i rozsáhlá skupina sloučenin souhrnně nazvaných polyfenolické látky (Cámara et al. 2021).

Polyfenolické látky, zkráceně polyfenoly, zahrnují několik tisíc chemických sloučenin, jejichž společným rysem je aromatické jádro s navázanou alespoň jednou hydroxylovou skupinou

(Obr. 1A). Právě tato struktura jim umožňuje efektivně reagovat s volnými radikály, které jsou příčinou oxidačního stresu a následného poškození buněk. Patří mezi ně jednoduché molekuly s jedním aromatickým jádrem, jako jsou fenolové kyseliny, ale také polymerní struktury, např. taniny (Manach et al. 2004). Klinické i epidemiologické studie potvrzují, že strava bohatá na polyfenoly hraje významnou roli v prevenci výše zmíněných onemocnění (Cámara et al. 2021).

Každý rostlinný druh má vlastní skladbu fenolických sloučenin. Zastoupení jednotlivých polyfenolů se liší v jednotlivých tkáních i částech konkrétní rostliny. V samotných rostlinách plní řadu funkcí. Hrají důležitou roli při růstu i rozmnožování rostlin, poskytují ochranu před UV zářením, patogeny i škůdci. U rostlin a potravin z nich vyrobených ovlivňují zbarvení, chuť, vůni, stravitelnost i oxidační stabilitu, tj. trvanlivost. Podle chemické struktury jsou rozděleny na jednoduché fenoly, fenolové kyseliny, kumariny, flavonoidy, stilbeny, lignany, taniny a mnohé další. Navíc jednotlivé polyfenoly se mohou spojovat navzájem, nebo mohou být navázány se sacharidy, organickými kyselinami, aminy a lipidy (Shahidi et al. 2003).

Kromě ovoce a zeleniny jsou významným zdrojem těchto látek i obiloviny. Většina polyfenolů v obilovinách je nerozpustných, vázaných esterovými nebo etherovými vazbami na polysacharidy, např. arabinoxylózu, celulózu, nebo lignin v buněčné stěně. Právě těm je připisován největší podíl na celkové antioxidační aktivitě obilovin. Zbývající část je rozpustná, jsou to polyfenoly volné nebo vázané v podobě esterů, etherů, či glykosidů. Složení jednotlivých polyfenolů ovlivňuje druh i odrůda obiloviny, prostředí a podmínky růstu (Verma et al. 2008, Yu et al. 2003).

Například evropská databáze obsahu polyfenolických látek v potravinách (<http://phenol-explorer.eu/>) uvádí (na základě průměrů různých studií), že kukuřice má přibližně dvojnásobný celkový obsah polyfenolických látek ve srovnání s pšenicí, ječmenem a ovsem (Rothwell et al. 2013). Pseudoobilovina pohanka má dokonce 3krát vyšší obsah polyfenolických sloučenin než kukuřice. Přitom platí, že barevné varianty obilovin mají vždy vyšší obsah polyfenolů než jejich nebarevné odrůdy.

Nejvýznamnější skupiny polyfenolických látek v obilovinách

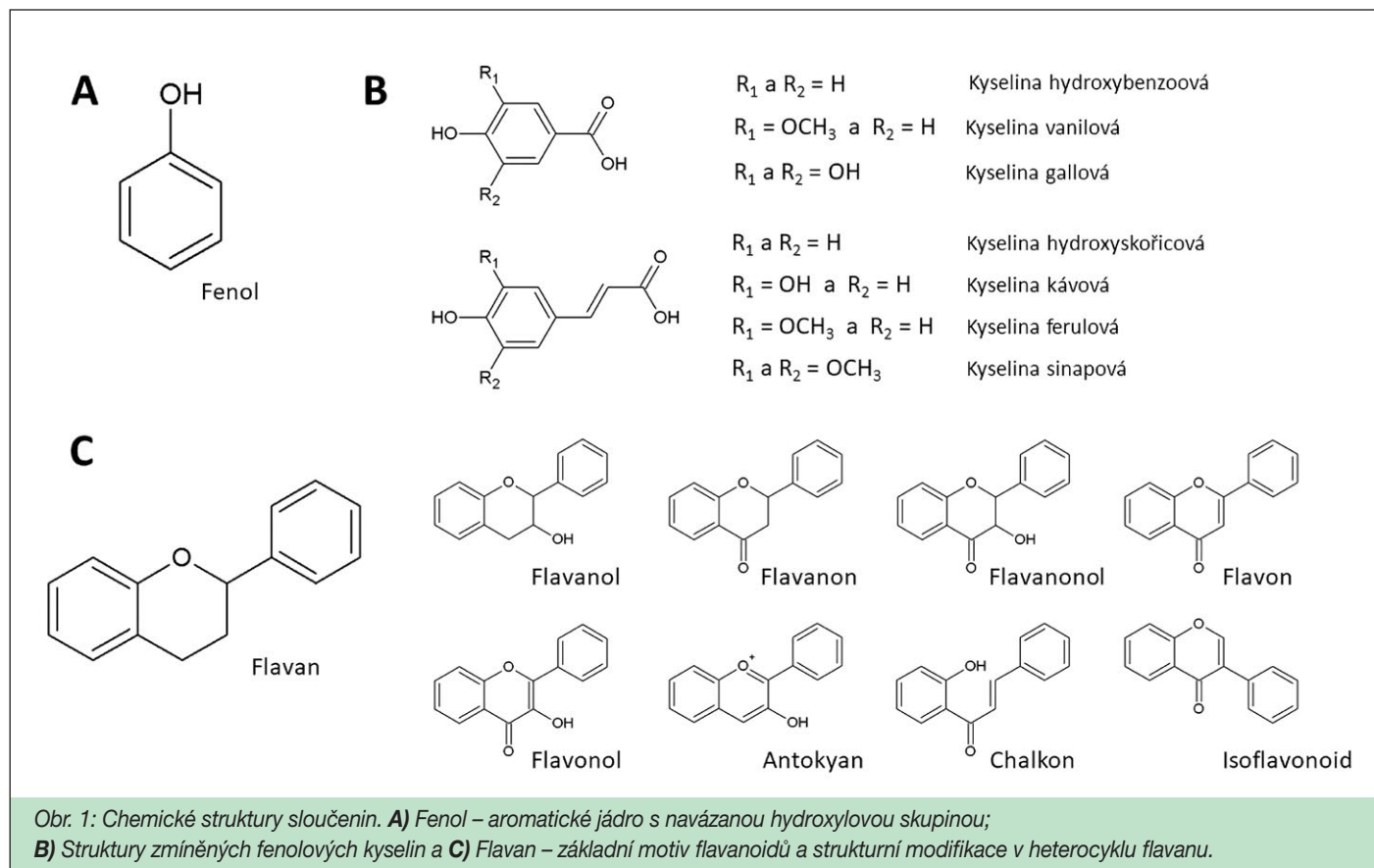
V obilovinách nejvíce zastoupené, a zároveň nejjednodušší, jsou fenolové kyseliny. Jejich chemická struktura je odvozena od kyseliny p-hydroxybenzoové (např. kyselina vanilová, gallová, atd.) nebo hydroxyskořicové (např. kyseliny ferulová, kávová, sinapová, atd.) (Obr. 1B). Fenolové kyseliny se nacházejí hlavně v obalových vrstvách zrna, kde jsou obsaženy volně nebo jsou vázané na buněčnou stěnu s makromolekulami jako jsou sacharidy a bílkoviny. Vázané kyseliny reprezentují 85–95 % celkového množství fenolů v obilovinách. Nejvíce je zastoupena kyselina ferulová. Fenolové kyseliny vykazují vysokou antioxidační aktivitu a mají mnoho terapeutických účinků v prevenci chronických onemocnění jako je diabetes, neurodegenerativní choroby nebo různé druhy nádorových onemocnění (Slavin et al. 1997).

Další významnou skupinou polyfenolů, obsaženou v obilovinách, jsou flavonoidy. Jejich struktura je odvozena od flavanu. Jedná se o dvě aromatická jádra spojená 3uhlíkatým řetězem, který zpravidla vytváří kyslíkatý heterocyklus (Obr. 1C). Podle strukturních modifikací v heterocyklu jsou flavonoidy rozděleny na osm hlavních skupin, a to anthokyany, flavonoly, flavony, flavanonoly, flavanony, flavanoly, chalkony a isoflavonoidy. V obilných zrnech jsou nejvíce zastoupeny flavony a anthokyany, a to ve formě glykosidů nebo komplexů s organickými kyselinami,

aminy, lipidy, sacharidy i dalšími fenoly. Jsou obsaženy hlavně v obalových vrstvách zrna, ale i v aleuronové vrstvě a klíčku. Jejich biologické účinky jsou obdobné jako u fenolových kyselin. Největší pozornost je věnována anthokyanům, což jsou ve vodě rozpustné pigmenty, které jsou např. v ovoci a zelenině zodpovědné za modrý, růžový a červený odstín. Není příliš známo, že i některé kultivary obilovin, jako jsou pšenice, ječmen, kukuřice nebo rýže, mohou mít jiné zbarvení zrna (purpurové, modré nebo černé), které je vyvoláno právě vysokým obsahem anthokyanů v obalových vrstvách zrna (Martinek et al. 2019).

Oligomery nebo polymery, jejichž základní stavební jednotkou je flavanol, tvoří skupinu látek nesoucí název kondenzované taniny nebo proanthokyanidiny. Podle struktury jsou rozděleny do čtyř skupin: hydrolyzovatelné taniny, kondenzované taniny, florotaniny a komplexní taniny. Jsou přítomné v obalových vrstvách zrna, kde brání vstupu vody a kyslíku, a tím ovlivňují klíčení. Jejich přítomnost se projevuje trpkou chutí. Díky své struktuře bohaté na hydroxylové skupiny snadno tvoří nerozpustné komplexy s proteiny či sacharidy, což snižuje stravitelnost těchto živin.

Obiloviny jsou významným zdrojem ligninů a lignanů, které se od sebe liší svou molekulovou hmotností. Ligniny jsou, po celulóze, nejvíce zastoupené polymery v rostlinné říši. Jedná se o stavební složku, která má za úkol propojení mezibuněčných vláken a zpevnění celulózových molekul v rámci buněčných stěn. V obilných zrnech jsou hlavně v otrubách. Pro svou nestravitelnost jsou součástí nerozpustné vlákniny. Lignany jsou menší, ve vodě rozpustné sloučeniny. V lidském organismu jsou střevní mikroflórou přeměněny na fytoestrogeny, které chrání proti řadě chronických onemocnění včetně těch spojených s hormonálním systémem, jako je rakovina prsu a prostaty.



Stanovení obsahu polyfenolických látek

Stanovení celkového obsahu fenolických látek je poměrně složitá záležitost, když přihlédneme k množství struktur polyfenolů a jejich uložení v zrně obilovin. Prvním a nejdůležitějším krokem je extrakce. Polyfenolické látky jsou v zrně buď volné, nebo navázané na buněčnou stěnu. Ty volné lze snadno extrahovat do vodného nebo organického rozpouštědla. Polyfenoly vázané na buněčnou stěnu je nutné před extrakcí uvolnit pomocí hydrolyzy. Použitá metoda extrakce vždy ovlivní množství stanovených polyfenolických látek, proto je nutné výsledky jednotlivých studií srovnávat s ohledem na použitou metodiku.

Pro stanovení obsahu polyfenolů se nejčastěji používají spektrofotometrické metody např. Folin - Ciocalteuova metoda (FCM) (Singleton et al. 1965, Singleton et al. 1999), nebo Price-Butlerova metoda (PBM) (Price et al. 1977). První jmenovaná využívá reaktivity Folin-Ciocalteuova (FC) činidla s fenolickými sloučeninami v zásaditěm prostředí. FC činidlo je žlutě zbarvený roztok, který reaguje s fenoly za vzniku tmavě modrého roztoku. Jako srovnávací standard se nejčastěji používá kyselina gallová, ale je možno použít i kyselinu ferulovou nebo katechin. FC metoda nerozlišuje jednotlivé fenoly, jedná se tedy o stanovení celkového obsahu fenolických látek („*Total phenol content assay*“).

Další spektrofotometrickou metodou pro stanovení obsahu celkových polyfenolů je Price-Butlerova metoda, která využívá vzniku komplexu „pruské modře“. Při reakci dochází k redukci železitých iontů na železnaté, což je doprovázeno změnou zbarvení ze žluté na odstíny zelené až modré barvy. Jako standard se opět používá kyselina gallová nebo katechin. Stejně jako FCM, ani PRM nerozlišuje mezi jednotlivými fenoly.

Pro kvantitativní nebo kvalitativní stanovení jednotlivých sloučenin se používají chromatografické metody (jak kapalinová – HPLC, tak plynová – GC) s různým způsobem detekce. Využít je možné i elektroforézu. Tyto metody jsou velmi přesné, problémem může být určení neznámé složky, pro kterou není k dispozici analytický standard.

Určení antioxidační aktivity polyfenolických látek

Z hlediska srovnání antioxidačního účinku přírodních látek může mít lepší vypovídací schopnost stanovení antioxidační aktivity než stanovení celkové koncentrace těchto látek. Kvůli rozmanitosti složení různých potravin je zkoumání působení jednotlivých složek a jejich chování v organismu zdlouhavé a neposkytuje přesný obraz. Většinu přírodních antioxidantů totiž přijímáme v potravinách jako součást složitých směsí, jejichž složky mohou s volnými radikály reagovat různými mechanismy a mohou se navzájem ovlivňovat. Proto se ukazuje vhodné charakterizovat antioxidační aktivitu určité suroviny nebo potraviny jako celku, tj. současné působení všech obsažených látek. Hovoříme o celkové antioxidační aktivitě („*Total Antioxidant Activity*“), která kvantifikuje kapacitu určitého vzorku eliminovat radikály. Pro toto stanovení byla vyvinuta celá řada postupů (DPPH metoda, TEAC metoda, ORAC metoda, TRAP metoda, FRAP metoda, liposomální metoda), které se od sebe liší použitým substrátem, reakčními podmínkami, interpretací výsledků a tím i zjištěnými informacemi (Huang et al. 2005).

Dva nejčastěji používané postupy jsou DPPH (diphenyl-picrylhydrazyl) test a TEAC („*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*“) metoda. Obě využívají reakce stabilních volných radikálů s testovaným antioxidantem, což je doprovázeno barevnou změnou reakční směsi. Změna zbarvení se hodnotí spektrofotometricky. U metody DPPH se setkáváme s pojmem „*Antiradical Efficien-*

cy (AE)“, který vyjadřuje schopnost antioxidantu uhasit DPPH radikál. U TEAC metody se měří relativní schopnost odstranit přítomný radikál z roztoku. Pro porovnání se používá trolox, což je ve vodě rozpustný analog vitamínu E.

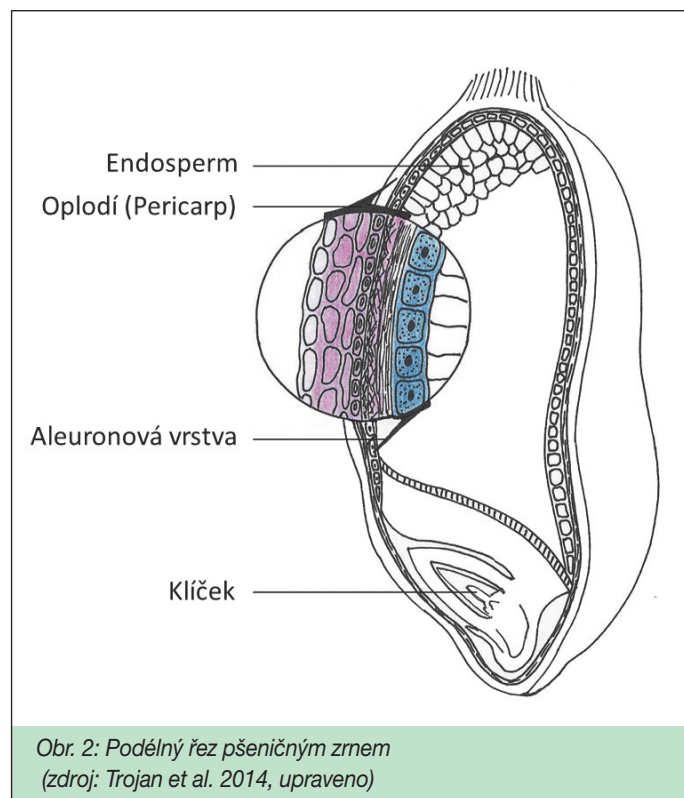
Další často používanou metodou je FRAP („*Ferric Reducing Antioxidant Power*“). Tato metoda využívá přenosu elektronu mezi železitou solí a antioxidantem. Reakce je doprovázena barevnou změnou, což se dá opět měřit spektrofotometricky.

V literatuře se také můžeme setkat s metodami, které se snaží přiblížit působení antioxidantů v živém organismu. Buď se jedná o zhasnutí radikálů, které se v organismu vyskytují (hydroxylový radikál, peroxylový radikál apod.) nebo o ochranu biologických molekul (proteinů, lipidů) antioxidantem. První z těchto metod je ORAC („*Oxygen Radical Absorbance Capacity*“), která měří relativní schopnost antioxidantu chránit biologické molekuly před poškozením volnými radikály. Čím vyšší ORAC hodnota je, tím vyšší schopnost antioxidant má. Pro srovnání se opět používá trolox.

TRAP („*Total Radical-trapping Antioxidant Parameter*“) metoda se původně používala pro odhad antioxidační kapacity krevní plasmy. Měřila množství spotřebovaného kyslíku v průběhu lipidové peroxidace. V dnešní době se měří přímo vliv vzniklých peroxidových radikálů na cílový protein. Sloučeniny v plasmě nebo antioxidanty reagují s radikály rychleji, a tak protein chrání před poškozením. Pro srovnání se opět používá trolox.

Liposomální metoda měří, zda antioxidant inhibuje peroxidaci připraveného lipidového systému. Jako substrát se používají liposomy z vaječných žloutků nebo liposomy mozkové tkáně. Antioxidanty zpomalují vznik lipidových peroxidů v závislosti na jejich koncentraci. Jako standard se používá α -tokoferol (Terao et al. 1994).

Všechny tyto metody se snaží zachytit složité biologické děje, a to různými způsoby. Proto také jejich výsledky musí být vždy interpretovány spolu s uvedením metody, kterou byly získány.



Obr. 2: Podélný řez pšeničným zrnem
(zdroj: Trojan et al. 2014, upraveno)

Jak zpracování obilovin ovlivňuje množství polyfenolických látek

Obiloviny a výrobky z nich tvoří významnou část potravy

člověka na celém světě. Chleba ať kynutý nebo nekynutý, různé druhy pečiva, vařená rýže a různé druhy krup, produkty typu kaše, snídaňové cereálie, těstoviny, sušenky, nebo alkoholické i nealkoholické nápoje, to všechno je vyrobeno z obilovin. Prakticky žádná obilovina se nekonzumuje ve stavu, tak jak se sklídí na poli. Zrno před konzumací obvykle prochází celou řadou technologických postupů, které ovlivňují nutriční složení konečného produktu. Proto zpracování má značný vliv i na obsah polyfenolických sloučenin v potravinách.

Prvním technologickým postupem, kterým obiloviny zpravidla prochází, je mletí. Při mletí je zrno zbaveno všech nečistot a následně je obroušeno, aby se odstranily obalové části (otruby a slupky) a také klíček. Odstranění těchto částí je z technologického hlediska žádoucí, protože obalové vrstvy mají tvrdou strukturu a mohou mít nahořklou chuť, klíček je zase vzhledem k vysokému obsahu tuku náchylný k oxidaci. Tím dochází ke zlepšení chutových i zpracovatelských vlastností a ke zlepšení stravitelnosti mouky. Z výživového hlediska je však kvalita mouky ve srovnání s celým zrnem obvykle nižší, protože největší obsah nutričně hodnotných látek včetně polyfenolů je právě v obalových vrstvách zrna a klíčku (Beta et al. 2005). Rafinovaná mouka, která vzniká pomletím pouze vnitřní části zrna, má proto obsah polyfenolických látek významně nižší ve srovnání s celým zrnem. Celozrnná mouka, která vzniká mletím zrna včetně obalových vrstev, má obsah pro zdraví pozitivních látek, mezi které patří i fenoly, vyšší. Takto semletá mouka je proto doporučována odborníky na výživu a v literatuře najdeme mnoho studií, které potvrzují, že konzumace právě celozrnných výrobků snižuje riziko řady chronických onemocnění (Liu et al. 2020).

Zde je třeba poznamenat, že při mlýnském zpracování obilného zrna na celozrnnou mouku je třeba brát ohled také na možný obsah kontaminujících látek. Některé z nich se totiž, stejně jako polyfenoly a další látky zdraví prospěšné, vyskytují převážně ve vnějších obalových vrstvách. Jedná se zejména o mykotoxiny a těžké kovy. Proto je nutné, aby zrno před mletím vždy prošlo tříděním, čištěním a lehkým odíráním, které odstraní nejsvrchnější nestavitelné obalové vrstvy a také obilný prach ulpělý na zrně. Obilný prach obvykle obsahuje značné koncentrace kontaminujících látek, zejména mykotoxinů. Třídění a čištění musí být u zrna určeného pro zpracování na celozrnnou mouku prováděny také zvlášť pečlivě. Je nezbytné odstranit zrna poškozená, lehká nebo scvrklá, protože se může jednat o zrna napadená plísněmi a houbami. Odstraňují se i zlomky zrn, protože poškozené lomové plochy jsou vhodným substrátem pro růst plísní.

Je třeba myslet na to, že mouka je biologický materiál, který prochází v průběhu skladování biochemickými změnami. Polyfenolické sloučeniny nejsou příliš stabilní, a proto se jejich množství v mouce při dlouhém skladování snižuje (Zhang et al. 2021). Vliv má i další zpracování mouky na finální potravinu. U nás se mouka nejčastěji používá pro přípravu chleba a kynutého i nekynutého pečiva. Chleba a pekařské výrobky mají tradičně v našem jídelníčku významné místo. Jsou zdrojem energie i nutričních látek jako jsou bílkoviny, aminokyseliny včetně esenciálních, vlákniny, minerálů, vitamínů a řady dalších pro zdraví prospěšných fytochemických látek. I když některé z nich jsou obsaženy pouze v nízkých koncentracích, je třeba brát v úvahu, že pekařské výrobky jsou obvykle konzumovány několikrát denně, a proto denní příjem těchto sloučenin je z výživového hlediska významný.

Během přípravy pečiva probíhá řada chemických reakcí, např. enzymatický rozklad cukrů, želatinace škrobů, karamelizace, denaturace a koagulace proteinů, inaktivace kvasinek a enzymů a Maillardova reakce. Ty určují kvalitu výsledného pečiva, a to jak senzoryckou, tak nutriční, protože jednotlivé procesy různým způsobem ovlivňují obsah jednotlivých nutričně významných látek. Bylo experimentálně prokázáno, že antioxidační potenciál hotového výrobku závisí na podmínkách při přípravě a na receptuře. Celý proces výroby kynutého pečiva může být rozdělen na tři fáze, a to příprava těsta, kynutí a samotné pečení (Dziki et al. 2014). Každá obilovina má jiné složení, které je různě odolné vůči jednotlivým fázím přípravy. V první fázi dochází k mísení mouky s vodou a většina studií se shoduje, že během této fáze množství polyfenolických látek a jejich aktivita klesá.

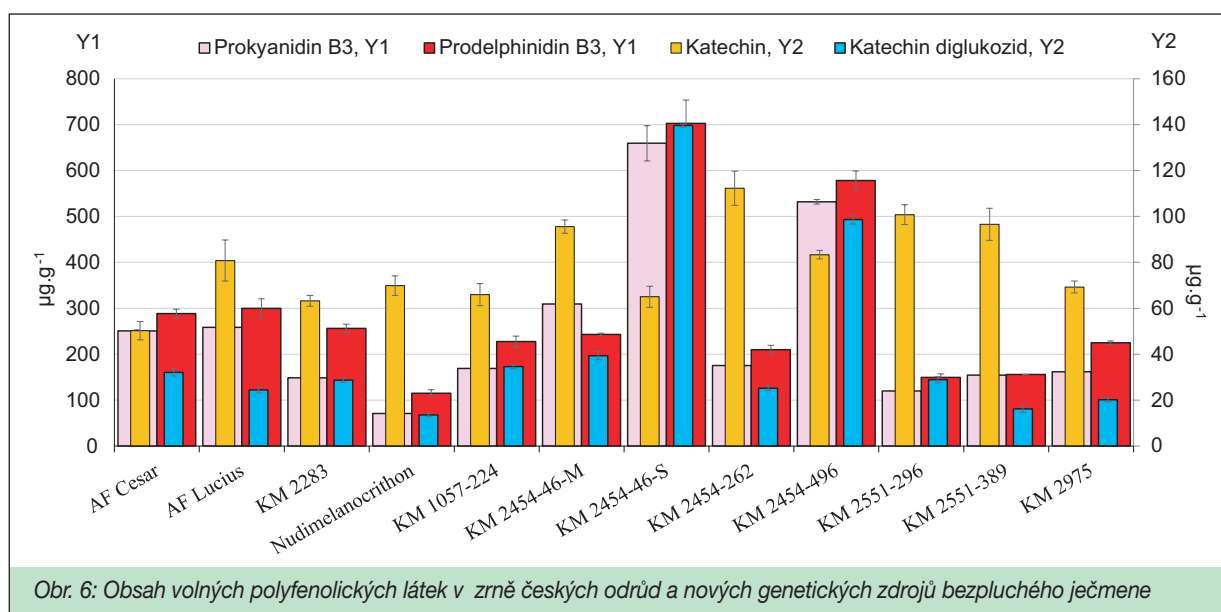
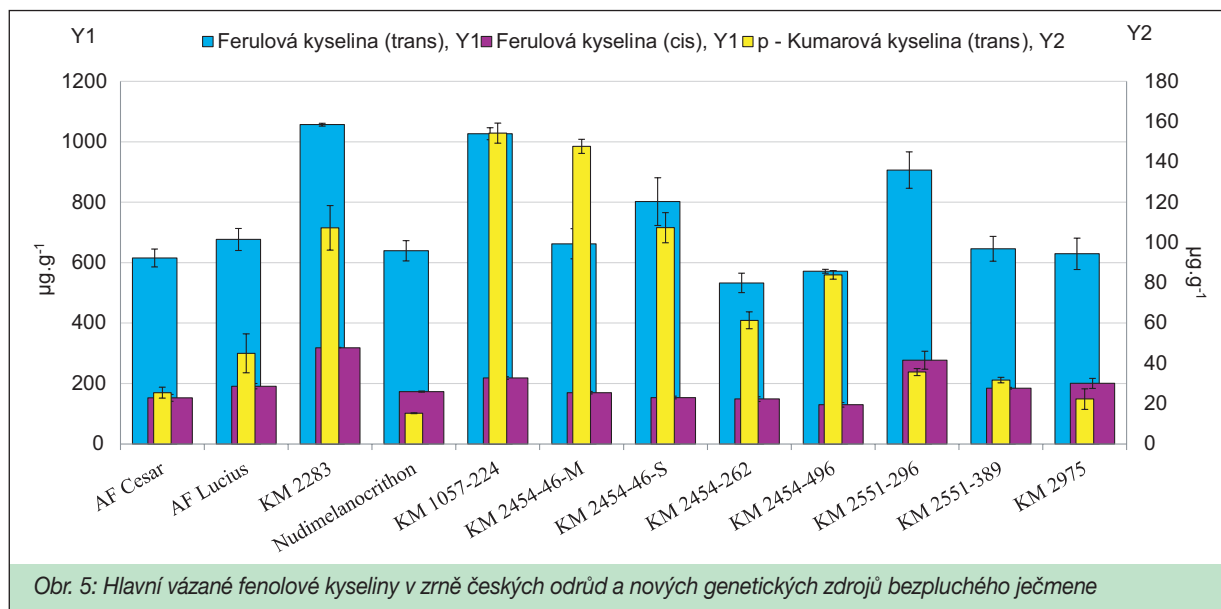
Druhou fází je kynutí neboli fermentace těsta. Kynutí zlepšuje kvalitu, trvanlivost, texturu, a chuť pekařských výrobků. Přítomné mikroorganismy (bakterie, kvasinky aj.) rozkládají základní složky zrna a tím dochází k uvolnění vázaných polyfenolických látek. Proto při kynutí dochází ke zvýšení obsahu polyfenolů i jejich antioxidační aktivity (Saharan et al. 2017). Fermentace naopak snižuje v obilných produktech obsah některých, z výživového hlediska nežádoucích látek (kyselina fytová, taniny ap.), což příznivě ovlivňuje stravitelnost a využitelnost živin z těchto potravin.

Poslední fází je pečení. Jedná se o tepelnou úpravu, která ovlivňuje jak senzorycké, tak nutriční vlastnosti potravin. Tepelná úprava obecně množství polyfenolických sloučenin snižuje. Nicméně, v literatuře se setkáme i s výsledky, kdy při pečení celkové množství polyfenolických látek naopak vzrostlo. Vysvětlení není jednoduché a ani v literatuře nenajdeme jasnou odpověď. Předpokládá se, že během pečení teplo uvolňuje konjugované fenolické části molekul a dochází k polymeracím, oxidačním reakcím, během kterých fenoly vznikají nebo se uvolňují z vázaných forem. Podmínky pro pečení (vysoké teploty a vlhko) také usnadňují průběh tzv. Maillardovy reakce, při které vznikají sloučeniny s antioxidačními vlastnostmi. Což podporuje i fakt, že kůrka chleba má vždy vyšší antioxidační kapacitu než střídka.

Pro výrobu alkoholických i nealkoholických nápojů se často využívá slad. Ten vzniká klíčením zrna ve vlhkém prostředí za přesně daných podmínek. V ČR je nejběžnější výroba sladu z ječmene, který je základní surovinou při výrobě piva. Během klíčení je aktivována řada enzymů, které působí na základní složky zrna jako jsou škroby, bílkoviny, buněčné stěny, a mění tak jeho strukturu. Protože fenolické látky jsou navázané na tyto části, během klíčení dochází k nárůstu množství polyfenolických sloučenin (Duodu et al. 2011).

Odrůdy barevných pšenic v České republice

První českou odrůdou s odlišným zabarvením zrna byla ozimá pšenice **Skorpion** (modré zrno), která byla registrována v roce 2011 v Rakousku, firmou Saatbau Linz, GmbH., a v roce 2012 byla zařazena do Společného katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin EU. Firmou Agrotest fyto, s.r.o. v Kroměříži byly vyšlechtěny tři odrůdy ozimé pšenice s odlišnou barvou zrna: odrůda **AF Jumiko** s purpurovým zbarvením (registrace 2019), odrůda **AF Oxana** s modrým zbarvením (registrace 2020) a odrůda **AF Zora** s černým zbarvením (registrace 2021). Tyto odrůdy vznikly za přispění tří výzkumných projektů: Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace MZE-RO1118, QJ1510206, QK1910343, financovaných Ministerstvem zemědělství České republiky. Tak zvané „černé zbarvení zrna“ u odrůdy **AF Zora**



je převzato ze zahraniční literatury a je důsledkem kombinace genu pro purpurové a modré zabarvení.

Kromě odrůd, u kterých je zbarvení vyvolané anthokyany, existují rovněž odrůdy, kde je barva způsobena karotenoidy, což jsou sloučeniny se zcela odlišnou chemickou strukturou, které jsou v přírodě zodpovědné za žluté až oranžové zbarvení. V ČR byly v roce 2011 registrovány firmou Hanácká osiva, s.r.o. dvě německé odrůdy pšenice se žlutým endospermem: ozimá **Citrus** a jarní **Luteus**. V roce 2018 byla vyšlechtěna firmou SELGEN, a.s. česká odrůda jarní pšenice **Pexeso**, u které byl zjištěn rovněž vysoký obsah žlutých látek v zrně.

Pro úplnost je nutné uvést, že existuje i tzv. bílé zbarvení zrna, které je způsobeno absencí hořkých látek v zrně, kdy zrna je přirozeně sladší (nepřítomnost hořkých látek v zrně však má spojitost s nižší odolností odrůdy k porůstání). V roce 2005 byla registrována firmou RAGT Czech, s.r.o. německá ozimá odrůda **Heroldo** s bílou barvou zrna.

V obchodech zdravé výživy se někdy můžeme setkat s výrobky pod označením „mouka z červené pšenice“. Toto označení není správné, protože jako „červené“ zbarvení je v odborných kruzích označováno obvyklé zbarvení zrna pšenice. Ve skutečnosti se jedná o výrobky z pšenice s purpurovým zrnem. Toto nesprávné označení výrobků se traduje ještě z doby, kdy o barevných pšenicích neexistovalo v ČR žádné povědomí. Výrobcům se tehdy dostala do rukou pšenice s purpurovým zrnem, pro kterou neznali adekvátní název. Od té doby se u nás stále vyskytují potravinářské výrobky s tímto terminologicky zavádějícím názvem.

Odrůdy a genetické zdroje potravinářského ječmene

Také v zrně ječmene byly stanoveny látky s antioxidačním účinkem. V rámci studie, provedené u 27 vzorků zrna souboru španělských a českých odrůd a genetických zdrojů ječmene jarního bylo metodou UPLC MS/MS identifikováno celkem 64 polyfenolů, z toho 19 patřilo do skupin fenolových kyselin a aldehydů, 9 do skupiny flavanolů, 9 k flavonovým glykosidům a 27 do skupiny anthokyanů (Martín et al. 2018). Výsledky dokumentovaly, že u ječmene není přítomnost polyfenolických látek s vysokou antioxidační aktivitou vázána pouze na přítomnost barviv v obilkách. V zrně vlastních bezpluchých odrůd a nových genetických zdrojů ječmene jarního (vyšlechtěných ve společnosti Agrotest fyto, s.r.o.) s perspektivou využití k výrobě zdravých potravin pro lidskou výživu a převážně se světlým zrnem, byly fenolické sloučeniny nalezeny volné i vázané na strukturní složky buněčných stěn, jako je celulóza, hemicelulózy nebo lignin. Ve všech genotypích ječmene byla zjištěna vázaná kyselina ferulová (trans a cis-izomer) a dále její dimery a trimery. Druhou nejhojnější byla kyselina kumarová, následovaná sinapovou (a jejím glukosidem) a dále kyselinou vanilínovou. Ostatní vázané polyfenoly byly obsaženy v menším množství.

Volné fenolické látky byly zastoupeny převládajícími flavanoly katechinem, procyanidinem B3 a prodelphinidinem B3. V minoritním množství se v obilkách nacházely volné fenolové kyseliny a aldehydy a flavony, z nichž byl u všech materiálů (s výjimkou odrůdy **AF Lucius**) detekován izoskopolarin-7-O-glukosid, který je uváděn jako biomarker, využívaný k detekci přítomnosti ječmene v potravinách.

Výsledky ukázaly širokou škálu koncentrací fenolických látek ve vzorcích ječmene, obsah anthokyanů byl ale v porovnání s pšenicí podstatně nižší. I když v materiálu s barevným zrnem (genetický zdroj **Nudimelanocrithon** s bezpluchou obilkou

černé barvy) byl detekován vyšší sumární obsah anthokyanů ($2,77 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), významně se nelišil od obsahu v zrně genetického zdroje se světlým bezpluchým zrnem, označeného **KM 2283** ($2,23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Na rozdíl od genotypů s černě zbarveným zrnem, kde je podle literatury tmavá barva obilek často způsobena kombinací anthokyanů s barvivem melaniny, ve fialové nebo červeně zbarvených zrnech ječmene (Obr. 4) byl vyšší obsah anthokyanů detekován, obdobně jako u pšenice.

Obsah kyseliny ferulové (trans a cis izomeru) a kumarové (trans izomeru) u vybraných odrůd a nových genetických zdrojů ječmene pro potravinářské využití znázorňuje graf na Obr. 5. Nejvyšší obsahy trans monomeru kyseliny ferulové byly naměřeny u genetických zdrojů **KM 2283** a linie **KM 1057-224** ($1056,9$ a $1026,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), kde byl současně stanoven i nejvyšší obsah kyseliny kumarové ($154,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Obsah této kyseliny byl naopak nejnižší v zrně genetického zdroje **Nudimelanocrithon**, kde byl zjištěn také jeden z nejnižších obsahů volných polyfenolických látek – prokyanidinu B3, prodelphinidinu B3 a katechin diglukosidu (graf na Obr. 6). Obdobně jako v případě vázaných, tak také u volných fenolických látek kolísala obsah v závislosti na zvoleném genotypu.

Porovnáním obou grafů lze jednoduše zjistit, že zvýšený obsah různých polyfenolů nebyl dosažen u stejných materiálů, což může indikovat rozdílný mechanismus akumulace jednotlivých polyfenolických látek u různých genotypů. Současně se však potvrdilo, že existuje celá řada nových genetických zdrojů s významně odlišným obsahem žádoucích polyfenolických sloučenin, které je možné doporučit ke šlechtění odrůd ječmene pro zdravou a preventivní lidskou výživu.

Závěr

Obiloviny jsou významným zdrojem řady sloučenin s pozitivním vlivem na zdraví. Mezi ně patří i polyfenolické látky, které vykazují antioxidační účinky, tj. mají schopnost chránit organismus před škodlivým působením volných radikálů. Pro stanovení obsahu těchto látek a jejich antioxidačních vlastností se používá celá řada metod, které se od sebe liší jak postupem, tak i výsledky. Proto získané výsledky musí být interpretovány spolu s použitou metodou.

V dnešní době šlechtitelé obilovin věnují svou pozornost nejen odrůdám odolným vůči škůdcům, chorobám a měnícímu se prostředí, ale také odrůdám s vyšším obsahem nutričně zajímavých látek, jako jsou právě polyfenoly. Příkladem jsou odrůdy pšenice s barevným zrnem vyšlechtěné ve společnosti Agrotest fyto, s.r.o. v Kroměříži (AF Zora – černé zbarvení zrna, AF Oxana – modré a AF Jumiko – purpurové), nebo nové genetické zdroje jarního ječmene, u kterých je vysoký obsah polyfenolických látek možné kombinovat s dalšími antioxidynty obsaženými v ječmeni (například s vitamínem E, nebo některými enzymy) a rovněž se zvýšeným obsahem β -glukanů, což jsou látky s pozitivními účinky v prevenci většiny civilizačních chorob a posilující imunitní systém. Všechny tyto odrůdy obilovin představují novou generaci surovin pro vývoj tzv. funkčních potravin, což jsou potraviny s deklarovanými, vědecky podloženými pozitivními zdravotními účinky.

I když publikací zaměřených na polyfenolické látky v obilovinách přibývá, stále existuje množství dosud nedostatečně nebo vůbec neřešených otázek s nimi spojených. Jedná se třeba o stabilitu polyfenolů v průběhu skladování jak celého zrna, tak mlynářských produktů i výrobků z nich připravených. Důležitá je i znalost vlivu jednotlivých technologických zpracovatelských

postupů na chemické a fyzikální vlastnosti sledovaných zdraví prospěšných látek, které mohou ovlivnit nejen jejich obsah v konečném produktu, ale hlavně jejich biologickou dostupnost a využitelnost v lidském organismu.

/Recenzováno/

Poděkování

Výsledky byly získány s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotest fyto, s.r.o. (MZE-RO1118).

Literatura

- Beta T., Nam S., Dexter J.E., Sapirstein H.D. (2005): Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fraction, *Cereal chemistry*, Vol. 82 (4), p. 390-393
- Câmara J.S., Albuquerque B.R., Aguiar J., Corrêa R.C.G., Gonçalves J.L., Granato D., Pereira J.A.M., Barros L., Ferreira I.C.F.R. (2021): Food bioactive compounds and emerging techniques for their extraction, *Foods*, Vol.10 (1), 37
- Duodu K.G. (2011): Effects of Processing on Antioxidant Phenolics of Cereal and Legume Grains, *Advances in Cereal Science: Implications to Food Processing and Health Promotion*, Chapter 3, p. 31-54
- Dziki D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. (2014): Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 40 (1), p. 48-61
- Huang D., Ou B., Prior R.L. (2005): The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays, *Journal of agricultural and food Chemistry*, Vol. 53(6), p. 1841-1856
- Manach C., Scalbert A., Morand Ch., Rémésy Ch., Jiménez L. (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 79 (5), p. 727-747
- Martinek P., Eliašová M., Paznocht L. (2019): Barevné látky a další antioxidanty v znu pšenice, *Úroda* 10/2019
- Martínez M., Motilva M.J., Lopez de las Hazas M.C., Romero M.P., Vaculova K., Ludwig I.A. (2018): Phytochemical composition and β -glucan content of barley genotypes from two different geographic origins for human health food production, *Food Chemistry*, Vol. 245, p. 61-70
- Liu J., Yu L.L., Wu Y. (2020): Bioactive components and health beneficial properties of whole wheat foods, *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 68 (46), p. 12904-12915
- Price M.L., Butler L.G. (1977): Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain, *Journal of Agricultural and food chemistry*, Vol. 25 (6), p. 1268-1273
- Rothwell J.A., Pérez-Jiménez J., Neveu V., Medina-Ramon A., M'Hiri N., Garcia Lobato P., Manach C., Knox K., Eisner R., Wishart D., Scalbert A. (2013): Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. Database, 10.1093/database/bat070
- Saharan P., Sadh P.K., Duhan J.S. (2017): Comparative assessment of effect of fermentation on phenolics, flavanoids and free radical scavenging activity of commonly used cereals, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Vol. 12, p. 236-240
- Shahidi F., Naczk M. (2003): *Phenolics in food and Nutraceuticals*, CRC press

- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American journal of Enology and Viticulture*, Vol. 16, p. 144-158
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, *Methods Enzymology*, Vol. 299, p. 152-178
- Slavin J., Jacobs D., Marquart L. (1997): Whole-grain consumption and chronic disease protective mechanism, *Nutrition and cancer*, Vol. 27 (1), p. 14-21
- Terao J., Piskula M., Yao Q. (1994): Protective effect of epicatechin, epicatechin gallate, and quercetin on lipid peroxidation in phospholipid bilayers, *Archives of biochemistry and biophysics*, Vol. 308(1), p. 278-284
- Trojan V., Musilová M., Vyhnanek T., Klejdus B., Hanáček P., Havel L. (2014): Chalcone synthase expression and pigments deposition in wheat with purple and blue colored caryopsis, *Journal of Cereal Science*, Vol. 59 (1), p. 48-55
- Verma B., Hucl P., Chibbar R.N. (2008): Phenolic content and antioxidant properties of bran in 51 wheat cultivars, *Cereal chemistry*, Vol. 85 (4), p. 544-549
- Yu L., Perret J., Harris M., Wilson J., Haley S. (2003): Antioxidant properties of bran extracts from Akron Wheat grown at different location, Vol. 51 (6), p. 1566-1570
- Zhang Y., Truzzi F., D'Amen E., Dinelli G. (2021): Effect of storage condition and time on polyphenol content of wheat flours, *Processes*, Vol. 9(2), 248



Obr 4: Silné fialové zabarvení klasu ječmene bývá často spojeno i s vysokým obsahem anthokyanů v zrně.

Kvalita jarního ječmene v pokusu s exogenní organickou hmotou v Kroměříži

(Spring barley quality in Kroměříž biological transformed organic matter trial)

Sedláčková Irena¹, Látal Oldřich², Hambálková Markéta¹, Polišínská Ivana¹

¹ Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

² Mendlova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, Brno

Souhrn: V roce 2014 byl založen na lokalitě Kroměříž - Postoupky maloparcelkový polní pokus sledující vliv aplikace fermentovaných statkových hnojiv a pomocných půdních látek na růst, výnos a kvalitu obilovin. V letech 2016 a 2020 byl v rámci osevního postupu na lokalitě pěstován jarní ječmen odrůdy KWS Irina. V průběhu vegetace byly odebrány vzorky rostlin ve třech růstových fázích na živinové složení a po sklizni byl stanoven výnos a základní kvalitativní parametry sladovnického ječmene. Aplikace organické hmoty a pomocných půdních látek vedla v obou letech k určitému zvýšení výnosu, změny kvalitativních parametrů byly v jednotlivých letech různé a závisely do značné míry na průběhu počasí.

Klíčová slova: hnojení, pomocné látky, jarní ječmen, výnos, kvalita

Abstract: In 2014, a small-plot field experiment was established at the Kroměříž - Postoupky locality to study the effect of the application of fermented manure and soil improvers on the growth, yield and quality of cereals. In 2016 and 2020, spring barley KWS Irina was grown on the site as part of the cropping system. During the vegetation, plant samples were taken in three growth stages for nutrient composition and after harvest the yield and basic quality parameters of malting barley were determined. The application of organic matter and soil improvers led to a certain increase in yield in both years, changes in quality parameters were different in each year and depended to a large extent on the weather.

Key Words: Polyphenolic compounds, cereals, antioxidants, technological process of cereal processing, content of polyphenols, antioxidant activity

Úvod

Jarní ječmen je s výměrou 217 279 ha druhou nejpěstovanější obilninou v České republice (ČSÚ, 2021). Výnos a kvalitativní parametry zrna ječmene ovlivňuje mnoho faktorů. K nejvýznamnějším patří počasí (srážky a teplota), dále předplodina a zpracování půdy. Pro udržení a zlepšení kvality půdy je velmi žádoucí obsah půdní organické hmoty (POH). Pro zvýšení obsahu POH je doporučováno použití různých druhů exogenní organické hmoty (EOH) jako jsou čistírenské kaly, komposty, digestáty, statková hnojiva a dále např. použití vhodných osevních sledů, zelené hnojení a bezorebné postupy.

Hnojení udržuje a zlepšuje úrodnost půdy, poskytuje organickou výživu edafonu (= společenstvo organismů žijících v půdě), vrací živiny do koloběhu a zajišťuje náhradu živin odvezených z pozemků v zemědělských produktech. Organické hnojení podporuje biologickou aktivitu půdy, která je základem úrodnosti. Hnůj je nejrozšířenějším organickým hnojivem v zemědělství. Pro zhodnocení živinového potenciálu statkových hnojiv a ovlivnění fermentačních procesů, které v nich probíhají, se používají různé aktivátory, stimulující biologickou transformaci organické hmoty, např. přípravek Z'fix.

Pro zlepšení půdní struktury, stimulaci biologické aktivity a podporu správné funkce humusové vrstvy je možné použít zlepšující přípravky – pomocné půdní látky, například na bázi dolomitického vápence (přípravek NeOsol) nebo jílových minerálů – bentonit (Ekobent B), které svou dobrou sorpční vlastností přispívají k zadržování vody a živin v půdě. Pro dobré sorpční vlastnosti se používá také porézní materiál biouhel, tj. zuhelnatělá biomasa. Biouhel napomáhá půdě lépe zadržovat a propouštět vzduch, zadržovat vodu i živiny a vázat minerální

látky. Velmi pomalu se rozkládá, proto efekt jeho aplikace přetrvává delší dobu a jedná se o prostředek pro ukládání uhlíku do půdy a působí tak proti globálnímu oteplování. Bližší informace o složení a působení těchto látek jsou uvedeny v certifikované metodice Látal a kol. (2020).

Cílem tohoto článku není sledovat změny vlastností půd po aplikaci EOH, ale jejich vliv na výnos a kvalitu produkce sladovnického ječmene. A v neposlední řadě sledovat, jak průběh počasí ovlivní kvalitu ječmene a také jak ovlivní projevy aplikace různých variant hnoje a zlepšujících přípravků.

Materiál a metody

Víceleté maloparcelkové polní pokusy s aplikací EOH, aktivátorů biologické transformace organické hmoty statkových hnojiv a pomocných půdních látek byly založeny v roce 2014 na lokalitě Kroměříž – Postoupky (GPS: 49.3109117 N, 17.3655803 E). Pokusy jsou v působnosti pracoviště Agrotest fyto, s.r.o. v rámci řešení projektů TAČR TA04031390 a TH02030169 a jsou realizovány dosud. Tato lokalita se nachází v řepařské zemědělské výrobní oblasti, podle klimatické klasifikace v klimatickém regionu T3 (teplý, mírně vlhký) s průměrným dlouhodobým úhrnem srážek 576 mm a průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 9,2 °C (za období 1971-2010).

Přehled jednotlivých variant a aplikací je uveden v tabulce 1. Velikost pokusných parcel je 10 x 30 m. V souladu s metodikou pokusu, byla aplikace hnoje dle variant provedena na podzim v letech 2014, 2016, 2017 a 2019. Příprava hnoje a aplikace aktivátoru biologické transformace organické hmoty Z'fix je blíže popsána v certifikované metodice Látal a kol. (2020). Aplikace

Tab. 1: Varianty pokusu, přehled hlavních aplikací

Varianta / aplikace		2014		2016		2017		2019	
		Hnůj (t/ha)	PPL (t/ha)	Hnůj (t/ha)	PPL (t/ha)	Hnůj (t/ha)	PPL (t/ha)	Hnůj (t/ha)	PPL (t/ha)
1	Hnůj s Z'fix	50	-	30	-	50	-	30	-
2	Hnůj s Z'fix + NeOsol	50	0,15	30	0,15	50	0,15	30	0,15
3	Hnůj	50	-	30	-	50	-	30	-
4	Hnůj + NeOsol	50	0,15	30	0,15	50	0,15	30	0,15
5	NeOsol	-	0,15	-	0,15	-	0,15	-	0,15
6	Kontrola	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Hnůj + biouhel	50	15	30	-	50	-	30	15
8	Biouhel	-	15	-	-	-	-	-	15
9	Hnůj + bentonit	50	6	30	-	50	6	30	6
10	Bentonit	-	6	-	-	-	6	-	6

PPL - pomocné půdní látky

pomocné půdní látky NeOsol byla provedena každoročně před setím dané plodiny a bentonitu (Ekobent B) v letech 2014 a 2017 současně s aplikací hnoje. Aplikace biouhlu byla provedena jednorázově v roce 2014.

Dodatkové a zásobní hnojení NPK hnojiv bylo provedeno v souladu s normativem a výnosovým potenciálem dané lokality a dále dle chemického složení aplikovaných hnojiv

a pomocných půdních látek. Normativ živin pro ječmen jarní – $N_{140}P_{35}K_{95}$. Výsevek byl 220 kg/ha. Agrotechnika byla v souladu s agrotechnickými postupy v místě obvyklými.

Osevní postup: silážní kukuřice (2015) → jarní ječmen (2016) → ozimá pšenice (2017) → silážní kukuřice (2018) → ozimá pšenice (2019) → jarní ječmen (2020).

Tab. 2: Obsah prvků v sušině rostlin, 2016

2016	varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Hnůj s Z'fix	Hnůj s Z'fix + NeOsol	Hnůj	Hnůj + NeOsol	NeOsol	Kontrola	Hnůj + biouhel	Biouhel	Hnůj + bentonit	Bentonit
N (%)	BBCH13	5,98	5,20	4,51	5,25	5,14	6,02	5,05	5,73	5,50	5,00
	BBCH51	2,10	2,22	1,67	2,12	1,67	1,82	1,47	1,57	1,95	2,09
	BBCH87	1,86	1,43	1,43	1,60	1,35	1,35	1,30	1,27	1,73	1,77
	průměr	3,31	2,95	2,54	2,99	2,72	3,06	2,61	2,86	3,06	2,95
P (%)	BBCH13	0,62	0,63	0,60	0,67	0,64	0,58	0,67	0,68	0,79	0,69
	BBCH51	0,26	0,25	0,26	0,28	0,30	0,28	0,28	0,33	0,36	0,31
	BBCH87	0,22	0,20	0,21	0,22	0,19	0,21	0,30	0,33	0,26	0,25
	průměr	0,37	0,36	0,35	0,39	0,38	0,35	0,42	0,45	0,47	0,41
K (%)	BBCH13	4,49	5,04	4,49	4,56	4,39	3,13	3,87	3,44	4,54	3,95
	BBCH51	1,40	1,34	1,25	1,70	1,45	1,48	1,00	1,29	1,93	1,62
	BBCH87	1,14	1,28	1,26	0,91	1,05	1,23	0,98	1,04	1,56	0,90
	průměr	2,34	2,55	2,33	2,39	2,30	1,95	1,95	1,92	2,68	2,16
Ca (%)	BBCH13	0,88	0,92	0,74	0,87	0,84	1,02	0,98	1,13	0,90	0,99
	BBCH51	0,54	0,57	0,39	0,54	0,44	0,50	0,48	0,51	0,57	0,55
	BBCH87	0,40	0,47	0,39	0,30	0,34	0,47	0,34	0,29	0,46	0,31
	průměr	0,61	0,65	0,51	0,57	0,54	0,66	0,60	0,64	0,64	0,62
Mg (%)	BBCH13	0,20	0,14	0,11	0,18	0,16	0,21	0,17	0,23	0,16	0,18
	BBCH51	0,10	0,10	0,08	0,11	0,09	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10
	BBCH87	0,11	0,11	0,09	0,10	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12
	průměr	0,14	0,12	0,09	0,13	0,12	0,14	0,12	0,14	0,12	0,13

Jarní ječmen KWS Irina byl v roce 2016 zaset 1. dubna 2016. Jednotlivá hodnocení porostu byla provedena ve třech růstových fázích: BBCH 13 (tvorba 4. listu), BBCH 51 (počátek metání), BBCH 87 (žlutá zralost) (Enz a Dachler, 1997), kdy byly odebrány vzorky rostlin pro stanovení obsahu živin (makroprvky N, P, K, Ca, Mg). Sklizeň maloparcelkovou samojízdnou sklízecí mlátičkou proběhla 8. srpna, byl vyhodnocen výnos zrna a slámy. U sklizených vzorků zrna byly analyzovány následující kvalitativní parametry - dusíkaté látky v sušině (NL) podle ICC č. 167, hmotnost tisíce zrn (HTZ), klíčivost, přepad nad sítím

teplém a mimořádně vlhkém únoru přišel teplotně normální březen, ve kterém srážky dosáhly 66 % normálu. Podmínky pro založení porostu byly optimální. V dubnu spadlo 73,8 mm srážek (181 % dlouhodobého průměru). Zvýšení teplot koncem dubna a v květnu v období mezi vzcházením a sloupkováním při optimální zásobě vody v půdě působilo příznivě na množství odnoží a jejich vyrovnanost (Pokorný a kol., 2016). Následoval teplý a suchý měsíc červen a teplý červenec, který byl srážkově nadnormální – v Kroměříži spadlo 168 % normálu. Nejvíce srážek však spadlo až na samém konci měsíce.

Tab. 3: Obsah prvků v sušině rostlin, 2020

2016	varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Hnůj s Z'fix	Hnůj s Z'fix + NeOsol	Hnůj	Hnůj + NeOsol	NeOsol	Kontrola	Hnůj + biouhel	Biouhel	Hnůj + bentonit	Bentonit
N (%)	BBCH13	4,61	4,38	4,60	4,81	4,98	4,39	4,57	5,07	5,44	5,01
	BBCH51	2,14	2,67	2,56	2,45	1,99	2,09	2,45	3,12	2,82	2,63
	BBCH87	1,82	1,68	1,79	1,80	1,72	1,60	1,72	1,56	1,63	1,64
	průměr	2,86	2,91	2,98	3,02	2,90	2,69	2,91	3,25	3,30	3,09
P (%)	BBCH13	0,39	0,36	0,36	0,42	0,37	0,35	0,43	0,43	0,48	0,42
	BBCH51	0,36	0,34	0,36	0,38	0,35	0,39	0,42	0,44	0,41	0,31
	BBCH87	0,32	0,28	0,32	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,32	0,26
	průměr	0,36	0,33	0,35	0,36	0,34	0,34	0,38	0,39	0,40	0,33
K (%)	BBCH13	4,01	3,63	3,41	3,73	2,83	2,85	3,17	3,29	4,25	3,67
	BBCH51	2,16	2,09	2,16	2,36	1,97	1,99	2,25	2,58	2,72	2,12
	BBCH87	0,81	0,67	0,77	0,66	0,65	0,58	0,67	0,70	0,75	0,61
	průměr	2,33	2,13	2,11	2,25	1,82	1,81	2,03	2,19	2,57	2,13
Ca (%)	BBCH13	0,87	0,87	0,96	0,97	1,07	0,99	1,00	1,05	1,01	0,82
	BBCH51	0,44	0,61	0,57	0,54	0,52	0,56	0,62	0,70	0,63	0,64
	BBCH87	0,17	0,14	0,13	0,12	0,14	0,16	0,15	0,18	0,18	0,13
	průměr	0,49	0,54	0,55	0,54	0,58	0,57	0,59	0,64	0,61	0,53
Mg (%)	BBCH13	0,15	0,13	0,15	0,16	0,22	0,16	0,16	0,19	0,16	0,14
	BBCH51	0,11	0,13	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,12	0,11	0,11
	BBCH87	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	průměr	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11	0,11	0,13	0,12	0,11

2,5 mm a obsah příměsí a nečistot (PN) definovaný normou ČSN 461100-5. U sklizeného zrna i slámy byly stanoveny makroprvky. Dusík byl stanovován Dumasovou spalovací metodou, fosfor spektrofotometricky, vápník a hořčík plamenovou atomovou absorpční spektrofotometrií a draslík atomovou emisní spektrofotometrií.

V roce 2020 byl ječmen KWS Irina vyset 24. března. Stejně jako v roce 2016 byly odebrány v průběhu vegetace vzorky rostlin pro stanovení makroprvků. Pokus byl sklizen ve stádiu plné zralosti 6. srpna 2020. Kromě hodnocení provedeného u ječmene ze sklizně 2016 (výnos slámy a zrna a jejich obsah makroprvků, dále HTZ, klíčivost, přepad nad sítím 2,5 mm a obsah příměsí a nečistot) bylo dále stanoveno číslo poklesu (FN) podle normy ČSN EN ISO 3093 pro stanovení skryté porostlosti a objemová hmotnost (OH) podle ČSN EN ISO 7971-3.

Výsledky a diskuse

Průběh počasí ve vegetačních sezónách 2016 a 2020

Průběh počasí je uveden v grafu 1, jako normálových hodnot je použito průměrů z let 1981–2010. V roce 2016 po mimořádně

I v roce 2020 byl únor mimořádně teplý s odchylkou od normálu 5 °C s normálními srážkami (121 % normálu). Poté však následovaly teplotně normální, ale suché měsíce s úhrny srážek 41 % (březen) a 49 % (duben) normálu. Kombinace nedostatku srážek a silného větru způsobovalo vysychání půdy. Na konci března a na začátku dubna přišly dvě mrazivé vlny, které spolu s působením silného slunečního záření poškodily porosty obilnin. Typickým příznakem pak bylo žloutnutí a usychání konců listů. Květen byl teplotně podnormální, průměrná měsíční teplota vzduchu 12,4 °C byla o 2,4 °C nižší než normál 1981–2010. Srážkově byl měsíc květen v lokalitě Kroměříž nadnormální s měsíčním úhrnem 108,4 mm, což představuje 158 % normálu. Chladné a deštivé počasí vytvořilo optimální podmínky pro šíření houbových chorob obilnin a polehnutí porostu. Tato situace trvala i po většinu měsíce června, který byl mimořádně srážkově nadnormální, měsíční úhrn srážek 154,5 mm činí 187 % srážkového normálu. Červenec byl teplotně i srážkově normální, ale četné srážky na konci července a začátku srpna nejen komplikovaly sklizeň, ale daly i předpoklad k výskytu skryté porostlosti obilí.

Obsahy živin v rostlinách

V průběhu vegetace byl sledován stav výživy rostlin. Ve třech růstových fázích byl stanoven obsah prvků N, P, K, Ca a Mg v sušině rostlin. V roce 2016 byl nejnižší průměrný obsah všech živin (průměr hodnot z všech tří odběrů) zjištěn u varianty 3 (hnůj). Nejvyšší průměrný obsah dusíku byl zjištěn u varianty 1 (hnůj s Z'fix), nejvyšší průměrné obsahy fosforu a draslíku u varianty 9 (hnůj + bentonit). U kontrolní varianty (6) byly při prvním odběru (BBCH13) zjištěny nejnižší obsahy fosforu a draslíku a nejvyšší obsah dusíku. Pokles obsahu dusíku při následných odběrech v průběhu vegetace byl u této varianty nejvýraznější (Tab. 2). V roce

s NeOsolem a u kontrolní varianty. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u varianty 9 (hnůj + bentonit), u které byla také nejnižší HTZ 48,4 g. Nejvyšší HTZ měla varianta 5 a to 51,0 g. Deštivý průběh počasí v roce 2020 se negativně projevil na velikosti zrna. I v tomto roce byly nejvyšší hodnoty přepadu nad sítem 2,5 mm nalezeny u variant 5 (85,4 %) a 6 (83,8 %) a pouze varianta 5 (NeOsol) jako jediná splnila požadavek normy ČSN 461100-5. Hodnoty pod 80 % byly zaznamenány u variant 2 a 7, nejmenší měla varianta 1 (77,3 %; hnůj s Z'fix), u které byl zároveň zjištěn nejvyšší obsah NL. Průměrná hodnota HTZ 41,7 g byla o 8,3 g nižší než v roce 2016. Nejvyšší byla nalezena

Tab. 4: Kvalitativní parametry a výnos ječmene, sklizeň 2016

Varianta		NL	Přepad nad sítím 2,5 mm	HTZ	Klíčivost	Výnos
		(%)	(%)	(g)	(%)	(t/ha)
1	Hnůj s Z'fix	11,5	95,8	49,81	94	6,53
2	Hnůj s Z'fix + NeOsol	11,6	94,4	50,14	92	6,65
3	Hnůj	11,4	94,7	50,65	94	6,95
4	Hnůj + NeOsol	11,2	95,9	50,14	95	6,79
5	NeOsol	11,3	96,3	50,97	99	6,20
6	Kontrola	11,0	96,3	50,13	98	5,82
7	Hnůj + biouhel	11,7	95,1	50,53	98	6,22
8	Biouhel	11,3	93,1	49,43	92	5,98
9	Hnůj + bentonit	11,7	91,3	48,38	96	5,94
10	Bentonit	11,3	93,5	49,51	98	5,85

2020 byly nejvyšší průměrné hodnoty obsahu dusíku, fosforu a draslíku zjištěny u varianty 9 (hnůj + bentonit). Nejnižší průměrné hodnoty dusíku a draslíku u varianty 6 (kontrola) (Tab. 3).

Výnos zrna

Nejvyššího výnosu 6,95 t/ha dosáhla v roce 2016 varianta 3 (hnůj). Vysoké výnosy měly také varianty 4, 2 a 1 (hnůj s Z'fix, hnůj s Z'fix + NeOsol, hnůj + NeOsol). Naopak nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty 6 (kontrola, 5,82 t/ha) a varianty 7 (hnůj + biouhel) a 8 (biouhel) (Tab. 4). V roce 2020 byly vysoké výnosy dosaženy opět u prvních čtyř variant, tj. hnůj se Z'fix, hnůj + Z'fix + NeOsol, hnůj a hnůj + NeOsol. Nejvyšší výnos 6,90 t/ha měla varianta 2 (hnůj s Z'fix + NeOsol). Shodně s rokem 2016 byly nejnižší výnosy zaznamenány u varianty 6 (kontrola, 5,92 t/ha) a 8 (biouhel, 6,13 t/ha) (Tab. 5).

Kvalita zrna

Obsah NL je jeden z nejdůležitějších parametrů kvality zrna sladovnického ječmene, podle ČSN 461100-5 je požadováno rozmezí 10 – 12 %. V roce 2016 byl průměrný obsah NL všech variant 11,4 % a požadavek normy splnily všechny varianty. Nejnižší obsah 11,0 % NL byl zjištěn u varianty 6 – kontrola. Nejvyšší hodnota byla nalezena u variant 7 (hnůj + biouhel) a 9 (hnůj + bentonit) a to 11,7 %. V roce 2020 nesplnila požadavek normy žádná varianta, průměrná hodnota obsahu NL byla 12,6 %. I nejnižší hodnota byla nad normou danými 12 %. Nejnižší obsah NL 12,3 % měly varianty 5 (NeOsol), 6 (kontrola) a 9 (hnůj a bentonit). Nejvyšší byl u variant s hnojem 1 (hnůj s Z'fix), 3 (hnůj), 4 (hnůj + NeOsol).

Požadavek normy na **přepad nad sítím 2,5 mm** (min 85 %) v roce 2016 splnily všechny varianty. Průměrný přepad byl 94,7 %. Nejvyššího přepadu 96,3 % bylo dosaženo u varianty 5

u kontroly (43,3 g) a naopak nejnižší u varianty 10 s bentonitem.

V roce 2016 požadavku na **klíčivost** (min 96 %) nevyhovělo 5 variant (1, 2, 3, 4 a 8), u kterých klíčivost dosáhla hodnot mezi 92 až 95 %. Nejvyšší klíčivost 99 % byla zjištěna u varianty 9 (hnůj + bentonit). V roce 2020 se projevil častý srážky v období před sklizní a klíčivost se pohybovala od 78 % (kontrola) po 84 % (varianty 8 a 10). Pro identifikaci skryté porostlosti bylo v roce 2020 stanovováno číslo poklesu charakterizující stupeň aktivity α -amyláz. Vzorky s číslem poklesu pod 220 s jsou již považovány za skrytě porostlé a mohou být pak očekávány problémy s klíčivostí, zejména po delším období od sklizně (Hartman, 2017). V našich variantách se číslo poklesu pohybovalo od 193 s (varianta 2 – hnůj s Z'fix + NeOsol) do 259 s (varianta 10 – bentonit). Číslo poklesu je závislé hlavně na průběhu počasí, pozorováno však bylo i ovlivnění úrovní hnojení. Vysoké dávky dusíkatého hnojení vedou k poléhání porostu, se kterým souvisí porůstání obilí a snižování čísla poklesu (Kindred, 2005).

Závěr

Nejvyšších výnosů bylo v obou letech dosaženo u variant 2 (hnůj s Z'fix + NeOsol), 3 (hnůj) a 4 (hnůj + NeOsol), nejnižšího u kontrolní varianty.

Na kvalitativní parametry mělo významnější vliv počasí. Podmínky pro sladovnický ječmen byly obecně příznivější v roce 2016, kdy splnily všechny varianty včetně kontroly téměř všechny požadavky normy (s výjimkou klíčivosti u 5 z 10 variant). V roce 2020 nevyhovělo zrno z žádné z pěstovaných variant téměř v žádném z požadavků normy. Obsah dusíkatých látek byl vysoký, zrno drobné, což se projevilo jak nízkým přepadem na síť 2,5 mm tak nízkou HTZ. Číslo poklesu signalizovalo přítomnost porostlých zrn a ta se projevila sníženou klíčivostí.

Tab. 5: Kvalitativní parametry a výnos ječmene, sklizeň 2020

Varianta		NL	Přepad nad sítí 2,5 mm	HTZ	Klíčivost	FN	Výnos
		(%)	(%)	(g)	(%)	(s)	(t/ha)
1	Hnůj s Z'fix	13,4	77,3	40,67	80	224	6,67
2	Hnůj s Z'fix + NeOsol	12,6	79,1	41,70	81	193	6,90
3	Hnůj	12,9	80,5	41,46	79	206	6,78
4	Hnůj + NeOsol	12,9	80,7	41,54	82	211	6,72
5	NeOsol	12,3	85,4	42,75	81	218	6,28
6	Kontrola	12,4	83,8	43,30	78	251	5,92
7	Hnůj + biouhel	12,6	77,9	40,95	80	235	6,55
8	Biouhel	12,6	82,4	42,87	84	246	6,13
9	Hnůj + bentonit	12,3	80,0	41,86	79	218	6,46
10	Bentonit	12,6	82,7	39,80	84	259	6,78

NL - obsah bílkovin v sušině, HTZ - hmotnost tisíce zrn, FN - číslo poklesu

Horší kvalitu měly spíše varianty s vyššími výnosy (tj. všechny varianty hnojené hnojem), u kterých byly nejvyšší obsahy NL, nižší přepady, HTZ i číslo poklesu. Můžeme říci, že vliv aplikace organické hmoty a dalších zlepšujících přípravků se projevil

/Recenzováno/

Poděkování a dedikace

Výsledky byly získány a zpracovány za podpory řešení projektu TAČR TH02030169 a podpořeny MZE-RO1118.

Použitá literatura

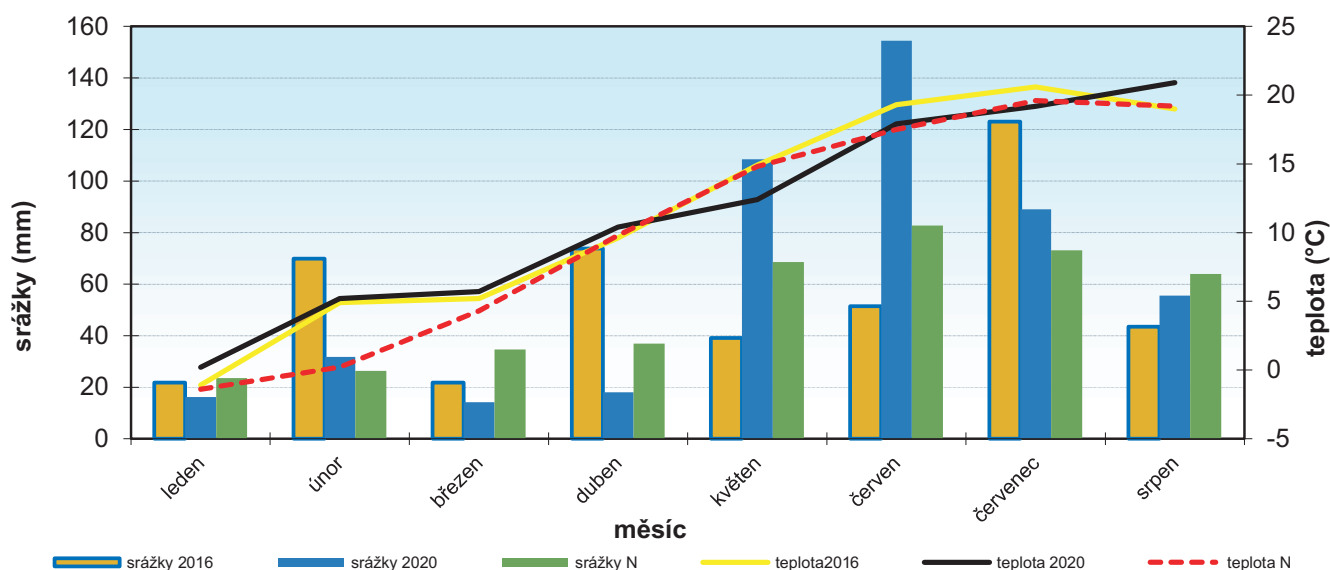
ČSÚ (2021): <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2020> (cit. dne 8. 3. 2021)
 Enz, M., Dachler, Ch. (1997): Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono- and Dicotyledonous Plants. Extended BBCH scale. [online] A joint publication of BBA, BSA, IG, IVA, AgrEvo, BASF, Bayer and Novartis, 2nd ed. URL - <http://www.gartneriraadgivning.dk/upl/website/bbch-skala/scaleBBCH.pdf>

Hartman, I. (2017): Kvalita zrna sladovnického ječmene v České republice, sklizeň 2016. Kvasný Prum. 63 (2), s. 64-69, DOI: 10.18832/kp201709

Kindred D.R., Gooding M. J., Ellis R.H. (2005): Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with -amylase activity, grain cavity size and dormancy. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 727-742. DOI: 10.1002/jsfa.2025

Látal, O., Sedláčková, I., Šařec, P., Brtnický, M., Novák, P., Holátko, J., Šařec, O., Hammerschmidt, T., Škarpa, P., Kurnálová, J., Novák, V., Veselý, A., Kintl, A., – Baltazár, B., – Maliček, O., Belisová, M. (2020): Biologická transformace a organická hmota – nástroj pro zvýšení produkčních vlastností půd a biodiverzity a snížení environmentálních rizik. Cert. metodika. Osvědčení číslo UKZUZ 232956/2020 ze dne 29.12. 2020. Agrovýzkum Rapotín s.r.o. ISBN: 978-80-87592-30-4.

Pokorný, E., Spáčilová, V., Bílovský, J., Podešvová, J., Leciánová, E. (2016): Hodnocení průběhu počasí a vlhkosti půdy ve vztahu k vývoji ječmene jarního za rok 2016 v podmínkách Zimědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o. Obilnářské listy, číslo 4, s. 96-99. ISSN 1212-138



Graf 1: Srovnání průměrné měsíční teploty a úhrnu srážek 2016 a 2020 a dlouhodobého průměru (1981 - 2010), Kroměříž 233 m n.m.

AF ZORA – první evropská odrůda pšenice s černým zrnem

Martinek, Petr, Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

V roce 2021 byla registrována odrůda ozimé pšenice AF Zora s černě zbarveným zrnem. Odrůda je výsledkem řešení projektů Ministerstva zemědělství – **Institucionální podpora na rozvoj výzkumné organizace** RO1118 a výzkumného projektu QK1910343 „**Nové znaky pšenice pro zvýšení adaptačních možností v prostředí globální změny klimatu**“. Šlechtitelem a udržovatelem odrůdy je firma Agrotest fyto, s.r.o. Podle dostupných informací podobné odrůdy s černým zrnem existují v Indii (Kumarti et al., 2020), Jižní Koreji a Číně. Protože se nepodařilo najít žádné relevantní údaje o existenci registrované odrůdy s černým zrnem z Evropy (ani z Rakouska, kde se barevnými pšenicemi systematicky zabývají v Universität für Bodenkultur ve Vídni), lze pokládat odrůdu AF Zora za první oficiálně registrovanou odrůdu tohoto typu na evropském území.

Ozimá pšenice AF Zora se oproti jiným odrůdám vyznačuje přítomností vysokého množství barevných látek ve svrchních vrstvách zrna (perikarpu a aleuronu). Cílem šlechtění bylo rozšířit kvalitativní charakteristiky zrna o novou vlastnost – schopnost syntetizovat anthokyaniny v zrně a tím zvýšit obsah antioxidantů. Odrůda byla zkoušena v ÚKZÚZ v letech 2018 – 2020 pod označením KM 15-17 v režimu ekologického zemědělství.

AF Zora je určena k výrobě standardních a speciálních potravin se zvláštním nutričním přínosem. Byla vyšlechtěna z křížení (Skoprión × Bohemia) × (Indigo × Bohemia). Černá barva zrna (Obr. 1) je u ní docílena kombinací genu *Ba2* pro modrý aleuron od odrůdy Skorpion a genů pro purpurový perikarp od odrůdy Indigo. V původu je obsažena rovněž odrůda Bohemia, známá svými výbornými výnosovými a jakostními parametry, vysokou plasticitou a tím, že zaujímala největší pěstební plochy v ČR v roce 2009 a několika následujících letech.

Popis dle ÚKZÚZ

AF Zora je středně raná odrůda s černým zrnem určená pro speciální využití. Pekařská kvalita B. Objemová výtěžnost pečiva je vysoká, obsah dusíkatých látek vysoký, hodnota Zeleného testu nízká, vaznost mouky středně vysoká, hodnota čísla poklesu středně vysoká, objemová hmotnost zrna středně vysoká až nízká, zrno velké. Je středně odolná proti napadení komplexem listových skvrnitostí, středně odolná proti napadení hnědou rzivostí pšenice, dle provokačních testů méně odolná proti napadení černou rzivostí trav, méně odolná proti růžovění klasu pšenice. Je odolná vůči vymrzání. Rostliny mají polorozkladitý habitus, listy jsou středně až silně ojínené, klasy jsou středně dlouhé, silně ojínené, větvenovité s krátkou osinkou. Vývojový typ je ozimý. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odnožující. Její vlastnosti jsou uvedeny v Tab. 1.

Přednosti odrůdy:

černá barva zrna podmíněná zvýšeným obsahem anthokyanů, vysoký obsah dusíkatých látek v zrně

Pěstitelská rizika:

nižší výnos, nízká objemová hmotnost zrna, delší stéblo - nutnost opatření proti poléhání.

Tab. 1: Významné charakteristiky odrůdy AF Zora v porovnání s kontrolními odrůdami

Znak	Jednotka	Sultan S	Annie S	AF Zora
Vlastnosti odrůdy				
Metání (rozdíl od odrůdy Sultan ve dnech)	dny	147	-1	-2
Zralost (rozdíl od odrůdy Sultan ve dnech)	dny	198	0	0
Délka rostlin	cm	87	81	88
Odolnost proti vymrzání test ÚKZÚZ a Ruzyně	%	59	78	75
Hmotnost 1000 zrn	g	41,7	47,4	47,7
Objemová hmotnost zrna	g/l	772	800	749
Počet produktivních stébel	ks/m ²	442	420	452
Délka klasu	mm	87	80	80
Počet zrn v klasu - laboratoř	ks	42	40	35
Poléhání před sklizní	9-1	8	9	5
Vzdálenost praporcového listu a klasu	cm	15	14	16
Délka praporcového listu	mm	155	149	151
Šířka praporcového listu	mm	13,3	14,9	12,0
Odolnost k chorobám				
Padlí pšenice na listu (DC37)	9-1	8,0	7,2	7,8
Padlí pšenice na listu	9-1	6,5	6,3	7,9
Komplex listových skvrnitostí	9-1	6,4	6,3	6,0
Hnědá rzivost pšenice	9-1	6,4	6,2	5,9
Růžovění klasu pšenice (symptomy pole)	9-1	7,5	6,8	7,3
Růžovění klasu - test ÚKZÚZ (symptomy)	9-1	5,2	4,6	4,1
Růžovění klasu - test ÚKZÚZ (DON)	mg/kg	4,3	6,1	4,4
Růžovění klasu - test Ruzyně (symptomy)	9-1	4,8	3,3	3,6
Růžovění klasu - test Ruzyně (DON test)	mg/kg	95	164	68
Černá rzivost - testy (směs ras)	9-1	7,1	8,3	4,0
Kvalita zrna				
Číslo poklesu - zrno	s	293	317	288
Obsah dusíkatých látek	%	11,6	12,1	12,3
Sedimentační test - Zelený	ml	34	39	23
Vaznost mouky	%	54,7	60,8	53,7
Objemová výtěžnost pečiva	ml/100g mouky	564	603	543
Obsah mokrého lepku	%	24	26	29
Gluten index		88	79	68

Agronomická doporučení

Odrůda AF Zora byla zkoušena v režimu ekologického zemědělství, lze ji ale úspěšně pěstovat i v konvenčním zemědělství, jak dokumentují výnosové výsledky (Obr. 2). AF

Zora se vyznačuje mimořádně vysokým obsahem anthokyanů ve srovnání s jinými barevnými pšenicemi AF Jumiko a AF Oxana a standardní odrůdou Bohemia s tzv. červeným zrnem (Obr. 3). U odrůdy Bohemia nebyly anthokyaniny detekovány. Při využití v konvenční pěstitelské technologii vyžaduje použití morforegulátorů na zpevnění a zkrácení stébla a fungicidní ošetření proti houbovým chorobám. Při intenzivním pěstování lze doporučit ošetření morforegulátory (například Retacel v dávce 1 l/ha ve fázi BBCH 31 a Moddus v dávce 0,3 l/ha v BBCH 32-33). Doporučuje se setí v agrotechnické lhůtě a běžný výsev. Dobré výnosové výsledky však byly dosaženy i při pozdním výsevu. Vhodnost pěstování odrůdy AF Zora po horší předplodině

není ještě prověřena. Sklizeň je doporučováno provádět ihned po dozrání a dosažení sklizňové vlhkosti pod 14 %. Není vhodné vystavovat dozrálé porosty dlouhou dobu proměnlivým vlivům počasí, protože ty mohou ovlivňovat intenzitu zabarvení zrna.

Pšenice jako zdroj anthokyanů

Anthokyany jsou rozsáhlou skupinou rostlinných barviv poskytující širokou škálu barev od oranžové a červené až po fialovou a modrou. Jsou to sekundární rostlinné produkty metabolismu flavonoidů. Ze spotřebitelského hlediska je atraktivní zejména jejich pozitivní efekt na lidské zdraví, neboť jsou přirozenými antioxidanty a jejich benefit tak spočívá v prevenci celé řady civilizačních chorob. Pro své účinky jsou antioxidanty v poslední době stále častěji vyhledávanou složkou stravy a důraz je kladen zejména na jejich přirozené potravinové zdroje. V tomto ohledu však zůstávají v pozadí některé komodity s obsahem barevných látek, jejichž nutriční benefity stále nejsou dostatečně doceněny. V první řadě se jedná o pšenici, u které na rozdíl od běžných odrůd, existují donory s přirozeným výskytem anthokyanů v zrnu. Ty představují zajímavou alternativu pro inovativní rozšíření využitelnosti obilní suroviny a potenciální zdravotní přínos pro konzumenty. **Pšenice tedy má potenciál být dalším významným zdrojem anthokyanů pro obohacení lidské stravy.** Nejdůležitějších a nejběžnějších je šest základních anthokyanidinů: kyanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin a malvidin. Jednotlivé sloučeniny se od sebe odlišují přítomností různých substituentů na základní struktuře, přítomnost hydroxylových skupin posouvá přirozený odstín do fialova až purpurova, přítomnost methoxylových skupin spíše do růžova až červená. Anthokyanidiny se v přírodě vyskytují v převážné většině ve svých glykosylovaných formách (s navázanou sacharidovou složkou), které jsou označovány jako anthokyany. Barva a stabilita anthokyanů je ovlivňována zejména hodnotou pH a teplotou prostředí, typem rozpouštědla, kopigmentací nebo enzymatickou aktivitou. Modré zbarvení aleuronu je typicky dáno obsahem delphinidin-3-glukosidu a delphinidin-3-rutinosidu, zatímco purpurová barva perikarpu je tvořena kyanidin-3-glukosidem a kyanidin-3-rutinosidem (Hemmerová, 2021).

Zdravotní význam anthokyanů

Anthokyany jsou významnými antioxidanty, což dokládá rozsáhlá literatura, která vychází ze studia jejich účinků v ovoci a zelenině. Mají preventivní účinky proti kardiovaskulárním onemocněním, hyperglykémii, oxidačnímu poškození jater, ateroskleróze, výskytu cévních a mozkových příhod, revmatoidní artritidě, neurodegenerativním onemocněním, diabetu 2. typu, obezitě a některým typům rakoviny (např. tlustého střeva). Mají protizánětlivé účinky, pomáhají při zpevňování cévních vlásečnic. Zajímavé je, že anthokyany černého rybízu, kyanidin-3-glukosid, kyanidin-3-rutinosid, delphinidin-3-glukosid a delphinidin-3-rutinosid, což jsou rovněž hlavní anthokyany modrých pšenic, vykazují fytoestrogenní aktivitu. Proto mohou být účinné pro zlepšení různých hormonálních poruch spojených se stárnutím, jako je menopauzální porucha či rakovina prsu.

Využití barevné pšenice

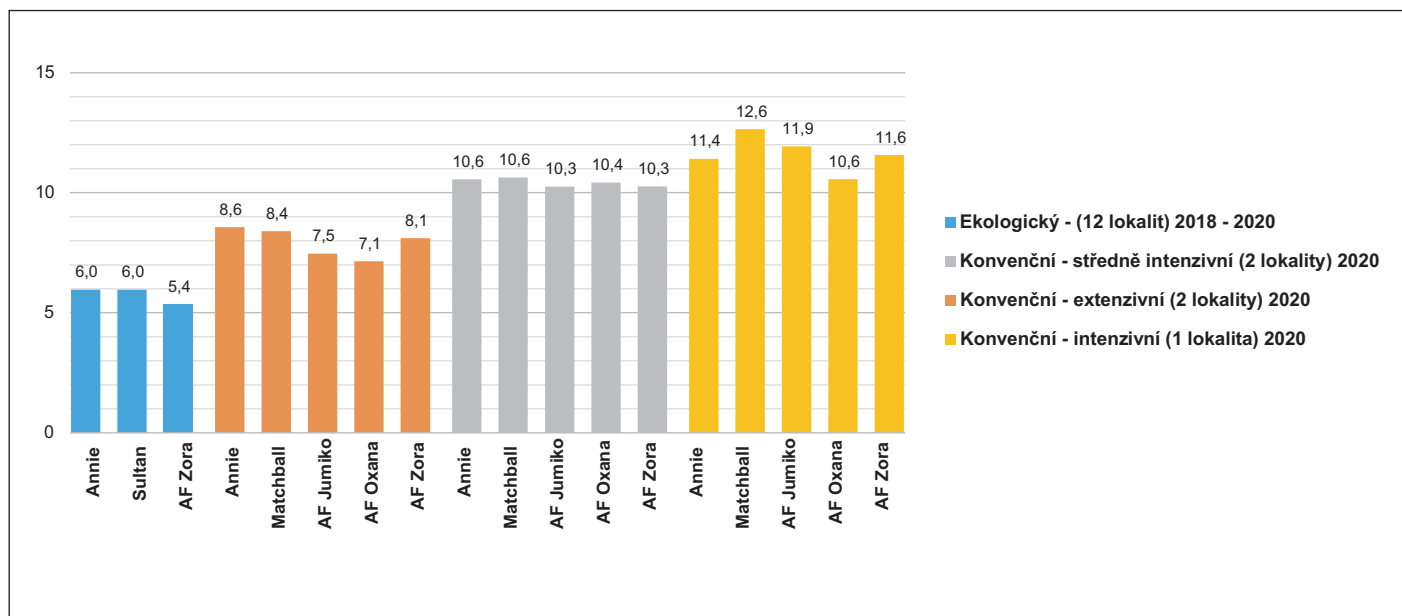
Běžné komerčně pěstované odrůdy pšenice mají v převážné většině okrově zbarvené zrno, které je dle oficiálního názvosloví pro barvy zrna označováno jako červené. U specifických odrůd pšenice s purpurovým, modrým a černým zbarvením zrna se vyskytují stejné druhy anthokyanů jaké jsou známy u řady druhů ovoce (ostružiny, borůvky, černý bez, červené víno, aronie apod.) a zeleniny (rajčata, papriky, červená řepa, červené zelí apod.). Na rozdíl od ovoce a zeleniny, které jsou tvořeny dužnatými pletivy s velkým množstvím vody, zrno pšenice lze snadno dlouhodobě uchovávat v suchém stavu (Kumari et al., 2020). Navíc dobře zvládnutá technologie pěstování pšenice na velkých plochách by umožňovala získávat velká množství této komodity pro její průmyslové potravinářské zpracování. Anthokyany nejsou v zrnu zastoupeny rovnoměrně, nejvíce se jich vyskytuje v povrchových vrstvách zrna (perikarpu a aleuronu). Z tohoto důvodu je pro potravinářskou výrobu doporučováno využití celého zrna. Při výrobě standardní bílé mouky jsou obalové vrstvy obsahující žádoucí barviva odstraňovány (vznik vedlejšího produktu – otrub), v bílé mouce je tak poměrně malé zastoupení anthokyanů, které dodávají mouce slabý fialový nebo šedomodrý odstín. Během zpracování mohou být povrchové vrstvy zrna bohaté na barevné látky snadno separovány a použity jako zdroje přírodních barviv pro výrobu funkčních potravin. Bylo by například možné jimi nahradit syntetická barviva běžně používaná v potravinách, lécích a kosmetice. Přírodní barevné přísady navíc zlepšují nutriční hodnotu, vzhled, strukturu a chuť potravinářských výrobků.

Degradace anthokyanů během zpracování zrna

Anthokyany 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 nejšetnější. Problematika zpracování barevných pšenic a studium degradace obsahu anthokyanů uceleně zpracovala Hemmerová (2021) v doktorské disertační práci. Jako nejšetnější způsob



Detail zrna odrůdy Zora, foto: Martinek



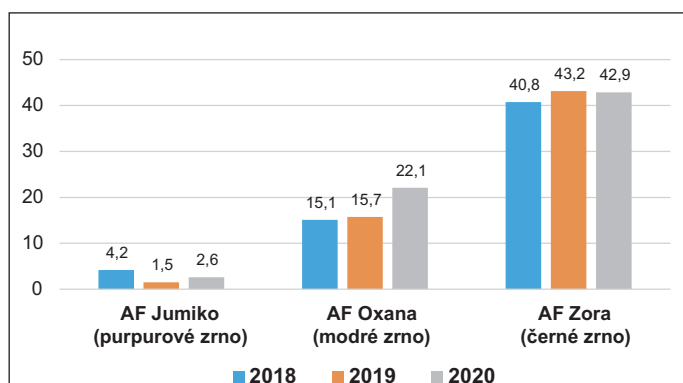
Obr. 2: Výnosy odrůdy AF Zora (t/ha) z maloparcelkových pokusů při různých způsobech pěstování (použito výsledků ÚKZÚZ – EKO a výsledků konvenční technologie z odrůdových pokusů polních dnů firem ZVÚ Kroměříž s.r.o. a DITANA, s.r.o.)

zpracování sejevilo vaření, uspokojivé bylo také pečení, kdy byla pozorována degradace nejvýše 24,5 % anthokyanů. Překvapivě u extruze docházelo k jejich úbytku až 42,2 % a nejhorší výsledky byly zaznamenány v případě pufování (expandování), kde maximální ztráta dosáhla 82,9 %. Vyšší retence anthokyanů 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 (Obr. 5) lze tedy předpokládat, že i při výraznější míře degradace během zpracování zůstane v hotovém potravinářském výrobku zachováno nezanedbatelné množství těchto barviv. Jejich konečný obsah bude pochopitelně velmi závislý na zvolené technologii zpracování.

Literatura:

Garg M, Chawla M, Chunduri V, Kumar R, Sharma S, Sharma NK, Kaur N, Kumar A, Munday JK, Saini MK, Sing SP: Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. J. Cereal Sci., 2016, 71, 138–144.

Hemmerová M: Anthokyan pšenice s barevným zrnem, Česká zemědělská univerzita Praha, FAPPZ, Katedra chemie, Praha, 2021, 130s.



Obr. 3: Obsah anthokyanů (mg/kg) vybraných odrůd ozimé pšenice

Kumari A, Sharma S, Sharma N, Chunduri V, Kapoor P, Kaur S, Goyal A, Garg M: Influence of biofortified colored wheats (purple, blue, black) on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chapatti (Indian flatbread). Molecules 2020, 25(21), 5071; <https://doi.org/10.3390/molecules25215071>

Poděkování:

Příspěvek byl podpořen projektem QK1910343 Ministerstva Zemědělství České republiky



Obr. 1: Klasy odrůdy AF Zora v mléčně-voskové zralosti s ukázkou částečně obnažených obilek