Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž
Agrotest fyto
75 let výzkumu, 1951 - 2026

OBILNÁŘSKÉ LISTY 3/2026

Odborný časopis pro zemědělskou veřejnost

XXXIV. ročník

Česká pošta | OP | 6742001



Letošní dlouhé jarní období bez deště vyvolalo u obilnin tvorbu obranné struktury na kořenech – kořenové pochvy (angl. „rhizosheath“). Více k tématu a potenciálnímu využití v tomto čísle.

Obsah č. 3/2026:

Bleša, D., Matušinský, P., Tvarůžek, L.: Osivem přenosné patogeny obilnin v podmínkách zvýšeného infekčního tlaku pěstitelské sezóny 2024/2025 (s. 63–66)

Li, Y.; Hong, Y.; Chen, Y.; Zhu, N.; Jiang, S.; Yao, Z.; Zhu, M.; Ding, J.; Li, C.; Xu, W. a kol. (překlad a zpracování Tvarůžek, L., Bleša, D.): Tvorba rhizosheath a její role v adaptaci rostlin na abiotický stres (s. 67–69)

Bleša, D., Matušinský, P., Tvarůžek, L.: Stav kořenového systému obilnin v podmínkách sucha a morfologická adaptace zvaná rhizosheath (s. 70–74)

Jirsa, O., Polišenská, I., Tvarůžek, L.: Kvalita odrůd ozimé pšenice v polním pokusu v Kroměříži v roce 2025 (s. 74–81)

Podloucká, P., Polišenká, I.: Pšenice – nutričně významná potravina – 2. část: Mikroživiny (s. 81–88)

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, PhD.,
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:
Havlíčkova ulice 2787/121,
PSČ 767 01 Kroměříž,
tel.: 573 317 141, –138, fax: 573 339 725,
e-mail: vukrom@vukrom.cz
náklad 5 000 výtisků,
grafická příprava: F.R.Z. agency s.r.o., Brno
tisk: NOVATISK, a.s., Blansko
MK ČR E 12099
ISSN 1212-138X
eISSN 1213-3981

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

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

Text musí být členěn do následujících částí:

– **Název práce** – musí výstižně informovat o zaměření práce.

– **Jméno/a autora/ů** – bez titulů a vědeckých hodností.

– **Souhrn (abstrakt)** v českém i anglickém jazyce – stručný text, který informuje o cílech, metodách a dosažených výsledcích práce.

– **Klíčová slova** – výrazy (jedno- i víceslovné) výstižně charakterizující obsah práce.

– **Úvod** – stručně vysvětluje, proč byla práce prováděna, a jaký má studovaná problematika význam. Citovanými publikacemi lze doložit stav současných poznatků, z nichž autoři vycházejí.

– **Materiál a metody** – jasně formulované a přesně popsané veškeré kroky, které vedly k provedení a dokončení práce včetně způsobu zpracování a vyhodnocení výsledků. Obsahuje také popis použitých metod, případně citace zdrojů, ve kterých je použitá 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. Čísla projektů 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)

Osivem přenosné patogeny obilnin v podmínkách zvýšeného infekčního tlaku pěstitelské sezóny 2024/2025

(Seed-Borne Pathogens of Cereals under Conditions of Increased Infection Pressure in the 2024/2025 Growing Season)

Dominik Bleša, Pavel Matušinský, Ludvík Tvarůžek
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 76701 Kroměříž

Souhrn: Osivem přenosné choroby obilnin představují specifickou skupinu patogenů, jejichž výskyt je úzce vázán na zdravotní stav osiva a pěstitelský systém, ve kterém bylo osivo vyprodukováno. Cílem práce bylo zhodnotit výskyt vybraných osivem přenosných chorob obilnin v ročníku 2024/2025 v podmínkách zvýšeného infekčního tlaku a zasadit získané výsledky do širšího agronomického kontextu. Pozornost byla věnována mazlavé snětivosti pšenice (s původcem *Tilletia laevis*), prašné snětivosti ječmene (*Ustilago nuda*) a pruhovitosti ječmene způsobené patogenem *Pyrenophora graminea*. Na základě polních experimentů a dlouhodobých pozorování byl prokázán významný vliv předplodiny, původu osiva a jeho ošetření na intenzitu napadení. Vyšší výskyt chorob byl zaznamenán zejména u neošetřeného nebo kontaminovaného osiva a v porostech po obilní předplodině. Moření osiva vedlo ke snížení výskytu chorob a ke stabilizaci výnosu, avšak jeho účinnost byla vždy podmíněna výchozím zdravotním stavem osiva. Výsledky potvrzují, že ochrana proti osivem přenosným chorobám vyžaduje komplexní přístup založený na kvalitním osivu, racionálním osevním postupu a správné technologii moření.
Klíčová slova: osivem přenosné choroby, obilniny, *Tilletia laevis*, *Ustilago nuda, Pyrenophora graminea,* moření osiva

Abstract: Seed-borne diseases of cereals represent a specific group of pathogens whose occurrence is closely linked to seed health and the cropping system under which the seed was produced. The aim of this study was to evaluate the occurrence of selected seed-borne cereal diseases during the 2024/2025 growing season under conditions of increased infection pressure and to place the obtained results into a broader agronomic context. The study focused on common bunt of wheat (caused by *Tilletia laevis*), loose smut of barley (*Ustilago nuda*), and barley stripe caused by *Pyrenophora graminea*. Based on field experiments and long-term observations, a significant effect of the preceding crop, seed origin, and seed treatment on disease incidence was demonstrated. Higher disease levels were observed mainly in stands established from untreated or contaminated seed and following cereal precrops. Seed treatment significantly reduced disease incidence and contributed to yield stabilization; however, its effectiveness was consistently dependent on the initial health status of the seed. The results confirm that effective management of seed-borne diseases requires an integrated approach combining the use of high-quality seed, rational crop rotation, and appropriate seed treatment technology.
Key Words: seed-borne diseases, cereals, *Tilletia laevis, Ustilago nuda, Pyrenophora graminea,* seed treatment

Úvod

Osivem přenosné choroby obilnin představují specifickou skupinu patogenů, jejichž epidemiologie je úzce vázána na zdravotní stav osiva a pěstitelský systém, ve kterém bylo osivo vyprodukováno. Na rozdíl od půdou přenosných chorob je jejich výskyt méně závislý na aktuálním průběhu počasí během vegetace, a naopak výrazně ovlivněn infekční situací v předchozím ročníku, kvalitou čištění sklizně, posklizňovým ošetřením a technologií moření (Wilcoxson & Saari, 1996; Mathre, 1997).

Mezi nejvýznamnější osivem přenosné choroby pšenice patří sněti rodu *Tilletia*, zejména sněť mazlavá pšeničná (*Tilletia caries*), sněť mazlavá hladká (*Tilletia laevis*), obě jako původci mazlavé snětivosti pšenice, a v některých oblastech rovněž sněť zakrslá (*Tilletia controversa*). Tyto patogeny se vyznačují systémovým průběhem infekce, kdy k napadení dochází v období klíčení a vzcházení, zatímco vizuální symptomy se projevují až v období metání a kvetení. Přítomnost teliospor na povrchu zrna nebo v půdě představuje klíčový zdroj infekce a ochrana je proto založena především na používání zdravotně nezávadného osiva a účinného moření (Goates, 1996).

U ječmene ozimého patří mezi hospodářsky významné osivem přenosné choroby především prašná snětivost ječmene (*Ustilago nuda* f. sp*. hordei*) a pruhovitost ječmene způsobená patogenem *Pyrenophora graminea*. Zatímco *U. nuda* infikuje matečné rostliny v období kvetení a patogen přetrvává latentně v embryu zrna, *P. graminea* je typickým patogenem přenosným osivem i rostlinnými zbytky, jehož význam se zvyšuje zejména při opakovaném pěstování ječmene v osevním sledu (Mathre, 1997; Kumar et al., 2014).

Cílem tohoto článku je zhodnotit výskyt vybraných osivem přenosných chorob obilnin v ročníku 2024/2025 na základě polních experimentů a dlouhodobých pozorování a zasadit získané výsledky do širšího kontextu významu kvality osiva, pěstitelského systému a moření.

Materiál a metody

Sněť mazlavá hladká a vliv předplodiny

Experiment byl lokalizován na dvou místech od sebe vzdálených 400 metrů, které se lišily předplodinou (pšenice a řepka). Nemořené osivo pšenice (odrůdy Jubilar) bylo uměle kontaminováno sporami *Tilletia laevis* a vyseto na experimentální parcely o rozměru 10 m^2 ve čtyřech opakováních. Plodina byla vyseta 21. 10. 2024 a pěstována v režimu intenzivních vstupů (hnojení a růstové regulátory), ale bez použití fungicidních postřiků. Sklizeň experimentu proběhla 7. 8. 2025. Primárním hodnoceným parametrem byl počet snětivých klasů na parcele v závislosti na předplodině. Vliv předplodiny byl podroben *t*-testu. Doplňkovou analýzou byl celkový výnos přepočtený na hektar.

Porovnání výskytu prašné snětivosti mezi ročníky

Neošetřené osivo ječmene ozimého (odrůda SY Dakoota) bylo vyseto v říjnu 2023 a 2024 na parcely o velikosti 10 m^2 ve čtyřech opakováních. Porosty byly hodnoceny v polovině června následujících let, tedy 2024 a 2025, z hlediska výskytu a podílu

snětivých klasů. Porosty nebyly ošetřovány fungicidně. Primárním hodnoceným parametrem byl počet snětivých klasů na parcele v závislosti na ročníku. Vliv ročníku byl podroben *t*-testu na arcsin-transformovaných datech.

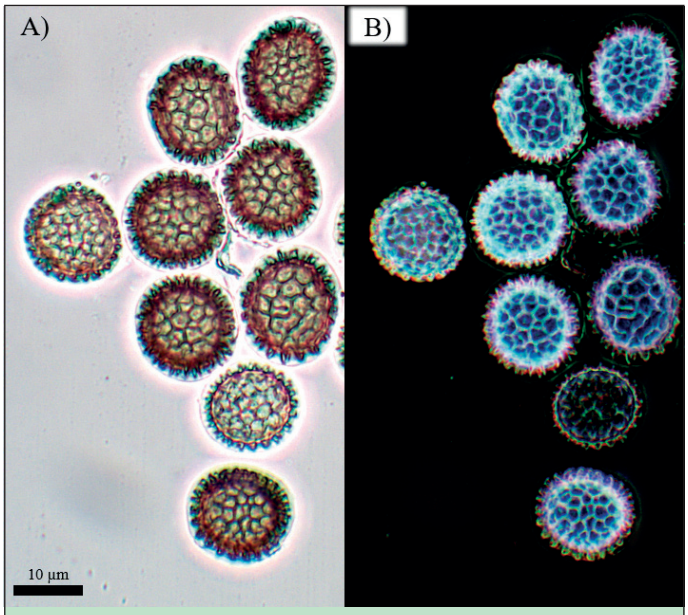
Vliv moření a předplodiny na choroby ječmene:

Pokus byl realizován na dvou polích vzdálených přibližně 200 m, s rozdílnou předplodinou, konkrétně jarním ječmenem a řepkou. Parcely o rozměru 10 m^2 byly vysety kontaminovaným osivem 22. 10. 2024 a rostliny byly pěstovány v režimu intenzivních vstupů, bez použití fungicidních postřiků. Osivo ošetřené varianty bylo mořeno přípravkem se směsí účinných látek fludioxonilu (25 g/l), sedaxanu (25 g/l) a tebukonazolu (10 g/l) v dávce 2 l/t. Rostliny byly hodnoceny v průběhu května a června dle optimálního výskytu symptomů a sklizeny 15. 7. 2025. Hodnocenými parametry byly výnos, procento napadených klasů prašnou snětivostí ječmene (*Ustilago nuda* f. sp. *hordei*) a původcem pruhovitosti ječmene (*Pyrenophora graminea*) na dvou lokalitách s rozdílnou předplodinou. Statistická průkaznost byla testována sérií *t*-testů z důvodu použití jiných odrůd ječmene (Fridericus a Laverda).

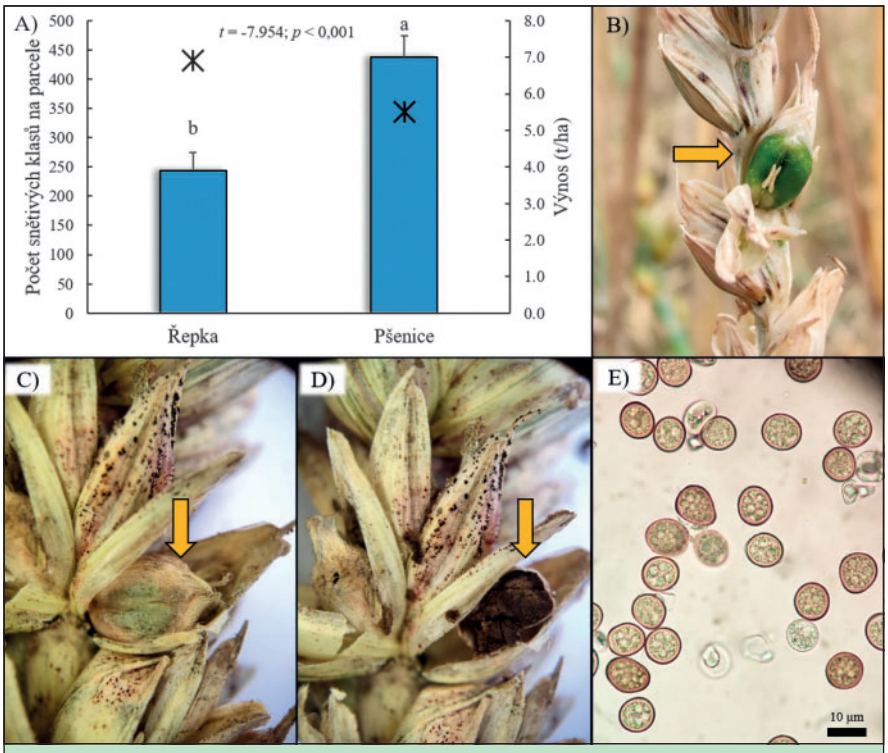
Výsledky

Sněť mazlavá hladká (*Tilletia laevis*) a vliv předplodiny

Výsledky experimentu s uměle kontaminovaným osivem pšenice prokázaly statisticky průkazný vliv předplodiny na výskyt sněti mazlavé. Vyšší počet snětivých klasů byl zaznamenán na lokalitě s obilninou jako předplodinou ve srovnání s lokalitou po řepce, což potvrzuje význam kumulace infekčního tlaku v půdě a vliv osevního postupu. Přestože byl experiment zaměřen primárně na výskyt symptomů, doplňkové hodnocení výnosu naznačilo, že vyšší intenzita napadení se může projevit i snížením produkčního potenciálu porostu.



Obr. 2: Detailní mikroskopický snímek teliospor (retikulátní chlamydospory) sněti zakrslé (*Tilletia controversa*) s typickými morfologickými znaky – lištami. A) Snímek ze světelného pole optického mikroskopu. B) Negativ fotografie s jasnějšími morfologickými znaky. Foto D. Bleša.



Obr. 1: A) Počty klasů s hálkami sněti mazlavé v porostech pšenice s umělou infekcí patogenem v závislosti na předplodině – vyznačeny jako sloupce, úsečky značí směrodatnou odchylku. Symbolem „⚹“ je označen průměrný výnos varianty (*n* = 4). Rozdílné písmeno nad sloupci značí statistickou významnost na základě *t*-testu pro počet symptomatických klasů, viz horní část grafu. Žluté šipky označují hálku sněti mazlavé hladké B) na nezralém klasu; C) na klasu ze zralého porostu; D) podélný řez hálkou s masou tmavých teliospor. E) Teliospory sněti mazlavé hladké – *Tilletia laevis* s hladkou stěnou. Foto D. Bleša.

Obrazová dokumentace zachycuje typické morfologické znaky původce sněti mazlavé pšenice, přičemž pozorování hladkostěnných teliospor představuje jeden z klíčových rozlišovacích znaků druhu *Tilletia laevis* (obrázek 1). Charakteristický zápach způsobený přítomností trimethylaminu dále potvrdil správnost diagnostiky. Pro účely morfologického srovnání je v obrazové dokumentaci zařazena rovněž fotografie teliospor *Tilletia controversa* s výrazně retikulární strukturou buněčné stěny (obrázek 2). Tento patogen však nebyl v hodnocených porostech v ročníku 2024/2025 detekován. Zařazení snímku slouží výhradně k ilustraci diagnostických rozdílů mezi jednotlivými druhy snětí, neboť *T. controversa* je považována za vysoce nebezpečný patogen, který je v některých státech veden jako karanténní organismus.

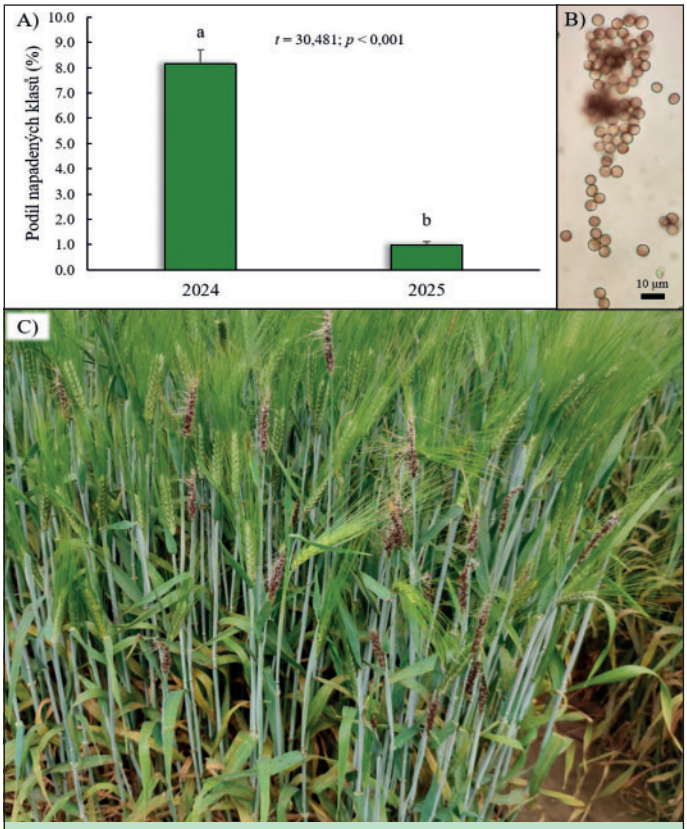
Prašná snětivost ječmene (*Ustilago nuda*) v porovnání ročníků

Porovnání výskytu prašné snětivosti ječmene mezi ročníky 2024 a 2025 ukázalo výrazně vyšší počet snětivých klasů v obou sledovaných letech ve srovnání s předchozími ročníky. Statistické vyhodnocení potvrdilo významný vliv ročníku na intenzitu napadení, přičemž vyšší hodnoty byly zaznamenány v roce 2025. Výsledky naznačují, že infekční situace v předchozích letech a kvalita osiva mohou mít zásadní vliv na projevy choroby v následující vegetační sezóně.

Osivem přenosné choroby ječmene: vliv předplodiny a moření

V experimentu zaměřeném na porovnání neošetřeného a mořeného osiva ječmene byly zjištěny výrazné rozdíly ve výskytu *Pyrenophora graminea* v závislosti na předplodině. Porosty založené po obilnině vykazovaly významně vyšší podíl napadených rostlin než porosty po řepce. Moření osiva vedlo ke statisticky průkaznému snížení výskytu pruhovitosti a současně k vyššímu výnosu, zejména v prostředí s vyšším infekčním tlakem.

U prašné snětivosti ječmene byly rozdíly mezi variantami méně výrazné, což odpovídá biologii patogenu a jeho přenosu prostřednictvím embrya obilky. Přesto i zde moření přispělo ke snížení výskytu symptomů, zejména v kombinaci s vhodnou předplodinou (obr. 4).



Obr. 3: Srovnání počtu klasů s prašnou snětivostí ječmene odrůdy SY Dakoota s neošetřeným a kontaminovaným zrnem pro roky 2024 a 2025. Sloupce představují průměr, úsečky značí směrodatnou odchylku (n = 4). Rozdílné písmeno nad sloupci značí statistickou významnost na základě t-testu pro počet symptomatických klasů (logaritmická transformace), viz horní část grafu. B) mikroskopický snímek spor původce prašné snětivosti ječmene. C) Vysoce napadený okraj pokusné parcely s ozimým ječmenem. Foto D. Bleša.

Diskuze

Výsledky z ročníku 2024/2025 potvrzují, že osivem přenosné choroby obilnin představují významné riziko především v případech, kdy není dostatečně zajištěna zdravotní kvalita osiva nebo jsou zanedbána preventivní opatření v pěstitelském systému. Zvýšený výskyt snětí a pruhovitosti ječmene nebyl plošným jevem v běžné zemědělské praxi, avšak ve specifických pěstitelských schématech dosahoval úrovně, která měla praktický dopad na hodnocení porostů.

Výrazný vliv předplodiny potvrzuje, že kumulace infekčního tlaku v osevním sledu zůstává jedním z klíčových rizikových faktorů. Moření osiva se v těchto podmínkách ukázalo jako účinný nástroj snižující výskyt chorob, avšak jeho efekt byl vždy podmíněn výchozím zdravotním stavem osiva. V případech silné kontaminace nelze očekávat stoprocentní ochranu, což zdůrazňuje nutnost komplexního přístupu zahrnujícího produkci zdravého osiva, racionální osevní postup a správnou technologii moření.

Význam kvality osiva a pěstitelského systému

Osivem přenosné choroby obilnin představují specifickou skupinu patogenů, jejichž výskyt je méně závislý na aktuálním průběhu počasí v porostu a naopak výrazně ovlivněn zdravotním stavem osiva a pěstitelským systémem, ve kterém bylo osivo vyprodukováno. V ročníku 2024/2025 se právě tato skupina chorob ukázala jako významný faktor ovlivňující zdravotní stav porostů, přičemž jejich výskyt byl značně diferencovaný v závislosti na původu osiva, jeho ošetření a předplodině.

Zatímco v běžné zemědělské praxi nebyl výskyt osivových chorob plošně extrémní, v určitých typech pěstitelských schémat a u specifických partií osiva se projevil výrazněji. Tato skutečnost umožňuje dobře ilustrovat, jak zásadní roli hraje kvalita osiva a jak rychle se mohou „učebnicová“ rizika projevit v reálných podmínkách, pokud nejsou dodržena preventivní opatření.

Sněť mazlavá hladká (*Tilletia laevis*)

Sněť mazlavá hladká (*Tilletia laevis*) patří mezi osivem přenosné choroby, jejichž výskyt je úzce vázán na kontaminaci osiva teliosporami patogenu. K infekci dochází v období klíčení a vzcházení, kdy patogen prorůstá do mladých pletiv rostliny a zůstává latentní až do fáze metání a kvetení. Z tohoto důvodu je rozhodujícím faktorem ochrany především zdravotní stav osiva a kvalita moření (Wilcoxson & Saari, 1996).

V ročníku 2024/2025 byla mazlavá snětivost pšenice pozorována relativně často, a to i v některých porostech založených z mořeného osiva. Tento fakt poukazuje na to, že v podmínkách zvýšeného infekčního tlaku, zejména při použití silně kontaminovaného osiva, nemusí být ochranný efekt moření vždy stoprocentní, také záleží na účinné látce přípravku. Výrazně vyšší výskyt byl zaznamenán u partií osiva s prokazatelnou kontaminací, kde se sněť projevila již na úrovni, která měla praktický dopad na hodnocení porostu.

Je však nutné zdůraznit, že tento zvýšený výskyt byl typický především pro specifické pěstitelské systémy a nelze jej bez dalšího zobecňovat na běžnou zemědělskou praxi. Přesto představuje důležité varování, že používání zdravotně neprověřeného osiva může vést k výrazným problémům i v porostech, které jsou standardně ošetřeny mořidly.

Ječmen ozimý – *Pyrenophora graminea* a *Ustilago nuda*

U ječmene ozimého se v uplynulém ročníku projevily rozdíly ve výskytu osivových chorob zejména v závislosti na původu osiva a předplodině. Patogen *Pyrenophora graminea*, původce pruhovitosti ječmene, je typickou osivem přenosnou chorobou, jejíž výskyt je silně ovlivněn mírou infekce osiva a historií pěstování ječmene na daném pozemku. V porostech založených z neošetřeného osiva byla zaznamenána výrazně vyšší míra napadení, zejména v případech, kdy byla předplodinou obilnina.

Rozdíly mezi porosty po obilní a neobilní předplodině byly v případě *Pyrenophora graminea* velmi zřetelné, což potvrzuje význam kumulace infekčního tlaku v osevním sledu. Naopak u *Ustilago nuda*, původce prašné sněti ječné, nebyly rozdíly mezi jednotlivými variantami tak výrazné. To odpovídá biologii patogenu, u něhož je rozhodující především infekce matečné rostliny v období kvetení

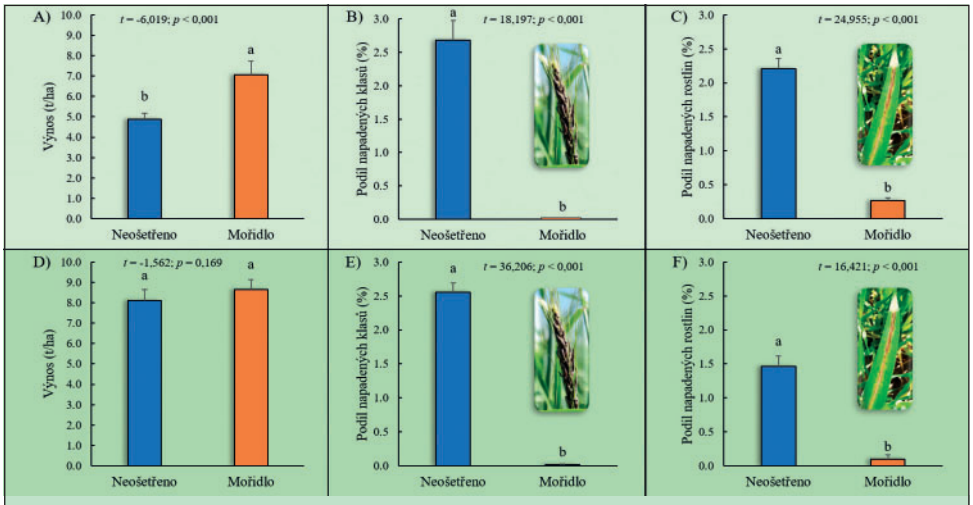
a následná latentní přítomnost patogenu v embryu zrna.

Z praktického hlediska byly ročníky 2024 a 2025 z hlediska výskytu snětí ječmene výjimečné především tím, že u neošetřeného osiva byl výskyt napadených klasů výrazně vyšší než v předchozích letech. I když nelze hovořit o plošné infekci v běžných pěstitelských podmínkách, ve specifických systémech se jednalo o úroveň napadení, která jasně demonstrovala rizika spojená s používáním neošetřeného nebo zdravotně problematického osiva.

(Recenzováno)

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1123 a NAP k bezpečnému používání pesticidů, monitoring rezistence houbových patogenů obilnin k fungicidům na území ČR.



Obr. 4: Porovnání výnosu a intenzity napadení porostů osivem přenosnými chorobami ozimého ječmene mezi neošetřenou a fungicidním mořidlem ošetřenou variantou v prostředí po předplodině obilnině (A-C): Výnosy mezi variantami (A); Procento napadených klasů prašnou snětivostí ječmene (B); Procento napadených rostlin původcem pruhovitosti ječmene (C). Tmavozelený blok označuje prostředí po předplodině řepce (D-F): Výnosy mezi variantami (D); Procento napadených klasů prašnou snětivostí ječmene (E); Procento napadených rostlin původcem pruhovitosti ječmene (F). Sloupce představují průměr, úsečky značí směrodatnou odchylku (n = 4). Rozdílná písmena nad sloupci značí statistickou významnost na základě t-testů pro každý z parametrů, viz horní část grafu. Parametry s procenty byly podrobeny arcsinové transformaci. Foto D. Bleša.



ANI KOUZELNÍK
VÁM NEOCHRÁNÍ POROSTY OBILNIN
PŘED CHOROBAMI LÉPE!

CORTEVA™ agriscience

Info: **602 129 528**

Použitá literatura

Carris, L. M., Castlebury, L. A., & Goates, B. J. (2006). Nonsystemic bunt fungi—*Tilletia indica* and *Tilletia horrida*: A review of history, systematics, and biology. *Annual Review of Phytopathology, 44*, 113–133. ps://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143402

Goates, B. J. (1996). Common bunt and dwarf bunt. In R. D. Wilcoxson & E. E. Saari (Eds.), *Bunt and smut diseases of wheat: Concepts and methods of disease management* (pp. 12–25). CIMMYT.

Goates, B. J., & Peterson, G. L. (1999). Relationship between teliospore morphology and phylogeny in the Tilletiaceae. *Mycologia, 91*(5), 821–833. https://doi.org/10.1080/00275514.1999.12061094

Kumar, J., Schäfer, P., Hückelhoven, R., Langen, G., Baltruschat, H., Stein, E., Nagarajan, S., & Kogel, K.-H. (2002). Bipolaris sorokiniana, a cereal pathogen of global concern: Cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology, 3*(4), 185–195. https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x

Mathre, D. E. (1997). *Compendium of wheat diseases* (2nd ed.). APS Press.

Wilcoxson, R. D., & Saari, E. E. (1996). *Bunt and smut diseases of wheat: Concepts and methods of disease management*. CIMMYT.

Tvorba rhizosheath a její role v adaptaci rostlin na abiotický stres

Podle literární rešerše:
Rhizosheath Formation and Its Role in Plant Adaptation to Abiotic Stress
Li, Y.; Hong, Y.; Chen, Y.; Zhu, N.; Jiang, S.; Yao, Z.; Zhu, M.; Ding, J.; Li, C.; Xu, W.; et al.
Agronomy 2024, 14, 2368.
Přeložili a zpracovali: Ludvík Tvarůžek a Dominik Bleša

Souhrn: Rhizosheath (je v překladu česky někdy označováno jako kořenová pochva nebo kořenový obal), je vrstva půdy pevně přiléhající ke kořenům, chránící rostliny před abiotickým stresem a dalšími nepříznivými podmínkami tím, že vytváří most mezi kořenovým systémem rostliny a půdou. Snižuje tvorbu velkých mezer mezi kořenem a půdou a usnadňuje tak transport vody na rozhraní kořen-půda. Slouží také jako vhodné místo pro rhizobakterie podporující růst rostlin v okolní půdě, které rostlinám usnadňují absorpci vody a živin z ní. Tato recenze porovnává rozdíl mezi rhizosheath a rhizosférou a shrnuje různé fyziologické mechanismy tvorby rhizosheath a popisuje možné příčiny tvorby rhizosheath u rostlin. Shrnuje chemické a fyzikální faktory, které určují tvorbu rhizosheath, a zaměřuje se na důležité funkce této struktury u rostlin vystavených abiotickému stresu, zejména při stresu ze sucha, nedostatku fosforu, stresu z vysokého obsahu hliníku a stresu zasolením. Pochopení rolí, které hraje rhizosheath a mechanismů jeho tvorby, poskytuje nové perspektivy pro zlepšení tolerance rostlin vůči stresu v přírodních podmínkách, což může snižovat dopady rostoucích stresových podmínek prostředí spojených s probíhající globální změnou klimatu.
Klíčová slova: kořenová pochva, mikrobiální metabolity, abiotický stres, kořenové vlásky, fytohormony

Abstract: The rhizosheath, the layer of soil tightly attached to the roots, protects plants against abiotic stress and other adverse conditions by providing a bridge from the plant root system to the soil. It reduces theformationofairgapsbetweentherootandsoilandfacilitatesthetransportationofwaterat the root–soil interface. It also serves as a favourable niche for plant-growth-promoting rhizobacteria in the surrounding soil, which facilitate the absorption of soil water and nutrients. This review compares the difference between the rhizosheath and rhizosphere, and summarises the molecular and physiological mechanisms of rhizosheath formation, and identifying the causes of rhizosheath formation/non-formation in plants. We summarise the chemical and physical factors (root hair, soil related factors, root exudates, and microorganisms) that determine rhizosheath formation, and focus on the important functions of the rhizosheath in plants under abiotic stress, especially in drought stress, phosphorus deficiency, aluminium stress, and salinity stress. Understanding the roles played by the rhizosheath and the mechanisms of its formation provides new perspectives for improving plant stress tolerance in the field, which will mitigate the increasing environmental stress conditions associated with on-going global climate change.
Key Words: rhizosheath; microbial metabolites; abiotic stress; root hair; phytohormone

Rozdíl mezi rhizosheath a rhizosférou

Rhizosféra je definována jako oblast půdy ve větším poloměru (obvykle několik milimetrů) od kořene rostliny, která je ovlivněna kořenovým systémem, včetně oblasti půdy zásobované kořenovými exudáty a oblasti pod vlivem kořenů (například oblasti s vyčerpáním živin). Vzhledem k tomu, že většina suchozemských rostlin je kolonizována mykorhizními houbami, je pojem rhizosféry používán tak, aby zahrnoval objem půdy, který je ovlivněný hyfami těchto hub za kořeny; tento objem půdy se označuje jako „mykorhizosféra“. Rhizosheath je těsnější struktura přimknutá k povrchu kořenů, je to půda související s objemem kořenového válce (například v poloměru od 0 do 0,5 mm od kořenů sledované rostliny), a tedy oblast půdy v oblasti rhizosféry, která je pevně vázána na kořenový systém.

Faktory ovlivňující tvorbu rhizosheath

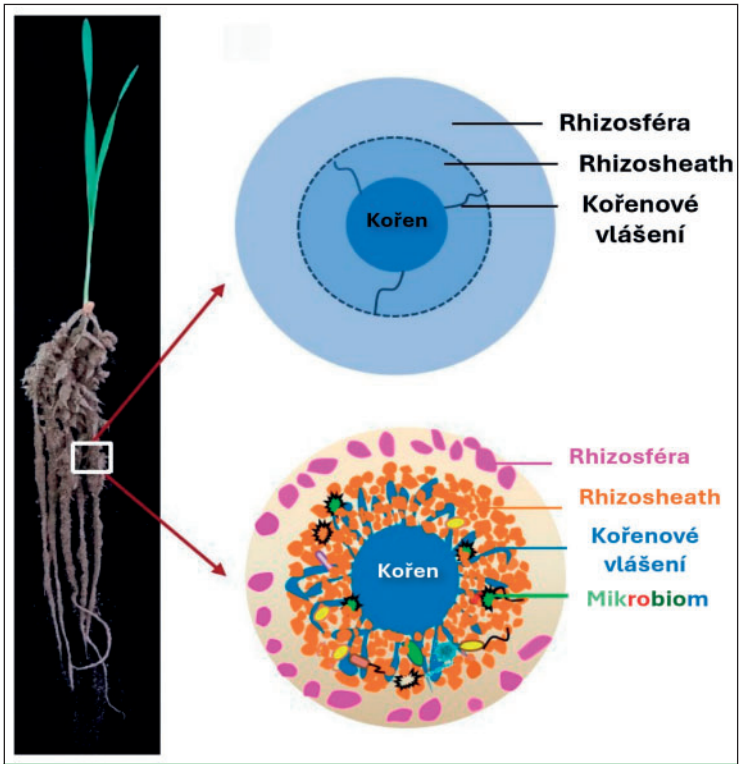
Vlastnosti kořenů

Mezi důležité vlastnosti ve vztahu k tvorbě rhizosheath patří délka kořenů, jejich rozpětí, počet a hustota kořenových vlásků a délka postranních kořenů [Fitter a kol., 1991]. Kořenové vlásky jsou trubkovité, jednobuněčné struktury produkované epidermálními buňkami kořenů, které obklopují půdní částice kolem kořenů [Dolan a Costa, 2001]. Jako hlavní místa příjmu vody a živin hrají kořenové vlásky významnou roli při tvorbě rhizosheath a pro její stabilitu [Peterson a Farquhar, 1996, Brown a kol., 2017]. Například u pšenice byla zjištěna přímá vazba mezi velikostí rhizosheath a délkou a četností kořenových vlásků. (Delhaize a kol., 2015, Opoku a kol., 2022). Výsledky potvrzují, že existuje korelace mezi tvorbou rhizosheath a vývojem kořenových vlásků v závislosti na rostlinném druhu. Liu a kol. [2019] zjistili, že exprese několika genů souvisejících s vývojem kořenových vlásků u prosa italského (*Setaria italica L.)* je zvýšena během tvorby rhizosheath, což naznačuje roli těchto genů v regulaci vývoje rhizosheath. Tato tvorba může být také ovlivněna bočními kořeny [Liu a kol., 2019]. Jsou zapotřebí další studie, aby se objasnilo, zda a jak boční kořeny jeho tvorbu regulují.

Vlastnosti půdy

Kromě kořenových vlásků je tvorba rhizosheath ovlivněna texturou půdy, velikostí částic, stabilitou agregátů, obsahem organické hmoty (OM) a četností vlhkých a suchých období [Cheraghi a kol., 2023]. Bailey a kol. 1997] zkoumali 130 druhů divokých trav a zjistili, že čím vyšší je obsah písku v půdě, tím větší je rozsah rhizosheath. Haling a kol. [2014] porovnali různé půdní kapacity písčitohlinitých půd a zjistili průkazně větší tvorbu rhizosheath u ječmenů v půdách s nízkou kapacitou (1,2 g/cm^3) než v půdách s kapacitou vysokou (1,4 g/cm^3).

Bylo prokázáno, že kořenové sekrety mění velikost půdních částic v blízkosti kořenů, což způsobuje zmenšování půdních částic ulpívajících na kořenech. Tyto studie zdůrazňují význam interakce mezi fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy při tvorbě rhizosheath.



Obr. 1: Rozdíl mezi rhizosférou a rhizosheathem spočívá v míře vazby půdy ke kořeni. Rhizosféra je obecně oblast půdy ovlivněná kořenem, jeho exudáty a mikrobiální aktivitou. Rhizosheath naproti tomu představuje užší a fyzicky pevně vázanou vrstvu půdních částic ulpívajících přímo na povrchu kořene, zpravidla prostřednictvím kořenového vlášení, slizovitých exudátů a mikrobiálních biofilmů. Převzato a upraveno z Li et al., 2024.

Kořenové exudáty

Kořenové exudáty (tj. metabolity nezbytné pro růst a vývoj buněk) [Chai a Schachtman, 2022], a zejména sliz, hrají důležitou roli při podpoře tvorby rhizosheath [Ndour a kol., 2020, Rahim a kol., 2024]. Sliz je gelovitá substance, která se skládá z polysacharidů, proteinů a lipidů, uvolňovaných ze špiček kořenů do půdy (Sliz bohatý na hydroxylové skupiny se váže na půdní částice prostřednictvím vodíkových vazeb, což vede k agregaci kořenů s půdou [Albalasmeh Ghezzehei, 2014]. Na rozdíl od sušší půdy obklopující kořeny je vlhkostní chování a obsah vody v tomto pouzdře podobné jako u kořenů [Ma a kol., 2011]. Sliz v prostoru rhizosheath omezuje tvorbu vzduchových mezer kolem kořenového systému zlepšuje schopnost kořenového systému rostliny absorbovat vodu [Carminati a kol., 2017].

Ahmed a kol. [2014] zjistili, že sliz uvolňovaný do rhizosféry rostlinami a mikrobiomy radikálně mění hydrodynamické vlastnosti půdy v oblasti rhizosféry zvýšením obsahu vody v rhizosféře a jejím hydrofobním účinkem. Zvýšení hydrofobnosti půdy zvyšuje schopnost půdy zadržovat vodu a snižuje její odpařování [Liyanage, a Leelamanie, 2016, Rye a Smettem, 2017]. Kromě toho je sliz schopen absorbovat značné množství vody [Cheraghi, 2023]. Vysoká schopnost slizu zadržovat vodu mu umožňuje zadržovat vodu během delších období vysychání půdy [Capitani a kol., 2013, McCully a Boyer, 1997]. Přítomnost slizu může také zvlhčovat půdu kolem kořenových špiček a zlepšovat odolnost vůči suchu [Brown a kol., 2017, Carminati a kol., 2011].

Tyto vlastnosti slizu společně vysvětlují výrazně vyšší obsah vlhkosti v půdě s rhizosférou než v půdě sypké [Moradi a kol., 2012, Young, 1995].

Mikrobiální metabolity

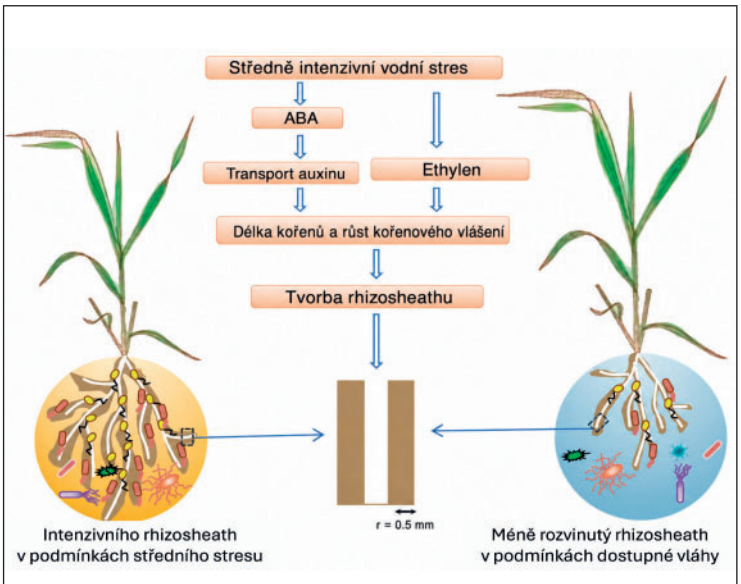
Mnoho mikroorganismů má schopnost ovlivňovat syntézu fytohormonů (včetně auxinu, cytokininů, giberelinu a ethylenu) nebo tyto hormony syntetizovat samy, čímž ovlivňují vývoj a růst rostlin [Cheraghi a kol., 2023] (obrázek 3). Například bylo prokázáno, že dva bakteriální kmeny izolované z rhizosheath (*Chryseobacterium culicis a Paenibacillus polymyxa*) mohou produkovat IAA a zvýšit tvorbu rhizosheath ječmene [Xu a kol., 2023]. Mikrobiomy mohou také ovlivňovat tvorbu rhizosheath jinými způsoby. Například byla popsána schopnost některých mikroorganismů usnadňovat mikrobiální interakce v rhizosféře [Yuan a kol., 2017] a kořenovou sekreci [Phillips, 2007, Phillips a kol., 2008] prostřednictvím produkce těkavých organických sloučenin (VOC) a tím ovlivňovat tvorbu rhizosféry, jedná se však o složitý komplex specificky působících látek se složitou identifikací.

Význam rhizosheath při suchu

Sucho je hlavní abiotický stresor ovlivňující výnosy plodin. Rhizosheath je ochranný mechanismus, který umožňuje rostlinám zlepšit jejich toleranci vůči suchu, protože jeho obsah vody je vyšší než v jiných částech půdního horizontu. Toto poprvé prokázal Price v roce 1991 na základě analýzy kořenové struktury trav v pouštích severní Afriky. Bylo rovněž prokázáno, že je reakce rhizosheath na sucho odrůdově specifická [Steiner a kol., 2024].

Za podmínek silného sucha jsou odrůdy rostlin s větší vrstvou rhizosheath schopny lépe uspokojit své transpirační a nutriční nároky [Basirat a kol., 2019].

Stres ze sucha má tendenci zmenšovat kořenový systém a vytvářet vzduchové mezery mezi kořeny a půdou, které brání transportu vody a živin. Jak půda vysychá, půdní sliz se stává koncentrovanějším a tím více želatinujícím (obrázek 1). Růst kořenových vlásků je ovlivňován růstovými hormony (obrázek 2). Pronikání slizu do prostor mezi půdními částicemi přilnutými ke kořenům podporuje přilnavost půdních částic k sobě navzájem a k povrchu kořene, což v konečném důsledku podporuje tvorbu rhizosheathu (obrázek 3).

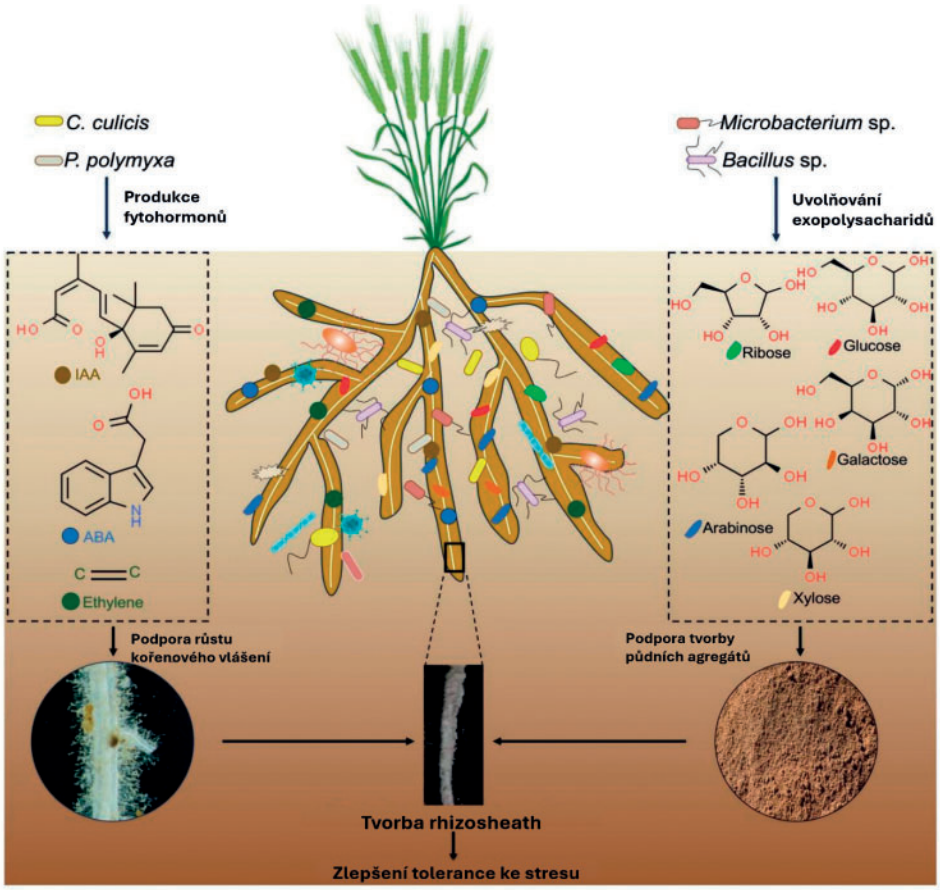


Obr. 2: Tvorba rhizosheathu při středně intenzivním vodním stresu je zprostředkována ABA (kyselinou abscisovou) a transportem auxinu, které se podílejí na regulaci růstu kořenů a kořenového vlášení. Převzato a upraveno z Li et al., 2024.

A právě podmínky prostředí při vývoji stupňujícího se sucha, popřípadě nedostatku živin, poškození kořenů a zvýšených hladin oxidu uhličitého v atmosféře, pravděpodobně stimulují rostliny k uvolňování translokaci více poduktů fotosyntézy do rhizosféry (Nguyen, 2003; Albalasmeh a Ghezzehei, 2014). Interakce mezi kořeny, půdou a mikroorganismy mohou probíhat v přítomnosti silných a hustých kořenových vlášení a tím dávat vznik agregaci půdy kolem kořenových systémů, čímž se na povrchu kořene vytváří pochvovitá struktura – rhizosheath. Tato pak působí jako most mezi kořeny a půdou a ovlivňuje pohyb vody a živin v mezikořenovém prostoru (North a Nobel, 1997). Co se týče růst podporujících bakterií v půdě, tyto nalézají v prostředí rhizosheathu příhodné prostředí. Mezi jejich funkce patří indukce akumulace osmolytů a fytohormonů (obrázek 3); zlepšení hustoty kořenových vlášení a regulace aktivace a vypínání genů zapojených do stresové reakce [Brown et al., 2017, Etesami, 2021].

Význam rhizosheath při nedostatku fosforu

Rostliny přijímají fosfor z půdy převážně ve formě anorganického fosfátu, který se v půdě snadno fixuje, takže je jeho biologická dostupnost značně omezená. Rostliny dokáží ve stavu deficitu tohoto makroprvku upravit strukturu s cílem zlepšení jeho příjmu. Vyšší tvorba kořenových vlásků i intenzivnější větvení kořenů a s tím související vznik rhizosheath slouží právě k zvýšení příjmu deficitního fosforu, což v konečném důsledku upravuje příjem živin kořeny. Tato schopnost rhizosheath zmírňovat stres z nedostatku fosforu byla prokázána například u ječmene, pšenice a bílé lupiny (Lupinus albus L.) [Haling a kol., 2013, Aslam a kol., 2022, Brown a kol., 2012]. Koncentrace fosforu v půdě v oblasti rhizosheath je výrazně vyšší než v půdě sypké [Luo a kol., 2013], což může být způsobeno sekrety uvolňovanými rostlinou nebo endofyty. Za nízké dostupnosti fosforu jsou kořeny rostlin schopny okyselit rhizosféru nebo vázat její živiny uvolňováním exudátů [Nazari, 2021]. Uvolňování nízkomolekulárních karboxylátů (≤3 karboxylové skupiny) v kořenových exudátech, včetně malátu, citrátu a oxalátu, představuje klíčovou strategii rostliny pro zvýšení příjmu fosforu. Tyto sloučeniny vytěsňují imobilizovaný fosfor z anorganických a organických sloučenin obsahujících fosfor v půdě, čímž pak zvyšují množství fosforu dostupného pro kořeny [Lambers a kol., 2006]. Kromě toho mohou také mikroby v rhizosheath pomáhat rostlinám odolávat účinkům stresu z nedostatku fosforu [Aslam a kol., 2022]. Hallama a kol. [24] a Pang a kol. [113] uvádějí výrazně vyšší obsah fosforu v mikrobiální biomase v půdách rhizosheath než ve vnější rhizosféře a ostatní půdě.



Obr. 3: Mikrobiální metabolity podporují tvorbu rhizosheathu rostlin stimulací růstu kořenového vlášení a tvorby půdních agregátů. Kořeny rostlin uvolňují exudáty, které za stresových podmínek indukují akumulaci bakterií odolných vůči suchu, včetně bakterií produkujících fytohormony (zejména auxin, kyselinu abscisovou a ethylen) a exopolysacharidy. Bakterie *Chryseobacterium culicis* a *Paenibacillus polymyxa* izolované z rhizosheathu jsou schopny produkovat IAA a podporovat tvorbu rhizosheathu. Bakterie produkující fytohormony stimulují růst kořenového vlášení, a tím podporují vznik rhizosheathu. Převzato a upraveno z Li et al., 2024

Závěr

Rhizosféra je jedním z nejsložitějších ekosystémů na Zemi a je po dlouhou dobu předmětem výzkumu v oborech ekologie mikroorganismů. Naproti tomu rhizosheath, jakožto struktura půdní vrstvy v rhizosféře, která je nejtěsněji spojena s kořenovým systémem, si prozatím získala mnohem menší zájem. Rhizosheath je adaptivním znakem kořenů, jehož tvorba je kvalitativně ovlivněna fyzikálními, chemickými a biologickými faktory. Informace uvedené v tomto literárním přehledu ukazují, že rhizosheath je obzvláště důležitý pro obranyschopnost rostlin proti několika typům abiotických stresů. Podpora tvorby rhizosheath může být schůdným přístupem k dosažení zemědělské udržitelnosti při pěstování ve změněném klimatu. Existuje představa, že modelování tvorby rhizosheath v závislosti na klimatu a půdě by mohlo být výzvou pro budoucí výzkum, jehož výsledky by mohli zemědělci přímo aplikovat v terénu.

Přehled použité literatury dostupný na: https:// doi.org/10.3390/agronomy14102368

Stav kořenového systému obilnin v podmínkách sucha a morfologická adaptace zvaná rhizosheath

(Condition of the cereal root system under drought and the morphological adaptation "rhizosheath")

Dominik Bleša, Pavel Matušinský, Ludvík Tvarůžek
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 76701 Kroměříž

Souhrn: V období výrazného půdního sucha v průběhu letošního jara byl na 39 lokalitách hodnocen stav kořenového systému pšenice se zaměřením na tvorbu rhizosheathu, zahnědnutí kořenů a kultivační záchyt mikroorganismů. Rhizosheath, tvořený kořenovým vlášením, exudáty a pevně ulpívajícími půdními částicemi, byl interpretován jako adaptační reakce rostlin na omezenou dostupnost vody a živin. Míra jeho výskytu se mezi lokalitami výrazně lišila a pohybovala se přibližně od 5 do 80 %. Současně bylo u části vzorků pozorováno zahnědnutí až nekrotizace kořenů, související s abiotickým stresem a možnou sekundární kolonizací oslabených pletiv. Mezi intenzitou rhizosheathu a zahnědnutím byla zjištěna pozitivní tendence, která však nebyla interpretována jako kauzální vztah. Kultivační nálezy ukázaly pestré spektrum hub, zejména rodů *Fusarium, Microdochium, Trichoderma, Aspergillus* a *Penicillium*. Výsledky podporují potřebu odlišovat fyziologickou adaptaci kořenů na sucho od skutečných příznaků chorob.
Klíčová slova: pšenice, půdní sucho, rhizosheath, kořenové vlášení, hnědnutí kořenů, sekundární kolonizace

Abstract: During the spring period of pronounced soil drought, the condition of the wheat root system was evaluated at 39 locations, with a focus on rhizosheath formation, root browning and the cultivation-based detection of microorganisms. The rhizosheath, formed by root hairs, exudates and firmly adhering soil particles, was interpreted as an adaptive plant response to limited water and nutrient availability. Its occurrence varied markedly among locations, ranging approximately from 5 to 80%. At the same time, browning to necrotization of roots was observed in some samples, associated with abiotic stress and possible secondary colonization of weakened tissues. A positive trend was found between rhizosheath intensity and root browning; however, this relationship was not interpreted as causal. Cultivation results revealed a diverse spectrum of fungi, particularly representatives of the genera *Fusarium*, *Microdochium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* and *Penicillium*. The results support the need to distinguish physiological root adaptation to drought from true disease symptoms.
Key Words: wheat, soil drought, rhizosheath, root hairs, root browning, secondary colonization

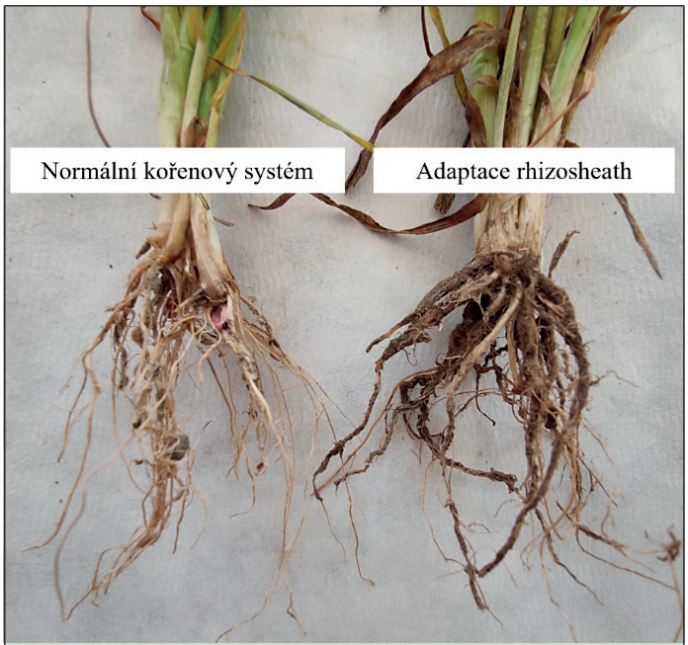
Úvod

Sucho v posledních letech stále častěji ovlivňuje stav a vývoj porostů obilnin. Jeho projevy nejsou patrné pouze na nadzemní části rostlin, například zpomalením růstu, ztrátou barvy nebo omezeným odnožováním, ale velmi výrazně se promítají také do kořenového systému. Právě kořeny rozhodují o schopnosti rostlin přijímat vodu a živiny z půdy, a proto bývají jednou z prvních částí rostliny, která na zhoršené podmínky dostupnosti vláhy reaguje. V období půdního sucha se tak mohou na kořenech objevovat změny, které na první pohled připomínají poškození nebo napadení, ve skutečnosti však mohou představovat adaptační reakci rostliny na stresové podmínky.

Jedním z těchto projevů je tvorba tzv. rhizosheathu, tedy kořenového obalu tvořeného půdními částicemi pevně ulpívajícími na povrchu kořene (obrázek 1). Tento jev je obvykle spojen s intenzivním rozvojem kořenového vlášení, tvorbou slizovitých kořenových exudátů a aktivitou mikroorganismů v bezprostředním okolí kořene. Rhizosheath tak představuje rozhraní mezi kořenem, půdou a půdním mikrobiomem, které může hrát významnou roli ve schopnosti rostlin lépe překonávat období nedostatku vody (obrázek 2).

U pšenice je tvorba rhizosheathu považována za významný adaptační znak spojený s tolerancí k suchu. Za podmínek vodního deficitu mohou rostliny tuto strukturu zesilovat jako jednu ze strategií přežití. Proces je řízen zejména zvýšenou exudací kořenového mucigelu, tedy hydrofilního polysacharidového gelu, který váže půdní částice k pokožce kořene (Cheraghi et al., 2024; Cheraghi et al., 2023).

Výsledkem je soudržná vrstva půdy, kořenových vlásků a mikrobiálních biofilmů, která omezuje tvorbu vzduchových mezer na rozhraní kořen–půda a pomáhá udržovat kontinuitu pro příjem vody i při vysychání okolní půdy. Současně může vytvářet lokální rezervoár vláhy a živin a poskytovat specifické, chráněné mikrostanoviště pro mikrobiální společenstvo rhizosféry (Li et al., 2024; Etesami et al., 2026).



Obr. 1: Rostliny ozimé pšenice se standardními kořeny (vlevo) a kořeny s extrémním vlášením a tvorbou kořenového obalu s půdními částicemi (vpravo). Foto Bleša.

Tato adaptace se však při silném nebo dlouhodobém suchu může stát dvojsečnou zbraní. Fyziologický stres způsobený

nedostatkem vody narušuje integritu samotného kořenového systému. Sucho může poškozovat kořenovou pokožku, snižovat produkci antimikrobiálních látek a měnit chemické složení kořenových exudátů (Wang et al., 2021). Tyto změny vytvářejí příležitostné prostředí pro některé půdní houby, které jsou za obvyklých podmínek udržovány pod kontrolou. Výzkumy ukazují, že při stresu suchem dochází ke změnám ve složení houbového společenstva, tedy mykobiomu, v rhizosheathu a rhizosféře (Pan et al., 2024; Yao et al., 2026). Zatímco některé prospěšné houby mohou být v tomto prostředí zvýhodněny, byl popsán také nárůst relativního zastoupení potenciálních patogenů, například zástupců rodů *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* a *Aspergillus* spp. (Yao et al., 2026). Tyto houby mohou přecházet z komenzálního nebo saprotrofního způsobu života do patogenní fáze a iniciovat sekundární infekce. Využívají oslabené obranné mechanismy kořenů, což vede k nekrózám kořenového systému. Tím se dále zhoršuje schopnost rostlin přijímat již tak omezené množství vody a živin a vzniká kruh postupného chřadnutí, který může prohlubovat výnosové ztráty nad rámec škod způsobených samotným suchem.

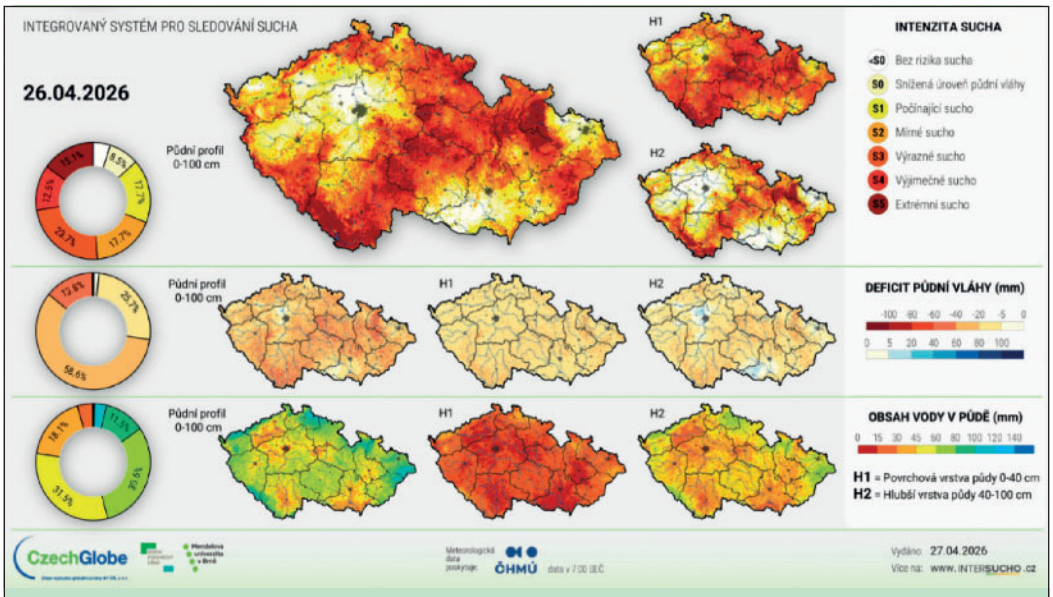
Praktický management tohoto jevu v zemědělských porostech vyžaduje integrovaný přístup, který zohledňuje jak abiotický stres, tak následnou biotickou zranitelnost rostlin. Základní strategií je výběr a využívání odrůd pšenice s přirozenou schopností vytvářet rozsáhlý a stabilní rhizosheath. Studie prokázaly výraznou genotypovou variabilitu tohoto znaku a odrůdy s vyšší schopností tvorby rhizosheathu vykazují lepší přežívání během tzv. „false-break“ událostí, tedy období, kdy po počátečních srážkách následuje opětovný návrat suchých podmínek. Tyto situace se v souvislosti se změnou klimatu objevují stále častěji (Emebiri et al., 2024; Rossi et al., 2024). Takové odrůdy si nejen lépe udržují přístup k půdnímu roztoku, ale zřejmě také podporují vytvoření příznivějšího a ochranného mikrobiomu (Fang et al., 2023; El-Halim et al., 2025).

Stejně důležitá jsou půdní a agronomická opatření. Systémy zpracování půdy, které ponechávají posklizňové zbytky na povrchu půdy, pomáhají tlumit výkyvy půdní teploty, snižovat výpar a udržovat vyšší půdní vlhkost. Tím zmírňují intenzitu stresu suchem působícího na kořenový systém. Současně tyto postupy chrání fyzikální strukturu půdy a poskytují stabilnější prostředí pro diverzifikovaný a odolný půdní mikrobiom, který je základním předpokladem zdravého rhizosheathu. Je vhodné vyvarovat se nadměrného hnojení dusíkem, protože může podporovat růst, ale zároveň může měnit profil kořenových exudátů způsobem, který zvýhodňuje patogenní mikroorganismy oproti prospěšným.

Velmi slibným opatřením je cílená inokulace osiva nebo půdy vybranými bakteriemi podporujícími růst rostlin, označovanými jako PGPR (*plant growth-promoting rhizobacteria*). Bakterie jako *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* a zejména *Paenibacillus polymyxa* se mohou přímo podílet na podpoře tvorby rhizosheathu (Xu et al., 2023). Tyto mikroorganismy mohou produkovat auxiny stimulující vývoj kořenového vlášení, které je klíčovou strukturální složkou rhizosheathu, a zároveň mohou přímo potlačovat houbové patogeny prostřednictvím antibiózy a kompetice (Singh et al., 2023; Ali et al., 2021). Například *Bacillus velezensis* zvyšuje toleranci kukuřice k suchu tvorbou biofilmů a regulací akvaporinů hostitelské rostliny, přičemž obdobný mechanismus může být pravděpodobně uplatnitelný i u pšenice (Zhang et al., 2026). V zemědělské praxi lze tento přístup využít zejména formou biologického moření osiva, které představuje nákladově efektivní a cílený způsob aplikace.

Pro zemědělskou praxi z toho vyplývá potřeba pečlivého sledování porostů a včasného zásahu. Klíčové je časné rozpoznání problémů. Mezi příznaky, kterým je vhodné věnovat pozornost, patří náhlá ztráta soudržnosti rhizosheathu po opětovném ovlhčení, výskyt hnědých až černých nekrotických lézí na kořenech a slabé odnožování nebo zakrnění nadzemní části, které je nepřiměřené aktuálně viditelnému deficitu půdní vláhy. Udržení půdní vlhkosti v hloubce 15–30 cm na úrovni alespoň 40 % polní vodní kapacity během kritické fáze odnožování je důležité pro prevenci narušení rovnováhy, tedy dysbiózy, mikrobiomu rhizosheathu. V případech, kdy je znám zvýšený tlak půdních patogenů (vliv předplodiny), může aplikace organických doplňků, například kompostového výluhu bohatého na antagonistické mikroorganismy, jako jsou *Trichoderma* spp., poskytnout biologickou bariéru proti sekundárním infekcím. Tato schopnost rostlin modifikovat svůj mikrobiom je lépe popsána v hypotéze ang. „Cry for help“ (Rolfe et al., 2019; Tharp et al., 2025). Celkově je management vztahu mezi suchem, rhizosheathem a patogeny nutné chápat šířeji než jen jako otázku dodávky vody. Kořenový systém je třeba vnímat jako dynamický, řízený ekosystém, jehož zdravotní stav je zásadní pro odolnost plodiny vůči stresovým podmínkám.

V této práci jsme se zaměřili na záchyt a kvantifikaci této specifické morfologické adaptace rostlin na zhoršené podmínky dostupnosti vláhy v porostech na několika lokalitách převážně v rámci regionu střední Moravy. Zároveň byl analyzován stupeň zahnědlosti kořenů jako charakter dysbiózy mikrobiálního společenstva daný dlouhodobým stresem a oslabením rostlin. Pomocí morfologických znaků byli také určeni hlavní zástupci hub v kořenech s rhizosheath adaptací bez symptomů a se symptomy.



Obr. 2: Mapy intenzity sucha a dostupnosti vláhy v různých úrovních půdního profilu ze dne 26. 4. 2026 pro celou Českou republiku. Aktuální data jsou k dispozici na portále https://www.intersucho.cz.

Materiál a metody

V rámci situačního monitoringu byl hodnocen stav kořenového systému pšenice na souboru 39 lokalit střední Moravy. Odběry byly prováděny v období výrazného půdního sucha v období 20. 4. až 27. 4. 2026, kdy porosty na řadě stanovišť vykazovaly projevy stresu z nedostatku vláhy (obrázek 2). Z každé lokality byly odebrány rostliny včetně kořenového systému tak, aby bylo možné posoudit jak celkový stav kořenů, tak přítomnost jemných kořenových struktur a případných nekrotických změn. Při odběru byla věnována pozornost zachování co největší části kořenového systému, přesto je nutné zohlednit, že při vyjímání rostlin z půdy může docházet ke ztrátám jemných kořenů.

U odebraných rostlin byla vizuálně hodnocena míra tvorby rhizosheathu, tedy pevně ulpívajícího obalu půdních částic na kořenech, který byl spojen s výrazným rozvojem kořenového vlášení. Tento parametr byl vyjádřen v procentech jako odhad podílu kořenového systému s patrnou tvorbou této adaptace. Současně bylo hodnocena míra zahnědnutí kořenů, rovněž procentuálně, jako ukazatel rozsahu stresového poškození, nekrotizace nebo možného sekundárního osídlení oslabených pletiv mikroorganismy. Cílem tohoto hodnocení nebyla jednoznačná diagnostika konkrétní choroby, ale zachycení intenzity kořenového stresového syndromu v podmínkách aktuálního sucha.

U vybraných vzorků bylo následně provedeno kultivační hodnocení mikroorganismů asociovaných s kořenovými segmenty. Kořenové segmenty byly po oplachu a povrchové sterilizaci kladeny na živné médium PDA a inkubovány za laboratorních podmínek. Morfologická identifikace byla provedena na základě makroskopických znaků kolonií a mikroskopického posouzení sporulačních struktur. Izoláty byly řazeny pouze do úrovně rodu nebo širší morfologické skupiny. Vzhledem k tomu, že nebyla provedena sekvenační identifikace ani test patogenity, jsou výsledky kultivačního hodnocení interpretovány jako orientační. U izolátů, které netvořily diagnostické sporulační struktury, bylo použito označení „ostatní“ bez dalšího taxonomického zařazení.

Výsledky a diskuse

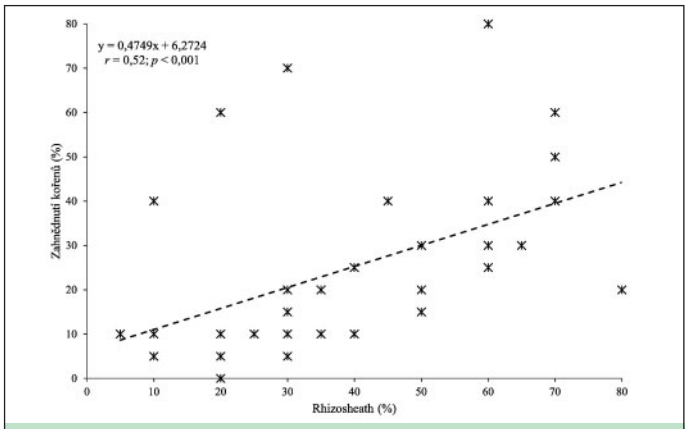
V porostech pšenice vystavených výraznému půdnímu suchu se velmi často objevoval nápadný rozvoj kořenového vlášení a tvorba rhizosheathu. Míra tohoto jevu se mezi lokalitami výrazně lišila a pohybovala se přibližně od 5 do 80 % hodnoceného kořenového systému (obrázek 3). V některých vzorcích byl rhizosheath patrný pouze lokálně, zatímco v jiných případech tvořily kořeny výrazný kořenový obal pevně obalený půdními částicemi. Tento obal bylo často obtížné odstranit mechanicky i oplachem, odpovídá tak charakteru rhizosheathu jako pevné vazby mezi kořenovými vlásky, půdními částicemi, kořenovými exudáty a mikrobiální složkou rhizosféry.¨

Pozorovaný rhizosheath lze v kontextu průběhu počasí letošního jara (2026) interpretovat především jako adaptační reakci rostlin na nedostatek vody v půdě. Zvýšená tvorba kořenových vlásků a exudátů může zlepšovat kontakt kořene s půdou a podporovat udržení vody v bezprostředním okolí kořene. Současně může tento proces souviset s omezenou dostupností živin v půdním roztoku, zejména fosforu, ale také dusíku a draslíku, jejichž příjem je při suchu výrazně omezen. Rhizosheath proto není vhodné považovat za příznak choroby. Spíše jde o morfologický projev stresové adaptace kořenového systému.

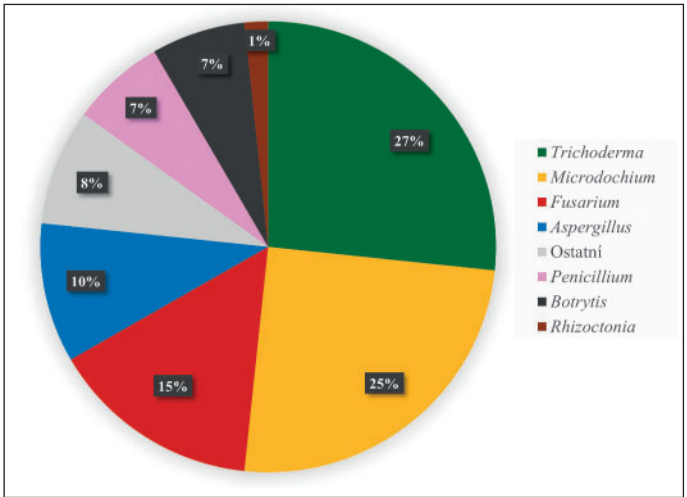
Vedle tvorby rhizosheathu bylo u části vzorků zaznamenáno také zahnědnutí až nekrotizace kořenů. Rozsah zahnědnutí se pohyboval přibližně od 0 do 80 %. Mezi intenzitou rhizosheathu a zahnědnutím kořenů byla v celém souboru pozorována pozitivní tendence (r = 0,52; p <0,001; obrázek 3). Tento vztah však nelze interpretovat jako příčinný. Oba sledované parametry odrážejí společný stresový faktor, tedy intenzitu půdního sucha, rozdíly v půdních podmínkách, vitalitu rostlin a stav jednotlivých částí kořenového systému. Jinými slovy, silnější rhizosheath může být projevem výraznější stresové reakce, zatímco zahnědnutí kořenů představuje poškození pletiv, které vzniká při překročení adaptační kapacity rostliny. Tomuto vysvětlení nahrává i dílčí hodnocení korelace: ve vzorcích odebraných termínově dříve (20.–21. 4. 2026) byla korelace mezi výskytem rhizosheath a zahnědnutím r = 0,492 (p <0,001), kdežto u odběru 24. 4. 2026 již r = 0,743 (p <0,001).

V řadě případů byl stav kořenového systému mozaikovitý. Na jedné rostlině se současně vyskytovaly kořeny relativně zdravé, kořeny silně obalené půdními částicemi a kořeny zahnědlé až odumírající. Tento obraz podporuje interpretaci, že nejde o jednotný infekční proces jednoho patogenu, ale spíše o kombinaci fyziologické adaptace, lokálního abiotického poškození a případné sekundární kolonizace oslabených pletiv. U části rostlin byla patrná také tvorba nových adventivních kořenů z oblasti kořenového krčku, které naznačují, že rostliny se pokoušejí poškozené nebo funkčně omezené části kořenového systému nahrazovat novým kořenovým aparátem. Při zlepšení dostupnosti vláhy lze proto u většiny porostů očekávat dobrou regeneraci.

Kultivační hodnocení potvrdilo, že interpretace mikrobiálního osídlení kořenů je v tomto typu materiálu obtížná a silně závislá na použité metodice. Při mírnější povrchové sterilizaci došlo u velkého množství vzorků k rychlému přerůstání misek zástupci skupiny *Rhizopus*/*Mucor*. Tyto houby jsou velmi rychle rostoucí saprotrofové a jejich dominance na médiu nemusí odpovídat jejich významu v samotných kořenových pletivech. Po použití intenzivnější sterilizace bylo spektrum získaných izolátů pestřejší. Byly zachyceny izoláty odpovídající dle morfologické analýzy rodům *Fusarium*, *Microdochium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Botrytis* a ojediněle *Rhizoctonia*. U části vzorků bylo zaznamenáno také bílé nesporulující mycelium bez jednoznačných diagnostických znaků (obrázek 4; obrázek 5). Výskyt rodů *Fusarium* a *Microdochium* je z hlediska zdravotního stavu obilnin relevantní, protože zahrnují druhy spojené s chorobami pat stébel, kořenů a báze stébel. Je však nutné zdůraznit, že samotný kultivační nález z kořenového segmentu neprokazuje, že daný organismus byl primární příčinou pozorovaného zahnědnutí. Může jít také o sekundární kolonizaci již oslabených nebo odumírajících pletiv.



Obr. 3: Vztah mezi tvorbou rhizosteath a zahnědnutím kořenů doplněný o spojnici trendu s rovnicí a hodnotou Paersonova korelačního koeficientu (n = 39) uvádějící středně silnou až silnou lineární závislost mezi těmito parametry.



Obr. 4: Podíl skupin hub zastoupených ve vzorcích celkem

Z praktického hlediska je důležité, že v hodnoceném souboru nebyl zachycen obraz, který by jednoznačně ukazoval na dominantní působení skupiny hlavních kořenových patogenů. Výsledky spíše odpovídají širšímu kořenovému stresovému syndromu, ve kterém hraje hlavní roli sucho a omezený příjem vody a živin, zatímco mikroorganismy se mohou uplatňovat sekundárně. Přítomnost patogenních rodů, zejména *Fusarium* a *Microdochium*, však ukazuje, že oslabené kořeny představují riziko, na kterém se mohou rozvíjet patogeny nebo oportunní kolonizátoři. Z tohoto důvodu je vhodné porosty dále sledovat, zejména po změně podmínek dostupnosti vláhy.

Při interpretaci výsledků je nutné zdůraznit několik omezení. Hodnocení rhizosheathu i zahnědnutí bylo vizuální a orientační, bez posouzení funkce této adaptace v rostlinách a kultivační nálezy byly určovány pouze morfologicky. Výsledky je tedy třeba posuzovat jako jako situační monitoring stavu kořenového systému v mimořádně suchých podmínkách.

Výrazná tvorba rhizosheathu u pšenice v podmínkách půdního sucha pravděpodobně představuje převážně adaptační morfologickou reakci kořenového systému. Naproti tomu kořeny ozimého ječmene neměly tuto adaptaci tak rozvinutou, což může být dáno jinou hloubkou kořenového systému, tedy že rostliny získávaly vláhu z nižších vrstev půdního profilu. Nicméně posouzení rozdílu mezi plodinami nebylo v této práci zahrnuto z důvodu nižšího počtu vzorků ječmene.

Závěr

Pro praxi je podstatné vnímat rhizosheath jako zdravou reakci rostlin na stres suchem. Zvýšenou pozornost si naopak zaslouží kombinace rozsáhlého zahnědnutí, odumírání kořenů, slabé regenerace adventivních kořenů a následného zhoršení vitality porostu. V takových případech je vhodné doplnit terénní hodnocení cílenou laboratorní diagnostikou.
(Recenzováno)

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1123, projektu QL24010008 a NAP k bezpečnému používání pesticidů, monitoring rezistence houbových patogenů obilnin k fungicidům na území ČR. Poděkování patří i týmu pozorovatelů MSD.

Použitá literatura

Ali, S., & Khan, N. (2021). Delineation of mechanistic approaches employed by plant growth promoting microorganisms for improving drought stress tolerance in plants. Microbiological Research, 249, 126771. https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126771

El-Halim, H. M. A., El-Hadidi, M., Fouad, N., Hamed, R. R., Megid, I. A., Taha, M. H., & Radwan, K. H. (2025). Metagenomic insight into drought-induced changes in the Egyptian wheat rhizosphere microbiome. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 41(8). https://doi.org/10.1007/s11274-025-04518-0

Emebiri, L., Rohan, M., Hildebrand, S., & Pitt, W. (2024). Ability of wheat genotypes to form large rhizosheaths may enhance survival of false-break events in rainfed production. Crop & Pasture Science, 75(2). https://doi.org/10.1071/cp23198

Etesami, H., Yadegari, A. H., Otabek, U., Zahro, B., Shavakatullo, N., & Tolqinjon, A. (2026). The root's hidden ally: How the rhizosheath microbiome fortifies crops against drought. aBIOTECH, 7(1), 100015. https://doi.org/10.1016/j.abiote.2025.100015

Fang, J., Shi, G., Wei, S., Ma, J., Zhang, X., Wang, J., Chen, L., Liu, Y., Zhao, X., & Lu, Z. (2023). Drought Sensitivity of Spring Wheat Cultivars Shapes Rhizosphere Microbial Community Patterns in Response to Drought. Plants, 12(20), 3650. https://doi.org/10.3390/plants12203650

Cheraghi, M., Motesharezadeh, B., Mousavi, S. M., Basirat, M., Alikhani, H. A., & Zarebanadkouki, M. (2024). Application of silicon improves rhizosheath formation, morpho-physiological and biochemical responses of wheat under drought stress. Plant and Soil, 503(1–2), 263–281. https://doi.org/10.1007/s11104-024-06584-z

Cheraghi, M., Mousavi, S. M., & Zarebanadkouki, M. (2023). Functions of rhizosheath on facilitating the uptake of water and nutrients under drought stress: A review. Plant and Soil. https://doi.org/10.1007/s11104-023-06126-z

Li, Y., Hong, Y., Chen, Y., Zhu, N., Jiang, S., Yao, Z., Zhu, M., Ding, J., Li, C., Xu, W., Guo, W., Zhu, X., & Zhang, J. (2024). Rhizosheath Formation and Its Role in Plant Adaptation to Abiotic Stress. Agronomy, 14(10), 2368. https://doi.org/10.3390/agronomy14102368

Nasycení půdního profilu – portál Intersucho. (2026). *InterSucho*. https://www.intersucho.cz/cs/ceska-republika/aktualni-stav-zasoba-vody-v-pude/

Pan, Y., Liu, B., Zhang, W., Zhuang, S., Wang, H., Chen, J., Xiao, L., Li, Y., & Han, D. (2024). Drought-induced assembly of rhizosphere mycobiomes shows beneficial effects on plant growth. mSystems, 9(7). https://doi.org/10.1128/msystems.00354-24

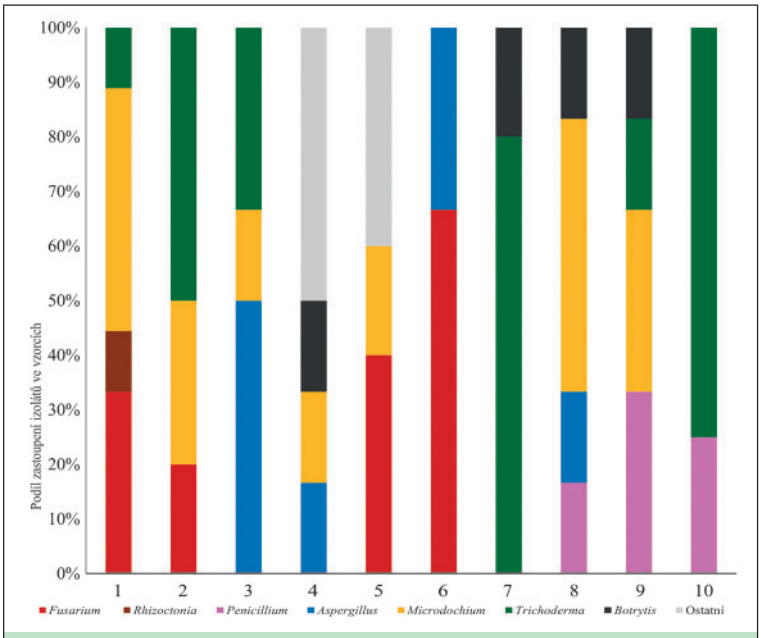
Rolfe, S. A., Griffiths, J., & Ton, J. (2019). Crying out for help with root exudates: adaptive mechanisms by which stressed plants assemble health-promoting soil microbiomes. *Current opinion in microbiology*, *49*, 73-82. https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.10.003

Rossi, R., Bochicchio, R., Labella, R., Amato, M., & De Vita, P. (2024). Phenotyping Seedling Root Biometry of Two Contrasting Bread Wheat Cultivars under Nutrient Deficiency and Drought Stress. Agronomy, 14(4), 775. https://doi.org/10.3390/agronomy14040775

Singh, M., Sharma, J. G., & Giri, B. (2023). Microbial inoculants alter resilience towards drought stress in wheat plants. Plant Growth Regulation, 101(3), 823–843. https://doi.org/10.1007/s10725-023-01059-0

Tharp, C. L., Custer, G. F., Castrillo, G., & Dini-Andreote, F. (2025). Revisiting the cry-for-help hypothesis in plant–microbe interactions. *Trends in Plant Science*. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2025.07.015

Wang, J., Ding, Y., Cao, Y., Xu, W., & Zhang, Y. (2021). Rhizosheath microbes induce root immune response under soil drying. Plant Signaling & Behavior, 16(8). https://doi.org/10.1080/15592324.2021.1920752
Xu, F., Liao, H., Yang, J., Zhang, Y., Yu, P., Cao, Y., Fang, J., Chen, S., Li, L., Sun, L., Du, C., Wang, K., Dang, X., Feng, Z., Cao, Y., Li, Y., Zhang, J., & Xu, W. (2023). Auxin-producing bacteria promote barley rhizosheath formation. Nature Communications, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41467-023-40916-4
Yao, Z., Chen, Y., Wang, G., Hong, Y., Jiang, S., Jiang, X., Zhao, F., Zhou, C., Zhou, Y., Tang, H., Zhu, M., Ding, J., Li, C., Xu, W., Guo, W., Zhang, J., Li, Y., & Zhu, X. (2026). Ascomycetous Endophytic Fungi Drive Root Fungal Community Assembly in Wheat Under Moderate Drought. Journal of Fungi, 12(2), 82. https://doi.org/10.3390/jof12020082
Zhang, Y., Zhang, N., Zhang, Z., Bi, X., Feng, Z., Guo, Y., Yu, F., Zhang, B., Bi, T., Baloch, F. B., Shafiq, U., Miao, J., Wang, Y., Li, B., & An, Y. (2026). Microbial biofilms as drought shields: Bacillus velezensis D103 enhances maize tolerance via aquaporin regulation. Microbiological Research, 305, 128430. https://doi.org/10.1016/j.micres.2025.128430



Obr. 5: Podíl skupin hub zastoupených v jednotlivých vzorcích.

Kvalita odrůd ozimé pšenice v polním pokusu v Kroměříži v roce 2025

(Quality of winter wheat varieties in field trial in Kroměříž in 2025)

Ondřej Jirsa, Ivana Polišenská, Ludvík Tvarůžek
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

Souhrn: Byl hodnocen výnos a kvalita (obsah bílkovin, objemová hmotnost, číslo poklesu, sedimentační test a HTZ) 115 odrůd ozimé pšenice pěstovaných ve vegetační sezóně 2024/2025 v polním pokusu v Kroměříži. Odrůdy byly pěstovány dvěma technologiemi: extenzivní (EXT; 79 kg N/ha, bez fungicidů a regulátorů) a intenzivní (INT; 174 kg N/ha, 3× fungicid, 4× regulátor). Výnosy byly v odrůdovém pokusu v roce 2025 vysoké, nejvyšší od začátku zakládání pokusů v roce 2014. Průměr obou technologií byl 13,3 t/ha. Přírůstek výnosu v INT byl naopak v roce 2025 (+10 %) podprůměrný. Z hlediska kvality se vyšší intenzita pěstování projevila nejvíce hodnotách sedimentačního testu (EXT: 28 ml, INT: 32 ml) a obsahu bílkovin (EXT: 11,4 %, INT: 12,5 %), méně na čísle poklesu (EXT: 306 s, INT: 317 s). Objemová hmotnost byla srovnatelná a v pokusu celkově velmi nízká (EXT: 75,8 kg/hl, INT: 75,9 kg/hl), u HTZ došlo při zvýšení intenzity k mírnému poklesu (EXT: 48,4 g, INT: 47,2 g. U cca pětiny odrůd znamenalo zvýšení úrovně technologie pěstování z EXT na INT zlepšení kvality z krmné pšenice na potravinářskou podle ČSN 46 1100-2.
Klíčová slova: pšenice, technologie pěstování, kvalita, odrůda, obsah bílkovin, objemová hmotnost, číslo poklesu, sedimentační test

Abstract: The yield and quality (protein content, bulk density, falling number, sedimentation test and thousand kernel weight) of 115 winter wheat varieties grown in the season 2024/2025 in a field trial in Kroměříž were evaluated. The varieties were grown under two crop management levels: extensive (EXT; 79 kg N/ha, no fungicide and regulator) and intensive (INT; 174 kg N/ha, 3× fungicide, 4× regulator). Yields in the variety trial in 2025 were high, the highest since the trials began in 2014. The average for both technologies was 13.3 t/ha; the highest average to date was in 2016 (13.0 t/ha). Conversely, the increase in INT in 2025 (+10%) was below average. In terms of quality, the higher crop management level was most evident sedimentation test values (EXT: 28 ml, INT: 32 ml) and protein content (EXT: 11.4%, INT: 12.5%), and less so in bulk density (EXT: 75.8 kg/hl, INT: 75.9 kg/hl), falling number (EXT: 306 s, INT: 317 s), and TKW (EXT: 48.4 g, INT: 47.2 g). For one fifth of varieties, increasing the level of crop management level from EXT to INT resulted in an improvement in quality from feed wheat to food-grade wheat according to ČSN 46 1100-2.
Key Words: wheat, crop management, variety, quality, protein content, bulk density, Falling number, sedimentation test

Úvod

V České republice představuje pšenice jednu z nejvýznamnějších zemědělských komodit. Její pěstitelská plocha se pohybuje kolem 800 tis. ha a produkce kolísá mezi 4,5 až 5,5 mil. tun, v závislosti na ročníku. V roce 2025 byla podle údajů ČSÚ sklizňová plocha pšenice 785 tis. ha a celková sklizeň činila 5,24 mil. tun. Rok 2025 byl výjimečný rekordním dosaženým výnosem pšenice a zároveň její velmi dobrou kvalitou. Průměrný výnos pšenice roku 2025 v ČR byl 6,67 t/ha, což je o 0,71 t/ha (12 %) více oproti roku 2024 a zároveň je to i více než dosud rekordní výnos z roku 2014 (6,51 t/ha). Průměr uplynulých 10 let 2015–2024 činí 6,06 t/ha.

Hodnocení prováděné v laboratoři Agrotestu v rámci Monitoringu kvality potravinářských obilovin ukázalo, že kvalita pšenice sklizně 2025 v ČR byla velmi dobrá, a to i přes negativní očekávání kvůli deštivému začátku sklizně. Pšenice měla ve srovnání

s předcházejícími 5 lety nadprůměrnou objemovou hmotnost (průměr 79,2 kg/hl). Obsah bílkovin byl vyšší (12,9 %) než v předcházejících dvou letech (2023: 12,0 %, 2024: 12,1 %) a byl také vyšší ve srovnání s průměrem let 2020–2024, který je 12,6 %. Dobrá byla také kvalita bílkovin vyjádřená Zelenyho testem (41 ml). Časté deště v závěru vegetace budily obavy zejména z pohledu čísla poklesu. Průměrná hodnota 324 s je sice nižší než v roce 2024 (353 s), avšak nad průměrem let 2020–2024 (306 s) (viz článek „Kvalita obilovin ze sklizně 2025“ v Mlynářských novinách č. 4/2025).

Výsledná kvalita a výnos pšenice závisí na kombinaci působení podmínek prostředí, technologie pěstování a odrůdy. Ke kvalitativním vlastnostem ovlivněným především odrůdou patří Zelenyho sedimentační test, který charakterizuje kvalitu bílkovin. K vlastnostem ovlivňovaným převážně prostředím patří obsah bílkovin, HTZ, objemová hmotnost a číslo poklesu. Unikátní vlastnosti jednotlivých odrůd představují značný potenciál pro zefektivnění pěstování pšenice. V současné době je u nás k dispozici více než 100 odrůd, které se mezi sebou liší kvalitou, výnosovým potenciálem a odolností k chorobám a k nepříznivým podmínkám obecně. Různé odrůdy mají rozdílnou schopnost využít dodané živiny a mohou se lišit nároky na půdní a klimatické podmínky. Aby bylo možno využít přednosti jednotlivých odrůd v praxi, je třeba jejich chování dobře znát, což není v našich podmínkách kvůli počtu nových odrůd, jejich rychlé obměně a rozdílům v podmínkách mezi ročníky a lokalitami snadný úkol.

K lepšímu poznání vlastností odrůd pšenice slouží agrotechnické pokusy, zakládané každoročně od roku 2014 v Zemědělském výzkumném ústavu v Kroměříži se širokým sortimentem odrůd.

Tab. 1: Přehled agrotechnických zásahů v extenzivní (E) a intenzivní (I) technologii pěstování. Odrůdové pokusy Kroměříž, 2025.

Datum	Intenzita	Aplikace
podzim 24	E + I	Základní hnojení 200 kg/ha NPK (10:26:26) = 20 kg N/ha
23. 10. 24	E + I	Setí
05. 11. 24	E + I	Vzcházení
21. 02. 25	E + I	Regenerační přihnojení LAD 27 % – 220 kg/ha = 60 kg N/ha
27. 03. 25	E	Zypar 0,6 l/ha
28. 03. 25	I	Retacel Extra R 68 1 l/ha + Zypar 0,6 l/ha
10. 04. 25	I	Produkční přihnojení LAD 27 % – 200 kg/ha = 54 kg N/ha
22. 04. 25	I	Retacel Extra R 68 1 l/ha + ATONIK 0,6 l/ ha + MIKROPRVKY 0,5 l/ha
29. 04. 25	I	Moddus Flexi 0,4 l/ha + Rombus Power
13. 05. 25	E + I	Axial Plus 0,6 l/ha
20. 05. 25	I	Cerone 0,5 l/ha + Samppi 0,5 l/ha + Priaxor 1 l/ha
27. 05. 25	I	Kvalitativní hnojení LAD 27 % – 150 kg/ha = 40 kg N/ha
04. 06. 25	E + I	Mospilan 120 g/ha
05. 06. 25	I	Osiris Revy 1 l/ha

Materiál a metody

Pokus se 115 odrůdami a novošlechtěními ozimé pšenice byl založen na podzim 2024 v Kroměříži po předplodině řepce ve dvou technologiích pěstování (Tab. 1): extenzivní (EXT) – 79 kg N/ha, bez fungicidů a regulátorů a intenzivní (INT) – 174 kg N/ha, 3× fungicid, 4× regulátor. Sklizeň proběhla dne 29. 7. 2025. Kvalita zrna byla hodnocena podle požadavků ČSN 46 1100-2 pro pšenici pekárenskou, která udává kritéria pro objemovou hmotnost (OH; min. 76 kg/hl), číslo poklesu (FN; min. 220 s), obsah N-látek (NL; min 11,5 %) a sedimentační index (Zelenyho test – SEDI; min. 30 ml). Stanovena byla také hmotnost tisíce zrn (HTZ). Statistické porovnání intenzit pěstování bylo provedeno párovým *t*-testem, jako významné je považováno $p < 0,05$. Tyto pokusy jsou zakládány v Kroměříži od roku 2014, agrotechnika zůstává podobná, s určitými modifikacemi podle podmínek ročníku. Spektrum odrůd je vzhledem k průběžnému zařazování nových odrůd meziročně částečně proměnlivé, vždy je zařazeno minimálně 100 odrůd. Seznam odrůd je uveden spolu s výsledky v Tab. 2. Horní index u názvu odrůdy v tabulce i textu označuje kvalitativní třídu pšenice, a to podle hodnocení ÚKZÚZ (Horáková a kol., 2025) nebo podle dodaných či veřejně dostupných údajů firem. Odrůdy, u kterých je k dispozici hodnocení ÚKZÚZ (registrované odrůdy), jsou v tabulce vyznačeny tučně. U některých odrůd nebylo kvalitativní zařazení známo, v tomto případě index u názvu chybí. Odrůdy Ampleur[B] a Winner[B/C] jsou v souboru zařazeny dvakrát, u odrůdy Dynamite[B] byla kvalita hodnocena pouze v EXT.

Tab. 2: Kvalita 115 odrůd ozimé pšenice ve dvou technologiích pěstování. Tučným písmem jsou uvedeny u nás registrované odrůdy. Odrůdové pokusy Kroměříž, 2025.

		extenzivní						intenzivní					
Č.	Odrůda	HTZ (g)	OH (kg/hl)	FN (s)	NL (%)	SEDI (ml)	Výnos (t/ha)	HTZ (g)	OH (kg/hl)	FN (s)	NL (%)	SEDI (ml)	Výnos (t/ha)
21	**Absolut[A]**	49,9	79,1	337	11,9	32	13,9	48,2	78,8	349	13,1	35	15,1
1	**Adina[A]**	53,7	77,3	327	12,5	38	12,7	50,8	77,5	374	13,1	38	14,0
44	Advokat[A/B]	41,1	75,7	316	10,9	26	12,3	42,9	76,8	351	11,2	29	13,9
59	**AF Jumiko[B]**	39,1	78,3	331	11,8	27	9,8	38,9	77,0	371	12,9	23	11,6
60	**AF Oxana[B]**	56,0	73,3	153	14,2	50	10,1	57,1	71,8	187	14,4	55	12,1
62	**AF Zora[B]**	51,0	75,3	193	15,1	28	9,9	52,8	75,2	162	15,3	29	10,5
102	**Ambientus[A]**	50,1	77,9	378	10,7	29	12,9	50,2	78,0	397	12,9	39	14,6
2	Ampleur[B]	50,5	77,5	323	10,9	27	14,2	48,9	77,7	326	11,2	28	14,8
116	Ampleur[B]	48,4	76,4	330	9,3	21	13,0	46,2	77,0	344	11,3	28	14,5

Tab. 2 pokračování: Kvalita 115 odrůd ozimé pšenice ve dvou technologiích pěstování. Tučným písmem jsou uvedeny u nás registrované odrůdy. Odrůdové pokusy Kroměříž, 2025.

		extenzivní						intenzivní					
Č.	**Odrůda**	**HTZ (g)**	**OH (kg/hl)**	**FN (s)**	**NL (%)**	**SEDI (ml)**	**Výnos (t/ha)**	**HTZ (g)**	**OH (kg/hl)**	**FN (s)**	**NL (%)**	**SEDI (ml)**	**Výnos (t/ha)**
100	**Apostel[A]**	52,1	75,6	314	10,6	23	12,7	53,2	76,3	315	12,6	28	14,8
39	Arcachon[A/B]	50,0	76,2	312	10,7	25	13,1	47,8	75,3	345	11,4	26	14,8
42	Artimus[A]	49,8	78,7	370	12,7	33	11,1	49,4	78,9	393	13,5	39	12,8
101	**Asory[A]**	45,9	75,6	371	10,1	23	14,1	46,4	76,6	366	11,8	30	15,5
41	Aurelius[E]	51,2	79,8	337	12,5	41	11,2	50,3	79,1	348	13,0	43	13,2
37	Avignon[A]	44,9	74,6	301	11,4	29	12,3	43,1	75,1	325	11,8	29	13,8
99	Axaro[E]	52,8	78,0	349	11,7	30	10,5	51,1	77,6	336	13,2	41	12,3
96	Axioma[E]	46,4	76,3	380	11,7	32	11,2	45,6	76,6	347	14,5	55	12,5
98	Barranco[E]	47,7	74,7	355	10,2	26	12,0	44,8	74,8	358	13,9	44	13,3
111	Basilio[A]	50,7	76,0	332	10,4	23	11,8	45,0	76,6	360	12,4	31	13,4
67	**Bodyček[A]**	44,4	75,6	225	10,1	26	11,8	46,4	77,0	330	11,8	35	12,2
93	**Bonanza[C]**	43,4	71,2	204	10,4	23	12,3	39,2	72,2	241	12,8	33	13,2
40	Broadway[A]	45,5	78,7	355	11,3	25	13,2	45,2	78,5	389	12,5	27	14,0
103	**Campesino[B]**	46,3	75,5	340	9,7	20	14,0	44,6	76,5	317	11,2	25	15,8
107	Capri[A]	51,2	71,8	342	9,4	22	13,6	47,4	74,7	335	11,8	29	15,3
76	Cayenne[A]	40,8	75,3	298	10,9	26	12,6	39,5	75,9	337	12,7	36	13,9
114	Celebrity[E]	38,2	73,1	318	9,2	20	13,6	48,9	74,9	300	10,9	25	15,3
120	Cellule[A]	42,6	78,1	333	10,2	27	14,1	43,9	77,6	332	11,8	31	15,1
91	Centurion[A]	54,5	74,5	335	11,6	28	11,0	53,5	73,7	310	13,6	38	13,3
113	Complice[A]	53,8	75,1	327	9,3	19	12,4	49,9	75,9	339	11,5	25	14,4
45	**Dalmatius[A]**	50,0	77,9	327	11,8	35	12,4	49,0	77,2	388	11,6	35	12,9
3	**Dynamite[B]**	52,7	74,9	314	11,6	32	13,3	52,4	×	×	×	×	14,2
4	Escort[E]	51,7	77,5	342	12,7	41	12,1	49,2	79,9	360	13,4	42	13,4
127	Fenomen[A]	50,4	75,2	319	11,5	26	11,4	47,2	75,2	361	12,9	33	13,2
5	Foxx[A]	53,6	77,6	356	12,1	34	12,8	53,5	77,6	391	12,1	31	13,8
117	Frenetic[E]	46,0	75,0	340	12,0	34	11,7	43,9	76,1	357	13,2	40	13,1
89	**Genius[E]**	46,7	77,2	381	11,7	29	12,6	44,2	77,1	382	13,3	37	13,5
104	**Gentleman[B]**	45,0	74,6	338	10,5	24	13,2	46,3	76,7	375	12,6	30	14,7
34	Hansel[CK]	41,4	75,5	265	11,8	20	13,3	36,7	75,3	309	12,3	18	14,4
6	**Hobby[B]**	51,0	78,9	295	12,1	41	12,6	49,0	79,0	307	12,6	41	13,9
7	**Illusion[A]**	50,6	77,3	329	13,2	33	13,2	51,1	76,7	275	13,1	31	13,6
8	**Inka[B]**	52,5	74,2	169	12,0	31	12,9	51,6	74,6	200	12,6	33	13,6
115	Intensity	46,9	75,1	341	10,3	25	12,7	45,6	76,2	354	11,4	30	14,3
27	IS Agili[sE]	51,7	77,2	146	14,5	40	9,6	51,6	76,4	176	14,3	43	11,4
30	IS Conditor[CK]	46,7	73,3	264	11,1	14	13,6	42,0	72,1	269	12,2	17	14,3
29	IS Rubicon[B/C]	58,5	74,4	291	11,2	31	12,9	57,1	74,1	346	12,0	34	14,5
28	IS Spirellina[E]	57,2	76,5	111	13,9	40	10,3	58,2	77,2	140	15,3	43	11,1
57	Izalco CS[E]	44,7	78,6	272	14,7	46	11,4	45,0	78,1	300	14,7	50	11,9
88	**Johnson[C]**	41,5	71,0	316	10,4	20	14,7	40,7	70,9	255	11,9	24	15,0
9	**Julie[E]**	56,6	77,5	277	12,3	40	12,5	52,5	76,5	261	13,1	43	13,1
10	**Kalbex[CK]**	50,7	75,6	338	12,3	23	13,6	50,8	75,7	326	13,0	23	15,3
33	Kamerad[B]	46,9	74,9	310	11,2	25	13,4	45,2	75,8	305	11,3	26	14,7
90	Karoque[A]	49,5	75,3	346	10,9	25	12,8	47,7	75,9	368	13,0	34	13,9
73	Keanu[B/C]	47,0	77,0	325	10,0	20	12,2	46,3	77,6	331	11,2	26	14,3
108	Kilas[A/B]	47,8	75,5	354	9,9	20	12,6	44,7	75,2	302	12,0	26	13,6
61	KM 11-23	46,2	77,6	300	13,3	24	10,4	48,7	75,8	257	13,4	25	11,5
35	Komponist[E]	43,0	76,1	352	11,7	34	13,1	41,6	76,2	365	12,7	37	14,6
125	**KWS Donovan[B]**	42,9	75,7	315	11,0	25	13,5	45,2	76,8	301	12,9	30	15,3
124	**KWS Elementary[A]**	43,7	77,9	360	11,3	30	14,1	43,3	78,0	390	13,7	42	15,0
122	KWS Emerick[E]	49,9	77,8	334	11,6	31	13,1	48,8	77,9	344	13,2	40	14,4
131	KWS Keitum[C]	48,6	71,9	181	10,0	17	13,5	51,3	72,9	206	11,4	21	15,6
130	**KWS Peplum[C]**	53,0	77,5	316	10,3	22	13,2	51,9	77,5	323	11,2	26	15,5
128	KWS Ultim[A]	49,1	77,1	316	11,0	28	13,0	46,7	76,5	353	11,8	34	14,5
38	LD Chaine[A/B]	55,3	75,0	257	11,5	28	12,1	50,2	74,1	305	11,5	30	13,9
25	**LG Abrazo[C]**	53,7	75,1	301	10,9	24	14,2	51,1	75,3	311	11,5	27	15,0

Tab. 2 pokračování: Kvalita 115 odrůd ozimé pšenice ve dvou technologiích pěstování. Tučným písmem jsou uvedeny u nás registrované odrůdy. Odrůdové pokusy Kroměříž, 2025.

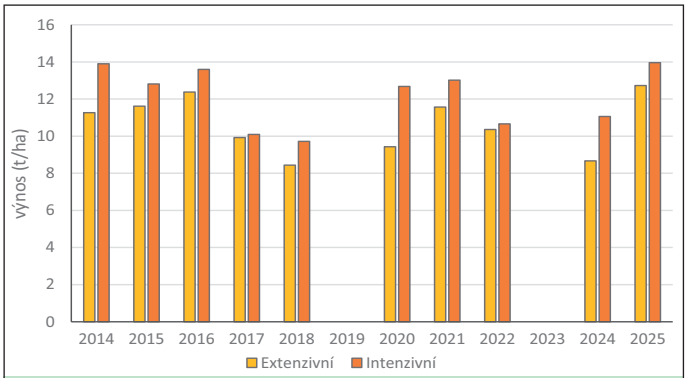
		extenzivní						intenzivní					
Č.	**Odrůda**	**HTZ (g)**	**OH (kg/hl)**	**FN (s)**	**NL (%)**	**SEDI (ml)**	**Výnos (t/ha)**	**HTZ (g)**	**OH (kg/hl)**	**FN (s)**	**NL (%)**	**SEDI (ml)**	**Výnos (t/ha)**
17	**LG Absalon[A]**	47,9	76,5	307	12,2	31	13,3	44,0	77,2	360	12,8	35	13,4
20	**LG Aikido[B]**	48,0	77,1	367	11,5	30	14,6	47,5	76,5	393	12,4	33	15,2
22	**LG Atelier[A]**	46,9	78,7	320	11,2	33	14,2	43,3	78,3	350	12,6	40	15,2
23	**LG Keramik[B]**	44,7	75,6	321	11,1	31	14,2	47,9	76,3	328	12,0	33	15,8
24	**LG Lunaris[C]**	47,8	74,2	225	10,8	26	15,0	42,6	74,9	189	11,6	29	15,0
18	**LG Mondial[C]**	50,2	76,0	341	11,4	26	14,2	44,2	75,0	293	12,2	28	15,2
19	**LG Niklas[CK]**	45,2	74,1	304	10,7	18	15,1	38,5	73,2	302	12,3	21	15,7
58	LID Saraband[A]	48,4	76,9	347	12,3	28	13,3	47,2	76,3	323	12,6	28	14,2
11	**Luxus[A]**	54,4	77,8	316	12,9	43	12,9	50,7	77,0	281	13,2	41	14,2
66	Mno-13-22	49,5	75,7	343	13,7	36	10,2	49,7	72,6	316	12,9	35	11,3
63	Mno-16-23 (Wor-11-22)	29,6	67,9	96	17,4	21	4,1	30,4	67,7	86	18,7	25	4,3
64	Mno-4-23	43,4	73,5	329	10,5	20	11,3	44,0	73,9	349	11,6	21	13,0
65	Mno-6-22	49,2	75,3	284	13,1	26	9,2	51,1	72,0	281	13,7	28	10,7
26	Mohican[E/A]	50,7	78,7	282	11,5	30	13,4	48,0	78,4	281	12,4	35	14,5
12	**Netta[B]**	50,3	76,4	271	12,4	29	13,3	48,8	74,9	193	13,1	32	13,8
123	Nox[E/A]	48,0	79,5	366	11,8	34	12,6	49,2	78,6	401	13,7	42	13,8
105	Obiwan[A/B]	47,9	74,3	324	10,1	23	14,0	48,1	75,2	291	11,6	27	14,8
95	Ostoja[A]	52,4	74,4	345	10,2	25	12,5	48,2	74,0	350	11,9	32	13,9
86	**Pallas[A]**	50,5	77,1	327	11,1	32	13,3	49,8	77,7	380	13,3	39	14,0
32	**Partner[B]**	46,1	73,7	316	11,3	30	13,7	42,8	72,4	301	12,1	31	14,4
74	Ponticus[E]	42,6	76,4	391	11,9	32	11,8	44,1	77,5	413	13,8	47	13,4
85	**Pontiform[A]**	48,5	75,7	401	11,5	36	13,4	53,2	76,9	411	12,7	42	14,2
119	Prestance	45,2	77,2	341	10,0	24	13,3	45,2	78,2	386	11,7	31	14,6
112	Providence[A]	50,2	75,3	288	9,9	22	12,1	47,7	76,4	338	11,9	31	14,5
13	**Registana[B]**	52,7	76,7	280	12,8	36	13,4	50,7	75,4	302	13,2	36	14,3
79	Revolver[C]	42,4	73,2	345	10,5	31	14,5	43,1	74,2	346	11,5	34	14,9
68	RGT Borsalino[A]	48,4	76,3	280	10,5	23	13,5	49,2	77,8	318	12,6	31	13,6
70	**RGT Davirio[C]**	56,6	77,8	297	11,1	27	11,4	53,6	78,5	343	12,9	36	12,6
78	RGT Depot[A]	43,0	72,0	323	11,4	30	13,3	44,6	73,3	360	12,3	35	13,9
77	RGT Kreation[A]	39,3	73,8	353	10,9	28	13,5	40,3	76,2	365	12,0	32	14,7
75	RGT Reform[A]	45,8	76,2	368	10,5	28	13,5	48,7	77,8	384	11,6	34	14,1
72	**RGT Sacramento[C]**	48,7	75,3	320	10,0	17	11,1	48,4	76,6	349	11,5	24	14,2
71	RGT Venezio[A]	52,6	75,9	325	10,6	21	11,6	52,5	77,2	360	12,3	28	13,1
53	**Safari[B]**	46,9	74,5	204	11,0	27	14,3	41,2	74,5	202	11,6	30	14,8
14	**Skif[A]**	47,1	74,9	328	11,8	30	14,0	45,3	74,8	296	12,6	32	15,2
55	Sofru[A/B]	54,0	76,3	112	11,9	30	13,9	53,3	75,6	220	12,4	34	15,3
56	Solindo CS[B]	48,2	77,1	320	12,6	30	13,4	48,9	77,4	352	12,6	31	15,3
92	SU Astragon[C]	51,1	75,0	218	10,9	15	13,0	44,8	74,8	221	12,2	22	13,6
43	SU Habanero[A/B]	50,1	76,6	321	11,4	31	13,7	48,2	75,9	343	11,2	30	14,5
87	**SU Tarroca[B]**	51,7	74,5	253	11,1	23	14,2	53,4	76,0	264	13,0	29	15,1
129	SY Rocinante[A]	52,5	76,1	302	10,9	26	13,8	49,7	75,6	316	11,6	30	15,2
51	SY Transition[A]	45,4	76,4	352	11,8	33	14,4	44,9	75,9	326	11,9	31	15,0
15	Tario[E]	49,2	78,7	300	12,0	40	13,2	45,8	77,8	239	12,7	43	14,4
46	Tonnage[C]	48,5	71,0	167	9,8	15	14,0	42,8	69,8	166	10,5	15	14,5
69	Viriato[A]	52,5	78,1	328	11,2	25	11,2	52,2	78,0	359	12,6	32	12,4
94	Vistula[A]	55,1	75,1	314	10,1	24	12,7	44,6	75,2	351	11,9	34	14,4
52	Winner[B/C]	44,5	76,0	301	11,1	22	14,1	43,3	74,7	293	11,6	25	14,4
118	Winner[B/C]	43,3	75,3	296	10,0	20	13,4	42,3	75,3	327	11,7	25	14,8
106	**WPB Calgary[B]**	46,6	72,7	343	10,1	20	13,1	44,6	73,2	349	12,2	31	15,3
109	**WPB Devon[A]**	49,4	76,7	353	10,7	29	12,4	48,7	76,9	339	12,2	38	15,0
126	**Xenie[B]**	46,5	76,5	282	10,7	23	13,3	44,6	77,7	354	12,2	31	14,6
	Průměr	48,4	75,8	306	11,4	28	12,7	47,2	75,9	317	12,5	32	14,0

Výsledky

Výsledné hodnoty pro jednotlivé odrůdy a technologie jsou uvedeny v Tab. 2.

Výnos

V EXT byl průměrný výnos odrůd 12,7 t/ha (odrůdové rozmezí od 4,1 t/ha do 15,1 t/ha), v INT 14,0 t/ha (4,3–15,8 t/ha), tj. +1,3 t/ha (+10 %) oproti EXT. Rozdíl mezi technologiemi je statisticky průkazný. Srovnání s předchozími lety ukazuje Obr. 1. Průměr předchozích let 2014–2024 byl v EXT 10,40 t/ha, v INT 11,95 t/ha. Ve dvou letech výnosy nemohly být vyhodnoceny, a to kvůli poškození hraboši (2019) nebo trvale deštivému počasí v období sklizně (2023). Průměrný výnos odrůdového pokusu za obě technologie byl v roce 2025 nejvyšší za celé období, a to



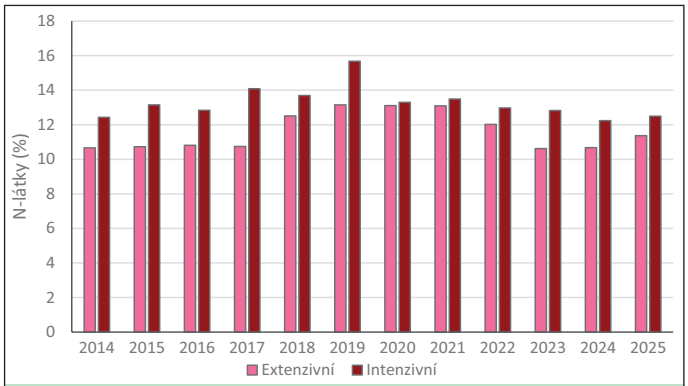
Obr. 1: Výnos v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2014–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy. V letech 2019 a 2023 nebyl výnos hodnocen.

13,3 t/ha, dosud nejvyšší byl v roce 2016 (13,0 t/ha). Nejvyšší byly i průměrné výnosy v jednotlivých technologiích, dosud nejvyšší v INT byl v roce 2014 (13,9 t/ha), v EXT 2016 (12,3 t/ha). Přírůstek v INT byl naopak v roce 2025 (+10 %) průměrný až podprůměrný, průměr za předcházející roky je +15 %. Nejvyšší přírůstky byly zaznamenány v letech 2020 (+34 %) a 2024 (+28 %), nejnižší 2017 (+2 %) a 2022 (+3 %).

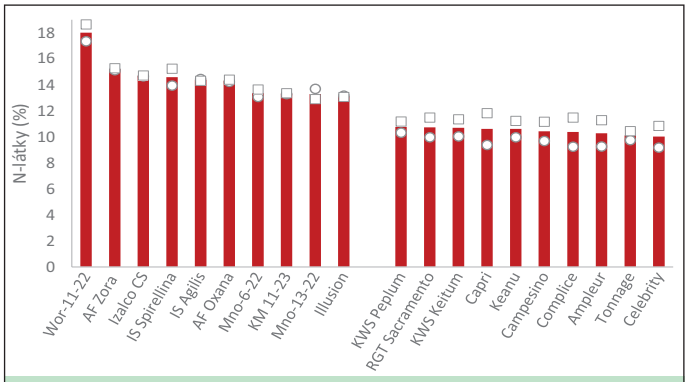
Obsah N-látek (NL)

Průměrná hodnota obsahu NL v EXT byla 11,4 % (odrůdové rozmezí od 9,2 % do 17,4 %), v INT 12,5 % (10,5–18,7 %), tj. +1,1 % oproti EXT). Rozdíl mezi technologiemi je statisticky průkazný. Převážná většina odrůd měla vyšší obsah NL v INT. Minimální rozdíly mezi technologiemi (do ±0,5 %) mělo 21 odrůd, větší pokles mělo jedno novošlechtění (–0,8 %). Na druhou stranu, 17 odrůd dosáhlo nárůstu alespoň 2,0 %. Nejvyšší nárůst (více než 3 %) měly odrůdy Barranco[E] (+3,6 %) a Axioma[E] (+2,8 %). Srovnání s předchozími lety ukazuje Obr. 2. Vyplývá z něj, že zatímco v EXT se průměrný obsah NL v roce 2025 (11,4 %) blíží k průměru předchozích let (11,6 %), v INT patří k nejnižším (2025: 12,5 %, průměr let 13,3 %). Souvislost je nutno hledat s vysokým dosaženým výnosem. Ještě o něco nižší byl obsah NL v INT v roce 2014 (12,4 %), kdy byl v INT výnos druhý nejvyšší (2025: 14,0 t/ha; 2014: 13,9 t/ha).

Krajní hodnoty obsahu NL v souboru odrůd jsou znázorněny na Obr. 3. Nejvyšší obsah NL v průměru obou technologií mělo novošlechtění Wor-11-22 (18,0 %), z uznaných odrůd pak AF Zora[B] (15,2 %), následována IS Izalco[E] (14,7 %). U této odrůdy je zajímavé, že vysoká hodnota NL byla shodná v INT i v EXT. Průměrný obsah více než 13,0 % mělo dalších 10 odrůd, a to 4 odrůdy třídy E (Escort, Axioma, IS Agilis, IS Spirelina), dvě třídy A (Artimus, Illusion), jedna třídy B (AF Oxana, s barevným zrnem) a tři novošlechtění. Naopak nejnižší průměrný obsah NL měly odrůdy Tonnage[C] (10,1 %) a Celebrity[E] (10,0 %).



Obr. 2: Hodnoty obsahu N-látek v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2014–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy.

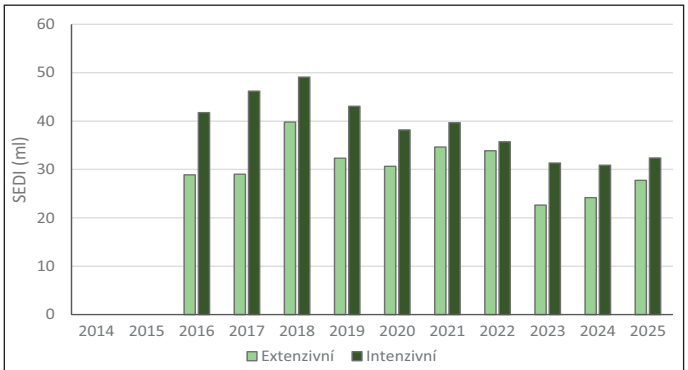


Obr. 3: Odrůdy s nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou obsahu N-látek a hodnoty v extenzivní (○) a intenzivní (□) technologii, odrůdový pokus Kroměříž 2025.

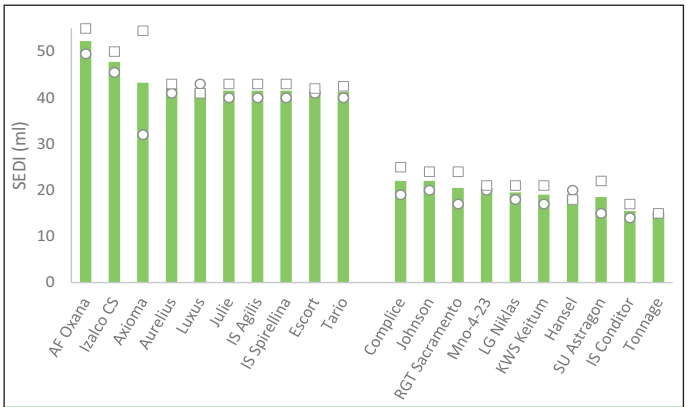
Norma pro potravinářskou pšenici požaduje u pekárenských odrůd obsah NL min 11,5 %. V EXT tento požadavek splnily cca dvě pětiny odrůd (48, tj. 42 %) a v INT většina odrůd (101, tj. 89 %). Obsah v INT vyšší než 14,0 % mělo 7 odrůd – 4×E, 2×B a 1× novošlechtění.

Zelenyho sedimentační test (SEDI)

Průměrná hodnota SEDI v EXT byla 28 ml (jednotlivé odrůdy od 14 ml do 50 ml) a v INT 32 ml (15–55 ml). Rozdíl 4 ml mezi technologiemi je statisticky průkazný. Většina odrůd měla vyšší SEDI v INT, přibližně srovnatelné hodnoty (rozdíl ±2 ml) mělo 31 odrůd a snížení dvě odrůdy – Foxx[A] (–3 ml) a AF Jumiko[B] (–4 ml). Nejvyšší nárůst měly odrůdy Axioma[E] (+23 ml), Barranco[E] (+18 ml) a Pon-



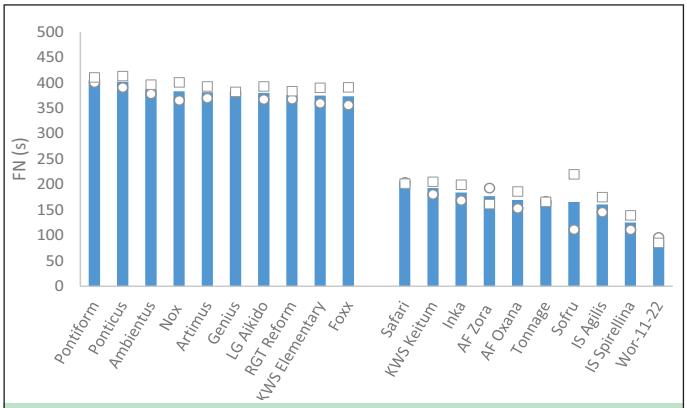
Obr. 4: Hodnoty sedimentačního Zelenyho testu (SEDI) v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2016–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy. V letech 2014 a 2015 nebyl SEDI hodnocen.



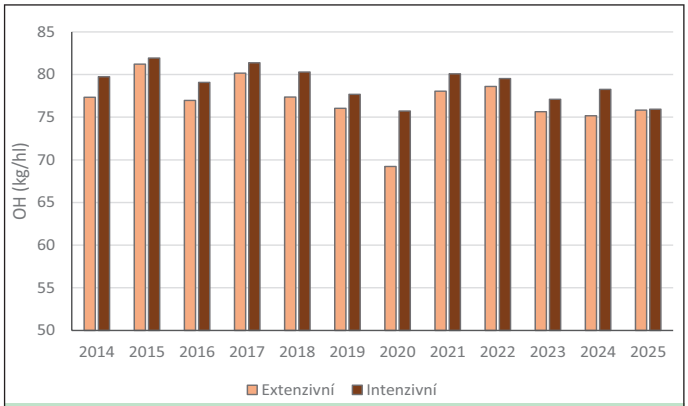
Obr. 5: Odrůdy s nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou Zelenyho testu a hodnoty v extenzivní (○) a intenzivní (□) technologii, odrůdový pokus Kroměříž 2025.



Obr. 6: Hodnoty čísla poklesu (FN) v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2014–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy.



Obr. 7: Odrůdy s nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou čísla poklesu a hodnoty v extenzivní (○) a intenzivní (□) technologii, odrůdový pokus Kroměříž 2025.



Obr. 8: Hodnoty objemové hmotnosti (OH) v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2014–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy.

ticus[E] (+15 ml). SEDI je v odrůdových pokusech hodnocen od roku 2016 (Obr. 4). Průměrná hodnota obou technologií roku 2025 (30 ml) je vyšší než předchozí dva roky, které měly nejnižší hodnoty za sledovanou řadu let, a to 2024 – 28 ml a 2023 – 27 ml. Nejvyšší průměrnou hodnotu SEDI měly odrůdy v roce 2018 (44 ml).

Krajní hodnoty SEDI z celého souboru jsou znázorněny na Obr. 5. Nejvyšší hodnotu SEDI v průměru obou technologií měly odrůdy AF Oxana[B] (52 ml) a Izalco CS[E] (48 ml), nejnižší hodnoty odrůdy IS Contidor[CK] (16 ml) a Tonnage[C] (15 ml).

Norma pro pšenici pekárenskou požaduje hodnotu SEDI min. 30 ml. V EXT tento požadavek splnily téměř dvě pětiny odrůd (44, tj. 38 %), většinou se jednalo o odrůdy třídy E a A. V INT to byly dvě třetiny odrůd (75, tj. 66 %). Hodnotu 35 ml a vyšší mělo v EXT 15 odrůd, v INT 38 odrůd.

Číslo poklesu (FN)

Průměrná hodnota FN v EXT byla 306 s (odrůdové rozmezí 96–401 s), v INT 317 s (85–413 s). Rozdíl mezi technologiemi (+11 s) je statisticky průkazný, z praktického hlediska však při takto vysokých hodnotách význam nemá. Jednotlivé odrůdy měly rozdíl mezi EXT a INT od +109 s (Sofru[A/B]) do –78 s (Netta[B]). Srovnání s předchozími lety ukazuje Obr. 6. Průměrné hodnoty se ve všech letech pohybovaly nad 300 s, což vypovídá o tom, že polní pokusy byly obvykle sklizeny včas a nedocházelo k poškození deštivým počasím.

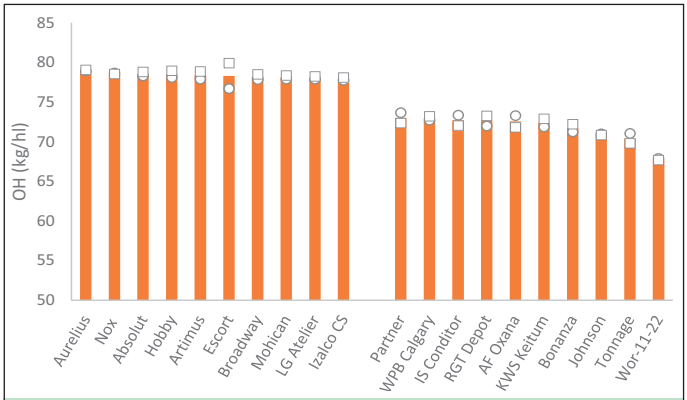
Požadavek normy pro potravinářskou pšenici (min 220 s) splnilo 90 % odrůd v obou technologiích. FN nižší než 220 s mělo v obou technologiích devět odrůd, pouze v INT odrůdy LG Lunaris[C] a Netta[B], pouze v EXT Sofru[A/B], Bonanza[C] a SU Astragon[C]. Krajní hodnoty FN celého souboru jsou znázorněny na Obr. 7. V průměru obou technologií měly dvě odrůdy více než 400 s a 84 odrůd (tj. 74 %) více než 300 s.

Objemová hmotnost (OH)

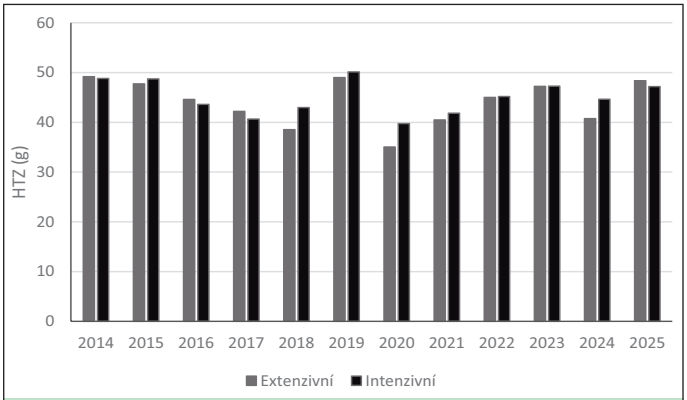
Průměrná hodnota OH v EXT byla 75,8 kg/hl (odrůdové rozmezí od 67,9–79,8 kg/hl), v INT 75,9 kg/hl (67,7–79,9 kg/hl; oproti EXT +0,1 kg/hl). Ze statistického hlediska se jedná o neprůkazný rozdíl, tj. průměr odrůd v EXT a INT je srovnatelný. Odpovídá tomu i reakce jednotlivých odrůd, kdy přibližně srovnatelnou OH v obou technologiích (do ±0,9 kg/hl) mělo 75 odrůd (tj. 65 %), pokles (o 1,0 až 2,7 kg/hl) byl zaznamenán u 10 odrůd a 3 novošlechtění (11 %), ostatní odrůdy (24 %) měly OH v INT vyšší. Nejvyšší nárůst měly odrůdy Capri[A] (+2,9 kg/hl) a Escort[E] (+2,4 kg/hl). Ve srovnání s předchozími lety (Obr. 8) byly v roce 2025 hodnoty OH výrazně podprůměrné (průměr let 2014–2024: EXT 76,9 kg/hl; INT 79,2 kg/hl) a přírůstek +0,1 kg/hl je nejnižší v celé řadě let. V EXT je OH čtvrtá nejnižší, úplně nejnižší byla v roce 2020 (průměr 69,2 kg/hl), kdy bylo silné napadení klasovými fuzárii. V INT je v roce 2025 (75,9 kg/hl) druhá nejnižší po roce 2020 (průměr 75,7 kg/hl), v roce 2024 byla výrazně vyšší (78,3 kg/hl).

Krajní hodnoty OH z celého souboru jsou znázorněny na Obr. 9. Nejvyšší OH v průměru obou technologií měla odrůda Aurelius[E] (79,4 kg/hl), dalších 12 odrůd mělo více než 78,0 kg/hl. Nejnižší průměrnou OH mělo novošlechtění Wor-11-22 (67,8 kg/hl) a odrůda Tonnage[C] (70,4 kg/hl).

Norma pro potravinářskou pšenici požaduje OH min 76 kg/hl. V EXT to splnila polovina odrůd (57, tj. 50 %) a v INT lehce přes polovinu (63 odrůd, tj. 55 %).



Obr. 9: Odrůdy s nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou objemové hmotností a hodnoty v extenzivní (○) a intenzivní (□) technologii, odrůdový pokus Kroměříž 2025.



Obr. 10: Hmotnost tisíce zrn v kroměřížských odrůdových pokusech v extenzivní a intenzivní technologii v letech 2014–2025. Je uveden průměr pro všechny odrůdy.

HTZ

V průměru všech odrůd byla hodnota HTZ v EXT 48,4 g (odrůdové rozmezí 29,6–55,5 g) a v INT 47,2 g (30,4–58,2 g). Rozdíl –1,2 g pro INT je statisticky průkazný, srovnání s předchozími lety ukazuje Obr. 10. Absolutní hodnoty HTZ se v pokusných letech dosud pohybovaly v EXT od 35,0 g (2020) do 49,2 g (2014), v INT od 39,8 g (2020) do 50,1 g (2019). Rozdíly mezi EXT a INT se u jednotlivých odrůd pohybovaly od –10,5 g (Vistula[A]) po +10,6 g (Celebrity[E]). Krajní hodnoty HTZ z celého souboru jsou znázorněny na Obr. 11. Nejvyšší hodnotu v průměru obou technologií měla odrůda IS Rubicon[B/C] (57,8 g), více než 50 g mělo dalších 33 odrůd. Nejnižší HTZ mělo novošlechtění Wor-11-22 (30,0 g).

Hodnocení podílu odrůd vyhovujících ČSN pro pšenici pekárenskou

Ve čtyřech hodnocených parametrech současně (OH, FN, SEDI, NL) vyhovělo požadavkům na pšenici pekárenskou v intenzivní technologii 41 % odrůd a v extenzivní 22 %. V INT byla nejméně vyhovující OH (vyhovělo 55 %) před Zelenyho testem (66 %), obsahem N-látek (89 %) a FN (90 %). V EXT došlo k propadu podílu vyhovujících odrůd zejména v Zelenyho testu (38 %) a obsahu N-látek (42 %), na OH vyhovělo 50 % a pro FN zůstalo 90 %.

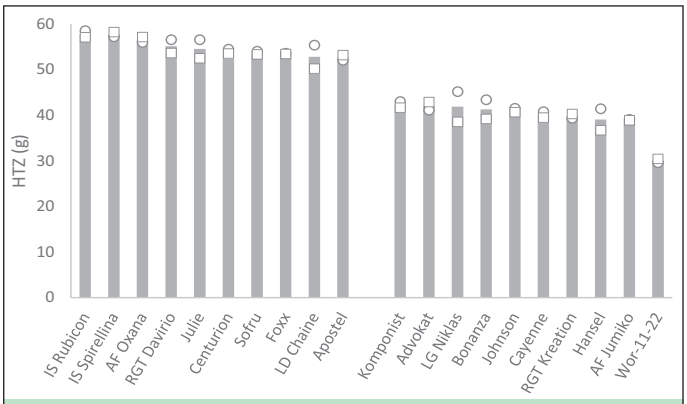
Vyhodnocení odrůd podle jakostních tříd

Intenzivní technologie: Žádná odrůda nesplnila požadavky kladené na třídu „E“ (min hodnoty: OH – 79,0 kg/hl, FN – 286 s, NL – 12,6 %, SEDI – 49 ml). U 5 odrůd chyběl pouze jeden z parametrů. U odrůd Aurelius[E], Escort[E] a Hobby[B] bylo nižší SEDI (41-43 ml), limit pro OH nesplnily odrůdy Izalco [E] (78,1 kg/hl) a Axioma [E] (76,6 kg/hl). Požadavky na „A kvalitu“ (min hodnoty: OH – 78,0 kg/hl, FN – 226 s, NL – 11,8 %, SEDI – 35 ml) splnilo 12 (10 %) odrůd a 61 (53 %) odrůd na „kvalitu B“ (min hodnoty: OH – 76,0 kg/hl, FN – 196 s, NL – 11,0 %, SEDI – 21 ml). Nejčastější příčinou, proč odrůdy ani v intenzivní technologii nevyhověly pekárenské A kvalitě, byla nižší hodnota OH (splnilo pouze 13 %), méně často SEDI (splnilo 33 %). Z 45 registrovaných odrůd dosáhlo na „A kvalitu“ šest (Absolut[A], Ambientus[A], Hobby[B], KWS Elementary[A], LG Atelier[A] a RGT Davirio[C]). Nepekárenská odrůda KWS Peplum[C] splnila kvalitativní požadavky třídy B pekárenských odrůd.

Extenzivní technologie: Žádná odrůda nesplnila požadavky na „E kvalitu“, čtyři splnily na „A kvalitu“ (Aurelius[E] a Hobby[B], Izalco CS[E] a Tario[E]) a 40 (35 %) na „kvalitu B“.

Hodnocení pečivárenských odrůd

Na rozdíl od pekařské výroby (kynutá těsta) jsou v pečivárenské výrobě (sušenky, oplatky) vysoké hodnoty SEDI a obsahu NL spíše nežádoucí. Proto je podle ČSN 46 1100-2 pro pečivárenské pšenice



Obr. 11: Odrůdy s nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou HTZ a hodnoty v extenzivní (○) a intenzivní (□) technologii, odrůdový pokus Kroměříž 2025.

(C_K) požadován obsah NL ve výši maximálně 11,5 % a SEDI maximálně 25 ml. V odrůdovém pokuse byly čtyři odrůdy kategorie C_K, a to Hansel, IS Conditor, Kalbex a LG Niklas (Tab. 2). Ve všech čtyřech parametrech současně nevyhověla žádná odrůda. Největší problém měly C_K odrůdy se splněním požadavku na OH (min. 76 kg/hl, stejně jako u pekárenské pšenice), ve kterém nevyhověla žádná odrůda v EXT ani INT (nejvyšší hodnota 75,7 kg/hl). Obsah NL (max 11,5 %) splnily v EXT dvě odrůdy – LG Niklas[CK] (10,7 %) a IS Conditor[CK] (11,1 %), odrůda Hansel[CK] měla NL nepatrně vyšší (11,8 %), odrůda Kalbex 12,3 %. V INT byl u všech C_K odrůd obsah NL vyšší než 12,0 %. Všechny odrůdy v obou technologiích pěstování vyhověly požadavku na FN, který je shodný s požadavkem na pekárenské pšenice (220 s) a všechny také vyhověly požadavku na SEDI (max. 25 ml).

Diskuse

V kroměřížských odrůdových pokusech byla v roce 2025 hodnocena kvalita 115 odrůd a novošlechtění ozimé pšenice pěstovaných ve dvou kontrastních technologiích – extenzivní (79 kg N/ha, bez fungicidů a regulátorů) a intenzivní (174 kg N/ha, 3× fungicid, 4× regulátor).

Výsledky odrůdových pokusů sklizně 2025 jsou charakterizovány zejména rekordním výnosem, a to jak v průměru obou technologií (13,3 t/ha), tak i v každé z obou technologií (EXT 12,7 t/ha, INT 14,0 t/ha). Přírůstek výnosu (+10 %) byl ve srovnání s průměrem let (+15 %) nižší. Hodnocení výsledků těchto pokusů od roku 2014 ukazuje, že existuje negativní souvislost přírůstku výnosu s úrovní výnosu v EXT (korelační koeficient -0,40), tj. v letech s nižším výnosem v EXT jsou přírůstky v po zvýšení intenzity vyšší.

Obsah bílkovin (EXT 11,4 %, INT 12,5 %) byl i přes vysoký dosažený výnos vyšší než např. v roce 2024 s výrazně nižším výnosem (průměr technologií 9,9 t/ha). Přírůstek obsahu NL v INT (+1,1 %) patří v řadě pokusných let k mírně nižším (průměr let +1,6 %), nejvyšší byl v roce 2017 (+3,4 %), kdy však zvýšení intenzity nemělo téměř žádný efekt na výnos (pouze +2 %). Velmi malý rozdíl v obsahu NL mezi technologiemi (+0,2 %) byl pozorován v roce 2020, přírůstek výnosu ovšem činil +34 %, což je nejvíce za pokusnou řadu let. Je třeba vzít v úvahu, že technologie se liší kromě úrovně hnojení také dalšími vstupy, a to fungicidy a růstovými regulátory, což se projevuje různě v závislosti na ročníku, podle průběhu počasí a tlaku chorob. Korelace mezi přírůstkem NL a obsahem NL v EXT je výrazně záporná (korelační koeficient -0,58), což stejně jako u výnosu ukazuje, že zvýšení intenzity se na obsahu NL více projevilo v letech s nízkým obsahem bílkovin v EXT.

Kvalita bílkovin, vyjádřená Zelenyho sedimentačním testem, byla v odrůdových pokusech roku 2025 lepší než v letech 2024 a 2023. Přírůstek 5 ml v INT patří stejně jako u obsahu bílkovin k nižším, přesto to byl hlavní důvod zlepšení kvality u téměř pětiny odrůd v intenzivní technologii z krmné na potravinářskou. V průměru let byl přírůstek v INT +9 ml, nejvíce v roce 2017 (+17 ml), nejméně +2 ml (2022).

Číslo poklesu bylo v roce 2025 nejnižší za sledovanou řadu let (průměr technologií 312 s), s určitým rozdílem mezi technologiemi (INT +11 s). Odpovídá to deštivému průběhu počasí v předsklizňovém období, kdy od začátku července do sklizně (29.7.2025) spadlo celkem 92 mm srážek a deštivých bylo 15 červencových dnů. Přesto požadavek normy pro potravinářskou pšenici (min 220 s) splnilo 90 % odrůd a tři čtvrtiny odrůd mělo více než 300 s.

Deštivé počasí v závěru vegetace se pravděpodobně také podepsalo na celkově nízké OH, která byla pod průměrem předcházejících let, a to zejména v INT technologii (2025: 75,9 kg/hl, průměr 2014–2024: 79,2 kg/hl). Zvýšení intenzity se na OH téměř vůbec neprojevilo a přírůstek v INT +0,1 kg/hl je nejnižší za sledovanou řadu let (průměr 2014–2024: +2,3 kg/hl, min + 0,7 kg/hl v roce 2015, max +6,5 kg/hl v roce 2020). Kromě deštivého počasí se na nízké OH mohly podílet i faktory spojené s vysokým dosaženým výnosem.

Závěr

Průběh vegetace v roce 2025 byl pro ozimou pšenici příznivý a v odrůdovém pokuse byl dosažen jak vysoký výnos, tak také dobrá kvalita, zejména s ohledem na obsah a kvalitu bílkovin. Odpovídá to také výsledkům hodnocení kvality pšenice sklizené v roce 2025 v ČR obecně. Vyšší úroveň technologie pěstování měla u většiny odrůd pozitivní dopad. V intenzivní technologii byl v průměru odrůd vyšší výnos (+ 10 %), obsah NL (+1,1 %), SEDI (+5 ml) a číslo poklesu (+11 s). Objemová hmotnost byla u obou technologií srovnatelná a celkově byla v pokusu velmi nízká. U přibližně pětiny odrůd došlo při zvýšení úrovně technologie pěstování ke zlepšení kvality pšenice z krmné na potravinářskou.
(Recenzováno)

Poděkování

Výsledky byly získány s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotestu fyto, s.r.o. (MZE-RO1123).

Literatura

Horáková, V., Dvořáčková, O., Nečas, M. (2025): Seznam doporučených odrůd 2025. Přehled odrůd 2025. ÚKZÚZ Brno.

Polišenská, I., Jirsa, O., (2025): Kvalita obilovin ze sklizně 2025. Mlynářské noviny, 36(4), 2–7.

Pšenice – nutričně významná potravina – 2. část: Mikroživiny

(Wheat – nutritionally important food – Part 2: Micronutrients)

Pavlína Podloucká, Ivana Polišenská
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

Souhrn: Pšenice (latinsky *Triticum*) patří mezi základní potraviny poskytující značnou část potřebné energie a základních živin ve stravě, jako jsou sacharidy (škrob, vláknina), tuky a bílkoviny. Nicméně vedle základních živin jsou v zrnu přítomné látky, které jsou zastoupeny v daleko nižších koncentracích, ale jsou nezbytné pro správnou funkci živých organismů. Zrno pšenice je důležitý zdroj minerálních látek, a to jak (i) makroprvků (Ca, P, Mg, K), tak i (ii) mikroprvků (Fe, Zn, Mn, Cu, Se a další). Dále v zrnu najdeme vitamíny skupiny B, které hrají nezastupitelnou roli v celé řadě metabolických dějů, a v klíčku vitamín E, který patří mezi nejznámější antioxidanty. Dalšími látkami s antioxidační aktivitou jsou karotenoidy, které jsou zodpovědné za nažloutlý odstín mouky, a také polyfenolické sloučeniny, jejichž pozitivní vliv na zdraví je v poslední době hojně studován. Všechny zmíněné látky se nacházejí zejména v obalových vrstvách zrna pšenice (otruby) a v klíčku. Proto pokud je chceme plně využít k našemu prospěchu, je vhodné dávat přednost celozrnné variantě potravin.
Klíčová slova: pšenice, mikroživiny, minerální látky, vitamín E, vitaminy skupiny B, polyfenolické látky

Abstract: Wheat (Triticum) is a staple food, providing a significant portion of the necessary energy and essential nutrients in the diet. These include carbohydrates (starch and fiber), fats, and proteins. In addition, the grain contains substances that are present in much lower concentrations, but they are still essential for the proper functioning of living organisms. Wheat grains are a good source of minerals, both macroelements (Ca, P, Mg, K, and others) and microelements (Fe, Zn, Mn, Cu, Se, and others). The grain also provides B vitamins, which are indispensable in various metabolic processes. The germ is rich in vitamin E, one of the most well-known antioxidants. Other antioxidant substances include carotenoids, which give flour its yellow tint, and polyphenolic compounds, whose positive effects on human health have been widely studied. All of these substances are mainly found in the outer layers of the wheat grain (bran) and in the germ. Therefore, to maximize their positive effects, it is advisable to choose whole-grain foods.
Key Words: wheat, micronutrients, minerals, vitamin E, vitamins of B group, polyphenols

Úvod:

Pšenice (latinsky *Triticum*) patří mezi základní potraviny a ve výživě člověka hraje důležitou roli už několik tisíciletí. Díky své dobré adaptabilitě, vysoké produktivitě, dobré skladovatelnosti a zejména kvalitativním parametrům se pšenice stala celosvětově druhou nejvíce pěstovanou plodinou. Na poli se nejčastěji setkáváme s odrůdami pšenice seté (*T. aestivum*), používanými hlavně pro pekařské účely, a odrůdami pšenice tvrdé (*T. durum*), používanými pro výrobu těstovin. Nicméně v poslední době roste zájem o nové a zdravé potraviny, a proto získávají pozornost i tzv. „starší" druhy pšenice jako je špalda, jednozrnka a dvouzrnka. U pšenice se můžeme setkat s celou řadou klasifikací, které odráží jejich různé vlastnosti. Podle přítomnosti pigmentu v obalových vrstvách zrna se můžeme setkat s odrůdami pšenice s bílou, červenou, modrou, purpurovou či černou barvou zrna. Podle množství bílkovin a odolnosti zrna vůči mletí se dělí na tvrdé a měkké pšenice a podle způsobu vegetace na ozimé a jarní odrůdy. Z genetického hlediska se pšenice rozlišují podle počtu chromozómů. Pšenice jednozrnka je diploid, tj. má dvě sady chromozómů, pšenice dvouzrnka a tvrdá pšenice jsou tetraploidy (čtyři sady chromozómů), a pšenice setá a špalda jsou hexaploidní, mají tudíž šest sad chromozómů (Brouns a kol. 2022).

Diskuze o tom, který druh pšenice je z nutričního hlediska hodnotnější, se vede dlouho, ale jasná odpověď doposud chybí. První část článku, která vyšla v Obilnářských listech 1/2026, jsme věnovali makroživnám v pšenici, tj. sacharidům, bílkovinám a tukům. Bylo konstatováno, že všechny druhy pšenice jsou dobrým zdrojem energie, která je v zrnu uložena zejména v podobě škrobu. Škrob je polysacharid, který se skládá ze dvou různých frakcí a je pro člověka dobře stravitelný. Tvoří 60–70 % sušiny obilek. V endospermu ho najdeme v podobě škrobových zrn, jejichž tvar a velikost jsou charakteristické pro jednotlivé druhy pšenice. Vlastnosti škrobových zrn, tj. nerozpustnost ve studené vodě, mazovatění při postupném zahřívání a retrogradace, ovlivňují kvalitu pečiva. Kromě škrobu jsou v zrnu i jednodušší sacharidy, které slouží jako zdroj energie pro růst nové rostliny a jako stavební jednotky pro složitější sacharidy. Zvláštní pozornost se dostává neškrobovým polysacharidům, které jsou součástí vlákniny. Celkový obsah vlákniny u celozrnné pšeničné mouky se udává mezi 10 a 19 %. Vláknina je doporučována jako prevence řady civilizačních chorob, protože zpomaluje průchod potravy v trávícím traktu, pomáhá odstraňovat odpadní látky z těla, ovlivňuje hladinu krevní glukózy a cholesterolu, působí jako kartáč střev a je substrátem pro mikroorganismy žijící v zažívacím traktu. Další výživově cennou složkou pšeničného zrna jsou bílkoviny. Jejich obsah v zrnu pšenice se pohybuje mezi 10 a 15 % a je ovlivněn nejen druhem a odrůdou pšenice, ale i počasím v průběhu vegetace a agrotechnickými postupy. Z pekařského hlediska jsou nejdůležitější tzv. lepkotvorné prolaminy a gluteliny, které jsou uložené v endospermu, tj. vnitřní části zrna. Právě díky těmto bílkovinám je mouka z pšenice seté schopna tvořit viskoelastické těsto s ideální kombinací elasticity a pevnosti, což z ní dělá ideální surovinu pro přípravu pekařských výrobků, a proto se stala chlebová pšenice setá nejpěstovanějším druhem pšenice. Z nutričního hlediska je pro člověka důležité aminokyselinové složení jednotlivých bílkovin. Lepkotvorné bílkoviny obsažené hlavně v bílé pšeničné mouce jsou na esenciální aminokyseliny, tj. aminokyseliny, které si lidský organismus nedokáže syntetizovat, poměrně chudé. Ostatní bílkoviny, přítomné v jiných částech zrna, jsou na esenciální aminokyseliny bohatší. Poslední makroživinou, která je však u pšenice zastoupena v porovnání se škrobem a bílkovinami jen minimálně, je tuk. Obsah tuku v zrnu pšenice je okolo 2 % a je zpravidla koncentrován v klíčku a aleuronové vrstvě. Starší odrůdy pšenice, jako je jednozrnka, dvouzrnka a špalda, mají obvykle vyšší obsah tuku než běžná pšenice setá. Pšeničný tuk se vyznačuje vysokým podílem nenasycených mastných kyselin (k. linolová, k. olejová a linolenová), které hrají důležitou roli v řadě metabolických dějů.

Vedle těchto makroživin jsou v zrnu pšenice uložené i další látky, jejichž koncentrace je v porovnání s makroživinami sice malá, ale jejich role pro správné fungování organismu je důležitá. Obecně se označují jako mikroživiny, protože je tělo potřebuje přijímat jen v malém množství. Působí totiž jako nezbytné katalyzátory a regulátory, které umožňují správný průběh nespočtu metabolických procesů – od podpory imunitního systému a správné funkce nervové soustavy až po ochranu buněk před oxidačním stresem. Mezi takové látky patří minerální látky, vitamíny a další sloučeniny, které mají různé biologické funkce.

Minerální látky

Minerální látky jsou nepostradatelné pro správnou funkci lidského organismu, v němž se účastní řady metabolických dějů, podílí se na tvorbě a růstu tkání, účastní se přenosu nervových vzruchů či molekul v těle. Proto jejich nedostatek může vést k vážným zdravotním problémům. Obiloviny a obzvlášť pšenice jsou ve výživě člověka důležitým zdrojem minerálních látek. Jak uvádějí Laskowski a kol. (2019), chleba, rohlíky a další pekařské výrobky konzumované v obvyklém množství mohou poskytnout až 49 % denního příjmu manganu, 25 % železa, 22 % mědi, 22 % zinku, 17 % fosforu, 18 % sodíku, 12 % draslíku a 9 % vápníku

Minerální látky dělíme podle množství potřebného pro člověka na (i) makro-prvky, jejichž denní dávka se pohybuje od 100 mg výš a (ii) mikro-prvky nebo také stopové prvky, jejichž denní dávka je pod zmíněnými 100 mg. Mezi nejvýznamnější makroprvky zastoupené v zrnu pšenice patří **fosfor** (součást kostí, zubů a nukleových kyselin, podílí na procesech tvorby a ukládání energie), **hořčík** (energetický metabolismus, podílí se na přenosu podnětů z nervů do svalů a na svalové kontrakci), **draslík** (udržování vodní a elektrolytové rovnováhy v těle, důležitý pro správnou funkci srdce), **vápník** (součást kostí a zubů, podílí se na vedení svalové kontrakce, srážlivost krve), **síra** (součástí aminokyselin a vitamínů, a je důležitá pro tvorbu bílkovin a zdraví vlasů, kůže a nehtů) a **sodík** (reguluje rovnováhu tekutin v těle, přenos vzruchů v nervové soustavě). Mezi stopovými prvky v zrnu pšenice najdeme **železo** (součást hemoglobinu a přenos kyslíku v organismu), **zinek** (důležitý pro imunitní systém, buněčné dělení, metabolismus bílkovin a tvorbu DNA), **měď** (má význam při tvorbě červených krvinek a v metabolismu železa), **selen** (antioxidant, správná funkce štítné žlázy a imunitního systému), **jód** (správná funkce štítné žlázy, která ovlivňuje metabolismus, růst a vývoj mozku), **mangan** (zdravý vývoj kostí, chrupavek a pojivových tkání), **chrom** (metabolismus sacharidů, tuků a bílkovin) a **molybden** (správné fungování enzymů v lidském těle, které se podílejí na metabolismu sirných aminokyselin, odstraňování toxinů a zpracování železa) a další.

Minerální látky v zrnu pšenice jsou navázány na bílkoviny nebo vlákninu. Bílkoviny vážou minerální ionty prostřednictvím aminokyselin, zatímco vláknina poskytuje povrch pro jejich absorpci. Jejich dostupnost pro konzumenta závisí na formě navázání. Příkladem může být fosfor a minerální látky, které jsou v rostlinách přítomné v podobě fytátů (Fe, Ca, Mg a Zn). Fytáty jsou špatně rozpustné sloučeniny, které lidský organismus nedokáže plně využít (Biel a kol. 2021). Pro lepší dostupnost minerálních látek

z takových sloučenin musí potraviny projít úpravou, a to buď tepelnou (pečení, vaření) nebo namáčením a klíčením.

Minerální látky nejsou v zrnu rozloženy rovnoměrně. V otrubách, klíčku a aleuronové vrstvě, ležící přímo pod obalovými vrstvami (otrubami), je jejich koncentrace daleko vyšší než v endospermu, tj. vnitřní škrobové části zrna (Tang a kol. 2008). Obsah jednotlivých prvků v zrnu pšenice závisí na druhu a odrůdě, výskytu jednotlivých prvků v půdě, na klimatických podmínkách a způsobu pěstování (Hussain a kol. 2010). V souvislosti s obilovinami je velmi často diskutován zejména obsah selenu, který má antioxidační vlastnosti a ve formě aminokyseliny selenocysteinu je nezbytnou složkou aktivního centra několika důležitých enzymů. Obsah selenu v půdě je v České republice nízký, a proto se doporučuje zvyšování jeho koncentrace v půdě pomocí hnojiv obohacených o selen.

Celkový obsah minerálních látek v zrnu pšenice se běžně stanovuje jako obsah popela, tj. spalováním materiálu při vysokých teplotách a udává se v %. Hodnoty pro pšenici se zpravidla pohybují od 1,5 do 3 %. Jednozrnka a dvouzrnka vykazují zpravidla vyšší obsah popela než běžná pšenice setá (Tab. 1). To může být z důvodu menší velikosti zrn, které mají vyšší obsah vlákniny, na kterou jsou minerální látky navázány.

Na Obr. 1 jsou znázorněny obsahy mikro- a makroprvků v různých druzích pšenice ve srovnání s doporučenou denní dávkou jejich příjmu v naší potravě. Je zřejmé, že výsledky se pro jednotlivé prvky liší a nelze jednoznačně konstatovat, která z pšenic je z pohledu obsahu minerálních látek nejhodnotnější. Např. na fosfor byla podle citovaných studií (Biel a kol. 2021; Beleggia 2018) nejbohatší běžně pěstovaná pšenice setá, následována dvouzrnkou a jednozrnkou, naopak obsah draslíku měla pšenice setá nejnižší a jeho nejvyšší hodnoty byly zjištěny u jednozrnky. Je třeba vzít v úvahu, že různé literární studie se v údajích o obsazích jednotlivých minerálů mohou odlišovat. Záleží totiž na odrůdách, které byly do studií zahrnuty, také na místě pěstování i na agrotechnice. Zajímavá a komplexní práce zaměřená na obsah železa, zinku a selenu byla publikována v roce 2009 (Zhao a kol. 2009), kdy autoři studovali 150 různých odrůd běžné pšenice seté a celkem 25 odrůd ostatních druhů pšenice (špalda, tvrdá, dvouzrnka a jednozrnka). Obsah selenu byl pro pšenici setou roven 99 µg/kg (min = 32,9 a max = 237,9), pro špaldu 209 µg/kg (min = 125,1 a max = 244,0), pro tvrdou pšenici 81 µg/kg (min = 38,5 a max = 146,1), pro dvouzrnku 229 µg/kg (min = 150,6 a max = 325,8) a pro jednozrnku 279 µg/kg (min = 178,5 a max = 440,0). Obsah zinku byl přibližně srovnatelný s hodnotami uvedenými na Obr. 1, obsah železa zjistili nižší. Výsledky studií se však shodují na tom, že vyšší obsahy minerálních látek mívají obvykle pluchaté druhy pšenice (špalda, jednozrnka a dvouzrnka) ve srovnání s bezpluchými (pšenice setá, pšenice tvrdá – durum). I v rámci určitého druhu pšenice však existují velké rozdíly mezi odrůdami, což je zřejmé i z výše uváděných výsledků.

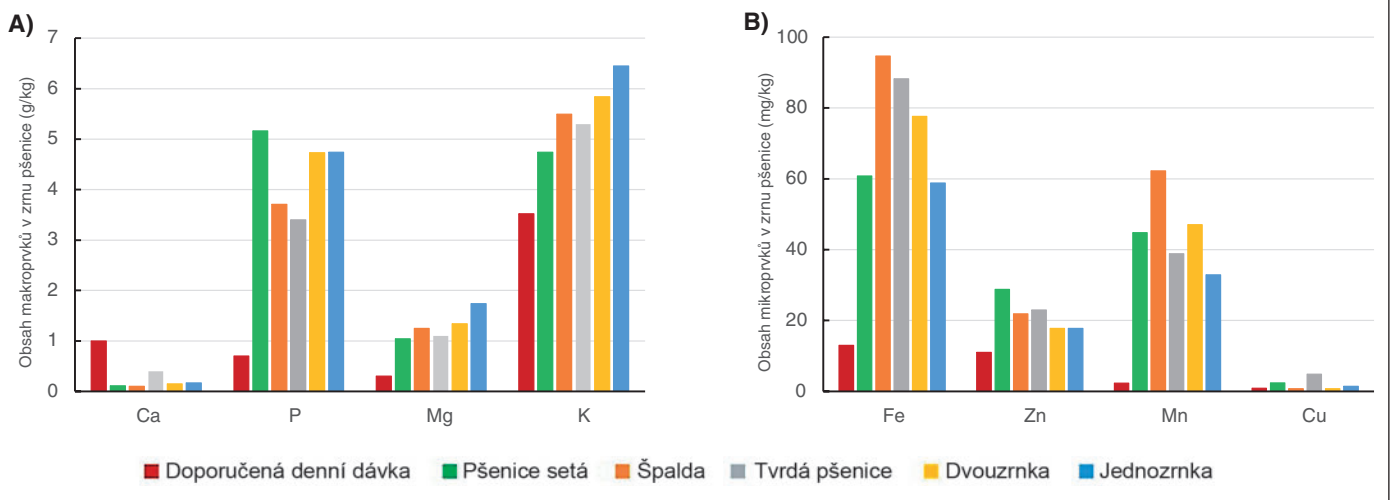
Zajímavé je srovnání moderních a původních odrůd pšenice. Byly publikovány studie (Fan a kol. 2008; Murphy a kol. 2008) srovnávající obsah minerálních látek v pšenici za posledních 160, případně 120 let. Autoři obou studií prokázali, že moderní odrůdy pšenice s nižším stéblem, u nichž byl šlechtěním zvýšen výnos, mají nižší obsah minerálních látek než odrůdy starší s nižším výnosem. Jedná se o tzv. naředění minerálů kvůli vyššímu výnosu.

Tab. 1: Obsah popela v jednotlivých druzích pšenice.
(Výsledky převzaty z publikace: Grausgruber a kol. 2004)

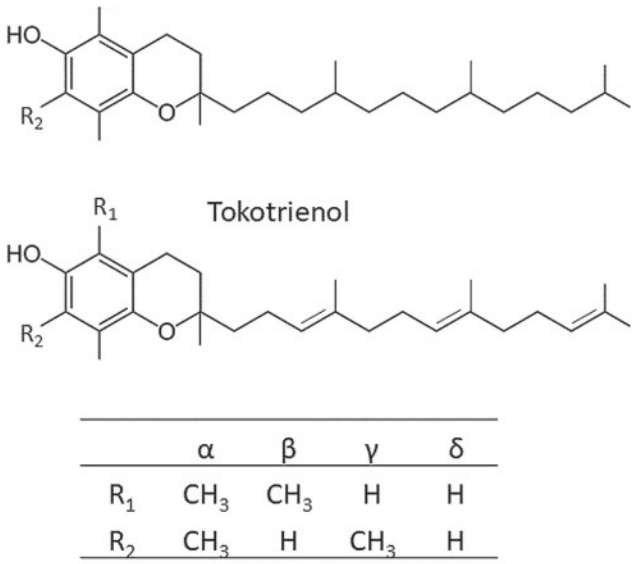
	Popel (%)
Pšenice setá	1,76
Pšenice špalda	2,04
Tvrdá pšenice	1,93
Dvouzrnka	2,10
Jednozrnka	2,21

Biologicky aktivní sloučeniny

Kromě minerálních látek obsahuje zrno pšenice širokou škálu biologicky aktivních látek. Tyto sloučeniny jsou pozoruhodné svými funkcemi v organismu, zejména vysokou antioxidační aktivitou, díky které pomáhají předcházet oxidačnímu stresu a civilizačním chorobám. Byla publikována řada epidemiologických studií, které potvrzují, že konzumace stravy bohaté na vlákninu a antioxidanty je spojena se snížením rizika civilizačních chorob jako jsou kardiovaskulární nemoci, diabetes II. typu a některé typy rakoviny (Okarter a kol. 2010).



*Obr. 1: Obsah minerálních látek v různých druzích pšenice. Obsah makroprvků **(A)** je udáván v g na kg zrna (g/kg) a obsah mikroprvků **(B)** je udáván v mg na 1 kg zrna (mg/kg). V grafu je ukázána i doporučená denní dávka (makroprvky g/den a mikroprvky mg/den) jednotlivých prvků.*
(Výsledky jsou převzaty z publikace: Biel a kol. 2021 a pro tvrdou pšenici Beleggia a kol. 2018)



	α	β	γ	δ
R_1	CH_3	CH_3	H	H
R_2	CH_3	H	CH_3	H

Obr. 2: Chemická struktura tokoferolů a tokotrienolů

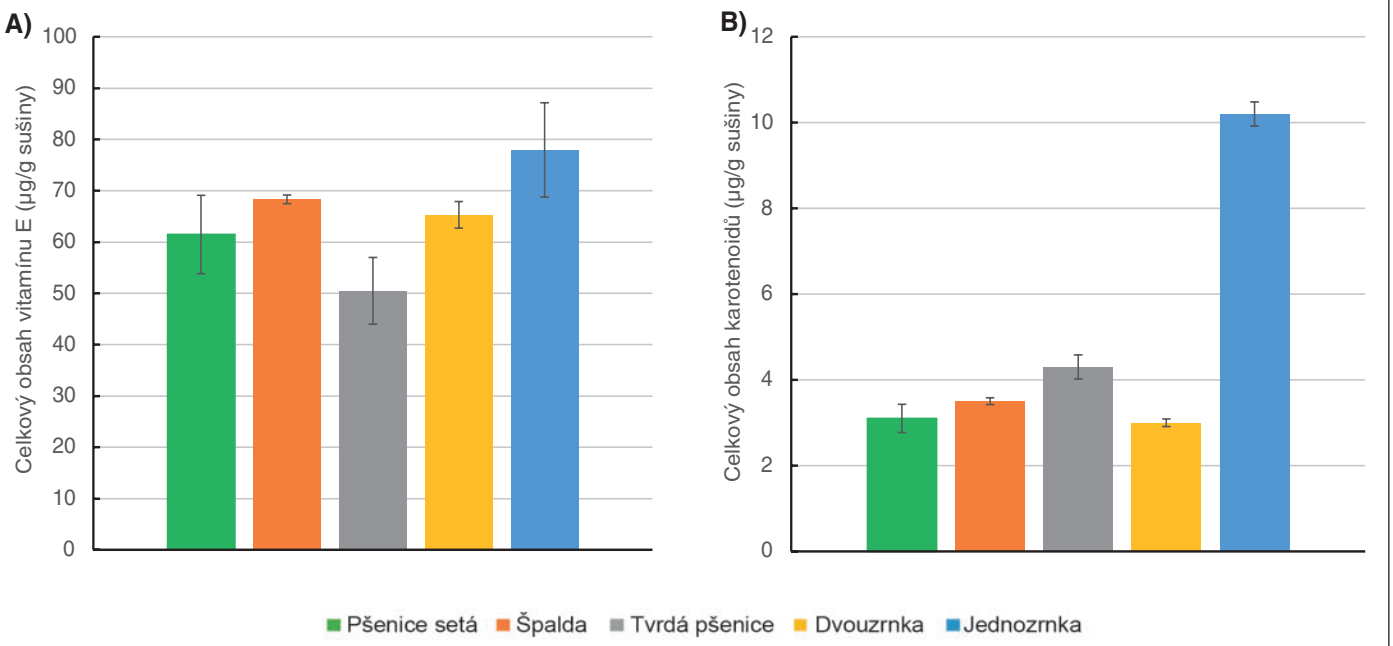
Vitamín E

Asi nejznámějším antioxidantem ve stravě je vitamín E. Vitamín E je souhrnné označení pro skupinu látek, rozpustných v tucích nazývaných tokochromanoly. Podle řetězce, který umožňuje ukotvení sloučenin v membráně, je možné tokochromanoly rozdělit na (i) tokoferoly, jejichž řetězec je plně nasycený a na (ii) tokotrienoly s nenasyceným řetězcem. Každá z těchto skupin zahrnuje čtyři deriváty (α, β, γ, δ), jejichž struktura se liší počtem a pozicí methylových skupin na chromanolové části (Obr. 2). Vitamín E je významný antioxidant, který chrání buněčné membrány a lipoproteiny před poškozením volnými radikály. Je důležitý pro imunitní systém, zdraví očí, krve a pokožky. Člověk nedokáže vitamín E syntetizovat, a proto ho musí přijímat ve stravě. Protože je rozpustný v tucích, ukládá se v tukové tkáni a játrech a přispívá ke správné funkci svalů a nervů. Pro člověka je nejvýznamnější α-tokoferol.

V zrnu pšenice najdeme nejvíce vitamínu E v klíčku a otrubách. V klíčku je koncentrováno 4x více vitaminu E než v otrubách a 24x více než v endospermu (Hidalgo a kol. 2008). V klíčku jsou obsaženy hlavně tokoferoly (> 90 %) a v otrubách jsou zastoupeny hlavně tokotrienoly (75 %) (Giamballi a kol. 2013). Hidalgo a kol. v roce 2006 porovnávali obsah jednotlivých sloučenin vitamínu E v jednotlivých druzích pšenice. Výsledky ukázaly, že jednozrnka měla celkový obsah vitamínu E nejvyšší, a naopak pšenice tvrdá nejnižší (Obr. 3). Největší zastoupení měl β-tokotrienol (více něž 54 % obsahu pro pšenici setou a špaldu, a více než 60 % pro jednozrnku, tvrdou pšenici a dvouzrnku). Druhým nejvíce zastoupeným byl α-tokoferol jehož obsah byl pro pšenici setou, tvrdou a špaldu přes 20 % a pro jednozrnku a dvouzrnku okolo 15 %.

Karotenoidy

Dalšími významnými antioxidanty, které lze v pšenici najít jsou karotenoidy. Jedná se o přírodní barviva zodpovědná za odstíny žluté až červené barvy. Rostliny a některé mikroorganismy (řasy nebo bakterie) si je syntetizují pro efektivnější absorpci světelného záření při fotosyntéze, ale slouží i jako ochrana před škodlivými účinky absorbovaného záření. Nicméně člověk si je syntetizovat neumí, a proto je musí přijímat ve stravě. Karotenoidy jsou lipofilní sloučeniny, jejichž základní strukturou je uhlíkatý řetězec s konjugovanými dvojnými vazbami. Díky této struktuře dokáží efektivně zhášet volné radikály, a proto patří mezi velmi dobré antioxidanty, které hrají důležitou roli při uchování potravin a jejich nutričních vlastností. Na druhou stranu, nenasycená struktura je příčinou jejich zvláštní nestability, zejména vůči světlu a kyslíku (Achir a kol. 2010). V přírodě bylo identifikováno několik set karotenoidů, které mohou být rozděleny do dvou základních skupin, tj. (i) karoteny, jejichž struktura je tvořená jen uhlíkem a vodíkem (α-karoten, β-karoten, nebo lykopen), a (ii) xantofyly, které mají ve struktuře kyslík (lutein a zeaxantin) (Obr. 4). Některé karotenoidy jsou prekurzorem pro syntézu vitamínu A, který má v lidském organismu řadu důležitých funkcí. Jednou z nejznámějších je jeho vliv na správnou funkci zraku, ale je nezbytný i pro vývoj plodu a pro správnou funkci imunitního systému. Antioxidační aktivita

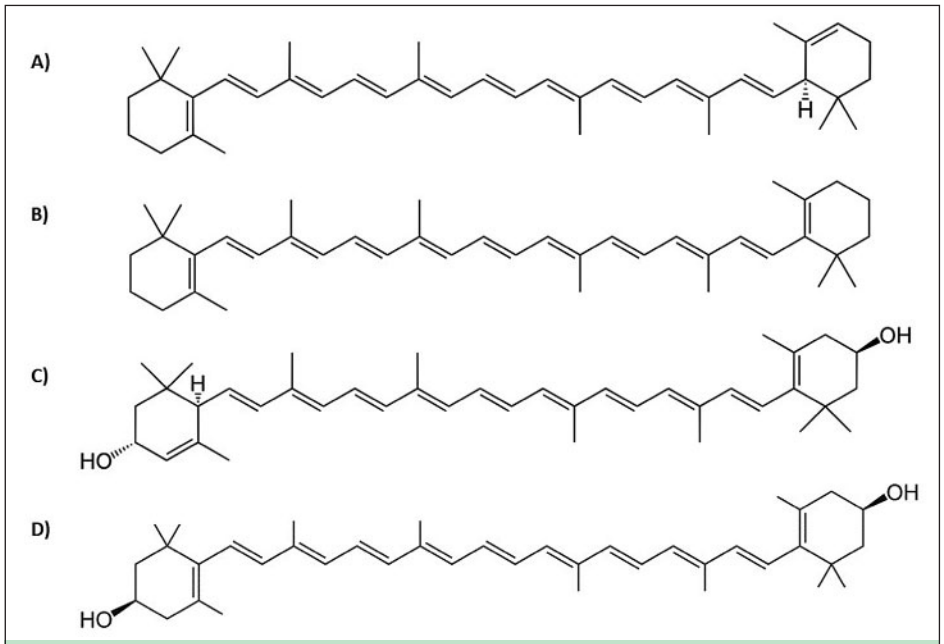


*Obr. 3: Celkový obsah vitamínu E **(A)** a karotenoidů **(B)** v jednotlivých druzích pšenice. (Hodnoty jsou převzaty: Vitamín E z publikace Hidalgo a kol. (2006) a karotenoidy z publikace Hidalgo a kol. (2017))*

karotenoidů pomáhá snižovat oxidační poškození biologických membrán, čímž předchází onemocněním spojených s oxidačním stresem, jako jsou kardiovaskulární choroby, různé typy rakovin, nebo diabetes II. typu (Carazo a kol. 2021).

Karotenoidy v pšenici jsou zodpovědné za nažloutlý odstín mouky. Pšenice setá je obecně na karotenoidy poměrně chudá, ale jiné druhy pšenice, zejména pšenice tvrdá a jednozrnka jsou na žluté barvivo bohatší. Pro tvrdou pšenici je žluté zbarvení mouky dokonce jedním z hlavních kvalitativních faktorů. Obsah karotenoidů a charakteristické žluté zbarvení zrna je ovlivněno zejména geneticky.

V pšenici můžeme karotenoidy najít jako volné sloučeniny nebo jako estery. Bylo prokázáno, že xantofyly ve formě esterů jsou více stabilní při tepelné úpravě a skladování než jejich volná forma. Nejvýznamnější karotenoidy v pšeničném zrnu jsou xantofyly lutein a zeaxantin, které jsou následovány α a β-karotenem (Paznocht a kol. 2019). Koncentrace karotenoidů je nejvyšší v klíčku v porovnání s endospermem a otrubami (Ndolo a kol. 2013). Nicméně vzhledem k tomu, že klíček tvoří pouze 2–3 % hmotnosti celého zrna, je jeho podíl v celkovém obsahu karotenoidů minimální. Na druhou stranu, endosperm, který tvoří 80–85 % hmotnosti zrna, přispívá k celkovému obsahu karotenoidů nejvíce. Hidalgo a kol. (2017) studovali celkový obsah karotenoidů v zrnu různých druhů pšenice a stanovili jeho obsah v rozmezí 3,0–10,2 µg/g v závislosti na druhu pšenice. Nejvyšší obsah karotenoidů měla jednozrnka, která byla následována v sestupném pořadí tvrdou pšenicí, špaldou, klasickou pšenicí setou a poslední byla pšenice dvouzrnka (Obr. 3).

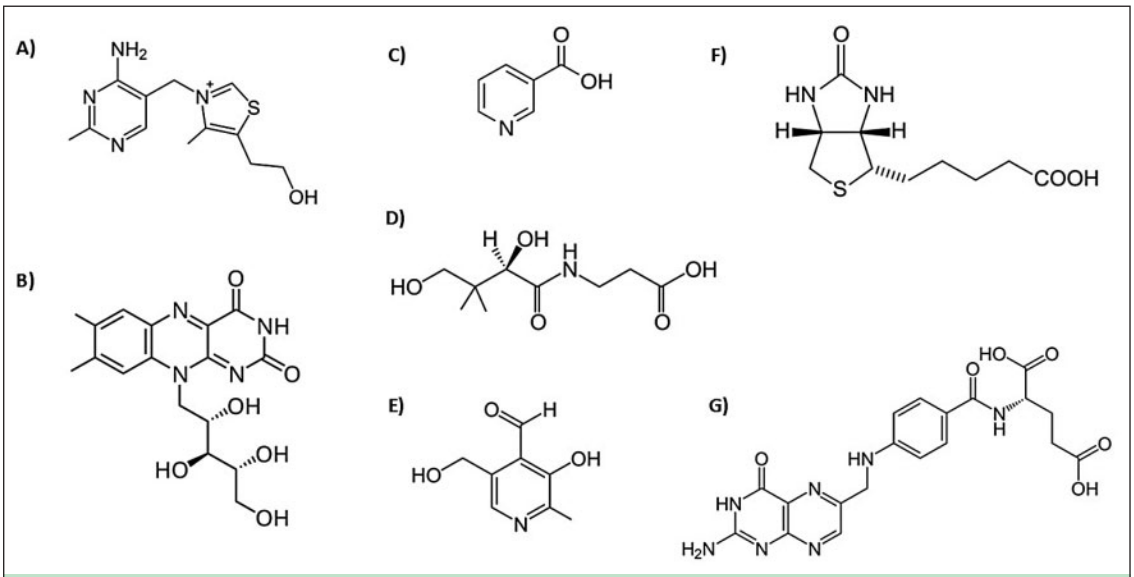


*Obr. 4: Chemická struktura nejčastějších karotenoidů v pšenici: **A)** α-karoten, **B)** β-karoten, **C)** lutein a **D)** zeaxantin*

Vitamíny skupiny B

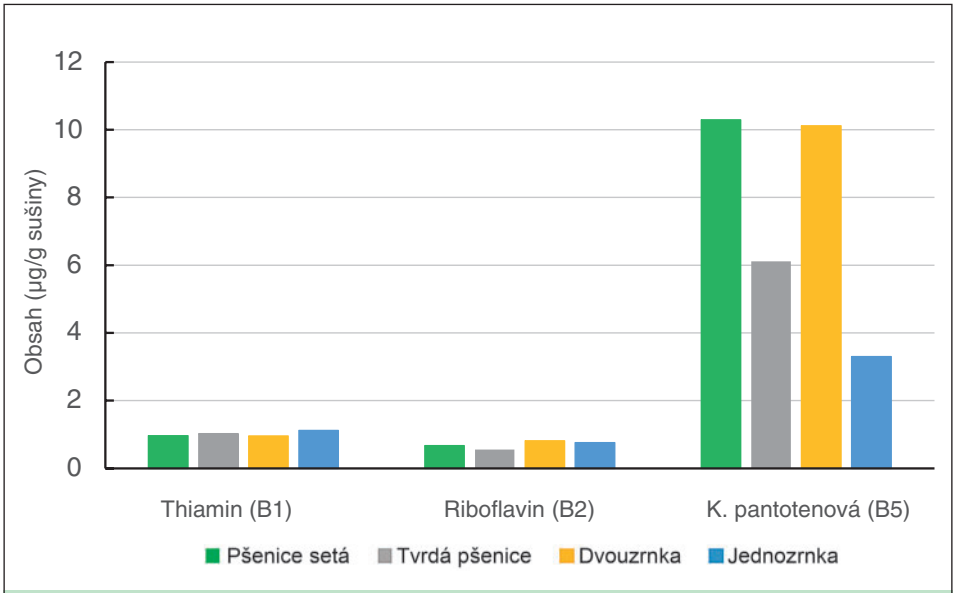
Pšenice, a zvláště celozrnná mouka, je dobrým zdrojem vitamínů skupiny B. Ve 100 g celozrnné pšeničné mouky se obsah vitamínů skupiny B pohybuje od 7 do 33 % doporučených denních referenčních hodnot pro různé typy vitamínů skupiny B (Fitzpatrick a kol. 2012). Celou skupinu tvoří osm ve vodě rozpustných sloučenin (B1 = thiamin, B2 = riboflavin, B3 = niacin, B5 = kyselina pantotenová, B6 = pyridoxin, B7 = biotin, B9 = foláty a B12 = kobalamin), ale v pšenici byly popsány pouze B1, B2, B3, B5, B6, B7 a B9 (Obr. 5). Každý z těchto vitamínů má jedinečné funkce v organismu, ale obecně se účastní metabolických drah a pomáhají tělu produkovat energii a vytvářet důležité molekuly v buňkách.

Koncentrace jednotlivých sloučenin v pšeničném zrnu je závislá na druhu a odrůdě pšenice, také na místě pěstování, typu půdy a počasí v daném roce. Rohi a kol. (2013) ve své studii uvádějí, že obsah thiaminu v zrnu pšenice seté se pohyboval mezi 4,63–6,61 µg/g, riboflavinu 1,84–2,39 µg/g, niacinu 58,09–63,10 µg/g a pyridoxinu 6,02–7,54 µg/g. Autoři zároveň upozorňují na nerovnoměrnou distribuci těchto látek v rámci zrna. Zatímco v endospermu se nacházela pouze malá část vitamínů skupiny B (konkrétně 3 % thiaminu, 14 % riboflavinu, 6 % niacinu a 5 % pyridoxinu), jejich převážná většina byla koncentrována v klíčku a obalových vrstvách. Srovnání nutričních profilů jednotlivých druhů pšenice od Karakas a kol. (2021) potvrdilo, že volba druhu zásadně ovlivňuje příjem vitamínů skupiny B. Jako nejhojnější byl identifikován vitamín B5 (kyselina pantotenová), jehož nejvyšší hodnoty byly naměřeny u pšenice seté (10,3 µg/g) a nejnižší u jednozrnky (3,3 µg/g). Obsah thiaminu (B1) se pohyboval v rozmezí 0,95–1,12 µg/g s nejvyšší hodnotou pro jednozrnku a nejnižší pro dvouzrnku. Na druhou



*Obr. 5: Chemická struktura vitamínů skupiny B: **A)** Thiamin (B1), **B)** Riboflavin (B2), **C)** Niacin (B3), **D)** Kyselina pantotenová (B5), **E)** Pyridoxin (B6), **F)** Biotin (B7) a **G)** Foláty (B9)*

stranu riboflavin (B2) byl nejvíce zastoupen u dvouzrnky (0,81 µg/g) a nejméně u tvrdé pšenice (0,55 µg/g) (Obr. 6). Folát (B9) byl studován i v rámci projektu HEALTHGRAIN a jeho množství byl udáván mezi 0,74 až 0,55 µg/g, kde nejvyšší množství měla tvrdá pšenice a nejnižší pšenice setá (Piironen a kol. 2008).



Obr. 6: Obsah některých vitamínů skupiny B v jednotlivých druzích pšenice. (Výsledky převzaty z publikace Karakas a kol. 2021)

Polyfenolické sloučeniny

Další významnou skupinou látek obsažených v pšenici, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví, jsou polyfenolické sloučeniny, zkráceně polyfenoly. Pod tímto názvem se skrývá několik tisíc sloučenin, jejichž společným strukturním motivem je aromatické jádro s navázanou hydroxylovou skupinou. Tato struktura jim umožňuje efektivně zachytávat a zneškodňovat volné radikály vznikající při oxidačních reakcích v organismu. Plní proto v organismu funkci efektivních antioxidantů. Epidemiologické studie prokázaly řadu terapeutických účinků v prevenci chronických onemocnění jako je diabetes II. typu, neurodegenerativní choroby či různé druhy nádorových onemocnění. Rostliny si syntetizují polyfenoly jako odpověď na stresové podmínky při růstu. Jejich celkový obsah je proto závislý nejen na druhu a odrůdě, ale i na místě pěstování a počasí v daném roce.

V pšenici, a v obilovinách obecně, jsou nejvíce zastoupené fenolické kyseliny. Jejich struktura je odvozená od kyseliny p-hydroxybenzoové (např. kyselina vanilová, gallová) nebo od hydroxyskořicové (např. kyselina ferulová, kávová) (Obr. 7). Největší koncentrace fenolických kyselin v zrnu pšenice je v obalových vrstvách, kde jsou ve třech formách: (i) jako volné sloučeniny, (ii) rozpustné komplexy se sacharidy, či jinými nízkomolekulárními látkami a (iii) nerozpustné – navázané na buněčnou stěnu. Vázané fenolické kyseliny tvoří 70–80 % celkového obsahu kyselin v zrnu. Největší zastoupení v pšenici má kyselina ferulová a druhou nejvíce rozšířenou je kyselina p-kumarová (Giambanelli a kol. 2013). Kyselina ferulová může být navázána na arabinoxylany, kde propojuje jednotlivé řetězce. Obsah kyseliny ferulové v jednotlivých druzích pšenice byl popsán ve studii Abdel-Aal e kol. 2008. Nejvyšší obsah byl zaznamenán pro pšenici setou s průměrem 495 µg/g. Následovala špalda s průměrnou hodnotou 424 µg/g, tvrdá pšenice (416 µg/g), jednozrnka (390 µg/g) a nejnižší hodnotu měla dvouzrnka (289 µg/g).

Další skupinou polyfenolů jsou flavonoidy. Ty jsou většinou v zrnu obilovin přítomny ve formě glykosidů nebo komplexů s dalšími organickými sloučeninami. Stejně jako fenolické kyseliny jsou nejvíce obsaženy v obalových vrstvách zrna a v klíčku. Zvláštní pozornost je věnovaná antokyanům, což jsou ve vodě rozpustná barviva běžně zastoupená v ovoci a zelenině. Jsou zodpovědné za modrý, růžový a červený odstín. V dnešní době existuje několik odrůd pšenice seté s barevným zrnem, kde zbarvení je způsobeno vyšší koncentrací antokyanů v obalových vrstvách (Obr. 8) (Martinek 2021). Barva klasické pšenice seté, používané pro výrobu běžného pečiva, je označována jako „červená“ a na obrázku je zastoupena odrůdou Bohemia. Grausgruber a kol. (2004) porovnávali obsah antokyanů v různých typech obilovin včetně různých druhů pšenice. Obsah uvádějí v jednotkách mg CYE/100 g zrna, kde CYE je cyan-3-O-glukoside ekvivalent. Klasická pšenice setá běžné (tj. červené) barvy obsahovala 0,91 mg CYE/100 g, jednozrnka a dvouzrnka 0,75 a 0,78 mg CYE/100 g, tvrdá pšenice 0,68 mg CYE/100 g a pšenice špalda 1,23 mg CYE/100 g. Následně více antokyanů obsahovala pšenice setá s modrým a purpurovým zrnem, a to 6,01 a 7,45 mg CYE/100 g suš

Mezi polyfenolické látky patří i lignin, který je součástí nerozpustné vlákniny. Lignin je druhý nejvíce zastoupený polymer v rostlinné říši, jehož stavební jednotkou jsou aromatické alkoholy. Jeho hlavním úkolem je spojování mezibuněčných vláken a zpevnění celulózových molekul v rámci buněčných stěn. Největší koncentrace ligninu je ve vnějších obalových vrstvách zrna pšenice. Má hydrofobní charakter a tvoří ochranu zrna před působením vnějších vlivů. Zastoupení ligninu v jednotlivých druzích pšenice se pohybuje mezi 2-3 % sušiny. Podle Shewry a kol. 2015, největší obsah ligninu měla jednozrnka (2,6 % sušiny), následovaná dvouzrnkou a špaldou. Nejnižší obsah ligninu měla tvrdá pšenice (2,1 %).

Zvláštní skupinou polyfenolických látek jsou alkylresorcinoly, což jsou fenolické lipidy, které se přirozeně vyskytují v otrubách obilovin jako je pšenice, ječmen nebo žito. Jsou považovány za biomarkery pro celozrnné produkty, protože jejich obsah ve vzorcích moči a krve odpovídá množství zkonzumovaných celozrnných obilovin. Hrají roli v biologických procesech a studují se jejich možné pozitivní účinky na zdraví, včetně snížení rizika diabetu, obezity, srdečních chorob a některých druhů rakoviny. Jejich chemická struktura je odvozená od dihydroxybenzenu, na který je navázán dlouhý alkalický řetězec. Celkové množství alkylresorcinolů pro jednotlivé druhy pšenic bylo studováno v projektu HEALTHGRAIN, kde nejvyšší obsah měla špalda s průměrem 605 µg/g, následována jednozrnkou (595 µg/g), dvouzrnkou (581 µg/g) a běžnou pšenicí setou (432 µg/g). Nejnižší obsah měla tvrdá pšenice s průměrem 399 µg/g suš.

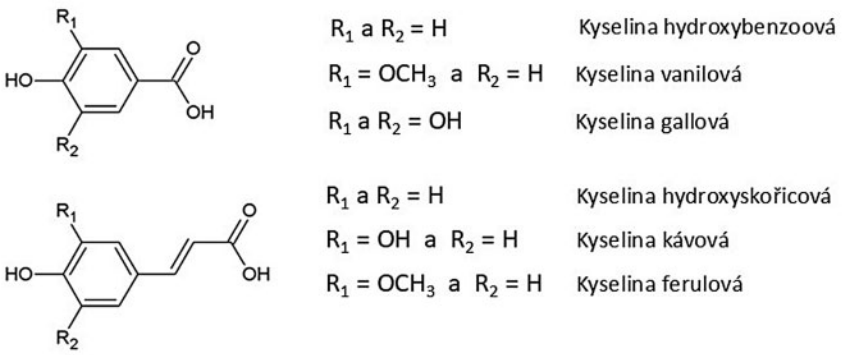
Závěr

Pšenice hraje od nepaměti důležitou roli ve výživě člověka. Po staletí sloužila a stále slouží jako zdroj energie, a to zejména díky svému obsahu škrobu a bílkovin. Pšenice je však také výborným zdrojem látek, které, ačkoliv jsou v porovnání s makroživinami obsaženy v daleko nižších koncentracích, mají významné biologické účinky. Působí totiž jako nezbytné katalyzátory a regulátory, které umožňují správný průběh metabolických procesů –

od podpory imunitního systému a správné funkce nervové soustavy až po ochranu buněk před oxidačním stresem. Patří mezi ně minerální látky, vitamíny a další sloučeniny s pozitivním vlivem na lidské zdraví.

Je však důležité zdůraznit, že tyto látky se nacházejí v různých částech pšeničného zrna, a to zejména v obalových vrstvách. Proto je otázka jejich dostupnosti v potravinách na bázi pšenice úzce spojená s technologií zpracování zrna. Zatímco celozrnné produkty, kde zůstávají zachovány obalové vrstvy zrna (otruby a klíčky), jsou na mikroživiny bohaté, bílá mouka je již o značnou část těchto benefitů ochuzená. Pokud tedy chceme plně využít potenciál pšenice jako nutričního zdroje, je vhodné dávat přednost celozrnným potravinám. Zařazením celozrnných výrobků z pšenice do našeho jídelníčku nezískáme pouze energii, ale také pestrou škálu látek, které naše tělo pro své optimální fungování potřebuje. Pšenice se tak ve světle moderní vědy ukazuje jako komplexní zdroj výživy, kde i nepatrné množství obsažených mikroživin hraje významnou roli v dlouhodobém udržení našeho zdraví a vitality.

(Recenzováno)



Obr. 7: Chemická struktura některých fenolických kyselin přítomných v zrnu pšenice

Poděkování

Článek byl sepsán díky institucionární podpoře Ministerstva zemědělství MZE-RO1123.

Seznam použité literatury

Abdel-Aal E.S.M., Rabalski, I. (2008). Bioactive compounds and their antioxidant capacity in selected primitive and modern wheat species. *The Open agriculture journal*, *2*(1).

Achir N., Randrianatoandro V.A., Bohuon P., Laffargue A., Avallone S. (2010). Kinetic study of β-carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *112*(3), 349-361.

Beleggia R., Fragasso M., Miglietta F., Cattivelli L., Menga V., Nigro F., Fares, C. (2018). Mineral composition of durum wheat grain and pasta under increasing atmospheric CO2 concentrations. *Food Chemistry*, *242*, 53-61.

Biel W., Jaroszewska A., Stankowski S., Sobolewska M., Kępińska-Pacelik J. (2021). Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains. *European Food Research and Technology*, *247*(6), 1525-1538.

Brouns F., Geisslitz S., Guzman C., Ikeda T. M., Arzani A., Latella G., Simsek S., Colomba M., Gregorini A., Zevallos V., Lullien-Pellerin V., Jonkers D., Shewry, P. R. (2022): Do ancient wheats contain less gluten than modern bread wheat, in favour of better health? Nutrition bulletin, Vol 47 (2), p. 157-167.

Carazo A., Macáková K., Matoušová K., Krčmová L.K., Protti M., Mladěnka P. (2021). Vitamin A update: forms, sources, kinetics, detection, function, deficiency, therapeutic use and toxicity. *Nutrients*, *13*(5), 1703.

Fan M.S., Zhao F.J., Fairweather-Tait S.J., Poulton P.R., Dunham S.J., McGrath S.P. (2008). Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *22*(4), 315-324.



Obr. 8: Odrůdy pšenice seté s barevným zrnem. (Obrázek převzat z: Martinek P. 2021). Ve spodní řadě je hladká mouka semletá z příslušného zrna v horní řadě

Fitzpatrick T.B., Basset G.J., Borel P., Carrari F., DellaPenna D., Fraser P.D., Fernie A.R. (2012). Vitamin deficiencies in humans: can plant science help? *The Plant Cell*, *24*(2), 395-414

Giambanelli E., Ferioli F., Koçaoglu B., Jorjadze M., Alexieva I., Darbinyan N., D'Antuono L.F. (2013). A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(14), 3490-3501.

Grausgruber H., Scheiblauer J., Schönlechner R., Ruckenbauer P., Berghofer E. (2004). *Variability in chemical composition and biologically active constituents of cereals* (pp. 23-26). na.

Hidalgo A., Brandolini A., Pompei C., Piscozzi, R. (2006). Carotenoids and tocols of einkorn wheat (Triticum monococcum ssp. monococcum L.). *Journal of Cereal Science*, *44*(2), 182-193.

Hidalgo A., Brandolini A. (2008). Protein, ash, lutein and tocols distribution in einkorn (Triticum monococcum L. subsp. monococcum) seed fractions. *Food Chemistry*, *107*(1), 444-448.

Hidalgo A., Fongaro L., Brandolini, A. (2017). Colour screening of whole meal flours and discrimination of seven Triticum subspecies. *Journal of Cereal Science*, *77*, 9-16.

Hussain A., Larsson H., Kuktaite R., Johansson, E. (2010). Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake. *International journal of environmental research and public health*, *7*(9), 3442-3456.

Karakas F.P., Keskin C.N., Agil F., Zencirci, N. (2021). Profiles of vitamin B and E in wheat grass and grain of einkorn (Triticum monococcum spp. monococcum), emmer (Triticum dicoccum ssp. dicoccum Schrank.), durum (Triticum durum Desf.), and bread wheat (Triticum aestivum L.) cultivars by LC-ESI--MS/MS analysis. *Journal of Cereal Science*, *98*, 103177.

Laskowski W., Górska-Warsewicz H., Rejman K., Czeczotko M., Zwolińska J. (2019). How important are cereals and cereal products in the average polish diet? *Nutrients*, *11*(3), 679.

Martinek, P. (2021). Odrůdy pšenice s barevným zrnem a jejich nutriční hodnota. *Úroda*, *7*, 78-80.

Murphy K.M., Reeves P.G., Jones, S.S. (2008). Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars. *Euphytica*, *163*(3), 381-390

Ndolo V.U., Beta T. (2013). Distribution of carotenoids in endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels. *Food chemistry*, *139*(1-4), 663-671.

Okarter N., Liu, R.H. (2010). Health benefits of whole grain phytochemicals. *Critical reviews in food science and nutrition*, *50*(3), 193-208.

Paznocht L., Kotíková Z., Orsák M., Lachman J., Martinek P. (2019). Carotenoid changes of colored-grain wheat flours during bun-making. *Food chemistry*, *277*, 725-734.

Piironen V., Edelmann M., Kariluoto S., Bedo, Z. (2008). Folate in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(21), 9726-9731.

Podloucká P., Polišenská I. (2026). Pšenice – nutričně významná potravina – 1. část: Makroživiny. Obilnářské listy, 34, 2026, 1, 21-26.

Rohi M., Pasha I., Butt M.S., Nawaz, H. (2013). Variation in the levels of B-vitamins and protein content in wheat flours. *Pakistan Journal of Nutrition*, *12*(5), 441

Shewry P.R., Hey S.J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and energy security*, *4*(3), 178-202

Shewry P.R., Hey S. (2015). Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?. *Journal of Cereal Science*, *65*, 236-243.

Suchowilska E., Wiwart M., Kandler W., Krska, R. (2012). A comparison of macro-and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species. *Plant, Soil and Environment*, *58*(3), 141-147.

Tang J., Zou C., He Z., Shi R., Ortiz-Monasterio I., Qu Y., Zhang, Y. (2008). Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats. *Journal of Cereal Science*, *48*(3), 821-828.

Zhao F.J., Su Y.H., Dunham S.J., Rakszegi M., Bedo Z., McGrath S.P., Shewry P.R. (2009). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of cereal science*, *49*(2), 290-295.

