

ZMĚNY KLIMATU PRIVÁŠÍ
V OBLASTI ROSTLINNÉ PRODUKCE
ŘADU GLOBÁLNÍCH I LOKÁLNÍCH VÝZEV
JAKÉ JSOU MOŽNOSTI SOUČASNÉHO ŠLECHTĚNÍ
PLODIN?

PRO UDRŽENÍ DOSTATEČNÉ PRODUKCE JE TŘEBA
VYUŽÍVAT NOVE POSTUPY
JE TŘEBA SE ZAMYSLET NAD VÝBĚREM VHDODNÝCH
DRUHŮ A ODRŮD PLODIN PRO LOKÁLNÍ PESTEBNÍ PODMINKY

 **AGRÁRNÍ KOMORA**
České republiky



„Přizpůsobení se je životně
důležitou součástí reakce
výzvy na změny
klimatu“

Nicolas Stern, ředitel
Grantham Research Institute
on Climate Change
and the Environment,
nositel ocenění
„Blue Planet“

Publikace Agrární komory České republiky

VYUŽITÍ ADAPTABILNÍCH DRUHŮ A ODRŮD při klimatické změně v zemědělství

Vedoucí autorského kolektivu
Doc. RNDr. Jaroslava Ovesná, CSc.

VYUŽITÍ ADAPTABILNÍCH DRUHŮ A ODRŮD

při klimatické změně v zemědělství

Vedoucí autorského kolektivu:

Doc. RNDr. **Jaroslava Ovesná**, CSc.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Spoluautoři:

Ing. **Jiří Hermuth**,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Ing. **Miroslav Klíma**, Ph.D.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Ing. **Jana Chrpová**, CSc.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Recenzent:

prof. Ing. **Vladimír Čurn**, Ph.D.
JU České Budějovice

Ing. **Pavel Veselý**, Ph.D.
předseda Agrodruženstva Lhota pod Libčany,
předseda dozorčí rady Agrární komory
České republiky

Publikace byla vytvořena pouze za finanční podpory
Ministerstva zemědělství ČR.

ISBN 978-80-88351-16-0

Praha, listopad 2020

VYDALA:

Agrární komora České republiky

Počernická 272/96, 108 00 Praha 10

Tel.: +420 296 411 180

e-mail: sekretariat@akcr.cz

www.akcr.cz, www.eagri.cz



MOTTO:

Změna klimatu se stává realitou, kterou je třeba minimalizovat a připravovat se na ni. V zemědělství narušují výkyvy teplot a srážek zaběhlé zvyklosti. Místně adaptované genotypy rostlin přestávají vyhovovat a pro udržení dostatečné produkce je třeba využívat nové postupy.

OBSAH

1. Úvod (Ovesná)	6
2. Možnosti současného šlechtění rostlin (Ovesná)	9
3. Využití odrůd obilnin odolných vůči fytopatogenům v současném zemědělství (Chrpvová)	15
3. 1. Virové choroby obilnin – výskyt a možnosti ochrany	15
3. 2. Fuzariózy klasu	18
4. Multifunkční uplatnění nově vyšlechtěných odrůd čiroku zrnového a béru italského (Hermuth)	23
4. 1. Čírok [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.]	23
4. 1. 1. Využití čirokového zrna	25
4. 1. 2. Silážní čiroky	27
4. 1. 3. Biomasové silážní typy	27
4. 1. 4. Zrnové silážní typy	27
4. 1. 5. Letní využití čiroků na píci nebo jako strniskové meziplodiny	28
4. 2. Bér italský [<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.]	33
5. Využití hospodářsky významných brukvovitých plodin v měnících se podmínkách klimatu (Klíma)	37
5. 1. Negativní dopady klimatické změny na pěstování brukvovitých plodin	38
5. 2. Východiska využití adaptabilních druhů a odrůd brukvovitých	41
5. 3. Shrnutí	44
6. Odborný posudek	52

PŘEDMLUVA

Změny klimatu přináší v oblasti rostlinné produkce řadu globálních i lokálních výzev. Místně se změny projevují zejména mírou srážek a výkyvem teplot. Teploty jsou proměnlivé i extrémně vysoké, suché periody střídají přivalové deště. Tyto faktory vedou k úvahám o změnách plodinového spektra a potřebě vývoje odrůd vhodných do nových podmínek. Změna klimatu vede i ke změně spektra škůdců a fytopatogenů, kteří postupují z teplejších oblastí. Na tyto podněty reaguje výzkum, šlechtitelé i farmáři výběrem vhodných plodin a jejich variet.

Kniha se zabývá zkušenostmi s vývojem, testováním a uplatněním nových odrůd majoritních obilovin odolných k chorobám. Čtenář se seznámí s poznatky získanými při hodnocení odolnosti obilnin k fuzarióze klasu a k virovým chorobám. Výsledky jsou využívány v praxi při doporučování vhodných odrůd. Obiloviny jsou popsány i z hlediska zlepšeného hospodaření s vodou a nabídnuty možnosti pro využití v odlišných oblastech. Informace vhodně doplní možné multifunkční uplatnění C4 rostlin, které významně lépe snášejí extrémní sucha a mají nižší výnosové výkyvy. Jejich přínos pro zemědělství byl oceněn Zlatým klasem s kytičkou 2019. Obdobně je zaměřena i kapitola, která se věnuje brukvovitým.

Kniha si klade za cíl zamyšlení se nad výběrem vhodných druhů a odrůd plodin pro lokální pěstební podmínky.

1. ÚVOD (JAROSLAVA OVESNÁ)

Klima na Zemi se během historie postupně mění. Jen za posledních 650 000 let proběhlo sedm cyklů oteplování a ochlazování, přičemž náhlý konec poslední doby ledové přišel asi před 11 700 lety. Tento konec znamenal začátek moderní klimatické éry a s ním i rozvoj lidské civilizace. Většina z těchto klimatických změn je způsobena velmi malými odchylkami na oběžné dráze Země, které mění množství sluneční energie přicházející ze Slunce.

Současný trend oteplování se ale zdá výjimečným. Vědecké důkazy současného oteplování klimatu indikují, že oteplování souvisí s lidskou činností. Očekává se, že oteplování bude postupovat rychlostí, která je v průběhu tisíciletí bezprecedentní. Existují i důkazy o dřívějších změnách klimatu, které lze nalézt ve stromových prstencích, oceánských sedimentech, korálových útesech a vrstvách sedimentárních hornin. Výsledky však ukazují, že k současnému oteplování dochází zhruba desetkrát rychleji, než byla průměrná míra oteplování po době ledové. Předpokládá se, že současná situace je důsledkem nejen průmyslové výroby, ale i současného zemědělství a přeměny původní krajiny v krajinu industriálně zemědělskou. Kromě známých úkazů jakými jsou mizící ledovce, zvyšování hladiny oceánů a jeho okyselování musí vegetace čelit i nebyvalým výkyvům teplot, nedostatku vody i dalším povětrnostním vlivům (*Levitus a kol. 2017, USGCRP, 2017*).

Tyto faktory celosvětově ovlivňují rostlinnou výrobu. Vědci odhadují, že teploty budou v nadcházejících desetiletích stále stoupat. Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) předpovídá v průběhu příštího století nárůst teploty o 2 až 5 stupňů Celsia. Budou se měnit srážkové úhrny i jejich struktura, nebudou zřejmě tak tuhé zimy. Tyto okolnosti se stanou výzvou na vyšší nároky na adaptabilitu rostlin. Současně je již pozorovatelné šíření škůdců a fytopatogenů do dalších zeměpisných šířek.

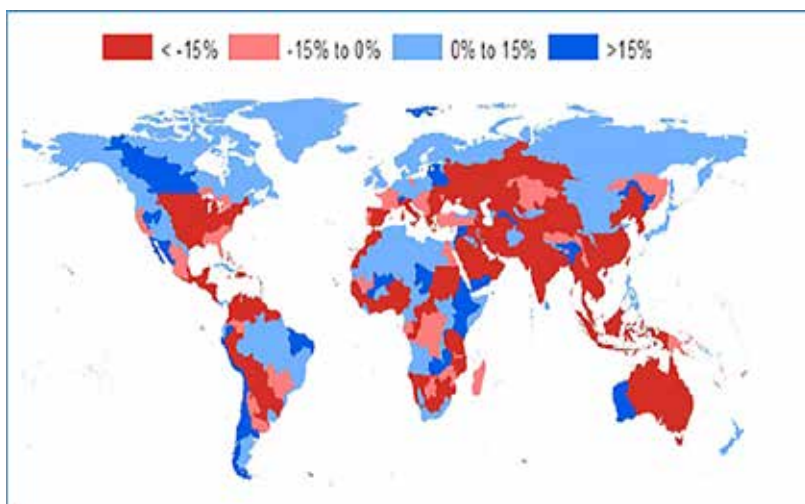
Klimatické změny proto budou ohrožovat živobytí zemědělců a zejména dostatečné dodávky zdravých a bezpečných potravin pro lidskou populaci i hospodářská zvířata. Dobrou zprávou je, že existují nástroje - ve formě zemědělských postupů založených na vědeckých poznatcích, které mohou zpomalovat klimatickou změnu a dlouhodobě pomáhat při zvyšování udržitelnosti zemědělské výroby. Zemědělci však čelí mnoha překážkám v souvislosti s měnicími se praktikami. Proto je zásadní, aby tvůrci politik investovali do zemědělského sektoru, aby tento přechod podpořili a urychlili (*Union of Concerned Scientist, 2019*). Opatření k omezení dopadů klimatických změn na zemědělskou produkci se snaží podpořit jak národní vlády, mezinárodní společenství, tak i mezinárodní organizace jako FAO nebo OECD. Kromě jednotlivých opatření se jednotlivé státy ve větší či menší míře snaží zmírňovat a přizpůsobovat se dopadům klimatických změn prostřednictvím široké škály výzkumných

a praktických programů a projektů, které jsou nedílnou součástí agend, výhledů a cílů udržitelného rozvoje. V EU podporuje adaptaci program LIFE, integrace adaptačních aktivit v rámci Společné zemědělské politiky (CAP) a koheze, nebo dalšího rozvíjení informačního portálu Climate-ADAPT. V neposlední řadě pak Zelená dohoda EU stanoví, jak učinit Evropu prvním klimaticky neutrálním kontinentem do roku 2050 a zahrnuje globální výzvy spojené se změnou klimatu včetně zásahů do současných systémů rostlinné výroby.

Ukazuje se, že k minimalizaci dopadů klimatických změn povede řada faktorů. Ve své Strategii přizpůsobení Ministerstvo životního prostředí spolu s Ministerstvem zemědělství uvádějí, že v reakci na změnu klimatu je možné

přijímat dva základní typy opatření: tzv. mitigační opatření, což jsou přímá či nepřímá opatření ke snížení emisí skleníkových plynů (např. efektivnější využití zdrojů energie), a adaptační opatření, což jsou opatření k přizpůsobení přírodního nebo antropogenního systému skutečné nebo předpokládané změně klimatu vč. jejích dopadů.

Mezi mnohými opatřeními je nutné se věnovat i schopnosti rostlinných druhů adaptovat se na klimatickou změnu. Rostlinný metabolismus je schopen díky svým enzymatickým aparátům být výkonným jen v určitých rozmezech teplot a vlhkosti. Ukazuje se, že tepelný stres způsobuje pokles globálních výnosů hlavních plodin více než kterýkoli jiný stresor (*Sadock a kol. 2020, deHaan a kol. 2020*).



Obr. 1: Příklad predikovaných změn klimatu na výnosy kukuřice: klima bude brzdit růst výnosů v většině produkčních regionů (červené stínování), ale růst výnosů v některých regionech se však může skutečně zvýšit (modré stínování). Mapa uvádí předpokládané změny výnosů kukuřice v roce 2050 v důsledku změny klimatu ve srovnání s potenciálními výnosy 2050, pokud nebudou přijaty kroky k jeho omezení podle OECD / IFPRI (2014).

Kromě výnosů bývá ovlivněna i kvalita produkce. Je predikováno, že se v budoucnu budou pěstovat ve světě i rostlinné druhy, které pocházejí původně z jiných klimatických oblastí. Do našich oblastí se může posunovat např. pěstování subsaharských druhů. Proto je vysoce významné šlechtit, vybírat a pěstovat druhy a odrůdy místně adaptované, což v podmínkách klimatické změny není jednoduché. Ty musí být přizpůsobeny nejen teplotám, suchu, ale v souvislosti s problematikou používání přípravků na ochranu rostlin i nově se šířícím rasám fytopatogenů a škůdců.

Tato publikace přináší souhrn možností, jak využít současné druhy a odrůdy pro řešení aktuálních problémů zemědělství spojených s klimatickou změnou a úvahu, jaké jsou výhledy současného šlechtění.

Literatura:

- Levitus, S. (2017): NCEI ocean heat content, temperature anomalies, salinity anomalies, thermosteric sea level anomalies, halosteric sea level anomalies, and total steric sea level anomalies from 1955 to present calculated from in situ oceanographic subsurface profile data (NCEI Accession O164586). Version 4.4. NOAA National Centers for Environmental Information. Dataset. doi:10.7289/V53F4MVP
- USGCRP (2017): *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*, [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp, doi: 10.7930/JOJ964J6
- Union Concerned Scientist (USA) (2019): *Climate Change and Agriculture: A Perfect Storm in Farm Country* Mar 20, 2019, <https://www.ucsusa.org/resources/climate-change-and-agriculture>
- OECD / IFPRI (2014), *Modelling Adaptation to Climate Change in Agriculture*, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 70,
- Sadok W. a Jagadish S.V.K. (2020): *The Hidden Costs of Nighttime Warming on Yields*, *Trends in Plant Science*, 25: 644-651
- De Haan L. (2020) *Roadmap for Accelerated Domestication of an Emerging Perennial Grain Crop*, *Trends in Plant Science*, 25: 525–537.

2. MOŽNOSTI SOUČASNÉHO ŠLECHTĚNÍ ROSTLIN (JAROSLAVA OVESNÁ)

Odrůdy polních i speciálních plodin, které využívají současní zemědělci, jsou výsledkem dlouholetého úsilí šlechtitelů a představují místně adaptované genotypy. V odlišných půdně klimatických oblastech i v rámci ČR se pěstuje obvykle lehce odlišné spektrum plodin a zejména jejich genotypů – odrůd.

Po staletí zemědělci vybírali nejlepší genotypy jako základ moderních odrůd. Vědecké poznatky minulého století přinesly nové přístupy ve šlechtitelských postupech. Kromě běžného křížení a následné selekce se začala využívat indukovaná mutagenese, jejímž produktem byla např. známá odrůda ječmene Diamant. Jednalo se o krátkostébelný mutant odvozený ze sladovnické odrůdy ječmene „Valtický“. Odrůda „Diamant“ ovlivnila nejen české, ale i evropské šlechtitele a vyskytuje se v řadě rodokmenů sladovnických ječmenů (Ovesná a kol., 2013). Dalším pokrokem bylo využití explantátových kultur, které slouží nejen k rozšíření diverzity daného druhu, ale také k selekci genotypů odolných vůči vybraným stresorům. Osvědčily se mikrosporové kultury a vývoj homozygotních linií (tzv. double-haploid – DH linie). V ČR se podařilo konsorciu Česká řepka registrovat nové odrůdy řepky ozimé (Klima a kol. 2008). U těže plodiny se v ČR podařilo využít exotické linie „Shaan 2A“ z Číny s novým typem samčí sterility. Jednalo se o výsledek dlouhodobé spolupráce VÚRV, v. v. i. s čínskými partnery v oblasti šlechtění řepky (Žaludová a kol. 2013)

Pokrokem je i využívání tzv. molekulárních markérů. Pomocí odlišných typů DNA nebo proteinových markérů nebo profilu metabolitů je zjišťována diverzita kolekcí genetických zdrojů. Spolu s polním hodnocením jsou vybírány na základě polních i molekulárních dat vhodné zdroje pro šlechtění (Hu a kol. 2003). Molekulární markéry úzce souvisejí s významnými hospodářskými vlastnostmi, jako jsou odolnost vůči biotickým a abiotickým stresorům nebo jednotlivými parametry výnosu a kvality. Jako příklad lze uvést markéry umožňující selekci genotypů odolných k virovým nebo houbovým chorobám u obilnin (Ovesná a kol. 2000, Ovesná a kol. 2001), markéry charakterizující odolnost vůči plísním u zelenin (Berensen a kol. 2019) nebo přítomnost zdraví prospěšných látek. Kromě jednotlivých markérů jsou v poslední době vyvíjeny pokročilé systémy, které umožňují rychlý skrining genotypů pro šlechtění i verifikaci (Dheer a kol. 2020). Takové systémy jsou vyvíjeny například v rámci Národního centra kompetence, které je podporováno Technologickou Agenturou ČR (NCK: Biotechnologické centrum pro genotypování rostlin, <http://www.bionck.eu/>).

Je zřejmé, že globální změna klimatu je výzvou pro vyšší intenzitu šlechtění a vývoj genotypů rostlin s vyšší adaptabilitou k prostředí. Intenzivní nárůst biotických a jiných environmentálních stresů způsobený změnami klimatu může představovat vážné ohrožení ze-

mědělské produkce. Na základě použití sofistikovaných nástrojů pro modelování a výpočet genových vazeb, jakož i na základě poměrně komplexního posouzení přínosů šlechtění rostlin k produktivitě půdy a celkovému zvýšení produktivity v zemědělství na orné půdě EU, se ukázalo, že inovace šlechtění rostlin se počítají hodně: v průměru a napříč všemi hlavními plodinami na orné půdě pěstovaných v EU přispívá šlechtění rostlin k celkovému růstu produktivity ze 74 procent, což odpovídá zvýšení výnosů o 1,24 procenta ročně. Ačkoli konvenční šlechtitelské techniky významně zlepšují produkci plodin a výnosy, pro další zlepšení produkce plodin jsou potřebné nové metody a techniky, aby byla uspokojena rostoucí poptávka po potravinech (Noleppa et al. 2016).

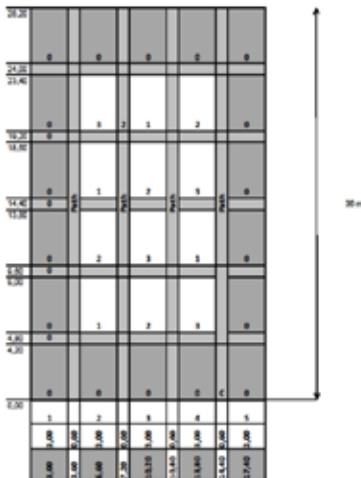
Nabízejí se cesty konvenčního šlechtění s využitím asistované selekce pomocí markerů, širší využití genetických zdrojů adaptovaných na podmínky jiného klimatu či exotických zdrojů odolnější vůči fytopatogenům. V rámci EU nabývá na významu i šlechtění odrůd pro ekologické zemědělství, zejména se jedná o minoritní obilniny, zeleniny, ale nabývá na významu i využití majoritních plodin v ekologické produkci. Ekologická produkce je zaměřena na zemědělství, které je v souladu s přirozenými cykly a živými systémy půdy, rostlin a živočichů v rámci produkčního systému. Měla by zvyšovat a udržet dlouhodobou úrodnost a biologickou aktivitu půd využíváním lokálně adaptovaných kulturních, biologických a mechanických metod jako protikladu k využívání cizorodých vstupů. Vzhledem k tomu, že dostupnost odrůd pro ekologické zemědělství a jejich osiv je omezená, EU podporuje projekty vědy a vý-

zkumu, které v nejbližší době přinesou nejen poznatky, ale i odrůdy pro ekologické zemědělství. V EU stoupají požadavky na ekologická osiva nejen minoritních plodin, ale i sóji, kuřice a dalších. V oblasti minoritních obilnin je podporován projekt evropského výzkumu Horizon2020 "EcoBreed" (<https://ecobreed.eu/project/>). Cílem projektu je zvýšit dostupnost genotypů vhodných pro ekologické zemědělství jako odvětví s nízkými vstupy a identifikovat zvláštnosti a kombinace znaků vhodných pro ekologickou produkci u vybraných plodin.

S adaptabilitou ke změnám a potřebám ekologického zemědělství se váže další projekt téhož programu BRESOV (<https://bresov.eu/>), jehož cílem je řešit tuto výzvu prozkoumáním genetické rozmanitosti tří ekonomicky nejvýznamnějších druhů zelenin (brukvovitě, luštěniny a rajčat) a dlouhodobě zlepšit konkurenceschopnost těchto tří skupin plodin v ekologické produkci a udržitelném prostředí. Celkovým cílem konsorcia je zvýšit odolnost rostlin vůči biotickým a abiotickým stresům a přizpůsobit odrůdy specifickým požadavkům na uvedený typ hospodaření. Kromě selekce a využití odolných genotypů, genotypů s novými chuťovými vlastnostmi a zvýšeným obsahem zdraví prospěšných látek (**viz obr. 2**) je jedním z cílů testování osiv v mezinárodním měřítku. V ČR např. probíhá na ekofarmě testování odrůd brokolice vybrané zahraničními partnery a jedné české vysoce adaptabilní odrůdy (**viz obr. 3**). Osiva by měla být v nejbližší době dostupná pro ekologické zemědělce. Podobně jsou v rámci řešení projektu vybírány nové genotypy a vhodné odrůdy rajčat a luštěnin.



Obr. 2: Možná variabilita odrůd květáků, var. *botrytis* (převzato podle Lois AbrahamThe Canadian Press, 2014, uptated, 2020)



plot length 4,2 m
 plot width 3,8 m
 path width 0,8 m

Cultivars
 1 L'Amour
 2 FRO. 4
 3 FRO. 2

Obr. 3: Pokus na ekofarmě Pustějov v rámci projektu BRESOV (převzato hodnocení mezinárodní kolekce odrůd brokolice, po vysazení.), foto M. Hýbl, VÚRV, v. v. i.

Snižování vstupů do rostlinné výroby a využívání adaptabilních odrůd v ekologickém zemědělství snižující zátěž životního prostředí a šetrné k půdě je jednou z variant, která může do budoucna mírnit změny klimatu.

Již delší dobu se využívají genetické zdroje druhů kulturních rostlin a jejich příbuzných druhů pro vnášení genů odolnosti do adaptovaných odrůd. Příkladem může být využití etiopských ječmenů odolností k virovým chorobám (gen *Yd2*). Jiným příkladem může být odrůda pšenice *Vlasta* s genem odolnosti z *T. monococcum* L.. Možnosti využití genetických zdrojů shrnuje např. *Stehno a kol. 2012*. I když tyto postupy přinesly řadu nových materiálů, linií a odrůd, jsou časově velmi náročné, nejsou v současné době dostačující.

Rychlejší akci k zajištění dostatečně efektivní rostlinné výroby a dostupnosti adaptabilních genotypů pro zajištění dostatku potravin pak mohou ovlivnit moderní biotechnologie a editace genomu rostlin. Zatím se zdá, že pro EU nejsou tyto typy odrůd řešením. Jejich pěstování podléhá v EU náročnému schvalovacímu procesu.

Plochy oseté nyní již tradičními GMO plodinami (sója, kukuřice, řepka, bavlník) ve světě stále rostou. Kromě herbicid tolerantních GMO a GMO odolných vůči hmyzu přibývá i GMO a genově editovaných odrůd, které jsou tolerantní k suchu a vyšším teplotám, virovým a houbovým chorobám (**Tab. 1**). *Yamaguchi a Blumwald (2005)* předpovídali tvorbu genotypů odolných k suchu a zasolení (úprava genů a odpovídajících biosyntetických drah reagující na přítomnost solí, těžkých kovů, nedostatku

vody, regulující otevírání stomat). Cílem jsou i geny kódující osmoprotektanty byly také cílem experimentů s genetickou modifikací, ale ačkoli jejich nadměrná exprese v některých případech zlepšuje snášenlivost se solí, obecně také ovlivňuje růst rostlin při absenci stresu s negativními účinky na výnos, což je pro zemědělce vysoce nežádoucí vlastnost. Nedávno byl představen nový koncept, zatím na modelové rostlině *A. thaliana* (Huseníček polní), upravené tak, že její listy zadržují více vody podobně jako rostliny sukulentní.

Velkou inovací ve šlechtění rostlin, která využívá lokalizované nukleázy k cílení a úpravě DNA s velkou přesností je systém editací rostlin. Nejznámější z nich je tzv. CRISPR-Cas9 (*Tyagi a kol. 2020*). Systém CRISPR-Cas9 získal velkou pozornost v posledních letech díky své řadě aplikací, včetně šlechtění a vývoje zemědělských plodin. Pomocí tohoto systému byla vyvinuta např. rajčata se změněnou vnímavostí k fotoperiodě, citrusy rezistentní k závažnému onemocnění - rakovině citrusu způsobené *Xanthomonas citri subsp. citri* (Xcc), déle kvetoucí a větší rostliny sójových bobů a mnohé další. Jejich uvedení na světový trh nemusí trvat příliš dlouho (*Gai a kol. 2017, Tian a kol. 2016, Peng a kol. 2017, Soyk a kol. 2018*)

Zatím nelze tyto plodiny na území EU pěstovat vzhledem k legislativním požadavkům. Je proto třeba vybírat z registrovaných odrůd, které jsou doporučovány do určitých oblastí, jsou nositeli vloh k odolnosti k nejzávažnějším fytopatogenům a mají známé parametry kvality.

Tabulka 1: Přehled GM plodin povolených a využívaných ve světě, tolerantních k biotickým a abiotickým stresům.

plodina	odolnost	Oficiálně registrovaný počet jednotlivých typů GM s odolností ke stresům ve světě
kukuřice	sucho	5
sója	sucho	2
cukrová třtina	sucho	3
fazole	viry	1
papaya	viry	4
švestka	viry	1
brambory	viry	14
brambory	houbové choroby, plísňe	2
rajče	virus	1
paprika	virus	1

Literatura

- Berensen, A.; Antonova, O. Yu.; Artemyeva, A. M. (2019) : Molecular-genetic marking of Brassica L. species for resistance against various pathogens: achievements and prospects Vavilovskii Zhurnal Genetiki Selekcii., 23: 656 - 666
- Cai, Y., Chen, L., Liu, X., Guo, C., Sun, S., Wu, C., Jiang, B., Han, T., Hou, W. (2017): CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of *GmFT2a* delays flowering time in soya bean. Plant Biotechnology Journal. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.12758/full>.
- Chrpová, J., Prášil, I., Stehno, Z., Brádová, J., Kučera, V. (2012): Přínos VÚRV pro šlechtění polních i zahradních plodin. Úroda, 2012, 60 (1): 22 - 25
- Klima, M., Vyvadilova, M., Kucera, V. (2008): Chromosome doubling effects of selected antimutagenic agents in Brassica napus microspore culture. Czech J. Genetics Plant Breeding. 44: 30 – 36.
- Noleppa, S. (2016): The economic, social and environmental value of plant breeding in the European Union An ex post evaluation and ex ante assessment, HAFFA research Paper, 3/20169
- Ovesna, J., Kucera, L., Vaculova, K. (2013): Analysis of the Genetic Structure of a Barley Collection Using DNA Diversity Array Technology (DArT). Plant Molecular Biology Reporter, 31: 280-288.
- Ovesna, J., Leisova, L., Kucera, L. (2001): Characterisation of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties and breeding lines using

- RAPD and QTL associated PCR markers. *Rostlinna Vyroba*, 47: 141 – 148.
- Ovesna, J., Vacke, J., Kucera, L., Šíp, V. (2000): Genetic analysis of resistance in barley to barley yellow dwarf virus. *Plant Breeding* 119: 481-486
 - Peng, A., Chen, S., Lei, T., Xu, L., He, Y., Wu, L., Yao, L. and Zou, X. 2017. Engineering canker-resistant plants through CRISPR/Cas9-targeted editing of the susceptibility gene *CsLOB1* promoter in citrus. *Plant Biotechnol. J.* <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.12733/full>,
 - Rautela, I., Sharma, V., Vanbdana T. (2020): Evolution in crop improvement approaches and future prospects of molecular markers to CRISPR/Cas9 system *GENE*, Article Number: 144795.
 - Hu, S., Ovesna, J., Kucera, L. (2003): Evaluation of genetic diversity of *Brassica napus* germplasm from China and Europe assessed by RAPD markers. *Plant Soil Environment.*, 49: 116 - 119
 - Soyk, S., Müller, N.A., Park, S.J., Schmalenbach, I., Jiang, K., Hayama, R., Zhang, L., Van Eck, J., Jiménez-Gómez, J.M., and Lippman, Z.B. (2017): Variation in the flowering gene *SELF PRUNING 5G* promotes day-neutrality and early yield in tomato. *Nature Genetics*, 49 (1): 162–168.
 - Tian, S., Jiang, L., Gao, Q., Zhang, J., Zong, M., Zhang, H., Ren, Y., Guo, S., Gong, G., Liu, F., Xu, Y. 2016. Efficient CRISPR/Cas9-based gene knockout in watermelon. *Plant Cell Reports* 36: 399–406.
 - Tyagi, S., Kumar, R., Das, A. (2020) CRISPR-Cas9 system: A genome-editing tool with endless possibilities. *J. Biotechnology*, 319: 36-59
 - Yamaguchi T. a Blumwald E (2005): Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities *Trends in Plant Sci.* 10: 615-620
 - Zaludova, J., Havlickova, L., Jozova, E. (2013): Marker assisted selection as a tool for detection of *brassica napus* plants carrying self-incompatibility alleles, in hybrid breeding., *Programs Romanian Agricultural Research*, 30: 13 – 22.

3. VYUŽITÍ ODRŮD OBILNIN ODOLNÝCH VŮČI FYTOPATOGENŮM V SOUČASNÉM ZEMĚDĚLSTVÍ (JANA CHRPOVÁ)

Současné změny klimatu se projevují větším příklonem k extrémům. Zvýšená teplota, měnící se srážkové poměry, nové způsoby pěstování – především úzké osevní sledy a změny ve složení pěstovaných plodin jsou významnými faktory ovlivňujícími výskyt virových chorob a napadení klasů patogeny z rodu *Fusarium* (Chrpová a kol., 2019).

3. 1. Virové choroby obilnin – výskyt a možnosti ochrany

Dlouhodobě jsou sledováni dva nejvýznamnější původci – virus zakrslosti pšenice (WDV – Wheat dwarf virus) a virus žluté zakrslosti ječmene (BYDV– Barley yellow dwarf virus). Za závažné můžeme považovat obě choroby, které střídavě nabývají na významu. Poměr jednotlivých infekcí BYDV/WDV se každoročně mění v závislosti na teplotních podmínkách v období vzházení ozimů a dále na rozšíření a množství dostupných zdrojů infekce.

Mšicemi přenosný virus žluté zakrslosti ječmene je rozšířen na celém území našeho státu a je hospodářsky významným patogenem obilnin. V důsledku napadení virem dochází k ucpávání cévních svazků a omezení celkového růstu. Menší kořenový systém a problémy s asimilačním tokem v rostlinách navozují

symptomy nedostatečné výživy. Mezi příznaky patří různě silná zakrslost. Kořeny jsou kratší a méně rozvětvené. U ječmene a některých odrůd pšenice žloutnou od špiček a jejich okrajů, přičemž se chlorotické skvrny, případně rozplývavé pruhy, objevují uprostřed listové čepele (**Obr. 4**). Oves a některé odrůdy pšenice a žito mají červené až červenohnědé zbarvení listů. BYDV mimo ztrát na sklizni způsobuje rovněž pokles kvality (Vacke a kol., 1996). K velkému poškození porostů, které může vést až k jejich zaorání, dochází při epidemickém výskytu především u ozimého ječmene. Hospodářsky významné škody však může způsobit i u pšenice a ova. Žito je k BYDV méně náchylné stejně jako některé odrůdy triticales (Chrpová a kol., 2017).

Napadení obilovin virovou zakrslostí pšenice závisí na aktivitě dospělců kříška polního (*Psammotettix alienus* Dahlbom, 1851), který šíří virus ze zdrojů infekce (výdrolu, trav) na ozimy. Kříšek přezimuje ve formě vajíček na obilninách, travách, výdrolu. První popsany výskyt virové zakrslosti pšenice (WDV) na světě přinesl v roce 1961 v Československu Ing. Josef Vacke, CSc. z VÚRV v Praze (Vacke 1961). Na začátku 90. let byl identifikován kmen WDV adaptovaný na ječmen, který není přenosný na pšenici. Kmeny vyskytující se na území ČR na

pšenici neinfikují ječmen (*Lindsten a Vacke, 1991*). Důsledky napadení virem jsou na pšenici velmi závažné. Rostliny infikované na podzim většinou neprezimují. Přezimované rostliny zůstávají zakrslé, nesloupkují, listy silně žloutnou nebo červenají. Podzemní infekce viru zakrslosti pšenice může redukovat sklizeň zrna náchylných odrůd ozimé pšenice a ozimého ječmene cca o 80 – 100 % (*Vacke, 2002*). Virová zakrslost pšenice byla rozšířená pouze v níže položených, relativně teplejších a sušších oblastech středních, severních a východních Čech, jižní Moravy a na Hané. V 90. letech 20. století byly zjištěny její významné výskyty rovněž ve středně položených oblastech západních a severních Čech.

V roce 2002 došlo ke kalamitnímu poškození porostů virem BYDV-PAV, vedoucímu k zaořávání porostů. Po roce 2003 s nižším výskytem zakrslostí a vyrovnaným poměrem infekcí BYDV a WDV následovaly roky s více či méně výraznou převahou infekcí WDV. V rámci sledování provedeného v letech 2004 – 2008 bylo zjištěno, že WDV převládal u pšenice a BYDV u ječmene (*Chrpová a kol., 2009*). *Beoni a kol. (2016)* udávají, že v období 2012–2015 v náhodně odebraných vzorcích (pšenice, ječmen) bylo v průměru zjištěno zastoupení 13,3 % BYDV.

Údaje o výskytu virových chorob na území ČR jsou k dispozici na webových stránkách ÚKZÚZ (<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/informace-o-vyskytu-so-a-poruch/vysledky-pruzkumu-zakrslosti-obilnin/puvodci-virovych-zakrslosti-obilnin-a-5.html>). Z hlediska výskytu viróz na území ČR je také významný ročník 2012, kdy

došlo k silnému poškození porostů obilnin mrazy i suchem a následně virovými chorobami s převahou WDV (*Chrpová a kol., 2017*). Citlivost rostlin k infekci virovými chorobami totiž významně ovlivňují stresy (sucho, vysoké teploty, velké mrazy). Nejpostiženějším krajem byl Jihomoravský s poškozením 95 tisíc ha (což představovalo 57 % plochy); ve Středočeském kraji poškození 83 790 ha (třetina plochy); v Olomouckém kraji na 28 % plochy, v ostatních krajích byl rozsah poškození menší než 20 % osevních ploch (*Fialová, 2012*).

Dle sledování ÚKZÚZ byl nižší výskyt virových zakrslostí zaznamenán v ročnících 2013 a 2014. Vegetační sezóna 2014/15 byla výjimečná vyšším podílem BYDV na infekcích porostů. Výskyt byl významnější zejména u ozimého ječmene a některé porosty musely být zaořány (*Kazda, 2017*). Ročníky 2016, 2017 a 2018 spadají do kategorie s menším výskytem virových zakrslostí obilnin.

V sezóně 2018/19 byl ve srovnání s předchozími ročníky zaznamenán vyšší výskyt virových zakrslostí obilnin. Mírná zima vytvořila vhodné podmínky pro řadu škůdců, tedy i pro přenašeče virových chorob. Nejčastější výskyty viróz byly v roce 2019 zjištěny ve Středočeském kraji, Pardubickém kraji a na Vysočíně. Byly zaznamenány případy, kdy se onemocnění objevilo v porostech nad 500 m n. m, např. na Příbramsku (Hlubyně 517 m n.m.) a na Karlovarsku (Krásné Údolí 647 m n.m.). Dochází tak k posunu infekcí do vyšších nadmořských výšek, než bylo doposud běžné (*ÚKZÚZ, 2020*).

Ochrana proti virovým chorobám vyžaduje komplexní přístup zahrnující agrotechnická

opatření (likvidace zdrojů infekce, termín výsevu), chemickou ochranu zaměřenou proti přenašečům, v případě BYDV je možná i volba odrůd s vyšším stupněm rezistence. V rezistentním šlechtění zaměřeném na zvýšení odolnosti k BYDV má u ječmene největší význam gen *Yd2*. Gen *Yd2* je v současné době přítomen ve čtyřech odrůdách ječmene ozimého registrovaných v České republice: Travira, Novira, LG Zoro (registrace 2019) a SU Lauvira (registrace 2020).

Lze předpokládat, že počet odrůd s tímto genem se bude zvyšovat. Přítomnost genu *Yd2* může být efektivně prokázána pomocí markeru *Ylp*, což zjednodušuje možnosti detekce u šlechtitelských materiálů i při hodnocení odrůd. U pšenice nedochází k tak silnému poškození jako u ječmene. Současně však neexistují příliš velké rozdíly v odrůdové rezistenci. Gen s podobným účinkem jako gen *Yd2* zajišťující rezistenci ječmenů není u pšenice k dispozici. Vzhledem k tomu, že u pšenice zatím nebyly mezi zkoušenými novošlechtěními a komerčními odrůdami nalezeny velké rozdíly, je hodnocení rezistence u šlechtitelských materiálů orientováno spíše na záchyt náchylných novošlechtění než na výběr odrůd s vyšším stupněm rezistence (*Ripl a kol. 2020*).

Riziko napadení virózami lze snížit aplikací insekticidů v době náletu savých škůdců, zvláště v citlivé fázi 11-13 BBCH. Správně načasovaným ošetřením lze snížit riziko virózních porostů až o 50 %. V posledních letech však rychle ubývají účinné látky doposud užívané v ochraně proti hmyzím přenašečům. V následujících ročních lze předpokládat problémy způsobené nedostupností chemické ochrany

proti přenašečům. Růst průměrné roční teploty znamená přitom zvýšení pravděpodobnosti škodlivého výskytu viróz v nižších polohách, ale na i lokalitách, kde byl dosud jejich význam okrajový.

Riziko infekce je spojeno s vysokým zastoupením obilnin v osevním postupu a s přítomností rezervoárů virů v okolí honu. Účinným způsobem ochrany je přerušení přenosu virů z výdrolu na vzešlé ozimy. Doporučuje se regulace výdrolu obilnin podmínkou či orbou. Důležitá je také prostorová izolace, která by



Obr. 4: Pohled na experimentální parcelky ve VÚRV, v. v. i., kde je testována odolnost materiálů k BYDV po umělé infekci. Je vidět parcelky náchylných a odolnějších odrůd. Právý pás: neinfikovaná kontrola

vedla k dostatečné izolační vzdálenosti obilnin v jednotlivých letech. Nebezpečným rezervoárem virů je však i výdrol obilnin v ozimé řepce (Kazda, 2017). Hrozbou pro nově založené porosty pšenice vyseté v agrotechnickém termínu nebo i později je kukuřice sklízená na zrno. Na klimatické změny a případnou nedostupnost chemické ochrany bude zřejmě třeba kromě jiných opatření zareagovat i změnami v osevních postupech.

V ČR je nejdůležitější plodinou pšenice, tradiční je pěstování ječmene, především sladovnického, významné je zastoupení kukuřice. Ostatní druhy (žito, oves) se staly opomíjenými a postupně tak došlo k výraznému snížení genetické variability pěstovaných druhů i odrůd (Chrpová a kol., 2019). Z hlediska prevence výskytu virových onemocnění by mohlo pomoci i větší rozšíření pěstebních ploch žita, zvláště ve vyšších polohách, kde bylo žito dříve tradiční plodinou.

3. 2. Fuzariózy klasu

Infekce způsobené patogeny rodu *Fusarium* se hojně vyskytují ve všech hlavních obilnářských oblastech. Napadeny mohou být všechny obilní druhy, zvláště pšenice a ječmen. Vzhledem k tomu, že některé druhy rodu *Fusarium* jsou producenty mykotoxinů, dochází u napadeného zrna nejen k redukci výnosů, ale i ke snížení hygienické kvality zrna (**obr. 5**).

Limity maximálního obsahu fuzariových toxinů v obilovinách jsou stanoveny podle Nařízení Komise (ES)1. Pro nezpracované obiloviny kromě pšenice tvrdé, ovsu a kukuřice je limit pro deoxynivalenol 1,25 mg/kg1 a pro zearalenon

0,1 mg/kg. Další fuzariové mykotoxiny - fumonisiny jsou limitovány pouze v kukuřici, a to sumou fumonisinů B1 a B2 (limit - 4 mg/kg). Již delší dobu se diskutuje zavedení souhrnného limitu pro T-2 a HT-2 toxiny, zatím však není konkrétní hodnota v legislativě uvedena. Jako původce klasových fuzarióz v naší republice bývá zjišťováno zhruba 15 druhů rodu *Fusarium*. Mezi významné producenty mykotoxinů na pšenici a ječmenu patří druhy *F. graminearum* a *F. culmorum*, které produkují trichotheceny typu B. Nejvíce sledovaným mykotoxinem z této skupiny je deoxynivalenol (DON), setkat se můžeme i s dalším trichothecenem typu B, kterým je nivalenol (NIV). DON patří k méně toxickým trichothecenovým mykotoxinům, je ale považován za indikátor možného výskytu dalších toxickejších trichothecenů (Lombaert a kol., 2002).

K infekci klasu patogeny z rodu *Fusarium* dochází během kvetení a fuzariové mykotoxiny jsou produkovány již velmi záhy, 36hod. po inokulaci (Kang a Buchenauer, 2002; Chrpová a kol., 2006). Pro vznik choroby jsou rozhodující dva zdroje inokula: infikované obilky a kontaminovaná půda se zbytky napadených rostlin z předcházející sklizně.

Stupeň napadení a kontaminace zrna mykotoxiny ovlivňuje celá řada faktorů. Schaafsma a Hooker (2007) zjistili, že obsah DON v zrnu je ze 48 % ovlivňován podmínkami prostředí, z 27 % odrůdou a ze 14 – 28 % předplodinou; avšak orební systém přispíval k proměnlivosti v obsahu DON méně než 5 %. Vývoj patogena podporuje vlhko v průběhu celého jarního období. V ročnicích s velkým přísuškem bývá vývoj patogenů z rodu *Fusarium* limitován ne-

dostatečnou vlhkostí. Vyšší srážkové úhrny v období během kvetení a těsně po něm podporují tvorbu DON (Bártová a kol. 2010). Váňová a kol. (2009) v podmínkách ČR prokázali, že kontaminaci mykotoxinem DON mohou ovlivnit srážky a průměrné teploty již v měsíci dubnu.. Pro rozvoj choroby a akumulaci mykotoxinů mají pravděpodobně kromě vertikálních srážek (deště) velký význam i tzv. horizontální srážky (rosa, ovlhnutí). Tím, že porosty zůstávají dlouho vlhké, se vytvářejí vhodné podmínky pro rozvoj patogena i akumulaci mykotoxinů. Výskyt jednotlivých druhů patogenů *Fusarium* sp. výrazně souvisí s klimatickými podmínkami dané lokality a existují i údaje o vlivu měnícího se klimatu na patogeny z rodu *Fusarium*. Výskyt *F. poae*, které v posledních letech na našem území dominuje (Chrpová a kol., 2016; Militká a kol., 2017), je spojen s relativně suchými a teplými podmínkami, *F. graminearum* převažuje v teplých a vlhkých podmínkách a *F. avenaceum* a *F. culmorum* se vyskytují častěji v chladnějších a vlhkých podmínkách.

V období 2010 až 2019 byl v rámci monitoringu z tzv. pozorovacích bodů prováděného ve spolupráci ÚKZÚZ a VÚRV, v. v. i. zjištěn průměrný podíl vzorků s nadlimitním obsahem DON (překračujícím 1,25 mg/kg) ve výši 5,8 % s velkým kolísáním v jednotlivých ročnících. Ve starší studii z let 2004 -2009 (Bártová a kol.,2010) byl průměrný podíl nadlimitních vzorků 9,23 % z celkového počtu vzorků a za nejohroženější byl v tomto období považován východ Moravy, v jihozápadních a jižních Čechách okresy Plzeň-jih, Domažlice, Rokycany, Klatovy a České Budějovice a na severovýchodě Čech okresy Česká Lípa a Trutnov. Ve studii z období 2010 -2019 bylo zjištěno, že výskyt

nadlimitních vzorků se v souvislosti se zvyšujícími se teplotami může přesunout do vyšše položených okresů (např. Žďár nad Sázavou, Třebíč, Rychnov nad Kněžnou, Ústí nad Orlicí).

V rámci ochrany proti klasovým fuzariózám je třeba dodržovat komplex opatření, které zahrnují střídání plodin, správné ošetření půdy po sklizni i před setím a racionální aplikaci hnojiv a pesticidů. Jako nejúčinnější ochranné opatření se jeví volba odrůdy s vyšší rezistencí v kombinaci s cílenou ochranou fungicidy. Na základě přesných pokusů se v průměru uvádí přibližně 50 %-ní účinnost cílené fungicidní ochrany, která však bývá vlivem různých faktorů značně variabilní (Šíp a kol., 2010).



Obr.5: Odrůda pšenice Dagmar (A), která dlouhodobě vykazuje vysokou odolnost k fusarioze klasu a náchylná odrůda pšenice (B).
(Foto J. Chrpová, VÚRV, v. v. i.)

Rezistence obilnin ke klasovým fuzariózám je polygenně založená a má různé komponenty. Při hodnocení rezistence je pozornost zaměřena především na rezistenci k invazi a k šíření patogena a k akumulaci (hromadění) mykotoxinů v zrně.

Při pěstování současných komerčně využívaných odrůd je třeba vždy počítat s určitou mírou rizika spojenou s výskytem klasových fuzarióz. Riziko se zvyšuje za určitých podmínek (vliv ročníku, riziková předplodina – kukuřice aj.). Opakovaně bylo prokázáno, že mezi odrůdami pšenice i ječmene existují rozdíly ve schopnosti akumulovat mykotoxiny (Zimmermann, 2000; Chrpová a kol. 2011 a 2012). Tyto rozdíly je třeba brát v úvahu při volbě odrůd zvláště v oblastech s opakovaným zvýšeným výskytem klasových fuzarióz, po rizikové předplodině nebo při použití minimalizačních opatření.

Nejvíce poznatků o rezistenci je k dispozici u pšenice. Pracovníci ÚRV, v. v. i. dlouhodobě spolupracují s ÚKZÚZ při hodnocení rezistence odrůd ke k fuzarióze klasu. Výsledky jsou zveřejňovány v Seznamu doporučených odrůd (SDO), na webových stránkách ÚKZÚZ i Agrární

komory ČR, která je garantem zkoušení odrůd pšenice pro doporučování zemědělské praxi.

Alternativu k pěstování pšenice seté představuje pšenice špalda, kromě nutričního složení zrna může být důvodem pro její pěstování i nižší riziko akumulace mykotoxinů v zrně. Opakovaně byl potvrzen ochranný efekt pluchy, který přispívá k nízké akumulaci mykotoxinů v zrně špaldy, výhodou z hlediska napadení fuzariózami klasu mohou být u špaldy i další mechanismy tzv. pasivní rezistence (Riesen a kol., 1986; Solarska, a kol. 2012; Chrpová a kol., 2018).

Pro zemědělskou praxi i zpracovatele může být zajímavé zjištění, že k vyšší akumulaci mykotoxinů dochází u pluchatého ovsa v porovnání s odrůdami ovsa nahého (Tekle et al., 2018; Chrpová a kol. 2020). Scudamore a kol. (2007) uvádějí, že při loupaní ovsa dochází ke snížení obsahu fuzariových mykotoxinů o 70 až 95 % a v celém procesu výroby ovesných vloček je pak odstraněno 90-95 % veškeré kontaminace fuzariovými mykotoxiny. Rizikové z hlediska obsahu mykotoxinů však zůstávají vedlejší produkty zpracování ovsa.

Literatura

- Bártová, Š., Šíp, V., Chrpová, J., Štočková, L. Klasové fuzariózy pšenice a predikce rizika napadení, Úroda, 2010, 58(12): 8 – 10
- Beoni, E., Chrpová, J., Jarošová, J., Kumar Kundu, J. (2016): Survey of Barley yellow dwarf virus incidence in winter cereal crops, and assessment of wheat and barley resistance to the virus Crop & Pasture Science, 2016, 67 (10): 1054-1063.
- Fialová, Z. (2012): Škody na porostech., Zemědělec., 22 (25): 1-5.
- <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/informace-o-vyskytu-so-a-poruch/vysledky-pruzkumu-zakrslosti-obilnin/puvodci-virovych-zakrslosti-obilnin-a-5.html>
- Chrpová J., Šíp V., Matějová E., Sýkorová S. (2006): Progression of Deoxynivalenol Con-

- centrations in Spikes and Kernels of Winter Wheat Cultivars after Inoculation with *Fusarium culmorum*. Czech J. Genet. Plant Breed., 42, 2006 (4): 137–141
- Chrpová, J., Šíp V., Štolcová, J., Kumar, J., Veškrna, O. (2009): Virové choroby obilnin v ČR - výskyt a možnosti ochrany. Úroda 10: 14-18.
 - Chrpová, J., Šíp, V., Štočková, L., Stemberková, L., Tvarůžek, L.. Resistance to *Fusarium* head blight in spring barley. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 2011, 47 (2): 58 - 63
 - Chrpová, J., Šíp, V., Štočková, L., Dumalaso-ová, V. Evaluation of *Fusarium* Head Blight Resistance in Wheat under High Infection Pressure in Field Conditions Cereal Research Communications, 2012, 40 (3): 396 - 404
 - Chrpová, J., Šíp, V., Militká, T., Salava, J., Palicová, J., Štočková, L., Džuman, Z., Hajšlová, J. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in wheat grain collected in the Czech Republic World Mycotoxin Journal, 2016, 9 (2): 317 - 327
 - Chrpová, J., Militká, T., Palicová, J., Kumar, J., Váňová, M., Bílovský, J., Veškrna, O. (2017) Ochrana obilnin proti virovým chorobám (BYVD a WDV) Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., , 27 pp.
 - Chrpová, J., Štěrbová, L., Trávníčková, M., Palicová, J., Janovská, D. Odolnost pšenice špaldy k fuzarióze klasu. Úroda, 2018, 66(9): 24 - 27
 - Chrpová, J., Dvořáček, V., Hermuth, J., Holubec, V., Janovská, D., Kurešová, G., Palicová, J., Nesvadba, Z., Pavela, R., Prášil, I., Ripl, J., Růžek, P., Saska, P., Stejskal, V., Svobodová, L., Vítámvás, P., Zámečník, J. Výzkum obilnin ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v. v. i.
 - Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2019, 50.
 - Chrpová, J.; Palicová, J.; Sterbová, L., Trávníčková M., Dumalaso-ová, Chourová M. (2020): Resistance against *Fusarium* head blight in oats , Zemdirbyste-Agriculture, 107 (1) 49-54.
 - Kang Z., Buchenauer H. (2002): Studies on the infection process of *Fusarium culmorum* in wheat spikes: degradation of host cell wall components and localization of trichothecene toxins in infected tissue. European Journal of Plant Pathology, 108: 653–660.
 - Kazda J. Virové choroby obilnin a ochrana proti nim. Agromanuál 2017. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/virove-choroby-obilnin-a-ochrana-proti-nim>
 - Militká, T., Chrpová, J., Džuman, Z., Salava, J., Štěrbová, L., Palicová, J., Slavíková, P., Stránská-Zachariášová, M., Hajšlová, J. Mycotoxins content and its association with changing patterns of *Fusarium* pathogens in wheat in the Czech Republic World Mycotoxin Journal, 2017, 10 (2): 143 - 151
 - Lombaert, G.A. Methods for determination of deoxynivalenol and other trichothecenes in food. In: J.W. DeVries, M.W. Trucksess, L.S. Jackson, eds. Mycotoxins and Food Safety. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002, 141–153. ISBN: 978-1-4613-5166-5
 - Lindsten, K., Vacke, J (1991): A possible barley adapted strain of wheat dwarf virus (WDV). Acta Phytopath. Entomolog. Hung., 26:175-180
 - Riesen T, Winzeler H, Rüggeger A and Friedl P (1986)., The effect of glumes on fungal infection of germinating seed of spelt (*Triti-*

- cum spelta L.) in comparison to wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Phytopathol* 115:318–324.
- Ripl J., Chrpová J., Kumar J (2020): Má smysl při výběru odrůd obilnin zvažovat odolnost k virózám? *Agromanuál* 15 (6): 80–81.
 - Scudamore K. A., Baillie, H., Patel, S., Edwards, S.G. (2007): Occurrence and fate of *Fusarium* mycotoxins during commercial processing of oats in the UK. *Food Additives and Contaminants*, 24: 1374–1385.
 - Schaafsma, A.W., Hooker, D.C. (2007): Climatic models to predict occurrence of *Fusarium* toxins in wheat and maize. *International Journal of Food Microbiology*, 119: 116–125.
 - Solarska E, Kuzdralinski A, Marzec M. 2012. Toxigenic fungi and mycotoxins in organic spelt and its products. *J Agric Sci Technol A*. 2:168–177.
 - Šíp V., Chrpová J., J., Veškrna, O., Bobková, L. The impact of cultivar resistance and fungicide treatment on mycotoxin content in grain and yield losses caused by *Fusarium* head blight in wheat. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2010, 46, 21–26.
 - Tekle S., Lillemo M., Skinnes H., Reitan L., Buraas T., Bjørnstad Å. 2018. Screening of oat accessions for *Fusarium* head blight resistance using spawn-inoculated field experiments. *Crop Science*, 58: 143–151.
 - Vacke, J. (1961): Wheat dwarf virus disease. *Biologia Plantarum*, 3: 228–233.
 - Vacke J., Šíp V. Škorpík M. (1996): Response of selected spring wheat varieties to the infection with barley yellow dwarf virus. *Genetika a Šlechtění*, 32: 95–106.
 - Vacke J. (2002): K nebezpečnému výskytu viróz na obilninách v letošním roce. *Rostlinolékař5/2002*: 6–7
 - Váňová M., Klem K., Matušinský P., Trnka M. (2009): Prediction model for deoxynivalenol in wheat grain based on weather conditions. *Plant Protection Science*, 45: S33–S37.
 - Zimmermann G. (2000): Use of genetic resistance for the reduction of *Fusarium* head blight in wheat. *Bodenkultur und Pflanzenbau Schriftenreihe der Byerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau*, 4: 49–57.

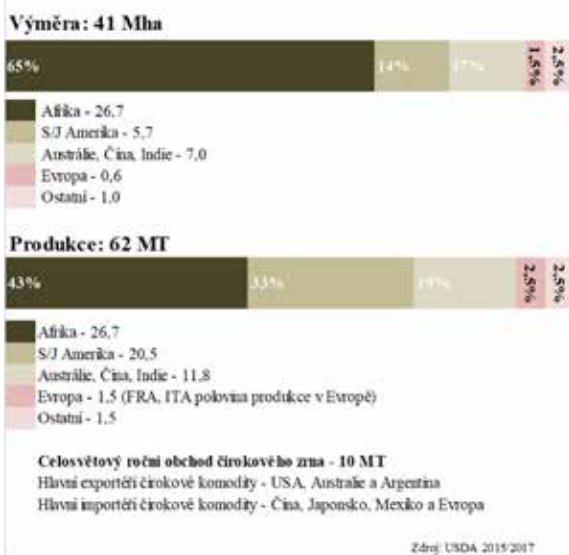
4. MULTIFUNKČNÍ UPLATNĚNÍ NOVĚ VYŠLECHTĚNÝCH ODRŮD ČIROKU ZRNOVÉHO A BÉRU ITALSKÉHO (JIŘÍ HERMUTH)

4. 1. Čirok [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]

Je významnou zemědělskou plodinou. Je čtvrtou nejpěstovanější obilninou světa co do výše výnosu a pátou nejvíce pěstovanou obilninou světa co do velikosti pěstební plochy. Původním genetickým centrem této plodiny je Afrika. Globálně čirok představuje základní plodinu pro více než 500 milionů lidí ve více než 30 zemích světa. Oproti majoritním obilninám pšenici, rýži a kukuřici je však tato plodina poměrně nedoceněná, především z pohledu rozšíření jejího pěstování a následného využití. Tato skutečnost se začíná měnit díky šlechtitelskému procesu. Proč? Je to nenáročná, levná, snadno pěstovatelná plodina a je levnější alternativou k pšenici a kukuřici, především jako komponenta v krmných směsích. Pěstování čiroků ve světovém měřítku je velmi významné jak pro lidskou výživu, krmné účely a v současné době také jako materiál vhodný pro výrobu bioplynu. Jako potravina jsou čiroky nejvíce využívány v Africe a Asii, pro krmné účely v Evropě, USA a Austrálii (**tab. 1**). V posledních letech je patrný posun pěstování čiroku i do severnějších oblastí Evropy (Francie, Maďarsko,

Německo), kde existují programy šlechtění hybridních čiroků. Šlechtí se zejména na chladuvzdornost, ranost a snížení obsahu nutričních látek v obilkách. V současné době se nabízí větší možnost jeho využití v Evropě k potravinářským účelům, což se dosud dělo jen v omezené míře. Vzhledem ke změnám klimatu se jedná o plodinu u níž celosvětově i v Evropě nejvíce rostou plochy zásevů. Z historického pohledu není čirok plodinou neznámou pro naše zemědělce. Již v roce 1958 profesor Špal-

Tab. 1 Hlavní producenti čiroku ve světě



don uvádí, že „celková plocha zasetého čiroku v tehdejší Československu je malá, bohužel potřeba této plodiny se z velké části musí krýt dovozem“ (J. Hermuth, 2010). S postupujícími změnami podmínek klimatu dochází stále častěji k nedostatku srážek nebo k jejich nerovnoměrné distribuci, kdy srážky vypadávají v kratším časovém úseku. To způsobuje, že v některých oblastech naší republiky dochází k deficitu vodních srážek a tím způsobené ariditě dané lokality. Jednou ze strategií jak čelit těmto klimatickým změnám je využití netradičních suchovzdorných plodin např. čiroků a bérů, které efektivněji hospodaří s půdní vodou. V tomto směru má v ČR Genová banka ve VÚRV, v.v.i. unikátní pozici, vzhledem k tomu, že tyto plodiny dlouhodobě hodnotí. Současně se podařilo vyšlechtit na tomto pracovišti pro zemědělskou praxi odrůdu čiroku zrnového s názvem 'Ruzrok' a dvě odrůdy bėru italského 'Ruberit' a 'Rucereus'. V rámci jejich druhového spektra vynikají tyto odrůdy vysokou raností, dobrým výnosem a multifunkčním využitím, jak pro produkci zelené hmoty, tak i zrna, které v kukuřičné, řepařské či obilnářské výrobní oblasti bezpečně dozrává. Ve srovnání se standardními pěstovanými obilninami tyto odrůdy významně lépe snáší extrémní sucha a mají nižší výnosové výkyvy. Obě plodiny mají pozitivita z hlediska potravinářského využití, jelikož neobsahují lepek a produkty z nich vyrobené (mouka, krupice atd.) jsou vhodné pro osoby trpící celiakií (**Obr. 6**).



Obr. 6: Kvetoucí lata odrůdy 'Ruzrok'
(foto J. Hermuth, VÚRV, v. v. i.)

V roce 2012 sucho poškodilo např. v Jihomoravském kraji téměř 100 000 ha zemědělské půdy. V roce 2013 i 2014 bylo hlášeno sucho na Hané a opět na jižní Moravě Dramatické sucho bylo zaznamenáno také v letech 2018 a 2019. Začátek roku 2020 má obdobný průběh jako předcházející roky a stav je o to dramatictější, že v zimním období byl naprostý nedostatek sněhových srážek. V roce 2015 začalo Ministerstvo zemědělství spolu s Ministerstvem životního prostředí připravovat krizový plán řešící aktuální dopady sucha na zemědělskou výrobu a na životní prostředí. Jednou z možností, jak snižovat výnosové i ekonomické ztráty způsobené suchem, je pěstování plodin, které se dokážou těmto podmínkám přizpůsobit, protože jsou původem z aridních oblastí. Takovou plodinou je čirok [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], u kterého některé literární prameny uvádějí až o 1/3 nižší potřebu vody na produkci 1 kg sušiny v průběhu vegetace než v případě kukuřice. Tato tropická tráva, někdy označována jako „velbloud rostlinné říše“ původem patrně z Etiopie, je pátou nejpěstovanější obil-

ninou světa. Kvůli globálním změnám klimatu a častějším výskytům horkého a suchého léta s teplotami stoupajícími až k 40 °C se otevírají možnosti pěstování čiroku i v České republice a v dalších zemích střední či východní Evropy. Během suchého a horkého léta se projeví výhody C4 fotosyntézy u čiroku, které vedou k vyšší tvorbě biomasy, tj. např. píce. V tomto ohledu se čirok jeví dokonce i odolnější než jiné C4 rostliny, např. kukuřice. Čirok lze proto doporučit do oblastí s rychle vysychajícími lehkými písčitymi půdami.

4. 1. 1. Využití čirokového zrna

V České republice je převážně pěstování čiroků zaměřeno na biomasu. Rozsah pěstování čiroku na zrno v Evropě začíná narůstat (tab. 2). Čirokové zrno lze bez problémů vypěstovat i v našich teplejších oblastech a snadné je i jeho využití. Bohužel jsme se zatím ne-

zvykli čirokové zrno používat při výrobě krmiv. Čirokové zrno přitom může být ekonomicky zajímavou součástí jadrových směsí pro brojlerly, nosnice, prasata i skot. Jeho zařazení do krmných směsí je výhodné, protože se dá vypěstovat levněji než pšenice nebo kukuřice. Výhodou je také skutečnost, že čirokové zrno na rozdíl např. od pšenice neobsahuje lepek, který částečně brání využití živin ve střevech. Čirok zvířata ráda přijímají a velmi důležité je, že jeho zrno nenapadá většina hub produkující mykotoxiny, takže díky němu dochází i k „ozdravení“ krmných směsí. Na rozdíl od ostatního světa, kde je čirok běžnou součástí krmných směsí, je v Evropě krmení čirokového zrna málo rozšířené. Lídrem v jeho krmení je především Španělsko, které zrno za tímto účelem dokonce i dováží z okolních zemí (hlavně Francie). Ve Španělsku se čirok krmí drůbeží a u všech kategorií prasat. Prasata běžně krmí čirokem i chovatelé v Maďarsku. Ostatní evrop-

Tab. 2 Evropská produkce zrna čiroku (2018); + Ukrajina a Rusko

Země	Výměra (tis.ha)	Nárůst výměry oproti roku 2017 (%)	Produkce (tis.tun)
Rusko	90	-	200
Francie	70	14	350
Ukrajina	54	25	180
Itálie	46	9	300
Maďarsko	20	50	90
Rumunsko	19	18	95
Španělsko	9	28	43
Bulharsko	4	100	18
Rakousko	4	30	40
CELKEM	316		1316

Zdroj: Sorghum ID, 2020

ské země s výjimkou některých zemí bývalého Sovětského svazu s krmením čirokového zrna spíše začínají. V přesných pokusech a později i v provozech s brojlery a nosnicemi prováděnými ve Francii a v Rumunsku se náhrada 2/3 kukuřičného nebo pšeničného šrotu za šrot čirokový nijak neprojevila na přírůstcích nebo užitkovosti drůbeže. Oceňována byla zejména dobrá stravitelnost čirokových bílkovin a nízký stav mykotoxinů ve směsích s ostatními obilninami. Čirokové zrna by neměla být považována za náhradní obilninu, ale spíše za možnost ke zlepšení úrovně efektivity v krmivářství (**tab. 3**). Díky dobré úrovni a stravitelnosti čirokových bílkovin lze dokonce ve směsích mírně omezit obsah sójového šrotu. Podle výzkumného pracovníka Alexandre Calendreu, který prováděl pokusy ve Francii (Idena u Nantes) a porovnával jednotlivé výhody jednotlivých obilnin v krmivu své závěry zformuloval takto: Pšenice - krmné pelety měly dobrý obsah živin, jejich konzistence byla drůbeží oceňována. Kukuřice - bohatství pigmentu zlepšilo barvu masa a intenzitu vaječných žloutků. Ječmen - vyšší ob-

sah vlákniny snížil zdravotní problémy u prasat, a to zejména u mladších kategorií. Čirok - snížil rizika obsahu mykotoxinů v krmivu (*M. Podrábský, 2020*).

Čirok je neprávem opomíjená obilnina, která je velmi vhodná také pro lidskou výživu. Čirokové zrna je nejen přirozeně bezlepkové, ale má řadu pozitivních účinků. Je zdrojem bílkovin, vlákniny, minerálů Mg, Fe, P, K, Mn, Cu, Se, Zn, vitamínů B6, B2, B1, má pozitivní vliv na nervový systém, metabolismus a hladinu cholesterolu, upravuje hladinu cukru v krvi. Čirok jako antioxidant je bohatým zdrojem různých přírodních chemických sloučenin (taniny, fenolové sloučeniny, anthokyaniny, fytosteroly), které v lidském těle působí jako antioxidanty, snižující dopad oxidačního stresu v lidském těle. Působí jako preventivní ochrana před vznikem zánětu. Tepelná úprava nesnižuje antioxidační kapacitu zrna či mouky. Polyfenoly v čiroku testováním prokázaly protirakovinné účinky, především 3-deoxyanthokyanidiny, které vykazují velký potenciál zastavování růstu

Tab. 3 Srovnání kvality sušín zrna čiroku a ostatních plodin

Obilnina	Dusíkaté látky	Tuk	Vláknina	Bezduškaté látky výtahové	Škrob
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
Pšenice	138	20	29	794	675
Ječmen jarní	125	27	57	764	600
Kukuřice	106	46	26	805	695
Žito	113	18	28	819	646
Oves	123	52	113	679	447
Čirok zrnový	128	33	27	790	659

Zdroj: Quelle, 2009

rakoviny tlustého střeva, rakoviny prsu a melanomu. Diabetes a s ním spojená obezita jsou celosvětovým strašákem. Čirok dokáže také snižovat produkci glukózy v játrech, a to s podobným účinkem jako léky. Lipidy z čiroku jsou také částečně schopné zabraňovat absorpci cholesterolu z potravy a snižovat cholesterol nejen v krvi, ale i v játrech. Úpravou hladiny glukózy a cholesterolu v krvi spolu s vysokým obsahem antioxidantů může čirok chránit proti vzniku kardiovaskulárních chorob (*J. Hermuth, 2012*).

4. 1. 2. Silážní čiroky

Silážní odrůdy se od sebe značně liší výškou (1,5 – 4 m), celkovým habitem, velikostí laty a typem stébla a olistěním. Můžeme je rozdělit na vyšší biomasové typy a nižší zrnové silážní čiroky. Velmi vysoké odrůdy čiroků rozhodně nejsou zárukou nejvyšších výnosů energie, které mohou mít problém s možným poléháním. Takové rostliny potřebují více ligninu podporující pevnost stébla a mají menší podíl listů na stonku, což přináší problém nízké stravitelnosti organické hmoty. Proto se šlechtitelé snaží vypěstovat silážní typy nižšího vzrůstu, kompaktní, s širokými listy, velkou latou a přírodní BMR mutací. Odrůdy obsahující BMR mutaci (Brown Mid Rib) se navenek projevující hnědým žebrem (cévní svazky). Důležité je, že mají vlákninu s obsahem ligninu sníženým až o 40 – 60 % a tím mají i výrazně vyšší stravitelnost. „Pěstitel by si měl uvědomit, že se z jednotky plochy nemá snažit vypěstovat co nejvíce hmoty, ale co nejvíce energie“, která je navíc v hmotě v takové koncentraci, aby byla zvířetem nebo BPS (bioplynová stanice) využitelná. Vzhledem k tomu, že biomasa čiroků výborně fermentuje

a jejich pletiva více zadržují vodu, než např. kukuřice, lze je silážovat i při sušinách, při kterých ostatní plodiny silážovat nemůžeme. Silážování čiroků při sušině 25 – 26 % je zcela běžnou záležitostí.

4. 1. 3. Biomasové silážní typy

Jedná se o odrůdy dosahující výšky 2,5 a více metrů. Patří mezi méně odnožující, vysoké a zpravidla pozdní cukrové čiroky, nebo naopak nižší súdánská tráva vytvářející 3 – 7 odnoží. Nejvíce se ale pěstují kříženci těchto dvou typů, které spojují jejich žádoucí vlastnosti na jedné straně vyšší stravitelnost typů cukrových a na druhé straně větší ranost a odnožování súdánské trávy. Jednotlivé odrůdy těchto kříženců se mohou značně lišit habitem i stravitelností.

4. 1. 4. Zrnové silážní typy

Většina šlechtitelů se nyní zaměřuje na šlechtění právě těchto typů. Odrůdy různé ranosti dorůstají do výšky 150 – 220 cm. Mají mohutné laty a dobře vyvinutým zrnem, jehož podíl značně zvyšuje energii siláže. Protože se tyto čiroky sklízí v mléčné zralosti (zrno se v pozdější fázi špatně narušuje), je energie v zrnu tvořena jen částečně škrobem a zbytek jsou nižší polysacharidy, ze kterých by se v dozrávání škrob vyvinul. Nižší stéblo těchto odrůd nepotřebuje vyztužení takovým obsahem ligninu, jaký musí mít vyšší typy. Také variabilita těchto odrůd je značná a v závislosti na ranosti je lze pěstovat v ŘPO a KVO.

4. 1. 5. Letní využití čiroků na píci nebo jako strniskové meziplodiny

V teplém letním období jsou čiroky jednou z plodin, které umí využít i to málo vody, kterou máme k dispozici. Pro letní produkci píce seje-me čiroky nejpozději do počátku srpna, protože v září už mohou mít problémy s nízkými teplotami. Hmoty na silážování se vzhledem k vyššímu obsahu vody musí sklízet dvoufázově, jen některé nejranější odrůdy seté na začátku července mohou dojít do přijatelné sušiny i na přímou sklizeň (česká odrůda 'Ruzrok'). Jako strnisková meziplodina je čirok velmi vhodný. Dokáže narůst i v podmínkách, kdy jiné meziplodiny ani nevyklíčí a přitom méně vytahuje vodu. Pro použití v Greeningu se osvědčila kombinace čiroku se svazenkou a nově i kombinace s odrůdami bérů, které mají obdobnou odolnost k suchu jako čiroky (*M. Podrábský, 2020*).

V současné době je již registrována první česká odrůda zrnového čiroku [*Sorghum*

bicolor (*L.*) *Moench.*] s názvem 'Ruzrok', vyšlechtěná Ing. Jiřím Hermuthem na pracovišti Genové banky ve VÚRV, v. v. i., která byla registrována v roce 2014 pro podmínky České republiky. Díky svým specifickým znakům, především rychlému vegetačnímu růstu a ranosti, ale též schopnosti dozrát a vyprodukovat zrno v podmínkách ČR je odrůda vhodná do osevních postupů jako hlavní plodina pěstovaná pro biomasu, zrno, ale také jako fyto-sanitární meziplodina. Udržovatelem odrůdy a držitelem ochranných práv k této odrůdě je Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6. Odrůda 'Ruzrok', její licenční množení a distribuce osiva je podstoupená firmám SEED SERVICE s. r. o. z Vysokého Mýta a PRO-BIO, obchodní společnost s r.o. ze Starého Města. Odrůda 'Ruzrok' představuje prototyp multifunkční nízkonákladové odrůdy, která má uplatnění v teplejších a sušších oblastech ČR. Může být i náhradou za kukuřici, kde kukuřice nedosahuje uspokojivých výsledků. Odrůda má potenciál využití v systémech konvenč-

Tab. 4 Výnosy zrnového čiroku "Ruzrok" v roce 2017 (OSEVA Zubří)

Varianta	Počet sečí	Datum sklizně	% sušiny v zelené hmotě	Výnos zelené hmoty t.ha ⁻¹	Výnos suché hmoty při 85% sušiny v suché hmotě t.ha ⁻¹	Výnos sušiny t.ha ⁻¹	
						v seči	celkem
Výsev 20 kg.ha ⁻¹	I. seč	2. 8.	24,7	33,6	9,8	8,3	14,2
	II. seč	2. 10.	25,4	23,2	6,9	5,9	
	jedna seč	2. 10.	37,4	21,4	9,4	8,0	8,0
Výsev 25 kg.ha ⁻¹	I. seč	2. 8.	28,8	36,0	12,2	10,4	17,3
	II. seč	2. 10.	26,7	26,0	8,2	6,9	
	jedna seč	2. 10.	38,6	27,9	12,7	10,8	10,8

Tab. 5 Výnosy zrnového čiroku "Ruzrok" v roce 2018 (OSEVA Zubří)

Varianta	Počet sečí	Datum sklizně	% sušiny v zelené hmotě	Výnos zelené hmoty t.ha ⁻¹	Výnos suché hmoty při 85% sušiny v suché hmotě t.ha ⁻¹	Výnos sušiny t.ha ⁻¹	
						v seči	celkem
Výsev 20 kg.ha ⁻¹	I. seč	9. 8.	28,3	30,1	10,0	8,5	14,9
	II. seč	9. 10.	25,8	24,6	7,5	6,4	
	jedna seč	9. 10.	36,4	22,5	9,6	8,2	8,2
Výsev 25 kg.ha ⁻¹	I. seč	9. 8.	29,4	32,8	11,3	9,6	17,0
	II. seč	9. 10.	27,3	26,8	8,6	7,3	
	jedna seč	9. 10.	37,2	28,4	12,4	10,6	10,6

ního i ekologického zemědělství v rámci střední Evropy právě z hlediska svých možností využití pro různé pěstební účely (J. Hermuth, 2018).

'Ruzrok' je výnosná pícnina dosti bohatá na bílkoviny. Na zelenou píci ji sečeme před metáním, na siláž ji kosíme na začátku metání. Obvykle dává dvě seče, první podle podnebí v průběhu července a začátku srpna, druhou od druhé poloviny září až do začátku října. Odrůda 'Ruzrok' byla registrovaná pro využití biomasy. Možné uplatnění čiroků v marginálních oblastech můžeme směřovat zejména ve využití pro energetické účely, případně i jako meziplodiny. V letech 2017 - 2018 proběhl na pokusném stanovišti v OSEVĚ Zubří polní experiment, kde byl sledován výnos zelené hmoty, suché hmoty a obsah sušiny, s možností využití produkce čiroku 'Ruzrok' při dvousečném využití pro energetické účely případně i jako meziplodinu. Čirok zrnový 'Ruzrok' dosáhl v podmínkách Zubří velice příznivých výnosů, které dokumentují

(tab. 4, 5). Vyšší výnosy dosáhla varianta s výsevem 25 kg na hektar. V podmínkách Zubří čirok velice dobře obrůstal a jednosečná varianta dosáhla plné zralosti zrna v obou zkušebních letech (J. Frydrych a kol., 2019).

Velmi vhodnou alternativou pro výrobu bioplynu (energetické účely) je čirok (Obr. 7). Podobně jako kukuřice, čirok poskytuje vysoké výnosy nadzemní biomasy, vhodné pro silážování a následnou produkci bioplynu. Bez ohledu na nižší výtěžnost bioplynu, ve srovnání s kukuřicí, lze z 1 ha čiroku získat stejné množství nebo i více bioplynu, zejména metanu jako hlavní energetické složky, a to díky vyšším průměrným výnosům sušiny biomasy. Pro dosažení vyšších výnosů však potřebujeme pečlivě vybrat vhodné odrůdy a dodržet veškeré požadavky agrotechniky. V podmínkách ČR jsou důležité především rané odrůdy čiroků. Průběh silážování a fermentace u kukuřice a čiroků je rovněž odlišný, proces má delší náběh a je po-

malejší. Důvodem je vyšší obsah polyfenolických látek u čiroků (zejména taninu), což má za následek inhibiční činnosti mikroorganismů, zpomalení a v některých případech až zastavení fermentačních procesů. Jelikož anaerobní fermentace obvykle docela účinně odstraňuje polyfenolické látky přirozeného původu, tak po ukončení biozplynování je docílen jejich rozklad. Metanogenní mikroorganismy však vyžadují adaptaci na siláž z čiroků. Toho lze docílit postupným přidáváním čiroků ve směsi s kukuřicí nebo je třeba počítat s iniciační podporou adaptačních procesů přidáním kvalitnějších surovin při náběhu zpracování siláže čiroku (např., přidáním kukuřičného jádra, CCM nebo GPS obilovin). Po nastartování normálního průběhu bioplynové fermentace další dávky siláže čiroků nevyžadují podporu (*J. Hermuth a kol. 2012*).



Obr. 7: Porost raného čiroku 'Ruzrok' ve VÚRV, v. v. i. Ruzyně (*J. Hermuth, VÚRV, v. v. i.*)

Dalším východiskem je cílený výběr odrůd C4 rostlin (**Obr. 6**), konkrétně čiroku 'Ruzrok' a bérů 'Ruberit' a 'Rucereus', ale také jejich propojení s C3 rostlinami v osevním sledu, konkrétně s ozimým tritikalem a vytvoření celoročního biomasového pásu pro výživu zvířat i bioplynové stanice. Výsledkem šlechtitelské

práce odborníků z VÚRV, v. v. i. je linie ozimého tritikale pod označením RU 202-16 (v ČR prochází od roku 2019 registračním řízením v rámci Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a hodnocení zkoušek DUS testů je prováděno v Polsku). Pokud tato odrůda úspěšně projde registrací, bude dostupná pěstitelům pod názvem Ruztikal prostřednictvím osivařské firmy SEED SERVICE, s. r. o. Zacílení na tritikale není náhodné, porovnání výtěžnosti biomasy a bioplynu u tritikale a žita hovoří ve výzkumech VÚRV právě ve prospěch tritikale. Průměrné výsledky biozplynovací zkoušky z tříletých experimentů ukázaly, že linie RU 202-16 vyšlechtěná Ing. Zdeňkem Nesvadbou, Ph.D. dosáhla vyšší produkce bioplynu a výtěžnosti metanu (611 l/kg suš., respektive 348 l/kg suš.) než kontrolní odrůda Balu PZO (553 l/kg suš., respektive 328 l/kg suš.). Idea celoročního biomasového pásu spočívá tedy ve výsevu ozimého tritikale na podzim s následnou sklizní na GPS na konci května až na počátku června. Poté se půda jednoduše připraví podítkou, lze aplikovat i digestát (na biomasu – strniště), a proběhne výsev čiroku (ruzyňskou odrůdou je 'Ruzrok'). Do října se u této plodiny počítá se dvěma sklizněmi (seče). V součtu jde o ekonomicky zajímavé řešení zajišťující výnos biomasy, celoroční pokryv půdy s protierozním efektem i řešení sucha. Klasický scénář výsevu kukuřice po žitě již naráží na limity, čirok je aktuálním podmínkám mnohem přizpůsobivější a oproti obilninám a jetelovinám spotřebuje na tvorbu 1 kg biomasy o polovinu až třetinu méně vody. Kromě sucha velmi dobře odolává chorobám a škůdcům a spotřebuje o 30 % méně hnojiv než kukuřice.

Tab. 6 Meziplodinové směsi do suchých oblastí s využitím čiroku zrnového a beru italského

Název směsi	Složení směsi	Zastoupení (%)	Doporučené setí	Cena (Kč/kg)
Čirok se svazenkou	Čirok 'Ruzrok'	80	do 10. 8. Výsevek 10-15 kg do 10. 8.	67,-
	Svazanka vrat.	20		
Čirok s bérem	Čirok 'Ruzrok'	70	Výsevek 10-25 kg	62,-
	Bér italský 'Ruberit', 'Ruce-reus'	30		
Fumigační	Ředkev olejná antinematocidní	30	do 31. 8. Výsevek 10-15 kg	65,-
	Hořčice bílá	60		
	Čirok 'Ruzrok'	10		

Možnou výhodou u mladých rostlin čiroku je, že obsahují v zelené hmotě kyanogenní glykosid „durrhin“. Ten vzniká z aminokyselin a za určitých podmínek se štěpí a uvolňuje kyanovodík. Tento efekt vyššího obsahu durrhinu v raných fázích vývoje čiroku lze efektivně využít a čirok použít jako fumigační meziplodinu. Po mulčování a zapravení biomasy do orničního profilu dochází k omezení výskytu populace háďátek, hub i dalších půdních patogenů. Velký potenciál ve využití odrůdy 'Ruzrok' je jako strnisková meziplodina. Dobře vzhází i při nedostatku vody v půdě, při letních výsevech vykazuje velice rychlou schopnost pokryvu půdy, tvorbu biomasy a kořenového systému, který dobře prokořeňuje půdu. Kořenová soustava čiroků má vysoký výskyt kořenových vlásečnic, oproti kukuřici až dvojnásobné množství na jednotku hlavních kořenů. Kořeny čiroků jsou schopné vylučovat exsudáty, které potlačují vývoj plevelů, tzv. alelopatický efekt.

Aktuální otázkou je využití odrůdy čiroku 'Ruzrok', v rámci splnění podmínek agroenvi-

ronmetálně - klimatických opatření ve směsi meziplodin pro greening. Jedná se o směs, kde kromě čiroku jsou komponenty osiv béru italského, svazenky vratičolisté, hořčice bílé a ředkve olejné. Konkrétní složení směsi a doporučení výsevu uvádí **tabulka 6**.

Také zrno čiroku může být využito pro potravinářské účely. Musí však být splněny normy pro obsah taninu, který se vyskytuje v obalových vrstvách zrna. Zrno čiroku odrůdy 'Ruzrok' lze technologickými postupy zbavit vnějších obalů bohatých na taniny, polyfenolických látek svíravé chuti, které způsobují specifické tmavě rubínové zbarvení zrna. Obroušená zrna zbavená vnějších obalů lze pak mlít na krupici či mouku. Společnost PRO-BIO, která se zabývá zpracováním a výrobou biopotravin rostlinného původu, použila technologii obrousování zrna, která vedla k účinnému odstranění vnějších vrstev zrna obsahujících tanin, a tím vytvořila produkt prostý taninu. Čiroková mouka sice nemá takové technologické vlastnosti, aby se z ní samostatně dalo péct pečivo, ale lze

Tab. 7 Společnost PRO-BIO zpracovává a vyrábí biopotraviny ze zrna čiroku Ruzrok

Produkt	2017	2018	2019
Čiroková krupice BIO	2 962 kg	975 kg	-
Čiroková mouka celozrnná BIO	4 012 kg	1 786 kg	1 324 kg
Čirokové sušenky s oříšky BIO	13 238 ks	8 635 ks	4 143 ks
Čirokové křupky nesolené BIO	-	-	1 987 ks
Čiroková mouka hladká BIO	-	18 736 kg	23 924 kg
Čirok loupaný BIO	-	2 525 kg	1 541 kg
Zeleninové čirokoto BIO	-	2 215 ks	1 102 ks

ji přidávat do různých směsí. Velkou výhodou čirokové krupice, mouky a dalších produktů z čirokových zrn je, že jsou bezlepkové, jsou tedy vhodné pro osoby trpící celiakií (**tab. 7**), (J. Hermuth, 2018).

V roce 2019 byla připravena ověřená technologie ve využití první české odrůdy zrnového čiroku 'Ruzrok' v pivovarnictví. Dále se vyvíjely receptury různých druhů svrchně kvašených pív, probíhalo testování a chování sladovaného i nesladovaného čiroku odrůdy 'Ruzrok' v procesu výroby piva a jeho vlivu na senzorycké vlastnosti piva. Ověřená technologie byla vyvinutá ve spolupráci VÚRV, v. v. i a Řemesl-

ného pivovaru Clock s.r.o., zajišťující sériovou výrobu požadovaného typu piva. Originalita této technologie spočívá ve využití čirokového sladu z české odrůdy 'Ruzrok', který pomáhá snížit množství lepku v pivu. Rozborem zjištěné množství gliadinu je pod 10 mg/l, kdy toto svrchně kvašené pivo je řazené mezi bezlepkové, vhodné pro celiaky. Dosud v České republice nebylo využito při výrobě speciálních pív čirokového sladu. Pivo se prodává pod názvem GLEE (**obr. 8**), (J. Hermuth a kol., 2019).



4. 2. Bér italský [*Setaria italica* (L.) Beauv.]

Známý také jako senegalské, německé, maďarské nebo sibiřské proso je druh pocházející z Číny, Indie a Malé Asie. Nejpravděpodobněji vznikl z bėru zeleného [*Setaria viridis* (L.) Beauv.], který se i v současné době spontánně vyskytuje, jak v Číně, tak i v Indii. V ČR se vyskytuje jako běžný plevelný druh v kukuřici. Rozdíl mezi planým druhem a kulturním je zřejmý ve zralosti, kdy u planého druhu zrno vypadává samovolně z lichoklasu, oproti tomu u kulturního druhu zůstávají obilky v plodnoství. *Setaria italica* se vyskytuje ve dvou poddruzích, a to *Setaria italica subsp. italica*, bér italský (vlašský) pravý s používaným názvem čínského původu („čumíza“) z čínské jao-mi-tsa – česky (drobné zrno) a *Setaria italica subsp. moharia* Alef ex Hegi, bér italský mohárový („mohár“).

Bér italský je jednou z prvních domestikovaných plodin Asie, který se pěstoval již před 8 tis. lety v Číně. První písemný záznam pochází z období asi před 6 tis. lety před Kr., kdy byl pěstován kulturami Peiligang a Cishan, které se řadí k nejstarším zemědělským kulturám oblasti severní Číny kolem Žluté řeky. Odtud se rozšiřovala dále na jih. Před 5 tis. lety byla jako hlavní obilnina pěstována v provincii Henan kulturou Yangshao. Podle historických záznamů určil císař Šen-nong (asi 2737–2699 př. Kr., někdy označovaný jako „Božský farmář“) pět plodin, které jsou pro Čínu nejdůležitější a které se používaly při každoroční veřejné ceremonii oslavy jara. Jednou z nich byl i bér. Tyto plodiny se považovaly za posvátné. Později se bér rozšířil do Indie, kde byly nalezeny archeologické zbytky po jeho pěstování z doby

před 4400 lety. Zde byl součástí tzv. *Navadhanyam* (devět zrn), což je směs zrn několika plodin, která se využívá jako potravina denní potřeby nebo jako obětina. Nejstarší dochované zbytky v Evropě a Blízkém a Středním Východě se datují do doby bronzové (asi 2 tis. let před Kr.). V Rakousku byly obilky bėru nalezeny ve vrstvách odpovídajícím pozdní době bronzové (1200–700 před Kr.). Nálezy dokládající pěstování bėru byly nalezeny na území Řecka, Itálie, Švýcarska, Turecka a Iránu. Pro obyvatele starověkého Říma byl bér významnou obilovinou. Původně se mělo za to, že bér se dostal do Evropy po obchodních stezkách z Číny, ale v současnosti se objevují názory, že byl bér domestikován na několika lokalitách tzv. „Starého světa“ nezávisle. V současné době se bér pěstuje nejen v Číně, ale také v Indii, na Korejském poloostrově, Indonésii, Africe a jižních státech Evropy. Jedná se o druhou nejpěstovanější plodinu zařazovanou mezi prosa na světě. V Asii je bér pěstován hlavně jako obilnina pro konzumní účely. Z drobných obilok se mele mouka, ze které se připravují nejrozmanitější pokrmy (kaše, placky apod.). V Číně, Koreji a Japonsku je významný i v přípravě piva, kdy se nakličéné obilky využívají místo ječného sladu. Také se z něj kvašením připravuje lokální typ vína a octa. Využívá se i v přípravě víceprocentních alkoholických nápojů. Obilky bėru jsou také využívány pro krmení domácích zvířat, exotických ptáků a drůbeže, zvláště kuřat. Velmi často je bér pěstován jako pícnina na zelenou hmotu nebo na seno. V současné době je tato pícnina pěstována v jižních státech Evropy, USA a v Asii (*J. Hermuth a kol. 2015*).

Bér italský je velmi univerzální plodina. Je vhodná jak pro výživu lidí (zrno), tak pro výživu

domácích a hospodářských zvířat (zrno, píce). Pro lidskou výživu se obilky musí v mlýnech „odslupkovat“, neboť plucha srůstá s obilkou. V literatuře se uvádí, že má bér vyšší výživovou hodnotu než rýže nebo pšenice. V Číně byly naměřeny hodnoty obsahu hrubých bílkovin (11,42 %) vyšší než u rýže, pšenice a kukuřice. Obsah a složení aminokyselin je vhodný pro lidské zdraví, ale jako většina obilnin má nízký obsah lysinu. Ve skutečnosti množství nepostradatelných aminokyselin nutných pro lidské zdraví, které je přítomno v obilkách bėru, je o 41 % vyšší než v rýži, o 65 % vyšší než v pšeničné mouce, a o 51,5 % vyšší než v kukuřici. Průměrný obsah tuku je (4,28 %), je vyšší než u rýže nebo v pšeničné mouce a je podobný s kukuřicí. Obsah sacharidů je 72,8 %, je nižší než u rýže, pšenice a kukuřice. Velikost škrobových zrn se pohybuje v rozmezí od 0,8 až do 9,6 mm. Obsah amylozy a amylopektinu je v závislosti na odrůdě. Bér italský je považován za ideální plodinu, resp. potraviny z něj vyrobené pro diabetiky. Obsah vitamínu A, B1 je 0,19 mg/100g, resp. 0,63 mg/100 g, překonávající rýži, pšenici a kukuřici; jeho obsah minerálů (Fe, Zn, Cu a Mg) je také vyšší než u rýže, pšenice a kukuřice, zatímco obsah Ca je podobný jako u rýže a pšenice. Bér italský je bohatý na selen a obsah vlákniny. Z mouky se připravují těstoviny, v Rusku bliny a pirohy. Bér je vhodný také pro dietu při celiakii, kdy je stanoven limit obsahu gliadinu v potravinách do 10 mg na 100 g sušiny vzorku. U bėru je jeho hodnota 4 mg.100 g-1. Bér italský může být také využíván jako krmivo. Jeho sláma je ideální pro dobytek kvůli jeho vysoké výživné hodnotě (obsah bílkovin 6,0 %; jednoduché cukry 26,0 %; xylogen 24,2 %; fibrin 42,2 %, který je mnohem vyšší, než u mnoha jiných

plodin). Navíc, sláma bėru italského je relativně měkká a snadno stravitelná pro dobytek. Bér se sklízí na zeleno cca 7–10 dní před začátkem metání a na seno začátkem metání. Při kosení se nechává 8–10 cm vysoké strniště z důvodu lepšího obrůstání porostu bėru. Sklizeň bėru na siláž se provádí na začátku dozrávání lat (ve voskově-mléčné zralosti semen), (*J. Petr et al., 2003*).

V ČR se šlechtění provádí pouze ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (VÚRV, v. v. i.) v Praze. V Genové bance (GB), která je součástí VÚRV, v. v. i., se nachází kolekce genetických zdrojů bėru. Pro jeho šlechtění je využívána selekce. Plodiny jako jsou bér italský, širok zrnový a např. laskavec řadíme k plodinám s takzvanou rychlou C4 fotosyntézou, která se velmi dobře uplatňuje v podmínkách měnícího se klimatu v ČR. Tyto plodiny lépe hospodáří s vodou a zaručují stabilní výnosy a široké využití i při horších podmínkách (teplo, sucho) v průběhu vegetace. V roce 2014 byla udělena ochranná práva (č.47/2014) k odrůdě bėru ‘Ruberit’ a v roce 2017 odrůdě ‘Rucereus’ (č. 40/82017). Obě odrůdy vyšlechtěné Ing. Jiřím Hermuthem mají potenciál multifunkčního využití, pro zemědělskou praxi k využití pro tvorbu biomasy, ale i pro lidskou výživu (zrno) a výživu domácích i hospodářských zvířat (zrno, píce). Udržovatelem odrůd a držitelem ochranných práv k odrůdám bėru italského je Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně. Licenční množení a distribuce osiva obou odrůd bėru italského zajišťuje firma SEED SERVICE s.r.o. z Vysokého Mýta.

Detailnější popis odrůd ze zkoušek ÚKZÚZ je uveden níže. Odrůdy jsou popsány na základě

zkoušek odlišnosti, uniformity a stálosti (DUS), kdy tyto popisy vykonává Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně. Obě prezentované odrůdy jsou vzájemně odlišné z pohledu ranosti a morfologie.

Charakteristika odrůdy 'Ruberit' - klíčící rostlina má silné antokyanové zbarvení, rostlina je vysoká, tloušťka stébla je tlustá až velmi tlustá s malým počtem odnoží. Rostlina má střední až velký počet listů na hlavním stéble, list je dlouhý a široký. Nástup doby metání lichočlasu je střední, lichočlas je střední až dlouhý, velmi široký, mírně zakřivený a středně kompaktní. Barva plev zrna je světle hořčicově žlutá, zrno je kulaté, okrové barvy se střední hmotností tisíce semen (**obr. 9**).



Obr. 9: Odrůda bérů italského 'Ruberit' – foto porostu, VÚRV, v. v. i. Praha, (foto J. Hermuth)

Charakteristika odrůdy 'Rucereus' (**Obr. 10**) - klíčící rostlina je bez antokyanového zbarvení, rostlina je nízká až střední, tloušťka stébla je střední s malým až středním počtem odnoží. Rostlina má střední počet listů na hlavním stéble, list je střední a široký. Rostlina je v nástupu do fáze metání velmi raná. Lichočlas je dlouhý, široký až velmi široký se silným zakří-

vením. Lichočlas, jeho kompaktnost je řídká až střední. Barva plev zrna je krémově žlutá, zrno je kulaté, barvy zlatavě žluté. Hmotnost tisíce zrn je vysoká.

Největší pěstitelský potenciál ve využití odrůd bérů italského 'Ruberit', 'Rucereus' a čiroku zrnového odrůda 'Ruzrok' pro podmínky českého zemědělství je jako suchu odolné strniskové meziplodiny. V posledních letech dochází v důsledku časnějších terminů sklizně zrnin vyvolaných především nedostatkem vody ke vzniku delšího meziporostního období vhodného pro pěstování strniskových meziplodin. Posunutí termínu výsevu meziplodin mnohdy již do července či začátku srpna je jednoznačně spojeno s prodloužením období využití

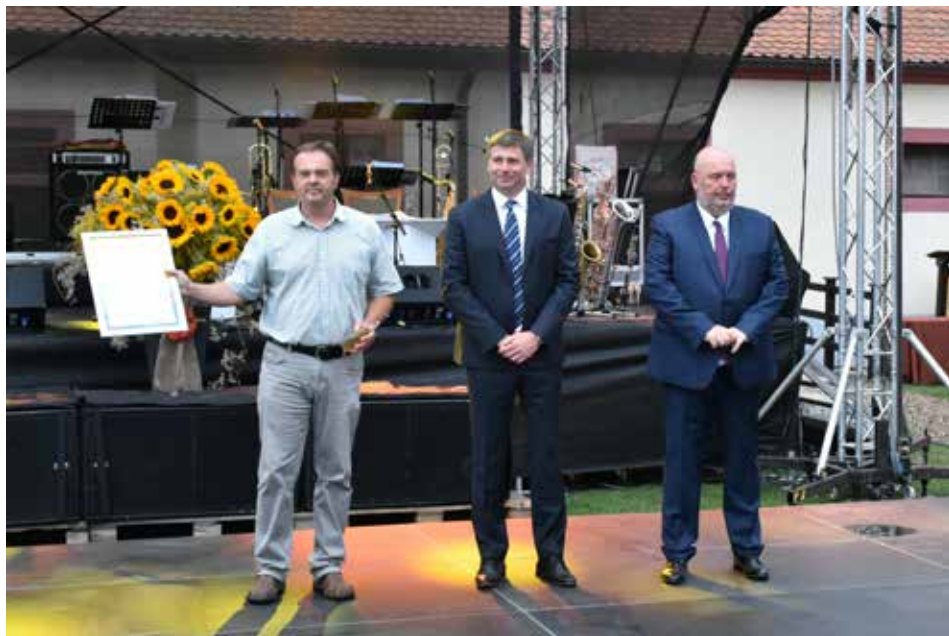


Obr. 10: Odrůda bérů italského 'Rucereus' – pohled na porost VÚRV, v. v. i., Praha (foto J. Hermuth)

slunečního záření a s nárůstem délky periody s vyšší teplotou vzduchu a půdy. Časnější terminy výsevu rovněž prodlužují dobu vegetace strniskových meziplodin na základě oddálení ukončení růstu porostů s příchodem nízkých teplot či přízemních mrazíků. Na druhou stranu se prodlužuje období vegetace, kde je limitující

cím faktorem voda. Kombinace vyšších teplot vzduchu a půdy při současném vysokém riziku působení vodního stresu na rostliny po delší dobu vegetace je důvodem pro hledání nových druhů využitelných jako strniskové meziplodiny, především ve skupině rostlin s C4 typem fotosyntézy. Výše jmenované odrůdy čiroku a bėru velmi pozitivně reagují na teplý průběh počasí a vykazují rostoucí dynamiku produkce biomasy i při nižší míře dostupnosti vody. Jejich využití však není spojeno jen s produkcí nadzemní biomasy, ale nabízejí i velmi dobré prokořenění půdy a produkci nadzemní biomasy. S narůstající výškou porostů a dostatečnou produkcí nadzemní biomasy lze uvažovat o využití meziplodiny pro produkci biomasy, např.

pro krmení hospodářských zvířat. Využitelnost těchto druhů je rovněž spojována s možností omezení rozvoje chorob a škůdců na základě přímého alelopatického působení, tak na základě působení chemických látek uvolňujících se z mrtvé biomasy rostliny. Porosty výše jmenovaných odrůd vytvářejí v letním období také úkryt pro polní zvěř (koroptve, bažanti, zajáci) a v době květu, tj. přelom července a srpna zvl. čirok 'Ruzrok' se stává velkým lákadlem pro včelstva. Přínos zmiňovaných odrůd pro zemědělskou praxi a ochranu životního prostředí byl v roce 2019 na 46. ročníku mezinárodního agrosalonu Země živitelka oceněn hlavní cenou „Zlatý klas s kytičkou“ (**Obr. 11**)



Obr. 11: Ocenění Ing. Jiřího Hermutha ministrem zemědělství Ing. Miroslavem Tomanem, CSc. „Zlatým klasem s kytičkou“ na Agrosalonu Země živitelka 2019. (foto Press Foto)

Literatura:

- J. Petr et al. (2003): Extension of the Spektra of Plant Products for the Diet in Coeliac Disease. Czech J. Food Sci. 21 (2), 2003, s. 8 – 15
- J. Hermuth (2010): Čirok znovu vzkříšená plodina v ČR, Agromanuál 2/2010
- J. Hermuth (2012): Metodika pro praxi, Čirok obecný možnosti využití v podmínkách České republiky
- J. Hermuth a kol. (2015): Metodika pro praxi, Bér vlašský plodina vhodná do měnicího se klimatu České republiky
- J. Hermuth (2018): Pěstební technologie čiroku zrnového odrůdy „Ruzrok“, (ověřená technologie)
- J. Frydrych a kol. (2019): Výsledky výzkumu pěstitelské technologie zrnového čiroku v oblasti Beskyd a možnosti jeho využití v současných podmínkách měnicího se klimatu. Vědecká příloha Praha: Profi Press, 2019 XVIII (11), 222 – 228. ISSN 1213-7596
- J. Hermuth a kol. (2019): Ověřená technologie ve využití první české odrůdy zrnového čiroku „Ruzrok“ v pivovarnictví
- M. Podrábský (2020): Zrnový čirok je naděje, kterou je třeba správně uchopit, Agromanuál 1/2020
- M. Podrábský (2020): Siláže z čiroků a bérů, Farmář 4/2020

5. VYUŽITÍ HOSPODÁŘSKY VÝZNAMNÝCH BRUKVOVITÝCH PLODIN V MĚNICÍCH SE PODMÍNKÁCH KLIMATU (MIROSLAV KLÍMA)

Řepka olejka (*Brassica napus*) se dlouhodobě řadí mezi klíčové olejiny. Pokud srovnáme celosvětovou produkci rostlinných olejů, řepce náleží třetí místo po palmě olejné a sóje. U nás i v Evropě je to olejina nejvýznamnější; Česká republika stabilně patří mezi pět předních producentů řepkového semene v Evropské unii, s každoroční osevní plochou v rozmezí 350–400 tis. ha. Popularita této plodiny je dána vysokou poptávkou po rostlinných olejích obecně.

Další brukvovitá plodina – hořčice bílá (*Sinapis alba*) – patří v Evropě mezi významné a tradiční plodiny, v České republice náleží spolu s řepkou, slunečnicí a mákem k nosným olejninám naší produkce. ČR se řadí celosvětově mezi její přední pěstitele a vývozce. Osevní plochy h. bílé se v posledních deseti letech pohybují mezi 17–30 tis. ha. Vedle hořčice bílé se u nás v menším měřítku pěstuje i hořčice sarepská (*Brassica juncea*), jejíž výměra ve srovnání s h. bílou dosahuje jednotek procent.

Další, v některých regionech světa oblíbené a pěstované hořčice – např. habešská (*B. carinata*), černá (*B. nigra*) a raketa setá (*Eruca sativa*) – mají v ČR zatím jen okrajový význam.

Mezi naše tradiční brukvovité plodiny, využívané jako zelenina, řadíme zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*), kedluben (*B. o.* var. *gongyloides*), brukvím příbuznou ředkvičku (ředkev setá - *Raphanus sativus* var. *sativus*) a v současnosti méně rozšířený kadeřávek (*B. o.* var. *sabellica*) a tuřín (*B. napus* var. *napobrassica*).

5. 1. Negativní dopady klimatické změny na pěstování brukvovitých plodin

Typicky je klimatická změna doprovázena zvýšeným výskytem nepředvídatelných a hlubokých výkyvů počasí od normálu, které se střídají s různou frekvencí a v různých fázích roku. Na našem území se jedná hlavně o působení mrazu a dalších nepříznivých faktorů v zimní periodě, mrazíků v průběhu jarní či podzimní vegetace (u ozimů) a sucha či horka na porosty ozimů i jařin v celém průběhu vegetace. Při hodnocení dopadu výše uvedených stresorů je však třeba odlišovat dva termíny, které jsou často laickou a někdy i odbornou veřejností zaměňovány: mrazuvzdornost a zimovzdornost. Zatímco mrazuvzdornost (tj. odolnost vůči mrazu) se míní odolnost jen vůči jednomu faktoru zimy – mrazu, zimovzdornost (neboli odolnost k vyzimování) je charakterizována schopností odolávat celému komplexu škodlivých činitelů, které mohou na porosty během zimního období působit. Vedle nízkých teplot (mrazu) to je i výška, struktura a doba přítomnosti/nepřítomnosti sněhové pokrývky, vlhkost a obsah vzduchu v půdním profilu, pohyby

vrchních vrstev půdy vlivem střídání teplot, působení chorob, škůdců a řada dalších vlivů prostředí. Z charakteristik porostů je to genetická dispozice příslušné odrůdy, stav a míra otužení rostlin, charakter a hustota porostu před nástupem mrazů. Zimovzdornost je tak v podmínkách České republiky jedna z nejdůležitějších agronomických charakteristik podobně jako např. u řepky výnos semene, olejnatost, odolnost k chorobám, poléhání apod. (Klíma a Prášil 2017). Poškození rostlin mrazem a zimou je u nás obvykle spojeno s působením holomrazů či naopak dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, kdy dochází k vyčerpání rostlin a jejich napadení patogeny (Prášil et al. 2015). Mrazuvzdornost není vlastnost stálá, ale během vegetace a zimy se mění. Obecně lze rozlišit tři fáze průběhu mrazuvzdornosti:

- 1.** Podzimní otužování, kdy odolnost rostlin vůči mrazu stoupá zejména v důsledku snižující se okolní teploty a zkracování délky dne.
- 2.** Fáze udržení odolnosti, ve které v závislosti na vnějších a vnitřních faktorech může mrazuvzdornost řepky kolísat.
- 3.** Ztráta odolnosti, kdy v důsledku obnovené vegetace v předjaří dochází k rychlému poklesu mrazuvzdornosti rostlin. Klimatická změna spojená s teplým podzimem navíc neumožní rostlinám včas a plně se otužit a tak již daleko mírnější mrazy mohou způsobit rozsáhlé škody na porostech. Např. otužilé rostliny řepky mohou přežít krátké periody vystavení vlivu nízkých zimních teplot mezi -15 až -20 °C. V tomto století došlo k rozsáhlému poškození porostů ozimů mrazem v zimě 2002/2003 a 2011/2012, dlouhotrvající sněhová pokrývka s druhotným napadením patogeny a poškozením vyčerpaných porostů byla v zimě 2005/2006. (Prášil et al. 2015). Např. v první polovině února 2012

poklesly teploty v přízemní vrstvě na -20 až -26 °C, což vedlo k výpadkům na některých lokalitách bez sněhové pokrývky až 75% (Zeman a Volf 2012). Případný ochranný účinek sněhu proti přímému působení mrazu závisí především na jeho vrstvě a kvalitě. Při -20 °C vzduchu může již vrstva 10 cm sněhu snížit působení mrazu v okolí rostlin na hodnotu -10 až -12 °C (Prášil a Prášilová 2002).

Dalším jevem, spojeným s klimatickou změnou je časnější přechod porostů do generativní fáze (fáze prodlužování stonku), a tudíž i předčasná ztráta odolnosti k mrazu. Typickým příkladem bylo jaro 2020, kdy na některých místech došlo na přelomu března a dubna k poklesu teplot v přízemní vrstvě až k -10 – -12 °C. Důležitá je, že k promrznutí půdy ve vrchní vrstvě ornice nedošlo a tím ani k usmrcení rostlin ozimů. Záleželo však na délce působení mrazivého vzduchu, jeho proudění a ráno i na současném intenzivním oslunění listů a nadzemních částí, které způsobilo nejen zavadnutí listů, ale na exponovaných lokalitách i přímo poškození nezastíněných vrchních listů, které vybledly, zbledly a později uschly. U řepky, kde docházelo k prodlužování lodyhy s diferencujícím se květenstvím, se někde vyskytlo poškození vrchních poupat (Prášil et al. 2020). Tyto příznaky byly zvláště také i ve spojitosti s provedeným hnojením a postřiky (DAM, regulátory růstu a další), po kterých bezprostředně následovaly ranní mrazy. Větší rozsah mrazového poškození porostů listů řepky se pak projevil v pásu po postřiku (Prášil et al. 2020). Časné nástupy jarní regenerace ozimů v důsledku rychlého oteplení tak sice urychlí vývoj rostlin na poli, ale zvýší jejich citlivost vůči jarním mrazíkům v důsledku tzv. deaklimace (Prášil et al. 2015).

Dalším důsledkem klimatické změny je neustále se zvyšující deficit vody v půdě a tím i stále častější výskyt tzv. zemědělského sucha. Stres suchem nabývá na významu nejen vlivem měnících se podmínek klimatu, ale i zvyšováním intenzity pěstování některých brukvovitých plodin. Např. řepka se často pěstuje i v suboptimálních oblastech s vyšším výparem, nižšími srážkami a tím i vyšším rizikem vegetačního sucha. U řepky se toto negativně projevuje již při zakládání porostů v agrotechnické lhůtě (tj. ve druhé polovině srpna). Např. Volf a Zeman (2019) uvádějí srpen 2018 jako teplotně silně nadnormální (3. nejteplejší srpen od roku 1961) a srážkově silně podnormální (v závislosti na lokalitě 40-50 % normálu). Výsledkem bylo pomalé nevyrovnané vzcházení a významné škody, působené dřepčikou a mšicemi. To souvisí hlavně s pomalým odrůstáním rostlin, kdy mladé pletivo je pro škůdce atraktivnější. Působení dalšího stresového faktoru – horka – se projevilo např. v červnu a na počátku července 2019, kdy kombinace vysoké teploty a vysoké intenzity slunečního svitu vedla u jinak vitálních porostů až k nouzovému dozrávání a k poklesu olejnatosti (Volf a Zeman 2019).

Podobné projevy měly i teplotně nadnormální a srážkově podnormální měsíce květen a červen v roce 2017, kdy vlivem těchto negativních faktorů došlo k významné redukci výnosových prvků a k dosažení podnormálních výnosů (Volf a Zeman 2017). Nedostatek vody v půdě v době setí v kombinaci s opožděným setím vede často k zasychání klíčících semen, event. k výraznému zpoždění vzcházení. Tato situace nastala v roce 2015 i 2016, kdy např. později zaseté plochy řepky začaly masivněji vzcházet až na počátku října (Volf a Zeman 2016, 2017).

V zelinářských oblastech s vysokou intenzitou pěstování brukvovitých zelenin dochází stále více ke snižování výnosů a tržní kvality produkce v důsledku vysokého stupně zamoření pozemků různými patogeny. Zvláště nádorovitost brukvovitých (košťálovin), jejímž původcem je hlenka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*), je považována celosvětově za nejzávažnější onemocnění brukvovitých plodin (Voorrips 1996). V ČR v průměru postihuje téměř 20 % produkčních ploch brukvovitých zelenin. Pozemky zůstávají dlouhodobě zamořeny, (dle Korbace 2009 až 20 let) a výměra hlenkou zamořených pozemků neustále narůstá. Choroba působí celosvětově pěstitelům košťálovin největší ztráty a je proto aktuálním problémem. Např. Wallenhammar (1998) zjistil na pozemcích zamořených hlenkou ztráty na výnosu 10% při 20% napadení rostlin a až 50 % při napadení více než 90 % jedinců. Obdobně závažná situace s tímto patogenem je i u řepky olejky. Významný vliv nádorovitosti na produkci této olejniny je v poslední době zaznamenáván v Kanadě (Dixon in Peng et al, 2014). V západní Kanadě převládá patotyp 3, který je virulentní k řepce, ve východní Kanadě převládají patotypy 2 a 6 jak na řepce, tak i na brukvovité zelenině (Cao et al. 2009 in Peng 2014). Při testování odolnosti 94 genotypů *B. napus* k *P. brassicae* vykazaly 4 materiály nízkou až střední odolnost k patotypu 3, ostatní byly velmi citlivé (Peng 2014). O rozšíření *P. brassicae* na území Polska informuje Jedryczka (2012), kde velký výskyt nádorovitosti byl zaznamenán podél jižní hranice Polska s ČR, u severozápadní hranice s Německem a v přímořských oblastech, nejvíce byly zastoupeny patotypy 1 a 8, dále byly zaznamenány jen lokální výskyty patotypů 3, 4, 5 a 6. Při podrobném průzkumu, který byl na

našem území uskutečněn v 80. letech minulého století, byla nádorovitost zjištěna prakticky na celém území ČR. Nejsilněji se vyskytovala v tradičních zelinářských oblastech. Kromě brukvovité zeleniny (12 až 30 % ploch) bylo napadeno asi půl procenta ploch řepky olejky. V současnosti je u řepky tato choroba v ČR na vzestupu. Mapováním rozšíření choroby na území ČR se zabývá ÚKZÚZ v rámci hodnocení výskytů škodlivých organismů a pracoviště SPZO a ČZU. Zjištěné údaje potvrdily zvyšující se výskyt této choroby ve 20 okresech v Čechách a 5 na Moravě (Plachká a kol. 2013). K diagnostice *P. brassicae* jsou ve světě používány metody imunochemické a molekulární a diferenační soubory ECD testerů. Jedná se o soubor odrůd brukvovitých rostlin s různou odolností a na základě intenzity napadení je izolát patogena klasifikován.

Další významnou chorobou, která způsobuje vážné ztráty na výnosu a kvalitě brukvovitých zelenin je virová mozaika vodnice (*Turnip mosaic virus, TuMV*). TuMV patří k virům s velmi rozsáhlým okruhem hostitelů, Walsh a Jenner (2002) uvádějí 318 hostitelských rostlinných druhů včetně většiny zástupců rodu *Brassica*. Všeobecně se uvádí, že např. v Anglii dochází ke snížení výnosů všech druhů zelí vlivem infekce TuMV o více než 26 %. Virus je přenášen nejméně 89 druhy mšic (Walsh a Jenner 2002). Dosud nebyl nalezen insekticid nebo způsob chemické ochrany, který by šíření TuMV efektivně zabránil (Walsh a Jenner 2002). Dosud byla mapována a studována řada genů rezistence košťálovin vůči TuMV vykazujících různou specifitu. Příkladem mohou být jednoduché dominantní geny rezistence TuRB01, TuRB01b, TuRB03, TuRB04 a TuRB05

odpovědné za kmenově specifickou rezistenci vůči jednotlivým kmenům/patotypům TuMV (Walsh a Jenner 2002). Vedle toho recesivní gen retr01 a dominantní gen ConTR01 vykazují široké spektrum rezistence genotypů vůči izolátům TuMV (Rusholme et al. 2007). Chung et al. (2014) vytipovali cca 0,34 Mb (cca 56 genů) velký úsek na chromozómu A6 jako možné místo lokalizace genů rezistence, na stejném chromozómu byla u čínského zelí identifikován dominantní gen zprostředkující rezistenci vůči TuMV patotypu 1 (Lydiate et al. 2014). U *B. juncea* byl identifikován gen TuRB-JU O1 zprostředkávající hypersensitivní rezistenci (Nyalugwe et al. 2016).

5. 2. Výhodiska využití adaptabilních druhů a odrůd brukvovitých

Jak již bylo zmíněno, zimovzdornost je v našem regionu jedna z nejdůležitějších agronomických charakteristik, jedná se z velké části o vlastnost odrůdy. Komplikací pro posouzení odolnosti vůči mrazu v polních podmínkách je v poslední době častý výskyt velmi mírných zim, kterých jsme byli svědky v předchozích letech. Naopak výskyt zim mrazivých, které by dokázaly spolehlivě identifikovat odolnější materiály, je méně častý; v tomto století to byly zimy 2011/2012, 2005/2006 a zejména pak zima 2002/2003. Souvislá řada mírných zim pak vede ke zvyšování podílu odrůd s podprůměrnou odolností, jejichž porosty jsou pak citelně poškozeny i během „běžných“ zim. Hodnocení u souboru nových i povolených ozimých odrůd, nezávisle na průběhu zimy, je realizováno i na pracovišti VÚRV Praha-Ruzyně. Např. odrůdy ozimé řepky lze na základě těchto testů rozdělit do 4 skupin podle hodnoty tep-

loty LT50 (teplota, při které odumře právě 50 % sledovaných rostlin): I. (-14,1 °C a méně), II. (-14,0 až -13,1°C), III. (-13 až -12,1°C) a IV. (-12°C a více) (Prášil a Prášilová 2002). Většina vybraných nových odrůd českého původu patří do prvních dvou skupin odolnosti vůči mrazu, takže je k dispozici dostatek odrůd, odolnějších tomuto typu stresu. Z tuzemských odrůd, vytvořených pomocí tradičních postupů se jedná např. o liniové odrůdy ozimé řepky CORTES (2012), RESCATOR (2013), SONYX, OBELIX (2018) a SNĚŽKA (2019). Ze starších odrůd s vysokou odolností k mrazu je možné jmenovat např. liniové odrůdy NAVAJO, JESPER a ODILA. Je však třeba mít na paměti, že starší odrůdy již nemusí mít vyhovující výnosové parametry.

Mezi perspektivní metody pro stanovení mrazuvzdornosti lze zařadit také i molekulární analýzy exprese genů, zodpovědných za chladovou odolnost. Zatímco hromadění bílkovin v reakci na působení nízkých teplot se projevuje v řádu dnů až týdnů, zvýšené koncentrace transkriptu - RNA - lze zaznamenat už v řádu hodin po začátku působení chladu (Jelínková et al. 2016). V poslední době je snaha vyvíjet modernější a efektivnější způsoby sledování mrazuvzdornosti, které by byly méně závislé či úplně nezávislé na povětrnostních podmínkách (Klíma a Prášil 2017). Jedná se většinou o tzv. nepřímé metody, založené na analýzách nejruznějších fyzikálních a biochemických veličin a vlastností, které mohou být za určitých okolností v těsnějším vztahu (korelaci) s mrazuvzdorností, jako jsou specifické proteiny (tzv. dehydriny) a aminokyseliny (např. prolin) (Klíma et al. 2012) nebo fyziologické reakce rostlin na působení různé intenzity chladu či mra-

zu. Jde např. o měření fluorescence chlorofylu, spotřeby oxidu uhličitého a od něj odvozených parametrů – rychlosti a intenzity fotosyntézy, indexu využití vody apod. (Urban et al. 2013).

Zatímco u odolnosti k mrazu a chladu je u většiny brukvovitých plodin k dispozici dostatečná výběrová základna adaptabilních odrůd, u odolnosti k suchu je situace komplikovanější. Důvod je jak relativní „novost“ tohoto stresoru v našich klimatických podmínkách ve srovnání s mrazem, tak i skutečnost, že na rozdíl od mrazu může nedostatek vody nastat neočekávaně v kterémkoli období vegetace a tudíž i během libovolného vývojového stádia rostliny, což ztěžuje efektivní využití odolnějších odrůd pro určitý typ sucha. Kromě předpokládaných zdrojů odolnosti u nových odrůd mohou být tyto odrůdy přínosné jako nositelé některých specifických kvalitativních znaků a z hlediska přizpůsobivosti domácím půdním a klimatickým podmínkám.

Vzhledem k tomu, že např. k nádorovitosti neexistuje účinná chemická ani biologická ochrana a intenzivní osevnické postupy neumožňují spolehlivý systém prevence, je vhodné

k pěstování přednostně využívat nových odrůd s odolností či tolerancí vůči této chorobě. Např. většina doposud pěstovaných odrůd řepky nedisponuje požadovaným stupněm rezistence vůči této chorobě, ale vyznačují se odlišnou mírou tolerance. Jako rezistentní či tolerantní proti patogenu *P. brassicae* jsou označovány odrůdy MENDEL, MENDELSON, ALISTER a ANDROMEDA. Komplikace ale nastávají v důsledku velké variability patogena, jehož populace sestává z několika patotypů s různou virulencí u různých genotypů (Robak 1991). Pro hodnocení stupně odolnosti je proto třeba používat robustní metody diagnostiky (Havránek et al. 2005; Chytilová, Dušek 2007).

Dalším z východisek je např. u řepky využití tzv. resyntézy, kdy se řepka vytváří vzdálenou hybridizací z jejich původních „rodičovských“ druhů – řepice a brukve. Odrůdy, vzniklé pomocí resyntézy jsou pak zdrojem unikátních znaků a vlastností, které nemusí být dosažitelné ve stávajícím sortimentu konvenčních odrůd. Oba výchozí druhy resyntézy (brukev zelná a řepice) se vyznačují širokou variabilitou z hlediska morfologie i agronomických charakteristik a představují hodnotný zdroj heteróze,



rezistence k chorobám, škůdcům a abiotickým stresům (Hilgert-Delgado et al. 2015).

Jednou z perspektivních možností rychlé tvorby adaptabilních odrůd brukvovitých plodin s požadovanými vlastnostmi je technika mikrosporových kultur *in vitro*. Metoda tvorby (dihaploidních) DH odrůd pomocí mikrosporových kultur se v současnosti rutinně používá k tvorbě nových odrůd řepky olejky. Jedná se např. o odrůdy OREX (2015), ORAVA (2016) a ORNAMENT (2018). (Vyvadilová et al. 2008, Klíma a Vrbovský 2016, Vrbovský a Klíma 2016). Pomocí této metody a následným *in vitro* spontánním nebo indukovaným zdvojením chromozómové sádky je možné fixovat i několik recesivních znaků najednou při omezeném rozsahu výchozí populace a provádět selekci i polygenně založených znaků ve velmi časných generacích. Tím může být celý proces tvorby zcela uniformní liniové odrůdy zkrácen ze 7-8 let na 1-2 roky (Kučera et al. 2004). Stoprocentní homozygotnost je navíc klasickými postupy prakticky nedosažitelná. Metoda tvorby dihaploidních odrůd, které byla rozpracována i v prašnickových kulturách (Klimaszewska a Keller 1983) i z kultur izolovaných mikrospor hořčice bílé (Bundrock a Séguin-Swartz 1998) i h. sarepské (Ali et al. (2008) a Prem et al. (2008)), není u nás dosud u brukvovitých zelenin rutinně využívána. Hlavními problémy je nulová, eventuálně velmi nízká embryogenní schopnost (tj. regenerace kotyledonárních embryí z mikrospor v určitém vývojovém stádiu) u současného sortimentu odrůd a obtížnější regenerace celistvých rostlin z mikrosporových embryí u většiny genotypů (Rudolf et al. 1999). Posledně zmíněný nedostatek se podařilo překonat na pracovišti Výzkumné-

ho ústavu rostlinné výroby, v. v. i. Praha, kde byla v posledních dvou dekádách rozpracována technika odvozování embryí a celistvých rostlin z mikrosporových kultur zelí, kedlubnu, květáku (Vyvadilová et al. 1998; 2001, Klíma et al. 2004) a tuřínu (Ulvrová et al. 2019) (Obr. 12, 13, 14, 15). K dispozici jsou i údaje o regeneraci fertálních DH linií brokolice (Duijs et al. 1992). Je i řada zahraničních prací, které se věnují mikrosporovým kulturám u ředkve, např. Takahata et al. (1996), Bai et al. (2008), Chun et al. (2011a,b), Tuncer (2017).

V posledních letech je identifikace rezistentních odrůd určována nejen hodnocením fenotypového projevu, ale lze ji stanovit i pomocí molekulárních metod (Liersch, Bartkowiak- Broda 2007, Mondini et al. 2009). Tyto techniky se rozvíjejí i v rámci tvorby genetických map a markerování významných hospodářských znaků, především při identifikaci odrůd, tolerantních k významným stresorům. Novým trendem i u brukvovitých plodin je tzv. asociativní transkriptomika, založená na RNA-seq technologii (Honsdorf et al. 2010, Bancroft et al. 2011, Harper et al. 2012). Protože se jedná o doposud nejkompaktnější technologii využívající nepoměrně větší objemy dat, navíc dat vázaných na aktivně se exprimující geny, lze ji s úspěchem použít k vyhledávání markerů pro libovolné fenotypové znaky.

Na konci roku 2014 byly v rámci projektu „RIPR“ (BBSRC Renewable Industrial Products from Rapeseed, prof. Ian Bancroft, University of York, Velká Británie) uvolněna první unikátní transkriptomická data (RNAseq) pro dva panely: *B. rapa* (řepice) a *B. oleracea* (brukev). Panel *B. oleracea* je tvořen mj. i různými odrů-

dami kedlubnu, zelí a dalších brukvovitých zelenin. Komparativní analýza transkriptomických dat a fenotypového projevu vybraných druhů zelenin poskytne rozsáhlou databázi primárních dat, která lze použít při identifikaci genů/transkripčních faktorů účastnících se drah, za jejichž spuštění mohou obranné reakce proti významným stresorům. Touto cestou lze pak identifikovat rezistentní odrůdy. Tuto techniku lze aplikovat i v rámci dalších znaků, jako je například velikost produktu, kvalitativní parametry, obsahové látky či vegetační doba. Na tuto techniku navazuje RNAseq analýza vlastních vybraných odrůd na základě jejich fenotypových charakteristik. Při výběru odrůd odolnějších k suchu se v současnosti stále více uplatňují klíčové mechanismy odolnosti, jako je osmotické přizpůsobení a změny hladin obranných proteinů i jiných metabolitů (Bartels a Sunkar 2005, Gazanchian et al. 2007). Zvýšení koncentrace osmoticky aktivních látek v cytoplasmě a specifických proteinů za podmínek sucha se tak může stát velmi dobrým laboratorním testem pro selekci suchovzdorných odrůd (Parida et al. 2008, Tommasini et al. 2008). Nadějný může být i výzkum a identifikace proteinů, které se mohou stát potenciálními markery suchovzdornosti (Urban et al. 2017). Např. Kosová et al. (2018) byla schopna na základě měření fyziologických parametrů vodního režimu a fotosyntézy u kontrastních genotypů řepky odlišit dvě základní strategie hospodaření rostlin s vodou: konzervativní (tzv. water-saving strategy) a progresivní (tzv. water-spending strategy). Konzervativní strategie zahrnovala nižší míru otevřenosti průduchů a jejich zavírání již při mírném vodním deficitu, naopak genotypy se strategií progresivní se vyznačují pomalejší reakcí na nedostatek vody.

Jako odrůda, odolnější k suchu byla identifikována odrůda CADELI, odrůda NAVAJO pak jako náchylnější. Pokud se prokáže obecná platnost těchto zjištění, tak materiály s konzervativní strategií budou vhodné do oblastí s déletrvajícím suchem, druhá skupina materiálů do regionů se suchem přechodným.

5. 3. Shrnutí

Nejzávažnějšími projevy klimatické změny v našich podmínkách jsou mírné zimy bez sněhové pokrývky, časnější přechod porostů do generativní fáze a tím i vyšší náchylnost na poškození pozdními zimními mrazy a časnými jarními mrazíky, prohlubující se nedostatek vláhy v půdním profilu a vlny veder v průběhu vegetace. U brukvovitých, které jsou plodinami převážně mírného pásma, to má závažné důsledky. Tradičním stresorem i přes mírný průběh zim i nadále zůstane mraz, tudíž bude přetrvávat důležitost dostatečné výběrové základny adaptovaných genotypů. Protože se jedná o klíčovou agronomickou charakteristiku, je pravidelně hodnocena buď pomocí tradičních (při normálním průběhu zimy) nebo i modernějších (v řízených podmínkách) metod a většina domácích odrůd má tudíž odolnost na velmi dobré úrovni. Zároveň se vyvíjejí metody pro rychlejší a efektivnější stanovení odolnosti. U výběru odrůd s odolností k suchu je situace složitější jak z důvodu relativní novosti tohoto stresoru v našem regionu ve srovnání s mrazem, tak i z důvodu nepředvídatelnosti, kdy na rozdíl od mrazu se může nedostatek vody nebo perioda vysokých teplot projevit v kterékoli fázi vegetace a tudíž i v libovolném vývojovém stádiu rostliny, což ztěžuje efektivní výběr odolnějších odrůd pro daný typ sucha.

Na vývoji metod k identifikaci odrůd s odolností k abiotickým i biotickým stresům se intenzivně pracuje, u řepky olejky a některých brukvovitých zelenin již byly identifikovány perspektivní odrůdy.

Literatura

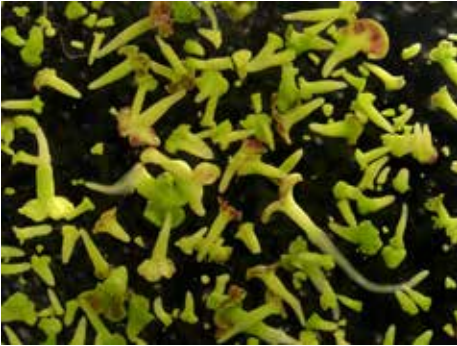
- Ali M.M., Mian M.A.K., Custers J.B.M., Khuram M.M.H. (2008): Microspore culture and the performance of microspore derived doubled haploid in *Brassica juncea* (L.) Bangladesh J. Agril. Res. 33(3): 571-578.
- Bancroft I., Morgan C., Fraser F., et al. (2011): Genome dissection in the polyploid crop oilseed rape by transcriptome sequencing. Nat. Biotechnol. 29:762–6.
- Bartels D., Sunkar R. (2005): Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci., 24: 2358.
- Bundrock T., Séguin-Swartz G. (1998): Production of doubled haploid lines of *Sinapis alba* L. Cruciferae Newsletter 20: 33-34.
- Duijs J.G., Voorrips R. E., Visser D. L., Custers J. B. M. (1992): Microspore culture is successful in most crop types of *Brassica oleracea* L.. Euphytica, 60, 45-55.
- Gazanchian A., Hajheidari M., Sima N. K., Salekdeh G.H. (2007): Proteome response of *Elymus elongatum* to severe water stress and recovery. J Exp.Botany 58 (2) : 291300.
- Harper A.L., Trick M., Higgins J., Fraser F., Clissold L., Wells R., Hattori C., Werner P., Bancroft I. (2012): Associative transcriptomics of traits in the polyploid crop species *Brassica napus*. Nature Biotechnology 30: 798–802.
- Havránek P., Navrátilová B., Chytilová V. (2005): Use rooted leaves for screening of *Brassica* germplasm response to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) and downy mildew (*Hyaloperonospora parasitica*). HORT. SCI. (PRAGUE), 32: 1-5.
- Hilgert-Delgado A.A., Klíma M., Viehmannová I., Urban M., Cusimamani E., Vyvadilová M. (2015): Efficient resynthesis of oilseed rape (*Brassica napus* L.) from crosses of winter types *B. rapa* x *B. oleracea* via simple ovule culture and early hybrid verification. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* , 120(1): 191-201.
- Honsdorf N., Becker H.C., Ecke W. (2010): Association mapping for phenological, morphological, and quality traits in canola quality winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Genome 53: 899907.
- Chun C., Na H. (2011a): Microspore-derived embryo formation in response to cold pretreatment, washing medium, and medium composition of radish (*Raphanus sativus* L.). Korean J HortSci.29(5): 494–499.
- Chun C., Park H. Na H. (2011b): Microspore-derived embryo formation in radish (*Raphanus sativus* L.) according to nutritional and environmental conditions. Hort. Environ. Biotechnol. 52(5): 530–535.

- Chung H., Jeong Y.M., Mun J.H., Lee S.S., Chung W.H., Yy H.J. (2014): Construction of a genetic map based on high-throughput SNP genotyping and genetic mapping of a TuMV resistance locus in Brassica rapa. *Mol. Genet. Genomics* 289:149-160.
- Chytilová V., Dušek K. (2007): Metodika testování brukvovitých plodin k nádorovitosti. 1. vyd. Praha: VÚRV, v.v.i. ISBN978-80-87011-23-2.
- Jedryczka M. (2012): Incidence of clubroot on oilseed rape in Poland and the search for sources of genetic resistance of interspecific hybrids and mutants of Brassica. Project of Institute of Plant Genetics, Institute of Plant Protection and Poznan University of Life Sciences. Prezentace, 2012.
- Jelínková I., Keshavaiah C., Čurn V., Urban M., Klíma M. (2016): Analýza exprese genů indukovaných stresem chladem u řepky. *Úroda*, 64(12 věd.př.): 149-152.
- Klíma M., Prášil I. (2017). Metody sledování odolnosti řepky vůči mrazu. *Úroda*, 65(8, příl. Řepka): 7-10.
- Klíma M., Vítámvás P., Zelenková S., Vyvadilová M., Prášil I. (2012): Dehydrin and proline content in Brassica napus and B. carinata under cold stress at two irradiances. *Biologia Plantarum*, 56(1): 157-161.
- Klíma M., Vrbovský V. (2016): Šlechtění řepky olejky v České republice. *Úroda*, 64(4 Řepka): 18-20.
- Klíma M., Vyvadilová M., Kučera V. (2004): Production and utilization of doubled haploids in Brassica oleracea vegetables. *Hort. Sci. (Prague)*, 31.: 119-123.
- Klimaszewska K., Keller W. A. (1983): The production of haploids from Brassica hirta Moench (Sinapis alba L.) anther cultures. *Z. Pflanzenphysiol.* 109: 235-241.
- Korba M., Jajor E., Budka A. (2009): Clubroot (Plasmodiophora brassicae) – a threat for oilseed rape, *J. Plant Protection Res.* 49: 446-451.
- Kosová K., Klíma M., Vítámvás P., Prášil I. (2018): Odezva vybraných odrůd řepky na sucho a následná regenerace. *Úroda*, 66(12 vědecká příloha): 19-25.
- Kučera V., Schwarzbach E., Klíma M., Vyvadilová M. (2004): Agronomic performance of double haploid lines and pedigree-derived lines of winter oilseed rape. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 40: 127-133.
- Liersch A., Bartkowiak-Broda I. (2007): Relationship of yielding ability and heterosis effect of winter rapeseed F1 hybrids with genetic distance of parental lines. In: Proc. 12th International Rapeseed Congress, Vol. II, Wuhan, China, 2630 March 2007: 285288.
- Lydiate D.J., Pilcher R.L.R., Higgins E.E., Walsh J.A. (2014): Genetic control of immunity to Turnip mosaic virus (TuMV) pathotype 1 in Brassica rapa (Chinese cabbage). *Genome* 57: 419-425.
- Mondini L., Noorani A., Pagnotta M.A. (2009): Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity* 1: 19-35. MZE (2013).
- Nyalugwe E.P., Barbetti M.J., Clode P.L., Jones R.A.C. (2016): Systemic Hypersensitive Resistance to Turnip mosaic virus in Brassica juncea is Associated With Multiple Defense Responses, Especially Phloem Necrosis and Xylem Occlusion. *Plant Disease* 100(7): 1261-1270.
- Peng G., Falk K.C., Gugel R.K., Franke C., Yu F., James B., Strelkov S.E., Hwang S.F. and

- Mcgregor L. (2014): Sources of resistance to *Plasmodiophora brassicae* (clubroot) pathotypes virulent on canola. *Can. J. Plant Pathol.*, 2014, vol 36, No. 1, 89-99.
- Plachká E., Jedryczka M., Rod J., Havel J., Poslušná J., Seidenglanz M. (2013): Nádo-rovitost kořenů brukvovitých je významná choroba v pěstování řepky. *Agromanuál, Profesionální ochrana rostlin*, 8. číslo, srpen 2013, 8. ročník, s. 26-30. ISSN 1801-7673.
 - Prášil I., Prášilová P. (2002): Mrazuvzdornost a přezimování řepky. *Úroda*, 50(1): 34-35.
 - Prášil I., Urban M., Musilová J., Vítámvas P., Kosová K. (2015): Klimatická změna a odolnost genofondu obilnin a řepky vůči abiotickým stresům. In: Zedek, V., Mládková, A. & Holubec, V. (eds.). *Genetické zdroje rostlin a změna klimatu*. Ministerstvo zemědělství, Praha 1, pp. 36-38.
 - Prášil I.T., Růžek P., Lukáš J., Musilová J., Couřová M., Prášilová P., Klíma M., Kusá H., Čermák P. (2020): Jarní mrazy a poškození ozimů (30.04.2020). Dostupné na https://vurv.cz/sites/File/2020/2020_Jarni_mrazy_a_ozimy_30_04.pdf
 - Prem D., Gupta K., Sarkar G., Agnihotri A. (2008): Activated charcoal induced high frequency microspore embryogenesis and efficient doubled haploid production in *Brassica juncea*. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 93: 269-282.
 - Robak J. (1991): Zmienność patotypów *Plasmodiophora brassicae* Wor. występujących w Polsce i ich patogeniczność w stosunku do odmian i linii hodowlanych *Brassica oleracea*. *Rozprawa habilitacyjna*. Instytut Warzywnictwa, 61 pp.
 - Rudolf K., Bohanec B., Hansen M., (1999): Microspore culture of white cabbage, *Brassica oleracea* var. *capitata* L. Genetic improvement of non-responsive cultivars and effect of genome doubling agents. *Pl. Breed.*, 118: 237-241.
 - Rusholme R.L., Higgins E.E., Walsh A.J., Lydiate D.J. (2007): Genetic control of broad-spectrum resistance to Turnip mosaic virus in *Brassica rapa* (Chinese cabbage). *J Gen Virol* 88 (Pt 11), 3177-3186.
 - Tommasini L., Svensson, J.T., Rodriguez E.M., Wahid A., Malatrasi M., Kato K., Wanamaker, S., Resnik, J., Close T.M. (2008): Dehydrin gene expression provides an indicator of low temperature and drought stress: tranomebased analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) *Funct. Integr. Genomics* 8: 387407.
 - Tuncer B. (2017): Callus formation from isolated microspore culture in radish (*Raphanus sativus* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(1): 277-282.
 - Ulvrová T., Klíma M., Bryxová P., Kopecký P. (2019): Využití mikrosporových kultur ve šlechtění tuřínu (*Brassica napus* subsp. *napoobrassica*) *Úroda*, 67(12 vědecká příloha): 177-183.
 - Urban M., Vašek J., Klíma M., Krtková J., Kosová K., Prášil I., Vítámvas P. (2017): Proteomic and physiological approach reveals drought-induced changes in rapeseeds: Water-saver and water-spender strategy. *Journal of Proteomics*, 152: 188-205.
 - Urban M.O., Klíma M., Vítámvas P., Vašek J., Hilgert-Delgado A.A., Kučera V. (2013): Significant relationship between frost tolerance and net photosynthetic rate, water use efficiency and dehydrin accumulation in coldtreated winter oilseed rapes. *J. Plant Physiol.* 170: 16001608.
 - Volf M., Zeman J. (2017): Výsledky pěstování

- ní řepky v České republice v roce 2016/17. 34. vyhodnocovací seminář Systém výroby řepky Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, Praha. pp. 3-40. ISBN 978-80-87065-64-8.
- Volf M., Zeman J. (2019): Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2018/19. 36. vyhodnocovací seminář Systém výroby řepky Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, Praha. pp. 3-35. ISBN 978-80-87065-64-8.
 - Voorrips R.E. (1996): Clubroot in the cole crops: the interaction between Plasmodiophora brassicae and Brassica oleracea. Ph.D. Thesis, Wageningen, ISBN 90-9009874-7.
 - Vrbovský V., Klíma M. (2016): První česká dihaploidní odrůda řepky. Úroda, 64(4): 70-74.
 - Vyvadilová M., Klíma M., Kučera V. (1998): Analysis of factors affecting embryogenesis in microspore cultures of some cruciferous vegetables. Zahradnictví – Hort. Sci. (Prague), 25: 137-144.
 - Vyvadilová M., Klíma M., Kučera V. (2001): Embryogenic responsibility of Brassica oleracea vegetables in a microspore culture. Hort. Sci. (Prague), 28: 121-124.
 - Vyvadilová M., Klíma M., Kučera V. (2008): Metodika produkce dihaploidních linií pro šlechtění řepky ozimé. 1. vyd. Praha: VÚRV, v. v. i. ISBN 978-80-87011-80-5.
 - Wallenhammar A.C. (1998): Observations on yield loss from Plasmodiophora brassicae infections in spring oilseed rape. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 105: 1-7.
 - Walsh J. A., Jenner C. E. (2002): Turnip mosaic virus and the quest for durable resistance. Molecular Plant Pathology 3:289-300.
 - Zeman J., Volf M. (2012): Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2011/12. 29. vyhodnocovací seminář Systém výroby řepky Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, Praha. pp. 3-21. ISBN 978-80-87065-64-8





Obr.12: Pro rychlou tvorbu nových odrůd brukvovitých plodin s požadovanými vlastnostmi se dnes využívají metody regenerace z mikrosporových embryí (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)



Obr. 14: Celistvé rostliny kedlubnu, získané pomocí biotechnologických metod v in vitro podmínkách (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)



Obr. 13: Regenerace červeného zelí na živné půdě ve sterilních podmínkách (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)



Obrázek 15: Detail květenství linie kedlubnu, vytvořené pomocí tzv. metody dihaploidů (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)

Příloha:

Seznam obrazové dokumentace v textu

- **Obr. 1:** Příklad predikovaných změn klimatu na výnosy kukuřice: klima bude brzdit růst výnosů ve většině produkčních regionů (červené stínování), ale růst výnosů v některých regionech se však může skutečně zvýšit (modré stínování). Mapa uvádí předpokládané změny výnosů kukuřice v roce 2050 v důsledku změny klimatu ve srovnání s potenciálními výnosy 2050, pokud nebudou přijaty kroky k jeho omezení podle OECD / IFPRI (2014).
- **Obr. 2:** Možná variabilita odrůd květáků, Brassica oleracea, var. botrytis (převzato podle Lois AbrahamThe Canadian Press, 2014, updated, 2020)
- **Obr. 3:** Pokus na ekofarmě Pustějov v rámci projektu BRESOV (převzato hodnocení mezinárodní kolekce odrůd Brokolic, po vysázení) (foto M. Hýbl, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 5:** Odrůda pšenice Dagmar (A), která dlouhodobě vykazuje vysokou odolnost k fusarioze klasu a náchylná odrůda pšenice (B).
- **Obr. 6:** Kvetoucí lata odrůdy Ruzrok (foto J. Hermuth, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 7:** Porost raného čiroku Ruzrok ve VÚRV, v. v. i. Ruzyně (J. Hermuth, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 8:** Dokumentují využití čiroku Ruzrok v potravinářství resp. v pivovarnictví pro výrobu bezglutenového sladu (J. Hermuth, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 9:** Odrůda bėru italského Ruberit – foto porostu, VÚRV, v. v. i. Praha, (foto J. Hermuth)
- **Obr. 10:** Odrůda bėru italského Rucereus – pohled na porost VÚRV, v. v. i., Praha (foto J. Hermuth)
- **Obr. 11:** Ocenění ing. Jiřiho Hermutha ministrem zemědělství ing. Miroslavem Tomanem, CSc. „Zlatým klasem s kytičkou“ na Agrosalónu Země živilka 2019 (foto PRESS FOTO)
- **Obr. 12:** Pro rychlou tvorbu nových odrůd brukvovitých plodin s požadovanými vlastnostmi se dnes využívají metody regenerace z mikrosporových embryí (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 13:** Regenerace červeného zelí na živné půdě ve sterilních podmínkách (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 14:** Celistvé rostliny kedlubnu, získané pomocí biotechnologických metod v in vitro podmínkách (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)
- **Obr. 15:** Detail květenství linie kedlubnu, vytvořené pomocí tzv. metody dihaploidů (foto M. Klíma, VÚRV, v. v. i.)

SUMMARY

Climate change poses a number of global and local challenges in crop production. Locally, the changes are reflected mainly in the degree of precipitation and temperature fluctuations. Temperatures are variable and extremely high, dry periods alternate with torrential rains. These factors lead to considerations of changes in the crop spectrum and the need to develop varieties suitable for new conditions. Climate change is also leading to a change in the spectrum of pests and phytopathogens moving from warmer regions. Research, breeders and farmers respond to these stimuli by selecting suitable crops and their varieties.

The book deals with experience with the development, testing and application of new varieties of major disease-resistant cereals. The reader will get acquainted with the knowledge gained in the evaluation of the resistance of cereals to ear fusariosis and, more recently, to the rice stalk, or to viruses in cereals. The results are used in practice when recommending suitable varieties. Cereals are also described in terms of improved water management and offered opportunities for use in different areas. The information will suitably complement the possible multifunctional application of C4 plants, which tolerate extreme droughts significantly better and have lower yield fluctuations. Their contribution to agriculture was awarded the Golden Ear of 2019. The chapter on cruciferous plants is similarly focused.

The book is intended to encourage reflection on the selection of suitable crop species and varieties for local growing conditions.

6. ODBORNÝ POSUDEK

Oponent: Ing. Pavel Veselý,
předseda Agrodružstvo Lhota pod Libčany,
předseda dozorčí rady Agrární komory České republiky

Obsah publikace mne příjemně překvapil odborným, leč čtivým textem velmi aktuálních témat současného českého zemědělství.

Osobně bych doporučil zařadit stručnější verzi všech témat do agronomických školení, pořádaných nevládními organizacemi na území celé republiky.

Rovněž tak bych knihu doporučil jako odbornou literaturu s aktuálními tématy pro zemědělské studijní obory, zaměřené na rostlinnou výrobu.

POZNÁMKY



POZNÁMKY

A series of horizontal dotted lines for taking notes.

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.





ISBN 978-80-88351-16-0

VYDALA:

Agrární komora České republiky

Počernická 272/96, 108 00 Praha 10

Tel.: +420 296 411 180

e-mail: sekretariat@akcr.cz

www.akcr.cz, www.eagri.cz