

VLIV GENOTYPU NA UKLÁDÁNÍ KADMIA V SEMENI MÁKU SETÉHO (*PAPAVER SOMNIFERUM* L.)

*The influence of genotype on the accumulation of cadmium in poppy seeds
(Papaver somniferum L.)*

Martina VĚTROVCOVÁ¹, Andrea RYCHLÁ², Jiří HAVEL³

¹Agritec Plant Research Šumperk s.r.o., ²OSEVA PRO s.r.o., o.z. VÚO Opava, ³OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.

Summary: It was chosen 119 materials from the collection of poppy (*Papaver somniferum* L.) genetic resources. Their morphological and phenological aspects and yield were described. After harvest control analyses were performed for evaluation of cadmium content in poppy seeds. Atomic absorption spectrometry (AAS) was used for determination of cadmium in digestion samples. The cadmium concentration in seeds ranged from 0,278 – 0,750 mg.kg⁻¹. Detected content was compared to the properties of genetic resources. It was established relationship between these traits.

Keywords: Poppy (*Papaver somniferum* L.), seed, cadmium, descriptor, AAS

Souhrn: Z kolekce genových zdrojů máku setého (*Papaver somniferum* L.) bylo vybráno 119 materiálů. Ty byly popisovány z hlediska morfologického, fenologického a výnosového. Po sklizni semen byly provedeny kontrolní analýzy na obsah kadmia v semeni máku. Pro stanovení kadmia v připravených mineralizátech byla použita metoda atomové absorpční spektrometrie (AAS). Koncentrace kadmia v semeni máku byla v rozmezí 0,278 – 0,750 mg.kg⁻¹. Zjištěný obsah byl porovnán k vlastnostem genových zdrojů. Byla stanovena souvislost mezi těmito vlastnostmi.

Klíčová slova: Mák setý (*Papaver somniferum* L.), semeno, kadmium, deskriptor, AAS

Úvod

Pěstování máku setého pro produkci semene má v České republice dlouholetou tradici. Rozsahem využití v potravinářském průmyslu zaujímáme nejpřednější místo nejen v Evropě, ale i celosvětově. Jde o „rodinné stříbro“ naší země, kterého bychom si měli dostatečně považovat. Tradiční obliba makových produktů přispěla k rozvoji a zlepšování technologie pěstování, zpracování a povzbudila zájem šlechtitelů o tuto plodinu. Kromě běžně využívaných modrosemenných odrůd jsou k dispozici i méně pěstované materiály bělosemenné a okrovosemenné, které mají změněné chuťové vlastnosti (chuť po oříšcích) a tak mohou částečně nahrazovat dražší náplně pro cukrářskou výrobu. S ohledem na přímé využití makového semene pro lidskou výživu je kladen zvýšený důraz na kontrolu jakosti a přítomnosti nežádoucích látek v semeni a na jeho povrchu. Neboť se mák setý pěstuje v jiných částech světa ne pro produkci semene, ale pro obsah alkaloidů v makovině, je kladen důraz na obsah těchto látek na povrchu semene, využívaného pro potravinářský průmysl. Semeno samo o sobě alkaloidy neobsahuje, na jeho povrch se ale mohou dostat s prachem z makoviny při kombajnové sklizni a tak znehodnotit produkci. Je snahou státních orgánů obsah těchto látek s ohledem na zdravotní rizika monitorovat a regulovat dovoz závadného technického máku ze zahraničí. Druhou oblastí zájmu je sledování obsahu těžkých kovů v makovém semeni, zejména kadmia, který patří mezi nejnebezpečnější toxický prvek, který se může v máku vyskytnout.

Kadmiu je věnována značná pozornost pro jeho toxikologické vlastnosti, a proto i v České republice je monitorování kadmia poměrně rozsáhlé. Jsou realizována legislativní opatření týkající se hygienicky přípustného množství kadmia v půdě, ve vodě ve vzduchu, ale i v potravinách a krmivech. O maximálním

přípustném obsahu kadmia v máku se vedly delší dobu spory, nakonec jeho maximální obsah byl stanoven na úroveň 0,8 mg.kg⁻¹ v semeni máku (Vyhláška č. 399/2013 Sb., Doporučení komise 2014/193/EU), který někdy bývá u potravinářského máku překročen.

Přítomnost kadmia v potravinách není jednotná, ale vysoce proměnlivá, například v závislosti na zeměpisné poloze, oblasti pěstování (různé úrovně přítomnosti přírodního kadmia v půdě z důvodu rozšíření v zemské kůře), na dostupnosti kadmia z půdy (různá míra přenosu ze země do plodin v závislosti na pH půdy a dalších půdních složkách), na různých odrůdách rostlin s různými modely kumulace kadmia, ale také na antropogenních faktorech, jako jsou zemědělské používání kalů z čistíren odpadních vod, hnojení fosfátovými hnojivy a další faktory.

Na pracovišti společnosti OSEVA PRO s.r.o., o.z. VÚO Opava je dlouhodobě vedena kolekce máku setého z Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (NP). Snahou je uchovat cenné materiály – genové zdroje (GZ) - pro možnost jejich pozdějšího využití pro potřeby šlechtění, vědy a výzkumu či pro potřeby výuky a osvěty. V kolekci jsou prioritně uchovávány GZ domácího původu - staré krajové odrůdy, materiály ze sběrových expedic po republice, moderní odrůdy vyšlechtěné u nás a v historickém kontextu bývalého Československa i na Slovensku. Další okruh zájmu tvoří odrůdy evropského původu, případně světové, které jsou pro kolekci přínosem a obohacením. V současné době je v řádné kolekci zařazeno kolem 200 GZ a pro realizaci vstupních hodnocení v kolekci pracovní asi 30 materiálů. Materiály jsou hodnoceny v polních víceletých pokusech po stránce morfologické, fenologické, hodnocen je stupeň odolnosti k biotickým a abiotickým stresům. Nedílnou součástí je posouzení

kvantitativních a kvalitativních parametrů, které je realizováno formou laboratorních přesných i screeningových analýz. Doposud byl hodnocen celkový obsah oleje v semeni a jeho složení (obsahy mastných kyselin - olejové, linolové a linolenové) a obsah jednotlivých alkaloidů (morfin, tebain a kodein) v makovině. Spolu

s realizací projektu MZe NAZV QJ1510014 - Snížení rizikivosti pěstování máku- dochází k rozšíření platformy hodnocení o stanovení obsahu těžkých kovů v semeni máku (Cd), stanovení existence genetické dispozice k ukládání těžkých kovů, která je pro zhodnocení celé kolekce značným přínosem.

Materiál a metoda

Z řádné kolekce Národního programu byla pro účely realizace analýz vytvořena core kolekce 119 GZ. V ní jsou zastoupeny materiály s různou morfologií, odlišnými fenologickými projevy a také se značnou geografickou odlišností. Tyto materiály byly v letech 2013, 2014 a 2015 vysety do maloparcelních pokusů na pokusných plochách společnosti OSEVA PRO s.r.o.. Zásev byl proveden maloparcelním secím strojem Wintersteiger, velikost parcely 3,75m² (1,25 x 3,0 m), vzdálenost řádků 25 cm. Pokusy byly standardně ošetřovány dle metodiky - základní předseťové hnojení, herbicidní a insekticidní zásahy. Fungicidní ošetření vzhledem k hodnocení odolnosti k vybraným patogenům prováděno nebylo. Během vegetace byly GZ popisovány dle platného klasifikátoru - 40 deskriptorů. V době plné technické zralosti byl z každého GZ odebrán ručně vzorek 30 makovic (z jedné rostliny pouze makovice hlavní). Ty byly odsemeněny a směsný vzorek semen byl využit pro realizaci analýz. Po ukončení tříletého cyklu hodnocení byly hodnoty descriptorů

zprůměrovány, byly vytipovány deskriptory s předpokládanou možnou korelací k množství uloženého kadmia v semeni a tato závislost byla stanovena.

Pro stanovení kadmia v semeni máku byly vzorky pomlety a následně mineralizovány v mikrovlnném zařízení s uzavřeným systémem rozkladu (Milestone, ETHOS D). Navážka 0,200-0,250g vzorku byla rozložena v teflonové rozkladné nádobce ve směsi kyseliny dusičné a peroxidu vodíku (Suprapur®, Merck) dle jednotného pracovního postupu ÚKZÚZ (Zbíral a kol. 2005). Po převedení do definovaného objemu byl získaný mineralizát analyzován na atomovém absorpčním spektrometru (SOLAAR M, Unicam Ltd., Cambridge, UK) metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie (ETA-AAS), který umožňuje měření se Zeemanovou i QuadLine (D2) korekcí pozadí. Kvalita analytických dat byla zajištěna souběžnou analýzou certifikovaného referenčního materiálu NCS ZC73014.

Výsledky

Z platného klasifikátoru máku setého (*Papaver somniferum* L.) bylo vytipováno 14 deskriptorů, u nichž byla předpokládána možná vazba s mírou ukládání kadmia. Jednalo se o výšku rostliny, barvu korunních plátků, velikost tobolky, tvar tobolky, barvu semene, obsah oleje v semeni, obsah morfinu v makovině, štětinatost stonku pod tobolkou, výskyt světlých skvrn na listu, tvar listu, jeho zvlnění, antokyanové zbarvení kališních lístků a fenologická data - začátek a konec květu. Pro tyto deskriptory byla sestavena tabulka průměrných hodnot za pokusné období. Data byla později rozšířena o predikci výnosu makoviny a semene pro testační rok 2015 (stanoveno odsemeněním 30-ti ručně odebraných makovic). Z naměřených hodnot obsahu kadmia je jasné patrné, že různost genomu ovlivňuje míru ukládání kadmia v semeni máku. Za celou kolekci testovaných GZ byl zjištěn maximální,

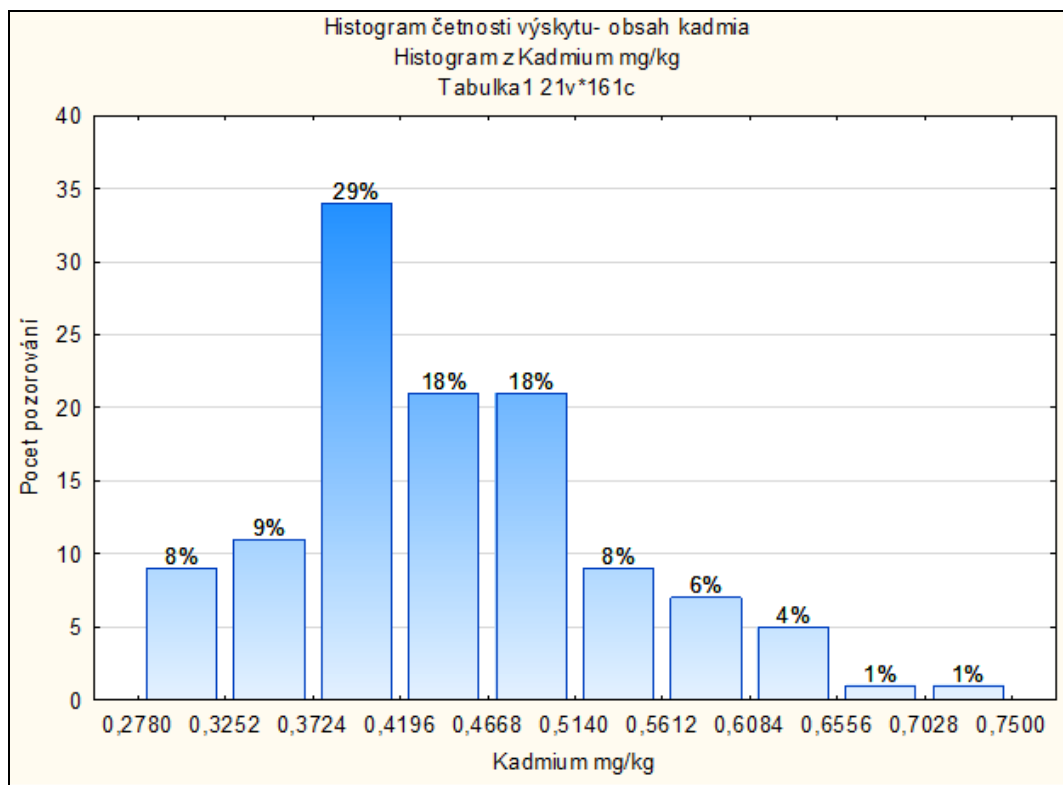
minimální a průměrný obsah kadmia v semeni máku (tabulka 1).

Z naměřených dat byl dále zpracován histogram četnosti výskytu pro obsah kadmia v semeni (graf 1). Z něj je patrné, že jen velmi malé procento genových zdrojů kolekce má vysokou schopnost kumulace tohoto těžkého kovu v semeni (3 materiály - Růžový z Dobré (Gengel o.p.s), 15O0800026, Orbis)). Naopak velká část materiálů (82%) kumuluje pouze nižší množství, které splňuje limity pro bezpečné potravinářské využití. V kolekci je zařazeno osm materiálů, které ukládají výrazně menší podíl kadmia a byly by tedy vhodné k využití pro účely šlechtitelského programu (15O0800033, 15O0800089, 15O0800011, 15O0800018, 15O0800034, Soma, 15O0800091, 15O0800082).

Tab.1 Obsah kadmia v semeni kolekce GZ máku

	obsah kadmia (mg.kg ⁻¹)	původ
minimální obsah	0,278	15O0800033
maximální obsah	0,750	Růžový z Dobré- Gengel, o.p.s.
průměr za kolekci	0,447	

Graf 1. Histogram četnosti výskytu pro obsah kadmia v semeni GZ máku setého



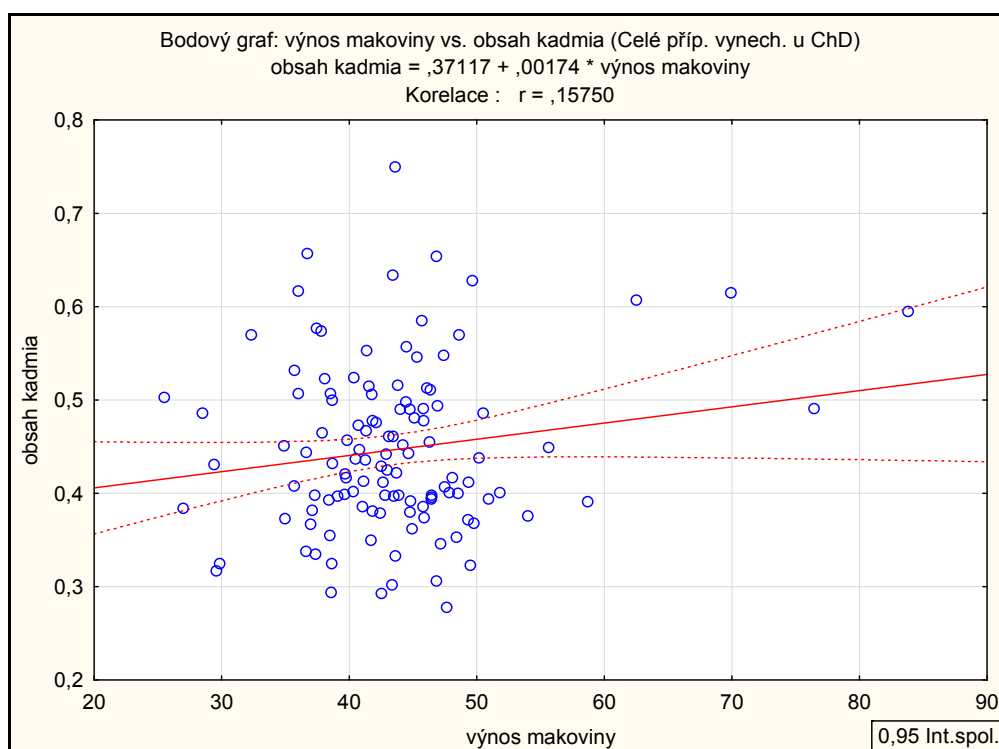
Po realizaci analýz byla vypočtena korelace mezi celkovým obsahem kadmia a hodnotami jednotlivých deskriptorů. Ač byla predikována existence jisté závislosti, tato nebyla prokázána (tabulka 2).

Pro ilustraci uvádíme bodový graf závislosti obsahu kadmia a výnosu makoviny - graf 2, kde hodnota korelačního koeficientu dosahovala hodnoty 0,158.

Tab.2 Korelace mezi obsahem kadmia v semeni a hodnocenými deskriptory

	Hodnota deskriptoru																
	Odrůda	Stonek-štitinatost pod tobolkou	List.růž.- výskyt světlých skvrn	List poměr délka-šířka	List-zvlněné okraje čepele	Poupě-ant.zbar.lístků	Květ korun.plátky barva	Tobolka-velikost	Tobolka-tvar	Semeno barva	Kvetení začátek	Kvetení konec	Semeno obsah oleje	Tobolka obsah morfinu	Výška	Výnos semene	Výnos makoviny
obsah kadmia	-0,347	-0,066	-0,237	0,050	-0,075	-0,016	0,074	0,195	-0,151	0,131	0,034	-0,135	0,160	-0,066	-0,050	0,062	0,158

Graf 2. Korelace mezi výnosem makoviny a obsahem kadmia v semeni



Závěr a diskuse

Získané výsledky analýz byly porovnány s platnou legislativou (Vyhláška č. 399/2013 Sb.). U všech analyzovaných vzorků byla zjištěna přítomnost kadmia, hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,278 mg.kg⁻¹ do 0,750 mg.kg⁻¹. Průměrné hodnoty obsahu kadmia v semenech máku, získaných z vybrané kolekce GZ, jsou v normálu a splňují maximální přípustný limit. Díky řešení projektu MZe NAZV QJ1510014 a realizaci Národního programu konzervace bylo možné uskutečnit první měření obsahu kadmia v semeni máku s ohledem na jeho genetickou diverzitu. Tyto testy

potvrdily odlišnosti mezi jednotlivými genovými zdroji. Je tedy zřejmé, že genom rostliny do značné míry podmiňuje ukládání kadmia v semeni. Přesto se nepodařilo nalézt souvislost mezi touto vlastností a morfoloickými, fenologickými či kvantitativními parametry testovaných materiálů. Je třeba v testech pokračovat i v dalších letech a zaměřit se na jiné znaky, které by mohly tuto skutečnost ovlivňovat. Jejich determinace by byla jasným přínosem pro šlechtitelskou praxi s pozitivním dopadem pro ochranu lidského zdraví.

Použitá literatura

- Doporučení komise 2014/193/EU ze dne 4. dubna 2014 o omezování přítomnosti kadmia v potravinách.
Vyhláška č. 399/2013 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena, ve znění vyhlášky č. 418/2000 Sb. ISSN 1211-1244.
Zbíral, J. (2005). Analýza rostlinného materiálu (jednotné pracovní postupy). ÚKZÚZ Brno, 192 s.

Kontaktní adresa

Ing. Martina Větrovcová, Agritec Plant Research s.r.o., Zemědělská 2520/16, 787 01 Šumperk, tel: +420 583 382 138, e-mail: vetrovcova@agritec.cz

Projekt: Uvedené výsledky byly získány za podpory projektu MZe NAZV QJ1510014: Snížení rizikovosti pěstování máku a Národního programu konzervace a využití genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity.