

# Glukosinoláty a krmivářství

## *Glucosinolates and animal nutrition*

Helena ZUKALOVÁ<sup>1</sup>, Jarmil VÝMOLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> KATEDRA ROSTLINNÉ VÝROBY, ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA PRAHA 6 – SUCHDOL

<sup>2</sup> TEKRO SPOL. S R.O.

---

### Souhrn, klíčová slova

*U rodu Brassica jsou především alkenylglukosinoláty a jejich obsah a složení se liší vývojovým stadiem a částí rostliny. Indolové glukosinoláty jsou v minoritním zastoupení.*

*Úloha zásobárny síry je zpochybněna velmi nízkým jejich obsahem pohybujícím se mezi 2% na počátku vegetace a 0.1% na jejím konci.*

*Glukosinoláty jsou především diskutovány z pohledu svých účinků: antinutričních, antimikrobiálních, antifungicidních, antibakteriálních a jako přirozené biofumiganty. Tyto vlastnosti mají rozkladné jejich produkty vzniklé připravenou pasivní obrannou dvou-složkovým systémem glukosinoláty – myrosinasa.*

*Z hlediska těchto účinků je užitečné dle charakteru rozkladných produktů jejich rozdělení do tří skupin. První skupina (I) jejichž hydrolyzou v neutrálním a alkalickém prostředí se tvoří isothiokyanáty a tyto bioaktivní sloučeniny tvoří především přirozenou ochranu vlastní rostliny s biofumigačními účinky. Jejich antinutriční účinky jsou kompenzovatelné jodem na rozdíl od druhé skupiny (II). Tu tvoří hydroxy – glukosinoláty, jejichž rozkladné produkty – isothiokyanáty nejsou stabilní a cyklizují za vzniku substituovaného 2 – oxazolidinethionu ( goitrinu – VTO). Tyto glukosinoláty představují závažný problém v krmivářství, vzhledem k tomu, že VTO je silně strumigenní. Třetí skupina (III) – glukosinoláty obsahující indolovou skupinu nebo benzenové jádro (Sinalbin), hydrolyzou tvoří thiokyanáty. Úloha indolových glukosinolátů není zatím zcela jasná. Studují se jejich antikarcinogenní vlastnosti a plní funkci aktivní obrany.*

*Klíčová slova: rod Brassica, glukosinoláty, biosyntéza, hydrolyza, isothiokyanáty, fyziologická funkce, antinutriční účinky, vlastnosti antibakteriální, antimikrobiální a antifungicidní.*

---

### Summary, Keywords

*In Brassica genus, alkenyl glucosinolates are mostly present and their content and composition differ as far as the development stage and the part of the plant are concerned. The indole glucosinolates are present in a minority level.*

*Their role of sulphur supply is questioned by their very low content between 2 % in the beginning of vegetation and 0.1 % in its end.*

*Glucosinolates are discussed mostly from the aspect of their anti-nutrition, anti-microbial, anti-fungicidal, and anti-bacterial effects and as being natural bio-fumigants. Their decomposition products have the mentioned properties. The products originate by prepared passive protection by the two-component system.*

*From the aspect of these properties, it is useful to divide them into the following three groups according to the characters of their decomposition products. The first group (I), which hydrolysis in the neutral and alkaline environment creates iso-thio-cyanates.*

*These bio-active compounds form the natural protection of the plant with bio-fumigatory effects, particularly. Their anti-nutritive effects can be compensated by iodine, contrary to the second group (II). This group is created by hydroxy – glucosinolates, which decomposition products – iso-thio-cyanates - are not stable and they cycle while producing substituted 2 – oxazolidimethione (goitrine – VTO). These glucosinolates represent a serious problem in feed industry since the VTO has a strong goitrogenic property. The third group (III) – glucosinolates containing the indole group or the benzene ring (Sinalbin), create thio-cyanates during their hydrolysis. The role of indole glucosinolates has not been completely clarified so far. Their anti-carcinogenic effects are studied and they fulfil the role of an active protection.*

*Keywords: Brassica genus, glucosinolates, biosynthesis, hydrolysis, iso-thio-cyanates, physiological function, anti-nutritive effects, anti-bacterial, anti-microbial and anti-fungicidal properties*

## Úvod

Glukosinoláty byly v minulosti spojovány takřka výhradně s toxickými účinky rozkladných metabolitů, pozorovanými na hospodářských zvířatech krmených řepkovými šroty. V 80. letech započal intenzivní výzkum chemoprotektivních účinků rozkladných metabolitů glukosinolátů, které jsou součástí nejčastěji (70%) konzumovaných zelenin (tab. 2) a je stále v popředí zájmu biochemiků a nutričních odborníků. Slibné výsledky výzkumu některých těchto rozkladných produktů (isothiokyanátů, indolů) naznačují, že glukosinoláty mohou naopak být pro zdraví člověka velmi prospěšné a to svými antioxidantními a antikarcinogenními účinky.

*Tab. 1: Složení a obsah celk. množství glukosinolátů (GSL) v zeleninách rodu Brassica (různé literární údaje)*

Druh	Dominantní GSL*	GSL (mg/ 100g čerstvé hmoty)
Hlávkové zelí bílé	SINI, IBER, GB, NGB	26-275
Hlávkové zelí červené	SINI, IBER, GB, NGB	16-120
Kapusta	SINI, NAPI, PROG, GB	47-129
Květák	SINI, IBER, GB, NGB, MGB	14-208
Brokolice	SINI, RAFA, GB, NGB	40-340
Růžičková kapusta	SINI, NAPI, PROG, GB	145-394
Kadeřávek	SINI, PROG, GB	40-140
Kedluben	SINI, IBER, GB, NGB	109-200
Čínské zelí	SINI, GB, NGB, MGB	17-136
ředkev, ředkvička	RAFS, RAFA, RAFE, NAST	4-218
Křen	SINI, NAST	500
Řeřicha zahradní	TROP.	95

*\* Alifatické -SINI-sinigrin, NAPI glukonapi, BRNA glukobrassicin, PROG progoitrin, NAPO glukonapoleiferin, RAFS-glukorafesatin, IBER glucoiberin, RAFE glukorafanin, RAFE glukorafenin, Aromatické -TROP glukotropaeolin, NAST gluconasturtiin, Indolové -GB glukobrassicin, NGB neoglukobrassicin, MGB 4-hydroxyglukobrassicin*

Tab. 2: Odhady příjmu glukosinolátů v některých zemích

Stát	Odhadovaný příjem (mg/osobu/den)
Japonsko	112
Velká Británie	46
USA	15
Kanada	13
ČR	10

Příjem glukosinolátů je v korelaci s konzumací brukvovitých zelenin. Vysoký příjem glukosinolátů v Japonsku, jako i v dalších zemích Orientu, je způsoben tradicí v příjmu brukvovitých zelenin a u Velké Británie jde o velkou oblibu růžičkové kapusty. Zařadit glukosinoláty do určité skupiny látek podle jejich biologické účinnosti je prakticky nemožné, vzhledem k jejich rozmanitosti (tab. 1), k obrovskému množství produktů vznikajících jejich rozkladem a vzhledem k velmi rozmanité biologické aktivitě takto vzniklých látek.

Doposud bylo určeno více než 90 glukosinolátů (FENWICK *et al.*, 1983) a se zdokonalováním analytických metod, především při využití kapalinové a plynové chromatografie, jsou objevovány stále nové.

**Glukosinolátů u rodu *Brassica*** – v řepkách a hořčicích bylo identifikováno doposud 8 nejvýznamnějších

U rodu *Brassica* jsou především alkenylglukosinoláty a jejich obsah a složení se liší vývojovým stadiem a částí rostliny. Indolové glukosinoláty jsou v minoritním zastoupení.

Hydrolytickým rozkladem alifatických glukosinolátů vznikají toxické sloučeniny. Hydrolyza probíhá působením enzymem myrosinase, která je lokalizována odděleně v buňkách idioblastů, zatímco glukosinoláty jsou umístěny v parenchymatických pletivech (GUIGNARD, 1980). Poškozením těchto pletiv, ať již rozemletím, trávením, mechanickým poškozením nebo poškozením hmyzem dochází k jejich spojení a k vlastní hydrolyze.

Glukosinolátům není přisuzována žádná primární fyziologická role. Jako sekundární metabolity však mají řadu účinků a ve své intaktní podobě je jim přisuzována funkce zásoby síry.

### **Glukosinoláty jako zásoba síry**

Řepka je náročnou plodinou na výživu sírou, například Mc GRATH *et al.* (1996) uvádějí potřebu 16 kg síry k zajištění produkce 1 tuny semene řepky. Hlavní příjmovou formou síry pro rostliny jsou sírany. Síra je stavebním prvkem esenciálních aminokyselin (methioninu, cysteinu), které jsou nezbytnou součástí plnohodnotných bílkovin. Syntézu aminokyselin je možné považovat za primární metabolity. Glukosinoláty jako sekundární metabolity, jsou minoritní složkou sírných sloučenin Hlav-

ním distribučním místem glukosinátů je semeno. Minimální bylo jejich zastoupení ve vegetativních částech řepky.

Glukosinoláty tvoří méně než 2% celkové síry na počátku vegetace v jednotlivých částech rostlin a v průběhu růstu jejich obsah klesá a tvoří méně než 0,1%. Malý podíl zastoupení glukosinátů ve vegetativních částech řepky zpochybňuje jejich zásobní funkci (*Fieldsend, Milford, 1994*), zatímco obsah celkové síry a síranů v listech a v době zralosti v obalech šesulí řepky, reflektuje nejlépe výživný stav řepky.

Sírany představují podstatnou složku obsahu celkové síry ve vegetativních částech řepky. Je otázkou, zda je to projev pouze nízké efektivity jejich využití k syntéze primárních a sekundárních metabolitů, a nebo minerální forma síry – sírany plní v řepce další poslání.

Pro další úvahy o fyziologických účincích glukosinátů dle charakteru rozkladných produktů je užitečné jejich rozdělení do tří skupin

**První skupina (I)** glukosinátů alifatického charakteru jejichž hydrolyzou v neutrálním a alkalickém prostředí se tvoří *isothiokyanáty*, je nejpočetnější.

Tyto bioaktivní sloučeniny mají:

1. *Antinutriční účinky*- Selektivně váží jód a zabraňují štítné žláze v jeho příjmu. Toto působení lze kompenzovat přidávkou solí jódu do potravin nebo krmných směsí.

2. *Vlastnosti antimikrobiální, antifungicidní, antibakteriální a thyroïdní*, které tvoří *přirozenou ochranu vlastní rostliny*

Glukosinoláty jsou řazeny mezi přirozené pesticidy, které vyšší rostliny produkují za účelem zvýšení odolnosti vůči nepříznivým vlivům predátorů, konkurentů a parazitů, neboť vykazují toxické či odpudivé účinky, a tudíž mají důležité postavení v obranném mechanismu řepky proti škůdcům a chorobám (*Walls Grove et al., 1999*). Dvě významné třídy přirozených pesticidů, mezi které je možno zařadit i glukosinoláty, tvoří fytoalexiny a fytoanticipiny. Základní rozdíl mezi oběma uvedenými třídami spočívá v mechanismu jejich vzniku:

Fytoalexiny vznikají v důsledku vnějším podnětem vyvolané pozměněné metabolické aktivity rostliny *de novo* (představují aktivní obranný mechanismus). Fytoanticipiny vznikají z již vytvořených prekurzorů, které zdravá rostlina produkuje od počátku svého růstu a které tedy slouží pouze jako pasivní obrana proti případným škůdcům. Typickým příkladem takových prekurzorů jsou glukosinoláty. Dvousložkový systém glukosinoláty - myrosinasa představuje předem připravený pasivní obranný systém, který je spuštěn až v důsledku napadení a následného poškození rostlinného pletiva, po kterém okamžitě dochází k enzymové hydrolyze glukosinátů za vzniku bioaktivních isothiokyanátů.

Tyto těžké sloučeniny - isothiokyanáty mají široké spektrum antimikrobiálních účinků a působí odpudivě vůči některým druhům hmyzu (*Giamoustaris, Mithen, 1995*).

### 3. Funkce glukosinolátů jako biofumigantů

Je založena na stejném hydrolytickém principu jako přirozená ochrana vlastní rostliny s tím rozdílem, že zaoraná biomasa při zeleném hnojení zanechává v půdě bioaktivní isothiokyanáty, které mají významné biofumigační účinky (Kirkegaard et al., 1999) pro následné pěstování především zeleniny. Stejný efekt mají i posklizňové zbytky řepky, které díky isothiokyanátům v nich obsaženým mají významné biofumigační účinky pro následné plodiny a proto řepka je vynikající ozdravnou předplodinou pro obiloviny.

Isothiokyanáty jsou významnou látkou syntetických biofumigantů, kde vedle alifatických isothiokyanátů (*Sarwar et al., 1998*) jsou i aromatické, které mají vyšší toxicitu

**Druhá skupina (II)**, jsou hydroxy-glukosinoláty. Tato skupina co do složení jednotlivých složek je mnohem menší, avšak v řepce zaujímá největší procento a z hlediska antinutričních účinků nejpodstatnější. Rozkladné produkty hydroxy - glukosinolátů - isothiokyanáty nejsou stabilní a cyklizují za vzniku substituovaného 2-oxazolidinethionu (goitrinu - VTO).

### **Antinutriční účinky**

Tyto glukosinoláty představují závažný problém v krmivářství, neboť snižují využitelnost řepkových šrotů a pokrutin při zkrmování hospodářských zvířat. Rozkladný produkt - goitrin je silně strumigenní. Inhibuje syntézu thyroidních hormonů thyroxinu a trijodothyroninu. Jeho negativní působení není možné odstranit zvýšeným příjmem jódu (THOMPSON, 1983) a proto svými antinutričními vlastnostmi je limitujícím faktorem při využití řepkových šrotů a pokrutin v krmných směsích. Jejich vysoký obsah v semenech řepky vedl k minimalizaci geneticko - šlechtitelskými prostředky. Současný sortiment pěstovaných "00" řepek má obsah glukosinolátů snížen na desetinu původního obsahu erukových a bezerukových řepek ("0") (tab. 3). Progoitrin v řepkovém semeni je zastoupen okolo 71% celkových glukosinolátů a tudíž z krmivářského hlediska nejrizikovější. Naopak u řepice a hořčice sareptské, převažující skladbou glukosinolátů I. třídy by měl převažovat obranný a biofumigační efekt.

Tab. 3: Obsahy jednotlivých glukosinolátů rodu *Brassica*

Odrůda	Glukosinoláty (GSL)				
	Sinigrin ( $\mu\text{mol/g}$ extr. šrotu)	Glukona- pin ( $\mu\text{mol/g}$ extr. šrotu)	Glukobras- sicanapin ( $\mu\text{mol/g}$ extr. šrotu)	Progoitrin ( $\mu\text{mol/g}$ extr. šrotu)	$\Sigma\text{GSL}$ ( $\mu\text{mol/g}$ extr. šrotu)
Lirajet <sup>3</sup>	-	4,13	0,47	12,18	16,78
Pronto <sup>4</sup>	-	4,38	0,47	9,60	14,45
Lirajet GMO <sup>1</sup>	-	1,95	0,14	5,85	7,94
Ms8 -Rf <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-	2,08	0,25	6,08	8,41
Jet neuf <sup>5</sup>	-	32,48	2,70	90,43	130,61
Sareptská hořčice	122,41	14,11	0,94	3,98	141,44
Rex -řepice	-	36,97	11,76	6,32	55,05

1- Transgenní řepka "00" - Roundup Ready

2- - "00"- Basta rezistentní (Liberty Link )

3-Liniová řepka "00"

4-Hybridní řepka "00"

5-Liniová řepka "0"

### Problematika glukosinolátů řepky v krmivářství

Současný legislativní aparát pro jejich obsah je:

**1. platná Česká norma – ČSN 462300-2 (1994)** kde se rozlišují dva tržní druhy tržní druh A – semeno řepky s obsahem glukosinolátů do 30  $\mu\text{mol/g}$  beztukové sušiny

tržní druh B - semeno řepky s obsahem glukosinolátů nad 30  $\mu\text{mol/g}$  beztukové sušiny

**2. Zákon o osivu a sadbě pěstovaných rostlin č. 92/1996 Sb** kde dle prováděcí vyhlášky č. 191/96Sb je obsah glukosinolátů pro osivo kategorie Z 15  $\mu\text{mol/g}$  semene, kategorie C 20  $\mu\text{mol/g}$  semene.

Šlechtění a zavedení dvounulových řepok bylo vyvoláno využitím bílkovinných zbytků po extrakci a lisování v krmivářském průmyslu, kdy řepka jako tuzemská plodina má předpoklady k uplatnění jako bílkovinný komponent ve výživě a krmení hosp.zvířat. Proto (tab. 4) rozhodující pro stanovení nežádoucích látek v krmivu jsou právě krmiváři. Pro ně v současné době je rozhodující:

**3. Zákon o krmivu 91/96 Sb., kde novelizovaná vyhláška 544/03 platící od 1.1.2003**, který se zabývá nežádoucími látkami a produkty, kterým v případě řepky je vinylthiooxazolidon (VTO) – nejtoxičtější součást hydrolytického rozkladu glukosinolátu – progoitrinu.

Tab. 4: Nutriční hodnota krmiv a jejich cena.

Krmivo	Obsah NL %	Obsah ME MJ	Rel. % NL	Rel. % ME	Rel. Cena %
Sojový extrahovaný šrot	48	9,7	100	100	100
Řepkový extrahovaný šrot	35	7,3	73	75	55
Řepkové pokrutiny /výlisky	30	9,1	63	94	57
Řepkové semeno	20	18,8	42	194	85

Údaje živin byly převzaty z Potřeba živin pro drůbež (ČAZV 1999), stále pohyblivé ceny - kvalifikovaným odhadem z ledna 2003.

Z tabulky jasně vyplývá výhodnost a ekonomičnost řepky. Přesto je její použití u nás stále provázáno určitou váhavostí a odmítáním výrobců krmiv i zemědělských podniků. Spočívá to v určitém chovatelském konzervatismu a obavách z negativních účinků antinutričních látek. To je dáno minulostí jednonulových řepok, nedostatečnou informovaností, ale někdy i přehnanou opatrností některých skutečných či tzv. výživářských kapacit, kteří nabádají k opatrnosti, ale neřeknou jasně jak na to.

V dnešní době je možno počítat u tuzemských řepok s obsahem glukosinolátů na úrovni 20 mikromolů na g extr. vzorku. Za tohoto předpokladu lze uvést přibližné maximální % obsahu řepkových produktů v krmných směsích pro drůbež (tab. 5) a pro prasata (tab. 6).

Tab. 5: Doporučená hladina řepky a jejích produktů v krmných směsích (%) pro drůbež

Krmivo	Kuřata	Kuřice	Nosnice	Brojeři	Výkrm krůt
Řepkový extrahovaný šrot Řepkové pokrutiny	5	10	5	15	15
Řepkové semeno	5	5	5	10	10

Tyto podíly mohou být i vyšší, u řepkového semene hraje u výkrmu roli i obsah oleje a schopnost výrobce udělat soudržné granule. Údaje se opírají o pokusy vlastní i zahraniční a zkušenosti z praxe.

Tab. 6: Doporučená hladina řepky a jejích produktů v krmných směsích (%) pro prasata.

Kategorie	selata	odchov	prasnice	Výkrm 17-35 kg	35-60 kg	nad 60 kg
Řepka-extr.šrot, pokrutiny	5	10	8	10	10	10

Tato maxima nelze brát jako dogma. V praxi se stává i to, že případný pokles užitkovosti vyvolaný jiným vlivem bývá někdy připisován obsahu řepky. **Chovatel by měl mít od výrobce krmiv plnou informaci o obsahu řepky a souhlasit s jejím použitím.** V dnešní době se u tuzemských řepok není třeba obávat vysokého obsahu glukosinolátů. Nákup zdánlivě levné řepky ze zahraničí bez analýzy glukosi-

nolátů by mohl přijít velmi draho. Je nutno se zmínit o údajné citlivosti hnědovaječných slepic na řepku. Zahraniční prameny mnohdy u tohoto typu nosnic poukazují na možný zápach vajec a řepku vylučují. Zkušenosti z pokusů i praxe ukazují, že řepku lze použít i u tohoto typu, avšak někdy dochází k zápachu vajec i bez krmení řepkou, což je zřejmě podmíněno geneticky.

Od naší výzkumné základny bychom měli očekávat určitá jasná doporučení, abychom ve složité ekonomické situaci zbytečně neodmítali to, co jinde běžně používají a svou kvalitou plně odpovídá požadavkům krmivářů (tab. 7). Maximální přípustný obsah nežádoucí látky – VTO při 88% sušiny je:

pro nosnice ..... 500 mg/kg  
 pro ostatní ..... 1000 mg/kg

U našich povolených liniových a hybridních řepok se obsah VTO pohybuje v rozmezí 1500-4200 mg/kg b.t.s. (tab. 7).

Tab. 7: Obsahy vinylthiooxazolidonu (VTO) u současných povolených odrůd řepok ve srovnání s jednonulovou řepkou *Jet Neuf*

Řepky	Obsah VTO (mg /kg b.t.s.)	Obsah progoinu (μmol/g b.t.s.)	Obsah VTO v krmné směsi s % zastoupením řepkových šrotů (mg/kg)			
			3%	5%	10%	20%
Liniové + hybridní	1548	12	46,5	77,4	155,0	310,0
hybridní s vyšším obsahem glukosinolátů	4128	32	124,0	206,0	413,0	826,0
„0“	11666	90,4	350,0	583,0	1166,0	2332,0

Z uvedených výsledků (tab. 7) je zřejmé, že řepkové šroty z povolených liniových a hybridních řepok lze u všech kategorií hospodářských zvířat bez obav použít do 10%.

**Třetí skupina (III)** - Glukosinoláty obsahující indolovou skupinu nebo benzenové jádro (Sinalbin). Jejich hydrolýzou se tvoří thiokyanáty. V současné době se objevují ve větším množství v semenech nízkoglukosinolátových řepok.

### Antinutriční vlastnosti

Není zcela jasné, zda jsou příčinou nutričních nebo toxických problémů. V současné době se studují jejich antikarcinogenní (WATTENBERG, 1975) vlastnosti a jejich funkce v metabolismu růstových hormonů. Potrava je považována za nejvýznamnější faktor podílející se na výskytu rakoviny (DOLL and PETO, 1981),



vzhledem k tomu , že člověk přijímá potravou obrovské množství látek, jež proces karcinogeneze výrazně ovlivňují. Značná pozornost je proto věnována přirozeným látkám obsažených v rostlinné stravě ( tzv. fytochemikáliím), neboť velké množství epidemiologických studií dokládá pozitivní vliv zvýšené konzumace ovoce a zeleniny (BLOCK *et al.*, 1992, STEINMETZ and POTTER, 1996). Vynikající jsou zejména výsledky u brukvovitých zelenin v prevenci rakoviny tlustého střeva, konečníku, prsu, žaludku a plic ( VERHOEVEN *et al.*, 1996). Antikarcinogenní účinky brukvovitých zelenin jsou mj. přisuzovány i některým rozkladným produktům glukosinolátů - indolům a isothiokyanátům. V současné době se studuje metabolismus karcinogenů a schopnost biologicky aktivních látek do něho zasáhnout.

### **Přirozená ochrana rostliny**

Tyto glukosinoláty v brukvovitých rostlinách se podílejí na aktivní obraně a plní funkci fytoalexinů (Takasugi *et al.*, 1986), neboť Griffiths *et al.*(1994) dokázal, že zvýšená biosyntéza glukosinolátů je spouštěna po napadení některými druhy škůdců. Jedná se o indolové glukosinoláty, které jsou schopné uvolnit auxin v době působení mimořádných vnějších činitelů ( mráz , choroby) na rostlinu. Indolový metabolismus brukvovitých rostlin představuje tedy pro rostlinu nikoliv hlavní, ale jednu z dalších drah vzniku auxinu, zejména v době jeho kritické potřeby. Studium indolových glukosinolátů a jejich metabolismu si vzhledem k jejich malé světelné i tepelné stabilitě, rychlým změnám i během dne, žádá zcela oddělené studium a bude předmětem samostatné a velmi náročné práce.

### **Použitá literatura**

- BLOCK, G., PATTERSON, B, and SUBAR, A. ( 1992): Fruit, vegetables and cancer prevention : A review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer*, 18, 1 - 29.
- DOLL, R. and PETO, R. ( 1981): The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J. Natl. Cancer Inst.*, 66,1191 - 1308.
- FENWICK, G.,R., HEANEY, R., K. and MULLIN, W. J. (1983): Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *CRC Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition* 18, 123 - 202.
- FIELDSEND, J. , MILFORD, G.F.J. (1994): Changes in glucosinolates during crop development in single and double- low genotypes of winter oilseed , rape (*Brassica napus*) : I. Production and distribution in vegetative tissues and developing pods during development and potential role in the recycling of sulphur within crop. *Ann.Appl. Biol.*, 124, 531 -542.
- GIAMOUSTARIS,A., MITHEN,R. (1995) : The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape on its interactions with specialist and generalist pests. *Ann.Appl. Biol.* 126, 347 -363 .
- GRIFFITHS, D.W., BIRCH, A.N.E., Mac FARLANE - SMITH, W.H: (1994): Induced changes in the indole glucosinolate content of oilseed and forage rape (*Brassica napus* ) plant in response to either turnip root fly ( *Delia floralis*) larval feeding or artificial root damage. *J.Sci.Food Agric.* 65, 171 -178.
- GUIGNARD, L. (1890 a) : Sur la localisation des principes qui fournissent les essences sulfurées des Crucifères. *C.R. hebdomadaire. Séances Acad.Sci* 111, 249 -252.
- GUIGNARD, L. (1890 b) : Sur la localisation des principes actifs das la graine des Crucifères. *C.R. hebdomadaire. Séances Acad.Sci* 111, 920 -923.

- KIRKEGAARD, J.A., MATTHIESSEN, J.N., WONG, P.T.W. et al. (1999): Exploiting the biofumigation potential of Brassicas in farming systems. Proc. 10<sup>TH</sup> Int. Rapeseed Congr. Canberra, Australia.
- SARWAR, M., KIRKEGAARD, J.A., WONG, P. T.W. and DESMARCHELIER, J:M: (1998): Biofumigation potential of brassicas, III In - vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. Plant Soil 201, 103 -112.
- POTTER, J.D. (1996): Vegetables, fruit and cancer prevention: A review. J. Amer. Diet. Assoc., 96, 1027 - 1039.
- TAKASUGI, M., KATSUI, N., and SHIRATA, A. (1986) : Isolation of three novel sulphur - containing phytoalexins from the Chinese cabbage *Brassica campestris* L. spp. *pekinensis*. J.Chem. Soc., 1077 -1078.
- THOMPSON, K.F. (1983): Breeding Winter Oilseed Rape. In: Advances in Applied Biology. edit. H. Coaker, s. 1 - 104
- VERHOEVEN, D.T.H., GOLDBOHM, R.A., van POPPEL, G. VERHAGEN, H. and van den BRANDT, P.A. (1996): Epidemiological studies on *Brassica* vegetables and cancer risk. Cancer Epidem. Biomark. Prev., 5, 733 - 748.
- VIRTANEN, A. (1963): Final report on investigations on the alleged goitrogenic properties of milk. Biochem. Institute, Helsinki, s.226.
- WALLSGROVE, R., BENETT, R., KIDDLE, G., BARTLET, E., LUDWIG - MUELLER, J. (1999): Glucosinolate biosynthesis and pest disease interactions. Proc. 10<sup>th</sup> Int. Rapeseed Congr. Canberra, Australia.
- ZUKALOVÁ, H., VAŠÁK, J., FÁBRY, A. (1986): Problematika tvorby glukosinolátů v průběhu zrání semen ozimé řepky. Rostl. výroba 32, 971 -980.

***Řešeno v rámci grantu NAZV QE1251: Využití produkčního a biologického potenciálu hybridní a geneticky modifikované řepky ozimé s důrazem na biofumigační účinky glukosinolátů.***

### **Kontaktní adresa**

---

Ing. Helena Zukalová, CSc., Katedra rostlinné výroby, Česká zemědělská univerzita, Praha 6 – Suchbátka, 165 21  
tel.: 224382539, fax: 224382535  
e-mail: zukalova@af.czu.cz