

Barbara Majchrzak, Zofia Waleryś, Ewa Ciska\*

Uniwersytet Warmińsko–Mazurski w Olsztynie, Katedra Fitopatologii i Entomologii

\* Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie

## Wartość fitosanitarna roślin kapustnych jako przedplonów dla zbóż I. Zawartość glukozynolanów w łodygach i korzeniach dojrzałych roślin z rodziny *Brassicaceae*

### Phytosanitary value of cruciferous plants as pre-crops of cereals I. Glucosinolate content in stems and roots of mature plants of *Brassicaceae* family

**Słowa kluczowe:** glukozynolany, rośliny kapustne, korzenie, łodygi

Celem podjętych badań było określenie rodzaju oraz zawartości glukozynolanów (GLS) w częściach wegetatywnych różnych roślin kapustnych w końcowej fazie dojrzwania.

Materiałem do badań były łodygi i korzenie następujących roślin krzyżowych: rzepak jary, gorczyca biała, gorczyca sarepska, rzodkiew oleista, lnianka siewna oraz katrań abisyński. GLS oznaczono metodą HPLC.

Ogółem stwierdzono obecność trzynastu GLS, w tym dwa należały do GLS aryłowych, cztery reprezentowały grupę GLS indolowych, pozostałe siedem stanowiły grupę GLS alifatycznych. W korzeniach i łodygach poszczególnych gatunków roślin były obecne te same GLS. Korzenie w porównaniu do łodyg na ogół charakteryzowały się większą zawartością badanych związków. Największą zawartość stwierdzono w korzeniach roślin pochodzących z 2001 roku. Odmienne kształtowała się zawartość GLS ogółem w łodygach. Za wyjątkiem lnianki siewnej bogatsze w GLS były łodygi roślin pochodzących z 1999 r.

**Key words:** glucosinolates, cruciferous plants, roots, stems

The aim of the present study was to determine quantitatively and qualitatively the glucosinolate content of vegetative parts of various cruciferous plants at the end of growing.

The experimental material comprised vegetative parts (stems and roots) of spring cruciferous plants, such as spring rape cv. Margo, white mustard cv. Heter, Chinese mustard cv. Małopolska, oleiferous radish cv. Pegletta, false flax cv. Borowska and crambe cv. Borowski. GLSs were extracted from plant material according to the Official Journal of European Communities (1990). GLS concentration was estimated by HPLC according to Heaney et al. (1986).

The vegetative parts of cruciferous plants contained aliphatic, aryl and indole GLSs. Aryl GLSs dominated in stems (6.16 mg/g d.m.), and indole GLSs — in roots (10.5 mg/g d.m.). Considerably higher amounts of GLSs were extracted from roots than from stems. The highest concentration of these compounds (5.12 mg/g d.m.) was recorded in the roots of camelina, and the lowest (1.32) — in the roots of white mustard. The highest level of GLSs (6.02) was observed in the stems of white mustard, and the lowest (0.13 mg/g d.m.) — in the stems of camelina. 4-methylthiobut-3-enyl (radish)

and glucobrassicin (camelina) dominated in the roots of the cruciferous plants tested in the study, whereas sinalbin (white mustard) and glucoraphenin (radish) were extracted from their stems in the largest amounts. Weather conditions affected GLS concentration in both roots and stems. In roots the highest level of GLSs was recorded in 2001 (14.3 mg/g d.m.), and the lowest — in 2000 (1.61). In stems GLS content was the highest in 1999 (7.32 mg/g d.m.), and the lowest — in 2000 (0.48).

## Wstęp

---

Rośliny kapustne (*Brassicaceae*) zawierają w swoich tkankach specyficzne substancje zwane glukozynolanami (GLS). Pod względem budowy chemicznej GLS są tioglikozydami, a w zależności od budowy chemicznej aglukonu, możemy je podzielić na trzy grupy: GLS alifatyczne, indolowe i aryłowe. W wyniku zniszczenia struktur tkankowych rośliny GLS mogą łatwo ulegać hydrolizie pod wpływem natywnego enzymu — mirozynyzy. Uszkodzenie tkanki roślinnej przez owady czy patogeny również uruchamia proces enzymatycznych przemian GLS (Kachlicki 1990, Mithen 1992). Głównymi produktami hydrolizy GLS są izotiocyaniany, cyjaniany i nityle (Fenwick i in. 1983).

Wyniki badań biologicznych wskazują, że produkty degradacji GLS wykazują wysoką aktywność biologiczną (Waligóra, Krzymańska 1993). Stwierdzono na przykład, że produkty hydrolizy niektórych GLS alifatycznych i aryłowych hamowały *in vitro* rozwój różnych gatunków grzybów (Majchrzak i in. 2001, 2004). Znane są także właściwości owadobójcze tych związków (Mithen 1992).

Niezależnie od czynników natury genetycznej różnicujących rodzaj i poziom GLS w poszczególnych gatunkach i odmianach roślin, ich zawartość w roślinach może ulec modyfikacji pod wpływem warunków klimatycznych (Ciska i in. 2000), rodzaju gleby i czynników agrotechnicznych (Fenwick i in. 1983). Wśród tych czynników zasadnicze znaczenie ma intensywność nawożenia siarkowego i azotowego. Przy deficycie siarki w glebie zastosowanie nawozów siarkowych może powodować dwu-, trzykrotny wzrost zawartości GLS w nasionach rzepaku (Withers i O'Donnell 1994, Zhao i in. 1993), podczas gdy nawożenie azotem powoduje zmniejszenie ich zawartości (Zhao i in. 1993). Dodatkowo efekt nawożenia modyfikowany jest typem gleby (Josefsson 1970). Co więcej, koncentracja GLS w roślinie ulega zmianie nie tylko w ciągu okresu wegetacji (McGregor 1988), ale również wahaniom dobowym (Rosa i in. 1994). Istotną rolę odgrywa także termin wysiewu i zbioru roślin (Josefsson i Appelqvist 1968). Odmiany wczesne charakteryzują się na ogół wyższą zawartością GLS w porównaniu do odmian późnych.

Celem podjętych badań było określenie rodzaju oraz zawartości glukozynolanów (GLS) w częściach wegetatywnych różnych roślin z rodziny *Brassicaceae* w końcowej fazie dojrzewania. Przedstawione badania są częścią większego doświadczenia oceniającego wartość roślin kapustnych jako przedplonów dla zbóż. Oznaczono zawartość glukozynolanów w łodygach i korzeniach w końcowej fazie dojrzewania, ponieważ w tym okresie były one przyorywane jako resztki poźniwe.

Rozkładające się resztki poźniwne roślin kapustnych mogą działać jako biofumiganty i w różnym stopniu ograniczać występowanie patogenów na zbożach. Doświadczenie stanowiło próbę powiązania zawartości GLS w resztkach poźniwnych ze zdrowotnością roślin następczych.

## Material i metody

---

Materiałem do badań były łodygi i korzenie jarych roślin kapustnych pochodzących z doświadczenia założonego przez Katedrę Produkcji Roślinnej na polach Zakładu Produkcyjno-Doświadczalnego w Bałcynach. Badania prowadzono przez trzy kolejne sezony wegetacyjne (1999–2001). Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej, średnio pylastej, wytworzonej z gliny lekkiej, klasy bonitacyjnej IIIa, kompleksu pszennego dobrego (1999, 2000) i żytniego bardzo dobrego (2001). Badaniami objęto następujące gatunki roślin: rzepak jary (*Brassica napus* ssp. *oleiferus* Metz.) odm. Margo, gorczyca biała (*Sinapis alba* L.) odm. Heter, gorczyca sarepska (*Brown mustard* L.) odm. Małopolska, rzodkiew oleista (*Raphanus sativus* var. *oleiferus* L.) odm. Pegletta, lnianka siewna (*Camelina sativa* L.) odm. Borowska oraz katroń abisyński (*Crambe abyssinica* Hoechst.) odm. Borowski. Pod wszystkie rośliny zastosowano nawożenie mineralne (NPK) zgodnie z zasadami prawidłowej agrotechniki. Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań były zróżnicowane. We wszystkich latach średnie dobowe temperatury powietrza były wyższe niż w wieloleciu. Najwięcej opadów wystąpiło w 1999 roku, natomiast rok 2000 był wyjątkowo suchy i ciepły (rys. 1 i 2).

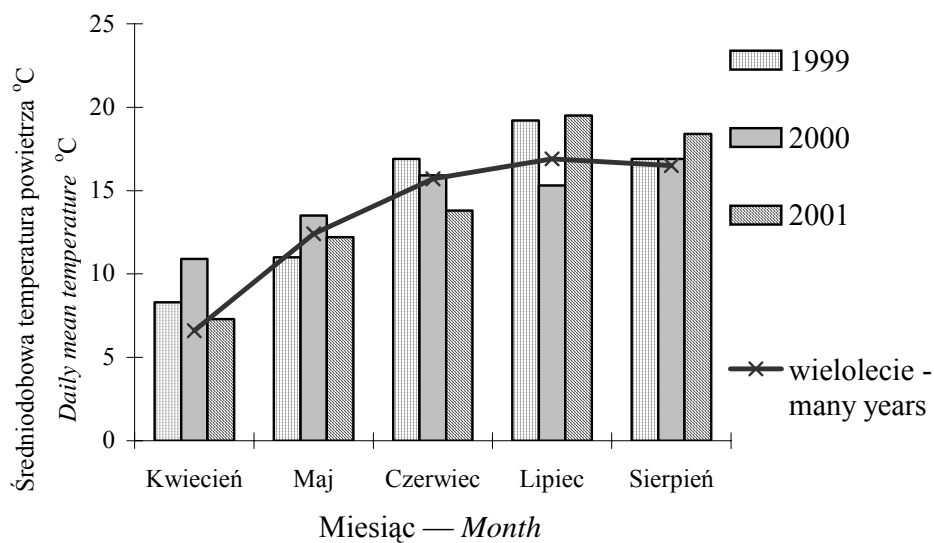
Próby korzeni oraz łodyg z liśćmi pobierano na tydzień przed zbiorem jarych roślin krzyżowych. Zebrany materiał oczyszczono, a korzenie dodatkowo po usunięciu ziemi przepłukano wodą i osuszono w suszarce z nawiewem w temperaturze 30°C. Następnie dłuższe części roślin pocięto na fragmenty o długości około 10 cm, zamrożono w ciekłym azocie, zliofilizowano i rozdrobniono. Tak przygotowany materiał przechowywano w temperaturze 18°C do czasu analizy.

Ekstrakcję GLS z materiału roślinnego przeprowadzono według Official Journal of European Communities (1990). Zawartość GLS oznaczono metodą HPLC według Ciskiej i in. (2000).

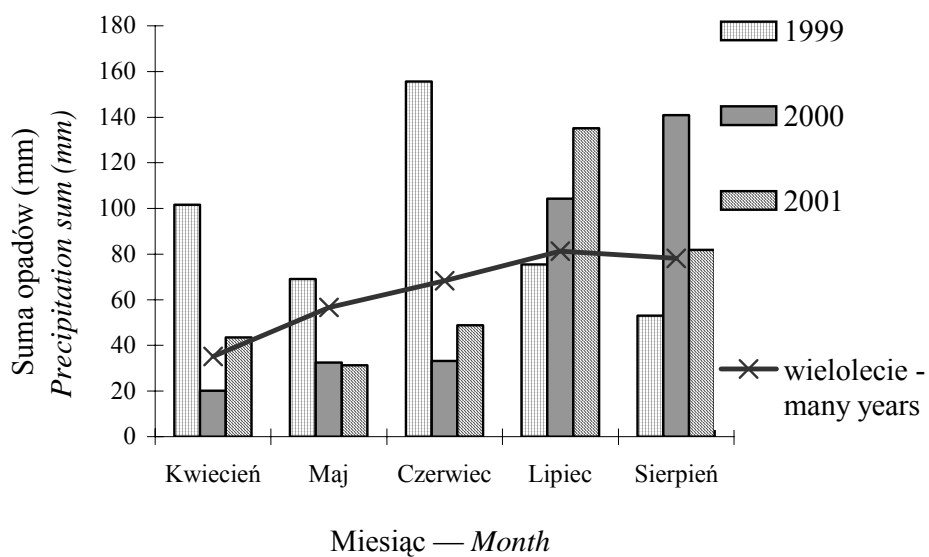
## Wyniki i dyskusja

---

Zawartość poszczególnych GLS oraz sumaryczną zawartość GLS w łodygach i korzeniach roślin oleistych przedstawiono w tabelach 1 i 2. Ogółem stwierdzono obecność trzynastu GLS, wśród których siedem związków reprezentowało grupę GLS alifatycznych, dwa należały do GLS arylowych, pozostałe cztery stanowiły grupę GLS indolowych. Za wyjątkiem synalbinu, GLS 4-MTB, glukorafeniny



Rys. 1. Średniodobowa temperatura powietrza w okresie wegetacji jarych roślin kapustnych w latach badań na tle średniej wieloletniej — *Air daily temperature during spring oilseed plants in the period of the studies on the background of many years mean values*



Rys. 2. Suma opadów w okresie wegetacji jarych roślin kapustnych w latach badań na tle średniej wieloletniej — *Precipitation sum during spring oilseed plants in the period of the studies on the background of many years mean values*

oraz neoglukobrassiciny pozostałe GLS były obecne w łodygach i korzeniach wszystkich gatunków roślin. Obecność synalbinu wyróżniała oba gatunki gorzycy. Glukorafenina i GLS 4-MTB były charakterystyczne tylko dla rzodkwi oleistej, natomiast neoglukobrassiciny nie stwierdzono tylko w lniance. Uzyskane wyniki dotyczące rodzaju oraz zawartości GLS w częściach wegetatywnych poszczególnych gatunków roślin są zbieżne z danymi opublikowanymi przez innych autorów (Fenwick i in. 1983; Zukalová, Vašák 2002; Zukalová i in. 2004).

W korzeniach i łodygach poszczególnych gatunków roślin obecne były te same GLS, natomiast w porównaniu do łodyg, korzenie charakteryzowały się większą zawartością badanych związków. Odwrotną proporcję obserwowano tylko w przypadku obu gatunków gorzycy pochodzących z 1999 roku. Zdaniem Kachlickiego (1990) skład jakościowy glukozyzolanów w różnych częściach rośliny jest różny. Podobne wyniki uzyskali również VanEtten i in. (1979) oraz Carlson i in. (1987).

Jak podaje Oleszek (1995) warunki środowiskowe i czynniki biotyczne modyfikują zawartość GLS w roślinach. W przeprowadzonych badaniach własnych zawartość GLS ogółem w tych samych gatunkach roślin uzyskanych w trzech kolejnych latach była zróżnicowana. Największą zawartość stwierdzono w korzeniach roślin pochodzących z 2001 roku. Wyjątkiem były korzenie rzodkwi oleistej, w których zawartość GLS w roku 1999 była większa niż w pozostałych dwóch latach. Odmiennie kształtowała się zawartość GLS ogółem w łodygach. Za wyjątkiem lniarki siewnej bogatsze w GLS były łodygi roślin pochodzących z 1999 r. U większości gatunków najuboższe w GLS były korzenie i łodygi roślin uzyskanych w 2000 roku.

Zmienna zawartość GLS w poszczególnych gatunkach roślin uzyskana w trzech kolejnych latach pozostaje w zgodzie z wynikami uzyskanymi przez Ciską (Ciska i in. 2000). Podczas uprawy zastosowano odpowiednie dla każdego gatunku roślin nawożenie związkami azotu i siarki, które są niezbędne do biosyntezy GLS. Zdaniem wielu autorów (Drozdowska i in. 2002) dawka, sposób zastosowania oraz forma nawozów siarkowych wpływa na zawartość oraz skład GLS w roślinach kapustnych. Wśród innych czynników różnicujących zawartość GLS w tych samych gatunkach roślin uzyskanych w różnych latach badań, należy brać pod uwagę odmienne warunki klimatyczne panujące w okresach wegetacji. Wykazano, że wysokie temperatury oraz nasłonecznienie, a także niskie średnie dekadowe opady zwiększają istotnie zawartość GLS w warzywach (Ciska i in. 2000, Rosa i in. 1996). Ponadto stwierdzono, że zawartość GLS w roślinach jest modyfikowana współdziałaniem czynnika gatunkowego i warunków klimatycznych (Ciska i in. 2000). Przy wysokich średnich dekadowych opadach może pojawić się w glebie deficyt siarki i azotu w wyniku ich wypłukiwania. Prowadzi to do zahamowania syntezy GLS. Deficyt siarki i azotu w glebie nie wpływa znacząco na zawartość GLS indolowych, powoduje natomiast redukcję zawartości nawet o 60% niektórych GLS alifatycznych (Withers i O'Donnell 1994). Koncentracja GLS w roślinach ulega również wahaniom dobowym (Rosa i in. 1994).

Tabela 1

Zawartość GLS w korzeniach jarych roślin krzyżowych w latach 1999–2001 [mg/1 g s.m.]  
*The content GLS in roots of spring cruciferous plants*

GLS	Rzepak jary <i>Spring rape</i>			Gorzycza biała <i>White mustard</i>			Gorzycza sarepska <i>Brown mustard</i>		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
<i>Alifatyczne — Aliphatic</i>									
Progoitryna	śl.	śl.	śl.	śl.	n.s.	śl.	śl.	n.s.	śl.
Sinigryna	n.s.	śl.	n.s.	śl.	śl.	śl.	0,01	śl.	0,05
Glukorafanina	śl.	n.s.	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	śl.	n.s.	śl.
Glukorafenina	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukoerucyna	śl.	śl.	śl.	n.s.	n.s.	0,08	0,02	śl.	0,02
4-metylotiobut-3-enyl	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonapina	0,03	0,01	śl.	śl.	0,01	śl.	0,05	0,01	śl.
<i>Arylowe — Aryl</i>									
Synalbina	n.s.	n.s.	n.s.	0,1	0,12	0,76	n.s.	n.s.	0,42
Glukonasturcyna	0,12	0,71	0,2	0,06	0,03	śl.	0,07	0,12	0,13
<i>Indolowe — Indol</i>									
4-hydroksygluko-brassicyna	śl.	0,01	śl.	śl.	n.s.	śl.	śl.	śl.	śl.
Glukobrassicyna	śl.	0,02	0,78	śl.	n.s.	0,02	śl.	0,01	0,58
4-metoksygluko-grassicyna	0,05	0,03	1,52	0,02	0,01	0,11	0,04	0,01	1,65
Neoglukobrassicyna	śl.	0,06	śl.	śl.	śl.	śl.	śl.	śl.	śl.
Razem — <i>Sum</i>	0,2	0,84	2,5	0,18	0,17	0,97	0,19	0,15	2,85

śl. —  $< 0,05 \mu\text{mol/g s.m.}$  — *trace* —  $< 0,05 \mu\text{mol/g d.m.}$

n.s. — nie stwierdzono — *not detected*

Ciąg dalszy tabeli 1

GLS	Rzodkiew oleista <i>Oleiferous radish</i>			Lnianka siewna <i>False flax</i>			Katrzan abisyński <i>Crambe</i>		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
<i>Alifatyczne — Aliphatic</i>									
Progoitryna	śl.	śl.	0,08	śl.	n.s.	0,88	śl.	n.s.	śl.
Sinigryna	n.s.	śl.	n.s.	n.s.	śl.	n.o.	0,05	śl.	0,03
Glukorafanina	śl.	śl.	n.s.	śl.	n.s.	0,07	śl.	n.s.	śl.
Glukorafenina	0,44	0,11	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukoerucyna	0,07	śl.	0,07	śl.	n.s.	0,8	0,02	0,01	0,42
4-metylotiobut-3-enyl	2,59	0,13	0,04	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonapina	n.s.	0,02	śl.	n.s.	0,01	n.s.	n.s.	0,01	n.s.
<i>Arylowe — Aryl</i>									
Synalbina	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonasturcyna	0,86	0,07	0,05	śl.	n.s.	śl.	0,53	0,03	śl.
<i>Indolowe — Indol</i>									
4-hydroksygluko-brassicyna	0,02	0,01	n.s.	śl.	n.s.	śl.	n.s.	0,02	n.s.
Glukobrassicyna	0,05	śl.	0,05	śl.	n.s.	2,24	śl.	0,01	0,39
4-metoksygluko-grassicyna	śl.	n.s.	śl.	śl.	n.s.	1,12	n.s.	0,01	1,65
Neoglukobrassicyna	śl.	0,01	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	śl.	śl.	śl.
Razem — <i>Sum</i>	4,03	0,35	0,38	śl.	0,01	5,11	0,6	0,09	2,49

śl. —  $< 0,05 \mu\text{mol/g s.m.}$  — *trace* —  $< 0,05 \mu\text{mol/g d.m.}$

n.s. — nie stwierdzono — *not detected*

Tabela 2

Zawartość GLS w łodygach jarych roślin krzyżowych w latach 1999–2001 [mg/g s.m.]  
*The content of GLS in stems of spring cruciferous plants*

GLS	Rzepak jary <i>Spring rape</i>			Gorczyca biała <i>White mustard</i>			Gorczyca sarepska <i>Brown mustard</i>		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
<i>Alifatyczne — Aliphatic</i>									
Progoitryna	0,07	śl.	śl.	śl.	n.s.	śl.	0,02	n.s.	0,02
Sinigryna	n.s.	śl.	n.o.	0,06	śl.	0,06	0,32	0,02	0,03
Glukorafanina	śl.	n.s.	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	śl.	n.s.	śl.
Glukorafenina	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukoerucyna	śl.	śl.	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	śl.	śl.	śl.
4-metylotiobut-3-enyl	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonapina	0,02	0,02	0,02	śl.	0,01	śl.	0,03	0,01	śl.
<i>Arylowe — Aryl</i>									
Synalbina	n.s.	n.s.	n.s.	5,55	0,12	0,21	n.s.	n.s.	śl.
Glukonasturcyna	śl.	0,02	śl.	śl.	śl.	śl.	0,05	0,01	n.s.
<i>Indolowe — Indol</i>									
4-hydroksygluko-brassicyna	0,01	0,01	0,01	śl.	n.s.	śl.	śl.	śl.	śl.
Glukobrassicyna	0,01	0,01	śl.	śl.	n.s.	śl.	0,01	śl.	śl.
4-metoksygluko-grassicyna	0,06	0,03	0,06	śl.	0,01	śl.	0,01	0,01	0,34
Neoglukobrassicyna	n.s.	śl.	n.s.	śl.	śl.	śl.	śl.	śl.	śl.
Razem — <i>Sum</i>	0,17	0,09	0,09	5,16	0,14	0,27	0,44	0,05	0,39

śl. —  $< 0,05 \mu\text{mol/g s.m.}$  — *trace* —  $< 0,05 \mu\text{mol/g d.m.}$

n.s. — nie stwierdzono — *not detected*



Wartość fitosanitarna roślin kapustnych jako przedplonów dla zbóż 207

Ciąg dalszy tabeli 2

GLS	Rzodkiew oleista <i>Oleiferous radish</i>			Lnianka siewna <i>False flax</i>			Katrzan abisyński <i>Crambe</i>		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
<i>Alifatyczne — Aliphatic</i>									
Progoitryna	0,02	śl.	0,07	śl.	śl.	0,02	0,02	n.s.	n.s.
Sinigryna	n.s.	śl.	n.s.	n.s.	śl.	n.o.	0,06	śl.	n.s.
Glukorafanina	0,03	n.s.	0,04	śl.	n.s.	śl.	śl.	n.s.	śl.
Glukorafenina	1,08	0,08	0,14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukoerucyna	0,04	śl.	śl.	śl.	n.s.	śl.	0,01	śl.	śl.
4-metylotiobut-3-enyl	0,07	0,03	0,01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonapina	śl.	0,02	śl.	n.s.	0,01	n.s.	śl.	0,01	śl.
<i>Arylowe — Aryl</i>									
Synalbina	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glukonasturcyna	0,02	0,03	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	0,15	śl.	n.s.
<i>Indolowe — Indol</i>									
4-hydroksygluko-brassicyna	0,05	0,01	n.s.	śl.	n.s.	śl.	n.s.	śl.	n.s.
Glukobrassicyna	śl.	śl.	0,02	śl.	n.s.	0,06	śl.	śl.	śl.
4-metoksygluko-grassicyna	śl.	n.o.	0,02	n.s.	n.s.	0,04	śl.	0,01	0,1
Neoglukobrassicyna	śl.	śl.	śl.	n.s.	n.s.	n.s.	śl.	śl.	śl.
Razem — <i>Sum</i>	1,31	0,17	0,3	śl.	0,01	0,12	0,24	0,02	0,1

śl. —  $< 0,05 \mu\text{mol/g s.m.}$  — *trace* —  $< 0,05 \mu\text{mol/g d.m.}$

n.s. — nie stwierdzono — *not detected*

## Wnioski

---

1. W korzeniach i łodygach poszczególnych gatunków roślin były obecne te same GLS.
2. Korzenie w porównaniu do łodyg na ogół charakteryzowały się większą zawartością badanych związków.
3. Zawartość GLS ogółem w tych samych gatunkach roślin uzyskanych w trzech kolejnych latach była zróżnicowana, a czynnikiem różnicującym były prawdopodobnie odmienne warunki klimatyczne panujące w okresie wegetacji.
4. Największą zawartość glukozynolanów stwierdzono w korzeniach roślin pochodzących z 2001 roku. Najbogatsze w GLS były łodygi roślin pochodzących z 1999 r.

## Literatura

---

- Carlson D.G., Daxenbichler M.E., VanEtten C.H., Kwolek W.F., Williams P.H. 1987. Glucosinolates in crucifer vegetables: broccoli, Brussels sprouts, cauliflower, collards, kale, mustard greens, and kohlrabi. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112: 173-178.
- Ciska E., Martyniak-Przybyszewska B., Kozłowska H. 2000. Content of glucosinolates in cruciferous vegetables grown at the same site for two years under different climatic conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 2862-2867.
- Drozdowska L., Szulc P., Łukanowski A., Sadowski Cz. 2002. Glucosinolate content and pathogenic fungi occurrence in seeds of spring oilseed rape fertilised with sulphur. *Plant Breeding and Seed Science*, 46.2: 3-9.
- Fenwick G.R., Heaney R.K., Mullin W.J. 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 18: 123-194.
- Josefsson E. 1970. Glucosinolate content and amino acid composition of rapeseed (*Brassica napus*) meal as affected by sulphur and nitrogen nutrition. *J. Sci. Food Agric.*, 21: 98-101.
- Josefsson E., Appelqvist L.Ł. 1968. Glucosinolates in seeds of rape and turnip rape as affected by variety and environment. *J. Sci. Food Agric.*, 19: 564-570.
- Kachlicki P. 1990. Glukozynolany i inne związki niskocząsteczkowe specyficzne dla rodzaju *Brassica*. Występowanie, właściwości i rola w metabolizmie rośliny. *Zesz. Probl. IHAR, Rośliny Oleiste*, 1: 65-74.
- Majchrzak B., Ciska E., Waleryś Z. 2004. Glukozynolany ekstrahowane z nasion jarych roślin krzyżowych i ich wpływ na wzrost grzybów patogenicznych. *Progr. in Plant Prot.*, 44.2: 933-936.
- Majchrzak B., Wachowska U., Chodorowski B. 2001. Wpływ mieszaniny glukozynolanów na wzrost kolonii grzybów w warunkach in vitro. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 478: 249-255.
- McGregor D.I., 1988. Glucosinolate content of developing rapeseed (*Brassica napus* L. 'Midas') seedlings. *Can. J. Plant Sci.*, 68: 367-380.

- Mithen R. 1992. Leaf glucosinolate profiles and their relationship to pest and disease resistance in oilseed rape. *Euphytica*, 63: 71-83.
- Oleszek W. 1995. Glukozyzolanany – występowanie i znaczenie ekologiczne. *Wiadomości botaniczne*, 39, 1/2: 49-58.
- Official Journal of European Communities, 1990. L 170, 33, 3.
- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Portas C.A.M., Fenwick G.R. 1996. Changes in glucosinolate concentrations in *Brassica* crops (*B. oleracea* and *B. napus*) throughout growing seasons. *J. Sci. Food Agric.*, 71: 237-244.
- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Rego F.C., Fenwick G.R. 1994. The variation of glucosinolate concentration during a single day in young plants of *Brassica oleracea* var. *acephala* and *capitata*. *J. Sci. Food Agric.*, 66: 457-463.
- Waligóra D., Krzymańska J. 1993. Aktywność biologiczna glukozyzolanów wyizolowanych z liści rzepaku. *Post. Nauk Roln.*, 5: 151-156.
- VanEtten C.H., Daxenbichler M.E., Kwolek W.F., Williams P.H. 1979. Distribution of glucosinolates in the pith, cambial-cortex, and leaves of the head in cabbage, *Brassica oleracea* L. *J. Agric. Food Chem.*, 27: 648-650.
- Withers P.J.A., O'Donnell F.M. 1994. The response of double-low winter oilseed rape to fertiliser sulphur. *J. Sci. Food Agric.*, 66: 93-101.
- Zhao F., Evans E.J., Bilsborrow P.E., Syers J.K. 1993. Influence of sulphur and nitrogen on seeds yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 63: 29-37.
- Zukalová H., Vašák J. 2002. The role and effects of glucosinolates of *Brassica* species – a review. *Rostlinna Vyroba*, 48.4: 175-180.
- Zukalová H., Vašák J., Kroutil P., Štranc P. 2004. Složení glukosinolátů v biomase brukvovitých plodin a jejich úloha v pěstebním systému. *Sborník. Řepka a Mák*.