

## ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY NAWOŻENIEM SIARKĄ A ZAWARTOŚCIĄ GLUKOZYNOŁANÓW I ZASIEDLENIEM NASION RZEPAKU JAREGO ‘MARGO’ PRZEZ *Alternaria brassicae*

Anna Figas, Lucyna Drozdowska, Czesław Sadowski

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

**Streszczenie.** Materiał do badań laboratoryjnych stanowiły nasiona rzepaku jarego odmiany Margo, pochodzące z 3-letniego doświadczenia założonego w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Chrzastowie koło Nakła (53°09' N; 17°35' E). Doświadczenie przeprowadzono w latach 2000-2003 w układzie losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Przebadano wpływ nawożenia siarką stosowaną doglebowo lub dolistnie oraz doglebowo łącznie z dolistnym dokarmianiem magnezem lub borem na zawartość glukozyzolanów i zasiedlenie nasion rzepaku jarego Margo przez grzyb *Alternaria brassicae*. Zastosowane sposoby nawożenia w większości nie wpłynęły istotnie na całkowitą zawartość glukozyzolanów w nasionach. Czynnikiem zwiększającym zawartość progoitryny była tylko doglebowa aplikacja siarki. Stwierdzono ujemną korelację pomiędzy poziomem glukozyzolanów alkenowych, takich jak progoitryna, glukonapina i glukobrassikanapina w nasionach, a ich porażeniem przez *A. brassicae*. Najlepszym sposobem nawożenia, ze względu na niższe w porównaniu z kontrolą porażenie nasion przez *A. brassicae*, była doglebowa aplikacja siarki.

**Słowa kluczowe:** *Brassica napus*, glukozyzolanowy, *Alternaria brassicae*, nawożenie siarką

### WSTĘP

Rzepak, podobnie jak inne rośliny kapustowate, wykazuje duże zapotrzebowanie na siarkę [Schnug i Haneklaus 1995]. Nawożenie tym pierwiastkiem może powodować wzrost plonu nasion wraz z równoczesnym zwiększeniem zawartości glukozyzolanów, co u odmian podwójnie ulepszonych jest cechą niepożądaną [Rotkiewicz i in. 1996, Wielebski 1997, Haneklaus i in 1999]. Zwiększona zawartość glukozyzolanów w roślinie może jednocześnie ograniczać nasilenie chorób grzybowych [Schnug i Ceynowa 1990, Schnug i in. 1995, Drozdowska i in. 2002].

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Anna Figas, Katedra Fizjologii Roślin Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, e-mail: figasanna@utp.edu.pl

Badania prowadzone *in vivo* i *in vitro* wykazały w wielu przypadkach, iż niektóre produkty rozkładu glukozynolanów hamowały rozwój takich gatunków grzybów, jak: *Peronospora parasitica* [Greenhalgh i Mitchell 1976], *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia solani* [Waligóra i in. 2001] i z rodzaju *Alternaria* [Milford i in. 1989].

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy zawartością glukozynolanów w nasionach a porażeniem przez *Alternaria brassicae* nasion rzepaku jarego odmiany Margo nawożonego siarką oraz siarką z magnezem lub borem.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły nasiona rzepaku jarego podwójnie ulepszanego 'Margo', pochodzące z trzyletniego (2001-2003) doświadczenia polowego realizowanego w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Chrzastowie koło Nakła (53°09' N; 17°35' E). Doświadczenie zostało założone w układzie losowanych bloków, w 4 powtórzeniach, na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z gliny lekkiej, pylastej, zakwalifikowanej do kompleksu pszennego dobrego i bardzo dobrego. Glebę charakteryzowała niska zawartość w warstwie ornej siarki przyswajalnej (6,03 mg SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup>), magnezu (40,7 mg·kg<sup>-1</sup>) i boru (0,71 mg·kg<sup>-1</sup>). Przedplonem dla rzepaku jarego były zboża (pszenica ozima, jęczmień jary i owies). W doświadczeniu uwzględniono różne kombinacje nawożenia siarką, magnezem i borem (tab. 1) na tle nawożenia podstawowego NPK (130 kg N, 50-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 72-90 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nie nawożone S, Mg i B. W doświadczeniu zastosowano pełną ochronę chemiczną, obejmującą herbicydy i insektycydy z pominięciem fungicydów.

Tabela 1. Sposoby aplikacji, terminy i dawki nawozów stosowane w doświadczeniu  
Table 1. Application method, timing, and doses of fertilizers used in the experiment

Obiekt Treatment	Pierwiastek Element	Nazwa nawozu Fertilizer	Sposób aplikacji Application method	Dawka – Dose kg·ha <sup>-1</sup>	Termin stosowania Time of fertilization
Kontrola Control	–	–	–	–	–
I	siarka sulphur	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	doglebowo soil application	40,0	przed siewem before sowing
II	siarka sulphur	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	dolistnie foliar application	20,0 20,0	faza rozety – rosette phase faza pełni pąkowania budding
III	siarka sulphur	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	doglebowo soil application	40,0	przed siewem before sowing
	bor boron	Boraks (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O)	dolistnie foliar application	0,5	faza pełni pąkowania budding
IV	siarka sulphur	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	doglebowo soil application	40,0	przed siewem before sowing
	magnez magnesium	MgSO <sub>4</sub>	dolistnie foliar application	1,0	faza pełni pąkowania budding

Zawartość glukozynolanów w nasionach rzepaku jarego oceniono metodą chromatografii gazowej [Michalski i in. 1995] jako desulfoglukozynolany i podano je w µmol·g<sup>-1</sup> s.m. Do określenia stopnia zasiedlenia nasion przez grzyby wykorzystano zmodyfikowany test bibułowy [Cappelli i in. 1998]. W tym celu nasiona rzepaku wykładano do

plastikowych szalek Petriego z bibułą filtracyjną zwilżoną 5 ml sterylnej wody destylowanej. Każda szalka zawierała 50 nasion. Szalki wraz z nasionami trzymano przez 24 h w temperaturze 20°C w warunkach światła UV, a potem przez 24 h w temperaturze 24°C w ciemności. Następnie umieszczono je na 11 dni (12 h światło UV/12 h ciemność) w temperaturze 20°C w celu inkubacji grzybów. Analizę mikologiczną nasion prowadzono pod mikroskopem, korzystając z kluczy do oznaczania gatunków [Gilman 1971, Chochriakow i in. 1973, Marcinkowska 2003]. Liczbę nasion porażonych przez grzyby wyrażono w %. Analizy wykonano w 4 powtórzeniach dla nasion z każdego obiektu. Z każdej kombinacji pobrano po 400 nasion i poddano je ocenie na obecność grzybów.

Wyniki badań opracowano statystycznie, posługując się do wyznaczania istotności różnic testem Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W celu określenia zależności pomiędzy zawartością glukozyolanów w nasionach a zasiedleniem ich przez patogena wykonano analizę korelacji prostej, posługując się programem „Statistica for Windows”.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Uwzględnione w doświadczeniu sposoby nawożenia nie wpłynęły istotnie na wzrost ogólnej sumy glukozyolanów, jak również sumy glukozyolanów alkenowych i indolowych (tab. 2). Wyrażając zawartość glukozyolanów w nasionach jako względne odchylenia średnich od kontroli, można zauważyć, że zastosowane warianty nawożenia spowodowały wzrost łącznej zawartości tych związków, przy czym najmniej korzystnie wpłynęło zaaplikowanie siarki doglebowo. Ten sposób nawożenia spowodował wzrost łącznej sumy glukozyolanów o 12,6% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Siarka aplikowana doglebowo łącznie z dolistnym nawożeniem magnezem wpłynęła natomiast na zwiększenie całkowitej sumy glukozyolanów tylko o 1,5%.

Na podstawie analizy trzyletnich wyników badań można stwierdzić pewną tendencję do zwiększania zawartości glukozyolanów alkenowych w nasionach pod wpływem doglebowego nawożenia siarką (obiekt I). Ich poziom był o 17,6% wyższy niż w nasionach kontrolnych, które zawierały najmniej glukozyolanów. Suma glukozyolanów alkenowych w nasionach roślin pochodzących z obiektów, na których siarkę zastosowano dolistnie oraz doglebowo łącznie z dolistnym dokarmianiem magnezem lub borem (obiekt II, III, IV) kształtowała się na zbliżonym poziomie i była niższa niż na obiekcie I.

Zwiększona zawartość glukozyolanów alkenowych w nasionach rzepaku nawożonego siarką była spowodowana przede wszystkim wzrostem udziału progoitryny (tab. 2). Średnie wyniki trzyletniego doświadczenia wskazują, iż siarka wpłynęła na akumulację tylko tego glukozyolanu alkenowego. Zhao i in. [1994] oraz Wielebski i Wójtowicz [2003] również wykazali, że nawożenie siarką powoduje głównie wzrost glukozyolanów alkenowych. Siarka jest składnikiem metioniny – prekursora glukozyolanów, zwłaszcza progoitryny. W warunkach słabego zaopatrzenia roślin w siarkę zawartość dostępnej metioniny maleje, co może ograniczać syntezę glukozyolanów [Josefsson 1970, Zhao i in. 1994].

Nawożenie, szczególnie siarką, może mieć wpływ na wzrost „naturalnej” odporności roślin z rodziny kapustowatych na stres biotyczny spowodowany atakiem szkodników i patogenów [Marschner 1986, Schnug i Ceynowa 1999, Sadowski i in. 2000, 2002, 2003, Drozdowska i in. 2004].

Tabela 2. Wpływ nawożenia siarką oraz siarką z magnezem lub borem na zawartość glukozynolanów i zasiedlenie nasion rzepaku jarego odmiany Margo przez grzyb *A. brassicae* (średnia z lat 2001-2003)

Table 2. Influence of sulphur and sulphur with magnesium or boron fertilization on the glucosinolate content and occurrence of *A. brassicae* on seeds of the spring oilseed rape 'Margo' (mean for 2001-2003)

Obiekt – Treatment	Zawartość glukozynolanów w nasionach, $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. Content of the glucosinolates in seeds, $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ d.m.					Suma glukozynolanów alkenowych Total of alkenyl glucosinolates	<i>Alternaria brassicae</i> %
	Suma glukozynolanów Total of glucosinolates	PRO	GNP	GBN	NPL		
Kontrola – Control	9,82	3,08 b*	1,60	0,20	0,17	5,05	6,30
Nawożony – Fertilized:							
I S – doglebowo S – soil application	11,05	3,75 a	1,78	0,28	0,10	5,92	5,57
II S – dolistnie S – foliar application	10,10	3,35 b	1,77	0,23	0,12	5,47	6,07
III + B – dolistnie S – soil application + B – foliar application S – doglebowo	10,32	3,37 b	1,72	0,27	0,08	5,43	5,83
IV + Mg – dolistnie S – soil application + Mg – foliar application	9,97	3,35 b	1,83	0,23	0,08	5,50	5,73
Średnia – Mean	10,25	3,38	1,74	0,24	0,11	5,47	5,90
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization	10,36	3,45	1,78	0,25	0,10	5,58	5,80
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – for: obiektów – treatments	ni – ns	0,37	ni – ns	ni – ns	ni – ns	ni – ns	ni – ns

ni – ns – różnica nieistotna – non-significant difference

\* liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie – numbers in columns marked with the same letters do not differ significantly

PRO – progoitryna – progoitrin

GNP – glukonapina – gluconapin

GBN – glukobrassikanapina – glucobrassicinapin

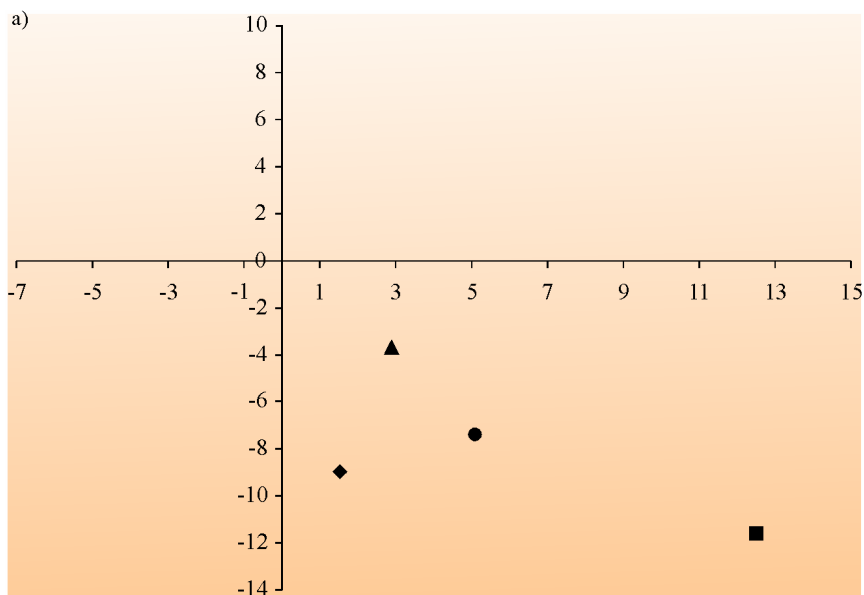
NPL – napoleiferyna – napoleiferin

Synteza wyników badań własnych wykazała, iż na obiektach, na których zastosowano siarkę, występowała tendencja do mniejszego zasiedlenia nasion przez *A. brassicae*. Najkorzystniej w porównaniu z obiektem kontrolnym wpłynęła siarka aplikowana doglebowo, zmniejszając infekcję nasion o 11,6%. Sadowski i in. [2003], nawożąc rzepak jary dolistnie i doglebowo siarką jonową i elementarną w dawce 20 i 60  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , nie stwierdzili istotnego wpływu nawożenia tym składnikiem na porażenie nasion przez *A. brassicae*. Siarka zaaplikowana w dawce 60  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  miała jednak większy wpływ na ograniczenie występowania czerni krzyżowych (*Alternaria* spp.) na roślinach rzepaku jarego w porównaniu z dawką 20  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ograniczała ona występowanie tej choroby na liściach, ale nie wpływała na jej ograniczenie na pędach i łuszczynach. Jędryczka i in. [2002], nawożąc rzepak siarczanem amonu, superfosfatem pojedynczym, siarczanem potasu i siarczanem magnezu, stwierdzili istotny wpływ siarki na ograniczenie

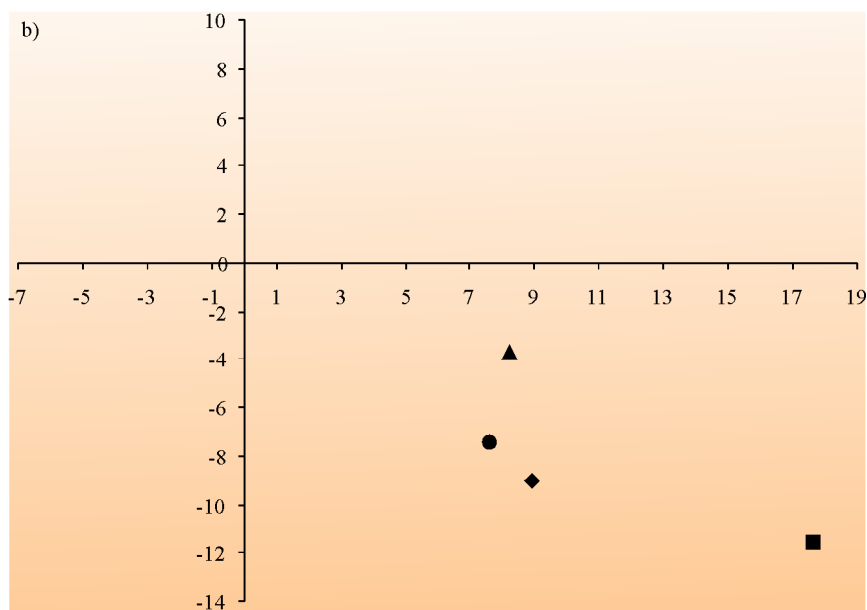
występowania grzybów z rodzaju *Alternaria* na łuszczynach oraz mączniaka prawdziwego (*Erysiphe cruciferarum*) i powstającej jasnej plamistości liści (*Pyrenopeziza brassicae*).

W celu określenia zależności pomiędzy zawartością glukozynolanów w nasionach a ich zasiedleniem przez *A. brassicae* wykonano analizę korelacji. Analizując wyniki z trzech lat badań, stwierdzono, że im więcej nasiona zawierały glukozynolanów, szczególnie alkenowych, takich jak: progoitryna, glukonapina i glukobrassikanapina, tym ich zasiedlenie przez *A. brassicae* było mniejsze. Zależność pomiędzy ich zawartością a porażeniem nasion przez *A. brassicae* została potwierdzona statystycznie i wyrażona współczynnikiem korelacji wynoszącym  $r = -0,71$  dla całkowitej zawartości glukozynolanów,  $r = -0,84$  dla glukozynolanów alkenowych,  $r = -0,72$  dla progoitryny,  $r = -0,88$  dla glukonapiny i  $r = -0,63$  dla glukobrassikanapiny. Giamoustaris i Mithen [1995] również wykazali istotną zależność między poziomem glukozynolanów w łuszczynach a zmniejszeniem objawów choroby powodowanych przez *A. brassicae*. Mithen i Magrath [1992] stwierdzili natomiast, iż wysoki poziom glukobrassikanapiny nie współdziałał z odpornością na *Leptosphaeria maculans*. Progoitryna również nie hamowała wzrostu tego grzyba w warunkach *in vitro* [Mithen i in. 1986]. Xiao-Ming Wu i Meijer [1999] sugerują, iż przyczyną zdolności fitopatogenicznych grzybów do infekcji roślin zawierających glukozynolany mogą być różne mechanizmy pozwalające pokonać system obronny glukozynolany – mirozynaza. Jednym ze sposobów pokonania systemu odpornościowego gospodarza może być rozkład lub przekształcenie nieszkodliwych glukozynolanów do nietoksycznych lub mniej toksycznych produktów zanim ulegną one hydrolizie. Właściwości te przypisuje się takim grzybom fitopatogenicznym, jak *L. maculans* i *Verticillium dahliae*. U roślin z rodzaju *Brassica* mogą one rozkładać progoitrynę i glukonapinę (glukozynolany alifatyczne) oraz sinalbinę (glukozynolan aromatyczny). Nie stwierdzono natomiast zdolności metabolizowania wymienionych glukozynolanów przez *Sclerotinia sclerotiorum*. Druga możliwość polega na oddziaływaniu mechanizmów detoksykacji produktów rozpadu glukozynolanów. U *L. maculans* stwierdzono aktywność enzymu hydratazy cyjankowej, rozkładającej nityle do mniej toksycznego formamidu [Sexton i Howlett 2000].

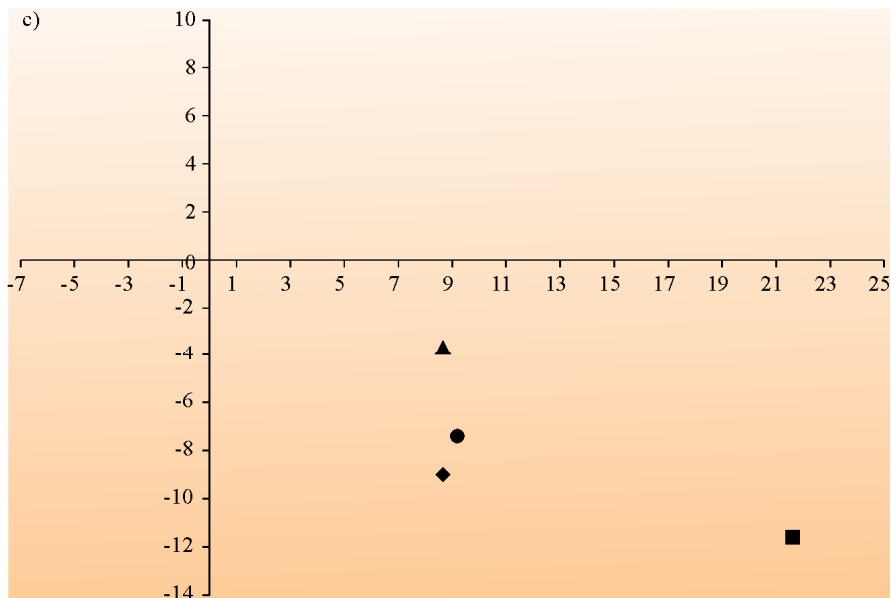
Poszukując sposobu nawożenia, który w największym stopniu ograniczałby zasiedlenie nasion przez *A. brassicae*, stwierdzono, iż najlepszym sposobem nawożenia – ze względu na niższe w porównaniu z obiektem kontrolnym porażenie nasion przez tego patogena – była doglebowa aplikacja siarki. Nasiona pochodzące z roślin nawożonych siarką doglebowo zawierały więcej niepożądanych żywieniowo glukozynolanów niż nasiona roślin z pozostałych kombinacji. Siarka aplikowana doglebowo, wpływając na wyższą o 12,6% w porównaniu z obiektem kontrolnym całkowitą zawartość glukozynolanów, w tym również o 17,6% zawartość glukozynolanów alkenowych, obniżała o 11,6% zasiedlenie nasion przez *A. brassicae* (rys. 1).



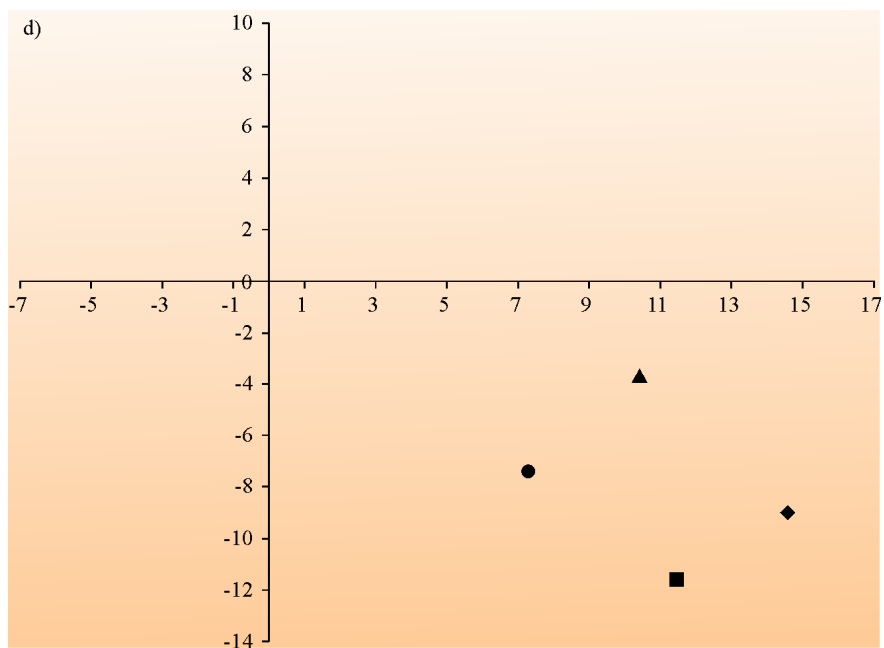
Y – względne zmiany udziału nasion porażonych przez *A. brassicae* w stosunku do kontroli, %  
 Y – relative changes in the share of seeds infested by *A. brassicae* as compared with the control, %  
 X – względne zmiany całkowitej zawartości glukozynolanów w stosunku do kontroli, %  
 X – relative changes in the total glucosinolate content as compared with the control, %



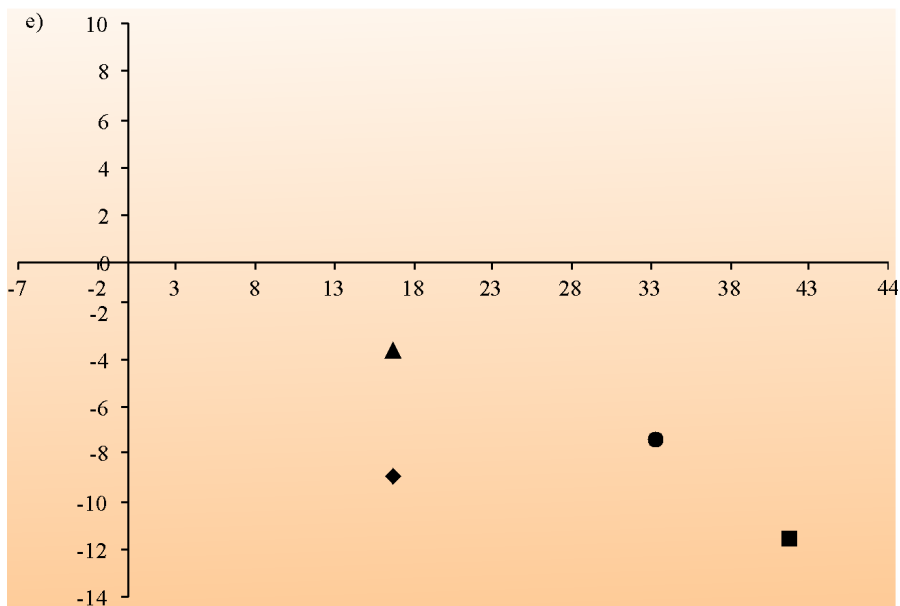
Y – objaśnienie pod rys. 1 a – for explanation see Fig. 1 a  
 X – względne zmiany zawartości glukozynolanów alkenowych w stosunku do kontroli, %  
 X – relative changes in alkenyl glucosinolate content as compared with the control, %



Y – objaśnienie pod rys. 1 a – for explanation see Fig. 1 a  
 X – względne zmiany zawartości progoitryny w stosunku do kontroli, %  
 X – relative changes in progoitrin content as compared with the control, %



Y – objaśnienie pod rys. 1 a – for explanation see Fig. 1 a  
 X – względne zmiany zawartości glukonapiny w stosunku do kontroli, %  
 X – relative changes in gluconapin content as compared with the control, %



Y – objaśnienie pod rys. 1 a – for explanation see Fig. 1 a

X – względne zmiany zawartości glukobrassicinapiny w stosunku do kontroli, %

X – relative changes in glucobrassicinapin content as compared with the control, %

■ S – doglebowo – soil application

▲ S – dolistnie – foliar application

● S – doglebowo + B – dolistnie – soil application + B – foliar application

◆ S – doglebowo + Mg – dolistnie – soil application + Mg – foliar application

Rys. 1. Zależność między zawartością glukozynolanów w nasionach rzepaku jarego ‘Margo’ i ich porażeniem przez *A. brassicae* (względne zmiany w stosunku do kontroli) pod wpływem nawożenia siarką oraz siarką z magnezem lub borem (średnia z lat 2001-2003)

Fig. 1. Relationship between the glucosinolate content in ‘Margo’ spring oilseed rape seeds and the infection level of *A. brassicae* (relative changes compared with the control) as affected by fertilization with sulphur, sulphur supplemented with magnesium and sulphur supplemented with boron (mean over 2001-2003)

## WNIOSKI

1. Doglebowa aplikacja siarki była czynnikiem istotnie zwiększającym zawartość progoitryny w nasionach rzepaku jarego.

2. Stwierdzono ujemną korelację pomiędzy poziomem glukozynolanów alkenowych: progoitryny, glukonapiny i glukobrassicinapiny w nasionach a ich porażeniem przez *A. brassicae*.

3. Najlepszym sposobem nawożenia, ze względu na niższe w porównaniu z obiektem kontrolnym porażenie nasion przez *A. brassicae*, była doglebowa aplikacja siarki. Siarka stosowana doglebowo, podnosząc całkowitą zawartość glukozynolanów, w tym również alkenowych, obniżała o 11,6% porażenie nasion przez *A. brassicae*.



## PIŚMIENNICTWO

- Cappelli C., Winter W., Paul V. H., 1998. Detection of seed-transmitted pathogens of rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera* D. C.). IOBC/WPRS Bull. 21(5), 1-13.
- Chochriakow M.K., Dobrozrakowa T.L., Stiepanow K.M., Letowa M.F., 1973. Klucz do oznaczania chorób roślin. PWRiL Warszawa.
- Drozdowska L., Sadowski C., Szulc P., 2004. Rola związków siarki w mechanizmie obronnym roślin z rodzaju *Brassica*. Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. BTN 52(B), 57-68.
- Drozdowska L., Szulc P., Łukanowski A., Sadowski C., 2002. Glucosinolate content and pathogenic fungi occurrence in seeds of spring oilseed rape fertilized with sulphur. Plant Breed. Seed Sci. 46 (2), 3-9.
- Giamoustaris A., Mithen R., 1995. Modifying leaf glucosinolates in oilseed rape and its effects upon pest and pathogen interactions. 9<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, U.K., 4, 1220-1222.
- Gilman J.C., 1971. Soil fungi. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Greenhalgh J.G., Mitchell N.D., 1976. The involvement of flavourvolatiles in the resistance to downy mildew of wild and cultivated forms of *Brassica oleracea*. New Phytol. 77, 391-398.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E., 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. 10<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Canberra, Australia, CD-ROM, Doc. 13, 1-5.
- Jędryczka M., Podleśna A., Lewartowska E., 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na zdrowotność roślin rzepaku ozimego. Pam. Puł. 130, 329-337
- 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, 98-103.
- Marcinkowska J., 2003. Oznaczanie rodzajów grzybów. Fundacja Rozwój SGGW Warszawa, 1-327.
- Marschner H., 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J., 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. Proc 9<sup>th</sup> Int. Rapeseed Congress, Cambridge, 3, 911-913.
- Milford G.F.J., Fieldsend J.K., Porter A.J.R., Rawlinson C.J., Evans E.J., Bilsborrow P., 1989. Changes in glucosinolate concentrations during the vegetative growth of single and double-low cultivars of winter oilseed rape. Aspects Appl. Biol. 23, 83-90.
- Mithen R.F., Lewis B.G., Fenwick G.R., 1986. *In vitro* activity of glucosinolates and their products against *Leptosphaeria maculans*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 87, 433-440.
- Mithen R.F., Magrath R., 1992. Glucosinolates and resistance to *Leptosphaeria maculans* in wild and cultivated *Brassica* species. Plant Breed. 108, 60-68.
- Rotkiewicz D., Ojczyk T., Konopka I., 1996. Nawożenie siarką a wartość użytkowa i technologiczna nasion rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste XVII, 257-264.
- Sadowski Cz., Baturo A., Lenc L., Trzeciński J., 2002. Występowanie mączniaka rzekomego (*Peronospora parasitica*/Pers. Ex Fr./Fr.) i mączniaka prawdziwego (*Erysiphe cruciferarum* Opiz ex L. Junell) na rzepaku jarym odmiany Star przy zróżnicowanym nawożeniu azotem i siarką. Rośl. Oleiste XXIII(2), 391-408.
- Sadowski Cz., Łukanowski A., Lenc L., Trzeciński J., 2003. Occurrence of dark leaf and pot spot on spring oilseed rape and fungi composition on harvested seeds depending on differentiated fertilization with sulphur. 11<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Copenhagen, Denmark, 4, 1103-1105.
- Sadowski Cz., Skinder Z., Łukanowski A., 2000. Effect of sulphur fertilization on spring rape health status and fungi composition on harvested seeds. IOBS/WPRS Bull. 23(6), 71-76.
- Schnug E., Bloem E., Haneklaus S., 1995. Significance of soil water dynamics for the sulphur balance of oilseed rape. 9<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, U.K., 287-289.
- Schnug E., Ceynowa J., 1990. Phytopathological aspects of glucosinolates in oilseed rape. J. Agron. Crop. Sci. 165, 319-328.

- Schnug E., Haneklaus S., 1995. Sulphur deficiency in oilseed rape flowers-symptomatology, biochemistry and ecological impact. 9<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, U.K., 296-298.
- Sexton A.C., Howlett B.J., 2000. Characterisation of a cyanide hydratase in the phytopathogenic fungus *Leptosphaeria maculans*. Molecular and General Genetics-MGG, 263(3), 463-470.
- Waligóra D., Korbas M., Remlein-Starosta D., 2001. The influence of rape glucosinolates on the growth of two pathogenic fungi species: *Fusarium roseum* and *Rhizoctonia solani*. J. Plant Prot. Res. 41(2), 168-172.
- Wielebski W., 1997. Wpływ wzrastających dawek siarki na skład glukozynolanów zawartych w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste XVIII, 179-186.
- Wielebski W., Wójtowicz M., 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozynolanów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste XXIV(1), 107-119.
- Xiao-Ming Wu, Meijer J., 1999. *In vitro* degradation of intact glucosinolates by phytopathogenic fungi of brassica. 10<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress, Canberra, Australia, CD-ROM, Doc. 617, 1-5.
- Zhao F., Evans E.J., Bilsborrow P.E., Syers J.K., 1994. Influence of nitrogen and sulphur on the glucosinolate profile of rapeseeds (*Brassica napus* L.). J. Sci. Food Agric. 64, 295-304.

#### **RELATIONSHIP BETWEEN SULPHUR FERTILIZATION, GLUCOSINOLATE CONTENT AND INFECTION LEVEL OF SEEDS OF SPRING OILSEED RAPE 'MARGO' WITH *Alternaria brassicae***

**Abstract.** Material for analyses was the spring oilseed rape 'Margo' seeds coming from a three-year experiment established at the Experiment Station of Cultivar Evaluation in Chrzęstowo near Nakło (53°09' N; 17°35' E). Effects of fertilization of spring oilseed rape 'Margo' with sulphur were studied in 2001-2003 in a system of randomized sub-blocks with 4 replications. The fertilizer was applied directly to soil or as foliar application. The first treatment was also accompanied by foliar application of magnesium and boron. The crop was analyzed for the content of glucosinolates and the infection rate of the seeds with *Alternaria brassicae*. It was shown that most fertilization variants used did not affect significantly the total content of glucosinolates in seeds. Only a direct application of sulphur to soil increased the content of progoitrin. A high negative correlation between the concentration of alkenyl glucosinolates, such as progoitrin, gluconapin and glucobrassicinapin, in seeds and their resistance toward the *Alternaria brassicae* was found. A direct application of sulphur to soil was found to be the best fertilization system because in this case seed infection with *A. brassicae*, as compared with the control, was the lowest.

**Key words:** *Brassica napus*, glucosinolates, *Alternaria brassicae*, sulphur fertilization

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.07.2008