

Czesław Sadowski, Anna Baturo, Leszek Lenc, Jacek Trzciniński
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Katedra Fitopatologii

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

Downy mildew (*P. parasitica*) and powdery mildew (*E. cruciferarum*)
occurrence on spring oilseed rape cv. Star depending
on differentiated fertilisation with nitrogen and sulphur

Słowa kluczowe: rzepak jary, nawożenie, siarka, azot, choroby

Key words: spring oilseed rape, fertilisation, sulphur, nitrogen, diseases

W latach 1997–1999 badano występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) i mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*) na rzepaku jarym (Star) przy zróżnicowanym nawożeniu azotem (60, 120, 180 kg ha⁻¹) i siarką (20 i 60 kg ha⁻¹ w postaci elementarnej i jonowej, stosowanej dogłębowo i dolistnie). Mączniak rzekomy występował każdego roku w znacznym nasileniu. Mniej symptomów obserwowano na poletkach nawożonych siarką. Jego nasilenie wzrastało wraz ze zwiększeniem dawki azotu. Mączniak prawdziwy w dużym nasileniu wystąpił w 1998, w znacznie mniejszym w 1999 roku a w 1997 tylko śladowo. Nie stwierdzono wpływu nawożenia siarką na jego występowanie. Stwierdzono natomiast wpływ dawek azotu. Statystycznie istotnie więcej symptomów porażenia wystąpiło przy wyższych dawkach azotu.

The subject of research conducted in 1997–1999 was evaluation of downy mildew (*P. parasitica*) and powdery mildew (*E. cruciferarum*) occurrence on spring oilseed rape (cv. Star) depending on differentiated fertilisation with nitrogen (60, 120, 180 kg ha⁻¹) and sulphur (20 and 60 kg ha⁻¹ in elementary and ionic form applied on leaves or into soil). Downy mildew was observed every year in high intensity. Symptoms were less numerous on the plots fertilised with sulphur. Higher doses of nitrogen resulted in higher incidence of this pathogen. Powdery mildew was noted in high intensity only in 1998, much lower in 1999 and in 1997 its symptoms were only in traces. The influence of sulphur fertilisation on powdery mildew occurrence was not observed, however significantly higher number of symptoms were noted after fertilisation with nitrogen applied in higher doses.

Wstęp

W ostatnich latach w Polsce wzrosło zainteresowanie uprawą rzepaku jarego. Efektem tego są badania nad agrotechniką, w tym nad wpływem nawożenia na wysokość plonu nasion i oleju oraz ich jakość. Rzepak jary ma duże zapotrzebowanie na azot i siarkę. Stąd w literaturze krajowej, jak i zagranicznej można odszukać liczne opracowania szeroko obejmujące zarówno dawkowanie tych pierwiastków, jak i sposób oraz formę ich stosowania. W Europie normy nawozowe dotyczą głównie rzepaku ozimego, w krajach zamorskich odnoszą się także do form jarych (Wielebski, Wójtowicz 2000; Budzyński i in. 2000; Bilsborrow i in. 1995; Haneklaus i in. 1999). Mało jest natomiast informacji o ich wpływie na zdrowotność roślin. Więcej doniesień dotyczy wpływu wzrastających dawek azotu, a wiedza o zdrowotności roślin po zastosowaniu siarki jest fragmentaryczna (Sadowski 1989; Sadowski i in. 1998, 2000; Jędrzycka i in. 2002; Sadowski i in. 2002 w druku a, b).

Interesujące z punktu widzenia praktyki rolniczej może być określenie ewentualnego wpływu nawożenia siarką na występowanie patogenów grzybowych, zarówno na roślinach w czasie wegetacji, jak i na zebranych nasionach. Od dawna siarka stosowana jest w ochronie roślin przed chorobami grzybowymi, przy czym najczęściej jako składnik fungicydów do opryskiwań w formie dolistnej. Niewiele jest natomiast doniesień o pośrednim wpływie siarki stosowanej w formie nawożenia na zdrowotność roślin. Nawożenie siarką jest szczególnie istotnym elementem w uprawie rzepaku. Przypuszcza się, że siarka może przyczyniać się do wzrostu odporności na choroby (Schnug, Ceynowa 1990; Walker, Booth 1994; Schnug i in. 1995).

Zawartość siarki w liściach zwiększa się wraz ze wzrostem nawożenia, niezależnie od fazy rozwojowej rzepaku i odmiany. Może powodować wzrost zawartości glukozyolanów zarówno w częściach wegetatywnych, jak i w nasionach, co przy odmianach podwójnie ulepszonych jest cechą niepożądaną. Jednocześnie wzrost ogólnej zawartości tych związków bądź niektórych z nich może powodować mniejszą podatność roślin na patogeny grzybowe (Schnug, Ceynowa 1990; Schnug, Haneklaus 1995; Schnug i in. 1995; Drozdowska i in. w druku). W katedrze Fitopatologii Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy prowadzone są obserwacje i badania obejmujące:

- występowanie patogenów grzybowych na wybranych losowo plantacjach produkcyjnych rzepaku jarego w regionie warmińsko-mazurskim, Kujaw, na Powiślu i Żuławach Wiślanych;
- zdrowotność roślin w zależności od poziomu zróżnicowanego nawożenia azotem, siarką, dolistnego borem i magnezem, terminu siewu (we współpracy z Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim);
- fitopatologiczną ocenę nasion przy zróżnicowanym nawożeniu azotem i siarką.

W tej pracy przedstawiono występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) i mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*) przy zróżnicowanym nawożeniu azotem i siarką.

Materialy i metody

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 korzystając ze ścisłego doświadczenia polowego „Określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem i siarką na plon nasion i jego strukturę” założonego na polu produkcyjnym w Kaźmierzewie, województwo kujawsko-pomorskie.

Doświadczenie założone na glebie należącej do kompleksu pszennego dobrego, w układzie doświadczalnym split-split-plot, w czterech powtórzeniach, obejmowało trzy poziomy nawożenia azotowego ($N_1 = 60$, $N_2 = 120$, $N_3 = 180$ kg N ha⁻¹) i przy każdym z poziomów zróżnicowane nawożenie siarką. Uwzględniało ono:

- sposób nawożenia siarką (doglebowo, dolistnie),
- formę jej stosowania (elementarna — siarkol, jonowa — Na₂SO₄),
- dawkę (0, 20, 60 kg S ha⁻¹).

Przy nawożeniu doglebowym, całą dawkę siarki elementarnej i siarki jonowej zastosowano wiosną przed wysiewem nasion. Siarkę w formie dolistnej (6,7% roztwór wodny związków siarki), w kombinacji obejmującej dawkę 20 kg ha⁻¹, stosowano w fazie rozety, a przy dawce 60 kg ha⁻¹, dodatkowo 20 kg po wykształceniu łodygi i 20 kg na początku kwitnienia. Nawożenie azotem zastosowano: w kombinacji przy dawce 60 kg ha⁻¹ przed siewem, przy 120 kg dodatkowo drugą dawkę 60 kg w czasie wyrzędowania roślin, przy 180 kg trzecią dawkę w fazie rozety. Przy nawożeniu przedsewnym oprócz 60 kg N, stosowano 60 kg P₂O₅ i 120 kg K₂O ha⁻¹. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 18 m². Przedplonem w każdym roku była pszenica jara. Wysiewu nasion dokonywano w pierwszych dniach kwietnia. Zawartość siarki ogólnej w glebie oznaczanej nefelometrycznie w poszczególnych latach była na zbliżonym poziomie i wynosiła około 1,9 mg SO₄ 100 g⁻¹. Wszystkie zabiegi przed siewem i w okresie wegetacji wykonano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

Występowanie *P. parasitica* w fazie 4 liści oceniano na 25 losowo wybranych roślinach z każdego poletka, określając procent i stopień porażenia wszystkich liści (łącznie po 100 liści z poletka) w sześciostopniowej skali (0–5). Obserwacje te obejmowały kombinacje 60 i 120 kg N ha⁻¹ oraz siarkę stosowaną doglebowo. W fazie kwitnienia nasilenie tego patogena określano na wszystkich 9 kombinacjach doświadczalnych. Analizowano również 25 roślin, ale oceniano z każdej tylko 4 dolne liście (razem także 100 liści z poletka). Skalę porażenia zastosowano za Sadowskim (1989), w której 0 — oznacza brak objawów grzyba na liściach (liście zdrowe), a 5 — nalot pokrywa ponad 75% powierzchni blaszki liściowej.

Przy ocenie porażenia liści przez *E. cruciferarum* wykonanej w fazie kwitnienia posługiwano się identyczną skalą co przy *P. parasitica* (0–5), a podczas oceny w okresie dojrzewania także skalą 0–5, ale obejmującą objawy porażenia na całej roślinie (Penaud 1999), gdzie 0 oznaczało brak widocznych objawów nalotu grzyba na roślinie, a 5 pędy brązowe lub czarne.

Uzyskane wyniki przekształcono wykorzystując indeks porażenia (IP w %) wg wzoru Townsenda-Heurbergera (Wenzel 1948). Wyniki indeksów porażenia poddano obliczeniom statystycznym wykorzystując test dla prób niezależnych o różnej liczebności oraz analizę wariancji i test Tukey'a.

Warunki atmosferyczne w okolicach Kaźmierzewa (na podstawie obserwacji przeprowadzonych na stacji meteorologicznej w Mochelku) w okresie prowadzenia doświadczenia były na ogół sprzyjające rozwojowi rzepaku jarego. Sprzyjały też rozwojowi *P. parasitica*, szczególnie w 1998 r., kiedy w sezonie wegetacyjnym rzepaku jarego odnotowano 324 mm opadu deszczu (przy średniej wieloletniej 236,6 mm), a liczba dni z opadami wynosiła 73. Jednocześnie w tym sezonie w czerwcu i lipcu występowały niższe temperatury powietrza. Suma opadów w pozostałych latach także była wyższa od średniej wieloletniej i wynosiła w 1997 roku 277,5 mm, a w 1999 roku 263,9 mm (tab. 1)

Z uwagi na doświadczenie wieloczynnikowe, dla ułatwienia porównywania wyników zestawiono dodatkowe tabele i rysunki przedstawiające:

- IP dla wszystkich kombinacji z nawożeniem siarką (S) i bez nawożenia siarką (S₀) przy poszczególnych dawkach azotu (tab. 2a),
- IP dotyczący wszystkich kombinacji nawożonych siarką (rys. 2),
- IP w zależności od sposobu stosowania siarki (rys. 2a),
- różnicę w IP roślin nawożonych S i bez nawożenia (S₀–S). Różnice te zaznaczano (*) w przypadku kiedy były statystycznie istotne (tab. 2b).

Określenie wpływu dawki azotu na występowanie chorób przeprowadzono dwoma sposobami. Porównywano porażenie na poletkach nawożonych siarką (S) przy poszczególnych poziomach azotu i dodatkowo między sobą poletka kontrolne (S₀) bez stosowania siarki, przy trzech poziomach nawożenia N.

Wyniki

We wszystkich latach prowadzenia obserwacji i niemal przez cały okres wegetacji występował mączniak rzekomy (*P. parasitica*). Jego nasilenie było zróżnicowane. W fazie wschodów, kiedy z uwagi na termin nawożenia, wynikający z założeń doświadczenia, oceniano tylko kombinacje z nawożeniem dogłębowym siarką oraz azotem 60 i 120 kg·ha⁻¹, indeks porażenia liści zawierał się w 1997 r. w granicach 16,0–26,3%, w następnych latach 8,4–12,2% i 16,2–21,2%, przy czym różnice istotne statystycznie wystąpiły tylko w 1997 r. przy dawce 120 kg N i 20 kg S zastosowanej w formie jonowej, w porównaniu do kombinacji bez siarki (rys. 1).

Tabela 1

Opady atmosferyczne w okresie wegetacji rzepaku w Mochełku [mm] — *Amount of rainfalls during rape vegetation in Mochelek*

Miesiąc <i>Month</i>	Sezon wegetacyjny — <i>Vegetation season</i>															1949–1994
	1997					1998					1999					
	dekada — <i>decade</i>			Σ	D*	dekada — <i>decade</i>			Σ	D	dekada — <i>decade</i>			Σ	D	
	I	II	III			I	II	III			I	II	III			
IV	4,1	11,3	5,3	20,7	14	8,7	9,9	2,5	21,1	13	7,7	39,2	15,2	62,1	10	27,0
V	34,6	23,8	38,1	96,5	13	33,3	0,1	13,0	46,4	11	11,3	21,7	12,5	45,5	8	36,8
VI	2,9	9,5	24,3	36,7	8	24,3	46,2	24,2	94,7	17	23,0	2,0	33,6	58,6	10	55,5
VII	37,0	48,4	23,1	108,5	16	19,1	17,3	59,6	96,0	17	22,0	21,9	0,0	43,9	8	69,4
VIII	14,9	0,0	0,2	15,1	6	19,3	6,4	40,1	65,8	15	8,5	19,6	25,7	53,8	11	47,9
Łącznie — <i>Total</i>				277,5	57				324,0	73				263,9	47	236,6

* — liczba dni z opadami atmosferycznymi — *the number of days with rainfalls*Temperatura powietrza w okresie wegetacji rzepaku w Mochełku [°C] — *Air temperature during rape vegetation in Mochelek*

Miesiąc <i>Month</i>	Sezon wegetacyjny — <i>Vegetation season</i>													1949–1994
	1997				1998				1999					
	dekada — <i>decade</i>			średnia <i>mean</i>	dekada — <i>decade</i>			średnia <i>mean</i>	dekada — <i>decade</i>			średnia <i>mean</i>		
	I	II	III		I	II	III		I	II	III			
IV	4,2	2,3	7,6	4,7	6,9	7,3	13,6	9,3	9,0	6,2	10,7	8,6	7,2	
V	11,1	14,7	8,9	11,5	13,7	13,7	13,9	13,8	10,0	10,3	15,9	12,2	12,9	
VI	14,6	15,6	17,7	16,0	19,7	13,9	16,0	16,6	16,1	17,4	15,9	16,5	18,2	
VII	18,5	17,0	17,6	17,7	14,1	16,5	19,2	16,7	20,3	20,3	19,4	20,0	17,8	
VIII	18,7	20,0	20,8	19,9	17,4	16,7	12,7	15,2	20,8	15,8	15,8	17,5	17,3	

Tabela 2

Występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) na liściach przy zróżnicowanym nawożeniu azotem (N) i siarki (S) w fazie kwitnienia (IP w %) — Occurrence of downy mildew (*P. parasitica*) on leaves depending on differentiated fertilisation with N and S during flowering (DI in %)

N Dawka Dosis [kg·ha ⁻¹]	S			Lata — Years			Średnio Mean	
	forma form	sposób manner	dawka dosis [kg·ha ⁻¹]	1997	1998	1999		
N ₁ = 60	kontrola — control		0	22,0	31,3	24,9	26,1	
	elementarna elementary	doglebowo soil	20	21,1	22,7	20,2	21,3	
			60	19,6	21,5	18,5	19,9	
		średnio — mean			20,3	22,1	19,3	20,6
		dolistnie foliar	20	21,7	25,9	23,1	23,6	
			60	21,0	23,7	21,8	22,2	
		średnio — mean			21,3	24,8	22,4	22,9
	średnio S elementarna — mean S elementary			20,8	23,4	20,8	21,7	
	jonowa ionic	doglebowo soil	20	22,6	22,0	20,5	21,7	
			60	17,0	22,0	18,3	19,1	
		średnio — mean			19,8	22,0	19,4	20,4
		dolistnie foliar	20	23,1	24,7	21,4	23,1	
			60	20,7	21,6	20,4	20,9	
		średnio — mean			21,9	23,1	20,9	22,0
średnio S jonowa — mean S ionic			20,8	22,5	20,1	21,2		
Średnio dla S przy N ₁ = 60 — Mean S for N ₁ = 60				20,8	22,9	20,4	21,4	
N ₂ = 120	kontrola — control		0	26,2	32,7	26,3	28,4	
	elementarna elementary	doglebowo soil	20	19,0	24,5	21,3	21,6	
			60	20,4	23,0	20,4	21,3	
		średnio — mean			19,7	23,7	20,8	21,4
		dolistnie foliar	20	24,6	26,4	23,9	25,0	
			60	21,8	25,2	22,4	23,1	
		średnio — mean			23,2	25,8	23,1	24,0
	średnio S elementarna — mean S elementary			21,4	24,7	21,9	22,7	
	jonowa ionic	doglebowo soil	20	15,9	24,5	21,4	20,6	
			60	21,1	22,9	20,8	21,6	
		średnio — mean			18,5	23,7	21,1	21,1
		dolistnie foliar	20	24,8	25,5	22,0	24,1	
			60	21,0	23,8	21,5	22,1	
		średnio — mean			22,9	24,6	21,7	23,1
średnio S jonowa — mean S ionic			20,7	24,1	21,4	22,1		
Średnio dla S przy dawce N ₂ = 120 — Mean S, N ₂ = 120				21,0	24,4	21,6	22,3	

ciąg dalszy tabeli 2

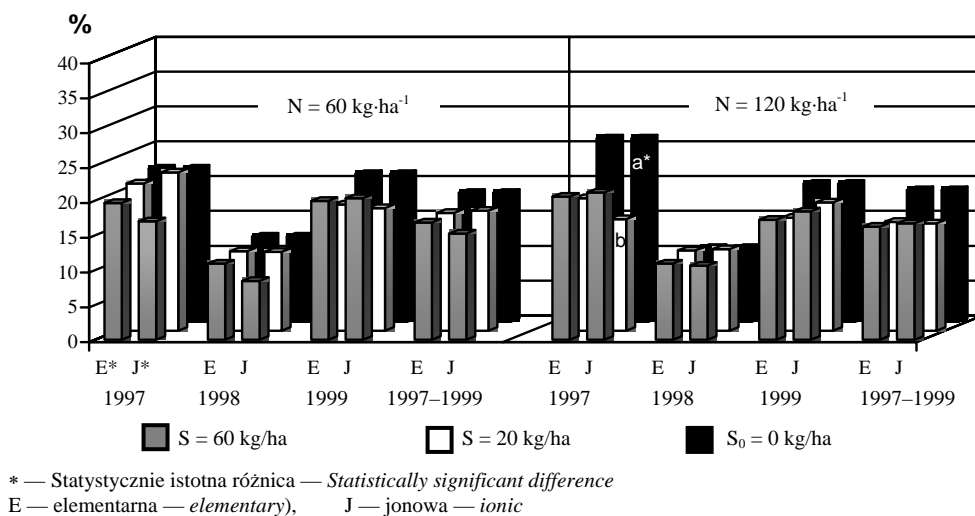
N ₃ = 180	kontrola — <i>control</i>		0	29,3	37,5	29,1	32,0	
	elementarna <i>elementary</i>	doglebowo <i>soil</i>	20	22,3	29,0	22,9	24,7	
			60	21,8	26,0	21,8	23,2	
		średnio — <i>mean</i>		22,0	27,5	22,3	23,9	
	dolistnie <i>foliar</i>		20	25,0	30,0	21,4	25,5	
			60	23,2	26,1	21,2	23,5	
		średnio — <i>mean</i>		24,1	28,0	21,3	24,5	
	średnio S elementarna — <i>mean S elementary</i>				23,0	27,7	21,8	24,2
	jonowa <i>ionic</i>	doglebowo <i>soil</i>	20	22,2	29,4	21,4	24,3	
			60	21,9	27,4	20,4	23,2	
		średnio — <i>mean</i>		22,0	28,4	20,9	23,8	
		dolistnie <i>foliar</i>	20	24,0	28,1	23,9	25,3	
			60	23,4	28,7	23,3	25,1	
średnio S jonowa — <i>mean S ionic</i>				22,8	28,4	22,2	24,5	
Średnio dla S przy dawce N ₃ = 180 — <i>Mean S, N₃ = 180</i>				22,9	28,0	22,0	24,3	
Średnio S ₀ — <i>Mean S₀</i>				25,8	33,8	26,8	28,8	
Średnio S — <i>Mean S</i>				21,6	25,1	21,3	22,7	

Tabela 2a

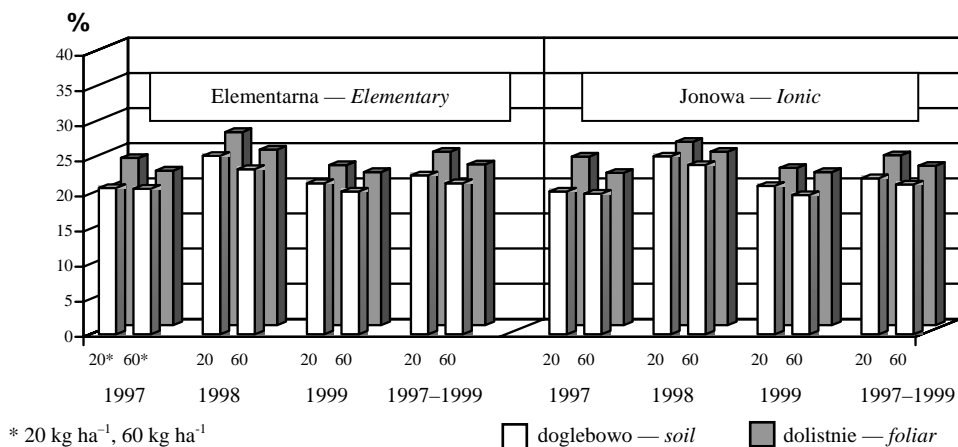
Występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) przy nawożeniu siarką (S) i bez siarki (S₀) w poszczególnych dawkach azotu (IP w %) — *Downy mildew (P. parasitica) occurrence on plants fertilised (S) and not fertilised (S₀) with sulphur in particular doses of nitrogen (DI in %)*

Dawka <i>Dosis</i> [kg·ha ⁻¹]	1997		1998		1999		1997–1999	
	S	S ₀	S	S ₀	S	S ₀	S	S ₀
N ₁ = 60	20,8 b* a	22,0 b a	22,9 b b	31,3 b a	20,4 a b	24,9 a a	21,4 b b	26,1 b a
N ₂ = 120	21,0 ab b	26,2 ab a	24,4 b b	32,7 b a	21,6 a b	26,3 a a	22,3 b b	28,4 ab a
N ₃ = 180	22,9 a b	29,3 a a	28,0 a b	37,5 a a	22,8 a b	29,1 a a	24,3 a b	32,0 a a
Średnio <i>Mean</i>	21,6 b	25,8 a	25,1 b	33,8 a	21,3 b	26,8 a	22,7 b	28,8 a

* — wartości kolumn i wierszy oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie
values in the same lines and columns followed by different letters are significantly different



Rys. 1. Występowanie mączniaka rzekomego kapustnych (*P. parasitica*) w fazie 4 liści w zależności od nawożenia azotem i siarką (IP w %) — *Occurrence of downy mildew (*P. parasitica*) in the phase of four leaves depending on fertilisation with N and S (DI in %)*



Rys. 2. Występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) w zależności od dawki siarki (niezależnie od nawożenia azotem), (IP w %) — *Occurrence of downy mildew (*P. parasitica*) depending on dose of sulphur (independently on N fertilisation), (DI in %)*

Tabela 2b

Statystycznie istotne różnice między analizowanymi obiektami w występowaniu mączniaka rzekomego kapustnych (*P. parasitica*) — *Statistically significant differences between analysed objects in downy mildew occurrence (P. parasitica)*

	S	N	1997	1998	1999	1997–1999
			(S ₀ – S)	(S ₀ – S)	(S ₀ – S)	(S ₀ – S)
S ₀	S ₂₀ elementarna <i>elementary</i> doglebowo <i>soil</i>	60	–	*	–	*
		120	–	*	–	*
		180	*	*	–	*
		średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*
	S ₆₀ elementarna <i>elementary</i> doglebowo <i>soil</i>	60	–	*	–	*
		120	*	*	–	*
		180	*	*	–	*
		średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*
	S ₂₀ elementarna <i>elementary</i> dolistnie <i>foliar</i>	60	–	–	–	–
		120	–	–	–	–
		180	*	*	*	*
		średnio — <i>mean</i>	–	*	*	*
	S ₆₀ elementarna <i>elementary</i> dolistnie <i>foliar</i>	60	–	*	–	–
		120	*	*	–	*
		180	*	*	*	*
		średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*
	S ₂₀ jonowa <i>ionic</i> doglebowo <i>soil</i>	60	–	*	–	*
		120	*	–	–	*
		180	*	*	–	*
		średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*
	S ₆₀ jonowa <i>ionic</i> doglebowo <i>soil</i>	60	–	*	–	*
		120	*	*	–	*
		180	*	*	–	*
		średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*
S ₂₀ jonowa <i>ionic</i> dolistnie <i>foliar</i>	60	–	*	–	–	
	120	–	–	–	*	
	180	*	*	–	*	
	średnio — <i>mean</i>	–	*	*	*	
S ₆₀ jonowa <i>ionic</i> dolistnie <i>foliar</i>	60	–	*	–	*	
	120	*	*	–	*	
	180	*	*	–	*	
	średnio — <i>mean</i>	*	*	*	*	

* — Statystycznie istotna różnica — *Statistically significant difference*

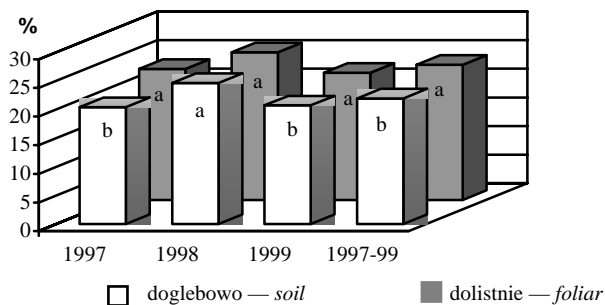
Porażenie liści przez *P. parasitica* w okresie pełni kwitnienia przedstawiają tabele 2, 2a, 2b oraz rysunek 2 i 2a). Stosowanie siarki obniżyło istotnie nasilenia patogena. Średni IP w okresie 3 lat badań u wszystkich kombinacji z nawożeniem tym

pierwiastkiem niezależnie od dawki, formy i sposobu oraz poziomu azotu wynosił 22,7%, podczas gdy w kombinacji bez siarki (S_0) był istotnie wyższy — 28,8%. W poszczególnych latach różnice te też były statystycznie istotne (tab. 2).

Analiza nasilenia *P. parasitica* przy nawożeniu siarką i zastosowanych dawkach azotu wykazała istotne różnice we wszystkich latach badań. Więcej symptomów chorobowych występowało na poletkach bez stosowania siarki (tab. 2a).

Analizując wpływ poziomu nawożenia azotem bez stosowania siarki (poletka z S_0) stwierdzono istotne różnice w porażeniu liści. Ze wzrostem dawek N wzrastało porażenie. Różnice w nasileniu choroby przy dawce 60 i 180 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N były statystycznie istotne. Taka sama analiza dla nawożenia azotem i siarką wykazała, że porażenie liści przy 60 i 120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu było na tym samym poziomie, natomiast przy 180 kg istotnie wyższe (tab. 2a).

Dawka siarki oraz jej zastosowana forma nie miały istotnego wpływu na występowanie patogena w żadnym z analizowanych lat, natomiast w dwóch latach badań (1997 i 1999) i średnio za trzy lata, stwierdzono statystycznie istotny wpływ sposobu jej stosowania. Mniejsze nasilenie choroby obserwowano przy nawożeniu doglebowym, w porównaniu do nawożenia dolistnego (rys. 2a).



Rys. 2a. Występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) w zależności od sposobu nawożenia S (IP w %) — Downy mildew (*P. parasitica*) occurrence depending on sulphur fertilisation (DI in %)

Porównanie zdrowotności liści przy poszczególnych kombinacjach nawozowych siarki (S) i liści z kombinacji bez stosowania siarki (S_0) przedstawia tabela 2b, w której dla lepszej przejrzystości zaznaczono tylko występowanie istotnych różnic w IP. W roku 1997 różnice występowały każdorazowo przy najwyższej dawce N (180 kg) i w 5 kombinacjach przy dawce 120 kg. W kolejnym roku istotne różnice stwierdzono we wszystkich kombinacjach siarki i azotu poza czterema przypadkami, a w trzecim roku badań tylko przy analizie średniej dla nawożenia azotem i w dwóch kombinacjach z dawką 180 kg N. Porównując cały okres badań wykazano istotne różnice w 20 (z 24) kombinacjach nawożonych siarką z poszczególnymi dawkami azotu oraz po analizie wszystkich średnich dla nawożenia tylko azotem.

W jednym z trzech lat badań (1998 r.), w okresie dojrzewania stwierdzono w dużym nasileniu mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*). Patogen porażał zarówno liście, pędy, jak i łuszczyzny, przy czym wystąpiło stosunkowo duże zróżnicowanie w poszczególnych kombinacjach. Indeks porażenia zawierał się w przedziale od 38,2 do 55,0%. Nawożenie siarką nie wpływało na nasilenie choroby. Wpływ taki zaobserwowano po zastosowaniu różnych dawek azotu. Rośliny nawożone dawką 180 kg N ha⁻¹ były istotnie silniej porażone od nawożonych dawkami niższymi. W roku 1999 występowanie *E. cruciferarum* było niewielkie (IP = 8,4%), a w 1997 jedynie śladowe (tab. 3, 3a, 3b, rys. 3).

Tabela 3

Występowanie mączniaka prawdziwego (*Erysiphe cruciferarum*) przy zróżnicowanym nawożeniu azotem i siarką (IP w %) — Occurrence of powdery mildew (*Erysiphe cruciferarum*) depending on differentiated fertilisation with N and S (DI in %)

N Dawka — Dosis [kg ha ⁻¹]	S			Lata — Years			
	forma form	spółób manner	dawka — dosis [kg ha ⁻¹]	1997	1998	1999	
N ₁ = 60	kontrola — control		0	śl.	45,3	6,5	
	elementarna elementary	doglebowo soil	20	śl.	44,3	7,6	
			60	śl.	41,6	5,3	
		średnio — mean			śl.	42,9	6,4
		dolistnie foliar	20	śl.	40,3	6,8	
			60	śl.	39,3	8,3	
		średnio — mean			śl.	39,8	7,5
	średnio S elementarna — mean S elementary			śl.	41,3	7,0	
	jonowa ionic	doglebowo soil	20	śl.	40,4	7,6	
			60	śl.	42,3	8,6	
		średnio — mean			śl.	41,3	8,1
		dolistnie foliar	20	śl.	40,8	10,0	
			60	śl.	38,2	7,3	
		średnio — mean			śl.	39,5	8,6
średnio S jonowa — mean S ionic			śl.	40,4	8,3		
Średnio dla S przy N ₁ = 60 — Mean S for N ₁ = 60				śl.	40,8	7,6	
N ₂ = 120	kontrola — control		0	śl.	43,7	9,1	
	elementarna elementary	doglebowo soil	20	śl.	44,6	7,3	
			60	śl.	41,3	4,6	
		średnio — mean			śl.	42,5	5,9
		dolistnie foliar	20	śl.	41,5	8,0	
			60	śl.	43,8	7,6	
		średnio — mean			śl.	42,6	7,8
	średnio S elementarna — mean S elementary			śl.	42,5	6,8	
	jonowa ionic	doglebowo soil	20	śl.	40,4	7,0	
			60	śl.	40,6	7,6	
		średnio — mean			śl.	40,5	7,3

ciąg dalszy tabeli 3

	dolistnie	20	śl.	41,2	5,3	
	foliar	60	śl.	43,7	5,0	
	średnio — <i>mean</i>		śl.	42,4	5,1	
	średnio S jonowa — <i>mean S ionic</i>		śl.	41,4	6,2	
Średnio dla S przy dawce $N_2 = 120$ — <i>Mean S, N_2 = 120</i>			śl.	41,9	6,5	
$N_3 = 180$	kontrola — <i>control</i>		0	śl.	55,0	9,6
	elementarna <i>elementary</i>	doglebowo	20	śl.	54,0	6,8
		soil	60	śl.	52,5	9,3
		średnio — <i>mean</i>		śl.	53,2	8,0
	dolistnie	foliar	20	śl.	53,5	7,6
		foliar	60	śl.	46,5	5,3
		średnio — <i>mean</i>		śl.	50,0	6,4
	średnio S elementarna — <i>mean S elementary</i>			śl.	51,6	7,2
	jonowa <i>ionic</i>	doglebowo	20	śl.	53,4	8,0
		soil	60	śl.	52,2	7,6
średnio — <i>mean</i>			śl.	52,8	7,8	
dolistnie		20	śl.	52,0	8,1	
foliar		60	śl.	46,0	4,3	
średnio S jonowa — <i>mean S ionic</i>			śl.	50,9	7,0	
Średnio dla S przy dawce $N_3 = 180$ — <i>Mean S, N_3 = 180</i>			śl.	51,2	7,1	
Średnio S_0 — <i>Mean S_0</i>			śl.	48,0	8,4	
Średnio S — <i>Mean S</i>			śl.	44,6	7,1	

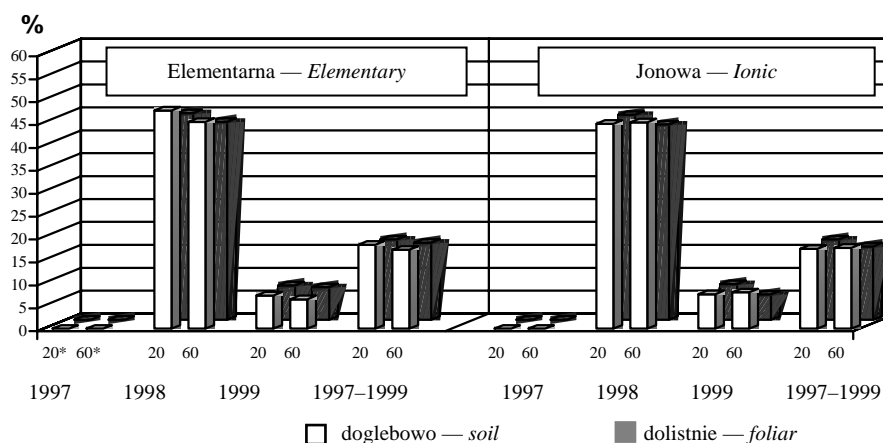
Tabela 3a

Występowanie mączniaka rzekomego (*P. parasitica*) przy nawożeniu siarką (S) i bez siarki (S_0) w poszczególnych dawkach azotu (IP w %) — *Downy mildew (P. parasitica) occurrence on plants fertilised (S) and not fertilised (S_0) with sulphur in particular doses of nitrogen (DI in %)*

Dawka <i>Dosis</i> [kg·ha ⁻¹]	1997		1998		1999		1997–1999	
	S	S_0	S	S_0	S	S_0	S	S_0
$N_1 = 60$	śl.	śl.	40,8 *b a	45,3 b a	7,6	6,5	16,1	17,3
$N_2 = 120$	śl.	śl.	41,9 b a	43,7 b a	6,5	9,1	16,1	17,6
$N_3 = 180$	śl.	śl.	51,2 a a	55,0 a a	7,1	9,6	19,4	21,5
Średnio <i>Mean</i>	śl.	śl.	44,6 a	48,0 a	7,1	8,4	17,2	18,8

* — wartości kolumn i wierszy oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie
values in the same lines and columns followed by different letters are significantly different

śl. — objawy śladowe — *symptom's trace*



Rys. 3. Występowanie mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*) w zależności od dawki siarki S (niezależnie od nawożenia azotem) (IP w %) — Occurrence of powdery mildew (*E. cruciferarum*) depending on dose of sulphur (independently on N fertilisation) (DI in %)

Dyskusja

Każdego roku na wszystkich analizowanych poletkach występował mączniak rzekomy (*P. parasitica*). Obserwowano znaczne porażenie liści, a IP porażenia w zależności od roku i fazy rozwojowej wynosił od 15,9 do 37,5%. W przeprowadzonych obserwacjach na Żuławach i Mazurach nasilenie tego patogena było na zbliżonym poziomie (Sadowski i in. w druku a, b). Wydaje się, że szkodliwość tej choroby może być znaczna i w połączeniu z innymi może mieć pewien udział w zmniejszeniu plonu. Obserwacje te są zgodne z wynikami Sadowskiego (1989), który na rzepaku ozimym stwierdzał duże jej nasilenie. We wcześniejszych badaniach Sadowskiego i in. (1973) w Bałcynach na rzepaku ozimym IP przekraczał 20%. Według Gladders (1991) mączniak rzekomy należy do jednej z najczęściej występujących chorób rzepaku w Anglii, jednak nie zawsze powoduje wyraźne straty w plonie. O jego szkodliwości na rzepaku ozimym w Niemczech donoszą Paul i in. (1991). Występuje przy tym różna reakcja odmian na patogena. Duże zróżnicowanie w podatności odmian stwierdzili Nashaat i Rawlinson (1991).

Występowanie mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*) w poszczególnych latach było zróżnicowane. W roku 1997 obserwowano zaledwie śladowe objawy choroby, natomiast w roku następnym symptomy wystąpiły w dużym nasileniu we wszystkich badanych kombinacjach doświadczalnych. W trzecim roku obserwowano niewielkie nasilenie *E. cruciferarum* (IP < 10%), podczas gdy na Żuławach i Mazurach indeks ten przekraczał 20% (Sadowski i in. 2000, Sadowski i in. w druku a,b).

Na podstawie otrzymanych wyników można sądzić, że w warunkach naszego kraju zagrożenie ze strony *E. cruciferarum* może być różne w zależności od rejonu uprawy. Żeby przewidywać dokładniej to zagrożenie należy prowadzić dalsze obserwacje, ponieważ w okresie trzech lat badań w rejonie Żuław i Mazur w znacznym nasileniu wystąpiło w dwóch latach, a w rejonie Bydgoszczy w jednym roku. W prowadzonych przez wiele lat badaniach nad chorobami formy ozimej przez Katedrę Fitopatologii ATR w Bydgoszczy mączniak prawdziwy w większym nasileniu występował stosunkowo rzadko, stąd brak dokładniejszych informacji o jego szkodliwości (Sadowski i in. 1995; Sadowski i in. 1998). W zróżnicowanym nasileniu w poszczególnych latach i rejonach występuje w południowej Francji, gdzie jest uważany za chorobę pospolitą. Przy korzystnej temperaturze i opadach, porażając liście, pędy i łuszczyzny, powoduje straty od 10 do 30% plonu, a porażenie łuszczyzn wpływa na wytwarzanie mniejszych nasion. Przy stosowaniu fungicydów najskuteczniejsze działanie wykazały Flusilazole + carbendazim (Penaud 1999). W doświadczeniu Klepina (1997) tebuconazol i winklozolina dały słabe efekty.

Dla osiągnięcia zrównoważonej produkcji rzepaku ważne jest zbilansowane nawożenie azotem i siarką ponieważ w warunkach niedoboru siarki wykorzystanie azotu jest mniejsze (Schnug i in. 1995; Haneklaus i in. 1999, 1999a; McGrath, Zhao 1996). Przy braku siarki, azot może być niedostępny dla roślin, stąd nawet jego zwiększone dawki nie wywierają wpływu na nasilenie porażenia. Helal i in. (1995) analizując siewki w warunkach szklarniowych wykazali, że nawożenie siarką zwiększa możliwość pobierania azotu, wpływa na lepsze jego wykorzystanie oraz wywiera pozytywny wpływ na wzrost korzeni i efektywność pełnionych przez nie funkcji. Merrien (1987) uważa, że niedobór siarki powoduje obniżenie systemu obronnego rzepaku przeciw patogenom.

Analizując wyniki wykonanych doświadczeń stwierdzono, że nawożenie siarką miało dodatni wpływ na zdrowotność roślin. W Kaźmierzewie na poletkach nawożonych siarką stwierdzono mniejsze nasilenie mączniaka rzekomego, a także czerni krzyżowych (Sadowski i in. 2000). Przy mączniaku rzekomym znaczenie miał też sposób nawożenia. Mniej objawów chorobowych stwierdzano przy nawożeniu doglebowym.

Zmniejszone porażenie było prawdopodobnie wynikiem wzrostu zawartości glukozyolanów w roślinach pod wpływem nawożenia siarką. Liczne prace podają, że ich ilość ulega zwiększeniu ze wzrostem dostępnej siarki (Zhao i in. 1995; Wielebski, Musnicki 1998; Wielebski i in. 1999). Można więc przyjąć, że uzyskane wyniki potwierdzają informacje o właściwościach fungistatycznych glukozyolanów, zapewniających w pewnym stopniu obronę przed grzybami (Busch 1991; Brown, Morra 1995; Giamoustaris, Mithen 1995; Doughty i in. 1991; Dawson i in. 1993; Schnug i in. 1995).

Szulc i in. (2000) wykazali, że nawożenie siarką nie zawsze prowadzi do zwiększenia całkowitej zawartości glukozyolanów. Również Wielebski i in. (1999) podają, że w doświadczeniach wazonowych, nawożenie siarką zwiększało

zawartość w nasionach glukozynolanów alkenowych, zmniejszając poziom glukozynolanów indolowych. Według Drozdowskiej i in. (w druku) o wpływie na patogeny grzybowe decyduje nie tyle całkowita zawartość tych związków, co ich skład.

Jeśli więc przy nawożeniu siarką w badaniach własnych wzrastała zawartość glukozynolanów zwiększająca odporność roślin na grzyby, to uzyskane w pracy wyniki są zgodne ze stwierdzeniem Giamoustaris i Mithen (1995) oraz Wallsgrove i in. (1999), że od glukozynolanów zależy porażenie przez *P. parasitica*.

Przedstawiane w literaturze wyniki nad wpływem azotu na występowanie chorób są zróżnicowane. Na ogół wyższe dawki azotu powodują większe porażenie przez niektóre patogeny. W uprawie rzepaku, dla wielu patogenów zjawisko takie nie zawsze się potwierdza. Analizując otrzymane wyniki z poszczególnych lat i średnie za cały okres można stwierdzić, że wraz ze zwiększaniem dawki azotu, wzrastało nasilenie objawów chorobowych mączniaka rzekomego (*P. parasitica*). Różnica między kombinacjami nawożonymi dawką 60 kg a 180 kg ha⁻¹ była statystycznie istotna. Wyniki te są częściowo zgodne z uzyskanymi przez Sadowskiego (1989) w badaniach nad mączniakiem rzekomym u form ozimych, gdzie najwyższe dawki azotu powodowały większe porażenie liści. Średnie dawki nie wywierały istotnego wpływu. Również Garbe (1995) stwierdził, że wyższe nawożenie azotem może zwiększać nasilenie *P. parasitica*. We wcześniejszej pracy Sadowskiego S. i in. (1973) wpływ był niejednoznaczny i bardziej zróżnicowany w latach. Jednak w doświadczeniu użyto form nie zmodyfikowanych pod względem zawartości glukozynolanów, stąd reakcja na patogeny grzybowe mogła być różna. Milford i in. (1989) stwierdzili zwiększone porażenie odmian „00” przez *P. parasitica*, *A. brassicae*, *B. cinerea*, *P. lingam*.

Przy masowym występowaniu *E. cruciferarum* w 1998 r. silniejsze objawy patogena obserwowano na poletkach nawożonych najwyższą dawką azotu. W okresie dojrzewania porażone były wówczas wszystkie rośliny, a IP różnił się istotnie od indeksu pozostałych kombinacji nawozowych. W pracach Sadowskiego i in. (1998) nad zróżnicowanym nawożeniu azotem rzepaku ozimego (40, 80, 120, 160, 200 kg ha⁻¹) dopiero przy dawce 200 kg ha⁻¹ obserwowano wyraźnie większe nasilenie szarej pleśni i mączniaka prawdziwego. Przy niższych dawkach azotu porażenie roślin było na tym samym poziomie.

Wnioski

- Mączniak rzekomy (*P. parasitica*) występował na liściach każdego roku w znacznym nasileniu. Zwiększone dawki azotu zwiększały w pewnym stopniu jego nasilenie, natomiast przy nawożeniu siarką obserwowano wyraźnie mniej symptomów chorobowych.
- Mączniak prawdziwy (*E. cruciferarum*) w dużym nasileniu wystąpił tylko w jednym roku badań. Jego nasilenie było wyższe przy wyższych dawkach

azotu. Stosowanie siarki w niewielkim, lecz statystycznie istotnym stopniu obniżyło jego nasilenie.

- Stosunkowo niewielki wzrost występowania badanych chorób przy zwiększeniu nawożenia azotem sugeruje, że przy ustalaniu optymalnych dawek tego pierwiastka należy kierować się głównie wymaganiami roślin a w mniejszym stopniu zagrożeniem przez te patogeny.
- Duże nasilenie mączniaka prawdziwego (*E. cruciferarum*) w jednym z trzech lat badań sugeruje konieczność podjęcia badań nad rozpoznaniem jego szkodliwego wpływu na wysokość i jakość plonu.

Conclusions

- Downy mildew (*P. parasitica*) occurred on leaves every year in high intensity. Its more intensive incidence were observed by higher nitrogen doses, but sulphur fertilisation resulted in lower infection.
- Powdery mildew (*E. cruciferarum*) was observed in high intensity only in one year and its intensity was higher in the case of higher nitrogen doses. Use of sulphur slightly, but statistically significantly, decreased incidence of this pathogen.
- Relatively low increase of occurrence of studied diseases after more intensive fertilisation with nitrogen may suggest that optimal doses of this element should be assigned mainly on the basis of plant demand. Threat by there pathogens has lower importance.
- High intensity of powdery mildew (*E. cruciferarum*) in one of three years of investigations suggests the need of further researches on its harmful influence on amount and quality of spring oilseed rape yield.

Literatura

- Bilborrow P.E., Evans E.J., Zhao F.J. 1995. Changes in the individual glucosinolate profile of double low oilseed rape as influenced by spring nitrogen application. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 2: 553-555.
- Brown P.D., Morra M.J. 1995. Glucosinolate-containing plant tissues as bioherbicides. J. Agric. Food Chem., 43: 3070-3074.
- Budzyński W., Jankowski K., Zielonka K. 2000. Efektywność nawożenia azotem rzepaku jarego chronionego i niechronionego przed szkodnikami. I. Nawożenie i ochrona a plon nasion. Rośliny Oleiste, XXI (2): 513-525.

- Dawson G.W., Doughty K.J., Hick A.J., Pickett J.A., Pye B.J., Smart L.E., Wadhams I.J. 1993. Chemocals precursors for studying the effects of glucosinolate catabolites on diseases and pests of oilseed rape (*Brassica napus* L.) or related plants. *Pesticide Science*, 39: 271-278.
- Doughty K.J., Porter A.J.R., Morton A.M., Kiddle G., Bock Ch., Wallsgrove R. 1991. Variation in the glucisolate content of oilseed rape (*Brassica napus* L.) leaves. II. Response to infection by *Alternaria brassicae* (Berk) Sacc. *Annals of Applied Biology*, 118: 469-477.
- Drozdowska L., Szulc P., Łukanowski A., Sadowski Cz. Glucosinolate content and pathogenic fungi occurrence in seeds of spring oilseed rape fertilised with sulphur. *Plant Breeding and Seed Science* (w druku).
- Garbe V. 1995. Effect of pesticide and fertilizer input reduction on plant diseases and yield in oilseed rape. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 3: 983-985.
- Giamoustaris A., Mithen R. 1995. Modifying leaf glucosinolates in oilseed rape and its effects upon pest and pathogen interactions. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 4: 1220-1222.
- Gladders P. 1991. Priorities for research and development of diseases of oilseed in the United Kingdom. IOBC/wprs Bulletin, XIV (6): 2-4.
- Good A.J., Hocking P.J., Pinkerton A., Colton R.T. 1995. Canola responds to nitrogen and sulphur in new south Wales. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 1: 223-225.
- Haneklaus S., Bloem E., Schnug E. 1999. Precision Agriculture – New Production Technologies for an Old Crop. 10th Intern. Rapeseed Congress, Canberra, CD-ROM, Doc. No. 10: 1-6.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E. 1999a. Influence of Sulphur Fertilization on Yield and Quality of Oilseed Rape and Mustard. 10th Intern. Rapeseed Congress, Canberra, CD-ROM, Doc. No. 13: 1-5.
- Helal H.M., Schnug E., Gadalla M.A., Abdelsamad M.A. 1995. Root development and nutrient utilisation by *Brassica napus* as affected by sulphur supply. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 2: 556-558.
- Jędrzycka M., Podleśna A., Lewartowska E. 2002. Wpływ sposobu ochrony oraz poziomu nawożenia azotem i siarką na zdrowotność roślin rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste, Streszczenia XXIV Konferencji Naukowej, Poznań 2002*: 52.
- Klepin J. 1997. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na zdrowotność rzepaku ozimego. *Rozprawa doktorska, ATR Bydgoszcz, Wydział Rolniczy*: 1-77.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur on winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, Vol. 126: 53-62.
- Merrien A. 1987. Nitrogen and sulphur fertilization. 11. Sulphur. Sulphur fertilization of oilseed rape: an omission which can prove expensive. *Perspectives – Agricoles (France)*, Jun 1987, 115: 201-203.
- Milford G.F.J., Fieldsend J.K., Porter A.J.R., Rawlinson C.J., Evans E.J., Bilsborrow E. 1989. Changes in glucosinolate concentrations during the vegetative growth of single- and double-low cultivars of winter oilseed rape. *Aspects of Applied Biology*, 23: 83-90.
- Nashaat N.I., Rawlinson C.J. 1991. Resistance to downy mildew in *Brassica napus* ssp. *oleifera*. IOBC/wprs Bulletin, XIV/6: 166-173.
- Paul V.H., Burhenne S., Gunzelmann A. 1991. Preliminary results of research on *Peronospora parasitica* (Pers. Ex Fr.)Fr. In winter oilseed rape with special regard to the susceptibility of double-low cultivars. IOBC/wprs Bulletin, XIV (6): 174-180.
- Penaud A. 1999. Chemical control and yield losses caused by *Erysiphe cruciferarum* on oilseed rape in France. 10th Intern. Rapeseed Congress Canberra, CD-ROM, Doc. No. 327: 1-8.

- Sadowski S., Mikołajska J., Wojciechowska H. 1973. Badania nad wpływem zmianowania i dwóch poziomów agrotechniki na zdrowotność roślin uprawnych. V. Rzepak ozimy. Zesz. Nauk. ART Olszt., Rolnictwo, Nr 2: 197-206.
- Sadowski Cz. 1989. Epidemiologia i zwalczanie mączniaka rzekomego kapustnych (*Peronospora parasitica* /Pers. ex Fr./Fr.) na rzepaku ozimym. Zesz. Nauk. ATR, Rozprawy, nr 37: 1-86.
- Sadowski Cz., Muśnicki Cz., Lemańczyk G. 1995. Zdrowotność rzepaku ozimego uprawianego bez zwalczania szkodników w warunkach rejonu poznańskiego. Rośliny Oleiste, XVI (2), 221-227.
- Sadowski Cz., Ojczyk T., Lemańczyk G. 1998a. Health status of winter oilseed rape as affected by nitrogen fertilization and intensity of protection against pests. IOBC/wprs Bulletin, Vol. 21 (5): 227-233.
- Sadowski Cz., Skinder Z., Łukanowski A. 2000. Effect of fertilisation on spring health status and fungi composition on harvested seeds. IOBC/wprs Bulletin, Vol. 23 (6): 71-76.
- Sadowski Cz., Jankowski K., Łukanowski A., Trzciniński J. Health status of spring rape plants as affected by the sowing date and fertilization with sulphur, boron and magnesium. IOBC/wprs Bulletin, (w druku a).
- Sadowski Cz., Dakowska S., Łukanowski A., Jędrzycka M. Occurrence of fungal diseases on spring rape in Poland. IOBC/wprs Bulletin, (w druku b).
- Schnug E., Ceynowa J. 1990. Phytopathological aspects of glucosinolates in oilseed rape. J. Agron. & Crop Science, 165: 319-328.
- Schnug E., Haneklaus S., Booth E., Walker K.C. 1995. Sulphur supply and stress resistance in oilseed rape. Proc. of the 9th Intern. Rape Congress, Cambridge, Vol. 1: 229-231.
- Schnug E., Haneklaus S. 1995. Sulphur deficiency in oilseed rape flowers – biochemistry and ecological impact. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 1: 296-298.
- Szulc P., Piotrowski R., Drozdowska L., Skinder Z. 2000. Wpływ nawożenia siarką na plon i akumulację związków siarki w nasionach rzepaku jarego odmiany Star. Folia Univ. Agric. Stetin. 204. Agricultura, 81: 157-162.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. Roczn. AR Poznań, 303, 51: 149-167.
- Wielebski F., Wójtowicz M., Krzymański J. 1999. Influence of sulphur fertilization on glucosinolate quality and quantity in seed of two double low oilseed rape varieties (*Brassica napus* L.). 10th Intern. Rapeseed Congress, New Horizons for Old Crop, Canberra, CD-ROM, Doc. No. 301: 1-7.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2000. Problemy nawożenia rzepaku siarką w Polsce i na świecie. Rośliny Oleiste, XXI (2): 450-463.
- Walker K., Booth E.J. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. Norwegian J. Agric. Sci. Suppl., 15: 98-104.
- Wallsgrave R., Bennett R., Kiddle G., Bartlet E., Ludwig-Mueller J. 1999. Glucosinolate biosynthesis and pest/disease interaction. 10th Intern. Rapeseed Congress, New Horizons for Old Crop, Canberra, CD-ROM, Doc. No. 393: 1-5.
- Wenzel H. 1948. Zur Erfassung des Schadenausmasses in Pflanzenschutzversuchen. Pflanzenschutz Ber. 81-84.
- Zhao F.J., Evans E.J., Bilsborrow P.E. 1995. Varietal differences in sulphur uptake and utilization in relation to glucosinolate accumulation in oilseed rape. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, Vol. 2: 271-273.