

Anna Podleśna, Małgorzata Jędrzycka\*, Elżbieta Lewartowska\*

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

\* Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

## Występowanie chorób grzybowych na rzepaku ozimym w warunkach zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem

**The occurrence of fungal diseases on winter oilseed rape  
in the conditions of differentiated sulphur and nitrogen fertilization**

**Słowa kluczowe:** przebieg pogody, stopień porażenia, obrona roślin, SIR (Sulphur Induced Resistance)

Prowadzone doświadczenie polowe miało na celu ocenę działania nawożenia azotowo-siarkowego na zdrowotność rzepaku ozimego. Pierwszym czynnikiem doświadczenia było zróżnicowane nawożenie siarką (-S, +S) a drugim czynnikiem 6 poziomów nawożenia azotem. W okresie trzech lat prowadzenia badań stwierdzono, że występowanie chorób grzybowych na rzepaku zależało głównie od przebiegu pogody oraz nawożenia siarką i azotem. Rzepak nawożony siarką wykazywał na ogół mniejsze porażenie przez choroby grzybowe niż rośliny z obiektów kontrolnych a większe dawki azotu sprzyjały rozszerzaniu się infekcji chorobowych. Stosowane nawożenie siarką nie zabezpieczało całkowicie rzepaku przed chorobami grzybowymi, ale istotnie zmniejszało ich nasilenie. Chorobą, która występowała we wszystkich latach badań była sucha zgnilizna kapustnych powodowana przez grzyb *Leptosphaeria maculans*.

**Key words:** weather course, infection degree, defence of plants, Sulphur Induced Resistance (SIR)

In pro-ecological system of farming there is still a big problem of protection against diseases, especially in a situation of monoculture and increase of cultivated area. The use of fungicides is to-day a basis for protection system. In the literature we can find some information about the possibility to increase natural plant resistance by proper supply with sulphur and other mineral nutrients. The problem of sulphur deficit has been known in Poland for some years in connection with a considerable decrease of gaseous pollutants which in post-war period were the main source of sulphur for cultivated plants. The application of sulphur fertilizer can have a positive effect on their nutritive requirements and on the increase of plant resistance. The aim of field experiments was to evaluate the influence of nitrogen-sulphur fertilizers on healthiness of winter oilseed rape. The first experimental factor was differentiated sulphur fertilization (-S, +S) and the second — 6 levels of nitrogen fertilization. During vegetation fungicides were used also for the objects with and without sulphur. The observations of plant healthiness were performed just before oilseed rape harvest. In the period of three years of experiment it was found that the occurrence of fungal diseases on oilseed rape was dependent mainly on weather course as well as sulphur and nitrogen fertilization. The oilseed rape sprayed with fungicides and fertilized with sulphur showed lower fungal disease infection than plants from control objects where plants were protected only by fungicides. It was found that sulphur fertilizers used in experiments did not fully protect oilseed rape against fungal diseases but significantly decreased the infection size of the following pathogens: *Pyrenopeziza brassicae*, *Phoma*

*lingam*, *Perenospora parasitica*, *Erysiphe cruciferarum*, *Alternaria*. However there was a 2001/2002 season in Baborówko where higher infection was found in objects with mineral sulphur than at control ones. Greater nitrogen doses promoted in general the disease infection because of longer duration of green leaves and greater vegetative mass of plants. Stem cancer caused by *Leptosphaeria maculans*/*Phoma lingam* was a disease which occurred in all years of the research.

## Wstęp

---

Rzepak ozimy jest narażony na infekcje chorobowe w ciągu całego okresu wegetacji, co powoduje że oczekiwania związane z uzyskaniem zadowalającego plonu nie są często spełnione. Wzrost powierzchni uprawy tej rośliny oraz częste występowanie rzepaku po sobie dodatkowo sprzyja porażeniu zasiewów chorobami grzybowymi. Jak podaje Korbas i in. (2001) straty w plonie nasion rzepaku mogą wynosić 10–60% plonu roślin wolnych od grzybów chorobotwórczych. Tymczasem za odczuwalny próg szkodliwości dla agrofagów przyjmuje się już 3–5,5% stratę w plonie (Piekarczyk i Woźny 1986). Aby chronić rzepak przed infekcjami grzybowymi wprowadza się do rejestru nowe, genetycznie odporne odmiany oraz zaleca się przestrzeganie prewencyjnych zabiegów agrotechnicznych (Krzymański 2002). Jednakże obecnie najszerzej stosowaną metodą zmniejszenia szkodliwości chorób rzepaku jest aplikacja środków grzybobójczych. Oprócz wymienionych metod pojawiają się w literaturze informacje o korzystnym oddziaływaniu siarki nawozowej na wzrost tzw. „naturalnej” odporności roślin z rodziny krzyżowych względem stresu biotycznego spowodowanego atakiem szkodników i chorób (Sadowski i in. 2002, Schnug i Ceynowa 1990). Zastosowanie siarki nawozowej stwarzałoby możliwość zmniejszenia ilości stosowanych preparatów chemicznych przy jednoczesnym uzupełnieniu zasobów tego makroelementu, który jest składnikiem niezbędnym dla prawidłowego rozwoju rzepaku.

Celem badań była ocena wpływu zastosowanego nawożenia siarką i azotem na stan zdrowotności roślin rzepaku ozimego w uprawie polowej.

## Material i metody

---

Doświadczenia założono w SD Baborówko (woj. wielkopolskie) i RZD Grabów (woj. mazowieckie) należących do IUNG–PIB w Puławach. Badania prowadzono w trzech sezonach wegetacyjnych, w latach 1999–2002. Połowa obiektów nie otrzymała nawozów siarkowych, a pozostałą część nawożono siarką mineralną. Nawożenie azotem zróżnicowano na 6 poziomów: 0 (kontrola), 40, 80, 120, 160 i 200 kg N/ha. W wariacie bez siarki stosowano zaprawianie nasion preparatem Super Homai 70 DS, trzykrotne opryskiwanie roślin przeciwko szkodnikom oraz w okresie wiosennym dwukrotny oprysk fungicydem Horizon 250 EW. Nawozy N,

P i K podawano w formie bezsiarkowej. Wariant z siarką obejmował zaprawianie nasion preparatem Super Homai 70 DS oraz trzykrotną aplikację insektycydu (dwukrotnie Bancol 50 WP i jeden raz Bulldock 25 EC lub Fury). Ponadto w tych obiektach stosowano dodatkowo fungicyd Rovral FLO 255 SC w dawce 3,0 l/ha (RZD Grabów) lub Ronilan w dawce 1,5 l/ha (SD Baborówko) oraz w sezonie 2000/2001 i 2001/2002 preparat Siarkol K 85 WP (4 kg/ha). Dawka siarki wynikała z ilości tego składnika wniesionej jesienią wraz z nawozami NPK i wynosiła średnio 90 kg S/ha. Doświadczenie prowadzono w dwu powtórzeniach w układzie bloków losowanych. Obiektem badawczym były odmiany populacyjne rzepaku ozimego: Kana (RZD Grabów) i Lisek (SD Baborówko). Obserwacje porażenia roślin prowadzono na obu wariantach nawożenia siarką i następujących poziomach nawożenia N: sezon 1999/2000 — 0, 120 i 200 kg N/ha, sezon 2000/2001 — 0, 80, 120 i 200 kg N/ha oraz w sezonie 2001/2002 — na wszystkich 6 poziomach azotu. Wyniki pochodzą z obserwacji 100 losowo wybranych roślin z każdego poziomu nawożenia i obu powtórzeń. Wszystkie obserwacje wykonywane były przez te same osoby w obu miejscowościach, tuż przed zbiorem rzepaku. Wyjątkiem był sezon 2000/2001 w SD Baborówko, gdzie jesienią wystąpiła infekcja powodowana przez grzyb *Peronospora parasitica*. Analizę wariancji wykonano przy pomocy programu Statgraphics 5.1.

## Wyniki

---

Warunki pogodowe występujące w latach prowadzenia badań przedstawiono w tabeli 1. Należy zaznaczyć, że średnie miesięczne temperatury miały podobny układ w obu stacjach. Natomiast generalnie wyższe opady stwierdzono w RZD Grabów, szczególnie w dwu pierwszych sezonach wegetacyjnych oraz niewiele wyższe w sezonie 2001/2002. Jednak w okresie wczesnej wiosny, od marca do maja, w Baborówku stwierdzono mniej opadów w porównaniu do analogicznego okresu w Grabowie, gdzie najwyższe opady wystąpiły w okresie dojrzewania roślin. Opady zanotowane dla SD Baborówko przewyższały dane z Grabowa, zwłaszcza w okresie od stycznia aż do maja. Ponadto styczeń 2002 roku charakteryzował się w ZD Baborówko dodatnimi temperaturami. Również następne miesiące (luty, marzec) były cieplejsze niż w poprzednich latach.

Tabela 1

Przebieg warunków meteorologicznych — *Meteorological conditions course*

Miesiąc <i>Month</i>	1999/2000		2000/2001		2001/2002	
	temperatura <i>temperature</i> [°C]	opady <i>rainfall</i> [mm]	temperatura <i>temperature</i> [°C]	opady <i>rainfall</i> [mm]	temperatura <i>temperature</i> [°C]	opady <i>rainfall</i> [mm]
SD Baborówko						
IX	17,1	27,0	12,8	45,6	12,2	123,3
X	8,8	47,8	12,0	16,0	12,3	26,0
XI	3,0	26,4	6,3	48,6	3,3	60,2
XII	-1,9	39,2	2,3	46,6	-1,5	21,8
I	-0,1	30,4	-0,1	25,4	0,7	51,0
II	3,5	44,0	0,6	19,2	4,7	44,6
III	4,3	96,0	2,3	41,4	6,0	47,2
IV	11,8	14,0	7,9	41,8	8,6	40,6
V	16,3	60,0	14,2	12,0	16,1	43,8
VI	17,3	41,0	14,6	75,4	16,5	32,0
VII	16,1	61,6	19,7	25,6	20,1	28,4
RZD Grabów						
IX	15,0	33,8	11,6	77,4	12,1	102,2
X	8,0	65,7	10,9	10,9	10,7	29,2
XI	1,1	35,9	5,9	46,2	1,9	25,2
XII	0,1	23,1	1,3	44,5	-5,4	12,6
I	-1,9	37,7	-0,8	36,9	-1,1	37,7
II	2,0	40,0	-1,3	20,8	3,3	52,3
III	3,2	74,5	0,2	64,4	4,3	30,6
IV	11,8	62,3	8,1	107,5	8,4	25,5
V	15,0	63,9	14,0	13,9	17,0	22,1
VI	17,3	24,0	15,2	67,4	17,4	104,4
VII	17,1	181,9	20,3	206,4	21,0	105,0

W pierwszym roku prowadzenia obserwacji w obu miejscowościach wystąpiły na rzepaku objawy mączniaka, czerni krzyżowych na łuszczynach oraz suchej zgnilizny kapustnych (tab. 2 i 3). W obiektach nawożonych siarką zmniejszyło się nasilenie jasnej plamistości liści wywołanej przez grzyb *Pyrenopeziza brassicae*, suchej zgnilizny kapustnych powodowanej przez *P. lingam* (SD Baborówko) oraz mączniaka prawdziwego, który powodowany jest przez *E. cruciferarum* i czerni krzyżowych wywołanej przez *Alternaria* spp. (RZD Grabów). Zwiększyło się

Tabela 2

Procent roślin rzepaku porażonych przez patogeny grzybowe w SD Baborówko  
*Percent of oilseed rape plants infected with fungal pathogens in Baborówko*

Nawożenie <i>Fertilization</i>	1999/2000				2000/2001	
	<i>Erysiphe cruciferarum</i>	<i>Pyrenopeziza brassicae</i>	<i>Alternaria</i> spp. na łuszczynach <i>on siliques</i>	<i>Phoma lingam</i>	<i>Phoma lingam</i>	<i>Peronospora parasitica</i> (jesień — fall)
% roślin porażonych — <i>percent of infected plants</i>						
Siarka — <i>Sulfur</i>						
-S	73,7 a*	58,0 b	19,3 a	13,0 b	20,9 b	69,9 b
+S	70,0 a	50,3 a	21,7 b	10,7 a	15,9 a	53,3 a
Azot — <i>Nitrogen</i> [kg/ha]						
0	68,5 a	40,0 a	10,0 a	8,5 a	19,3 b	52,3 a
80	—	—	—	—	14,9 a	58,8 b
120	70,0 a	57,0 b	25,5 b	10,5 a	17,8 b	66,3 c
200	77,0 b	65,5 c	26,0 b	16,5 b	21,4 c	69,0 d

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

Tabela 3

Procent roślin rzepaku porażonych przez patogeny grzybowe w RZD Grabów  
*Percent of oilseed rape plants infected with fungal pathogens in Grabów*

Nawożenie <i>Fertilization</i>	1999/2000				2000/2001		
	<i>Erysiphe cruciferarum</i>	<i>Alternaria</i> na łuszczynach <i>on siliques</i>	<i>Phoma lingam</i>	<i>Verticillium</i> spp.	<i>Phoma lingam</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
% roślin porażonych <i>percent of infected plants</i>					stopień porażenia <i>disease severity</i> <i>of infected plants</i>		
Siarka — <i>Sulfur</i>							
-S	72,3 b*	42,7 b	11,8 a	3,7 a	12,0 b	1,5 b	0,25 a
+S	62,9 a	29,7 a	15,3 b	5,7 b	9,3 a	1,0 a	1,25 b
Azot — <i>Nitrogen</i> [kg/ha]							
0	63,0 a	19,5 a	6,0 a	3,0 a	6,8 a	1,0 a	0,0 a
80	—	—	—	—	15,0 c	1,0 a	1,0 b
120	69,0 b	38,0 b	12,0 b	5,0 b	10,0 b	2,0 b	2,0 c
200	69,5 b	51,0 c	23,5 c	6,0 b	10,8 b	1,0 a	0,0 a

\* objaśnienia pod tabelą 2 — *explanations under Table 2*

równocześnie porażenie przez suchą zgniliznę kapustnych i zgniliznę łodyg rzepaku zwaną verticiliozą. Wzrost dawek azotu powodował wzrost rozmiaru wszystkich infekcji chorobowych rzepaku. Niezależnie od nawożenia największe porażenie, wyrażone w procentach roślin porażonych, było spowodowane przez grzyb *E. cruciferarum*.

W sezonie 2000/2001 stwierdzono mniej chorób grzybowych na rzepaku. Jednakże jesienią 2001 roku wystąpiła w SD Baborówko znaczna infekcja mączniaka rzekomego wywołana przez grzyb *P. parasitica*. W obiektach nawożonych siarką stwierdzono istotnie mniejsze porażenie tym patogenem, natomiast rozmiary infekcji wzrastały wraz ze wzrostem dawek nawożenia azotowego. W obu miejscowościach na rzepaku nawożonym siarką stwierdzono mniejszy procent roślin porażonych przez suchą zgniliznę kapustnych, a także mniejsze porażenie przez szarą pleśń powodowaną przez *B. cinerea*. Przeciwny efekt uzyskano dla infekcji wywołanej przez grzyb *S. sclerotiorum*. W przypadku wymienionych chorób wpływ dawek azotu był niejednoznaczny.

W ostatnim okresie wegetacyjnym wystąpiło więcej chorób grzybowych na badanych odmianach populacyjnych rzepaku (tab. 4 i 5). Należy zaznaczyć również, że w Baborówku większe porażenie chorobami stwierdzono w obiektach nawożonych siarką. Nie było ponadto wyraźnej tendencji charakteryzującej wpływ dawek azotu na rozmiar infekcji. Natomiast w RZD Grabów zastosowanie siarki istotnie zmniejszyło nasilenie wszystkich chorób grzybowych (tab. 5). Wystąpiło też, podobnie jak w Baborówku, znaczne porażenie roślin przez suchą zgniliznę kapustnych. Rozmiar infekcji zwiększał się w obiektach wyżej nawożonych azotem oraz stwierdzono większy stopień porażenia tą chorobą ocenianych roślin. Pozostałe choroby rzepaku nie stanowiły większego zagrożenia bowiem średni stopień porażenia łodyg a zwłaszcza łuszczyn przez czerni krzyżowych świadczył o niewielkim zagrożeniu tą chorobą. Również stopień porażenia roślin przez szarą pleśń, zgniliznę twardzikową i verticiliozę przyjmował małe wartości.

## Dyskusja

---

Chociaż odporność roślin jest kontrolowana genetycznie to może w znacznym stopniu podlegać działaniu czynników środowiska. W tym względzie dużą rolę odgrywają warunki pogodowe panujące w ciągu całego roku. Potwierdzają to szczegółowe badania Mączyńskiej i in. (2001) oraz Kurowskiego i Budzyńskiego (2003), którzy stwierdzili, że ciepła jesień umożliwia rozwój wielu chorób rzepaku, a duża ilość opadów wiosną i w okresie kwitnienia rzepaku sprzyja dalszemu ich rozwojowi. Obserwacje prowadzone przez tych autorów stwierdzają występowanie czerni krzyżowych na organach wegetatywnych i łuszczynach oraz zgnilizny twardzikowej i szarej pleśni na przełomie 1999 i 2000 roku. Podobne warunki

Tabela 4

Porażenie rzepaku odmiany Lisek przez choroby grzybowe w SD Baborówko (2001/2002)  
*Infestation of Lisek oilseed rape by fungal diseases in Baborówko (2001/2002)*

Nawożenie <i>Fertilization</i>	<i>Phoma lingam</i>		<i>Alternaria</i> spp.		<i>Botritis cinerea</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
			łodygi <i>stems</i>	łuszczyzny <i>siliques</i>		
	% roś. por. <i>% infected plants</i>	stopień porażenia <i>disease severity of infected plants</i>				
Siarka — <i>Sulfur</i>						
-S	37,7 a	1,28 a	0,29 a	0,42 a	0,16 a	0,68 a
+S	41,8 b	1,54 b	0,34 b	0,61 b	0,21 b	0,65 a
Azot — <i>Nitrogen</i> [kg/ha]						
0	23,0 a	0,83 a	0,32 b	0,44 ab	0,20 a	0,27 a
40	41,5 d	1,62 c	0,25 a	0,50 b	0,14 a	0,63 b
80	45,5 e	1,68 c	0,38 b	0,63 c	0,20 a	0,81 d
120	49,3 f	1,77 c	0,25 a	0,50 b	0,14 a	0,59 b
160	38,8 b	1,23 b	0,32 b	0,38 a	0,28 b	0,71 c
200	40,3 c	1,33 b	0,38 b	0,63 c	0,16 a	0,99 e

\* objaśnienia pod tabelą 2 — *explanations under Table 2*

Tabela 5

Porażenie rzepaku odmiany Kana przez choroby grzybowe w RZD Grabów 2001/2002  
*Infestation of Kana oilseed rape by fungal diseases in Grabów (2001/2002)*

Nawożenie <i>Fertilization</i>	<i>Phoma lingam</i>		<i>Alternaria</i> spp.		<i>Botritis cinerea</i>	<i>Sclerotinium sclerotiorum</i>	<i>Verticillium</i> spp.
			łodygi <i>stems</i>	łuszczyzny <i>siliques</i>			
	% roś. por. <i>% infected plants</i>	stopień porażenia <i>disease severity of infected plants</i>					
Siarka — <i>Sulfur</i>							
-S	40,8 a*	1,59 b	0,57 b	0,40 b	0,06 b	0,08 b	2,08 b
+S	37,4 b	1,42 a	0,48 a	0,31 a	0,04 a	0,03 a	1,43 a
Azot — <i>Nitrogen</i> [kg/ha]							
0	24,8 a	0,90 a	0,44 ab	0,32 a	0,04 bc	0,00 a	0,97 b
40	39,0 b	1,42 b	0,32 a	0,44 b	0,09 cd	0,01 b	2,40 c
80	44,8 d	1,68 bc	0,69 c	0,44 b	0,07 d	0,08 ab	3,42 d
120	41,0 c	1,60 bc	0,57 bc	0,32 a	0,00 a	0,15 b	0,00 a
160	43,3 d	1,53 bc	0,57 bc	0,32 a	0,01 ab	0,08 ab	2,25 c
200	44,3 d	1,90 c	0,57 bc	0,32 a	0,08 d	0,02 ab	1,50 bc

\* objaśnienia pod tabelą 2 — *explanations under Table 2*

meteorologiczne wystąpiły w tym sezonie w miejscach prowadzenia doświadczenia, stąd na obu odmianach stwierdzono czerń krzyżowych oraz znaczne nasilenie mączniaka rzekomego i mączniaka prawdziwego. Stwierdzono też stosunkowo niewielkie porażenie przez suchą zgniliznę kapustnych, która występuje powszechnie na terenie całego kraju (Jędrzycka i in. 1994, 1997). Według obserwacji prowadzonych w roku 2000 średnie porażenie tą chorobą w kraju było o 1,9% niższe niż średnia wieloletnia natomiast dla województwa wielkopolskiego i lubelskiego wynosiło odpowiednio 5,8 i 4,3% (Walczak i in. 2001). Mniejsze opady i niższa temperatura w okresie zimy i wczesnej wiosny spowodowały prawdopodobnie mniejsze nasilenie chorób w sezonie 2000/2001 w przeciwieństwie do roku następnego 2001/2002, kiedy w SD Baborówko zanotowano stosunkowo wysokie temperatury i dużo opadów w okresie jesienno-wiosennym. W RZD Grabów w omawianym okresie wystąpiły nieco inne warunki pogodowe. Grudzień i styczeń charakteryzował się ujemnymi temperaturami a od kwietnia do lipca temperatury były stosunkowo wysokie (8,4–21,0°C). Pomimo niewielkich różnic w obu miejscowościach wystąpiły te same choroby rzepaku. O ile jednak w większości występujących chorób stwierdzono obniżenie ich nasilenia w obiektach z siarką mineralną, to w ostatnim roku prowadzenia badań w SD Baborówko uzyskano efekt przeciwny. Można przypuszczać, że znaczne opady występujące od września 2001 aż do maja 2002 roku spowodowały wymycie składników pokarmowych podanych zarówno przed siewem nasion, jak również azotu podawanego regularnie po ruszeniu wegetacji. Dotyczyć to mogło także siarki siarczanowej, która jak wiadomo łatwo ulega przemieszczeniu poza zasięg systemu korzeniowego roślin. O nietypowym przebiegu wzrostu i rozwoju rzepaku w SD Baborówko mogą świadczyć wyjątkowo niskie plony nasion (średnio 1,7 t/ha) i słomy (średnio 2,9 oraz 3,2 t/ha, odpowiednio dla obiektów -S i +S) uzyskane w roku 2002. Znacznie zmniejszone jest również pobranie przez te rośliny większości makroelementów (dane nie publikowane). Te informacje mogą wskazywać na wystąpienie innego czynnika, który osłabił wzrost i rozwój rzepaku jeszcze w okresie jesieni. Mogło to być znaczne (około 50–60%) porażenie młodych roślin przez mączniaka rzekomego kapustnych, który dostaje się do roślin przez szparki oddechowe. Jak wiadomo, złe funkcjonowanie szparek oddechowych obok ograniczenia powierzchni asymilacyjnej, spadku zawartości chlorofilu lub degeneracji chloroplastów jest uważane za główną przyczynę zmniejszenia aktywności fotosyntetycznej roślin (Grzesiuk i in. 1999). Obniżona aktywność fotosyntetyczna przy wzrastającej intensywności oddychania mogła znacznie zmniejszyć przyrost masy rzepaku oraz jego zapotrzebowanie na składniki pokarmowe. Rośliny rzepaku były w tych warunkach słabsze i łatwiej ulegały infekcjom innych chorób. Natomiast większe porażenie roślin nawożonych siarką może wynikać ze współdziałania azotu i siarki w intensyfikacji procesów metabolicznych. Dostępność siarki (i azotu) spowodowała pewien przyrost masy organów wegetatywnych rzepaku w stosunku do roślin



nie nawożonych tym składnikiem. Rośliny osłabione po jesiennej infekcji oraz zimie, które wytwarzały dodatkowo większe i dłużej funkcjonujące liście miały osłabione mechanizmy obronne i były bardziej narażone na infekcje.

Następnym elementem środowiska oddziałującym na poziom odporności roślin uprawnych jest nawożenie mineralne (Marschner 1995). Liczne badania potwierdzają, że odpowiednia koncentracja siarki w roślinach wywołuje szereg zmian, które prowadzą do wzrostu odporności względem inwazji patogenów grzybowych (Schnug i Ceynowa 1990). Można zatem przyjąć, że mniejsze porażenie rzepaku przez choroby wynikało z dodatkowego nawożenia siarką, bowiem ten składnik jest obecny w glukozyzolanach, których zawartość w rzepaku zależy od dostępności siarki (Horodyski i Krzywińska 1979). Wykazano doświadczalnie, że produkty rozpadu tych związków cechuje wysoka aktywność biologiczna, co przejawia się znaczną toksycznością m.in. w stosunku do grzybów patogennych (Schnug i Ceynowa 1990). Stwierdzono, że produkty rozpadu glukozyzolanów są efektywne przeciwko *L. maculans*, *P. parasitica*, *P. brassicae* i *Alternaria* spp. (Osbourn 1996). Z badań Booth i Walker (1997) prowadzonych w Anglii wynika jednak, że wzrastający poziom glukozyzolanów w rzepaku nie może zastąpić działania fungicydów, ale może wpłynąć na obniżenie smakowitości i wzrostu toksyczności zaatakowanej rośliny. Zmusza to szkodniki do poszukiwania mniej toksycznych źródeł pokarmu (Waligórska i Krzymańska 1993). Dzięki temu uszkodzenia przybierają mniejsze rozmiary, a to zmniejsza wrota zakażenia i ryzyko rozprzestrzeniania się chorób. Wcześniejsze prace Podleśnej (2003, 2004) potwierdzają wyższą koncentrację siarki w rzepaku nawożonym tym składnikiem, co może pośrednio wskazywać na wyższą zawartość glukozyzolanów.

Patogeny grzybowe wywołują różne reakcje obrony biochemicznej w roślinie, w których uczestniczy siarka (Gullner i Kömives 2001). W ostatnich latach stwierdzono, że ważną rolę we wszystkich reakcjach obronnych roślin odgrywa glutation (GSH), który powstaje m.in. z cysteiny (Rennenberg 1997). Biochemiczne funkcje glutationu w zainfekowanych roślinach to przede wszystkim produkcja wtórnych metabolitów roślinnych, tj. ligniny (wzmocnienie ścian komórkowych) czy fitoaleksyn. Wspomniane fitoaleksyny to związki o szerokim spektrum działania, które jednak nie występują w zdrowych tkankach roślinnych, ale są syntetyzowane w komórkach usytuowanych niedaleko miejsca infekcji. Fitoaleksyny obecne w roślinach krzyżowych mają co najmniej jeden atom siarki i wykazują różne rodzaje aktywności przeciwko chorobom grzybowym (Soledate i in. 1998). Jednakże zdaniem Benta (1996) tego rodzaju substancje mogą ograniczyć kolonizację ale często nie blokują całkowicie choroby. Potwierdzałyby to uzyskane przez nas wyniki, które wskazują tylko (choć często istotne) zmniejszenie rozmiaru infekcji w obiektach nawożonych siarką w porównaniu do obiektów kontrolnych. W Niemczech opracowano model SIR (Sulphur Induced Resistance) służący do oceny odporności roślin uprawnych na choroby grzybowe indukowanej dobrym stanem ich zaopatrzenia w siarkę (Salac i in. 2003).

W literaturze ostatnich lat można znaleźć informacje o oddziaływaniu siarki nawozowej na wzrost koncentracji i pobrania przez rzepak siarki, azotu, potasu oraz wapnia (Lośák i in. 2000, Podleśna 2004). Dotyczy to zwłaszcza organów wegetatywnych, które są przez dłuższy okres rozwoju rośliny narażone na atak czynników chorobotwórczych. Wraz ze wzrostem dawki azotu stwierdzono w doświadczeniu wyraźny wzrost porażenia rzepaku przez *E. cruciferarum*, *P. brassicae*, *Alternaria* spp., *P. lingam* oraz *Verticillium* spp. w dwu pierwszych latach badań. W sezonie 2001/2002 sytuacja jest bardziej skomplikowana, szczególnie jeśli chodzi o wyniki uzyskane w SD Baborówko. Jankowski i Budzyński (1997) oraz Kurowski i Budzyński (2003) także obserwowali tendencję do większego porażenia przez *B. cinerea* rzepaku nie chronionego, nawożonego większymi dawkami azotu. W badaniach Sadowskiego i in. (2002) stwierdzono silniejsze objawy *E. cruciferarum* i *P. parasitica* na poletkach nawożonych wyższymi dawkami azotu. Natomiast lepsze zaopatrzenie roślin w azot skutkowało mniejszym ich porażeniem przez *S. sclerotiorum* (Jankowski i Budzyński 1997), podczas gdy nasze wyniki uzyskane w SD Baborówko mają tendencję przeciwną. Zdaniem Marschnera (1995) takie zróżnicowanie reakcji na nawożenie azotem wynika ze specyfiki samego czynnika chorobotwórczego. Z jednej strony azot zwiększa wzrost roślin oraz proporcję młodych liści do starych. Jednocześnie w roślinach dobrze odżywionych azotem wzrasta koncentracja aminokwasów, a spada aktywność enzymów uczestniczących w metabolizmie fenoli. Tymczasem odpowiednia ilość związków fenolowych w roślinie jest ważna, ponieważ pełnią one rolę ochronną przed infekcją mikroorganizmów. Wiele z nich ma charakter fitoaleksyn (Strzałka 1998). Stąd rośliny wysoko nawożone azotem są atrakcyjniejsze dla patogenów i szkodników przy słabszych mechanizmach obronnych.

Znaczna rola w tworzeniu odporności roślin względem chorób grzybowych przypada bez wątpienia wapniowi (Marschner 1995), którego koncentracja wzrastała w organach wegetatywnych rzepaku nawożonego siarką (Podleśna 2004). Po pierwsze wapń jest składnikiem niezbędnym dla stabilizacji membran. Po drugie składniki zawierające wapń są potrzebne do tworzenia stabilności ścian komórkowych, co polega na silnym hamowaniu przez jony  $\text{Ca}^{2+}$  aktywności enzymów rozpuszczających środkowe płytki ściany komórkowej skórki. Dzięki temu wiele grzybów i bakterii nie może wtargnąć do tkanki roślinnej.

Przedstawione hipotezy i wyniki badań naukowych dotyczące wpływu nawożenia na odporność rzepaku wskazują czynniki związane z powstawaniem naturalnej obrony roślin przed czynnikami chorobotwórczymi. Należy jednak pamiętać, że o ile pewne oddziaływania pomiędzy rośliną i patogenem są rozpoznane w badaniach laboratoryjnych, to w warunkach uprawy polowej zjawisko to jest bardziej złożone.

## Wnioski

---

- Występowanie chorób grzybowych rzepaku zależało od lokalizacji doświadczenia, przebiegu pogody i zastosowanego nawożenia azotowo-siarkowego.
- Corocznie w obu stacjach występowała sucha zgnilizna kapustnych powodowana przez grzyb *Leptosphaeria maculans*.
- Rzepak, w którym stosowano fungicydy i równocześnie nawożono siarką wykazywał na ogół mniejsze porażenie przez główne choroby grzybowe w porównaniu do obiektów chronionych tylko fungicydami.
- Większe dawki azotu powodowały z reguły wzrost rozmiaru infekcji chorobowych rzepaku.

## Literatura

---

- Bent A.F. 1996. Plant disease resistance genes: function and structure. *Plant Cell*, 8: 1757-1771.
- Booth E., Walker K. 1997. The effectiveness of foliar glucosinolate content raised by sulphur application on disease control in oilseed rape. In: Sulphur metabolism in higher plants. Ed. W.J. Cram et al., Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 327-329.
- Grzesiuk S., Koczowska I., Górecki R.J. 1999. Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby. Wyd. ART w Olsztynie.
- Gullner G., Kömives T. 2001. The role of glutathione and glutathione-related enzymes in plant-pathogen interactions. In: Significance of glutathione to plant adaptation to the environment. Ed. D. Grill et al., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands: 207-239.
- Horodyski A., Krzywińska F. 1979. Wpływ nawożenia siarką na plon i jakość rzepaku ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 229: 101-109.
- Jankowski K., Budzyński W. 1997. Nawożenie azotem a stopień uszkodzeń rzepaku ozimego przez szkodniki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 439: 273-280.
- Jędrzycka M., Lewartowska E., Frencl I. 1994. Properties of *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. isolates from Poland. I. Pathogenicity characterisation. *Phytopathologia Polonica*, 7 (XIX): 71-79.
- Jędrzycka M., Rouxel T., Balesdent M.H., Mendes-Pereira E., Bertrand J. 1997. Charakterystyka molekularna polskich szczepów grzyba *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVIII (2): 305-314.
- Korbas M., Wałkowski T., Gwiazdowski R. 2001. Progi szkodliwości chorób rzepaku ozimego. *Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin*, vol. 41 (1): 286-290.
- Krzymański J. 2002. Kierunki prac w hodowli rzepaku. *Wieś Jutra*, 2: 5-7.
- Kurowski T.P., Budzyński W. 2003. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony przed szkodnikami na zdrowotność rzepaku jarego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIV (2): 455-463.
- Lošák T., Hřivná L., Richter R. 2000. Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on yields, quality and chemical composition of winter rape. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 472: 481-487.

- Marschner H. 1995. Relationships between mineral nutrition and plant diseases and pests. In: Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: 436-460.
- Mączyńska A., Głazek M., Krzyżińska K., Banachowska J. 2001. Porażenie przez grzyby chorobotwórcze roślin rzepaku ozimego w latach 1999 i 2000. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (1): 127-138.
- Osborn A.E. 1996. Performed antimicrobial compounds and plant defence against fungal attack. *Plant Cell*, 8: 1821-1831.
- Piekarczyk K., Woźny J. 1986. Progi ekonomicznej szkodliwości chorób i szkodników roślin uprawnych. Inst. Ochr. Roślin, Poznań: 3-9.
- Podleśna A. 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIV: 641-649.
- Podleśna A. 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV: 627-636.
- Rennenberg H. 1997. Molecular approaches to glutathione biosynthesis. In: Cram et al (Eds.). Sulphur metabolism in higher plants. Molecular, ecophysiological and nutritional aspects. Backhuys Publishers, Leiden.
- Sadowski Cz., Baturó 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. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII: 391-408.
- Salac I., Bloem E., Haneklaus S., Schnug E. 2003. Sulphur Induced Resistance (SIR). *Nawozy i Nawożenie*, 4 (17): 206-212.
- Schnug E., Ceynowa J. 1990. Phytopathological aspects of glucosinolates in oilseed rape. *J. Agron. Crop Sci.*, 165: 319-328.
- Soledade M., Pedras C., Khan A.Q., Taylor J.L. 1998. The phytoalexin amalexin is not metabolized by *Phoma lingam*, *Alternaria brassicae* or phytopathogenic bacteria. *Plant Sci.*, 139: 1-8.
- Strzałka K. 1998. Przemiany związków organicznych i energii u roślin. Procesy anaboliczne. W: Podstawy fizjologii roślin. Red. J. Kopcewicz i S. Lewak, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 285-340.
- Walczak F., Grendowicz L., Jakubowska M., Skorupska A., Strugała N., Trawal A., Wójtowicz A. 2001. Szkodliwość ważniejszych agrofagów roślin uprawnych w Polsce w 2000 roku i stan zachwaszczenia upraw roślin rolniczych. *Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin*, vol. 41 (1): 330-349.
- Waligórska D., Krzymańska J. 1993. Aktywność biologiczna glukozyolanów wyizolowanych z liści rzepaku. *Post. Nauk Rol.*, 5: 151-156.