

## ODPORNOŚĆ ODMIAN ŁUBINU ŻÓŁTEGO NA *FUSARIUM* SPP.

BARBARA SAWICKA<sup>1</sup>, PIOTR PSZCZÓŁKOWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin*

<sup>2</sup>*Zakład Doświadczalny Oceny Odmian COBORU w Uhninie, 21-211 Dębowa Kłoda*

**Synopsis.** W latach 2011–2012, w ścisłym doświadczeniu polowym, w warunkach prowokacyjnych, oceniano porażenie kilku odmian łubinu żółtego przez *Fusarium* spp. oraz plon nasion tych odmian. Pierwszej obserwacji nasilenia porażenia *Fusarium* spp. dokonywano w fazie początku kwitnienia pędu głównego, drugiej – w 3 tygodnie później i trzeciej – w fazie dojrzewania strąków na pędzie głównym. Występowanie i nasilenie fuzarioz zależało od warunków glebowo-klimatycznych oraz stosowanej agrotechniki i ochrony roślin. Odmianą najbardziej odporną na wystąpienie choroby okazała się Dukat i Lord, najmniej zaś – Talar. Najplenniejszą odmianą, niezależnie od roku badań, okazała się wczesna Baryt, homologiczną pod tym względem – odmiana Talar, zaś najmniej plenną – odmiana Lord. Wykorzystanie potencjału biologicznego łubinu żółtego było uzależnione od czynników działających kompleksowo, a do najważniejszych zaliczono przebieg warunków atmosferycznych.

**Słowa kluczowe:** łubin żółty, odmiany, zdrowotność, fuzarioza, plon nasion

### WSTĘP

Niezwykła plastyczność gatunków z rodzaju *Lupinus*, co do wymagań glebowych sprawia, że mogą one rosnąć nie tylko na glebach dobrych (łubin biały), jak i na glebach słabych (łubin żółty) [Prusiński i Borowska 2002, Prusiński 2010]. Ten ostatni, pochodzący z krajów śródziemnomorskich jest rośliną gleb lekkich i kwaśnych, których w Polsce jest ok. 65%. Nasiona łubinu żółtego stanowią wartościową, wysokobiałkową paszę dla zwierząt, a uprawa w zmianowaniach o dużej koncentracji zbóż pomaga poprawić właściwości mechaniczne i chemiczno-fizyczne gleby [Bieniaszewski i in. 2012, Jasińska i Kotecki 1993, Jędryczka i in. 1993, Krześlak 2000, Kurowski i in. 2001, 2005, Prusiński 2010]. Wg raportu opracowanego przez 10 naukowców pt. „Rola roślin wysokobiałkowych w ochronie środowiska w nowej Wspólnej Polityce Rolnej” wzrost produkcji roślin bobowatych, w tym łubinów, przyczynia się do poprawy sytuacji producentów, jak i środowiska poprzez poprawę jakości gleb dzięki wiązaniu azotu, redukuje ilość chorób roślin oraz może poprawić stan lokalnej fauny, np. pszczoł, poprzez większą bioróżnorodność [Anonimus 2013]. Łubin żółty jest odporny na wiosenne przymrozki. Ma też niskie wymagania glebowe, udaje się nawet na glebach luźnych i piaszczystych, jednak duży wpływ na jego rozwój wywiera przebieg pogody, determinujący wzrost i plonowanie odmian [Anonimus 2013, Bieniaszewski i in. 2012, Jasińska i Kotecki 1993, Prusiński i Borowska 2002]. Warunki klimatyczne wywierają z kolei wpływ na nasilenie chorób łubinu, w tym fuzariozy (fuzaryjna zgorzel łubinu i fuzaryjne więdnienie łubinu) oraz antraknozy łubinu (*Colletotrichum gloeosporioides*) [Bieniaszewski i in. 2004, Krześlak 2000, Kurowski i in. 2010]. Mogą one powodować bardzo duże uszkodzenia roślin prowadzące w skrajnych przypadkach

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: barbara.sawicka@up.lublin.pl

nawet do całkowitego zniszczenia plantacji. Duże szkody w uprawie tego gatunku wyrządzają fuzariozy (*Fusarium* spp.). Powodują one zgorzel siewek a fuzaryjne więdnienie może przenosić się z materiałem siewnym, ale patogen może także rozwijać się saprofitycznie w glebie lub pasożytować na innych roślinach uprawnych i chwastach. Objawy tej choroby występują w postaci zgorzeli przedwiosennej, gnicia korzeni, uwiędów i przedwczesnego zamierania roślin na skutek zakłócenia funkcji fizjologicznych [Corpas-Hervias i in. 2006, Holz i in. 2013, Jędrzycka i in. 1993, Kurowski i in. 2001, 2010]. Do powszechnie występujących patogenów łubinu, w warunkach Polski, zaliczane są fuzariozy powodowane przez *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini*. Rybus-Zajac i Morkunas [2005] wykazały, iż infekcja *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini* powoduje okresowe zahamowanie wzrostu siewek, przełamane w dalszej fazie ich rozwoju oraz aktywację  $\beta$ -glikozydazy oraz peroksydaz. Poinfekcyjne zmiany aktywności enzymów wskazują na uruchamianie mechanizmu obronnego względem *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini* i zahamowanie rozprzestrzeniania się patogena. Morkunas i in. [2002] stwierdzili, iż istnieje współzależność między poziomem węglowodanów a infekcyjnością i przebiegiem chorób grzybowych w kielkujących nasionach łubinu. Holtz i in. [2013], w warunkach Kanady, wykazali, że fuzariozy w uprawach łubinu są najczęściej wywoływane przez *Fusarium avenaceum*, a następnie: *F. oxysporum*, *F. solani* i *F. acuminatum*. Zakażenie nasion łubinu przez *F. avenaceum* powodował ciężkie objawy zgnilizny korzeni w teście szklarniowym. Chociaż korzenie łubinu są często kolonizowane przez inne gatunki *Fusarium*, to jednak oprócz *F. avenaceum* okazały się niepatogenne lub słabo patogenne. Choroby łubinu powodowane przez grzyby chorobotwórcze stanowią poważny problem w rolnictwie. Prowadzą do zniszczenia części plonu oraz pogorszenia jego jakości, poprzez zmiany w składzie biochemicznym nasion lub zanieczyszczenie ich mykotoksynami [Corpas-Hervias i in. 2006, Holz i in. 2013]. Trudności z opanowaniem tej choroby są m.in. przyczyną zmniejszenia powierzchni uprawy łubinu w naszym kraju [Kurowski i in. 2001, 2005, Prusiński 2010]. Stąd też celem badań było określenie odporności wybranych odmian łubinu żółtego na *Fusarium* spp. w warunkach chemicznej ochrony przed chorobami oraz określenie plenności tych odmian.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2011–2012 w ścisłym doświadczeniu polowym, założonym metodą losowanych bloków, w 4 powtórzeniach, w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian w Uhninie (woj. lubelskie) (51°34' N, 23°04' E). Doświadczenie zlokalizowano na glebie lekkiej, klasy IVb, kompleksu żytniego dobrego, w warunkach prowokacyjnych. Przed siewem, w wydzielonym na stałe polu, wysiewano odmianę podatną na *Fusarium* sp. (Juno), której resztki poźniwne były rozdrabniane i przyorywane. Wiosną jedną połowę pola przeznaczano pod doświadczenie, zaś drugą traktowano, jako pole przygotowawcze wysiewając odmianę podatną na *Fusarium* sp. W następnych latach zakładano na przemian: doświadczenie na polu obsianym w roku poprzednim – odmianą podatną łubinu żółtego (Juno), a pole przygotowawcze – tam, gdzie było w poprzednim roku doświadczenie. Przed siewem nasiona zaprawiano zaprawą Funaben T. Na całej powierzchni doświadczenia, bezpośrednio po siewie, stosowano herbicyd Afalon Dyspersyjny 450 SC w celu zwalczania chwastów dwuliściennych. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 10,5 m<sup>2</sup>. Czynnikiem eksperymentu były cztery tradycyjne, niesamokończące odmiany łubinu żółtego (Baryt, Dukat, Mister – wczesne, Talar – średnio wczesna, Lord – średnio późna). Obsada roślin była stała i wynosiła 80 roślin na 1 m<sup>2</sup>. W okresie wegetacji stosowano zabiegi ochrony roślin przy użyciu fungicydów (Bravo Plus 500 SC – w dawce 2,0 dm·ha<sup>-1</sup> – po zaobserwowaniu pierwszych objawów oraz Sarfun 500 SC

– w dawce 0,7 dm·ha<sup>-1</sup> – dwa tygodnie później). W każdym sezonie wegetacji trzykrotnie oceniano zdrowotność wszystkich roślin na poletku. Po osiągnięciu przez odmianę wzorcową (Juno) danej fazy rozwojowej przeprowadzano ocenę porażenia na wszystkich odmianach. Pierwszej obserwacji dokonywano w fazie początku kwitnienia pędu głównego, drugiej – w 3 tygodnie później i trzeciej – w fazie dojrzewania strąków na pędzie głównym. Określano nasilenie objawów fuzariozy. Wyniki obserwacji przedstawiono jako procent porażonych roślin na poletku. Po uzyskaniu przez rośliny dojrzałości pełnej oznaczono plon nasion. Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem „F” Fishera-Snedecora, a istotność różnic – testem Tukeya [Trętowski i Wójcik 1988].

Przy danych dotyczących porażenia fuzariozą zastosowano transformację normalizującą za Van der Plank’iem [1963]:

$$y = \ln \frac{p}{1-p} + 5,$$

gdzie p – oznacza frakcję roślin porażonych. Liczbę 5 dodano, aby wynik transformacji był zawsze dodatni. Przy pomocy tego wzoru nie ma możliwości transformowania skrajnych wartości, tzn. 0 i 100%, gdyż w rozkładzie normalnym przechodzą one przez punkty nieskończoności. Stąd też zastosowano dodatkową transformację, odpowiednio:

$$p = \frac{1}{N+2}; \quad p = \frac{N+1}{N+2};$$

gdzie N – liczba roślin na poletku.

W celu określenia współzależności między badanymi cechami obliczono współczynnik korelacji prostej Person’a. Ponadto wyliczono niektóre cechy statystyki opisowej, takie jak: odchylenie standardowe, mediana, kurtoza, zakres, minimum, współczynnik zmienności dla badanych cech, w ZDOO Uhnin.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków termiczno-wilgotnościowych, w okresie wegetacji łubinu żółtego, w latach 2011–2012, był zróżnicowany (tab. 1 i 2). Średnie temperatury powietrza, a także ilość

Tabela 1. Opady oraz współczynnik hydrotermiczny Sielaninowa, w okresie wegetacji łubinu żółtego, wg stacji meteorologicznej w Uhninie w latach 2011–2012

Table 1. Precipitation and hydrothermal coefficient of Sielaninov in yellow lupine growing season, according to a weather station in Uhnin in the years 2011–2012

Lata Years	Miesiąc Month	Suma opadów w mm Total rainfall in mm				Miesiąc Month	% średniej wieloletniej % average long-term*	Współczynnik hydrotermiczny Hydrothermal coefficient ***
		dekada – decade						
		1	2	3				
2011	IV	17,6	18,7	3,6	39,9	110,8	1,4	
	V	19,2	12,7	14,3	46,2	81,1	1,1	
	VI	53,6	17,9	45,7	117,2	174,9	2,1	
	VII	81,2	31,8	56,7	169,7	229,3	2,9	
	VIII	13,6	14,7	14,6	42,9	60,4	0,8	
	IX	5,2	0,00	3,7	8,9	17,4	0,2	
	Suma – Sum				424,8			

Tabela 1. cd.  
Table 1. cont.

2012	IV	7,7	21,9	0,4	30,0	83,3	1,1
	V	5,7	30,8	1,5	38,0	65,5	0,8
	VI	23,8	56,2	20,8	100,8	150,4	1,9
	VII	34,5	12,1	6,5	53,1	71,8	0,8
	VIII	7,7	50,1	12,3	70,1	98,7	1,2
	IX	2,8	7,4	23,8	34,0	66,7	0,8
	Suma – Sum				326,0		

\* norma wieloletnia wyliczona za okres 1971–2010 dla stacji meteorologicznej w Uhninie – standard perennial calculated for the period 1971–2010 for the meteorological station in Uhnin;

\*\* kryterium suchości Radomskiego: < 25% normy – miesiąc skrajnie suchy; 25–49% normy – miesiąc bardzo suchy; 50–74% normy – miesiąc suchy; 75–125% normy – miesiąc przeciętny; 126–150% normy – miesiąc wilgotny; 151–200% normy – miesiąc bardzo wilgotny; > 200% normy – miesiąc skrajnie wilgotny – Radomski dryness criterion: <25% of normal – extremely dry months, 25–49% of normal – very dry month, 50–74% – the standards – month dry; 75–125% of normal – month average, 126–150% of normal – wet months; 151–200% of normal – very wet month, > 200% of normal – extremely humid months

\*\*\* współczynnik Sielianinowa liczone wg wzoru – Sielianinov coefficient was calculated using the following formula:

$$\frac{\Sigma \text{ opadów}}{\Sigma \text{ średnich dobowych temperatur powietrza}}$$

gdzie wartość >0,5 – susza; 0,5–1 – posucha; 1,1–2 – wilgotny; > 2 – bardzo wilgotny – where the value of >0.5 – drought, 0.5–1 – semi drought; 1:1–2 – moist, > 2 – very wet

Tabela 2. Temperatury powietrza w okresie wegetacji łubinu żółtego wg stacji meteorologicznej w Uhninie w latach 2011–2012

Table 2. Air temperature during the growing season of yellow lupine by the meteorological station in Uhnin in the years 2011–2012

Lata Years	Miesiąc Month	Średnia w dekadzie Average in the decade (°C)			Średnia w miesiącu The average in month (°C)	Odchylenie od normy The deviation from the norm (°C)*
		1	2	3		
2011	IV	8,7	7,4	12,7	9,6	1,9
	V	8,7	15,1	17,7	14,0	0,4
	VI	21,0	17,0	17,3	18,4	1,7
	VII	16,8	21,2	18,2	18,7	0,1
	VIII	18,2	18,3	17,9	18,1	0,5
	IX	14,5	15,6	12,9	14,3	1,6
2012	IV	4,1	9,2	15,0	9,4	1,7
	V	16,1	12,0	16,6	15,0	1,4
	VI	15,1	18,8	18,7	17,5	0,8
	VII	25,2	18,6	21,6	21,8	3,2
	VIII	21,2	17,0	18,0	18,7	1,1
	IX	15,8	15,2	12,1	14,3	1,6

\* norma wieloletnia za okres 1971–2009 dla stacji meteorologicznej w Uhninie – standard for many years for the period 1971–2009 for the meteorological station in Uhnin

opadów i ich rozkład były wyraźnie odmienne w poszczególnych latach i znacznie odbiegały od potrzeb wodnych tego gatunku. Suchy i ciepły kwiecień przyczynił się do szybkich i równomiernych wschodów i intensywnego wzrostu roślin. Warunki termiczne w maju, we obydwu latach badań, odbiegały wyraźnie od średniej z wielolecia. Na początku drugiej dekady maja wystąpiło gwałtowne ochłodzenie i przymrozki, co zahamowało wzrost roślin i osłabiło ich kondycję, jednak uszkodzeń przymrozkowych nie zanotowano.

Doświadczenie w 2011 roku założono w optymalnym terminie, w sprzyjających warunkach atmosferycznych. Ogólnie ten rok był ciepły, z bardzo mokrym czerwcem i lipcem. Szczególnie gorący, bardzo suchy był sierpień, a skrajnie suchy okazał się wrzesień. 2012 rok charakteryzował się posuchą panującą od wczesnej wiosny do połowy czerwca, przy temperaturach znacznie przekraczających średnią z wielolecia. Od 25 kwietnia nastąpiło gwałtowne ocieplenie, temperatura powietrza sięgała 30°C. Wschody były szybkie i równomierne. Od 8 maja wystąpiły opady deszczu, które poprawiły stan uwilgotnienia gleby i zapewniły optymalne warunki konieczne do szybkiego wzrostu roślin. W drugiej dekadzie maja odnotowano przymrozki, które okresowo zahamowały wzrost łubinu. W okresie od wschodów do kwitnienia występowały ekstrema pogodowe, takie jak: upały i mała ilość opadów deszczu. Stan roślin poprawił się dopiero w drugiej dekadzie czerwca. Opady deszczu oraz umiarkowane temperatury w fazie kwitnienia przyczyniły się do dobrego zawiązywania strąków na pędzie głównym. Koniec czerwca i pierwsza dekada lipca były upalne. Temperatury powietrza dochodziły do 35°C. Odnotowano wówczas gwałtowny koniec kwitnienia „łanu”, co spowodowało, iż pędy boczne bardzo słabo zawiązywały strąki. W lipcu i sierpniu opady były nieco niższe od średniej wieloletniej, ale temperatura utrzymywała się powyżej średniej. Wysokie temperatury i susza w trzeciej dekadzie lipca przyczyniły się do szybkiego i równomiernego dojrzewania odmian. Zebrany plon cechowała bardzo niska wilgotność nasion.

W pierwszym terminie obserwacji, tuż przed kwitnieniem roślin, nie stwierdzono istotnych różnic w porażeniu roślin *Fusarium* spp. między odmianami (tab. 3). W tym terminie zaobser-

Tabela 3. Procent porażonych roślin z objawami fuzaryjnej zgorzeli łubinu (*Fusarium* spp.) (2011–2012)  
Table 3. Percentage of lupine plants infested with root rot (*Fusarium* spp.) (2011–2012)

Odmiany Cultivars	SDOO			ZDOO Uhnin		
	2011	2012	Średnio Mean	2011	2012	Średnio Mean
Pierwszy termin – The first period of observation (13.06)						
Baryt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dukat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lord	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mister	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Talar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia – Mean	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>						
Lata – Years	r.n.			r.n.		
Odmiany – Cultivars	r.n.			r.n.		
Lata x Odmiany Years x Cultivars	r.n.			r.n.		

Tabela 3. cd.  
Table 3. cont.

Drugi termin obserwacji – The second period of observation (04.07)						
Baryt	0,0	10,8	5,4	0,0	0,0	0,0
Dukat	0,0	12,9	6,5	0,0	0,0	0,0
Lord	0,0	8,7	4,4	0,0	0,0	0,0
Mister	0,0	12,8	6,4	0,3	0,0	0,2
Talar	0,0	11,7	5,9	0,4	0,2	0,3
Średnia – Mean	0,0	11,4	5,7	0,1	0,0	0,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>						
Lata – Years	0,3			r.n.		
Odmiany – Cultivars	0,8			r.n.		
Lata x Odmiany Years x Cultivars	3,9			0,1		
Trzeci termin obserwacji – The third period of observation (26.07)						
Baryt	0,0	15,5	7,8	1,0	1,2	1,1
Dukat	0,0	26,9	13,5	0,0	0,8	0,4
Lord	0,0	17,1	8,6	0,5	0,4	0,5
Mister	0,0	33,5	16,8	0,8	1,6	1,2
Talar	0,0	14,5	7,3	1,5	1,9	1,7
Średnia – Mean	0,0	21,5	10,8	0,8	1,2	1,0
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>						
Lata – Years	0,6			r.n.		
Odmiany – Cultivars	1,5			0,1		
Lata x Odmiany Years x Cultivars	7,4			0,6		

r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

wowano jedynie pierwsze oznaki porażenia przez *Fusarium* sp. w przypadku odmiany Mister – w 2011 roku i u odmiany Talar – w 2012 roku. Zmiany te, z praktycznego punktu widzenia nie miały istotnego znaczenia dla zdrowotności roślin. Morkunas i Bednarski [2008] oraz Rybus-Zajac i Morkunas [2005], oceniając zmiany metaboliczne w siewkach łubinu żółtego porażonych *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini*, zaobserwowały współzależność między poziomem węglowodanów a infekcyjnością i przebiegiem chorób grzybowych w kielkujących nasionach łubinu.

W drugim terminie obserwacji, w czasie pełni kwitnienia łubinu, udział roślin porażonych przez sprawców fuzaryjnej zgorzeli łubinu w ZDOO Uhnin był minimalny. W 2011 roku objawy porażenia roślin *Fusarium* spp. pojawiły się jedynie u odmian Mister i Talar. W 2012 roku choroba ta rozwinęła się nieznacznie tylko na odmianie Talar. W SDOO choroba ta wystąpiła w większym nasileniu. Najsilniej porażona była odmiana Dukat i Mister, najslabiej – Lord. Odmiana Talar była istotnie rzadziej infekowana przez *Fusarium* spp., w porównaniu z odmianami Dukat i Mister.

W trzecim terminie obserwacji zainfekowanie roślin przez sprawców fuzaryjnej zgorzeli łubinu było istotnie uzależnione od warunków termiczno-wilgotnościowych w latach badań, cech genetycznych odmiany, jak i współdziałania lat i odmian. W 2011 roku, w ZDOO Uhnin, grzyby *Fusarium* spp. opanowały rośliny w niewielkim procencie (0,8%). W 2012 roku nasilenie tej choroby w Uhninie było nieco większe niż w 2011 roku (1,2%), chociaż różnica między latami była nieistotna statystycznie. W tym czasie średnie porażenie roślin *Fusarium* spp. w SDOO wynosiło 21,5%. Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania wielu autorów, według których w warunkach niesprzyjających kiełkowaniu nasion, przy niższej temperaturze i wysokiej wilgotności gleby wzrasta możliwość atakowania roślin przez patogeny powodujące zgorzel siewek [Kurowski i in. 2001, 2005, Morkunas i in. 2011, Rybus-Zajac i Morkunas 2005].

Analizując porażenie odmian łubinu żółtego w latach badań należy stwierdzić, że dzięki skutecznej ochronie oraz panującym, niesprzyjającym chorobie warunkom atmosferycznym w Uhninie (mała wilgotność i wysokie temperatury powietrza) w 2011 roku dość skutecznie ograniczyły występowanie fuzariozy. Najmniej porażoną tego typu patogenami okazała się odmiana Dukat, najbardziej zaś – odmiana Talar. W 2012 roku, o bardzo wilgotnym czerwcu, suchym lipcu i przeciętnym, pod względem opadów sierpniu, nasilenie porażenia *Fusarium* spp. było nieistotnie wyższe od 2011 roku; przy czym odmiana Lord okazała się najmniej atakowaną przez te patogeny, a odmiana Talar – najbardziej. Odmiany: Mister i Talar, a także Dukat i Lord oraz Baryt i Dukat – okazały się homologiczne pod względem tej cechy. Bieniaszewski i in. [2004], Holtz i in. [2013], Jędryczka i in. [1993], Kurowski i in. [2005], Lewartowska i in. [1994], Rybus-Zajac i Morkunas [2005] oraz Sawicka-Sienkiewicz i in. [2008], potwierdzają, iż występowanie i nasilenie fuzarioz w dużej mierze zależy od odmiany, a także od ras i szczepów patogena występujących w danym ekosystemie, warunków glebowo-klimatycznych, stosowanej agrotechniki oraz regionu uprawy. Stąd też jednym z podstawowych celów hodowli łubinów powinno być uzyskiwanie odmian, o jak najwyższej odporności roślin na choroby. W tym procesie znajomość mechanizmów obronnych nabiera coraz większego znaczenia. Kluczową rolę w mechanizmie odporności przypisuje się metabolitom o właściwościach fungitoksycznych. Mogą one być syntetyzowane 'de novo' lub uwalniane z form nieaktywnych, związanych, np. glikozydowo. Właściwościami fungitoksycznymi cechują się m.in. związki o charakterze fenolowym, które z form związanych glikozydowo uwalniają enzym  $\beta$ -glikozydazę. Ich kumulacja w roślinie hamuje wzrost i rozprzestrzenianie się patogena, a to z kolei warunkuje odporność roślin [Kuć 1997, Prusiński i Borowska 2002]. Rybus-Zajac i Morkunas [2005] stwierdziły zaś, że w siewkach łubinu żółtego, niezależnie od zastosowanego substratu, następuje poinfekcyjny wzrost aktywności enzymu w inokulowanych tkankach. Przebieg tych zmian jest istotnie skorelowany z aktywacją  $\beta$ -glikozydazy. Może to sugerować, że uwalniane przez hydrolazę metabolity mogą nie tylko bezpośrednio ograniczać rozprzestrzenianie patogena, ale też podlegać utlenianiu do melanin lub, przy udziale peroksydazy, być włączane w bariery strukturalne.

W Hiszpanii najbardziej chorobotwórcze izolaty stwierdzono w przypadku: *F. proliferatum*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* i *F. solani* [Corpas-Hervias i in. 2006], gdzie dominującymi patogenami, izolowanymi z chorych roślin łubinu ze zgnilizną korzeni i objawami wędnięcia, w porządku malejącym, są: *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. culmorum* i *F. avenaceum*. Ten ostatni jest izolowany tylko z młodych roślin wysiewanych jesienią. W badaniach Jřrnsgřrd i in. [2007] odmiany z Polski i Australii zostały poważnie uszkodzone przez wędnięcia powodowane przez *Fusarium* spp., natomiast odmiany z Rosji, Białorusi, Niemiec i Danii wykazały się prawie normalnym wzrostem, przy zakażeniu dużym zestawem gatunków *Fusarium*. Kontrola genetyczna odporności na gnicie korzeni i wędnięcie fuzaryjne wykazała w badanych pokoleniach hybrydowych F1, F2 i F3 między genotypami odpornymi i podatnymi, że genotypy posiadające 2 z tych 3 genów odporności są odporne. Obecność 3 genów niealleli oporności daje w przy-

Tabela 4. Plon nasion łubinu żółtego w latach 2011–2012  
Table 4. Yellow lupine seed yield in 2011–2012

Odmiany Cultivars	SDOO			ZDOO Uhmín						
	2011	2012	Średnio – Mean (t ha <sup>-1</sup> )	2011		2012		Średnio – Mean		
				(t ha <sup>-1</sup> )	% wzorca % standard (2,0 t)	(t ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )	% wzorca % standard (1,52 t)	(t ha <sup>-1</sup> )	% wzorca % standard
Baryt	1,71	0,85	1,28	2,62	130	1,51	115	2,07	123	
Dukat	1,43	0,70	1,07	2,19	110	1,28	97	1,74	104	
Lord	1,74	0,84	1,29	2,10	105	1,27	96	1,69	101	
Mister	1,52	0,68	1,10	2,22	110	1,33	101	1,78	106	
Talar	1,69	0,84	1,27	2,44	120	1,20	91	1,82	106	
Średnia – Mean	1,62	0,78	1,20	2,31	115	1,32	100	1,82	108	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>										
Lata – Years		0,07					0,11			
Odmiany – Cultivars		0,17					0,27			
Lata x Odmiany Years x Cultivars		0,34					0,54			



szości możliwość do tworzenia odmian o 3 genach oporności, które mogą istotnie zwiększać stabilność odporności na *Fusarium*, w porównaniu do genotypów posiadających tylko 2 z 3 genów oporności. Jřrnsgłrd i in. [2007] a także Morkunas i in. [2011] zalecają rozmnażać odmiany odporne na gnicie korzeni *Fusarium* oraz więdnienie fuzaryjne, aby uniknąć problemów w nowych obszarach uprawy łubinu, mimo, że mogą one być uprawiane w pierwszych latach, jako odmiany odporne.

Średni plon nasion łubinu żółtego w ZDOO Uhnin kształtował się na poziomie  $1,82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był o 1/3 wyższy od średniego plonu uzyskanego w Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian, prowadzących badania nad tym gatunkiem (tab. 4). Wartość tej cechy kształtowały zarówno warunki atmosferyczne w latach badań, odmiany, jak i współdziałanie tych czynników. Prawie 2-krotnie wyższy plon nasion uzyskano w 2011 roku, w którym jednocześnie obserwowano niższy udział roślin z objawami fuzaryjnej zgorzeli łubinu, niż w 2012 roku. Ponadto w 2011 roku miało miejsce bardzo dobre zaopatrzenie roślin w wodę w okresie zawiązywania i wypełniania strąków (czerwiec-lipiec), w porównaniu z 2012 rokiem. Bieniaszewski i in. [2012] oraz Prusiński i Borowska [2002] donoszą o dużym znaczeniu wilgotności gleby i długości dnia dla zjawiska opadania kwiatów roślin strączkowych. Niedobór wody wpływa, ich zdaniem, szczególnie ujemnie w początkowych fazach rozwoju i podczas kształtowania się organów generatywnych. Niedobory wilgoci podczas kwitnienia mają wprawdzie korzystny wpływ na zawartość białka w nasionach, jednak obniżają istotnie plony nasion. Łubiny żółty, wskutek intensywnych opadów po okresie suszy, zwiększa wzrost wegetatywny kosztem organów generatywnych; przy większej wilgotności gleby i skróconym okresie oddziaływania światła dziennego rośliny wytwarzają dużo kwiatów, ale tylko zaledwie 7–12% z nich zawiązuje strąki. Natomiast w warunkach mniejszej wilgotności gleby i przy dłuższym dniu, rośliny wykształcają mniej kwiatów, ale 17–24% z nich wytwarza strąki, w wyniku, czego ostateczny plon nasion jest wyższy. W opinii Prusińskiego i Borowskiej [2002] u łubinu żółtego odsetek kwiatów zapłodnionych w piątym i szóstym dniu ulega silnemu zmniejszeniu, a strąki z nich powstałe zwykle już nie rozwijają się normalnie. Jedni twierdzą, że u łubinu żółtego pyłek po wysypaniu się z pylników jest funkcjonalny tylko przez 1–2 dni [Jasińska i Kotecki 1993, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2008]. Inni zaś, że pyłek z kwiatów dolnej części kwiatostanu jest bardziej żywotny niż pyłek z kwiatów położonych w części środkowej i górnej [Bieniaszewski i in. 2012, Majchrzak 1998]. Pyłek z górnej części kwiatostanu pędu głównego i pędów bocznych jest normalnie rozwinięty i ma pełną zdolność do zapłodnienia, a przyczyn nie zawiązywania strąków należy upatrywać w kompleksowym działaniu innych niż fizjologicznych czynników [Prusiński i Borowska 2002]. Prusiński i in. [2012] donoszą ponadto, iż przebieg warunków pogodowych, a zwłaszcza wilgotnościowych wskazują na szczególną wrażliwość nodulacji na niedobór lub nadmiar wody w ryzosferze. W praktyce plony nasion łubinu żółtego szacowane są znacznie poniżej tej wartości [Anonimus 2013, Prusiński i in. 2012]. W opinii Corpas-Hervias i in. [2006] przyczyną dużej niestabilności plonowania łubinu żółtego jest ogromna przewaga organów wegetatywnych nad generatywnymi.

Najplenniejszą odmianą, niezależnie od roku badań, była wczesna Baryt i to zarówno w ZDOO Uhnin, jak i w porównaniu ze średnią plonu nasion w SDOO. Odmianą homologiczną, pod tym względem, okazała się średnio wczesna odmiana Talar. Najmniej plenną w ZDOO w Uhninie była odmiana Lord, zaś w SDOO – odmiana Mister, o czym zdecydował niski jej plon w niekorzystnym dla gromadzenia plonu nasion 2011 roku. W doświadczeniach porównawczych COBORU łubiny żółte plonuje poniżej łubinu wąskolistnego i w 2012 roku jego plony wynosiły średnio  $2,04 \text{ ton}$  nasion, w roku 2011 były trochę wyższe ( $2,29 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) [Anonimus 2012]. Prusiński i Borowska [2002] twierdzą, że mimo, iż możliwości produkcyjne roślin strączkowych są bardzo duże, jednak rośliny wykorzystują zaledwie 20–30% ich biologicznego potencjału, który w praktyce wykorzystywany jest jedynie w 50–60%.

Zmienne zależne (plon nasion) i niezależne (porażenie roślin *Fusarium* spp.) oceniano na podstawie siły zachodzącego między nimi związku, wyznaczając współczynniki korelacji Pearson'a oraz zestawiając każdą parę zmiennych w macierz korelacji. Współczynnik korelacji między tymi cechami wynosił  $r=0,34$  i był istotny przy poziomie 0,05, nie wyjaśniał jednak w pełni zróżnicowania plonu. Stąd też przedstawiono statystykę opisową tych cech (tab. 5). Odchylenie standardowe, jako klasyczna miara zmienności, obok średniej arytmetycznej, mówi,

Tabela 5. Statystyka opisowa zainfekowania roślin przez *Fusarium* spp. oraz plonu nasion w ZDOO Uhnin

Table 5. Descriptive statistics plants infected with *Fusarium* spp. and seed yield in ZDOO Uhnin

Parametry statystyczne Statistical parameters	Porażenie <i>Fusarium</i> spp. Infection of <i>Fusarium</i> spp.	Plon nasion Yield of seed
Średnia – Average	1,06	1,82
Mediana – Median	1,10	1,78
Odchylenie standardowe – The standard deviation	0,67	0,15
Kurtoza – Kurtosis	-0,93	2,95
Skośność – Slant	0,48	1,62
Zakres – Range	1,60	0,38
Minimum – Minimum	0,40	1,69
Maksimum – Maximum	2,00	2,07
Współczynnik zmienności – Coefficient of variation (%)	62,88	8,14

jak szeroko wartości danej cechy są rozrzucone wokół średniej. Im mniejsza jest wartość odchylenia standardowego, tym bardziej obserwacje skupione są wokół jej średniej i odwrotnie: jest ono tym większe im wartości cechy są bardziej zróżnicowane. Niska wartość odchylenia standardowego np. dla plonu nasion mówi o dużej koncentracji tej cechy. W zbiorze danych mediana jest wartością dzielącą zbiór, w tym przypadku porażenia roślin, bądź plonu nasion, na dwie części: połowa danych znajduje poniżej, a połowa – powyżej mediany. Wartość kurtozy była z kolei silnie zróżnicowana i mieściła się między 0,93 – dla zainfekowania roślin *Fusarium* spp. a 2,95 – dla plonu nasion. Ujemna wartość kurtozy dla pierwszej z badanych cech świadczy o dużym spłaszczeniu jej zakresu. Dodatni poziom współczynnika skośności, w przypadku obu cech, świadczy o prawostronnym rozkładzie cech wokół średniej, bądź prawostronnej ich asymetrii. W odróżnieniu od odchylenia standardowego, które określa bezwzględne zróżnicowanie cechy, współczynnik zmienności jest miarą bezwzględną, zależną od wielkości średniej arytmetycznej, jak również miarą rozrzutu otrzymanych wyników. Większą zmiennością charakteryzował się procent porażonych roślin *Fusarium* spp. (62,88%) niż plon nasion łubinu (8,14%), co oznacza, iż wartość tej ostatniej, w warunkach ZDOO Uhnin, jest cechą stabilną.

Rozwój uprawy roślin wysokobiałkowych jest koniecznością w rolnictwie z powodu przekroczenia 70% udziału zbóż w strukturze zasiewów i nadmiernego uzależnienia Polski od importu śruty sojowej. Obecnie najszybciej wzrasta uprawa łubinu żółtego, jako rośliny białkowej

gleb słabszych. Czynnikiem wspomagającym rozwój upraw tego gatunku są nie tylko dopłaty obszarowe, nowe, oszczędne technologie uprawy, lecz także postęp hodowlany, zwłaszcza w zakresie odmian odpornych m.in. na *Fusarium* spp. oraz rejestracja nowych środków ochrony roślin, które mogą stać się istotnym elementem integracji technologii uprawy łubinu.

## WNIOSKI

1. Występowanie i nasilenie fuzarioz zależało od warunków klimatycznych oraz stosowanej agrotechniki i ochrony roślin.
2. Odmianami bardziej odpornymi na tę chorobę okazały się Dukat i Lord, najmniej zaś – Talar.
3. Najplenniejszą odmianą była wczesna Baryt, homologiczną pod tym względem – odmiana Talar, zaś najmniej plenną – odmiana Lord.
4. Wykorzystanie potencjału biologicznego przez rośliny łubinu żółtego zależało od czynników działających kompleksowo, a najważniejszym z nich był przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji roślin.

## PIŚMIENNICTWO

- Anonimus 2012. Łubin żółty (<http://www.coboru.pl>).
- Anonimus 2013. Chcą ograniczyć import roślin wysokobiałkowych (<http://www.farmer.pl>).
- Bieniaszewski T., Kurowski T. P., Szwejkowski Z., Władyko S. 2004. State of cultivation and occurrence of lupine anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in the province of Warmia and Mazury. Pol. J. Natur. Sci. 16(1): 7–18.
- Bieniaszewski T., Podleśny J., Olszewski J., Stanek M., Horoszkiewicz M. 2012. Reakcja łubinu żółtego form tradycyjnych i samokończących na zróżnicowaną obsadę roślin. Fragm. Agron. 29(4): 7–20.
- Corpas-Hervias C., Melero-Vara M., Molinero-Ruiz M.L., Zurera-Muñoz C., Basallote-Ureba M.J. 2006. Characterization of Isolates of *Fusarium* spp. Obtained from Asparagus in Spain. Plant Disease 90: 1441–1451.
- Holtz M.D., Chang K.F., Hwang S.F., Gossen B.D. 2013. Characterization of *Fusarium* spp. associated with lupine in central Alberta, Canada. Can. J. Plant Pathol. 35: 56–67.
- Jasińska Z., Kotecki A. 1993. Rośliny strączkowe. PWN Warszawa: ss. 205.
- Jędryczka M., Lewartowska E., Frencel I. 1993. Wpływ środowiska na stopień odporności odmian grochu siewnego i łubinu żółtego na fuzariozę (*Fusarium* spp.). Materiały sympozjum: „Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”. Olsztyn, 7–9 września 1993: 213–220.
- Jřrnsgřrd B., Kuptsov B.J., Jensen W.B., Lars B.; Knudsen J.Ch., Nielsen J. 2007. Resistance against *Fusarium* spp. in narrowed leafed lupine (*Lupinus angustifolius* L.). Organic reprints (<http://orgprints.org>).
- Krześlak S.J. 2000. Optymalizacja struktury zasiewów na glebach lekkich. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr.: ss. 91.
- Kuć J. 1997. Molecular aspects of plant responses to pathogens. Acta Physiol. Plant. 19: 551–559.
- Kurowski T.P., Bieniaszewski T., Jaźwińska E. 2005. Stan sanitarny łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) uprawianego w zróżnicowanych warunkach agrotechnicznych. Acta Agrobot. 58(2): 395–406.
- Kurowski T.P., Cwalina-Ambroziak B., Sadowski T. 2001. Choroby czterech odmian łubinu żółtego uprawianego w zróżnicowanych płodozmianach. Zesz. Nauk. AR Wrocław 427, Rol. 82: 205–213.
- Kurowski T.P., Jaźwińska E. 2010. Wpływ inokulacji zarodnikami *Colletotrichum lupini* (Bondar) Nirenberg, Feilert, Hagedorn na stopień porażenia roślin w okresie wegetacji oraz występowanie patogena na nasionach czterech gatunków łubinu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 550: 131–138.

- Lewartowska E., Jędrzycka M., Frencl I., Pieczyrak J. 1994. Seed-borne fungi of *Lupinus angustifolius* L. cultivars. *Phytopathologia Polonica* 7: 123–130.
- Majchrzak B. 1998. Wpływ stresu chłodno-wodnego na kiełkowanie nasion i zdrowotność siewek wybranych roślin strączkowych. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr. 1: 5–56.
- Morkunas I., Bednarski W. 2008. *Fusarium oxysporum* induced oxidative stress and antioxidative defenses of yellow lupine embryo axes with different level of sugars. *J. Plant Physiol.* 165: 262–277.
- Morkunas I., Kozłowska M., Ratajczak W. 2002. Rola węglowodanów we wczesnych reakcjach metabolicznych kiełkujących nasion łubinu porażonych przez *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini*. *Acta Agrobot.* 55(1): 247–254.
- Morkunas I., Narożna D., Nowak W., Samardakiewicz W., Remlein-Starosta D. 2011. Cross-talk interactions of sucrose and *Fusarium oxysporum* in the phenylpropanoid pathway and the accumulation and localization of flavonoids in embryo axes of yellow lupine. *J. Plant Physiol.* 168: 424–433.
- Prusiński J. 2010. Rośliny strączkowe w Unii Europejskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 550: 11–19.
- Prusiński J., Borowska M. 2002. Potencjał biologiczny roślin strączkowych i jego wykorzystanie. Cz. I. Zastosowanie regulatorów wzrostu w uprawie roślin strączkowych ([www.pin.org.pl](http://www.pin.org.pl)).
- Prusiński J., Borowska M., Kaszkowiak E. 2012. Nodulacja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) w zależności od przedplonu, szczepienia nasion *Bradyrhizobium lupini* i genisteiny. *J. Centr. Europ. Agric.* 13(4): 822–836.
- Rybus-Zajac M., Morkunas I. 2005. Aktywność  $\beta$ -glikozydazy i peroksydazy w siewkach łubinu żółtego infekowanych *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini*. *Acta Agrobot.* 58(2): 103–110.
- Sawicka-Sienkiewicz E.J., Galek R., Clements J.C., Wilson J. 2008. Difficulties with interspecific hybridisation in the genus *Lupinus*. *Proc. 12th Int. Conf.*, Fremantle, Western Australia. 14–18 September 2008: 135–142.
- Trętowski J., Wójcik A.R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSR-P: Siedlce: 86–129.
- Van der Plank J.E. 1963. *Plant diseases: epidemics and control*. Academic Press: ss. 349.

B. SAWICKA, P. PSZCZÓLKOWSKI

## RESISTANCE CULTIVARS YELLOW LUPINE TO *FUSARIUM* SPP.

### Summary

In 2011–2012, in the strict field experiment in the conditions of provocative, was evaluated infection of several varieties of yellow lupine by *Fusarium* sp. and seed yield of these varieties. First observation of the severity of *Fusarium* were made in the beginning stages of flowering of the main shoot, the second – in three weeks later and the third – during ripening pods on the main stem. The occurrence and severity of *Fusarium* depend on the cultivars, soil and climate conditions and applied agricultural technology and plant protection. A variation of the most resistant to the disease proved to be Dukat and Lord, the least resistant – Talar. The most fertile cultivars, regardless of years of research, has proven to be an early Baryt, homologous in this respect – variety Talar, the least fertile – a variety Lord. Realising the potential of yellow lupine was depending on factors operating in a complex, and the main weather conditions.

**Key words:** yellow lupine, cultivars, health, rot, seed yield

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 21.10.2013

Do cytowania – *For citation*:

Sawicka B., Pszczółkowski P. 2014. Odporność odmian łubinu żółtego na *Fusarium* spp. *Fragm. Agron.* 31(1): 83–94.