Occurrence of *Plasmodiophora brassicae* in agricultural soils, pathotype variation and means of clubroot control in Poland

Małgorzata Jędryczka (=GOSIA)
Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Poznań

International Clubroot Workshop
Edmonton, 7-9 August 2018

0,8 mln ha of OSR in Poland
95% of WOSR
recent huge problems with clubroot

Symptoms of clubroot on WOSR in Poland

Photo by M. Korbas

Diseases of oilseed rape in Poland:

- stem canker (*Leptosphaeria*) ← weather, resistance
- stem rot (*Sclerotinia*) ← weather, no resistance
- clubroot (*Plasmodiophora*) ← crop rotation, resistance
- dark spot (*Alternaria*)
- downy mildew (*Peronospora*)
- powdery mildew (*Erysiphe*)
- grey mould (*Botrytis*)
- seedling rot (complex of pathogens)
- verticilliose (*Verticillium*)
- light leaf spot (*Pyrenopeziza*)
- fusarium wilt (*Fusarium oxysporum*)
- white leaf spot (*Pseudocercosporella*)
- phytoplasms

Yield loss:

- high
- medium
- small
- none

Plant sampling

Soil sampling

Soil auger by Agroexpert Poland

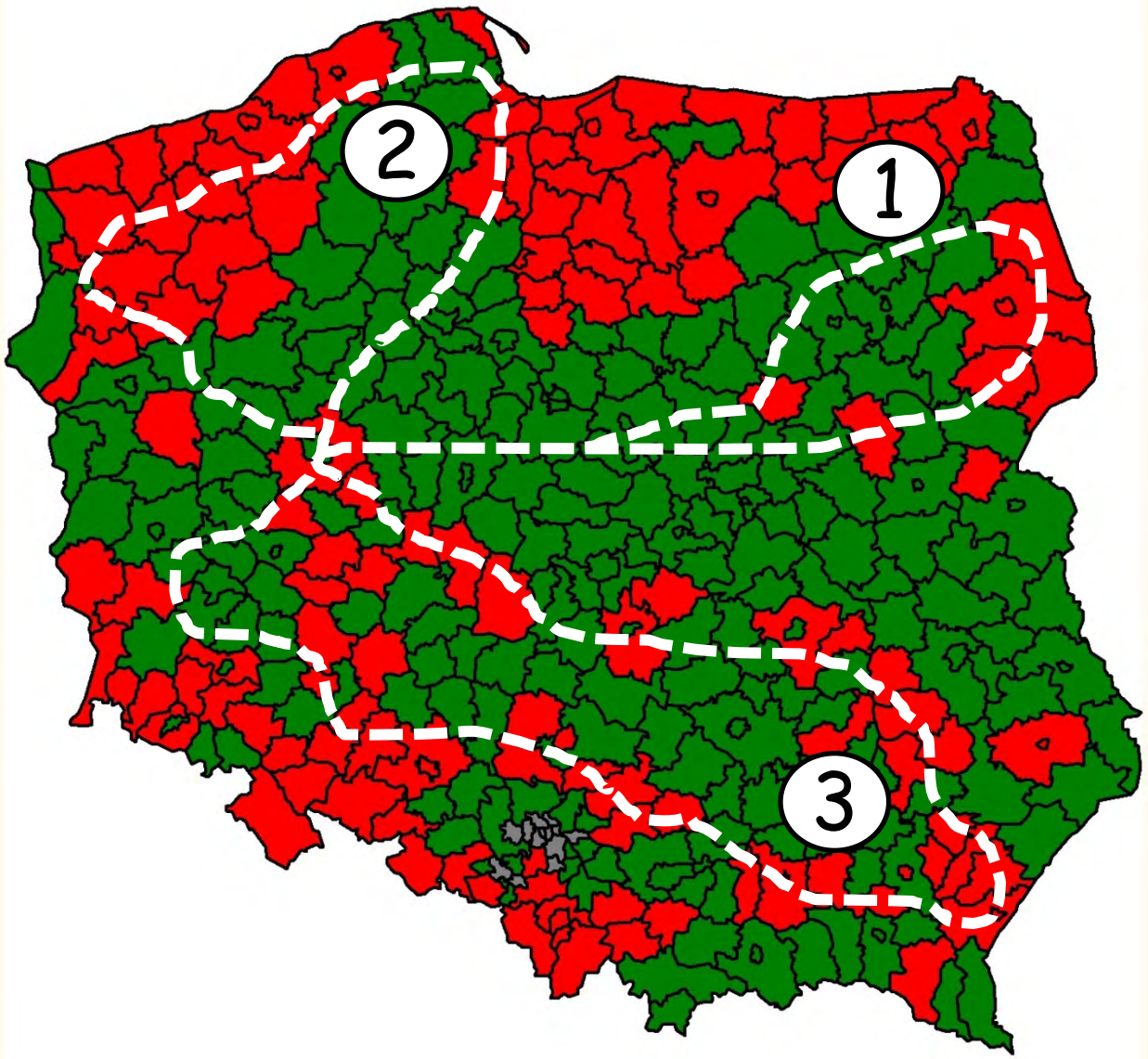
0-20 cm

10 samples per field

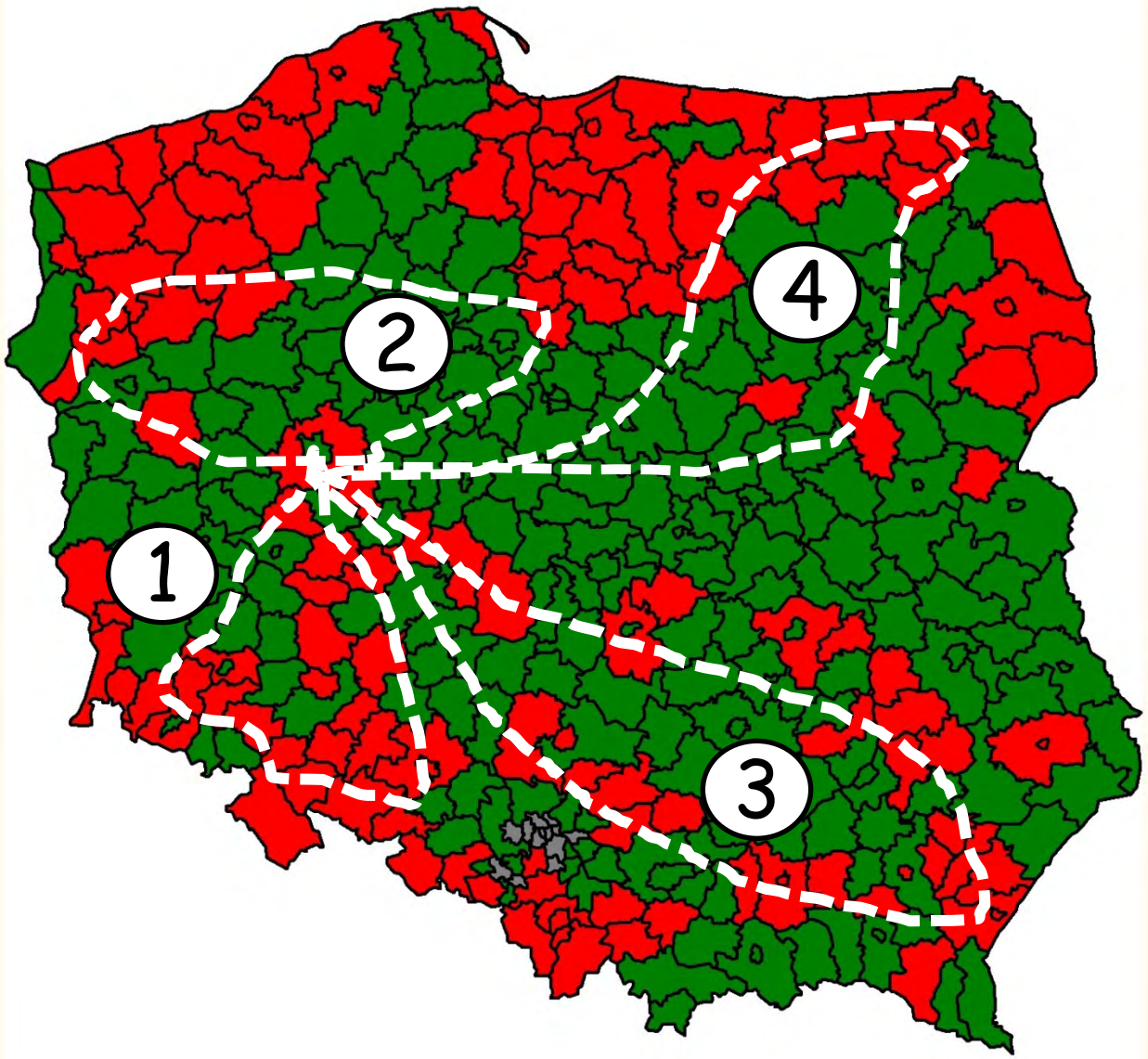
Water sampling

Tolescope pole
6 m long

Sampling in 2016



Sampling in 2017



Symptoms of clubroot on WOSR in Poland, 2017

Symptoms of clubroot on WOSR in Poland, 2017

Symptoms of clubroot on WOSR in Poland, 2017

Symptoms of clubroot on WOSR in Poland, 2017

Hosts of *Plasmodiophora brassicae*

Agricultural crops ⟷ **Weeds** ⟷ **Vegetable brassicas**

Brassica napus

Capsella bursa-pastoris *Lepidium*

Sisymbrium officinale

Sinapis alba

Sinapis arvensis

‚Greening policy' of the EU

Symptoms of clubroot on WOSR and mustard, 2017

Symptoms of clubroot on WOSR and mustard, 2017

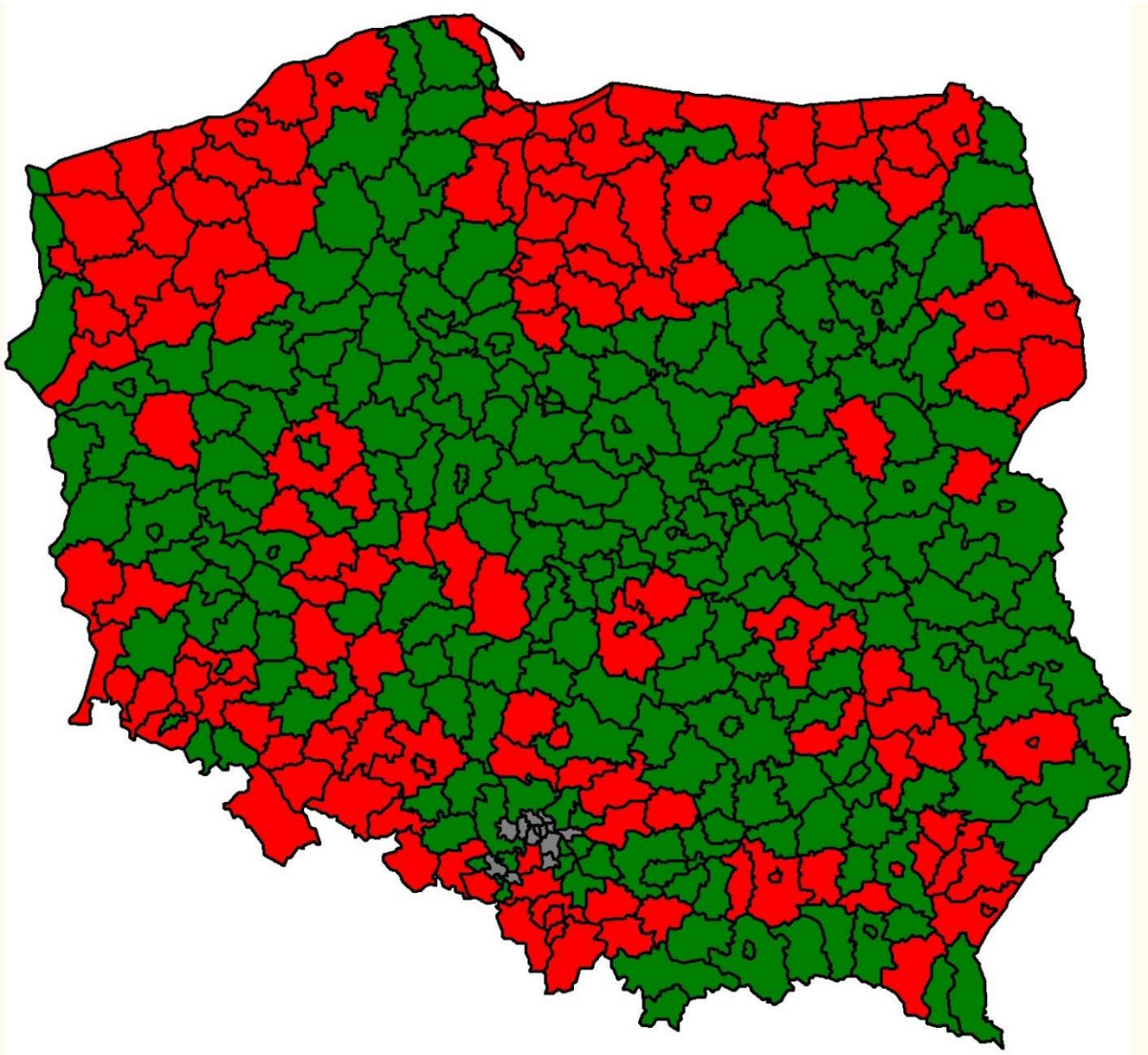
Symptoms of clubroot on pennycress (*Capsella bursa pastoris*), glasshouse experiment

Symptoms of clubroot on pennycress (*Capsella bursa pastoris*), glasshouse experiment

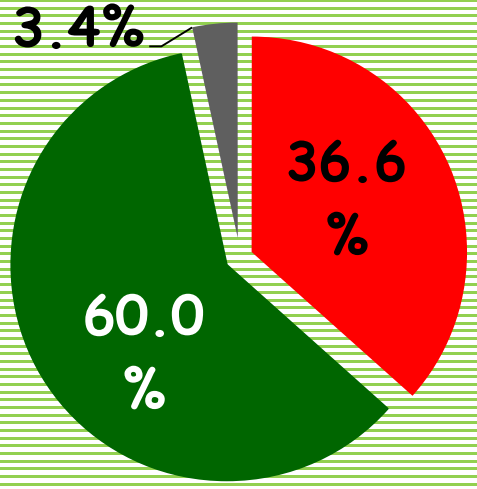
Symptoms of clubroot on pennycress (*Capsella bursa pastoris*), field in north-east Poland 2017

Soil test

Clubroot in Polish soils



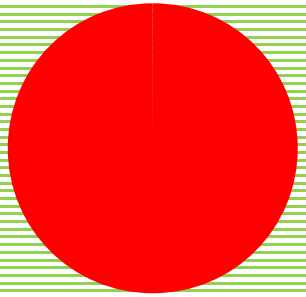
Over 3.500 samples



Infestation of soil by *Plasmodiophora brassicae* in Poland in 2016

małopolskie

n=5



dolnośląskie

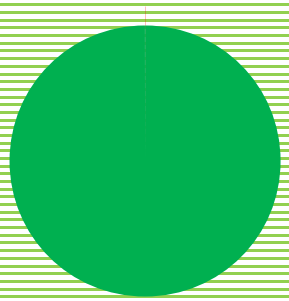
n=15

łódzkie

n=10

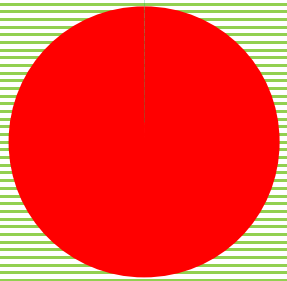
lubuskie

n=6



zachodnio-pomorskie

n=9

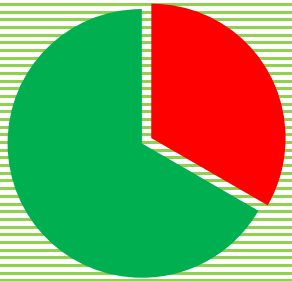


śląskie

n=10

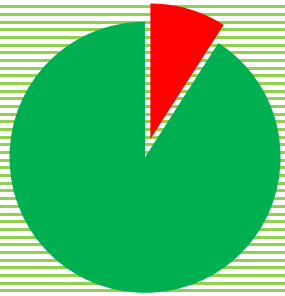
opolskie

n=3



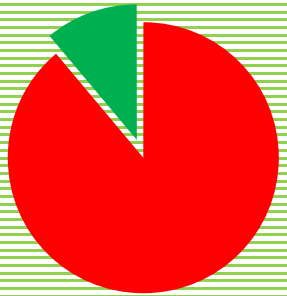
wielkopolskie

n=11



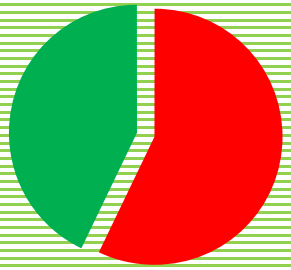
pomorskie

n=9



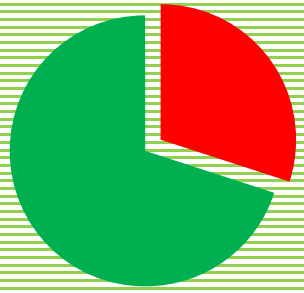
podkarpackie

n=7



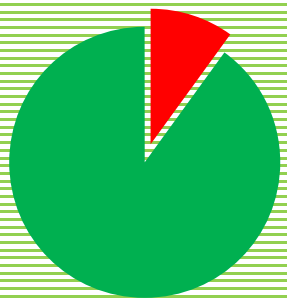
podlaskie

n=20



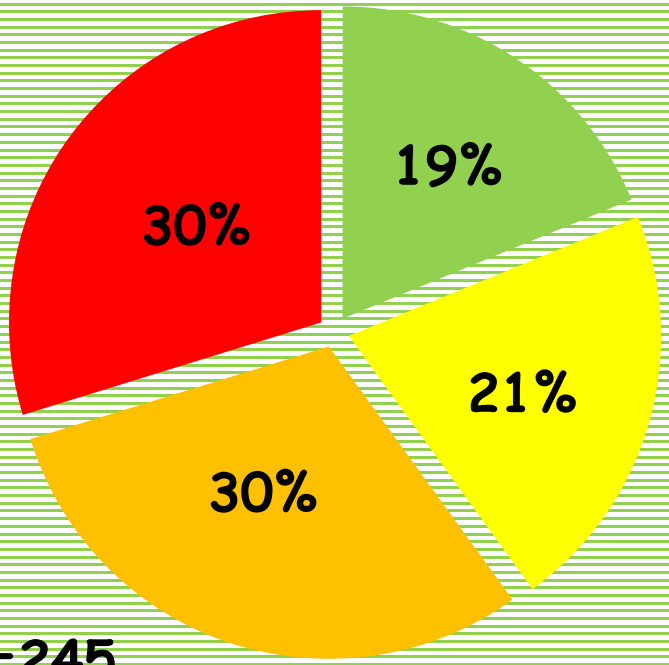
mazowieckie

n=10



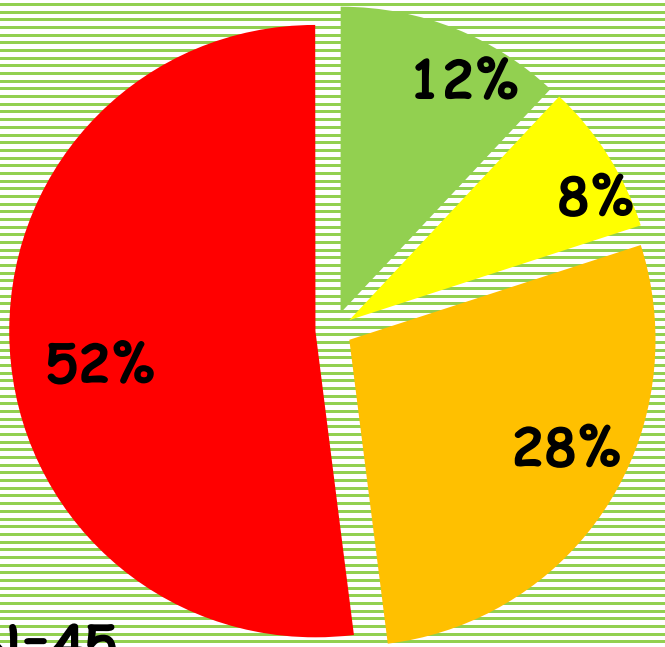
Real-time PCR analysis of soil samples

Poland



N=245

West Pomerania



N=45

safe cultivation of susceptible cultivars
safe cultivation of resistant cultivars
risk of over 10% yield loss
cultivation of OSR not recommended

Monitoring of *Plasmodiophora brassicae* in soils

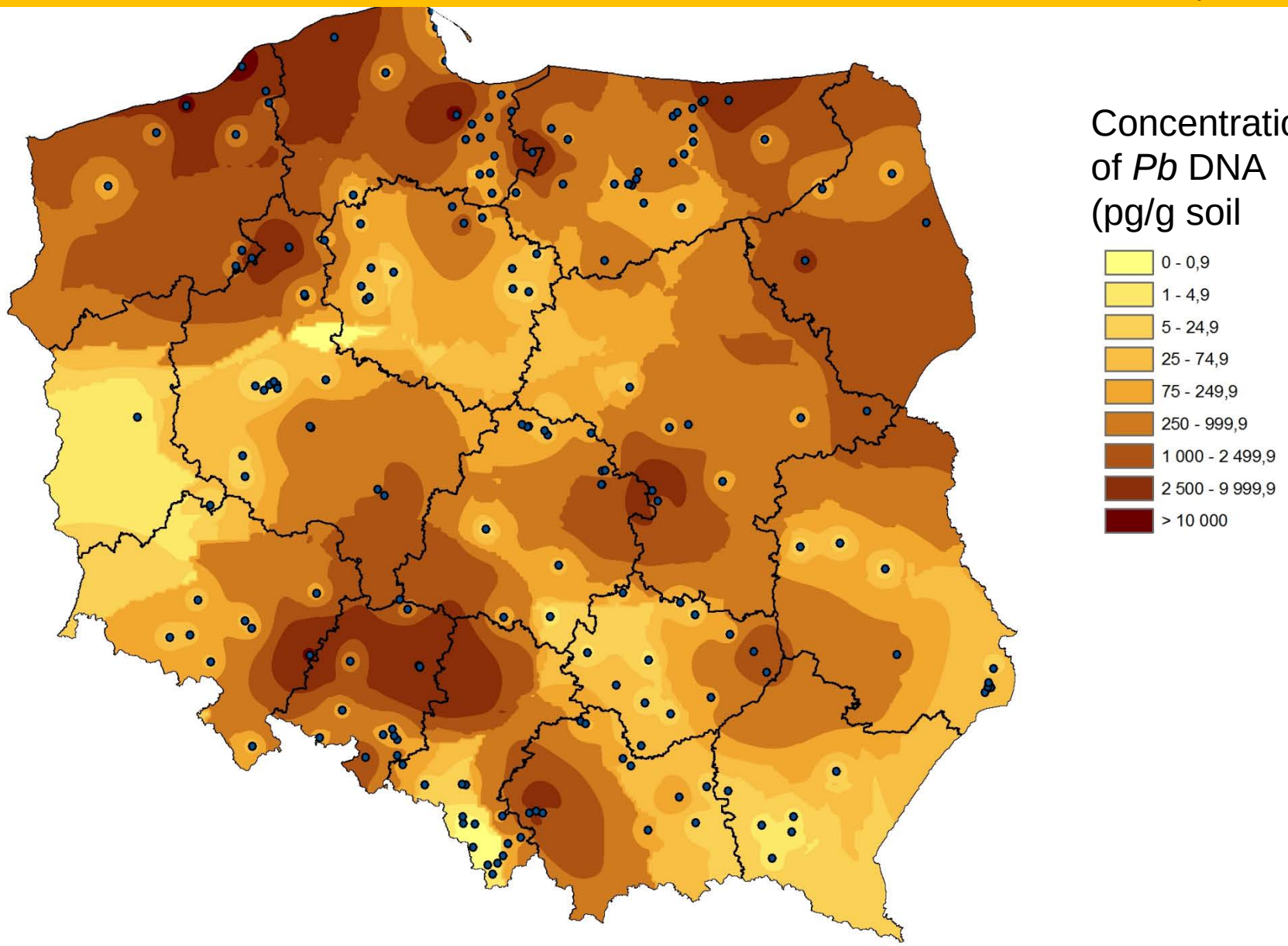
qPCR

Swedish recommendations according to Wallenhammar et al. elaborated for soils of pH ≥ 7

- safe cultivation of susceptible cultivars
- safe cultivation of resistant cultivars
- risk of over 10% yield loss of resistant cultivars
- cultivation of OSR is not recommended

but…
soils in Poland are mostly acidic !
Necessary: Polish reccommendations

Clubroot in Polish soils based on qPCR



Detection of *Plasmodiophora brassicae*

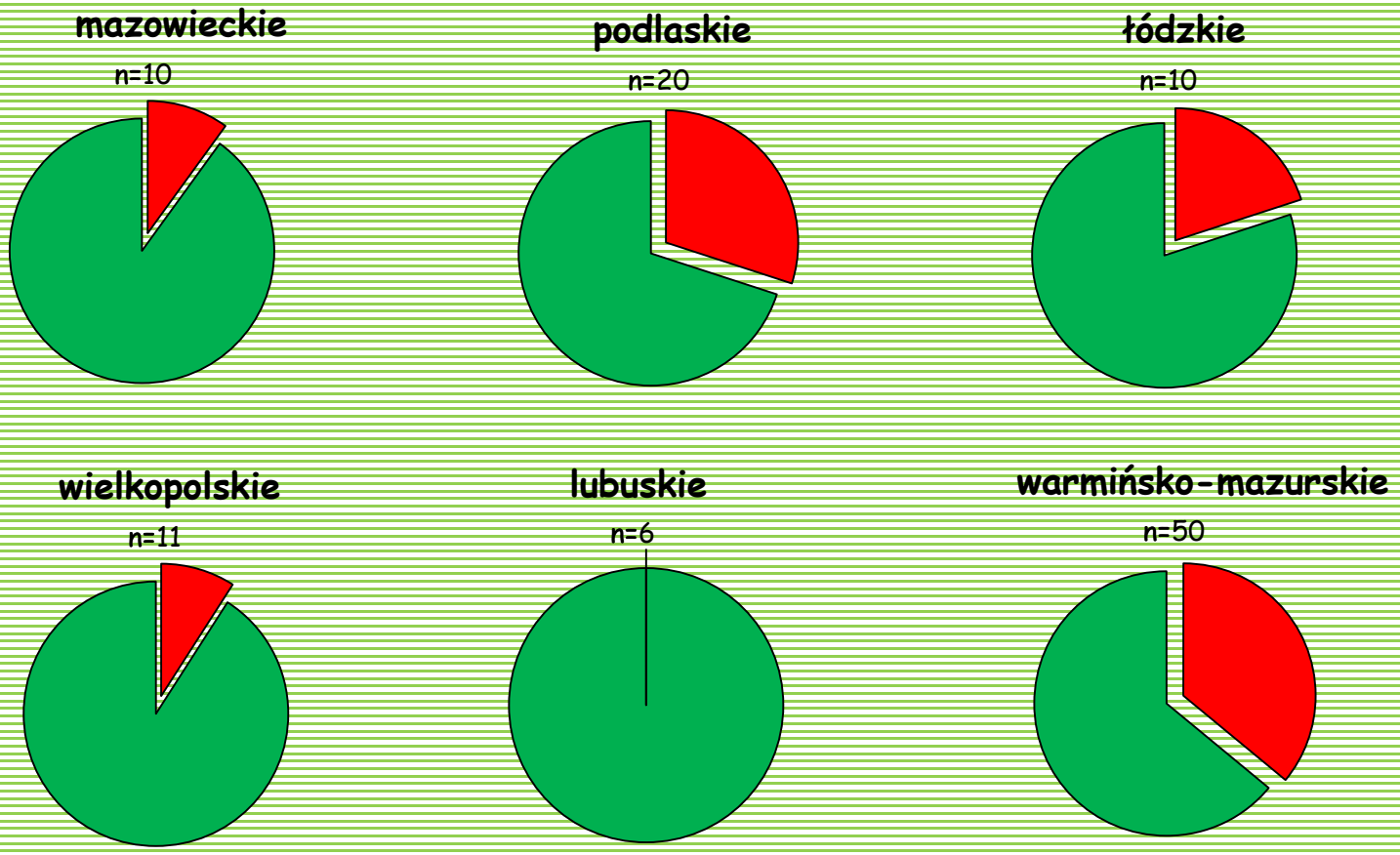
Biotest

LAMP

qPCR

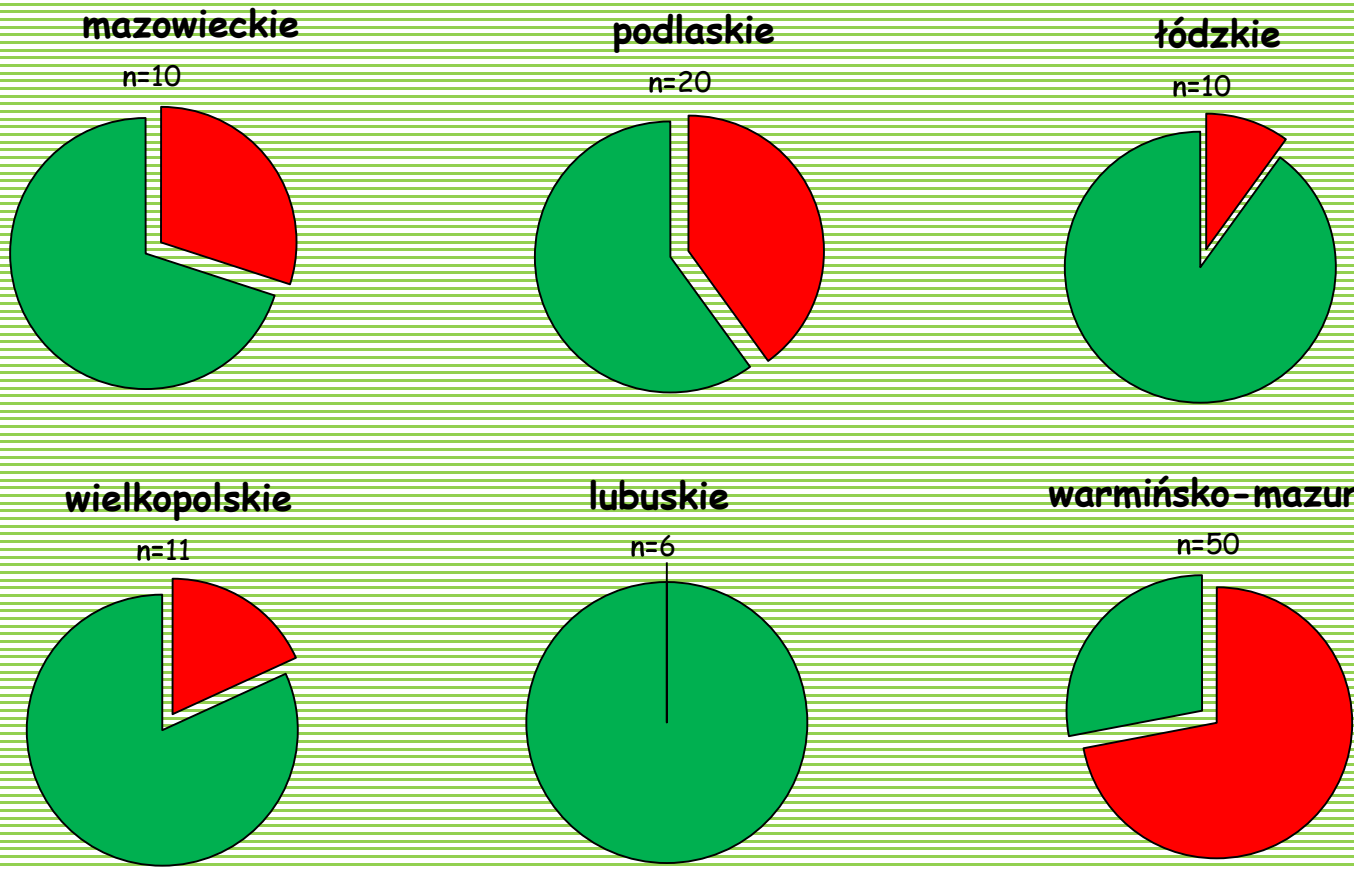
Monitoring of *Plasmodiophora brassicae* in soils

Biotest



Monitoring of *Plasmodiophora brassicae* in soils

LAMP

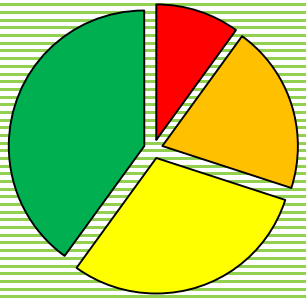


Monitoring of *Plasmodiophora brassicae* in soils

qPCR

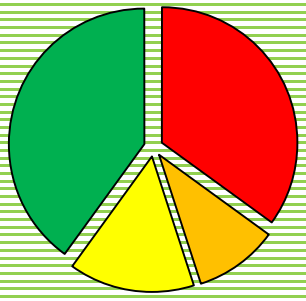
mazowieckie

n=10



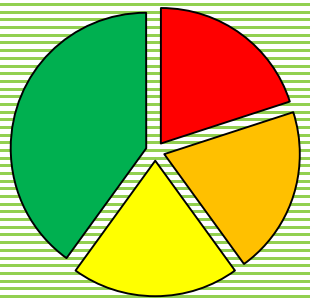
podlaskie

n=20



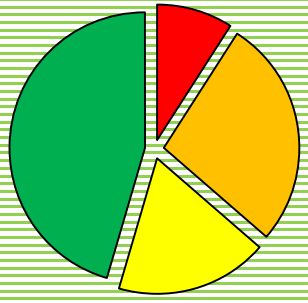
łódzkie

n=10



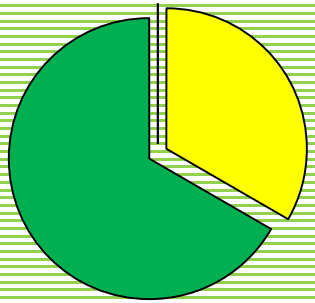
wielkopolskie

n=11



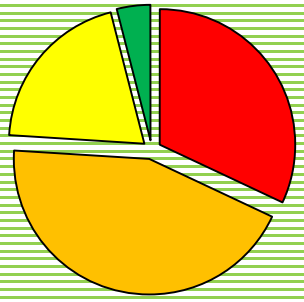
lubuskie

n=6



warmińsko-mazurskie

n=50



- safe cultivation of susceptible cultivars
- safe cultivation of resistant cultivars
- risk of over 10% yield of resistant cultivars
- OSR not recommended

Detection of *Plasmodiophora brassicae*

Biotest

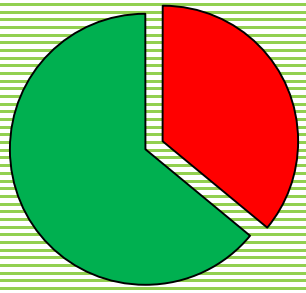
LAMP

qPCR

Detection of *Plasmodiophora brassicae*

Biotest Poland

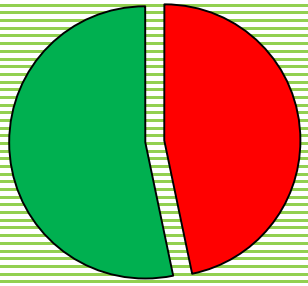
n=107



Biotest

LAMP Poland

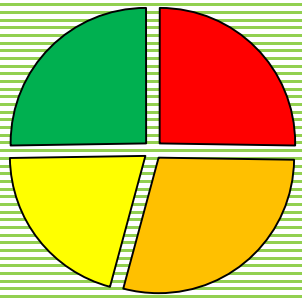
n=107



LAMP

Real-time PCR Poland

n=107



qPCR

Breakdown of resistance to *P. brassicae* in Poland

0 – 72,1%

cv. Mendel

Resistance of cv. ‚Mendel':

P1 group A: mean 13,2% from 12,5 to 14,6% group B: mean 53,04 from 30,8 to 70,3%

P2 mean 11,40 %

P3 mean 10,15 %

P4 mean 8,60 %

P5 mean 6,40 %

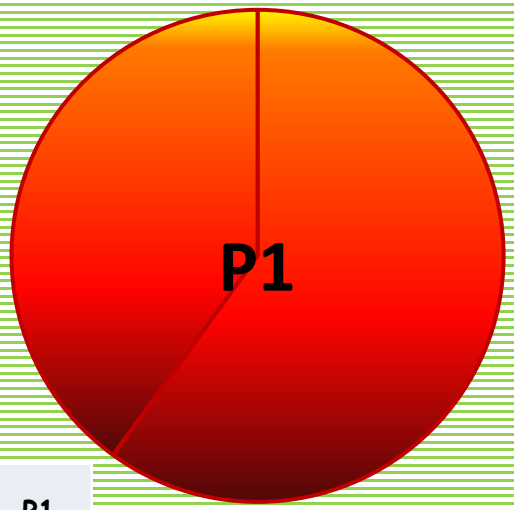
P6 mean 2,3 %

P8 ‚mean 20,12 % from 2,50 to 55,1%

Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae*

2017

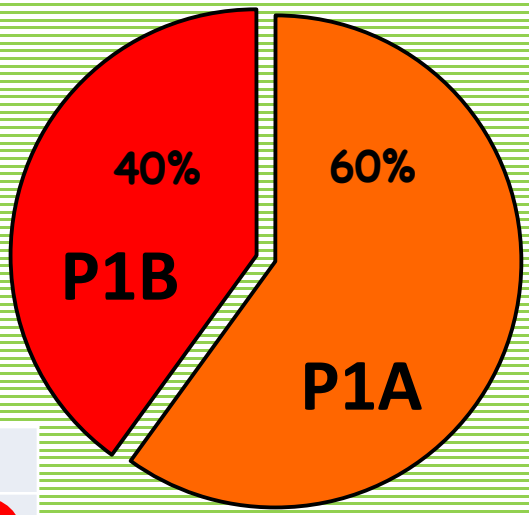
Pathotypes based on Somé et al.



	P1
ECD06	●
ECD10	●
Brutor	●

2017

Pathotypes based on Somé et al. plus cv. Mendel

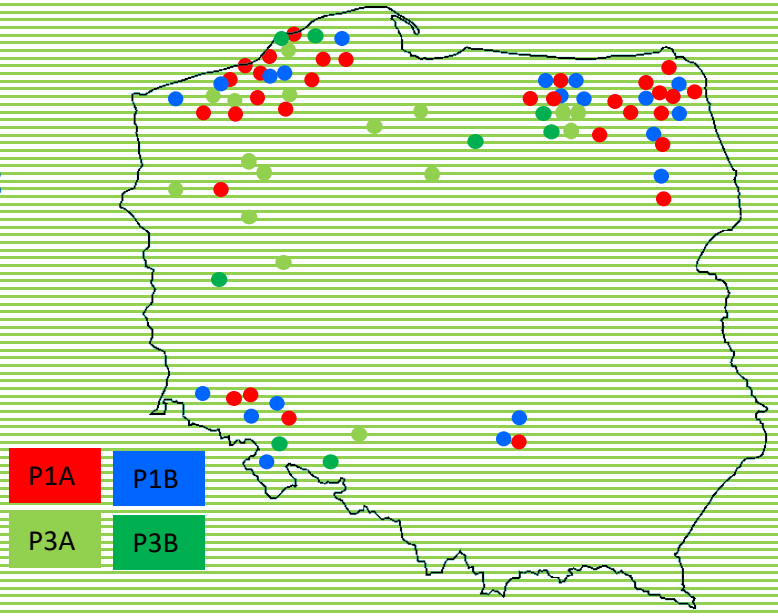


	P1	
		P1A P1B
ECD06	●	
ECD10	●	
Brutor	●	
Mendel		● ●

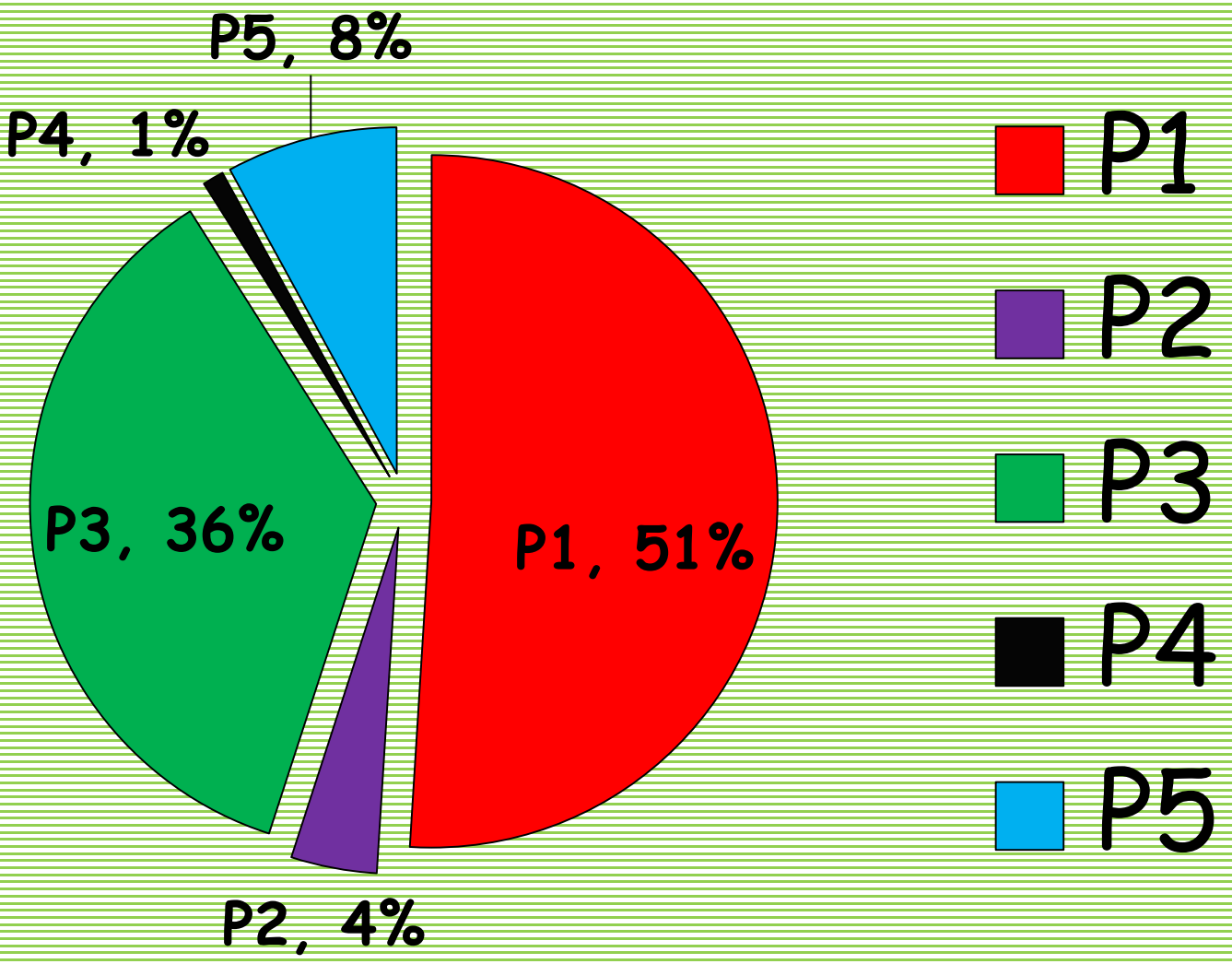
Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae*

Samples collected in 2014-2017:

Great Poland
Lower Silesia
Lubusz region
Opole region
Pomerania
West Pomerania
Varmia and Mazuria

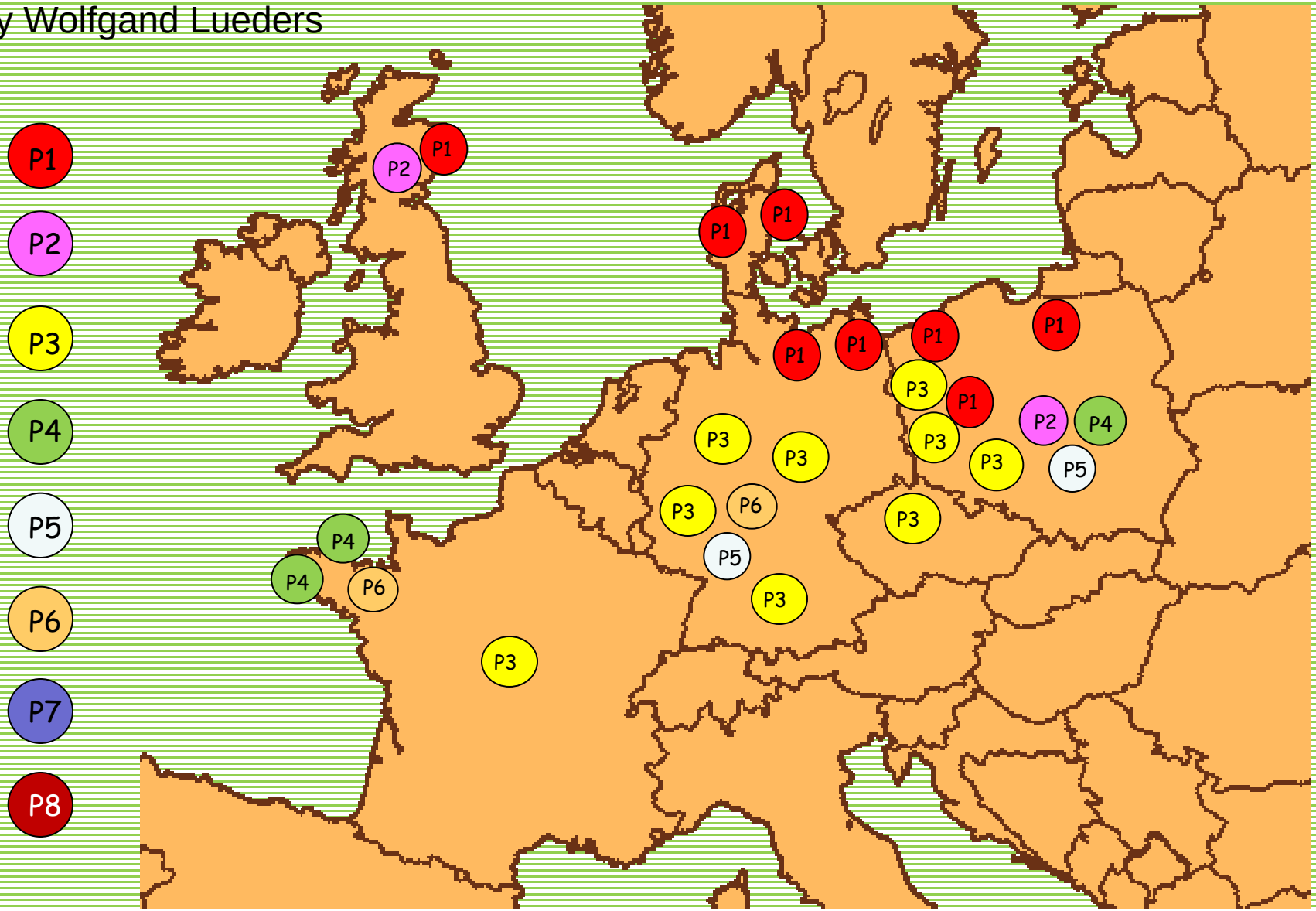


Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae*



Patotypes of *Plasmodiophora brassicae*

by Wolfgand Lueders



Patotypes of *Plasmodiophora brassicae*

Newest data on patotypes of *Plasmodiophora brassicae* in Poland:

- based on Williams: 8 pathotypes
- based on Somé: 2 pathotypes
- Based on Buczacki: 9 pathotypes

			Williams	Somé	Buczacki	soil pH
1	Siemysl	West Pomerania	4	P1	16/31/31	7.6
2	Ramlewo		6	P3	16/7/28	6.7
3	Karlin		10	P1	16/31/31	5.8
4	Tuczno		9	P1	16/31/8	4.3
5	Karsibor		4	P1	16/31/31	6.4
6	Jablonowo		4	P1	16/31/31	7.3
7	Bielnik	Warmia & Masuria	7	P3	16/31/29	5.4
8	Wegorzewo		6	P3	16/14/12	6.9
9	Wrzesiny	Lubusz Region	6	P3	16/14/30	7.6
10	Krotoszyn	Great Poland	16	P1	16/31/8	5.9
11	Lubań	Lower Silesia	12	P1	16/31/14	5.0
12	Ocice		3	P3	16/2/14	6.2
13	Bolkow		7	P3	16/14/15	6.8
14	Dobromierz		7	P3	16/14/15	5.0
15	Opole	Opole Region	6	P3	16/14/12	4.4
16	Kiczyce	Upper Silesia	7	P3	16/14/15	6.8

Patotypes of *Plasmodiophora brassicae*

Newest data on patotypes of *Plasmodiophora brassicae* in Poland:

- based on Williams: 8 pathotypes
- based on Somé: 2 pathotypes
- Based on Buczacki: 9 pathotypes

			Williams	Somé	Buczacki	soil pH	
1	Siemysl	West Pomerania	4	P1	16/31/31	7.6	←
2	Ramlewo		6	P3	16/7/28	6.7	
3	Karlin		10	P1	16/31/31	5.8	
4	Tuczno		9	P1	16/31/8	4.3	
5	Karsibor		4	P1	16/31/31	6.4	
6	Jablonowo		4	P1	16/31/31	7.3	←
7	Bielnik	Warmia	7	P3	16/31/29	5.4	
8	Wegorzewo	& Masuria	6	P3	16/14/12	6.9	
9	Wrzesiny	Lubusz Region	6	P3	16/14/30	7.6	←
10	Krotoszyn	Great Poland	16	P1	16/31/8	5.9	
11	Lubań	Lower Silesia	12	P1	16/31/14	5.0	
12	Ocice		3	P3	16/2/14	6.2	
13	Bolkow		7	P3	16/14/15	6.8	
14	Dobromierz		7	P3	16/14/15	5.0	
15	Opole	Opole Region	6	P3	16/14/12	4.4	
16	Kiczyce	Upper Silesia	7	P3	16/14/15	6.8	

-0,495

Pathotyping

Eur J Plant Pathol
DOI 10.1007/s10658-016-0939-1

Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae* causing damage to oilseed rape in the Czech Republic and Poland

Veronika Řičařová · Joanna Kaczmarek · Stephen E. Strelkov · Jan Kazda · Wolfgang Lueders · Pavel Rysanek · Victor Manolii · Małgorzata Jedryczka

Thresholds:

1) ID <25%, according to Somé et al. (1996) ⟵ Gosia

2)ID <50% with the 95% confidence interval not exceeding 50%
as proposed by LeBoldus et al. 2012 ⟵ Veronika

Lp.	Location	Region	Pathotype of *Plasmodiophora brassicae*					
			Williams		Somé		Buczacki	
			25%	50%	25%	50%	25%	50%
1	Siemyśl	West Pomerania	4	4				
2	Ramlewo		7 →	6				
3	Karlin		4 →	10				
4	Tuczno		9	9				
5	Karsibor		4	4				
6	Jabłonowo		4	4				
7	Bielnik	Varmia & Masuria	7	7				
8	Wegorzewo		6	6				
9	Wrzesiny	Lubusz Region	7 →	6				
10	Krotoszyn	Great Poland	9 →	16				
11	Lubań	Lower Silesia	4 →	12				
12	Ocice		3	3				
13	Bolków		7	7				
14	Dobromierz		7	7				
15	Opole	Opole Region	7 →	6				
16	Kiczyce	Upper Silesia	7	7				

→ Identical pathotype at ID<25% and ID<50%

→ different pathotype at ID<25% and ID<50%

			Pathotype of *Plasmodiophora brassicae*					
Lp.	Location	Region	Williams		Somé		Buczacki	
			25%	50%	25%	50%	25%	50%
1	Siemyśl	West Pomerania			P1 →	P1		
2	Ramlewo				P3 →	P3		
3	Karlin				P1 →	P1		
4	Tuczno				P1 →	P1		
5	Karsibor				P1 →	P1		
6	Jabłonowo				P1 →	P1		
7	Bielnik	Varmia & Masuria			P3 →	P3		
8	Wegorzewo				P3 →	P3		
9	Wrzesiny	Lubusz region			P3 →	P3		
10	Krotoszyn	Great Poland			P1 →	P1		
11	Lubań	Lower Silesia			P1 →	P1		
12	Ocice				P3 →	P3		
13	Bolków				P3 →	P3		
14	Dobromierz				P3 →	P3		
15	Opole	Opole Region			P3 →	P3		
16	Kiczyce	Upper Silesia			P3 →	P3		

→ Identical pathotype at ID<25% and ID<50%

→ different pathotype at ID<25% and ID<50%

Lp.	Location	Region	Pathotype of *Plasmodiophora brassicae*					
			Williams		Somé		Buczacki	
			25%	50%	25%	50%	25%	50%
1	Siemyśl	West Pomerania					17/31/31 →	16/31/31
2	Ramlewo						16/7/31 →	16/7/28
3	Karlin						17/31/31 →	16/31/31
4	Tuczno						16/31/8	16/31/8
5	Karsibor						17/31/31 →	16/31/31
6	Jabłonowo						17/31/31 →	16/31/31
7	Bielnik	Warmia & Masuria					16/31/31 →	16/31/29
8	Wegorzewo						16/14/30 →	16/14/12
9	Wrzesiny	Lubusz Region					16/14/31 →	16/14/30
10	Krotoszyn	Great Poland					16/31/8	16/31/8
11	Lubań	Lower Silesia					16/31/14	16/31/14
12	Ocice						16/6/31 →	16/2/14
13	Bolków						16/14/15	16/14/15
14	Dobromierz						16/14/15	16/14/15
15	Opole	Opole Region					16/14/31 →	16/14/12
16	Kiczyce	Upper Silesia					16/14/15	16/14/15

→ Identical pathotype at ID<25% and ID<50%

→ different pathotype at ID<25% and ID<50%

Lp.	Location	Region	Pathotype of *Plasmodiophora brassicae*					
			Williams		Somé		Buczacki	
			25%	50%	25%	50%	25%	50%
1	Siemyśl	zachodnio-pomorskie	4	4	P1	P1	17/31/31	16/31/31
2	Ramlewo		7	6	P3	P3	16/7/31	16/7/28
3	Karlin		4	10	P1	P1	17/31/31	16/31/31
4	Tuczno		9	9	P1	P1	16/31/8	16/31/8
5	Karsibor		4	4	P1	P1	17/31/31	16/31/31
6	Jabłonowo		4	4	P1	P1	17/31/31	16/31/31
7	Bielnik	warmińsko-mazurskie	7	7	P3	P3	16/31/31	16/31/29
8	Wegorzewo		6	6	P3	P3	16/14/30	16/14/12
9	Wrzesiny	lubuskie	7	6	P3	P3	16/14/31	16/14/30
10	Krotoszyn	wielkopolskie	9	16	P1	P1	16/31/8	16/31/8
11	Lubań	dolnośląskie	4	12	P1	P1	16/31/14	16/31/14
12	Ocice		3	3	P3	P3	16/6/31	16/2/14
13	Bolków		7	7	P3	P3	16/14/15	16/14/15
14	Dobromierz		7	7	P3	P3	16/14/15	16/14/15
15	Opole	opolskie	7	6	P3	P3	16/14/31	16/14/12
16	Kiczyce	śląskie	7	7	P3	P3	16/14/15	16/14/15

→ Identical pathotype at ID<25% and ID<50%

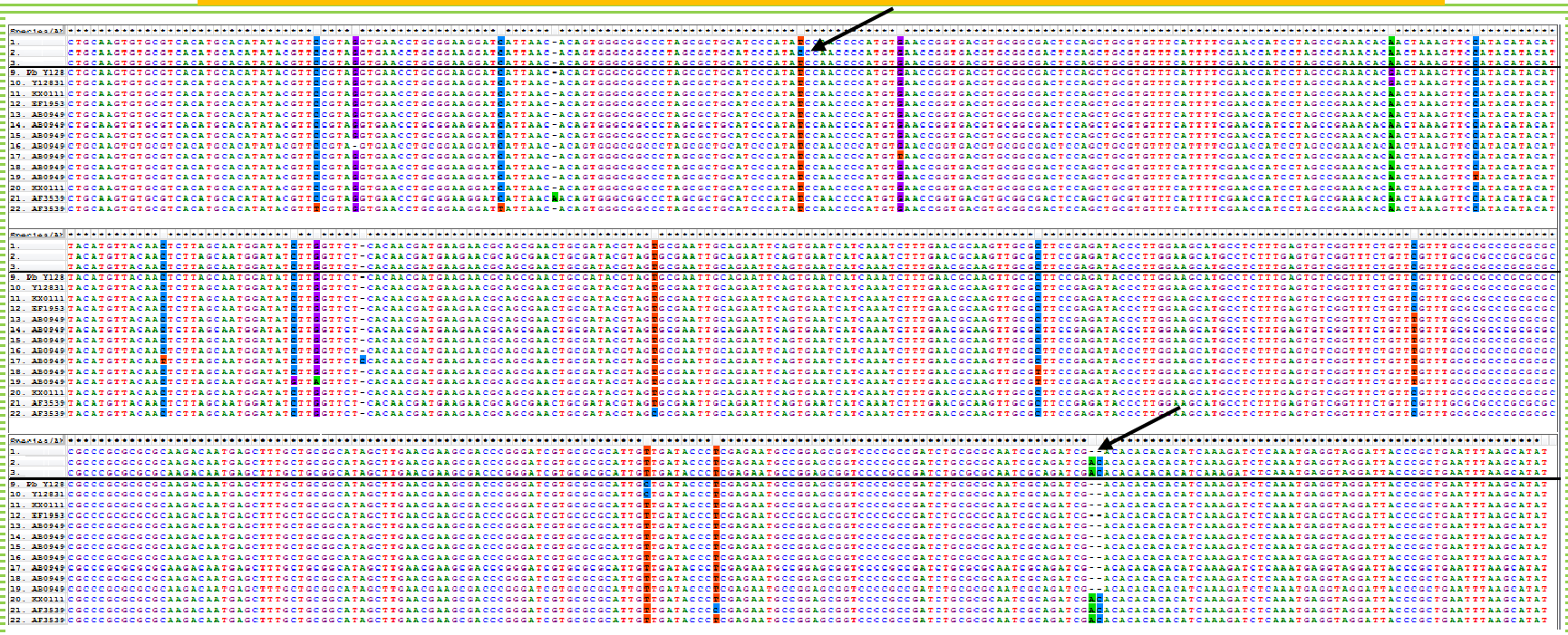
→ different pathotype at ID<25% and ID<50%

Designation of the pathotype of *Plasmodiophora brassicae* depends on:
1) classification system and
2) threshold of the Disease Index.

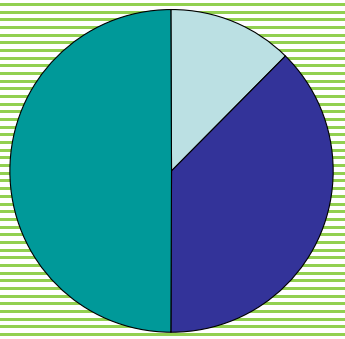
The change of these parameters may completely change the result.

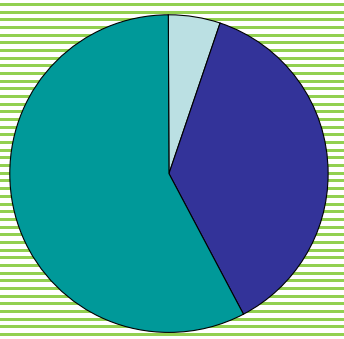
There are at least 9 pathotypes of this pathogen in Poland.

Sequencing of the ITS1-5,8s-ITS2 fragment



- Among 107 isolates of *P. brassicae* we have found only **three types of plymorpisms** of ITS1-5,8S-ITS2, each variant was a single nucleotide change. In NCBI 14 types of polymorphisms have been described.
- One variant found in Poland was **unique** (not described in NCBI).
- The proportions between the variants were **similar** in samples originating from 2016 and 2017.





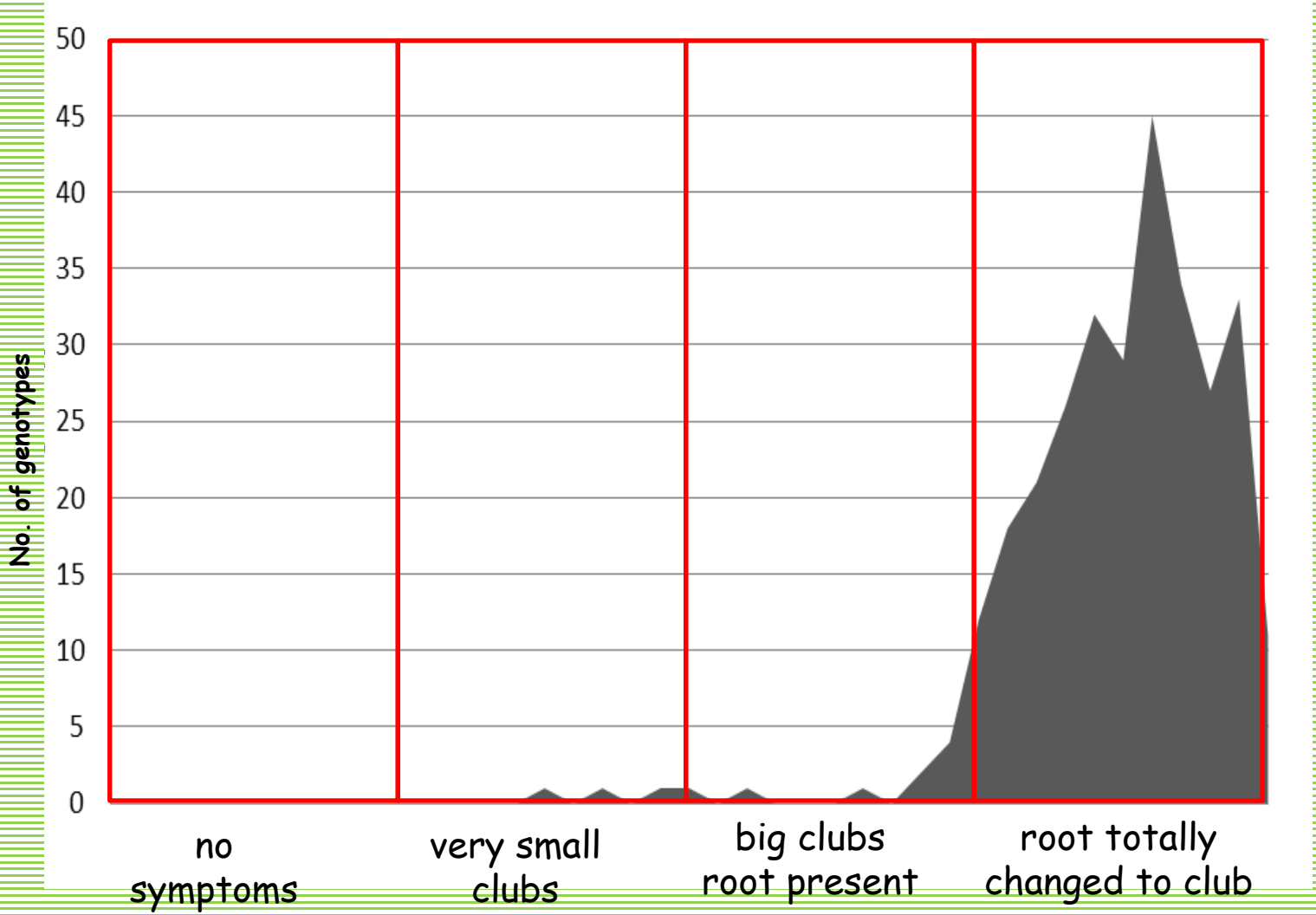
Susceptibility of selected forms to clubroot (2016)

no symptoms | small clubs | big clubs, root still existing

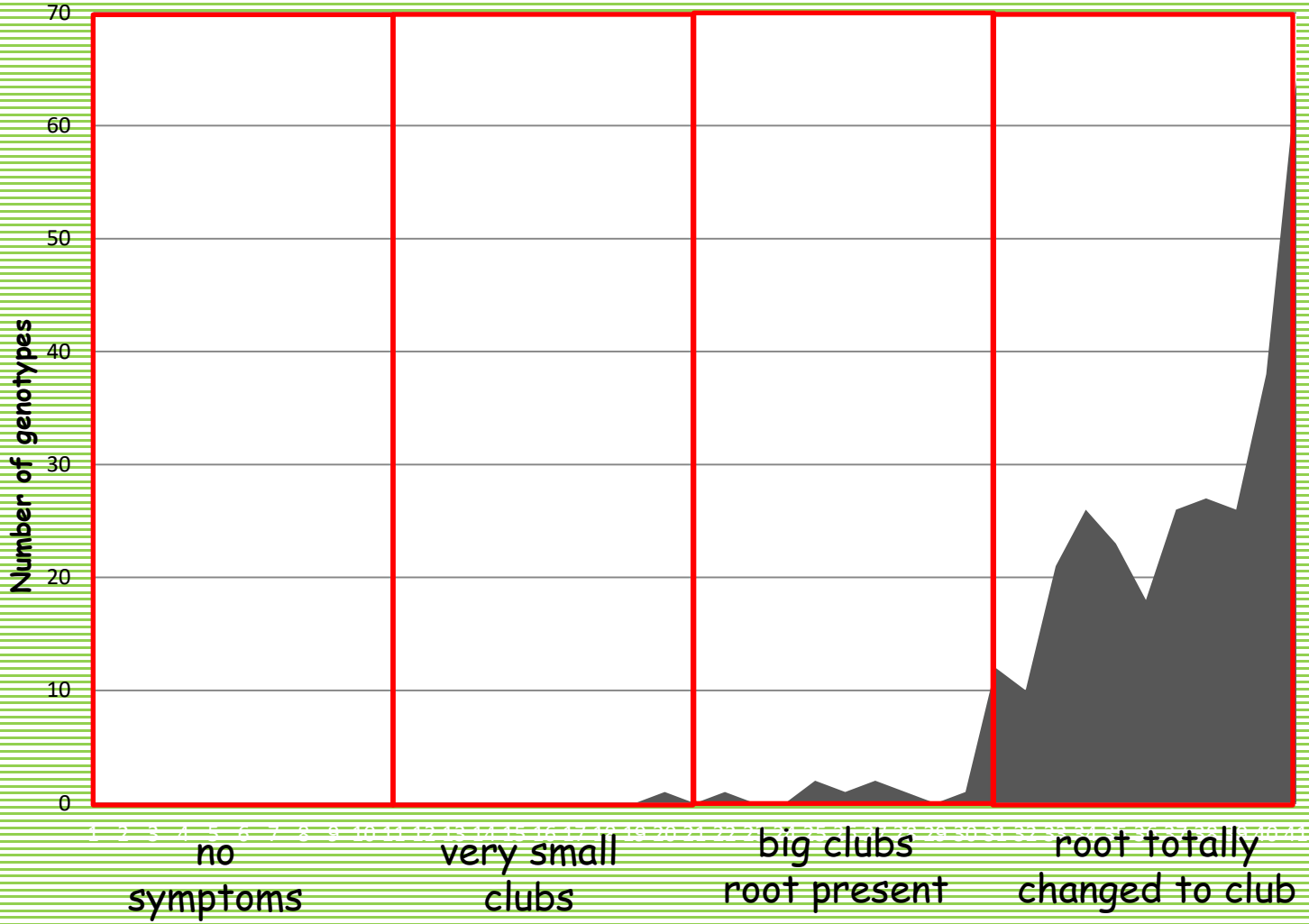
Very resistant		Moderately resistant		Moderately susceptible		Very susceptible	
Result	No. of genotypes	Result	No. of genotypes	Result	No. of genotypes	Result	No. of genotypes
0	0	1	0	2	1	3	10
0,1	0	1,1	0	2,1	1	3,1	8
0,2	1	1,2	1	2,2	Br j-2 Mendel	3,2	15
0,3	0	1,3	0	2,3	2	3,3	13
0,4	0	1,4	1	2,4	0	3,4	20
0,5	2	1,5	0	2,5	2	3,5	26
0,6	0	1,6	Tosca	2,6	Br 08.006.169	3,6	24
0,7	0	1,7	1	2,7	1	3,7	35
0,8	1	1,8	2	2,8	4	3,8	41
0,9	0	1,9	2	2,9	6	3,9	44
						4	42

Root changed to club

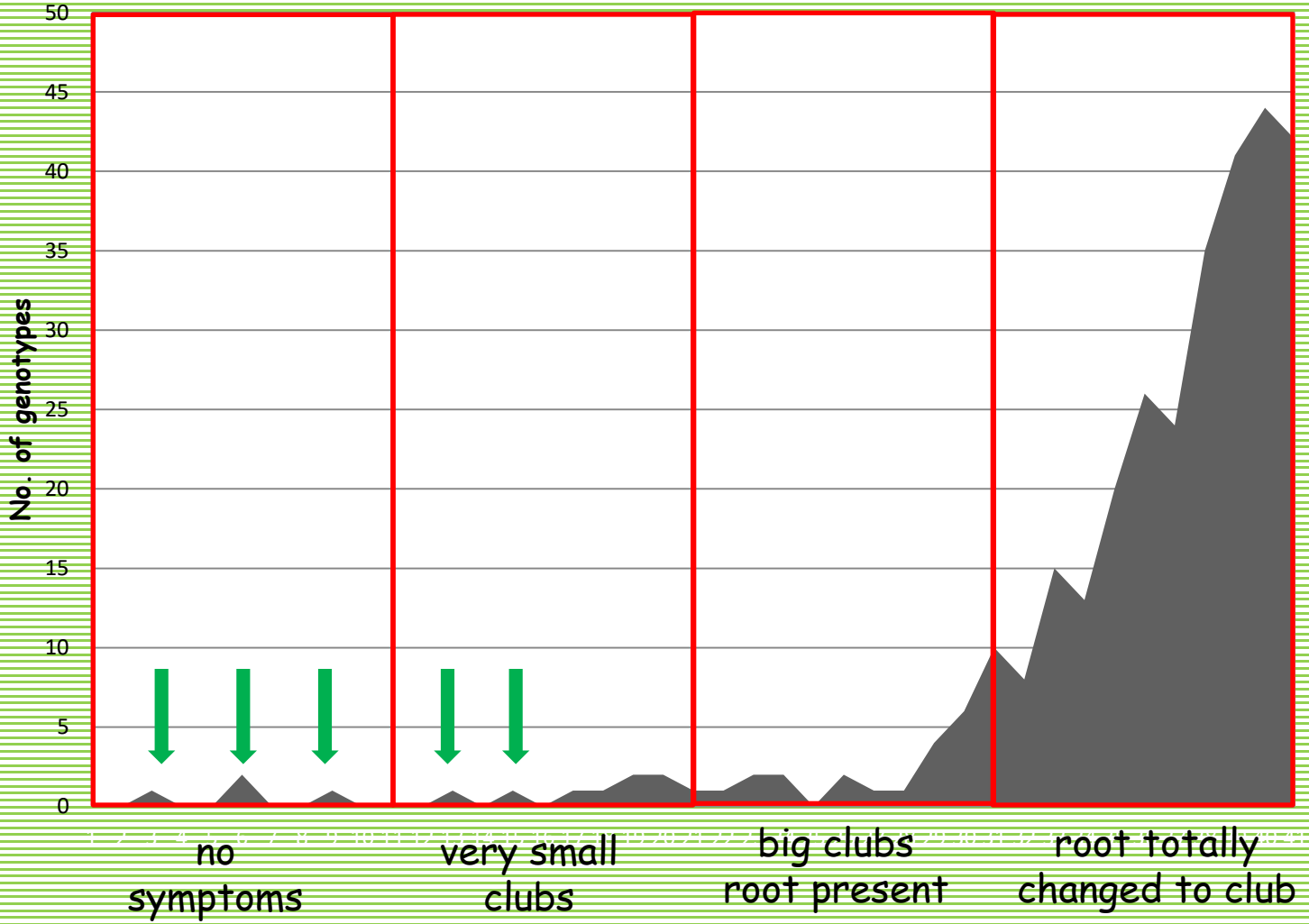
Number of the genotypes of the genus *Brassica* in sub-groups of resistance to *Plasmodiophora brassicae* (2014)



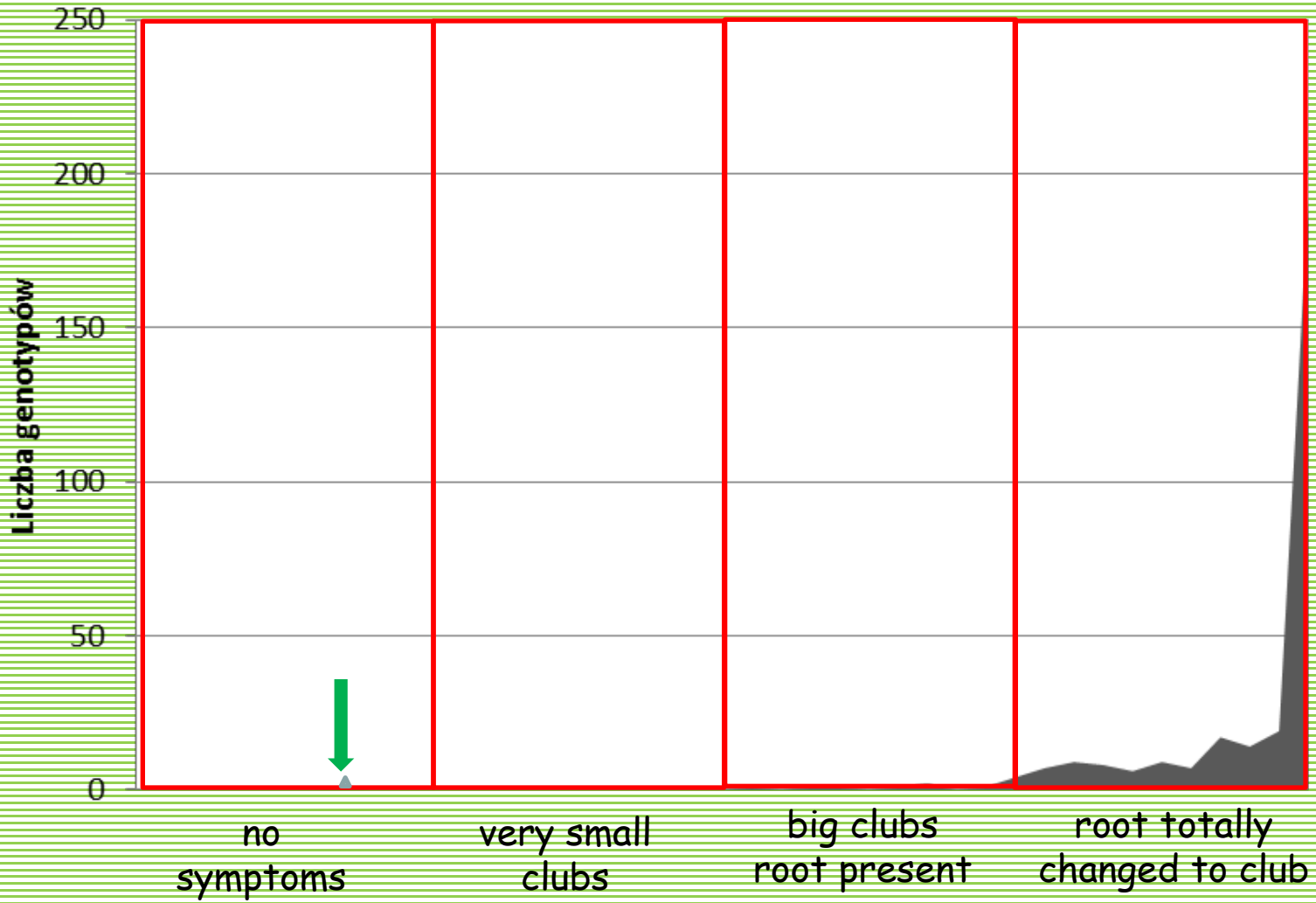
Number of the genotypes of the genus *Brassica* in sub-groups of resistance to *Plasmodiophora brassicae* (2015)



Number of the genotypes of the genus *Brassica* in sub-groups of resistance to *Plasmodiophora brassicae* (2016)

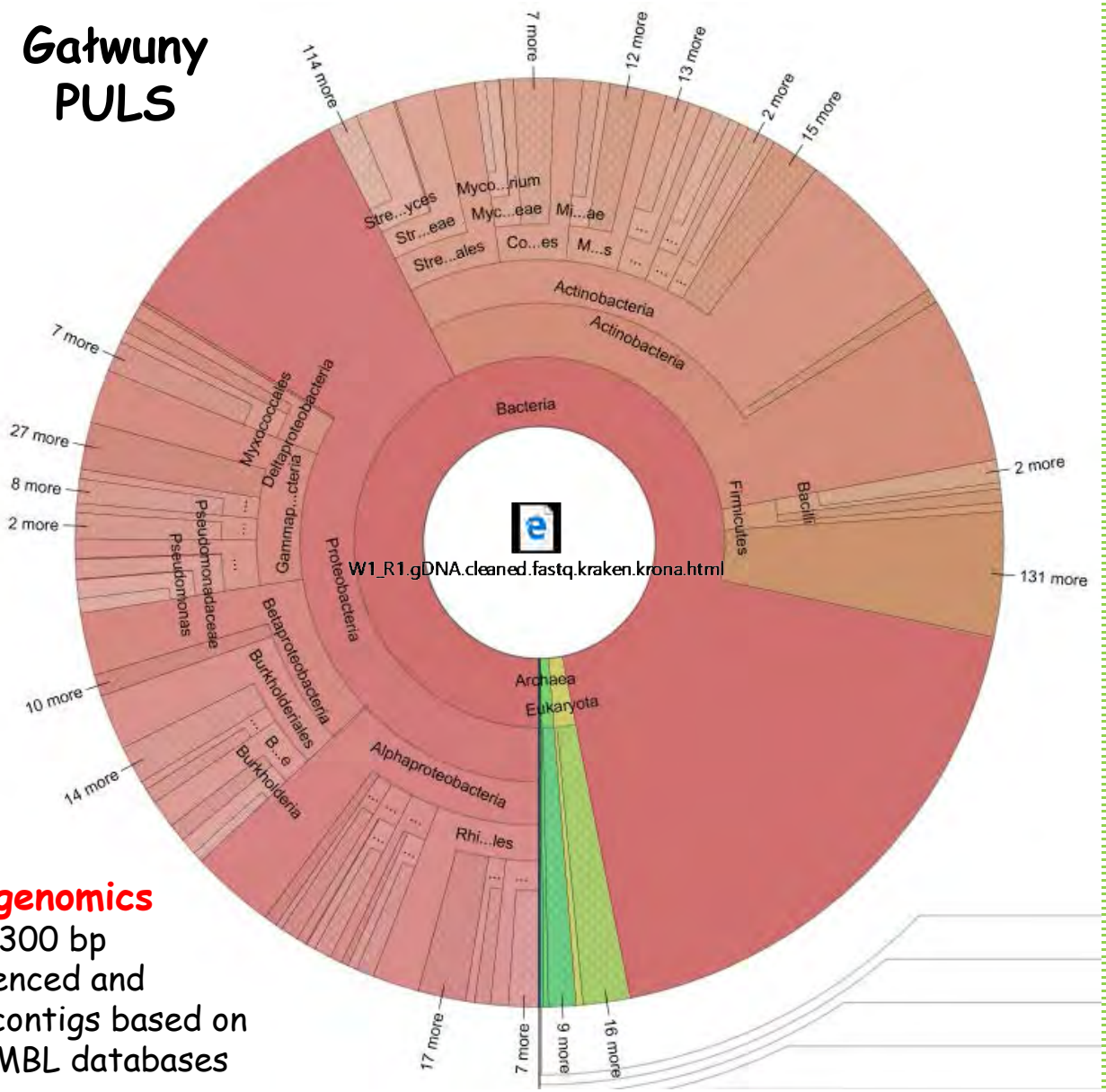


Number of the genotypes of the genus *Brassica* in sub-groups of resistance to *Plasmodiophora brassicae* (2017)



Microbiome present is soil under OSR heavily infected with *Plasmodiophora brassicae*

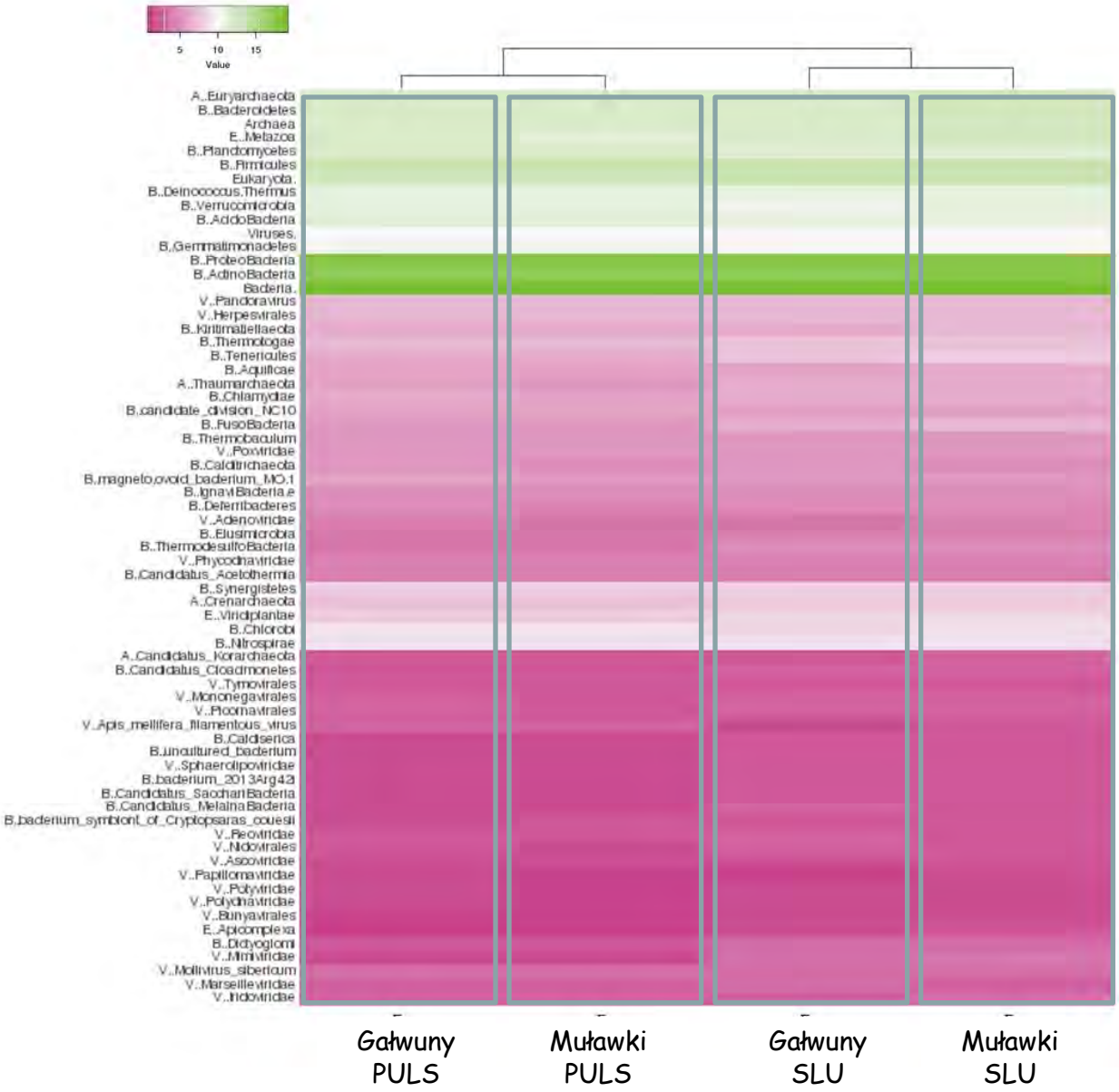
Gałwuny PULS



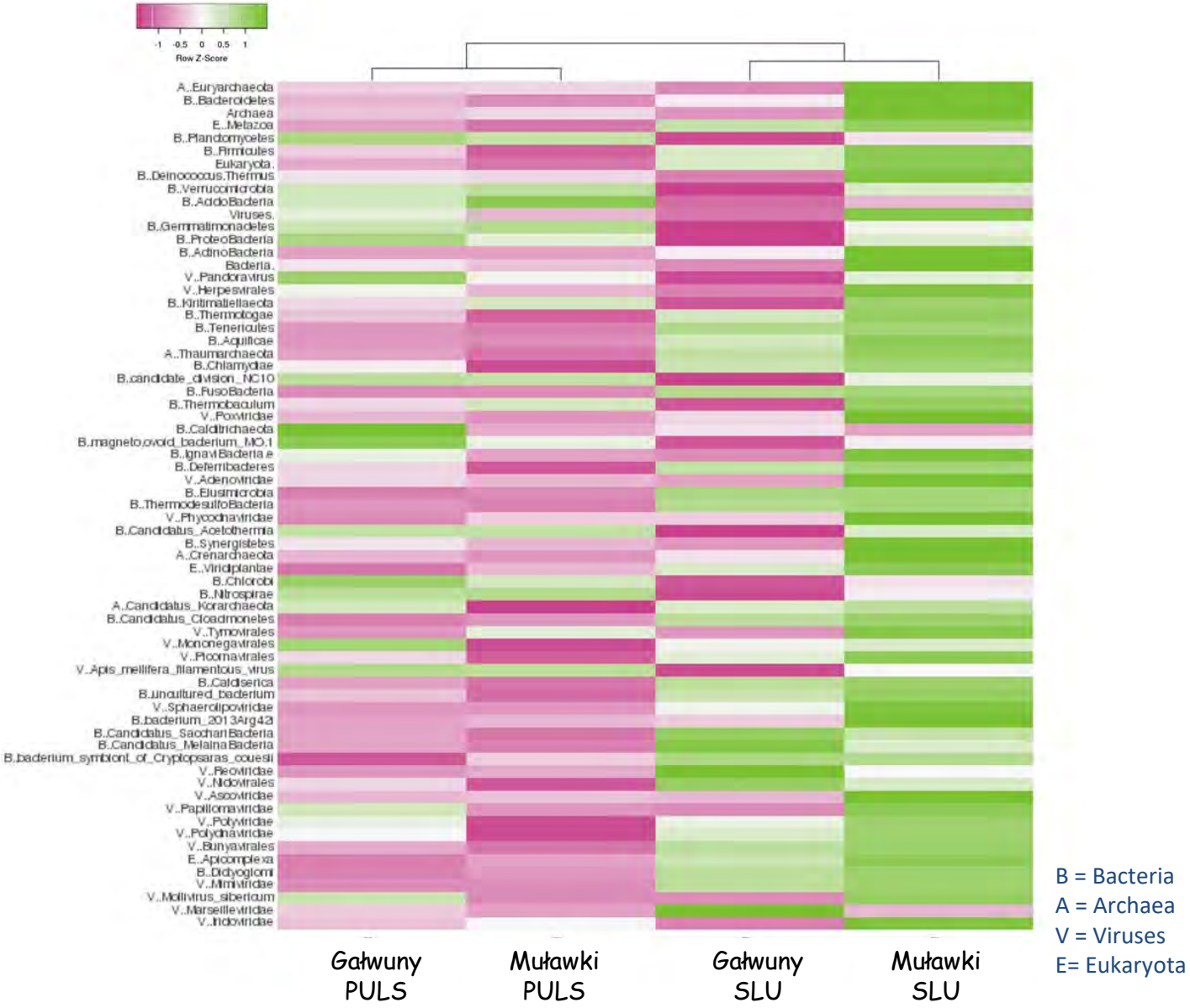
Shotgun metagenomics

DNA cut to 100-300 bp fragments, sequenced and scaffolded into contigs based on NCBI and ENSEMBL databases

Microbiome present is soil under OSR heavily infected with *Plasmodiophora brassicae*



Microbiome present is soil under OSR heavily infected with *Plasmodiophora brassicae*



B = Bacteria
A = Archaea
V = Viruses
E= Eukaryota

Results summary

1. Results highly dependent on the method of DNA isolation from a soil sample.

2. Presence of microorganisms used in biological plant protection.

Future

Analysis of soils and root endophytes will help to elaborate biocontrol methods against *Plasmodiophora brassicae*.

Articles in farmers' press

Kiła kapusty

Zarodniki w rowach i stawach

Od ponad 30 lat kiła kapusty jest powszechnie występującą chorobą roślin kapustowatych w dużej części Europy, w Ameryce Północnej, Australii i Azji, a od kilkunastu ostatnich lat stanowi także poważne zagrożenie na plantacjach rzepaku w Polsce. Zarodniki sprawcy kiły występują w zbiornikach wodnych na terenach rolniczych, co sprzyja jej rozprzestrzenianiu.

Choroba ta, powodowana przez pierwotniaka *Plasmodiophora brassicae*, spotykana jest na znacznym obszarze uprawy rzepaku, choć nasilenie jej występowania w poszczególnych regionach kraju jest bardzo zróżnicowane. W wyniku badań wykonanych w Instytucie Genetyki Roślin PAN oraz Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu na losowo pobieranych próbach gleby z terenu wszystkich powiatów w Polsce wykazano, że patogen obecny jest w prawie 40 proc. powiatów, w stężeniu wystarczającym do wywołania silnych objawów chorobowych. Informacje te są niepokojące, ponieważ zarodniki przetrwalnikowe tego patogenu mogą zalegać w podłożu do 20 lat, nie tracąc swojej aktywności biologicznej. Co więcej, tempo rozwoju choroby jest bardzo duże. Badania prowadzone w Kanadzie i w Polsce wykazały, że po kilku latach od wystąpienia objawów na niewielkiej liczbie roślin, w warunkach sprzyjających rozwojowi sprawcy, choroba może opanować znaczny obszar uprawy rzepaku. Badania prowadzone w Kanadzie wykazały też, że jej występowanie na polach prawie zawsze związane jest ze znacznym skróceniem płodozmianu. Ze względu na częste wprowadzanie rzepaku do płodozmianu (np. co dwa lata), istnieje duża obawa, że w Polsce będzie się nasilało występowanie tego groźnego mikroorganizmu na terenach rolniczych.

Przez włośniki lub rany

W cyklu życiowym patogenu powodującego kiłę kapusty można wyróżnić dwa bardzo ważne etapy: zainfekowanie gospodarza powodujące objawy chorobowe, a następnie namnożenie kolejnych zarodników i rozprzestrzenienie choroby.

Przy sprzyjającej temperaturze i wilgotności obecne w glebie zarodniki przetrwalnikowe przekształcają się w zarodniki pływkowe. Do infekcji korzeni dochodzi przez wprowadzenie do wnętrza rośliny ich protoplastu, czyli tej części, która jest aktywna metabolicznie. Z zarodnika pływkowego wewnątrz włośnika powstaje pierwotne plazmodium. Obecność patogenu w roślinie rozpoczyna dodatkowe podziały komórkowe w tkankach korzenia. Nowo powstałe komórki mają znacznie większe rozmiary niż komórki u roślin zdrowych. Z kolei plazmodia dzielą się na liczne wielojądrowe fragmenty, które otaczają się błoną. Są to zarodnie z rozwijającymi się 4-9 wtórnymi zarodnikami pływkowymi. Po wydostaniu się przez otwory porażonej ściany korzeni zarodniki pływkowe przemieszczają się znowu w wodzie glebowej, na grudkach gleby lub z fragmentami porażonych korzeni, zakażając inne korzenie tej samej lub sąsiedniej rośliny.

Zarodniki mogą przenosić się na wszystkich częściach maszyn rolniczych, które mają kontakt z glebą. Co więcej, zarodniki pływkowe tego patogenu bardzo łatwo rozprzestrzeniają się w wilgotnej glebie. Mogą one również przedostawać się do cieków wodnych – rurek drenarskich, rowów odwadniających i wraz z wodą być transportowane na duże odległości.

Woda do badania

W 2014 r. w IGR-PAN przeprowadzono badania w celu sprawdzenia, jakie stężenia zarodników *P. brassicae* występują w zbiornikach wodnych na terenach rolniczych. Z niektórych zbiorników czerpana jest woda do podlewania i zraszania pól, inne to woda leniwie płynąca, przemieszczająca się między polami uprawnymi, w tym często między dużymi plantacjami rzepaku. Jeszcze inne to małe lokalne rzeczki o wartkim nurcie.

W jednym z badań skupiono się na pobieraniu wody w miejscu przylegającym do pola z roślinami rzepaku, na których występowały objawy kiły kapusty, a następnie w pewnej odległości od tego miejsca. Wykonano też monitoring wód w kilkunastu miejscach w Polsce, aby sprawdzić w losowo rozmieszczonych stawkach śródpolnych, czy przy pomocy bardzo czułych metod detekcji można wykryć DNA, które znajduje się w zarodnikach patogenu.

Obecne metody detekcji molekularnej umożliwiają powielanie i wykrywanie fragmentów DNA, dzięki czemu sprawdzają się w diagnostyce i pozwalają wykryć sprawcę kiły kapusty.

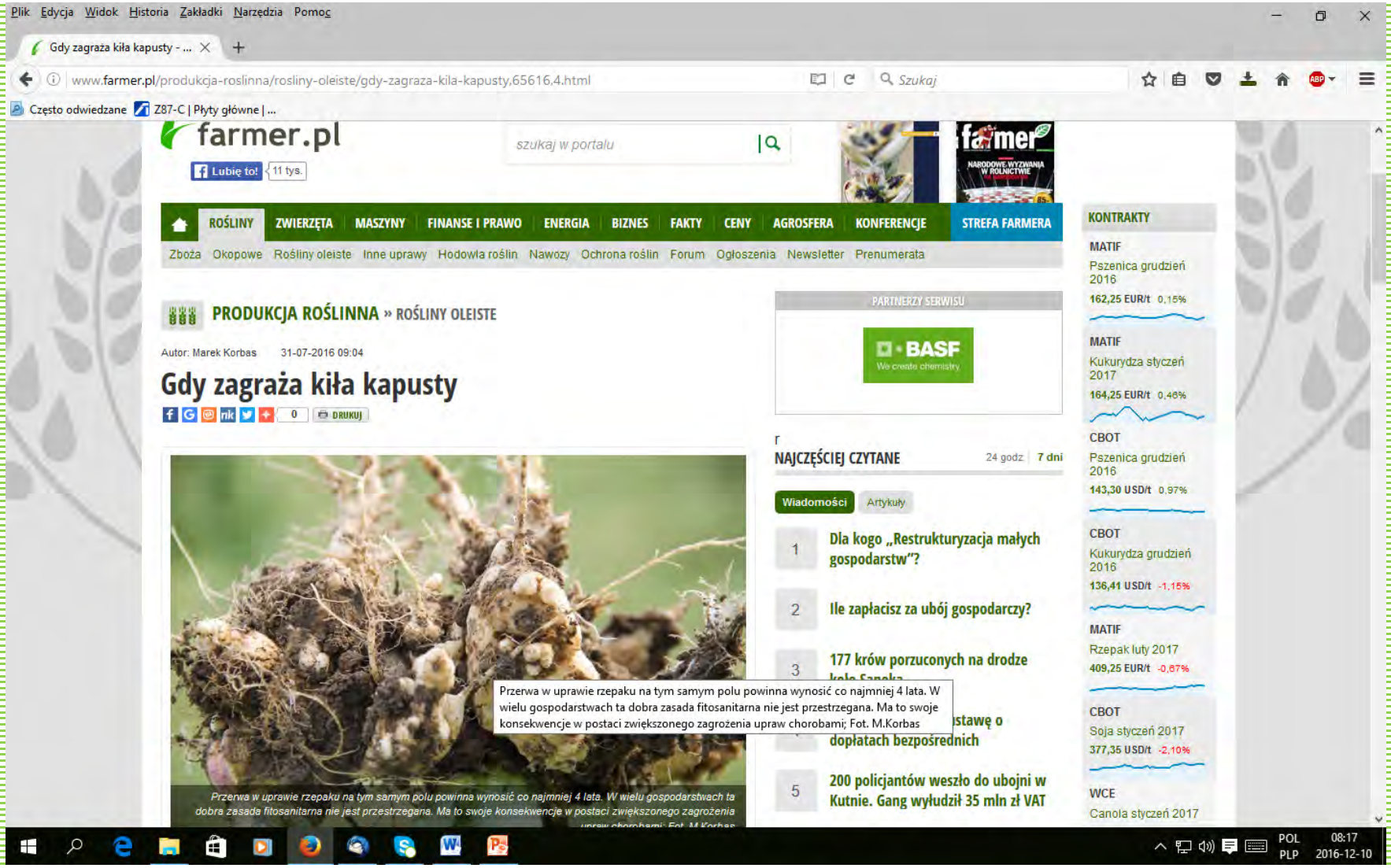
W kałuży wody na polu z roślinami silnie porażonymi przez *P. brassicae* było ponad pół miliona zarodników w 1 litrze wody! Co więcej, możliwe było wykrycie patogenu w płynącej wodzie, nawet w odległości 100 m od pola z porażonym rzepakiem. Z 50 przebadanych próbek wody obecność patogenu wykryto aż w 38. Oznacza to, że w trzech na cztery zbiorniki wodne znajdujące się na terenach rolniczych stwierdzono występowanie zarodników pierwotniaka odpowiedzialnego za kiłę. Badane próby pochodziły od rolników zaniepokojonych sytuacją i z wyników badań można się domyślić, że pobrano je ze zbiorników występujących na polach, na których spodziewano się lub wykryto porażone rośliny rzepaku. Skala zjawiska jest więc bardzo duża. Zredukować je może uprawa odpornych odmian rzepaku, susza, zwiększone wapnowanie i higiena maszyn rolniczych.

Dzięki projektowi finansowanemu przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi badania te będą kontynuowane, z korzyścią dla rolników – producentów rzepaku.

prof. dr hab. Małgorzata Jędryczka
dr Joanna Kaczmarek
Instytut Genetyki Roślin – PAN w Poznaniu

Jędryczka M., Kaczmarek J. (2016). Kiła kapusty: zarodniki w rowach i stawach. Przedsiębiorca rolny, maj 2016, str. 80.

Articles in websites for farmers



Seminars for farmers

Seminar for extension services and producers of oilseed rape

Lubusz Extension Service in Kalsk

Field consultations

Field visit for extension services and producers of oilseed rape

Field consultations

Field visit for extension services and producers of oilseed rape

pH of Polish soils

Most of Polish soils are acidic!

20-40 %
of acidic or very acidic soils

41-60 %
of acidic or very acidic soils

61-80 %
of acidic or very acidic soils

Control of clubroot in Poland

1. Regulation of soil pH (traditional and novel types of pH regulators

a) calcium carbonates natural $CaCO_3$ (chalk, calcite, limestone)

b) calcium carbonate – sugarbeet waste lime (byproduct in sugar production)

c) calcium oxide CaO (quick lime, burnt lime)

d) calcium cyanamide – fertiliser Perlka: 50% calcium oxide + 20% N
soil sterilant effect, environmentally friendly (microbes)

e) calcium hydrate OrCal ‚the fertilizer from chicken feather'

Control of clubroot in Poland

1. Regulation of soil pH (traditional and novel types of pH regulators

a) calcium carbonates natural $CaCO_3$ (chalk, calcite, limestone)

b) calcium carbonate – sugarbeet waste lime (byproduct in sugar production)

c) calcium oxide CaO (quick lime, burnt lime)

d) calcium cyanamide – fertiliser Perlka: 50% calcium oxide + 20% N
soil sterilant effect, environmentally friendly (microbes)

e) calcium hydrate OrCal ‚the fertilizer from chicken feather'

2. Resistant cultivars

Cultivars of WOSR resistant to clubroot currently registered in Poland

Cultivar	Breeding company	Year of registration
Alasco	Limagrain Europe s.a.	2017
Archimedes	Limagrain Europe s.a.	2016
Augusta	Limagrain Europe s.a.	2018
DK Platinium	Monsanto Technology LLC/ Monsanto SAS Centre de Recherche	2016
Mentor	Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG	2015
SY Alibaba	Syngenta Seeds GmbH/ Syngenta Participations AG	2018
SY Alister	Syngenta Seeds GmbH/ Syngenta Crop Protection AG	2014

Presently **18 new cultivars of WOSR** have been submitted by the breeding companies and they are being tested for clubroot resistance by the Institute of Plant Protection from Poznan using a soil test

Cultivars of WOSR resistant to clubroot currently registered in the UE

Country	Cultivar
Denmark	Alasco, Archimedes, Aristoteles, Mendelson, Mendel, Mentor, PT 235, PT 242, SY Alibaba
Estonia	Mentor
France	Croquet, DK Platon, SY Alibaba
Lithuania	Mentor
Germany	Andromeda, Mentor, Mendel, PT 242, SY Alister
Poland	Alasco, Archimedes, Augusta, DK Platinium, Mentor, SY Alister, SY Alibaba
Great Britain	Archimedes, Cracker, DK Pliny, Mendel, Mentor, PT 235, SY Alister

Control of clubroot in Poland

1. **Regulation of soil pH (traditional and novel types of pH regulators**

a) calcium carbonates natural $CaCO_3$ (chalk, calcite, limestone)

b) calcium carbonate – sugarbeet waste lime (byproduct in sugar production)

c) calcium oxide CaO (quick lime, burnt lime)

d) calcium cyanamide – fertiliser Perlka: 50% calcium oxide + 20% N
soil sterilant effect, environmentally friendly (microbes)

e) calcium hydrate OrCal ‚the fertilizer from chicken feather'

2. **Resistant cultivars**

3. **Proper agrotechnology,** mainly proper crop rotation (at least one in 3 years)

Control of clubroot in Poland

1. **Regulation of soil pH (traditional and novel types of pH regulators**

a) calcium carbonates natural CaCO3 (chalk, calcite, limestone)

b) calcium carbonate – sugarbeet waste lime (byproduct in sugar production)

c) calcium oxide CaO (quick lime, burnt lime)

d) calcium cyanamide – fertiliser Perlka: 50% calcium oxide + 20% N
soil sterilant effect, environmentally friendly (microbes)

e) calcium hydrate OrCal ‚the fertilizer from chicken feather'

2. **Resistant cultivars**

3. **Proper agrotechnology,** mainly proper crop rotation (at least one in 3 years)

4. **Research programmes funded by the Ministry of Agriculture:**

a)Institute of Plant Genetics PAS – search for sources of resistance, pathotyping

b)Institute of Plant Protection NRI – monitoring and testing of the cultivars

c)Institute of Plant Breeding and Acclimatisation NRI – breeding of WOSR

d)Institute of Horticulture – breeding of vegetable brassicas

Control of clubroot in Poland

1. **Regulation of soil pH (traditional and novel types of pH regulators**

a) calcium carbonates natural $CaCO_3$ (chalk, calcite, limestone)

b) calcium carbonate – sugarbeet waste lime (byproduct in sugar production)

c) calcium oxide CaO (quick lime, burnt lime)

d) calcium cyanamide – fertiliser Perlka: 50% calcium oxide + 20% N
soil sterilant effect, environmentally friendly (microbes)

e) calcium hydrate OrCal ‚the fertilizer from chicken feather'

2. **Resistant cultivars**

3. **Proper agrotechnology,** mainly proper crop rotation (at least one in 3 years)

4. **Research programmes funded by the Ministry of Agriculture:**

a)Institute of Plant Genetics PAS – search for sources of resistance, pathotyping

b)Institute of Plant Protection NRI – monitoring and testing of the cultivars

c)Institute of Plant Breeding and Acclimatisation NRI – breeding of WOSR

d)Institute of Horticulture – breeding of vegetable brassicas

5. ~~**Hygiene of machinery**~~ 6. ~~**Biocontrol**~~ 7. ~~**Bait crops**~~

8. ~~**Soil mapping/site specific pathotyping**~~ 9. ~~**Manipulation of the sowing date**~~

Laboratory of Molecular Plant Pathology

Thank you!