

福岡県に分布するアブラナ科野菜根こぶ病菌 1 菌系の病原性の特徴

田中 秀平・土屋 彰吾・伊藤 真一・亀谷 満朗
(山口大学農学部)

Pathogenicity of an isolate of *Plasmodiophora brassicae* from Fukuoka Prefecture.
Shuhei TANAKA, Shogo TSUCHIYA, Shin-ichi ITO and Mitsuro KAMEYAIWAKI (Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yoshida, Yamaguchi 753)

An isolate of *Plasmodiophora brassicae* WORONIN from Katsuura, Tsuyazaki, Fukuoka Prefecture, where clubroot has recently become problem in some cruciferous crops, was investigated with regard to pathogenicity and control by several inoculation tests. The isolate showed high pathogenicity to clubroot-resistant (CR) cultivars of broccoli (cvs. Atsumori and Kasamori) but showed only negligible pathogenicity to some CR cultivars of Chinese cabbage, turnip and cabbage. The isolate was identified as WILLIAMS' race 4 and was evaluated to be the high virulent strain which severely attacks susceptible cultivars of Chinese cabbage (cv. Nozaki Ni-go) even at low inoculum density (1×10^3 spores/g dry soil). Of three fungicides tested, flusulfamide and fluazinam constantly showed high efficacy against the isolate even at high inoculum density (1×10^6 spores/g dry soil). Turnip seedlings were grown in soils collected from fields, nurseries and a canal bed in Katsuura in order to investigate the infesting level of the clubroot fungus in these places. The results indicated that the level varied according to the place and whether or not the canal had also been infested by the fungus.

Key words: *Plasmodiophora brassicae*, pathogenicity, clubroot-resistant cultivar, control, Fukuoka Prefecture

根こぶ病はアブラナ科野菜に激しい被害をもたらす土壌伝染性病害である。近年、本病の発生が九州の各地で見られるようになった。福岡県津屋崎町勝浦では、数年前からキャベツやブロッコリーなどに本病が散発的に発生していたとみられるが、1995年に収穫皆無の圃場が出現して問題が顕在化し、防除対策の確立が緊急の課題となった。

根こぶ病はもともと防除の難しい病害であるが、本病の病原菌 *Plasmodiophora brassicae* WORONIN には、性質の異なる様々な菌系が存在し^{3-5, 7, 8)}、このことが防除の問題をますます複雑にしている。例えば、近年、各種アブラナ科野菜で根こぶ病抵抗性 (CR) 品種が育成され各地に普及しつつあるが⁹⁾、根こぶ病菌にはこれらの品種を侵す菌系と侵さない菌系が存在するため¹⁾、CR 品種の効果は菌系によって一律でない。また、菌系によって病原力が異なり、そのために根こぶ病の発生生態や防除薬剤の効果に少なからず差がみられる⁵⁾。従って、防

除対策の検討に際しては、地域ごとに菌系の性質を十分に把握しておくことが望ましいが、九州の根こぶ病菌については、まだ研究が少なく、あまり良く分かっていない。

本研究では、九州の根こぶ病菌の病原性調査の一環として、また福岡県津屋崎町勝浦における根こぶ病防除対策検討のための基礎資料を得ることを目的として、当地区に分布する根こぶ病菌菌系の病原性の特性をはじめ、防除対策に関連する 2, 3 の問題について検討を行った。

材料および方法

1. 供試菌

福岡県津屋崎町勝浦地区で採集し、 -40°C で凍結保存しておいたブロッコリー根こぶ病罹病根から、常法³⁾によって根こぶ病菌 (以下、福岡菌とする) の休眠胞子を分離し、実験に供した。なお、一部実験では、対照菌として、性質の良く判っている山口県山口市と萩市の 2 菌系³⁻⁵⁾ (以下、山口菌および萩菌とする) の休眠胞子を

ハクサイ根こぶ病罹病根から同様に分離し、実験に使用した。

2. 接種と栽培

接種は、特に述べない限り、吉川ら¹⁰⁾の病土挿入法により、人口土壌を用いて行った。供試植物を病土上にポットあたり6粒播種し、ビニルハウスで40-50日間栽培後、発病調査を行った。全ての実験で1実験区6ポットを用いた。

3. 各種アブラナ科野菜に対する病原性調査

アブラナ科野菜の7種15品種 (Table 1) に対する福岡菌の病原性を調べた。このうち、8品種はCR品種である。接種孢子密度は 1×10^7 個/g 乾土とした。対照菌として山口菌を用いた。実験は1996年5月21日から7月8日まで (春期実験) と9月9日から10月19日まで (秋期実験) の2回行った。

4. レース検定

WILLIAMS⁹⁾の方法により福岡菌のレース検定を行った。検定には供試植物としてレース判別品種であるキャベツの Jersey Queen と Badger Shipper およびルタバガの Laurentian と Wilhelmsburger を用い、対照植物としてハクサイの野崎二号を用いた。また、接種孢子密度は 1×10^7 個/g 乾土とした。発病調査の結果、発病指数が25以上の場合を感受性として扱い、4判別品種の感受性の有無の組み合わせに基づきレース番号を決定した。実験は1996年9月5日から10月14日まで行った。

5. 病原力の調査

ハクサイ野崎二号を供試植物とし、福岡菌の一般的な (感受性品種に対する) 病原力を山口菌と菘菌を対照菌として調べた。なお、山口菌は高い孢子密度の時に初めて激しい発病を引き起こす病原力の比較的弱い菌系であり、菘菌は低い孢子密度でも激しい発病を引き起こす病原力の強い菌系である³⁻⁵⁾。実験には接種孢子密度を 1×10^1 個/g 乾土から 1×10^5 個/g 乾土まで5段階に変化させた実験区を設定した。実験は、1996年5月14日から7月2日まで (春期実験) と9月5日から10月14日まで (秋期実験) の2回行った。

6. 薬剤防除効果の検討

根こぶ病防除薬剤フルスルファミド0.3%粉剤、フルアジナム0.5%粉剤、TPN 10%粉剤の福岡菌に対する効果を比較した。土壌は現地土壌を高圧蒸気滅菌して用い、各薬剤の施用量をいずれも30kg/10a、接種孢子密度を 1×10^6 個/g 乾土とし、ハクサイ (野崎二号) とキャベツ (YR 錦秋) を播種した。対照区として菌接種・薬剤無施用区を設け同様に実験を行った。薬剤施用区と無施用区の発病指数をもとに、次式により各薬剤の防除係

を算出した。

$$\text{防除係} = \frac{\text{無施用区の発病指数} - \text{施用区の発病指数}}{\text{無施用区の発病指数}} \times 100$$

実験は、1996年6月26日から8月5日まで (春期実験) と10月8日から11月18日まで (秋期実験) の2回行った。

7. 圃場、苗畑および河川の土壌の根こぶ病菌汚染状況の調査

勝浦地区の1農家の圃場5箇所5地点と苗畑2箇所3地点の土壌および灌漑に利用されている近くの河川1地点の川床土壌を採取し、それぞれ乾燥後ポットに詰め、カブ (金町小蕪) を播種して所定日数栽培後、発病調査を行った。実験は、1996年6月19日から7月29日まで行った。

8. 発病調査

各実験において、栽培終了後の植物体をポットから抜き取り、土を十分に洗い落とした後、発病程度をSEAMANら²⁾の方法を一部改変した評価基準に基づき肉眼で判定し、下記に示す4段階の発病評点に分類し、各評点に属す植物体の株数を記録した。

発病評点

- 0 : 根にこぶを形成していないもの
 - I : 側根に少数の小さなこぶを形成しているもの
 - II : 側根に多数のこぶを形成しているもの、および主根の先端に小さなこぶを形成しているもの
 - III : 主根に大きなこぶを形成しているもの
- 発病評点0, I, II, IIIに属す植物体の株数に、0, 10, 60, 100の重みづけをし、次式によって発病指数 (DI) を求めた。

$$DI = \frac{X_0 \times 0 + X_1 \times 10 + X_2 \times 60 + X_3 \times 100}{X_0 + X_1 + X_2 + X_3}$$

ただし、 X_0, X_1, X_2, X_3 はそれぞれ発病評点0, I, II, IIIに属す植物体の株数を示す。

結果および考察

1. 各種アブラナ科野菜に対する病原性

福岡菌は、春と秋の2回の実験を通じて、ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー、カブ、カリフラワーの一般品種のほか、ブロッコリーのCR品種であるあつもりとかさもりにも強い病原性を示し、ハクサイとカブの4CR品種およびキャベツの2CR品種のうち多夢にはほとんど病原性を示さなかった (Table 1)。また、本菌はキャベツのCR品種多恵とダイコン夏みの三号に対して春

の実験では中程度の病原性を示したが、秋の実験ではほとんど病原性を示さず、ストックに対しては2回の実験を通じて全く病原性を示さなかった (Table 1)。

以上の結果から、福岡菌に対して、ハクサイとカブの4CR品種およびキャベツのCR品種のうち多夢は有効であるが、ブロッコリーの2CR品種はともに無効であることが判明した。また、キャベツのもう一つの供試CR品種である多恵とダイコン夏みの三号は季節によってはある程度罹病するので、これらの栽培には他の防除法を組み合わせるなどの注意が必要と考えられた。

1995年7月現在、ハクサイ、カブ、ツケナ類、キャベツなどで120以上のCR品種が育成され、普及しつつあ

Table 1. Pathogenicity of Fukuoka and Yamaguchi isolates^{a)} of *Plasmodiophora brassicae* to cruciferous vegetables

Plant	Cultivar	Disease index			
		Fukuoka		Yamaguchi	
		1st ^{b)}	2nd ^{b)}	1st	2nd
Chinese cabbage	Kukai 70 (CR) ^{c)}	1	13	100	100
	CR Ryutoku (CR)	0	3	100	100
	Utage 70 (CR)	4	6	100	100
	Nozaki Ni-go	100	100	100	100
Cabbage	YCR Tae (CR)	62	11	0	0
	YCR Tamu (CR)	0	0	0	0
	YR Kinsyu	100	100	0	0
Broccoli	Atsumori (CR)	100	88	68	64
	Kasamori (CR)	100	98	25	18
	Gurieru	100	100	82	59
Turnip	CR Fujishiro (CR)	0	0	99	100
	Kanamachi Kokabu	100	100	100	100
Cauliflower	Hamazuki	100	100	0	0
Radish	Natsumino San-go	53	2	0	0
Stock	Kiss Me Blue	0	0	0	0

a) Inoculum density: 1×10^7 spores/g dry soil.

b) First and second experiments were conducted in the spring and the autumn of 1996, respectively.

c) (CR): Clubroot-resistant cultivar.

Table 2. Race identification of the Fukuoka isolate^{a)} of *Plasmodiophora brassicae* by WILLIAMS' method

Plant	Cultivar	Disease index
Cabbage	Jersey Queen ^{b)}	98
	Badger Shipper ^{b)}	79
Rutabaga	Laurentian ^{b)}	99
	Wilhelmsburger ^{b)}	83
Chinese cabbage	Nozaki Ni-go ^{c)}	100

a) Inoculum density: 1×10^2 spores/g dry soil.

b) WILLIAMS' race differential host.

c) Control plant.

るが⁹⁾、本研究の結果も示すように、CR品種の有効性は菌系によって異なる。CR品種の導入にあたってはあらかじめ試験栽培を行い、その有効性を確かめておくことが必要である。なお、著者らは、長崎県島原市^{3, 4)}、大分県久住町⁴⁾、熊本県波野村 (未発表) に分布する菌系について複数のハクサイCR品種に対する病原性を調査しているが、これらの菌系の中にCR品種を侵すものはなかった。さらに調査が必要であるが、ハクサイのCR品種は九州の多くの菌系に対して有効でないかと思われる。

2. レース判定

福岡菌は WILLIAMS⁹⁾ のレース判別品種の全てに強い病原性を示し (Table 2)、レース4と判定され、わが国では最も優占なレース⁹⁾に属することが明らかとなった。著者らは九州の長崎県島原市^{3, 4)}と熊本県波野村 (未発表) でレース4を、大分県久住町⁴⁾でレース1を確認しているが、九州でもレース4の多いことが推察される。

3. 病原力

春期実験において、病原力の比較的弱い山口菌は接種孢子密度が 1×10^4 個/g 乾土のとき発病指数が初めてほぼ100に達したが、福岡菌は強病原力菌系の萩菌と同様に、接種孢子密度が 1×10^3 個/g 乾土のとき発病指数がほぼ100に達した (Fig. 1)。また、秋期実験では、発病指数が100に達する接種孢子密度は、福岡菌、萩菌、山

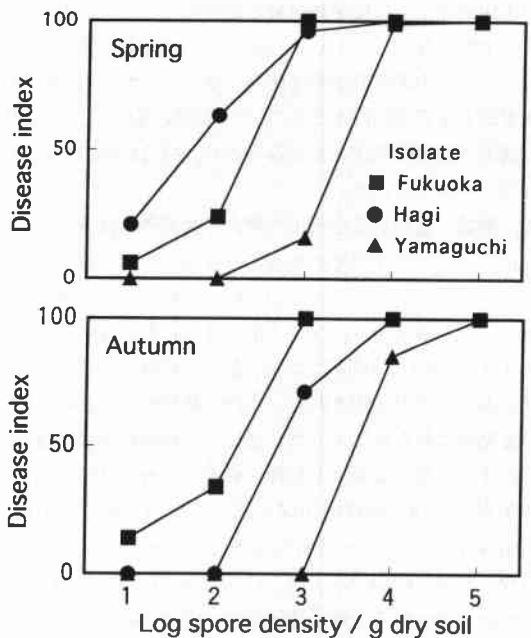


Fig. 1 Comparison of virulence of three isolates of *Plasmodiophora brassicae* to Chinese cabbage cv. Nozaki Ni-go.

口菌において、それぞれ 1×10^3 個、 1×10^4 個および 1×10^5 個/g 乾土であった。これらの結果から、福岡菌は菘菌と同様に病原力の強い菌系に属すると考えられる。しかし、福岡菌と菘菌のどちらがより病原力が強いということについては、2回の実験で一定の傾向が見られなかったため、さらに検討を必要とする。なお、長崎県島原市には菘菌と比べて極めて病原力の強い菌系（島原菌）が存在するが³⁻⁵⁾、本研究の結果から、福岡菌は島原菌ほどの強い病原力は持たないものと考えられる。

4. 薬剤防除効果

薬剤無施用区（対照区）のハクサイとキャベツの発病指数は、春期実験でそれぞれ92と65、秋期実験でそれぞれ100と75であった。福岡菌は病原力の強い菌系であり、しかも本実験では接種孢子密度を 1×10^6 個/g 乾土と高い水準に設定したにもかかわらず、キャベツでは発病指数がかなり低い値となった。これは実験に供した土壌のpHが春期実験で7付近、秋期実験で6.5付近とかなり高かったためと思われる。一方、薬剤処理区において、フルスルファミドとフルアジナムは、2回の実験を通じ、ハクサイとキャベツの両方で、福岡菌に安定して高い効果を示した（Table 3）。これに対し、TPNは春の実験では高い効果を示したが、秋の実験では効果が低く、他の2薬剤よりも劣った。

以上の結果から、薬剤による福岡菌の防除は、用いる薬剤を選択することにより、少なくともpHの比較的高い土壌条件下では標準施用量の範囲内で十分に可能であると推察される。しかし、一般的に、病原力の強い菌系ほど、また土壌中の菌密度が高くなるにつれて薬剤の効果が低下する傾向にあるので^{4, 5)}、薬剤の施用は土壌pHの矯正や他の防除法とも組み合わせ、総合防除の観点から行うべきであろう。

5. 圃場、苗畑および河川の根こぶ病菌汚染状況

根こぶ病の発生が確認されている圃場からの採取土壌ではカブに発病が見られたが、根こぶ病の発生が確認されていない圃場からの採取土壌ではいずれも発病が見られず（Table 4）、圃場によって根こぶ病菌の汚染度に差異のあることが示唆された。また、苗畑からの採取土壌でも発病は見られなかった。従って、現地圃場におけるこれまでの発病事例は定植後の感染による可能性が高い。本調査においては採取川床土壌でも発病が観察された（Table 4）。このことは河川も根こぶ病菌に汚染されており、本菌休眠孢子は土壌とともに川底に沈殿堆積していると考えられる。勝浦地区では、圃場土壌が砂壤土であり乾燥しやすいため、アブラナ科野菜定植後のある期間は近くの河川からポンプで水を引き込み灌漑を行うこ

Table 3. Efficacy of three fungicides against the fukuoka isolate^{a)} of *Plasmiodiophora brassicae*

Fungicide ^{b)}	Protective value			
	Chinese cabbage		Cabbage	
	1st ^{c)}	2nd ^{c)}	1st	2nd
Flusulfamide 0.3% dust	100	100	98.8	100
Fluazinam 0.5% dust	89.5	93.2	92.3	92.6
TPN 10% dust	95.1	48.0	96.8	70.3

a) Inoculum density: 1×10^6 spores/g dry soil.

b) Dosage: 30kg/10a.

c) First and second experiments were conducted in the spring and autumn of 1996, respectively.

Table 4. Clubroot disease index of turnip grown in soils from fields, nurseries and an irrigation canal bed

Soil	Occurrence ^{a)} of clubroot	Disease index
Field A	+	71
Field B	+	49
Field C	-	0
Field D	+	100
Field E	-	0
Nursery A	-	0
Nursery B-1 ^{b)}	-	0
Nursery B-2 ^{b)}	-	0
Canal bed		27

a) +: Field where occurrence of clubroot has been confirmed.

-: Field or nursery where occurrence of clubroot has not been confirmed.

b) Different site at the same nursery.

とが慣行となっている。当地区における根こぶ病伝染経路の一つとして河川が考えられるので、河川の水を利用せざるを得ない時は、できるだけ表面水を採るなど採水方法に工夫が必要であろう。

引用文献

- 1) 赤沼礼一・清水節夫・関口昭良 (1983) 長野野菜花き試報 3: 115-122.
- 2) SEAMAN, W. L., WALKER, J. C. and LARSON, R. H. (1963) *Phytopathology* 53: 1426-1429.
- 3) 田中秀平・根来実・大田孝彦・勝本謙・西泰道 (1990) 山口大農学報 38: 33-45.
- 4) TANAKA, S., SAKAMOTO, Y., KAJIMM, K., FUJEDA, K., KATUMOTO, K. and NISHI, Y. (1991) *Bull. Fac. Agric. Yamaguchi Univ.* 39: 113-122.
- 5) 田中秀平・吉原茂昭・伊藤真一・亀谷満朗 (1997) 日植病報 63: 183-187.
- 6) WILLIAMS, P. H. (1966) *Phytopathology* 56: 624-626.
- 7) 吉川宏昭 (1976) 農及園 51: 628-634.
- 8) 吉川宏昭 (1990) 植物防疫 44: 295-298.
- 9) 吉川宏昭 (1995) 日本植物防疫協会野菜病害虫防除研究会現地検討会資料 pp. 16-25.
- 10) 吉川宏昭・芦澤正和・飛騨健一 (1981) 野菜試報 A8: 1-21.

(1997年4月30日受領)