

## 日本の各地から採集したアブラナ科野菜根こぶ病菌 菌株の病原性

### (1) 採集菌株のレースとアブラナ科野菜の根こぶ病 抵抗性品種に対する病原性

田中 秀平・藤山 昌三\*・茂森 沢子・中山 暁子  
伊藤 真一・亀谷 満朗  
(山口大学農学部)

**Pathogenesis of isolates of *Plasmodiophora brassicae* from Japan (1) Race and pathogenesis in clubroot resistant cultivars.** Shuhei TANAKA, Shozo FUJIYAMA, Sawako SHIGEMORI, Akiko NAKAYAMA, Shin-ichi ITO and Mitsuro KAMEYA-IWAKI (Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yoshida, Yamaguchi 753-8515)

The pathogenesis of twenty-eight isolates of *Plasmodiophora brassicae* WORONIN obtained from thirteen prefectures, to the WILLIAMS' race differential hosts and clubroot-resistant (CR) cultivars of Chinese cabbage were investigated. The pathogenesis of seven isolates from Chugoku and Kyushu areas were tested also to CR cultivars of cabbage. Twenty-six isolates were identified as race 4, suggesting that race 4 is the most dominant in Japan. Remaining two isolates were race 9 (or race 3) and race 1, respectively. Seven race 4 and one race 9 (or 3) isolates showed pathogenicity to CR cultivars of Chinese cabbage, Kukai 70 and/or Horai San-go, whereas nineteen race 4 and one race 1 isolates hardly showed pathogenicity to these cultivars. Of seven isolates from Chugoku and Kyushu areas, three (race 4) were moderately pathogenic to CR cultivars of cabbage, YCR Tae and YCR Tamu; three isolates (race 4) were moderately pathogenic to YCR Tae but non-pathogenic to YCR Tamu; and one (race 9 or 3) was non-pathogenic to both cultivars. The results indicate that race 4 isolates are not uniform in pathogenicity to CR cultivars of Chinese cabbage and CR cultivars of cabbage.

**Key words:** clubroot-resistant cultivar, pathogenesis, *Plasmodiophora brassicae*, race

アブラナ科野菜根こぶ病菌 *Plasmodiophora brassicae* WORONIN には、病原性を異にする様々な菌株が存在する。これらの菌株は WILLIAMS 法<sup>9)</sup> や ECD 法<sup>1)</sup> によってレースに分類整理され、日本の菌株については吉川ら<sup>10, 12)</sup> の報告があるが、最近はまだまった調査が行われていない。

また、近年、ハクサイやキャベツをはじめ各種アブラ

ナ科野菜で根こぶ病抵抗性 (CR) 品種が育成され日本の各地に普及しつつあるが、地域によってはこれらの品種が激しく罹病する場合があります問題となっている<sup>9, 13)</sup>。CR 品種に対する病原性は同一レースに属する菌株間でも異なる場合があります複雑であるが、その実態はハクサイの CR 品種について吉川・由比<sup>13)</sup> および TANAKA et al.<sup>9)</sup> の報告があるだけで、まだ詳しいことは必ずしも分っていない。

本研究では、調査事例の少ない中国・九州の根こぶ病菌菌株を中心に、全国各地から採集した28菌株について、レースと各種 CR 品種に対する病原性を接種実験によ

\*現在 山口県田布施農業改良普及センター

\*Present address: Yamaguchi Tabuse Prefectural Agricultural Extension Center, Namino, Tabuse 742-1502, Yamaguchi

り調査した。

### 材料および方法

#### 1. 供試菌

青森県から熊本県までの13府県の28圃場で採集し、 $-40^{\circ}\text{C}$ で凍結保存しておいた各種アブラナ科野菜の根こぶ病罹病根から常法<sup>4)</sup>によって各菌株の根こぶ病菌休眠胞子を分離し、実験に供した(第1表)。

#### 2. 供試植物

レース検定には WILLIAMS<sup>6)</sup> のレース判別品種であるキャベツ2品種 (Jersey Queen, Badger Shipper) とルタバガ2品種 (Laurentian, Wilhelmsburger) を用いた。また、CR 品種に対する病原性調査にはハクサイ品種「空海70」と「宝来三号」を用いたが、反応にとくに違いが見られなかったため一部実験ではどちらか一方だけを用いた。さらに、中国と九州の一部菌系についてはキャベツの CR 品種「YCR 多夢」と「YCR 多恵」およびブロッコリーの CR 品種「あつもり」に対しても病原性を調査した。なお、各実験において、対照植物として、

一般的に根こぶ病感受性であるハクサイ品種「野崎一号」、キャベツ品種「錦秋」、ブロッコリー品種「グリエール」をそれぞれ使用した。

#### 3. 接種実験

接種実験は、吉川<sup>11)</sup>の病上挿入法により、人工土壌を用いて行い、接種病原菌密度を  $1 \times 10^7$  胞子/乾土 g とした。1 実験区 6 ポットを用い、病上上に供試植物をポット当たり 6 粒播種した。播種後、ビニルハウスで約 40 日間栽培し、前報<sup>5)</sup>と同じ方法で発病調査を行い、発病指数を求めた。また、レース検定においては、各判別品種において発病指数が 25 以上の場合を感受性、25 未満の場合を抵抗性として扱い、WILLIAMS<sup>6)</sup> の判別基準に従ってレース番号を決定した。なお、実験は春と秋の 2 回反復して行ったが、一部菌株のレース検定は秋にだけ行った。

### 結 果

#### 1. レース

28 菌株を 3 群に分け、別々に検定を行ない、第 2 表

第1表 供試アブラナ科野菜根こぶ病菌菌株

菌株	宿主 (品種)	採集地 (採集年)
青森 1	ハクサイ (不明)	青森県下田町中野平 (1994)
青森 2	カブ (不明, 赤カブ系)	青森県東北町寒水 (1994)
群馬 1	ハクサイ (弘法)	群馬県嬭恋村 (1982)
群馬 2	ハクサイ (空海65)	群馬県嬭恋村 (1982)
群馬 3	ハクサイ (大福)	群馬県嬭恋村大笹 (1993)
茨城 1	ハクサイ (新理想)	茨城県岩間町安居 (1994)
茨城 2	ハクサイ (筑波錦)	茨城県結城市山川新宿 (1994)
茨城 3	ハクサイ (筑波錦)	茨城県結城市山川新宿 (1994)
茨城 4	ハクサイ (筑波錦)	茨城県千代川村皆葉 (1994)
長野	ハクサイ (郷風)	長野県長野市松代町大室 (1993)
石川	ハクサイ (きくにしき)	石川県野々市町 (1993)
大阪 1	キャベツ (松波)	大阪府泉佐野市中庄 (1994)
大阪 2	キャベツ (松波)	大阪府泉佐野市上瓦屋 (1994)
大阪 3	キャベツ (松波)	大阪府泉佐野市南中安松 (1994)
大阪 4	キャベツ (松波)	大阪府泉佐野市東羽倉崎 (1994)
鳥取	ブロッコリー (緑帝)	鳥取県大栄町由良宿 (1996)
島根 1	ヒロシマナ (広島在来)	島根県石見町中野北区 (1996)
島根 2	ブロッコリー (グリーンフェイス)	島根県平田市西田 (1996)
広島	ブロッコリー (緑嶺)	広島県高宮町来女木 (1993)
山口 1	ハクサイ (晩輝)	山口県山口市大内御堀 (1993)
	ハクサイ (良慶)	同上 (同一圃場) (1997)
山口 2	キャベツ (秋宝)	山口県山口市大内御堀 (1993)
萩	ハクサイ (金将二号)	山口県萩市青海 (1993, 1997)
福栄	ハクサイ (大福)	山口県福栄村羽賀台 (1993)
福岡 1	ナバナ (京築在来) <sup>a)</sup>	福岡県築城町小山田 (1997)
福岡 2	ナバナ (京築在来) <sup>a)</sup>	福岡県築城町別府 (1997)
長崎 1	ハクサイ (きくにしき)	長崎県島原市本町 (1994)
長崎 2	カリフラワー (不明)	長崎県島原市三段畑 (1988)
熊本	キャベツ (秋宝)	熊本県波野村梶ヶ迫 (1993)

a) *Brassica napus* L.

に結果を一括して示した。なお、第2表には示していないが、対照植物として用いたハクサイの根こぶ病感受性品種「野崎二号」は全ての接種区で激しく発病した。

供試28菌株のうち、18菌株は春と秋の2回の検定において、全ての判別品種を侵し、レース4と判定された。茨城県の1菌株(茨城1菌)と大阪の1菌株(大阪4菌)は春の検定ではキャベツ品種「Badger Shipper」に対する病原性が弱く、レース1と判定されたが、秋の検定ではレース4と判定された。広島県の1菌株(広島菌)は2回の実験でいずれも「Badger Shipper」にまったく病原性を示さず、レース1と判定された。山口県山口市の1菌系(山口1菌)は、春の実験ではレース9と判定されたが、秋の実験ではキャベツ品種「Jersey Queen」にある程度発病が見られ(発病指数 DI = 35)、ルタバガ品種「Wilhelmsburger」で発病指数が25をわず

かに下回った(DI = 24)ため、レース3と判定された。また、山口市の他の1菌株(山口2菌)は、春の実験で、「Badger Shipper」が発芽不良のため判定ができなかったが、秋の実験ではレース4と判定された。なお、鳥取県の1菌株(鳥取菌)、島根県の2菌株(島根1菌、島根2菌)、福岡県の2菌株(福岡1菌、福岡2菌)については、秋にだけ実験を行ったが、いずれもレース4と判定された。

## 2. ハクサイのCR品種に対する病原性

ハクサイのCR品種に対して、供試28菌株のうち6菌株(青森1菌、群馬1菌、群馬2菌、茨城3菌、茨城4菌、山口1菌)のみが春と秋の実験において安定して強い病原性を示し、1菌株(長野菌)が秋の実験において中程度の病原性を示したが、他の21菌株はほとんど、または全く病原性を示さなかった。ハクサイのCR品

第2表 日本の各地から採集したアブラナ科野菜根こぶ病菌菌株の WILLIAMS のレース判別品種とハクサイ根こぶ病抵抗性(CR)品種に対する病原性

菌株	発病指数 (1st/2nd) <sup>a)</sup>				レース (1st/2nd) <sup>a)</sup>	CR品種の 発病指数 (1st/2nd) <sup>a)</sup>
	JQ <sup>b)</sup>	BS <sup>b)</sup>	L <sup>b)</sup>	W <sup>b)</sup>		
青森1	100/100	87/78	100/100	96/100	4/4	100/100
青森2	100/100	87/97	100/100	100/100	4/4	0/0
群馬1	98/100	70/70	99/100	100/100	4/4	100/100
群馬2	96/100	57/100	100/100	100/100	4/4	100/100
群馬3	100/100	74/95	100/100	95/100	4/4	0/0
茨城1	100/100	21/100	100/100	90/89	1/4	0/0
茨城2	100/100	72/96	100/100	97/82	4/4	100/100
茨城3	100/100	45/96	100/100	83/91	4/4	100/100
茨城4	100/100	27/99	100/100	82/87	4/4	14/0
長野	83/100	63/59	100/100	62/80	4/4	10/55
石川	100/100	69/100	100/100	91/100	4/4	0/0
大阪1	100/100	32/69	100/100	89/90	4/4	0/0
大阪2	100/100	37/90	100/100	70/93	4/4	0/0
大阪3	100/100	69/97	100/100	91/94	4/4	0/0
大阪4	100/100	15/84	100/100	85/97	1/4	0/0
鳥取	- <sup>c)</sup> /100	-/78	-/100	-/88	- <sup>c)</sup> /4	0/3
島根1	-/100	-/100	-/100	-/98	-/4	0/0
島根2	-/100	-/100	-/100	-/100	-/4	0/0
広島	75/80	0/0	97/100	97/100	1/1	0/0
山口1 <sup>d)</sup>	0/35	0/0	100/55	43/24	9/3	97/100
山口2	100/100	-/98	100/100	100/100	-/4	0/3
秋 <sup>d)</sup>	96/100	85/96	100/100	100/100	4/4	0/0
福米	82/100	87/96	100/100	100/100	4/4	0/0
福岡1	-/100	-/79	-/100	-/98	-/4	0/0
福岡2	-/100	-/78	-/100	-/87	-/4	0/0
長崎1	100/100	70/92	100/100	100/100	4/4	0/3
長崎2	100/100	100/100	100/100	100/100	4/4	0/4
熊本	100/100	95/89	100/100	100/100	4/4	0/0

a) 第1回(1st)および第2回(2nd)実験はそれぞれ春と秋に行った。

b) WILLIAMS のレース判別品種: JQ と BS はキャベツ品種「Jersey Queen」と「Badger Shipper」を、L と W はルタバガ品種「Laurentian」と「Wilhelmsburger」を示す。

c) 実験をしなかった。

d) 1993年採集菌株使用

種を侵す菌株は山口1菌を除くと、いずれもレース4であった(第2表)。

### 3. キャベツとブロッコリーのCR品種に対する病原性

中国と九州の7菌株について調査した(第3表)。キャベツ品種「YCR多夢」に対して、鳥取菌、山口1菌、

福岡1菌、福岡2菌の4菌株は全く病原性を示さなかったが、島根1菌、島根2菌、萩菌の3菌株は2回の実験においてともに中程度の病原性を示した。また、キャベツ品種「YCR多恵」に対しては、山口1菌を除くすべての菌株が、程度は異なるが病原性を示し、特に萩菌はかなり強い病原性を示した。一方、ブロッコリーのCR品種「あつもり」に対しては、山口1菌を除く全ての菌株が強い病原性を示し、山口1菌も程度は比較的弱い病原性を示した。

第3表 中国と九州地方で採集したアブラナ科野菜根こぶ病菌菌株のキャベツとブロッコリーの根こぶ病抵抗性(CR)品種に対する病原性

菌株	供試植物	品 種	発病指数	
			1st <sup>a)</sup>	2nd <sup>a)</sup>
鳥取	キャベツ	YCR多夢(CR) <sup>b)</sup>	0	0
		YCR多恵(CR)	57	7
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	100	100
		グリエール	100	100
島根1	キャベツ	YCR多夢(CR)	40	65
		YCR多恵(CR)	72	38
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	100	100
		グリエール	100	100
島根2	キャベツ	YCR多夢(CR)	51	40
		YCR多恵(CR)	59	69
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	100	100
		グリエール	100	100
山口1 <sup>c)</sup>	キャベツ	YCR多夢(CR)	0	0
		YCR多恵(CR)	0	0
		YR錦秋	8	0
	ブロッコリー	あつもり(CR)	24	30
		グリエール	— <sup>d)</sup>	44
萩 <sup>c)</sup>	キャベツ	YCR多夢(CR)	37	43
		YCR多恵(CR)	81	88
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	100	100
		グリエール	100	100
福岡1	キャベツ	YCR多夢(CR)	0	0
		YCR多恵(CR)	25	20
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	89	98
		グリエール	100	100
福岡2	キャベツ	YCR多夢(CR)	0	0
		YCR多恵(CR)	8	19
		YR錦秋	100	100
	ブロッコリー	あつもり(CR)	100	94
		グリエール	100	100

a) 第1回(1st)および第2回(2nd)実験はそれぞれ春と秋に行った。

b) (CR): 根こぶ病抵抗性として市販されている品種。

c) 1997年採集菌株使用

d) 実験をしなかった。

## 考 察

検定に供試した28菌株中26菌株(92.8%)がレース4、1菌株がレース1に属すると考えられ、レース4が極めて多かった。YOSHIKAWA et al.<sup>10)</sup> および吉川ら<sup>12)</sup>は、1977年以前に主として関東で収集した63菌株はWILLIAMS法により6レースに類別され、レース1と3が多かったとし、1979年から1982年にかけて30都道府県で収集した48菌株は8レースに類別され、レース4と2が多かったとしている。本研究では、これまでの報告とやや異なる結果が得られたが、わが国で根こぶ病菌のレースに変化が起こっているかどうかについては、今後さらに多くの菌株について調査が必要である。

なお、供試菌株のうち山口1菌は春の検定でレース9、秋の検定でレース3と判定されたが、本菌については著者ら<sup>4)</sup>のこれまでの検定では、レース9と判定される例が多かった。このように本菌は試験の反復によって異なる結果が得られる場合があることから、JONES et al.<sup>2)</sup> および KAGEYAMA et al.<sup>3)</sup> が示唆しているような圃場および罹病根におけるレース混在の可能性も考えられ、今後の検討が必要である。

ハクサイのCR品種を侵す菌株としてはレース4が7菌株、レース9または3が1菌株確認された。吉川・山比<sup>13)</sup>はハクサイのCR品種を侵す菌株は、いずれもレース4であったとし、TANAKA et al.<sup>4)</sup>は、CRハクサイ品種を激しく侵す山口県の3菌株はすべてレース9であったとしているが、本研究において両者の結果がほぼ再確認されたと考える。また、YANO et al.<sup>7, 8)</sup>は、CRハクサイ品種を侵す山口県の山口1菌を含むレース9の3菌株は、アイソザイムやRAPD分析の結果、レース4や1の菌株とは遺伝的に明らかに異なることを報告しているが、本研究の結果からCRハクサイ品種を侵す根こぶ病菌には遺伝的に大きく異なる少なくとも二つの菌株群があると推察される。

なお、CRハクサイ品種を侵す菌株は、中国と九州では山口県でしか確認されていない。これらの地域に、

CR ハクサイ品種を侵す菌株は少ないと考えられる。しかし、本研究において、群馬県と山口県で、それぞれ同一市町村内に CR ハクサイ品種を侵す菌株と侵さない菌株の分布する事例が観察されているので、今後も詳しい調査が必要である。

中国と九州の7菌株について、キャベツとブロッコリーの CR 品種に対する病原性も調査した。山口1菌を除く全ての菌株がブロッコリーの CR 品種「あつもり」に強い病原性を示したことから、本品種はこれらの地域では有効性がほとんど期待できない。また、供試7菌株はキャベツの CR 品種2品種に対する病原性の違いによって三つのグループに分けられた。すなわち、「YCR 多夢」にまったく病原性を示さず、「CR 多恵」には中程度かまたは弱い病原性を示す菌株（鳥取菌、福岡1菌、福岡2菌）、両品種に中程度の病原性を示す菌株（島根1菌、島根2菌、萩菌）、および両品種に全く病原性を示さない菌株（山口1菌）である。このうち、最初の二つのグループの6菌株は全てレース4であったが、このことはハクサイの CR 品種ばかりでなくキャベツの CR 品種に対する病原性もレース4に属する菌株間で必ずしも一様でないことを意味する。

このような同一レースに属する菌株間での病原性の違いが、最近問題が示唆されているレースの混在<sup>2, 3)</sup>によるものか、または単に WILLIAMS 法によるレース判別の限界を示しているのかについては、根こぶ病菌の培養で

きない性質のために研究上難しい問題が存在するが、これも今後の検討課題である。各菌株に対する各種 CR 品種の抵抗性を判断するには、今のところこれらの品種に直接接種を行って確かめる以外に方法はないようである。

#### 引用文献

- 1) BUCZACKI, S. T., TOXOPEUS, H., MATTUSCH, P., DIXON, G. R. and HOBOLTH, L. A. (1975) *Trans. Br. mycol. Soc.* **65**: 295-303.
  - 2) JONES, D. R., INGRAM, D. S. and DIXON, G. R. (1982) *Plant Pathol.* **31**: 229-238.
  - 3) KAGEYAMA, K., KAMIMURA, Y. and HYAKUMACHI, M. (1995) *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **61**: 415-418.
  - 4) TANAKA, S., SAKAMOTO, Y., KAJIMA, K., FUJIEDA, K., KATUMOTO, K. and NISHI, Y. (1991) *Bull. Fac. Agric. Yamaguchi Univ.* **39**: 113-122.
  - 5) 田中秀平・土屋彰吾・伊藤真一・亀谷満朗 (1997) *九病虫研究会報* **43**: 35-38.
  - 6) WILLIAMS, P. H. (1966) *Phytopathology* **56**: 624-626.
  - 7) YANO, S., TANAKA, S., ITO, S. and KAMEYA-IWAKI, M. (1996) *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **62**: 363-372.
  - 8) YANO, S., TANAKA, S., ITO, S. and KAMEYA-IWAKI, M. (1997) *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **63**: 179-182.
  - 9) 吉川宏昭 (1995) *日本植物防疫協会野菜病害防除研究会現地検討会資料*, pp. 16-25.
  - 10) YOSHIKAWA, H., ASHIZAWA, M. and HIDA, K. (1977) *Woronin + 100 International Conference on Clubroot, University of Wisconsin*, pp. 80-86.
  - 11) 吉川宏昭・芦澤正和・飛騨健一 (1981) *野菜試報* **A8**: 1-21.
  - 12) 吉川宏昭・芦澤正和・飛騨健一 (1983) *野菜試種部研究年報* **10**: 125-131.
  - 13) 吉川宏昭・由比進 (1989) *根こぶ病抵抗性ハクサイ品種の罹病化に関する緊急調査報告*, *野菜・茶試*, pp. 1-46.
- (1998年5月1日 受領)