

第2章 チャの生理生態的形質の変異とその育種への利用

チャの分類の指標として生理生態的特性も重要である。特に、この生理生態的特性はチャの栽培とも密接に関連しており、実用的な形質である。

チャの生理生態的特性では耐凍性が重要である。チャは北米大陸を除く北緯45度から南緯34度のアルゼンチン、ニュージーランドまで、熱帯、亜熱帯、温帯の幅広い地域で栽培されている (Barua 1989)。また、わが国では秋田県から南の沖縄県まで44都府県で栽培されている (日本茶業中央会 1999)。このため冬期の気温が-10度以下の厳しい条件にさらされる地域がある一方で、15度以下には下らない熱帯の茶産地まで幅広い温度条件の中で栽培されている。

わが国の在来種と言われる茶樹は長い間各地方の風土に適応し冬期の耐寒性も一般的に強いが、アッサム種に属する大葉系の茶樹は耐寒性が弱く、最低気温が0度を下回らないような一部の地域を除くとわが国での栽培には困難な場合が多い。しかしながら、今後わが国のチャの重要な育種目標である高度耐病虫性、嗜好の多様化に対応した品種の育成あるいはチャの持つ特有成分に着目した成分育種などを進めていくためには日本在来種よりもはるかに変異の大きい海外のチャ遺伝資源の利用が必須である。このためにはこれらチャ遺伝資源の耐凍性を明らかにしておくことはこれからわが国で多様な材料を使って育種を進める上で重要なことである。

また、チャの栽培では農薬の削減は環境保全型茶業の推進に不可欠な課題である。チャは一番茶、二番茶、三番茶を収穫するため、チャの生育期間中は常に柔らかい新芽があり被害を受けやすい。このため必然的に農薬の散布回数が多くなり、環境保全型茶業を進めるためには抵抗性品種の育成が重要となる。チャの病害では古くから炭疽病が重要であるが、1970年代になって出現した *Pestalotiopsis longiseta* による輪斑病も近年被害が大きく、重要病害になっている。わが国の主要品種である‘やぶきた’はこの炭疽病と輪斑病に罹病性であり、この‘やぶきた’を母本として育成された多くの緑茶用品種もこの両病害に対して弱いものが

多い。このためチャの耐病性育種においてこの両病害に対する複合抵抗性は環境保全型茶業の推進に果たす役割は大きい。

そこで、本章では耐凍性および耐病性として炭疽病抵抗性と輪斑病抵抗性を取り上げ、チャ遺伝資源の変異の多様性と種内分類との関係について論議するとともに、これら遺伝資源の育種への利用の可能性についても検討した。

第1節 耐凍性の評価とその変異

チャの耐凍性は冬季の気温が0℃以下になると枯死するような極めて耐凍性の弱い系統から-7℃以下に下がっても耐えられるごく耐凍性の強い系統まで非常に変異が大きく、他のカメリア属近縁野生種の耐凍性の変異が非常に小さいのと比較すると特筆すべきことである（鳥屋尾・家弓 1973；鳥屋尾ら，1988）。わが国では、品質優秀な国産紅茶を育成するためにアッサム種に耐凍性の強い日本在来種を交配する変種間交雑が盛んに行われ、大きな成果を上げた。このように耐凍性は栽培地を制限する大きな要因となることから分類の指標としてだけでなく、実用形質としても非常に重要である。

そこで本節では、インド、スリランカ、中国等から導入した海外導入種および日本の在来種、ヤマチャなどの遺伝資源について耐凍性の評価を行い、チャの二つの変種間および変種内の耐凍性について検討した。

a 材料および方法

試験には野菜・茶業試験場（枕崎）で保存しているチャ遺伝資源 2,647 系統を供試した。供試した収集群とその系統数は次の通りである。

アッサム種：Ai (26), Ak (212), IND (69), PKS (194), SRL (44), Boh (13), Shan (14), BUM (7), 台湾ヤマチャ (88)

中国種：Cd (215), Cn (103), Cp (27), Cm (34), Ck (60), Ca (7), Cy (8), Kor (23), 日本在来種 (1,033), 日本ヤマチャ (110)

その他：IRN (31)

試験は最も耐凍性が高く安定した厳寒期（1月中・下旬）に成葉3～4枚を付けた枝条を1系統当たり4～5本採取し、-12℃の低温庫で2時間処理して行った。耐凍性の評価は、処理後室温で自然解凍し、乾燥しないようにビニール袋に入れて室内で2日間保存した後、成葉の被害度（成葉の褐変壊死の程度）を標準品種を参考に検定し、被害度をもとに「植物遺伝資源特性調査マニュアル(5)」に従って耐凍性を2（極弱）～8（極強）までの7段階で判定した。

b 結果

（1）耐凍性の種内変異

アッサム種（*var. assamica*）、中国種（*var. sinensis*）および人為的に作出した両変種の変種間雑種の耐凍性を表19に示した。

チャの種内分類で中国種に属する日本、韓国、中国の材料の多くは耐凍性の階級値が6～7で「やや強」から「強」に含まれた。インドのダージリン原産のCd系統群も小葉種のため中国種として扱われているが、検定した215個体の平均耐凍性は6.18で日本、中国、韓国の中国種に比べるとやや耐凍性が低い傾向が認められた。中国種の中では、韓国の材料がいずれも耐凍性「強」の7を示し、他の中国種に属する系統群に比べて強い傾向が認められた。中国種全体では耐凍性の平均はどの系統群も「やや強～強」の範囲にあり変異の幅は小さかった。

アッサム種の耐凍性は階級値3（弱）～4（やや弱）に集中しており、「やや強」の耐凍性6を示す系統はごく少数であった。この中でインドのダージリンから導入した大葉系の系統群AkとバングラディッシュのPKS系統群およびスリランカのSRL系統群は、耐凍性が極弱の2からやや強の6まで分布しており、アッサム種の収集群の中では広い変異を示した。インド原産のAi系統群はアッサム種の中では比較的耐凍性が強かったが、マレーシアのBoh、ベトナムのShanなどの系統群は耐凍性が弱く、階級値は2～3の所に集中していた。台湾ヤマチャは分類上の帰属については議論のあるところであるが、耐凍性で見るとアッサム種と同じであった。イランの材料（IRN）は耐凍性の平均が5.19でアッサム種と中

表 19 系統群ごとにみた耐凍性の変異

収集群	系統数	耐 凍 性						平均	
		2	3	4	5	6	7		8
【アッサム種】 (var. <i>assamica</i>)									
Ai	26		8	12	16				3.92 ± 0.57
Ak	212	12	66	80	54	10			3.88 ± 0.77
IND	69	3	27	28	11				3.68 ± 0.68
PKS	194	8	86	75	25	2			3.61 ± 0.68
SRL	44	1	15	20	7	1			3.82 ± 0.64
Boh	13	6	6	1					2.62 ± 0.57
Shan	14	7	4	2	1				2.79 ± 0.79
BUM	7		5	1	1				3.43 ± 0.61
台湾ヤマチャ	88	3	42	34	8	1			3.57 ± 0.65
【中国種】 (var. <i>sinensis</i>)									
Cd	215				25	135	47	8	6.18 ± 0.50
Cu	103				6	62	33	2	6.30 ± 0.51
Cp	27				2	10	14	1	6.51 ± 0.61
Cm	34					20	12	2	6.47 ± 0.55
Ck	60				9	20	28	3	6.41 ± 0.70
Ca	7					2	5		6.71 ± 0.41
Cy	8					2	4	2	6.00 ± 0.50
Kor	23						23		7.00 ± 0.00
日本在来	1033				35	311	582	105	6.73 ± 0.51
日本ヤマチャ	110				1	23	81	5	6.82 ± 0.34
【その他】									
IRN	31			4	18	8	1		5.19 ± 1.59
【変種間雑種】									
A × C	27			6	11	10			5.15 ± 0.63
A × N	66			11	33	22			5.17 ± 0.56
(A × N) × A	62			5	51	6			5.02 ± 0.19
(A × N) × N	137			4	53	73	7		5.61 ± 0.56

注：耐凍性の階級：

2；極弱，3；弱，4；やや弱，5；中，6；やや強，7；強，8；極強。

A（アッサム種，*var. assamica*），C（導入中国種，*var. sinensis*），N（日本在来種，*var. sinensis*）。

表 20 府県別にみた日本在来種とヤマチャの耐凍性

収集群	系統数	耐凍性							平均
		2	3	4	5	6	7	8	
秋田	2					1	1		6.50 ± 0.50
新潟	6					4	1	1	6.73 ± 0.39
福井	15				1	5	8	1	6.60 ± 0.61
茨城	7						5	2	7.29 ± 0.41
埼玉	14					4	1	9	7.36 ± 0.83
静岡	8					3	4	1	6.75 ± 0.56
三重	48				1	12	30	5	6.81 ± 0.48
滋賀	49				1	11	32	5	6.84 ± 0.45
京都	318				15	108	175	23	6.64 ± 0.59
奈良	61					16	41	4	6.80 ± 0.42
兵庫	9					2	6	1	6.89 ± 0.40
広島	4					2	2		6.50 ± 0.50
島根	5					3	2		6.40 ± 0.48
徳島	54				1	17	33	3	6.70 ± 0.51
愛媛	25				3	11	11		6.32 ± 0.60
高知	51				1	19	27	4	6.67 ± 0.56
福岡	60				1	16	36	7	6.82 ± 0.50
佐賀	27				4	6	15	2	6.56 ± 0.71
長崎	20				3	4	12	1	6.55 ± 0.69
熊本	6					3	3		6.50 ± 0.50
宮崎	187				4	49	101	33	6.87 ± 0.54
鹿児島	57					15	39	3	6.79 ± 0.42
高知*	30					7	22	1	6.80 ± 0.37
福岡*	24					2	21	1	6.96 ± 0.16
大分*	15					2	13		6.87 ± 0.23
長崎*	8					1	7		6.88 ± 0.22
熊本*	13					3	7	3	7.00 ± 0.46
宮崎*	20				1	8	11		6.40 ± 0.60

注：*はヤマチャ。

国種の間を示した。

アッサム種（A）と導入中国種（C）あるいは日本在来種（N）との交配により育成したアッサム雑種（A×C，A×N）の耐凍性は，中国種とアッサム種の間での階級値，4～6に大多数が分布した。また，このアッサム雑種に日本在来種あるいは導入中国種を戻し交配すると，耐凍性は親となったアッサム雑種よりも強くなり，逆にアッサム種を戻し交配すると弱い方に耐凍性の平均が移動した。

（2）日本在来種の耐凍性の変異

中国種に属する日本の在来種およびヤマチャの府県別にみた耐凍性の変異を表20に示した。

日本在来種の耐凍性の平均は6.73，ヤマチャの耐凍性の平均は6.82で，両者間にはほとんど差は認められなかった。しかしながら，各階級における耐凍性の頻度分布をみると，両者とも耐凍性「強」の階級値7に最も多く分布するが，ヤマチャの方がやや変異の幅が小さい傾向が認められた。

地域別に見ると，茨城県，埼玉県などの関東地方の材料に強いものが多く分布している傾向が見られた。しかしながら，北陸地方の新潟県，福井県および東北地方の日本海側にある秋田県は冬季の寒さが厳しいにもかかわらず耐凍性は他の地方の材料と大きな差異は認められなかった。府県別に見た場合，京都府の材料は耐凍性「中」（階級値5）から極強（階級値8）まで幅広く分布しており，やや変異の幅が大きい傾向が見られた。

c 考 察

チャ遺伝資源の耐凍性の変異を人為低温処理を行って評価し，アッサム種，中国種とそれらの変種間雑種の耐凍性を明らかにした。ここで用いた耐凍性は「ハードニングが進んだ冬季に凍結などにより植物が受ける障害に対する抵抗性」とし，冬季間の凍結あるいは凍結に伴う風や乾燥など種々の障害に対する総合的な抵抗性である耐寒性（耐冬性）とは区別して用いた。従って，ここで言う耐凍性

は「植物遺伝資源特性調査マニュアル(5)」(農業生物資源研究所 1992)の二次特性の必須項目である「赤枯れ」に相当する耐寒性である。

チャの遺伝資源の耐凍性の変異は非常に広く、「極弱」の2から「極強」の8まで分布していた。これは鳥屋尾ら(1988)が明らかにしたように、カメリア属に所属する他の近縁野生種の耐凍性が非常に狭く、いずれの種も耐凍性の程度が2階級以内の幅に収まることと比較すると特筆すべきことである。多数の供試材料を用いて行ったこの試験から、耐凍性は分布する地域の立地条件、特に気象条件を反映しており、熱帯、亜熱帯に分布するアッサム種は耐凍性が弱く、中国、日本、韓国のように温帯域に分布するものはそれよりも明らかに耐凍性が強く、両変種間の耐凍性は平均で3ポイント程度の大きな差異が認められた。これはカメリア属の個々の近縁野生種の耐凍性の変異を考えると、アッサム種(*var. assamica*)と中国種(*var. sinensis*)の二つの変種間の差異は別種と考えても良い大きさである。Cohen Stuart(1919)がチャの起源について「中国の小葉種はアッサム種とは全く無関係に中国東部で発生した」として二元説を提唱したのもこのような両変種間の大きな差異によっているものと思われる(大石 1983)。しかしながら、種の分類の基礎となる生殖的隔離は両変種間では認められないことから、現在では同一種の変種として分類することが支持されている(北村 1950; Sealy 1958)。

チャの起源について de Candle(1883)は「インド平原と中国の平原から分離する山岳地方」とし、前チベット当たりを原産地としたが(大石 1983)、現在ではこれらの地を含む更に広い地域が考えられている(橋本・志村 1978; 呉 1987; 鳥屋尾 1988; 庄 1992)。

一方、アッサム種と中国種の分化を考えると、南西に向かったものがアッサム種、東に向かったものが中国種とすれば、前者は半喬木の大葉種として耐凍性を失い、後者は樹形と葉形を小さくすることによって耐凍性を獲得したと考えられる。そして現在のチャが同一の起源から分化したとすれば、両変種間を埋める移行型が必ずある筈である。紅茶用品種を育成するために人為的に作出した変種間

雑種は耐凍性をはじめ、第1章でみてきた形態的特性においても両変種の間型を示したことから、両変種の間を埋める中間型と考えることができる。これについて最近中国でも雲南省を中心に西南部の遺伝資源の調査が始まり、大葉種と小葉種の間と思われる材料が報告されている（陳・陳 1979）。今後これらの地域の調査が進めばチャの種内分化について新しい知見が得られるであろう。

チャの人為耐凍性検定の有用性について、鳥屋尾ら（1973, 1974）は1963年の寒害年における茶樹の低温抵抗性と成葉の人為低温処理による耐凍性の品種間差異の詳細な結果から、品種の耐凍性は成葉の人為耐凍性検定の結果と非常によく一致することを報告している。従って、ここで行った人為低温処理による耐凍性の評価は、チャ遺伝資源の自然条件におけるそれぞれの耐凍性を正確に反映しているものと思われる。

鳥屋尾ら（1973, 1974）は耐凍性の異なる品種・系統の地域適応性検定試験の結果からわが国の茶栽培地帯をチャの栽培限界温度に基づいて5つに地帯区分した。これによると、栽培限界温度が最も低い第I地帯は最低極温が -9°C 以下、1月の平均気温が 4°C 以下の地域が該当する。この地域では日本の在来種や中国の小葉種など耐凍性の最も強い中国種系統が栽培可能である。反対に、栽培限界温度が最も高い第V地帯は、1月の最低極温が 0°C 以上、1月の平均気温が 12°C 以上の地域であるとした。そして現地試験における寒害と耐凍性の階級値との関係から、栽培限界温度は‘やぶきた’（耐凍性7）では -9°C 前後、‘はつもみじ’（耐凍性5）では $-5 \sim -7^{\circ}\text{C}$ 、‘Ai50’（耐凍性3）では -2°C と推論している。この限界温度と耐凍性の関係を今回得られた各系統群の耐凍性に適用して限界温度および適応地域を推定すると、アッサム種の場合にはベトナムのShan、マレーシアのBohなどの系統群は耐凍性が3よりも小さいことから栽培限界温度は 0°C 以上、その他のアッサム種はすべて耐凍性の階級値が3点台であることから、限界温度は -2°C 程度と推定される。

イランの材料（IRN 系統）は耐凍性の平均がアッサム種と中国種の間にあっただが、花器形態でも同様の結果が得られておりこの収集群はアッサム雑種と認め

られた。

収集され各集団の耐凍性は、収集場所の気象条件、特に最低気温と関係していることは日本の在来種の中にも認められる。例えば、冬季、寒風が吹く茨城県、埼玉県の方法は日本在来種の中でも耐凍性が特に強かった。南九州の宮崎県の在来種も耐凍性が強い傾向にあった。南九州におけるチャの栽培は、最初に宮崎県の都城に宇治から多くの種子が導入されて栽培が盛んになった経緯がある。都城で採取された種子は「都城種」とよばれ、南九州各地に運ばれて茶園造成に役立ったが（都城市史編さん委員会 1990）、都城は盆地のため冬季の寒さが厳しくこのため耐凍性の弱い個体が淘汰された可能性が考えられる。韓国の材料の耐凍性が強かったのも同様の理由と思われる。

秋田、新潟、福井の方法の耐凍性は 6.50 ~ 6.73 で他の日本在来種と耐凍性においてほとんど差異がなかった。これらの地域の茶樹は一般に樹形が小さいが、これは雪の下に早く埋もれて保護されるような小型の樹形が生存に有利となり現在まで生き残った可能性が考えられる。このためこれらの地域では冬季の気温の低下は淘汰に有効に働かなかったものと思われる。これについて高橋（1960）は、多雪地帯に分布する種の生活型は樹高の低い灌木性の生活型を持つものが有利であるとしている。また、ツバキの分布をみると、積雪の少ない海岸近くの平野部ではヤブツバキが分布し、それよりも内陸の雪の多い山岳地帯にはユキツバキが分布している（津山 1956；萩屋 1968）。そしてユキツバキは枝の伸張が遅く、枝がしなやかで折れない特性をもっており、積雪地帯に適応した生態系を備えているが、ヤブツバキに比べて耐凍性が低いことが明らかにされている（五十嵐・萩屋 1990）。

一般に、同一樹種で比較すると、日本海側と太平洋側では耐凍性に差があり、日本海側の方が耐凍性が低いことがスギヤトドマツなどで示されている（武藤・堀内 1974；久保田 1968）。このことは本試験でも認められたように東北、北陸の茶樹の耐凍性が決して強くなっていないことや茨城県、埼玉県の茶樹の耐凍性が高いことなどと共通しているものと思われる。

本節ではチャ遺伝資源の耐凍性評価によりアッサム種、中国種の変種間変異を明らかにし、両変種間には不連続の変異があることを明らかにしたが、両変種間の雑種の耐凍性は両変種の間にあることが分かった。

第2節 炭疽病抵抗性の変異と育種への利用

チャの病害には輪斑病の他に、炭疽病、赤焼病、もち病、赤葉枯病など適宜防除を必要とする病害は5種類以上ある。この中で生育期間中常に防除の対象になり被害の大きい病害として炭疽病がある。

炭疽病は新葉裏面の毛茸から侵入することが明らかにされており（浜屋 1982）、感染から発病までは約1カ月弱である。従って、一～三番茶期は病徴が現れる前に摘採されるため発病葉は少ないが、三番茶以後になると秋まで摘採せずに新芽を伸ばすため秋芽に感染、発病することが多い。秋芽は翌年の一番茶の親葉となるので、これが炭疽病によって落葉などの被害を受けると翌年の一番茶の収量と品質に及ぼす影響は大きい（永田 1954）。また、最近では二番茶までで摘採を中止する栽培が多くなり、丁度梅雨の中期から末期に伸びた三番茶の新芽に感染して炭疽病の被害を大きくしている（小泊 1972；高屋 1978）。

そこで本節では、チャ遺伝資源における炭疽病抵抗性の評価を行い、その変異を明らかにするとともに、炭疽病抵抗性育種の効率化を図るために抵抗性の遺伝力についても考察した。

a 材料および方法

チャ遺伝資源 2,422 系統について炭疽病の発生が多かった 1995 年 6 月と 1996 年 6 月にほ場で炭疽病の発生程度を調査し、「植物遺伝資源特性調査マニュアル（5）」（農業生物資源研究所 1992）に基づいて抵抗性の評価を行った。

また、日本在来種、アッサム種、アッサム雑種を含む育成途上の交配実生集団 49 組合せ、3,846 個体について各組合せの両親の炭疽病発病程度とその F₁ の発病程度を 11 月、5 月、6 月の 3 時期に調査し、平均発病度（被害度）を求めた。発

病度の調査は、0（発病無）、1（少、発病葉1～3枚/株）、2（中、発病葉4～10枚/株）、3（多、発病葉11～25枚/株）、4（甚、発病葉26枚以上/株）の5段階で評価した。F₁各個体の被害度をもとに、各組合せのF₁世代の平均被害度を求め、その中間親（両親の平均）への回帰係数と相関係数を求めた。また、これらの交配実生集団を無作為交配集団として二親交配後代（biparental progeny）の分散分析によって、組合せ間の分散成分を求め、これと誤差分散から広義の遺伝力を求めた。

b 結果

炭疽病抵抗性の評価について変種別、収集地域別に抵抗性の階級値の頻度分布を図9に示した。

アッサム種は1系統を除いてすべて炭疽病抵抗性が高かった。病斑が認められた1系統も、わずか1～2枚程度に病斑が認められただけで、残りの系統はすべて発病が認められなかった。

中国種についても、中国からの導入種およびインドのダージリンからの導入種は抵抗性の高いものが多く、93%は抵抗性を示した。中国種の中で、抵抗性4（やや弱）、5（中）を示したものは主に湖北省産のCh系統群で、その他の系統群はほとんど炭疽病斑が認められず抵抗性7（強）と評価されるものが多かった。一方、韓国の系統（Kor）には抵抗性5（中）の系統が1/4程度認められるなど、中国導入種よりやや弱い傾向が見られた。

日本の在来種、ヤマチャでは抵抗性弱（抵抗性3）から強（抵抗性7）まで幅広く分布し、抵抗性7（強）の系統が約半数の53.4%、抵抗性6（やや強）が18.2%、抵抗性5（中）が17.0%、抵抗性4（やや弱）が6.0%、抵抗性3（弱）が5.5%あり、海外導入系統に比べて極めて変異が大きかった。そこで収集地域別に抵抗性の階級別頻度分布を図10に示した。

近畿の材料として扱った三重、奈良、京都、滋賀の材料の炭疽病抵抗性の変異が極めて大きく、特に抵抗性5（中）の比率も最も高く、抵抗性7（強）の比率

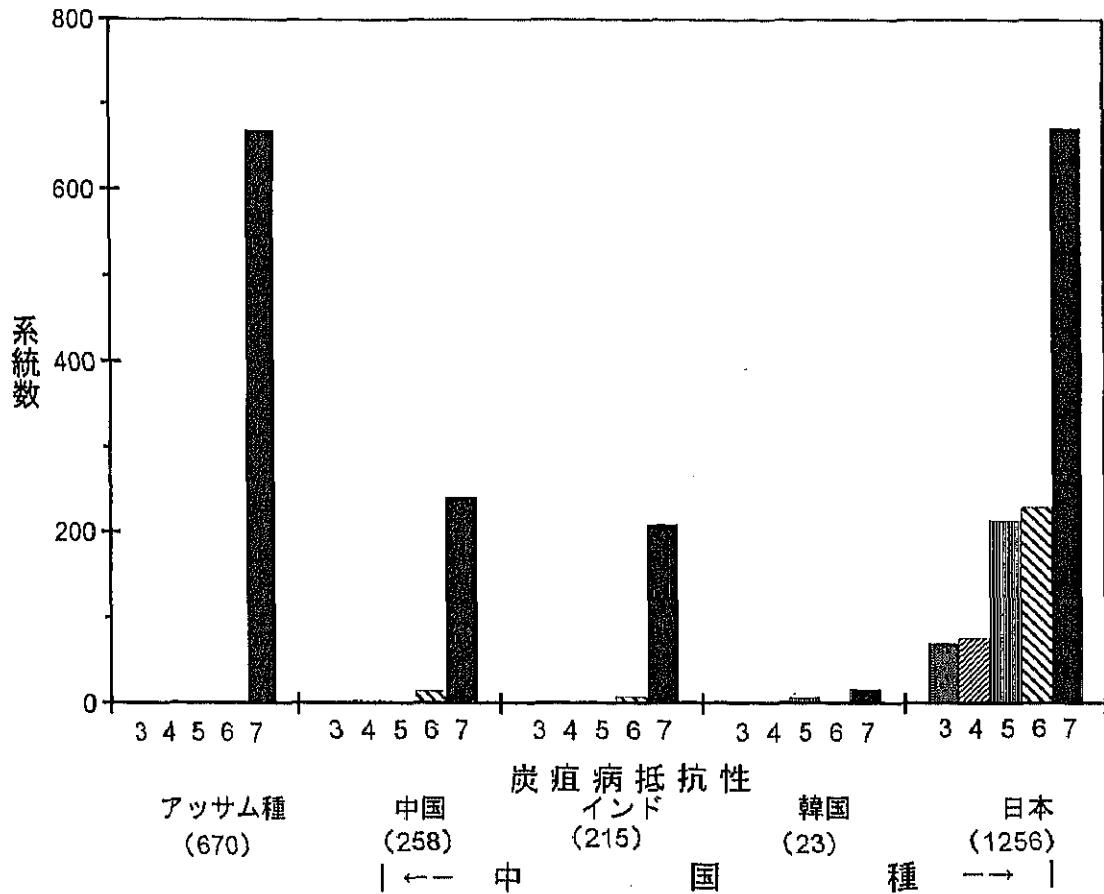


図9 収集遺伝資源の炭疽病抵抗性

炭疽病抵抗性：3(弱), 4(やや弱), 5(中), 6(やや強), 7(強)

アッサム種：Ai, Ak, Aj, IND, PKS, SRL, Ash, Abo, BUM, 台湾ヤマチャ系統群。

中国種：(中国) Cp, Cm, Cu, Ck, Ch, Cy, Ca 系統群。
(インド) Cd 系統群。

(韓国) Kor 系統群。

(日本) 日本在来種およびヤマチャ。

() 内は供試系統数。

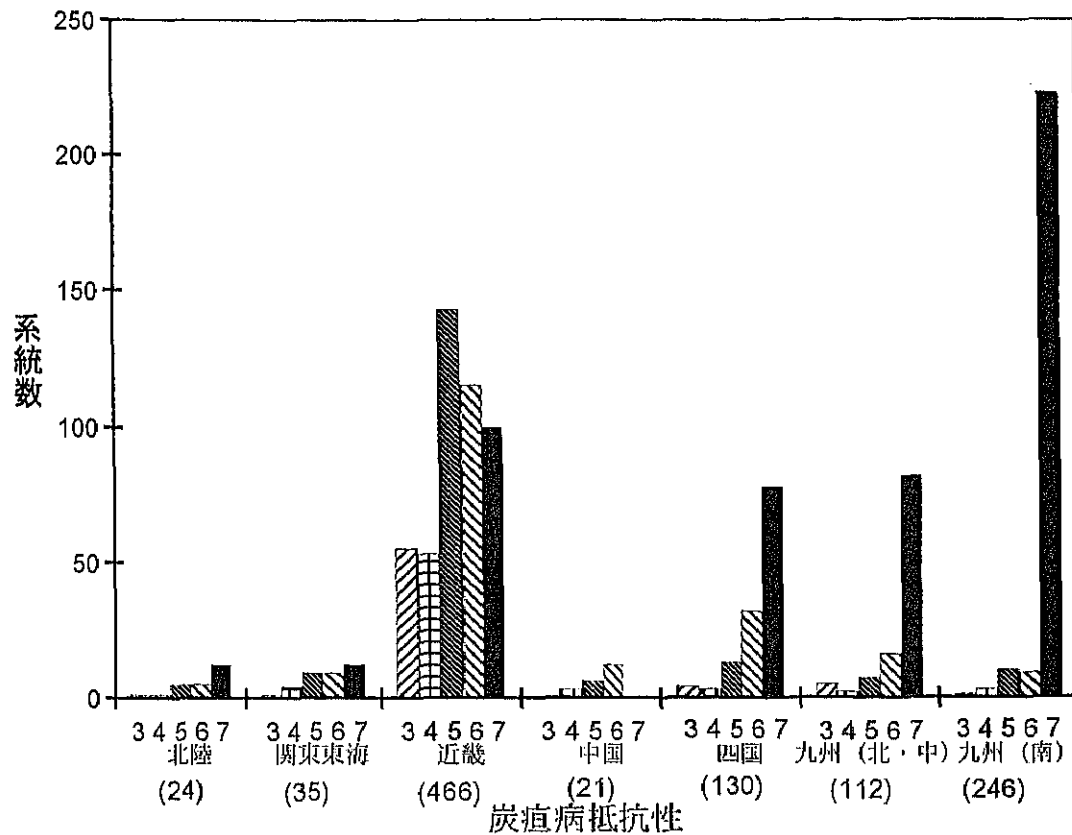


図 10 収集地域別にみた日本在来種とヤマチャの炭疽病抵抗性
()内は供試系統数

北陸：秋田，新潟，福井の各県

関東東海：埼玉，茨城，静岡の各県

近畿：三重，京都，滋賀，奈良の各府県

中国：兵庫，岡山，広島，島根の各県

四国：徳島，愛媛，高知の各県，

九州(北・中)：福岡，佐賀，長崎，大分，熊本の各県

九州(南)：宮崎，鹿児島各県

が他の地域に比べてやや低いという特徴があった。北陸，関東・東海の方法は扱った系統数が少なかったが，やや変異が大きい傾向が認められた。九州の在来種，特に南九州の在来種は炭疽病に強い系統の割合が非常に高かった。四国の材料も近畿，東海・関東の方法に比べると抵抗性の高い系統の比率が高かった。

なお，在来種とヤマチャの比較では，両方の材料がある福岡，熊本，宮崎の3県で比較すると，熊本，宮崎の両県ではヤマチャの方が変異が大きく，福岡県では在来種の方が変異が大きい傾向が見られた。代表して宮崎県と福岡県について図11に示した。

実際の育種ほ場にある49組合せの実生集団を使って両親とその次代の炭疽病抵抗性を検定した結果，炭疽病抵抗性は組合せ間だけでなく，組合せ内においても変異が大きく，多くの組合せで幅広い分布がみられ，単純なメンデル遺伝では説明できないと考えられた。そこでこれらの材料を無作為交配集団として統計遺伝学的手法を用いて炭疽病抵抗性の広義の遺伝力を推定し，組合せ選抜の効果を検討した。

49組合せについて F_1 個体の炭疽病被害度を縦軸に，中間親の被害度（両親の被害度の平均）を横軸にして炭疽病被害度の親子相関を図12に示した。

広義の遺伝力に相当する親子相関係数は0.738（0.1%水準で有意），回帰係数は0.860（0.1%水準で有意）の高い値が得られた。これは両親の被害度が小さい組合せは次代の被害度も小さいことを示しており，炭疽病抵抗性育種では両親の選択が最も重要な要素であることが明らかになった。

次代の分散分析による広義の遺伝力の推定では，20個体以上ある46組合せについて3回の調査時期の発病度の分散分析から遺伝力を求め，0.849の高い広義の遺伝力が得られた（表21）。

抵抗性の異なる代表的な組合せにおける F_1 個体の被害度（発病度）の頻度分布と両親の被害度を図13に示した。

両親ともに炭疽病に強い組合せ（べにたちわせ×べにひかり）では， F_1 はほとんどの個体が被害度0の抵抗性を示した。抵抗性が最強と弱の組合せ（Ak1440

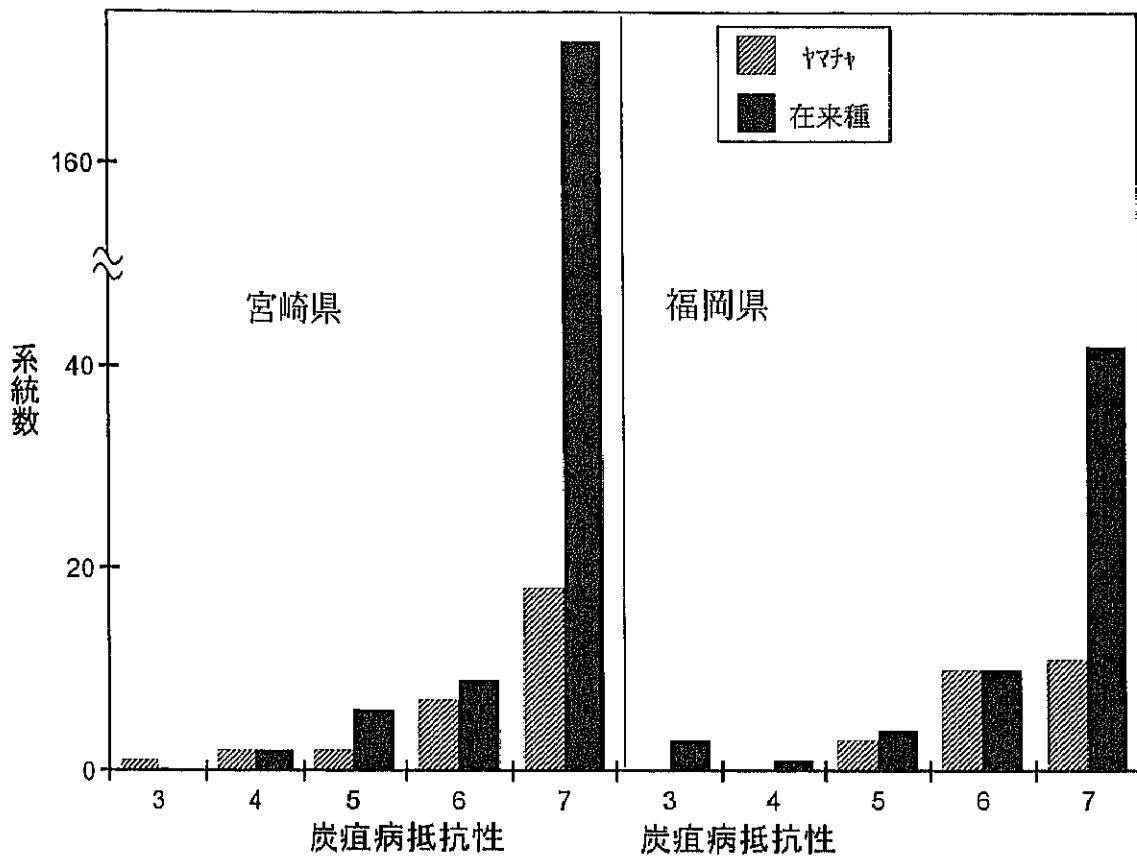


図 11 宮崎県と福岡県から収集した在来種およびヤマチャの炭疽病抵抗性

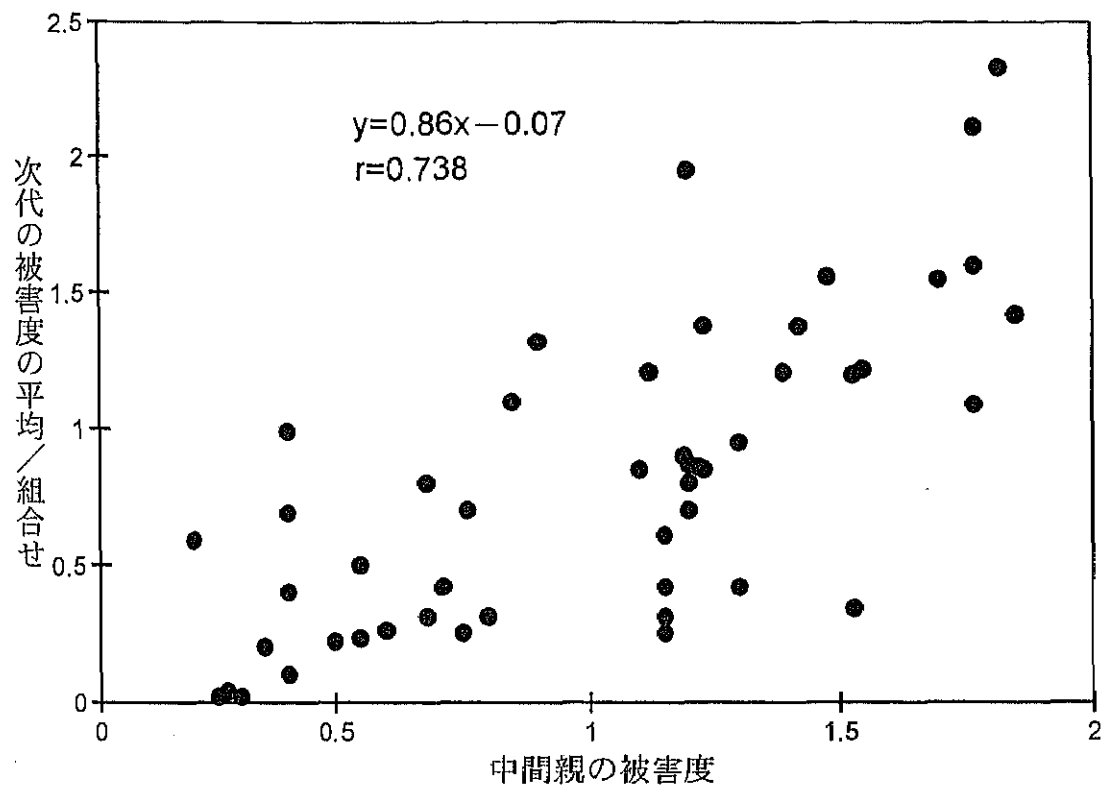


図 12 炭疽病抵抗性の親子相関 (1969 年交配)

炭疽病被害度は 3 回の調査の平均。各調査時期の被害度は 1 株当たりの発病葉数を基準とし、0 (無発病)、1 (1～3 枚)、2 (4～10 枚)、3 (11～25 枚)、4 (26 枚以上)。

表 21 二親交配後代の分散から推定した炭疽病抵抗性の遺伝力

要因	自由度	平均平方	分散成分の構成
調査日	2	540.335	
個体数	919	1.604	
誤差	1838	0.457	σ^2_e
組合せ間	45	15.899	$\sigma^2_w + k \sigma^2_b$
組合せ内の個体間	874	0.868	σ^2_w
分散成分 の構成	組合せ内の個体間	0.868	$1/2 \sigma^2_G + \sigma^2_B$
	組合せ間	0.752	$1/2 \sigma^2_G$
遺伝力		0.849	$\sigma^2_G / (\sigma^2_G + \sigma^2_B + \sigma^2_e/3)$

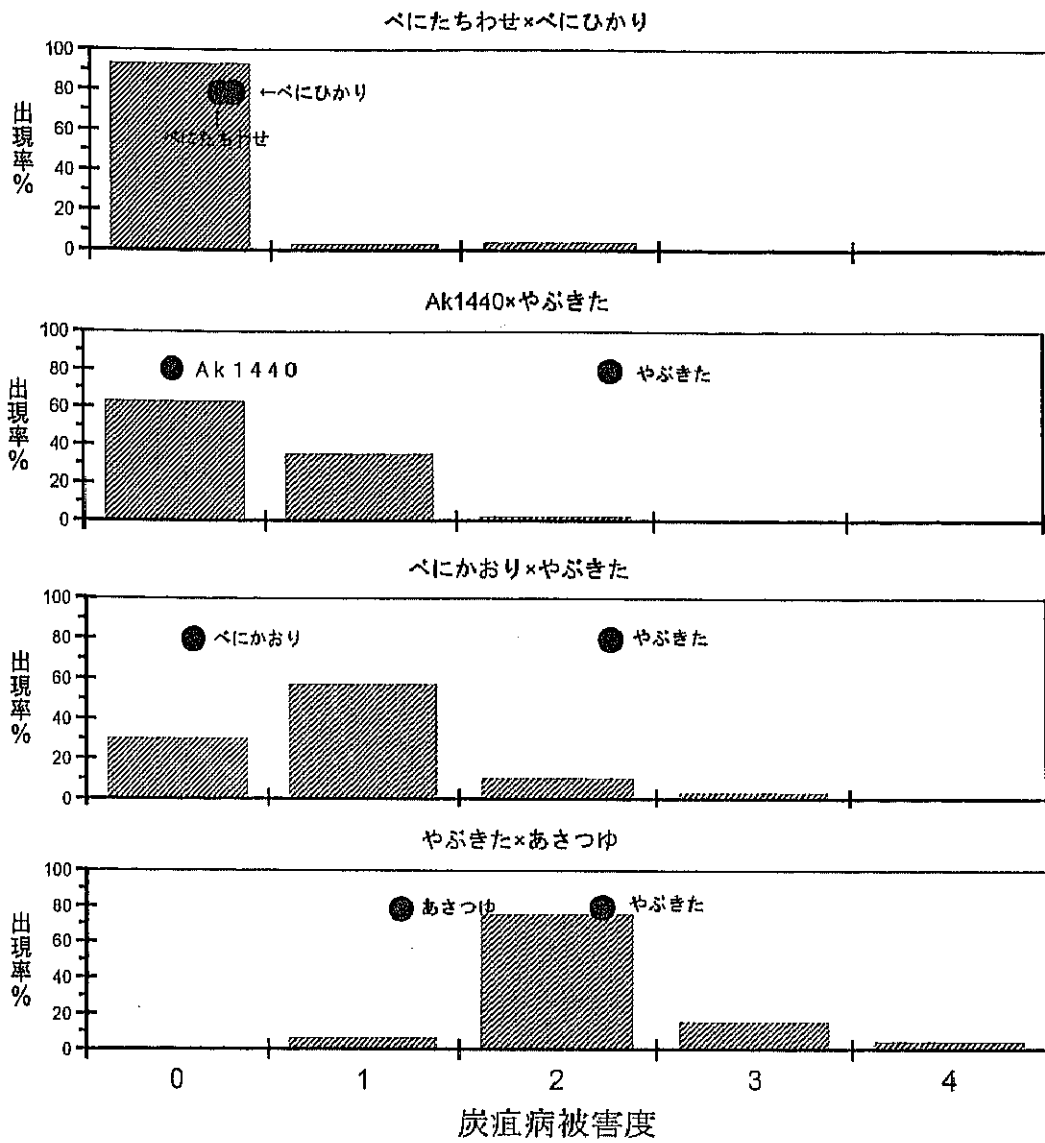


図 13 抵抗性の異なる組合せにおける次代の抵抗の頻度分布
●印は両親の抵抗性の程度 (平均被害度)

×やぶきた)では、次代の半数以上は被害度0の抵抗性個体であった。抵抗性が強の‘べにかおり’を片親とした場合には、‘Ak1440’を交配親とした場合よりも平均被害度はやや大きくなるが、被害度0の個体が出現している。しかしながら抵抗性中と弱の組合せ(やぶきた×あさつゆ)からは被害度0の抵抗性個体は得られなかった。

このように実際の育種事業の中の実生集団でも両親の抵抗性の程度が次代の抵抗性に大きく影響することが確かめられており、炭疽病抵抗性の遺伝力が大きいことが裏付けられた。

c 考 察

炭疽病に対しては日本の在来種、ヤマチャに弱いものが多く、抵抗性の変異では、日本の材料は海外導入種に比べて極めて大きいことがわかった。炭疽病菌は中国本土と台湾の一部に分布するが、日本以外ではほとんど問題になっておらず *P.longiseta* による輪斑病と同様に日本に特有のチャの病気であると言える(江塚・安藤 1994)。この中で、九州、とりわけ南九州の在来種は炭疽病に対して抵抗性のものが多かったが、これは南九州ではチャの生育期間が長く、新芽の生育中に雨が多いなど炭疽病の発生に好適な気象条件にあるため、この地方の在来種は長い栽培の間に淘汰あるいは選抜を受けたものと思われる。一方、関東では炭疽病が多発生することはほとんどなく、現在チャの品種の中で最も炭疽病に弱い品種である‘さやまかおり’でも育成地の埼玉県ではあまり炭疽病が発生しないことから地域によって炭疽病に対する淘汰圧にはかなり違いがあると思われる(農林水産技術情報協会 1981)。

ここでは炭疽病抵抗性の検定をほ場における自然発病に基づいて行った。このため色々な要因が総合された結果となり、一種のほ場抵抗性と考えられる(清沢 1974)。炭疽病は新葉裏面の毛茸から侵入して感染するが(浜屋 1982)、毛茸は葉が生長するに従って老化し、脱落する。この毛茸の脱落は生長中の新芽では既に上から第3葉目頃から始まっていることを考慮すると、炭疽病に感染する期間は

比較的限られることになる。このため新芽の生育期間に雨がなければ感染の機会
は非常に小さくなり、感染を免れることになる（永田，1964）。炭疽病は6月の
梅雨時期に感染することが多いため、二番茶新芽に感染して発病し、明瞭な品種
間差が認められることが多い。チャは春の萌芽の早晚によって二番茶芽の発芽時
期が異なる。このため炭疽病で被害度の調査を正確に行うには二番茶新芽の発芽
時期を揃えることが重要である。このためには一番茶後の同一時期に一度刈り落
として一斉に発芽させることと、品種間差が明瞭な多発年（test year）に繰り返
し調査をすることが重要である。

親子相関、次代の平均値の平均親への回帰ならびに分散分析法により2年間に
3回反復調査した成績を用いて炭疽病抵抗性の広義の遺伝力を推定した。この結
果、いずれの方法でも広義の遺伝力は0.7～0.8と高く、耐凍性の遺伝力（Toyao
1982）に次ぐ高い値であることがわかった。ここで遺伝力を求めるために用いた
Falconer（1960）の遺伝分析法は、親子回帰を用いて遺伝力の推定ができ、しかも
特別なほ場を設けなくても継続中の育種事業の中でおよそその遺伝情報をとらえ
ることができる利点がある。町田・小崎（1976）もこの方法でニホンナシ実生群
の果肉の硬度、屈折計示度、果汁 pH などの遺伝力を求めており、ここで行った
親子回帰、親子相関は遺伝力を推定するのに有効なパラメータであるとしている。

炭疽病抵抗性は広義の遺伝力が高いことから交配親の選択で次代の抵抗性の平
均がほぼ決まってくることになるが、図 13 に見られるように‘やぶきた’のよ
うな抵抗性の弱い品種を片親に用いても、もう一方の親に高度抵抗性品種を用い
れば次代に抵抗性個体が生じることが認められた。このことは次代の抵抗性は単
なる両親の抵抗性の平均ではないことを示しており、実際の育種における交配親
の選択ではこのことも考慮する必要がある。

アッサム種の炭疽病抵抗性はこれまでの調査から免疫的な強さがあった。これ
はアッサム種の場合、毛茸が少なかったり、短いことも全く無関係であると言
えないが、アッサム種など抵抗性の強い品種では、毛茸から感染しても毛茸基部
の組織がわずかに小さい点として褐変、え死して菌の侵入が阻止される過敏感反

応が観察されている。このためアッサム種などの抵抗性は侵入後の拡大抵抗性が大きな要因であることが想像される（江塚・安藤 1994）。

今後、炭疽病抵抗性の遺伝様式の解析を行うためには、毛茸への分生子の付着・侵入および毛茸基部の葉組織への侵入と侵入後の病斑の拡大とに分けて抵抗性の解析を行う必要がある。

炭疽病抵抗性と他形質との相関関係については、茶葉の角皮層の厚薄、茶葉の硬軟度やタンニン含量（永田 1964）などが報告されているが、炭疽病抵抗性と煎茶品質との間には $r = 0.022$ と全く相関が認められなかった（鳥屋尾ら 1976）。このことは煎茶品質の優れた炭疽病抵抗性品種の育成が十分可能であることを示しているが、アッサム種などのカテキンおよびカフェイン含量の多い品種と交配すると、渋味、苦味が強くなり、品質改善のために緑茶品種への戻し交雑が必要になってくる。日本在来種の中にも炭疽病抵抗性系統が多数認められており、これらを育種母本として用いる方が育種効率からは優れているが、これら日本在来種がアッサム種が示すような免疫的な炭疽病抵抗性を持つかどうかについては今後検討する必要がある。

次章で述べる輪斑病との複合抵抗性はアッサム種あるいは導入中国種を利用すれば比較的容易に達成できるが、前述したように緑茶（特に煎茶）品質の優れた複合抵抗性品種を育成するためには、煎茶品質の優れた品種に戻し交雑をしながら炭疽病抵抗性を検定して選抜していく必要があり、育種には時間を要するものの十分可能と思われる。

第3節 輪斑病抵抗性検定法の開発とチャ遺伝資源の評価

チャの輪斑病は 1970 年代以前にはそれほど重要な病害とは考えられていなかったが、1973 年頃から静岡県中・西部の茶園で枝枯れ症状を伴う輪斑病被害が発生するようになった。現在では全国の茶産地に拡大し、チャの重要病害の一つになっている（浜屋・堀川 1982, 1983；堀川 1984b, 1986a,b）。

この輪斑症状の病原菌について、浜屋・堀川（1982）は従前から知られていた *Pestalotia thea* SAWADA（後に *Pestalotiopsis theae* SAWADA に修正）とは別種の *Pestalotia longiseta* SPEGAZZINI（後に *Pestalotiopsis longiseta* SPEGAZZINI に修正）であること、ならびに *P. thea* に比べて病原性が強いことを明らかにした。また、堀川（1986c, 1987b）、安藤（1993）によってチャの新芽が枯れる「新梢枯死症」についても病原菌は *P. longiseta* であることが明らかにされた。

P. longiseta による輪斑病は、自然発病および抵抗性の検定試験から品種・系統間差異が大きく、しかも現在最も普及している‘やぶきた’が極めて抵抗性の劣る品種であることが明らかにされた（安藤ら 1985a；池田ら 1986；堀川 1987a,d；Takeda 1988a；武田ら 1996）。

本病の感染様式は炭疽病や赤葉枯病などと異なり摘採時に生じた茶葉の傷口から侵入し、感染から発病までの期間が短いため薬剤による防除も摘採直後に行う必要があり、適期防除が困難な場合が多い（堀川 1984a,b, 1985；安藤ら 1993）。

そこで本節では、*P. longiseta* による輪斑病に抵抗性のある品種を育成するために、人為接種検定法における接種条件の詳細な検討と抵抗性の評価法を確立し、チャ遺伝資源の抵抗性評価を行った。

（1）輪斑病抵抗性検定法の開発

P. longiseta による輪斑病抵抗性の人為接種検定法は安藤ら（1985a）、池田ら（1986）、築瀬・武田（1987）によって開発され、品種の抵抗性の評価が可能になった。しかしながら、これらの検定法は人為接種検定で品種間差異が認められることを明らかにしているが、接種源の濃度、接種時期、接種後の抵抗性の評価などについて十分検討されていなかった。

そこで本節では、*P. longiseta* によって起こるチャの輪斑病に対する抵抗性育種を行うために、接種源である分生子の濃度、接種方法、接種後の抵抗性の判定時期、接種葉位、接種後の降雨の影響および最適接種時期等について詳細な検討を

行い、チャの育種に利用できる検定法の改善を行った。

a 材料および方法

(1) 接種源 (分生子) の濃度

罹病性品種の‘やぶきた’と中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’を供試して分生子濃度を次の5段階で検討した。①原液 (分生子濃度 8×10^6 個/ml), ② 1/2 希釈 (4×10^6 個/ml), ③ 1/4 希釈 (2×10^6 個/ml), ④ 1/8 希釈 (1×10^6 個/ml), ⑤ 1/16 希釈 (5×10^5 個/ml)。

試験は 10 枝条を供試し, 1 枝条から 1 枚の成葉を選んで葉身に 2 カ所接種した。接種はプラス型ドライバー (刃幅 3 mm) の刃先に分生子を付着させ, 接種葉の裏側に厚いゴム板をあてて表面から接種器具を押しつけ, 傷をつけて接種し, 14 日後に病斑直径を調査した。

接種源の分生子は茶葉培地 (チャの葉をオートクレーブで滅菌し, 培地としたもの) で約 1 ヶ月間培養したものを使用。以後の接種源の調製および接種法はこれに準じた。

(2) 接種時の付傷の大きさ

罹病性品種の‘やぶきた’, ‘さやまみどり’, 中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’, ‘ふじみどり’, 高度抵抗性品種の‘かなやみどり’, ‘やまとみどり’の合計 6 品種を供試して接種時の付傷の大きさが抵抗性の異なる品種の病斑形成に及ぼす影響を試験した。接種器具は研磨したプラス型ドライバーを用い, 刃幅 3 mm と 1 mm に調製して接種した。

接種は切り枝 10 枝条を供試し, 1 枝条 1 枚の成葉に 2 カ所接種し, 室内で 16 日間水挿し培養後, 病斑の大きさを調査した。

(3) 接種後の抵抗性判定時期

輪斑病抵抗性の異なる‘やぶきた’ (罹病性), ‘ゆたかみどり’ (中度抵抗性), ‘かなやみどり’ (高度抵抗性) の 3 品種を供試して, 接種後の病斑拡大の推移から, 最適な判定時期を検討した。ほ場で各品種 10 枚の成葉を供試し, 各成葉

2カ所に接種した。接種後5日から17日までの病斑拡大について品種間の差異を検討した。

(4) 接種葉位

罹病性品種の‘やぶきた’と中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’を用い、接種枝条における最適葉位について検討した。試験に供試した接種葉は、春に生育した枝条についた第1葉（最上位葉）から第9葉である。接種後16日目に病斑直径を測定し、最適葉位を求めた。

(5) 接種後の降雨の影響

罹病性の‘さえみどり’を用い、接種後の降雨の影響を検討した。ほ場で降雨の影響をみるため、接種直後から76時間後まで8時期に接種葉にスプリンクラー散水を行い発病への影響を検討した。散水量は雨量30ml／時間に相当する水を10分間散水した。

試験は10枝条を供試し、1枝条当たり1枚の成葉に2カ所接種し、16日後に病斑直径を調査した。

(6) ほ場での最適接種時期の検討

罹病性品種の‘やぶきた’、中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’、高度抵抗性品種の‘かなやみどり’を用い、5月15日から9月25日までの約4ヶ月間に9回時期を変えて接種を行い、品種の抵抗性と病斑直径から最適接種時期の検討を行った。

(7) 接種後の温度が病斑形成に及ぼす影響

鉢植えした罹病性品種‘ほくめい’を供試し、接種後の温度条件が病斑形成に及ぼす影響について試験した。試験は人工気象室を用い、15、20、25、30℃の4段階で行った。各試験区について2鉢を供試し、任意に選んだ10枚の成葉にそれぞれ2カ所接種し、16日後に病斑の大きさを測定した。

b 結果

接種源である輪斑病菌分生子の濃度が抵抗性の異なる品種の病斑形成に及ぼす

影響を表 22 に示した。

罹病性品種の‘やぶきた’と中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’への接種結果から接種源の濃度は、原液の 1 / 8 希釈、すなわち分生子濃度が 10^6 個 / ml までは病斑の大きさから罹病性品種と中度抵抗性品種を良好に判定できた。1 / 16 希釈 (5×10^5 個 / ml) では病斑直径が小さくなり、病斑の大きさから判定すると‘やぶきた’の抵抗性は中度抵抗性、‘ゆたかみどり’は高度抵抗性と判定される危険性があった。

人為接種した場合、付傷の大きさと発病程度の関係を表 23 に示した。

付傷接種時の傷の大きさは 3 mm 刃が良好であった。1 mm 刃では病斑の発現が不安定になり、罹病性の‘さやまみどり’では 10mm 近い病斑を示す接種葉からほとんど病斑が拡大しない接種葉までばらつきが大きくなった。この場合の病斑直径は、平均 5.7 ± 1.65 mm で中度抵抗性と判定される大きさであった。また、中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’と‘ふじみどり’では病斑直径が 5 mm に達せず高度抵抗性と判定される危険性があった。

抵抗性の異なる品種の接種後の病斑拡大の推移を図 14 に示した。

‘やぶきた’（罹病性）、‘ゆたかみどり’（中度抵抗性）および‘かなやみどり’（高度抵抗性）について接種後の病斑の拡大を見ると、接種 8 日目頃から病斑が確認されるようになり、以後ほぼ直線的に拡大していくが、その傾きは罹病性品種の‘やぶきた’が中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’よりも大きかった。

‘やぶきた’では接種後 17 日目まで病斑は拡大し、その後葉縁に達して落葉するが、中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’では、14 ~ 16 日以降は病斑の拡大が止まり、その後は大きくならなかった。高度抵抗性品種の‘かなやみどり’では、4 mm 前後で病斑の拡大が止まり、最初に傷を付けた周囲がわずかに褐色を帯びる程度であった。このようなことから接種後 14 ~ 17 日で判定すれば、抵抗性の強弱は的確に評価できることがわかった。

接種葉位の違いが病斑形成に及ぼす影響について表 24 に示した。

枝条の最上位の展開葉を第 1 葉とし、下に向かって第 9 葉まで接種して検討し

表 22 接種源の濃度の違いによる病斑の大きさ

品 種	抵抗性	原 液	1 / 2 希釈	1 / 4 希釈	1 / 8 希釈	1 / 16 希釈
		mm	mm	mm	mm	mm
やぶきた	弱	14.9 ± 1.28	11.4 ± 1.29	10.9 ± 1.08	11.2 ± 1.24	8.9 ± 1.02
ゆたかみどり	中	7.1 ± 0.91	7.7 ± 1.03	8.6 ± 1.10	7.2 ± 0.86	5.7 ± 1.66

注：10 枝条を供試し，1 枝条当たり 1 枚の成葉に 2 カ所接種。

8 月 7 日～8 月 21 日試験。

原液の孢子濃度； 8×10^8 個 / ml.

表 23 接種時の付傷の大きさと病斑形成

品 種	抵抗力	付傷の大きさと発病の程度による抵抗性の判定			
		直径 3 mm	判 定	直径 1 mm	判 定
		mm		mm	
やぶきた	罹 病 性	15.0 ± 0.58	罹 病 性	13.8 ± 0.47	罹 病 性
さやまみどり	罹 病 性	13.7 ± 0.49	罹 病 性	5.7 ± 1.65	中度抵抗性
ふじみどり	中度抵抗性	8.1 ± 0.45	中度抵抗性	4.7 ± 0.40	高度抵抗性
ゆたかみどり	中度抵抗性	7.7 ± 0.73	中度抵抗性	3.8 ± 0.50	高度抵抗性
かなやみどり	高度抵抗性	5.1 ± 0.21	高度抵抗性	3.0 ± 0.00	高度抵抗性
やまとみどり	高度抵抗性	3.3 ± 0.10	高度抵抗性	3.0 ± 0.00	高度抵抗性

注：10 枝条を供試し，1 枝条当たり 1 枚の葉に 2 カ所接種。

接種後室内で 16 日間水挿した枝条を調査。

接種日は 8 月 5 日。

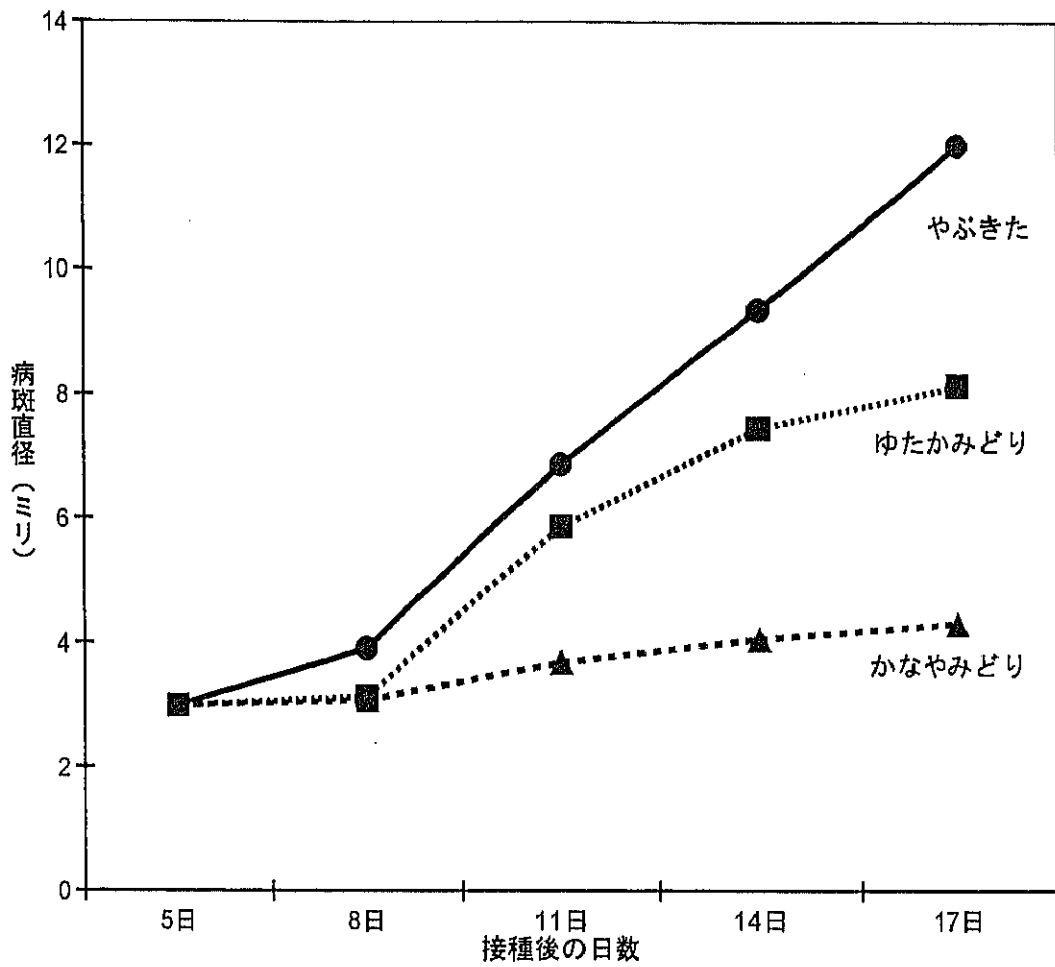


図 14 抵抗性の異なる品種の接種後の病斑拡大の推移
 やぶきた (罹病性), ゆたかみどり (中度抵抗性)
 かなやみどり (高度抵抗性)

表 24 接種葉位の違いによる病斑の大きさ

葉位	やぶきた	ゆたかみどり
	cm	cm
第 1 葉	8.9 ± 3.54	4.4 ± 2.06
2 葉	12.1 ± 0.72	8.0 ± 3.25
3 葉	11.9 ± 1.74	8.5 ± 0.75
4 葉	13.8 ± 0.88	8.9 ± 1.41
5 葉	13.6 ± 1.32	10.4 ± 1.13
6 葉	13.5 ± 1.10	9.3 ± 1.13
7 葉	12.7 ± 1.10	9.6 ± 0.72
8 葉	12.5 ± 0.75	8.3 ± 1.69
9 葉	11.5 ± 1.76	8.5 ± 1.50

注：やぶきた（罹病性）。

ゆたかみどり（中度抵抗性）。

10 枝条を供試し，各枝条の最上位の展開葉を第 1 葉として，第 9 葉まで接種した。

各葉にはそれぞれ 2 カ所接種。

7 月 22 日～8 月 7 日試験。

た。十分に硬化していない第1葉（最上位葉）では，接種後の病斑の拡大が不十分であった。このため病斑の拡大から判断した抵抗性は，罹病性の‘やぶきた’の場合，中度抵抗性，中度抵抗性の‘ゆたかみどり’では高度抵抗性と判断される危険性があった。第2～第9葉に接種した場合は非常に良好な病斑形成をし，それぞれ品種本来の抵抗性を示した。特に，枝条中央部の第4～6葉への接種は最も病斑が大きくなり，品種間差異も明瞭であった。このようなことから極端に若い葉を除けば接種葉は特に選ばないことがわかった。

接種後の降雨の影響を検討するため接種後時間を変えて接種葉にスプリンクラーで散水してその影響を検討した（表25）。

供試した罹病性品種の‘さえみどり’は接種直後（0時間）の散水では発病が非常に不安定となり，無発病から5～6 mm程度の病斑が混在し，総合的な判定では高度抵抗性～中度抵抗性と誤って判断された。本来の抵抗性である「弱」と判定できたのは接種後5時間以降の散水区であった。今回の散水は30ml／時間に相当する強い降雨が10分間継続する条件で行ったため，分生子が洗い流され，分生子濃度が低下したことが病斑形成力を低下させた原因と考えられた。

ほ場での接種時期と抵抗性の異なる品種の発病程度との関係を表26に示した。

接種時期で最も品種間差異が明瞭に判定されたのは，6月29日に接種して7月13日に調査した試験区であった。罹病性品種‘やぶきた’への接種では，6月13日から9月17日接種までは正確に罹病性と判定されて問題はなかった。中度抵抗性品種の‘ゆたかみどり’では，6月29日から8月14日の接種時期までは正確に中度抵抗性と判断されたが，それ以外は中度抵抗性と正確に判断するのは困難であった。特に，6月の接種では病斑の拡大が不安定となり，時期によっては5 mmに達しない場合も認められたが，このような場合，病斑の周囲が黒褐色のリングで囲まれているものが多く，このために病斑の拡大が抑えられていた。9月中旬以降の接種が不調であったのは気温の低下が考えられた。特に，試験を行った1995年は9月下旬に冷え込んだため平均気温が25℃，最低気温は20℃を下回った日が多かった（図15）。

表 25 接種後における散水の影響

接種後散水までの時間	抵抗性の判定	病 斑 の 形 成
無散水 0 時間 (接種直後)	罹 病 性 高度～中度抵抗性	中, 強と判定されるものを含む
1 時間	中度抵抗性	〃
2 時間	中度抵抗性	〃
3 時間	中度抵抗性	弱, 中, 強と判定されるものを含む
5 時間	罹 病 性	〃
10 時間	罹 病 性	一部中と判定されるもの有り
24 時間	罹 病 性	〃
76 時間	罹 病 性	病斑の拡大良好

注：さえみどり（抵抗性弱）。

10 枝条供試し，1 枝条当たり 1 枚の成葉に 2 カ所接種。

8 月 14 日～8 月 17 日接種，接種 16 日後に調査。

散水量は降雨量 5ml に相当する水を 10 分間散水。

分生子濃度； 9×10^6 個 / m. l

表 26 ほ場における接種時期別の病斑の大きさ (1995 年)

試験期間	やぶきた	ゆたかみどり	かなやみどり	平均気温	降雨日数
	mm	mm	mm	°C	日
5.15 ~ 6. 1	9.6 ± 1.30	6.2 ± 0.80	3.3 ± 0.49	20.5	8
6. 1 ~ 6.17	9.6 ± 1.56	4.7 ± 0.81	4.7 ± 0.42	21.3	7
6.13 ~ 6.29	11.7 ± 2.00	3.6 ± 0.62	3.0 ± 0.00	22.2	11
6.19 ~ 7. 3	11.3 ± 1.80	6.1 ± 1.86	3.4 ± 0.00	22.9	12
6.29 ~ 7.13	15.3 ± 1.98	9.9 ± 1.53	3.8 ± 0.90	25.8	5
7.26 ~ 8.11	15.1 ± 1.40	8.8 ± 1.15	4.2 ± 0.55	27.8	2
8.14 ~ 8.30	14.4 ± 1.81	8.3 ± 1.53	4.5 ± 0.70	28.4	3
9.17 ~ 10. 3	11.2 ± 2.09	4.7 ± 0.98	3.0 ± 0.00	22.8	4
9.25 ~ 10. 9	9.1 ± 1.16	4.1 ± 0.10	3.0 ± 0.00	21.9	6

注：やぶきた（罹病性），ゆたかみどり（中度抵抗性），かなやみどり（高度抵抗性）。
 10 枝条供試し，1 枝条当たり 1 枚の成葉に 2 カ所接種。
 梅雨明けは 7 月 2 日。

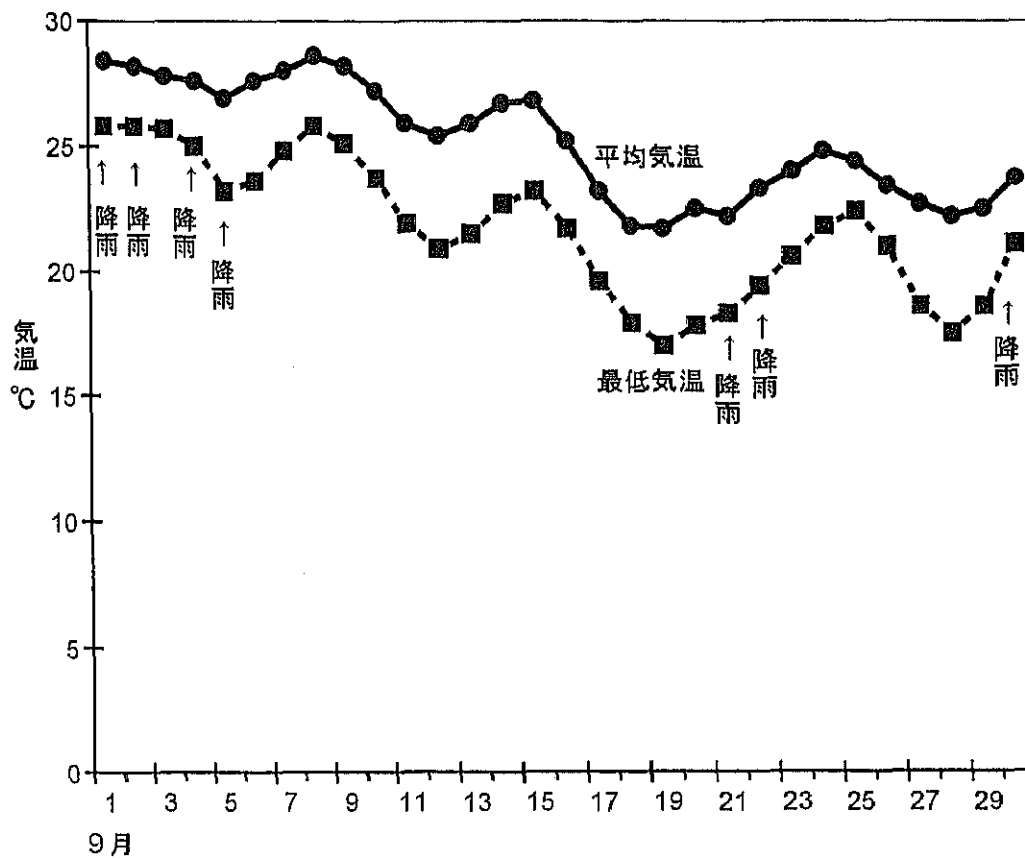


図 15 1995年9月の気温の推移

接種後の温度が病斑形成に及ぼす影響について検討した（表 27）。

罹病性品種‘ほくめい’を供試し、接種後 15℃の温度条件に置いた材料では接種時に付けた 3 mm の傷の周辺がわずかに褐変するだけで病斑は全く拡大しなかった。最も病斑が大きく拡大したのは 25℃で、平均直径 15.5mm となりほぼ葉縁にまで達していた。20℃と 30℃の場合、接種後 16 日目の病斑の大きさはそれぞれ 6.8mm と 8.5mm となり病斑の大きさから判断した抵抗性は中度抵抗性となって正確に罹病性と判断できなかった。このようなことから、室内検定では 25℃前後が最も適当と判断された

c 考 察

品種の輪斑病抵抗性の評価を自然発病の状態での的確に行うには発病が非常に顕著に現れる、いわゆる test year に恵まれないと難しい。また、耐病性育種を行うためには多くの材料を正確に、しかも効率よく検定することが必要である。輪斑病の人為接種検定法は安藤ら（1985a）、池田ら（1986）、築瀬・武田（1987）によって示されているが、接種後の抵抗性の評価、接種源である分生子濃度、接種後の病斑拡大に及ぼす気温、降雨、接種葉の成熟度の影響などがほとんど明らかにされていなかった。このため品種間差は認められても抵抗性の評価には安定性が欠けていた。

ここでは人為接種検定法により品種・系統の輪斑病抵抗性を正確に評価するための接種条件について詳細な検討を行った。

輪斑病の人為接種では被検定品種の持つ本来の抵抗性を安定的に発現させることが重要である。発病に大きく関わる分生子濃度は $1 \sim 8 \times 10^6$ 個 / ml 程度で満足の得られる病斑が得られた。従って、胞子濃度の調製では、顕微鏡下で分生子数を詳細に数えなくても 1 視野（400 倍）当たり 40 ～ 100 個程度の胞子が確認できれば十分である。

輪斑病菌の分生子は、発芽後自ら葉の表皮細胞を貫通して侵入することができないため（堀川 1984b；Fail and Langenheim 1990）、接種では傷を付けて侵入させる

表 27 接種後の温度が病斑拡大に及ぼす影響

試 験 区	病斑の大きさ (mm)	抵抗性の判定
15 °C区	3.0 ± 0.00	高度抵抗性
20 °C区	6.8 ± 2.43	中度抵抗性
25 °C区	15.5 ± 0.85	罹 病 性
30 °C区	8.5 ± 0.34	中度抵抗性
* 圃場	** 16.0 ± 0.00	罹 病 性

注：ほくめい（罹病性）。

各試験区は鉢植えの2個体を供試し、任意に成葉10枚を選んで各葉2カ所に接種した。

接種16日目に調査。

* 対照としてほ場で8月12日～8月28日に試験を行った。

** 病斑がすべて葉縁まで達していた。

必要がある。この付傷の大きさが病斑形成に影響を与えるが、1 mm 幅の傷では病斑形成が不安定で品種本来の抵抗性を判定するには問題があった。特に、中度抵抗性品種では、病斑の拡大が不十分で高度抵抗性と判定される危険性が大きかった。

抵抗性の判定は接種後 14～17 日が最も良好であった。20 日以上経過すると、罹病性品種では病斑は葉縁にまで達し、まもなく落葉するため調査が困難になる。

十分硬化していない葉では一般に病斑の形成は不十分であった。これは葉の生理的な影響も考えられるが、多くは接種葉が柔らかすぎるため接種器具で接種すると組織を破る格好で穴があき、このため分生子と葉組織との密着が悪くなって感染率が低下するのではないかと考えられた。福田・浜屋（1983）も最上位の若い葉では病斑の拡大が悪いことを認めており、上から 3～6 葉が最も大きな病斑を形成したとしている。また、*P.longisetra* の感染には、葉組織の壊死が必要であり、このために単なる穴が空いた状態では感染率が低いことが認められている（堀川 1989, 1990）。

ほ場における接種では、通常は雨中での接種は行わないが、接種後の降雨はかなり頻繁に起こる。本試験では接種後 5 時間程度経過すれば問題ないことが認められたが、ここで行った散水処理は降雨強度にすると 30mm 程度になり、かなり強い雨に相当する。従って、5～10mm 程度の降雨強度であれば、接種から降雨迄の時間が更に短くても問題はないと思われる。しかし、ここでの試験は罹病性品種「さえみどり」で得られた結果であるので、中度抵抗性品種の場合に 5 時間で十分かどうかについては検討の余地がある。降雨は *P.longisetra* によって起こる新梢枯死症では側芽基部への感染を助長させるが、葉への感染には影響は小さいとされている（堀川 1987b）。

ほ場での接種は多量の材料を一度に効率よく検定するには非常に好都合であるが、屋外であることから正確な評価を阻害する様々な要因が考えられる。5 月上旬から 9 月下旬まで 9 時期について接種試験を行ったが、梅雨明け前後の 6 月下旬から 8 月中旬の接種が最も安定した病斑形成が行われた。「やぶきた」のよう

な罹病性品種では比較的長い期間検定可能であったが、中度抵抗性品種では小さな要因でも病斑の拡大が阻害され、高度抵抗性と判定される危険性が大きかった。中度抵抗性品種‘ゆたかみどり’についてみると、6月29日から8月14日までの接種では正確な検定が可能であったが、6月1日、あるいは6月13日の接種に見られるように、病斑が5 mmにも達しない場合も認められた。このような場合、ほとんどの病斑は周囲に黒褐色のリングを形成し、病斑の拡大が阻止されていた。これは降雨などの影響で赤葉枯病菌 (*Glomeralla cingulata*) の感染が起こり輪斑病菌による病斑拡大が抑制されたものと思われた (安藤ら 1985b; 堀川 1987d)。

ほ場で分生子を接種して大量の検定を行うことは自然の生態系からは問題があることも考えられる。しかしながら、輪斑病菌は健全葉にも多数存在しており (成澤 1986, 1988a,b; 武田ら 1988), また、赤葉枯病菌など輪斑病菌に拮抗する菌も多いことから (河野 1965; 伊藤・成澤 1988, 安藤・成澤 1989a,b), ほ場検定でもあまり問題はないと思われた。このようなことから、ここで行った輪斑病抵抗性の検定はほとんどほ場において行った。

輪斑病菌の増殖の最適温度は 25 °C 前後であるが (堀川 1982), 本試験で行った鉢植え茶樹への接種の場合でも 25 °C で最も病斑形成が良好であった。30 °C ではやや病斑の大きさが抑制されたが、これは人工気象器内に鉢植え茶樹を持ち込んで試験を行ったため、地下部も 30 °C の高温に置かれたために活力が落ちて病斑の拡大が抑制されたことも考えられる。一方、低温が病斑形成に及ぼす影響では、15 °C, 20 °C では罹病性品種でもほとんど病斑が拡大しないことがわかった。このような低温の影響はほ場で最適接種時期の検討を行った 1995 年の試験でも認められている。接種日が5月15日～6月19日の試験区では良好な接種結果が得られなかったが、これは病斑拡大期間に当たる接種後の約半月の平均気温が 20.5 ~ 22.9 °C と低かったことが考えられる。また、梅雨時期の降雨のために接種した傷口から赤葉枯病菌が侵入して輪斑病菌の病斑形成を抑制したことも一因と思われる (安藤 1985b, 安藤・成澤 1989a,b)。秋口の接種では、低温が最大の阻害要

因になると考えられた。これについて接種日の気温と発病との関係を調べた試験では、真夏の高温条件下では2～3時間内で発芽して侵入を開始し、潜伏期間は5～7日（浜屋・刑部 1983）、または7～10日（堀川 1984b）とされており、接種日の気温が高い方が発病率が高いことが認められている。このため、二番茶時期よりも三番茶時期の方が発病が多い（堀川 1984b）。このようなことから平均気温が25℃を超える梅雨明けから8月下旬頃までがほ場で輪斑病抵抗性の検定を行う適期と認められた。

以上の検討結果からチャの輪斑病抵抗性を評価するための人為接種検定法が確立され、これによりチャ遺伝資源の輪斑病抵抗性の正確な評価が可能となった。

（2）輪斑病抵抗性の評価とその変異

P.longiseta に対するチャの輪斑病抵抗性では大きな品種間変異が認められている。輪斑病抵抗性育種を行うためには育種素材であるチャ遺伝資源の輪斑病抵抗性を明らかにする必要がある。

ここでは輪斑病抵抗性の評価を分生子の人為接種検定法を用いて行った。これによりアッサム種、中国種の輪斑病抵抗性の表現型を明らかにし、その結果をもとに変種間および変種内の系統群間の比較を行った。

a 材料および方法

チャ遺伝資源 2,480 系統について、1 系統当たり 6～8 枚の成葉にそれぞれ 2 カ所 *P.longiseta* の分生子を接種し、14～16 日目に病斑の大きさから抵抗性の程度を判定した。病斑の直径が 5 mm 以下の場合を高度抵抗性、6～9 mm の場合を中度抵抗性、10mm 以上の場合を罹病性としたが、病斑の現れ方、色、形等も参考にして判断した。

b 結果

チャ遺伝資源 2,480 系統（アッサム種；723 系統、中国種；1,757 系統）の輪斑

病抵抗性を表 28 に示した。

アッサム種では 98.9 % に当たる 715 系統が高度抵抗性を示し、1.1 % (8 系統) が中度抵抗性であり、罹病性系統は認められなかった。

中国種では 76.4 % に当たる 1,342 系統が高度抵抗性を示し、中度抵抗性は 217 系統 (12.4 %)、罹病性は 198 系統 (11.3 %) であった。しかしながら、中度抵抗性あるいは罹病性を示したのはほとんどが日本在来種であり、これを除くと中国種の輪斑病抵抗性は 98.1 % が高度抵抗性、中度抵抗性が 1.2 % (7 系統)、罹病性が 0.7 % (4 系統) でアッサム種と全く同様の傾向を示した (図 16)。

日本在来種およびヤマチャでは、高度抵抗性が 65.7 %、中度抵抗性が 17.8 %、罹病性が 16.5 % で高度抵抗性が過半数を占めたが、アッサム種、海外導入中国種と比べて中度抵抗性と罹病性の割合が高く、大きな違いが認められた。

日本在来種およびヤマチャの輪斑病抵抗性の程度を表 29 に示した。

府県別にみると宮崎県の在来種・ヤマチャは高度抵抗性の割合が低く、41.9 % であった。これは高度抵抗性割合の高い滋賀県 (81.4 %) の半分以下であった。また、同一県内の在来種とヤマチャの比較では、いずれもヤマチャの方がやや高度抵抗性割合が高かった。

地域別にみた輪斑病抵抗性の各階級値ごとの出現率を図 17 に示した。

九州地方では中度抵抗性と罹病性の出現率がやや高く、それぞれ 23.2 %、24.6 % であった。九州地方の場合でも宮崎県を除くと中度抵抗性は 19.9 %、罹病性は 17.6 % となり他の地域とほぼ同程度の出現率となった。

c 考 察

P.longiseta は *Rubus caestus* L. (オホナハシロイチゴ) の葉から最初に分離され、わが国ではチャの他にカキ、イヌマキ、オウトウ、ナシ、ビワなど 11 科、19 種に寄生することが明らかにされている (日野 1962; 堀川 1987a)。チャへの寄生では、*P.theae* に比べて品種間差が大きく、病原性が強いことが報告されている (浜屋・堀川 1982; 安藤ら 1985a; 池田ら 1986; 堀川 1987d)。 *P.longiseta* に対する抵抗

表 28 チャ遺伝資源の輪斑病抵抗性

収 集 群	原産国	系統数	R	M	S
【アッサム種】 (<i>var. assamica</i>)					
Ai	インド	35	35		
Ak	インド	231	231		
IND	インド	70	69	1	
PKS	バングラディシュ	205	202	3	
SRL	スリランカ	50	46	4	
Boh	マレーシア	14	14		
BUM	ミャンマー	7	7		
Shan	ベトナム	16	16		
Aj	インドネシア	6	6		
台湾ヤマチャ	台湾	92	92		

合 計		723	715	8	0
【中国種】 (<i>var. sinensis</i>)					
Ch	中国	18	18		
Cp	中国	30	29	1	
Cm	中国	39	39		
Cn	中国	104	102	1	1
Ck	中国	73	70	2	1
Cy	中国	8	8		
Ca	中国	7	7		
Cd	インド	225	223	2	
Ct	台湾	24	24		
Kor	韓国	51	48	1	2
日本在来種	日本	1178	774	210	194

合 計		1757	1342	217	198

注：R（高度抵抗性），M（中度抵抗性），S（罹病性）。
日本在来種にはヤマチャを含む。

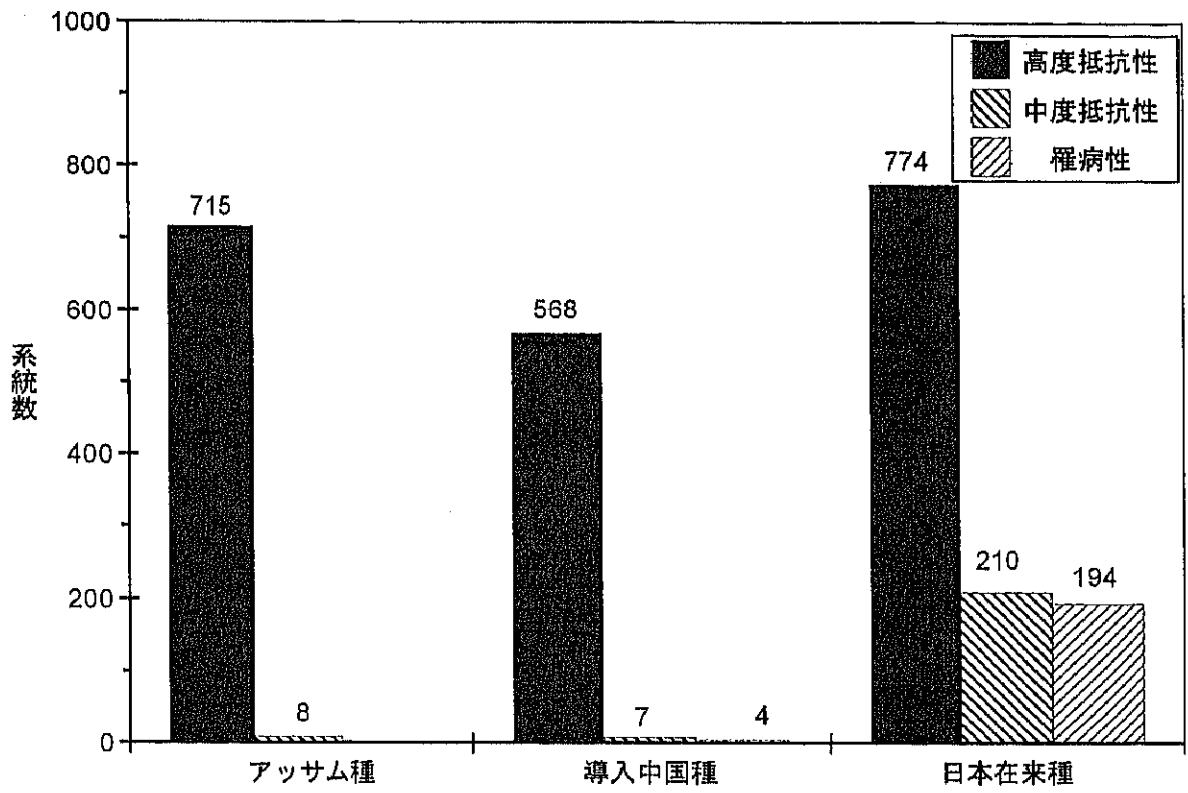


図 16 チャ遺伝資源の輪斑病に対する表現型
数字は系統数を表す。

表 29 日本在来種，ヤマチャの輪斑病抵抗性

県名	収集茶園数	系統数	R	M	S
秋田	1	2	2		
新潟	2	15	15		
福井	3	15	9	6	
茨城	4	25	16	5	4
埼玉	6	26	22	2	2
静岡	5	8	7	1	
三重	6	50	32	11	7
奈良	6	64	39	16	9
滋賀	5	59	48	5	6
京都	12	288	214	43	31
兵庫	4	8	4	4	
広島	1	4	3		1
島根	2	5	4		1
岡山	1	2	2		
愛媛	3	25	19	1	5
高知	7	46	32	7	7
高知ヤマチャ	5	28	22	4	2
徳島	3	53	36	4	13
福岡	5	60	42	8	10
福岡ヤマチャ	8	24	19	4	1
佐賀	6	31	14	7	10
長崎	2	22	9	4	6
長崎ヤマチャ	1	7	5	1	2
大分ヤマチャ	8	15	13	2	
熊本	1	7	2	2	3
熊本ヤマチャ	6	13	11	2	
宮崎	15	194	71	53	68
宮崎ヤマチャ	3	21	19	4	
鹿児島	9	61	41	14	6
合計	141	1178	774	210	194

注：R（高度抵抗性），M（中度抵抗性），S（罹病性）。

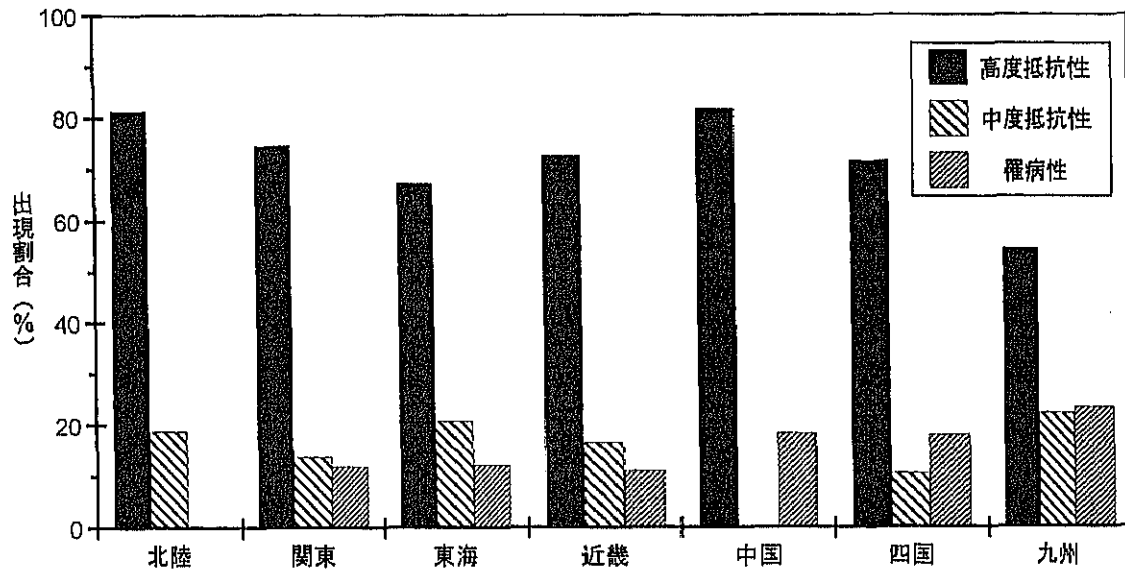


図 17 地域別にみた日本在来種およびヤマチャの輪斑病抵抗性に対する表現型

北陸 (秋田, 新潟, 福井), 関東 (埼玉, 茨城), 東海 (静岡, 三重)
 近畿 (奈良, 滋賀, 京都, 兵庫), 中国 (広島, 島根, 岡山), 四国
 (愛媛, 高知, 徳島), 九州 (福岡, 佐賀, 長崎, 大分, 熊本, 宮崎,
 鹿児島)

性の評価から、日本在来種の中に中度抵抗性系統と罹病性系統がそれぞれ 17.8 %、16.5 %含まれていた。これに対し、アッサム種や海外から導入された中国種はほとんどが高度抵抗性を示し、罹病性は皆無に近いことから日本在来種・ヤマチャとは際だった違いが認められた。表現型から見た場合、98 %以上が高度抵抗性を示すアッサム種と導入中国種の間には変種間での差異は認められなかった。*P.longiseta* によるチャ輪斑病は日本以外では報告がなく日本特有の病害である（江塚・安藤 1994）。日本の在来種・ヤマチャを地域ごとに見た場合、どの地域でも 11 ~ 20 %の割合で中度抵抗性系統および罹病性系統が認められたが、これは *P.longiseta* による病害が比較的最近まで重要病害ではなく、このためにこれによる特別な淘汰圧が働かなかったことから Hardy の平衡（松尾 1967）が働いたことも考えられる。

日本在来種とヤマチャを比較すると、ヤマチャの方が高度抵抗性の割合が高く、特に罹病性系統が少ない傾向が認められた。地域別に見ると、九州の宮崎県、佐賀県では高度抵抗性系統の比率が 50 %を下回っていた。宮崎県では在来種・ヤマチャの 215 系統中 57 系統（26.5 %）が中度抵抗性、68 系統（31.6 %）が罹病性を示し、わが国在来種の平均の 1.5 倍以上の高い比率を示した。宮崎県の場合、ほぼ全県下の 18 カ所から収集しており、特定の茶園から収集したことによる偏りとは考えにくい。このため比較的狭い地域で見るとこのような地域による頻度分布の偏りも認められた。

わが国の煎茶用農林登録品種は 2000 年 8 月現在 33 品種あるが、このうち高度抵抗性品種が 16 品種、中度抵抗性品種が 2 品種、罹病性品種が 15 品種あり、罹病性品種の割合が高い。特に、‘やぶきた’、‘あさつゆ’、‘さえみどり’、‘おくゆたか’など主要品種に罹病性が多く、わが国の全茶園面積の 80 %近くが罹病性品種で占められている。このため優良な輪斑病抵抗性品種育成の意義は大きい。

品種・系統の炭疽病抵抗性と輪斑病抵抗性をみると、アッサム種は炭疽病、輪斑病ともにほとんどの系統が抵抗性を示した。中国種でも中国導入種あるいはインドのダージリン系統群（Cd）は輪斑病、炭疽病ともに抵抗性のものが多かつ

た。しかしながら、両病害に対して変異の大きい日本在来種およびヤマチャでは、両病害間の抵抗性に関して相関は全く認められず、両病害抵抗性は互いに独立であった（築瀬ら 1984）。これは高品質で輪斑病、炭疽病複合抵抗性品種を育成することが可能であることを示しており、その育種素材としてアッサム種だけでなく海外から導入した中国種も有望であることが明らかになった。

第 2 章の要約

わが国のチャ遺伝資源について生理生態的特性として耐凍性、炭疽病抵抗性および輪斑病抵抗性を取り上げ、特性評価を行って遺伝資源が持つ変異の大きさを明らかにし、チャの種内分類への指標と育種への有用性について検討した。

わが国チャ遺伝資源の耐凍性を「植物遺伝資源特性調査マニュアル（5）」に従って評価し、階級値 2（極弱）から 8（極強）の 7 段階で分類した。アッサム種は階級値 3～4（弱～やや弱）、中国種は階級値 6～7（やや強～強）に最も多く分布し、耐凍性は二変種間で 2～3 ポイントの大きな差が認められた。

チャの炭疽病抵抗性の遺伝力はかなり高く、広義の遺伝力は 0.73～0.86 と推定された。チャ遺伝資源の炭疽病抵抗性は、アッサム種、導入中国種ではほとんどが抵抗性を示したが、中国湖北省の材料（Ch 系統）と韓国の材料の一部に中程度の抵抗性のものが含まれていた。これに対して、日本の在来種は抵抗性の階級値で 7（強）が 53.4 %、抵抗性 6（やや強）が 18.2 %、抵抗性 5（中）が 17.0 %、抵抗性 4（やや弱）が 6.0 %、抵抗性 3（弱）が 5.5 % を占め極めて変異が大きかった。日本在来種の抵抗性を収集地域別にみると、京都府などの近畿地方の材料の変異が大きく、この地域では抵抗性 5（中）の比率が最も高かった。これに対して、南九州（鹿児島県、宮崎県）の材料は抵抗性 7（強）の比率が高く、約 85 % を占めた。これは南九州はチャの生育期間が長く、また、気温が高く雨が多いことから炭疽病の発生に好適な環境にあるため、在来種の長い栽培の過程で炭疽病に弱いものが淘汰された可能性が考えられた。

近年チャに大きな被害を与えるようになった *P.longiseta* によるチャ輪斑病は、

品種間差異が大きく、従来の *P.theae* に比べて病原性が強いことから抵抗性品種育成の必要性が大きくなった。そこで、抵抗性育種における選抜の効率化を図るため輪斑病菌分生子による人為接種検定法について詳細な検討を行った。

接種源となる分生子の濃度は 10^6 個 / ml 程度でよく発病し、高度抵抗性、中度抵抗性、罹病性の品種間差異を検定できた。人為接種検定を行う時期は平均気温が 25°C 以上が適期であり、南九州では梅雨明け後の 7 月から 8 月がよく、それ以前では低温と梅雨時の降雨の影響、9 月以降は気温の低下が大きな阻害要因となった。人為接種後の降雨が発病に及ぼす直接的な影響は大体接種後 5 時間程度までであった。接種後の病斑の大きさによる抵抗性の判定は、接種後 14 ~ 17 日が適当であった。また、病斑の大きさによる抵抗性の判定は、高度抵抗性では付傷時の傷も含めて 5 mm 以下、中度抵抗性は 6 ~ 9 mm、罹病性は 10mm 以上であったが、ほ場では毎回多少条件が異なることから常に対照品種と比較しながら検定を行うことにより正確な判定が可能となった。

チャ遺伝資源の *P.longiseta* による輪斑病抵抗性は、アッサム種では 98 % 以上が高度抵抗性を示した。中国種では、中国およびインドから導入した材料はアッサム種と同様に 98 % が高度抵抗性を示したが、日本在来種、ヤマチャでは中度抵抗性が 18 %、罹病性が 16 % 認められるなどアッサム種、導入中国種に比べて著しく変異が大きかった。また、輪斑病抵抗性のこの比率は、わが国の茶栽培地域間で大きな違いが認められなかったことは、輪斑病は炭疽病と異なり新しい病害であることを証明しており、そのために在来茶園に対して大きな淘汰圧として作用しなかった結果と考えられた。