

アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究

III. 抵抗性の遺伝様式と その導入効果

千葉 一美* 成河 智明** 村田 吉平***
足立 大山****

アズキ落葉病抵抗性の強い品種と弱い品種を交配した3組合せのF₁, F₂をアズキ落葉病菌生息ほ場に栽培し、主茎第1節位の褐変指数を調査して抵抗性の遺伝様式の解明を行った。その結果、抵抗性強は弱に対して優性を示し、いずれの組合せも関与している遺伝子数は1対であると推定された。また抵抗性の弱い北海道の優良品種に抵抗性の強い極晩生品種を組合せて育成した早、中生系統を、アズキ落葉病の発生、被害の大きかった1980年及び1981年にアズキ落葉病菌生息ほ場に栽培し、抵抗性の導入効果を調査した。抵抗性育成系統は両年とも減収率が小さく、抵抗性の導入効果は十分、期待できるものと思われた。

緒 言

アズキ落葉病 (*Cephalosporium gregatum* Allington et Chamberlain) は北海道有害動植物発生予察年報¹⁾によれば被害面積は平年で栽培面積の10%を占め、発生した場合の被害程度は大きく、北海道のアズキ栽培上最も重要な病害となっている。

この病気は土壤中に生息する菌によって発生²⁾し、種子に付着して伝染する可能性があり³⁾、根部から侵入し、茎内部を通して伸展し、萎凋、落葉等の外見的症状が現われるのは茎内部の病状がかなり進んでからであり、防除の困難な病気である。

本病の防除対策として道立十勝農試病虫予察科、道立中央農試病虫部⁴⁾では、夏期における湛水、イネ科作物等を取り入れた輪作栽培、ダゾメ

ット剤の土壤混和等が有効である、としているが、その実施にあたっては幾つかの制約があり、また、播種された後での防除法は現在ではないため育種的対応が望まれていた。

抵抗性品種の育成を目指して、これまで、この病気の被害について品種間差のあること²⁾、その品種間差は茎内部における病勢の伸展速度の差によっていること³⁾等を明らかにしてきた。しかし抵抗性の強い品種は北海道では成熟期に達しない極晩生品種であること、被害程度は早生品種が大きく晩生品種は軽い傾向があり、極晩生品種にみられる抵抗性の中に age の持つ生理的な抵抗性が混入している可能性があること²⁾、病勢拡大を遅らせるという形の抵抗性が実用的価値を持ち得るのか等の問題が残されていた。

筆者らは被害に品種間差が見い出された1976年以來、これを積極的に交配組合せに取り入れ、選抜を行い、抵抗性の強い系統の育成に努めた。本報ではそれらを使い抵抗性の実用的価値を検討し、また抵抗性の遺伝様式について検討したので報告する。

I. 抵抗性の遺伝

1. 試験方法

(1) 供試材料 北海道で栽培できる早、中生品

1985年12月3日受理

* 北海道立十勝農業試験場, (現 北海道立根釧農業試験場, 086-11標津郡中標津町)

** 北海道立十勝農業試験場, (現 農林水産省野菜茶業試験場, 514-23三重県安芸郡安濃町)

*** 北海道立十勝農業試験場, 082河西郡芽室町

**** 北海道立十勝農業試験場, (現 北海道立中央農業試験場, 069-13夕張郡長沼町)

種の育成を目的として交配した以下の3組合せ及びその交配親を供試した。

① 抵抗性の弱い早生品種「小豆早生系-4」に抵抗性の強い岡山県産の極晩生品種「黒小豆(岡山)」を交配して得られた雑種第2代(以降「7805」と略称)87個体。

② 抵抗性の弱い中生の北海道奨励品種「寿小豆」に抵抗性の強い韓国産の極晩生品種「赤豆」を交配して得られた雑種第2代(以降「8016」と略称)100個体。

③ 「寿小豆」に「黒小豆(岡山)」を交配(以降「8017」と略称)して得られた雑種第1代50個体, 雑種第2代100個体。

④ 組合せ親品種82~120個体。(抵抗性の強弱については第1報²⁾参照)

(2) 供試ほ場 1977年からアズキを栽培(3年に2度)して造成したアズキ落葉病菌生息ほ場。ダイズシストセンチウ防除のため耕起前にEDBを60l/10a施用。

(3) 供試材料の栽培方法 5月29日(1980年)及び5月30日(1981年)に前記ほ場に播種。畦幅60cm株間10cm1本立。1区3.6~4.8m², 乱塊法2反復に配置。その他栽培管理は十勝農試の小豆標準栽培法による。

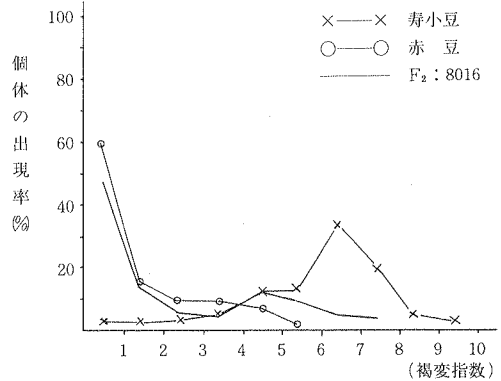
(4) 抵抗性の判定方法 1980年は「7805」のみを供試し, 前処理及び判定に時間を要するため9月1~2日, 同8~9日の2回に分けて調査を行い, 1981年は「8016」及び「8017」を供試し, 8月31日~9月1日, 同8~9日に調査を行った。判定方法は前報と同様, 主茎を第1節直下部で輪切りにし, 解剖顕微鏡(30倍)で検鏡し, 褐変部の切断面に占める割合により, 以下の褐変指数を設定して調査を行った。

0: 褐変の全くみられないもの。

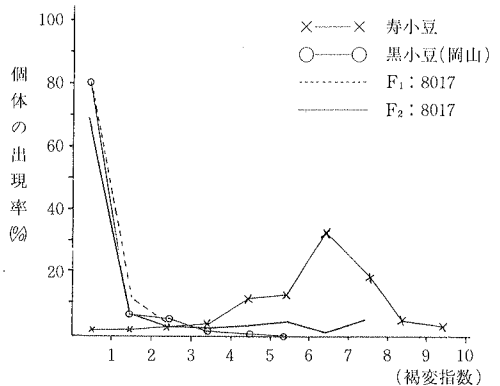
1: 褐点が一層の輪を形成するか褐変部が切断面の10%程度のもの。

5: 褐変部が切断面の50%程度のもの。

10: 緑あるいは白い部分の全くみられないもの。



第1図 主茎第1節位における褐変指数の分布 (8016:「寿小豆」×「赤豆」)



第2図 主茎第1節位における褐変指数の分布 (8017:「寿小豆」×「黒小豆(岡山)」)

第1表-1 抵抗性強, 弱品種とその雑種の褐変指数の分布と解析

品種・組合せ 又は項目	褐 変 指 数*										調査 個体 数	平均 値	標準 偏差
	0~1	~2	~3	~4	~5	~6	~7	~8	~9	~10			
小豆早生系-4					9	16	46	10		1	82	6.6	0.9
黒小豆(岡山)	95	1	1								97	0.2	0.4
7805 · F ₂	64	5	1	2	2	3	6	3	1		87	1.6	2.5
分 類	69					18							
理 論 比	3					1							
χ^2 , P	$\chi^2=0.82$					$P>0.30$							

*1980年9月1~2日及び8~9日, 主茎第1節位の調査

第1表-2 抵抗性強、弱品種とその雑種の褐変指数の分布と解析

品種・組合せ 又は項目	褐 変 指 数*										調査 個体 数	平均 値	標準 偏差
	0~1	~2	~3	~4	~5	~6	~7	~8	~9	~10			
寿小豆	3	3	4	6	14	16	40	25	6	3	120	6.3	1.9
赤豆	59	15	9	9	7	1					100	1.5	1.6
8016・F ₂	47	13	6	4	12	9	5	4			100	2.4	2.5
分類	70					30							
理論比	3					1							
χ^2 , P	$\chi^2=1.33$					$P>0.20$							

* 1981年8月31~9月1日及び9月8~9日、主茎第1節位の調査

第1表-3 抵抗性強、弱品種とその雑種の褐変指数の分布と解析

品種・組合せ 又は項目	褐 変 指 数*										調査 個体 数	平均 値	標準 偏差
	0~1	~2	~3	~4	~5	~6	~7	~8	~9	~10			
寿小豆	3	3	4	6	14	16	40	25	6	3	120	6.3	1.9
黒小豆(岡山)	82	8	6	2	1	1					100	0.8	1.1
8017・F ₁	41	7	2								50	0.6	0.8
8017・F ₂	70	8	3	3	4	5	1	6			100	1.6	2.4
分類	81					19							
理論比	3					1							
χ^2 , P	$\chi^2=1.92$					$P>0.10$							

* 1981年8月31~9月1日及び9月8~9日、主茎第1節位の調査

2. 調査結果

供試した3組合せのうち、2組合せのF₂（「8017」はF₁を含む）及び両親の褐変指数の分布を第1図、第2図に示した。

「7805」及びその両親も上図と同様の分布を示し、雑種第2代はいずれの組合せも両親の間に幅広い分布を示した。

第1表に抵抗性の強い品種を交配した3組の雑種の初期世代とその両親の褐変指数の分布及びその特性値を示した。

雑種第2代はいずれも抵抗性の強い交配親の褐変指数の分布範囲内に多くの個体が分布し、また抵抗性の弱い交配親の分布範囲内にも若干のピークを持って分布している。

褐変指数は連続的な変動を示すものであり、植物体の令による変動も予想されるが、抵抗性が相加的であると仮定し、両親の褐変指数の平均値及び標準偏差を考慮してF₂の分布を分類すれば、いずれの組合せも3:1に近い数値を示し、1対の遺伝子が関与しているものと推定された。また、「8017」のF₁の分布も褐変指数が小さい所に集中

しており、抵抗性強は弱に対して優性であることを裏付けているものと思われる。

II. 抵抗性の導入効果

1. 試験方法

(1) 供試材料 抵抗性の弱い早生の北海道奨励品種「ハヤテショウズ」に抵抗性の強い韓国産の極晩生品種「赤豆」を交配し、選抜を行って育成した抵抗性強系統（「7612R」）4系統及び抵抗性弱系統（「7612S」, 1980年のみ供試）3系統。抵抗性の弱い早生の北海道奨励品種「茶殻早生」に韓国産の極晩生品種から系統分離した抵抗性の強い系統「小豆64-1」を交配し、育成した抵抗性の強い系統（「7614R」, 1981年のみ供試）4系統。比較品種2品種を供試した。

(2) 供試ほ場 アズキ落葉病菌生息ほ場（前出「抵抗性の遺伝」参照、以降「病土」と略称）及び長期輪作ほ場（8年輪作、以降「健全土」と略称）。

(3) 試験区の配置 両ほ場とも1区2.4m², 病土2反復, 健全土2~3反復。

(4) 調査年 1980年及び1981年。

(5) 栽培管理 病土はダイズシストセンチウ防除のため耕起前に EDB を60l/10a 施用。他は十勝農試の小豆標準栽培法によった。播種日は健全土は両年とも5月27日、病土は5月29日(1980年)及び30日(1981年)。

2. 試験結果

供試された系統は抵抗性弱系統として選抜供試された3系統以外は実用品種の育成を目的として育成されてきたため成熟期、種皮色、草姿、生産力等、抵抗性以外の主要な形質について強い選抜が加えられて育成されてきたものである。

第2～第3表に抵抗性の導入効果とその安定性を示すために1980年と1981年の調査結果を示し

た。

1980年は7、8月の低温を特徴とする低温年であり1981年は6月の低温が著しい低温年であり、ともにアズキの収量は低く、落葉病の多発した抵抗性の検定には良好な条件の年であった。

発病率は9月中旬に調査したものであるが北海道で一般的に栽培されている比較品種、「ハヤテシヨウズ」、「エリモシヨウズ」等は両年ともほぼ100%の個体に病徴がみられ、萎凋枯死するものが多く、雑種第4代で抵抗性弱系統として選抜した「7612S」系統も発病率は100%であった。一方、抵抗性の強い系統の育成をめざして選抜を行った「7612R」及び「7614R」系統の発病率は低く、「7612R」系統については供試した両年ともにほぼ同程

第2表 抵抗性遺伝子の導入効果 (1980年)

系統又は 品種名	組合せ内容		世代	開花 始 (月日)	熟莢 歩合 (%)	発病 率 (%)	草丈 (cm)	子実収量 (kg/10a)		子実重比 病/健 (%)
	母	父						病土	健全土	
7612 R1	ハヤテシヨウズ	赤豆	F ₅	7.27	41	8	49	134	239	56
" R2	"	"	"	"	55	23	47	136	229	59
" R3	"	"	"	"	46	5	51	132	234	56
" R4	"	"	"	"	32	3	58	162	224	72
" S1	"	"	"	7.25	77	100	39	17	136	13
" S2	"	"	"	.27	38	100	46	16	200	8
" S3	"	"	"	.25	76	100	37	9	170	5
ハヤテシヨウズ	比較品種 (早生)		—	.26	47	98	42	34	182	19
栄小豆	" (中生)		—	.27	28	100	64	36	322	11

注) 熟莢歩合は9月25日、発病率は9月11日外見的症狀により判定。

第3表 抵抗性遺伝子の導入効果 (1981年)

系統又は 品種名	組合せ内容		世代	開花 始 (月日)	熟莢 歩合 (%)	発病 率 (%)	草丈 (cm)	子実収量 (kg/10a)		子実重比 病/健 (%)
	母	父						病土	健全土	
7612 R1	ハヤテシヨウズ	赤豆	F ₆	8.2	89	16	37	217	249	87
" R2	"	"	"	.2	100	21	33	181	220	82
" R3	"	"	"	.3	100	13	31	131	216	62
" R4	"	"	"	.2	94	0	42	193	260	74
7614 R1	茶穀早生	小豆64-1	F ₇	.1	88	6	38	247	271	91
" R2	"	"	"	.2	87	28	25	111	202	55
" R3	"	"	"	.2	92	0	36	209	184	114
" R4	"	"	"	.2	74	13	37	179	161	111
ハヤテシヨウズ	比較品種 (早生)		—	.1	枯死	100	33	57	284	20
エリモシヨウズ	" (中生)		—	.2	"	100	33	76	237	32

注) 熟莢歩合は10月3日、発病率は9月14日、外見的症狀により判定。

度の発病率にとどまり、安定性の高いことを示した。

本病によるアズキの被害解析は第1報にて報告したが、その結果と同様、罹病しても草丈等に対する影響は小さく、着莢数と千粒重低下の相乗結果として子実収量の低下が最も大きかった。

病土における抵抗性強系統の子実収量は被害の激しかった1980年の場合132~162kg/10aを示し、抵抗性弱系統の9~17kg/10aに対し、8~18倍の多収を示した。また早生の多収品種「ハヤテショウズ」(34kg/10a)に比べ3~4倍の子実収量であった。1981年は前年に比べて被害程度はやや軽かったが抵抗性強系統は比較品種の2~4倍の多収を示した。

考 察

抵抗性の弱い早、中生品種に抵抗性の強い極晩生品種を交配した3組合せの雑種を使い、1980年と1981年の2ヵ年、主茎第1節位に現われる褐変指数の分布からアズキ落葉病抵抗性の遺伝様式と、関与している遺伝子数の推定を行った。また、抵抗性の強い品種を組合せて育成した雑種の後代を使い、その有効性について検討を行った。

アズキ落葉病に対する抵抗性は感染を阻止するような強力なものではなく、病勢の伸展速度を相対的に遅らせるような、量的な形でとらえられたこと、抵抗性の強い品種を組合せた雑種の初期世代は総重比(病土における総重÷健全土総重)が連続的な分布を示したこと、などからアズキ落葉病に対する抵抗性は多くの要因が関与するほ場抵抗性のように思われた。

しかし、本調査の結果では主茎第1節位にみられる褐変指数は連続的な分布を示したが、抵抗性強と弱は分離しているものと思われ、抵抗性強は弱に対して優性であり、1対の遺伝子が関与しているものと推定された。

3組の雑種第2代のうち「寿小豆」と「赤豆」を交配した組合せは褐変指数の分布幅は広く、2対の遺伝子による変動を仮定した場合の適合性も若干あったが、同じ「寿小豆」を「黒小豆(岡山)」に交配して得られた雑種は2因子変動として解析した場合の適合度は極めて低く、他の交配組合せ同様、1対の遺伝子を仮定した場合の適合度が高かった。

抵抗性強弱の分離は選抜過程においても観察されており、抵抗性弱系統は雑種第3代の系統選抜時にすでに固定しており(「7612S」)、抵抗性強系統の後代から抵抗性の弱い系統が容易に分離することが観察されている。

抵抗性の強い品種である「赤豆」と「黒小豆(岡山)」を比較すれば、後者は前者に比べて褐変指数の平均値も標準偏差も小さかった。また「寿小豆」を交配した2組合せについて比較すれば「黒小豆(岡山)」を組合せた雑種は「赤豆」を組合せたものよりも褐変指数は小さく、より高度の抵抗性を持っているものと思われた。

アズキ落葉病と菌の形態的特性が同じで、寄生性を異にする⁷⁾ダイズのbrown stem rotについて、アメリカ等で多くの研究報告があるが、未だ免疫的な強力な抵抗性品種は見つかっていない。また菌のレースについて分化が起っているという報告もない。

しかし、D.W.Chamberlain and R.L.Bernard⁴⁾は病土における発病率が低く、茎内部の褐変が相対的に低い系統の検出に成功している。それを使い抵抗性の遺伝解析も試みているが雑種第2代は抵抗性の弱いものが多かった。さらに抵抗性親を戻し交配して得られた雑種第1代、第2代についても調査を行っているが、抵抗性親を組合せると抵抗性個体の割合が増加する、ということ以外のことは不明であったと報告している。

Tachibana et al⁸⁾はChamberlainらが見い出した抵抗性系統を使いback crossによって抵抗性品種の育成に成功している。

アズキ落葉病の抵抗性品種育成について、著者らは1975年以来、品種間の被害程度の差を見い出すことから出発し、抵抗性の強い品種育成の可能性を検討してきたが、検出された抵抗性はダイズのそれよりも弱いものと感ぜられ、その実用的価値に疑問があった。

1976年に交配を行い育成した系統を供試し、低温年でアズキ落葉病の発生、被害の多かった1980年及び1981年に抵抗性導入の効果について検討を行った。

選抜育成された抵抗性の強い系統は病土において減収したがその程度は比較的軽く、抵抗性の弱い選抜系統の10倍を超える子実収量が得られたものもあった。供試系統は試行の段階のものであり、

収量水準等が未だ不十分であるが病土において奨励品種「ハヤテショウズ」、「エリモショウズ」の2～4倍の子実収量が得られた。

病土は連作に近い形でアズキが長期間栽培され、アズキ落葉病菌は高密度に生息し、防除は行っているがダイズシストセンチウの被害も若干みられ、農家の一般ほ場に比べて生育条件は劣っているものと思われる。このような条件の下において抵抗性育成系統は子実収量が160kg/10a以上を示すものもあり、この抵抗性は実用的な価値を持ち得るものと考えられた。

謝辞 本試験遂行に当たり有益な示唆をいただいた前十勝農試病虫予察科長赤井純博士、同土屋貞夫氏、十勝農試病虫予察科青田盾彦氏、本文の御校閲をいただいた前根釧農業試験場長田辺安一氏に衷心より謝意を表する。

引用文献

- 1) 青田盾彦, “北海道畑作物の土壤病害”. 北海道畑作物の土壤病害刊行会, 1983, p.214.
- 2) 千葉一美, “アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究, I. 抵抗性の品種間差異”. 北海道立農試集報, **48**, 56-63 (1982).
- 3) 千葉一美, 同上, II. 品種間差の成立経過”. 北海道立農試集報, **52**, 79-84 (1985).
- 4) Donald W. Chamberlain and R.L. Bernard. “Resistance to Brown stem rot in soybeans”. *Crop sci.* **8**, 728-729 (1968).
- 5) 北海道農務部編, 北海道立中央農業試験場. “昭和58年度農作物有害動物植物発生予察年報”. 1985, p. 88-90.
- 6) 北海道農務部編, “昭和59年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1984, p.211.
- 7) 成田武四, 赤井 純, 坪木和男, “アズキ落葉病とその病原菌”. *植物防疫.* **25**, 353-358 (1971).
- 8) Tachibana H., L.C. Card, J.B. Bahrenfus and W. R. Fehr. “Resistation of BSR 301 soybean”. *Crop sci.* **20**, 414-415 (1980).

Breeding for Resistance to Brown Stem Rot (BSR) in Adzuki Beans

III. The inheritance of resistance to BSR and effect of its introduction

Ichimi CHIBA*, Tomoaki NARIKAWA**, Kippeï MURATA***,
and Taizan ADACHI****

Summary

F₁ and F₂ hybrids by three combinations in which the variety of high resistance to brown stem rot (BSR) and the variety of low resistance were crossed were cultured in the field where the pathogenic fungi of BSR (*Cephalosporium gregatum* Allington et Chamberlain) were living, the degree of browning at the bottom node of main stem was researched, and the elucidation to inheritance mode of resistance was performed.

In the result, the high resistance showed to be dominant against the low resistance, and it was estimated that the major genes participating in all combinations make a pair. And, the early- and medium-maturing varieties which were bred by combination of commercial variety of low resistance in Hokkaido and the extreme late-maturing variety of high resistance were cultured in the field where BSR broke out and damaged greatly in 1980 and 1981 and its pathogenic fungi were living, the effect by introduction of resistance was researched. The percentage of yield decrease in the bred varieties of resistance was few in the infested field, and the yield of grain was obtained twice more than the varieties of low resistance showed, the effect by introduction of resistance was clear.

*Hokkaido Prefectural Kosen Agricultural Experiment Station, Nakashibetu, Hokkaido, 086-11, Japan

**National Research Institute of Vegetables, Ornamental crops, and Tea, Annou, Mie, 514-23, Japan

***Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082, Japan

****Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan