

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

千葉一美*

1975年から1981年にわたり、アズキ品種を落葉病激発ほ場（病土）および長期輪作ほ場（健全土）に栽植して抵抗性品種の検定方法を検討し、選抜をおこなった。また、被害程度の年次変動と気象要因の関係についても若干検討した。病土に栽培されたアズキは健全土のものに比べて主茎節数、1,000粒重の減少は比較的少なかったが、着莢数、総重の減少割合が大きく、粒大と着莢数の減少により、子実重の減少が最も大きかった。落葉病抵抗性品種を探索する方法として病土における子実重の減少程度によることが最善の方法と考えられるが、未成熟に終る極晩生種を含めて検討する場合、総重比（病土の総重÷健全土の総重）によることが次善の方法と考えられた。419のアズキ品種について検討した結果、罹病しない品種はみつからなかったが、総重比が常に高く、抵抗性強と判定されたものが7品種みい出された。

I 緒言

アズキ落葉病は成田⁵⁾によれば1904年頃からこれと症状の類似した病害について報告がみられ、以降、道内各地で局所的に多発していたとされている。当時、この病害はあまり重要な病害とはなっていなかったものと思われるが、1970年、十勝地方で激発し、多大な被害をもたらした¹⁾。

この病害の解明のために十勝農試病虫予察科が中心となり研究した結果、本病の病原は従来報告されていた *Fusarium* sp.ではなく、北アメリカ等でダイズの主要な病害として記録されている Brown stem rot をひきおこす *Cephalosporium gregatum* Allington et Chamberlain の寄生性を異にする菌であることが明らかにされた²⁾。本病害は1971年以降、十勝地方で激発するとともに他地方でも多発するようになった。

アズキ落葉病は土壌中に生息する菌によっておこされるため、長期輪作以外に経済的に有効な防除手段がなく、現在では本道のアズキ栽培にとって最も重要な病害となっている。

筆者は1975年より本病害に対する抵抗性品種の探索をおこなってきたが、育種上利用できると思われる品種間差異がみい出されたので報告する。

II 試験方法

本試験は1975年から1981年にわたり、北海道立十勝農業試験場（以降「十勝農試」と略称）でおこなわれた。供試材料および試験方法は次のとおりである。

供試材料：十勝農試豆類第二科保存品種および導入品種、計423品種系統。

供試ほ場：1975～1977年は1970年からアズキを連作して造成した十勝農試病虫予察科の病害試験ほを借用し、1978～1981年は1977年からアズキ落葉病激発ほ場のアズキ莖葉等をすき込んで造成したほ場（次降「病土」と略称）を供試した。また、

1982年7月21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）

8～9年輪作のアズキ品種改良ほ場に供試材料を栽植（以降「健全土」と略称）して対照した。

栽培概要:栽植密度は畦巾60cm 株間10cm (1975年のみ20cm 2本立)とし、10a 当り16,667本栽植した。1区面積は1975年の病土が2.7m²であった以外は1.2m²で、病土は2区制、健全土は1区制とした。5月上旬、センチウ防除のため病土にEDBを40～60 l /10a 施用し、その他の栽培管理は十勝農試の小豆標準栽培法によった。

抵抗性の検定方法:本病の病徴は茎葉の萎凋、枯死という形で表われるが、生育旺盛な極晩生種は病徴の発現がおそく、また軽微な傾向がみられ、病徴による抵抗性の検定は困難と思われたので、アズキの主要特性が病土において減少する割合（病土÷健全土×100）により抵抗性を検定しようとした。各特性値の測定は10月上旬、草本を地際から刈取り、葉柄および葉身を除去して風乾したのちにおこなった。

なお、試験期間中の気象は1976、1980、1981年は低温年、1978年は高温の年であった。他の年次

はおおむね平均的な気象経過であった。

III 試験結果

1. 抵抗性の探索方法

アズキ落葉病菌は土壤中に生息しており、アズキの根が伸長しはじめた6月頃から根に侵入する⁶⁾。侵入した菌は維管束を通じて徐々に上部に伸展し、8月中、下旬頃から侵入した個体を萎凋、枯死に至らしめる。外見的な症状はこの時点ではじめて確認されるものであり、抵抗性の有無をそれ以前に検出することは困難である。従って、抵抗性検出の指標となる形質を探索することから検討した。

1975年には来歴、特性の異なるアズキ品種および近縁植物64種を供試し、その主要特性が病土においていかなる影響を受けるかを健全土と比較して検討した。供試した品種のうち代表的なものについてとりまとめた結果を表1に示した。

なお、病土にはアズキの連作によりダイズシストセンチウの生息がみられ、他の病害の発生も予

表1-1) 病土および健全土におけるおもな品種の主要特性(1975) (個体あたり)

品種または 系統名	開花始 (健全土) 月日	成熟期 (健全土) 月日	草 丈			主 茎 節 数			着 莢 数		
			病 土 cm	健全土 cm	病/健 %	病 土 節	健全土 節	病/健 %	病 土 コ	健全土 コ	病/健 %
茶 殻 早 生	7.30	9.8	11.8	26.0	45	6.6	9.4	70	4.1	15.6	25
十 育 85 号	30	11	17.2	37.0	46	8.4	11.1	76	8.1	23.0	35
宝 小 豆	8.1	17	18.0	34.8	52	8.9	11.3	75	9.0	21.5	42
栄 小 豆	1	16	24.2	45.2	54	10.4	13.0	30	10.0	23.4	43
晩 大 納 言	1	19	16.9	44.6	38	8.9	13.0	68	7.0	20.4	34
アカネダイナゴン	2	17	16.9	30.0	56	8.9	11.0	81	7.6	21.7	35
早 生 大 納 言	14	28	22.8	58.0	39	11.3	14.6	77	5.7	15.9	36
岩 手 大 納 言	11	26	27.9	47.2	59	11.4	12.4	92	5.9	26.4	22
斑 小 粒 系 - 2	7.31	9	16.6	35.0	47	8.3	12.0	69	7.3	22.4	33
黄 金 大 納 言	8.1	19	30.7	107.6	29	7.3	11.6	63	4.7	20.9	22
山 田 小 豆	4	20	21.8	55.8	39	10.0	14.2	70	5.8	20.3	29
水 原 在 来	4	未	27.2	70.6	39	11.0	14.2	77	5.0	18.9	26
土 用 小 豆	13	9.27	22.2	53.8	41	11.2	13.8	81	3.4	15.6	22
小 豆 64 - 1	23	未									
丹 陽 紅 豆	17	＃									
安 内 黒 豆	26	＃									
赤 豆	25	＃									
竹 小 豆	13	＃									
ヤブツルアズキ	26	＃	} アズキ近縁植物								
張 家 口 緑 豆	13	9.20									
平 均			21.1	49.7	42	9.4	12.5	75	6.4	20.5	31

未:10月上旬刈取時、未成熟を示す。

表 1-(2) 病土および健全土におけるおもな品種の主要特性(1975) (個体あたり)

品種または 系統名	総 重			子 実 重			1,000 粒 重		
	病 土	健全土	病/健	病 土	健全土	病/健	病 土	健全土	病/健
	g	g	%	g	g	%	g	g	%
茶 穀 早 生	2.2	15.7	14	1.3	10.4	13	80	109	73
十 育 85 号	4.0	23.8	17	2.6	15.6	17	79	106	75
宝 小 豆	4.9	22.0	22	3.0	15.0	30	80	105	76
栄 小 豆	5.6	23.8	24	3.4	15.4	22	77	105	73
晩 大 納 言	4.3	19.7	22	2.6	12.2	21	110	152	72
アカネダイナゴン	4.1	13.0	32	2.6	8.3	31	106	147	72
早 生 大 納 言	2.7	22.2	12	1.2	12.4	10	74	132	56
岩 手 大 納 言	3.2	20.0	16	1.7	12.0	14	113	187	60
舞 小 粒 系 - 2	2.9	16.5	18	1.7	10.3	17	47	65	72
貫 金 大 納 言	2.1	21.8	10	0.9	13.8	7	90	163	55
山 田 小 豆	2.4	23.5	10	1.1	13.4	8	70	105	67
水 原 在 来	3.0	19.0	16	1.5	6.9	22	117	191	61
土 用 小 豆	2.4	20.0	12	0.9	9.7	9	93	157	59
小 豆 64 - 1	10.5	15.6	67	2.5	0.7	360	125	125	100
丹 陽 紅 豆	2.6	9.5	27	0.3	1.1	27	84	150	56
安 内 黒 豆	5.5	13.5	30	1.3	3.5	37	71	104	68
赤 豆	14.4	17.5	32	5.6	3.2	180	109	110	99
竹 小 豆	4.6	11.7	39	1.0	1.6	63	34	45	76
ヤブツルアズキ	4.8	10.3	47	0.6	0.5	120	21	16	130
農 家 口 緑 豆	3.7	6.5	57	1.6	2.1	76	38	35	110
平 均	4.5	17.5	26	1.9	8.4	23	81	115	70

想されたが、そこに生育したアズキの落葉病の症状は均一で、しかも激しく、検定ほ場として十分な条件を具えていた。

病土におけるアズキの生育は健全土のものに比べて主莖節数、1000粒重は75ないし70%を示し、減少割合は比較的少なかったが草丈は40%程度となり着莢数は31%、総重は26%で、莢数と1000粒重減少の相乗効果により、子実重の減少割合が最も大きかった。

一般に耐病性をとらえる場合、目的とする形質の減少割合から検討することが妥当と思われ、アズキ落葉病耐病性品種を探索するに際しても、その目的とする子実重でとらえることが最良の方法と考えられる。しかし、多数の品種を供試する場合、検定ほ場で着莢しない極晩生品種の耐病性を子実重では検定し得ない。そこで子実重に次いで減少割合が大きく、子実重との相関が高い総重を用いてアズキ落葉病抵抗性の検定をおこなうことが次善の策と考えられる。

以降、総重に着目し、抵抗性を論ずることとする。

2, 総重比の分布 (病土における減少程度) による抵抗性品種の探索

抵抗性品種の探索は1975年から1981年まで継続しておこなわれ、今後もおこなわれるものと思われるが、1975、1976の2ヵ年で十勝農試豆類第二科に保存されている品種のほとんど、323品種系統を供試した。1975年には種皮色 (赤系、白系、黒系、斑紋)、熟期 (早、中、晩、極晩)、粒大 (大、中、小)、葉形 (剣先、円葉)、種子の入手先 (北海道、都府県、韓国、ソビエト、中国等) などにより、それぞれ代表的なアズキ品種を選びライスピーーン、緑豆などアズキの近縁植物3種を加え、計64品種を病土および健全土に栽植して病状の観察をおこなった。その結果、概して成熟期のおそい品種の発病が遅れる次外に種皮色などの上記諸特性と関係があると思われる形質はみい出されなかった。十勝農試で成熟期に達しない極晩生品種の相対的な関係を推測することは困難であるが、1975年に供試して成熟した品種の中には開花始と成熟期の間には高い相関関係 ($r: 0.7087^{**}$) がみられたので、供試品種の早晩性を開花始で代用し

た。

1975年の供試品種の総重比（病土個体総重÷健全土個体総重×100）と開花始の関係を図1（64品種供試）に、1976年の開花始と総重比を図2（260

品種供試）に示した。

総重比は開花始の遅い品種ほど高くなる傾向がみられ、一部少数の品種をのぞいてほぼ直線的ともいえる分布を示している。これは総重比でとら

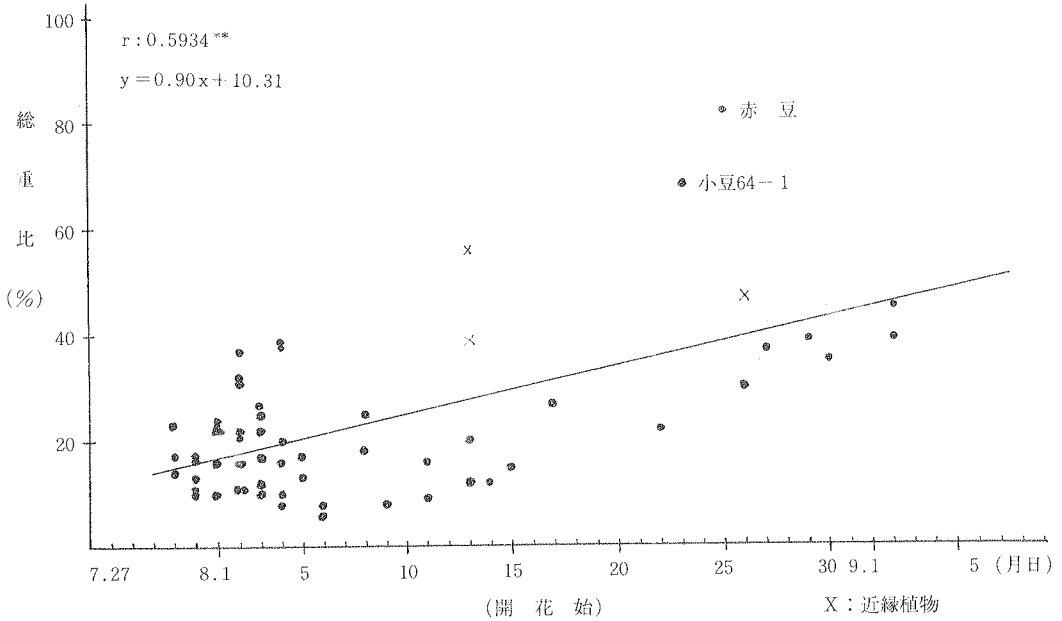


図1 開花始と総重比(病土/健全土) (1975)

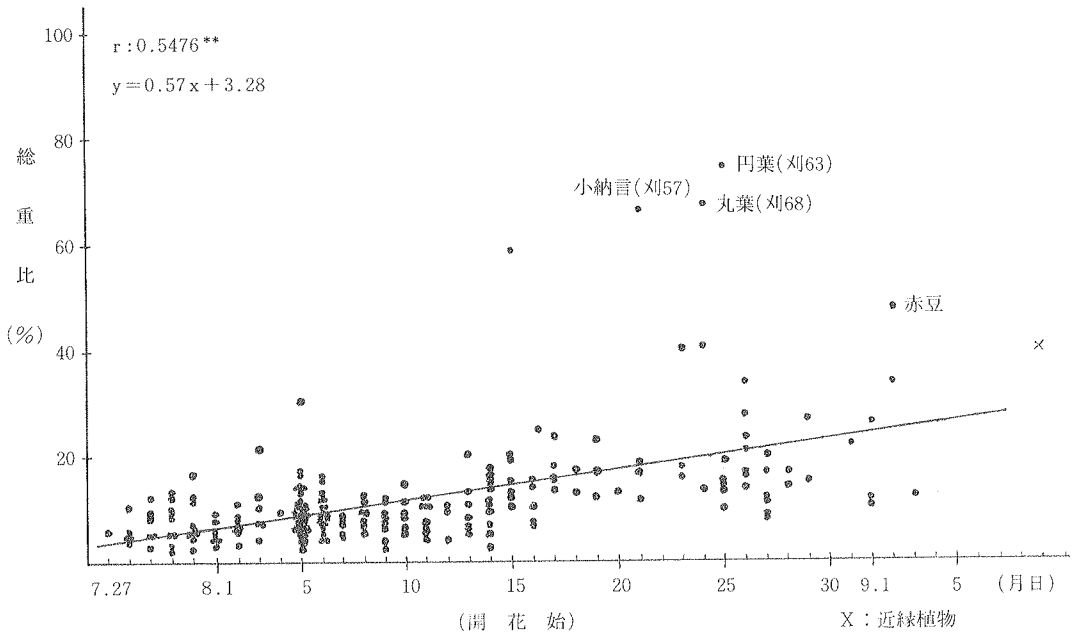


図2 開花始と総重比(病土/健全土) (1976)

えられる抵抗性の中に生理的な側面が介入してくる可能性を示しているともいえる。図1と図2を比較すれば1976年の総重比が1975年のものに比べて低く、回帰係数、回帰定数ともに小さくなっている。このことは1976年のアズキ落葉病の被害が前年に比べて激しかったことを示している。

図1および図2において、開花始の早い品種の総重比は分布の中が狭いが、北海道では成熟し得ないと思われる8月15日以降に開花する極晩生品種の中に総重比の高いものが少数ではあるが見い出された。それらの品種はさらに年次を重ねて調査した結果、再現性が確認されて抵抗性が高い品種であると認められた。

以上の結果にもとずき、総重比を指標として1975年から1981年まで合計419のアズキ品種を調

査した結果、「赤豆」、「黒小豆(岡山)」、「小豆64-1」、「円葉(刈63号)」、「丸葉(刈68号)」、「小長品-10」、「小納言(刈57号)」の7品種が抵抗性強と判定された。これらの抵抗性の高いと考えられる品種について10月上旬、主茎の基部を切断して維管束を調査した結果、いずれの品種にも軽微ではあったが褐変がみられた。

3. 総重比(抵抗性の表現形)の年次変動

1975年から1981年の7カ年にわたり、総重比を指標として抵抗性品種の探索をおこなったが、年次によって総重比は大きな変動を示した。1975、1976年は重複して供試された品種は少なかったが、1977年以降は抵抗性の強い品種と、北海道における一般的な品種(抵抗性の強いものは皆無)を毎年供試した。

表2 おもな品種の総重比(病土/健全土)の年次変動

(単位: %)

分 類	品 種 名	開花始 月日	年次							産 地
			1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
抵抗性弱	茶 殻 早 生	7.23	14		34	79	32	17		北海道
	ハヤテショウズ*	23	17		38	57	34	20	9	〃
	宝 小 豆	25	22		21	41	33	18	14	〃
	栄 小 豆	24	23		22	42	45	15		〃
	アカネダイナゴン	25	32		47	61	35	22		〃
	寿 小 豆	23				46	35	24	15	〃
	光 小 豆	27			31	48	33			〃
	安 内 黒 豆	8.24	39		34	38	57	11	16	韓 国
紋別26号(新潟)	21		11	36	31	32	4	13	宮 城	
抵抗性強	赤 豆	25	82	48	78	121	70	45	68	韓 国
	黒小豆(岡山)	—			102	130	100	64		岡 山
	円 葉 (刈63)	8.18		75	91	121	120	84	50	東 北
	丸 葉 (刈68)	17		67	80	134	95		100	〃
	小豆64-1	27	68		89	87	79		32	韓 国
小長品-10	—					145	48	64	長 野	

備考:開花始は1979年の調査結果、「—」は9月以降の開花始である

*:1975年は十育85号,1976年「ハヤテショウズ」と命名

これによれば1980、1981年の総重比は低く、また、1976年の総重比も他の年に比較して低かった。一方、1978年は抵抗性の弱い品種でも総重比が40%程度で、抵抗性の強い品種は病土における生育量が健全土におけるそれを上まわった。これは抵抗性の強い品種が病土において落葉病の被害が極めて少なく、たえずすき込んでいた病茎葉などが

病土における生育を良好にした結果によるものと考えられる。

総重比の年次変動をもたらし要因として、アズキ落葉病菌の分布密度、感染能力、侵入後の伸展速度、寄主植物体の生理的な条件などが考えられるが、気象要因との関係をみれば表3のとおりであった。

表3 総重比と気象要因の関係

(十勝農試, 5~9月)

項目	年次	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	相 関 係 数	
		抵抗性弱 (%)	—	31	48	37	18	13	抵抗性 弱	抵抗性 強
総重比	抵抗性弱	23	—	31	48	37	18	13	抵抗性 弱	抵抗性 強
	抵抗性強	—	63	85	118	99	56	63		
平均気温℃		18.5	16.8	17.6	19.3	17.1	16.0	16.6	0.7094	0.8997*
最高気温℃		23.2	22.0	22.3	24.9	22.8	21.1	21.3	0.8680*	0.9446**
最低気温℃		13.7	11.5	12.9	13.7	12.1	11.7	11.8	0.5696	0.8578*
降水量mm		684	276	381	443	303	374	755	0.5632	-0.1743
日照時間h		456	485	501	716	819	577	602	0.5576	0.6650

備考：供試品種は表2に同じ

抵抗性の強い品種の総重比は気象要因との相関が高く、抵抗性の弱い品種のそれは前者に比べてやや低かった。各気象要因のうちで、降水量、日照時間と総重比間の相関係数はあまり大きくはなかったが、気温との関係は高い傾向がみられ、最高気温とは、抵抗性の弱い品種群についても有意な相関関係が認められた。

さらに、各月の気温と総重比の関係について分析すれば表4のとおりであった。

表4 各月の温度要因と総重比の相関関係
(十勝農試, 1975~1981)

気 温	月	6月	7月	8月	9月
		相関係数	相関係数	相関係数	相関係数
平均気温	相関係数	0.3329*	0.4633	0.5664	-0.2427
	回帰係数	6.25	2.90	3.52	-1.14
最高気温	相関係数	0.7615	0.5514	0.6166	0.1170
	回帰係数	3.90	3.55	3.11	1.24
最低気温	相関係数	0.7545	0.4135	0.5160	0.3701
	回帰係数	9.42	3.44	4.69	-0.14

備考：供試品種は表3のうち抵抗性弱系統の資料に同じ

即ち、アズキが生育する6月から9月の気温のうち総重比との相関が高かったのは6月で、平均気温との間には有意性が認められた。他の月については8月がやや高い傾向がうかがわれたが、7月、9月については総重比と関係があるとはいえなかった。気温が総重比に及ぼす影響について、回帰係数をみれば、6月の最低気温の値が他に比べて最も大きかった。

これらのことから、低温年にはアズキ落葉病の被害が大きくなり、とくに6月の最低気温が大きな影響をおよぼしていることが推定された。

気温がアズキ落葉病の病勢におよぼす影響については、低温によるアズキの抵抗力の弱体化、菌

の感染力、伸展速度の増加等が考えられるが、それらは今後の検討によることになろう。

IV 考 察

アズキ落葉病に対する抵抗性品種の探索は、より強度の抵抗性を求めて今後とも継続されていくものと思われるが、本報告は1975年から1981年にわたる結果について総括した。

本病は土壌に生息する菌によっておこされ、土屋、赤井⁶⁾の報告によれば発芽後間もない根部から侵入し、主茎の維管束を通じて徐々に上部に伸展する。一般ほ場で外見的に罹病を確認できるのは8月中旬以降で、接種試験により多量に、迅速に抵抗性を検定することは困難である。

そこで、はじめにアズキ落葉病菌が高密度に生息している連作ほと長期輪作ほに特性の異なるアズキ品種を栽培し、罹病に伴うアズキの主要特性の変動を調査した。その結果、子実収量の減少が最も大きく、主茎節数、1,000種重の減少は比較的少ないことがわかった。また、晩生の品種ほど被害が少ない傾向がみられた。一般に晩生の品種ほど生育が旺盛で、病土における外見的な被害状況のみにより抵抗性の存否を推定することは難かしい。また、子実収量により抵抗性を検定しようとするれば、北海道において成熟期に達し得ない極晩生品種の抵抗性を検定できない。

これらのことから子実重に次いで病土における減収率の大きい総重を使い、また、総重の品種個々の差異を除去するために病土と健全土における総重を対比することによって抵抗性を検定することが次善の方法と考えられた。

1975年から1981年にわたり、合計419のアズキ品

種系統を供試し、その総重比の高低から7品種が抵抗性強と判定された。それらの品種については10月上旬、主茎基部を切断し、落葉病の病徴の1つとされる維管束の褐変状況を調査したが、多少の差はあれ、いずれの品種も徴候が認められ、免疫的な抵抗性があるとは考えられなかった。病原菌が極めて類似しているといわれるダイズの Brawn stem rot について、Chambrlain と Bernard は5シーズンにわたり合計2060のダイズ品種を病土に栽植してスクリーニングテストをおこなったところ、羅病しない品種はみい出されなかったが、その中に韓国から受け入れた不明の品種を片親とする、ある系統の発病率が、供試した各年を通じて極めて低かったと報告している³⁾。アズキ落葉病についても同様の結果が得られ、羅病はするが被害の軽微な少数品種を検出することができた。

アズキ落葉病の被害は年次により変動するが、抵抗性の強い品種の総重比も年次により変動を示した。しかし、同一年では抵抗性の弱い品種と、その高低関係が逆転することはほとんどみられなかった。落葉病の発生と被害について土屋、赤井⁷⁾は、気温、地温との相関が高く、7月30日から8月20日までの気温が高いと病勢の伸展速度が小さくなると報告しているが、本調査の結果もほぼ同様に、総重比の変動は気温に大きく影響されていることを示した。しかし、抵抗性の弱い品種については8月の気温と総重比の関係は、あまり密接とは考えられず、6月の最低気温が総重比に大きな影響をおよぼしているものと推定された。

1979年、韓国湖南作物試験場よりアズキの品種を導入し、1981年に27品種を検定に供試したが、そのうち半数近くが高い総重比を示した。それらについては再確認中であるが、すでに抵抗性強と判定された「赤豆」、「小豆64-1」を含めて韓国産品種の中に抵抗性の強い品種が多数あるとすれば興味深いことである。

今回の試験によりアズキ落葉病に対し、免疫的な抵抗性ではないが、抵抗性の強い7品種を検出することができた。それらはいずれも北海道では成熟期に達し得ない極晩生品種であり、その総重比であらわされる抵抗性の中に極晩生種のもつ生理的な抵抗性も含まれているものと思われる。現在、検出された抵抗性品種を母本として、早・中生の抵抗性品種を育成中であるが、極晩生種のもつ抵抗性をどれだけ早・中生種の中にとり入れ得るのか、今後の問題である。

謝辞 本試験遂行にあたり、終始ご指導いただいた前北海道立十勝農業試験場豆類第二科長成河智明氏、試験の前半については場を使用させていただいた十勝農試病虫予察科の方々、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、本文の御校閲をいただいた十勝農業試験場長斉藤正隆氏、根釧農業試験場長奥村純一博士に衷心より謝意を表する。

引用文献

- 1) 赤井 純, 坪木和男, 後木利三, “十勝地方に多発したアズキ落葉病の発生と被害について”, 日植病報, 37, 168 (1971).
- 2) Athrow, K. L. “Soybeans” American society of agron. U. S. A. 1973 p 468-469.
- 3) Chamberlain, D. W.; Bernard, R. L. “Resistance to brown stem rot in soybeans”. Crop sci. 8, 728-729 (1968).
- 4) 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).
- 5) 成田武四, “北海道農作物病害総覧”, 北海道植物防疫協会, 1980. P243-247.
- 6) 土屋貞夫, 赤井 純, “アズキ落葉病の感染生態”, 日植病報, 41, 266 (1975).
- 7) 土屋貞夫, 赤井 純, “アズキ落葉病発生原因の解析”北日本病虫研報, 28, 7 (1977).

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

I . On the varietal differences of resistance to BSR

Ichimi CHIBA*

Summary

Brown stem rot (BSR) of adzuki beans (*Vigna angularis*), caused by the fungi *Cephalosporium gregatum* Allington et Chamberlain, is the most serious disease to adzuki bean culture in Hokkaido. It occurs frequently, decreasing the adzuki bean yield greatly. It is a soil-borne vascular disease. In the infected stem of the host plant, the fungus spreads quite slowly and its symptoms appear late in August. The screening test of resistance to BSR in vitro is difficult.

At first, its affects on the main characteristics of adzuki bean plants were evaluated in a highly infested field. Seed yield and total dry weight decreased more seriously than other characteristics. Damage to late-maturing varieties was slighter than that to early ones. Total dry weight ratio (TDWR) (high infested field/rotation field) was an effective method for estimating resistance to BSR in adzuki bean plants.

During the period 1975 to 1981, a total of 419 adzuki bean varieties were planted in highly infested fields and long time rotation(8-9years) fields, and total dry weight ratio was measured. A few varieties showed high TDWR, but none was immune.

Through 7 seasons, TDWR of the highly resistant varieties fluctuated, but always maintained a higher ratio than others. The fluctuation was related to air temperature, especially minimum air temperature in June.

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