

発生生態に基づくダイズ紫斑病の  
薬剤防除に関する研究

酒 井 泰 文

— 2 0 0 1 —



# 目 次

緒 言 .....	1
第 1 章 広島県におけるダイズ主要病害の発生状況 .....	3
第 1 節 生育期における茎葉および莢などの発病状況 .....	3
第 2 節 成熟期における種子の被害状況 .....	4
考 察 .....	4
第 2 章 ダイズ紫斑病の病徴および発生生態 .....	6
第 1 節 病徴 .....	6
第 2 節 ダイズの栽培環境と成熟期における種子の被害状況 .....	7
第 3 節 ほ場における本病の発生消長 .....	9
1. 茎葉および莢などの発病に及ぼす播種時期の影響 .....	9
2. 種子の感染に及ぼす播種時期の影響 .....	12
3. 種子の感染に及ぼす品種の早晩性の影響 .....	16
4. 種子の感染と発病との関係 .....	18
第 4 節 病原菌の越冬状況 .....	19
考 察 .....	19
第 3 章 ダイズ紫斑病の耕種的防除 .....	24
第 1 節 第一次伝染源としての罹病種子の重要性 .....	24
第 2 節 ダイズ生育期の本病の伝染源としての罹病落葉の重要性 .....	29
第 3 節 前年作の罹病残渣で越冬した紫斑病菌の感染能力と第一次伝染源 としての重要性 .....	35
考 察 .....	36
第 4 章 ダイズ紫斑病による種子の発病抑制を目的とした薬剤防除 .....	39
第 1 節 有効薬剤の検索 .....	39
第 2 節 チオファネートメチル剤の散布適期 .....	41

第3節	チオファネートメチル剤の作用性と効果持続期間からみた 散布適期 .....	42
第4節	チオファネートメチル剤の散布回数が防除効果および収量に 及ぼす影響 .....	45
第5節	チオファネートメチル剤の散布回数と薬剤耐性菌の出現 .....	47
第6節	薬剤耐性菌による発病に対するチオファネートメチル剤の 防除効果 .....	47
第7節	農家ほ場におけるチオファネートメチル剤に対する耐性菌の 出現状況 .....	49
考 察	.....	50
総合考察	.....	53
摘 要	.....	55
引用文献	.....	57
Summary	.....	60
図版とその説明	.....	63

## 緒 言

水田利用再編対策事業の推進にともない、広島県でもその事業の利点を生かしたダイズ栽培が奨励され、1970年代後半から栽培面積が大幅に増加した。栽培面積の増加（1979年の栽培面積は約2000ha）にともない、病害による被害が生産を阻害する大きな要因に取り上げられ、ダイズ栽培の振興を妨げる障害になった。本研究では、まず本県に発生するダイズ病害の種類、それらの発生状況および被害状況を明らかにした。その結果、県内全域に紫斑病が広く発生し、被害の程度が最も大きいことが明らかになり、本病の防除対策の確立を緊急の課題と捉え研究に取り組んだ。

紫斑病は我が国において普遍的に発生がみられ、ダイズ栽培に最も大きな被害をもたらす病害の一つとされている。病原菌は不完全菌類に属する糸状菌、*Cercospora kikuchii* Matsumoto et Tomoyasu (*Cercosporina kikuchii* Matsumoto et Tomoyasu)<sup>27)</sup>で、本菌による主な伝染は分生子柄に頂生する分生胞子による<sup>11)</sup>。本病は減収<sup>10,19,48)</sup>と種子の炭水化物含有量の減少<sup>19)</sup>を引き起こす原因になるが、最も大きな被害は種皮に紫色の斑紋を形成し、生産物の商品価値を著しく損なうことにある。したがって、本研究では、種子に発生する紫斑病を防除することを目的としてその対策を確立しようとした。

ダイズ紫斑病の病徴についてはこれまですでに詳しく記述されているが<sup>11,23,29)</sup>、種子に発現する紫斑を除いて、莖葉と莢などに発現する病斑は肉眼的観察によって他の病害と識別することは困難である。このことから、藤田<sup>11)</sup>は莖葉と莢などに発現する病斑について顕微鏡観察を行いながら、ほ場における紫斑病の発消長を追跡しているが、その詳細についてはなお不明な点が残されている。そこで、本研究では2～3日間隔で適宜顕微鏡観察を行いながら調査を実施した結果、罹病種子をほ場に播種した場合のダイズ生育全期間にわたる紫斑病の発消長をほぼ明らかにすることができた。また、本調査を進める中で、本病に罹病した落葉が生育期における発病、特に種子の発病の重要な伝染源になることを明らかにするとともに、罹病落葉を除去する処理が耕種的防除法につながることを明らかにした。

本県における農家のダイズ栽培ほ場において種子の紫斑病の発生実態を解析したところ、早まき栽培で種子の発病が著しく助長されるという結果を得た。本研究では、播種時期の早晩が莖葉、莢および種子などの発病に及ぼす影響を検討し、早まき栽培で種子の発病が著しく助長される原因を明らかにすることができた。この結果から、播種時期の調整による耕種的防除法の重要性を指摘した。

ダイズ種子の登熟期間は、播種時期の早晩と品種の早晩性に影響されるが、生育全期間の1/2以上を占める。登熟期間が長期に及ぶにもかかわらず、この間の種子の感染と発病状況の推移についてはこれまで明らかにされておらず、登熟初期の未熟な無病徴種子からも紫斑病菌が分離されることが報告されているにすぎない<sup>22)</sup>。本研究では、登熟初期から種子の感染状況を経時的に調べ、成熟期における発病に至るまでの経過を追跡し、感染と発病との関係を初めて明らかにすることができた。

積雪地帯では、ほ場に放置された罹病残渣は融雪後に腐敗するため、越冬後の罹病残渣での紫斑病菌の生存率が著しく低下することが報告されている<sup>11,61)</sup>。一方、本県の中南部地帯のように積雪がほとんどなく、冬期が比較的乾燥した状態で経過する地域における罹病残渣上での紫斑病菌の越冬状況

を調査した報告はない。本研究では、このような気象条件下では場に放置された罹病残渣での病原菌の越冬状況を経時的に調べ、罹病残渣で越冬した病原菌が次年度作ダイズの紫斑病の第一次伝染源になることを実証した。

紫斑病に罹病した種子がわずかに混入しているダイズ種子をほ場に播種した栽培といえども、罹病種子から発育した株が伝染源となり、健全株の茎葉と莢などに伝染し、成熟期における種子に大きな被害が及ぶことが報告されている<sup>11,51)</sup>。しかし、これらの報告では生育期における紫斑病による茎葉と莢などの経時的な発病推移が明らかにされていない。そこで、本研究においては罹病種子から発育した株が伝染源となって、健全株の茎葉に紫斑病が伝染する過程を経時的に調べ、これらの発病が莢と種子の発病の伝染源になる経緯を明らかにした。この試験の結果から、健全種子を厳選して栽培に用いることが最も重要な耕種的防除法であることを指摘した。

ダイズ紫斑病の防除対策としては耕種的方法、抵抗性品種および薬剤の利用があげられる。本病に対する抵抗性品種の育成は行われているが<sup>70)</sup>、紫斑病に強度抵抗性を示す品種は現在まで実用化されていない<sup>25,62)</sup>。一方、水田利用再編対策事業の推進により、水田転換作物のダイズ種子に発生する紫斑病の防除を目的とした薬剤試験が各地で実施されてきた。その中でチオファネートメチル剤、ペノミル剤およびチウラム・ペノミル剤のダイズ生育期における茎葉散布の優れた防除効果<sup>6,15,17,34)</sup>とそれらの散布時期も明らかにされている<sup>34,36,58,60)</sup>。しかし、既報の薬剤防除試験は、いずれも成熟期（適期収穫期）における種子の発病状況から薬剤の効果や散布適期を判定しているだけである。本研究では薬剤散布後の種子の登熟期間における感染から発病に至るまでの過程を経時的に調べた結果、薬剤の作用性と効果持続期間が明らかになり、チオファネートメチル剤の散布適期を決定することができた。また、適期内の1回散布で十分な防除効果が得られることを明らかにした。チオファネートメチル剤は、種子の紫斑病に対し優れた効果を示す<sup>6,36,60)</sup>。一方、チオファネートメチル剤のダイズ生育期における必要以上の散布は、本剤に対する耐性菌の出現を促すことを本研究で初めて明らかにした。したがって、本剤の散布は適期内の1回に止めることを指摘した。

本研究は紫斑病の発生生態、特に種子の感染から発病に至るまでの過程および種子の発病につながる伝染源などを明らかにし、これらの結果に基づき種子の紫斑病防除を目的とした薬剤の合理的な使用法を確立しようとしたものである。

以上のように、本論文においてはダイズに発生する紫斑病の総合防除法を確立するため、生産現場の栽培状況を考慮しながら、上記の各項目について得られた研究成果を相互に関連させ、省農業栽培の視点から有効な本病防除の実用化に向けての展望を示した。

本報告は京都府立大学へ提出した学位論文である。

本論文の取りまとめに当たり、京都府立大学農学部教授堀野 修博士には格別のご指導と綿密なご校閲を賜った。深甚な感謝の意を表す。また、京都府立大学農学部前教授正子 朔博士ならびに京都大学農学部前教授獅山慈孝博士には本論文をとりまとめに当たり、ご指導と有益な助言を賜った。さらに、研究の遂行に当たり、前広島県立農業試験場中村啓二場長ならびに前広島県立農業者大学校校長河野富香氏には格別なご配慮を、前広島県立農業試験場専門技術員小川睦男氏にはご協力をいただいた。現地調査では広島県病害虫防除所の各位には多大なご協力いただいた。これらの方々にかから感謝の意を表す。

# 第1章 広島県におけるダイズ主要病害の発生状況

広島県で栽培されているダイズに発生する主要病害とその発生状況およびダイズ種子の被害状況を明らかにす

るため調査を実施した。

## 第1節 生育期における茎葉および莢などの発病状況

### 材料および方法

1979年から1983年まで県内の28～105ほ場を対象に、ダイズ生育期の茎葉と莢などに発生する病害の種類とそ

の発生状況を調査した。1979年はダイズの生育初期（7月上旬）から成熟期（10月上旬～11月上旬）にかけて同一ほ場を3回、その他の年は生育後期（9月上～中旬）に1回調査を行った。発生する病害の判別は無作為に選

Table 1. Diseases incidence on leaves, stems and pods of soybean in farmers' fields

Year <sup>a)</sup>	No. of fields investigated	No. of plants examined <sup>b)</sup>	% of fields with diseases				
			Ps. <sup>c)</sup>	Mo.	Dm.	Ph.	Bp.
1979	105	2855	21.7	23.3	24.3	48.1	— <sup>d)</sup>
1980	100	4300	52.9	24.2	46.8	61.9	21.0
1981	79	2335	13.9	21.5	36.7	44.3	25.3
1982	73	1730	19.2	24.7	28.8	61.6	20.5
1983	28	700	11.1	7.1	17.9	21.4	10.7

Year	% of diseased plants				
	Ps.	Mo.	Dm.	Ph.	Bp.
1979	12.6	2.2	9.5	33.6	-
1980	36.1	7.3	24.8	30.7	6.1
1981	3.9	5.6	13.6	23.3	9.7
1982	4.2	9.5	13.5	51.3	6.0
1983	3.6	6.3	14.1	5.1	3.4

a) The same fields were investigated three times from beginning of Jul. to beginning of Nov. in 1979. Table showed the results at last examinations. Fields were investigated once at beginning to middle of Sep. in the other years.

b) Twenty five to 50 plants were examined in each field.

c) Incidence of each disease was determined by microscopic observation of conidia of causal pathogens on some sampling lesions (Ps.: Purple stain of soybean, Mo.: Mosaic, Dm.: Downy mildew, Ph.: Disease caused by *phomopsis* spp, Bp.: Bacterial pustule).

d) Examinations were not carried out.

んだ病斑を顕微鏡観察に供試して、分生孢子などを確認しながら行った。なお、調査は1ほ場当たり25～50株を対象にした。

## 結 果

Table 1に示したように、ダイズ生育期の茎葉と莢などに発生する病害は紫斑病、モザイク病、べと病および葉焼病であった。上記の病害の他、土壌伝染性病害の立枯病および黒根腐病の発生が排水不良畑で散見された。なお、排水不良などにより根の傷みが激しい株および成

熟期に生理的に老化し始めた生育不良な株の葉に、大きさの異なる淡い褐色の斑紋症状が発生した。これらの斑紋上および発症した株の茎と分枝には常にホモブシス属菌の柄子殻が形成された (Table 1ではホモブシス病と記述)。本症状の原因と考えられるホモブシス属菌の病原性は明らかにしていないが、茎葉の症状の比較ならびに種子に被害を及ぼさないことから、*Diaporthe phaseolorum*による黒点病<sup>23)</sup>とは明らかに異なり、本症状の発生状況から推測して腐生的性質をもつ糸状菌に起因すると考えられた。

## 第2節 成熟期における種子の被害状況

### 材料および方法

上記の茎葉などの発病状況調査を実施したほ場から、各調査年とも成熟期に相当する10月上旬から11月上旬に1ほ場当たり5～10株を収穫し、ガラス室内で約20日間乾燥後、稔実種子を対象に発病種子率を調査した。

### 結 果

Table 2に示したように、種子に被害を及ぼす病害として紫斑病、モザイク病 (褐斑粒) およびべと病の発生が県内全域で認められた。中でも紫斑病による被害は、チオファネートメチル剤とベノミル剤による防除が定着する以前の1981年まで最も大きかった。

### 考 察

広島県におけるダイズ生育期の茎葉と莢などに発生す

る主要な病害は、モザイク病、葉焼病、紫斑病、べと病およびホモブシス病であった (Table 1)。一方、ダイズ成熟期における種子については、モザイク病 (褐斑粒)、紫斑病およびべと病による被害が多かった (Table 2)。これらの病害の中では、紫斑病が県内に栽培されているダイズに普遍的に発生し、最も被害の大きい病害であることが明らかになった。本病の最も大きな被害は、種子 (種皮) に紫色の斑紋を形成し商品価値を著しく低下させることにある。したがって、種子の発病阻止を目的とした薬剤防除に関する研究は多く、これまでにベノミル剤とチオファネートメチル剤の優れた防除効果が明らかにされている<sup>6,34,36,58,60)</sup>。これらの報告が示すように、本県においてもベノミル剤とチオファネートメチル剤のダイズ生育期における散布が定着し始めた1982年以降、紫斑病による種子の被害は顕著に減少した。したがって、紫斑病による種子の発病を防除する対策として、生育期の薬剤散布が有効であることが明らかにされた。

Table 2. Diseases incidence on seeds of soybean in farmers' fields

Year <sup>a)</sup>	No. of fields investigated	No. of plants examined <sup>b)</sup>	No. of pods examined	No. of seeds examined <sup>c)</sup>
1979	105	668	54633	103558
1980	100	676	39496	74923
1981	82	599	40529	70183
1982	76	651	37782	68452
1983	32	191	10658	18599

Year	% of fields with diseases			% of diseased seeds		
	Ps. <sup>d)</sup>	Mo.	Dm.	Ps.	Mo.	Dm.
1979	93.3	20.0	49.5	8.2	0.8	0.7
1980	82.0	20.0	80.0	8.7	0.6	4.4
1981	61.0	11.0	64.6	3.2	1.2	1.1
1982	43.3	9.9	65.8	0.4	0.1	1.1
1983	50.0	3.1	62.5	1.2	0.0	1.3

a) Plants were harvested from beginning of Oct. to beginning of Nov. in every year.

b) Five to 10 plants were examined in each field.

c) Disease incidence on seeds was examined after drying up plants in glass house. Only mature seeds were examined.

d) Ps.: Purple stain of soybean, Mo.: Mosaic, Dm.: Downy mildew.

## 第2章 ダイズ紫斑病の病徴および発生生態

### 第1節 病徴

ダイズ種子の表面に発現する紫斑を除くと、莖葉と莢などに形成される紫斑病の病斑は、肉眼観察だけでは他の病害と識別することが困難であるとされている<sup>11)</sup>。そこで、本病が種子伝染性病害であることから<sup>56)</sup>、罹病種子をほ場に播種し、発芽時から成熟期にかけての莖葉と莢などに形成される病斑を顕微鏡観察に供試して、紫斑病菌の分生孢子などの形成を確認しながらダイズの各器官における紫斑病の病徴を明らかにするため試験を実施した。

#### 材料および方法

紫斑面積率が31～60%のアキシロメの罹病種子（以後の試験においても罹病種子として供試した種子の紫斑面積率は31～60%）および無病徴種子（チウラム・ペノミル水和剤：チウラム20%・ペノミル20%、播種直前に乾物種子重の0.4%粉衣）を供試し、1981年6月15日に農業試験場（広島県東広島市八本松町原）のほ場に播種した。罹病種子を播種したほ場の面積は75m<sup>2</sup>、無病徴種子を播種したほ場の面積は1,000m<sup>2</sup>とし、各々のほ場を直線距離で約300m離れた位置に設けた。なお、無病徴種子を播種したほ場においては、ダイズ開花後40日頃にチオフアネートメチル水和剤の1,000倍液を10a当たり400ℓを散布した。

それぞれのほ場に栽培したダイズの子葉、莖葉、葉柄、分枝および莢などの器官に形成される病斑を適宜顕微鏡観察に供試し、紫斑病菌の分生孢子などの形成を確認しながら病徴を明らかにした。なお、生育全期間にわたってダイズの各器官から採集した病斑数は、罹病種子を播種したほ場から2,000、無病徴種子を播種したほ場から500とした。

#### 結 果

罹病種子（図版I-11）を播種した栽培では、ダイズの発芽時から紫斑病の発生が認められた。ダイズ子葉の病斑は赤褐色の弧状～円形あるいは不整形で、大きさも均一でなかった（図版I-1）。胚軸に病斑が形成されると、その部分が褐変し枯死する苗があった（図版I-2）。しかし、胚軸の病斑が小さく拡大が遅い場合は発芽苗は生育を続け、子葉附着部の若い莖に赤褐色のすじ状ある

いは紡錘形の病斑が形成されるに止まった。

初生葉の初期病斑は赤褐色の小さな斑点で、病勢が進むと葉脈に囲まれた角斑になった（図版I-3, 4）。一葉に多数の病斑が形成されると、葉の黄化時期が早くなり早期落葉の原因になった。

本葉の初期病斑の色と形は初生葉のものと変わらないが、病斑が拡大すると互いに融合し、黒味を帯びた不整形の大きな褐斑になった（図版I-5, 6）。このような病斑は落葉直前の葉あるいはダイズ黄莢期以降の最頂葉を含む上位1～3本葉に特に多くみられ、表面に多数の小さな黒点（子座）が形成される場合が多かった。

緑色の葉柄および分枝には斑点状あるいは長さが1～数mmの赤紫色のすじ状もしくは紡錘形の病斑が形成された。病斑が互いに融合すると葉柄と分枝の周囲を取り囲む場合があり、このような病斑が葉柄に形成されると早期落葉の原因となった。葉柄および分枝の組織が生理的に黄化する時期になると病斑は黒褐色になった（図版I-7, 8）。成熟期の老化した分枝に形成される病斑の多くは乾燥した条件下で灰色を呈し、病斑上に子座の形成がみられた（図版I-10）。

莖の病徴は葉柄および分枝のものと類似した（図版I-7）。莖の伸長に伴い、伸長部にも新たな病斑が形成された。病斑が互いに融合すると長さが数cmに達し莖の周囲を囲む場合もあったが、株が枯死することはなかった。莖においても葉柄や分枝と同様老化した莖組織の病斑は灰色を呈し、病斑上に子座の形成がみられた（図版I-10）。

若い莢の病斑は赤色から赤紫色の小さな円形で、やがて紫黒色から黒色の円形～不整形のやや拡大した病斑になった（図版I-7）。黄莢期になると病斑はさらに拡大し、成熟期の莢の病斑は乾燥した条件下で灰色～灰黒色を呈し、病斑上に子座を形成する場合が多かった（図版I-9）。湿潤な気象状態が続く場合には、子座から発育した分生子柄上に分生孢子の形成がルーペによる観察で確認される場合があった。

一方、無病徴種子を播種したほ場では、生育初期の病害の発生がきわめて少なく、ダイズ生育後期（9月中旬以降）になってわずかではあるが莖葉と莢などに紫斑病の発生が増加した。

Table 3に示したように、紫斑病に罹病したダイズ種子を播種した栽培では、莖葉および莢などに形成された

Table 3. Disease incidence on leaves, petioles, branches and pods of soybean under cultivation sown diseased (purple stained) and symptomless seeds

Seeds sown	No. of lesions examined	Observation frequencies of causal pathogens (%)						
		Ps. a)	An.	Ph.	My.	Bp.	Bb.	Unidentified
Diseased	2,000	88.7	6.5	0.8	0.3	1.0	0.2	2.5
Symptomless	500	6.4	20.8	4.0	3.8	1.8	1.2	62.0

a) Ps.: Purple stain of soybean, An.: Anthracnose, Ph.: Disease cause by *phomopsis* spp, My.: Disease caused by *mycosphaerella sojae*, Bp.: Bacterial pustule, Bb.: Bacterial blight.

2,000病斑を顕微鏡で観察した。その結果、全調査病斑の88.7%から紫斑病菌が検出され、紫斑病の発生がきわめて多かった。紫斑病以外では、炭そ病の発生が若干認められたが、その他の病害の発生はきわめて少なかった。一方、無病徴種子を播種した栽培では、子葉、初生葉、本葉および莢に炭そ病が、生育期全般にわたって葉に褐紋病が、生育後期の葉にホモプシス病が発生した。また、初生葉に斑点細菌病が、生育の中・後期の本葉と成熟期

の莢に葉焼病が発生した。これらの病害の中では炭そ病の発生が最も多く、調査病斑500のうち20.8%から炭そ病菌が検出された。紫斑病菌の検出率は6.4%に過ぎず、種名が不明な糸状菌の胞子などが調査病斑の半数以上に観察された。いずれのほ場においても非常にわずかであるがべと病の発生を認めた。なお、無病徴種子を播種したダイズ栽培においては、紫斑病による種子の発病もほとんど認められなかった。

## 第2節 ダイズの栽培環境と成熟期における種子の被害状況

発生面積および被害状況から、本県においてはダイズ紫斑病が最も防除を必要とする病害であることが明らかになった。本病については特にダイズ種子の被害が重要視されることから、ダイズの栽培環境と紫斑病による種子の被害状況との関係を解析し、本病の被害実態を明らかにするため調査を実施した。

### 材料および方法

前節の1979年に実施した農家ほ場における種子の被害調査の結果に基づいて、調査した105ほ場を対象にダイズの栽培環境と成熟期における種子の被害状況との関係を解析した。栽培環境として、調査ほ場を播種時期、収穫時期、品種、栽培地域、ほ場の立地条件、水田転換畑あるいは普通畑、薬剤防除の実施の有無および7月上旬における茎葉の発病の有無により分類した。それぞれの条件に該当するほ場の発病種子率の比較から発病を助長する栽培環境を明らかにした。

### 結 果

Table 4 に示したように、栽培地域ごとの発病種子率に大きな差がみられなかったことから、本病は県内に広く、しかもほぼ同程度に発生していることがわかった。一方、平野で栽培環境の良好なほ場と立地条件の悪い山際のほ場との比較では、山際のほ場で発病種子率が高かった。栽培条件では播種時期の早晚が大きく影響し、遅まきに比べ早まき栽培で種子の発病が著しく助長された。また、ダイズ生育初期（7月上旬）の茎葉に紫斑病の発生がみられたほ場で、成熟期の種子の発病が著しく多かった。ペノミル剤とチオフアネートメチル剤の生育期の茎葉散布は、種子の発病を著しく抑制した。収穫時期の早晚も発病に影響し、収穫適期を逸し遅くまでダイズがほ場に残された場合種子の発病が多くなった。普通畑に比べ水田転換畑で栽培されるダイズで種子の発病がやや多くなる傾向があった。一方、品種間の比較では、種子の発病状況にほとんど差が認められなかった。

Table 4. Disease incidence on seeds caused by purple stain of soybean in farmers' fields cultivated under different environments

Cultivation environments	No. of fields examined	% of fields with diseased seeds	No. of seeds examined per field	% of diseased seeds
<b>Sowing date</b>				
Before June 30	33	90.9	1036.2	11.7a <sup>a)</sup>
After July 1	30	66.7	1002.2	3.4b
<b>Location of the field</b>				
Near mountain	33	93.9	915.0	11.2a
Mid in plain	32	96.9	1108.8	5.5b
<b>Occurrence of disease on leaves in early July</b>				
Present	23	100	1042.3	11.1a
Absent	82	47.6	1057.0	3.1b
<b>Chemical spray</b>				
Not sprayed	70	95.7	1038.7	8.3a
Sprayed	13	76.9	968.7	2.4b
<b>Harvesting date</b>				
Before Oct. 20	21	81.0	1362.8	5.8a
Oct. 21 to 31	37	100	946.2	8.5ab
After Nov. 1	47	100	936.8	10.5b
<b>Field condition</b>				
Converted paddy field	45	95.6	995.6	9.1a
Upland field	17	94.1	1049.9	5.6b
<b>Cultivating region</b>				
Southern part of Pref.	13	100	1018.0	9.8a
Middle part of Pref.	33	97.0	1014.0	8.6a
Northern part of Pref.	24	91.7	1082.7	7.3a
<b>Variety</b>				
Chutetsupou	7	100	1081.6	4.8a
Akishirome	51	78.4	1452.4	3.5a
Shirotae	12	75.0	1582.8	5.3a

a) Numbers followed by the same letter in each environment are not significantly different at  $P=0.05$  according to Student' t-test.

### 第3節 ほ場における本病の発生消長

藤田<sup>1)</sup>は、ダイズ生育期の莖葉と莢などに発現した病斑を顕微鏡で観察して紫斑病の発生消長を調べ、発芽時から成熟期にかけての伝染様相を明らかにしている。しかし、その報告から紫斑病の伝染過程の詳細を知ることができない。そこで、紫斑病に罹病したダイズ種子をほ場に播種し、ダイズの発芽時から成熟期に至るまでの莖葉と莢などに発現する病斑を顕微鏡で頻繁に観察することによって、紫斑病の発生消長を詳しく調査した。

#### 1. 莖葉および莢などの発病に及ぼす播種時期の影響

##### 材料および方法

アキシロメの罹病種子を供試し、1981年6月15日（早まき栽培）および同7月8日（遅まき栽培）に農業試験場のほ場に播種した。各ほ場の面積は75m<sup>2</sup>（10×7.5m）とし、間引き後約500株（株間20cm・畝幅75cmの1本植え）を広島県の栽培慣行に準じて育成した。なお、早まき栽培ほ場を遅まき栽培ほ場の風下100mの位置に設け、害虫防除は適宜実施した。

紫斑病の発生状況については、ダイズの生育に伴って発育してくる莖葉と莢などの器官に発現する病斑を2～3日ごとに肉眼観察により調査し、器官別の発病率で表した。それぞれのほ場における各調査時の各器官の調査数は約500とし、各器官の発病調査はその生育時に日時を変え少なくとも3回以上行った。

上記の肉眼観察による発病調査とともに、ダイズの生育全期間にわたり莖葉と莢などに形成される病斑を2～3日ごとに無作為に採集し、これらを顕微鏡観察に供試し、分生孢子などの形成の確認により、発生している病害が紫斑病であることの裏付け調査を同時に行った。各調査時とも莖葉と莢などの器官に発現する病斑の一部（葉柄、莖、分枝および莢の病斑については患部を薄くはぎ取り供試）を採集し、採集後直ちに水洗し、25°Cの湿室に2～7日間保った後、検鏡することを原則とした。各調査時には異なった株から採集した25～50病斑を供試し、同一器官からの病斑の採集はその生育時に少なくとも3回以上反復した。生育期の器官とともに落葉、特に落葉の葉柄に形成された病斑も定期的に採集し、流水で土壌などを除去した後、同様に処理して顕微鏡観察に供試し、紫斑病による罹病状況を調べた。なお、降雨が続いた後などほ場が湿潤な時期に採集した莖葉と莢および

落葉などの病斑については、採集時にすでに分生子柄や分生孢子が形成されている場合が多く、このような病斑については採集直後にルーペ（×20）あるいは検鏡により、紫斑病であることを確認した。

なお、両播種時期とも罹病種子を播種したほ場の他、無病微種子を播種したほ場を対照に設けた。無病微種子の播種ほ場を、それぞれ罹病種子を播種したほ場の風上10mの位置に設けた。無病微種子を播種したほ場の栽培面積、栽培方法、発病状況および顕微鏡観察による病斑の調査などについては罹病種子を播種した栽培と同様に行った。ダイズの生育ステージの表示はFehrら<sup>5)</sup>の基準に準じた。

なお、以下に述べる農業試験場での各試験においても、ダイズの生育ステージの表示はFehrら<sup>5)</sup>の基準に準じた。すなわち、栄養生育ステージについてはV1～VN、生殖生育ステージについてはR1～R8で示した。

#### 結 果

紫斑病に罹病した種子および無病微種子を播種した早まきと遅まき栽培の各ほ場における子葉、初生葉、本葉、葉柄、分枝、莖、莢および落葉（主に葉柄）の発病部から無作為に採集した11,407病斑を顕微鏡で観察した。その結果、検鏡した病斑の89.5%から紫斑病菌の分生孢子が認められた。無作為に選んだ病斑の大部分に紫斑病菌の分生孢子が認められたことから、各栽培ほ場におけるダイズの各器官に発生した病害が、罹病種子を播種した結果あるいは隣接する罹病種子を播種したほ場から飛散した分生孢子的感染により発生した紫斑病であると判断し、発芽時から成熟期までの発生消長を各栽培毎にFig.1, Fig.2, Fig.3およびFig.4に示した。

##### 1) 早まき栽培

###### (1) 罹病種子を播種した栽培

初発病は発芽直後の子葉にみられ、発病した子葉には紫色の種皮が付着している場合が多かった。Fig.1に示したように、子葉の発病は6月下旬（播種後10～15日、生育ステージV1<sup>5)</sup>）から顕著にみられるようになった。激しく発病した子葉では病斑が胚軸部にも形成され、このような重症苗は発芽後数日で枯死した。間引き時（6月下旬）に、播種した1,500の種子について調査した結果、発芽した幼植物の約100苗（6.7%）がこのような激しい症状を示して枯死した。

一方、症状の軽い苗は生育を続け、子葉付着部の若い

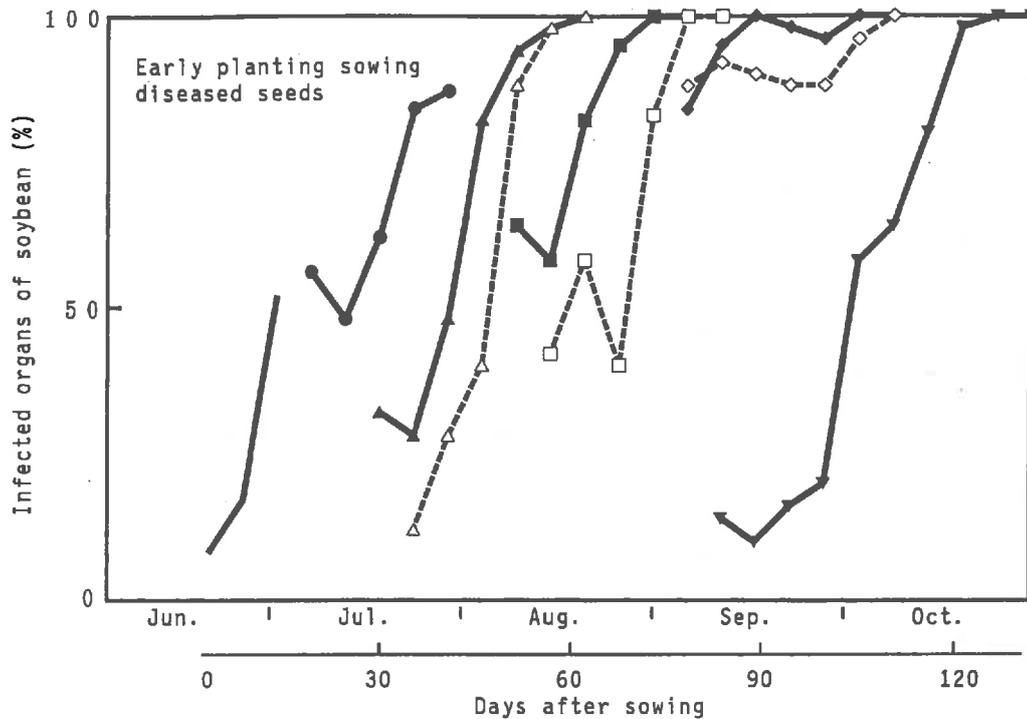


Fig.1. Progress of purple stain development on soybean during cultivation  
 (—: cotyledon, —●: primary leaf, —▲: 1st to 5th leaf,  
 ---△: 1st to 5th leaf's petiole, —■: 6th to 10th leaf,  
 ---□: 6th to 10th leaf's petiole, —◆: 11th to 16th leaf,  
 ---◇: 11th to 16th leaf's petiole, —▼: pod).

茎にすじ状の病斑を形成するものがあった。子葉の発病は初発後7月上旬にかけて増加し、すべての子葉が落葉するまでに発病率が約50%となった。子葉の落葉は、早いものでは6月下旬(播種後約15日頃)にみられるが、中にはミイラ状になって長期間茎に付着しているものがあった。落葉した子葉の病斑には子座の形成がみられる場合があり、温室処理後顕微鏡で調べると多数の分生胞子が観察された。

初生葉の発病は7月上旬(播種後25~30日, V5~V6)に始まり、落葉期の7月下旬(V9~10・R1)に発病率が80%以上となった(Fig.1)。一葉に多数の病斑が形成されると、葉の黄化時期が早くなり早期落葉の原因になった。

主茎から直接発育する本葉(以下第N本葉と記述)の初発病は7月中旬(播種後約30日, V7~8)にみられ、第1本葉が発病した。本病はその後、第2, 第3本葉、さらに上位本葉へと伝染した。上位本葉への伝染とともに個々の罹病葉に形成される病斑数も増加し、落葉直前にはいずれの葉も激しく発病した。ダイズの生育が旺盛な6月下旬(第1本葉展開期, V2)から8月下旬(最頂葉展開期, V16~17・R5)にかけて、本葉は3.5~

4.3日に1葉の割合で出葉した。この期間、出葉後10~15日経過すると発病するサイクルを繰り返しながら、次々に上位本葉へ伝染していった。したがって、この期間には展開中の頂葉から数え上位3~5本葉は未発病であったが、それ以外の本葉には常に病斑の形成が認められた。9月上旬(R5)になると新たな葉の発育が認められなくなり、最終的に株当たり15~16葉(V16~17)が主茎から直接発育した。9月中旬(R5)には最頂葉(第15~16本葉)も発病し始め、その後短期間にすべての葉が発病した。Fig.1に示したように初発時における下位本葉(第1~第5本葉)の発病率は50%以下であったが、落葉直前には100%に達した。一方、上位本葉(第11~第15・16本葉)については、初発時にすでに80%以上の葉が発病し、落葉期までに発病率が100%に達した。

第1本葉の葉柄の初発病は7月下旬に認められた。その後は葉身の場合と同様、次々に上位本葉の葉柄へ本病が伝染し、9月中旬に最頂葉の葉柄も発病し始めた。下位および中位本葉(第6~第10本葉)の葉柄の初発病時期は、同じ葉位の葉身に比べ5~7日遅れた。しかし、上位本葉の葉柄の初発病時期は同じ葉位の葉身と同じであった。下位および中位本葉の葉柄の発病率は初発病時

には50%以下であったが、落葉期には100%に達した。一方、上位本葉の葉柄の発病率は初発病時から80%以上と高く、落葉期には100%に達した (Fig.1)。

下位節からの分枝の発育は7月下旬にみられた。分枝および分枝から発育する葉（葉柄を含む）の初発病は、早い時期に発育した下位節のものでは8月上旬中旬（R 3～4）に認められた。その後、上位節から発育する分枝（葉、葉柄を含む）へ次々に本病が伝染し、9月下旬（R 6）にすべての分枝、分枝から発育する葉およびその葉柄が発病した。

若い茎の発病は7月上旬に認められ、その後数日ですべての株の茎が発病した。茎の伸長にともない、伸長部にも新たな病斑の形成が認められた。生育初期の茎に発現した病斑を含め、茎に形成された病斑に常に高率に紫斑病菌の分生胞子が確認されたことから、病原菌は初期侵入部で長期間生存し続け、分生胞子を形成する能力を保持していることが明らかになった。

開花（R 1）は7月下旬、莢の形成（R 3）は8月上旬に始まった。莢の発病は9月上旬中に初めて認められ、9月下旬にかけてわずかに増加した。初発時から9月下旬までの発病率は20%以下で推移したが、10月上旬

（R 7）に発病率が急増し、成熟期（R 8）の10月下旬（10月23日頃）に発病率が100%に達した (Fig.1)。なお、不稔莢は稔実莢に比べて初発病時期が早かった。

本調査を行うなかで、落葉の病斑にも常に紫斑病菌の分生胞子が観察された。子葉、初生葉および第1本葉の落葉はそれぞれ6月下旬、7月中旬および同下旬に始まり、その後、成熟期にかけて次々に上位本葉が落葉した。最頂葉の落葉は9月下旬に始まり、成熟期にはほとんどの葉が落葉した。落葉は初発病時期の早晩や発病程度にも影響されるが、通常出葉後25～30日、発病後10～20日を経過して始まった。落葉して間もない新鮮な組織の病斑には多量の分生胞子が形成された。葉身は組織の腐敗が早く、病斑上での分生胞子の形成量が日時の経過にもなって急激に減少した。一方、葉柄は組織の腐敗が遅く、病斑上には長期にわたって分生胞子が形成された (図版II-1, 2, 3, 4)。落葉数は9月上旬から特に多くなり、この時期以後の落葉の発病率は常に80%以上であった。

罹病落葉を含めた絶え間のない伝染源の蓄積に伴い、9月上旬以降の病勢の進展は著しく早くなり、ほ場全体にみた発病程度がきわめて高くなった。

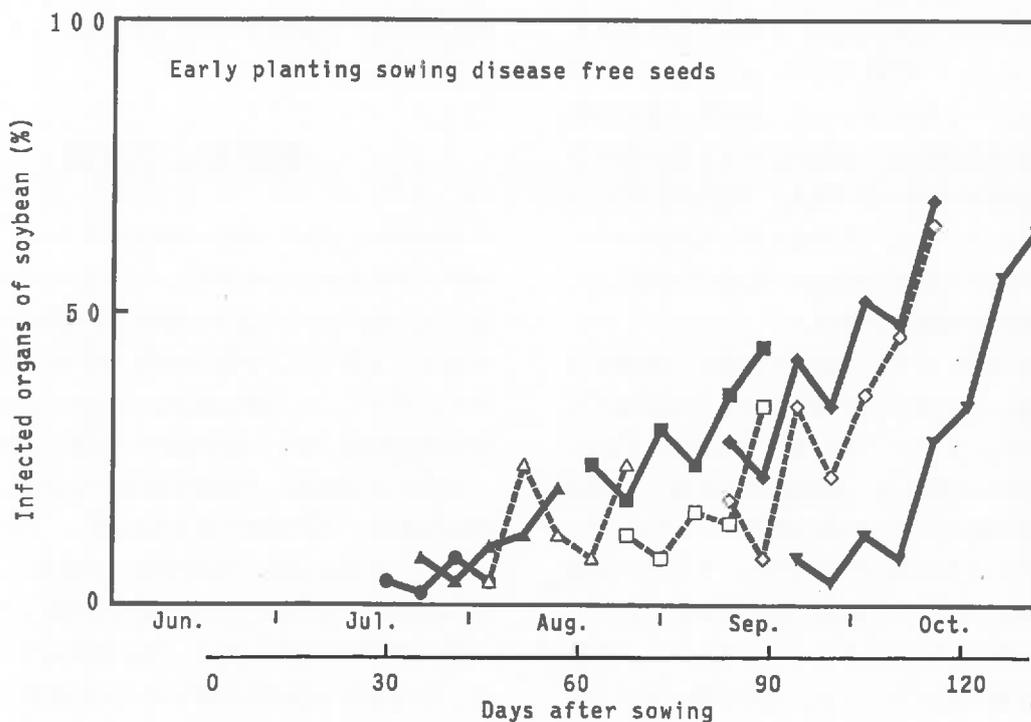


Fig.2. Progress of purple stain development on soybean during cultivation  
 (—●: primary leaf, —▲: 1st to 5th leaf,  
 .....△: 1st to 5th leaf's petiole, —■: 6th to 10th leaf,  
 .....□: 6th to 10th leaf's petiole, —◆: 11th to 16th leaf,  
 .....◇: 11th to 16th leaf's petiole, —▼: pods).

## (2) 無病徴種子を播種した栽培

発芽したダイズのすべての子葉に発病がみられなかったことから、播種した種子の中に紫斑病菌を保菌しているものが混入していなかったものと判断された。しかし、隣接する罹病種子を播種したほ場からの飛散胞子が伝染源になったものと考えられ、7月中下旬(V9)に初生葉に初発病が認められた。初生葉の発病後は、罹病種子を播種した栽培と同様な発生経過をたどり上位葉と莢などへ次々に本病が伝染した(Fig.2)。

各器官の初発病時期は、罹病種子を播種した栽培に比べ5~10日遅れた。また、上位本葉(11~16本葉)とその葉柄および莢を除くと、各器官の発病率は罹病種子を播種した栽培に比べ著しく低率で推移し、形成された病斑数も少なかった。落葉は9月上中旬以降に多くなり、同下旬以降に調査した落葉の発病率は40%前後で推移した。

## 2) 遅まき栽培

### (1) 罹病種子を播種した栽培

罹病種子から発芽した子葉の発病が伝染源となり、その後、初生葉、本葉(葉柄)、莖、分枝および莢へ次々に本病が伝染し、各器官上には常に紫斑病の発生を認めた。播種後の日数で比較した結果、遅まきでは開花までの期間、種子の発育期間(以下登熟期間と記述)および生育全期間がそれぞれ早まき栽培に比べ8、7および15日短くなった。生育期間の短縮の結果、主莖から直接発育する葉数は株当たり12~13本葉(V13~14)に止まり、早まき栽培に比べ2~3葉少なかった。播種後日数で比較した各器官の初発病時期は、全体的にみると罹病種子を播種した早まき栽培に比べ若干遅れ、発病率も約2/3で推移した(Fig.3)。また、落葉は9月中旬以降に多くなり、この時期以降の落葉の発病率は約60%で推移した。

### (2) 無病徴種子を播種した栽培

無病徴種子を播種した早まき栽培と同様に、隣接する罹病種子を播種したほ場からの飛散胞子による感染と考えられる発病が、8月中下旬に初生葉に認められた(Fig.4)。初生葉の発病後は、罹病種子を播種した栽培とほぼ同様な発生経過をたどり莢の発病へとつながった。しかし、各器官の発病率はきわめて低く、それらの初発病時期も罹病種子を播種した栽培に比べ10日以上遅れた。なお、本葉の発病がきわめて少なかったことから、本葉とその葉柄の発病状況については、下位本葉(第1~第5本葉)と上位本葉(第6~第12・13本葉)のみに区分して調査した。各器官の発病率は罹病種子を播種した栽培の1/2~1/4程度で推移し、形成された病斑数もきわめて少なかった。落葉は10月上旬以降に多くなり、落葉の発病率は約10%で推移した。

## 2. 種子の感染に及ぼす播種時期の影響

ダイズの播種時から成熟期までに要する生育日数は、播種時期によって影響されるものの、上記のアキシロメの生育経過が示したように、約115~130日であった。その期間内で開花期から成熟期までに要する日数、すなわち、種子の登熟期間は約75~85日であった。このように種子の登熟期間が長期に及ぶにもかかわらず、この期間における感染や発病状況がこれまで明らかにされていない。そこで、種子の登熟期間における感染状況を明らかにするため試験を実施した。

Kilpatrick<sup>22)</sup>はダイズの花、莢および種子に寄生する糸状菌の分離を試み、登熟初期の未熟な無病徴種子から紫斑病菌を分離している。また、Royら<sup>37)</sup>は種子の発病、すなわち、紫斑種子の発生が成熟期にかなり近づくまで認められないことから、種子の発病は水分含有量の減少<sup>3)</sup>と密接に関係していることを示唆している。この示唆に基づき、登熟初期の未熟な無病徴種子を人為的に乾燥させた結果、本病に感染している場合には紫斑が発現することを明らかにした<sup>38)</sup>。

この結果を参考にして紫斑病菌を保菌しているが、人為的に乾燥することによって初めて紫斑が発現する種子および無病徴であるが培地上に置床することにより紫斑病菌が分離される種子<sup>21,22)</sup>を本論文をとおして感染種子と定義した。

## 材料および方法

前項の早まきおよび遅まき栽培のアキシロメを供試し、種子の登熟初期から成熟期にかけて約7日間隔で莢を採集した。早まきおよび遅まき栽培とも各調査時には異なった株から1莢ずつ、合計100莢を無作為に採集した。採集した莢をビニール製の網袋に入れ25°Cの乾燥室内で約20日間処理後、200~250の種子を収穫し、紫斑の発現により種子の感染率と紫斑発現程度<sup>59)</sup>を調査した。また、肉眼観察により無病徴の種子を供試し、これを蔗糖加用ジャガイモ寒天培地(PSA培地)に置床した。PSA培地への置床の前に種子を表面殺菌(75%エタノールに30秒間、殺菌水で4回洗浄)し、置床後は25°Cで7日間保った。各調査時には100の種子をPSA培地に置床し、紫斑病菌の分離状況から感染種子の発生状況をより詳細に調査した。

感染状況については、ダイズの開花後日数と種子の肥大度で示した。種子の肥大度については、成熟期における稔実種子を100とする乾物重比(%)で表した。罹病

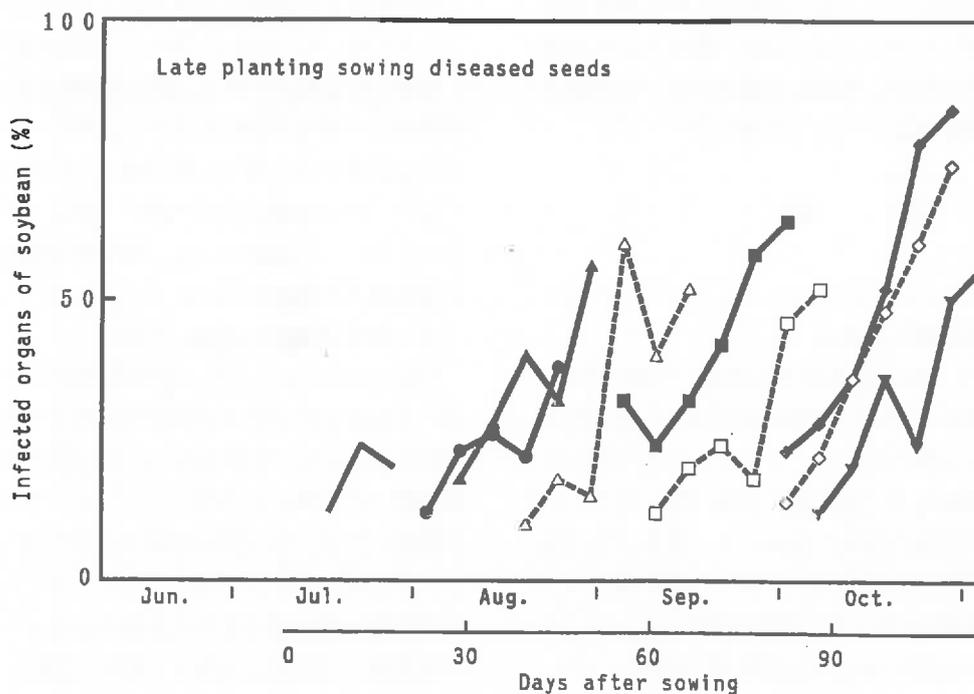


Fig.3. Progress of purple stain development on soybean during cultivation  
 (— : cotyledon, —● : primary leaf, —▲ : 1st to 5th leaf,  
 .....△ : 1st to 5th leaf's petiole, —■ : 6th to 10th leaf,  
 .....□ : 6th to 10th leaf's petiole, —◆ : 11th to 13th leaf,  
 .....◇ : 11th to 13th leaf's petiole, —▼ : pod).

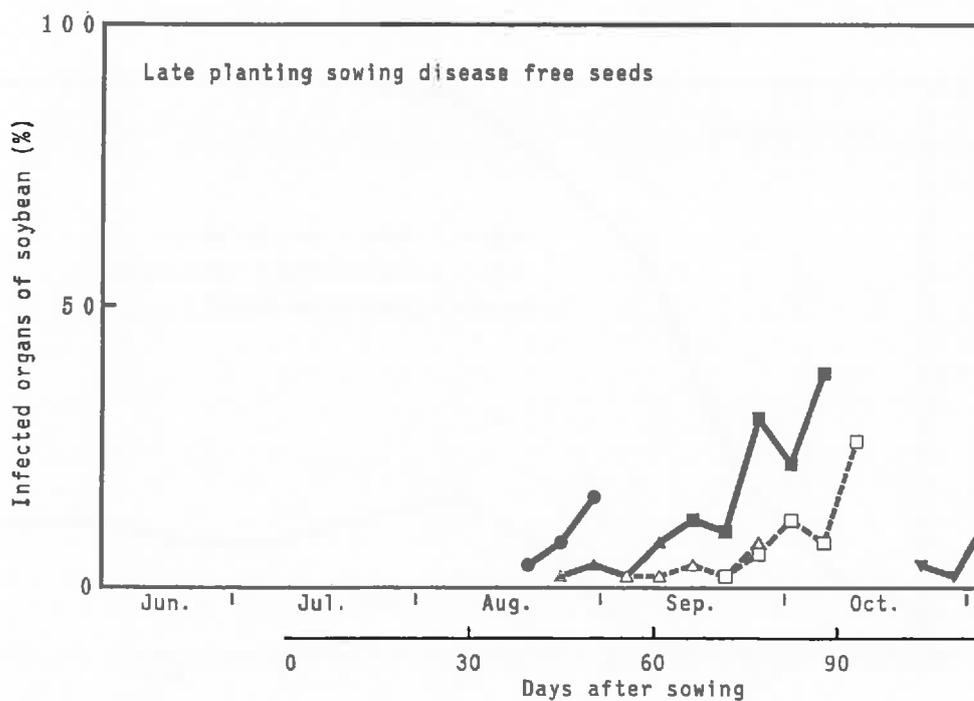


Fig.4. Progress of purple stain development on soybean during cultivation  
 (—● : primary leaf, —▲ : 1st to 5th leaf,  
 .....△ : 1st to 5th leaf's petiole, —■ : 6th to 13th leaf,  
 .....□ : 6th to 13th leaf's petiole, —▼ : pods).

種子を播種した栽培においては、成熟期以降も調査を続けた。なお、採集した莢については肉眼観察により発病状況を調査するとともに、発現した病斑については既述の方法により紫斑病によるものとの確認を行った。

## 結 果

### 1) 早まき栽培

#### (1) 罹病種子を播種した栽培

Fig.5 に示したように、罹病種子を播種した栽培では、感染種子の初発生は8月下旬（開花後約30日、種子肥大度約10%、R 5）に認められた。しかし、8月下旬から9月下旬（開花後約55日、種子肥大度約70%、R 5）までの感染率は4%前後の低率で推移した。10月上旬（開花後約65日、種子肥大度約80%、R 6）に感染率が19.1%に上昇し、成熟期（10月下旬、開花後約85日、R 8）の10~15日前に当たる10月中旬（黄莢期、開花後70~75日、種子肥大度ほぼ100%、R 7）に感染率が27.8%と最高値に達した。成熟期における感染率は24.4%で、成熟期以降も調査を続けたが、感染率の上昇は認められなかった。

採集した莢の発病状況も同時に調査したが、莢の初発病時期は9月中下旬で、種子の感染が初めて認められた時期より約20日遅かった。このことから9月中下旬までに調査した莢は、感染種子を内蔵していたにもかかわらず

肉眼観察では病斑の形成が認められなかった。

8月下旬~10月上旬に調査した感染種子は無病微莢から収穫される場合が多く、紫斑発現程度もきわめて低く、胚座のみに紫斑を発現するものが多かった。しかし、10月中旬以降の感染種子は発病莢から収穫される場合が多くなり、中には莢の病斑と接する部分に紫斑を発現するものがあつた。成熟期には、紫斑発現程度のきわめて高い感染種子も認められた。

#### (2) 無病微種子を播種した栽培

Fig.5 に示したように、無病微種子を播種した栽培では、感染種子の初発生時期が罹病種子を播種した栽培より約10日遅れた。各調査時における感染種子の発生率は、罹病種子を播種した栽培の1/2~1/5程度で推移し、成熟期の約10~15日前に感染率が最高値（13.7%）に達し、成熟期の感染率は10.0%であった。感染種子の紫斑発現程度は成熟期においても低かった。莢の初発病時期は感染種子の初発生時期より約20日遅く、また、登熟初期の感染種子は無病微莢から収穫される場合が多かった。

### 2) 遅まき栽培

#### (1) 罹病種子を播種した栽培

Fig.6 に示したように、罹病種子を播種した栽培では、感染種子の初発生時期は9月中下旬（開花後約35日、種子肥大度約30%、R 5）で、感染率は4.0%であった。感染種子は10月上旬からわずかに増加し始め、成熟期

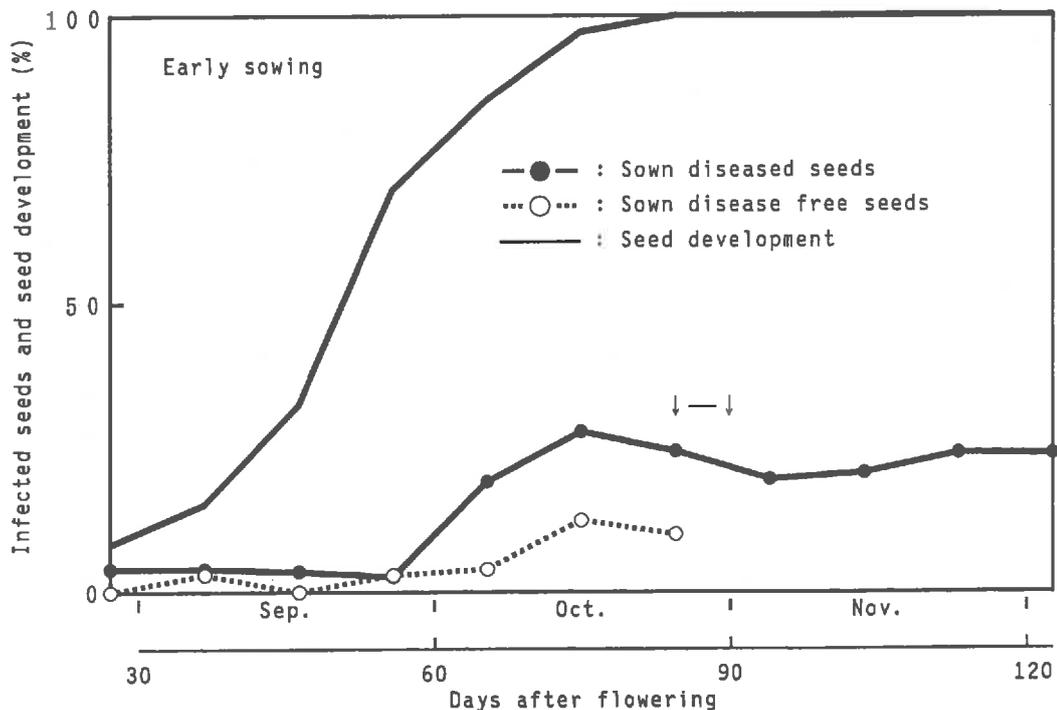


Fig.5. Incidence of infected seeds caused by purple stain of soybean during seed development stages (↓—↓: harvest maturity).

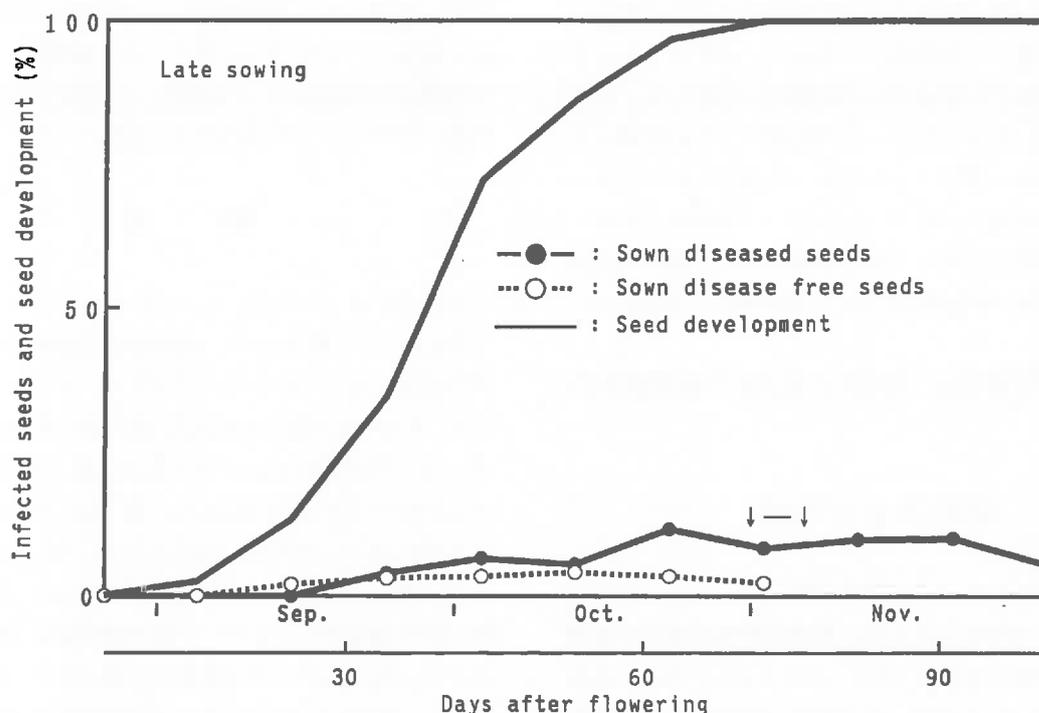


Fig. 6. Incidence of infected seeds caused by purple stain of soybean during seed development stages (↓—↓: harvest maturity).

(10月下旬～11月上旬, 開花後75～80日, R 8) の約10～15日前の10月中下旬(開花後約65日, 種子肥大度ほぼ100%, R 7) に感染率が最高値に達した。10月上旬, 中下旬および成熟期における感染率は, それぞれ6.5, 11.6および8.3%で, 調査期間を通しての感染率は, 罹病種子を播種した早まき栽培の1/2～1/5程度で推移した。感染種子の紫斑発現程度は低く, 成熟期においても胚座のみ紫斑を発現する程度の軽いものが多数を占めた。莢の初発病時期は感染種子の初発生時期より約15日遅かった。なお, 成熟期以降も調査を続けたが, 感染率の上昇は認められなかった。

## (2) 無病徴種子を播種した栽培

Fig. 6 に示したように, 無病徴種子を播種した栽培では, 感染種子の初発生時期は罹病種子を播種した栽培に比べ1週間程度早かった。しかし, 初発生後の感染率の顕著な上昇時期はみられず, 感染率が最高値に達する時期を明らかにすることができなかった。各調査時における感染率は罹病種子を播種した栽培の1/2程度で推移し, 感染種子の紫斑発現程度もきわめて低く, 成熟期においても胚座のみに紫斑を発現する種子が多かった。なお, 莢の初発病時期は感染種子の初発生時期より約30日遅かった。

早まき, 遅まきあるいは罹病種子, 無病徴種子を播種したいずれの栽培においても, 肉眼観察(種子乾燥後の

紫斑発現) で判定した感染種子の初発生時期より約5日前に, 無病徴種子から紫斑病菌が分離された。

既述のように, 種子の登熟が早く進む遅まき栽培では, 登熟期間が約7日短くなった。そこで, 罹病種子および無病徴種子を播種した栽培を区別せずに, 播種時期別に種子の感染状況をダイズの開花後の日数で比較した。その結果, 感染種子の初発生時期には両者の間にほとんど差が認められなかったが, 感染率が最高値に達する時期は遅まき栽培で約10日早くなった。また, 感染率が最高値に達する時期を成熟期前の日数で比較した結果, いずれの栽培も成熟期の10～15日前がその時期に該当し, 差はなかった。

一方, 感染種子の初発生時期および感染率が最高値に達する時期を種子の肥大度から検討した結果, 早まきおよび遅まき栽培とも種子が約10%およびほぼ100%に肥大する時期がそれらに相当した。なお, 感染率が最高値に達する時期は, いずれの栽培においても種子がほぼ完全に肥大を終える黄莢期であった。

ほ場で生育している状態での種子の発病(紫斑種子の発生)は, 成熟期にかなり近づいた時期になるまで認められない<sup>40)</sup>。このことから, 本試験の目的である感染種子の発生調査とは別に, 成熟期の約30日前から2～3日間隔で10～20莢を無作為に採集した。採集した直後の新鮮な莢から直ちに種子を収穫すると同時に, 肉眼観察に

より種子での紫斑の発現の有無<sup>4)</sup>を調べ、すでに紫斑の発現している種子を発病種子と見なし、ほ場で生育している状態での種子の発病状況を経時的に追跡した。その結果、早まき、遅まきあるいは罹病種子、無病微種子を播種したいずれの栽培においても、成熟期の約20日前から種子の発病が認められた(データ未記載)。なお、このようにほ場で生育している状態ですでに紫斑を発現している種子を、本論文をとおして発病種子と定義した。

### 3. 種子の感染に及ぼす品種の早晚性の影響

#### 材料および方法

中生種のアキシロメおよび早生種のエンレイの罹病種子を供試し、1983年6月6日に農業試験場のほ場に播種した。栽培ほ場の面積は27m<sup>2</sup>(4.5×6m)とし、各品種を13.5m<sup>2</sup>(4.5×3m)に、隣接して栽培した。間引き後、各品種それぞれ約75株(株間30cm・畝幅60cmの1本植え)を育成した。なお、肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

種子の登熟初期に当たる8月9日(エンレイ)および8月23日(アキシロメ)から成熟期までの期間、約7日間隔で莢を採集し、前項の方法に従って感染種子の発生

状況を調査した。各調査時には各品種とも無作為に100莢を採集し、200~250の種子(無病微種子のPSA培地への置床は100種子)を供試した。なお、前項の試験と同様、採集した莢の発病状況も調査した。

## 結 果

### 1) エンレイ

Fig.7に示したように、感染種子の初発生は8月下旬(開花後約35日、種子肥大度約30%、R5)に認められたが、9月中旬(開花後約50日、種子肥大度約80%、R5~6)までの感染率は0.5~6.2%と低率で推移した。感染率は9月中下旬(開花後約55日、種子肥大度約85%、R6)に上昇し始め、成熟期(10月上中旬、開花後70~75日、R8)の約10日前に当たる9月下旬(開花後60~65日、種子肥大度100%、R7)にほぼ最高値に達した。9月中下旬、同下旬および成熟期の感染率は、それぞれ14.3、47.4および48.8%であった。8月下旬~9月上中旬に調査した感染種子の多くは、胚座に紫斑が発現する程度の軽いもののみで、肉眼的にみて莢に病斑が形成されていないものから収穫された。しかし、9月下旬以降に調査した感染種子の紫斑発現程度はきわめて高く、莢の病斑と接する部分から感染し、種皮全面に紫斑が発現したものもあった。莢の初発病時期は9月上中旬で、感染種子

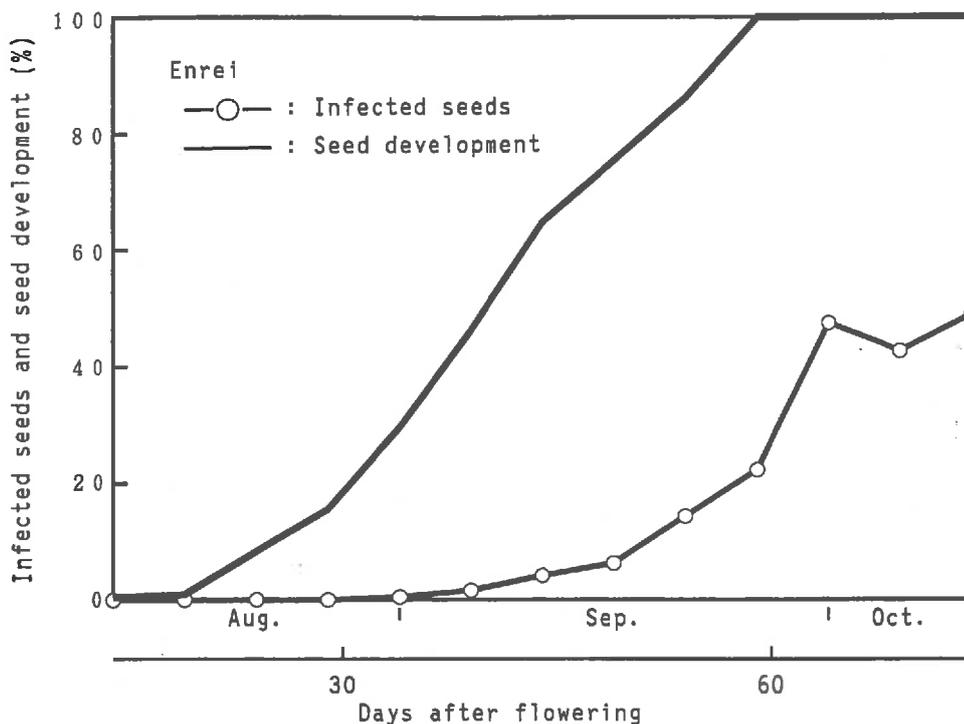


Fig.7. Incidence of infected seeds caused by purple stain of soybean during seed development stages.

の初発生時期より約10日遅かった。このことから9月上中旬までの感染種子は、肉眼観察で病斑の形成が認められない莢から収穫された。しかし、9月下旬以降に調査した感染種子は発病莢から収穫される場合が多かった。

## 2) アキシロメ

Fig.8 に示したように、感染種子の初発生は9月上中旬（開花後約40日、種子肥大度約30%、R 5）に認められたが、10月上中旬（開花後約70日、種子肥大度100%、R 6）までの感染率は7.1%以下と低率であった。感染率は10月中下旬に上昇し、成熟期（11月上旬、開花後約95日、R 8）の10～15日前に当たる10月下旬（開花後80～85日、子実肥大度100%、R 7）にほぼ最高値に達した。10月中下旬、同下旬および成熟期における感染率は、それぞれ21.1、21.6～24.3および22.4%であった。成熟期においても感染種子の紫斑発現程度は低く、胚座の部分のみに紫斑を発現するものが多かった。なお、莢の初発病は9月下旬に認められ、感染種子の初発生時期より約10日遅れた。莢の発病は10月中下旬から増加したが、感染種子の多くは無病徴莢から収穫される場合が多かった。

品種の早晚性と感染種子の発生状況を比較した本試験においても、無病徴種子から紫斑病菌が分離された時期は、エンレイおよびアキシロメとも肉眼観察による紫斑の発現（種子乾燥後の紫斑発現）で確認された感染種子の初発生時期より約10日早かった。

種子の登熟期間は早生種のエンレイで約70日、中生種のアキシロメで約90日であった。したがって、感染種子の初発生時期および感染率が最高値に達する時期をそれぞれの品種の開花後の日数で比較した。その結果、エンレイでは感染種子の初発生時期が約5日、感染率が最高値に達する時期が約20日、それぞれアキシロメより早かった。なお、品種の早晚性に関係なく、両品種とも成熟期の10～15日前に感染率が最高値に達したことは、前項の播種時期との関係を解析したアキシロメの結果と同じであった。

一方、種子の肥大度との関係で感染種子の初発生時期および感染率が最高値に達する時期を検討した結果、品種の早晚性にかかわらずエンレイおよびアキシロメとも、それぞれ種子が約30%および100%に肥大した時期がそれぞれに該当した。なお、品種の比較試験においても、感染率が最高値に達する時期はエンレイおよびアキシロメとも黄莢期に該当した。

エンレイについては感染種子の発生状況の調査とは別に、成熟期の約30日前から2～3日間隔で10～20莢を無作為に採集し、前項の播種時期を異にしたアキシロメの場合と同様に種子の発病状況を調べた<sup>40)</sup>。その結果、成熟期の約20日前に種子の初発病が認められた（データ未記載）。

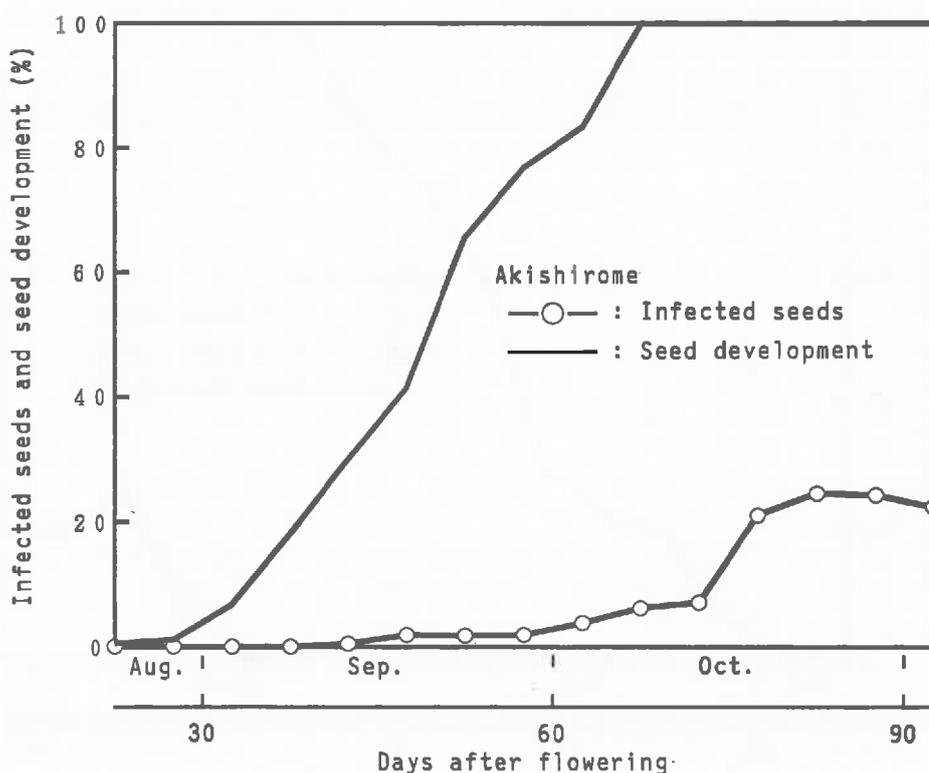


Fig.8. Incidence of infected seeds caused by purple stain of soybean during seed development stages.

#### 4. 種子の感染と発病との関係

上記の調査結果から種子の登熟期間における感染状況が明らかになった。しかし、この調査方法では莢の採集時にすでに感染していた種子と莢の乾燥中に莢から種子へ侵入した紫斑病菌による感染種子とを区別することができない。そこで、ほ場から採集した直後の新鮮な莢から直ちに種子を収穫し、すでに種子にまで侵入していた紫斑病菌による感染種子の発生状況とともに、肉眼観察により種子の発病状況を調査した。

#### 材料および方法

前項の品種の早晚性と種子の感染状況との関係を比較した試験でのアキシロメを供試し、前項の調査とは別に、種子の登熟初期から成熟期に至るまでの期間約7日間隔で各調査時に100莢を無作為に採集した。採集直後の莢から種子を収穫すると同時に、肉眼観察で紫斑の発現を認めた種子を発病種子と見なし、その発生推移を調べた。また、莢から種子を収穫した時点で無病徴であった種子については、25°Cで約20日間乾燥した後に再度調査した。乾燥後、肉眼観察により紫斑の発現を認めた種子を感染種子と見なし、感染状況を調べた。各調査には200~250の種子を供試し、感染および発病状況をダイズ開花後の

日数とともに、前項で示した種子の肥大度で示した。なお、乾燥した後も無病徴であった種子を供試して、これらを既述の方法に従ってPSA培地に置床後(各調査時100種子)、紫斑病菌の分離状況から感染種子の発生状況をより詳細に調査した。

#### 結 果

Fig.9に示したように、感染種子の発生は9月下旬(開花後約50日、種子肥大度約60%、R5)に初めて認められた。しかし、10月上旬(開花後約70日、種子肥大度ほぼ100%、R6)までの感染率は1.8~2.9%と低率に推移した。10月中旬(開花後70~75日、種子肥大度100%、R6)に感染率が上昇し始め、成熟期の10~15日前の10月下旬(開花後約85日、R7、黄莢期)に感染率が25.7%と最高値に達した。なお、成熟期の感染種子率は21.0%であった。

一方、発病種子は10月上旬(成熟期の20~25日前、黄莢期)に初めて認められ、その後の短期間に急増した。成熟期の10~15日前の10月下旬(黄莢期)に発病率は最高値(26.1%)に達し、成熟期(11月上旬、開花後90~95日、子実肥大度100%、R8)における発病率は20.7%であった。

10月中旬までにすでに発病していた種子の中には、種

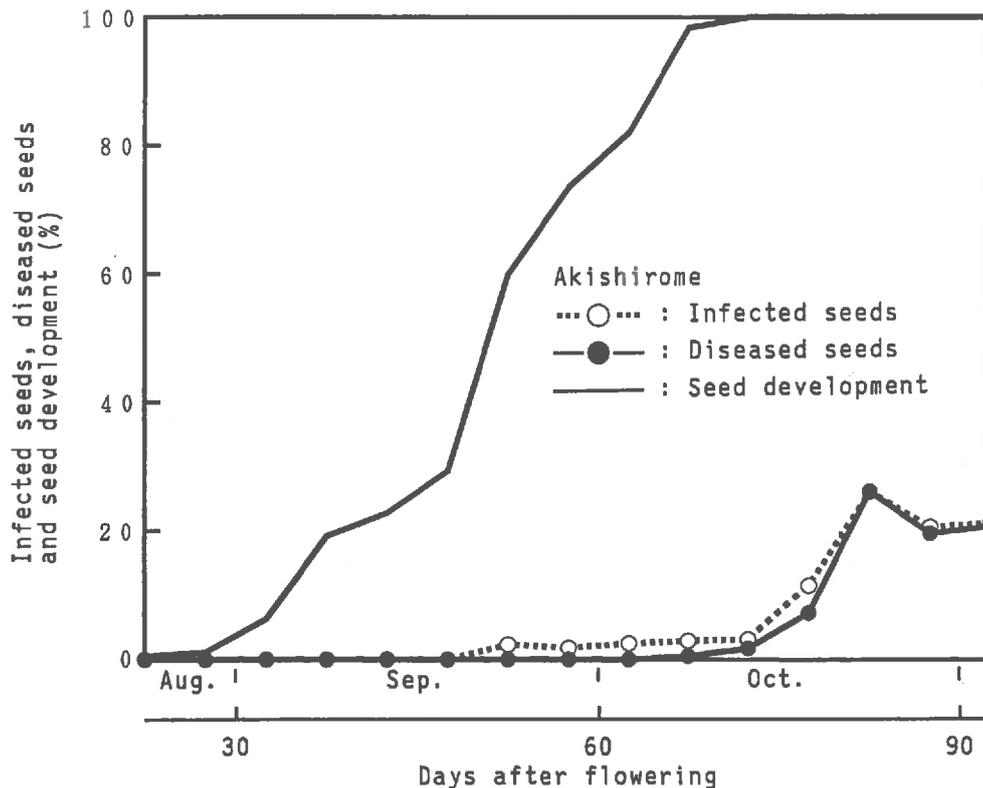


Fig.9. Incidence of infected and diseased seeds caused by purple stain of soybean during seed development stages.

子の乾燥後に紫斑面積（紫斑発現程度）が若干拡大するものがあった。しかし、10月下旬以降に発病した種子については、乾燥前後の紫斑発現程度にほとんど変化がみ

られなかった。また、10月下旬（黄莢期）以降は種子の感染率と発病率との間にほとんど差がみられなくなった（Fig.9）。

## 第4節 病原菌の越冬状況

ダイズ収穫後のほ場には落葉などの残渣が次年度作のダイズ播種時期まで放置されている場合が多い。そこで、紫斑病に罹病した残渣上での病原菌の越冬状況を明らかにするため試験を実施した。

### 材料および方法

既述の1981年に紫斑病が多発したアキシロメの早まき栽培ほ場における罹病残渣の中から、主に罹病葉柄を供試した。供試した罹病葉柄は次のとおり処理した。（1）ほ場の地表面に放置した罹病葉柄（2）土壌中に埋設した罹病葉柄（1981年11月19日に耕運機により罹病葉柄をほ場の地表面下5～10cmにすき込む）（3）成熟期以降も収穫せずに立毛状態でほ場に残した株の罹病葉柄（対照）。それぞれの処理を施した罹病葉柄の病斑を1981年11月19日（処理前）から1982年5月17日まで15～30日間隔で採集し、各々の条件下における紫斑病菌の越冬状況を調査した。各調査時にはそれぞれの処理区から50～75罹病葉柄を採集し、水道水で表面に付着した土壌などを丁寧に除去した。洗浄した罹病葉柄は病斑部を含む約1cmの長さに切断し、各処理から50～75病斑を選び、25°Cの温室に2～7日間保った後に顕微鏡で紫斑病菌の分生胞子の形成状況を調べた。検鏡の前に1病斑ずつTween20の0.02%水溶液5mlが入った試験管に移し、振とう器（TAIYO BUSSAN mixer<sup>®</sup>）で60秒間攪拌して分生胞子の懸濁液を作成した。分生胞子の懸濁液を5滴スライドガラス上に滴下し、1滴当たり5視野（顕微鏡の視野10×10）、計25視野に観察される分生胞子を1病斑に形成された分生胞子数とみなし、次式により調査した病斑の平均分生胞子形成程度を算出した。Y（平均分生胞子形成程度）=  $4A + 3B + 2C + D / 4$ （A+B+C+D+E）×100、A=200個以上の分生胞子を形成する病斑。B=50～199個の分生胞子を形成する病斑。C=10～49個の分生胞子を形成する病斑。D=10個未満の分生胞子を形成する病斑。E=分生胞子の形成が認められない病斑。上記の式により算出された分生胞子形成程度から紫斑病菌の越冬状況を判定した。

### 結 果

紫斑病菌は病斑部において子座の形で越冬した。立毛状態でほ場に残されたダイズ株の葉柄の病斑については、いずれの調査時期においてもほとんどの病斑に子座が認められ、病斑上に常に病原菌の分生胞子が多量に形成された（Fig.10、図版Ⅲ-3、4）。

ほ場の地表面に放置された罹病葉柄の病斑についても、各調査時にはほとんどの病斑に子座が認められた。立毛状態に保たれたダイズ株の葉柄の病斑に比べると分生胞子の形成程度はかなり低かったが、ほ場の地表面に放置された罹病葉柄の病斑では越冬後の4～5月でも子座上になんかの分生胞子が形成されていた。一方、土壌中にすき込んだ罹病葉柄については、すき込み後の日時の経過に伴って組織の腐敗が進み子座の存在する病斑が少なくなった（図版Ⅲ-1、2）。特に越冬後の4月以降になると組織の腐敗が激しくなり、子座の残存する病斑数がきわめて少なくなるとともに、子座から発育する分生子柄上に形成される分生胞子量も著しく低下した。なお、顕微鏡観察の前に病斑を25°Cの温室に2～7日間保ったが、土壌中にすき込んだ罹病葉柄の病斑については、立毛状態あるいはほ場の地表面に放置された罹病葉柄の病斑にくらべ、分生胞子の形成に要する期間（日数）が長くなった。

本試験の結果から、罹病組織をほ場にすき込んで組織が腐敗しない限り、病原菌はその病斑部で子座の形で越冬することが明らかになった。

### 考 察

Table 3に示したように、紫斑病に罹病したダイズの種子をほ場に播種した栽培では、生育全期間にわたり紫斑病が多発し、本病以外の病害の発生はきわめて少なかった。したがって、罹病種子を播種した栽培での茎葉と莢などに発生する病害の大部分が紫斑病によるものと判断された。しかし、調査した病斑の約10%から紫斑病菌以外の糸状菌と細菌が観察されたことから、茎葉と莢などに現れる病徴の肉眼観察だけでは紫斑病と他の病害とを完全に識別することは困難であることがわかった。一方、

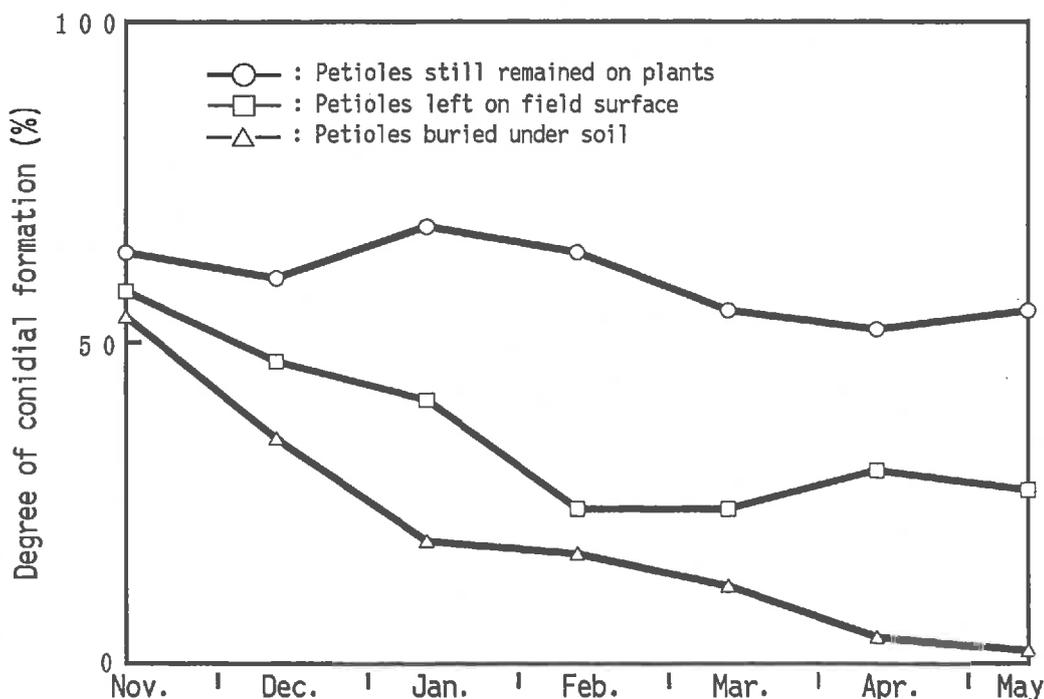


Fig.10. Over-wintering of pathogen, *Cercospora kikuchii*, on diseased plant residues (petioles) of soybean.

無病徴種子を播種した栽培での茎葉と莢などから採集した500の病斑を顕微鏡で観察した結果、その大部分から種名が不明な糸状菌と炭そ病菌の分生孢子などが検出され、紫斑病菌の検出率はきわめて低かった。この結果が示すように、無病徴種子を播種した栽培では病徴の肉眼観察だけで発生している病害を紫斑病と判別することは一層困難であると言える。したがって、紫斑病の特徴である子座（黒点）が病斑上に形成される場合を除き、発生している病害が紫斑病であることの確認は、藤田<sup>11)</sup>も述べているように、病斑の顕微鏡観察が必要である。

葉、葉柄、分枝、茎および莢の病斑に黒点を形成する病害として、紫斑病（子座）のほか黒点病（柄子殻）および炭そ病（分生孢子層）がある。黒点病の場合、紫斑病に比べ黒点が大きく表面が平滑である。一方、炭そ病の黒点は隆起し、病斑上に輪紋状に形成される特徴があるとともに、黒点上に剛毛の形成がみられる。したがって、病斑上に黒点の形成が顕著に認められる場合は、これらの特徴により紫斑病、炭そ病および黒点病の判別が病徴観察だけで可能である<sup>23)</sup>。しかし、黒点の形成が明確でない場合は病斑を温室に保ち、それぞれの病害の分生孢子などを顕微鏡で確認して病名を判別する必要がある。なお、紫斑病 (*Cercospora kikuchii* Matsumoto et Tomoyasu) のほか、*Cercospora* 属の菌が原因で茎葉と莢が発病する病害に斑点病 (*Cercospora sojina* Hara) がある。両病害の病徴には明らかな違いがあり、また、

分生孢子の形態も異なることから両病害の判別が容易であるとされている<sup>23)</sup>。本試験および既述の現地調査で採集した病斑から斑点病の分生孢子が検出されなかったことから、斑点病は本県においては重要な病害とは考えられなかった。なお、細菌による病害と推定された病斑については、常法の希釈平板法により単コロニー分離を行い、分離細菌をポット栽培のダイズ幼苗、あるいはほ場から採集した無病徴莢に噴霧接種した。その結果、初生葉、本葉および莢に斑点細菌病あるいは葉焼病の病徴が発現した。Table 3 に示したように、斑点細菌病菌および葉焼病菌の検出率は、罹病種子を播種した栽培ではそれぞれ0.2%および1.0%、無病徴種子を播種した栽培ではそれぞれ1.2%および1.8%であった。

Table 4 に示したように、広島県内を南部、中部および北部地帯に大きく区分し、地帯毎に紫斑病による種子の被害状況を解析した。ダイズの栽培地帯の違いにもかかわらず、種子の被害状況はほぼ同程度であった。一方、平野部で立地条件の良好なほ場と、立地条件の良くない山際に位置するほ場で栽培されるダイズ種子の被害程度には明らかな差が認められ、山際に位置するほ場で種子の被害が大きかった。これらの結果から、地帯毎のような広い地域でみた気象条件よりも、ほ場の立地条件による微気象が本病の発病に大きく影響するように推測された。しかし、紫斑病による種子の被害程度は、その年の発病期における気象条件に大きく左右されるもののほ場

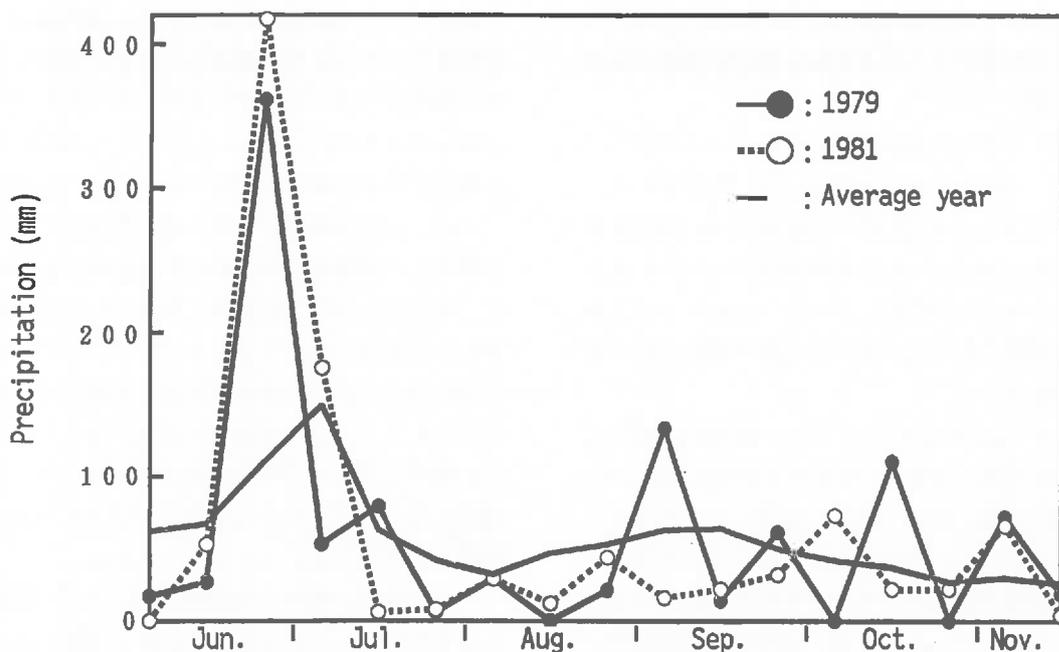


Fig.11. Precipitation during soybean cultivation.

の微気象的影響は少なく、むしろ土壌の状態（物理性）と耕種条件などによりダイズの生育が影響をうけ、それにとまなう耐病性の低下により助長されるという報告がある<sup>59)</sup>。Table 4 に示したように、ほ場当たりの稔実種子数が平野部のほ場に比べ山際のほ場で著しく少ないことから、ダイズの生育状況が山際のほ場ではきわめて不良であることが推測される。したがって、山際に位置するほ場で種子の発病が助長された原因としては、生育不良がもたらすダイズの耐病性の低下が大きく影響したものとするのが妥当であろう。

栽培環境の中では、早まき栽培および梅雨の時期（7月上旬）にすでに茎葉などに紫斑病の発生が認められたほ場で、成熟期における種子の発病が著しく助長されることが明らかにされた（Table 4）。遅まき栽培に比べて発病に好適な条件<sup>11,49,50)</sup>、すなわち、梅雨に遭遇する期間が長い早まき栽培（Fig.11）、特に罹病種子を播種した早まき栽培で見られたように、梅雨の到来以前にすでに茎葉などに発病が認められていた場合は、梅雨の期間に茎葉の発病が著しく助長された（Fig.1）。梅雨の期間における茎葉の多発の影響が、その後成熟期に至るまで続き（Fig.1）、その結果、種子の発病を助長することにつながる事が明らかとなった（Fig.5）。さらに、播種時期を異にしたアキシロメの調査結果が示したように、早まき栽培では遅まき栽培に比べ種子の登熟期間が長くなった（Fig.5, Fig.6）。したがって、登熟期間が長く

なることによる種子の感染期間の延長も、早まき栽培での発病を助長する要因となった。病原菌の孢子飛散消長やウイルスベクターのアブラムシの飛来消長を考慮に入れ、これらによる最も重要な感染時期を避ける栽培体系が重要な病害防除法になることは、イネいもち病<sup>26)</sup>やダイコンモザイク病<sup>24)</sup>で明らかにされている。したがって、紫斑病についても栽培品種に適應される範囲内で可能な限り播種時期を遅くする栽培法をとることは、梅雨に遭遇する期間および種子の感染期間が短縮されるため、紫斑病による種子の被害を低減するための重要な耕種的防除法であると考えられる<sup>46)</sup>。

収穫時期の早晩も種子の発病に影響すると報告されているように<sup>11,33,34)</sup>、適期収穫期を過ぎ遅くまでほ場に残されたダイズで発病が助長された（Table 4）。収穫期の遅れは降雨に遭遇する機会を増すことから、種子の水分含有量の低下を遅らせる原因になる。このことが、種子への病原菌の侵入および増殖を可能にし、その結果、発病率が上昇したものと考えられる<sup>34)</sup>。

多くの栽培品種のなかで、広島県ではアキシロメ、シロタエおよび中鉄砲を栽培する農家が多かった。Table 4 に示したように、調査ほ場105のうち、これら3品種が栽培されていたほ場が70あり、中でも奨励品種のアキシロメは51ほ場で栽培されていた。種子の発病は3品種ともほぼ同程度であった。また、栽培品種の不明なほ場が35あったが、これらの中で特に種子の発病が少

ないものは見当たらなかった。したがって、本県では紫斑病に抵抗性を有する品種が栽培されていないと考えられた。なお、全国的にみても実用的な抵抗性品種が見当たらないのが現状である<sup>62)</sup>。

水田転換畑で種子の発病が助長されるとする報告<sup>51,59)</sup>があるように、本県における調査でも普通畑に比べ水田転換畑で種子の発病がやや助長される結果を得た (Table 4)。また、すでに報告されているように<sup>6,17,34,58,60)</sup>、ペノミル剤およびチオファネートメチル剤のダイズ生育期の散布は、種子の発病を抑えるのに有効であった (Table 4)。

Fig.1 および Fig.3 に示したように、紫斑病に罹病した種子をほ場に播種した場合、初発病は子葉に認められ、その後は日時の経過に伴って新たに発育してくるダイズの器官が次々発病した。降雨が続いた後には、生育中の罹病組織上に紫斑病菌の分生胞子が形成されるのをしばしばほ場で観察された。また、茎の病斑の顕微鏡観察で明らかにしたように、病原菌は生育初期に感染した組織で長期間生存し、分生胞子を形成する能力を保持していた。これらのことから、新たに発育してくるダイズの器官は、すでに発病している器官に形成された分生胞子の飛散に常に遭遇し、これらの分生胞子の感染により連続して発病がくり返されることを明らかにした。このように、感染源の絶え間のない蓄積により、ほ場における病勢の進展や発病の程度はダイズの生育が進むにしたがって助長された。さらに、藤田<sup>8)</sup>が指摘するように、茎葉、莢および種子の組織内での菌糸伸長が組織の老化に伴って促進されることから、ダイズの老化に伴う感受性の増大も、生育後期になるにしたがって発病が助長されることに関連しているようである。

本試験では連続して紫斑病が次々に伝染する結果を示した。しかし、罹病種子を播種した場合でも、子葉、初生葉および第1、第2本葉の発病後、病勢の進展が一時期停滞し、筆者が示した連続的な伝染がみられないとする報告がある<sup>11)</sup>。この原因として、栽培時における気象要因の違いが最も大きく関係したものと推察されるが、ほ場内に存在する伝染源の量の多少も無視することはできない。したがって、紫斑病の発生予察法の開発については、本病の発生と紫斑病菌の活動に影響する条件 (降雨、葉面湿度、結露時間および気温)<sup>7,9,11,49,50)</sup>との関係だけでなく、すでにほ場に存在する感染源の量の多少も要因に入れた詳細な検討が必要であろう。この意味では孢子トラップによる予察が有効と考えられる<sup>11,52,65)</sup>。

乙藤<sup>34)</sup>は落葉前の生葉の病斑には紫斑病菌の分生胞子が形成されないが、落葉の病斑には形成されることを

報告している。筆者も、ほ場が湿潤な状態にあれば地表に散乱している落葉の病斑上に常に紫斑病菌の分生胞子が形成されているのを観察している。このことから、落葉の病斑に形成される分生胞子もダイズ生育期の発病の重要な伝染源になることが示唆された。筆者の調査では、落葉した葉身は降雨に遭遇すると、その後短期間に腐敗するが、葉柄は組織の腐敗が遅く長期間にわたってほ場に残留し、病斑上に分生胞子が形成されるのを認めている。単位面積当たりの病斑に形成される分生胞子量は、葉柄では葉身に比べてはるかに多いことから<sup>63)</sup>、落葉の葉柄の病斑に形成される分生胞子は葉身の病斑に形成されるものより、より重要な伝染源になるものと推測される。落葉は莢および種子の形成期以降に多くなるので、罹病落葉に形成される分生胞子は特に莢と種子の発病の重要な伝染源になるものと考えられる。

アキシロメの種子の感染状況は、(1) ほ場から採集した莢を乾燥した後に種子を収穫して調べる方法と(2) ほ場から採集した直後の新鮮な莢から直ちに種子を収穫して種子を乾燥した後に調べる方法により比較検討した。(1)の方法ではダイズの開花後約40日 (Fig.8)に、(2)の方法では開花後約50日 (Fig.9)に感染種子の初発病が認められた。(1)の方法では(2)の方法に比べて10日程度感染種子の初発病が早く認められた。既述のように(1)による結果は莢の乾燥中に種子へ侵入した病原菌による感染種子も含まれているので、厳密な意味での種子の感染時期を表していない。したがって、(1)および(2)の方法による結果の比較から考察すると、莢への紫斑病菌の侵入は開花後約40日にはすでに始まっており、莢に侵入した病原菌が種子に達するまでにさらに10日程度を要するものと考えられる。発生初期に当たる開花後50日頃の感染種子は、病原菌の保菌部位が胚座のみに限られ、しかも、肉眼的に見て無病徴の莢から得られた。したがって、病徴を発現することなく莢の維管束部にまで侵入していた病原菌<sup>8)</sup>による維管束を通しての種子の胚座への到達が、登熟初期の種子への病原菌の主な侵入経路と考えられる。登熟初中期に無病徴莢から収穫された感染種子の多くが胚座のみに紫斑を発現することからも、登熟初期の種子の感染が、莢の維管束を通して胚座へ侵入した病原菌によって行われることを裏付けている。一方、発病した莢が頻繁に見られ、莢の病斑が明瞭になる時期になると、莢の病斑と接する部分から病原菌が侵入したと考えられる感染種子も観察されるようになった。このような感染種子は種子の登熟がかなり進んだ段階で認められた。なお、種子の感染状況を調査したいずれの試験においても、肉眼観察による紫

斑種子の初発現時期の5～10日前に無病徴種子から紫斑病菌が分離された。したがって、感染種子が紫斑を発現するためには、侵入後ある程度の病原菌の増殖が必要であると推測される。

アキシロメの遅まきおよび早生種のエンレイのように種子の登熟が早く進む栽培では、開花後の日数で比較した場合、感染種子の初発時期および感染率が最高値に達する時期が早く認められた。一方、種子の登熟度(肥大程度)で比較した結果では、播種時期の早晚と品種の早晚性にかかわらずほぼ同程度に登熟した段階で、感染種子の初発生がみられ、感染率が最高値に達した(Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8)。いずれの栽培においても、成熟期の10～15日前(黄莢期)に種子の感染率が最高値に達した。この時期はBilsら<sup>3)</sup>が示す種子の水分含有量が生理的に低下し始める時期に相当する。したがって、黄莢期を境に種子の硬化が始まるため、新たな感染が著しく抑制されるものと考えられる。

一方、播種時期の早晚や品種の早晚性にかかわらず、アキシロメとエンレイを供試したいずれの栽培においても、種子の初発病は成熟期の約20日前(黄莢期)に見られ、その後短期間に感染種子の大部分が発病した。種子の感染と発病との関係が示すように(Fig.9)、発病は感染後一定の潜伏期間を経た後に次々みられるのではなく、感染時期の早晚にかかわらず種子が完全に肥大を終え、生理的に水分含有量が低下し始める黄莢期<sup>3)</sup>ころから一斉に始まることを明らかにした。このように、種子の感染と発病は登熟度と深く関連することから、感染と発病状況の表示についてはダイズの開花後の日数とともに、種子の登熟度も併記する必要がある。

アキシロメの種子の感染および発病状況の推移から判断すると(Fig.9)、成熟期の10～15日前まで感染率は増加するが、この時期を過ぎると新たな種子の感染がほと

んど認められなくなる。また、成熟期の10～15日前は種子の発病率がほぼ最高値に達する時期でもある。したがって、成熟期の10～15日前から成熟期にかけて不順な気象条件、特に降雨が続かない限り、成熟期における種子の発病程度は成熟期の10～15日前に決まるものと結論される。

ダイズの罹病組織を乾燥した状態で保存すると、紫斑病菌は長期にわたって生存することが可能であると報告されている<sup>20)</sup>。一方、積雪地帯においては、ほ場に放置された罹病残渣は融雪後に腐敗した状態になり、越冬後の残渣での病原菌の密度が著しく低下することが報告されている<sup>11,61)</sup>。他方、広島県の中南部地帯のように積雪がほとんどなく冬季が比較的乾燥した状態で経過する地域では、罹病組織が腐敗せずに残り、ほ場に放置し土壤に接した罹病残渣の病斑部においても病原菌が子座の形で容易に越冬することを認めている(Fig.10)。しかし、ダイズ収穫後の早い時期に罹病残渣をほ場にすき込めば、越年後の気温が上昇し始める4月頃から残渣組織の腐敗が進行し、罹病残渣上での子座が次第に認められなくなり、病斑上での分生胞子の形成量が著しく低下した。これらのことから、残渣組織が腐敗しない限り紫斑病菌は前年作の罹病残渣の病斑部で子座の形で越冬し、越年後も子座から発育した分生子柄上に多量の分生胞子を形成する能力を有していることを明らかにした<sup>42)</sup>。

本節の試験結果で明らかのように(Fig.2, Fig.4, Fig.5, Fig.6)、健全種子を播種した栽培でも、付近に紫斑病の発生ほ場が存在すると、それより飛散する分生胞子の感染により容易に紫斑病が伝染する。したがって、ダイズを集団で栽培する地域では、個々の農家がこの事実を十分に認識し、播種以前から罹病残渣の早期すき込みおよび健全種子を厳選して栽培に用いるなどの共通した防除対策を講じる必要がある。

## 第3章 ダイズ紫斑病の耕種的防除

前節では紫斑病に罹病した種子のみをほ場に播種し、発芽時から成熟期にかけて本病が伝染する過程を病斑上に形成された分生胞子の顕微鏡観察を行いながら追跡した。この結果から本病の基本的な発生消長を明らかにし、第一次伝染源としての罹病種子の重要性を指摘した。また、ダイズ生育期の本病の伝染源として罹病落葉もきわめて重要であることを示唆した。さらに、組織が腐敗しない限り、前年作のダイズの罹病残渣で紫斑病菌が越冬することも明らかになり、これが次年度作のダイズ栽培の第一次伝染源になることも指摘した。しかし、実際に

は罹病種子のみを播種する栽培は考えられない。そこで、本節では健全種子中に偶然紫斑病に罹病した種子が混入した場合の栽培を想定し、罹病種子から発育したダイズ株を第一次伝染源として本病が伝染する過程を明らかにするため試験を実施した。また、生育期の罹病落葉の伝染源としての感染能力および前年作の罹病残渣で越冬した病原菌の第一次伝染源としての感染能力を明らかにするための試験を行った。これらの試験で得られた結果に基づいて、第一次伝染源密度および生育期の伝染源密度の低減を目的とした耕種的防除の有効性を検討した。

### 第1節 第一次伝染源としての罹病種子の重要性

#### 材料および方法

アキシロメの無病徴種子を供試し、チウラム・ベノミル水和剤（チウラム20%、ベノミル20%）を粉衣処理後（乾物種子重の0.4%）、1984年6月13日に農業試験場のダイズ栽培初年目のほ場に播種した。試験は1区25m<sup>2</sup>（5m×5m）の4反復で実施し、初生葉展開時に1本植えとして（株間30cm・畝幅60cm）、1区当たり120株、計480株を育成した。各区の中央にはアキシロメの罹病種子を同時に播種し、罹病種子から発育した発病株（1区1株、計4株）を伝染源（以下接種源と記述）として育成した。調査を容易にするため、ダイズは一株ずつビニールテープで支柱に固定して栽培した。肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

接種源から周囲に生育する健全株への本病の伝染は、株毎に葉に形成される病斑の有無を肉眼観察で調べ、葉に1病斑でも認められた株を発病株とし、経時的に発病株の増加およびほ場内での分布状況を明らかにして接種源との関係を解析した。発病株については、病斑の形成された最上発病葉位も合わせて調査した。発病葉位については Fehrら<sup>5)</sup>のダイズ生育ステージの記述を参考にし、発病のみられる最上発病葉位を以下の基準で表した。子葉のみが発病する株を(0)、初生葉に発病のみられる株を(1)、主茎から直接発育する第1本葉（以下主茎から直接発育する葉を第N本葉と記述）に発病のみられる株を(2)、以後、発病のみられる本葉の最上発病葉位が1葉上位へ移る毎に、それぞれに該当する株を(3)、(4)、……、(N)とし、発病株の平均最上発病葉位（以下発病葉位と記述）で示した。葉の発病とは別に、着莢期以降は莢の発病の有無を肉眼観察によって調べ、1莢

でも発病を認めた株を発病株と判定し、発病株率とともに発病莢を有する株の分布状況を調べた。発病株の葉と莢については、株当たりの発病葉数、発病莢数および個々の葉と莢に形成される病斑数の多少により、株毎に達観で発病の程度を観察した。調査は発芽時から成熟期にかけて2～7日間隔で実施し、各時期とも全株を対象とした。なお、各調査時には1区当たり無作為に選んだ10～200病斑を顕微鏡観察に供試し、既述の方法に従って分生胞子の形成の確認により、肉眼観察で調べた葉と莢の発病が紫斑病によるものであることの裏付けを行った。成熟期には1株当たり50の稔実莢を収穫し、25°Cの乾燥室に約20日間処理後、約100の稔実種子を対象に発病種子率および紫斑発現程度<sup>6)</sup>を株毎に調べた。この結果に基づいて、発病種子率と紫斑発現程度を個々の株の接種源からの距離、葉の初発病時期および成熟時期の早晚との関係で解析した。

## 結 果

### 1. 接種源から健全株への本病の伝染

接種源から周囲に生育する健全株への本病の伝染状況については4区の間には明らかな差がなかった。したがって、葉と莢の発病する株の分布状況については4反復で実施した中の1つの区の結果をFig.12およびFig.14に示した。

接種源の初発病は各区とも6月22日（播種後9日）に子葉に認められ、その後、成熟期にかけて徐々に上位葉と莢が発病し、いずれの調査時期においても病斑上に紫斑病菌の分生胞子の形成が認められた。一方、無病徴種子から発育した株の子葉については、すべてが落葉する

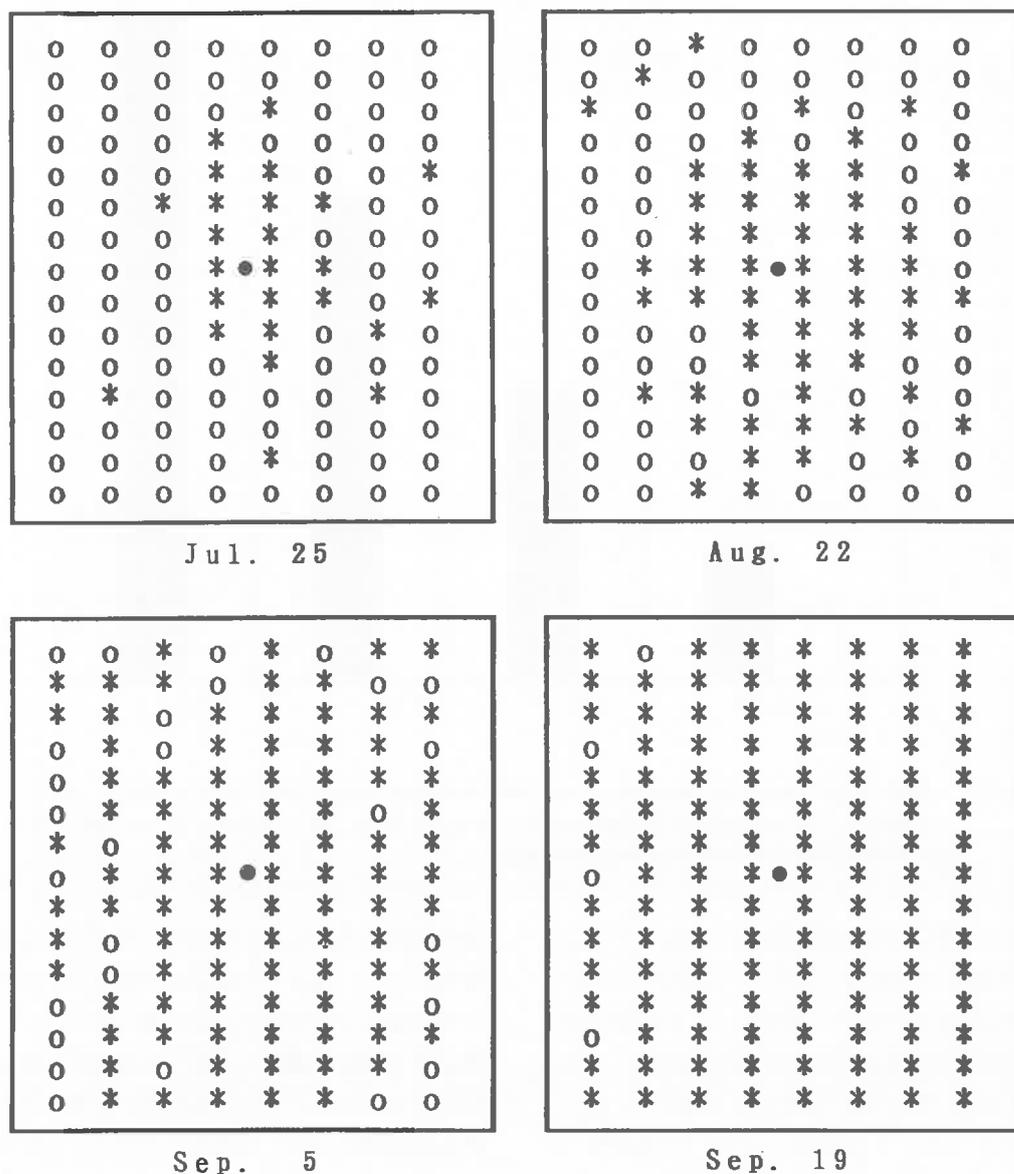


Fig.12. Distribution of plants with diseased leaves infected by purple stain of soybean in field (● : infection source, \* : infected plants, o:healthy plants).

7月下旬においても発病がみられなかった。このことから、本試験に供試した無病徴種子はすべて健全種子であると判断された。

7月5日から同25日に調査した初生葉および第1本葉に形成された病斑の74.0% (調査病斑数: 150), 7月26日から8月22日に調査した初生葉および第1~4本葉 (葉柄を含む) に形成された病斑の76.5% (調査病斑数: 600), 8月23日から9月19日に調査した第2~9本葉 (葉柄を含む) に形成された病斑の90.9% (調査病斑数: 800), 9月20日から10月11日に調査した第5本葉~最頂葉 (葉柄を含む) と莢に形成された病斑の98.8%

(調査病斑数800) および8月1日から10月31日に調査した罹病落葉 (主に葉柄) に形成された病斑の91.3% (調査病斑数: 3662) から紫斑病菌の分生胞子が観察された。したがって、初生葉展開時から成熟期にかけて調査した6012病斑の90.3%から紫斑病菌の分生胞子が検出されたことから、試験ほ場に発生するほとんどの病害が紫斑病であるとの判断に従って、以下の結果を得た。

葉に発病のみられた株の増加および分布状況を Fig.12 に示した。接種源から健全株の葉への本病の伝染は第2本葉展開期の7月5日 (播種後22日) から認められ、この時点では接種源の周辺部に生育する一部の株

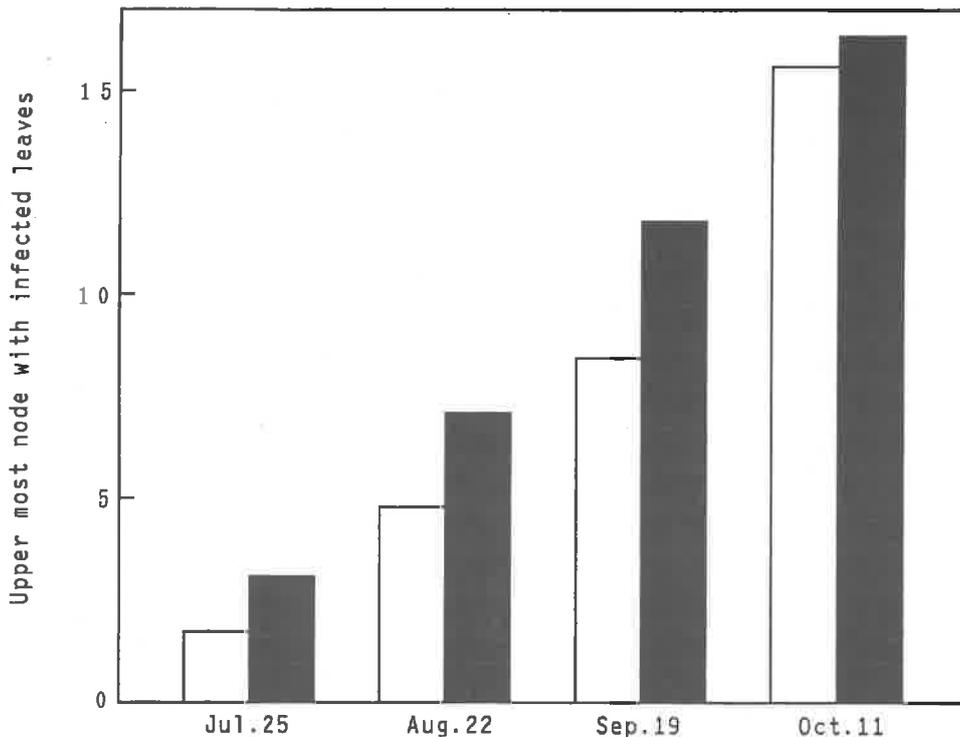


Fig.13. Upper-most nodes on soybean stem with diseased leaves infected by purple stain of soybean (□ : average of all the infected plants in field, ■ : average of infected plants growing within 1m from an infection source).

の初生葉に1ないし数個の小褐点が形成された。7月上旬(V5)から発病株が増加し始め、7月25日(V10)には接種源を中心に本病が伝染し始めた。この時期の接種源から半径1m以内の株の発病株率は66.1%で、1m以上離れた株の20.1%に比べ明らかに高かった。Fig.13に示したように、7月25日(V10)の発病株の発病葉位は1.73で、初生葉あるいは第1本葉が発病した。一方、接種源から半径1m以内の株では第2~4本葉にまで本病が伝染し、発病葉位も3.08と高く、発病葉には多数の病斑が形成された。

7月下旬(V10)から8月中下旬(V16~17, R4)にかけて発病株の増加速度がやや遅くなった(Fig.12)<sup>41,68)</sup>。しかし、この期間も接種源から半径1m以内の株の発病は徐々に増加し、同時に上位葉への本病の進展もみられた。その結果、7月下旬から8月下旬(R5)にかけて接種源を中心に半径1m以内に発病程度のきわめて高い株の集団(以下伝染源の集団と記述)が徐々に形成された。また、接種源に近い株ほど発病程度が高いことから、本病が接種源を中心に伝染する状況が顕著に認められた。8月22日における接種源から半径1m以内、1~2mの範囲内および2m以上離れた株の発病率は、それぞれ99.1%、44.2%および27.8%で、各々の発病株率の間に

有意な差があった。8月22日(R4)の発病株の発病葉位は4.79で、第3~4本葉が発病した。しかし、接種源から半径1m以内の株の発病葉位は7.08で、第6~7本葉にまで発病が進展し、第7本葉以下の葉には多数の病斑が形成された。一方、接種源から離れるに従って発病株の発病葉位が低くなるだけでなく、上位の本葉に病斑が形成されていても、それより下位の本葉が発病していない株もみられた。したがって、接種源から離れた株の中には、接種源の周辺部の株のように下位葉から順次上位葉へ本病が伝染するものとは異なる様相を示すものがあった。このような発病様相を示す株はほ場の周辺部で多くみられ、9月中旬頃まで散見された。

伝染源の集団の形成が顕著に増加する8月下旬以降、接種源から半径1~2mの範囲内の発病株率も徐々に高くなり、本病がほ場の周辺部に向かって伝染する状況がみられた。Fig.12に示したように、9月(R5)に入ると発病株の増加速度がさらに速くなり、接種源から半径2m以上離れた株も多数発病した。9月19日(R5)にはほ場周辺部に生育するほとんどの株も発病し、この時期における接種源から半径1m以内、1~2mの範囲内および2m以上離れた株の発病株率は、それぞれ100%、100%および95.7%であった。Fig.13に示したように、

9月19日の発病株の発病葉位は8.43で、第7～8本葉が発病し第8本葉以下の葉には多数の病斑が形成され、ほ場全体の発病程度は著しく高くなった。この時期には接種源から半径1m以内に生育するごく少数の株の中に、すでに最頂葉（第15～16本葉、V16～17）にまで本病が伝染しているものがあった。9月19日にはほとんどすべての株が発病したが（Fig.12）、個々の株の発病程度については接種源に近いものほど高かった。この時期以降、落葉数が多くなり、落葉の葉柄の病斑上に多量の分生孢子が形成された。

9月中下旬（R5）から10月上中旬にかけての本病の上位葉への進展は、9月中下旬以前に比べて速くなり、Fig.13に示したように、10月11日の発病葉位は15.60であった。また、個々の発病株の発病葉数の増加とともに、個々の発病葉に形成される病斑数も著しく多くなり、10月11日以降、数日以内にほ場全体のすべての株の最頂葉

が発病した。

莢の初発病は9月下旬（R5）に認められ、その後10月上旬に発病莢が顕著に増加し始めた。発病莢を有する株は、初発病時から接種源からの距離に関係なくほ場内に広く分布し、Fig.14に示したように、10月4日（R5～6）における発病莢を有する株率は、接種源から半径1m以内のものでは25.0%、1～2mの範囲内のものでは25.5%、2m以上離れたものでは27.8%であった。発病莢を有する株率は10月11日（R6～7）に57.3%になり、同18日（R7～8）に100%に達した。また、10月下旬（10月25日、R8）になるとすべての株の多くの莢が発病した。発病莢を有する株の分布については、葉の発病でみられたような接種源からの距離との関連、すなわち接種源を中心にして本病が伝染する状況が認められなかった。

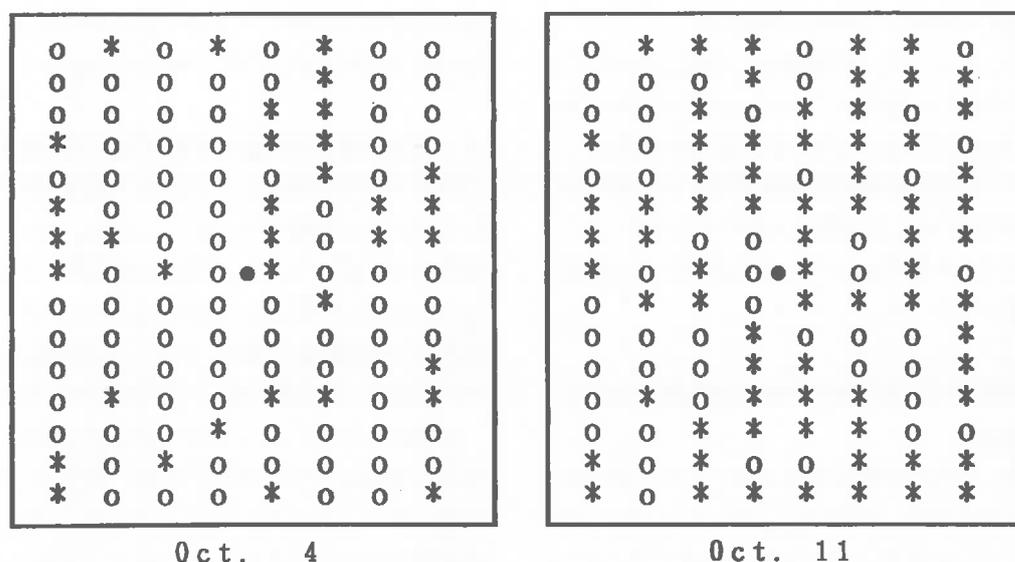


Fig.14. Distribution of plants with diseased pods infected by purple stain of soybean in field (● : infection source, \* : infected plants, o : healthy plants).

Table 5. Disease incidence on seeds of respective soybean plants growing at different distance from an infection source

Distance from an infection source	No. of plants examined	No. of pods examined <sup>a)</sup>	No. of seeds examined	% of diseased seeds	Disease severity on seeds <sup>b)</sup>
Less than 1m	104	5,200	10,866	14.8a <sup>c)</sup>	0.243a
Between 1 and 2m	218	10,900	23,711	12.6a	0.212a
More than 2m	141	7,050	14,474	12.7a	0.226a

a) Fifty pods were harvested from each plant. b) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>. c) Numbers followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

Table 6. Disease incidence on seeds of respective soybean plants whose leaves were first diseased at each indicated periods

Date of first occurrence of disease on leaves	No. of plants examined	No. of pods examined <sup>a)</sup>	No. of seeds examined	% of diseased seeds	Disease severity on seeds <sup>b)</sup>
Jul. 5 to Jul. 25	141	7,050	14,892	14.0a <sup>c)</sup>	0.236a
Jul. 26 to Aug. 22	90	4,500	9,243	13.6a	0.234a
Aug. 23 to Sep. 19	199	9,950	21,160	13.0a	0.220a
Sep. 20 to Oct. 11	33	1,650	3,756	10.4a	0.175a

a) Fifty pods were harvested from each plant. b) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>. c) Numbers followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

## 2. 個々の株の接種源からの距離と成熟期における種子の発病状況

すでに述べたように、接種源から近い株ほど葉の初発病時期が早く、発病程度も高かった。そこで、接種源から半径1m以内の株、1~2mの範囲内の株および2m以上離れた株に分け、それぞれの接種源からの距離と成熟期における種子の発病との関係を解析した。

Table 5 に示したように、接種源から半径1m以内の株、1~2mの範囲内の株および2m以上離れた株の発病種子率は、それぞれ14.8、12.6および12.7%であった。接種源から半径1m以内の株の発病種子率がやや高かったが、各々の発病率の間には有意差が認められなかった。また、種子の紫斑発現程度についても接種源からの距離との関係が明確でなかった。

## 3. 個々の株の葉の初発病時期の早晩と成熟期における種子の発病状況

個々の株の葉の初発病時期には最も早いものと最も遅いものとの間に大きな差(70日以上)のあることはすでに示した。そこで、供試株の葉の初発病時期をTable 6 に示した4時期に区分し、それぞれの期間に葉の初発病を認めた株の成熟期における発病種子率および紫斑発現

程度を比較した。Table 6 に示したように、7月5日~25日、7月26日~8月22日、8月23日~9月19日および9月20日~10月11日の期間に葉の初発病を認めた株の発病種子率は、それぞれ14.0、13.6、13.0および10.4%、紫斑発現程度はそれぞれ0.236、0.234、0.220および0.175であった。葉が早く発病した株ほど種子の発病率や紫斑発現程度がやや高くなる傾向はあるものの、それぞれの発病率や紫斑発現程度には有意差が認められなかった。

## 4. 個々の株の成熟期の早晩と種子の発病状況

調査ほ場を全体的にみた場合、適期収穫期は10月21日から同25日の期間であった。しかし、個々の株毎に成熟期を詳細に調べると、成熟期の最も早いものと最も遅いものとの間に15日以上のある差があることがわかった。そこで、供試株の成熟期をTable 7 に示した3時期に区分し、それぞれの期間に成熟期に達した株の種子の発病状況を調べた。

Table 7 に示したように、10月20日以前、10月21日~25日の期間および10月26日以降に成熟期に達した株の発病種子率は、それぞれ13.0、12.9および12.0%、紫斑発現程度はそれぞれ0.220、0.244および0.196であった。成熟期の違いとそれぞれの発病種子率と紫斑発現程度の間には有意差が認められなかった。

Table 7. Disease incidence on seeds of respective soybean plants which matured at each indicated periods

Mature date of plants	No. of plants examined	No. of pods examined <sup>a)</sup>	No. of seeds examined	% of diseased seeds	Disease severity on seeds <sup>b)</sup>
Before Oct. 20	112	5,600	12,556	13.0a <sup>c)</sup>	0.220a
Oct. 21 to 25	278	13,900	28,347	12.9a	0.244a
After Oct. 26	73	3,650	8,038	12.0a	0.196a

a) Fifty pods were harvested from each plant. b) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>. c) Numbers followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

## 第2節 ダイズ生育期の本病の伝染源としての罹病落葉の重要性

### 材料および方法

エンレイおよびアキシロメの罹病種子を供試し、1983年6月6日に農業試験場のほ場に播種した。試験は落葉を次々に除去しながら栽培するほ場（以下除去区と記述）および落葉を放置したままの栽培ほ場（以下慣行区と記述）を設けて実施し、除去区を慣行区の風上50mの位置に設けた。除去区における落葉のほ場外への除去は、原則として毎日朝夕2回行った。除去区および慣行区の栽培面積は、各々27m<sup>2</sup> (4.5×6 m) とし、それぞれにエンレイとアキシロメを13.5m<sup>2</sup> (4.5m×3 m) に隣接して栽培した。栽培は株間30cm、畝幅60cmの1本植えで行い、両品種とも各処理区に75株を育成した。調査を容易にするために、ダイズは一株ずつビニールテープで支柱に固定して栽培した。肥培管理および害虫防除は広島県の慣行に準じた。

落葉状況については除去区のダイズを供試し、子葉、初生葉および本葉別に落葉数を調査した。本葉の落葉については主莖節を3節毎（分枝から発育した葉を含む）に区分し、それぞれの区分毎の落葉数で示した。調査は子葉落葉期から成熟期を過ぎてすべての葉が落葉するまで原則として毎日行い、両品種とも全株を対象とした。

落葉の発病状況については、除去区では葉の生育していた節位が正確に判断できる落葉を、慣行区ではほぼ生育節位が判断できる落葉を供試して調べた。各調査時には除去区および慣行区とも各品種25～125の落葉を採集し、発病した落葉については1葉当たり1病斑を供試して、既述の方法により病斑上での紫斑病菌の分生孢子形成の有無を調べ、罹病落葉率を算出した。調査は子葉落葉期からすべての本葉が落葉するまで2～3日毎に実施した。本葉については主莖節を3節毎（分枝から発育した葉を含む）に区分し、それぞれの区分毎に落葉の発病

Table 8. Defoliation of soybean leaves per plant during cultivation of var. Enrei in sanitation field

Defoliated leaves	Defoliation period	No. of defoliated leaves <sup>a)</sup>
Cotyledon	Jun. 24 to Jul. 11	2.0
Primary leaves	Jul. 4 to Jul. 23	2.0
1st to 3rd leaves	Jul. 14 to Sep. 29	11.5
4th to 6th leaves	Jul. 25 to Oct. 4	8.0
7th to 9th leaves	Aug. 7 to Oct. 6	7.6
10th to 12th leaves	Aug. 17 to Oct. 7	7.2
13th to 15th leaves	Aug. 23 to Oct. 11	2.2

a) Seventy five plants were examined.

Table 9. Defoliation of soybean leaves per plant during cultivation of var. Akishirome in sanitation field

Defoliated leaves	Defoliation period	No. of defoliated leaves <sup>a)</sup>
Cotyledon	Jun. 24 to Jul. 12	2.0
Primary leaves	Jul. 7 to Aug. 3	2.0
1st to 3rd leaves	Jul. 14 to Oct. 4	19.5
4th to 6th leaves	Jul. 27 to Oct. 9	15.8
7th to 9th leaves	Aug. 8 to Oct. 11	13.4
10th to 12th leaves	Aug. 20 to Oct. 15	9.9
13th to 15th leaves	Aug. 27 to Oct. 18	4.3
16th to 18th leaves	Aug. 30 to Nov. 18	0.4

a) Seventy five plants were examined.

率を求めた。また、両品種とも8月、9月および10月の中旬に、各ほ場から無作為に選んだ100の罹病落葉を対象に、既述の方法により個々の罹病葉に形成されたすべての病斑を顕微鏡観察に供試し、分生胞子の確認により1葉当たりに形成される紫斑病の病斑数を算出した。

ダイズ生育期の生葉の発病状況については、主茎から直接発育する葉に紫斑病の発生がみられた株の上位葉への伝染状況（平均最上発病葉位）を既述の方法により肉眼観察で調査した。調査は発芽期から成熟期にかけて2～3日間隔で行い、両品種とも各処理区の全株を対象とした。

エンレイでは8月9日、アキシロメでは8月23日の種子の登熟初期から成熟期にかけて約7日間隔で莢を採集し、肉眼観察により莢の発病状況を調べた。また、採集した莢を乾燥した後に種子を収穫する既述の方法に従って種子の感染状況および紫斑発現程度<sup>59)</sup>を調べた。各調査時には両品種とも各処理区から100莢を採集し、200～250の種子（無病徴種子のPSA培地への置床は100種子）を対象に感染率を算出した。種子の感染状況の推移は開花後の日数とともに、既述の種子の肥大度で表した。なお、生育期の生葉と莢に発生する病害が紫斑病であることの確認のため、各調査時には葉と莢に形成された病斑

を無作為に選び、既述の方法により紫斑病菌の分生胞子形成の有無を調べた。

## 結 果

### 1. 除去区における落葉状況

子葉の落葉は両品種とも6月下旬に始まり、その後次々に上位葉が落葉した。エンレイ (Table 8) では10月上旬、アキシロメ (Table 9) では11月中下旬に最頂葉 (エンレイ：第14・15本葉、アキシロメ：第17・18本葉) を含むすべての葉が落葉した。エンレイの生育全期間はアキシロメに比べ約30日短く、また、葉と分枝の発育する節数が少なかったことから、落葉期間はアキシロメより30日以上も短かった。したがって、一株当たりの落葉数 (生育葉数) はエンレイでは40.6葉、アキシロメでは67.3葉であった。また、主茎節毎にみると、分枝から発育する葉に加え、落葉跡から新たな葉の発育がみられる下位節ほど葉数が多かった。この結果、主茎第1～3節に発育する1株当たりの葉数はエンレイでは11.5、アキシロメでは19.5で最も多く、その落葉期間はそれぞれ77日 (7月14日～9月29日) および82日 (7月14日～10月4日) で最も長かった。

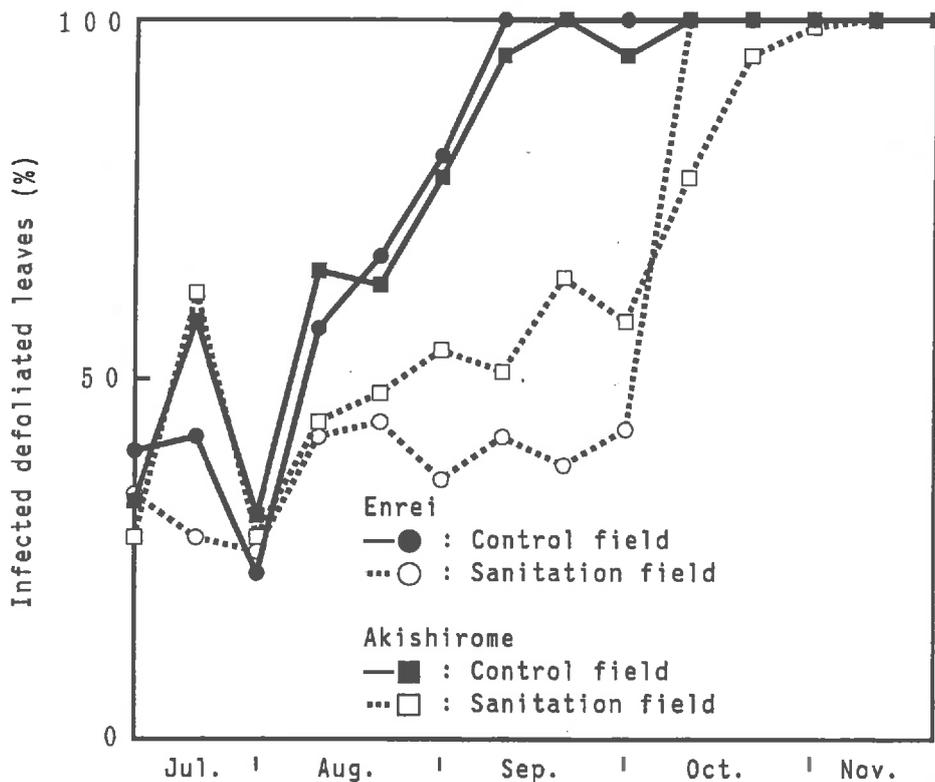


Fig. 15. Incidence of purple stain of soybean on defoliated leaves.

Table 10. Number of lesions formed on diseased defoliated leaves caused by purple stain of soybean in sanitation and control fields<sup>a)</sup>

Date of investigation	No. of lesions per leaf of Enrei		No. of lesions per leaf of Akishrome	
	Sanitation	Control	Sanitation	Control
	field	field	field	field
Aug. 16th	2.5	8.2	1.1	5.8
Sep. 12th	3.7	12.4	1.7	7.2
Oct. 11th	7.8	27.6	2.6	20.1

a) One hundred diseased defoliated leaves of each variety in respective fields were examined in each date.

## 2. ダイズ生育期の落葉の発病状況

Fig.15に落葉の発病状況の推移を示した。慣行区における7月下旬までの子葉、初生葉および主茎第1～3節から発育した本葉（以下第N本葉と記述）の落葉の発病率は、エンレイおよびアキシロメとも除去区と明らかな差はなかった。しかし、慣行区においては両品種とも8月上旬に本葉の落葉の発病率が上昇し始め、9月上中旬にほぼ100%に達し、10月以後常に100%で推移した。

一方、8月上旬～9月下旬に調査したエンレイの除去区における第4～12本葉の落葉の発病率は30～40%で推移し、慣行区に比べ明らかに低かった。しかし、その後発病率が急激に上昇し、10月上旬以降に調査した最頂葉を含む第10本葉より上位本葉の落葉の発病率は、常に100%であった。アキシロメの除去区においても、8月上旬から9月下旬にかけて調査した第4～15本葉の落葉の発病率は30～60%で推移し、慣行区に比べ明らかに低かった。エンレイと同様、アキシロメについても10月上旬から発病率が上昇しはじめ、10月下旬以降に調査した第13本葉より上位本葉の落葉の発病率は、ほぼ100%で推移した。

このように、落葉の病斑にはダイズの生育初期から常に紫斑病菌の分生胞子の形成を認めたが、罹病落葉数の増加は、エンレイでは種子の肥大中期、アキシロメでは種子の肥大初期に当たる9月上旬頃から顕著にみられた（Table 8, Table 9, Fig.15）。9月上旬以降の慣行区においては、ほ場の地表面に多数の罹病落葉が散乱し、降雨後には落葉の病斑上に多量の分生胞子の形成がほ場で観察された。Table10に示したように、慣行区における罹病落葉の一葉当たり形成された病斑数は除去区のものに比べて明らかに多く、慣行区における伝染源密度は除去区に比べて著しく高いことがわかった。

## 3. ダイズ生育期の生葉の発病状況

慣行区および除去区における生育期の子葉、初生葉および本葉に形成された病斑を無作為に選び顕微鏡で観察した結果、調査した2932病斑の88.6%から紫斑病菌の分生胞子が検出された。このことから、試験ほ場における大部分の発病が紫斑病によるものと考え、以下のような結果を得た。

エンレイ、アキシロメの両品種とも6月中旬に子葉に初発病がみられ、その後、初生葉、本葉へと次々に伝染し、7月上旬に発病株率が100%に達した。本葉では第1本葉から発病が認められ、その後、徐々に上位本葉へ伝染した。同じ主茎節から発育する葉では、主茎から直接発育するものの発病時期が分枝のものより早かった。Fig.16およびFig.17に示したように、第4本葉展開期（V5）の7月上旬までは、除去区と慣行区の平均最上発病葉位（以下発病葉位と記述）の間に差がなく、両品種とも初生葉あるいは一部の株では第2本葉まで本病が伝染した。しかし、Fig.16に示したエンレイでは7月中旬（V6）頃から処理区間の発病葉位に差がみられ始め、その後は慣行区における上位葉への伝染が除去区に比べて速くなった。7月下旬（V9～11）から8月上中旬（V15～16、最頂葉展開期）にかけての期間、主茎から直接発育する葉の紫斑病が1葉上位へ伝染するのに要する平均日数は、慣行区の4.6日に対し除去区では6.4日であった。したがって、8月上中旬における発病は、慣行区では第5～6本葉にまで達したが、除去区では2～3本葉までに止まった。8月中旬（V15～16、R1）から9月上旬（R5）までの期間、上位葉への伝染速度がやや遅くなったが、その傾向は除去区でより顕著であった。本病の上位葉への伝染速度は9月上中旬（R5）から再び速くなり、慣行区ではその後の10日以内に最頂葉も発病した。この時期の除去区の発病葉位は第9～10本葉で、その後最頂葉が発病するまでに約30日を要した。

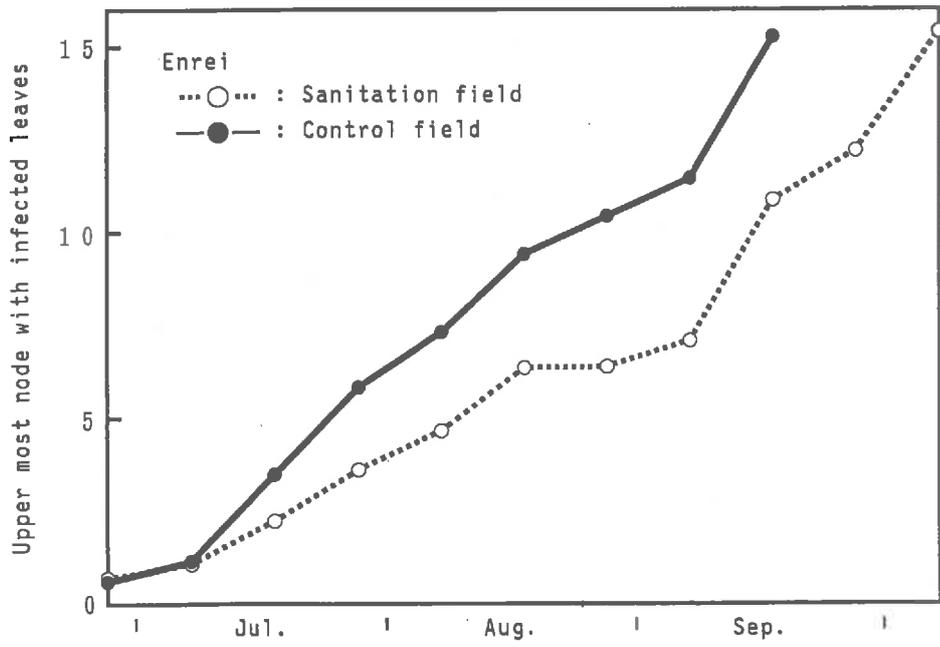


Fig.16. Progress of purple stain development on soybean leaves during cultivation.

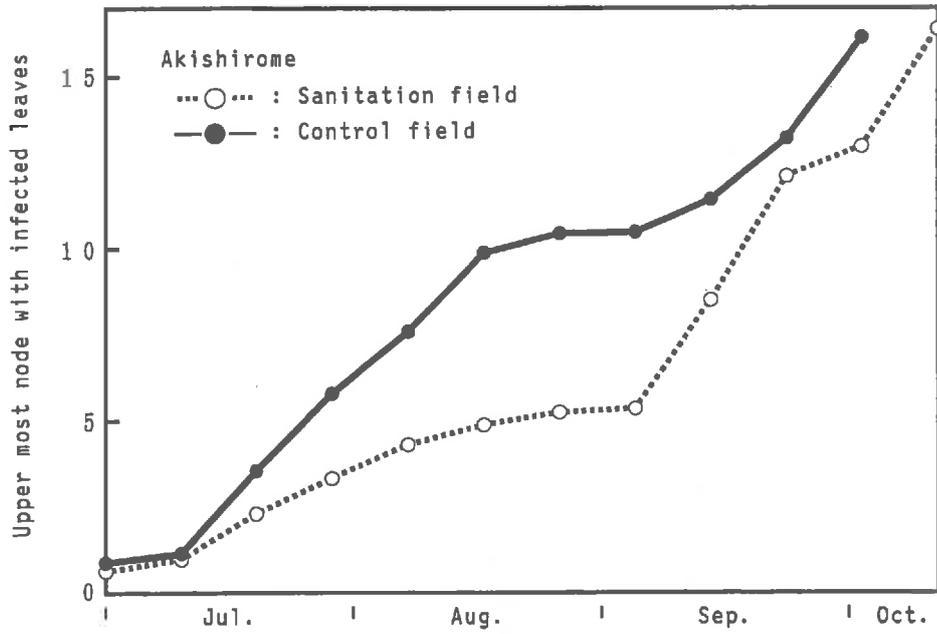


Fig.17. Progress of purple stain development on soybean leaves during cultivation.

一方, Fig.17 に示したアキシロメでも7月中旬(V6)頃から処理区間の発病葉位に差が認められ始め, 慣行区での上位葉への伝染速度が除去区に比べて速くなった。処理区間の発病葉位の差はその後徐々に拡大し, 8月中旬(V16)から9月上中旬(R5)にかけてその差は最大になった。7月下旬(V10~11)から8月中下旬(V16~19, 最頂葉展開期, R4)の期間, 主茎から直接発育する葉の紫斑病が1葉上位へ伝染するのに要する平均日数は, 慣行区の5.4日に対し除去区では12.2日であった。したがって, 8月中下旬における慣行区での発病は第

8~9本葉まで達したが, 除去区では3~4本葉までに止まった。アキシロメにおいてもエンレイと同様に8月中旬から9月上中旬にかけて上位葉への伝染速度がやや遅くなった。しかし, 9月中旬(R5)から再び上位葉への伝染速度が速くなり, この時期以降は除去区での上位葉への本病の伝染速度が速くなった。したがって, 9月中旬以降処理区間の発病葉位の差は徐々に小さくなり, 慣行区では10月上旬(R6), 除去区では10月中旬(R6~7)までに最頂葉が発病した。すべての最頂葉が発病した時期は, 慣行区では除去区に比べ約10日早かった。

Table 11. Incidence of infected seeds and diseased pods caused by purple stain of soybean during seed development stages of var. Enrei

Date of examination	Days after flowering	Sanitation field			
		Seed development <sup>a)</sup>	% of diseased pods <sup>b)</sup>	% of infected seeds <sup>c)</sup>	Infection severity on seeds <sup>d)</sup>
Aug. 9	14	0.3	0	0	0
15	20	0.7	0	0	0
23	28	5.8	0	0	0
26	31	11.6	0	0	0
30	35	25.8	0	0.5	0.01
Sep. 3	39	40.1	0	0.5	0.01
9	45	63.0	0	1.4	0.01
13	49	76.4	0	1.2	0.01
17	53	82.0	0	2.9	0.03
24	60	92.3	9	12.8	0.17
30	66	100	33	26.7	0.52
Oct. 3	69	100	34	26.3	0.54
7	73	100	37	24.7	0.57

Date of examination	Days after flowering	Control field			
		Seed development	% of diseased pods	% of infected seeds	Infection severity on seeds
Aug. 9	14	0.4	0	0	0
15	20	0.9	0	0	0
23	28	8.3	0	0	0
26	31	15.5	0	0	0
30	35	29.5	0	0.5	0.01
Sep. 3	39	46.1	0	1.6	0.02
9	45	64.7	2	4.1	0.05
13	49	77.3	3	6.2	0.06
17	53	86.1	15	14.3	0.17
24	60	100	26	22.2	0.44
30	66	100	62	47.4	1.36
Oct. 3	69	100	61	42.6	1.41
7	73	100	67	48.8	1.49

a) Percentage of dry seed weight to mature seeds at harvest maturity. b) One hundred pods were examined in each date. c) Two hundred to 250 seeds were examined in each date. d) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>.

#### 4. ダイズ生育期の莢の発病状況

慣行区および除去区の莢に形成された病斑を無作為に選り顕微鏡で観察した結果、調査した784病斑の93.6%から紫斑病菌の分生胞子が検出された。

Table 11 に示したように、エンレイの莢の初発病は慣行区では9月上中旬（開花後約45日）、除去区では9月下旬（開花後約60日）にみられ、それぞれ2%および9%の莢が発病した。初発後の発病率は慣行区で除去区よりも常に高く推移し、成熟期の10月上旬（開花後約

70日）における発病率は慣行区、除去区それぞれ67%および37%であった。

一方、アキシロメでは、慣行区で9月下旬（開花後約50日）、除去区で10月上旬（開花後約60日）に莢の初発病を認めた（Table 12）。初発後の発病率は慣行区で常に高く推移し、成熟期の11月上旬（開花後約90日）における発病率は慣行区の76%に対し除去区ではわずか22%であった。

Table 12. Incidence of infected seeds and diseased pods caused by purple stain of soybean during seed development stages of var. Akishrome

Date of examination	Days after flowering	Sanitation field			
		Seed development <sup>a)</sup>	% of diseased pods <sup>b)</sup>	% of infected seeds <sup>c)</sup>	Infection severity on seeds <sup>d)</sup>
Aug. 23	21	0.5	0	0	0
Sep. 9	38	22.7	0	0	0
12	41	26.3	0	0.5	0.01
17	46	43.0	0	0	0
24	53	47.1	0	1.4	0.01
29	58	67.4	0	1.8	0.02
Oct. 3	62	84.4	3	2.1	0.04
11	70	100	6	1.5	0.02
14	73	100	6	2.4	0.04
17	76	100	9	6.8	0.10
25	84	100	19	6.5	0.08
29	88	100	18	9.4	0.14
Nov. 4	94	100	22	7.8	0.11

Date of examination	Days after flowering	Control field			
		Seed development	% of diseased pods	% of infected seeds	Infection severity on seeds
Aug. 23	21	0.5	0	0	0
Sep. 9	38	18.0	0	0	0
12	41	30.0	0	0.5	0.01
17	46	41.4	0	1.9	0.02
24	53	65.6	6	1.8	0.02
29	58	78.1	5	1.9	0.02
Oct. 3	62	83.4	6	3.8	0.04
11	70	100	33	6.2	0.09
14	73	100	37	7.1	0.10
17	76	100	48	21.1	0.31
25	84	100	63	21.6	0.35
29	88	100	72	24.3	0.36
Nov. 4	94	100	76	22.4	0.35

a) Percentage of dry seed weight to mature seeds at harvest maturity. b) One hundred pods were examined in each date. c) Two hundred to 250 seeds were examined in each date. d) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>.

### 5. 種子の登熟期間における感染状況

Table 11 に示したように、エンレイの感染種子の初発生は慣行区、除去区とも8月下旬（開花後約35日、種子肥大度25~30%、R5）にみられた。慣行区における感染種子は9月中下旬（開花後約55日、種子肥大度約85%、R6）に増加し始め、成熟期の感染種子率は48.8%であった。除去区の感染種子は9月下旬（開花後約60日、種子肥大度約90%、R7）に増加し始めたが、その後の感染種子率は慣行区の1/2程度で推移し、成熟期における感染種子率は24.7%であった。除去区では種子の感染率が低下するだけでなく、紫斑発現程度も著しく低く、成熟期における紫斑発現程度は慣行区の1.49に対し除去区では0.57であった。成熟期における慣行区の感染種子の中には種皮全面に紫斑を形成する程度のきわめて高いものがあったが、除去区ではこのような紫斑発現程度の高い感染種子は少なかった。

一方、Table 12 に示したように、アキシロメの感染種子の初発生は除去区、慣行区とも9月上中旬（開花後約40日、種子肥大度25~30%、R5）にみられた。慣行区において9月上中旬から10月上中旬（開花後約70日、種子肥大度100%、R6）の感染種子率は0.5~7.1%と低く推移したが、10月中下旬（開花後約75日、R6）に感染率が上昇し、成熟期の感染率は22.4%であった。除去区の感染種子の発生は初発生後徐々に増加したが、感染率の推移は慣行区に比べて著しく低く、成熟期においても7.8%であった。また、除去区における感染種子の紫斑発現程度も、慣行区に比べると常に低く推移し、成熟期における除去区、慣行区の紫斑発現程度はそれぞれ0.11および0.35であった。しかし、両処理区とも感染種子の紫斑発現程度はきわめて低く、エンレイの慣行区でみられたような紫斑発現程度の高いものは認められなかった。

## 第3節 前年作の罹病残渣で越冬した紫斑病菌の感染能力と第一次伝染源としての重要性

### 材料および方法

汚染ほ場を作成するため、本試験では紫斑病が多発したアキシロメの栽培ほ場（農業試験場）における収穫後の罹病残渣（主に罹病葉柄）を供試した。1984年11月20日（以下前年すき込みほ場と記述）あるいは越冬後の1985年6月15日（以下当年すき込みほ場と記述）に、耕運機で罹病残渣をすき込み、紫斑病菌による汚染ほ場を作成した。罹病残渣上で越冬した紫斑病菌の感染能力の判定は、健全なダイズ幼苗（検定苗）を汚染ほ場に移植し、移植後の発病の有無によって行った。検定苗の育成は、1985年6月8日にアキシロメの無病微種子および無病微種子にチウラム・ペノミル水和剤（チウラム20%・ペノミル20%）あるいはキャプタン水和剤（キャプタン80%）を粉衣（乾物種子重の0.3%）したものをジフィポット（5×5×5cm：育苗土は宇部粒状培土1号）に1種子ずつ播種して行った。子葉展開時の6月15日に検定苗が無病であることを確認した後、これらを汚染ほ場に移植した。各汚染ほ場の面積は9m<sup>2</sup>（3×3m）とし、試験は1区1m<sup>2</sup>（1×1m）の3反復で実施し、1区当たり無病微種子および無病微種子にチウラム・ペノミル水和剤あるいはキャプタン水和剤を粉衣したものから育成した健全な検定苗をそれぞれ100苗ずつ各汚染ほ場に移植した（栽植間隔10cm）。なお、前年すき込みほ場を当年すき込みほ場の風上40mの位置に設定し、前年すき込みほ場については、移植直前に再度耕運機によ

り耕起した。移植後は7月15日（子葉落葉期、第4~5本葉展開期、V5~6）まで毎日調査し、初生葉あるいは第1本葉に病斑が発現した場合は、発病苗を次々に抜き取り、ほ場内から除去した。除去した発病苗の病斑については、既述の方法に従って顕微鏡観察に供試し、紫斑病菌の分生胞子形成の有無を調べ、発病が紫斑病によることを確認し、罹病残渣上で越冬した紫斑病菌の感染能力を判定した。7月15日には土壌から露出した罹病残渣における紫斑病菌の分生胞子形成の有無を既述の方法により顕微鏡で調べた。6月15日にほ場を耕運した後、ダイズの肥培管理は広島県の慣行に準じた。

### 結 果

Table 13 に示したように、前年すき込みほ場においてはいずれの検定苗にも紫斑病の発生が認められなかった。一方、当年すき込みほ場では低率ではあるが各処理区とも検定苗に発病がみられ、初生葉あるいは第1本葉に病斑が形成された。また、前年すき込みほ場の土壌から露出した罹病残渣（葉柄）には、紫斑病菌の分生胞子の形成が認められなかったが、当年すき込みほ場のものについては、その一部から本菌の分生胞子の形成がわずかに認められた（データ未記載）。これらの結果から、前年作の罹病残渣を次年度作のダイズ播種時期までほ場に放置すると、これらを播種直前にほ場にすき込んだとしても、土壌から露出するものが残り、これら罹病残渣

Table 13. Infection potential of *Cercospora kikuchii* over-wintered on the diseased plant debris

seed treatment	Plowed debris in previous autumn		Plowed debris in this summer	
	No. of plants examined	% of infected plants	No. of plants examined	% of infected plants
Thiram-benomyl <sup>a)</sup>	300	0a <sup>c)</sup>	300	0.3a
Captan <sup>b)</sup>	300	0a	300	0.7a
Not treated	300	0a	300	2.0b

a) Thiram 20%, Benomyl 20% wettable powder (treated with 0.3% of dry seeds weight).

b) Captan 80% wettable powder (treated with 0.3% of dry seeds weight).

c) Numbers followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple-range test.

で越冬した病原菌の一部が感染能力を保持し、次年度作の発病の第一次伝染源になることが明らかになった。

## 考 察

ダイズ栽培初年目のほ場で、接種源（罹病種子から発育した株）以外に紫斑病の第一次伝染源がない栽培条件下で、本病の伝染状況を調査した。Fig.12 に示したように、接種源から健全株の葉への紫斑病の伝染状況から判断すると、分生胞子の飛散量は接種源に近いほど多いことが推測され、本病が接種源を中心に徐々に伝染する状況が顕著に認められた。特にダイズの生育が旺盛な期間は、接種源の周辺部に生育する株の茎葉の過繁茂により分生胞子の飛散が妨げられるものと考えられ、葉の発病する株の分布は接種源から半径1m以内に集中した。このような伝染源の集団が顕著に認められるようになると、その後短期間にほ場全体に紫斑病が伝染した。初期の発病が伝染源を中心に徐々に拡がり、やがて伝染源の集団が形成されると、その後は、ほ場全体の株に急速に伝染する状況はソルガム麦角病<sup>1)</sup>やイネいもち病<sup>43)</sup>においても観察されている。したがって、糸状菌の分生胞子の飛散によって伝染する各種病害については、ダイズ紫斑病とほぼ同じような経過をたどってまん延するものと推測される<sup>68)</sup>。

接種源に近い株では、ダイズの生育初期から絶えず多量の分生胞子の飛散があるため、下位葉から順次上位葉へ本病が伝染した。一方、接種源から離れた株では、伝染源からの胞子の飛散時期の遅いことが原因したものと考えられ、出葉時期の早晚にかかわらず、最も早く感染した葉に初発病が認められた。

7月下旬から8月下旬にかけての期間、葉に発病がみられる株の増加速度がやや遅くなった<sup>41,68)</sup>。例年7月下

旬から8月下旬の期間は最も気温が高く、降水量の少ない時期であるが、1984年はその傾向が一層顕著であった (Fig.18)。したがって、この期間における高温と少雨が本病の伝染阻害に大きく影響したものと考えられる<sup>11,62)</sup>。一方、9月中旬以降に本病の伝染速度が著しく速くなることは、9月上旬の降雨 (Fig.18) による発病の助長とともに、紫斑病に対するダイズの感受性が組織の老化に伴って急速に高まることに関係するものと考えられる<sup>6)</sup>。

莢の発病と成熟期における種子の発病については葉の発病でみられたような個々の株の接種源からの距離との相関が認められなかった (Fig.14, Table 5)。種子の感染と莢の発病が始まる9月下旬 (種子肥大中期, R5) には、すでにほ場全体に生育する株の葉が激しく発病していたことから、莢と成熟期における種子の発病が個々の株の接種源からの距離に関係なくほぼ同程度に認められたのは、むしろ当然の結果と言える。しかし、塩飽ら<sup>51)</sup>は接種源からの株の距離が成熟期における種子の紫斑病の発生にも影響していることを報告している。この報告からは生育期における茎葉と莢の紫斑病の経時的な伝染状況を知ることはできないが、栽培条件と気象条件によっては、成熟期の種子の発病も伝染源からの距離に影響される可能性が考えられる。同じ試験<sup>51)</sup>において紫斑病に罹病した種子が2%混入しているものを播種した栽培では、罹病種子が混入していない栽培に比べて、成熟期の種子の発病率が約50倍に増加することを報告している。筆者が行った試験でも健全種子に罹病種子が0.8%混入するだけで、成熟期の種子が大きな被害を被った。したがって、罹病種子がわずかに混入するものを播種した栽培でも、成熟期の種子に大きな被害が及ぶことから、健全種子を厳密に選別して播種することは、紫斑病の発生を抑制するための最も重要な耕種的防除法である<sup>18)</sup>。

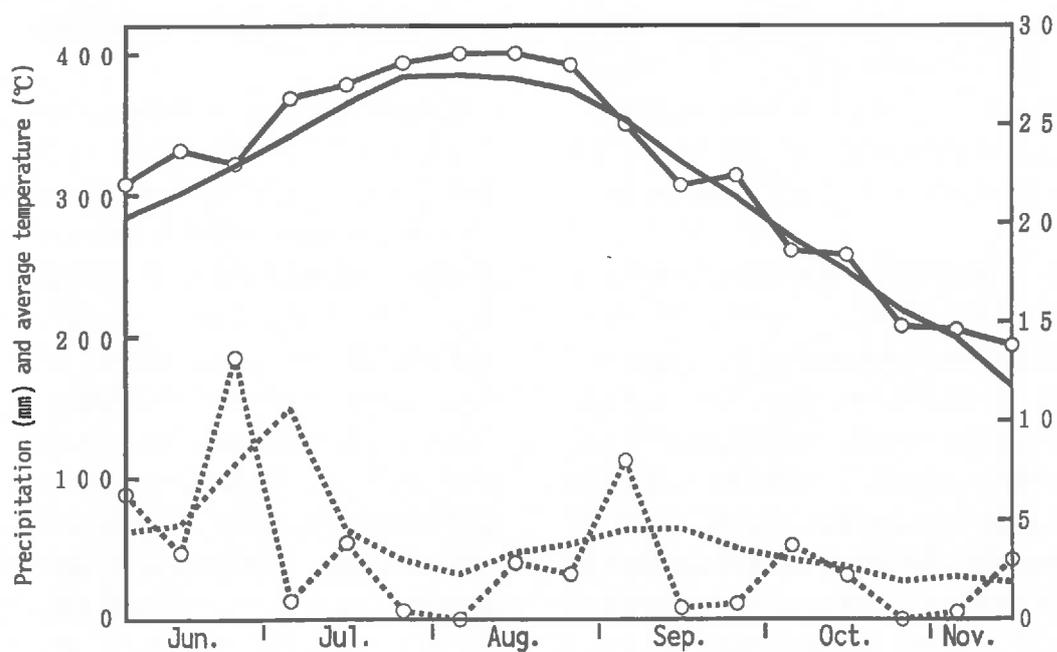


Fig.18. Precipitation and average temperature during soybean cultivation in 1984 (·-·○: Precipitation, ·-·-·: Precipitation in average year, —○: average temperature, —: average temperature in average year).

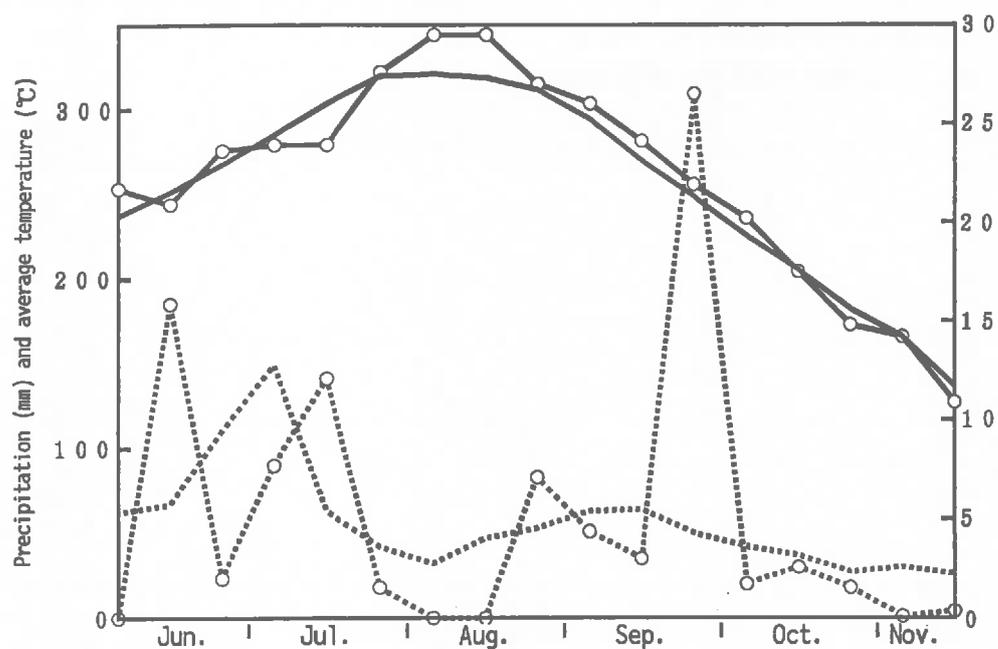


Fig.19. Precipitation and average temperature during soybean cultivation in 1983 (·-·○: Precipitation, ·-·-·: Precipitation in average year, —○: average temperature, —: average temperature in average year).

株毎にみた葉の初発病時期の早晚および株ごとにみた成熟時期の早晚が種子の発病に及ぼす影響についても検討した。しかし、これらの要因と成熟期における種子の発病との間に有意な相関は認められなかった (Table 6, Table 7)。既述のように、種子の感染が始まる登熟初～中期には、種子の発病の伝染源になる罹病茎葉がすでにほ場全体に多量に分布していたことがその理由にあげられる。

前節の試験で、罹病落葉上に紫斑病菌の分生胞子が常に形成されるのをほ場で観察したことから、これらがダイズ生育期の発病の重要な伝染源になることを指摘した。このことから、罹病落葉を含め、落葉を次々にほ場から除去してダイズを栽培した結果、慣行の栽培に比べて茎葉、莢および種子の発病が著しく抑制された。葉の発病の抑制は、上位葉への伝染の遅れ (Fig.16, Fig.17) による発病葉率の低下と個々の葉に形成される病斑数の減少 (Table 10) が関与し、ほ場における伝染源密度を著しく低下させ、その結果、莢と種子の発病を低減することにつながるものと考えられた (Table 11, Table 12)。罹病落葉を順次ほ場から除去することは、病原菌を増殖させる養分の供給源をほ場から除去することを意味し<sup>2)</sup>、Vanderplank<sup>68)</sup>が提唱した見掛け上の病勢進展速度の低減につながる耕種的防除法と言える<sup>47)</sup>。本試験においても8月上旬から中下旬にかけての高温と少雨 (Fig.19) が、上位葉への紫斑病の伝染を抑制した (Fig.16, Fig.17)。なお、エンレイの種子の発病率と紫斑発現程

度がアキシロメに比べてきわめて高かった (Table 11, Table 12)。このことから、種子の紫斑病に対するエンレイの抵抗性はアキシロメに比べるとかなり低いことが推測される。

罹病残渣を越年後までほ場に残した場合は、これらを次年度作のダイズ播種直前にほ場にすき込んだとしても、残渣上で越冬した紫斑病菌の一部がなお感染能力を保持していることは本節の試験結果で示したとおりである。前年度作の罹病残渣に由来する第一次伝染源量が少なかったとしても、それが伝染源になって成熟期の種子の紫斑病の多発原因になることは、罹病種子がわずかに混入したものを播種した栽培で調べた伝染様相から容易に推測できる。一方、前節の指摘に基づいて組織の腐敗を促進するために、ダイズ収穫後の早い時期に罹病残渣をほ場にすき込んだ。その結果、罹病残渣で越冬した紫斑病菌 (第一次伝染源) の感染能力が、次年度作のダイズ播種期には認められなくなることも本節の試験結果で明らかにされた (Table 13)。したがって、ダイズ収穫後の早い時期にほ場をすき込むことは、鈴木ら<sup>61)</sup>も示唆しているように次年度作のダイズに紫斑病の伝染源を残さないための重要な耕種的防除法である。このことから、ダイズの連作を余儀なくされる栽培においては、アスパラガスの茎枯病の防除<sup>44)</sup>でみられるように、まず収穫後の罹病残渣の焼却などほ場内の残渣を処分することが大切である。

## 第4章 ダイズ紫斑病による種子の発病抑制を目的とした薬剤防除

紫斑病の防除法として、これまで抵抗性品種の利用、耕種的防除および薬剤の利用などが検討されてきた。しかし、品種抵抗性は栽培年次、栽培地域および栽培条件によって変動がみられ、抵抗性品種の利用は必ずしも安定した防除法であるとはいえない<sup>25,37)</sup>。耕種的防除法としては、岩城<sup>18)</sup>の報告および前節で明らかにしたように健全種子の播種のほか、本研究で示したダイズ収穫後の罹病残渣の早期すき込みおよび生育期における罹病落葉

の早期除去などが考えられる。しかし、上記のいずれの耕種的防除法も決定的な効果が得られず、薬剤の利用が最も有効な防除法であると考えられている。

そこで、本項ではダイズ種子に発生する紫斑病防除を目的に、有効な薬剤の検索とともに有効な薬剤についてはその処理方法や処理適期を明らかにするため試験を実施した。

### 第1節 有効薬剤の検索

#### 材料および方法

##### 1. 試験 1

アキシロメの罹病種子を供試し、1979年7月9日に農業試験場のほ場に播種した。種子消毒剤にチウラム・ベノミル水和剤（チウラム20.0%、ベノミル20.0%）、生育期の散布剤にチオファネートメチル水和剤（チオファネートメチル70.0%の700ppm）、同粉剤（チオファネートメチル2.0%）、TPN粉剤（TPN4.0%）、石灰ボルドー液（4-4式、 $\text{CuSO}_4$ および $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の4000ppm）および塩基性硫酸銅（銅0.6%粉剤）を供試した。種子消毒については、播種直前に乾物種子重の0.4%を粉衣、生育時散布は9月13日（開花後約30日）に、水和剤および液剤は10a当たり120l、粉剤は同4kgをそれぞれ1回処理した。チオファネートメチル粉剤および塩基性硫酸銅の生育期散布については、これらとチウラム・ベノミル水和剤による種子消毒を組み合わせた処理を設けた。試験は無処理区を含め9処理区を設け、各処理区とも2.2m<sup>2</sup>（1.1×2m）の3反復で実施した。栽植密度は16×50cmの1本植えとし、1区約25株を育成した。10月29日（適期収穫期）に1区当たり10株を刈り取り、ガラス室内で約20日間乾燥した後種子を収穫し、1区当たり約700の稔実種子を対象に発病率を調べ、各薬剤の防除効果を判定した。肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

##### 2. 試験 2

アキシロメの無病徴種子を供試し、1987年6月18日に農業試験場のほ場に播種した。供試薬剤はポリオキシシン水和剤（ポリオキシシン複合体10.0%の100ppm液）、イソプロチオラン水和剤（イソプロチオラン40.0%の400ppm液）、ピテルタノール水和剤（ピテルタノール

25.0%の250ppm液）およびチオファネートメチル水和剤（チオファネートメチル70.0%の700ppm液）とし、それぞれ9月5日（開花後約30日）に10a当たり360lを散布した。試験は無処理区を含め5処理区を設け、各処理区5.4m<sup>2</sup>（1.8×3m）の3反復で実施した。栽植密度は30×60cmの1本植えで、1区30株を育成した。各区の中央にそれぞれアキシロメの罹病種子を1粒ずつ同時に播種し、罹病種子から発育する株を（1区1株）接種源に供試した。防除効果については、9月21日（散布16日後）に薬剤散布時に発病していなかった上位葉（1区約100葉）を対象に発病葉率を、11月4日（成熟期）に1区当たり15株を刈り取り、ガラス室内で約20日間乾燥した後種子を収穫し、1区当たり400の稔実種子を対象に発病率および紫斑発現程度<sup>38)</sup>を調べて判定した。収量については1区当たり15株の稔実種子を対象に測定し、1株当たりの重量で示した。なお、肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

### 結 果

##### 1. 試験 1

Fig.20に示したように、チオファネートメチル水和剤および同粉剤のダイズ生育期散布はきわめて高い防除効果を示し、種子の発病を低率に抑えた。TPN粉剤および石灰ボルドー液も有効であったが、チオファネートメチル剤に比べると明らかに防除効果が劣った。塩基性硫酸銅の散布効果およびチウラム・ベノミル水和剤による種子消毒の効果はまったく認められなかった。なお、チウラム・ベノミル水和剤による種子消毒とチオファネートメチル粉剤による生育期散布を組み合わせた処理については、両薬剤の処理による相乗効果が認められなかった。

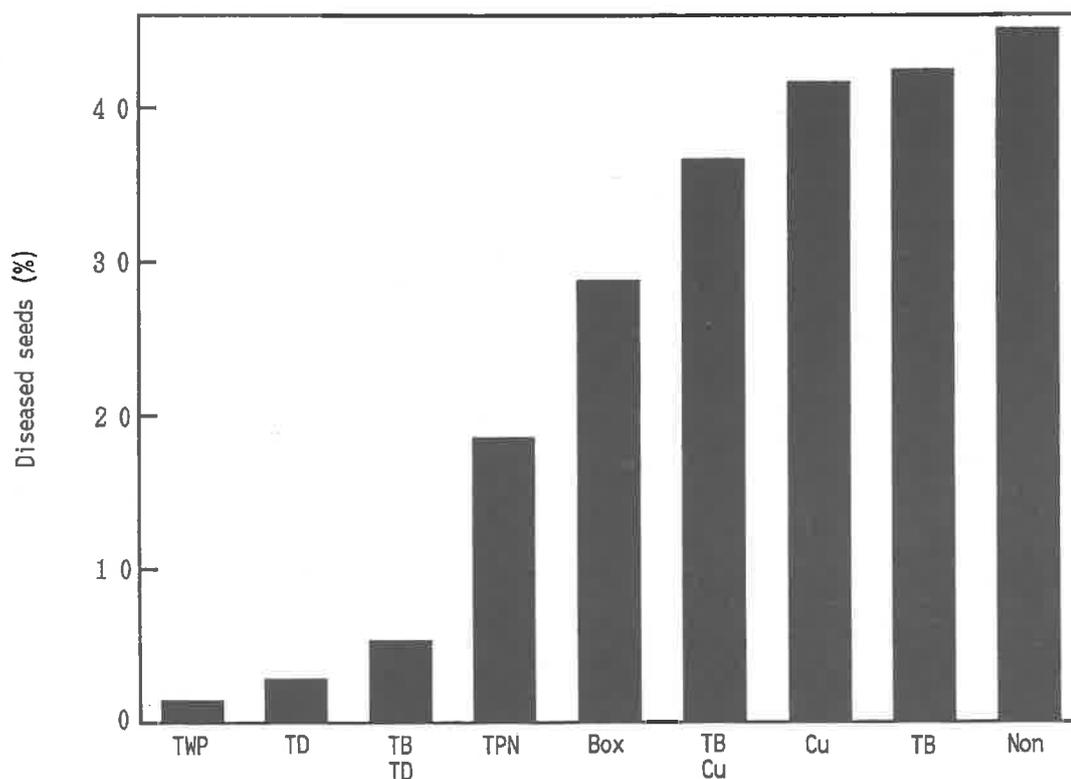


Fig.20. Effect of chemicals for control of seed disease caused by purple stain of soybean (TWP: thiophanate-methyl WP, TD: thiophanate-methyl D, TPN: chlorothalonil D, Box: bordeaux mixture, Cu: copper sulfate basic D, TB: seed disinfection with thiram benomyl WP, Non: chemical free).

Table 14. Effect of chemicals for control of seed disease caused by purple stain of soybean

Chemicals (WP)	% of diseased leaves <sup>a)</sup>	% of diseased seeds <sup>b)</sup>	Disease severity on seeds <sup>b,c)</sup>	Yield of seeds per plant (g) <sup>b)</sup>
Polyoxin AL	1.7a <sup>d)</sup>	9.5bc	0.146b	72.8a
Bitertanol	2.0a	3.1ab	0.039a	66.6a
Isoprothiolane	1.0a	12.4cd	0.176bc	66.7a
Thiophanate-methyl	0.7a	0.5a	0.005a	64.3a
Chemical free	2.7a	17.5d	0.276c	52.6a

a) Three hundred leaves per treatment were examined at Sep. 21, 16 days after application of chemicals.

b) Disease incidence on seeds and yield was examined at the harvest maturity.

c) Following criteria of Suzuki<sup>59)</sup>.

d) Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

## 2. 試験 2

接種源の株の初発病は6月28日に子葉に認められた。一方、接種源以外の株については子葉に発病が認められなかったことから、供試した種子はすべて健全であると判断した。接種源から健全株への紫斑病の伝染は7月14日からみられ、接種源に隣接する一部の株の初生葉に病斑の形成が認められた。しかし、その後の病勢の進展は遅く、薬剤散布直前におけるほ場全体にみた発病葉率は46.7%であった。Table 14 に薬剤散布前に未発病であった上位葉の散布後の発病状況を示した。薬剤散布日から調査日までの降水量がきわめて少なかったため、無散布区においても発病葉率が低く、各薬剤の防除効果の判定

はできなかった。一方、成熟期のダイズ種子の発病に対しては、チオファネートメチル水和剤およびピテルタノール水和剤の防除効果が高かった (Table 14)。しかし、ピテルタノール水和剤の防除効果はチオファネートメチル水和剤に比べるとやや劣り、また、ポリオキシ水和剤およびイソプロチオラン水和剤の防除効果は低く、種子の発病を有効に抑えることができなかった。なお、収量についてはいずれの薬剤も無処理と有意な差がなく、散布による増収効果は認められなかった。試験1および2の結果から、供試薬剤の範囲内において、チオファネートメチル剤と同等かそれ以上の優れた防除効果を示す薬剤はなかった。

## 第2節 チオファネートメチル剤の散布適期

前項の試験で、チオファネートメチル剤のダイズ生育期の1回散布は、ダイズ種子の紫斑病に対して優れた防除効果を示した。本項では、本剤の1回散布による散布適期を明らかにするための試験を実施した。

後約1週間)、11月15(同約1ヵ月)の3時期、遅まき栽培については10月31日(適期収穫期)および11月8日(成熟後約1週間)の2時期に行い、それぞれ収穫時期ごとに防除効果を調べた。なお、肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

### 材料および方法

アキシロメの無病徴種子を供試し、1980年6月10日(早まき栽培)および同7月11日(遅まき栽培)に農業試験場のほ場に播種した。チオファネートメチル粉剤(チオファネートメチル2.0%)を供試し、早まき栽培は開花後約25, 35, 45日、遅まき栽培は同約15, 25, 35日のいずれかに1回、本剤を10a当たり4kgを散布した。各散布時におけるダイズの生育ステージは、いずれの栽培においても早期の散布は莢完全伸長期~種子肥大初期(R4~5)、中期の散布は種子肥大初期(R5)および晩期の散布は種子肥大中期(R5)に相当した。いずれの栽培においても、試験は無散布区を含め4処理区を設け、各処理区とも6.9m<sup>2</sup>(2.3×3m)の3反復で実施した。栽植密度は20×50cmの1本植えとし、1区当たり約70株を育成した。なお、遅まき栽培ほ場を早まき栽培ほ場の風上100mに設けた。

防除効果については1区当たり10株を収穫し、ガラス室内で約20日間乾燥後、稔実種子(早まき栽培:2,100~3,800種子、晩まき栽培:2,100~2,600種子)を対象に発病率および紫斑発現程度<sup>59)</sup>を調べて判定した。収穫は早まき栽培では10月13日(適期収穫期)、同20日(成熟

### 結 果

早まきおよび遅まき栽培とも、播種した種子の中に無病徴で紫斑病菌を保菌したものがごく少数混入していたと考えられ、生育初期から茎葉に発病が認められた株があった。これらの罹病株が伝染源になったため、成熟期における種子の発病が助長された。

Fig.21 および Fig.22 に示したように、本試験で処理した期間内であれば、いずれの時期にチオファネートメチル粉剤を散布してもほぼ同等の高い防除効果が得られ、種子の発病がきわめて低率に抑えられた。また、早まきおよび遅まき栽培とも収穫を適期より遅くした場合の種子の発病状況を調べた。適期より遅く収穫すると発病種子率が若干上昇したが、その傾向は無散布区でやや顕著であった。

上記の結果から、チオファネートメチル粉剤をダイズ開花後約15日(莢完全伸長期~種子肥大初期, R4~5)から45日(種子肥大中期, R5)の期間に1回散布すれば、ダイズ種子の紫斑病が低率に抑えられることが明らかになった。

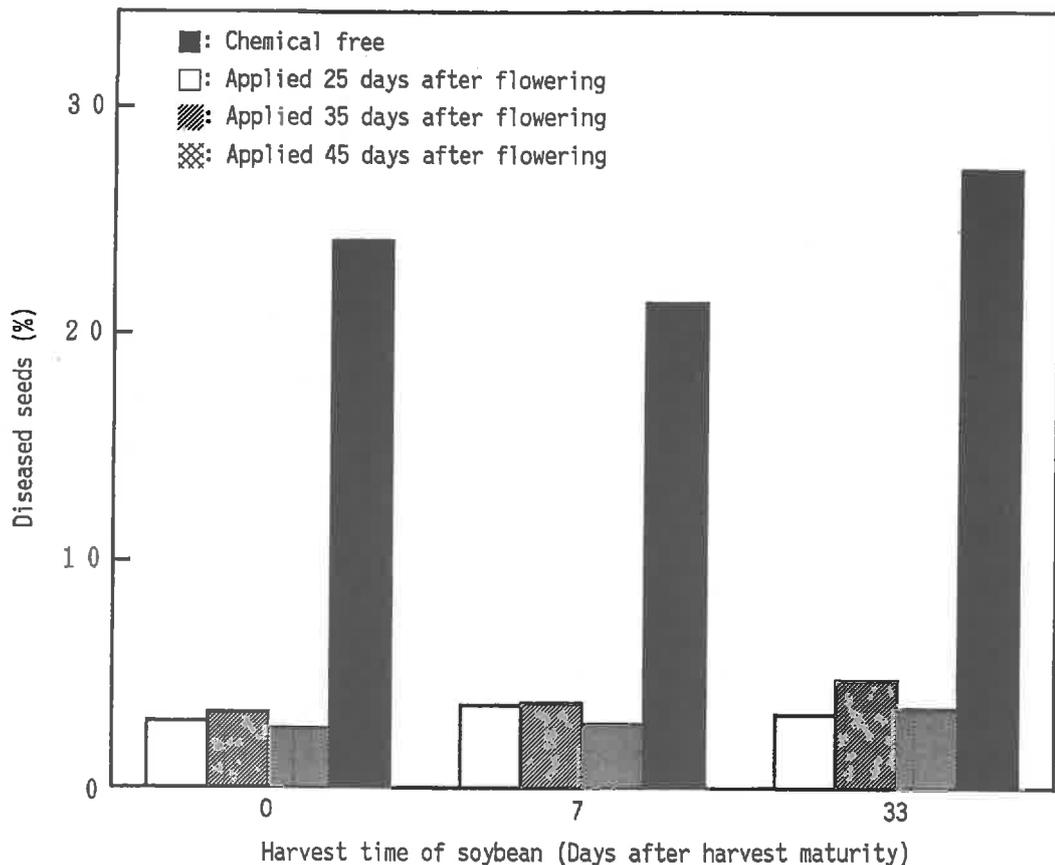


Fig.21. Effect of thiophanate-methyl (D) applied at different time of soybean growth stages for control of seed disease caused by purple stain of soybean in early planting.

### 第3節 チオファネートメチル剤の作用性と効果持続期間からみた散布適期

前項の試験で、ダイズ種子の紫斑病の防除を目的としたチオファネートメチル剤の散布適期が、ダイズの開花後15~45日の範囲にあることが明らかになった。そこで、散布適期がこのように長期にわたる原因を明らかにするため、薬剤散布後の種子の感染および発病状況の推移を調べ、その結果に基づき本剤の防除効果、作用性および効果持続期間を解析した。

#### 材料および方法

アキシロメの罹病種子を供試し、1982年6月10日に農業試験場のほ場に播種した。チオファネートメチル水剤(チオファネートメチル70%の700ppm液)を供試し、ダイズ開花時(8月10日, R2), 開花後約30日(9月7日, R5), 同50日(9月27日, R5~6)および同70日(10月16日:黄莢期, R6~7)のいずれかに1回、茎葉と莢に薬液が充分付着するように散布した。薬液の

散布量は開花時には10a当たり200l, その他の時期は同300lとした。試験は無散布区を含め5処理区を設け、各処理区とも10m<sup>2</sup>(2×5m)の3反復で実施した。栽植密度は25×50cmの1本植えとし、1区当たり約80株を育成した。

防除効果については、薬剤散布時にすでに発病していた本葉の葉柄を落葉後に経時的に採集し、その病斑部における子座から新たに発育してくる紫斑病菌の分生孢子形成の有無を調べて判定した。罹病葉柄の採集は、無散布区では7月31日から薬剤散布区ではそれぞれの散布日から成熟期にかけて約7日間隔で行った。各調査時とも1区当たり25~50罹病葉柄を採集し、1罹病葉柄から1病斑、計25~50病斑を供試して既述の方法により分生孢子形成状況を調べた。防除効果は病斑上での分生孢子的形成の有無を基にして、次式による防除値によって表した。 $Y = (X - Z) / X \times 100$  (Yは防除値, Xは無散布区における分生孢子的形成する病斑の率%, Zはそれぞ

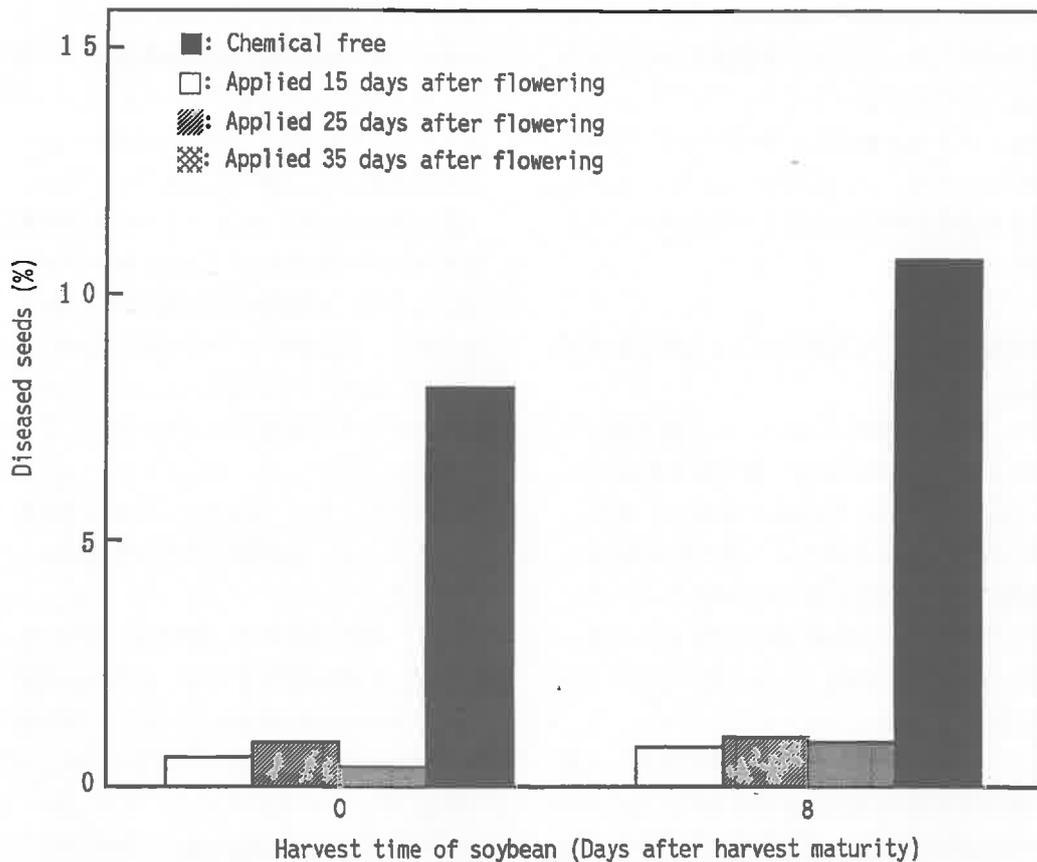


Fig.22. Effect of thiophanate-methyl (D) applied at different time of soybean growth stages for control of seed disease caused by purple stain of soybean in late planting.

れの薬剤散布区における分生胞子を形成する病斑の率%)。

ダイズ種子の感染状況の推移については、無散布区および開花時散布区についてはダイズ開花後約15日(種子肥大度0.3%:対成熟期の種子の乾物重比, R 5)から、その他の薬剤散布区ではそれぞれの散布日から成熟期にかけて約7日間隔で調査した。各調査時には1区当たり100莢を採集し、25°Cの乾燥室内で約20日間処理後に200~250の種子を収穫し、既述の方法によって感染種子率と紫斑発現程度<sup>59)</sup>を調べた。なお、各調査時の無病徴種子については、無作為に選んだ100種子を供試し、既述の方法によりPSA培地に置床して、感染状況をより詳細に調査した。

一方、種子の発病は黄莢期(R 7)頃から認められるので<sup>40)</sup>、上記の感染状況調査とは別に、成熟期の約20日前(10月上旬,黄莢期)から1区当たり100莢を採集し、莢の採集直後に種子を収穫して肉眼観察により発病状況を調べた。チオファネートメチル水和剤の散布時期別に見た種子の感染および発病状況を無散布と比較して、本

剤の効果、作用性および効果持続期間を解析し、その結果から防除適期を判定した。ダイズの肥培管理および害虫防除は広島県の栽培慣行に準じた。

## 結 果

### 1. チオファネートメチル水和剤散布後の罹病落葉の病斑部における分生胞子の形成阻止

無散布区における本葉の落葉は7月中下旬から始まったが、8月中旬までの落葉数は少なく9月上旬から多くなった。7月31日の調査では、落葉した葉柄の病斑の73.3%に紫斑病菌の分生胞子が形成された。8月中旬以降分生胞子を形成する病斑の比率が高くなり、各調査時の発病率は常に90%以上で推移した。

Fig.23には、薬剤散布後に落葉した罹病葉柄の病斑部における分生胞子の形成阻止率を防除価で示した。開花時の散布は散布後約50日にわたり病斑上の分生胞子形成を著しく阻止した。茎葉の発病が増加し始める開花後約30日および茎葉の発病盛期にあたる開花後約50日の散布

は、散布後20日まで分生胞子の形成を著しく阻止した。一方、開花後約70日（黄莢期）の散布は、ほとんどの葉が落葉した後の散布になったため、本調査方法による分生胞子の形成阻止効果を判定することができなかった。

チオファネートメチル水和剤は、薬剤散布時の茎葉の発病程度に影響されるものの、散布後、20～50日にわたり病斑上での分生胞子の形成を阻止する効果を有していることが明らかになった。

## 2. 種子の登熟期間における薬剤散布による感染および発病の阻止

Fig.24 に示したように無散布区における感染種子の初発生は、9月上旬（開花後約30日、種子肥大度約10%、R 5）に認められた。その後、感染種子は徐々に増加し、成熟期の約20日前に当たる10月中旬（種子肥大度100%、R 6～7）に感染率が13.8%と最高値に達した。一方、種子の初発病は10月中旬（成熟期前約20日）にみられ、その後短期間に急増し、成熟期（11月上旬）における発病種子率は14.6%であった。

チオファネートメチル水和剤を開花時期に散布した処理区では、感染種子の初発生時期が無散布区に比べ約10日遅い9月中旬に認められた。初発生後は無散布区とほ

ぼ同様に感染種子が増加し、9月中旬から10月上旬の感染種子率は無散布区と変わらなかった。しかし、10月中旬から下旬の感染種子率は無散布区より明らかに低かった。種子の発病は10月中旬からみられ、成熟期の発病率は7.1%で無散布区より明らかに低かった。

開花後約30日（種子肥大度10%、R 5）および同50日（種子肥大度65%、R 5～6）の本剤散布区では、散布前にそれぞれ約2および10%の種子がすでに感染していた。しかし、本剤散布後は感染種子の発生がほとんど認められず、感染種子の発生抑制効果は成熟期（散布後およそ40～60日）まで持続した。また、これら2処理区の成熟期における発病種子率はそれぞれ0.33%および0.15%ときわめて低かった。このように、これらの2処理区では一部の種子がすでに感染した後の薬剤散布であったにもかかわらず、成熟期における発病がほとんど認められなかった。

一方、開花後約70日（種子肥大度100%、R 6～7、黄莢期）の薬剤散布区では、処理後の感染種子率の低下がまったくみられなかった。また、開花後70日の薬剤散布区はすでに一部の種子が発病した後の散布となった（Fig.24）。この理由により、本散布区の成熟期における発病種子率は10.7%と高く、無散布区と有意な差が認

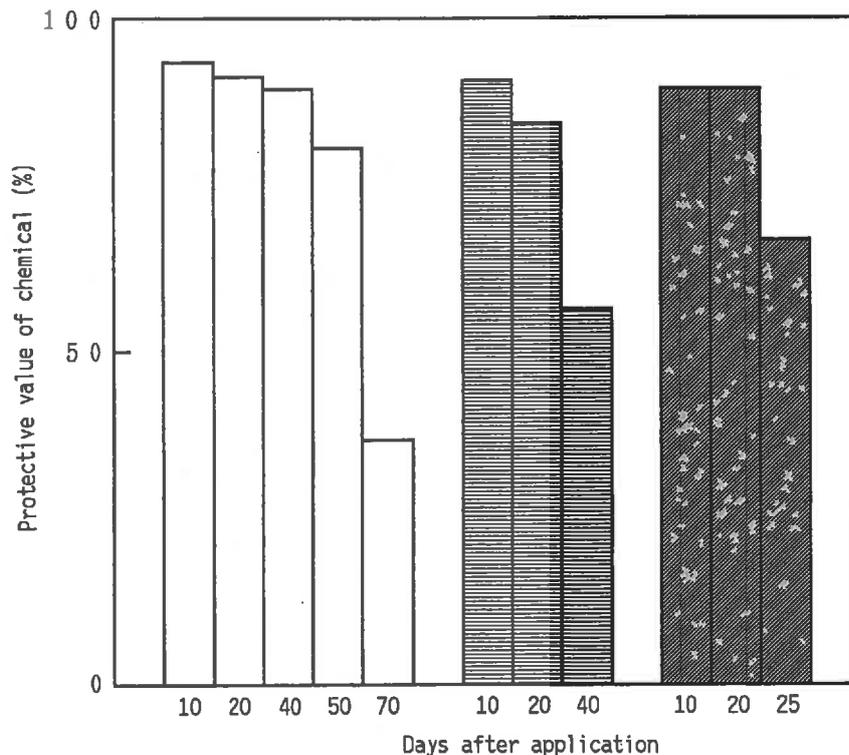


Fig.23. Effect of thiophanate-methyl (wp) applied at different time of soybean growth stages for suppressing of conidial formation of *Cercospora kikuchii* on diseased defoliated petioles (□ : applied at flowering, ▨ : applied 30 days after flowering, ▩ : applied 50 days after flowering).

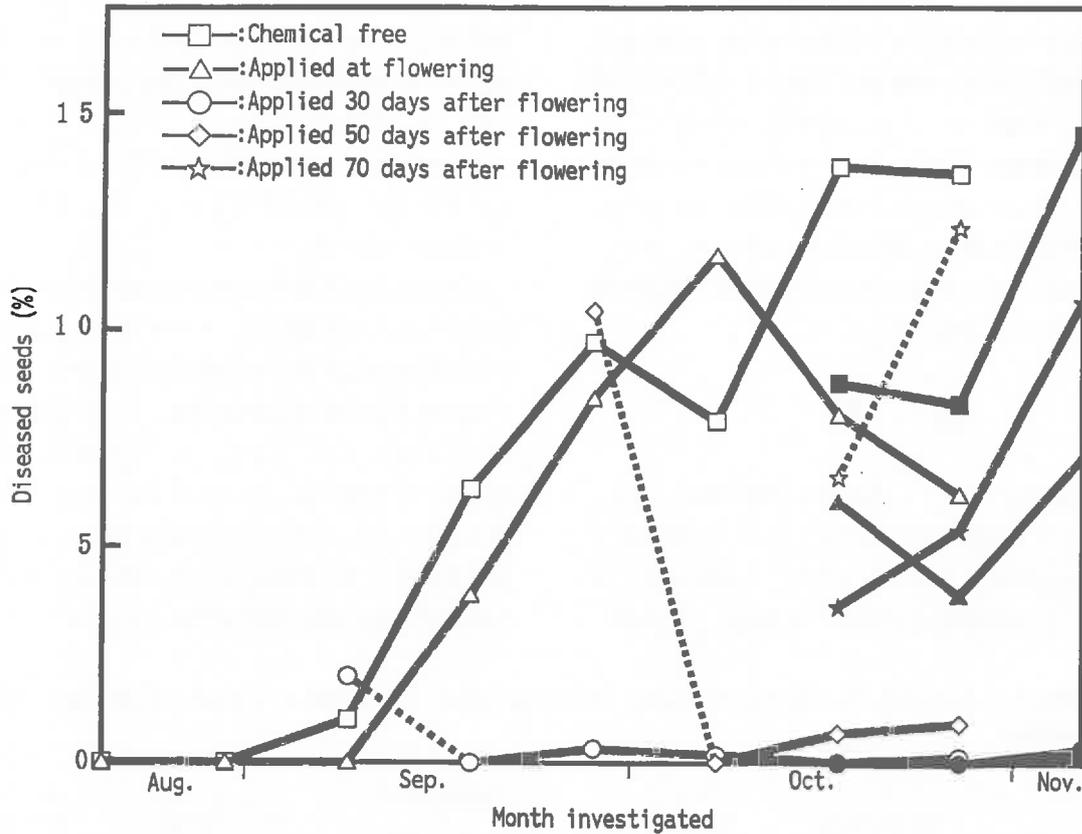


Fig.24. Disease incidence on seeds caused by purple stain of soybean during seed development after applying thiophanate-methyl [□, △, ○, ◇, ☆: infected seeds without symptoms, ■, ▲, ●, ◆, ★: diseased seeds (seeds with purple discolorations), ○····, ◇····, ☆····: infected seeds without symptoms before application].

められなかった。しかし、発病種子の紫斑発現程度は無散布区のものより有意に低く<sup>39)</sup>、開花後70日の遅い時期の散布でも種子の紫斑面積の拡大を阻止する効果が認められた。

開花期以降チオファネートメチル剤を時期別に散布して、薬剤散布後に落葉した罹病葉柄上の分生孢子形成の

阻止状況および種子の感染と発病の阻止状況から本剤の作用性と効果持続期間を解析し、本剤の散布適期を検討した。その結果、6月上中旬まきのアキシロメについては、開花後30~50日の期間が最も有効なチオファネートメチル剤の散布時期と判断された。

## 第4節 チオファネートメチル剤の散布回数が防除効果および収量に及ぼす影響

### 材料および方法

アキシロメの罹病種子を供試し、1985年6月11日に農業試験場のほ場に播種した。第2本葉展開期（初生葉発病期、V3）の7月5日から開花後約30日（種子肥大初期、R5）の8月28日にかけて、チオファネートメチル水和剤（チオファネートメチル70%の467ppm液）を0、1、3、4、6および9回散布する処理区を設けた。9回散布区については7月5日、12日、19日、25日、31日、8月7日、14日、21日および28日、6回散布区について

は7月5日、19日、31日、8月14日、21日および28日、4回散布区については7月5日、25日、8月14日および28日、3回散布区については7月5日、31日および8月28日、1回散布区については8月28日に処理した。10a当たりの薬液の散布量は7月5日および12日は130l、7月19日および25日は200l、7月31日以降は250lとした。試験は各処理区とも4.3m<sup>2</sup>（3.6×1.2m）の3反復で実施し、栽植密度を30×60cmとした1本植えで、1区当たり24株を育成した。

防除効果は、ダイズ生育期の茎葉については成熟期の

約10日前の10月20日に1区当たり20株を対象に、発病株率および主茎から直接発育する本葉の平均最上発病葉位（以下第N本葉と記述）を既述の方法により調査して判定した。ダイズの種子については成熟期（10月下旬）に1区当たり9株を刈り取り、ガラス室内で約20日間乾燥後、1区当たり200～250の稔実種子を対象に発病率および紫斑発現程度<sup>59)</sup>を調べ、防除効果を判定した。また、成熟期には1区当たり9株の稔実種子を対象に収量を測定し、1株当たりの重量で示した。

## 結 果

いずれの処理区においても初発病は子葉に認められた。無散布区および1回散布区では7月上旬、3回散布区では同下旬、4回散布区では8月上旬中旬、6回散布区では9月中下旬、9回散布区では10月中旬以降に上位本葉へ

の伝染が顕著になり始めた。Table 15 に示したように、10月20日の調査では、無散布区および1～4回散布区では、すでに発病株率が100%に達し、最頂葉（第15本葉、V16）まで紫斑病が伝染した。一方、6回および9回散布区の発病株率は50%程度に過ぎず、上位葉への伝染もそれぞれ第9～10本葉（V10.2）および第6～7本葉（V7.8）であった。

成熟期における種子の発病は無散布区を除きいずれの散布区もきわめて低率で、1～9回散布区の間発病種子率や紫斑発現程度に有意差が認められなかった。

9回散布区の収量は無散布区および1回散布区に比べ明らかに多かった。しかし、3～6回散布区の収量は無散布区と1回散布区に比べると多いものの、その差は有意でなかった。3回以上薬剤を散布した区の100粒重は無散布区および1回散布区に比べ明らかに重く、特に9回散布区でその傾向が顕著であった。

Table 15. Effect of frequency of thiophanate-methyl (WP) application for control of disease caused by purple stain of soybean

No. of applications	No. of plants examined <sup>a)</sup>	% of diseased plants <sup>a)</sup>	Upper most nodes with diseased leaves <sup>a)</sup>	No. of seeds examined <sup>b)</sup>	% of diseased seeds <sup>b)</sup>
9	60	56.7a <sup>c)</sup>	7.8a	667	0.9a
6	60	51.7a	10.2b	693	0.1a
4	60	100b	16.0c	718	0.4a
3	60	100b	16.0c	713	0.6a
1	60	100b	16.0c	723	2.1a
0	60	100b	16.0c	766	26.1b

No. of applications	Disease severity on seeds <sup>b)</sup>	No. of plants examined <sup>b)</sup>	Yield of seeds per plant (g) <sup>b)</sup>	Weight of 100 seeds (g) <sup>b)</sup>
9	0.011a	27	86.0a	33.0a
6	0.001a	27	81.5ab	31.2b
4	0.004a	27	80.9ab	31.0b
3	0.010a	27	80.6ab	31.9ab
1	0.028a	27	75.3b	28.6c
0	0.463b	27	73.0b	28.0c

a) Examinations were carried out at Oct. 20, about 10 days before harvest maturity. The expression of upper most nodes with diseased leaves was followed by the criteria of Fehr et al<sup>59)</sup>.

b) Examinations were carried out at harvest maturity. The expression of diseased severity on seeds was followed by the criteria of Suzuki<sup>59)</sup>.

c) Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

## 第5節 チオファネートメチル剤の散布回数と薬剤耐性菌の出現

これまでの試験から、チオファネートメチル剤はダイズ種子の紫斑病に対し優れた防除効果を示すことがわかった。しかし、本剤はダイズ以外の数々の作物の糸状菌による病害を防除するためにしばしば使用されているが、本剤に対する薬剤耐性菌の出現が問題になっている<sup>16,31,57)</sup>。したがって、ダイズ紫斑病の防除に本剤を使用するに当たっては耐性菌の出現の可能性を考慮しなければならない。そこで、チオファネートメチル剤の散布回数が薬剤耐性菌の出現に及ぼす影響を明らかにするため試験を実施した。

### 材料および方法

ダイズ成熟期の1985年10月31日に、前項の試験ほ場の各処理区（1区当たり15～20の罹病葉柄）から紫斑病に罹病した50の葉柄を採集した。1罹病葉柄から1病斑を無作為に選び、1病斑から1菌株、各処理区当たり50菌株を常法により単孢子分離した後、1986年2～3月に耐性菌検定に供試した。検定はチオファネートメチル剤を0, 1.4, 2.8, 5.5, 11.0, 22.0, 44.0, 88.0, 175.0, 350.0および700.0ppmの濃度になるように添加した

PSA培地に分離菌株を置床し、25°Cで10～15日間培養後菌そうの生育の有無によって行った。なお、チオファネートメチル水和剤の常用濃度である700ppmを添加した培地上で生育する菌株を耐性菌と判定した。検定は3反復で実施し1移植菌片でも生育した菌株を耐性菌と判定した。

### 結 果

Table 16 に示したように、チオファネートメチル水和剤の467ppm液（10a当130～250l散布）を前年の栽培時期に9回あるいは6回散布したダイズ葉柄の病斑から分離した菌株のうち、それぞれ14菌株（28%）および2菌株（4%）が本剤の700ppmを添加した培地上で生育した。一方、前年のチオファネートメチル水和剤の散布回数が4回以下の病斑から分離したすべての菌株は、本剤を添加した培地上で生育しなかった。したがって、チオファネートメチル剤のダイズ生育期における6回以上の散布は、本剤に対する耐性菌を出現させることが明らかになった（図版IV）。

Table 16. Effect of frequency of thiophanate-methyl (WP) application on development of resistant strains of *Cercospora kikuchii*

No. of applications	No. of isolates	Amount of thiophanate-methyl (ppm) added to PSA						% of resistant strains
		0	2.8	11	44	175	700	
9	50	50	14	14	14	14	14	28
6	50	50	2	2	2	2	2	4
4	50	50	0	0	0	0	0	0
3	50	50	0	0	0	0	0	0
1	50	50	0	0	0	0	0	0
0	50	50	0	0	0	0	0	0

## 第6節 薬剤耐性菌による発病に対するチオファネートメチル剤の防除効果

前項の試験結果から、チオファネートメチル剤をダイズ生育期に6回以上散布すると、本剤に対する耐性菌が出現することがわかった。そこで、耐性菌による発病に対する本剤の防除効果を確認するため試験を実施した。

### 材料および方法

アキシロメの無病微種子を供試して、チウラム・ベノミル水和剤（チウラム20%、ベノミル20%）で種子消毒

(乾物種子重の0.3%粉衣)後、1986年6月12日にダイズ栽培初年目の農業試験場のほ場に播種した。耐性菌による接種は、前年にチオファネートメチル水和剤を9回散布したダイズを乾燥条件下で保存し、その紫斑病による罹病株(茎葉、葉柄および莢など)を供試して行った。罹病株を約5cmの長さに切断後、イナ藁を敷いたダイズ作条間に1m<sup>2</sup>当たり乾物重で450gを均一に散布した。感受性菌の接種は、同じ試験でのチオファネートメチル水和剤の無散布区の罹病株を用い、同様の方法で行った。上記による接種を8月19日(開花後約15日)に行い、接種源での分生胞子の形成を促すため接種後は適宜散水してほ場を湿潤に保った。試験は薬剤散布区および無散布区を設けて実施し、薬剤散布は9月2日(開花後約30日)に行い、チオファネートメチル水和剤(チオファネートメチル70%)の700ppm液を10a当たり300l散布した。耐性菌接種ほ場および感受性菌接種ほ場とも薬剤散布区および無散布区、それぞれ1区3m<sup>2</sup>(2×1.5m)の3反復で実施し、栽植密度は20×50cmの1本植えて、1区30株を育成した。なお、耐性菌接種ほ場を感受性菌接種ほ場の風下50mに設けた。

生育期のダイズ茎葉については全株を対象に、薬剤を散布した後に発病した本葉(1区約240葉、計約720葉)を経時的に調べ発病率から防除効果を判定した。成熟

期(10月30日)には1区当たり10株を刈り取り、ガラス室内で約20日間乾燥後、1区当たり200~250の稔実種子を対象に発病率を調べ防除効果を判定した。

## 結 果

薬剤散布時に未発病であった本葉の発病は9月上旬から認められた。Table 17に示したように薬剤無散布区の発病率は耐性菌接種ほ場よりも感受性菌接種ほ場で常に高く推移した。しかし、感受性菌を接種したほ場では、薬剤散布により散布後約30日間にわたり発病率が無散布区より有意に抑制された。一方、耐性菌を接種したほ場においては、薬剤散布区と無散布区との発病率にほとんど差がなく、チオファネートメチル水和剤の散布による防除効果が認められなかった。

Table 18には成熟期におけるダイズ種子の発病率を示した。感受性菌を接種したほ場では、薬剤散布により種子の発病が著しく抑制され顕著な防除効果が得られた。一方、耐性菌を接種したほ場では、薬剤散布区と無散布区との発病種子率に差が認められなかった。

上述したダイズ茎葉とダイズ種子の発病状況から、耐性菌による発病に対してはチオファネートメチル水和剤の防除効果は認められないと判断された。

Table 17. Efficacy of thiophanate-methyl (WP) disease control on leaves infected by resistant strains of *Cercospora kikuchii*

Date of examination	Number of leaves examined	Plants inoculated with resistant strains		Plants inoculated with sensitive strains	
		% of diseased leaves		% of diseased leaves	
		Chemical treatment	Chemical free	Chemical treatment	Chemical free
Sep. 9	720	1.7a <sup>a)</sup>	5.0b	7.9a	11.3b
	720	3.2a	5.0b	5.4a	11.7b
	720	5.8b	3.8a	20.4a	40.8b
	720	5.4b	3.8a	71.3a	100b
Oct. 8	720	9.6a	7.9a	100a	100a
	720	5.8a	12.5b	100a	100a
	720	10.8a	10.8a	100a	100a

a) Numbers followed by the same letter between chemical treated and not at each date of respective strains are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

Table 18. Efficacy of thiophanate-methyl (WP) disease control on seed infected by resistant strains of *Cercospora kikuchii*

Date of examination	Total number of seeds and percentage of diseased seeds			
	Plant inoculated with resistant strains		Plant inoculated with sensitive strains	
	Chemical treatment	Chemical free	Chemical treatment	Chemical free
Nov. 18	659 4.9% <sup>a)</sup>	692 4.7% <sup>a)</sup>	737 1.5% <sup>a)</sup>	693 23.7% <sup>b)</sup>

a) Numbers followed by the same letter between chemical treated and not of respective strains are not significantly different at 5% level according to Duncans' multiple range test.

## 第7節 農家ほ場におけるチオファネートメチル剤に対する耐性菌の出現状況

ダイズ種子の紫斑病に対するチオファネートメチル剤の優れた防除効果は、これまでに行われた試験で明らかにされている<sup>6,17,36,60)</sup>。しかし、前項の試験結果で示したように、本剤をダイズ生育期に6回以上散布すると耐性菌が出現し、耐性菌による発病に対して本剤の防除効果が低下することを実証した。チオファネートメチル剤がダイズ紫斑病の防除薬剤として本県で普及して以来すでに6年が経過していたことから、農家のダイズ栽培ほ場における薬剤耐性菌の出現状況を把握することが必要であるため調査を実施した。

### 材料および方法

1987年10月中旬から11月上旬にかけて、県内の4市、3郡の27ほ場から紫斑病に罹病したダイズの葉柄を採集

し、常法により病原菌の単孢子分離を行った。1ほ場から10罹病葉柄を採集し、1罹病葉柄当たり1病斑を供試し、1ほ場から10菌株、合計270菌株を単孢子分離した。1988年3月に既述の方法に準じて耐性菌検定を実施した。

### 結 果

Table 19 に示したように、調査した地域のチオファネートメチル剤に対する耐性菌の出現頻度は0~10%で、耐性菌出現率は平均で4.4%であった。調査時点での耐性菌の出現頻度は高いものではなかったが、耐性菌の出現したほ場率は40.7%と高かった。したがって、本剤に対する薬剤耐性菌は県内に広く分布することが明らかになった。

Table 19. Development of thiophanate-methyl-resistant strains of *Cercospora kikuchii* in the field

Location	No. of fields examined	% of fields with resistant strains	No. of isolates examined	% of resistant strains
Takada county	3	0	30	0
Mitsugi county	5	60.0	50	6.0
Kamo county	6	66.7	60	10.0
Higashihiroshima city	5	20.0	50	2.0
Mihara city	2	0	20	0
Hiroshima city	2	0	20	0
Takehara city	4	50.0	40	5.0
Total	27	40.7	270	4.4

## 考 察

チウラム・ベノミル剤とチウラム・チオファネートメチル剤による種子消毒は、ダイズ種子の発芽率を高め生育初期における紫斑病の発生を抑制するが、成熟期における種子の本病に対する防除効果についての評価は一致していない<sup>6,34,53,55</sup>。薬剤の防除効果の判定は無処理区との比較が基本となる。試験ほ場内に無処理区のような伝染源の集団が存在すると、これより飛散する分生胞子によって容易に本病がまん延することは本研究で明らかにした通りである。このことから、ダイズ生育期の全般にわたる気象条件とともに、試験ほ場での伝染源量の多少が、成熟期における種子の紫斑病に対するこれら種子消毒剤の防除効果の評価を大きく左右したものと推測される。

一方、チオファネートメチル剤、ベノミル剤およびチウラム・ベノミル剤のダイズ生育期における茎葉散布の優れた効果については、すでに実証されている<sup>6,15,17,34,60</sup>。これらの薬剤の散布適期に関する試験も実施され<sup>36,54,58,60</sup>、適期内の1回散布で十分な防除効果が得られることが明らかにされている<sup>36,58,60</sup>。また、これらの薬剤を適期内に散布すれば種子消毒が必要ないことは<sup>39,60</sup>、すでに述べた筆者の試験結果と同様である (Fig.20)。

しかし、これまでに各地で実施されてきた薬剤防除試験<sup>6,15,17,34,60</sup>は、いずれも成熟期に収穫したダイズ種子の発病状況から薬剤の効果と散布適期を判定しているだけで、薬剤散布後にどのような経過をたどって種子の感染が阻止され、成熟期における発病阻止につながったのかについては明らかにされていない。本研究ではダイズの開花期から黄莢期までの期間を4時期に分け、いずれかの時期に1回チオファネートメチル水和剤を散布し、散布後の種子の感染および発病の阻止過程を無散布区との比較で解析し、薬剤の効果、作用性および効果持続期間を明らかにした<sup>45</sup>。

Ellisら<sup>4</sup>はダイズ生育期におけるベノミル剤の茎葉散布が収穫後の種子の保菌状況に及ぼす影響を調査している。その中で、黒点病菌などの保菌状況を調べ、ベノミル剤の効果持続期間が散布後少なくとも30日に及び60日後にもわずかに薬効が残存していることを明らかにしている。同じ作用性をもつチオファネートメチル剤の散布後の紫斑病による感染種子の発生阻止状況を調べた本研究の結果においても、本剤は散布後約30日間はきわめて高い防除効果を示し、その後少なくとも10日程度優れた効果が持続するものと考えられた (Fig.24)。チオファ

ネートメチル剤の効果持続期間が散布後30日よりさらに長期に及ぶとした根拠には、紫斑病による茎葉の発病が少ない条件下で本剤を散布した場合、罹病葉柄の病斑部における分生胞子の形成が散布後50日頃まで阻止されたこと (Fig.23)、また、本剤を開花時に散布すると感染種子の初発生時期が無散布区より10日程度遅れ、散布後40日頃に初めて認められたこと (Fig.24)、さらに筆者が行った薬剤防除試験の結果 (Fig.22) が示したように、開花後15日頃の散布でも種子の発病に対する高い防除効果が得られたことなどがあげられる。

開花時のチオファネートメチル剤散布の結果 (Fig.24) が示したように、本剤効果が持続する期間は感染を阻止し、感染種子の初発生時期を遅らせ初期の感染率をやや低下させた。しかし、種子の感染が可能な期間全般にわたって十分な効果が持続しないため、薬効がなくなると感染率を十分に低下することができなかった。この結果、成熟期における発病種子率は無散布区よりは低下したものの、顕著な防除効果が得られなかった。開花後30および50日のチオファネートメチル剤散布は、一部の種子ではすでに感染が起こった後の処理になった。しかし、この時期の本剤散布は、処理後の感染率を著しく低下させ、その効果が種子の感染時期全般にわたって持続し、その結果、成熟期における発病種子率をきわめて低率に抑えた。したがって、開花後30から50日の期間内の薬剤散布は、莢から種子への紫斑病菌の侵入初期から病原菌の侵入を阻止する程度にまで種子の水分含有量が低下する時期 (黄莢期)<sup>3</sup>まで予防的に感染を阻止すると考えられた。一方、すでに感染していた種子に内在する菌を死滅あるいは病徴発現に必要な菌量以下に増殖を抑え、成熟期における種子の発病を抑制すると考えられた。開花後70日 (成熟期の約20日前、黄莢期)の遅い時期のチオファネートメチル剤散布は、感染率がほぼ最高値に達し、登熟が早く進む一部の感染種子では、すでに発病が始まった後の処理となった。したがって、成熟期における発病を十分に阻止することができなかった。しかしながら、このような遅い時期のチオファネートメチル剤の散布でも、成熟期における種子の紫斑発現程度が無散布区に比べ有意に低いことから<sup>39</sup>、病斑の拡大を抑制する効果を有することがわかった。

上述したように、チオファネートメチル剤は予防効果とともに種子の感染後の散布でもきわめて高い治療効果を有し、成熟期における発病を抑制することがわかった。このことから本剤の散布適期は種子の初発病時期を起点に本剤の効果持続期間を逆算して決定することが基本になると考えられる。栽培年次の気象条件、播種時期の早

晩および品種の早晚性に違いがあるにもかかわらず、本研究で実施したいずれの試験においてもダイズ種子の初発病は、ほぼ成熟期の20日前（黄莢期）に認められた。この時期はダイズ種子の水分含有量が生理的に減少し始める時期であることから<sup>3)</sup>、種子の硬化により新たな感染が著しく抑制される時期に相当した。したがって、遅くとも成熟期の約20日前までに感染していた種子が紫斑を発現（発病）するのを抑制することが防除の要点であると考えられる。チオファネートメチル剤の作用性とその効果持続期間を検討した6月上中旬播種のアキシロメの試験結果を例にとると、成熟期の約20日前、すなわち、開花後約70日がダイズ種子の初発病時期に相当する。チオファネートメチル剤は散布後40日間は高い防除効果を示すこと、開花後30～40日頃が感染種子の初発病時期に当たることから、開花後30～50日の期間内に本剤を散布すれば種子の感染時期全般にわたって薬効が持続し、予防および治療的にきわめて高い防除効果が得られるものと考えられる（Fig.24）。さらに、筆者の薬剤防除試験の結果（Fig.22）が示すように、開花後15日頃の本剤散布でも高い防除効果が得られることから、本剤の散布適期を開花後15～50日と結論した。

鈴木ら<sup>60)</sup>もベノミル剤とチオファネートメチル剤の散布適期中がダイズの開花後14～46日と長期に及ぶことを明らかにし、早、中、晩生品種が混在して栽培される地帯であっても、同じ時期の1回の散布で防除が可能であると述べている。したがって、筆者が示した開花後15～50日の防除適期内の散布であれば、品種を含め栽培条件の違いによる薬剤散布時のダイズ種子の登熟程度の多少の差は、防除効果を大きく左右することにはならないと考えられる。チオファネートメチル剤、ベノミル剤およびチウラム・ベノミル剤の散布適期が、ほぼダイズ開花後15～50日<sup>34,36,58,60)</sup>の範囲内にあることがこのことを裏付けている。

本節で実施した薬剤防除試験の結果は、ダイズ生育期間が120～140日、種子の登熟期間が80～90日の6月上中旬から7月上旬まきの中生種のアキシロメを供試して得られたものである。種子の感染と発病の推移は登熟程度によって影響されることは前節ですでに述べた。したがって、成熟期に近づいた時期の薬剤散布の防除効果<sup>11,35,60)</sup>の評価が一致しない原因の一つとして、栽培条件等による種子の登熟程度の差に基づく初発病時期の差が関係したのと考えられる。一方、開花時のような早い時期の薬剤散布効果<sup>34,58,60)</sup>が十分でないことは、薬剤の効果持続期間の不足が影響したものと考えられる。したがって、早生品種や遅まきのように種子の登熟が早く進む栽培で

は、初発病時期が早くなるため薬剤散布適期を早めに設定する必要があり、逆に種子の登熟が遅い栽培では、薬剤の効果持続期間を考慮して散布適期を遅めに設定しなければならないと考えられる。このことから、薬剤の散布適期についてはダイズ開花後の日数とともに、種子の登熟度を併記することが重要であることを指摘した。本試験においては、薬剤の散布時期を種子の肥大度、すなわち成熟期における稔実種子の乾物重を100%とした比率で示した。チオファネートメチル剤の散布適期を種子の肥大度から判断すると、10～60%の範囲がこれに相当し、この時期はFehrら<sup>5)</sup>の基準によるとR5の初期からR6の初期に該当する。

チオファネートメチル剤の作用性と効果持続期間を検討した試験（Fig.24）で明らかなように、感染種子の発生は開花後30日頃（感染率は1～2%）から認められる。また、無散布区およびチオファネートメチル剤の開花後50日散布区の散布前調査の結果が示したように、開花後50日頃にはすでに感染種子率が10%程度に達している。種子に紫斑病菌を接種すると1～2日後に紫斑が発現する<sup>7,21)</sup>。また、前節での感染種子の発生経過が示したように、種子に侵入した紫斑病菌が紫斑を発現する程度にまで増殖するのに5～10日もあれば十分である。これらのことを考えると、開花後30～40日の期間内に感染した種子の多くは開花後50日にはすでに紫斑を発現（発病）しているはずである。しかし、開花後50日にチオファネートメチル剤を散布すると、成熟期における発病種子率が0.15%ときわめて低い。このことは開花後50日の本剤散布区では散布前に種子が発病、すなわち、紫斑を発現していないことを示している。したがって、本節の薬剤試験により、ほ場で生育しているダイズ種子の発病は、感染後一定の潜伏期間を経た後に次々とみられるのではなく、感染時期の早晚にかかわらず種子の水分含有量が生理的に低下し始める黄莢期頃から<sup>3)</sup>一斉に始まるとした前節の結論がより明確にされた。

チオファネートメチル剤はダイズ種子の発病に対し優れた防除効果を示す。しかし、ダイズ生育期に本剤を6回以上散布した場合に、紫斑病菌についても本剤に対する薬剤耐性菌が出現することが明らかになった（Table 16）。また、薬剤耐性菌を接種源にした茎葉および種子の発病に対して、本剤の散布効果がまったく認められなかった（Table 17, Table 18）。なお、本試験において薬剤耐性菌を接種した場合の発病率および発病種子率が感受性菌を接種したものに比べてきわめて低かった。この原因として、薬剤耐性菌の接種源に用いた罹病茎葉の発病程度が感受性菌のものに比べて著しく低く、このことに

よる接種源量の差が最も大きく影響したのと考えられる。一方、ベノミル剤<sup>32,67)</sup>、トリフルミゾール<sup>13)</sup>およびジカルボキシイミド系剤<sup>66)</sup>に耐性を示す病原菌の病原力が、それぞれの剤の感受性菌のものに比べ低いことが報告されている。したがって、ダイズ紫斑病についてもチオファネートメチル剤に耐性を示す病原菌の病原力の低下も関与している可能性が考えられる。しかし、この点については、本試験で明らかにしていない。

既述のように、チオファネートメチル剤に耐性を示す紫斑病菌が出現したことから、農家のダイズ栽培ほ場での本剤に対する耐性菌の出現状況を検定した。その結果、本県における薬剤耐性菌の出現頻度は高くなかったが、薬剤耐性菌が県内に広く分布していることが明らかになった (Table 19)。検定を実施した当時、チオファネートメチル剤および本剤と交叉耐性を示すベノミル剤と同等

の優れた防除効果を示す薬剤がほかになかったため、これらの薬剤に対する耐性菌の出現は紫斑病を防除する上で大きな障害となることが予想された。これらの薬剤は適期に処理すれば1回の散布で十分な防除効果が得られること、さらに、必要以上に散布回数を増加しても期待する防除効果と増収効果が得られないことは、本研究で明らかにしたとおりである (Table 15)。したがって、薬剤の散布時期の判断は、開花後の日数とともに種子の登熟程度を考慮することの大切さを病害虫防除基準をとおして生産現場を指導してきた。一方、薬剤の使用場面から考えると、鈴木ら<sup>64)</sup>が報告しているように、チオファネートメチル剤と TPN 剤との混用およびそれらの交互散布による防除は耐性菌の出現を抑制する有効な対策の一つと考えられる。

## 総 合 考 察

広島県に発生するダイズ病害の種類とその発生状況および種子の被害状況を調査した結果、紫斑病が県内全域に広く発生し、被害程度が最も大きいことを明らかにした。本病については特にダイズ種子の被害が重要視されることから、本研究では種子の発病を防除することを目的に、紫斑病菌の伝染環と本病の発生生態を明らかにし、これらの結果に基づいた総合防除法を確立するために行った。

紫斑病に罹病したダイズ種子をほ場に播種した栽培では、初発病は発芽直後の子葉に認められた。罹病子葉に形成された分生胞子が伝染源になって<sup>1)</sup>、その後は日時の経過にともなって新たに発育してくるダイズの器官に順次伝染し、最終的にダイズ種子の発病につながった。この間、登熟期における紫斑病菌による種子の感染はダイズ開花後約40日頃（種子肥大度40～60%，肥大中期）から認められ、同75日頃（成熟期の約20日前，種子肥大度100%，黄莢期）に感染率が最高値に達することが判明した。一方、種子の発病は成熟期の20日前頃（開花後約75日，種子肥大度100%，黄莢期）から認められ、その後約10日間に感染種子の大部分が発病した。このことから、種子の水分含有量が低下する黄莢期<sup>3)</sup>になると、新たな感染種子の発生が極端に抑制されるとともに、この時期から種子の発病が認められ始めた。したがって、種子の発病は感染後、一定の潜伏期間を経た後に順次みられるのではなく、Royら<sup>37)</sup>が示唆しているように種子の水分含有量が低下する黄莢期頃<sup>3)</sup>から一斉に始まることを初めて実証した。また、種子の感染および発病状況は、ダイズの栽培条件に影響される種子の登熟度に密接に関係することが明らかになった。したがって、種子の感染および発病状況の推移については、ダイズ開花後の日数とともに、種子の登熟程度も指標にして表現することの必要性を指摘した。一方、ダイズの健全種子に紫斑病の罹病種子がわずかに混入していたものをほ場に播種した栽培においては、罹病種子のみを播種した栽培に比べると紫斑病による初期の茎葉の発病が低率に推移した。しかし、罹病種子から発育した株が伝染源になり、その周囲に生育するダイズの健全株の茎葉へ徐々に本病が伝染すると、その後ダイズの着莢期頃にはほ場全体に生育する株の茎葉が激しく発病し、これらが種子の発病の伝染源になった。この結果、成熟期における種子も罹病種子のみを播種した栽培と同様に激しく発病した。

本研究での罹病種子を播種したいずれの栽培においても、紫斑病が容易に種子伝染したことから、罹病種子が本病の最も重要な第一次伝染源であると考えられる。

ダイズ収穫後の紫斑病に罹病した残渣を次年度作のダイズ播種時期までほ場に放置した場合、病原菌は病斑上で子座の形で容易に越冬した。これらの罹病残渣を次年度作のダイズ播種直前にはほ場にすき込んでも、一部のものが土壌から露出した状態にあり、これら罹病残渣の病原菌の一部が病原力を保持していた。このことから、罹病残渣も紫斑病の重要な第一次伝染源と考えられる。一方、ダイズ収穫後に秋耕を行うと、残渣組織の腐敗を早めるため、越年後の次年度作ダイズの播種期には罹病残渣における病原菌の生存が認められなくなることを明らかにした。したがって、鈴木ら<sup>61)</sup>も示唆しているように、秋耕は罹病残渣に由来する第一次伝染源密度を低減させる重要な耕種的防除法と考えられる。

ダイズ生育期の伝染源として、紫斑病に罹病したダイズの落葉の重要性を指摘した。罹病落葉はダイズの着莢期以降に多くなることから、罹病落葉上に形成される分生胞子は種子の紫斑病の重要な伝染源になるものと考えられる。落葉をほ場から次々と除去する作業は営農上実行不可能であるが、中耕と除草を兼ねて罹病落葉を土壌で覆うことは、本菌の分生胞子の飛散防止と罹病組織の腐敗を早めることにつながり、ダイズ種子の紫斑病の伝染源を低減する耕種的防除法の一つと考えられる。

農家栽培ほ場におけるダイズ種子の被害実態調査から、種子の紫斑病は早まき栽培で特に7月上旬にすでにダイズ茎葉に紫斑病の発生が認められたほ場で多発することが明らかにされた。この原因として、早まき栽培は遅まき栽培に比べると発病を促す梅雨に遭遇する期間が長いこと、梅雨の期間に茎葉の発病が著しく助長され、その影響がその後成熟期の種子の発病にも及ぶことを明らかにした。また、早まき栽培では遅まき栽培に比べると種子の登熟期間が長くなることも明らかになり、このことによる種子の感染期間の延長も発病を助長する原因と考えられた。したがって、遅まき栽培はダイズ種子の紫斑病の発生を抑制する重要な耕種的防除法になることを指摘した。

ダイズ種子の紫斑病の発生は登熟期の気象要因に影響されると報告されている<sup>25)</sup>。しかし、種子の発病は罹病落葉を含めたダイズ生育初期から順次蓄積されてきた伝

染源量の多少に影響されることを本研究で明らかにした。したがって、成熟期における種子の紫斑病の発生量は、ダイズの発芽期から成熟期に至るまでのダイズの各器官の発病に及ぼす長期にわたる気象条件に影響される結果と考えるのが妥当であろう。

ダイズ紫斑病対策としては抵抗性品種の利用が最も有効である。しかし、現在の普及品種の紫斑病に対する抵抗性程度がやや強からやや弱に属し、この程度の抵抗性は栽培環境によって変動すると報告されている<sup>62)</sup>。また、本研究で明らかにした耕種的防除法の励行だけでは種子の紫斑病を十分に抑えることはできないと考えられる。これらの理由により、有効な薬剤防除法を検討した結果、チオファネートメチル剤の茎葉散布が種子の紫斑病防除に卓効を示すことを明らかにした。本剤の作用性、効果持続期間および種子の感染から発病に至るまでの過程を詳細に検討した結果、ダイズ開花後15～50日の期間を本剤の散布適期と判断した。この期間内の散布であれば、1回の散布で種子の感染時期全般にわたって本剤の効果が持続し、感染を予防するとともに、すでに感染している種子に内在する菌を死滅あるいはその増殖を抑えるものと考えられ、成熟期における種子の発病を治療的に防除することを明らかにした。

チオファネートメチル剤はダイズ種子の紫斑病防除に優れた効果を示すが<sup>6, 36, 60)</sup>、本剤に耐性を示す紫斑病菌が出現することを本研究で初めて明らかにした。また、薬剤耐性菌を接種源にした茎葉および種子の発病に対しては、本剤の散布効果が認められないことも明らかにし

た。したがって、薬剤耐性菌の出現を可能な限り遅らせるためにも、本剤の散布は一作一回、すなわち、適期内の一回に止めねばならないことを指摘した。チオファネートメチル剤に対する耐性菌の出現状況を検定した1987年には、県内のダイズ栽培ほ場における耐性菌の出現頻度は高いものではなかった。しかし、薬剤耐性菌はすでに県内に広く分布していることが明らかになった。一方、他府県においては、1990年代の初頭からチオファネートメチル剤およびペノミル剤に対する耐性菌が、高率にしかも広域に分布することが報告され始めた<sup>12, 14, 69)</sup>。近年、チオファネートメチル剤、ペノミル剤に耐性を示す紫斑病菌に有効なジエトフェンカルブ剤<sup>14, 69)</sup>およびイミノクタジンアルベシル酸塩剤<sup>30)</sup>が開発され、その実用化が図られている。チオファネートメチル剤とペノミル剤に耐性を示す紫斑病菌が高密度に分布する地域では、これらの新しい薬剤による防除が必要になるであろう。しかし、ジエトフェンカルブ剤に耐性を示すインゲンマメ、キュウリおよびナスの灰色かび病菌がすでに出現している<sup>28)</sup>。このことから、ダイズ紫斑病についても新薬剤に対する耐性菌の出現を常に念頭に置いて防除に当たらねばならない。したがって、新たに実用化された薬剤についても、本研究で明らかにした種子の紫斑病の感染から発病に至るまでの過程を基本に置き、それらの薬剤の作用性や効果持続期間を明らかにするための試験を実施することにより、薬剤の散布適期と散布回数が決定され、薬剤耐性菌の出現阻止を考慮した合理的な防除方法の確立が図れるものと考えられる。

## 摘 要

広島県で栽培されるダイズに発生する主な病害は、ダイズの莖葉と莢にはモザイク病、葉焼病、紫斑病、べと病およびホモブシス病、また、成熟期におけるダイズ種子には紫斑病、モザイク病(褐斑粒)およびべと病であった。中でも、紫斑病は県内に普遍的に発生し、特にダイズ種子に及ぼす被害は著しかった。本研究は紫斑病の第一次伝染源、第一次伝染源からダイズ種子の発病につながる過程、種子の感染から発病に至る過程、紫斑病菌の越冬状況および越冬後の感染能力などの発生生態を明らかにした。この結果に基づき、種子の紫斑病防除を目的に、耕種的防除法の重要性および薬剤防除法を検討した。なお、ダイズ生育期の莖葉および莢などに発現する紫斑病の病徴は、肉眼観察によっては他の病害と識別することが困難であることから、本研究では病斑上に形成される分生胞子を顕微鏡下で観察してダイズ紫斑病の発生生態を明らかにした。

### 1. ダイズ紫斑病の発生生態

#### 1) ダイズの栽培環境と成熟期における種子の被害状況

県内のダイズ栽培ほ場を調査した結果、早まき栽培(6月下旬までの播種)、立地条件の悪い山際のほ場、ダイズ生育初期からすでに莖葉などに紫斑病の発生が認められたほ場および薬剤防除が行われていないほ場で種子の紫斑病の発生が著しく助長されることが明らかになった。

#### 2) ほ場における本病の発生消長

(1) 紫斑病に罹病した種子(以下罹病種子と記述)をほ場に播種したダイズ栽培では、発芽直後の子葉に発病が認められた。子葉の発病が伝染源になって、その後、新たに発育してくるダイズの器官に次々に本病が伝染し、最終的にダイズ種子の発病につながった。降雨後には、病斑上に紫斑病菌の分生胞子が形成されていた。このことから、新たに発育してくるダイズの器官の紫斑病は、すでに発病している器官から飛散する分生胞子により連続してくり返されることを明らかにした。

(2) 罹病種子を6月中旬(早まき)および7月上旬(遅まき)に播種した結果、莖葉、莢および種子の紫斑病の発生は早まき栽培で著しく助長された。

(3) 罹病種子をほ場に播種した栽培では、紫斑病に

よる種子の感染は開花後約40日(種子肥大度40~60%)から認められ、感染率は開花後70~75日(種子肥大度100%、成熟期の10~15日前、黄莢期)に最高値に達した。一方、種子の発病(紫斑種子の発現)は開花後約70日(種子肥大度100%、黄莢期、成熟期の約20日前)から認められ、その後短期間に感染種子の大部分が発病した。したがって、発病は感染時期の早晚にかかわらず、種子がほぼ完全に肥大を終え、種子中の水分含有量が低下し始める黄莢期から一斉に始まることを明らかにした。

(4) 種子の感染と発病は登熟度に強く影響されることを明らかにした。したがって、種子の感染および発病状況は、ダイズの開花後の日数とともに種子の登熟度を併記して表示する必要があることを指摘した。

(5) ほ場に放置された前年作のダイズの罹病残渣上で紫斑病菌は子座の形で越冬し、越冬後も病斑上に多量の分生胞子を形成した。しかし、秋耕により罹病残渣をすき込めば、越冬後の気温の上昇し始める4月頃から組織の腐敗が著しく進み、罹病残渣上での紫斑病菌の越冬密度が著しく低減した。

### 2. ダイズ紫斑病の防除

#### 1) 耕種的防除

##### (1) 第一次伝染源としての罹病種子の重要性

健全種子の中に紫斑病に罹病した種子がわずかに混入したものをほ場に播種した場合、罹病種子から発育した株が伝染源(接種源)になり、ダイズ生育初期の紫斑病は接種源を中心にして徐々に健全な株へ伝染した。着莢期にはほ場全体に生育するダイズ株の莖葉が激しく発病するようになった。その結果、成熟期における莢と種子の紫斑病は罹病種子のみを播種した栽培と同様に激しく発生した。

##### (2) ダイズ生育期の発病の伝染源としての罹病落葉の重要性

罹病落葉の病斑には、常に紫斑病菌の分生胞子の形成が認められた。罹病落葉は着莢期以降に多くなるので、落葉の病斑に形成される分生胞子は、特に莢と種子の発病の重要な伝染源になることを明らかにした。

##### (3) 罹病残渣で越冬した紫斑病菌の第一次伝染源としての重要性

組織が腐敗しなければ、紫斑病菌は罹病残渣上で子座

の形で越冬することをすでに述べた。このことから、秋耕により残渣の腐敗を促した結果、次年度作のダイズの播種期には罹病残渣で越冬した病原菌の感染能力がなくなることを明らかにした。

## 2) 種子の発病阻止を目的とした薬剤防除

(1) チオファネートメチル剤のダイズ生育期の茎葉散布が種子の紫斑病防除に最も有効な方法であることを明らかにした。本剤は予防効果とともに治療効果を備え、散布後40日程度優れた効果を持続した。このことから、本剤の散布適期はダイズの開花後15～50日と長く、適期内の1回散布で種子の発病を著しく抑制することを明らかにした。

(2) チオファネートメチル剤をダイズの生育期に6回以上散布すると、本剤に対する耐性菌が出現した。耐性菌を接種した茎葉および種子の発病に対して、本剤の防除効果は全く認められなかった。

(3) 農家のダイズ栽培ほ場におけるチオファネートメチル剤に対する耐性菌の出現状況を調べた結果、耐性菌の発現頻度は低いものの、耐性菌が県内に広く分布していることが明らかになった。

以上、ダイズ紫斑病の発生生態、中でも種子の感染から発病に至る過程を詳細に調べるとともに、種子の発病を抑制するための防除法を検討した。その結果、ダイズ生育期における薬剤の茎葉散布が最も有効な防除法であることが明らかになった。本病に卓効を示すチオファネートメチル剤の作用性や効果持続期間を解析し、本剤の1回の散布による種子の発病抑制を目的とした防除法を確立した。

なお、健全種子を厳選して播種すること、前年作の被害残渣の秋耕および中耕や除草を兼ねてダイズ生育期の紫斑病に罹病した落葉を土壌で覆うなどの耕種的防除法は、第一次伝染源および生育期における伝染源密度を低減させる有効な対策である。また、梅雨の回避と登熟が速く進むことにより種子の感染期間が短縮される遅まき栽培は、紫斑病による種子の発病を抑制するための有効な栽培法である。したがって、これらの耕種的防除法を組み合わせたダイズ栽培を励行することは、紫斑病の発生環境を抑制するだけでなく、薬剤の防除効果を高めるための前提条件と考えられる。

## 引用文献

- 1) Bandyopadhyay, R., Yang, X. B. and Satyanarayana, M. V.: 1993. Mapping the spread and focus formation of sorghum ergot over time. *Phytopathol.* 83: 1358(Abstr.).
- 2) Berger, R. D.: 1977. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15: 165-183.
- 3) Bills, R. F. and Howell, R. W.: 1963. Biochemical and cytological changes in developing soybean cotyledons. *Crop Science* 3: 304-308.
- 4) Ellis, M. A. and Sinclair, J. B.: 1976. Effect of benomyl field sprays on internally-borne fungi, germination, and emergence of late-harvested soybean seeds. *Phytopathol.* 66: 680-682.
- 5) Fehr, W. R., Caviness, C. E., Burmood, D. T. and Pennington, J. S.: 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 11: 929-931.
- 6) 藤田耕郎・村上正雄・横山幸三郎・石川元一: 1980. ダイズ紫斑病に対する薬剤の散布適期. 関東病虫研報27: 36.
- 7) 藤田佳克・鈴木穂積: 1981. ダイズ紫斑病菌の感染過程に対する温度の影響. 北日本病虫研報32: 117-119.
- 8) ———: 1985. ダイズ紫斑病菌の侵入機作. 植物防疫39: 108-112.
- 9) ———・鈴木穂積: 1986. 紫斑病に対するダイズ品種の抵抗性の温度による変動. 北日本病虫研報37: 51-52.
- 10) ———・———: 1986. ダイズ紫斑病による収量の低下. 北日本病虫研報37: 53-55.
- 11) ———: 1990. ダイズ紫斑病の生態と防除に関する研究. 東北農試研報81: 51-109.
- 12) 福西 務・奥村直志・小坂能尚: 1991. ダイズ紫斑病菌のチオファネートメチル剤に対する薬剤耐性. 関西病虫研報33: 55-56.
- 13) Hamamura, H., Kawahara, M. and Shimoda, S.: 1989. Some characteristics of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*) isolates less-sensitive to triflumizole. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 55: 275-280.
- 14) 長谷川 優・橋本久雄: 1995. 鳥取県におけるチオファネートメチル耐性ダイズ紫斑病菌の発生と防除. 鳥取農試研報25: 25-28.
- 15) 星野四郎: 1980. ダイズ紫斑病防除の適期と方法. 北陸病虫研報28: 90-91.
- 16) 石崎 寛・河野 満・土田 稔・海野 昌・羽澄康則・加藤晋郎・久能 均: 1983. 三重県香良州町のナシ園におけるチオファネートメチル耐性ナシ黒星病菌出現率の年次変動. 日植病報49: 347-351.
- 17) 祝追親志・松田 明・西野新次・大圃武人: 1982. ダイズ紫斑病の薬剤防除. 関東病虫研報29: 50-52.
- 18) 岩城 寛: 1983. ダイズ紫斑病の発病株から採種した無症状子実からの種子伝染. 関東病虫研報30: 44.
- 19) 勝部利弘: 1980. 紫斑病がダイズの生育, 収量ならびに子実の蛋白質, 脂質, 炭水化物含量に及ぼす影響 (予報). 北日本病虫研報31: 64-66.
- 20) Kilpatrick, R. A.: 1956. Longevity of *Cercospora kikuchii* on soybean stems. *Phytopathol.* 46: 58 (Abstr.).
- 21) ———, and Johnson, H. W.: 1956. Purple stain of legume seeds caused by *Cercospora* species. *Phytopathol.* 46: 201-204.
- 22) ———: 1957. Fungi associated with the flowers, pods, and seeds of soybeans. *Phytopathol.* 47: 131-135.
- 23) 北島 博・梶原敏宏: 1967. 原色作物病害図説. 養賢堂70-83.
- 24) 河野富香・酒井泰文: 1974. ダイコンモザイク病の発生予察に関する研究 第1報 広島県におけるモザイク病の病原ウイルスと発病の推移. 広島農試報33: 39-45.
- 25) 小山隆光・柚木利文: 1977. ダイズ紫斑病に対する品種抵抗性について. 東北農試研報55: 235-239.
- 26) Kozaka, T.: 1963. Control of rice blast by cultivation practices in Japan. *THE RICE BLAST DISEASE* 421-438. The Johns Hopkins Press, B. M.
- 27) 松本 巍・友安亮一: 1925. 大豆の紫斑粒に関する研究. 日植病報1: 1-15.
- 28) Mitani, S., Komyoji, T. and Matsuo N.: 1996. Fungicidal activity of pyridylcarbamates against isolates of *Botrytis cinerea* having different resist-

- ance levels to benomyl and diethofencarb. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* **62**: 572-575.
- 29) Murakishi, H. H.: 1951. Purple seed stain of soybean. *Phytopathol.* **41**: 305-318.
- 30) 農薬委託試験成績集: 1995~1997. 社団法人 日本植物防疫協会.
- 31) 大林延夫・村越重雄: 1981. ベンゾイミダール系薬剤耐性スイカつる枯病に対する防除薬剤の効果比較. *関東病虫研報* **28**: 64.
- 32) 岡山健夫・中野智彦・萩原敏弘: 1991. ベノミル剤耐性イチゴ炭そ病菌の出現とその対策. *関西病虫研報* **33**: 15-19.
- 33) 小野小三郎・島田尚光・中里 清: 1953. 大豆紫斑病菌の侵入時期. *北陸病虫研報* **3**: 20-21.
- 34) 乙藤まり・池田 弘・吉村大三郎: 1981. ダイズ紫斑病に関する研究 第2報 分生胞子の発生消長と薬剤防除効果. *九病虫研会報* **27**: 26-29.
- 35) 小澤龍生・小川勝美・渡部 茂: 1980. ダイズ紫斑病の薬剤防除. *北日本病虫研報* **31**: 62-63.
- 36) ———・築地邦晃・———: 1981. ダイズ紫斑病に対する薬剤散布時期, 回数ならびに散布方法. *北日本病虫研報* **32**: 125-126.
- 37) Roy, K. W. and Abney, T. S.: 1976. Purple seed stain of soybeans. *Phytopathol.* **66**: 1045-1049.
- 38) 酒井泰文: 1982. ダイズ紫斑病の発病過程. *広島農試報告* **45**: 43-52.
- 39) ———・小川睦男: 1983. ダイズ子実における紫斑病の発病過程と薬剤による防除方法. *広島農試報告* **46**: 33-40.
- 40) ———: 1984. ダイズ紫斑病の発生に及ぼす罹病落葉の影響並びに紫斑粒の発生過程. *広島農試報告* **48**: 67-74.
- 41) ———: 1985. ダイズ紫斑病の伝染まん延に及ぼす罹病種子の影響. *広島農試報告* **49**: 31-38.
- 42) ———: 1988. ダイズ紫斑病の発生生態と薬剤防除の適期. *植物防疫* **42**: 304-308.
- 43) ———・香口哲行・上原由子: 1990. BLASTAMによる感染好適日の出現状況と葉いもち発生推移の関係および薬剤防除時期の判断. *広島農試報告* **53**: 21-32.
- 44) ———・伊藤悌右・田中昭夫: 1992. アスパラガス茎枯病の耕種的防除法. *広島農試報告* **55**: 109-119.
- 45) Sakai, Y.: 1999. Optimum timing of thiophanate-methyl application in the control of purple stain on soybean seed with consideration of development of resistance. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **65**: 510-514.
- 46) ———: 2000. Effects of sowing dates on the progress of disease caused by purple stain of soybean. *Environ. Control in Biol.* **38**: 181-187
- 47) ———: 2000. The suppression of purple stain of soybean by removal of the diseased, defoliated leaves from field during cultivation. *Environ. Control in Biol.* **38**: 189-195
- 48) 佐々木次雄: 1979. ダイズ紫斑病の罹病粒播種による初期生育と収量. *北日本病虫研報* **30**: 73.
- 49) Schuh, W.: 1991. Influence of temperature and leaf wetness period on conidial germination in vitro and infection of *Cercospora kikuchii* on soybean. *Phytopathol.* **81**: 1315-1318.
- 50) ———: 1992. Effect of pod development stage, temperature, and pod wetness duration on the incidence of purple seed stain of soybean. *Phytopathol.* **82**: 446-451.
- 51) 塩飽邦子・松尾綾男: 1980. ダイズ紫斑病の発生生態に関する研究 —圃場における伝播について—. *関西病虫研報* **22**: 46.
- 52) ———・合田 薫: 1981. ダイズ紫斑病の発生生態に関する研究 分生胞子の飛散時期と感染について. *関西病虫研報* **23**: 86.
- 53) 清水節夫・飯島章彦・中村文男・白石芳久・中曾根義幸: 1979. ダイズ紫斑病に対する薬剤の防除効果. *関東病虫研報* **26**: 64-65.
- 54) ———・飯島章彦・高見沢和人・川見由美: 1980. ダイズ紫斑病の病勢進展と生育時期別薬剤散布による防除効果 (第2報). *関東病虫研報* **27**: 34-35.
- 55) ———・呉羽好三・飯島章彦・和田建夫・高沼重義・高見沢和人・熊谷 久: 1981. ダイズ紫斑病に対する種子消毒の効果と薬剤の吸収移行 (第3報). *関東病虫研報* **28**: 28-29.
- 56) Singh, T. and Sinclair, J. B.: 1984. Distribution of *Cercospora kikuchii*, *Cercospora sojina* and *Phomopsis* spp. in soybean seeds. *Phytopathol.* **74**: 795 (Abstr.).
- 57) 杉本義則: 1979. 福井県におけるベンゾイミダール系殺菌剤耐性野菜類灰色かび病菌の発生実態. *北陸病虫研報* **27**: 37-40.
- 58) 鈴木穂積・藤田佳克: 1980. ダイズ紫斑病の感染時期からみた薬剤防除時期. *北日本病虫研報* **31**: 60-

61. ———・—————：1980. 水田転換畑におけるダイズ子実の病害発生調査. 北陸病虫研報28：87-89.
- 60) ———・—————：1981. ダイズ紫斑病の薬剤防除方法. 北陸病虫研報29：98-99.
- 61) ———・—————：1981. ダイズ紫斑病菌の越冬と第一次発生. 北日本病虫研報32：122-124.
- 62) ———：1981. 転換畑におけるダイズ紫斑病の発生生態と薬剤防除法〔1〕. 農及園56：787-792.
- 63) ———：1981. 転換畑におけるダイズ紫斑病の発生生態と薬剤防除法〔2〕. 農及園56：913-918.
- 64) ———・藤田佳克：1982. 薬剤耐性菌の発生防止を考慮したダイズ紫斑病の薬剤防除法. 北陸病虫研報30：126-127.
- 65) ———・—————：1983. ダイズ紫斑病の発生予察法. 北陸病虫研報31：86-89.
- 66) 竹内妙子・長井雄治：1984. ジカルボキシイミド系殺菌剤耐性灰色かび病菌の生存力. 日植病報50：273-275.
- 67) 多久田達雄・三島利夫：1988. イネばか苗病のベノミル剤耐性菌出現状況とその病原性. 日植病報54：110 (講要).
- 68) Vandel Plank, J. E.: 1963. Plant disease: epidemics and control. Academic press, N. Y., London.
- 69) 山田裕章・北村義男・高士祥助：1994. ベンゾイミダゾール系薬剤耐性シュンギク葉枯病菌およびダイズ紫斑病菌の出現と薬剤の防除効果. 関西病虫研報36：93-94.
- 70) 山木鉄司：1965. 大豆の紫斑病耐病性品種の育成に関する研究. 茨城県農試研報7：67-76.

# Ecology and Chemical Control of Purple Stain Caused by *Cercospora kikuchii* on Soybean Seed

Yasufumi SAKAI

## Summary

Since soybean (*Glycine max* Merr.) cultivation in the converted paddy fields was recommended, its cultivation area remarkably increased from the late of 1970s. Along with the increase of cultivation area, diseases occurrence became the serious problem for soybean production. The occurrence of mosaic, bacterial pustule (*Xanthomonas campestris* pv. *glycinea* (Nakano) Dye), purple stain of seed (*Cercospora kikuchii* Matsumoto et Tomoyasu) and downy mildew (*Peronospora manshurica* (Naumov) Sydow ex Gäumann) was observed everywhere in Hiroshima Prefecture. Among these diseases, purple stain of seed caused the severest damage to soybean in Hiroshima Prefecture. Although the disease affects every organ on soybean, the most serious damage is to discolored seed coat purple and objectionable in market. The disease symptoms, except for the characteristic ones on seeds, were not easily distinguished by naked eye from those of other spot disease. To clarify the progress of purple stain of soybean from the germination stage to harvest stage, conidial formation of causal pathogen in the sampled lesions was observed under the microscope in this studies.

these studies were carried out to develop the effective control methods for the disease on seeds, purple stain of soybean, based on cultural and chemical control measures.

### 1. Ecology of purple seed stain of soybean

#### 1) Disease incidence on soybean seeds in farmers' fields under different culture environments

The disease incidence on seeds in early sowing fields (sown before July) was severer than that in late sowing ones (sown after July). The diseased seeds were more in fields situated near mountainous area than those in plain fields. The occurrence of disease on leaves in early July significantly promoted the spread of seed infection. The diseased seeds, however, was remarkably depressed in chemical sprayed fields. There was little difference of the disease incidence on seeds among harvesting dates and between converted paddy fields and upland fields. No significant differences in the level of disease incidence on seeds was found among cultivating regions and varieties.

#### 2) Progress of disease on soybean plants during cultivation

(1) When the diseased seeds were sown in field, the disease initially occurred on cotyledons and then gradually disseminated to the newly-developed soybean organs with the lapse of time. The constant exposure of the newly-developed organs to dispersed conidia from already infected organs allowed infection to continue.

(2) Although the manner of disease dissemination was the same in both early and late-sowings, the degree of infection on each organ was severer in the early-sowing. The results of our field experiment study as well as those of the farmers' fields' survey strongly indicate that the late-sowing of soybean could be a promising cultural practice for the control of purple stain of soybean.

(3) When the diseased seeds were sown in field, the incidence of infected seeds was first observed at about 40 days after flowering (seed development 40 to 60%). The number gradually increased thereafter to reach the maximum at 70 to 75 days after flowering (10 to 15 das before the harvest stage, seed development 100%).

(4) The diseased seeds, i. e., the purple discolored seeds were first observed at about 70 days after flowering

(about 20 days before the harvest stage, seed development 100%). They rapidly increased within 10 days. From these facts, it is apparent that the symptom on infected seeds, purple discoloration on seeds, does not appear with the passage of latent period of disease but rather appear within few days after the time when seeds develop into almost full sized green beans and their water content decreases physiologically, irrespective of the infection time.

(5) The incidence of infected and diseased seeds was influenced by seed development stages. It seems, therefore, that the progress of infection and disease on seeds in relation to their development stages, as well as to the number of days after flowering is necessary.

3) The pathogen overwintered as stromata on the lesions of diseased plant debris left on field. Plenty of conidia were produced on some of these debris even in the next spring. However, the diseased plant debris were plowed under just after the harvest of previous soybean, most of them decomposed until the next spring and the pathogen on them survived extremely little.

## 2. Control of seed disease caused by purple stain of soybean

### 1) Cultural control of purple stain of soybean

#### (1) The disease spread from a diseased plant (a single infection source) to the healthy plants

In the cultivation that the disease free seeds contaminated with a diseased seed (an infection source) were sown in field, the disease dissemination delayed and the disease incidence at the early epidemic stages was slight compared to that in sowing the diseased seeds. However, the disease spread from an infection source to healthy plants, the diseased plants gradually increased around an infection source. At the beginning of pod and seed development stages, many plants were infected and had many diseased leaves. Because these leaves became the infection sources for pods and seeds, they were infected severely at the harvest stage like the case sown diseased seeds.

It is apparent from this result that sowing the disease free seeds is an important cultural control measure for purple stain of soybean.

#### (2) Infection from diseased defoliated leaves, infection sources, during cultivation

In soybean cultivation where diseased defoliated leaves were removed from field, the disease incidence on growing leaves, pods and seeds was remarkably suppressed comparing to ordinary cultivation where diseased defoliated leaves were left in the field. Since the removal of defoliated leaves from field is not practical, covering them with soil during weeding and intertillage is considered to be a viable cultural control measure for purple stain of soybean. This practice would prevent the dispersion of conidia from diseased defoliated leaves, thus, reducing the inoculum potential in field.

#### (3) Pathogenicity of the pathogen overwintering on diseased plant debris

As already stated, the pathogen overwintered as stromata on the lesions of diseased plant debris left on field. The pathogen overwintered on these debris kept pathogenicity until the next soybean cultivation season unless these debris decomposed. However, diseased plant debris were plowed under just after the harvest of previous soybean, most of them decomposed until the next spring and the pathogen on them lost pathogenicity.

It is apparent from this result that plowing diseased plant debris under just after the harvest of previous soybean is an important cultural control measure for purple stain of soybean.

### 2) Chemical control of purple stain on soybean seed

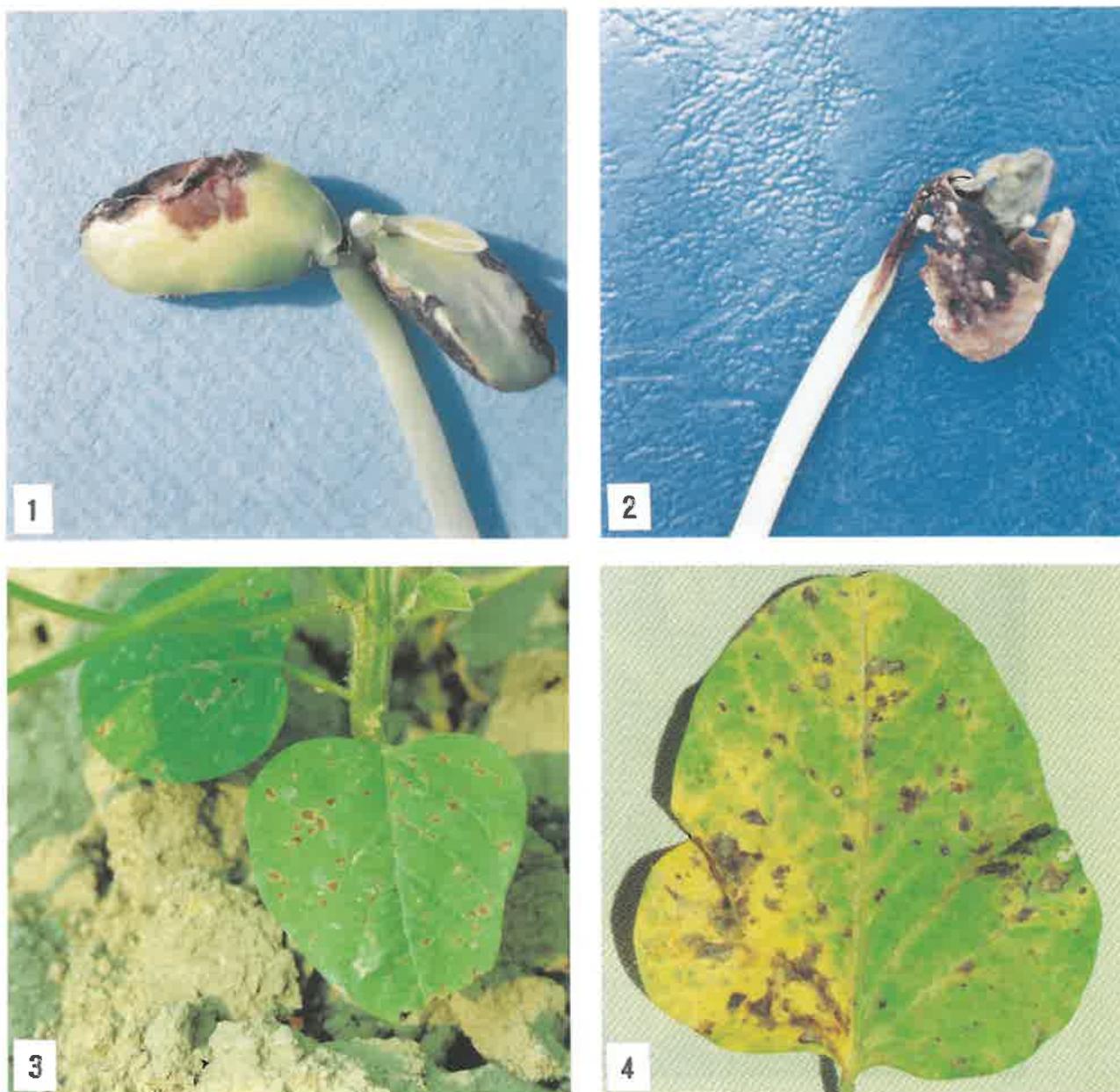
(1) Thiophanate-methyl protected seeds from infection by the pathogen of purple stain of soybean. It also had a curative effect by killing the internally borne pathogen in the infected seeds or by suppressing its growth below the level necessary to develop the purple discolorations and controlled the disease on seeds through harvest stage. The

results of infection time and rate of seeds, residual effect and mode of action of thiophanate-methyl indicated that a one-time application between 15 and 50 days after flowering significantly suppressed disease incidence on seeds through harvest stage. As already stated, the incidence of infected and diseased seeds was closely related to seed development stages. Therefore, it is necessary to express the optimum timing of chemical application according to the seed development stages along with the days after flowering.

(2) More than six applications of thiophanate-methyl during the soybean growing period stimulated the development of resistant strains. The disease on leaves and seeds infected with the resistant strains was not suppressed by thiophanate-methyl. Therefore, the application of thiophanate-methyl needs to be restricted to one properly timed application in a cultivation season to avoid the development of resistant strains.

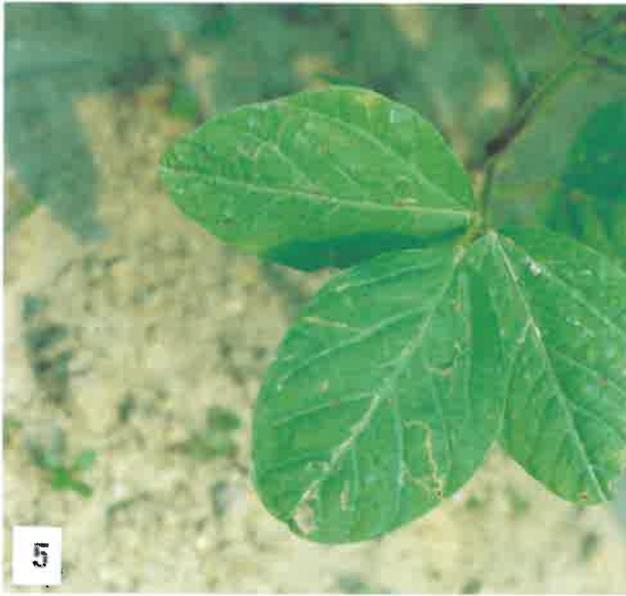
(3) Isolation frequencies of thiophanate-methyl-resistant strains of *Cercospora kikuchii* in farmers' fields of each location ranged from 0 to 10% with an average of 4.4% of the total sampled isolates. However, the resistant strains were distributed over a fairly wide area in Hiroshima Prefecture.

Cultural control measures, such as sowing disease free seeds, plowing under diseased plant debris immediately after harvest and covering the diseased defoliated leaves with soil during weeding and intertillage, are effective to suppress the disease incidence on seeds, purple stain of soybean. Late-sowing of soybean is also a promising cultural practice for the control of purple stain of soybean. The effect of thiophanate-methyl seems to be enhanced in combination with these cultural control measures.



図版1 ダイズ器官別の紫斑病の病徴

1：子葉の病徴 2：胚軸の病徴 3, 4：初生葉の病徴



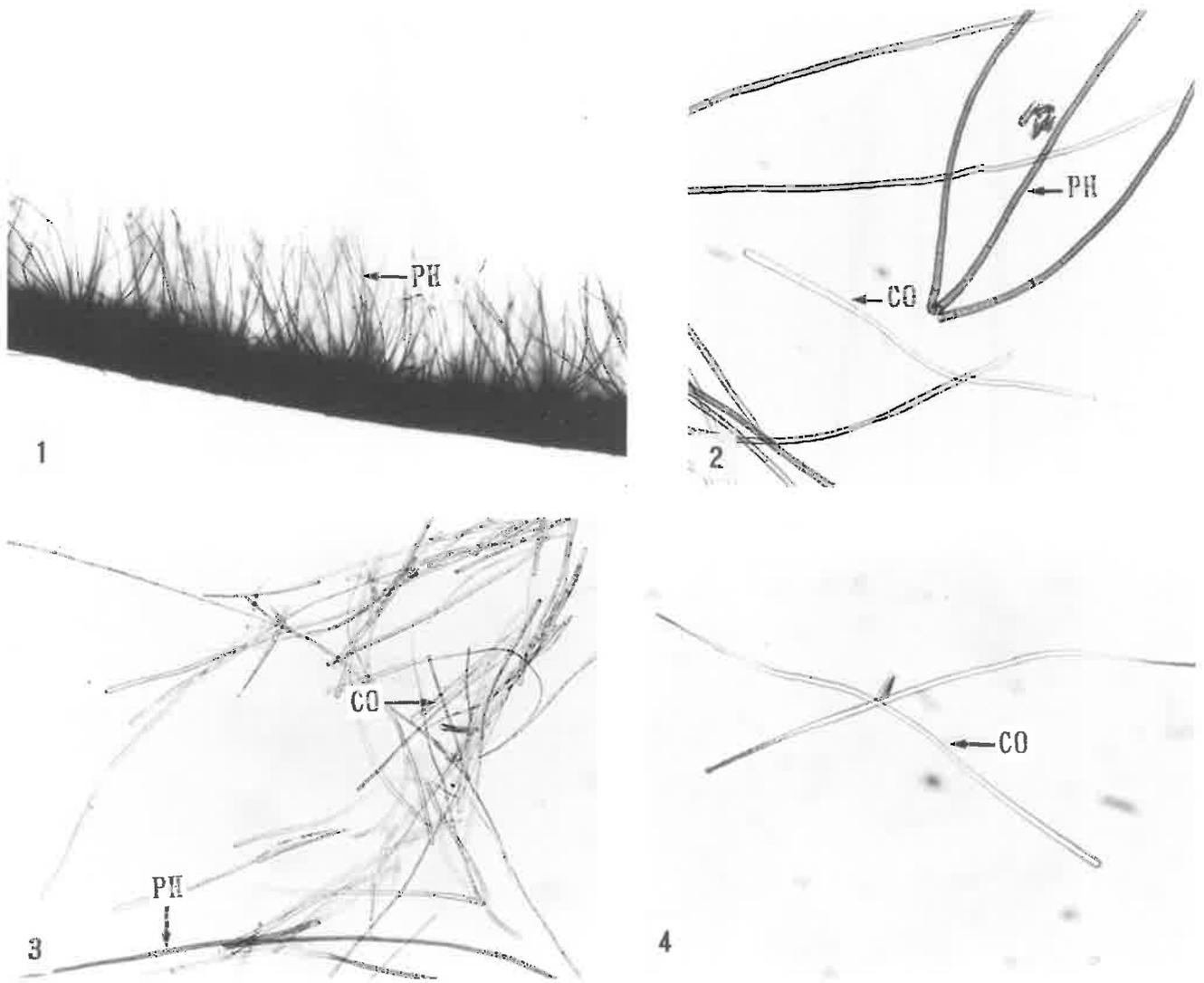
図版 Ⅰ ダイズ器官別の紫斑病の病徴

5, 6 : 本葉の病徴      7 : 本葉, 葉柄, 主茎, 分枝, 莢の病徴



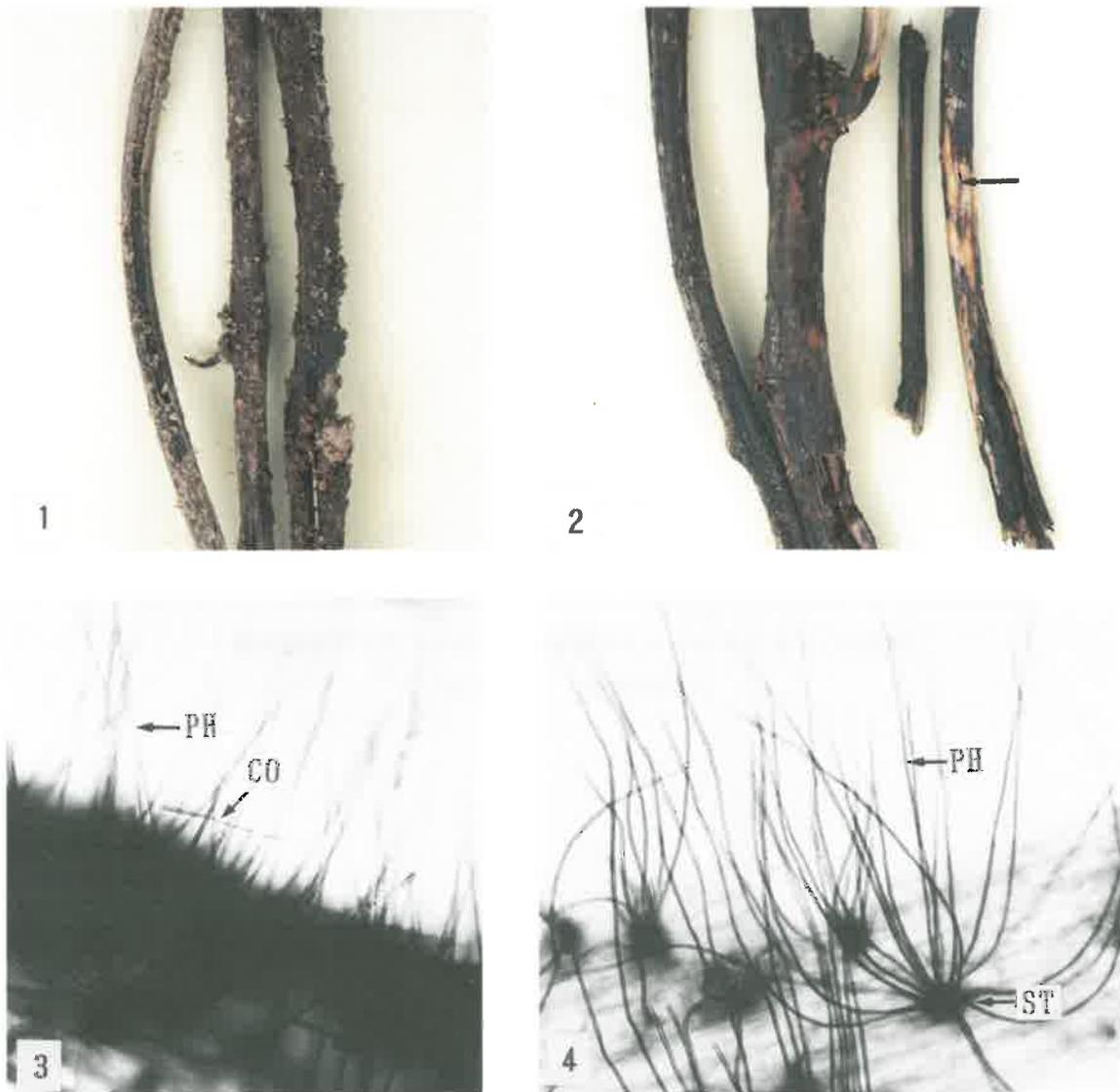
図版 I ダイズ器官別の紫斑病の病徴

- 8 : 葉柄の病徴      9 : 成熟期の莢の病徴      10 : 成熟期の主茎と分枝の病徴  
11 : 種子の病徴



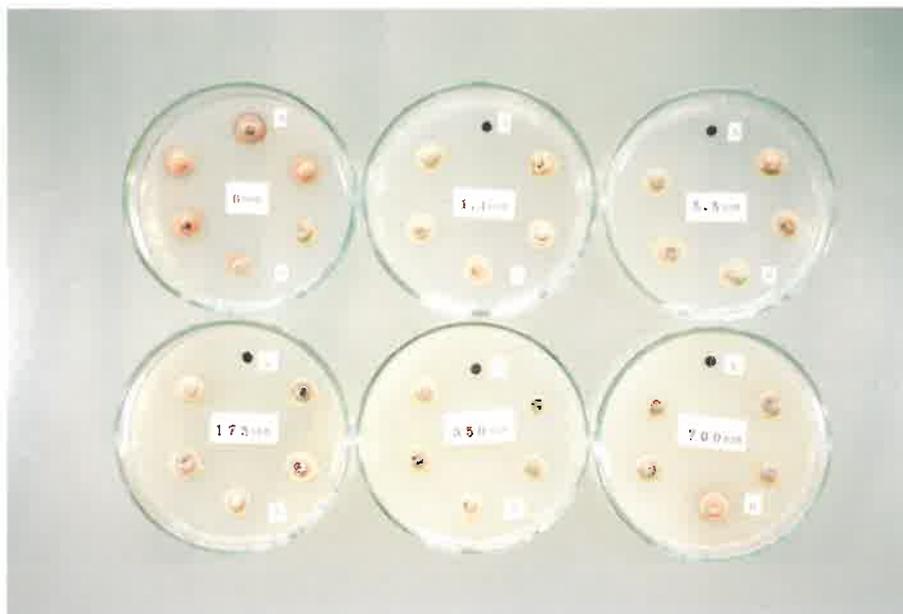
図版II タイズ生育期の罹病落葉（葉柄）における紫斑病菌の生育状況

1, 2, 3, 4 : 分生子柄 (PH) と分生胞子 (CO)



図版III ダイズ罹病残渣における紫斑病菌の越冬状況

- 1 : 土壤に埋設した状態の残渣      2 : 罹病残渣の腐敗により子座形成部の一部が消失 (矢印 : 消失部)  
 3 : 罹病残渣上に形成された分生子柄 (PH) と分生孢子 (CO)  
 4 : 子座 (ST) から生育する分生子柄 (PH)



図版IV チオファネートメチル剤に耐性を示すダイズ紫斑病菌

S : 感受性菌 R : 耐性菌

---

---

広島県立農業技術センター研究報告 第70号

平成13年10月31日 印刷

平成13年10月31日 発行

編集行 広島県立農業技術センター

☎739-0151 広島県東広島市八本松町原  
☎ (0824) 29-0521

印刷所 (株) ニシキプリント

☎733-0833 広島市西区商工センター7丁目5番33号  
☎ (082) 277-6954

---

---

