

アズキ落葉病の生態と防除

北海道大学農学部植物寄生病学講座 こ ばやし き ろく 小 林 喜 六

はじめに

1970年アズキ落葉病は北海道十勝地方を中心に大発生し、発生面積は十勝地方アズキ栽培面積の約66%に相当する14,000 haに達した。成田ら(1971)は、褐変部位から、ジャガイモ煎汁寒天培地上、灰褐-灰白色、マット状に緩慢に生育する菌を検出し、接種試験の結果本病の病原菌であることを確認した。菌の形態及び培養性質から、アメリカで発見された(ALLINGTON and CHAMBERLAIN, 1948)ダイズのBrown Stem Rot (BSR) 菌(*Cephalosporium gregatum*)と同一であることが明らかになった。ダイズの落葉症状は、日本では1980年と1982年にそれぞれ帯広と札幌で発生が初めて確認され、分離菌の形態がダイズのBSR菌と一致し、ダイズ落葉病と命名された。本州では1989年に秋田県で初めての発生報告がある。本菌の孢子形成状態が本来の*Cephalosporium*の属徴と若干異なっている事から*Cephalosporium*属に所属させることが妥当かどうか問われていたが、1971年Gamsは*Phialophora gregata* (ALLINGTON and CHAMBERLAIN) W. Gamsとすることを提唱し、現在では広く認められている。最近の報告によると、1989年のアズキ落葉病発生面積は14,600 ha(栽培面積の37%)、被害面積は1,756 ha(栽培面積の4%)で、今なお北海道のアズキ栽培にとって重要な病害となっている。確かに一時のような激しい発病は影を潜めたが、慢性的に進行している本病のしつこさに驚かされる。本菌はアズキの根に侵入後、茎の維管束部を進展、上昇し、これを褐変させ、さらに病勢が進むと収穫前にアズキを落葉させる。罹病した株は、主茎長、結実粒数、千粒重などが劣り、着莢数は特に少なくなる。発病が甚だしい場合の減収は70%以上に及ぶ。本菌は土壤中での生存期間が長い為、その防除が特に困難であり、今までのところトウモロコシを中心とした7年以上の長期輪作以外に有効な手段はない。

本稿では、これまで得られてきたアズキ落葉病菌の生態的研究及びダイズ落葉病菌との関係、防除に関する知見等を紹介したい。

I アズキ落葉病菌とダイズ落葉病菌との異同

1 形態・培養性質・萎ちょう毒素生産

アズキ落葉病菌とダイズBSR菌の孢子の形態・形成様式や菌糸の生育、特異的萎ちょう毒素(Gregatins)の生産などは、同じで差が認められなかった。しかし最近日本で発生したダイズ落葉病菌とアズキ落葉病菌8菌株ずつを供試し詳細に比較した結果、両菌にはいくつかの点で差が認められた。すなわち、最適生育適温は、アズキ落葉病菌は24-26℃であるのにダイズ落葉病菌は22-23℃であった。またPDA培地とV-8寒天培地上での菌叢の色はやや異なり、前者は赤褐色から赤色であり、後者は淡黄色-黄褐色であった。

2 病原性

我が国アズキ落葉病発病圃場とアメリカ、アイオワ州ダイズBSR発病圃場で2年間にわたりアズキとダイズを栽培し、発病試験を行ったところ、日本では、アズキは何れの品種も激しく発病したが、日本産ダイズもアメリカ産ダイズも全く発病しなかった。一方、アメリカの圃場では、日本産ダイズはいずれも、かなり発病したが、アズキはどの品種もまったく発病しなかった。以上の圃場試験の結果からアズキ落葉病菌とダイズBSR菌は病原性が分化しているものと結論される。

3 化学分類

近年、形態・培養性質では区別しにくい糸状菌の分類学の分野に生化学的手法が取り入れられ、特にタンパク質やDNAレベルで遺伝的関係を検討した研究は多い。筆者らはアズキ落葉病菌とダイズ落葉病菌について、菌体内酵素の電気泳動パターンを比較すると共に遺伝物質であるDNAの塩基組成及び塩基配列の相同性とミトコンドリアDNAのRFLP解析を行い両菌の遺伝的関係を調べた。紙面の都合上詳細なデータは省略するが、アズキ落葉病菌とダイズ落葉病菌は同一種であるが、遺伝的に分化している事が示唆された。

4 病原性の変異

ダイズBSR菌には病原性の異なる二つの系統の存在が報告されている(GRAY, 1971)。維管束褐変と萎ちょう症状を起こすType 1と維管束褐変のみのType 2である。アズキ落葉病菌においても、多量の萎ちょう毒素を生産するType Aとほとんど毒素を生産しないType

B の存在を報告したが (KOBAYASHI et al., 1979), 現在 Type B は *Acremonium* sp. とするのが妥当と考えている。アズキ落葉病菌にもダイズ落葉病菌にも菌株による病原性の変異が認められてきているが、レースの存在については明らかになっていない。今後の重要な問題の一つである。

5 分化型

アズキ及びダイズから分離した落葉病菌を用い、アズキ、ダイズ、インゲン、リョクトウ、ササゲに対する病原性を浸根接種法ならびに土壤接種法により調べた結果、アズキ分離菌株はアズキ及びリョクトウに、ダイズ分離菌株はダイズ及びリョクトウに病原性を示した。これら病原性の違い、ならびに前述の圃場試験、化学分類の結果に基づき、アズキ落葉病菌に対して *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola*, ダイズ落葉病菌に対して *Phialophora gregata* f. sp. *sojae* なる分化型を提案した (KOBAYASHI et al., 1991)。

II 生 態

1 検出, 定量

1) 罹病組織からの分離

LAI ら (1968) はダイズ BSR 菌の罹病組織からの分離には、ダイズ茎煎汁寒天培地 (Soybean Stem Extract Agar) が有効であることを報告している。アズキ落葉病菌について検討した結果、アズキ茎煎汁寒天培地に PCNB と塩酸テトラサイクリン、硫酸ストレプトマイシンを加えた培地が非常に優れている事が分かった。

2) 土壤中からの分離

アズキ落葉病菌は生育がきわめて緩慢なため、土壤中からの分離、定量は極めて困難であった。当初、ローズベンガル寒天培地が用いられたが、選択性に難点があったため、優れた選択培地の開発が必要になった。筆者らは各種抗生物質、色素など 16 種類の物質について検討し、表-1 に示す組成の選択培地を開発した。本選択培地を用いて、各地発病圃場の土壤中菌量を定量した結果、発病指数と土壤中菌量との間に高い相関が認められ、培地の有効性が証明された。

2 罹病残渣と発病

ダイズ BSR 菌は罹病残渣上に多量の胞子を形成し、それが感染源として重要な役割を果たしていることが明らかになっている。アズキ落葉病においても、罹病残渣を土壤表面や土壤中に加えた場合に、菌量の増加と発病の増大が観察される。このことから、罹病残渣上に多量の胞子が形成され、これが雨露によって土壤中に混入し、菌量を増加させ感染源になるものと思われる。したがっ

て発病圃場での被害刈株や茎葉を処分することにより、土壤中菌量を低下させ被害を最小限に抑えることが可能である。また本病に罹病したアズキ残渣を収穫 1 年後に土壤中より回収し、その摩砕液を調べると本菌が高率に存在することから、アズキ残渣中で腐生的に生存することも明らかである。

3 土壤中での胞子の生存

アズキ落葉病菌には厚膜胞子、菌核などの耐久生存器官はこれまで知られていない。したがって、分生胞子の生存条件、期間を明らかにする事は本菌の生態解明に極めて重要である。土屋ら (1976) は殺菌土及び無殺菌土に胞子懸濁液を接種し、前者で 370 日以上、後者で 100 日以上も残渣なしに生存する事を観察している。近藤ら (1983) は同様に自然土壤に胞子懸濁液を接種後、風乾状態と湿潤状態に保ち、それぞれ -5°C , 4°C , 15°C , 25°C の温度下で生存を調べた。その結果、風乾状態の土壤中では 15°C , 25°C でほとんど生存できなかったが、湿潤状態では 25°C でも 200 日以上生存する場合があった。また 4°C , 15°C では 1 年半以上生存するなど、温度、湿度とも広範囲で分生胞子が長期生存能力を持つことが認められた。

4 アズキ連輪作と土壤中菌量

アメリカではトウモロコシ 5 年、ダイズ 1 年の輪作でほぼ完全にダイズ BSR を抑制することができるとされているが、その抑制の機作については明らかにされていない。近藤ら (1983) はアズキ連作圃場にアズキのほかトウモロコシ、ダイズ、各種マメ科牧草を栽培し、アズキ落葉病菌の土壤中菌量の季節変動と菌量に及ぼす宿主、非宿主作物の影響と土壤中菌量の垂直分布を調べた。アズキ連作土壤中の菌量は、アズキ栽培前の冬期から初春にかけ高い値を示した (図-1)。アズキ根部への本菌の

表-1 土壤からのアズキ落葉病菌の
選択分離培地

D-ガラクトース	5g
ペプトン	5g
KH_2PO_4	1.0g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5g
ホウ酸ナトリウム	0.5g
コール酸ナトリウム*	0.5g
PCNB*	0.5g
硫酸ストレプトマイシン*	0.2g
塩酸テトラサイクリン*	0.05g
寒 天	20g
水	1l

pH: 5.5

* 滅菌後に添加する。

感染はアズキ発芽後の早期に起こることが知られていることから、アズキ播種前の高い菌量は感染源として重要な役割を果たしているものと考えられる。トウモロコシ栽培による土壤中菌量の変化は栽培1年目から顕著に表れ、アズキ連作土壤中菌量と比較し、明らかに少なかった(図-2)。ダイズ栽培によってもトウモロコシと同程度に低下した。また各種マメ科牧草栽培によっても低下したが、トウモロコシほど影響を与えなかった。アズキ連作区での土壤中菌量の分布は、コムギ条斑病菌の場合と異なり、各深さ、時期で分離され、土壌深さ別による変動は比較的少なかった。深部でもかなりの胞子が生存しているものと思われる。

5 トウモロコシ栽培による菌量低下の機構

トウモロコシを栽培することにより、土壤中のアズキ落葉病菌菌量は著しく低下する。相馬ら(1991)はこの原因を解明するため、トウモロコシとアズキの根圏土壌中の菌量及び微生物相を調査した。その結果、トウモロコシ根圏で病原菌菌量が著しく低下した。また、拮抗性細菌や蛍光性 *Pseudomonas* などの微生物相は、両根圏間で特に顕著な違いが認められなかった。このような結果にもかかわらず栽培土壌全体の菌量(うねとうねの中央部から採取した土壌)はアズキ栽培では低下しなかった。この差は両作物の根の量の違いによると考えられ、うね間土壌中に含まれる根長密度(単位土壌容積当たりに含まれる根長)を調査したところ、トウモロコシの根長密度が著しく大きいことが明らかとなった。アズキ、コムギ、ダイズの根圏でも菌量は低下したが、その根圏効果は小さかった。菌量低下は作物の種類に非特異的な

根圏効果によることが推察された。さらに、植物の根浸出液に一般に含まれる糖類、アミノ酸の溶液を入れた透析膜チューブを人工根として土壌中に挿入し、擬似的かつ非特異的根圏効果を作り出した実験でも、著しい菌量低下が認められた。また殺菌土壌中では人工根圏での菌量低下が認められないことから、菌量低下には、作物に非特異的な根圏微生物が関与していることが示唆されている。

6 アズキ落葉病とダイズシストセンチュウ

本病の発病がシストセンチュウ生息土壌において著しく、また、殺線虫剤施用により発病が軽減し、収量が増大することから、本病とセンチュウとの関連性が指摘されていた。根岸ら(1984)は接種量、接種時期、温度、土壌などの種々の条件を変えて実験を行い、アズキ落葉病菌とダイズシストセンチュウの混合接種の場合に、菌単独接種より著しく感染、発病が増大し、条件によっては、生長点近辺まで褐変が進行する事を明らかにした。センチュウ侵入による傷などが本菌の侵入、感染部位となり、感染率、感染菌量が増大し、発病が激化するものと考えられる。

III 防 除

1 耕種的防除

1) トウモロコシ栽培による発病の軽減

青田ら(1984)はアズキ落葉病激発畑にトウモロコシ、ジャガイモ、テンサイ、インゲン、ダイズを4年連作し、その跡地にアズキを栽培し、生育、発病、収量を調査した。トウモロコシ跡地で特に発病が減少し、収量は健全区と同等であった。

2) 堆きゅう肥の微生物相改善による発病軽減

新田ら(1989)はアズキ落葉病発病圃場に堆きゅう肥をすき込み、アズキ落葉病感染率の低下とともに、地上部生育の促進と増収を観察し、堆きゅう肥にはアズキ落

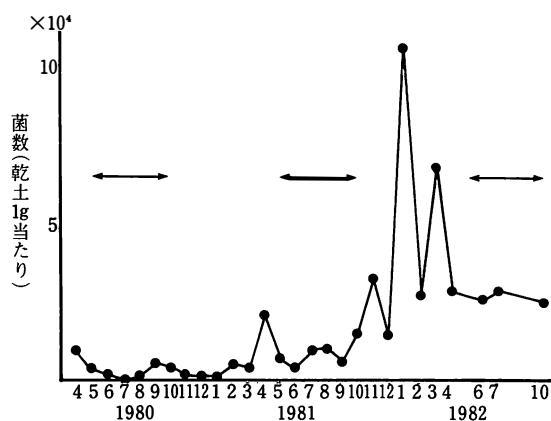


図-1 アズキ連作土壌中でのアズキ落葉病菌菌量の季節変動
(←→: アズキ栽培期間)

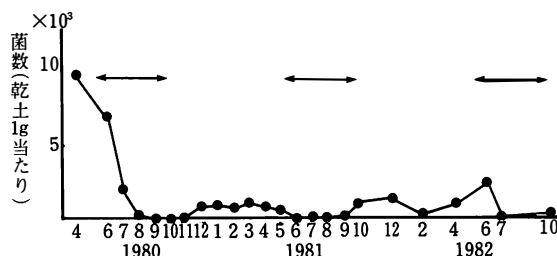


図-2 トウモロコシ栽培土壌中でのアズキ落葉病菌菌量の季節変動
(←→: トウモロコシ栽培期間)

葉病抑制機能のあることを明らかにしている。また、きゅう肥、パーク堆肥、落葉病罹病残渣堆肥いずれも感染率を低下させるが、特に罹病残渣堆肥が大きな発病抑止力を持つと述べ、原因として、根圏糸状菌フロアの多様性や拮抗微生物の関与等を推定している。

2 物理的防除

田中ら (1984) はアズキ落葉病の多発した土壌を湛水処理し、土壌中菌量の変化を調べた。湛水期間 60 日以上で土壌中菌量は急激に低下し、120 日後には 1.3 % まで激減した。アズキ落葉病の多発圃場に 1 年間イネを栽培後再びアズキ畑に転換する、いわゆる田畑転換栽培法を行った結果、菌量は顕著に低下し、本病の発生程度は軽減し、収量は処理前の 2.5 倍に増加した。従来畑作地帯で難防除病害とされていたアズキ落葉病は転作地帯では、田畑転換栽培を実施することにより防除が可能であることを明らかにした (表-2)。

3 生物的防除

筆者らはアズキ落葉病の種子バクテリアゼーションとクロスプロテクションによる防除の可能性について現在研究を行っている。アズキ根圏土壌から分離した拮抗性細菌とアズキ種子から分離した非病原性 *Fusarium* 属菌の中に、温室実験で有望な菌株が見いだされつつある。また、ダイズ落葉病菌を前接種する事によりアズキ落葉病が顕著に抑制されるという興味ある結果が得られている。現在詳細について検討を行っている。

IV 抵抗性育種

ダイズ BSR では、1944 年の発生以来いち早く抵抗性育種がスタートし、現在すでにいくつかの実用的品種 (BSR301, BSR302, A3 等) が栽培され、ダイズ栽培上大きな障害とはなっていない。アズキ落葉病に関しては、道立十勝農試で昭和 50 年より抵抗性育種がスタートし現在も精力的に行われている。昭和 59 年にアズキ落葉病抵抗性品種〈ハツネショウズ〉と中間母本〈十系 325 号〉が育成されている。ハツネショウズは、子実の品質や収量性の点で他の品種に劣るため、普及していないのが現状である。現在アズキ落葉病に抵抗性の系統が選抜されつつあり、将来、より優れた抵抗性品種が世に出てくるものと期待される。

お わ り に

これまで述べてきたように、アズキ落葉病は数多い土

表-2 湛水期間と土壌中のアズキ落葉病菌菌量との関係

湛水期間 (日)	土壌中の孢子数 (乾土 1g 当たり)		
	1982 11月	1983 5月	9月
	($\times 10^3$)	($\times 10^3$)	($\times 10^3$)
0	32.0	16.2	11.8
30	20.0	10.6	6.8
60	2.6	1.5	1.1
90	0.7	0.5	0.1
120	0.4	0.4	0.2

湛水処理前の土壌中のアズキ落葉病菌菌量: 38.6×10^3 (乾土 1g 当たり)

壤病害の中でも、連作障害の典型であり、また病害の激しさからいっても横綱格であろう。この難防除病害をどのように克服したらよいのか、きわめて困難な課題といわざるを得ない。短い輪作期間で防ぐには、抵抗性品種とトウモロコシを中心とした作物栽培による根圏効果の利用以外に現実的な対策はない。湛水処理以外の方法で土壌中の罹病残渣を、いかに速やかに分解し、本菌を死滅させるか、防除のためには最も基本的な重要な課題と考えられる。現在、我が国ではダイズ落葉病はいまだ一部の発生にとどまっている。しかし、今後アズキ落葉病同様ダイズにも拡大する可能性が高いので十分な注意が必要である。

引 用 文 献

- 1) ALLINGTON, W. B. and CHAMBERLAIN, D. W. (1948): *Phytopathology* 38: 793~802.
- 2) 青田橋彦 (1984): *日植病報* 50: 9.
- 3) GRAY, L. E. (1971): *Phytopathology* 61: 1410~1411.
- 4) KOBAYASHI et al., (1979): *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 45: 409~411.
- 5) ——— (1991): *ibid.* 57: 225~231.
- 6) 近藤則夫, 小林喜六 (1983): *北大農邦文紀要* 14: 39~47.
- 7) ——— (1983): *同上* 14: 48~55.
- 8) LAI, P. V. (1968): *Phytopathology* 58: 1194~1195.
- 9) 成田武四郎 (1971): *植物防疫* 25: 353~358.
- 10) 根岸秀明, 小林喜六 (1984): *日植病報* 50: 500~506.
- 11) 新田恒雄, 松口龍彦 (1989): *北海道農試研報* 152: 33~89.
- 12) 相馬潤ら (1991): *北大農邦文紀要* 17: 473~488.
- 13) 田中文夫ら (1984): *日植病報* 50: 98~99.
- 14) 土屋貞夫 (1976): 第 8 回土壌伝染病談話会資料: 14~18.