

特集：高品質・安定多収および環境調和をめざした飼料作物病害虫の研究動向

牧草・飼料作物で最近問題となっている病害とその対策

畜産草地研究所 つき 星 たか 隆 お 雄

はじめに

牧草・飼料作物はトウモロコシ、ソルガムおよびグラス類などのイネ科植物、クローバ類およびアルファルファなどのマメ科植物等、4科60種以上の植物を含む。このため、発生する病害も多種多様で、これまで記録された病害は500種類以上にも及ぶ。また、飼料輸入大国である我が国は、輸入飼料により海外からの様々な病害の侵入にさらされてきており、さらに近年の気候温暖化に伴い高温性の侵入病害の発生が増加しつつある。ここでは最近5年間に新発生あるいは発生の増加が問題となり、防除対策のために病害・育種分野で研究がなされた数種類の病害について紹介する。

Ⅰ ソルガム炭疽病

ソルガム炭疽病は世界的な重要病害で、特に温暖多湿地域で多発する。病徴は盛夏に小さな円形の斑点を葉に形成し、これが徐々に拡大して周縁部赤褐色～紫色、中央部黄褐色～灰白色の病斑となり、相互に融合して不定形病斑となる（口絵①）。病斑が古くなると剛毛という菌組織が形成され、中央部が黒くカビて見える。剛毛付近には粘塊状の胞子が形成され、これが風雨で飛散してまん延する。激発すると茎や穂まで病徴が進展し、収量は最大50%減になると言われる。日本では1960年代前半から発生したが、発生は少ないとされてきた。しかし、近年気候温暖化に伴い発生が増加し、長野、千葉および栃木県で激しい発生が確認され、宮崎、静岡および埼玉県で発生事例がある。

病原菌の学名は初め *Colletotrichum graminicola* (CESATI) WILSON（不完全菌類）とされていたが、現在では形態および分子系統から *C. sublineolum* P. HENN. apud KABÁT. et BUB. とされている。本菌はトウモロコシ、オーチャードグラス、ライグラス等の炭疽病菌とは種が異なり、ソルガム、スーダングラスおよびジョンソングラスなど *Sorghum* 属植物にのみ病原性を示す。

我が国では本病に対する抵抗性育種の試みが2000年代からなされており、幼苗検定法の開発とこれによる品種抵抗性検定が行われてきた（小橋・松岡，2002；小橋ら，2003；丁沢ら，2008）。幼苗検定は、病原菌を25℃暗黒下、PDA上（ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁培地）で5日間培養し、気中菌糸をかき取った後、5日間BLB間欠照射下で培養して胞子を形成させる。これを 10^5 個/ml濃度の胞子懸濁液に調製し、展着剤を適量加えて3～4葉期の幼苗に噴霧接種する。接種植物は1～2日間、暗黒下で25℃温室に保ち、接種2週間後に抵抗性程度基準により5段階程度で評価する（図-1）。

春日ら（2008）は圃場での自然発病によりソルガム品種・系統の炭疽病抵抗性程度を評価し、アフリカ産系統などを中心に40%程度が無発病となり、抵抗性である可能性を報告している。海外では抵抗性が古くから研究され、抵抗性形質をもつ少なくとも13の集団があり、抵抗性育種に利用されている（LESLIE, 2002）。抵抗性はいくつかの優性および劣性遺伝子により支配され、これらにリンクするDNAマーカーも開発されている。しかし、これらの抵抗性に対して病原菌のレースが分化しており、抵抗性系統であっても栽培する地域によっては罹病化することが報告されている。我が国でも今後被害を

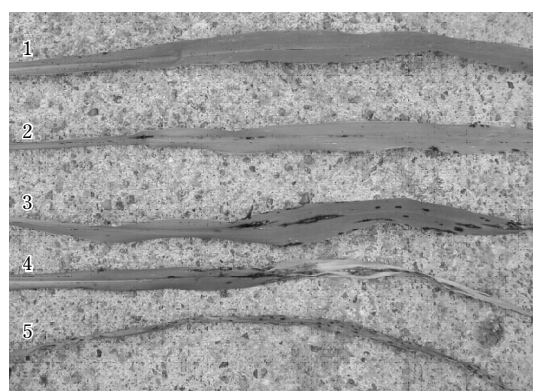


図-1 ソルガム炭疽病抵抗性判定基準（幼苗）の一例
上から1：微小点病斑が散在，2：小型病斑が散在，
3：中型病斑が散在，4：大型病斑が散在，5：大型病斑が多数・枯死。

Current Diseases of Herbages and Forage Crops and Their Control in Japan. By Takao TSUKIBOSHI

（キーワード：牧草，飼料作物，病害，対策）

軽減するために、市販品種の抵抗性検定および耕種的防除法を検討する必要がある。また、抵抗性育種を抵抗性遺伝子を集積する方向で進め、同時に病原菌のレース分化についても明らかにしていく必要がある。

防除法としては、できるだけ抵抗性程度の高い品種を利用するほかに、種子伝染の防止のため薬剤粉衣種子を利用し、窒素肥料の過用およびソルガムの連作を避けるなどが挙げられる。

II トウモロコシ根腐病

トウモロコシの根腐病は、1980年代に関東地方で茎腐症として初めて報告された（佐藤ら，1984）。病原菌は卵菌類の *Pythium graminicola* SUBRAMANIAN で、後に同一病原の根腐病が報告され（橋本ら，1985）、茎腐症も初めは根腐れを示すことが判明し、現在では根腐病と呼ばれている。病徴は初め根が褐変し、根量が大幅に減少して、黄熟期を過ぎると一気に枯れ上がり、植物体全体が黄色くなる（口絵②）。また、雌穂が垂れ下がるのが特徴の一つで、稈内部には綿毛のように菌糸が広がって空洞化し、茎が軟化するため機械でうまく刈れなくなり被害がさらに大きくなる。発生が進んだ植物体は容易に土中から引き抜けるようになることから発生を確認できる。本病の発生には降雨および気温がかかわっていることが知られ、経験的に9～10月の高温時、特に降雨の直後に突然枯れ上がるとされる。本病の発生は現在では北海道から九州までほぼ全国に及び、飼料用トウモロコシの最重要病害の一つになりつつある。海外では同じピシウム菌の *P. aphanidermatum* による腰折病の報告はあるが、*P. graminicola* による顕著な病害発生の報告はない。これは、本病が温暖多湿という環境下でトウモロコシを栽培する我が国で、特に多く発生する病害であることを示唆している。

病原菌は卵菌類であり、卵胞子が間接発芽して形成された遊走子が水中を泳いで根にとりつき、まん延する。また、本菌は様々なイネ科の作物および雑草に寄生し、これらが伝染源となっていると考えられる。しかし、オーチャードグラスなどイネ科牧草から分離した *P. graminicola* はトウモロコシに茎腐れ症状を引き起こさず、本病菌はトウモロコシに対して特異的に強い病原性をもつ菌群である可能性がある。

本病菌の発生生態、未熟堆肥の施用による発生増加、菌を培養したつまようじの穿刺による抵抗性検定法とこの方法による市販品種の抵抗性判定は既に1980年代に報告されている（鳥貫・佐藤，1984；鳥貫ら1985；鳥貫ら，1987；根本ら，1987）。また、根腐病の発生が収

穫物の栄養価にも影響し、発病程度に品種間で大きな差があり、発病程度の高かった品種では乾物収量および茎葉部の粗蛋白質が減少することが報告されている（井上ら，1990）。さらに、トウモロコシの親自殖系統の抵抗性評価も始まり、自殖系統およびそのF₁組み合わせでの発病個体率に大きな差があり（伊東ら，2009）、これらの情報に基づく抵抗性育種の進展が期待されている。

防除法としては、抵抗性程度の高い品種を用い、未熟堆肥の施用を避けるほか、病原がピシウム菌であるため、圃場の排水改善が重要である。また、本病は飼料用トウモロコシの黄熟期収穫が一般的になったことから増加した病害であり、黄熟期に達した段階で遅れないように刈り取るにより、被害を軽減できる。

III エンバク・オーツ類かき枯病

エンバクおよびオーツ類のかき枯病は1950年代に岡山および千葉県で発生が確認されたが、その後発生が拡大し、現在では温暖地、特に九州での発生が多い葉枯性の細菌病である。葉では初め淡緑色、水浸状の楕円形斑点が現れるが、後に褐色の楕円形～紡錘形病斑となり、病斑周囲は黄色いハロー（暈、かさ）で囲まれる特徴がある（口絵③）。病勢が進むと病斑が融合して縦に伸び条状になり、やがて葉先から全葉が枯死する。最終的には枝梗や種子も侵されることがある。

病原細菌は *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* (ELLIOTT 1920) YOUNG, DYE & WILKIE 1978 で、接種によりエンバクのほか、カモジグサにも同等の強い病原性を示し、オオムギ、コムギのほか、牧草・飼料作物ではオーチャードグラス、イタリアンライグラス、ブロムグラス等にも病原性を示す。また、本病菌は2年以上罹病種子あるいは土壤中の罹病残渣中で生存できるとされる。冬～春の多湿期に他の糸状菌による病害に先立って発生が増加し始め、九州では2月から発生が見られる。気孔など葉の自然開口部から風雨により飛び散った病原細菌が付着し、感染する。特に春の強風時など葉が擦れ合って傷つく状態で発生が拡大しやすい。アブラムシなど葉を食害する害虫類によっても感染が広がる。気温の上昇とともに発生拡大は終息する。

本病に対する抵抗性は、エンバクの品種登録を行う際の重要な検定項目であり、市販品種の‘スーパーハヤテ隼’が、抵抗性程度の高い品種として知られる（桂ら，2000）。しかし、抵抗性程度の高い品種・系統の数は少ない。そこで、抵抗性系統の探索のため、エンバク59品種・系統の幼苗を供試し、病菌移植パンチを用いたパンチ接種法による本病に対する抵抗性検定を行った（月

表-1 エンバク品種・系統のかさ枯病に対する抵抗性程度^{a)}

抵抗性		中程度		罹病性	
品種・系統	平均病斑長 (mm)	品種・系統	平均病斑長 (mm)	品種・系統	平均病斑長 (mm)
Kanota ^{b)}	13.6	つばさ	22.5	口之島	31.7
高知②	16.0	Donald	22.9	たちいぶき	31.9
早刈一番	16.0	前進	22.9	Coker 820	32.1
ニューオールマイティ	17.4	トリプルえん麦 ^{c)}	23.8	ハヤテ	32.3
スピーディヘイ ^{c)}	18.8	クイーンえん麦	24.2	兵庫早生	33.2
スワン	19.6	乾草えん麦 ^{c)}	26.0	たちあかね	33.5
ウエスト	19.7	ヘイオーツ ^{c)}	26.2	サビツヨシ	36.7
はえいぶき	20.1	サイアー ^{c)}	26.5	日向えん麦	39.8
エンダックス	20.2	ニューウエスト	26.7	VICLAND	41.8
スーパーハヤテ集	20.4	CD3820 ^{c)}	27.3	AS1 ^{c)}	44.1

^{a)} 幼苗検定による判定, ^{b)} *Avena bysantina*, ^{c)} *A. strigosa*, 無印: *A. sativa*.

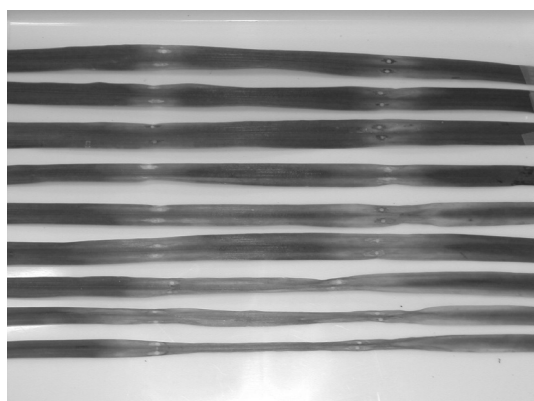


図-2 エンバクかさ枯病の品種間差異 (幼苗接種試験)
上からニューオールマイティ: 抵抗性, クイーンえん麦: 中程度, 口之島: 罹病性 (葉3枚ずつ).

星ら, 2007)。MAFF 微生物ジーンバンクから分譲された菌株 MAFF330134 を供試し, これを PDA 培地上, 暗黒下, 30℃で塗抹培養し, 得られた菌体を約 10^9 /ml の菌液に調製後, 病菌移植パンチにより第4葉の中央部の中肋を挟んだ2箇所接種した。接種植物は25℃, 暗黒下で温室に16時間保ち, 温室に移して7日後に発病調査を行った。発病程度はパンチ部分からのかさ枯病斑長を測定し, 抵抗性程度を判定した。その結果, 抵抗性と判定された系統‘Kanota’から罹病性の‘AS1’まで, 病斑長は13.6 mm から44.1 mm まで変動し, 明瞭な品種系統間差異が認められた (表-1, 図-2)。エンバク類 (マカラスムギ, *Avena sativa* L.) では, 在来種の高知②をはじめ, 緑肥用品種の‘早刈一番’などが強い抵抗性を示した。ヘイオーツに代表されるオーツ類 (セイヨウチャヒキ, *Avena strigosa* Schreb.) は地上部生産量が非

常に高く, 線虫防除効果をもつことで知られるが, 供試品種中では‘スピーディヘイ’が抵抗性を示したが, おおむね中程度の抵抗性であった。また, レッドオーツ (*A. bysantina* L.) に分類される系統‘Kanota’が最も高い抵抗性を示したことから, 今後はこのような素材を用いた本病に対する抵抗性育種が期待される。なお, この結果は幼苗のみの検定結果であり, 圃場での抵抗性と必ずしも一致しない可能性がある。

防除法としては, 抵抗性品種を利用するほかに, 種子伝染の防止のため薬剤粉衣種子を利用し, 圃場に罹病残渣を残さないなどが挙げられる。

IV オーチャードグラス黄さび病

オーチャードグラスの黄さび病は, 2004～05年10～11月に北海道, 岩手, 宮城, 福島および栃木県で初めて発生が確認された (菅原ら, 2006)。病徴は黄～橙黄色の夏胞子堆を葉脈に沿って縞状に生じる (口絵④)。激発すれば病斑は拡大し, 感染葉は枯死する。病原菌は担子菌類の *Puccinia striiformoides* M. ABBASI, HEDJAR. & M. SCHOLLER である。本菌は従来 *P. striiformis* var. *dactylidis* とされていたが, 病原菌の形態および rDNA-ITS 配列から, 別種の *P. striiformoides* とされた。冬胞子の形成は極めてまれで, 病原菌の中間宿主は不明である。本病菌はオーチャードグラスを含むカモガヤ (*Dactylis*) 属およびブロムグラスを含むキツネノチャヒキ (*Bromus*) 属に病原性を示し, オオムギ, コムギ, ブルーグラス等には病原性を示さない。

本病に対してはオーチャードグラス品種・系統間で明瞭な抵抗性差異が認められ, ‘アキミドリ II’, ‘那系26号’, ‘那系27号’等は圃場で病斑面積率75%以上を示す

個体の割合が20%以下に抑えられ、さらにいくつかの選抜中の系統では0%に抑えられていた(菅原ら, 2006)。また、北海道、岩手および栃木県の3地域で抵抗性品種‘Lidacta’を栽培したところ、いずれの地域でも強い抵抗性を示し、これらの地域では本抵抗性を打破するレースは存在していないと推定された(菅原, 2007b)。さらにマイクロサテライトマーカーを利用して各地域で採集した菌株のPCRバンドパターンを調査した結果、バンドパターンに多様性があり、同一地域でもある程度の遺伝的多様性が保持されていると推定された(菅原ら, 2007a)。

防除法としては、抵抗性品種を用いることが第一に挙げられるが、黒さび病などで推奨されている窒素肥料過多を避ける、刈り遅れない等の方法も有効と思われる。

V ライグラス類ピシウム病

ライグラスのピシウム病は、2006年11月に栃木県のイタリアンライグラス個体植え圃場で発生した(月星ら, 2008)。病徴は初秋に地上部が激しく黄化萎凋、枯死し、地際の褐変および根の黒変が認められる(口絵⑤)。播種後9～10月の気温が高く推移すると多発し、病勢が進むと欠株となる。病原菌は造卵器、遊走子のなどの形態および分子系統から、卵菌類の *Pythium spinosum* SAWADA, *P. sylvaticum* CAMPBELL & HENDRIX および *P. vanterpoolii* V. & H. KOUYEAS の3種と同定された。ライグラスの芝地では既に報告のある病害だが、上記の病原菌3種はいずれもライグラスでは初報告である。これまでライグラス類を含む牧草のピシウム病についてはほとんど報告がなかったが、これは牧草が多くの場合草地として栽培され、欠株などの被害が顕在化しにくいことが原因と考えられる。

病原菌のうち、*P. vanterpoolii* はイネ科植物に強い病原性をもつ菌として知られ、ペントグラスおよびノシバのピシウム病を引き起こす。*P. spinosum* および *P. sylvaticum* は野菜、草花等広い範囲の植物に寄生する。培地上での生育適温は、いずれの菌種も25℃であるが、特に *P. spinosum* および *P. sylvaticum* は30℃でも良好に生育する(図-3)。本病は9月頃播種されたライグラスが10～11月に突然萎凋を始めるもので、気候温暖化に

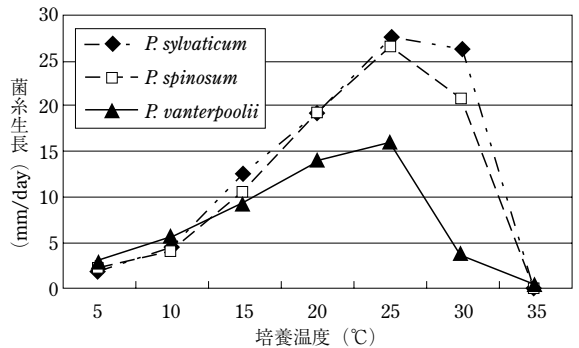


図-3 ライグラスピシウム病菌の菌糸生育温度反応

より秋の気温が高く推移していることが原因と考えられ、30℃で良好に生育する中高温性ピシウムが病原となっていることから裏付けられる。

防除法としては、病原がピシウム菌であるため、圃場の排水改善が最も重要である。また、接種試験の結果、イタリアンライグラス品種タチマサリおよびワセユタカは本病に対し罹病性を示したが、本病菌が根に寄生することから、ほとんどの品種は罹病性であると考えられる。また、中高温性のピシウムが病原であることから、播種期を遅らせて幼苗が高温に遭うことを回避することにより被害軽減を図るなど、耕種的防除にかかわる今後の検討が必要である。

引用文献

- 1) 橋本光司ら (1985): 関東東山病虫研報 32: 56～58.
- 2) 丁沢賢治ら (2008): 日草誌 54(別): 246～247.
- 3) 井上直人ら (1990): 同上 36(別): 149～150.
- 4) 伊東榮作ら (2009): 同上 55(別): 194.
- 5) 春日重光ら (2008): 信州大学農学部 AFC 報告 6: 1～10.
- 6) 桂 真昭ら (2000): 九州沖縄農業研究成果情報 23: 85～86.
- 7) 小橋 健・松岡秀道 (2002): 九州農業研究 64: 122.
- 8) ———— (2003): 同上 65: 134.
- 9) LESLIE, J. F. (2002): Sorghum and Millets Diseases, Iowa State Press, USA, p. 273～279.
- 10) 根本勝男ら (1987): 神奈川畜試研報 77: 29～63.
- 11) 佐藤 徹ら (1984): 日植病報 50: 137.
- 12) 島貫忠幸・佐藤 徹 (1984): 日草誌 30(別): 211～212.
- 13) ———— (1985): 関東草飼研誌 9: 24～30.
- 14) ———— (1987): 草地飼料作研究成果最新情報 2: 33～34.
- 15) 菅原幸哉ら (2006): 畜産草地研究成果情報 5: 97～98.
- 16) ———— (2007a): 日草誌 53(別): 362～363.
- 17) ———— (2007b): 畜産技術 631: 8～12.
- 18) 月星隆雄ら (2007): 日草誌 53(別): 360～361.
- 19) ———— (2008): 日植病報 74: 35.