

オーチャードグラス雪腐大粒菌核病の発生生態*

尾崎 政春**

Ecological Study of Sclerotinia Snow Blight Disease
of Orchardgrass.

Masaharu OZAKI

オーチャードグラスの越冬性に重大な影響を及ぼす雪腐大粒菌核病の発生生態, 特に発生に及ぼす環境条件, 感染条件などについて検討した。発生に影響を及ぼす環境条件として, 積雪の多いことがあげられ, しかも発病に有効な積雪 (40cm 以上) 期間が長いほど, 本病の発生まん延が激化し, 被害を大きくすることを明らかにした。病原菌 (*Sclerotinia borealis* Bubak et Vleugel) 子のう胞子は, 自然条件下で少なくとも30日以上生存が可能で, また, 子のう胞子の発芽は根雪前にも極めてわずかに認められる場合もあるが, 多くは根雪後であることから, 病原菌の感染時期は根雪後であるとした。病原菌の感染は, 寄主が根雪前にある程度の低温に遭遇しないと認められないことから, 寄主が低温に遭遇することが感染の有無を左右する主要因であり, 草種による感染条件の成立時期は, 耐凍性が強い草種ほど遅いことを認めた。

緒 言

オーチャードグラスは旺盛な再生力と多収を最大の特徴とする草種であるが, 根釧地方では越冬性が不良のため, 造成後数年経過すると立毛数が減少し, 収量性が低下することが古くから指摘され, 同地方への本草種の導入が困難視されていた。本草種の越冬性に影響を及ぼす要因として, 植物病理の見地から雪腐大粒菌核病の発生による越冬中の株の損耗が¹⁰⁾, また, 栽培利用の見地から牧草の耐凍性等に関連して, 冬枯れと総称される枯死が指摘されている¹¹⁾。しかし, 本草種の枯死原因として本病の発生が最大級のものであること

は, 根雪前に殺菌剤を散布することにより, 本病の発生がほとんど認められず, 枯死個体が無く越冬後の萌芽が極めて良好になることから明らかにである。本病はムギ類や各種イネ科牧草に共通の病害で研究の歴史も長く, 本病の発生に及ぼす各種環境条件や病原菌の生態に関する報告が多数認められる^{8,10,13,16,18,19)}。しかし, 病原菌の根雪前後の生態及び感染, 発病に関与する環境条件, とくに積雪前の低温及び積雪の状態との関連についての知見は少ない。

以上のことから本報告は, 病原菌の感染条件及び感染時期と, それに関与する環境条件に関して得られた知見を報告するものであり, 本病の耕種的防除法を確立するための基礎としたい。

本稿の御校閲を賜った中央農業試験場病虫部長高桑亮博士及び根釧農業試験場松代平治場長に深く謝意を表する。

1979年7月2日受理

* 本報告の1部は1975年および1976年度日本植物病理学会北海道部会で発表した。

** 北海道立根釧農業試験場 (現北海道立中央農業試験場, 夕張郡長沼町)

試験方法

1. 発生に及ぼす積雪の影響

(1) 過去の発生実態調査結果からの検討

従来、本病の発生は積雪が少なく土壌凍結の激しい地帯に多いとされている¹⁹⁾。一方本病の病斑は積雪前には全く認められず、ある程度の積雪があった後に初めて認められることも報告されている¹⁹⁾。このことは、積雪という条件が病原菌の活動に対し有利な環境を作り出すことによるものと考えられる。従って、根釧地方のような土壌凍結の激しい地帯では、凍結よりも積雪の時期・程度及び期間が本病発生の多寡にどの程度影響しているか、過去の発生実態調査結果及び気象表により検討した。

(2) 積雪期間の延長が発生に及ぼす影響

本病原菌が積雪下で高い活性を示すのは、地表温度が0℃付近にあるときであり⁸⁾、地表温度を0℃付近に保つには、根釧農試作物科の観測によれば、40cm以上の積雪が必要であるとされている。本試験では融雪を遅らせ40cm以上の積雪期間を延長した場合の発生への影響を検討した。

1) 試験は場の耕種概要: 草地の造成は1974年9月で、品種「フロード」、造成時の施肥は慣行法

に準じ、播種当年の掃除刈りは実施しなかった。1975年の刈り取りは、6月18日、7月30日、9月3日の3回。春の追肥は全区共通で10a当り N: 5.5kg, P₂O₅: 8.5kg, K₂O: 10.5kg である。

2) 試験区の構成: 本試験は窒素の施肥量と発病の関係を検討する目的で設置した試験区の1部を利用して行ったものである。各処理区の施肥量は表1のとおりであり、施肥処理は1番草の刈り取り後から行った。試験区は1区12m²で3反復とした。

表1 各処理区の年間の施肥量 (kg/10a)

処理区 種類	1	2	3	4	5	6	7
N	11.5	17.5	23.5	29.5	35.5	41.5	47.5
P ₂ O ₅	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
K ₂ O	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

3) 積雪期間の延長方法: 1976年3月1日に試験区全体に多量の雪を堆積することにより、積雪期間を30日間延長した。なお、3反復のうち1反復は対照とするため、雪を堆積しなかった。

4) 発病調査: 発病調査は4月30日に表2に示す基準で1区40株について実施し、発病度を算出した。

表2 発病調査基準

指数	発病状況
0	発病を全く認めない
1	主茎あるいは分けつ茎の1部がわずかに発病している
2	主茎あるいは分けつ茎の約10%が発病し、ときには枯死する
3	主茎あるいは分けつ茎の約50%が発病し枯死茎が多い
4	発病が甚しく株全体の再生力が著しく低下しあるいは再生不能とみられる

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{各指数} \times \text{該当株数})}{\text{調査株数} \times 4} \times 100$$

2. 病原菌の感染時期

これまでの報告から、本病の第1次伝染源は、秋期に形成される子のう盤から放出される子のう胞子であることが明らかにされており^{19,19)}、また、感染時期は積雪が認められた後であると推定される。従って感染が成立するためには、晩秋から初冬にかけて飛散・付着する子のう胞子が、積雪に至るまでの長期にわたる低温に耐える必要がある。

よって、病原菌の分離によって感染の時期を推定するとともに、自然条件下での子のう胞子の生存期間及び子のう胞子の発芽時期と推移を検討した。

(1) 病原菌の分離試験

ほ場で生育中のオーチャードグラス「在来種」を積雪前から採取し、葉身から病原菌を分離した。すなわち、採取した葉身の小片を表面殺菌（昇汞

アルコール1,000倍液で数秒間)あるいは無殺菌のまま、ジャガイモ煎汁寒天培地の平面上に設置し、5℃の冷蔵庫内に保つことにより行った。

(2) 子のう胞子の生存期間

子のう胞子の生存期間を知るため、1974年11月5日に自然条件下で形成した成熟子のう盤を採取し、乳鉢で磨砕後、数枚重ねたガーゼでろ過、低倍率(15×10)で1視野に10個程度の子のう胞子が確認できる位に希釈した子のう胞子浮遊液を作成した。この浮遊液を、洗浄したスライドガラスの表面に均等に噴霧し、実験室内に放置して徐々に乾燥させた。乾燥後、径12cmの腰高シャーレに数枚ずつ並べ、通気が十分に可能なようにフタをしては場に設置した。設置後定期的に取り出し、直ちに採取時の発芽率を調査する一方、スライドガラス面に滅菌水を噴霧し、温室としたシャーレに入れ、5℃の冷蔵庫内に保ち、72時間後子のう胞子発芽率を調査した。

(3) 葉身上における子のう胞子の発芽時期と推移

1975年12月5日から14回、子のう盤が極めて高密度に存在するコンクリート枠内で生育中のオーチャードグラス「フロード」の葉身を採取し、顕微鏡観察により葉身上における子のう胞子の存在及び発芽推移を調査した。観察に供した葉身は、完全展開の最上位葉で、観察は葉身を細切し、うすいメチレンブルー液で軽く染色後に行った。

3. 病原菌の感染条件に関する試験

(1) 積雪前の低温が発病に及ぼす影響

1976年11月10日と12月7日に、試験1-(2)-2)に示した施肥処理を施したコンクリート枠に生育中の、オーチャードグラス「フロード」の茎葉を採取し、以下の試験に供試した。供試草地は造成後2年めである。

1) 採取茎葉の処理法:採取茎葉は完全展開葉が2~3葉となるようにし、1個体ずつ中試験管に入れ、保湿のため滅菌水の少量を注入後アルミ箔で密封、5℃の定温庫内に保って発病させ、採取時期の違いによる発病差を比較して、採取前の低温の影響を検討した。各施肥処理区の供試個体数は10個体とした。

2) 発病調査:1977年4月7日に表3に示した基準で個体別の発病状況を調査し、発病度を算出した。

表3 発病調査基準

指数	発病状況
0	発病を認めない
1	発病を認めるが菌核の形成が1~2個と少ない
2	発病激しく菌核の形成が多い

(2) 積雪前の低温が各種イネ科牧草の発病に及ぼす影響

温室で栽培した各種イネ科牧草を10月21日に野外に出して外気にあて、11月7日から7~8日間隔で7回、各草種2鉢ずつ5℃の定温庫に収容して低温から保護し、根雪後の1978年1月20日に雪下に埋没して発病させた。従って、10月21日から定温庫に収容するまでの間が、各低温処理の期間であった。なお、11月5日に野外で自然形成した子のう盤を採取して作成した子のう胞子の濃厚浮遊液を噴霧接種した。

1) 供試イネ科牧草:オーチャードグラス「フロード」、チモシー「センボク」、メドウフェスク「トレイダー」、ケンタッキーブルーグラス「普通種」、ペレニアルライグラス「普通種」。

2) 供試イネ科牧草の栽培条件:1977年8月2日に1/5,000aの鉢に培養土(堆肥+炭カル+ようりん)を充填し、各種イネ科牧草をは種し、適宜間引きして各草種とも10株立てとした。刈り取りは9月20日に1度行い、追肥は試験1-(2)-1)と同量とした。

3) 発病調査の時期及び方法:1978年4月13日に融雪処理をし、4月27日に1株ごとに表2に示した調査基準により調査した。

試験結果

1. 発生に及ぼす積雪の影響

(1) 過去の発生実態調査結果からの検討

根室内陸部(中標津町)における過去8年間の発病状況と根雪期間及び40cm以上の積雪日数との関係を図1及び図2に示した。根雪期間と病株率の関係をみると、病株率は、根雪期間が80日以下になると40%以下となり、根雪期間が100日以上になると60%以上と高くなることが明らかである。また、40cm以上の積雪日数と病株率の関係をみると、病株率は、40cm以上の積雪日数が40日以下では著しく低く、60日以上では著しく増加した。

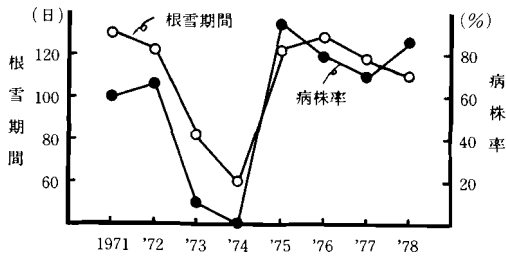


図1 根雪期間と病株率

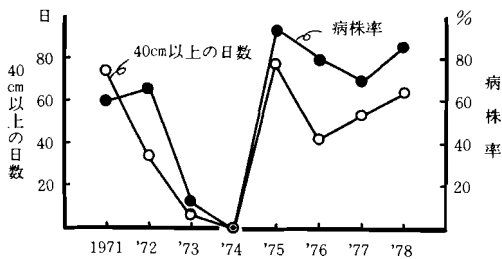


図2 40cm以上の積雪日数と病株率

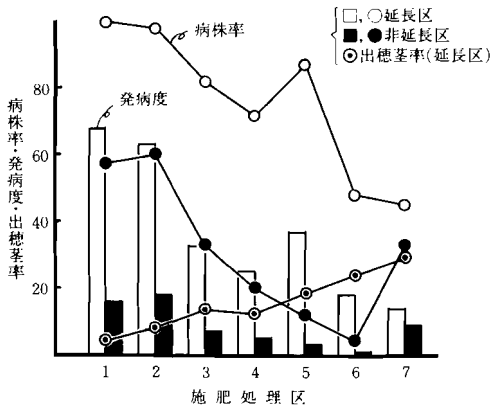


図3 積雪期間の延長と発病及び被害

(2) 積雪期間の延長が発生に及ぼす影響

1976年の40cm以上の積雪日数は42日であったが、本試験では雪を堆積したことにより72日となった。調査結果は図3に示したとおりで、40cm以上の積雪日数を30日間延長したことにより、発病株率、発病度ともに著しく高まり、特に、発病度の高まりが顕著であった。本病の株内におけるまん延を、1976年4月10日に一般ほ場から採取した23株について調査した結果、表4に示したように、発病及びまん延は最初中心茎及び完全展開葉を有する分けつ茎、次いで葉鞘内に潜在する幼分

表4 株内まん延状況調査結果

調査部位	発病率	枯死率
中心茎	91.3%	78.3%
分けつ茎	25.8	7.9
幼分けつ茎	4.2	2.8
全茎合計	25.7	14.8

けつ茎へと進むことが明らかで、40cm以上の積雪が長期化するに従い、幼分けつ茎の枯死率が高まり、春の再生が悪化するものと考えている。当地方におけるオーチャードグラスの出穂茎率は、他の地方に比較するとかなり低いとされているが、その原因として中心茎が本病に罹り病し枯死する頻度が高いことが考えられ、図3に示したように、本病の発病度が低下すると出穂茎率は明らかに高まり、本病の発生が1番草収量の低下に大きく関与することが知られた。また、図3に明らかのように、本病は窒素質肥料の施肥量を増すと、発病株率、発病度ともに明らかに減少することが認められた。

2. 病原菌の感染時期

(1) 病原菌の分離試験

表5 葉身の採取時期及び分離結果

年次	採取時期	積雪 cm	病斑の有無	分離率 (%)	
				表面殺菌	無殺菌
1973* 1974	12. 12	0	—	0	8.3
	12. 20	3~5	—	0	25.0
	1. 22	20	—	10.0	10.0
	1. 29	20	+	25.0	15.0
1974**	12. 3	0	—	0	14.2
	12. 26	26	—	16.0	23.8

注) * 根雪12月18日, ** 根雪12月14日

結果は表5に示したように、表面殺菌した場合、根雪前に病原菌が分離されることは全くなく、根雪後になって初めて分離されるようになる。これに対して無殺菌の場合は、根雪前から分離頻度は低いが常に分離される。このことを、本病の病斑は根雪後でないと全く認められない、ということとあわせ考えるなら、本病原菌の感染時期は根雪後であると推定できる。また、根雪後に表面殺菌をしても分離されるようになる時期は、根雪後の

積雪が多い年は早く、少ない年は遅かった。

(2) 子のう胞子の生存期間

試験期間中の野外気温は図4のとおりで根雪は

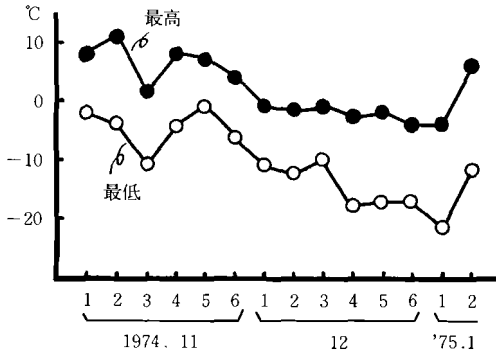


図4 試験期間中の野外気温(半旬平均)

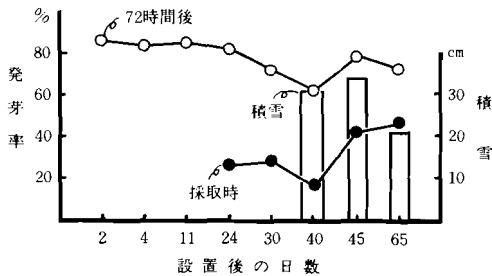


図5 野外に設置した子のう胞子の発芽率

12月14日であった。結果は図5に示したように、スライドガラス上に裸の状態では放置された子のう胞子は、激しく変化する外気温によってその発芽力を大きく失うことがなく、長期間の生存が可能であることが明らかとなった。また、処理後24日めから、スライドガラスの採取時にすでに20~50%の子のう胞子の発芽が認められたが、これはその時期に降霜のくり返しによって昼間にスライドガラス面に水滴が生じ、その部分に存在した子のう胞子が徐々に発芽したもので、根雪後になると採取時の発芽率も徐々に上昇するのが認められた。試験開始時の子のう胞子発芽率は91%であったが最終調査時には70%となっているので10~20%の子のう胞子が発芽力を失なったものと考ええる。

(3) 葉身上における子のう胞子の発芽時期と推移

試験期間中の野外気温は図6に示したとおりで、根雪は12月16日であった。葉身の小片をうす

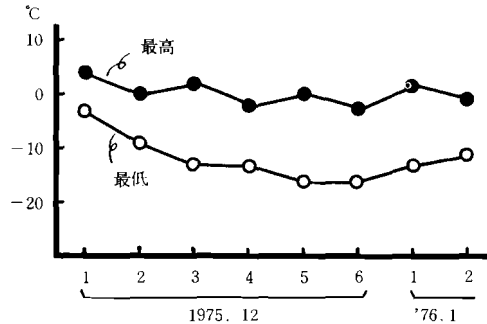


図6 試験期間中の野外気温(半旬平均)

いメチレンブルー液で軽く染色することにより、顕微鏡下で葉身上に存在する胞子の状態を容易に確認することができる。1回の観察で確認した子のう胞子数は11~442個であった。葉身の表と裏の子のう胞子付着数を比較すると、表の方が圧倒的に多く、直立する中心葉身にはほとんど確認でき

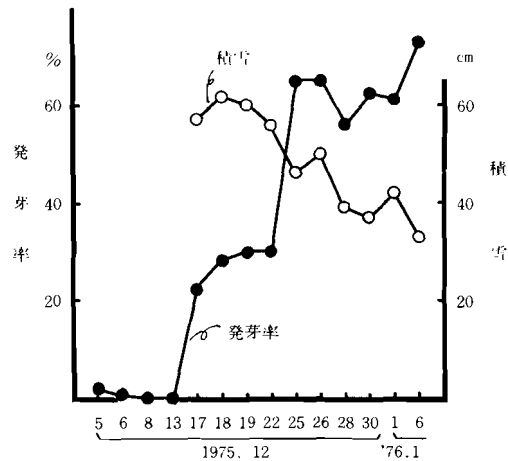


図7 葉身上における子のう胞子の発芽推移

なかった。図7に示したように、積雪の無い状態でも湿度が高く葉面に結露があり、しかも最低気温が -5°C 以下にならないという条件下で、低率で発芽が認められた。発芽率は積雪後直ちに徐々に上昇し、9日後には約65%に達し、その後の上昇は鈍くなり、24日後に約73%に達することが認められ、その後はほとんど上昇しなかった。

3. 病原菌の感染条件

(1) 積雪前の低温が発病に及ぼす影響

最低気温が氷点下になる頻度が高くなる10月21日から茎葉の採取時までの最低気温の差は表6のようであった。 5°C の定温庫に保った処理茎葉は、

表 6 採取前の最低気温の比較

期 間	平 均	極 値	0℃以下の日数*	0℃以下の平均
10月21日～11月10日	0.8℃	-7.8℃	10/21日	-3.9℃
11月11日～12月7日	-4.5	-12.0	24/27	-5.1

注) * 0℃以下の日数/期間の日数を示し以下これに準ずる

表 7 発病調査結果 (発病度)

採取期間 \ 処理区	1	2	3	4	5	6	7
11月10日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12月7日	60.0	50.0	40.0	0.0	0.0	0.0	10.0

表 8 鉢の収容時期及び最低気温の変化

収容時期	平 均	極 値	0℃以下の日数	0℃以下の平均	0℃以下の積算
11月7日	0.2*	-4.9	10/18	-2.8	-28.9
11月14日	-4.0	-9.6	5/7	-7.0	-63.7
11月21日	-1.4	-6.2	4/7	-3.5	-77.7
11月29日	-1.3	-7.4	4/8	-4.8	-96.8
12月5日	-5.7	-9.2	6/6	-5.7	-131.0
12月12日	-11.0	-13.4	7/7	-11.0	-207.2
12月19日	-4.7	-11.2	6/7	-5.7	-241.2
放 置 区	-13.9	-22.2	25/25	-13.9	-588.7**

注) * 10月20日からの平均 ** 1月20日までの積算

表 9 各種イネ科牧草の発病調査結果

草 種	項 目	11.7	11.14	11.21	11.28	12.5	12.12	12.19	放置区
オーチャードグラス	病 株 率	0.0	5.6	0.0	5.6	18.8	10.5	26.3	89.5
	発 病 度	0.0	1.4	0.0	1.4	4.7	2.6	7.9	35.5
ケンタッキーブルーグラス	病 株 率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	63.6
	発 病 度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	27.3
チ モ シ ー	病 株 率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	60.0
	発 病 度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	21.3
メドウフエスク	病 株 率	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	30.0	75.0	100.0
	発 病 度	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	13.8	22.5	51.8
ペレニアルライグラス	病 株 率	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	100.0	95.0	100.0
	発 病 度	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	70.0	58.8	100.0

試験管内で十分な発病が認められた。結果は表7に示したように、採取時期の違いによる発病差は、極めて歴然としており、11月10日に採取した茎葉では全く発病を認めなかった。これに対して、12月7日に採取した茎葉では、窒素質肥料の施肥量が少ない区から採取した茎葉において、極めて激しい発病が認められた。

(2) 積雪前の低温が各種イネ科牧草の発病に及ぼす影響

鉢の収容時期とそれまでに遭遇した低温条件は表8に示したとおりであった。4月13日に、堆積した雪を取り除いたので、40cm以上の積雪日数は83日とかなり長期間となり、発病環境としては良好であった。結果は表9に示したように、すべての草種で収容時期が遅い、すなわち、収容前に遭遇した低温が厳しい場合に発病が認められた。最も発病が激しかったのはペレニアルライグラス、次いでメドウフェスク、オーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラス、チモシーの順に発病が少なかった。発病が認められた時期は、オーチャードグラスが最も早く、ペレニアルライグラス、メドウフェスクがそれに続き、次いでチモシー、ケンタッキーブルーグラスという順で、この序列が、本病原菌の感染条件が成立する时期的な差、すなわち、各草種の低温に対する感受性程度の差であると考えられる。

考 察

1. 発生に及ぼす積雪の影響について

根釧地方のような冬期環境条件下において、本病の発生多寡を決定する要因を考えると、まん延に有利な環境は何かを知ることが重要である。積雪は地表面の温度を一定に保ち、病原菌の活性を高めるとともに、暗黒、多湿などの条件を作り出して積雪下の作物を衰弱させ、また、場合によっては著しい低温から作物を保護する役割を持っているとされる^{8,9)}。当地方のような少積雪地帯における本病の発生特性は、坪木ら¹⁷⁾が報告しているように、年次あるいは地域によって発生量に極めて大きな差があることである。このような差を生じる原因は、積雪下で病原菌が活性を示すことのできる期間の長短にあると考えたので、この点について検討した結果、40cm以上の積雪日数が0日の場合は病株率も0%、60日以上になると病株

率も著しく増加するという関係にあることが明らかとなった(図2)。この関係は、40cm以上の積雪日数を人為的に42日から72日に延長した場合の調査結果(図3)からも一層明確で、40cm以上の積雪日数の延長は、病株率及び発病度を著しく高め、特に発病度の高まりが顕著となる。これらの関係は、同一年次における地域による発生量の差についても同様であった¹⁴⁾。積雪深度と地表温度の関係について、松尾ら⁹⁾は、積雪層の厚さが50cm以上あれば、外気温が-10数度に達しても積雪下の温度は0.2~0.4℃にすぎないこと、また、根釧農試作物科が1972年に観測した結果では、積雪深が40cm以上になると、地表温度が0℃に極めて近づくこと、さらに、平島⁷⁾は、気温が-20℃程度まで達しても積雪が20~25cmあると、地表温度は0~-5℃であることをそれぞれ報告している。以上のことから、40cm以上の積雪があれば、病原菌の活性を保つに十分な地表温度が厳寒期でも維持されると考えられ、本病のまん延のための有効積雪は40cm以上であるといえる。富山^{19,20)}は、ムギ類の雪腐病に関する詳細な研究から、ムギ類雪腐大粒菌核病の発生分布に関し、積雪少なく、積雪下地温低く、土壤凍結期間が長い地帯で発生する、と結論している。ムギ類と牧草では、その生理的反応や栽培利用形態が異なるため、同一視できない可能性は残るが、この結論は本病発生要因の一側面を示しているにすぎないと考える。すなわち、積雪下で、本病がまん延するには、すでに述べたように地表温度を0℃程度に保つ必要があり、そのためには相当量の積雪が不可欠である。また、土壤凍結期間が長いあるいは積雪下地温が低いという要因は、積雪前に牧草が低温にさらされる期間が長く、低温の程度が強いということにもなる。従って、後でも論議するように、この要因には本病発生の前提となる条件がかくされてはいるが、その多寡を支配する決定要因ではないと考える。なぜなら、土壤凍結期間の年次間差は、本病の発生多寡の年次差及び地域間差に比較すると、はるかに小さいものであり、積雪量、有効積雪期間の差の方が大きい。また、積雪が少なく地表温度が低い年には、病原菌の組織内侵入は認めるものの、まん延はほとんど認められず、そのため、菌核の形成も認められないからである。ちなみに、Jamalainen⁹⁾の総説によれば、

本病多発の条件として、秋の湿度が高く、低温で積雪が深く、土壌はわずかに凍結すること、及び、積雪期間が平年で150～170日あることなどをあげている。

以上に述べたように、根釧地方のような寡雪土壌凍結地帯における本病のまん延は、積雪によって左右されることが明らかで、また、本病のまん延に好適な積雪深は40cm以上と考えられ、40cm以上の積雪日数が長期化するに従い、株内でのまん延が激化して被害が大きくなる。

2. 病原菌の感染時期について

佐久間ら¹⁹⁾は、第1次伝染源である子のう胞子は根雪前も根雪後も徐々に発芽し、凍結しても死滅することなく(融解後)更に伸長し続けて侵入するものであろう、と推定しているが、子のう胞子の発芽実態の観察は行っていない。また、氏らは子のう胞子の生存及び発芽について検討し、氷点下でも長期間生存し、その最適発芽温度は7℃で、2～4℃でも良好に発芽し0℃付近でも発芽するとしている。富山¹⁹⁾は、ムギ類に発生する本病菌子のう胞子の発芽適温について、適温は6～20℃位までであり、その範囲内では低温域において発芽管長が長い傾向にあると報告している。本試験では、感染時期を推定するため菌の分離を行った。その結果は表5に示したように、無殺菌では根雪前から常に分離されるが、表面殺菌すると根雪後にならないと分離されなかった。この点に関しては、佐久間ら¹⁹⁾も全く同様の結果を得ているが、表面殺菌によって組織内菌糸が死滅しなかったかどうかについての確認がないので、今後の検討を要するとしている。しかし、顕微鏡観察によっても根雪前には組織内菌糸が全く認められないこと、及び、病斑は根雪後に初めて出現することなどから考察すると、本病菌の感染は根雪後であると推定される。感染時期が根雪後であるとするなら、第1次伝染源である子のう胞子は、晩秋から初冬にかけて飛散・付着後、根雪に至るまでの約30～50日間、低温とそれにとまなう乾燥に耐える必要があるが、その点については図5に示したように、スライドガラス上に裸の状態で放置された子のう胞子は、最低気温が低く強霜が繰り返すという過酷な条件下でも発芽力を大きく失うことがなく、65日後でも72%の発芽率を認めた。このことからすると、本病菌子のう胞子は根雪前の

自然条件下で、少なくとも30日以上は生存が可能であり、低温とそれにとまなう乾燥に対し極めて強いことが明らかとなった。つぎに、野外のオーチャードガラス葉身上における子のう胞子の発芽時期とその推移を観察した結果、寄主葉身上に付着した子のう胞子は、根雪前であっても12月初めの日中気温が高く、最低気温も－5℃以下にならず、葉身上に結露するような条件下で極めてわずかに発芽することを認めた。しかし、本格的な発芽は根雪となった12月17日以後に認められ、根雪後約3週間後に70%前後の発芽率になることを認め、それ以後の発芽率の伸びは認められないので、おそらく自然条件下での子のう胞子の発芽率は、この程度で終息するものと考ええる。子のう胞子の発芽適温は先に述べたとおりであるので、根釧地方の積雪下の条件は、発芽環境として最適ではなく、そのため70%前後という程度の発芽率にとどまるものと考えられ、これはスライドガラス上の子のう胞子生存率(発芽率)に良く一致する。

以上に述べた分離試験の結果及び第1次伝染源である子のう胞子の発芽の実態から考察するならば、本病菌の感染時期は根雪後であることが明らかである。しかし、発芽後から寄主組織内に侵入するに至る経過については、観察を行っていないので今後の検討を要する。

3. 病原菌の感染条件について

冬作物の雪腐病発生に及ぼす環境条件あるいは寄主体の衰弱の大小に及ぼす各種の要因については、多くの研究例があり^{9,19)}、それぞれ見るべき成果をあげている。しかし、多くの場合、積雪下での寄主の抵抗性の強弱について論議されている例が多く、根雪前の寄主を取りまく自然環境と雪腐病発生との関係について論じたものは少ない。富山²⁰⁾は、雪腐病の発生に耐凍性の問題が関与する可能性を指摘しているが、近年、牧草の越冬性に関する論議の中で、草種・品種の耐凍性の強弱が越冬性を支配する主要因の1つで¹²⁾、根釧地方のような寒冷な越冬条件下では、凍害を受けない程度の耐凍性が必要であり^{7,12)}、また、本病菌による被害発生には低温による植物組織の傷害が前提になるとの推定もなされている^{3,12)}。このようなことから、オーチャードガラスが根雪前に遭遇する低温条件の違いが本病の発生とどのような関係にあるか、すなわち、低温により植物組織に何らかの

体質的变化を生じることが、本病菌の感染条件になっているかどうかを検討した。その結果、表8に示したように、11月10日に採取した茎葉では全く発病を認めることがなく、12月7日に採取した茎葉でのみ発病が認められた。特に、窒素質肥料の施肥量が少ない区から採取した茎葉において激しい発病を認め、このことは、図3に示した施肥処理区の調査結果と良く一致し、佐久間ら¹⁰⁾及び早川ら⁹⁾の結果とも良く一致した。このように、採取時期が異なることにより、本病の発生が著しく異なる原因として、採取時期が異なることによって第1次伝染源である子のう胞子の飛散量が異なったこと、及び、遭遇した低温の程度が異なったことが考えられる。前者については、当地帯における子のう盤の開盤盛期は11月上、中旬であり¹⁰⁾、採取時にすでに相当数の開盤個体が認められたことなどから、子のう胞子が付着していなかったとは考えられない。従って、発病に明らかな差を生じた原因は、採取前に遭遇した低温の程度の違いにあり、11月10日の時点では、本病菌が感染するための条件が備っていなかったものと考えられ、本病菌の感染には寄主がある程度の低温に遭遇し、何らかの体質的变化を生ずることが必要であると推定された。表9の結果は、このことをより一層明確にするもので、根雪前の低温条件が本病の発病・まん延を強く支配していること、及び、本病菌が感染するためには、寄主植物が低温により何らかの体質的变化を生ずることが必要であることを示すものである。牧草が越冬中に受ける低温による影響として凍害がある¹²⁾。凍害は植物が凍結状態に耐えられる温度以下に冷却された時に生じ、凍結状態に耐える性質を耐凍性という¹⁵⁾、とされているが、本道における主要イネ科牧草の耐凍性に関する報告によれば^{1,2,3,4,11,12)}、チモシー・メドウフェスク・オーチャードグラス・ペレニアルライグラスという序列が一般的で、能代ら¹²⁾によれば、凍害を受けやすい草種は雪腐病に対する抵抗性も劣る傾向があるとされる。イネ科牧草の耐凍性の序列と本試験結果による発病度からみた感受性程度の序列を比較すると、耐凍性と本病に対する感受性程度には、極めて密接な関係があることが知られた。すなわち、本病の発病度は、チモシー・ケンタッキブルーグラス・オーチャードグラス・メドウフェスク・ペレニアルラ

イグラスという順に高くなり、メドウフェスクとオーチャードグラスが逆転している以外は、耐凍性の序列と良く一致し、凍害を受けやすいとされる草種ほど本病の発病度が高くなることが明らかである。著者は別の項で、土壤凍結期間の長短は、本病の発生多寡を直接支配する決定要因ではないことを指摘した。その理由は、原則的に本病の非発生地帯であるとされた地帯³⁾であっても、耐凍性が弱い草種を、低温の影響を受けやすい条件で栽培すれば、十分に発病すること¹⁰⁾、根雪前に感染条件が成立しうる程度の低温に遭遇させると、5℃でも十分な発病が観察されること、また、感染条件が成立する前に積雪下に没すると、発病は認められないこと、などによる。従って、土壤凍結という現象は最低気温が低下したことにより付随的に生ずる現象であって、土壤凍結そのものが、本病菌の感染やまん延に好適な条件を作り出すものではなく、土壤凍結をおこすような低温の条件がまず重要で、それに続いて一定の積雪が加わる必要があると考える。それ故、先に触れた富山^{19,20)}の結論は、そのような低温に牧草がさらされやすいのは、土壤凍結のおきる地帯であると理解すべきと考える。

以上に述べたように、本病菌の感染と低温による越冬前の体質的变化とは極めて密接な関係があり、低温による体質的变化を受けやすい草種ほど、感染のための条件が早期に成立することが明かで、そのような草種は根雪前の最低気温が比較的高い地帯でも、本病に罹病する可能性が大きく、多雪地帯の道央あるいは道北地方でペレニアルライグラスに本病の発生が認められるのは、このことによるものと考ええる。

4. 雪腐大粒菌核病の発生条件

以上の結果から、本病の発生には、まず、根雪前に牧草が体質的变化を受けるような低温に遭うこと、次いで、病原菌の侵害がおこる0℃前後を維持する40cm以上の積雪が長期に持続することが必要で、前者には草種、栽培条件が、後者には積雪期間が影響し、発病度を左右することが知られた。なお、本病菌子のう胞子は寄主上に飛散付着しても最低発芽温度の持続しうる積雪下でなければ発芽せず、それ以前は、低温・乾燥条件に耐えることも明らかにした。

引用文献

- 1) 阿部二郎, “牧草の越冬性に関与する緒要因,” 育種学最近の進歩, **18**, 67-75 (1977).
- 2) 安達 篤, “牧草の越冬性 (第 1 報) 耐寒性の草種・品種間差異,” 北海道草地研報, **10**, 74-76 (1975).
- 3) 安達 篤, “牧草の越冬性 (第 2 報) 雪腐大粒菌核病および雪腐小粒菌核病に対する草種・品種の反応,” 北海道草地研報, **10**, 76-78 (1975).
- 4) 安達 篤, 阿部二郎, 古明地通孝, 能代昌雄, 平島利昭, 西村 格, “牧草の越冬性 (第 3 報) 北海道主要気候帯における牧草の冬枯れとその要因に関する考察,” 北海道草地研報, **10**, 78-80 (1975).
- 5) 荒木隆男, “北海道における牧草雪腐病の多発,” 植物防疫, **29**, 484-488 (1975).
- 6) 早川康夫, 橋本久夫, “根釧火山灰地における秋播牧草の播種期の限界について,” 北農, **29** (12), 11-13 (1962).
- 7) 平島利昭, “根釧地方における氷年放牧草地の維持管理に関する研究,” 北海道立根釧農業試験場, 1978, 97p. (北海道立農業試験場報告第 27 号)
- 8) Jamäläinen, E. A., “Resistance in winter cereals and grasses to low-temperature parasitic fungi,” Ann. Rev. Phytopath. **12**, 281-302 (1974).
- 9) 松尾孝嶺, 野村 正, 岩切 嶺, “農作物の雪害防除に関する試験成績,” 農商省農政局, 1944.
- 10) 松本直幸, 荒木隆男, “圃場条件下におけるイネ科牧草の雪腐大粒・小粒菌核病の推移,” 日植病報, **43**, 117 (1977). (講要)
- 11) 能代昌雄, 平島利昭, 安達 篤, “根釧地方における主要イネ科牧草の耐寒性,” 北海道草地研報, **10**, 71-74 (1975).
- 12) 能代昌雄, 平島利昭, “牧草の耐凍性に関する研究 1. 北海道根釧地方におけるイネ科牧草の凍害と雪腐大粒菌核病害,” 日草誌, **23**, 289-294 (1978).
- 13) 及川 寛, 田辺安一, 大原益博, “十勝地方における雪腐病による牧草被害の異常発生 1. 気象の経過と被害との関連,” 北海道草地研報, **10**, 80-84 (1975).
- 14) 尾崎政春, “オーチャードグラス雪腐大粒菌核病の発生と環境条件,” 北日本病虫研報, **28**, 66 (1977).
- 15) 酒井 昭, “林木の寒さの害に関する用語の使用法についての一提案,” 日林誌, **48**, 25-27 (1966).
- 16) 佐久間勉, 成田武四, “イネ科牧草, とくにオーチャードグラスの雪腐大粒菌核病について,” 北海道立農業集報, **11**, 68-84 (1963).
- 17) 坪木和男, 土屋貞夫, 尾崎政春, “根釧地方におけるオーチャードグラス雪腐大粒菌核病の発生実態について,” 日植病報, **39** (2), 154 (1973). (講要)
- 18) 坪木和男, “オーチャードグラス雪腐大粒菌核病の積雪下でのまん延について,” 日植病報, **40** (2), 117 (1974). (講要)
- 19) 富山宏平, “麦類雪腐病に関する研究,” 北海道農試報告, **47**, 1-234 (1955).
- 20) 富山宏平, “ムギ類の雪腐病,” 日植病報, **31** (記念号), 200-206 (1965).

Ecological Study of Sclerotinia Snow Blight Disease of Orchardgrass

Masaharu OZAKI*

Summary

In Nemuro-Kushiro district in eastern Hokkaido, Sclerotinia snow blight disease (*Sclerotinia borealis* Bubak et Vleugel) is one of the most important factors which inhibit the survival of orchard grass in winter.

This study was carried out to clarify the environmental factors affecting to the disease development, and when and how the pathogen invaded to the host.

The results were as follows.

- 1) The general survey in Nemuro-Kushiro showed, the disease occurrence depended on duration of snows deeper than 40 cm, which was the minimum snow depth to maintain the optimum temperature for high activity of the pathogen.
- 2) Before snow cover, ascospores of the pathogen could survived more than 30 days under dry and cold environment at 16.3°C to - 24.2°C in Nemuro-Kushiro district.
- 3) Most of the ascospores germinated on the host leaves after snows, but a few of them did before snows.
- 4) It was necessary for the infection of the pathogen that the host had been exposed to low temperature before snow cover. This suggested that the infection of the pathogen to the host plant depended on the low temperature condition before snow cover.
- 5) The species of grasses less tolerant to freezing were infected earlier and were severely attacked by the pathogen.

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