

チモシー斑点病とその病原菌 *Heterosporium phlei* GREGORY について

佐久間 勉† 成田 武 四††

I 緒 言

北海道におけるイネ科牧草として重要なチモシーには数多くの病害が発生するが、とくにチモシー斑点病は最も普通に見られる病害であり、根釧地方のような冷涼多湿地帯では発生がはなはだしく、その被害は軽視することができない。

酪農経営を主体とする根釧地方では牧草および飼料作物の生産を確保することがとくに重要であるが、同地方では冬期間土壤凍結がはげしいためチモシー以外のイネ科牧草は *Sclerotinia borealis* BUB. et VLEUG. による雪腐大粒菌核病の被害がはなはだしく、牧草の栽培は主としてチモシーに依存している。しかし、このチモシーも同地方ではチモシー斑点病のため例年慢性的な被害をこうむり、良質な飼料を生産することができない現状にあることは同地方の農家経営安定上大きな問題である。

チモシー斑点病については従来詳細に研究されたことがなく、その性状、病原菌の性質などについて明らかでないところが多かつたので、筆者らは牧草および飼料作物の病害の研究の一環として本病についても調査を進めつつある。本病についてはまだ解明を要する事項が少なくないが、現在までの調査研究の結果にもとづいて本病および病原菌の性状を報告する。本病防除対策を講ずる上にあつては、調査研究の結果にもとづいて本病および病原菌の性状を報告する。本病防除対策を講ずる上にあつては、調査研究の結果にもとづいて本病および病原菌の性状を報告する。

本研究の実施にあたり常に懇篤な御指導と助言をいただいた前根室支場長平賀即稔技師、また調査資料を提供していただいた同支場土壤肥料課長早川康夫技師、同作物課今野昇技師、また飼料価分析をお願いした同支場畜産課斎藤久幸技師に感謝の意を表する。

† 根室支場
†† 病虫部

II 研究沿革

GREGORY¹⁾(1819) は米国 New York 州のチモシーに当時発生していた *Heterosporium* 菌によるチモシーの斑点性病害を調査し、これが従来イネ科植物に寄生することの知られた数種の *Heterosporium* 菌と異なることを明らかにし、*Heterosporium phlei* n. sp. として記載した。また、HORSFALL²⁾(1930) は本病によるチモシーの被害が New York 州においてははなはだしいことを認め、病原菌の性質について報告した。その後アメリカ各地に本病が分布することが知られたが (SPRAGUE³⁾—1950), 本病についてとくに詳しい研究は行なわれていない。

カナダにおいては JACQUES⁴⁾(1951) が *Heterosporium* 属菌について研究し、チモシーに寄生する菌についても報告したものがあのみである。欧州においては本病に関する研究はほとんどみられない。本邦においては 1940 年田中および成田⁵⁾ が北海道での本病の分布を報じ、成田⁶⁾(1958)、佐久間¹⁰⁾(1957)、佐久間、成田⁹⁾(1957) らが本病および病原菌の概要を報告したのみである。

III 分 布

SPRAGUE³⁾(1950)によると本病はアメリカ、カナダ、欧州および日本に分布すると記録されている。米国では広く各地に分布するが東部に多く、とくに Minnesota, New York 州に発生がはなはだしく、西部地方では Utah, Idaho, Arizona 各州の溪谷にそつた草地や雨量の多い沿岸地方に発生するという。カナダでは Quebec 地方に分布する。イギリスでは 1950 年に本病が Devon 州に発見されたという (SAMPSON & WESTERN¹²⁾—1954)。本邦

では北海道以外に従来その発生が知られていなかったが最近千葉県下に発生することが認められた(西原⁸⁾-1960)。北海道においては既報(成田⁷⁾-1958)のように本病は1938年当時既に各地に発生していたことが知られていたが、現在全道一円に広く分布している。このうち釧路、根室、留萌、宗谷など道東、道北の冷涼多湿な地方では本病の発生がとくにはなはだしく、チモシーの生育が本病の発生のため阻害され、飼料価値が低下するなどその被害は軽視できない現状にあるが、その被害損耗高を精細に把握することは容易でない。

IV 病徴および発病推移

本病の病斑は既報(成田⁷⁾-1958)のように主として葉片に生ずるが、発生のはげしい地方では葉鞘にも生ずる。葉片では、はじめ葉脈に沿って針頭大の帯紫褐色の斑点が生じ、これが拡大して0.5~3.0×0.3~1.2 mm 大の紡錘ないし広楕円形の病斑となる。多くの場合病斑の中央部は灰白色ないし灰褐色に変じ、周縁は帯紫褐色ないし黒紫色または褐色を呈する。病斑が癒合して不規則な形状となることがあり、ときには微細な帯紫褐色の斑点を散布したように葉面に密生することもある。病斑が密生すると葉片は黄褐色化して枯燥する。またマグネシウムその他の微量元素欠乏症を併発したときにみられる病斑は不整形でやや大きく、周縁は紫の色素が沈着することなく、灰褐色ないし白色をていする。加里欠乏症の場合には黄褐色化して葉先より枯死するがこの場合には微細な病斑を多数生ずる。*Scolecotrichum graminis* FCKL. によるチモシー条黄枯病の病斑も初期は淡黄色、ときには帯紫褐色の斑点であつて、チモシー斑点病のそれと類似することもあるが、条葉枯病では病斑が葉脈間を縦に長く伸長して線状となり、中央部は褪色して煤状の黒点が生ずるようになるので斑点病とは容易に区別できる。

本病は早春から根雪時まで年中発生する。融雪後の越冬生葉にも病斑が認められるが、新葉には5月上旬(札幌地方)から5月下旬(根室地方)に新病斑が形成され、以後気温の上昇とともに本病は蔓延し、第1回の刈り取りの7月上、中旬に最盛

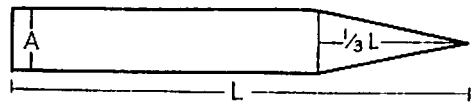
期に達する。刈り取り後も晩秋までつづいて発生する。札幌地方では春と秋に多く、夏には発生がやや衰えるが、根室地方では年中その発生が多い。

根室支場において1957、1959年にチモシー「在来種」について発病調査を行なつた1例をあげると次表のとおりである。

第1表 チモシー斑点病の発生状況

調査月日	1葉当り積面 (cm ²)	1葉当り病斑数	1cm ² 当り病斑数
1957年6月16日 [*]	15.3	112	6.6
7月6日 ^{**}	13.7	236	19.3
1959年7月6日 ^{**}	11.9	534	44.8

(注) 表面積の算出方法は次の式によつた(以下の調査にも準用した)。



$$S = [(A \times 2/3L) + 1/2(A \times 1/3L)] \times 1.2$$

* 最上、最下葉を除いて調査 ** 止葉のみ調査

1959年の調査例のように1cm²当り病斑数が44.8個も算するときには、病斑は小型になり葉全面にゴマ状に密生している状態となつている。このように病勢がはなはだしいときには早期に葉片は枯燥化する。

V 病原菌

本病の病原菌 *Heterosporium phlei* GREGORY の形態、培養性質などを調査した結果を示すと次のとおりである。

1 形態

本病病原菌の形態の概要については既に報じたとおりである(成田⁷⁾-1958)。分生胞子は *Helminthosporium* 属菌に似ているが、小形で隔膜が少なく、表面に粗疣を密生しているのが特徴である。分生子梗は直生するものもあるが、多くは頂部付近で不規則に屈曲し、基部に比して頂部はやや細く、2~3個の隔膜を有する。暗褐色ないし灰褐色であるが頂部は淡褐色となり、その長さは不定で、おおむね80μ内外、幅は4.5~7.2μである。分生胞子は分生子梗の頂部に頂生する。普通1カ所に頂生するが、ときには2~3個頂生することが

あり、しかも分生胞子が鎖生し、あるいは樹枝状に鎖生することもある。分生胞子は楕円形、長楕円形あるいは菌形をていし、帯褐色ないしオリーブ色で、表面に粗状を密生している。0~3個、普通1~2個の隔膜を有し、隔膜部とくに中央部のところでわずかに縊れることがある。分生胞子の大きさは GREGORY¹⁾(1919)によると14~35.5×5~12.5 μ , SPRAGUE²⁾(1950)によると13~57×6~14 μ , 筆者らの検した標本では19.8~36.0×9.4~14.4 μ で平均26.6×11.2 μ であつた。2室のものに比して3室あるいは4室のものがやや大形である。なお2%ブドウ糖加用馬鈴薯煎汁寒天培地上に形成された分生胞子は2室のものが多かつたが多室のものに比してやや小形であつた。すなわち2室のものは16.6~38.1×7.1~13.1 μ , 3室のものは22.6~38.1×9.5~14.3 μ , 4室のものは30.9~45.7×9.5~14.3 μ であつた。

組織内菌糸の発育は普通貧弱で、分生子梗は表皮下の菌糸から1~2本抽出する程度のもが多いが、既報(佐久間, 成田³⁾1957)のようにチモシーの枯葉で早春病斑部が煤状をていしたもので、またはマグネシウムその他の微量要素欠乏症をともなつたチモシーの葉上の病斑部では組織内に褐色の菌糸が発達し、表皮下に随所に褥状の菌糸塊が生成され、この部から数本の分生子梗が抽出する。

GREGORY¹⁾(1919)および HORSFALL⁴⁾(1930)は本病病斑上では病原菌の分生胞子をほとんど認めることができなかつたというが、北海道においても一般に病斑上に分生胞子が認められることはまれである。しかし新しい病斑部を温室に保つと多くの場合分生胞子の形成が見られるようになり、また根室地方のように多湿なところでは霧の日が2~3日連続すると病斑部に多数の分生胞子が形成されているのが観察された。また前述のように早春に見られる枯葉上の肥厚した煤状の旧病斑部や、マグネシウムなどの欠乏症をていしたものに生じた病斑部では分生胞子が多数形成されているのが観察された。

従来本菌の分生胞子は分生子梗上に頂生し、または頂部近くに側生するものとみられ、鎖生することは知られていながつた。しかし、分生胞子が

多数密に形成された上記の例では分生胞子が分生子梗頂部に2個まれに3個頂生し、この分生胞子にさらに分生胞子が鎖生していることが認められた。ときには鎖生した分生胞子の頂部に2個の小梗を生じてこれに分生胞子を着生し、さらにこの部に分生胞子を鎖生する例も観察された。鎖生状に生じた分生胞子が著しく小さいということもなかつた。このようなことから判断すると、本菌は特殊な条件下で分生胞子を鎖生状におう盛に形成するものとみるよりも、むしろこれが本来の性質で、乾燥その他の条件にあうとその形成が抑制され、あるいは脱離するため単頂生しているように見られるものでないかと思われる。

2 培養性質

1957年5月根室支場におけるチモシーの本病病斑部から分離した菌の単胞子培養を行なつた菌株を用い24°Cで培養試験を行なつた。

1) 馬鈴薯煎汁寒天培地(馬鈴薯煎汁11, ブドウ糖20g, 寒天15g)

菌叢の発育はやや速かであるが扁平、中央部には暗灰色の短い空中菌糸が生じ、周縁は暗緑色を呈し、菌叢下の寒天部に濃紫紅色の色素が沈着する。

2) 燕麦煎汁寒天培地(燕麦煎汁11, 寒天15g, 燕麦煎汁は燕麦100gを水11にいて1時間煮沸したもの)

菌叢の発育は緩慢で扁平、褐色を呈し空中菌糸は貧弱である。表面に煤状に分生胞子が多量に形成される。

3) 醬油寒天培地(タマネギ煎汁250cc, 醬油200cc, 蒸溜水500cc, 蔗糖50g, 寒天15g, タマネギ煎汁はタマネギ500gを水11に入れて煮沸したもの)

菌叢の発育はやや速かであるが革質、凹凸の皺を有する。表面ははじめ白色綿毛状で、後中央部から灰白色に変ずる。分生胞子は綿毛部下に少量形成される。

4) チモシー葉煎汁寒天培地(チモシー葉煎汁11, ブドウ糖25g, 寒天15g, チモシー煎汁はチモシー生葉片100gを水11にいて1時間煮沸したもの)

菌叢の発育は緩慢で扁平、黒色で分生胞子の形成は少ない。

以上4種類の培地上における本菌菌叢の伸長度を比較すると第2表のとおりで、醬油寒天培地上

第2表 4種の培地上におけるチモシー
斑点病菌の菌叢の伸長度

培地名	測定日	培養後	培養後
	5日目から 7日目まで	5日目から 10日まで	5日目から 10日まで
醤油寒天培地		9.6 ^{mm}	45.1 ^{mm}
馬鈴薯寒天培地		8.6	30.9
燕麦煎汁寒天培地		4.4	25.2
チモシー葉煎汁寒天培地		6.3	26.3

(注) 1958年2月27日移植, 5日後に長短両径の平均を測定し, 以後の測定値よりさしひいた。各ラッシャーを供試した。

で発育が最も良好であつた。

なお燕麦煎汁寒天培地と馬鈴薯煎汁寒天培地とを用い, ブドー糖の加用量を異にした場合における菌叢発育状況および分生胞子形成量を比較した

第3表 チモシー斑点病菌の菌叢の発育および分生胞子の形成量とブドー糖加用量との関係

培地の種類	ブドー糖加用量	菌叢の色	菌叢表面の培地の色	菌叢の生育状態	空中菌糸	分生胞子形成量
燕麦煎汁寒天	0.0%	淡褐色	なし	生育きわめて緩慢でやや密	-	菌叢表面煤状を呈す +++
	0.5	濃緑色	なし	生育やや速かとなるが粗	-	+
	1.0	濃緑色	紫紅色	生育やや速かで密	+	+
馬鈴薯煎汁寒天	0.0	黒褐色	淡紫紅色	生育やや緩慢でやや密	-	+++
	0.5	暗緑色	紫紅色	生育やや速かでやや粗	+	+
	2.0	濃緑色	濃紫紅色	生育やや速かで密	+	+

3 菌糸の発育および分生胞子の発芽と温度との関係

2%ブドー糖加用馬鈴薯煎汁寒天培地を用い2~3, 16, 20, 24, 30°Cにおける本菌菌糸の発育程度を比較した。実験結果を示すと第4表, 第1図のとおりである。

これによると本菌の発育は24°Cにおけるよりも20°Cにおいてむしろ良好で, 発育最適温度は20°C前後とみることができる。2~3°Cの低温室に静置したシャーレについて移植後67日後に菌叢の伸長度を調査したところ2.7cmであつて, 本菌の最低発育温度は2~3°Cよりやや低いところにあるものようである。つぎに分生胞子の発芽と温度との関係をみるため次の方法で実験を行なつた。

がその結果は第3表のとおりである。

すなわちいずれの培地でもブドー糖の加用量が多くなるにともなつて菌叢の発育は比較的良好となるが分生胞子の形成量は少なくなつた。また糖の添加量が多いほど培地の着色度が濃厚となつた。

GREGORY¹⁾(1919)は培地上における本菌の発育はきわめて緩慢で, 菌叢がかなり発育しないと分生胞子も形成されないと述べたが, JACQUES²⁾(1941)はアメリカの菌株を用いて馬鈴薯煎汁寒天培地で培養したところ発育がかなり速かで, 4~5日後に分生胞子が形成されたと報じている。北海道産本病原菌の発育はおおむね緩慢で, GREGORYの報告と合致するが, 分生胞子の形成はむしろJACQUESの報告に近いようである。

実験方法 供試菌分生胞子は燕麦煎汁寒天培地に24°Cで20日間培養したものを供試し, 井戸水を用いてスライド上で点滴培養法を行なつた。スライドは温室に保つた。

実験結果 本菌の分生胞子は20~30°Cでは2~3時間後, 一端または両端から発芽管を生じて発芽しはじめ, 6~10時間後にはほとんど発芽することが知られたが, 24°C前後が発芽最適温度とみられる。低温の場合には発芽開始までに時間を要するが, 9°Cでは14~18時間, 2~3°Cでは48時間でほとんど発芽した。発芽最高温度は確かめられなかつたが HORSFALL³⁾によると36°C前後である。発芽管の伸長は24°C, 6時間後で30~85μであり分枝せず, 隔膜の形成も認められない。

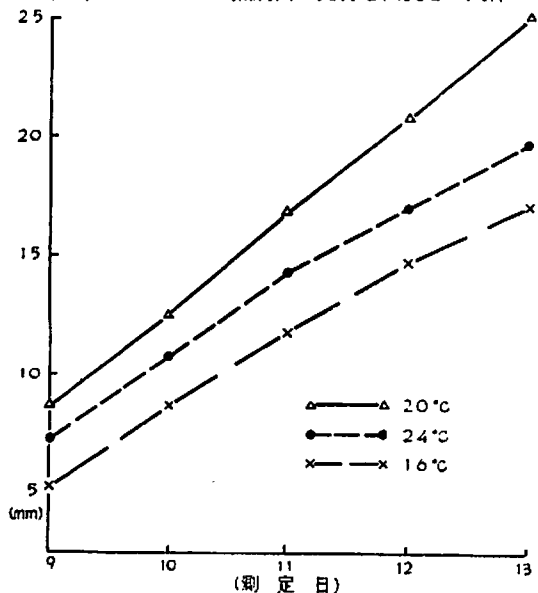
この成績は HORSFALL³⁾(1930), SPRAGUE¹²⁾(1950)

第4表 チモシー斑点病菌菌系の発育と温度との関係

温度 (°C)	菌系の伸長度 (mm)				
	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目
30	移植寒天片上に空中菌系が出るのみ。				
24	7.3	10.8	14.3	17.0	19.8
20	8.7	12.5	16.8	20.9	25.1
16	5.2	8.6	11.9	14.8	17.5
2~3	—	—	—	—	—

(注) 1 1958年1月実験 5シャーレ平均
 2 8日目までの伸長は18mm (24°C) 19mm (20°C) 12mm (16°C) でこの値を各測定日の値よりさしひいた。

第1図 チモシー斑点病菌の発育と温度との関係



第5表 チモシー斑点病菌の分生胞子発芽と温度との関係

時間 発芽率%	2		3		4		6		8	
	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率
30				+	46/264	17.4	172/296	58.1	191/217	87.9
24		+	54/275	19.5	180/244	73.4	203/208	97.5		
20		+	30/246	12.0	201/300	67.0	202/209	96.6		
時間 発芽率%	8		10		16		18		24	
	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率	発芽数/ 測定数	発芽率
9		+	160/210	76.0	174/206	86.1	270/296	91.3		
2~3								+	75/273	21.6

(注) 1 スライド1枚に2滴、各温度区に2スライドを供試し2反覆の平均。
 2 下段の数字は総調査胞子数、上段の数字は発芽数である。
 3 分生胞子濃度は1視野当り (オリンパス 15×10) 20個前後。
 4 +は分生胞子の端がややふくらんだ状態。

らの報告とほとんど一致する。HORSFALLによると分生胞子の発芽は3~25°Cで良好で、30~35°Cでは不良になるといわれ、SPRAGUEは3~33°Cで発芽するが、最適温度は24°Cであると報じている。

4 病原性および寄主範囲

根支場において1957年5月チモシーの病斑から分離した本病病原菌 (単孢子分離を行なったもの) を同年7月11日チモシーに対して接種試験を実施した。供試菌は2%ブドウ糖加用馬鈴薯煎汁寒天培地 (20°C) で20日間培養したもので、分生胞子浮遊液の濃度は1視野当り30個内外 (オリンパス 15×10) とした。ポットに隔離栽培したチモシーに対して噴霧接種し、30時間飽和温室 (20°C) に保つた後、ポットをガラス室に静置した。接種後5~7日目にはチモシー葉片に水浸状の斑点が現われ、7~9日目に典型的な帯紫褐色の病斑が形成された。この病斑部より菌を再分離したところ同一菌が分離された。また早春に認められる前年度罹病葉の肥厚菌叢上に形成された自然菌を、1957年6月チモシーに接種したところ同様な結果が得られた。上記の実験では病原菌の葉片組織内における潜伏期間は5~7日であつたが、これはHORSFALL²⁾ (1930) が報告したところとおおむね一致し、GREGORY¹⁾ (1919) の報告よりやや短い。

GREGORY¹⁾ (1919) は *Heterosporium phlei* GREGORY はチモシーを侵すが、オーチャードグラス

を侵さないと述べ、HORSFALL²³⁾(1930)も本菌はチモシーのみを侵すもので、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップ、オーチャードグラスを侵さなかつたという。なお SPRAGUE²⁴⁾(1950)は本菌の寄主植物として、チモシー以外に同属の植物 *Phleum alpinum* L., *P. phleoides* (L.) KARST. を記録している。北海道における本病病原菌の寄主範囲を知るために記分離菌株を用い、1958年6月23日および7月16日の2回にわたりチモシーのほか12種のイネ科植物に接種試験を実施したが、チモシー以外の植物はいずれも発病しなかつた。すなわち本試験における非感染植物は、*Agrostis alba* L. (レッドトップ), *Avena sativa* L. (燕麦), *Bromus marginatus* NEES. (マウンテンブロームグラス), *B. inermis* LEYESS (スムースブロームグラス), *Dactylis glomerata* L. (オーチャードグラス), *Digitaria ischaemum* MUHL. (アキメヒシバ), *Echinochloa frumentaceum* ROXB. (ヒエ), *Festuca elatior* L. (メドウフェスク), *Hordeum vulgare* L. (大麦), *Lolium multiflorum* LAM. (イタリアンライグラス), *Poa pratensis* L. (ケンタッキーブルーグラス) および *Triticum aestivum* L. (小麦) であつた。

5 病原菌の種名

北海道においては現在チモシー以外のイネ科植物に *Heterosporium* 菌が寄生していた例は知られていないが、外国においてはチモシー以外のイネ科植物に寄生する *Heterosporium* 菌が知られている。GREGORY¹⁾(1919)はチモシーにはじめて *Heterosporium* 菌を発見したとき、当時イネ科植物に寄生することが知られていた数種の *Heterosporium* 菌と比較し、チモシー菌は *H. graminis* McALPINE, *H. hordei* BUBAK に近似するが、分生胞子の形状、大きさが異なること、寄主植物が異なることなどにもとづいてチモシー菌を新種と認め、*H. phlei* GREGORY として記載した。HORSFALL²³⁾(1930), SPRAGUE²⁴⁾(1950)らもこれを採用した。ただ JACQUES²⁵⁾(1941)はチモシーの *Heterosporium* 菌は *H. avenae* OUD., *H. graminis* McALPINE, *H. hordei* BUB., *H. phragmitis* SACC. などとして従来報告されていたものと同種で、こ

れらは physiologic race であろうと述べている。SPRAGUE²⁴⁾(1950)はアメリカにおいてイネ科植物に寄生する *Heterosporium* 菌として *H. phlei* GREGORY のほかに *H. avenae* OUD. を記録している。*H. avenae* OUD. は燕麦、大麦、小麦、*Agropyron cristatum* (L.) GAERTN, *Elymus canadensis* PRESL., *Phalaris arundinacea* L., *Poa nevadensis* VASEY などに寄生するものであるが、チモシー菌よりやや小形で *Cladosporium herbarum* の胞子よりやや大形で表面に疣点を有するものである。北海道においてチモシーに寄生する *Heterosporium* 菌は形態的にも、寄生性においても GREGORY, HORSFALL, SPRAGUE らの記載したところと一致するので *H. phlei* GREGORY と同定してよいと思われる。なお、北海道においてチモシー以外のイネ科植物には *Heterosporium* 菌の寄生がまだ認められていないので、JACQUES の見解については論議することができない。今後検討すべき問題である。なお、*H. phlei* GREGORY の分生胞子が鎖生することが知られたが *Heterosporium* 属の風徴、所属については今後ほかの *Heterosporium* 菌とともに検討する必要がある。

VI 病原菌の越冬および伝染

HORSFALL²³⁾(1930)は New York 州において本病病原菌は恐らくチモシーの越冬した生葉内で越冬するものと推定したが、その後本菌の越冬について論議されたものはない。北海道において本菌がどのような形態で越冬するかを確かめるため 2, 3 の調査を実施した。

1) 根室支場において1957年12月10日チモシーの頂葉、または第2葉に標識(斑点病病斑を有していたものも含む)を付して冬期間放置し、翌春4月融雪後に調査したが、標識を付した葉を含めて地上部の葉はほとんど枯死し crown の部から新葉が萌芽しはじめていた。当時附近のチモシーの新葉にも斑点病病斑は全くみられなかつた。しかし、5月下旬以降新葉には病斑が逐次見出されるようになった。

2) このことから佐久間¹⁰⁾(1959)は根釧地方では本病病原菌が緑葉上で越冬することはないと報

じたのであるが、1959年4月根室支場における融雪直後の観察ではチモシーの葉片の一部は枯死することなく越冬し、これに斑点病病斑が認められた。

3) 1957年5月根室支場において前年度の罹病葉で枯死したものを観察したところ、旧病斑の部位がやや肥厚して黒色ないし煤状を呈しているものが多数発見された。この部を鏡検すると、本病病原菌の分生胞子が密に形成されていた。この分生胞子を採取して孢子浮遊液をつくり、ポット栽培の健全なチモシーに接種したところ、葉片に多数の斑点病病斑を生じた。また1959年4月、融雪直後のチモシー枯葉上にも前述の煤状病斑部が認められ、多数の分生胞子が形成されていた。この分生胞子の発芽力は97%であった。

1960年2月積雪下のチモシーを掘り起して斑点病病斑の状況を調査したが、当時葉片の葉緑は褪色し、わずかに黄色を帯び、典型的な斑点病病斑にみられる周縁の紫紅色は褪色し、マグネシウムなどの微量要素欠乏症を併発したときの病斑に類似していた。この病斑部に黒色の肥厚した菌叢が形成され分生胞子の形成が認められた。この場合病斑部の附近から徐々に腐敗がおこり葉は次第に腐敗する傾向があつた。しかし、秋期のうちに既に枯死した罹病葉上には菌叢の形成が認められなかつた。このことは次の実験結果とも一致した。

4) 病原菌が自然枯死罹病葉上で越冬して翌年の第1次発生源となりうるか否かを明らかにするため、1957年10月28日罹病自然枯死葉、罹病生葉を別々に腰高シャーレの湿室に入れ、3°Cに8日間保つた後、-5°Cの冷蔵庫内に7日間保つて凍結させ、さらにその後3°Cに30日間保つた。この時自然枯死罹病葉は十分に湿してから湿室に保つた。その結果をみると生葉の病斑上には菌叢が形成されていたが、自然枯死罹病葉については以後2週間観察を続けたが菌叢の形成も認められず、また病斑上に分生胞子の形成も認められなかつた。

5) 札幌市および豊平町においても1959年4月融雪直後のチモシーの越冬生葉上に本病病斑の存在することがみられ、また枯葉上にも前記根室

支場で認められたような、やや肥厚した煤状を呈する古い病斑が認められ多数の分生胞子が発見された。その後5月上旬には新生葉にすでに多数の病斑が形成されていた。

6) 前記煤状病斑部の病原菌の分生胞子の形成能力を1960年に調査した。すなわち融雪後、15日ごとに煤状病斑部を採集し分生胞子を洗い落とし、腰高シャーレの湿室に入れ20°Cに保ち3~4日後に調査した。この結果6月17日の調査までは分生胞子の形成能力が認められたが、以後圃場から煤状病斑部を採集することができなかつた。

以上の観察および実験の結果を総合すると、チモシーの葉片が枯死することなく越冬すれば前年秋に形成された病斑組織内で菌は越冬して翌春分生胞子を形成し、これが第1次伝染源となる場合のほか、積雪下、過湿、低温、葉緑素の褪色状態のもとで病斑部に菌叢が形成され、その菌叢上に密生する分生胞子が第1次伝染源となる場合があり、むしろ後者が第1次伝染源としては重要でないかと思われる。

本病の第2次伝染はHORSFALL²³⁾(1930)の述べているように新生病斑に生じた本菌の分生胞子が風に運ばれ、あるいは雨滴に流されておきるものとみられる。GREGORY¹⁾(1919)、HORSFALL²³⁾(1930)らは本菌の分生胞子の形成はきわめて少ないと述べているが、北海道でも晴天時とくに晴天の続いたあとの病斑では分生胞子がきわめて少ない。しかし前述のように長時間降雨、霧などがあつて、チモシーの葉片が常に濡れているような状態のときには、病斑部に多数の分生胞子が形成され、とくに、マグネシウム、その他の要素欠乏症を併発した葉上に生じた水浸状不整形病斑部は煤状を呈して多数の分生胞子を形成し、これが第2次伝染源となる。なお本病が種子伝染性の病害であるかどうかについては明らかでない。筆者らは発病株から採集した種子から本病病原菌を分離したことがあるが、これのみで本病の種子伝染性を判定することはできない。今後の調査結果をまつことにする。

VII 罹病による飼料価の低下

HORSFALL³⁾(1930)は本病に罹病した場合、これによる飼料価の減少は見逃すことができないと述べているが詳細な報告がない。1960年筆者らは本病罹病程度と飼料価の減少との関係を知るために根室支場において次の方法で試験を行なった。

試験方法

供試植物; 1959年基肥として10a当り窒素5.6kg, 磷酸5.6kg, 加里1.9kgを施して播種し, 翌年5月末追肥として10a当り窒素, 磷酸を9.0kg加里3.75kgを施用した。1960年春季は気温が低く, 施肥量を多く施した割合に牧草の伸長は良好でなかつた。

第6表 チモシー斑点病の発生による飼料価の減少 (乾物中%)

処 理	粗 白	蛋 質	灰 分	脂 肪	纖 維	N.F.E	葉面積 1 cm ² 当 病斑数
葉部 防除区	15.82	7.23	6.33	18.69	51.93	1.4	
無防除区	12.53	6.74	5.30	19.99	55.44	15.9	
全 防除区	7.00	4.07	2.18	31.23	55.52		
草 無防除区	6.54	4.73	1.88	31.15	55.70		

(注) 葉部は第2, 3葉について分析を行なった。

第7表 根室支場ならびに本場における気象概況

気象要素	根室支場									
	半旬 5月6	6月1	2	3	4	5	6	7月1	2	3
平均気温	10.6	10.9	11.3	12.5	13.1	13.6	15.7	13.9	14.9	16.6
湿度	64.9	78.6	79.6	75.5	76.5	79.1	73.6	85.1	84.2	83.8
降水量	35.7	28.3	7.4	14.9	17.6	14.3	16.0	23.1	13.7	12.0
日照時数	28.7	23.7	23.5	20.7	21.1	21.4	31.1	15.2	18.6	18.2
曇天日数	4.3	3.6	3.8	4.0	3.9	3.6	3.7	4.4	3.9	4.3

本 場

気象要素	本 場									
	半旬 5月6	6月1	2	3	4	5	6	7月1	2	3
平均気温	14.0	14.5	14.5	15.8	16.5	16.1	17.6	18.3	18.5	20.4
湿度	68.7	69.6	68.8	73.3	73.7	75.4	69.4	76.4	77.0	71.6
降水量	14.9	14.9	12.9	9.1	21.5	13.8	9.7	13.5	12.7	14.2
日照時数	41.7	29.6	35.4	30.2	36.2	27.2	45.4	29.1	32.6	31.4

(注) 1 曇天日数とは、10時観測時に曇であり全く日照のなかつた日、または8時間以下の日照時数であつた日。10時観測時に晴の日でも、降水のあつたり、ガスのかかつた日も曇天日数とした。

2 1959年前10カ年の平均である。

供試面積; 1区4.5m² 2反覆

防 除 法; M-ダイセン水和剤330倍液^{*}を10a当り80ℓの割合で、6月13日, 同25日, 7月2日の3回散布した。

7月20日に刈り取つて分析を行なつたが、その結果は第6表のとおりである。

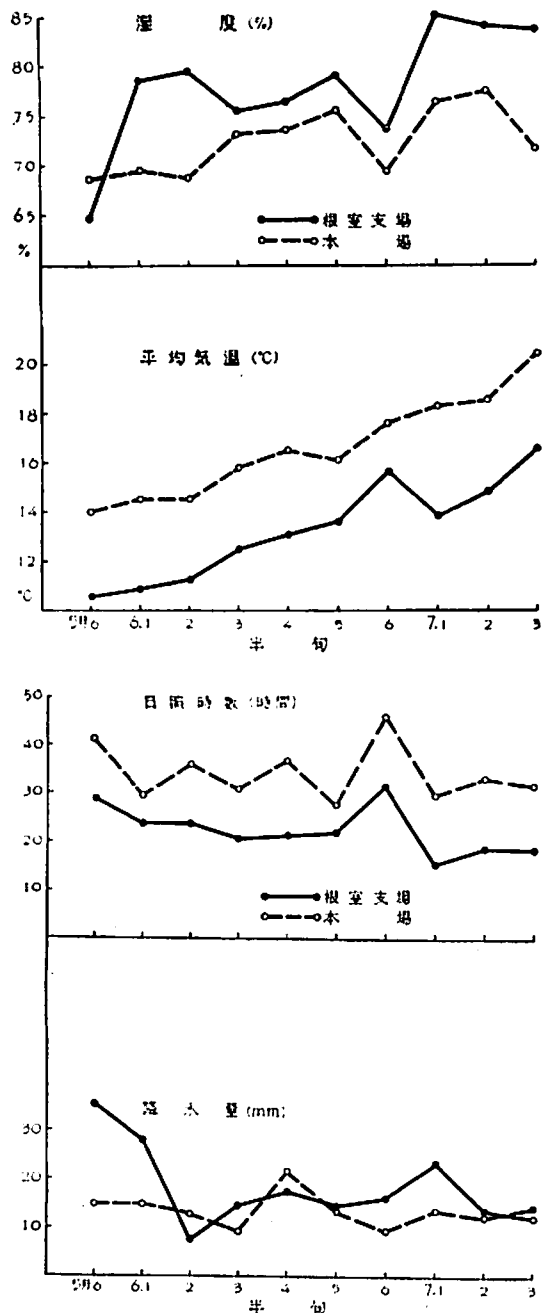
左表によると葉部の場合本病による飼料価の減少は顕著である。

Ⅷ 本病の発生と気象条件

本病は米国において2~3月の冬でも、また7~8月の夏でも発生するが(SPRAGUE¹³⁾-1950), 北海道でも早春から初冬根雪前まで発生する。これは本病病原菌分生胞子が2~3°Cの低温でも、30°Cの高温でも良く発芽する能力をもっている点からみて当然であらう。分生胞子の形成と温度条件との関係は明らかでないが、前述のように分生胞子の形成は湿度によつて非常に左右されている。従つて本病の発生多寡は湿度条件で左右されるのではないかと推定される。本病は北海道各地に広く分布しているが一般に道東、道北地方に発生がはなはだしい。例えば札幌地方においては年中本病の発

* 予備的に、KB-90とM-ダイセン水和剤を試用したがKB-90 330倍液では葉害を生じた。

第2図 根室支場ならびに本場における気象概況比較



を例にとつて比較してみると第7表、第2図のとおりである。

すなわち両地方の気象表をみると、札幌地方に比して根室地方では気温は低く、日照時数が少なく、湿度は高く、根室地方は冷涼、多湿、寡照といふことができる。温度条件では札幌地方が菌の活動に適しているとみることができ、根室地方では霧がかかりやすく、寡照多湿という条件に恵まれてチモシー葉片上の露が容易に乾燥しないためむしろ分生孢子の形成がおう盛となり、またその侵入感染の機会が増大し発病が激化するものとみられる。従つて根室地方のような多湿な気象条件のところは本病の発生がはなはだしくなることが当然であり、同じくその他の地方でも多湿なところでは本病の発生が多くなるとみてよい。アメリカにおいても本病の多発する地方は前述のように雨の多い沿岸、湿度の高い溪谷地帯である。

K 本病の発生と肥料条件

1) 根室支場において本病の発生と肥料との関係を1957年7月チモシー施肥量試験圃において調査したがその成績を示すと第8、9表のとおりである。

第8表 チモシー斑点病と肥料要素との関係
7月6日調査

処理区	病斑数		平均	10a当り 収量(kg)
	1 cm ² 当り	病斑数		
(N. P. K) ₃	15.9	22.0	18.9	7,332.9
(N. P. K) _{0.5}	32.0	34.1	33.0	1,881.6
(N. P) ₃ K _{0.5}	81.8	58.1	69.9	5,889.2
(N. K) ₃ P _{0.5}	20.9	18.3	19.6	6,437.1
(P. K) ₃ N _{0.5}	22.4	37.4	29.9	3,352.9

- (注) 1 (N. P. K)₃は要素量にして各10a当り11.25 kg, (N. P. K)_{0.5}は要素量にして各10a当り1.88 kg 施用したことを示す。
2 収量は生草重である。
3 止葉上の病斑のみを調査、1区10葉を調査、在米種。

第9表 第8表の分散分析

要因	D. F	S. S	M. S	F
全体	9	3,904.45	—	—
ブロック	1	0.96	—	—
処	4	3,487.11	871.77	8,395*
誤差	4	415.38	103.84	—

生がみられるが、春季と秋季に蔓延し夏季には発生が著しくない。これに対して根室地方では5月から晩秋にかけて発生が著しく、とくに6、7、8月の候にしようけつする。いま5月第6半旬から第1回刈り取り期の7月第3半旬までの両地の気象を農試本場(札幌市)および根室支場(中標津町)

すなわち、(N, P)₃K_{0.5}区では発病が最も多く、他区との間の罹病差に有意性が認められた。なお(N, P)₃K_{0.5}区では典型的な加里欠乏症があらわれていた。加里欠乏症にかかつたチモシーは一般に葉が上向き葉先から黄化し、後褐色に変じて枯れる。

なお上記肥料3要素試験圃の罹病調査のときに隣接した品種比較試験圃では、根室支場で慣行法として用いられている施肥量、10a当り窒素3.75kg、磷酸4.88kg、加里3.75kgを施用していたが、この圃場における在来種の罹病状況を調査した結果は2区平均1cm²当り病斑数は19.3個で前記(N, P, K)₃区と大差がなかつた。

根室地方の火山灰地帯は熟畑になるほど一般に加里欠乏に陥りやすく、とくに牧草に対する施肥が充分でないことも加里欠乏症を誘発し、本病の発生を激化させているということができよう。また根室半島ではカ=罐工場から廃棄されるトラバガ=甲殻を牧草畑に多量に施す慣行があるが(10a当り1,500kg前後)、これも加里欠乏症を誘発する一因となつている。すなわち、カ=甲殻は成分として加里をかなり含んでいるが(甲殻は窒素0.68%、磷酸4.49%、加里1.03%、脚部は窒素0.67%、磷酸4.01%、加里0.82%)、煮沸すると加里は溶出し、磷酸は無効態となるため、カ=甲殻のみを施用することは窒素質肥料の単用と同じことになり、加里欠乏症を招きやすいものとみられる。

2) 1959年根室支場におけるチモシー品種比較試験圃(pH5.4)で、チモシーにマグネシウムなどの欠乏症が現われた。この場合各品種とも欠乏症の現われない年に比較してはるかに本病の被害が多く、またその病斑は典型的なものやや趣きを異にし、分生胞子の形成が著しかつた。

欠乏症の症状は軽症の場合には葉色は普通であるが裏面から透過光線で見ると葉脈に沿つて、緑色部が珠数状に見え、一般に葉肉は厚味を増して軟弱になつていた。これに生じた病斑は一般に大型になり、病斑周縁は緑紫色で、その内側に淡褐色帯があり、中央部は灰白色を呈する。重症の場合には葉に黄色ないし淡黄色を呈して非常に軟弱になり、これに生じた病斑は初期には不整形白色

を呈し、病斑の周縁には色素が沈着しない。後期になると病斑の周縁は淡褐色を呈するが濃紫色にはならない。また病斑は2~3個が癒合して大型になり、葉は早く枯死するようになる。これらの病斑上には煤状に分生胞子が形成される。

小林ら⁹⁾(1951)は大麦、小麦はマンガン欠乏症にかかると、ウドンコ病に対する抵抗性が低下すると述べ、また石塚および早川ら⁹⁾(1950)はマグネシウム欠乏症にかかつた水稻は葉組織中のSiO₂含量が低下し、窒素化合物の移動が阻害されて植物体は軟弱になり、一般に稻熱病に対する抵抗性が低下することを報じた。さらに同氏らはSiO₂と全窒素(T-N)との比、すなわちT-N/SiO₂の値が大になれば、稻熱病に侵されやすい傾向があると報じた。そこで前記の欠乏症にかかつたチモシーについて、SiO₂、全窒素の分析を行なつたが結果は次表のとおりである。なお窒素の分析は半微量キェルダール全窒素定量法、硅酸の分析は重量法によつた。

第10表 欠乏症を起したチモシー葉中の全窒素、硅酸含量とチモシー斑点病との関係

採葉区分	T-N/ 乾物重 (%)	SiO ₂ / 乾物重 (%)	T-N/ SiO ₂	罹病状況
A	2.99	1.56	1.95	甚。病斑不整形
B	2.60	1.97	1.33	多。
C	1.75	3.56	0.56	小。典型的病斑形成

(注) 1 A 重症のもの第1~3葉を供試
B 軽症のもの第1~3葉を供試
C 健全植物で上記植物と採集時期は異なるが生育程度の類似のものを比較として供試、第1~3葉

2 供試品種は在来種

これによると、マグネシウム、その他の微量要素欠乏症を現わしたチモシーの場合でも硅酸の含量が少なくT-N/SiO₂値はほかにくらべて高く、チモシー斑点病はT-N/SiO₂値の高い植物に多いようである。1960年砂耕法によつてチモシーにマグネシウム欠乏症をおこさせ、本病の罹病性を確かめたと同様な傾向であつた。この場合、砂耕培養液の調製は佐藤¹⁰⁾の処法によつた。なお供試植物は播種当年のもので7月30日第1回刈り取りを行なつたものを9月14日抜き取り、根を

水中に2日間浸し、土壤を充分洗い落してから供試した。移植後10日目ころから新葉に欠乏症状が現われはじめ、漸次下葉におよんだ。本葉第7葉になった10月9日採集し分析に供試した。結果は第11表のとおりである。

第11表 マグネシウム欠乏症をおこした葉中の N、SiO₂ 含量 (乾物中%)

培養区分	水分含量	T-N	SiO ₂	T-N/SiO ₂	病斑の状態
マグネシウム欠乏	81.8	3.9	1.75	2.24	不整形病斑
対照	84.5	2.6	1.93	1.35	典型的病斑

次に1959年健全植物葉汁液とこれら欠乏症をおこした植物葉汁液の本病病原菌分生胞子の発芽におよぼす影響をみるため、これらの植物葉汁液と対照に井戸水を用いて分生胞子の発芽試験を行なった。汁液は健全植物、マグネシウムなどの欠乏症併発植物の無病斑部約5cm²をとり、乳鉢ですりつぶした汁液に約1.5ccの井戸水を加えて稀釈して供試した。発芽温度は20°Cで、ほかは前記発芽試験方法と同じである。発芽経過を見ると次のとおりである。18時間後における状況；植物汁液各区の発芽管の伸長には差異は認められず(発芽率にも差異が認められなかった)、良好に伸長して多数の分枝を生じた。しかし井戸水区では発芽管の伸長が劣り、分枝も1,2みられる程度であった。34時間後における状況；汁液区は各区ともに水滴中に菌糸塊を形成し、さらに空中菌糸を抽出して連鎖状に分生胞子を形成していたが、井戸水区は18時間後よりわずかに菌糸が伸長していたが空中菌糸を抽出することはなかった。1960年に行なつた試験によると井戸水を用いた場合、5日後にわずかに菌糸塊より空中菌糸を抽出し分生胞子を形成することが認められた。以上のように植物汁液を用いて分生胞子を発芽させた場合、井戸水によつた場合よりも発芽後の生育は良好であるが、汁液各区の間に差異は認められなかった。

X チモシー品種との関係

根室支場において1957年および1959年チモシー品種と本病発生程度との関係を調査した。発病程度は葉面積1cm²当り病斑数で比較した。1957

年には6月14日(本葉5~6葉)、7月8日(早生種の穂揃期、中生種の出穂期)に調査したがその結果は第12表のとおりであるが分散分析の結果5%水準で有意差は認められなかった。

第12表 チモシー品種と斑点病との関係 (I)

1957年 根室支場

調査月日	葉面積1cm ² 当り病斑数						
	ホブキンス	在米種	コマージュ	S-51H	マリータ	S-48H	S-50P
6月14日	5.6	6.2	6.7	6.7	7.6	8.6	12.2
7月8日	14.4	19.3	23.3	23.3	24.1	30.2	31.8

(注) 1 6月14日は、最上葉と最下葉を除き1区5本2反覆の平均

2 7月8日は止葉のみ調査1区10本3反覆の平均

1959年は7月8日(早生種の穂揃期、中生種の出穂期)に調査したが、調査圃場のチモシーは早くからマグネシウムなどの欠乏症を併発した圃場であり前記のとおり伝染源としての分生胞子は圃場全体に均一に存在した。なお6月12日、石灰および苦土燐酸を施用した。発病調査の結果は第13表のとおりである。

第13表 チモシー品種と斑点病との関係 (II)

1959年 根室支場

品 種 名	1葉の病斑数	葉面積1cm ² 当り病斑数				調査時の生育状況
		I	II	III	平均	
Climax (Canada)	1,015	40.9	47.9	48.5	45.8	出穂期
Dutch	822	33.4	53.5	50.0	45.6	〃
Cornell	592	53.8	34.4	43.0	43.7	出穂揃
Local Variety	810	44.1	35.3	50.8	43.4	〃
No. 103	588	33.0	42.5	50.6	42.0	〃
Ormand	820	37.8	49.9	35.8	41.2	〃
Medon (America)	738	44.6	39.6	33.0	39.1	〃
Omunia	674	35.0	37.9	34.9	35.9	〃
Bottania	570	36.6	27.8	42.7	35.7	出穂期
Climax (America)	713	34.4	26.7	38.1	33.1	〃
Mcdon (Canada)	693	33.8	26.9	37.6	32.8	出穂揃
Essex	471	32.1	26.0	25.3	27.8	出穂始

(注) 1 1区5本について止葉および次葉について調査

2 1葉の病斑数は3区平均である

第13表からみて、これら12品種の間に斑点病に対する抵抗性の差異を認めることができない。ただ Climax (Canada) と Essex の間には相当な差異があるが、これは調査時における止葉、次葉

の展開後の日数の差異によるものともみられる。

X 論 議

1) GREGORY¹⁾(1919), HORSFALL²⁾(1930)らはチモシー斑点病菌 *Heterosporium phlei* GREGORYの分生胞子は病斑上ではまれにしか発見されないと述べたが、北海道においても晴天時、とくに晴天の続いたあとで採集された本病の病斑上では本菌の分生胞子を発見することはまれであつた。しかし病葉を飽和温室に保つと分生胞子を形成することができたばかりでなく、自然状態でも多数の分生胞子が形成されている例が認められた。すなわち、降雨や霧が続きチモシーの葉片が常に濡れているような多湿なときには病斑上に分生胞子の形成がよくみられ、とくにマグネシウムなどの欠乏症を併発したものに生じた病斑は典型的なものでなく、不整形になり、周縁の色は不明瞭でやや大形であるが、これには分生胞子が煤状に形成されていた。また越冬時、積雪下にあつて過湿低温にあり病斑部に形成される肥厚菌叢には多数の分生胞子が形成されていた。

分生胞子の形成が少ないときは分生胞子は従来知られているように分生子梗上に頂生または側生していたが、上記のように多数に分生胞子が形成された場合には分生胞子は分生子梗頂部に2~3個形成され、これが更に鎖生し、ときには樹枝状に分岐していることが確かめられた。このような現象は菌の寒天培地上における菌叢上においても認められた。分生胞子が鎖状に形成されることは従来知られていなかつたところである。

2) 本菌の第1次伝染源としては HORSFALL²⁾(1930)が推定したようにチモシー越冬生葉の病斑内での菌糸をあげることできるが、このほか越冬時積雪下過湿低温のもとで病斑部に形成される肥厚菌叢は多数の分生胞子を形成し、この分生胞子が第1次伝染源として重要な役目をするものと認められた。なお、積雪下の斑点病病斑を観察したところ典型的な病斑周縁の紫紅色が褪色してから菌叢が形成されること、また、マグネシウムなどの欠乏症を現わしたチモシー葉上では典型的な病斑を形成しないが分生胞子形成が良好であること

が認められたが、今後この胞子形成機作の究明につとめる必要がある。

3) 本病が根釧地方で多発生するのは同地方が冷涼多湿で、とくに6~7月にかけて霧が多く、寡照多雨で、チモシー葉片上の病斑に分生胞子の形成がおう盛であり、またその接種侵入の機会が乾燥しやすい地方よりも多いことによるものであろう。また根釧地帯の火山灰土では加里欠乏に陥りやすく、施肥の不十分、あるいはほかの微量元素の欠乏症を併発しやすいため、これらでは正常のものよりも分生胞子の形成がおう盛であることもその発生を助長するものとみられる。

4) 本病の薬剤防除として HORSFALL²⁾(1930)は300メッシュの硫黄粉より kolodustの方が有効であると述べているが、根室支場での試験ではマンネブダイセン330倍液散布は本病防除に有効であつた。しかし牧草に対する薬剤防除については各角度から検討する必要がある。本病に対しては抵抗性品種を選抜育成することがもつとも肝要であるが、現在の調査範囲内では抵抗性の品種は見出されなかつた。従つて現状としてはさきに北農試が発表した対策、すなわち施肥に注意して加里その他の要素欠乏症にかからないよう健全な生育をはかるように努めることが肝要である(根室支場においては10a当り窒素3.75kg、磷酸4.88kg、加里3.75kgを施肥基準としている)。

5) 本病の発生によつて飼料価は減少することが確かめられたが、このためにも本病の発生を防止することは肝要といふことができよう。

XII 摘 要

1) チモシー斑点病の北海道における分布状況をしめし、その病徴および発生推移を明らかにした。

2) 本病病原菌 *Heterosporium phlei* GREGORYの形態、培養性質を明らかにした。

3) *H. phlei* GREGORYの分生胞子は晴天時の自然病斑上では発見されることがまれであるが、雨、霧がつづいた多湿な条件のときには病斑上に多数形成される。本菌の分生胞子が病斑上で鎖生状に形成される例が認められた。

4) *H. phlei* GREGORY の菌糸の生育適温は 20°C 前後、分生胞子の発芽適温は 24°C であつたが、2~3°C の低温でも 30°C の高温でも生育および発芽することができる。

5) 培地にブドウ糖を加用すると菌の発育は良好となるが分生胞子の形成は不良となる。

6) 本菌はチモシーのみを侵すもので、チモシー以外のイネ科植物 12 種に接種したが全く発病しなかつた。

7) チモシーの生葉片が越冬したときその葉片の病斑内組織で菌糸が越冬し、翌春病斑上に分生胞子を形成し第 1 次伝染源となる。また越冬時積雪下の過湿、低温の条件のもとで病斑部に形成された肥厚菌叢は煤状に多数の分生胞子を形成するが、この形で越冬し翌春第 1 次伝染源となる。

8) 罹病植物は飼料価が明瞭に減少していた。

9) 本病の発生は多湿地帯に多いが、これは多湿時に分生胞子の形成がおう盛であることと関連するものとみられる。

10) 施肥の不十分、とくに加里欠乏症、マグネシウム、その他の微量元素欠乏症を併発したものに本病の発生が多く、これら病斑上での胞子形成量が非常に多かつた。なお発病のとくに多いマグネシウムなどの欠乏症を併発したものではありません。葉内の T-N/SiO₂ が大であつた。砂耕培養によりマグネシウム欠乏症を起こした場合にも同様であつた。

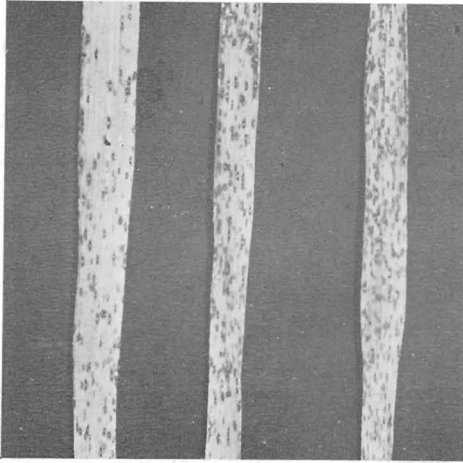
11) チモシー品種のうち、本病に対してとくに抵抗性のはみられなかつた。

12) 施肥法に留意して、加里その他の要素欠乏症をおこさぬように注意することが本病の被害軽減上肝要である。

13) マンネブダイセン 330 倍液の散布は本病防除上効果があつた。

文 献

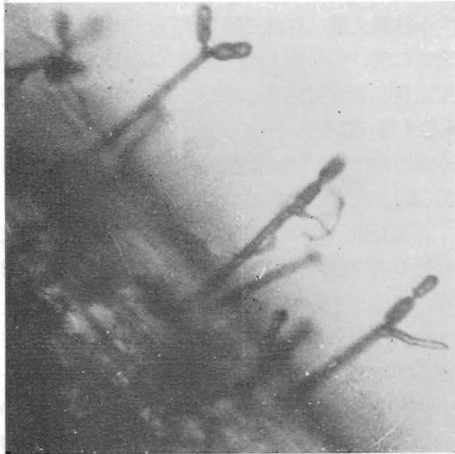
- 1) GREGORY, G. T. 1919; *Heterosporium* leaf spot of timothy. *Phytopathology* 9; 576~580
- 2) 北海道農事試験場, 1942; チモシー斑点病及びチモシー煤葉病 (昭和 15 年 本道に発生せる特に注意すべき病害に関する事項) 北農試業務概要 昭和 15 年度 230
- 3) HORSFALL J. G. 1930; A study of meadow crop diseases in New York. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem.* 130; 1~139.
- 4) 石塚喜明, 早川康夫 1951; 水稻の稲熱病に対する抵抗性と硅酸及び苦土との関係。日, 土, 肥誌 2 巻 4 号
- 5) JACQUES J. E. 1941; Studies in the genus *Heterosporium*. *Contrib. Inst. Bot. Univ. Montriol* 39, 36~38.
- 6) 小林茂久平, 角田三郎 1953; 畑作物の微量要素欠乏症に就いて 第 1 報 麦類の Mn 欠乏症と品種との関係及び Mn 欠乏麦の成分に就いて 日, 土, 肥誌 4 巻 4 号 (講要)
- 7) 成田武四 1958; 荳科牧草及び禾本科牧草の病害短報(Ⅱ) 北海道立農試集報第 2 号 45~61
- 8) 西原夏樹 1960; 千葉県に発生する牧草および飼料作物の病害目録ならびに千葉県に発生する牧草の病害, 農林水産技術会議
- 9) 佐久間勉, 成田武四 1957; チモシー斑点病に関する 1, 2 の知見 北農研抄 第 4 号
- 10) 佐久間勉 1959; チモシー斑点病 (*Heterosporium phlei* GREGORY), の生理的性質と本病発生の推移について 日, 植, 病, 報, 24 巻 1 号 (講要)
- 11) 佐久間勉 1960; チモシーの微量要素欠乏と *Heterosporium phlei* に対する罹病との関係 日, 植, 病, 報, 25 巻 1 号 (講要)
- 12) SAMPSON, K. & J. H. WESTERN 1954; Diseases of British grasses and harbage grasses. Cambridge at the Univ Press; 118 PP
- 13) SPRAGUE R., 1950; Diseases of Cereals and grasses in North America. Ronald press Comp. 400~401
- 14) 山田登ほか 1957; 作物試験法 農業技術協会



チモシー斑点病病斑



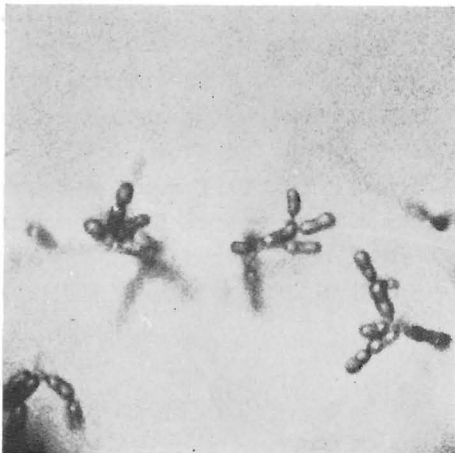
チモシー斑点病菌分生孢子



チモシー斑点病菌分生孢子
の生成状況 (培地上)



チモシー斑点病菌分生孢子
の生成状況 (培地上)



チモシー斑点病菌分生孢子
の生成状況 (培地上)



チモシー斑点病菌分生孢子
の発芽 (24°C 6 時間後)