

緒 言

北海道におけるタマネギ栽培は、1871年（明治4年）に北海道開拓使が、アメリカからタマネギの一品種である「Yellow glove Danverse」を輸入して試作したのに始まる⁶⁸⁾。

一般栽培は、1880年代の初めに元村（現在の札幌市元町）で始まり、1906年の栽培面積は250 ha近くであった。その後札幌近郊を中心に石狩、空知地方に作付が拡大し、1920年には1,000 haを越え、1940年には2,450 haに及んだ。しかし第二次世界大戦の影響で、1950年代には600 haに激減した。1950年代後半には栽培が復興し、1970年代には水田転換による作付増加と相俟って、空知、富良野、北見地方で増加し、最近では8,000 haに及んでいる。

栽培様式は、1960年代からはそれまでの直播に替って移植栽培が普及し、1970年代以降は直播栽培は殆んどみられない。主要品種は「札幌黄」であるが、これは前記の「Yellow glove Danverse」について、タマネギ生産者が長年にわたり自家採種を行い、北海道に適合する系統の育成を図ってきたものである^{50, 68)}。病害に関する関心が高まったのは、1950年代後半以降で、現在北海道では10種以上の病害が知られている^{37, 50)}。

タマネギ乾腐病は、1911年（明治44年）石狩管内元村で初めて発生²¹⁾、HANZAWAは病原菌を *Fusarium Cepae* HANZAWA n.sp.と命名した¹⁷⁾。その後本病とみられるものが各地で散発していたようであるが、1960年代までの発生については不明である。

しかし1970年頃から本病の発生が目立ちはじめ、1973年には北海道の全域にわたって発生した³³⁾。特に富良野地方では発生が著しく、発病株率が70%をこえる農家もあり、平均で38%に達した。この年のタマネギ乾腐病による全道の被害総額は、6億円以上に達するものと推定された。

このため、1973年秋から北海道立上川農業試験

場、同中央農業試験場及び農林水産省北海道農業試験場の協力によって、本病の発生要因の解明と防除に関する研究が実施された。

筆者は、1973年から北海道立上川農業試験場において、本病の病原菌、発生生態及びそれらに基づく防除対策について研究を行った。本論文はその結果をとりまとめたものである。

本研究を遂行するにあたり、元北海道立上川農業試験場長（現北海道拓殖短期大学教授）島崎佳郎博士、前北海道立中央農業試験場病虫部長（現北海道立北見農業試験場長）馬場徹代博士には、本研究課題を与えられ、かつ終始御指導を賜った。北海道大学農学部教授宇井格生博士には、研究上の問題点ならびに研究手法について常に有益な御示唆と御指導を賜り、本論文についての詳細な御校閲を賜った。また北海道大学農学部教授岡沢養三博士、同教授四方英四郎博士には常に暖かい御指導と御鞭撻をいただいた。また同農学部教授田村勉博士は本論文について懇切な御助言を与えられた。前上川農業試験場長（現全農主幹）森哲郎氏、上川農業試験場長長内俊一博士、中央農業試験場長中山利彦博士には常に御鞭撻をいただき、中央農業試験場病理科長赤井純博士には本論文のとりまとめについて多くの御示唆を与えられた。信州大学繊維学部教授松尾卓見博士、鳥取野菜試験場長遠山明博士には貴重な菌株の分譲をいただいた。農林水産省北海道農業試験場園芸研究室長小餅昭二博士、同病害研究室石坂信之博士、前同場牧草第三研究室長（現農業技術研究所糸状菌第三研究室長）荒木隆男博士には実験上の種々の御助言を与えられた。また本研究を進めるにあたり富良野農業協同組合ならびに富良野地区農業改良普及所の全面的な御支援をいただいた。これらについて深く感謝の意を表わす次第である。

また中央農業試験場病虫部長高桑亮博士、前同

場病理科長（現北見農業試験場発生予察科長）齊藤泉博士，前上川農業試験場病虫予察科長（現十勝農業試験場専門技術員）井上寿氏，同場病虫予察科長土屋貞夫氏には，一部共同研究を実施し，かつ研究遂行について種々の御指導をいただいた。厚く感謝の意を表す。

本研究におけるほ場試験は主として富良野市で行われたが，前富良野農業協同組合生産課長菅原之雄氏には常に労苦を共にされ，同農協原田春夫

氏及び谷口君男氏には終始御助力をいただいた。また前上川農業試験場病虫予察科研究員宮島邦之氏（現北見農業試験場），現同科研究員田中文夫氏，同科高須やす子氏，同科坂部静江氏には研究遂行上の多大の御協力をいただいた。また各地区農業改良普及所の方々にも多くの御援助をいただいた。以上の方々に心から感謝の意を表す次第である。

I. タマネギ乾腐病に関する既往の研究

タマネギは古くから世界各地で栽培されてきた作物であるが²⁹⁾、タマネギ乾腐病についての報告は、他のタマネギ病害に較べて著しく少ない。本邦においては HANZAWA が病原菌を記載^{17, 18)}して以来その報告がなく、最近になって病原菌の再検討³²⁾、寄主範囲⁶⁴⁾、発生生態³⁶⁾などについて僅かな報告があるのみである。また外国においても、まとまった報告としては、Walker ら⁶⁷⁾の病因学的研究、Abawi ら^{2, 3, 4)}の病原菌の土壤中における生態及び感染と発病に関する研究があるが、他は本病の発生についての断片的な報告にとどまっている^{5, 6, 12, 51, 54, 61)}。

一方、本病の発生に品種間差異のあることは、Davis ら¹¹⁾、Ritig ら⁵⁵⁾、その他^{1, 30, 45, 46, 47)}が報告しており、Ritig ら⁵⁵⁾は抵抗性品種の検定方法について報告している。本邦では、児玉ら³⁵⁾が北海道在来品種の「札幌黄」と抵抗性品種「Fusario-24」とを比較検討し、小餅ら⁴⁸⁾は北海道における本病抵抗性品種の育成について報告している。

以下に近年北海道での発生が著しいタマネギ乾腐病とその防除についての研究を進めるに当たり、これに必要な病原菌、発生生態ならびに防除に関する既往の研究について記す。

1. 病原菌

本病病原菌は、*Fusarium cepae*^{17, 67)}、*Fusarium zonatum*⁴¹⁾などとされていたが、Snyder & Hansen の新分類体系により⁵⁷⁾、*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* とされている。しかし *F. oxysporum* の分化型を決定する上での重要な性質である寄主範囲については、Abawi & Lorbeer⁴⁾が2, 3の植物について行っているのみであり、他の分化型との相互比較については報告がない。病原性の検定方法としては、一般に行われる苗立枯^{4, 49)}のほかオニオンセット（小母球）による方法⁶⁷⁾や迅速

法としての切片接種⁴⁾なども用いられている。

2. 発生生態

(1) 発生分布

本畑における発生は、アメリカをはじめ、カナダ、ヨーロッパ、アフリカ、オーストラリアなどの各地で発生することが知られており³⁰⁾、ヨーロッパでは秋まき栽培地帯では少なく、春まき栽培地帯では多いとされる⁵³⁾。

本邦では、立毛中に発生の見られるのは北海道が主で、本州では吊り玉貯蔵中に発生する⁴⁸⁾。

採種畑における発生については、アメリカで発生があるとされるが、その詳細は明らかでない。本邦では、北海道以外では兵庫県で発生を認めている。

(2) 伝染源

本病の伝染源が土壤中に存在する病原菌であることは古くから知られており⁶⁷⁾、近年 Abawi & Lorbeer²⁾は土壤中からの *F. oxysporum* 検出用選択培地を案出し、切片接種によって土壤中に存在する本病病原菌の定量を試み、乾腐病が長年にわたって発生しているほ場の病原菌量は、少発ほ場のそれより高いとした。保菌植物として Abawi ら⁴⁾は、*Oxalis corniculata* が可能性のあることを、接種試験の結果から推測している。

(3) 感染と発病

Abawi & Lorbeer³⁾は、病原菌を混和した土壤にタマネギの幼苗を移植して菌の侵入について観察し、乾腐病菌は生根を直接に貫入して茎盤に達するか、茎盤部に生じる傷口から侵入するかのいずれかであるとした。Shalaby ら⁵⁸⁾も接種条件下の菌の侵入について同様の観察をしている。しかし自然条件での感染や、本病の伝染経路について

の報告はない。

(4) 発生環境

気象要因のうち、気温（地温）については古く Walker & Tims⁶⁷⁾は、本病が多発生した年次が高温であることに着目し、小母球による接種試験で本病の発病適温が28～32℃であることを確かめ、更に本病の多発地帯が、タマネギがその生育後期に著しい高温に遭遇する地域に集中していることを指摘している。

他の微生物と発病の関係については、紅色根腐病菌 (*Pyrenochaeta terrestris*) が、本病菌に先立ってタマネギに侵入するとの報告がある^{11, 16)}。しかし Kreutzer ら⁴³⁾は両菌は別々に侵入している。

施肥と発病については、近年北海道で土壤肥料学的見地から研究が進められ^{20, 56, 62)}、窒素肥料の

多用と土壤水分の低い場合には、土壤中の塩類濃度が高まり、これが本病の発生を助長するとした。

3. 防 除 法

本病の防除対策としては、アメリカでは古くから抵抗性品種の育成が続けられ、多くの品種が実用化している。本邦においては、最近になって小餅ら⁴²⁾が、アメリカから輸入した本病抵抗性因子をもつ雄性不稔系統と、北海道富良野市の本病多発ほ場から選抜した「札幌黄」の自殖系統を用いて、本病抵抗性品種 (F₁) 「フラヌイ」の育成に成功している。

薬剤による防除については、移植栽培に着目した移植苗の浸漬消毒についての菅原・岩田⁵⁹⁾の報告があるが、実用的な成果を上げるに至っていない。

II. 病 徴

北海道におけるタマネギ栽培は、ごく一部で直播栽培も行われているが、大部分は移植栽培である。これは3月上～中旬にビニールハウスの苗床に播種し、50～60日間育苗後、5月上～中旬に本畑に苗の移植を行うものである。収穫期は栽培地帯によって異なり、9月上旬から10月初めまでの間である。

一方、採種用のタマネギ栽培は、タマネギが2年生の植物であるため、前年に収穫したタマネギを4月下旬に定植し、8月下旬から9月上旬にかけて花茎を刈り取ったのち、乾燥して脱粒し種子を収穫する。

乾腐病の発生は、育苗期に始まり移植後の全生育期を通じて見られる。また採種畑でも発病する。

1. 苗床における症状

本病病原菌による発芽前の立枯がある。これには不発芽のまま枯死するものと、僅かに発芽して土壤中で枯死するものがある。発芽の立枯は、3～4葉期の苗の茎盤部に褐変症状の現われるもので、本病の初期病徴の一つと考えられる(Plate I)。しかし発生率は極めて低く0.1%をこえる例は稀で、この時期の感染苗は病徴を発現するに至らないものが多く、保菌苗として本畑に移植される可能性が高い。

2. 本畑における症状

苗が本畑に移植され、5月下旬～6月上旬になると症状が発現し始める。地上部では下葉が湾曲、黄化、萎ちょうと推移するのが特徴である(Plate I)。病株を縦断すると茎盤部に僅かな褐変がみられる。しかしこの初期病徴の診断は、富良野地方などの激発地では発病株が多いので比較的容易であるが、少発地ではかなり困難である。

その後6月下旬～7月上旬、タマネギ外葉の生育が旺盛な時期になると、鱗葉側部の腐敗による「片腐れ症状」を示す病株が現われ始める。これは茎盤部からの病斑が一方に片寄って伸展し、健全な鱗葉の生育が旺盛なために株全体が著しく湾曲するものである(Plate I)。

更にタマネギの生育が進んで、鱗球の肥大期になると、地上部全体が著しい萎ちょう症状を呈する病株が目立ち始める(Plate I)。地下部の症状は、茎盤部の褐変に加えて根が枯死し、症状の激しいものでは茎盤の消失するものもみられる。これらは「尻腐れ」と称され、本畑における本病の最も主要な症状である(Plate I, II)。この時期の病株は、茎盤が腐敗しているため、容易に引き抜くことができる。倒伏期をすぎると、地上部の観察による病株の判別は困難になるが、病株は健全株に較べて最外鱗葉(鬼皮)の色調がやや濃色である。

なお、それぞれの時期の罹病株、特に「片腐れ症状」以降の病株の茎盤及び鱗葉の腐敗部分にはダニの寄生をみることがおおい。本種はゴミコナダニ属の一種(*Caloglyphs* sp.)と同定された⁷⁴⁾。

3. 採種畑における症状

採種用タマネギの発病は、母球の定植後およそ2ヶ月を経た6月下旬の花房形成期から見られ、7月上旬には発病株を容易に認めることができる。地上部の症状は、下葉の萎ちょうが特徴であって本畑の「尻腐れ症状」に類似する(Plate II)。病株の茎盤部は褐変しているが、球内分球の鱗葉部まで腐敗しているものは僅かである。しかし多くの病株では茎盤の基部とともに根が消失しているか、一部を残して大部分が離脱しているため、容易に引き抜くことができる。

この時期の罹病株には、ハイジマハナアブの幼

虫が茎盤や球内分球の鱗葉部を食害していることが多い。しかし、Table 1に示したように、ハイジマハナアブの食害のみでは萎ちよう葉率が低いので、本病が下葉の萎ちよう症状をもたらす主因であると考えられる。

8月末から9月上旬の花茎の採取期には、健全株でも花茎を除くすべての葉は枯れ上るが、罹病

株では茎盤部が殆んど褐変するもの、この部分の組織が崩壊するもの、更に内部の鱗葉が空洞化した球内分球が生じるなどして、花茎は極めて倒伏しやすくなる (Plate II)。

罹病株でも結実するものはあるが、種子の収量は、健全株に較べて著しく劣る。

Table 1. Wilting of lower leaves of onion caused by *Fusarium* basal rot and/or damaged by the lesser bulb fly *Eumereus strigatus*.

Parasite ¹⁾		Leaves per flower stem ²⁾			Percentage of wilting leaves
Basal rot	The lesser fly	total	wilt	healthy	
+	+	6.6	4.5	2.1	32
+	-	7.5	3.8	3.7	49
-	+	7.6	1.3	6.3	83
-	-	7.9	0.7	7.2	91

- 1) basal rot : + browning of stemplate, healthy -
the lesser fly : + parasited by the fly, healthy -
2) Average of 17-23 bulbs of onion

III. タマネギ乾腐病の発生実態と被害

1. 北海道における乾腐病の発生実態

1971年以降、本病の発生が目立ち始め、1973年にはその発生が著しかったので、全道的な発生実態を把握するため、同年と翌1974年の両年にわたり、各地区農業改良普及所の協力を得て現地調査を実施した。1973年には主要なタマネギ産地のなかから61ヶ所の多発生農家を選定して聞き取り調査を行い、1974年9月上旬にそれらのほ場について発病調査を行った。一方、これとは別に、1974年8月に栽培面積400 haにつき一ヶ所のほ場を抽出して調査を行った。

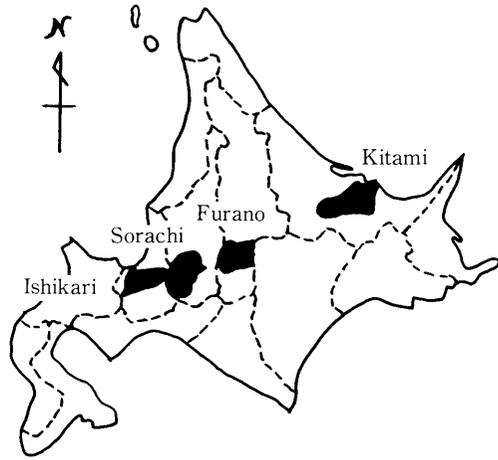


Fig. 1. Onion cropping area in Hokkaido

(1) 発生分布

北海道におけるタマネギ栽培地帯は、Fig. 1 に示した如くであるが、その全域で本病が発生している。近年における発生については、一般には1967年頃から発生がみられたとされるが、1950～60年代前半にすでに発生に気付いたとする農家もあった。

1971年から1973年までの発生分布についてみる、石狩、空知及び富良野地方での発生面積率は60～100%と高く、北見地方では20～30%と低かった (Table 2)。

発生程度についても同様の傾向がみられ、北見地方における発病株率は低かった。しかし同地方においても、20%をこえるほ場がみられた (Fig 2)。

Table 2. Occurrence of basal rot of onions in Hokkaido (1971-1973)

District	Year	Cropping area	Area of basal rot occurred	% of area basal rot occurred
Ishikari	1971	1,331ha	1,331ha	100 %
	1972	1,660	1,660	100
	1973	1,340	1,340	100
Sorachi	1971	1,280	1,046	81.5
	1972	1,443	1,182	82.3
	1973	1,629	1,446	89.1
Furano	1971	534	335	62.7
	1972	684	559	81.5
	1973	784	784	100
Kitami	1971	1,488	298	20.1
	1972	1,969	557	29.3
	1973	2,444	793	32.5

Courtesy of the Agrucultural Extension Services in Hokkaido

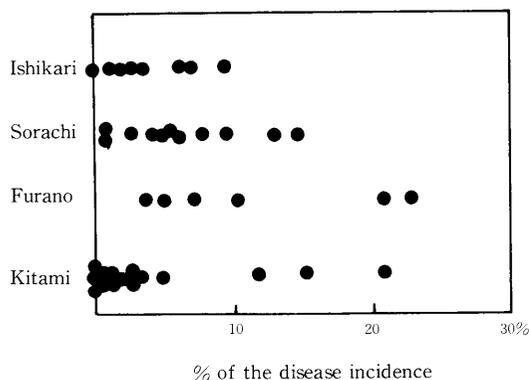


Fig. 2. Occurrence of basal rot of onions at different cropping area in Hokkaido

(2) 栽培年数と乾腐病の発生

タマネギの連作と本病発生の関係は Fig. 3 の通りで、連作によって本病の発生が助長される傾向はみられず、新畑でも多発生する場合があった。

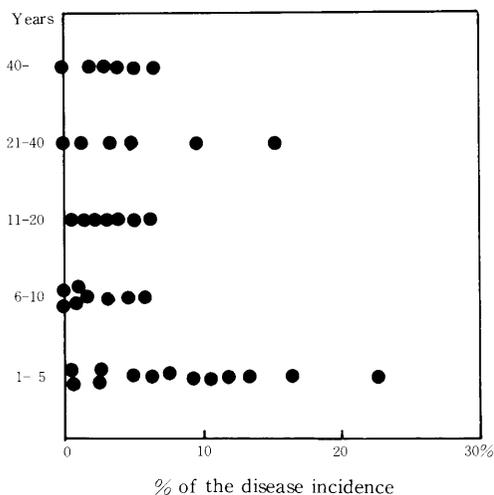


Fig. 3. Relation between continuous cropping and the incidence of basal rot of onions

(3) 苗床の再利用と乾腐病の発生

タマネギの移植栽培にあつては、本畑の約1/50以上の苗床が必要とされるため、苗床跡地を本畑として再利用する場合が多い。1974年の調査では、4農家で再利用していたが、いずれの場合でも、苗床跡地での発病率は普通畑の発生を上廻った (Fig. 4)。

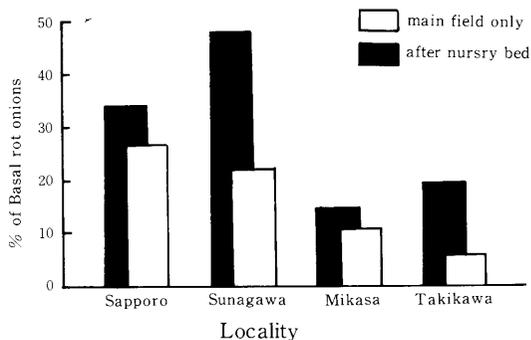


Fig. 4. The incidence of basal rot of onions at the main field after nursery bed

2. 富良野地方における乾腐病の発生実態

(1) 土壌及び気象条件

富良野地方は、乾腐病の発生が極めて著しい地帯であるが、この地域には気象及び土性の異なる2つのタマネギ団地がある (Fig. 5)。

その1つの下台地区は空知川沖積地帯で、砂岩、凝灰石の風化物を主体とした河成沖積土壌に属し、地形は平坦で傾斜3度以内の低地である²⁰⁾。他の1つは高台地区の丘陵地で、標高200~300mの間に存在して広大な台地状を呈し、土壌は石英岩粗面岩質の凝灰岩の風化物を母材とし、安山岩風化物の混入した洪積土壌である²⁰⁾。

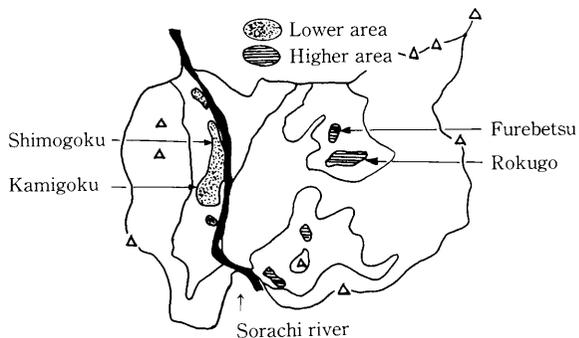


Fig. 5. Onion cropping area in Furano

気象条件についてみると、高台地区はタマネギ栽培期間中の平均気温が、下台地区よりも0.5~2.0℃低い冷涼地である (Fig. 6)。

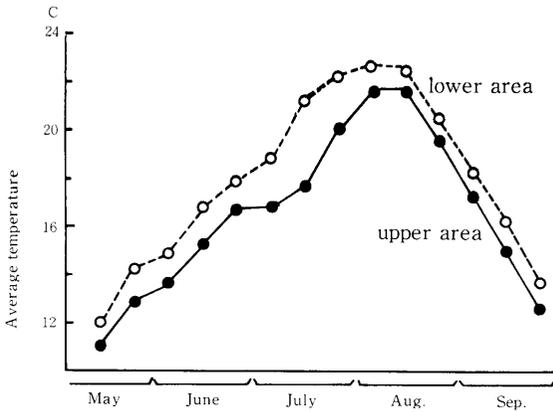


Fig. 6. Climate in Furano (See Fig. 5)

(2) 乾腐病の発生面積及び被害の年次推移

富良野地方においても本病の発生は、1971年以降になって目立ってきた。Fig. 7に示したように、1971年以降の栽培面積は、大部分が高台地区の増加であるが、発病株率1%以上の農家の総面積には殆んど変化がみられない。すなわち、このことから発生の大部分が下台地区であることがうかがわれる。事実、高台地区では、発病株率1%以上のほ場はほとんどみられない。

一方、本病による減収量についてみると、1971年～1975年では高いが、1976年以降は低くなっており、これはベノミル剤による移植苗の浸漬消毒(第8章、防除法)の普及によることがうかがえる。

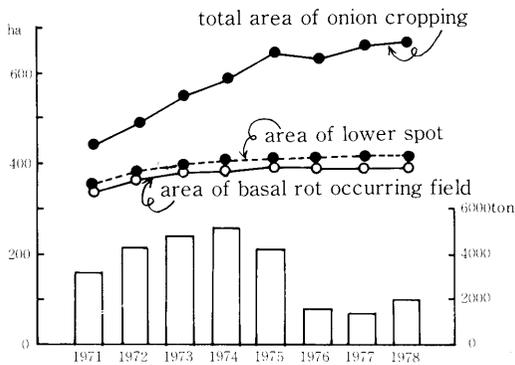


Fig. 7. Area of onion cropping field and decreased onion yield by basal rot in Furano district (1971 to 1978)

3. タマネギ乾腐病の被害

(1) 本畑における被害

本病はタマネギの鱗茎を侵す病害であるため、収穫期の罹病株は病斑が茎盤部にとどまっている場合でも、規格外品として取扱われ商品価値を喪失する。すなわち罹病が直ちに減収となるのが、本病の特徴と考えられる。しかし早期に発病したタマネギは、罹病株が欠株となって栽植密度が低くなるため、収量への補償作用も予測されたので、本病と収量の関係について検討した。

1) 実験方法

実験は1979年に富良野市の本病多発畑で実施した。試験区は、過去の栽培状況から判断して、ほぼ地力の均一と考えられる一画に設定した。

タマネギ苗の移植は5月17日に行い、栽植密度は10×40cm、1区面積は12m²とした。施肥量は10a当りの要素量で窒素20kg、燐酸20kg、加里10kgとした。乾腐病の防除は、各種処理方法の組み合わせ(ⅩⅢ-5)によった。なお他の病害及び虫害の防止のため、それぞれを対象とする薬剤散布を行った。

2) 実験結果

結果をFig. 8に示した。本実験における発病株

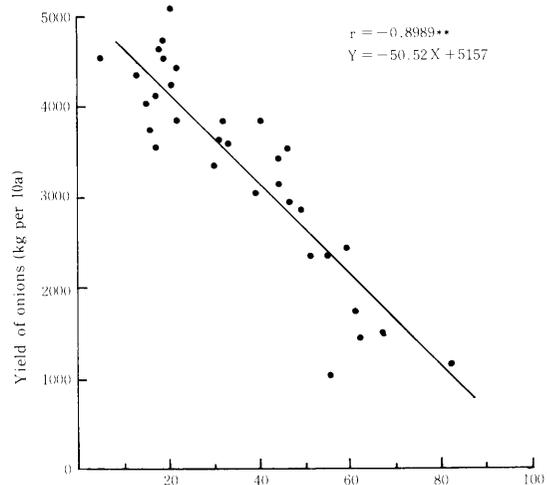


Fig. 8. The correlation between the incidence of basal rot and yield of onions (1974, Furano)

率は、5.3%から82.1%と広い範囲にわたった。発病株率と収量との関係についてみると、両者は極めて高い負の相関 ($r = -0.8989^{**}$) を示した。これによって発病と減収の関係を算定したところ、

$$\text{減収率} = 0.9798 \times \text{発病株率}$$

の関係が成立し、減収率はほぼ発病株率に等しかった。これは早期の発病株は枯死して欠株となるが、発病株率全体の中で占める割合が低く、従って当初予想されたような収量への補償作用が殆んどなかったためと考えられる。

(2) 採種畑における発生と被害

採種畑における乾腐病の発生は、最近になって明らかにされたもので³⁶⁾、過去の発生状況については全く不明である。1974年に行った前記本畑での発生実態調査の際に、採種畑について調査した結果では、全道各地で発生しており、発病株率は本畑より高かった。富良野市では90%をこえる発生をみた農家と集団採種ほ場が数ヶ所みられた。罹病株は、花茎が倒伏するため不良種子を生じやすく、また種子収量の減少をもたらすことが明らかとみられた。この点については、後に記す採種タマネギの乾腐病防除に関する実験で(VIII-3)、種子収量が40~90%増加することが確かめられた。

4. 小 結

北海道におけるタマネギ乾腐病の発生は古いが、1970年代になって発生が目立つようになった。近年における発生分布は、富良野以西で発生が多く、北見地方の冷涼な栽培地帯では少ない。この傾向は、全体として本病の発生の著しい地帯である富

良野地方でも明瞭で、気象条件が北見地方に類似する高台地区での発生は、下台地区に較べて極めて低い。従って、本病の発生要因として気温が重要な役割を果しているものと考えられる。しかし富良野地方の両地区は、土性的に全く異っていること、下台地区でも発生のごく軽微なほ場があること、更には全般的に本病の発生の少ない北見地方でも多発生のほ場のあることなどから、気象要因のみを本病の多発要因とすることはできない。

タマネギの連作によって本病の発生が増加する傾向はみられず、新畑でも発生率の高いほ場がみられた。水田転換畑で本病の多発生している事例が数ヶ所あったが、これは苗床が旧来のまま使用されており、本病が苗床で感染する可能性を示唆しているものと考えられた。この点については、後章(VI-2)の感染と発病の項で記す。

苗床跡地を本畑として再利用すると本病の発生率が高まったが、1974年の実態調査についての結果の報告²²⁾以来、殆んど農家では苗床を休閑したり、緑肥作物を導入するなどの対策を講じており、苗床跡地での本病の発生については現在問題視されていない。

本病の本畑における発生が、タマネギの収量に及ぼす影響は著しく、発病株率がほぼ減収率となった。また本病は採種畑でも広く発生しており、種子の収量を低下させていることも明らかとなった。

以上の事から、本畑のみならず採種畑をも含む、タマネギの全生育過程での本病の伝染経路、発生環境を解明しその防除対策を立てることは、タマネギの安定生産を計る上で、極めて重要な課題と考えられた。

IV. 病原菌の同定

タマネギ乾腐病の記載は、古いが簡単であり、Snyder & Hansenによる寄主との関係に重点をおいた *Fusarium* 菌の新分類体系では、Hanzawaの記載¹⁷⁾に基づき *F. oxysporum* f.sp. *cepae* としたが、寄主範囲などについての研究報告はない。そこで病原性の検定方法について若干の検討を試み、その手法を用いて、寄主範囲、タマネギの近縁植物から得られた *F. oxysporum* と本病病原菌とを比較検討した。

1. 分離と同定

(1) 病原菌の分離

1) 実験方法

1974年5月から8月まで、富良野市下台地区のタマネギ畑から試料を採集して実験に供した。

生育期の異なる罹病タマネギの茎盤部又は鱗葉部から、病斑をふくむ切片をとり、0.1%昇汞50%アルコールで表面殺菌して、pHを3.8~4.0にした蔗糖加用ジャガイモ寒天培地(以下、PSAと略す)に置いた。

Table 3. Isolation of *Fusarium oxysporum* from the diseased onion

Location	Time	Symptom of onion	Frequency of stem plate or scale from which <i>F. oxysporum</i> was isolated ^{a)}	
			stem plate	scale
Nursery bed	5. 17	damping off	8 / 9	—
Main field	6. 10	wilt	8 / 10	—
	6. 17	do.	11 / 12	—
	6. 22	basal rot	19 / 20	8 / 20
	7. 7	do.	18 / 18	2 / 18
	7. 13	do.	20 / 20	7 / 20
	7. 24	basal rot	8 / 20	2 / 20
	8. 3	do.	12 / 20	4 / 20
	8. 17	do.	13 / 20	3 / 20
Seed farm	7. 7	wilt	13 / 17	3 / 17
	8. 27	do.	4 / 18	1 / 18

a) *Fusarium* isolated number / total number tested

2) 実験結果

結果を Table 3 に示した。各時期の罹病タマネギから、全期間を通じてほぼ同一の *Fusarium* 菌が分離された。茎盤からの分離頻度は、いずれの時期でも鱗葉部よりも高かったが、これは後者では細菌の混入が著しかったためである。

胞分離を繰り返し、その形態的特徴を調べた。

2) 実験結果

Table 4 に大型、小型両分生胞子の大きさを示した。多くの大型分生胞子の隔膜数は3で、その基脚及び先端細胞はくちばし状を呈した。小型分生胞子は、楕円形あるいは卵形で、分生子梗上に擬頭状に形成された。分生子梗は短かく隔膜がない。厚膜胞子は、頂生あるいは間生であった。

以上の形態は、*Fusarium oxysporum* (Schlech.) Snyder et Hansen に一致した。

(2) 分離菌の形態

1) 実験方法

分離された *Fusarium* 菌について、3~4回単

Table 4. Measurement of macro (or micro)-conidia of *Fusarium oxysporum* isolated from basal rot onion (OF-3012, on PSA)

Number of Septa	Measurement (μm)		
	0 - Septa	1 - Septa	3 - Septa
0, 1, 2, 3*, 4	3.8-10.0×2.5-5.0 (69×28)	7.5-20.0×2.5-5.0 (13.6×39)	15.0-45.0×2.5-5.0 (31.6×43)

* The most frequent () : average

(3) 病原性

F. oxysporum の病原性の検定は、土壌接種による苗立枯を調べるのが一般的である⁴⁹⁾。またタマネギ乾腐病については、このほかに切片接種⁴⁾や小母球による方法⁶⁷⁾が知られている。これらの方法のほかに茎盤接種も加え、分離菌のタマネギに対する病原性を調べた。

1) 実験方法

接種方法は、つぎの通りである。供試したタマネギの品種は「札幌黄」である。

a. 苗立枯接種法

本法は、*F. oxysporum* の病原性検定のため一般的に用いられる方法に準拠した。即ち、PSA又はTable 5に示した液体培地に形成させた分生胞子の懸濁液を殺菌土に混和したのち、0.1%昇昇50%アルコールで5分間表面殺菌したタマネギ種子を播種した。胞子濃度は、乾土1g当り約 10^5 とした。播種後28℃前後の温室に置床し、21~28日後に立枯率を調査した。土壌殺菌は、120℃で60分間高圧滅菌して行った。

Table 5. Synthetic media for the conidia of *F. oxysporum* production (After Komada⁴¹⁾)

K_2HPO_4	1.0 g	sucrose	30.0 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5	asparagine	2.0
KCl	0.5	Yeast Extract	1.0
Fe-EDTA	10.0	distilled water	1,000ml

b. 茎盤部接種法

最外鱗葉（鬼皮）をはいだタマネギ鱗茎を、70%アルコールを含む脱脂綿で軽く表面殺菌した。その茎盤部から根をナイフで除去し、この部分に

PSAで培養した含菌寒天を付着させた。接種した鱗茎は温室に保った。またこれに類似する方法として、40~50日間育苗したタマネギの根部を切り取った茎盤部に含菌寒天を接種し、1%素寒天を流し込んだ試験管内においた (Fig. 9)。

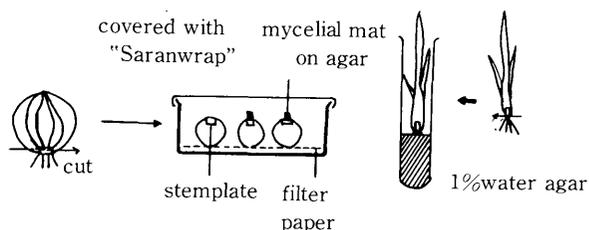


Fig. 9. Inoculation of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* on the stemplate of onions

c. 鱗片接種法

タマネギ鱗球の表面を殺菌水で洗浄し、更に70%アルコールを含む脱脂綿で軽く表面殺菌した。その後、鱗葉を1枚ずつ静かにはがし、殺菌ナイフで1.5~2.0cm角の切片をつくった。この鱗葉切片（以下、鱗片を略す）の内側に含菌寒天を接種した。鱗片の内側の表皮組織を除去したものを有傷とし、除去しないものを無傷とした (Fig. 10)。

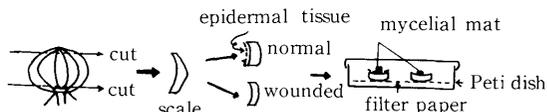


Fig. 10. Inoculation of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* on scale of onion

d. 母球接種法

殺菌した市販の野菜育苗用人工培土に、含菌寒天を接種源として加え、母球を置いた。母球は茎盤部接種法と同様に処理して用いた。本法は、採種畑における発病状況に一致する方法である(Fig. 11)。

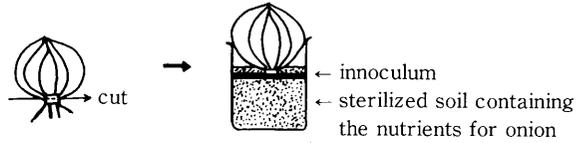


Fig. 11. Inoculation of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* on the bulb of onion

e. 供試菌株

Table 6 に示した。

Table 6. List of the *Fusarium* isolates tested

Isolates	Locality	Time	Symptom and isolation loci of onion
OF-401	Furano (Nursary bed)	1974. 5. 17	damping off stem plate
-411	do. (Main field)	6. 10	wilt do.
-412	do. (do.)	7. 7	basal rot do.
-421	do. (do.)	7. 24	do. do.
-422	do. (do.)	8. 17	do. scale
-431	do. (Seed farm)	8. 7	wilt stem plate
-432	do. (do.)	8. 27	do. do.
OF-471	Sapporo (Main field)	1975. 8. 10	basal rot stem plate
-481	Takikawa (do.)	8. 3	do. do.
-491	Kitami (do.)	8. 18	do. do.

2) 実験結果

各種接種法によって調べた分離菌のタマネギに対する病原性は、次の通りである。

a. 子苗の発病 (苗立枯法)

接種区における立枯率は、62~90%であって、

いずれの菌株もタマネギに病原性を示した(Table 7, Plate III)。発芽前立枯がみられ、発芽後の2~3葉期に生じる萎ちよう症状の発病苗は、茎盤部が褐変しており、本病の苗床における発病苗の症状に類似する症状を示した。

Table 7. Pathogenicity of the *Fusarium* isolates to onion seedlings

Treatment	Isolate ^{a)}	Percentage of damping off seedlings ^{b)}	Isolate ^{a)}	Percentage of damping off seedlings ^{b)}
Inoculation	OF-401	78	OF-431	62
	-411	83	-432	76
	-412	80	-471	92
	-421	90	-481	88
	-422	81	-491	73
	Control	—	0	—

a) See Table 6. b) Percentage of damping off seedlings = $\frac{(\text{No. of stands of Control}) - (\text{No. of stands of inoculation})}{\text{Number of stands of Control}} \times 100$

Table 8. Pathogenicity of the *Fusarium* isolates to onion scale

Treatment ^{a)}	Isolates ^{b)}	Disease index ^{c)}	
		wounded	normal
Inoculation	OF-401	3.3	0
	-411	3.2	0
	-412	3.5	0
	-421	3.0	0
	-422	3.1	0
	-431	3.0	0
	-432	2.9	0
	-471	3.3	0
	-481	3.4	0
	-491	2.6	0
Control	—	0	0

See Fig. 10.

a) 10 scales were used for each isolates, incubated at 26C for 6 days.

b) See Table 6.

c) Disease index is shown next table.

Index	longitudinal section of onion scale	Symptom
4		High mycelial growth, lesion easily fall off by pincette.
2		High mycelial growth, lesion not reached the other epidermis of the scale.
1		Small lesion.
0		No lesion.

b. 鱗葉の発病 (鱗葉片接種)

接種後3～5日で、鱗片上に明瞭な病斑が形成されたが (Plate III)、表皮細胞を剥いだ有傷接種の場合にのみ病斑が形成され、無傷接種の場合には全く発病しなかった。この結果は、鱗片を2枚重ねて、上には有傷鱗片、下には無傷鱗片とした実験によっても確かめたが、含菌寒天を接種した上部の鱗片で病斑が拡大しても (発病指数, 4)、表皮細胞のある下部の鱗片では、病斑が形成され

なかった。

発病指数の平均値は2.6～3.5で、供試菌株間に病原性の大小な違いはみられなかった (Table 8)。

c. 茎盤の発病 (茎盤部接種法)

接種後5～7日後には、茎盤部に病斑の形成が認められた。12日後の調査では、茎盤全体が褐変することはなく、縦断面の $\frac{1}{2}$ 前後が褐変している個体が多かった (Plate III)。

1%素寒天上に苗を置いて接種した場合には

(Fig. 10), 根の生育が著しく抑制され, 茎盤部全体が褐変するものもみられた (Plate III)。供試菌株間で, 病原性の違いはみられなかった (Table 9)。

Table 9. Pathogenicity of the *Fusarium* isolates to stemplates of onions

Treatment ^{a)}	Isolates ^{b)}	Disease index ^{c)}
Inoculation	OF-401	3.2
	-411	2.8
	-412	3.0
	-421	2.9
	-422	3.0
	-431	3.1
	-432	3.2
	-471	3.0
	-481	2.6
	-491	3.2
	Control	-

a) See Fig. 9.

b) See Table 6.

c) Average of 10 bulbs. Ten days after incubation.

Browning area of longitudinal section of stemplate

4	: 1/4-4/4
2	: 1/4-4/4
1	: 1/4 - a little
0	: None

d. 母球の発病 (母球接種法)

人工培養土に置いた母球は, 5~10日後に萌芽が始まる。接種区では, 14~20日後に下葉が萎ちようし始めた (Plate IV), 茎盤部が $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 褐変すると (発病指数, 2), 地上部全体が萎ちようした。菌株間で発病の違いは認められなかった。無接種区では発病しなかった (Table 10)。

Table 10. Pathogenicity of the *Fusarium* isolates from onion to mother onion

Treatment	Isolates ^{a)}	Disease index ^{b)}
Inoculation	OF-401	3.2
	-411	3.8
	-412	3.5
	-421	3.7
	-422	3.8
	-431	3.5
	-432	3.2
	-471	3.4
	-481	3.1
	-491	3.2
	Control	-

a) See Table 6. and Fig. 11.

b) Disease indexes are the same as Table 9. Average of 10 bulbs. 26 days after incubation.

2. 寄主範囲と病原性の分化

(1) 寄主範囲

1) 実験方法

前項の苗立枯法により, 小型分生胞子の懸濁液を土壌混和 (濃度, 約 10^5 /乾土 g) し, それぞれの植物の種子を播種した。発病調査は, 苗立枯率を調べた。ユリなどの球根類に対する接種は, それぞれの鱗片側部の表面を10本の針の束で刺傷し, 含菌寒天を付着させて行った。供試菌株は OF-481である。

Table 11. Pathogenicity of the *Fusarium* isolate (OF-481) from onion to various plants

Plant	No. of seeds tested	No. of emergence		% of damping off seedling	
		control	innoculation	control	innoculation
corn	40	24	22	0	0
oat	40	32	34	0	0
wheat	80	80	77	0	0
radish	80	77	78	0	0
carrot	80	48	40	0	0
spinach	80	8	8	0	0
soy bean	40	33	34	0	0
bottle gourd	21	12	15	0	0
melon	80	70	60	0	0
tomato	80	24	22	0	0
welsh onion	80	72	13	0	85
onion	160	117	21	0	86

Table 12. Pathogenicity of the isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (OF-481) to the scales of some bulbous plants

Plants	No. of scales	Disease severity ^{a)}		
		+	±	-
Lily	10	0	1	9
Garlic	20	0	1	19
Tulip	10	0	1	9
Gradiolus	7	0	0	7

a) +: lesion was appeared browning,
±: lesion was slightly appeared,
-: No lesion.

2) 実験結果

結果は Table 11, 12 に示した。各種植物に対する病原性をみると、供試したタマネギ乾腐病菌はタマネギとネギに対してのみ病原性を示した。ユリ、ニンニク、チューリップの有傷鱗茎に対しては、ごく軽微な病斑を形成する場合があった。

(2) 近縁植物に寄生する *F. oxysporum* のタマネギに対する病原性

1) 実験方法

接種方法は、前項の各種の方法によった。供試菌の来歴はつぎの通りである。

a. ネギ分離菌 (AF-7603, 7607)

1976年6月、北海道旭川市近郊のタマネギ栽培地帯で、タマネギ乾腐病の「片腐れ症状」に類似する病株が発生し、これから高率の *F. oxysporum* が分離され、分離菌株はネギに対して病原性を示した。

b. ニンニク分離菌 (GF-7801, 7820)

1978年7月、北海道名寄市のニンニク栽培地帯で、地上部が激しく萎ちょうする病株が発生した。その茎盤部の維管束は褐変しており、*F. oxysporum* がほぼ純粋に分離された。分離菌はニンニクに対して、有傷接種で強い病原性を示した。

c. ユリ分離菌 (LF-7701, 7702)

北海道各地の食用ユリ栽培地帯では、古くから鱗片の先端が褐変し、あるいは一部が褐変して陥穴する病株が発生している。病斑部から高率で分離される *F. oxysporum* は、有傷接種でユリ鱗片に対して強い病原性を示した。

d. ラッキョウ乾腐病菌

鳥取野菜試験場遠山明氏よりの分譲菌株で、*F. oxysporum* f.sp. *allii* である。

e. その他の近縁植物からの分離菌

信州大学繊維学部松尾卓見教授よりの分譲菌株である。

Table 13. Pathogenicity of the several isolates of *F. oxysporum* from the lilioid plants to onion

Source plant of isolates	forma specialis	Isolate	Pathogenity to onion		
			% of damping off	scale	stemplate
Welsh onion ^{a)}	f.sp. <i>cepae</i>	AF-7603	80%	3.2	2.9
do.	do.	AF-7607	75	2.9	2.8
Garlic ^{a)}	?	GF-7801	12	1.0	0.5
do.	?	GF-7802	26	0.5	0.3
Lily ^{a)}	f.sp. <i>lilii</i>	GF-7701	17	0.2	0.1
do.	do.	GF-7702	8	0.1	0.3
Shallot ^{b)}	f.sp. <i>allii</i>	SuF-1251	9	0.2	0.1
Tulip ^{c)}	f.sp. <i>tulipae</i>	SuF-351	13	1.0	0
Asparagus ^{c)}	f.sp. <i>asparagi</i>	SuF-1226	8	0.2	0
Gladiolus ^{c)}	f.sp. <i>gladioli</i>	SuF-405	11	0	0
Narcissus ^{c)}	f.sp. <i>narcissi</i>	SuF-202	13	0	0
Onion	-	OF-815	83	3.8	2.7

a) Isolated by the auther.

b) Given by Dr. Toyama, Tottori Vegetable Crop Exp. Stn.

c) Given by Dr. Matsuo, Shinshu Univ.

2) 実験結果

結果を Table 13 に示した。供試菌のうち、ネギ分離菌は、各種の接種によって、タマネギに対して病原性が認められ、その強さはタマネギ分離菌とほぼ同様であった。ニンニク菌、ユリ菌、ラッキョウ乾腐病菌及び他のユリ科植物から得られた *F. oxysporum* の各分化型は、タマネギに対して病原性を認めなかった。

3. 小 結

タマネギ乾腐病の病原菌は、HANZAWA¹⁷⁾により *Fusarium Cepae* n.sp. として報告され、Walker⁶⁷⁾ は本菌について更に菌学的検討を加え、半沢の結果を追認し、*Fusarium cepae* (HANZAWA) emend. とした。しかし Snyder & Hansen の新分類体系¹⁶⁾ では *F. oxysporum* f.sp. *cepae* (Hanz.) Snyder & Hansen とされ、これが広く採用されている。しかし本邦では半沢以降、本菌について報告がないので、近年北海道で激発したタマネギ乾腐病について、病原菌の再検討を行った。

罹病タマネギから得た *Fusarium* 菌を単胞分離し、その形態的特徴を調べたところ、大型分生胞子の大部分は隔膜数 3、基脚及び先端細胞は嘴状を呈した。小型分生胞子は、楕円形あるいは卵形、分生子梗上に擬頭状に形成された。分生子梗は短かく隔膜がない。厚膜胞子は頂生あるいは間性であった。以上のことから本菌を *F. oxysporum* と同定した。

更にこれらの分離菌は、土壌接種によってタマネギに苗立枯を生じ、タマネギの鱗葉、茎盤に病

原性を示した。病斑部からは、接種菌と同一の菌が再分離された。

寄主範囲について調べたところ、ウリ科（スイカ、メロン、キュウリ、ヘチマ、ユウガオ）、マメ科（インゲン、ソラマメ、ダイズ、アズキ）、アブラナ科（カンラン、ダイコン、ハクサイ、タイサイ）、アカザ科（テンサイ、ハウレンソウ）、イネ科（イネ、オオムギ、トウモロコシ、エンバク、コムギ）、キク科（ゴボウ）、ユリ科（グラジオラス、チューリップ、アスパラガス、ユリ、ニンニク）の各種植物に病原性を示さず、ネギに対してのみ病原性を示した。従来、本菌の寄主範囲についての報告はなく、僅かに Abawi & Lorbeer⁴⁾ が、*Oxalis corniculata* (カタバミの 1 種) に無病徴感染をしたとの報告があるのみである。本菌がラッキョウを侵さないことは、最近遠山⁶⁴⁾ が確めている。

タマネギの近縁植物に寄生する、ネギ菌、ニンニク菌、ユリ菌の 3 系統及びユリ科植物に病原性のある 5 つの分化型、合せて 8 種類の *F. oxysporum* のうち、ネギのみがタマネギに対して病原性を示した。

以上、本菌の菌学的特徴ならびに病原性、寄主範囲などから、タマネギ乾腐病の病原菌を *F. oxysporum* f.sp. *cepae* と同定した。

なおネギ菌についても、その諸性質がタマネギ乾腐病菌に一致することから、*F. oxysporum cepae* と同定し、ネギ萎ちょう病の病名を与えた^{38, 39)}。ユリ菌は *F. oxysporum* f.sp. *lilii* とされ^{7, 23)}、ニンニク菌は新分化型と考えられる。

V. タマネギ乾腐病の伝染源

前章の病原菌に関する研究によって、タマネギ乾腐病の病原菌は、*F. oxysporum* f.sp. *cepae* であることが明らかにされた。*F. oxysporum*は主として土壌伝染性の病害として知られるが、種子伝染についても知られている。そこで本病の伝染経路や感染と発病を追究する前提として、種子の保菌、苗床、本畑及び採種畑の土壌中などの本病病原菌の伝染源を明らかにするための実験を行った。またタマネギ以外の保菌植物についても調査した。

なお本章以降、病原菌をとくに必要な場合をのぞき、f.sp. *cepae* と略記する。

1. 種子伝染

本病の伝染源の1つとして、種子の保菌状況について調査した。

(1) *F. oxysporum* の保菌

タマネギ種子に存在する *F. oxysporum* は、立毛中の汚染による保菌種子と、種子の収穫調整中にその表面に付着するものがあると考えられる。そこで表面殺菌種子から *F. oxysporum* の検出される種子を保菌種子とした。一方、種子の洗浄液中から検出される *F. oxysporum* によって、種子表面の付着状況を調べた。

1) 実験方法

a. 保菌種子

1974年11月、道内各地の採種農家から1戸当り約10gの種子を採集した。供試種子は、アンチホルミン（有効塩素5%）で10分間表面殺菌し、殺菌水で数回洗浄したのち、酸性PSA上におき、6日後に生育してきた菌そうを調べた。

b. 表面付着

タマネギ種子の表面に付着する *F. oxysporum* の検出には、1975年9月に富良野市下台地区の採種畑で収穫した種子を供試した。この種子を、100ml容三角フラスコに100粒入れ、殺菌水を20ml加えてよく振とうし、5回洗浄をくり返した。各回ごとに洗浄液0.5mlを駒田培地に流し込み、7日後に生じた *F. oxysporum* の菌そう数を数えた。

2) 実験結果

a. 保菌種子

北海道全域の113戸の農家より集めた材料のうち、44戸の種子から *F. oxysporum* が検出された (Table 14)。検出率は、0~25.9%までの範囲であった (Fig. 12)。なお *F. oxysporum* のほかに、*Alternaria* spp. (*A. porri* ほか)、*Botrytis* spp. (*B. allii* ほか) が高率に検出され、*Pyrenochaeta terrestris*、*Rhizoctonia solani* も低率ながら分離された。1981年にも同様の実験を行ったが、*F. oxysporum* の検出農家数は極めて低く、72戸中4戸で5.5%にすぎず、年次による保菌の差が大きいと考えられた。

Table 14. Onion seed contamination with *Fusarium oxysporum*

No. of lots tested ^{a)}	No. of the lots contaminated with <i>F. oxysporum</i>	% of the lots contaminated with <i>F. oxysporum</i>
113	44	38.9%

a) Each lot collect from one farmer in Hokkaido.

b. 表面付着

種子の洗浄液中から検出される *F. oxysporum* の菌数は、第1回目の洗浄液では21.3/粒であり、2～5回目は5.8～1.2/粒と減少した(Table 15)。

(2) 種子における *F. oxysporum* の生存期間

タマネギ種子に存在する *F. oxysporum* の生存期間について調べた。

1) 実験方法

1974年産種子のうち、*F. oxysporum* の検出率の高かった材料を供試した。種子は4℃前後の冷蔵庫

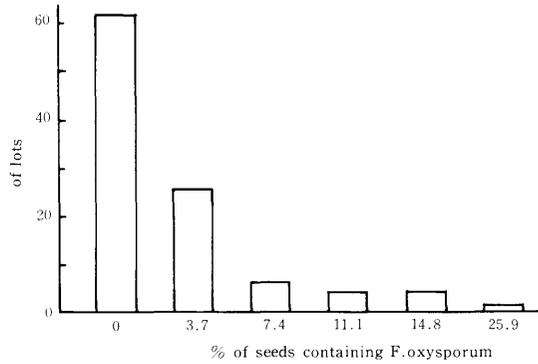


Fig. 12. Percentage distribution of onion seeds with different contamination by *Fusarium oxysporum*

Table 15. *Fusarium oxysporum* attached on seeds of onion

Times of rinsing by sterilized water ^{a)}	No. of conlonzes per ml of rinsing water	No. of propagules per seed of onion
1	106.6/ml	21.3
2	29.0	5.8
3	25.6	5.1
4	18.0	3.6
5	6.0	1.2

a) Twenty seeds of onion were rinsed with 20 ml water at each time.

内に保存した。分離方法は前項と同じである。

2) 実験結果

結果を Table 16 に示した。保存期間1～3年では、検出率は僅かに低下したにすぎず、5年後でもなお生存した。

Table 16. Isolation of *Fusarium oxysporum* from onion seeds preserved in the stock

Year	Years of preseving ^{a)}	% of seeds attached by <i>F.oxysporum</i> ^{b)}
1974	0	25.9
1975	1	20.0
1977	3	18.0
1979	5	4.0

a) Prserved at about 4C and disinfested with 0.1% HgCl 50% alcohol for 30 seconds.

b) Twenty seven to 100 seeds were tested.

(3) 種子から分離される *F. oxysporum* 中に占める *f.sp. cepae* の比率

種子から分離された *F. oxysporum* について、*f.sp. cepae* を同定し、その占める比率を調べた。

1) 実験方法

種子から分離した任意の菌株を地帯ごとに分けて、それぞれ鱗片接種により *f.sp. cepae* の割合を調べた。さらにこれらのうちの5菌株について3種の接種法で病原性を比較した。

2) 実験結果

結果を Table 17, 18 に示した。タマネギ種子から分離される *F. oxysporum* のうち、12～23%が *f.sp. cepae* と同定された。各種の接種法でも供試菌には *f.sp. cepae* の存在することが確かめられた。しかし病原性には、菌株間の差が認められた。

Table 17. Frequency of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepa* (F.o.c) isolated from seeds of onion

Locality	No. of isolates tested	% of F.o.c. ^{a)}
Ishikari	13	23.0
Sorachi	15	20.0
Furano	22	18.2
Kitami	17	11.8

a) Determined by onion scale inoculation test.

2. 土 壤 伝 染

本病が土壤伝染することはすでに知られている^{4,67)}。そこで苗床、本畑及び採種畑土壤中における本病原菌の存在を調べた。

(1) 苗床土壤における *F. oxysporum* の存在

1) 実験方法

1977年4月下旬、富良野下台地区2ヶ所、高台地区2ヶ所の計4ヶ所の苗床から採取した土壤を

Table 18. Pathogenicity of the isolates of *Fusarium oxysporum* from seeds to onion

Isolate	Pathogenicity		
	Damping off	scale	stem plate
OFs-8601	74.5%	3.6	3.0
-8607	62.0	3.2	2.8
-8630	53.0	2.8	1.3
-8645	11.5	0.2	0.1
-8673	0.5	0	0

供試した。各苗床の土壤は5ヶ所から採取しよく混合して分離に供した。菌の定量は、10gの生土について、駒田培地⁴⁰⁾を用いた希釈平板法によった。5日後に菌叢数を計数し、乾土1g当りの菌量を算出した。

2) 実験結果

結果をTable 19に示した。供試した苗床土壤のすべてから*F. oxysporum*が検出され、菌数は $2.5 \sim 4.0 \times 10^2$ /乾土gであり、地区による菌数の著しい違いはみられなかった。

Table 19. Occurrence of the propagules of *Fusarium oxysporum* in nursery bed of onions (1977)

Location (Furano)	Soil condition	No. of propagules of <i>F. oxysporum</i>
Lower part (Kamigoku)	alluvial, sandy loam	3.7×10^2 /g of oven dry soil
do. (Shimogoku)	do. , loam	3.4
Upper part (Rokugo)	diluvial, sandy loam	4.2
do. (Furebetsu)	do. , loam	2.5

(2) 本畑における *F. oxysporum* の存在と消長

1) 実験方法

実験は、1977年5月から8月までのタマネギ生育期間中に行った。供試土壤は、富良野市の4ヶ所の土壤であって、前項の苗床土壤を採った農家の本畑土壤である。採取方法は、各々のほ場の中の6ヶ所から、タマネギの畦間(30cm)の表層下5~10cmの土壤を約1kg採取した。5月から8月まで、同じところから4回土壤を採取し、菌の定

量に供した。方法は前項と同じである。

2) 実験結果

調査した4ほ場は、乾腐病の発生が異なり、下台地区の上五区ほ場は本病の激発地で、他の3ほ場は乾腐病の発生が少ない。菌数の消長についてみると、8月中旬に菌量がやや増加する傾向がみられた。しかし、ほ場間で菌量の差は顕著でなかった(Table 20)。

Table 20. Occurrence of the Propagules of *Fusarium oxysporum* in a main field of onions (1977)

Locality (Furano ^{a)})	% of basal rot onions ^{b)}	No. of propagules of <i>F.oxysporum</i> ($\times 10^2$ /g oven dry soil)			
		May 20	June 10	July 12	Aug 17
Shimogoku	39	3.5	5.5	8.4	11.6
Kamigoku	2	2.7	4.2	3.2	8.2
Rokugo	1	—	3.6	2.0	6.3
Furebetsu	1	—	3.8	4.2	5.8

a) See Fig. 5.

b) At harvest on September 14 to 20.

(3) 採種畑土壌における *F. oxysporum* の存在と消長

1) 実験方法

富良野市下台地区(上五区)及び高台地区(麓郷)の2ヶ所の土壌を供試した。土壌の採種と菌の定量は前項と同じである。

2) 実験結果

結果を Table 21 に示した。採種畑土壌中の菌量とその消長は本畑土壌と類似し、8月中旬にやや増加する傾向がみられた。しかし調査は場間で菌量に差はみられなかった。

Table 21. Occurrence of *Fusarium oxysporum* in seed farm of onions (1977)

Locality in (Furano)	% of basal rot onions	No. of propagules of <i>F.oxysporum</i> ($\times 10^2$ /g oven dry soil)			
		May 20	June 10	July 12	Aug 17
Kamigoku	80	3.2	4.6	3.7	7.6
Rokugo	10	4.2	6.2	2.0	5.8

a) See Fig. 5.

b) At harvest on September 1.

(4) 土壌中における *F. oxysporum* f.sp. *cepae* の菌量

前項で定量した土壌中における *F. oxysporum* の中に f.sp. *cepae* の占める比率を調査した。

1) 実験方法

供試菌株は、前項に記した土壌中の菌量定量時に、駒田培地上に形成された *F. oxysporum* の独立した菌そうを滅菌した白金耳で釣菌して PSA 培地に移して培養した。f.sp. *cepae* の同定は、これらの菌株をそれぞれの鱗片に接種して行った。

2) 実験結果

結果を Table 22 に示した。各々の土壌から分離した菌株のうち、17~30%が f.sp. *cepae* であった。苗床、本畑、採種畑の土壌間で、*F. oxysporum*

Table 22. Frequency of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (F.o.c) in *Fusarium oxysporum* collected from various onion fields

Locality in Furano		No. of isolates tested	% of F.o.c.
Nursery bed	Kamigoku	50	18
	Shimogoku	50	22
	Rokugo	30	17
	Furebetsu	20	20
Main field	Kamigoku	50	12
	Shimogoku	50	20
	Rokugo	20	18
	Furebetsu	30	10
Seed farm	Kamigoku	50	18
	Rokugo	20	30

a) See Fig. 5.

b) Identified by onion scale inoculation.

のなかに *f.sp. cepae* の占める比率に有意な差は認められず、また採集ほ場の違いによりその比率に差もみられなかった。従って、タマネギ栽培土壌中における *F.oxysporum* 中の *f.sp. cepae* の比率は、全区の平均値である 18.5% 前後と推定された。

3. 保菌植物

(1) 実験方法

1977年5月20日、富良野市下台地区（上五区）の本病多発ほ場（収穫時の発病株率40%）に、各種植物を播種した。播種してから1～2ヶ月後に供試植物を採取し、地際部（胚軸又は冠根）と根部に分けた。これらを0.1%昇汞50%アルコールで3分間表面殺菌、滅菌水で洗浄後駒田培地に置いた。なお、シロザは供試ほ場内に自生しているものを分離に供した。*f.sp. cepae* の同定は、上記と同様分離菌株をPSA培地に移植し、鱗片接種によった。

(2) 実験結果

結果を Table 23, 24 に示した。*F.oxysporum* は、

Table 23. Symptomless infection by *Fusarium oxysporum* on various plants (Furano, 1977)

Plant ^{a)}	% of plants <i>F.oxysporum</i> isolated	
	Hypocotyl or crown	root
Pig weed	95	0
Cucumber	90	0
Pumpkin	90	0
Corn	50	0
Wheat	45	0
Soy bean	40	0
Rice	10	0
Pea	5	0
Radish	0	0
Carrot	0	0
Spinach	0	0
Lettuce	0	0

a) Cropped on the onion field severely infested by *F.oxysporum f.sp. cepae*. The method for the fungal isolation was the same as Fig. 15. Twenty plants were tested for isolation.

シロザ、キュウリ、カボチャの地際部からは90%以上の高頻度で、トウモロコシ、コムギ、ダイズからは40～50%で、イネ、エンドウからも5～10%と低頻度ながら分離された。ダイコン、ニンジン、ハウレンソウからは分離されなかった。供試したすべての植物の根部からは分離されなかった。

分離された *F.oxysporum* 中の *f.sp. cepae* の比率は、30～70%と高率で、シロザ、キュウリ、カボチャではその比率がとくに高かった。

なお、実験期間中の各植物の生育について観察したが、萎ちょうなどの症状は認められず、分離時の胚軸または冠根には褐変症状は認められなかった。

Table 24. Frequency of *Fusarium oxysporum f.sp. cepae* (F.o.c) in the isolates of *Fusarium oxysporum* from various plants (Furano, 1977)

Carrier plant ^{a)}	No. of isolates tested	% of F.o.c.
Pig weed	20	70
Cucumber	25	92
Pumpkin	10	80
Corn	10	50
Wheat	10	70
Soy bean	10	30
Rice	10	40
Pea	4	50

a) See Table 23. Identification of *f.sp. cepae* was conducted by onion scale inoculation.

4. 小 結

本章においては、タマネギ乾腐病の伝染源について検討した。

タマネギ種子が、*F.oxysporum* を保菌することについては、Gordon¹⁴⁾ が各種植物の種子に関する研究の中で報告しているが、*f.sp. cepae* の存在については調査していない。本実験では、種子の洗浄水から高率の *F.oxysporum* が検出されたことから、タマネギ種子に本菌が付着していることが知

られた。また昇汞アルコールによる表面殺菌をした種子からも *F.oxysporum* が検出されることから、これらが単なる表面付着による汚染でないことが明らかとなった。しかし種子の内部組織中に侵入しているか否かについては、本実験のみでは結論を得られない。しかしタマネギ種子は、薄肉内生の蒴果型 (capsule) であり³¹⁾、表面の構造もかなり複雑なことから、表面殺菌剤の作用をうけず存在している可能性は考えられる。生存様式については不明であるが、種子から検出される *F.oxysporum* の中には、f.sp. *cepae* が含まれるので、保菌種子中の本病原菌が伝染源の一つであることは明らかである。

土壌中における f.sp. *cepae* の存在については、Abawi ら²⁾ の報告があり、本畑 (ただし直播栽培である) における菌量は、乾腐病多発は場の方が少発は場より多かったとしている。本実験においては、病原菌は苗床、本畑及び採種畑のいずれにも存在するが、乾腐病の発生程度と菌量の間には一定の関係はみられなかった。本畑及び採種畑におけるタマネギ生育期間中の *F.oxysporum* の消長を見ると、いずれの畑でも 8 月中旬に若干菌量の増

加がみられた。なお、タマネギ畑の土壌中に存在する *F.oxysporum* の 20% 前後は、f.sp. *cepae* であると推定された。

本病病原菌の保菌植物については、Abawi & Lorbeer³⁾ が、*Oxalius corniculata* (カタバミの一種) が f.sp. *cepae* を無病徴感染をし、またシロザ (pig weed)、スベリヒユ (purslane) から本菌は分離されるが、分離菌のタマネギに対する病原性は微弱な *F.oxysporum* であったとする報告のみである。本実験においては、タマネギ畑に自生するシロザの胚軸部から高率で *F.oxysporum* が分離され、かつ f.sp. *cepae* の比率は極めて高かった。シロザはタマネギ畑に多い雑草であり、本菌の保菌植物として重要であると考えられた。これ以外の植物で、f.sp. *cepae* を保菌する可能性があるのは、ウリ科 (キュウリ、カボチャ)、イネ科 (トウモロコシ、コムギ、イネ) 及びマメ科 (ダイズ、エンドウ) の各種植物である。

以上の結果から、本病の伝染源は、保菌種子、土壌中に生存する本菌ならびにタマネギ畑の主要な雑草であるシロザに無病徴感染している本菌であることが明らかである。

VI. タマネギ乾腐病の発生消長 ならびに感染と発病

前章の伝染源に関する研究から明らかになった本病病原菌の伝染源が、タマネギの異なる生育場面においてどのように感染と発病をもたらすかについて実験を行った。本実験に供試したほ場は、富良野市下台地区（上五区、久保氏ほ場）の本病多発畑である。土壌は排水良好な沖積・砂壤土である。これ以外のは場を供試した場合には、その旨を記した。

1. タマネギ乾腐病の発生消長

(1) 苗床における発生消長

苗床で発生する本病は、まず発芽前の苗立枯であるが、これは種子が未発芽のまま、あるいは僅かに出芽して土壌中で枯死するものであって、多くの苗床では播種した種子の約20~30%が苗立枯となる。しかしこの中の15~20%は、種子本来の発芽力が劣ることに起因しており（Ⅷ-1、種子消毒）、これ以外が菌類によると考えられる。不発芽の種子からは、*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pyrenochaeta*, *Botrytis*, *Pythium*などの各菌が分離される。このうち *Fusarium*, *Rhizoctonia* の頻度が高い。これらの各菌は、いずれも苗立枯を起こすので、苗床にあって *F.oxysporum* f.sp. *cepae* の関与する割合がどの程度であるかを量的に把握することはできなかった。

初生葉が地上部に現われてから、すなわち発芽後の立枯は、出芽初期には殆んどみられず、移植時の3~4葉期にまれにみられる。1974年から1981年まで、富良野市で行った調査では、0.1%をこえることは稀であった。

(2) 本畑における発生消長

1) 実験方法

品種「札幌黄」、栽植密度40×10cm、施肥その他の栽培管理は農家慣行法によった本畑について調

査した。

調査年次は、1974、75年の両年にわたり、調査株数は1974年11,820株（500m²）、1975年1,000株（42m²）である。5月10日に移植し、5月23日から5~10日毎に全株について発病を調査した。

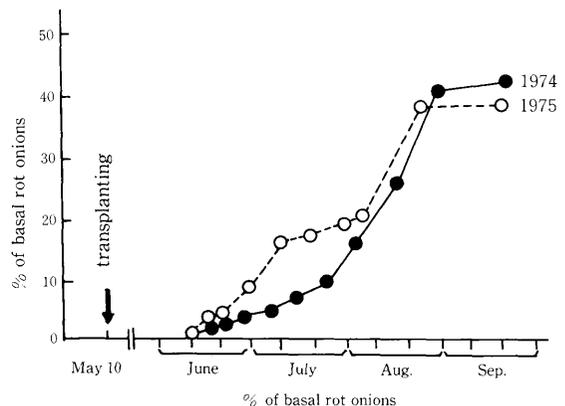


Fig. 13. Seasonal change of the incidence of basal rot onions in main field (Furano, 1974 and 1975)

2) 実験結果

本畑における乾腐病の発生消長は Fig. 13 に示した。初発生を認めたのは、両年もともタマネギの外葉生育期の始まる6月10日頃であった。その後、病株率は緩慢に増加し、外葉生育盛期の6月下旬から7月上旬には病株率はやや増加した。更に8月中~下旬の鱗球肥大期には、発病株率は急激に増加した。9月になってからの病株率の増加はみられなかった。

(3) 採種畑における発生消長

1) 実験方法

前項の本畑ほ場内の一面に設けられた採種畑で調査した。栽培管理は農家慣行法により、供試品種は「札幌黄」、母球の定植は4月23日に行った。調査株数は、1970年120株、1976年200株である。

2) 実験結果

結果を Fig. 14 に示した。両年ともほぼ同様の発生消長を示し、6月中旬に発病株がみられ、7月中旬の花蕾期には20%前後の発病株率となった。8月上旬の開花期には病株率は急増して60~70%に達し、その後採種時の9月上旬には80%となり、

本畑における乾腐病の発生率のほぼ2倍になった。

2. 苗床及び本畑における感染と発病

(1) 苗床及び本畑における感染

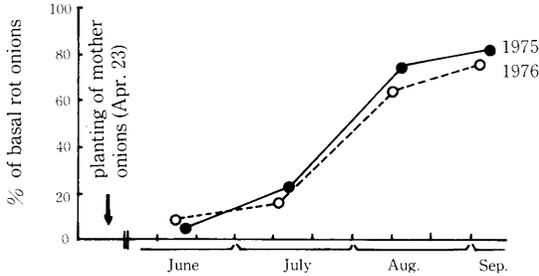
1) 苗床を異にする苗の本畑における発病

a. 実験方法

実験は1974年に行った。供試苗は、本病多発(久保氏ほ場)産と富良野市高台地区(布礼別)の少発地産の2種類である。これらの苗は、本病少発地(富良野市高台地区, 布礼別, 洪積砂壤土)に移植した。移植は5月24日に行い、9月26日に全株を抜き取り調査した。

b. 実験結果

結果を Table 25 に示した。多発地産の苗は本畑で19.8%と高率な発病を示したのに対して、少発地産の苗は5.0%であった。



Fi Fig. 14. Seasonal change of the incidence of basal rot onions at seed farm (Furano, 1975 and 1976)

Table 25. The incidence of basal rot onions from the different nursery beds to the same main field (Furano, 1974)

Nursery bed in Furano ^{a)}	Main field	Total No. of onions tested	No. of basal rot onions	% of basal rot onions
Kamigoku ^{a)}	Rokugo ^{b)}	425	84	19.8
Rokugo ^{b)}		141	7	5.0

a) Basal rot onions broke out severely in 1973.
b) No known history of incidence of basal rot of onions.

2) 無菌苗及び保菌苗の本畑における発病

前記の実験により苗床における感染が考えられたので、苗床土壌及び本畑土壌からの感染のいずれが重要であるかを明らかにするためつぎの実験を行った。

a. 実験方法

実験は1975年及び1976年に行った。無菌苗の育苗は、水選を行った熟度の高いタマネギ種子を0.1%昇汞50%アルコールで5分間表面殺菌し、滅菌水で数回洗浄したのち、蒸気殺菌した園芸用人工

培土(市販「ポットエース」, 片倉チッカリン社製)に播種し、50~55日間育てた苗を無菌苗とした。なお移植に先立ち、20~30本のタマネギ苗の茎盤部から菌類の分離をおこない、*F.oxysporum*を保菌していないことを確かめた。

保菌苗は、上記と同じ種子を本病多発畑(久保氏ほ場)又は少発畑(栗山町)で育苗した。移植時にそれぞれの保菌苗率を調査した。

供試した本畑の来歴は Table 26 の通りである。

Table 26. Condition of the fields tested

Year	Locality	History of basal rot incidence
1975	Asahikawa, Agr. Exp. Stn.	No known, after paddy field
	Furano, Kamigoku	40% in 1974
	Naganuma, Agr. Exp. Stn.	About 5% in 1974
1975	Kuriyama, Hinode	About 10% in 1974

b. 実験結果

結果を Table 27 に示した。本畑が本病病原菌に汚染されていない水田転換畑における発病を見ると、無菌苗の病株率が2.6%であるのに対し、保菌苗は16.4%と高率で、苗床で感染した苗の本畑への持ち込みによる発病が重要であることが確かめられた。

一方、本畑が乾腐病の発生前歴をもつ場合には、無菌苗と保菌苗のいずれを移植しても、本病の発生の差はみられなかった。これは本病の発生の著しい富良野市のは場でも、比較的発生の少い長沼町、栗山町のは場でも同様であった。ただし、無菌苗の場合は保菌苗よりも、本畑で病徴の現れるのが遅れる傾向がみられた。

Table 27. Infection of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* to the seedling of onion in nursery bed(1975 and 1976)

Year	Soil for nursery	Main field	% of basal onions
1975	Sterilized	Asahikawa ^{a)}	2.6
		Furano	36.7
	Infested ^{b)}	Asahikawa ^{a)}	16.4
		Furano	42.1
1976	Sterilized	Naganuma	7.4
		Kuriyama	6.7
	Infested ^{b)}	Naganuma	9.0
		Kuriyama	8.0

a) No known history of an incidence of basal rot.

b) Infested by *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Main fields but Asahikawa have known histories of basal rot of onions.

以上から、本畑における発病は、苗床及び本畑のいずれかの土壌に存在する病原菌によって感染することが知られた。

(2) タマネギ茎盤からの *F. oxysporum* の分離率の推移

本病は低率ながら苗床で発生し、また本畑における発生も苗が移植されてから20日前後とかなり早い。そこで本病の感染時期を知るために、タマネギの茎盤部から *F. oxysporum* の分離をおこない分離率の推移について調べた。

1) 実験方法

茎盤部からの *F. oxysporum* の分離は、Fig. 15 に示した手順に従った。各生育時期のタマネギを掘り取り、地上部（外葉）及び根を除去したのち水洗した。風乾後0.1%昇汞50%アルコールで表面殺菌し、滅菌水で洗浄して茎盤部の組織を殺菌ナ

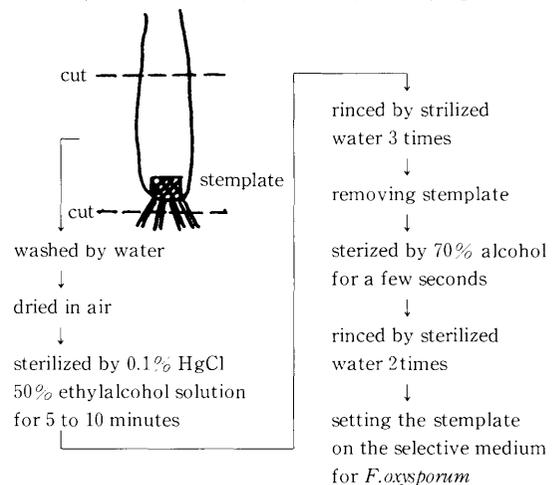


Fig. 15. The method for the isolation of *Fusarium oxysporum* from stemplate of onion

イフで切りとり分離培地に置いて、25℃に7日間保った。

分離培地は、駒田培地に準じ、PSA培地1ℓにPCNB(1g)、ストレプトマイシン硫酸塩(300mg)、コール酸ナトリウム(500mg)、ほう酸ナトリウム(1g)を加え、pHを3.6~3.8にしたものを用いた。供試数は50~100株である。

2) 実験結果

結果をFig. 16, 17, 18に示した。茎盤からの*F. oxysporum*の分離率は、移植時の苗ですでに20~50%と高かった。この時期の供試個体は、地上部

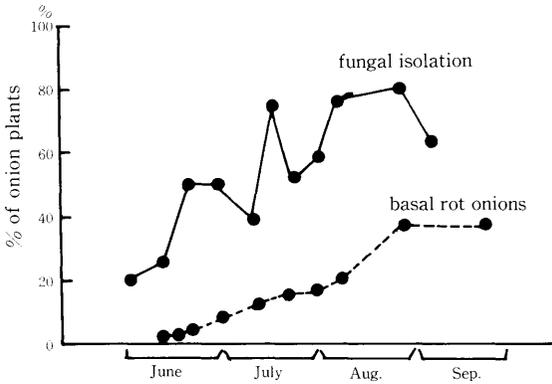


Fig. 16. Seasonal change of percentage of the diseased onions and frequency of isolation of *Fusarium oxysporum* from stemplate (Furano, 1975)

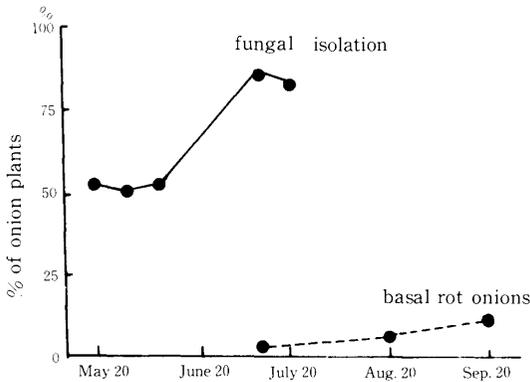


Fig. 17. Seasonal change of percentage of the diseased onions and frequency of isolation of *Fusarium oxysporum* from stemplate (Naganuma, 1975)

の症状はもとより、茎盤部を縦断して内部を観察しても褐変症状を認めなかった。その後も分離率は、本畑における発病株率を大中に上廻りつつ増加した。この傾向は、激発地の富良野市のほ場、少発地の長沼町のほ場いずれも同様であった。また比較のために、アメリカ合衆国Wisconsin大学より入手した本病抵抗性品種「Fusario-24」を用い、発病株率と分離率の推移を調査しても同様の結果であった。

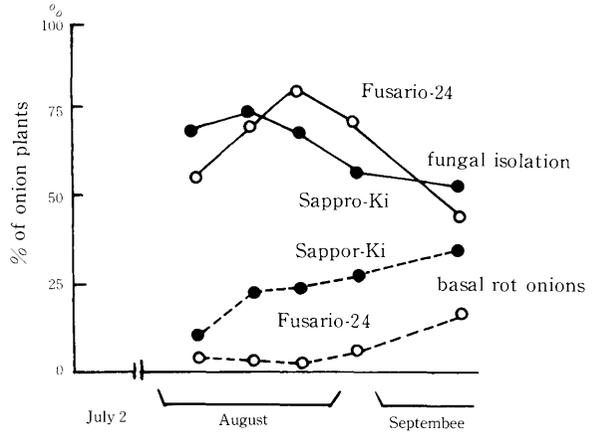


Fig. 18. Varietal difference of the incidence of basal rot and frequency of isolation of *Fusarium oxysporum* from stemplate (Furano, 1974)

(3) 茎盤部から分離される *F. oxysporum* と *f. sp. cepae*

前記の方法により分離された *F. oxysporum*のうち、*f. sp. cepae*の比率について調べた。

1) 実験方法

供試菌株は、本畑における無病徴タマネギの茎盤から分離した菌株である。長沼町産の菌株は1975年に採集したもので茎盤部接種により *f. sp. cepae*の同定をし、富良野産の菌株については、鱗片接種により同定した。

2) 実験結果

結果をTable 28, 29に示した。

長沼、富良野の両地から採集した *F. oxysporum*

のなかに *f.sp. cepae* の占める割合は高いことが知られた。

タマネギの生育時期の早いものよりも、後期に

Table 28. Frequency of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* in the isolates of *Fusarium oxysporum* from symptomless stemplate of onions (Naganuma, 1975)

Date of isolation	No. of isolate tested	% of <i>f.sp. cepae</i> ^{a)}
May 20	27	48
May 27	8	11
June 4	13	38
June 15	13	69
June 22	19	79
July 2	32	56
July 8	16	81

a) Identification of *f.sp. cepae* was conducted by onion stemplate inoculation.

なって採集された菌株の中で *f.sp. cepae* が占める比率は高い傾向がみられた。

Table 29. Frequency of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* in the isolates of *Fusarium oxysporum* from symptomless stemplate of onions (Furano, 1975)

Date of isolation	No. of isolates tested	% of <i>f.sp. cepae</i> ^{a)}
May 10	32	56
June 13	17	53
June 30	23	74
July 16	31	81
Aug. 3	20	90
Aug. 17	16	100
Aug. 28	20	85
Sep. 10	20	90

a) Identification of *f.sp. cepae* was conducted by the onion scale inoculation.

(4) タマネギ茎盤に対する病原菌の侵入

前記の実験から、本病病原菌はタマネギの生育初期から、茎盤組織内あるいはその付近に生存しており、それが発病につながるものと推定されたので、組織解剖観察によって、タマネギ茎盤や根における病原菌の動向を調べた。

1) 実験方法

1976年5月より8月まで、富良野市上五区の本病多発ほ場（久保氏ほ場）で栽培したタマネギのうちから、無病徴の20個づつを掘り取り実験に供した。供試株は、根を約5mm付けて茎盤部を切りとり固定、包埋した。固定は4%パラホルムアルデヒド（1/15M 燐酸緩衝液中）で行い、エタノール・ブタノール系列で脱水してパラフィンに包埋し、厚さ10μmの連続切片をつくった。切片は0.05%トルイジンブルー（0.1M 酢酸緩衝液中）で染色し、合成樹脂で封じ検鏡した。

全標本の観察に先立ち、典型的な乾腐病罹病株

個体の茎盤について観察し、病原菌の菌糸の状態を明らかにし、それに基づいて *F.oxysporum* の保菌部位を記録した。観察には、採取時期毎に15~20個体を供試し、部位別の保菌率（保菌個体数/観察個体数×100）で示した。

2) 実験結果

Fig. 19 にタマネギの幼苗及び成個体の茎盤とそれに接する組織の縦断面の模式図を示した。これに記したタマネギの生育期間中における各部位の菌糸の保菌率を、Table 30 に示した。観察結果の概略は、つぎの通りである。

トルイジンブルーで染色した切片では、菌糸は紫、茎盤細胞は赤、死細胞壁は濃青色、核は青に染色された（Plate IV, V）。また導管部は正常の場合は殆んど染色されないが、成個体の死根につく維管束は緑色に染色された（Plate V）。これはこの部分でのリグニンの沈着によるものと考えられる。

つぎに保菌率の推移についてみると、移植直前の幼苗では、根の基部に菌糸が付着している個体が多数みられた。また根が茎盤組織から突出する際に生じたと考えられる皮層の死組織に菌糸が付着している個体が26%あった (Plate IV)。一方、茎盤内の柔組織と維管束部分においては、菌糸は全く認められなかった。

菌糸の存在する皮層死組織の割合は、移植した苗が活着したのち増大し、7月に入ってからはほぼ100%に達した。

菌糸の存在する死組織の割合に比べて、菌糸のみられる生根の割合はかなり低いが、6月以降になって徐々に増加した。

皮層死組織や死根に隣接した茎盤部の柔組織中

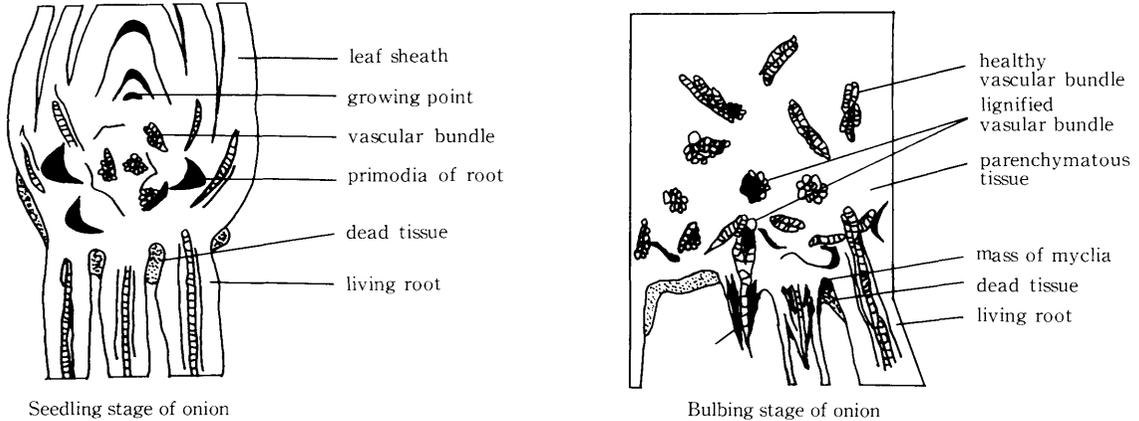


Fig. 19. Diagramic representation, based on microscopic observation, of longitudinal section of the stemplate and the roots of onion plant.

Table 30. Occurrence of the hyphae or chlamydo spores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* at various locations of stemplate and root of onion (Furano, 1976)

Location ^{a)}	Days after transplanting							
	0	14	28	42	57	67	77	95
Affached to the living roots	89.5 ^{a)}	46.4	42.8	61.5	18.7	—	—	—
Dead tissue	26.3	35.7	35.7	76.9	100	100	90.5	81.2
Dead roots	0	21.4	21.4	30.7	100	93.8	95.2	87.5
In the living roots	0	7.1	7.1	15.4	12.5	6.3	19.1	37.5
Parenchyma (slight)	0	7.1	7.1	38.5	37.5	43.8	52.4	62.5
Parenchyma (severe)	0	0	0	0	0	0	4.8	31.2
Vascular (healthy)	0	0	0	0	0	0	0	0
Vascular (lignified)	0	0	0	0	18.8	6.3	38.1	68.8
Mass of mycellia	0	0	0	0	0	6.5	9.5	67.5
Chlamydo spore ^{c)}	0	0	0	7.7	25.0	18.7	47.6	87.5

Samples were collected at Kubo's field in Furano (See Table 44.)

a) See Fig.19 and Fig.20

b) [Plants in which the fungus occurred / Total plants examined] × 100 %

c) Most of them were formed in the collapsed dead tissue.

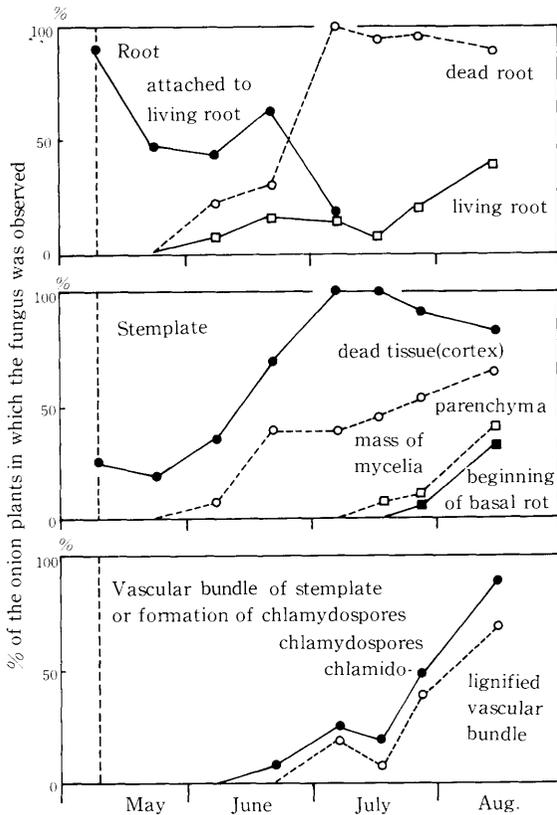


Fig. 20. Seasonal change of the frequency of onions containing hyphae or chlamydospores of *Fusarium oxysporum* in various location of stemplate and roots of onions. See Table 30.

の菌糸は6月始めにみられ、その後菌糸の存在するものの割合は急増した。この柔組織では、7月下旬から菌糸のまん延がさかんになり(Plate V)、表面から1.5~2.0mmに達している菌糸もあった。これは乾腐病の初期段階とみることもできる。

リグニン化した茎盤維管束においては、7月上旬に菌糸の存在が認められ、同様の維管束は7月下旬以降に急増した。更にリグニン化した維管束には、菌糸の存在の有無にかかわらず、「チロース様」構造がしばしば観察された(Plate V)。なお、リグニン化のみられない健全維管束では、5月10日から8月14日までの調査期間中、菌糸は全く認められなかった。

7月下旬から、死組織と健全組織の境界部分に

密な菌糸集団がみられ、その存在する個体数は、8月に至るまで増加した。これはスポロドキアの前形態であるのか、菌糸が茎盤部へ侵入するための前段階であるのかは不明である。しかしスポロドキアは、収穫時の罹病個体の地際部一面に形成されることが多いので、この菌糸集団は茎盤柔組織への侵入のための前段階とするのが妥当と考えられる。

厚膜胞子の多くは、死根の崩壊した組織中に6月中旬から形成し始め、8月中旬には約90%に及んだ(Plate V)。

以上のことから、自然発病の条件下にあっては、乾腐病菌は健全根から侵入してタマネギを発病に至らしめるよりも、タマネギの生育過程で生じる根の基部の死組織、あるいは死根組織で菌糸が増殖し、次いで健全な茎盤柔組織に拡大して発病に至ると考えられる。

3. 採種タマネギの感染と発病

採種畑に定植される母球は、前年に収穫されたタマネギ鱗茎であるが、その茎盤部の保菌率は極めて高い。一方、採種畑土壌中にも乾腐病菌が存在する。そこで保菌母球と土壌伝染による採種タマネギの発病について実験を行った。

(1) 実験方法

保菌母球は、1975年9月に富良野市の本病多発畑(久保氏ほ場)で収穫したタマネギを供試した。同時に収穫した鱗茎の*F.oxysporum*の保菌率は100%であった。

無菌母球は、茎盤部から生じている根を切除した上記保菌母球を、0.1%昇汞50%アルコールで15分間表面殺菌し、水道水で洗浄し、更に茎盤部を根の原茎を損わない程度にまでナイフで削りとり、再び同様の方法で表面殺菌して水洗後、風乾して切口をキュアリングした。

上川農業試験場内の水田転換畑ほ場内に、幅10cm、深さ10cmの溝をつくり、これに殺菌した園芸用人工培土を埋め、これを非汚染土とした。同様にして汚染土(富良野、久保氏ほ場よりの採取土)

を入れて、汚染土とした。

1976年5月16日に定植し、9月15日に全株を抜きとり発病を調査した。

(2) 実験結果

保菌母球を定植した場合には、非汚染土、病土のいずれでも発病し、病株率はそれぞれ40%、75

%であった。無菌母球は、病土における病株率55%、非汚染土では5%であった。これは無菌母球としたものの中に、保菌されていたものが含まれていたと考えられる。(Table 31)。

以上の結果から、採種タマネギの発病は、母球の保菌による場合と、定植後の土壤伝染の二つがあると考えられた。

Table 31. The incidence of basal rot of onions in seed farm originated from mother onions carrying the pathogen (Kamikawa Agr. Exp. Stn., 1976)

Mother onions	Soil condition of the seed farm infested by F.o.c.	No. of onions tested	No. of basal rot onions	% of basal rot onions
Onions carrying the pathogens	Not infested	20	8	40
	Infested	20	15	75
Healthy onions	Not infested	20	1	5
	Infested	20	11	55

4. 小 結

(1) 発生消長

苗床における発病は、発芽前立枯については他の病害と混発しており、発芽後の立枯については発生率は0.1%をこえず極めて低率である。

本畑における発病は6月上旬からみられ、8月中～下旬に病株率が急増する。

採種畑においても、本畑とほぼ同様の経過をたどったが、発病株率は本畑よりも高かった。採種タマネギの発病に類似するものとして、古く1918年にシカゴ近郊のオニオンセツトによるタマネギ栽培地帯で本病が多発したとの記載があり⁶⁷⁾、筆者も1979年に富良野市下台地区のほ場に定植したオニオンセツトのタマネギは、同一ほ場の一般移植タマネギより乾腐病の発生が多いことを観察している。オニオンセツト栽培は、前年収穫した小母球を翌年定植するものであるから、これらの事例は、採種タマネギの発病と類似したものと考えられる。

(2) 感染と発病

本畑における感染と発病は、土壤伝染によるもののほかに、本畑に持ち込まれた保菌苗の発病の

あることが知られた。これは水田転換畑などの新畑においても乾腐病が多く発生する事例の原因と考えられる。

Abawi & Lorbeer⁴⁾は、病原菌を接種した土壤に、42日間育苗した苗を移植し、15日間にわたって根と茎盤を観察し、病原菌が根から侵入して茎盤に至る場合と、茎盤の基部の傷口から侵入する場合があるとしたが、本実験によって、自然条件下の感染と発病は、病原菌が茎盤付近の皮層死組織又は死根組織で増殖し、茎盤柔組織内に侵入、まん延する事実を明らかにした。

移植後の本畑におけるタマネギには、明瞭な病徴を発現しない不顕性感染 (symptomless infection) 株が多く存在することが知られ、これらでは、茎盤とその付近の各部位に保菌されていることが明らかとなった。

採種タマネギの発病は、前年の収穫時までの保菌母球が、定植後に発病する場合と採種畑の土壤伝染によって発病する。

(3) 伝染経路

以上の結果と、前章の伝染源に関する研究から得られた知見に基づいて推定した本病の伝染経路を、Fig. 21に示した。

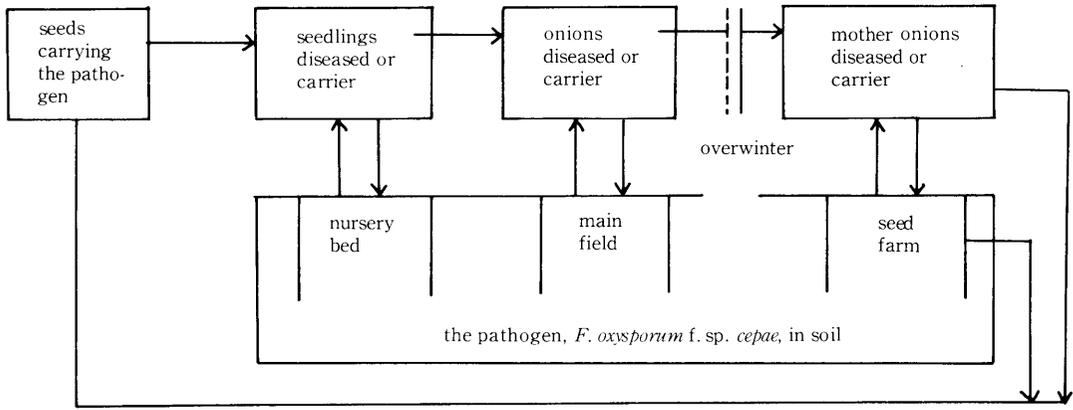


Fig. 21. Disease cycle of basal rot of onion.