

Ⅶ. タマネギ乾腐病の発生環境

タマネギ乾腐病の発生環境については、高温での多発生⁶⁷⁾や *Pyrenochaeta terrestris* と乾腐病菌についての複合感染についての報告^{13, 41)}のほかは知見が少ない。そこで本章では、実態調査(第三章)やほ場での観察結果から、本病に関係のあるとみられる2, 3の環境要因と関連微生物について実験を行った。

1. 土壌水分と発病

(1) 実験方法

1979年9月, 上川農業試験場のファイロンハウス内に, 無底の木枠(90×60×深さ50cm)を設置し, 富良野市の本病多発畑から採取した本病汚染土と同農業試験場内の水田土壌を1:5(容量比)の割合で混和して搬入し, 更に罹病タマネギの細片をすき込んで病土とした。

1981年5月15日, この枠内に本病多発畑で育苗したタマネギ苗を, 各区24本ずつ移植した。施肥は窒素(塩化アンモニウム), 燐酸(過りん酸石灰), 加里(硫酸加里)を, 成分量でそれぞれ15, 40, 20kg/10aの割合で用いた。

水分管理は, 5月15日から約2週間は, 苗の活着をはかるためにpF2.0とし, 6月1日からは, 高水分(pF2.0), 中水分(pF2.3), 低水分(pF2.6)の3処理区とした。水分の測定は, テンシ

オメーターで行った。各処理について, 3反覆で実験した。

(2) 実験結果

移植時の苗の保菌率は31%で, 実験期間中の *F. oxysporum* の菌量は, 約 5.0×10^2 / 幹土gであった。各時期の発病率と収穫時の病株率を Fig. 22, Table 32に示した。

発病株は, 中～低水分区では6月下旬から7月上旬にかけて認められ, 7月下旬から8月上旬にかけて急増した。低水分区では, 8月初旬に発病を認め, その後の発病株率の増加は緩慢であった。収穫時の病株率は中～低水分区が高かった。

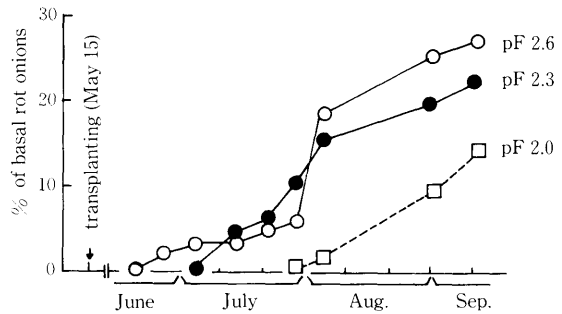


Fig. 22. The incidence of basal rot of onions at different soil water (1981).

Table 32. Influence of soil water on the incidence of basal rot of onions (Kamikawa Agr. Exp. Stn., 1981)

pF of soil ^{a)} (June 1 to Aug. 31)	% of basal rot onions at harvest			
	1 block	2 block	3 block	Ave.
2.6	10.8	16.7	20.8	19.3
2.3	26.7	20.8	37.5	25.0
2.0	8.3	8.3	12.5	9.7

a) All blocks were at pF 2.0 from May 15, the date of transplanting, to May 31.

2. 温度と発病

(1) 実験方法

15℃から28℃までの4段階の温度で、発病を比較した。接種は鱗片と小母球に対して行った。

小母球は、殺菌人工培土で栽培したオニオンセットである。多発畑から採取した病土を素焼鉢(直径15cm)につめ、更にその表面に本病病原菌(*OF-7803*)の孢子懸濁液(濃度, $10^5/ml$)を200 ml 加えたのち、小母球を定植した。これらを人工照明下の、それぞれの温度に保たれた定温器内においた。

Table 33. Effect of temperature on the development of lesion on onion scales inoculated by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Temperature	Disease index ^{a)} (5 days after inoculation)			
	1 block	2 block	3 block	Avr.
15 C	1.8 ^{b)}	2.0	1.7	1.8
20	2.2	2.4	2.3	2.3
24	3.1	3.0	2.8	3.0
28	3.0	3.8	3.2	3.3

a) See Fig. 10 and Table 8.

b) Average of 10 scales.

3. 窒素施用量と発病

(1) 実験方法

富良野市下台地区の多発畑(下五区)と少発畑の2ヶ所で、1979、1980年に実施した。両ほ場は直線距離にして約4 km離れた地点にあるが、気象

鱗片接種は、IV-1に示した方法により行い、各温度の定温器内においた。

(2) 実験結果

結果をTable 33, 34に示した。鱗片接種の発病指数は、15~20℃のとき1.8~2.3であるのに対し、24~28℃では3.0~3.3であった。一方、小母球接種においては、15~20℃のときの病株率が17~47%であったのに対して、24~28℃では87~90%と高率であった。

従って、高温により本病の発病は促進されると考えられた。

Table 34. Effect of temperature on the development of basal rot of onions

Temperature	% of basal rot onions			
	1 block	2 block	3 block	Avr.
15 C	10 ^{a)}	30	10	17
20	30	60	50	47
24	100	80	70	87
28	90	100	100	97

a) Average of 10 onions. 20 days after inoculation.

Onion set were used for the experiment.

条件についてはほぼ同一である。

窒素肥料は塩安を供試し、施用量は30, 15, 0 kg/10 a (成分量)とした。燐酸、加里は過りん酸石灰と硫酸加里でそれぞれ40, 20kg/10 a (成分量)施用した。供試ほ場の試験区の設定及び土壌などの特性はTable 35に示した。

Table 35. Characteristics of the fields tested in Table 36.

Locality in Furano	Years of continuous cropping of onions	Soil	Maximum water holding capacity
Kamigoku	17	alluvial, sandy loam	55%
Shimogoku	55	alluvial, loam	68

(2) 実験結果

結果を Table 36 に示した。少発畑においては、窒素施用量と発病の関係は明瞭で、施用量の多いほど乾腐病の発病率が高かった。多発畑においては、多窒素区（窒素、30kg/10a）では発病率が

高いが、中窒素区（同、15kg/10a）では、無窒素区との差がみられなかった。*F.oxysporum*などの微生物数については、両ほ場間あるいは各処理間の差はみられなかった。

Table 36. Influence of nitrogen on the incidence of basal rot of onions and on the population of soil microorganisms (Furano, 1979 and 1980)

Date of sampling	Location of field	Supply of nitrogen	% of basal rot onions	No. of microorganisms per g oven dry soil ^{a)}			
				Bacteria	Actinomycetes	Fungi	<i>F.oxysporum</i>
June 25, 1979	Shimogoku	30kg/10a	10.3	7.1×10^5	8.6×10^5	11.5×10^3	2.7×10^2
		15	6.0	9.4	10.5	9.1	3.3
		0	3.5	13.7	24.7	6.8	4.1
	Kamigoku	30	24.7	16.5	14.5	15.1	3.2
		15	15.0	23.9	14.1	9.9	3.6
		0	17.5	11.0	11.8	11.2	3.8
July 7, 1980	Shimogoku	30	8.9	9.3	10.3	16.1	3.2
		15	4.3	6.1	5.2	5.3	4.1
		0	2.0	5.4	17.3	12.6	3.3
	Kamigoku	30	10.4	21.4	13.6	8.1	2.6
		15	7.6	11.7	9.4	13.4	1.7
		0	8.2	18.6	11.1	5.7	3.6

a) Used Albumine, Martin, and Komada's media for Bacteria and Actinomycetes, fungi, and *F.oxysporum*, respectively.

4. 他の微生物と発病

(1) 紅色根腐病と乾腐病の関係

北海道内のタマネギ栽培地帯では、永年その全域でタマネギの根の紅変症状が認められていたが、近年これが *Pyrenochaeta terrestris* による紅色根腐病であることが知られた³⁴⁾。そこでこの病害と乾腐病の関係について検討した。

1) 紅色根腐病の発生状況

1974年以降6ヶ年の調査によると、本病は道内全域に発生し、土壤や気象条件による発生の違いはみられない。しかしタマネギの連作との関係は密接で、初年畑では殆んど発生がみられず、まれに発生している場合でも、病株率は1%をこえることはない。一方、2年以上の連作畑の殆んどで、

本病が発生していた (Table 37)。

本病はすでに育苗中に現われ、タマネギの移植後、30日目には殆んどすべての根に紅変症状がみられる。症状は、根の表面がごく僅かに変色するものから、内部が空洞化しているものまで様々である。

2) タマネギ根からの *Pyrenochaeta terrestris* 及び *F.oxysporum* の分離

a. 実験方法

0.1%昇汞50%アルコールで30秒間表面殺菌したタマネギ根の小片を、酸性PSA上(25°C)におき、5~7日後に現われた菌そうを調査した。内部が空洞化している根を枯死根とし、それ以外の根を生根とした。

Table 37. Relation between the incidence of pink root of onions and continuous cropping of onions (Hokkaido, 1974)

	Years of continuous cropping of onions	No. of lots ^{a)}	% of lots sorted by incidence of pink root ^{b)}		
			None	Low	High
None	Paddy field in 1973	11	100	0	0
	Plants other than onion	23	96	4	0
Continuous	2 to 5	27	0	7	93
	over 5	46	0	0	100

a) One hundred and seven onion fields were selected for survey in Hokkaido. 200 onion plants at different 3 spots in the same field were examined.

b) Sorted by percentage of the onions infected by pink root. None : no pink roots, Low : 0.3 - 1.0 % of pink root onions, High : over 90 % of them.

b. 実験結果

結果を Table 38 に示した。*P. terrestris* は、タマネギの全生育期間を通じて分離され、枯死根から

の分離率は、6月ですでに60%に達した。生根でも8月に60%となった。*F. oxysporum* の分離率は、枯死根で高く生根で低かった。

Table 38. Isolation of *Pyrenochaeta terrestris* and *Fusarium oxysporum* from onion roots (Furano, 1978)

Fungi	Roots tested ^{a)}	% of the fungi isolated			
		May 10	June 12	Aug. 18	Sep. 10
<i>P. terrestris</i>	Dead	32	58	80	98
	Healthy	10	16	62	76
<i>F. oxysporum</i>	Dead	40	62	100	100
	Healthy	0	0	28	30

a) Fifty roots were tested.

3) *Pyrenochaeta terrestris* と乾腐病菌の混合接種による発病

a. 実験方法

PSAで紅色根腐病菌、乾腐病菌をそれぞれ培養し、この含菌寒天によって茎盤部接種(Ⅳ-1, タマネギ幼苗茎盤)を行った。混合接種は、それぞれの含菌寒天を同時に接種した。また比較のため、各々の菌の単独接種も行った。温度は25℃とした。

b. 実験結果

結果を Table 39 に示した。*P. terrestris* は根の紅変をもたらしたが、茎盤部に褐変は生じなかった。混合接種をしても、茎盤部の褐変は助長されなかった。なお別に行った実験では鱗片に対する接種種では上記実験と同様の傾向を示し、病土に接種

した苗の立枯は、混合接種した土壌では、立枯率がやや増加する程度であった。

従って *P. terrestris* は単独でタマネギに病原性を示すが、乾腐病の発病を促進するとは考えられなかった。

(2) ダニと乾腐病の関係

乾腐病に罹病したタマネギの茎盤部にはダニ (*Caloglyphus* sp.) が寄生していることがおおい事実は、病徴の章(Ⅱ-2)で述べた。本項では、本病の発生とダニの食害との関係について調べた。

1) タマネギ茎盤におけるダニの寄生状況

a. 調査方法

富良野市の本病多発畑(久保氏は場)で、1974

Table 39. Disease development of onion bulbs inoculated by *Pyrenochaeta terrestris* and / or *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Fungal species	Isolate(s)	No. of onions tested	No. of pink root onions ^{a)}	Browning of stemplate ^{a)}	Rooting	
<i>P.terrestris</i>	P-1-1	10	10	0	slightly repressed	
	P-3-1	10	10	0	do.	
	P-10-1	10	10	0	do.	
<i>F.o. f.sp. cepae</i>	OF-7409	10	0	3.1	no rooting	
	OF-7423	10	0	2.9	do.	
	OF-7428	10	0	2.7	slightly rooting	
<i>P.terrestris</i> +	OF-7409+	P-1-1	10	10	2.8	no rooting
		P-3-1	10	10	3.1	do.
		P-10-1	10	10	2.6	do.
Control		10	10	0	highly rooting	

a) Roots and stemplate at 10 days after inoculation. Browning of stemplate was referred to Table 9.

年6月11日から9月21日までのあいだ調査した。健全株と罹病株をそれぞれ20株ずつ掘りおこし、茎盤部をナイフで切開して、解剖顕微鏡下で寄生ダニ数を計数した。

b. 調査結果

にわたりダニの寄生が認められ、初期の病株では寄生数10~100頭であったが、8月以降には450~830頭となり、収穫時には1,000頭をこえた。健全株においては、全調査期間中ダニの寄生を認めなかった。

2) ダニと乾腐病菌の混合接種による発病

a. 実験方法

母球接種の方法に準じ、球径4cm内外の母球の茎盤部に、ダニ20頭と乾腐病菌の含菌寒天を同時に接種し、殺菌人工培土をつめた100mlのビーカーに置いた。比較のためダニまたは乾腐病菌の単独接種区をもうけた。温度は25℃とし、23日後に茎盤の褐変とダニの寄生状況を調査した。また根の生育状況を観察した。各区5球を供試した。

b. 実験結果

結果をTable 40に示した。ダニの単独接種区では、茎盤に褐変は生じなかった。またこの区では、接種したダニが調査時に離脱して1~2頭の寄生しかみられない場合があった。

混合接種区では、茎盤の褐変に加えて病斑の拡大が鱗葉部にまで達しており、乾腐病菌の単独接種区より症状が激しかった。

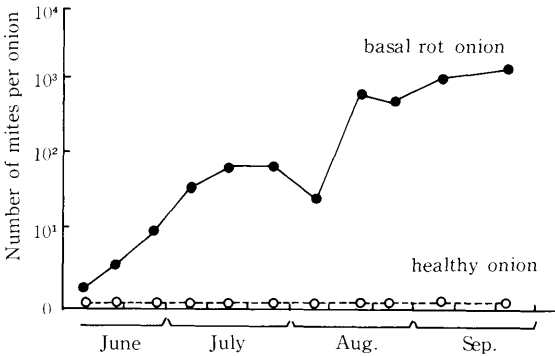


Fig. 23. Number of mites, *Caloglyphus* sp., at the stemplate of basal rot or healthy onion (Furano, 1974)

Fig. 23 に茎盤部におけるダニの寄生数の時期推移を示した。病株の茎盤部では、調査全期間

Table 40. Disease development of onion bulbs inoculated by the mite, *Caloglyphus* sp., and / or *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Inoculation	Browning of stemplate ^{b)}	Index of No. of parasitic mites ^{c)}	Rooting
Mite ^{a)}	0	1.0	highly rooting
Mite + <i>F.o.</i> f.sp. <i>cepae</i>	4.0	2.0	repressed
<i>F.o.</i> f.sp. <i>cepae</i>	3.2	0	do.
Control	0	0	highly rooting

a) Twenty mites were inoculated.

b) See Table 9.

c) Index are 2.0 : over 50 mites, 1.0 : 1-50, and 0 : no mites.

盤部を縦断して調査した。試験区の全株について調査した。

5. 耕種法と発病

(1) 移植期と発病

1) 実験方法

1974年、富良野市の本病多発畑（久保氏は場）で実験した。本畑の一部に設けた苗床で育苗し、通常の移植期（5月8日）とその20日後及び40日後に移植した。

7月6日から8月17日までの発病調査は、地上部の症状から発病株の判別をし、9月3日には茎

2) 実験結果

結果を Table 41 に示した。7月上旬より8月上旬までは、移植期の遅いものほど発病率が低かったが、8月中旬から下旬にかけていずれの移植期のものも発病率が急増し、9月3日では全区とも40%をこえた。なお6月28日の移植では、軟腐病の併発が多かった。

Table 41. Relation between the incidence of basal rot of onions and the date of transplanting (Furano, 1978)

Date of transplanting	Total number of onions examined	% of basal rot onions				
		July 6	July 17	Aug. 3	Aug. 17	Sep. 3
May 28	695	0.6	3.6	9.0	24.3	48.5
June 17	1,345	4.4	7.4	17.0	29.5	47.7
June 28	481	0.4	0	0	19.3	40.0

(2) 輪作と発病

1) 実験方法

前項と同じ本病多発畑に、タマネギ以外の作物を3年間輪作し、その後に栽培したタマネギの発病を調べた。対照としてタマネギを連作した。各区50㎡で反覆なし。

2) 実験結果

結果を Table 42 に示した。トウモロコシ、コムギ、ダイズ、ニンジン、ダイコンの各作物の組み合わせ

による輪作区のいずれも、タマネギの連作区と大差のない発病率であった。別に調査した各区の土壤中における *F.oxysporum* の菌量は、トウモロコシ・ダイズ・コムギの輪作区においては連作区の約半数のほかは、連作区とほぼ等しかった。

6. 小 結

本章においては、タマネギ乾腐病の発生環境について実験を行った。

Table 42. Relation between the incidence of basal rot of onions and crop rotation (Furano, 1974 to 1977)

Year	Crop rotation					
1974	corn	wheat	soy bean	carrot	radish	onion
1975	radish	carrot	corn	wheat	soy bean	onion
1976	wheat	soy bean	radish	corn	carrot	onion
1977	onion	onion	onion	onion	onion	onion
% of basal rot onions	42.1 ^{a)}	33.8	37.9	34.6	37.5	39.8

a) At harvest in 1977. Avr. of 3 blocks. No significance among the figures.

本病の発生が乾燥条件下で目立つことは、干ばつの年や同一ほ場内で砂れきの多い部分に発生が多いとするタマネギ農家の経験的事実として知られていたが、本実験により土壌のpF 2.3以上の場合発病が促進されることが確かめられた。最近、東田ら¹⁹⁾は土壌肥料的見地から、土壌水分と発病に関する調査を行い、作土層の下部に砂れきの多く乾燥しやすい土壌では、本病が多く発生することを報告している。

温度と発病の関係をみると、28~32℃の高温で発病が最も著しいことは、Walker & Tims⁶⁷⁾がすでに認めており、Abawi & Lorbeer⁴⁾もこれを確かめ、また北海道では石坂⁷⁶⁾がタマネギの子苗を使った実験で、発病に25℃前後の高温が必要であるとした。本実験の小母球接種の結果はWalker & Tims⁶⁷⁾の報告と一致し、28℃で発病率ももっとも高かった。また鱗片接種の結果は、24~28℃のとき病斑の拡大が著しいことを示しており、本畑で8月以降発生率の上昇することをよく説明するものである。

窒素の施肥量と発病の関係については、少発畑においては多肥(30kg/10a)により病株率は増加したが、多発畑では明瞭な関係がみられなかった。これは、窒素肥料の多用がタマネギ畑の塩類濃度を高めてタマネギの初期生育を抑制し、その結果乾腐病の発生率を高めるとした、岩瀬ら²⁸⁾の報告と必ずしも一致しない。

紅色根腐病と乾腐病の関係については、古くDavisら¹¹⁾が、乾腐病菌のタマネギへの侵入は、根の基部又は茎盤部に傷があるか、*P.terrestris*など

他の菌の侵入が必要であると報告している。近年、北海道において紅色根腐病の発生が知られたので両者の関連について検討したが、*P.terrestris*による発病の促進は認められず、両者は独立にタマネギを侵すと考えられた。

つぎにダニの寄生と乾腐病の関係を調べた。罹病株の茎盤部には常にダニの寄生が認められたが、健全株では全く認められなかった。接種試験により両者の関係をみると、ダニ単独接種ではタマネギに寄生せず、混合接種した場合には、その寄生と乾腐病の著しい病斑の拡大がみられた。ダニと*Fusarium*菌の関係については、チューリップ球根腐敗病^{70,71,73)}やラッキョウ乾腐病⁶⁵⁾では、病原菌に侵された鱗茎の腐敗部分に好んでダニが寄生することが知られており、タマネギの場合もこれらと同様と考えられる。ただし、タマネギに寄生するダニはゴミコナダニ属の一種(*Caloglyphus* sp.)であって、チューリップなどのネダニ(*Rhizoglyphus* sp.)とは異なることが明らかにされている²⁴⁾。

耕種法と発病の関係については、通常より20~40日間移植が遅れても本病の発生は減少することはない、また3年間の短期輪作によっても発生は減少しなかった。

以上の結果から、タマネギ乾腐病は土壌水分が低い乾燥条件下で発病しやすく、高温条件下により発病が促進されると考えられた。またダニの寄生は、本病の病斑がタマネギの茎盤部から鱗葉部に拡大するのを助長するものと考えられた。

VIII. 防 除 法

本病の発生生態に関する研究により明らかにされた伝染経路や感染様式に対応する各種の処理方法を検討し、有効な防除対策を明らかにするため以下の実験を行った。

1. 種 子 消 毒

(1) 実験方法

供試タマネギ種子は、1974年富良野市産で、90%以上の *F.oxysporum* の分離されたものである。土壌は本病多発土から採取したものをを用いた。

薬剤による種子消毒は、所定濃度の薬液に浸漬し、その後種子をガーゼで包み遠心分離器で水分を除去した。薬剤は2, 3の予備試験に基づいて、ベノミル・TMTD 剤を用いた。直径15cmの素焼鉢に100粒を播種し、18~24℃(夜間-昼間)の温室内においた。

(2) 実験結果

結果を Table 43, Fig. 24 に示した。ベノミル・TMTD 剤による種子消毒によって立枯率が減少

し、健全苗率が高まった。

濃度と防除効果をみると、10倍~1,000倍の各濃度で効果が見られ、濃度間に差がみられなかった。しかし、10~200倍では苗の生育が不均一であり、実用濃度としては500倍が有効と考えられた。

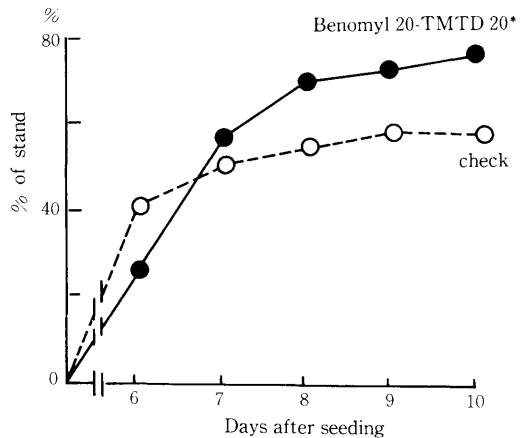


Fig. 24. Effect of the seed disinfectant on stand of onion seedling.

* Seeds were dipped 0.2% Benomyl 20 - TMTD 20 aqueous solution.

Table 43. Effect of disinfestation of seeds by benomyl -20 TMTD -20 on damping off of onions caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Conc. of benomyl - TMTD (%)	% of damping off ^{a)}	% of Control
10	23	51
2	36	80
1	27	60
0.5	34	76
0.2	23	51
0.1	32	71
Control	45	100

a) Including pre-emergence damping off.

2. 本畑における乾腐病防除

本病における本病を軽減するための各種の防除試験は、主として富良野市下台地区(上五区)のタマネギ連作畑2ヶ所で行った。その1ヶ所(久保氏ほ場)は排水良好な砂壤土、他の1ヶ所(植崎氏ほ場)は排水不良の壤土である。両ほ場とも1971年以降本病が激発した。供試ほ場がこれら以外の場合は別に記した。

(1) 苗床消毒

1) 実験方法

苗床消毒の方法および栽培状況は Table 44 の通りで、施肥その他は農家慣行法によった。

2) 実験結果

結果を Table 45 に示した。植崎氏は場では苗床消毒の効果を認めたが、久保氏は場では効果が認められなかった。

(2) 移植苗の浸漬消毒

1) 移植時の苗浸漬消毒の効果

a. 実験方法

施肥その他の栽培管理は前項と同じである。供試薬剤はベノミル50%水和剤(市販「ベンレート50%水和剤」)である。苗の浸漬消毒は、およそ0.01%の展着剤を添加した所定濃度の薬液に、移

Table 44. Condition of the fields tested for protection program for basal rot of onions (Furano, 1974)

Items	Kubo's field	Uesaki's field
Seeding	March 13, 1974	March 15, 1974
Transplanting	May 9, 1974	May 12, 1974
Soil	alluvial sandy loam	alluvial loam
Replication	2 blocks 260-280 / block	2 blocks 260-280 / block
Harvest	Sep. 20, 1974	Sep. 23, 1974

Table 45. Effect of soil sterilization of nursery bed on the incidence of basal rot of onions in the main field (Furano, 1974)

Field ^{a)}	Soil sterilization	% of basal rot onions at harvest		
		1 block	2 block	Avr.
Kubo	Methyl bromide ^{b)}	38.7	37.9	38.4
	Control	33.1	39.3	36.2
Uesaki	Chloropicrin ^{c)}	45.6	44.1	44.9 **
	Control	55.1	49.3	52.2

- a) See Table 44.
- b) 75 ml/m, treated from Feb. 25 to Mar. 5, 1974.
- c) 3 ml/0.3 x 0.3 m, treated from Aug. 10 to Sep. 3, 1973.
- ** Significant at 1% level.

移植の茎盤~根部を3~5分間浸けて行った。浸漬後、苗を軽く振って余分の薬液を除いたのち本畑に移植した。

発病調査は、生育期間中は地上部にあらわれた症状について行い、収穫時の調査は全株を抜きとって茎盤部を縦断してその褐変の有無により行った。以下の調査はすべてこれと同じである。

b. 実験結果

ベノミル剤による苗浸漬の効果を図. 25、Table 46 に示した。まず無処理苗と浸漬苗の本畑における発病の違いをみると、7月にはその差は僅かであるが、8月になると処理苗の発病は明らかに少なく、その差は収穫時まで持続した。1974年は苗浸漬処理の効果が顕著で、病株率の対無処理比はそれぞれ43、35であった。薬害については、初期生育がやや抑制されるが、その後の生育や球の肥大に影響を与えることはなかった。

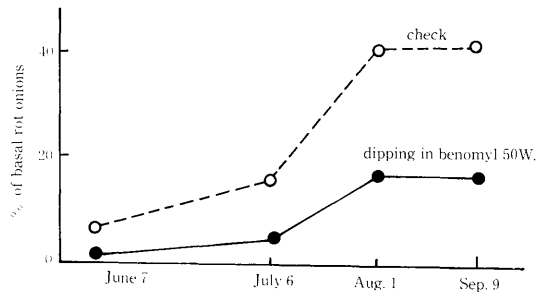


Fig. 25. Effect of dipping of seedling in 5% aqueous suspension benomyl 50W. at transplanting on basal rot of onions (Furano, 1974)

1975年には浸漬濃度についても検討したところ、20倍区の防除効果をもっとも高く、50倍でも効果はあるが20倍よりもかなり劣った。100倍以上の低濃度では、効果は不安定であった。薬害については前年と同様であった。

Table 46. Effect of dipping of onion seedlings into benomyl-50W at transplanting on incidence of basal rot of onions in the main field (Furano, 1974 and 1975)

Year	Concentration benomyl-50W	% of basal rot onions at harvest	
		Kubo's field ^{a)}	Uesaki's field ^{a)}
1974	5 %	17.3**	18.1**
	Control	40.0	52.2
1975	5 %	15.2**	14.3**
	2	24.8**	18.5**
	1	38.3**	26.5*
	0.5	35.7**	25.5
	Control	50.0	28.0

a) See Table 44.

b) Avr. of 3 blocks.

** , *) Significant at 1 % and 5 % level, respectively.

なおベノミル剤のほか数種の薬剤についても苗浸漬消毒の効果について検討したが、ベノミル剤と同系統の薬剤であるチアベンダゾール剤がベノミル剤と同様の効果を示したのみで、他の薬剤で防除効果の認められたものはなかった。

2) ベノミル剤とβ-インドール酪酸の併用による浸漬消毒の効果

a. 実験方法

栽培条件、調査方法などは前項に準じた。

Table 47. Effect of dipping of onion seedlings into benomyl-50W mixed with β-indole butyric acid at transplanting of incidence of basal rot of onions in the main field (Furano, 1975 and 1976)

Concentration of		% of basal rot onions at harvest	
Benomyl	β-indole butyric acid	1975	1976
5 %	0.08%	10.0**	13.7**
5	0.04	10.5**	14.0**
5	—	16.2	22.8
Control		50.2	49.0

**) Significant at 1 % level compared with 5 % of benomyl.

ベノミル剤と併用したβ-インドール酪酸 (IBA と略す) は、市販「オキシベロン」である。

b. 実験結果

結果を Table 47 に示した。1975年、1976年とも IBA 剤を併用した薬剤に浸漬したとき、防除効果は明らかに高かった。

3) ベノミル剤の残存期間

本病病原菌は、茎盤部に生じる死組織又は死根組織から侵入する (VI-2)。そこでベノミル剤に浸漬した苗の茎盤及び根部における薬剤の残存期間について検討した。

a. 実験方法

前記と同様の方法でベノミル剤に浸漬したタマネギ苗を長沼町の発病ほ場に移植した。その後数日おきに掘り取り、茎盤、付着根、新生根の3つの部分について、病原菌の生育抑制作用から、組織の薬剤の残存を調査した。

付着根とは、移植苗にすでに生じている根であって、これは本畑に移植する際にマラカカイトグリーンの薄い溶液に浸漬して染色し、移植後に生じる根 (新生根) との判別を容易にした。

それぞれの時期に掘り取ったタマネギを上記の3つの部分に分け、それを24時間凍結乾燥し、雑菌の繁殖を防ぐため10分間高圧滅菌した。乾燥した茎盤、付着根、新生根の各々を、ペトリ皿内に流し込んだPSA上に置き24時間保った。これに予

め培養した本病病原菌の小型分生胞子の懸濁液(濃度, $10^3/ml$) を噴霧して5日間25℃の定温器におき, 形成された阻止円を測定してベノミル剤の残存を調べた。各時期とも10個体のタマネギを供試した。

1975年に行った実験は, ベノミル50%水和剤20倍液に浸漬した苗の3つの部分について行い,

1976年には浸漬濃度を変えて茎盤のみについて行った。

b. 実験結果

結果を Fig. 26 及び Table 48, 49 に示した。Fig. 29 に示した残存率は, 移植直後の阻止円直径を100%としたときの相対比率である。

浸漬苗の各部位におけるベノミル剤の残存は,

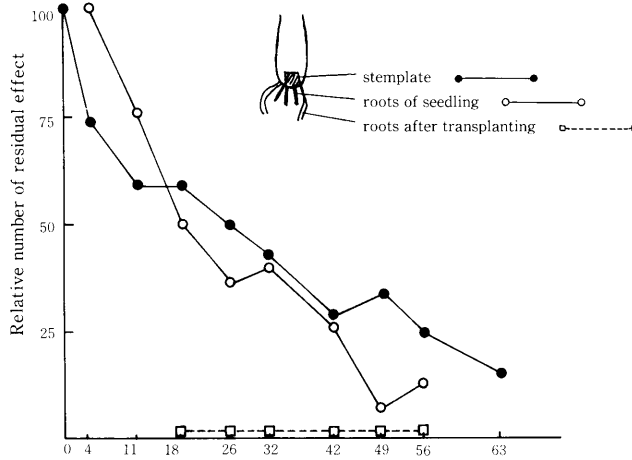


Fig. 26. Residual effect of benomyl at stemplate and roots of onions (1974).
* Seedlings were dipped in 5% aqueous suspension of benomyl 50W.
See Table 48.

Table 48. Residual effect of benomyl in stemplate and root of onions

Days after transplanting	Diameter of clear zone ^{a)}		
	Stemplate	Roots of seedling	Roots after transplanting
0	36.6 ^{b)}	30.8	—
4	27.2	30.8	0
11	21.7	23.4	0
18	21.8	8.0	0
26	18.0	11.1	0
32	15.8	12.4	0
42	10.6	8.0	0
49	12.3	2.1	0
56	9.1	4.0	0
68	5.3	—	—

Seedling were dipped into 5% aqueous solution of benomyl 50W for 5 minutes at transplanting.

a) Spores of *F. oxysporum* f.sp. *cepae* were sprayed after setting the samples on potato dextrose agar.

b) An average diameter of 10 samples at 5 days after spraying the spores.

Table 49. Residual effect of benomyl in stemplate of onions of which seedlings were dipped into different concentration of the fungicide (Naganuma, 1976)

Days after transplanting	Diameter of clear zone at different concentration of benomyl-50W			
	5%	2%	1%	0.5%
0	26.4	21.0	19.1	18.5
8	25.6	16.4	12.3	8.2
14	25.8	20.1	7.8	3.5
22	20.9	6.5	2.5	0
27	18.9	10.4	0	0
35	13.7	3.3	0	0
42	16.0	3.3	4.3	0.6
49	7.4	3.7	0	2.0
56	8.3	0.5	0	0
70	12.7	1.6	0	0
77	7.4	0	0	0

See the notes of Table 48.

供試した3つの部分中、茎盤部でもっと長く、移植56日後においても残存率は25%であり68日後でも僅かに残存した。付着根における残存は茎盤より短かいが、40日前後までの残存率はかなり高かった。新生根へのベノミル剤の移行は、この実験方法によっては認められなかった。

浸漬濃度と残存については、20倍がもっとも高くかつ長期間にわたった。

以上の結果から、ベノミル剤による浸漬消毒の防除効果は、本剤が茎盤部に残存することにより発病が抑制するものと考えられる。また、同部位での残存率の高さと期間の長さからみて、20倍液を用いるときももっとも高い効果を示すと考えられた。

(3) 本畑の土壤消毒

1) 実験方法

土壤消毒はクロロピクリン剤を灌水器で注入した。灌注量は3cm/30×30cmとした。久保氏ほ場では、灌注を1974年4月19日に行い、5月3日にガス抜きをし、5月10日に苗を移植した。植崎氏ほ場では、5月3日灌注、5月12日ガス抜き、5月17日移植をした。耕種法その他は前項と同じである。

2) 実験結果

結果をTable 50に示した。両ほ場ともクロロピクリン剤による本畑の土壤消毒効果は認められなかった。

Table 50. Effect of soil sterilization of main field by chloropicrin on the incidence of basal rot of onions (Furano, 1974)

Field ^{a)}	Soil Sterilization	% of basal rot onions		
		1 block	2 block	Avr.
Kubo	Chloropicrin ^{b)}	42.0	39.8	40.9
	Control	33.1	39.3	36.2
Uesaki	Chloropicrin ^{b)}	60.7	51.3	56.0
	Control	55.1	49.3	52.2

a) See Table 44.

b) Three ml/30×30cm, treated before transplanting.

(4) 生育期の薬剤土壤灌注

1) 実験方法

薬剤はベノミル50%水和剤1,000倍液を供試した。久保氏ほ場では6月17日より、植崎氏ほ場では6月27日より、およそ7日間隔でそれぞれ6回、10a当り2,000ℓの割合でタマネギの株元に如露で灌注した。

2) 実験結果

結果をTable 51に示した。両ほ場ともベノミル剤の土壤灌注により発病が抑制された。

Table 51. Effect of pouring of benomyl at the base of onion on the incidence of basal rot of onions (Furano, 1974)

Field ^{a)}	Pouring of benomyl ^{b)}	% of basal rot onions at harvest		
		1 block	2 block	Avr.
Kubo	Benomyl-50W	28.0	27.2	27.6
	Control	33.1	39.0	36.2
Uesaki	Benomyl-50W	32.9	43.4	38.2
	Control	55.1	49.3	52.2

a) See Table 44.

b) 0.1 % of aqueous suspension of benomyl-50W were poured at the base of bulb 6 times during cropping season of onions.

(5) 各種薬剤処理の組み合わせによる防除

苗床の土壤消毒、苗の浸漬消毒、本畑の土壤消毒、生育期の薬剤灌注の各処理を組み合わせたときの防除効果について検討した。

1) 実験方法

ほ場、薬剤処理などは、前項までに行った実験と同じである。

2) 実験結果

結果をTable 52, 53に示した。4種の薬剤処理法を組み合わせたときの効果を比較すると、両ほ場を通じて防除効果が認められたのは、苗の浸漬消毒を含む処理区で、これを欠く他の3処理はいずれの組み合わせでも効果が認められなかった。

Table 52. Effect of combination of various treatments on incidence of basal rot of onions (Furano, 1974)

Sterilization of nursery bed ^{a)}	Dipping of seedling ^{b)}	Sterilization of main field ^{c)}	Pouring of benomyl ^{d)}	% of basal rot onions ^{e)}	
				Kubo's field ^{f)}	Uesaki's field ^{f)}
+ ^{g)}	+	+	+	9.9	19.9
+	+	+		13.0	30.6
+	+		+	17.0	15.9
+	+			15.8	20.5
+		+	+	25.9	76.0
+		+		40.4	55.0
+			+	32.4	39.5
+				38.4	44.9
	+	+	+	6.9	19.2
	+	+		17.0	26.8
	+		+	9.8	9.2
	+			17.3	18.1
		+	+	30.8	55.3
		+		40.9	56.0
			+	27.6	38.2
				36.2	52.2

- a) Treated by methylbromide (Kubo's) or chloropicrin (Uesaki's), see Table 45.
- b) Seedlings were dipped into 5% aqueous suspension of benomyl-50W for 5 minutes at transplanting.
- c) Treated by chloropicrin, see Table 50.
- d) One per cent of aqueous suspension of benomyl-50W were poured. See Table 51.
- e) Field conditions are showed in Table 44.
- f) Average of 2 blocks f) Conditions of both fields are showed in Table 44.
- g) + shows that treatment was carried out.

Table 53. Significant test of effect of combination of various treatments on the incidence of basal rot of onions

Combination of treatments	Kubo's	Uesaki's
One factor	A	ns
	B	**
	C	ns
	D	**
Two factors	A×B	ns
	A×C	*
	A×D	ns
	B×C	ns
	B×D	*
	C×D	*
Three factors	A×B×C	ns
	A×C×D	ns
	B×C×D	ns
	A×B×D	*
Four factors	A×B×C×D	ns

- a) See the notes of Table 52.
- A : Soil sterilization of nursery bed
- B : Seedling disinfestation by benomyl
- C : Soil sterilization of main field
- D : Pouring of benomyl at the base of bulb.
- ** , *) Significant at 1% and 5% level, respectively.
- ns) No significance.

3. 採種畑における乾腐病の防除

本畑における乾腐病の防除は、苗の浸漬消毒によって可能であることが知られたので、採種についてもこの方法に準じ、定植時に母球の浸漬消毒を行ったときの効果について検討した。ほ場は前記の富良野市久保氏ほ場のほか、北見市の一般農家の採種畑である。

(1) 母球の浸漬消毒による防除効果

1) 実験方法

母球の消毒は、定植時に展着剤を加用した所定濃度のペノミル水和剤に3～5分間浸漬して行った。実験は、1975年と1976年の両年に行った。1975年に久保氏ほ場で行った実験の有傷処理は、茎盤の基部からナイフを用いて根を切除したものである。他は無傷のまま薬剤処理した母球を定植した。種子収量は、粗収量、水選種子量を調べた。栽培管理などは慣行法によった。

2) 実験結果

結果を Table 54, 55 に示した。ベノミル剤による母球の浸漬消毒は、無処理に対比し発病率が低く、本病に対して防除効果のあることが知られた。処理濃度については、高濃度ほど効果が高く50~100倍で安定して良好な結果を示したが、200~400倍では効果が不安定であった。本病の防除によって種子収量は著しく増加した。

Table 54. Effect of dipping of mother onions into benomyl at planting on incidence of basal rot of onions in seed farm (Furano, 1975 and 1976)

Conc. of benomyl-50W	% of basal rot onions at harvest		
	1975-A ^{a)}	1975-B ^{a)}	1976 ^{b)}
2.0 %	32.0**	18.0**	16.7**
1.0	32.0**	38.0**	21.1**
0.5	52.0*	46.0*	36.7**
0.2	68.0	64.0	—
Control	74.0	66.7	71.1

a) Planted on Apr. 23, harvested on Sep. 5. 25 onions were examined for 1 block. Average of 2 blocks. In 1975-B, the stemplates of lower part of the mother onions were cut at planting.

b) Planted on Apr. 22, harvested on Sep. 1. 30 onions were examined for 1 block. Average of 3 blocks.

** , *) Significant at 1% and 5%, respectively.

Table 55. Effect of dipping of mother onions into benomyl at planting on the incidence of basal rot and yield of onion seeds (Kitami, 1976)

Conc. of benomyl-50W	% of basal rot onions ^{a)}	Yield of seeds ^{b)} (g/50 plants)	
		Crude	Selected with water
2.0 %	10.0	350.0	275.6
1.0	34.0	253.0	202.1
0.5	22.0	287.0	212.3
0.25	52.0	211.5	142.6
Control	68.0	186.1	142.4

a) Incidence on Aug. 7. b) Harvested on Sep. 7.

(2) 母球におけるベノミル剤の残効

1) 実験方法

富良野市の本病多発畑（久保氏ほ場）で直播、密植栽培して収穫した小母球（オニオンセット）を、所定濃度のベノミル剤に3分間浸漬し、殺菌人工培土をつめた素焼鉢（直径15cm）に定植、その後温室内で栽培して30日後と87日後に茎盤から *F.oxysporum* の分離を試みた。各区30~50球を供試した。

2) 実験結果

結果を Table 56 に示した。無処理区においては定植30日後に *F.oxysporum* の分離率は98%であったが、50倍浸漬区で分離されなかった。87日後には無処理区の100%に対し、18%であった。従って、本剤の母球の茎盤における効果は80日前後まで持続するものと考えられる。

Table 56. Residual effect of benomyl in stemplate of mother onion (1978)

Concentration of benomyl-50W ^{a)}	Residual effect ^{b)}	
	30 days ^{c)}	87 days ^{c)}
2.0 %	0 %	18 %
0.2	10	54
None	98	100

a) Mother onions were dipped into aqueous solution of benomyl at planting.

b) Showed by percentage of the stemplates from which *F.oxysporum* isolated.

c) Days after planting.

4. 小 結

タマネギ乾腐病に対する防除対策を確立するため、前章までの本病の発生生態に関する研究に基づいて、それぞれの感染場面に応じ、種子消毒、苗床消毒、苗の浸漬消毒、本畑土壌消毒、生育期の薬剤灌注、母球の浸漬消毒などの各種対応策を試みた。

その結果、ベノミル・TMTD 剤による種子消

毒は、本病による苗立枯を防止し、苗立率を高めた。

本畑における乾腐病防除については、ベノミル水和剤による移植苗の浸漬消毒が卓効を示すことが明らかとなった。この方法は、適量の展着剤を加えた所定濃度のベノミル50%水和剤の懸濁液に、苗の茎盤～根部を浸漬するものである。処理後、苗を軽く振って余分の薬液を除去し本畑に移植する。濃度は20～100倍で効果がみられたが、20倍液がもっとも安定した効果を示した。この場合のベノミル剤の茎盤における残存は移植後70日前後に及んだ。従って、本処理による乾腐病の防除は、保菌苗に対してのみならず、本畑土壌からの感染に対しても効果を示すものと考えられた。なお、

ベノミル剤に β -インドール酪酸（市販「オキシベロン」、成分量0.4%）を500～1,000倍の濃度で添加することにより、更に防除効果が高まった。

採種タマネギの乾腐病防除については、定植時の母球浸漬消毒が効果を示し、この場合にはベノミル50%水和剤の50～100倍で効果が高かった。これにより種子収量は著しく増加した。この母球消毒による防除効果は、アイリス^{8,10,13)}、チューリップ⁶⁹⁾、ラッキョウ⁶⁶⁾、その他^{9,52)}の球根類の各種フザリウム病におけるベノミル剤を用いた種苗消毒の効果に類似する。

以上のことから、タマネギ乾腐病に対し、ベノミル剤を用いた防除対策を明らかにし、これが実用化されている。

IX. 総 合 考 察

タマネギ乾腐病は、1914年に HANZAWA¹⁷⁾が北海道で初めて記録した病害であるが、長らくタマネギの重要病害とされることはなかった。しかし、1971年以降、本病の発生が目立ち始め1973年には北海道の主要タマネギ栽培地帯の全域に発生し、特に富良野地方においては平均発病株率が38%に達し甚大な被害を受けた。このため本病の防除対策の確立が強く要望された。

本研究においては、タマネギ乾腐病の発生実態を明らかにし、伝染源や感染、発病について追究し、これに基いて防除法を確立するに至った結果をとりまとめた。

まず本病の発生分布についてみると、北海道の中心部である富良野市以西で発生が多く、気候の冷涼なタマネギ栽培地帯である北見地方では発生が少ない。これは全体として本病の発生が富良野地方のなかでも認められることで、タマネギ栽培期間の気温の推移が北見地方に類似する同地方の高台地区では本病の発生が少ない。

連作と本病の発生の間には一定の関係は認められなかったが、Abawi & Lorbeer²⁾も同様の報告をしている。水田転換畑のような全くの新畑においても本病が発生する事例があるが、これは後に記すように苗床からの保菌苗の持ち込みによる。

本病はタマネギが苗床に生育している子苗時代から本畑に移植後の全生育期を通じて発病する。苗床と本畑における症状は、茎盤部の褐変と下葉の萎ちょう症状が共通している。採種タマネギの発病は、従来の記載はほとんどないが、本畑における乾腐病の末期症状と同じく、下葉の著しい萎ちょうを特徴とする。

タマネギ罹病部からは、*Fusarium* 菌が高率で分離され、その形態的特徴から *F. oxysporum* と同定される。分離菌のタマネギに対する病原性を、従来の苗立枯法、母球接種法に加えて茎盤及び鱗片に対する接種により調べたところ、いずれの方

法によっても病原性のあることが知られた。特に鱗片接種は、簡便かつ迅速に病原性の判別ができた。*F. oxysporum* の分化型を決定する上で、寄主範囲と他の分化型との相互比較は極めて重要な判別基準である⁴⁹⁾。これについて Abawi⁴⁾ は、カタバミ (*oxalis*)、スベリヒユ (*purslane*)、シロザ (*pig weed*)、から分離した *F. oxysporum* のタマネギに対する病原性を調べ、カタバミからの分離菌は *F. oxysporum* f.sp. *cepae* と同一菌であり、しかもカタバミに対しては不顕性感染 (*symptomless infection*) をするとした報告があるのみである。本研究においては、タマネギ乾腐病菌がタマネギとネギのみを侵し、他の5科28種の植物に病原性を示さないことを明らかにした。また、近縁ユリ科植物から分離された *F. oxysporum* はタマネギに病原性を示さなかった。以上の結果より、近年北海道に発生しているタマネギ乾腐病の病原菌は、*F. oxysporum* f.sp. *cepae* であることが確かめられた。

つぎに本病の伝染源について検討した。タマネギ種子が *F. oxysporum* を保菌することは、Gordon¹⁴⁾ がすでに報告しているが、f.sp. *cepae* か否かについては明らかにしていない。そこで道内各地より採集したタマネギ種子について保菌調査をしたところ、多くの種子から *F. oxysporum* が検出され、この中には f.sp. *cepae* が含まれていた。種子で本菌が生存する期間は長く、5年に及んだ。土壤中における f.sp. *cepae* の生態については Abawi & Lorbeer²⁾ 報告に詳しい。本研究においては、乾腐病菌が苗床、本畑ならびに採種畑の土壤中に存在し、本病の伝染源となることを確かめた。しかし土壤中に存在する菌量の多少と、ほ場 (本畑、採種畑) の乾腐病の発生程度の間には、一定の関係がみられなかった。Abawi & Lorbeer²⁾ によると、土壤中の f.sp. *cepae* の菌量は、過去に本病が認められなかったほ場や本病発生の少なかったほ

場に較べると、例年乾腐病の多発するほ場では多いとしたが、実際に示している数からみると差があるとは認めがたい。更に、タマネギ生育期間中の菌量には顕著な季節的変動もみられなかった。従って本病にあっては、ラッキョウ乾腐病で示されたような⁶⁶⁾、菌密度の急激な上昇が本病の感染、発病につながるとは考えられなかった。タマネギ畑の土壤中から検出される *F. oxysporum* 中に占める *f.sp. cepae* の比率は10~30%の間にあり、この点については Abawi & Lorbeer の報告に一致した。保菌植物について調べたところ、本病激発地に自生するシロザの胚軸部から高頻度で *F. oxysporum* が分離され、このうち70%がタマネギに対して病原性を示した。更に同じほ場に各種植物を播種した実験から、キュウリなど7種の植物が保菌植物となる可能性が示された。以上の結果から、タマネギ乾腐病の伝染源は、保菌植物も含め広く土壤中に存在することが明らかになった。

つぎに、乾腐病の感染と発病について検討した。まず本病の発生消長についてみると、苗床における発病率は極めて低く0.1%をこえることは稀である。移植後本畑における発病は、6月上旬に認められ8月中~下旬に急増する。これは本病の発病適温が24~28℃にあるためであることは本研究によっても認められ、苗床における発病が低率なのは、育苗が3~4月の低温期間に行なわれるためにほかならない。この点については、石坂²⁷⁾も同様の意見を述べている。また本研究により、本畑における発病は、苗床で感染した保菌苗が発病する場合と本畑土壌からの感染の2つの経路があることが知られた。つぎに畑における感染について検討するため、茎盤とその付近の組織における病原菌の動向について調べた。まずこの部位から *F. oxysporum* の分離を試みたところ、昇汞アルコールによって表面殺菌した組織でも、移植時にすでに20~50%の個体の茎盤から本菌が分離され、分離率はほ場における発病株率よりはるかに高かった。また分離菌の50~100%が *f.sp. cepae* であった。そこで茎盤とその付近の組織解剖観察を行って、病原菌の侵入を経時的に観察した。その結果、移植後2週間では、生根周辺部に菌が付着す

る個体率は46%に達し、茎盤から根が突出する際に生じると認められる皮層死組織における保菌率は18%であった。3週間後になると、このほかに死根組織における保菌率が高まった。一方、根の生組織における保菌率は、タマネギの全生育期間を通じて低かった。これは生根からも乾腐病菌が侵入する頻度が高いとした従来の報告^{3,58)}とは一致しないが、これは従来の報告が菌密度の著しく高い条件で人為的に接種したためと推測される。従って、自然条件下における乾腐病の感染は、茎盤から根が突出する際に生じる皮層の死組織あるいは死根の組織で菌糸が増殖し、ついで茎盤柔組織にまん延することが明らかになった。なお、肉眼的に病徴を認めない健全株にあっても、茎盤柔組織内に菌糸がまん延し、組織解剖的には本病の初期病徴と見て差支えない個体が、8月中旬には30%に及んでいた。これは、これらの鱗球が翌年採種用の母球として定植されるときに、保菌母球となることを示す。本研究でも、無病土で採種母球の発病する事実が認められ、このことが裏付けられた。従って、採種畑における発病は、保菌母球と土壌伝染によることが明らかにされた。以上の研究から明らかにされたタマネギ乾腐病の伝染経路は、Fig. 21 に示した通りである。

タマネギ乾腐病の発生環境のうち、高温が発病に適することはすでに Walker & Tims⁶⁷⁾ が報告しており、本研究においてはこれを追認したにすぎない。土壌の低水分が本病の発病を促進するとする本研究の結果は、最近の土壌肥科学的分野からの結果^{19,56)}と一致した。しかし窒素施肥の多用による塩類濃度障害が本病の多発をもたらすとする岩瀬²⁸⁾の報告は、本研究においては追認できなかった。他の微生物と乾腐病の関係については、本研究により紅色根腐病菌が乾腐病菌とは独立にタマネギを侵すことが明らかになり、乾腐病罹病部(茎盤及び鱗葉)にほとんど常に随伴するダニは、単独ではタマネギを侵さず、本病の病斑拡大の助長していることが明らかにされた。これは他の *Fusarium* 病における菌とダニの関係^{73,102)}に類似した。

これまでに述べた本病の発生生態に関する研究

に基づき、薬剤による防除に関する実験を行った。すなわち、種子消毒、移植苗の消毒、本畑土壌消毒、生育期のタマネギへの薬剤土壌灌注などを検討した。その結果、本畑における乾腐病を防ぐには、ベノミル水和剤を用いた苗の浸漬消毒が高い効果を示すことが明らかになった。本処理により初期生育の抑制される場合があるが、収穫時まで影響を及ぼすことはない。本処理によりベノミル剤は茎盤に残存し、その残効は移植後70日前後までみられた。このことは苗の浸漬消毒による防除が、苗床からの保菌苗に対する消毒効果はもとより、

本畑土壌からの感染に対しても効果があるものと考えられた。なおベノミル剤に β -インドール酪酸剤（市販「オキシベロン」、成分量0.4%）を500~1,000倍で添加することにより更に防除効果が高まった。一方、採種タマネギの乾腐病防除についても、定植時の母球の浸漬消毒が有効で、この場合にはベノミル剤の50~100倍液で効果が高かった。この方法により採種畑における本病の発生は軽減され、種子収量は著しく増加した。以上により、タマネギ乾腐病に対する防除対策が確立され、この技術は広くタマネギ農家に普及するに至った。

X. 摘 要

本論文はタマネギ乾腐病とその防除に関する研究をとりまとめた。

1. 病 徴

本病は、タマネギの子苗時代から本畑における全生育期を通じて発病する。その病徴は、茎盤部の褐変と下葉部の萎ちょう症状を共通の特徴とする。採種タマネギの症状も同様であるが症状の激しいものでは花茎も萎ちょうする。病斑部には、ダニやハイジマハナアブの幼虫の寄生を伴うことがおおい。

2. 発生実態と被害

(1) 本病の発生は、1911年に北海道で初めて記録され、その後道内各地で散発していたが、1971年以降は全道的に発生している。

(2) 発生分布をみると、富良野以西の栽培地帯に多く、北見地方においては少ない。

(3) 栽培年数との関係は明らかでなく、水田転換畑のような新畑でも発生する。

(4) 苗床を本畑として再利用した部分においては、本病の発生率はとくに高い。

(5) 採種タマネギの乾腐病の発生も、道内全域にわたってみられる。

(6) 本病の本畑における被害は、発病株率がほぼ減収率に等しくなる。採種タマネギの発病は、種子収量の著しい低下をもたらした。

3. 病 原 菌

(1) 各生育期の本病罹病部からは、*Fusarium oxysporum*が優占的に分離された。

(2) これらの分離菌は、各種の接種法によりタマネギに対して病原性を示した。

(3) 本菌は、タマネギとネギに対してのみ病原性を示し、他の5科28種の植物には病原性を示さなかった。

(4) タマネギ近縁の各種植物から分離される*F. oxysporum*のうち、ネギ萎ちょう病菌のみがタマネギを侵し、他の菌株はタマネギに病原性を示さなかった。

(5) 以上の結果より、タマネギ乾腐病の病原菌を*F. oxysporum* f.sp. *cepae*と同定した。

4. 伝 染 源

(1) 種子がタマネギ乾腐病菌を保菌していることが知られた。

(2) 本菌は苗床、本畑、採種畑の各土壤中に存在するが、乾腐病の発生の多少や、季節による菌量の違いはみられなかった。

(3) 本菌はタマネギ畑の主要雑草であるシロザに不顕性感染をしており、そのほかキュウリなど数種の植物が保菌可能なことが明らかとなった。

5. 発生消長及び感染と発病

(1) 苗床における本病の発生率は極めて低い。

(2) 本畑における本病の初発生は6月上旬に認められ、その後病株率は緩慢に増加し、8月中～下旬に急増する。採種畑においてもほぼ同様の消長を示すが、急増期は本畑より早まる。

(3) 本畑における発病には、苗床で感染した保菌苗と、移植後の土壤感染の二つの経路がある。

(4) 本畑のタマネギ茎盤部からは、病徴発現に先立ち高率の*F. oxysporum*が分離され、この中にはf.sp. *cepae*が含まれていた。

(5) 組織解剖観察により病原菌の侵入について調べた結果、自然条件下にあっては本病病原菌は、生育過程で生じる死組織あるいは死根組織で増殖

し、ついで菌糸が健全な茎盤柔組織に蔓延して発病に至るものと考えられた。

(6) 採種タマネギの発病は、保菌母球が発病する場合と定植後の土壤伝染による発病の2つの経路がある。

(7) 以上の結果に基づき、本病の伝染経路を推定した。

6. 発生環境

(1) 本病は高温（24～28℃）および土壤の乾燥により発病が促進される。

(2) 窒素施用量と本病発生との関係は明らかでなかった。

(3) 乾腐病菌は、紅色根腐病菌とは独立にタマネギを侵すものと考えられた。

(4) 乾腐病の病斑部に随伴するダニは、タマネギが本病に罹病したのち茎盤部を食害し、病徴を著しくすることが知られた。

(5) 移植期が異っても本病の発生は変わらず、ま

た輪作によっても本病は軽減しなかった。

7. 防除法

(1) 種子消毒により本病の苗立枯は減少した。

(2) 本畑における防除は、ベノミル50%水和剤による移植苗の浸漬消毒が最も有効であり、濃度は20倍液で安定した効果が得られた。この場合の茎盤における本剤の残効は70日前後に達した。β-インドール酪酸の併用は、防除効果を更に高めた。

(3) ベノミル剤を用いた母球の浸漬消毒により、採種タマネギの本病発生が減少し、タマネギの種子収量は著しく増加した。

以上の研究結果より、タマネギ乾腐病の発生実態、病原菌、伝染源、感染と発病及び発生環境の一部を明らかにし、これに基づいて本病の防除対策を確立し、これが実用に移された。

引用文献

- 1) Abawi, G. S. and J. w. Lorbeer(1967). Reaction of selected onion varieties to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Pl. Dis. Reprtr. 55: 1000-1004.
- 2) ————— (1971). Population of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* in organic soils in New York. Phytopathology 61: 1042-1048.
- 3) ————— (1971). Pathological histology of cultivars infected by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Phytopathology 61: 1164-1169.
- 4) ————— (1972). Several aspect of the ecology and pathology of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Phytopathology 62: 870-876.
- 5) Agnostopoulus, P. T. (1932). Some diseases of fruit trees, vegetables and flowers caused by *Fusarium* sp. in Greece, 23 pp. Athens, Greece.
- 6) Ann. report of the Department of Agriculture, Tanganica, 1959 (Part 2), 85 pp. (1958).
- 7) Booth, C. (1971). The Genus *Fusarium*. 237 pp. C. M. I. kew, England.
- 8) Could, C. J. and V. L. Miller (1970). Effectiveness of benzimidazole fungicides in controlling *Fusarium* basal rot of bulbous iris. Pl. Dis. Reprtr. 54: 235-239.
- 9) ————— (1970). Effectiveness of benzimidazole fungicides in controlling *Fusarium* basal rot of narcissus. Pl. Dis. Reprtr. 54: 377-380.
- 10) ————— (1971). Improved control of *Fusarium* basal rot of iris with benomyl and thiabendazole. Pl. Dis. Reprtr. 55: 425-427.
- 11) Davis, G. N. and W. J. Henderson (1937). The interaction of the pathogenicity of a *Phoma* and a *Fusarium* on onions. Phytopathology 27: 763-772.
- 12) du Plessis, S. J. (1937). Pink root and bulb rot of onions. Farming in South Africa 9 (95): 70.
- 13) Forsberg, J. L. (1970). A comparison of the effects of thirum and benomyl used as gladiolus corm treatment. Pl. Dis. Reprtr. 54: 289-290.
- 14) Gordon, W. L. (1952). The occurrence of *Fusarium* species in Canada (3). Taxonomy of *Fusarium* species in the seed of vegetable, forage, and miscellaneous crops. Can. J. Botany 32: 567-590.
- 15) Gorenz, A. M., R. H. Larson and J. C. Walker (1949). Factors affecting pathogenicity of pink root fungus of onions. Jour. Agr. Res. 78: 11-18.
- 16) Hansen, H. N. (1929). Etiology of the pink-root disease of onions. Phytopathology 19: 691-704.
- 17) Hanzawa, J. (1914). *Fusarium Cepae*, ein neuer Zweibelpilz Japans, sowie einige andere Pilze an Zweibelpflanzen. Mycologisches Centralblatt 5: 4-13.
- 18) 半沢洵 (1915). 札幌村に発生せし玉葱の腐敗. 北海道農会報 15 (1): 1-2.
- 19) 東田修司・大崎玄佐雄 (1982). 北見地方のタマネギ土壌病害(乾腐病)に関する実態調査. 道農試集報 47: 31-38.
- 20) 北海道農業試験場 (1961). 北海道農業試験場土性調査報告, 第11編, 258 pp.
- 21) 北海道農会 (1911). 玉葱の病害発生. 北海道農会報 11 (128): 405-406.
- 22) 北海道立上川農業試験場 (1970). タマネギ乾腐病の発生要因と防除対策試験 (昭和49年度, 中間成績) 67 pp.
- 23) Imle, E. P. (1942). Bulb rot disease of lilies. American Lily Yearbook 30: 30-41.
- 24) 井上寿・菅原之雄・児玉不二雄 (1975). タマネギ乾腐病菌による腐敗とネグニの寄生との関係について. 北日本病虫研報 26: 79.
- 25) 石坂信之・内記隆・柳田駿策 (1975). *Rhizoctonia solani* によるタマネギの苗立枯病について. 日

- 植病報 41: 272.
- 26) ——— (1976). タマネギ乾腐病の発病に及ぼす温度の影響. 日植病報 42: 346.
- 27) ——— (1977). タマネギ乾腐病の発病に及ぼす温度の影響 (2). 日植病報 43: 107.
- 28) 岩淵晴郎・多賀辰義・相馬暁 (1978). 施肥並びに土壤水分条件が春播タマネギの生育, 収量, 貯蔵性に及ぼす影響. IV. 生育初期における濃度障害と乾腐病発生の関係. 道農試集報 39: 27-33.
- 29) Jones, H. A. and L. K. Mann (1969). Onions and their allies. Interscience Publishers, New York.
- 30) Kehr, A. E., M. J. O'Brien and E. W. Davis (1962). Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and its interaction with *Pyrenochaeta terrestris* on onion. *Euphytica* 11: 197-208.
- 31) 岸国平 (1976). 保菌種子をめぐる諸問題. 植物防疫 30: 27-30.
- 32) 児玉不二雄・石坂信之・高桑亮・斉藤泉 (1974). タマネギ乾腐病の病原菌について (予報). 日植病報 41: 124.
- 33) ———・小山睦寛・高桑亮 (1974). 北海道におけるタマネギ乾腐病の発生について. 北日本病虫研報 25: 33.
- 34) ———・菅原之雄・横山竜夫 (1976). *Pyrenochaeta terrestris* によるタマネギの紅色根腐病 (新称) について. 日植病報 42: 320-321.
- 35) ———・斉藤泉・高桑亮・小餅昭二 (1976). タマネギ乾腐病の発生推移と品種間差異. 北海道園芸研究談話会報 9: 20-21.
- 36) ———・———・高桑亮 (1977). タマネギ乾腐病の発生生態と防除. 植物防疫 31: 229-233.
- 37) ——— (1977). 北海道におけるタマネギの病害. 北農 44: 1-13.
- 38) ——— (1977). *Fusarium oxysporum* によるネギ萎ちょう病 (新称). 日植病報 43: 340.
- 39) ——— (1980). 作物のフザリウム病 (松尾卓見ら編), p. 488, 全国農村教育協会, 東京.
- 40) 駒田旦 (1975). *Fusarium oxysporum* の選択分離培地とその利用. 植物防疫 29: 125-130.
- 41) ——— (1976). 野菜のフザリウム病菌, *Fusarium oxysporum* の土壤中における活性評価技術に関する研究. 東海近畿農試研報 29: 132-269.
- 42) 小餅昭二 (1980). タマネギ新品種「フラヌイ」. 農業技術 35: 19-21.
- 43) Kreutzer, W. A. (1941). Host-parasite relationships in pink root of *Allium cepae*. The action of *Phoma terrestris* on *Allium cepae* and other hosts. *Phytopathology* 31: 907-915.
- 44) Link, G. K. K. and A. Bailey (1926). Fusaria causing bulb rot of onions. *J. Agr. Research* 33: 929-952.
- 45) Lorbeer, J. W. and K. W. Stone (1965). Reaction of onions to *Fusarium* basal rot. *Pl. Dis. Repr.* 49: 533-526.
- 46) Melhus, I. E. and W. J. Henderson (1936). Yellow dwarf and other diseases in Iowa. Botany and Plant Pathology Section. *Ann. Rept. Iowa Agr. Exp. Stn.* 1936: 104.
- 47) Marlett, R. B. (1958). Onion *Fusarium* basal rot in Arizona. *Pl. Dis. Repr.* 42: 667-668.
- 48) 松尾綾男 (1976). 野菜の病害虫 (岸国平編), p. 318-319, 全国農村教育協会, 東京.
- 49) 松尾卓見 (1965). 土壤病害の手引, p. 57-67. 日本植物防疫協会, 東京.
- 50) 成田武四 (1980). 北海道農作物病害綜覧, p. 367-377. 北海道植物防疫協会, 札幌.
- 51) Palo, M. A. (1928). A *Fusarium* causing bulb rot of onions in the Philippines. *Philippine Agriculturist* 17: 301-316.
- 52) Paulus, A. O., S. Besemer, F. Shibuya and J. Nelson (1970). Fungicide and dipping interval for control of *Fusarium* corm rot of *gldiolus*. *Pl. Dis. Repr.* 54: 689-691.
- 53) Proceedings published on behalf of onions and carrots Eucarpia Meeting. Research Institute of Vegetable Crops, Skirnievice, Poland.
- 54) Pugsley, A. T. (1938). Root rot of onions. *Jour. Dept. Agr. Vict.* 36: 320.
- 55) Retig, N., A. F. Kust and Gabelman (1970). Greenhouse and field tests for determination of the resistance of onion lines to basal rot. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 422-424.
- 56) 相馬暁・岩淵晴郎・平井義孝・多賀辰義 (1976). 施肥並びに土壤水分条件がタマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす影響. II. 土壤水分及び窒素用量が生育・収量に及ぼす影響. 道農試集報 35: 42-52.
- 57) Snyder, W. C. and H. N. Hansen (1940). The species concept in *Fusarium*. *A. J. Botany*

- 27: 64-67.
- 58) Shalaby, G. I. and B. E. Struckmeyer (1966).
The mode of entrance of the *Fusarium* rot fungus into the bulb of onions. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 89: 439-442.
- 59) 菅原之雄・岩田勉 (1974). タマネギ乾腐病の発病初期に関する一考察. *北日本病虫研報* 25: 34.
- 60) ——— (1975). 玉葱栽培と乾腐病の被害実態並びに防除に関する試験. pp. 51. 富良野農協, 富良野市, 北海道.
- 61) Szatala, O. (1964). *Fusarium* rot of onions in Hungary. *Ann. Inst. Prot. Plant. Hung.* 9: 301-311.
- 62) 多賀辰義・岩淵晴郎・平井義孝・相馬暁 (1977). 施肥並びに土壤水分条件が春播タマネギの生育, 収量・貯蔵性に及ぼす影響. III. 現地施肥実態と窒素施肥改善. *道農試集報* 36: 42-52.
- 63) 高桑亮・児玉不二雄・石坂信之・斉藤泉 (1975). タマネギ種子の保菌状況. *日植病報* 41: 262-263.
- 64) ———・石坂信之・児玉不二雄・斉藤泉 (1977). タマネギ乾腐病の寄生範囲. *日植病報* 45: 479-481.
- 65) 遠山明・油木武義 (1975). 鳥取県の砂丘畑に発生するラッキョウの腐敗と *Fusarium* 属菌およびネダニとの関係. *日植病報* 41: 97.
- 66) ——— (1980). ラッキョウ乾腐病に関する研究. 鳥取野菜試特別研究報告, 第1号: 1-56.
- 67) Walker, J. C. and E. C. Tims (1924). A *Fusarium* bulb rot of onion and the relation of environment to its development. *Jour. Agr. Research* 28: 683-694.
- 68) 八楯利郎 (1975). 北海道のタマネギ. pp. 590. 農業技術協会, 江別, 北海道.
- 69) 山田員人・尾添茂 (1973). チューリップ球根腐敗病に対するベノミル剤の浸漬消毒効果. *中国農業研究*, 46: 73-77.
- 70) ——— (1974). チューリップ球根腐敗病の発生に対するネダニの役割について. *近畿農業研究* 48: 77-81.
- 71) 山本勉・上原等 (1972). ネギ, タマネギの苗立枯病とその防除. *植物防疫* 26: 153-156.
- 72) 米山伸吾 (1968). チューリップ球根腐敗病 (立枯病) に対する防除試験. *茨城園試臨時報告* 1: 1-64.
- 73) 湯浅光一・藤本光代・野村健一 (1977). タマネギに寄生する *Gomphonadina* 属の一種. 第21回日本応用動物昆虫学会大会予稿集: 55.

Studies on Basal Rot of Onion Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and its Control

Fujio KODAMA*

Summary

Onion plants were introduced from the United States of America into Japan in 1871 and the plants were started as a commercial culture in Hokkaido during 1880 to 1890. The area planted in onion is 28,000 ha in Japan, and Hokkaido prefecture comprizes about 40% of this.

Transplanting of the seedling grown in the nursery bed into the main field is applied by the farmers in Hokkaido. Variety of onion cropped in Hokkaido is "Sapporo-Ki" of which origin was "Yellow glove Danvers" introduced from U. S. A..

So far about 20 diseases of onions are known in Japan. Of them basal rot of onions caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* was first recorded in Hokkaido in 1914.

Though the disease had not been serious for many years, it broke out severely in Furano, Sorachi and Ishikari district of Hokkaido in 1973. Because the diseased onion in the main field entirely lost its commercial value, the control method was in keen demanded by the farmers.

The present report described on the ecology of the disease in the nursery bed, the main field and the seed farm, and the control method of the disease.

The symptoms

The disease can be found in the nursery bed, in the main field and seed farm. Browning of the stemplate and wilting of the lower leaves of the plant is common character of the symptoms.

Onion seeds are planted in the middle March. Pre- or post- emergence damping off of onions caused by *F. oxysporum* f. sp. *cepae* occurs in the nursery bed. The diseased seedlings shown basal rot are found at the stage of 3 to 4 leaves of onions. But the incidence is very low.

The seedlings of onions are transplanted in early May. Incipient symptom of the diseased plant in the main field is curving of lower leaves. The leaves become yellow and wilt in turn. The stemplate of the diseased plant are browning. The bottom of bulb are rot after the bulbing stage of onion.

Mother onions are planted in late April. The disease can be observed at the flowering stage of onion in late June. In early July the symptom become very conspicuous, that is, the lower leaves are wilted

* Present Address : Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan

drastically. The stemplate of the diseased plant are rotted. The tissue of the stemplate and scales of severely infested onion decays or collapses. Yield of seeds of the diseased plant is very poor comparing with that of healthy one.

A kind of bulb mite, *Caloglyphus* sp., and larvae of a lesser bulb fly, *Eumereus strigatus*, accomanies in the stemplate of the diseased onion plant.

Pathogen

F. oxysporum was dominantly isolated from the stemplate or the scales of onion plants which showed various symptoms such as damping off in the nursery bed or basal rot in the main field.

The various inoculation tests showed the isolates from the diseased onion were pathogenic to onions. In a host range test the fungus was found very specific its pathogenisity to the onion plant and Welsh onion, and had no pathogenisity to the plants of 28 species ranged 5 families. Of 6 forma speciales of *F. oxysporum*, the isolates from onion and Welsh onion were pathogenic to the onion plant.

Source of infection

The seeds of onions carried the causal fungus. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* occurred in soil of the nursery bed, the main field and the seed farm. The population of the propagules of the fungus were not different by the history of the incidence of the disease, and that of seasonal change were not conspicuous. Pig weeds which are the most popular weed in the onion field carried *F. oxysporum* f.sp. *cepae* without showing any symptom. Cucumber and so others may carry *F. oxysporum* f.sp. *cepae* in the field.

Infection and disease development

The incidence of the diseased seedling were very low in the nursery bed. The diseased onion in the main field first observed in late May to early June. The incidence in the main field gradually increased after this period, and remarkably increased in the middle to late August. Such a seasonal fluctuation of the incidence were recognized in the seed farm. In this case, remarkable increasing period was a little earlier than in the main field.

The onion plants were infected by *F. oxysporum* f.sp. *cepae* both in the nursery bed and in the main field. *F. oxysporum* isolated from the stemplates of onions which showed no symptoms such as browning of the tissue of the plate. Considerable percentage of the isolates from these stemplates were *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.

Microscopical observation showed that, under the field condition, the causal fungus at first colonized the dead tissue of the cortex or dead roots which were produced during the growth of onion, and then hyphae of the fungus spread into the parenchyma of the stemplate of onion.

The diseased onions in the seed farm were derived from both the mother onions which had carried the causal fungus and the ones which were infected by the fungus in soil of the seed farm. The disease cycle of basal rot of onions was shown Fig. 20.

Influence of environmental condition on the disease development

It can be considered that there is no relation the years of continuous cropping of onions and the incidence of basal rot of onions in the main field. The incidence of basal rot were high in the main field after the nursery bed.

High temperature and low level of soil water enhanced the development of the disease. There was no clear relation between application of nitrogenous fertilizer and the incidence of the basal rot of onions.

It was considered that *Pyrenochaeta terrestris* and *F. oxysporum* f.sp. *cepae* infected the onion plant independently. *P. terrestris* was often isolated from the basal rot onions.

Bulb mites, *Caloglyphus* sp., were always observed at the stemplate of the diseased onion plant. The mite colonizes saprophytically on the stemplate and make the symptom of basal rot severe.

Control

Disinfestation of onion seeds by benomyl-20-TMTD-20 increased the frequency of emergence and stand of the seedlings of onions.

Basal rot of onions in the main field was controlled by dipping of the seedlings into aqueous suspension of benomyl-50W. The most effective concentration of benomyl was 5%, and its residual effect in the stemplate was about 70 days after transplanting. The effect of dipping treatment of seedling by benomyl on the disease control became even stronger when the fungicide was added by β - indole butyric acid.

Dipping of mother onions into aqueous suspension of benomyl decreased the incidence of basal rot of onions in the seed farm. The most effective and practical concentration of benomyl is considered 1 to 2%.