

# 天津市行政区の蔬菜園芸地帯の土壤微生物の生態

小倉 寛典<sup>\*a</sup>・馬 俊 栄<sup>\*c</sup>・福元 康文<sup>\*b</sup>・  
侯 鋒<sup>\*d</sup>・趙 振 達<sup>\*e</sup>・周 芸 敏<sup>\*e</sup>

(<sup>\*</sup>a 農学部植物病理学研究室・<sup>\*</sup>b 農学部蔬菜園芸学研究室・

<sup>\*</sup>c 愛媛大学農学部・<sup>\*</sup>d 天津市農業科学院・<sup>\*</sup>e 天津市土壤肥科学研究所)

## Microbial Ecology in Soil of Vegetable Field in Tianjin Region

Hirosuke OGURA<sup>\*</sup>, Junrong MA<sup>\*</sup>, Yasufumi FUKUMOTO<sup>\*</sup>,  
Feng HOU<sup>\*</sup>, Zhenda ZHAO<sup>\*</sup> and Yiemin ZHOU<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>a *Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture*

<sup>\*</sup>b *Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture*

<sup>\*</sup>c *College of Agriculture, Ehime University*

<sup>\*</sup>d *Tianjin Agricultural Science Institute*

<sup>\*</sup>e *Tianjin Soil and Fertilizer Science Institute*

**Abstract :** For the purpose to make studies of agro-ecosystem in half dry agricultural area and to get more controlled vegetable yields, we, the staffs concerned in Faculty of Agriculture, Kochi University jointed and studied with Chinese agricultural research workers in Tianjin Region. The report is investigation on microbial conditions in Tianjin fields.

The microflora was pretty poor, especially fungal and actinomycetal flora were so. The flora was constituted a few kinds, and then one kind consisted of a little number. It is considered that microorganisms can not subsist for lack of mezo- and non-capillary holes as their abode, poor nutrients, higher pH, high calcium and so on. Some of these reasons were showed clearly by culture of *F. oxysporum* in these soil. It is necessary to put organic fertilizers into fields and to make living places for many kinds of microbes. Including these results significance of arable land on productivity were discussed.

## 緒 言

高知大学農学部は中華人民共和国天津市農業科学院と共同研究を企画し、天津市行政区の主要蔬菜生産地域を対象に農業生態系の調査を行ない、蔬菜栽培上の問題点についても検討した。調査は1987年5月および1988年7月、8月に実施し、関係する研究者が現地へ赴き、蔬菜生産学、植物栄養学、植物保護学および農業水工学の各分野から同地域の農業生態系の特性と共通性について検討した。

本報告書は天津市各地域に発生認められた土壤病害に注目して、病原菌の生息環境としての土壤を微生物反応の面から検討した。

---

**Key Words :** Microbial ecology, Tianjin soil (China),

<sup>\*</sup> 本報告は昭和63年度文部省海外学術研究課題番号63044104の成果の一部である

## 調査ならびに実験

1. 土壤調査地域の概況 天津市は北部の丘陵地域を除いては古えからの黄河、海河、および潮白河の流域が形成した沖積土壤地域で渤海湾に面する東西188km、南北117kmの広大な平地で、農地は61万ha、蔬菜畑地は1.66万haに及ぶ。気象は春秋が短かく、夏冬季が長い。気温は年平均12℃、最高41℃、最低-27℃の記録を有する温度変化の比較的激しい地帯である。降雨は年間550mmと称されているが、年により降雨量の変動の大きい半乾燥地帯に位置している。

土壤は各行政区の数地点より採取した。第1図にその位置を示した。調査時期が第1期作の末期にあたるため、各地域で同一作物の栽培最盛期の圃場を選定することは困難で、作物を果菜類に限定して地域中央部の圃場を供試した。土壤は作土層（上層土壤）と下層土壤を採取した。前者は表土下5-15cmの位置より採取し、後者は前者よりさらに15-20cmの下層より採取した。都市部およびその周辺の圃場はいずれも栽培歴の古い老成畑で、生産低下の傾向が指摘されている。近郊は新興園芸地域で栽培歴は浅いが、一部には生育障害が認められていた。また、調査時期が夏季の降雨期にあたり、半乾燥地帯特有の乾燥圃場は認められなかった。さらに地下水位も特に低いところはなく、低湿地の塘沽区では30cmの箇所も認められた。なお、これら各地域の土壤の一部は農林水産省の許可を得て研究室に移送し、実験に供した。

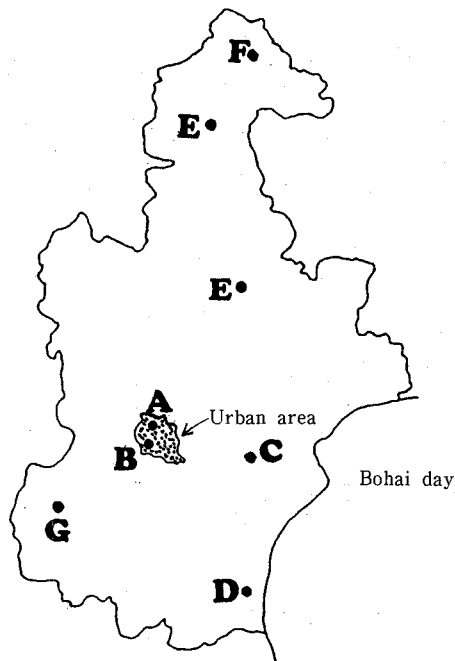


Fig. 1. Map of field tested in Tianjin Region (吉田原図, 1989)

- A : Beijiao qu
- B : Xijiao qu
- C : Tiangu qu
- D : Dagang qu
- E : Baodi xian
- F : Ji xian
- G : Jinghai xian

2. 供試土壤中の微生物 採取した土壤は天津市土壤肥料研究所にて直ちにPDA培地を用いて寒天稀釈法により微生物の数的検定を行った(小倉, 1984)。対照として高知大学農学部構内のダイズおよびキュウリの各連作圃場の微生物数を比較のために併記した。なお、宝坻県2ヶ所の土壤はビニール袋に入れ、常温にて保管して2日後に供試した。

高知大学土壤は微酸性であったが、天津土壤はすべてアルカリ性土壤であり、特に静海県土壤はpH 9.2を記録した。しかし、この地区の地下水はpH 7.4であり、調査各地域の地下水のpHと大差

は認められなかった。吉田 (1989) は各地区の地下水はナトリウム濃度が高く、降水量が少なく蒸散量が大きいため、環境が全体的に塩類集積の傾向があると考えられると報告している。本調査時期が夏の降雨期にあたり、期間中にも降雨があったため、各地域の試料の含水量は必ずしも妥当でなく、微生物数の乾土換算の試料としたにすぎない。

Table 1. Microorganisms in soil gathered from vegetable field in Tianjin Region

Region	Field No.	Bacteria	Fungi	Actinomycetes	B/F**
北郊区 Beijiao qu	1	*168	1.0	2.4	168
	2	157	0.7	3.5	224
	15	117	1.2	3.1	97
西郊区 Xijiao qu	3				
	4				
塘沽区 Tianggu qu	5	191	3.3	1.9	58
	6	151	1.2	0.9	126
大港区 Dagang qu	7	141	1.1	4.5	128
宝坻県 Baodi xian	9	62	0.3	1.7	210
	10	72	0.5	0.3	141
	11	49	0.7	0.2	68
薊県 Ji xian	12	43	1.1	0.6	39
静海県 Jinghai xian	13	102	0.3	1.2	340
	14	181	0.8	3.4	226
高知大学 Kochi Univ.	CW	272	15.1	12.2	18
	BW	322	18.9	12.2	17

\* Number of microorganisms,  $10^4$ /g of soil

\*\* Bacteria/Fungi

上記の土壤環境の下での各地域の土壤微生物相は地域により、調査圃場により数的な差異はあるが pH や土壤水分の直接の影響は考えられない。天津土壤は細菌、放線菌、糸状菌ともに高知大学土壤を下廻り、細菌で  $1/2 - 1/5$ 、糸状で  $1/5 - 1/30$ 、放線菌で  $1/4 - 1/40$  が生息するにすぎなかった。微生物的安定の指標となる B/F 値は高く、高知大学土壤の 5 - 15 倍になった。すなわち、絶対数が少ないけれど、その構成は細菌に比して糸状菌、放線菌の生息数が少ないことを示している。その原因は微生物、とくに糸状菌、放線菌の生息空間が保持されていないことを示している。本研究において、研究室に移送した天津土壤は輸入条件として微生物の分離、培養を禁止するとの条項があり、かつ、現地調査では時間的制約のため、土壤孔隙率、バイオマス、微生物種の同定などの調査は行わず、巨視的観察から上記のことを推論するに止まった。

調査地域の殆んどは短期密植型の栽培様式をとるキュウリ、トマト、ピーマンなどの果菜類圃場であり、1 作の栽培期間は短いため、調査対象は老成期作物の微生物相であり、また地域により栽培時期が異なるため第 1 表の数値をもって相互の地域を比較することは難しい。しかし、宝坻県、薊県土壤は明らかに貧微生物土壤であった。吉田 (1989) は両県の土壤は静海県土壤とともに低炭素源、低窒素源地域であることを示した。また、両県土壤の糸状菌構成は質的に単純に構成種も多少異なっている傾向が認められたが、同定その他の詳細は今後の解析に譲りたい。両県と静海県

の微生物相は北郊区のそれとは明らかに異質であった。これが、新興地と在来地域との相違か否かについては再度の調査に挨ちたい。

3. 調査地域における土壤病害の発生 上記15地域の圃場はいくつかの作物の混在する蔬菜栽培地帯であり、栽培終期の7月には病害の多発が認められた。このうち、地上病はウィルス病と生理障害を除けば粗植と整枝ののち発生初期の薬剤散布で防除は可能であろう。これに対し、土壤病害は1987年の調査時期に発生記憶の残る圃場は1988年の調査でも同一作物に発病が認められた。また作付の終了した圃場でも農民の聞き取り調査によって今年度も病害が発生したことを知った。すなわち、連作圃場での土壤病原菌の住み付きが意外に多く認められた。この傾向は老成圃場の多い栽培歴の古い地域に多く、新興産地では少なく、かつ、被害も軽微であった。被害の主たるものは、*Phytophthora* (キュウリ, ナス, ピーマン), *Pythium* (キュウリ, トマト, セロリ), *Fusarium* (キュウリ, トマト), *Corticium* (インゲン) および *Pseudomonas* (ナス, トマト, ピーマン) であって、いずれも外見的観察から察知出来る程の発生量であった。他の作物の病害は栽培時期が異っていたこと、および調査の時間的制約のため確認していない。土壤病害の常時発生はこの地域の栽培法が平畦湛水灌漑のため病原菌の定住が有利になったと思われる。

4. 天津土壤の抗菌力 土壤に作物を連作すると抗菌微生物が定住する。その定住の助長の程度により病害の発生は左右される(尾崎, 1976)。供試した天津土壤のうち、病害常発圃場4ヶ所を選んで抗菌微生物の存在を調査した。試料は北郊区1, 2および塘沽区5, 6である。前2者はキュウリつる割病, 後2者はピーマン青枯病と疫病が発生した。いずれも低地型圃場で、地下水位は前者で55cm, 後者で40-50cmであった。pHは前者で8.6, 8.2, 後者で8.3, 8.4, であった。他地域の病害の発生していた圃場はそれぞれの地区の農業指導員の説明から病害発生の実態を把握し難かったので本調査から除外した。対照としてキュウリあるいはダイズを連作した高知大学土壤を供試した。

拮抗菌数は三層寒天法により計数した。培地は5倍稀釈PDAを用い、供試土壤の稀釈寒天平板に *F. oxysporum* の小型分生孢子あるいは *Pseudomonas solanacearum* の寒天平板を接触させて室温(29-22℃)に静置してそれぞれの拮抗菌を調査した。

Table 2. Antagonists against *Pseudomonas solanacearum* in field soil in Tianjin

Field	Bacteria ( $\times 10^3$ )			Actinomycetes ( $\times 10^3$ )		
	Total	Antagonist	Antago ratio	Total	Antagonist	Antago ratio
1	1550	0.99	0.064%	18	0.50	2.78%
2	1450	0.47	0.032	24	0.35	1.46
5	1660	1.72	0.103	11	0.24	2.18
6	1510	1.61	0.106	9	0.43	4.77

いずれの土壤からも抗青枯病微生物が検出され、とくに青枯病常発土壤からは他の土壤よりも多くの拮抗細菌が検出された。また、拮抗放線菌も細菌相ほど明白ではないが汚染土壤特異性が認められた(第2表)。

同様の現象はキュウリつる割病菌汚染圃場でも認められるが、拮抗細菌は拮抗放線菌よりも病

原菌の汚染に対する反応が明白にあらわれた。比較のために列記した高知大学土壌ではいずれも *F. oxysporum* 汚染土壌であったが (小倉, 1991), 拮抗細菌は絶対数では天津土壌を上回るが, 拮抗菌率は低かった。さらに, 拮抗放線菌は天津土壌よりも多く, 拮抗菌率も高かった (第3表)。

Table 3. Antagonists against *Fusarium oxysporum* in field soil in Tianjin

Field	Bacteria ( $\times 10^3$ )			Actinomycetes ( $\times 10^3$ )		
	Total	Antagonist	Antago ratio	Total	Antagonist	Antago ratio
1	1550	1.06	0.068%	18	0.51	2.83%
2	1450	1.21	0.083	24	0.29	1.21
5	1660	0.73	0.043	11	0.14	1.27
6	1510	0.63	0.041	9	0.21	2.33
CW	2720	1.28	0.047	122	6.3	5.16
BW	3220	1.25	0.038	124	4.9	3.95

5. 天津土壌への *F. oxysporum* の住みつき 第1表により, 供試土壌に生息する微生物が少ない原因はいくつかあるが, その中に貧栄養, あるいは生活空間の貧困が挙げられる。貧栄養の実態を知るために, 土壌に *F. oxysporum* を接種して住み付き量により各土壌の養分量を比較した。

Table 4. *F. oxysporum* in soil added spore suspension of causal fungus in Tianjin Region

Region	Field	Soil layer				
		Top soil		Sub soil		
		Max.	Mini.	Max.	Mini.	
Beijiao qu	1	*21.0	18.3	25.9	22.4	
	2	25.8	23.6	15.5	15.0	
	15	26.1	25.6	6.1	3.9	
Xijiao qu	3	22.5	20.2	12.2	12.0	
	4	20.8	19.5	21.2	19.0	
Tianggu qu	5	20.1	18.0	5.3	4.1	
	6	18.2	16.9	13.3	8.7	
Dagang qu	7	26.8	26.8	—	—	
Baodi xian	9	23.9	20.6	5.4	—	
	10	16.4	13.3	8.3	6.2	
	11	22.8	21.5	14.3	11.8	
Ji xian	12	28.2	25.6	16.5	15.2	
Jinghai xian	13	12.8	10.5	6.8	5.0	
	14	18.9	17.4	4.0	2.9	
Kochi Univ.	BW	32.3	32.1	—	—	
	CW	34.5	33.7	—	—	
	Sand	7.6	3.3	—	—	

\* Chlamydo spores ( $\times 10^2$ ) per 1 g of soil

供試土壌は上記各地域の作土層（上層土壌）と作土層直下の土壌（下層土壌）を用いた。本実験は高知大学農学部で行なったため、土壌輸入許可條項に抵触しないように土壌を予め加圧殺菌して供試した。

1 mmに篩別した風乾土壌を径2 cmのシャーレに3 g入れ、加圧後80℃で乾燥した。これに*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (F 501菌)の分生孢子懸濁液を加え土壌湿度を55% (V/V)に調整した。土壌1 g当りの胞子は $1.5 \times 10^3$ とした。10日間25℃で静置後、40℃で10日間風乾し、土壌平板法で本菌の生息数を確認した(小倉・梅澤・馬, 1990)。検定菌にF 501菌株を用いたのは、天津市近郊の蔬菜栽培地域にキュウリつる割病の発生が多いこと、本菌の腐生競合力は弱く、養分濃度に対する反応が明確なことなどである。対照として有棧物を除去した砂土を供試した。

Table 5. *F. oxysporum* in soil added spore suspension of causal fungus with nutrient solution

Region	Field*	Nutrient soln.		Increased ratio
		Water	1/5 Czapek	
Beijiao qu	1	**24.2	53.1	2.19%
	2	15.3	51.7	3.38
	15	5.0	101.6	20.32
Xijiao qu	3	12.1	108.0	8.93
	4	20.1	41.3	2.05
Tianggu qu	5	5.7	72.8	12.77
	6	11.0	97.5	8.86
Dagang qu	7	—	—	—
Baodi xian	9	5.4	104.7	19.38
	10	7.3	112.0	15.44
	11	13.1	82.6	6.31
Ji xian	12	15.8	107.5	6.80
Jinghai xian	13	5.9	67.5	11.44
	14	3.7	101.4	27.40

\* Sub soil layer of each field was tested.

\*\* Chlamydo spores ( $10^3$ ) per lg of soil

本実験の調査対象は土壌中の厚膜胞子である(第4表)。接種した分生胞子は発芽して菌糸となり、土壌中の養分に応じて生育したのち厚膜胞子を形成して耐久生存した。供試土壌は程度の差はあるが、いずれも砂土に比して*F. oxysporum*の増殖を促した。すなわち、土壌中の養分の存在が認められたが、土壌の多くは緻密化しやすい状態であり、土壌中への菌糸の伸展は貧弱であった。高知大学土壌は団粒化状態の土壌であり、菌糸の伸展も順調であった。胞子が天津土壌に比べて多いのは土壌含有養分だけでなく土壌中の菌糸生息空間も関与したと見られる。

上層土壌(作土層土壌)は*F. oxysporum*の生育の良好な土壌であったが、その中でも菌の生存の良否があった。一般に下層土壌は上層土壌よりも栄養的に劣ったが、上層土壌と下層土壌の栄養的な有効利用の程度は各土壌により異なり、地域や栽培条件による差は認められなかった。

つぎに各土壌に養分を過剰に加えて*F. oxysporum*の増殖を観察した。5倍に稀釈したCzapek液に*F. oxysporum*の分生胞子を懸濁し、前記と同様の方法で各土壌に加えて増殖の程度を観察した。

土壤は人為的養分添加の影響の少ないと推測された下層土壤を供試した。また、Czapek 液に代えて水に懸濁した分生胞子を加えて得た増殖数を調査し、両者の値の比数をもって養分加用による増加率とした。実験設定の都合上、土壤孔隙や緻密度などの開放系要因は無視して、本実験はその前提となる無菌的閉鎖環境系の下での養分的土壤特性に限定した(第5表)。

各条件に対応する *F. oxysporum* の菌数の変動および養分添加による増加率から各試料は4群に分けられた。すなわち、1:元来土壤養分は少なく生育不良環境を呈するが、養分添加により著しい増加が認められる(試料9, 10, 14, 15)。2:土壤はある程度の養分を保有している。さらに養分を添加しても菌数の増加率は低い。増加制限は養分以外の要因である(試料1, 2, 4)。3:中間型のうち1型に近い土壤で、菌の許容量(増加率)は高い(試料3, 6, 12)。4:中間型のうち2型に近い土壤で、菌の許容量は低い(試料5, 11, 13)。この分別が特定菌の形質に由来するか否かは不明であり、普遍的な菌群についての調査が必要であるが、第5表の結果から、土壤-養分系の分布は地域に偏在する要因でもなかった。

## 考 察

農業は古えから人間社会とともに形づくられてきた産業であり、その基盤は耕地の豊かさに深い関わりを持つ。農耕労働の歴史の中で集積した知識と経験は土壤改良や栽培環境の整備のための技術として耕地の豊沃度の中に具体化されて現在の農業が成立したと見ていいであろう。一方、産業としての農業は作物生産の過程に作用する自然力の管理と啓発を重視し、その線上に作業技術と作業性能を集中し、管理したが、人為と自然の接点に展開する産業構造は生産の増大と安定を目標とする合理的法則性をもって自然法則のもつ相反する二面性の共存にも対処する必要がある。それは単に殺菌剤や除草剤あるいは成長調整剤の開発のような直接的な作物生産補助要因を指すのではなく、耕地の豊沃度の維持に有機的に関与するマイナス要因の転換と生産への参加である。

中国河北の平地は古来から沃野として人間の生活を支え、そこに集落が形成されてきた。やがて都市としての機能をもつ頃、都市近郊型農業がその周辺に始まった。しかし、急激な人口増加に伴う食糧需要に対応するには旧型農地の更新と新農地の確保が必要である。現在のところ、前者は生産力は低下し、後者は前者の轍を踏襲しようとしている。生産力の低下は豊沃に擬態を示す農業技術とくに作業性能に由来する。作業性能の改善とその実施に伴う弊害の回避は現代の農業に応える耕地の豊沃化につながる思考であろう。その一環として本報告は耕地の生産能を微生物的見地から調査した。

服部(1976, 1981)は土壤微生物の生息域を各菌群ごとに指摘した。天津土壤では毛管孔隙が大多数を占め、非毛管孔隙、メゾ孔隙の発達は不良であった。これは細菌の生息土壤であり、細菌、放線菌、糸状菌の競合混在しうる空間が少ないことを示している。COOK & PAPENDICK(1970)は非毛管孔隙が土壤のミクロコロラを安定させる役割をもつと示唆した。ROSS & TAKE(1984)はバイオマスの物質流通を言及し、西尾(1981)もバイオマスでの主役を糸状菌としている。天津土壤の多くが毛管孔隙のみの発達した土壤であることは糸状菌相の劣弱、構成員数の減少として認識されるが、物質の転換交流を必要とする農業にとって隘路となるであろう。LOCKWOOD(1977)は放線菌の土壤中での役割を指摘したが、天津土壤における本菌の弱体化は病害常発地の残存という形で問題視される。吉田(1989)は天津の老朽圃場においても全炭素は十分に検出され、全窒素は少いが障害を発生する程に微量ではないとして、粘土による圧密化が養分利用を妨げる原因とした。また、吉田ら(1990)は土壤の塩基組織、とくにカルシウム、ナトリウム、カリウムの分配に留意を喚起した。福元(1989)は天津土壤は老朽産地土壤でも生育障害を惹起するには至らず、

むしろ、日本の未耕地を上回る生育の認められる土壌が多いと指摘し、作業性能を併せて検討する必要を示した。

天津土壌に *F. oxysporum* を加えると、作土層土壌は下層土壌よりも養分の多いことを知る。しかし、地域により、採取地点により本菌の住みつきに何らかの制約が認められる。天津農業の多くは小区画浅耕栽培のため下層土壌は安定しているが、これを集めて養分を加えても必ずしも *F. oxysporum* の増殖が見られるとは限らない。土壌が微生物環境に示す許容限界は空間と養分と競合である。養分不足型土壌の貧微生物相は非養分制限型土壌のそれとは明らかに対応は異なる。小倉 (1991) は作付と病原の許容について言及し、HORIKAWA ら (1979)、小倉 (1989) は土壌動物による制約を証明した。一般に土壌の安定について言及される B/F 値は天津土壌でも平常範囲にあり、むしろ良好土壌の範囲にあるが、その構成数をも検討せねばならない。尾崎 (1976) は拮抗は連作により成立するとし、ROVIRA (1984) は単作による特定微生物相の中に形成されると証した。また、特定物質の関与の中での競合 (MILLER & BURKE, 1985, JONES & WOLTZ, 1981) 養分と抗生 (小倉・矢羽田, 1980, 小倉・稲葉, 1985) など多くの制約が存在するが、その基盤は微生物安定生息型の土壌である。天津の園芸農業は浅耕平畦栽培を標準とする短期密植栽培であり、その中での微生物相の安定は難しい。さらに微生物相が少種少構成員に終止する場合には特定優勢菌群の支配する相が形成され、ここに病原が定着する条件が成立する。

さらに、半乾燥地帯の蔬菜栽培は灌水が生産技術の中に占める役割は大きい。その重点は給水に置かれ、排水は隣接圃場への給水を意味する。かくして舟底型小面積平畦栽培様式は灌水を通して産地形成に貢献する。同時に病害の発生に有利な条件を提供する。また、秋冬期の風塵による微粒土壌の移動も今後の調査対象にする必要がある。

以上、微生物環境としての耕地の実態は生産技術の確認と改正を伴って耕地機能の充実につなぐべき課題となる。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、つぎの方々に助力をお願いした。厚く御礼申し上げます。

高知大学名誉教授加藤徹博士、高知大学名誉教授吉川義一博士、高知大学農学部教授吉田徹志博士、高知大学農学部教授玉井佐一博士、高知大学農学部助教授土佐幸雄博士、文部省大臣官房総務課課長補佐豊田三郎氏、文部省国際学術課研究者交流係係長新馬場正人氏 (当時)、中華人民共和国日本大使館一等書記官太田和良幸氏 (当時)、中国共産党天津市委員会書記劉晋峰氏、天津市農業科学院院長蔣振宝氏、天津市農業科学院副院長路凱旋氏、天津市農業科学院辦公室秘書顧自豪氏。

## 文 献

- 1) COOK, R. J. & R. I. PAPENDICK; *Plant Soil*, **32**: 131-135 (1970).
- 2) 福元康文; 海外学術研究共同研究調査報告小倉寛典編: 22-26 (1989).
- 3) GRIFFIN, D. M.; *Annu. Rev. Phytopath.*, **15**: 319-329 (1977).
- 4) HATTORI, T.; *J. Gen. App. Microbiol.*, **22**: 215-219 (1976).
- 5) 服部勉; 土の微生物, 土微研編, p 27-46 博友社, 東京 (1981).
- 6) HORIKAWA, Y., T. TERAI & H. OGURA, *Soil Sci. Plant Nutr.*, **25**: 357-364, (1979).
- 7) JONES, J. P. & S. S. WOLTZ; "*Fusarium*: Disease, Biology and Taxonomy" ed NELSON, P. E., T. A.



- TOUSSOUN and R. J. COOK p 157-168, Penn. Univ. Press, U.S.A., (1981)
- 8) LOCKWOOD, J. L. : *Biol. Rev.*, **52** : 1-43, (1987).
  - 9) MILLER, D. E. & E. W. BURKE : *Plant Dis.*, **69** : 328-330, (1985).
  - 10) 西尾道徳 : 土の微生物 土微研編 p 9-26, 博友社, 東京, (1981).
  - 11) 小倉寛典 : 土壤病害の手引 日植防協会編62-64, 東京 (1984).
  - 12) 小倉寛典 : 土と微生物, **34** : 9-17 (1989).
  - 13) 小倉寛典 : 高知大学研報, **40** 農学 : 1-7 (1991).
  - 14) 小倉寛典・稲葉登志夫 : 日植病報, **50** : 115 (1984).
  - 15) 小倉寛典・梅澤武司・馬俊栄 : 高知大学研報, **39** 農学9-15 (1990).
  - 16) 小倉寛典・矢羽田二郎 : 同上, **28** 農学 : 99-106 (1979).
  - 17) 尾崎克己 日植病第8回土壤病談話会要旨 : 24-28 (1976).
  - 18) ROVIRA, A. D. in "Suppressive Soils and Plant Disease" ed. SCHNEIDER, R. W., p 23-34, St. Paul U.S.A., (1984).
  - 19) 吉田徹志 : 海外学術研究共同研究調査報告小倉寛典編, 27-36 (1989).
  - 20) 吉田徹志・吉川義一・福元康文・小倉寛典 : 土肥要旨集, **36** : 21 (1990).

(1991年9月29日受理)

(1991年12月27日発行)

