

非病原性フザリウム菌によるサラダナ根腐病の生物的防除

成山 秀樹*・渡邊 敏朗

土壌病原菌*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*により発生するサラダナ根腐病の生物的防除法を確立するため、非病原性菌株*Fusarium oxysporum* corn-3S-nit3によるサラダナ根腐病の抑制効果について検討した。非病原性菌株は、稲わら培養した厚膜胞子の状態では場にすき込むことにより、高密度で土壌に定着した。1作目作付け前の土壌消毒により根腐病菌密度を検出限界以下に低下させた後に、稲わら培地で培養した非病原性菌株をすき込むと、夏～秋期の4作の間根腐病菌密度の増加を抑え、発病を抑制できた。しかし、土壌中の根腐病菌密度が高い場合は発病抑制効果は低かった。サラダナの根圏土壌中において、根腐病菌の増加にともなって非病原性菌株が減少したことから、サラダナの根圏で両菌が競合していることが推察された。非病原性菌株による生物的防除法を実用化するためには、非病原性菌株の根腐病菌抑制機構の解明による抑制効果の向上と、資材化による接種の省力化が必要と考えられる。

[キーワード：サラダナ、サラダナ根腐病、*Fusarium oxysporum*、非病原性菌株、生物的防除]

Microbial Control of Root Rot Disease on Butter Head Type Lettuce with Non-pathogenic *Fusarium*. NARIYAMA Hideki and WATANABE Toshiro (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 23 : 37-42 (2004)

To establish a method for controlling root rot disease on butter head type lettuce caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, the suppressive effect of non-pathogenic *Fusarium oxysporum* corn-3S-nit3 was studied. Soil was highly enriched with non-pathogenic *Fusarium*, when the fusarium was cultivated in a straw medium and the straw medium covered with chlamidospore was plowed into soil. After the density of pathogenic *Fusarium* was lowered by soil sterilization as to be undetected and the straw medium covered with non-pathogenic *Fusarium* was plowed into soil, the density of pathogenic *Fusarium* and the attributable symptoms were suppressed from summer to autumn. But the suppressive effect was weak when the density of the pathogens was high. It was inferred that the non-pathogens and pathogens competed with each other because the density of the non-pathogens in rhizosphere lowered in proportion to the density of pathogens. To utilize the microbial control by the non-pathogens, it is necessary to improve the suppressive effect by investigating a suppressive mechanism and to reduce the laborious job of inoculation by materializing the inoculum.

[Key words : butter head type lettuce, root rot disease, *Fusarium oxysporum*, non-pathogenic *Fusarium*, microbial control]

結 言

サラダナは、1980年より久留米市や三井郡などを中心に栽培され始めた品目で、1980年代末期には年6～7作の周年栽培が行われるまでになった。ところが、その頃からサラダナ根腐病が発生し始め、1992年以降多発傾向にあり、現在では栽培面積18haのほぼ全域に被害が認められている。根腐病は、サラダナ根腐病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*) による土壌病害であり、根の維管束が侵され、地上部の生育が抑制され、生育初期に感染すると株が枯死し、著しい減収となる。

県内で主流の土耕栽培では、根腐病の防除対策として、クロルピクリン剤やダゾメット剤による年間2～3回の土壌消毒が行われている。しかし、養液栽培では消毒剤等による防除ができないため、薬剤によらない生物的防除法が検討されており、市川らは、*Fusarium oxysporum*の非病原性変異株(以下非病原菌)の培養液を、長期にわたり高密度に接種することで、根腐病の防除に成功している。

土耕栽培においても、人体や環境への配慮から生物的防除法の確立が望まれているが、土耕栽培における非病原菌による生物的防除法の効果は明らかでない。また、土耕栽培では養液栽培とは異なり、非病原菌を土壌に長

期にわたり接種し続けることは困難なので、年1、2回の接種で通年の防除を可能にすることが望まれている。

本研究では、土壌消毒と年1回の非病原菌接種の組み合わせによるサラダナ根腐病の発病抑制効果について検討したので報告する。

材料及び方法

1 供試菌株

(1) 根腐病菌

根腐病菌の接種源には、福岡県久留米市大橋地区の根腐病発生ほ場から採取し、風乾した後乳鉢で磨砕した根腐病菌汚染土を用いた。接種する場合は、GMBP培地⁹⁾を用いた希釈平板法により汚染土中の根腐病菌密度を測定し、試験区の表層15cmの根腐病菌密度が所定の密度となるように、汚染土を散布し、耕耘機で混和した。

(2) 非病原菌

九州沖縄農業研究センターで分離された非病原性菌株 *Fusarium oxysporum* corn-3S-nit3を供試した。PS液体培地で3日間振とう培養し、育苗培土、ほ場、稲わら培地の接種源に用いた。

育苗培土に非病原菌培養液を噴霧、混和し、非病原菌密度 $10^6 \sim 10^7$ CFU/gの培土を調製した。この培土を用いて後述の方法で育成した苗を非病原菌接種苗とした。

液体培養した非病原菌の土壌接種は、次の方法で行った。根腐病土を耕耘機で混和後、表層15cmの非病原菌密

*連絡責任者(土壌・環境部 現企画情報部)

度が約 10^5 CFU/gとなるように培養菌液を試験区に散布、混和した。散布前には、試験区に十分かん水した。非病原菌を混和後、水分が低下するのを待ち、畝の表面を整地し、マルチを張り、非病原菌接種苗を定植した。

稲わら培地で培養した非病原菌の接種は次の方法で行った。稲わらを2~3cmに切断し、グルコース7.5g/l、 NH_4Cl 75g/l、クロラムフェニコール0.25g/lを加えた水道水に1時間浸漬した後、滅菌缶に入れてオートクレープで滅菌した。非病原菌胞子を噴霧接種し、15日間培養後、試験区の表層15cmに $21/\text{m}^2$ を散布し、耕耘機ですき込んだ。

2 土壤消毒後の根腐病菌密度が、非病原菌による発病抑制効果に及ぼす影響

土壤消毒後の根腐病菌密度と非病原菌の防除効果の関係について検討した。2000~2002年に、福岡県農業総合試験場内の無加温ハウス内のほ場で、毎年4月に99.5%クロロピクリン剤で土壤消毒後に試験を行った。

(1) 土壤消毒後の根腐病菌密度が5CFU/gの場合における非病原菌の発病抑制効果

土壤消毒後の根腐病菌密度を5CFU/gとして、根腐病菌のみ接種した無処理区と、さらにPS液体培養非病原菌を接種した非病原菌接種区を設けた。無処理区には無処理苗を、非病原菌接種区には非病原菌接種苗を定植し、3作栽培して1作ごとの発病度、発病株率、収量、土壤中の根腐病菌及び非病原菌密度を調査した。

発病度は、根の断面の褐変程度及び地上部の状態により発病指数を0~6までの7段階に分類し、以下の式により算出した。

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{発病程度別株数} \times \text{指数}) / (\text{調査株数} \times 6) \times 100$$

また、発病指数1以上を発病株とし、発病株率を算出した。収量は、根を切り落として調製した地上部の生重量をもとに、10a当たり収量に換算した。根腐病菌及び非病原菌の密度は、それぞれGMBP培地及びFo-N³培地を用いて希釈平板法により測定した。

ほ場試験における栽培法は、久留米の現地慣行に準じた。

品種は、5月上旬~6月下旬の定植には‘LT-15’を、それ以外の時期の定植には‘LT-25’を供試し、406穴ペーパーポットSME2406を用いて加温ガラス室で3~4葉期まで育苗した後、定植した。ほ場へは条間15cm、株間22cmの千鳥植えて定植し、肥料は窒素、リン酸、加里それぞれ10a当たり21.6、5.4、5.4kgを、有機入り博多サラダナ配合により全量基肥で施用した。

(2) 土壤消毒後の根腐病菌密度が1CFU/gの場合における非病原菌の発病抑制効果

土壤消毒後の根腐病菌密度を1CFU/gとして、根腐病菌のみ接種した無処理区と、さらに稲わら培地で培養した非病原菌を接種した、非病原菌接種区を設けた。無処理区には無処理苗を、非病原菌接種区には非病原菌接種苗を定植し、3作栽培して、1作ごとの発病度、発病株率、収量、土壤中の根腐病菌及び非病原菌密度を調査した。調査方法、栽培概要は根腐病菌密度が5CFU/gの場合に準

じた。

(3) 土壤消毒後に根腐病菌を接種しなかった場合における非病原菌の発病抑制効果

土壤消毒後に汚染土を散布せず、無処理区、稲わら培地で培養した非病原菌を混和した非病原菌接種区、毎作土壤消毒を行った毎作土壤消毒区の3区を設けて試験を行った。無処理区と毎作土壤消毒区には無処理苗を、非病原菌接種区には非病原菌接種苗を定植し、3作栽培して、1作ごとの発病度、発病株率、収量、土壤中の根腐病菌及び非病原菌密度を調査した。調査方法、栽培概要は根腐病菌密度が5CFU/gの場合に準じた。

3 サラダナ栽培が根圏土壤中の根腐病菌及び非病原菌の増殖に及ぼす影響

サラダナ栽培が土壤中の根腐病菌及び非病原菌の増殖に及ぼす影響を調査するため、プランターを用いて試験を行った。試験区は、サラダナを栽培した条件で非病原菌と根腐病菌接種、非病原菌のみ接種、根腐病菌のみ接種、菌無接種の4区、サラダナを栽培しなかった条件で非病原菌と根腐病菌接種、非病原菌のみ接種、根腐病菌のみ接種の3区、計7区とした。非病原菌を接種した区には非病原菌接種苗を、接種しなかった区には無処理苗を定植した。

土壤中の根腐病菌密度は5CFU/gとし、PS液体培養非病原菌を接種した。約1週間ごとに、株間の土壌における根腐病菌及び非病原菌密度を、収穫時に平均株重を、ほ場試験に準じて調査した。

サラダナの品種、育苗方法については、ほ場試験に準じた。くみあい園芸培土(N:P₂O₅:K₂O=0.04:0.12:0.02, pH5.5~6.5, 水分40%)を充填した650号プランター(60cm×20cm×深さ15cm)に、プランター当たり3株ずつ、1区3株で定植した。

肥料は窒素、リン酸、加里それぞれ10a当たり10.8kgを、くみあい苦土有機入り化成(N:P₂O₅:K₂O=8:8:8)により全量基肥で施用した。

結 果

1 土壤消毒後の根腐病菌密度が、非病原菌による発病抑制効果に及ぼす影響

(1) 土壤消毒後の根腐病菌密度が5CFU/gの場合における非病原菌の発病抑制効果

土壤消毒後の根腐病菌密度が5CFU/gの場合の発病状況及び土壌中の菌密度の推移を第1、2表に示した。無処理区では、根腐病は1作目から多発した。非病原菌接種区では、1作目の発病株率や発病度は無処理区に比べて低かったが、2作目以降は多発した。根腐病菌密度は、両区とも1作ごとに増加した。非病原菌密度は1作目後に約1/100に減少した。

(2) 土壤消毒後の根腐病菌密度が1CFU/gの場合における非病原菌の発病抑制効果

土壤消毒後の根腐病菌密度が1CFU/gの場合の発病状況及び土壌中の菌密度の推移を第3、4表に示した。1作目の発病程度は2区とも軽微であったが、2、3作目では2区とも多発した。また、非病原菌密度は3作後まで

第1表 サラダナ根腐病に対する非病原菌の発病抑制効果 (2000年)¹⁾

試験区	1 作目 ²⁾		2 作目		3 作目	
	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度
	%		%		%	
非病原菌接種区	18	20 b ³⁾	79	49 a	67	56 a
無処理区	34	29 a	84	50 a	77	54 a

1) 土壌消毒後の根腐病菌密度が5CFU/gの場合。

2) 1作目: 8/3~9/4, 2作目: 9/14~10/17, 3作目: 11/10~12/15

3) 異文字間は5%水準で有意差あり (Mann-Whitney's U test)。

第2表 土壌中の非病原菌及び根腐病菌密度の推移 (2000年)¹⁾

試験区	菌 株	菌密度 (CFU/g乾土)		
		1 作後	2 作後	3 作後
非病原菌接種区	非病原菌	1.9×10^3	3.8×10^2	9.2×10^3
	根腐病菌	9.2	3.1×10^2	1.9×10^3
無処理区	//	15.8	5.4×10^2	1.8×10^3

1) 土壌消毒後の根腐病菌密度が5CFU/gの場合。

第3表 サラダナ根腐病に対する非病原菌の発病抑制効果 (2001年)¹⁾

試験区	1作目 ²⁾		2作目		3作目	
	発病株率	発病度 ³⁾	発病株率	発病度	発病株率	発病度
	%		%		%	
非病原菌接種区	0	0	97	96	100	100
無処理区	2	1.2	100	100	100	100

1) 土壌消毒後の根腐病菌密度が1CFU/gの場合。

2) 1作目: 5/9~6/11, 2作目: 6/28~8/11, 3作目: 8/10~9/27

3) 3作とも, 5%水準で有意差なし (Mann-Whitney's U test)。

第4表 土壌中の非病原菌及び根腐病菌密度の推移 (2001年)¹⁾

試験区	菌 株	菌密度 (CFU/g乾土)		
		1作後	2作後	3作後
非病原菌接種区	非病原菌	5.9×10^4	7.4×10^4	3.0×10^4
	根腐病菌	1.7×10^2	4.8×10^2	8.3×10^2
無処理区	//	1.0×10^2	6.7×10^2	1.0×10^3

1) 土壌消毒後の根腐病菌密度が1CFU/gの場合。

10^4 CFUのオーダーで推移したが、根腐病菌密度は2区とも1作後に 10^2 CFUのオーダーに急増し、非病原菌接種による発病抑制効果及び根腐病菌増殖抑制効果は認められなかった。

(3) 土壌消毒後に根腐病菌を接種しなかった場合における非病原菌の発病抑制効果

土壌消毒後に根腐病菌を接種しなかった場合の発病状況及び土壌中の菌密度の推移を第5, 6表に示した。

1作目の発病程度は全区とも軽微であり、毎作土壌消毒区では、その後も4作目まで発病は軽微であった。無

処理区の発病株率及び発病度は、2作目以降、作付けを重ねる毎に上昇し、4作目には発病株率67%、発病度46に達した。なお、現地農家では、発病指数3以上は出荷不能株として廃棄され、出荷可能株率が70%以下になると収益が出ないと言われている。今回、無処理区の出荷可能株率は、2作目までは100%であったが3作目以降急減し、4作目では45%まで低下した。一方、非病原菌接種区の発病株率及び発病度は、毎作土壌消毒区に比べると高かったが、無処理区に比べると1/2~1/3に抑制された。そして、非病原菌接種区の出荷可能株率は4作目でも

第5表 サラダナ根腐病に対する非病原菌の発病抑制効果 (2002年)¹⁾

試験区	1作目 ²⁾			2作目			3作目			4作目		
	発病株率	出荷可 ³⁾ 能株率	発病度	発病株率	出荷可 能株率	発病度	発病株率	出荷可 能株率	発病度	発病株率	出荷可 能株率	発病度
	%	%		%	%		%	%		%	%	
非病原菌接種区	4	100	0.7 a ⁴⁾	5	100	1 b	18	97	5 b	34	91	14 b
無処理区	2	100	0.3 a	25	100	5 a	37	78	18 a	67	45	46 a
毎作消毒区 ⁵⁾	3	100	0.5 a	5	100	1 ab	4	100	1 b	13	93	6 c

1) 土壤消毒後に根腐病菌無接種の場合。

2) 1作目: 5/15~6/17, 2作目: 7/10~8/7, 3作目: 8/30~9/30, 4作目: 11/6~1/10

3) 出荷可能株は、発病指数が3未満の株。

4) 異文字間は5%水準で有意差あり (Mann-Whitney's U test)。

5) 4月18日, 6月23日, 8月11日, 10月15日に土壤消毒

第6表 土壤中の非病原菌及び根腐病菌密度の推移 (2002年)¹⁾

試験区	菌 株	菌密度(CFU/g乾土)			
		1作後	2作後	3作後	4作後
非病原菌接種区	非病原菌	2.3×10^4	2.3×10^4	1.2×10^4	3.3×10^4
"	根腐病菌	<0.5	3.7	2.1×10	7.6×10
無処理区	"	<0.5	1.8×10	2.2×10^2	4.0×10^2
毎作消毒区	"	<0.5	<0.5	2.3	1.6

1) 土壤消毒後に根腐病菌無接種の場合。

第7表 プランター試験における培土中の菌密度の推移 (2002年)

サラダナ 栽植	接種菌株	根腐病菌密度($\times 10\text{CFU/g乾土}$)						非病原菌密度($\times 10^4\text{CFU/g乾土}$)					
		定植6日後	13日後	20日後	27日後	35日後	41日後	定植6日後	13日後	20日後	27日後	35日後	41日後
×	根腐病菌 +非病原菌	ND ¹⁾	1.6	1.3	1.0	0.6	ND	62.0	10.0	27.0	44.0	11.0	31.0
×	非病原菌	— ²⁾	—	—	—	—	—	64.0	20.0	8.8	6.3	6.2	7.1
×	根腐病菌	ND	0.7	0.6	0.3	ND	1.3	—	—	—	—	—	—
○	根腐病菌 +非病原菌	1.5	1.2	3.5	5.0	8.0	83.0	43.0	6.2	2.3	0.1	0.4	0.3
○	非病原菌	—	—	—	—	—	—	150.0	84.0	18.0	7.5	2.2	5.9
○	根腐病菌	0.4	1.3	0.7	3.3	6.4	63.0	—	—	—	—	—	—

1) NDは菌未検出

2) —は未調査

90%以上を維持した。また、土壤中における根腐病菌の密度は、無処理区の根腐病菌密度が2作目で降急増し、3, 4作目で 10^2CFU のオーダーに達したのに対し、非病原菌接種区の根腐病菌密度は無処理区よりも低く抑えられ、4作後も 10CFU/g乾土 のオーダーにとどまった。

2 サラダナ栽培が根圏土壌中の根腐病菌及び非病原菌の増殖に及ぼす影響

プランター試験における非病原菌及び根腐病菌密度の推移を第7表に示した。サラダナ無栽植培土中では、根腐病菌はほとんど増加しなかった。そして、非病原菌は根腐病菌の有無にかかわらず $10^4\sim 10^5\text{CFU}$ のオーダーで推移し、非病原菌と根腐病菌の間に相互の影響は見られなかった。

サラダナ栽植培土中では、根腐病菌は日数とともに増加し、最終的には 10^2CFU のオーダーに達した。一方、非病原菌は根腐病菌の増加に伴って減少した。サラダナ栽

植培土中では、非病原菌の接種区及び無接種区とも、根腐病菌密度は $10^2\sim 10^3\text{CFU}$ のオーダーに達しており、非病原菌は根腐病菌の増加を抑制できなかった。しかし、第8表に示す通り、根腐病菌のみ接種した区は、菌無接種区と比べて指数にして株重が46ポイント減少しているのに対し、非病原菌と根腐病菌を接種した区は、菌無接種区に比べ21ポイントの減少にとどまり、わずかながら発病が抑制された。

考 察

液体培養した非病原菌をほ場に接種した場合は、1作目後に急減した(第2表)のに対して、稲わら培地で培養した非病原菌を接種した場合は、作付期間を通して $10^4\sim 10^5\text{CFU/g乾土}$ の密度に維持された(第4表)。このことから、非病原菌を土壌に接種する場合、液体培養による分生胞子の状態よりも稲わら培地で培養した厚膜胞

第8表 プランター試験における収穫時の平均株重
(2002年)

試験区	平均株重	
	g	%
非病原菌と根腐病菌接種	91.5	(79) ¹⁾
非病原菌のみ接種	131.6	(113)
根腐病菌のみ接種	62.3	(54)
菌無接種	116.3	(100)

1) ()内は菌無接種区を100とした場合の比率。

子の状態で接種する方が適していることが示唆された。しかし、1作目前の根腐病菌密度が1CFU/g以上の条件では、非病原菌の密度に関わらず、2作目以降に根腐病は多発した(第1, 3表)。このことから、1作目前の根腐病菌密度が1CFU/g以上の条件では、非病原菌は高密度であっても根腐病菌密度の増加を抑制できず、防除効果を示さないと考えられた。

一方、土壤消毒後に根腐病菌を接種せず、無処理区が3作目で多発した条件では、非病原菌接種区は3作目まで発病が抑制された(第5表)。九州沖縄農業研究センターでも、2002年に同様の試験を実施し、非病原菌接種により2作目まで根腐病を防除できたという結果を得ている。このことから、土壤消毒により根腐病菌密度を検出限界以下に低下できれば、非病原菌によって根腐病菌の増加を抑制し、根腐病多発期の夏～秋期までの3～4作の間、発病を抑制できる可能性が示唆された。

非病原性フザリウム菌による各種フザリウム病害の生物防除については、サラダナ以外にも、手塚ら⁹⁾によるイチゴ萎黄病の防除や、勝部ら²⁾によるハウレンソウ萎凋病の防除などの報告がある。いずれも、非病原菌を育苗床土とは別に高密度に接種することにより防除効果が認められたが、病原菌密度が高いと効果は見られなかった。微生物防除資材の多くは効果が不安定であることから、薬剤や太陽熱処理など、他の防除手段によって病原菌を減少させた後に、補助的に用いることが一般的である。本試験でも、非病原菌は土壤消毒により根腐病菌密度を検出限界以下に低下させ、その後根腐病菌を接種しなかった場合にのみ防除効果を示し、その点では既報の報告と同様の結果であった。しかし、ハウレンソウ萎凋病の場合、1回のみの非病原菌接種では2作目の防除ができず、さらに、土壤中の非病原菌密度が徐々に低下したのに対し、本試験においては、土壤消毒により根腐病菌密度を検出限界以下に低下させ、その後に稲わら培地で培養した非病原菌を土壤に混和することにより、1回の接種で夏～秋期の4作の間非病原菌密度を維持し、発病を抑制できる可能性を明らかにした。

プランター試験において、根腐病菌はサラダナの生育とともに徐々に増加することから、サラダナの根の伸長とともに根と根腐病菌との間に何らかの相互作用が生

じ、根腐病菌が増加するのではないかと考えられる。しかし、非病原菌がそれに対しどのような影響を与えているかは不明である。

非病原菌と根腐病菌の対峙培養で阻止円が形成されなかった(データ略)ことや、プランター試験において、非病原菌接種区と菌無接種区の株重に差が認められなかったことから、非病原菌には根腐病菌に対する抗菌物質等の産生能やサラダナの生育を促進させる能力は認められなかった。勝部らや雨宮¹⁾らは、非病原菌が植物体内に定着、増殖していることから、非病原菌が植物体の抵抗性を誘導しているのではないかと推定している。西村ら⁴⁾により、本試験で供試した非病原菌も、育苗培土に接種することによりサラダナの根に定着することが明らかになっている。しかし、本試験では、育苗床土への非病原菌接種により、同菌をサラダナの根に定着させただけでは防除効果はほとんど見られなかった(データ略)。プランター試験において根腐病菌の増加に伴い非病原菌が減少していることから、土壤中での非病原菌と根腐病菌との競合により、発病が抑制されたのではないかと考えられる。

サラダナ根腐病防除を含め、今後、微生物による土壤病害防除技術を確立するためには、非病原菌等による発病抑制機構の解明が不可欠である。また、稲わら培地で培養した非病原菌のすき込みには、非常に時間と労力がかかるため、非病原菌による生物的防除法の普及のためには、本菌の資材化が必要である。

謝 辞

本試験の実施にあたり、根腐病菌汚染土壌及び非病原菌株を分譲いただいた九州沖縄農業研究センターの西村範夫博士に深謝する。

引用文献

- 1) 雨宮良幹(1999) 根圏微生物による病害抵抗性の誘導. 第18回土壌伝染病談話会講演要旨: 91-96
- 2) 勝部和則(1999) 非病原性フザリウム菌によるフザリウム病の防除. ハウレンソウ萎凋病の防除. パイオコントロール研究会レポートNo.5: 9-11
- 3) 西村範夫(2001) *Fusarium oxysporum* 硝酸塩代謝能欠損菌株用の選択培地. 九病虫研報47: 156
- 4) 西村範夫(1999) サラダナへの根腐病菌および非病原性 *Fusarium oxysporum* の感染時期. 九農研61: 73
- 5) 竹原利明, 萩原廣, 国安克人(1995) *Fusarium oxysporum* の *nit* 変異菌株と野生菌株の土壌からの分別定量法. 日植病報61: 606
- 6) 手塚信夫, 牧野孝宏(1991) 非病原性 *Fusarium oxysporum* によるイチゴ萎黄病の生物的防除. 日植病報57: 506-511