

中国天津市周辺の半乾燥地域における野菜畑土壌の微生物相

周 芸敏¹・小倉寛典²・吉田徹志³・馬 俊栄⁴・福元康文⁵

(¹天津市農業科学院・²名誉教授・³農学部生物資源科学科・

⁴中国農業大学・⁵農学部暖地農学科)

Microflora in Vegetable Field Soils in Semi-arid Region at Tianjin City in China

Yimin ZHOU¹, Hirosuke OGURA², Tetsushi YOSHIDA³,
Junrong MA⁴ and Yasufumi FUKUMOTO⁵

¹ *Tianjin Agricultural Science Academy*; ² *Honorable Professor*;

³ *Department of Bioresources Science, Faculty of Agriculture*;

⁴ *China Agricultural University*; ⁵ *Department of Subtropical Agriculture,
Faculty of Agriculture*

Abstract: Microfloras in continuous planting vegetable field soils in semi-arid region at Tianjin City of China were studied. In this area, bacteria, were main member in microorganisms and which increased in summer season. Microorganisms of continuous planting fields were more vigorous than those of new fields. The number of bacteria increased with increasing years of planting. The actinomycetes had same tendency to the bacteria but the number were low. The number of fungi were low and variation of the number with planting years changed according to the area of fields. In the fungal folra, a few cellulose decomposers such as *Penicillium* and *Trichoderma* were dominant and sugar or lignin decomposers were few. Antagonists were recognized in the part of actinomycetes mainly in continuous planting fields. From these results showed that the majority of microfloras in this semi-arid region were bacteria which inhabited in micro-pore spaces. But fungi which lived in macropore that did not develop in this region even in mature fields were little.

緒 言

黄河の北、渤海湾の沿岸一帯は沖積層土壌から成る広大な半乾燥地域であり、天津市を囲んで栽培歴100年にも及ぶ野菜栽培地域が広がり、都市近郊農業が営まれている。この地域の特徴である、小雨半乾燥気候条件下での集約的同一栽培管理による長期間の連作により、畑土壌の理化学性に種々の問題点が発生している¹⁾。また、土壌微生物の生態についての検討結果からも畑土壌の理化学性についての改善が必要と考えられる報告もみられるが²⁾、これまでに、野菜栽培期間の長短による土壌微生物相の関係については、植物病原菌などの特定の菌群を除いては研究例は極めて少ない。

本報告は天津市市街地域周辺に分布する野菜連作畑の土壌微生物の動態を調査し、食糧生産基地としての生産性向上のための基礎資料とすることを目的とした。

材料と方法

1. 供試土壌 天津市街地区周辺の野菜栽培地域にあり、栽培歴の明らかな圃場を選出した。いずれも、約10年間の秋冬作はハクサイで、春夏作は果菜類であったが、種によっては連作障害などの生育異常のため必ずしも種類は限定しなかった。調査地区内には疫病、フザリウム病、軟腐病などの発病地が認められたので、可能なかぎり発病隣接地は除外した。土壌採取時期は夏季と冬季とし、夏季は果菜類の栽培末期である1988年8月に、冬季は1995年12月に、ハクサイ収穫後の表土下5~15cmの土壌を採取した。試料は調査圃場の数カ所から採取し、攪拌混和後に供試した。供試圃場の施肥量は地区により多少異なるが、春夏作は堆肥40~70、尿素0.6~2t/ha、秋冬作は堆肥30~40、尿素0.5~0.8t/haであり、春夏作は多肥の傾向が認められた(第1表)。

第1表 試料採取畑の栽培概要

採取時期	地区名	栽培年数	栽培作物	施肥量(堆肥-尿素;t/ha)	
1988年8月	北郊区	40	トマト	45-2.0	
		40	キュウリ	45-0.8	
		40	キュウリ	45-2.0	
	西郊区	50	ピーマン	60-1.0	
		40	トマト	60-1.2	
	宝坻県	2	トマト	75-0.8	
		2	キュウリ	75のみ	
	薊県	30	トウモロコシ	15-0.6	
	1995年12月	西青区(上辛口)	2	トマト	15-0.8
			20	キュウリ	30-0.3
80			キュウリ	20-0.8	
西青区(揚柳青)		2	セロリ	40-0.8	
		20	キュウリ	50-0.8	
		40	セロリ	75-0.8	
薊県		1	トマト	30-0.5	
		40	ナス	40-0.5	

2. 土壌微生物相の解析 採取した土壌は主に寒天希釈法により細菌、糸状菌および放線菌を計数した。細菌と放線菌はブイヨン培地を、糸状菌はジャガイモ煎汁培地を供試した。培養温度は夏季は室温で、冬季は20℃とした。また、糸状菌の一部は試験管内に移し、同定に供した。但し、微生物の採取は国際協約に基づいて日中両国の研究機関、すなわち、高知大学農学部および天津市土壤肥料研究所でそれぞれ行い、結果を併記した。

拮抗微生物の検出は三層寒天法で行った。検定微生物として *Fusarium oxysporum* および *Escherichia coli* を供試した。細菌は5日後に、糸状菌は10日後に、放線菌は15日後に出現する阻止円を調査し、その中心位置を検鏡して拮抗菌の有無を確認した。

結 果

1. 季節による微生物数の差異 夏作, 冬作後に供試した圃場は同一圃場ではないが, 20年以上栽培の熟畑は2年畑よりも微生物数は多く, 特に夏季には細菌が多かった。糸状菌や放線菌も熟畑の方が多量のものを全体的に少なかった。参考のため, 比較的栽培期間の長い高知大学農学部畑土壌の微生物数も併記した(第2表)。冬季には各菌ともに同傾向が認められたが, 細菌の減少は大きく, 糸状菌や放線菌の残存は大きかった。しかし, いずれも高知土壌に比べて菌数の少ない細菌型土壌であった。微生物の存在割合を知る細菌/糸状菌比(B/F値)は新しい圃場よりも連作圃場の方が安定していた。

第2表 野菜栽培畑土壌の微生物数

栽培年数	夏 季				冬 季				
	細菌	糸状菌	放線菌	**B/F値	細菌	糸状菌	放線菌	B/F値	
1~2年	最大値	181*	1.1	1.7	510	10.8	0.4	0.4	52
	最小値	43	0.2	0.2	39	5.7	0.1	0.1	22
	平均値	85	0.6	0.7	206	7.9	0.3	0.3	35
20年以上	最大値	191	3.3	3.3	224	11.5	0.7	1.1	20
	最小値	117	0.7	0.7	58	9.5	0.6	0.5	15
	平均値	154	1.4	1.4	134	10.3	0.6	0.7	17
20年以上 (高知大学 農学部)	最大値	322	18.9	12.2	18	—	—	—	—
	最小値	272	15.1	12.2	17	—	—	—	—
	平均値	297	17.0	12.2	18	11.5	3.2	2.1	4

* 微生物数 ($\times 10^4 / g$ 乾土) ** 細菌/糸状菌比

2. 微生物相の推移 同一地区(西青区)で栽培様式の類似した圃場の微生物相を第3表に示した。同区内の上辛口で2ヶ所, 楊柳青で1ヶ所を指定し, 栽培歴が2年, 20年, 40年のハクサイ栽培後の畑土壌微生物相を, 2年作の菌数を100として比数で示した。

第3表 野菜栽培様式の類似した畑土壌微生物相の推移

地区名(畑)	微生物	野菜栽培年数		
		2年	20年	40年
西青区上辛口(A)	細菌	100	56*	202
	糸状菌	100	675	54
	放線菌	100	125	238
同上(B)	細菌	100	89	181
	糸状菌	100	149	173
	放線菌	100	114	289
西青区楊柳青	細菌	100	122	140
	糸状菌	100	43	17
	放線菌	100	119	125

* 2年栽培畑の値を100とした比数

両地区の微生物数はそれぞれ異なっていたが、細菌と放線菌は栽培年数の増加による変動は類似の傾向を示し、一時的な変動があっても上昇の傾向を示した。糸状菌は地区によって異なっていた。

3. 連作圃場の糸状菌相 西青区の栽培年数の異なる畑を対象に、ハクサイ収穫後約1ヶ月休閑放置した表土下5~15cmの土壤中に生息する糸状菌を調査した(第4表)。なお、夏季の調査では抗菌力をもつ *Penicillium* や *Trichoderma* が多数出現し、他の菌群の測定が不可能であった。

第4表 連作野菜畑土壌の糸状菌相

糸 状 菌 (地 区 名)	2年 (糸状菌数; ×10 ⁴ /g 乾土)	20年	40年連作
(西青区上辛口)			
<i>Acremonium</i>	—	8	—
<i>Aspergillus</i>	—	24	7
<i>Botrytis</i>	3	—	—
<i>Cephalosporium</i>	4	14	14
<i>Chaetomium</i>	4	8	—
<i>Cladosporium</i>	4	22	87
<i>Curvularia</i>	1	—	8
<i>Geotrichum</i>	2	18	—
<i>Gliocladium</i>	—	—	7
<i>Fusarium</i>	—	6	24
<i>Helminthosporium</i>	—	1	7
<i>Humicola</i>	1	1	—
<i>Mucor and Rhizopus</i>	44	22	12
<i>Phycomycetes others</i>	2	12	—
<i>Penicillium</i>	34	38	176
<i>Phoma</i>	11	2	—
<i>Trichoderma</i>	30	8	6
Others	13	22	14
(西青区楊柳区)			
<i>Alternaria</i>	2	1	8
<i>Aspergillus</i>	12	—	3
<i>Botrytis</i>	1	—	—
<i>Cephalosporium</i>	—	2	—
<i>Chaetomium</i>	—	3	1
<i>Curvularia</i>	—	3	—
<i>Fusarium</i>	22	18	2
<i>Gliocladium</i>	—	—	2
<i>Helminthosporium</i>	1	3	3
<i>Mortierella</i>	—	1	—
<i>Mucor and Rhizopus</i>	—	2	1
<i>Penicillium</i>	138	181	82
<i>Phoma</i>	9	4	1
<i>Trichoderma</i>	17	32	18
Others	18	22	8

栽培年数による糸状菌の分布は必ずしも一定の傾向を示さなかった。また、調査した6ヶ所の圃場では優勢菌群は一定しなかったが、両地区から検出された種は *Fusarium*, *Phoma*, *Penicillium*, *Trichoderma* などで、これらのほとんどはセルロース分解菌であり、糖分解菌は *Mucor* を除いては検出されず、リグニン分解菌も出現しなかった。

4. 土壌中の拮抗菌群 供試した夏季と冬季に生存する抗細菌微生物を第5表に示した。前述のように供試土壌は細菌主導型土壌で放線菌は安定して生存しなかったが、細菌群には抗菌性菌群は少なかった。放線菌は熟畑化により拮抗菌は増加し、特に夏季に増加した。各菌とも同定にはいたらなかった。圃場が病原菌に汚染され、数年に亘って病害の発生した土壌では抗 *E. coli* の拮抗菌が検出されたが、その多くは放線菌であった。糸状菌の中には抗細菌型の菌群は認められなかった。また、抗糸状菌の拮抗菌も認められなかった。

第5表 連作野菜畑土壌の拮抗菌群

採取 時期	放 線 菌			細 菌			
	2年	20年	40年連作	2年	20年	40年連作	
夏季	最大値	2.18*	—	2.78	0.06	—	0.11
	最小値	0	—	0.02	0	—	0
		(n=4)		(n=4)	(n=4)		(n=4)
冬季	最大値	0.08	0.70	0.52	0	0	0
	最小値	0	0	0	0	0	0
		(n=4)	(n=3)	(n=4)	(n=2)	(n=2)	(n=2)
(高知大学農学部・ 夏季)		—	37.3	—	—	0.06	—
			(n=1)			(n=1)	

* 微生物数 ($\times 10^3 / \text{g}$ 乾土)

考 察

農業生産の立場から注視される土壌要因は物理的、化学的、生物的な諸要因を総合的に認識する必要がある。天津市周辺は半乾燥地域に形成された沖積土壌地帯で、畑土壌に生息する微生物もその影響を受けている^{1), 2), 3)}。

この地域の野菜畑は堆肥と尿素を主体に一作ごとに施肥されていた(第1表)。栽培環境の類似した圃場でも微生物相は作物や作付け年数に左右され、夏季は冬季より圃場間の変動が大きく、その主因は細菌であった。また、細菌は連作により生息数が増加し、糸状菌や放線菌も同じ傾向を示したが、数的には調査地区はすべて細菌主導型圃場であった。従って、作土評価の手段であるB/F値は、天津土壌では高知土壌より顕著に高く、栽培適地を知るためには上限の必要性を検討しなければならない(第2表)。

地域が異なると微生物群の動向も異なるが、経年的な傾向は安定していた。細菌は徐々に年を経て増加し、放線菌は絶対数は少ないが同じ傾向を示し、糸状菌は一時的な増加はあっても大勢は下降傾向であった(第3表)。MARSHALL and HOLMES⁴⁾, ZHOU and OGURA⁵⁾をはじめ多くの研究者は有機質施肥による表土層の拡大を指摘した。高井ら⁶⁾は心土への細菌の移行は細根跡によるとし、ZHOU and OGURA⁵⁾は堆肥の施用により熟畑化が促進されると報告したが、糸状菌をはじめ、微生

物群の動向において、土壤 EC や pH のように、連作の影響と確認される特異の現象は認められなかった。

ANDERSON and DOMSCH⁷⁾, CHUANG and Ko⁸⁾, MURAMOTO ら⁹⁾ はバイオマスによる物質の移行を示し、NISHIO¹⁰⁾ は有機質肥料の施用により、細菌は直後に、糸状菌は3ヶ月後にバイオマスの増大をもたらし、後者の主導圃場に転換することを報告した。しかし、天津土壤が堆肥施用にもかかわらず細菌型土壤であるのは大型団粒形成不備によるマクロ孔隙の形成不良⁹⁾ とそれに伴う糸状菌相の発達不良に起因すると考えられた。

MANGENOT and DIEM¹¹⁾ は土壤中の微生物間の競合を4項に分け、時間的、空間的な場の占有であると説明した。COOK and ROVIRA¹²⁾ は拮抗を一般拮抗と特異拮抗に区分することを主張した。天津土壤には抗菌性放線菌と少数の抗菌性細菌が連作により徐々に増加するが、これは一般拮抗に属する。供試土壤の中で、ナス科青枯病常発圃場に多く出現する抗菌性菌群の特異性の有無については *Pseudomonas solanacearum* を用いての再度の調査が必要である。糸状菌にも抗菌力を持つ菌群があり、その多くはセルロース分解菌群に属するが、本研究で拮抗糸状菌が出現しなかったことは糸状菌と細菌は競合の場を共有しないと考えられた(第5表)。

土壤中の糸状菌は、常時は静菌作用に支配されているが、作物残渣や生活根の存在により腐生競合を起こす。養分が有限である残渣上ではサクセッションが起こり、糖分解菌、セルロース分解菌、リグニン分解菌の順に菌相は推移する。セルロース分解菌には養分を激しく消費する菌群と徐々に反応する菌群がある。前者はその場の養分を支配し、いずれの土壤中にも一般にみられる菌群がこれに属する。後者はその場の菌相の地域的な特性を表す菌群である¹³⁾。天津市の供試圃場2ヶ所(第4表)は農業技術上では似通った圃場であるが、出現する糸状菌はかなり異なっていた。しかし、どちらの圃場にも、藻菌を主体とする糖分解菌群が散発的にしか出現しなかった。また、相の地域性を示すセルロース分解菌がほとんど出現しなかった。この2点から、これらの土壤は地域を特徴づける糸状菌相をもたないと考えられた。さらに、養分の授受の激しいセルロース分解に関与する一群も圃場に常時出現するとは限らなかったことから、堆肥投入の効果、またハクサイへ養分転化する役割の大半は細菌が支配していると考えられた。このことは作付ごとに加わる堆肥の微生物相の動向とともに天津土壤の微生物特性を形成していると考えられた。

謝辞 本研究は高知大学と天津市農業科学院との学問的交流の中で実施された。いろいろの労をとっていただいた次の方々には謝意を表します。

高知大学名誉教授加藤徹博士、神戸大学農学部助教授土佐幸雄博士、中国共産党天津市書記劉晋峰氏、天津市農業科学院長路凱旋氏、天津市農業科学院元院長侯鋒氏、天津市土壤肥料研究所元所長趙振達氏。

要 約

中国天津市近郊の半乾燥地域に分布する野菜の連作圃場の微生物相を調査した。夏季には細菌の増殖が、冬季には細菌の減少が著しかったが、糸状菌や放線菌は数も少なく、増減の変動も小さかった。連作圃場は1、2年作圃場に比べて微生物の息が多くみられた。その大部分を占める細菌は連作により増加し、放線菌も数は少ないが同じ傾向を示し、糸状菌は地区により異なった。糸状菌相は主に数種のセルロース分解型糸状菌が大部分を占め、糖分解型やリグニン分解型菌群はほとんど出現しなかった。また、拮抗性微生物は少なく、放線菌の一部に認められたが、その多くは連作圃場に生息していた。これらの結果、この地域の土壤は細菌型土壤で糸状菌の活性は低く、相の構

成も単純であった。圃場の熟畑化が進むにつれて微生物数は増加したが、その多くは細菌であった。この地域は細菌生息域としてのミクロ団粒は発達するが、糸状菌が生息できる孔隙を作るほどの団粒の発達がない土壌であり、糸状菌と細菌は競合の場を共有しないと考えられた。

キーワード：天津市，野菜畑土壌，半乾燥地域，土壌微生物相

文 献

- 1) 周 芸敏・吉田徹志・小倉寛典・馬 俊栄・福元康文：中国天津市周辺の半乾燥地域における野菜畑土壌の特性。生物環境調節, 36, 239-244 (1998).
- 2) 小倉寛典・馬 俊栄・福元康文・侯 鋒・趙 振達・周 芸敏：天津市行政区の蔬菜園芸地帯の土壌微生物の生態。高知大学学術研究報告(農学), 40, 1-10 (1991).
- 3) 福元康文・小倉寛典・吉田徹志・玉井佐一：天津市の気象と農業。農業気象学会(中国・四国支部会誌) No.2, 90-92 (1989).
- 4) MARSHALL, T.J. and HOLMES, J.W.: Soil Physics, p.203-208, Cambridge Univ. Press, London, (1988).
- 5) ZHOU, Y. and OGURA, H.: Characteristics and fertility improvement of vegetable soils in semi-arid region. Proceedings of International Symposium on Rational Fertilization for Vegetable Production (Nanjing, CHINA), 31-42 (1996).
- 6) 高井康夫・島津 武・好田 肇・香川尚徳・近藤照正・和田秀徳：水田土壌心土の柱状構造における細菌フロラの不均一分布(第1報)。土肥誌, 41, 401-405 (1970).
- 7) ANDERSON, J.P.E. and DOMSCH, K.H.: Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. Soil Sci., 130, 211-216 (1980).
- 8) CHUANG, T.Y. and Ko, W.H.: Propagule size; Its relation to population density of microorganisms in soils. Soil Biol. Biochem., 13, 185-190 (1981).
- 9) MURAMOTO, T., ANDERSON, J.P.E. and DOMSH, K.H.: Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. Soil Biol. Biochem., 14, 469-475 (1982).
- 10) NISHIO, M.: Direct count estimation of microbial biomass in soil applied with compost. Biol. Agr. Horti., 1, 109-125 (1983).
- 11) MANGENOT, F. and DIEM, H.G.: Fundamentals of biological control. in "Ecology of root pathogens" ed. by KRUPA, S.V. and DOMMERGUES, Y.R., p.207-267, Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, (1979).
- 12) COOK, R.J. and ROVIRA, A.D.: The role of bacteria in the biological control of *Gaeumannomyces graminis* by suppressive soil. Soil Biol. Biochem., 8, 269-273 (1976).
- 13) 小倉寛典：土壌病害の手引き, 157-164, 日本植物防疫協会, 東京 (1984).

平成10(1998)年10月6日受理

平成10(1998)年12月25日発行

