

黒ボク土壌畑の天地返し耕による

土壌微生物相の変化について

深沢 公善・古藤 実*・大木 孝之**

K. FUKASAWA, M. KOTO, and T. ŌKI

Effect of plowing to replace surface soil with subsoil
on the distribution of soil microbial flora in Ando soil.

I 緒 言

三浦半島における露地野菜畑は、主に諸磯統や菊名統の黒ボク土壌で、スイカ、キャベツ、ダイコンを中心に年間2.4作と高度集約的な栽培が行なわれている。ここでは、その生産安定を目的として、土壌の理化学性を改善し地力を増強するため、堆肥、ソルゴー等の有機物施用、土壌診断による施肥の合理化などが盛んに実施されている。こうした「土づくり運動」の一環として、昭和48年頃から「畑地の排水が悪い」「ダイコンが引き抜きにくい」「畑地が硬くなった」などの理由で、従来の深耕に比べ、より深い土層改良が実施され始めた。多くの場合、表層の黒ボク土と下層の褐色火山灰土を反転置換する、深さ1~2mの天地返し耕（以下、天地返しと呼ぶ）を大型機械で実施する農家があらわれた。しかし、天地返しによる土壌の物理性や排水性の改善は、根系が広がり、作物がより健全に育つ効果が期待される一方で、微生物相の悪化や静菌作用の低下、有効態リン酸含量やCECの低下などの問題点も考えられた。

そこで、土壌の微生物相について、天地返しを行った農家は場と、慣行は場との違いを時期別、土壌層位別に検討し、2、3の知見を得たので、ここに取りまとめて報告する。なお本試験の大部分は1977年から'81年にかけて実施された畑地帯生産基盤整備対策調査の一部を分

担したものであり、総合的調査結果については県農地計画課三原保副技幹を中心にとりまとめ中であり、後日報告される予定である。

本調査実施にあたり御指導をいただいた三原氏をはじめ関係各位に深く感謝の意を表する。

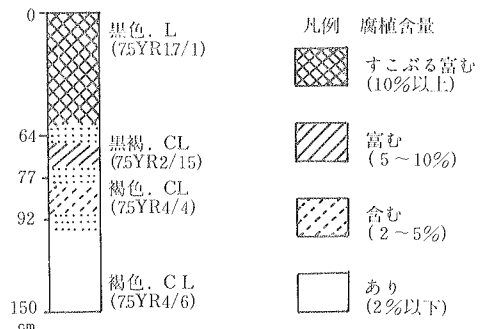
II 材料および方法

1. 試験実施場所

試験地（a）三浦市初声町和田字出口3087~3089 大井久弥氏は場、（b）三浦市初声町和田字笹原3122 新倉満氏は場

2. 試験土壌

表層土は厚層多腐植黒ボク土の壤土、下層土（70~80cm以下の心土）は褐色火山灰土の埴壤土



第1図 天地返し等処理前の土壌断面柱状図 (山田ら(4))

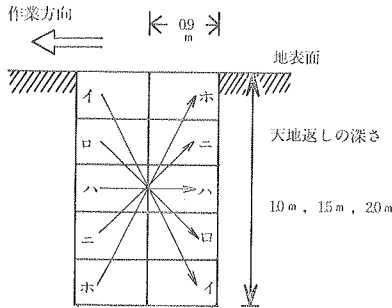
*現：肥飼料検査所 **現：農業技術課

第 1 表 試験ほ場における土壤の理化学性 (山田ら⁽⁴⁾)

土 壤	層 位 (cm)	固相率 (%)	液相率 (%)	pH (H ₂ O)	置換性CaO (mg/100g)	C E C (me/100g)	りん酸吸 収 係 数
黒ボク表層土	0~21	28.9	35.1	5.13	318	33	1630
褐色火山灰下層土	92~150	17.2	53.7	6.45	572	18	2840

3. 試験ほ場の深耕

1977年8月掘削機バックホーを使用して、第2図のとおり1.0m、1.5m区では5層に分けて土壤を入れ替え、2.0m区では9層に分けて天地返しを行った。混層耕はトラクターショベルによる「しわ寄せ工法」に準じた。各①~⑩区のは場面積は150~1000m²である。



第 2 図 土壤の入れ替え模式図 (天地返しの方法)

4. 試験区の構成

区制は第2表のとおりである。深耕後、ディ・トラベックス油剤(1,3-ジクロロプロペン40%,メチルイソチオシアネート20%)で土壤消毒し、改良資材は炭酸カルシウム、水酸化苦土肥料、BMようりんを用いて作土の深さ20cmまでに、CaとMgはCECのそれぞれ60%、

第 2 表 試験区制

試験地	調査区	ほ場番号	処 理 内 容	耕起深度 (m)	初年度の堆肥投入量 (t/10a)
普通耕 A	①		慣 行	0.15	3
	②		改良資材投入	0.15	3
	③		改良資材投入・土壤消毒	0.15	3
混層耕 B	⑧		改良資材投入	0.5	4
	⑨		改良資材投入・土壤消毒	0.5	4
天 地 返 し C	④		改良資材投入	1.0	5
	⑤		改良資材投入・土壤消毒	1.0	5
天 地 返 し D	⑥		改良資材投入	1.5	5
	⑦		改良資材投入・土壤消毒	1.5	5
天 地 返 し E	⑩		改良資材投入	2.0	5

20%, Pはりん酸吸収係数の5%相当量を投入した。なお、施工当初以後の施肥等土壤管理は農家慣行により、試験地a(①~⑩区)は'80年9月7日,'81年9月6日、試験地b(⑩区)は'78年8月13日,'79年8月25日,'80年8月7日,'81年8月30日にそれぞれ土壤消毒を実施した。

5. 土壤微生物の測定

常法に準じて、1か所約300mlの土壤を6地点から採集して、ビニル袋内で混合して1試料とした。試験ほ場の天地返しなどの施工前と施工以後各処理区から、主に夏と冬季に、また深さ10cm、50cm、100cm層を中心に採土し、土壤微生物実験法⁽¹⁾に従い、糸状菌(ローズベンガル寒天培地)、Fusarium属菌(駒田培地⁽⁵⁾)、細菌、放線菌(アルブミン寒天培地)を希釈平板法、アンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌を希釈頻度法により生菌数を測定した。

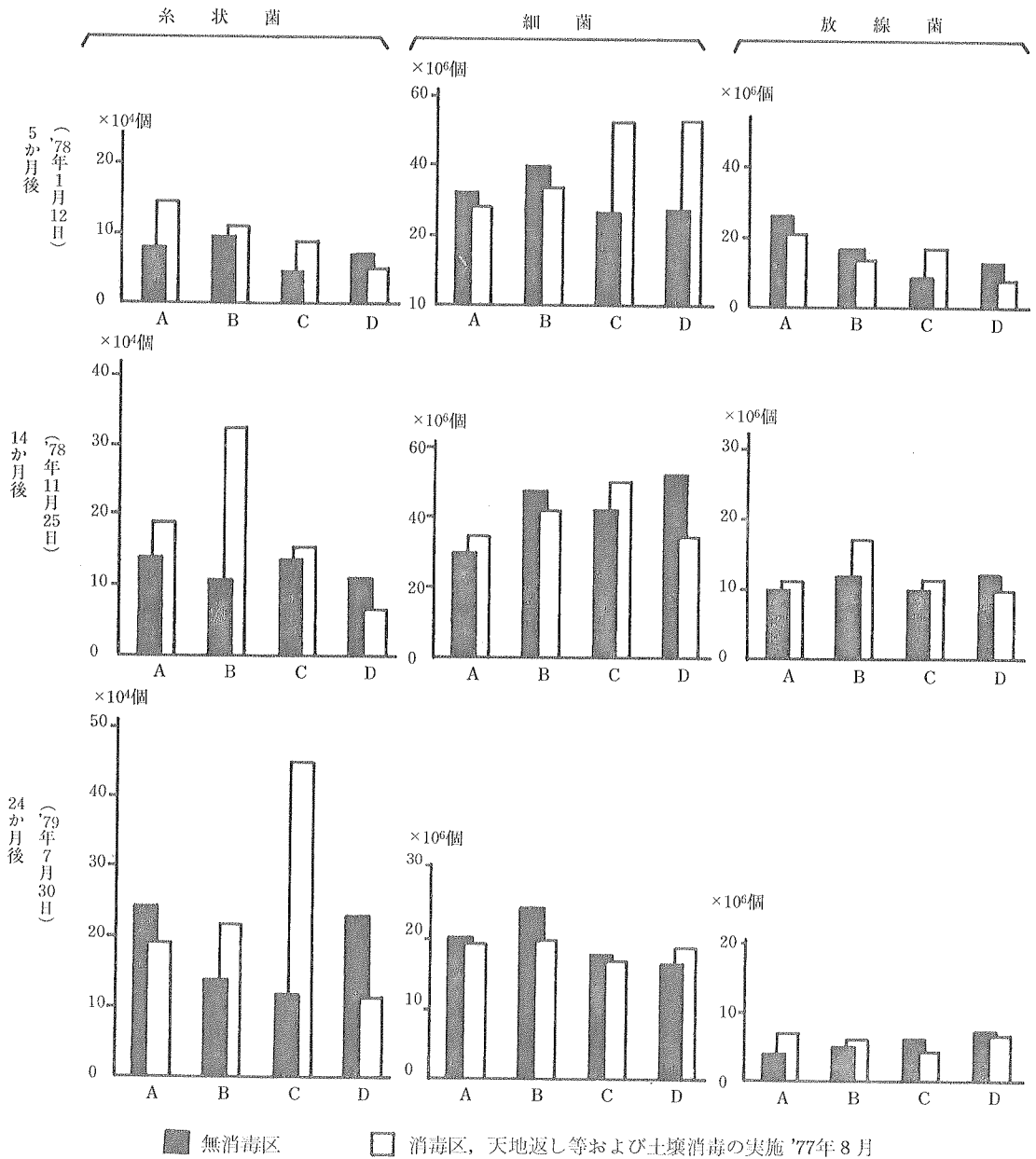
III 成 績

1. 天地返し後の土壤消毒の有無による微生物相の比較

本試験ほ場は、天地返しなどの施工直後にディトラベックス油剤土壤消毒区と無消毒区があるが、両区の表層の微生物相を第3図に示した。消毒5か月後の調査では無消毒区よりも消毒区での糸状菌数が多かったが、その後14か月、24か月後の調査では一定の傾向は示さなかった。また消毒区では5か月後には、耕起深度の深い区ほど糸状菌数が少なく、とくに天地返し1.5m区では、その後も低い値を示した。一方5か月後の細菌数は耕起深度の深い消毒区で多い傾向があり、その後は各区とも同様な傾向を示すようになった。放線菌では無消毒区と消毒区間に差はほとんど認められなかった。

2. 土壤深耕の程度が冬および夏季の表層の土壤微生物相におよぼす影響

天地返し以後、それぞれの農家の慣行により土壤消毒が実施され、これが微生物に大きく影響したと考えられるが、第3表のように、混層耕、天地返し1.0m、1.5m区は冬、夏季とも普通耕と大差ない微生物相を示した。天地返し2.0m区では施工当初から冬季に糸状菌数の低



第 3 図 天地返し後の土壤消毒の有無による土壤微生物相の比較
(深さ 0~15cm 層, 株間より採土, 乾土 1g 当りの生菌数)

第 3 表 土壌深耕の程度が冬および夏季の表層土壌の微生物相におよぼす影響（乾土 1 g 当りの生菌数）

耕 起 法	冬		季		夏		季	
	'78	'80	'81	'79	'80	'81		
	年 1 月	年 1 月	年 1 月	年 7 月	年 7 月	年 7 月		
	個	個	個	個	個	個	個	個
糸 状 菌 ($\times 10^4$)	普通耕	8.0	10.3	10.4	24.1	15.0	5.0	
	混層耕 0.5m	9.3	10.3	17.9	12.9	17.8	6.3	
	天地返し 1.0m	4.5	8.0	12.2	11.5	17.6	3.9	
	天地返し 1.5m	6.0	7.1	20.9	23.0	17.7	3.5	
	天地返し 2.0m	3.4	2.8	1.0	24.9	14.1	2.9	
細 菌 ($\times 10^6$)	普通耕	30.8	25.3	17.6	19.4	47.3	24.0	
	混層耕 0.5m	37.9	29.6	26.6	23.6	70.6	17.9	
	天地返し 1.0m	24.7	22.5	36.2	16.7	50.0	23.3	
	天地返し 1.5m	26.7	24.8	26.4	16.6	50.8	20.7	
	天地返し 2.0m	17.2	26.0	37.1	30.1	47.6	17.4	
放 線 菌 ($\times 10^6$)	普通耕	24.5	8.4	9.0	3.6	30.9	5.6	
	混層耕 0.5m	15.9	11.7	9.6	4.6	32.2	12.9	
	天地返し 1.0m	7.8	8.5	8.5	5.7	27.7	10.9	
	天地返し 1.5m	12.4	5.1	14.5	6.8	22.9	8.0	
	天地返し 2.0m	6.9	23.7	27.1	6.8	56.4	12.2	
F. oxy. ($\times 10^3$)	普通耕	—	2.0	8.1	7.7	8.1	—	
	混層耕 0.5m	—	2.7	5.5	9.4	9.8	—	
	天地返し 1.0m	—	2.6	5.0	35.9	10.7	—	
	天地返し 1.5m	—	2.1	3.6	15.8	5.7	—	
	天地返し 2.0m	—	0.5	0.0以下	1.4	6.7	—	

注：天地返し等の処理 '77年 8月，深さ 0～15cm，株間より採土，一測定せず。

第 4 表 土壌深耕法別による表層の硝化菌の変化（乾土 1 g 当りの生菌数）

区	耕 起 法	アンモニア酸化菌 ($\times 10^5$)			亜硝酸酸化菌 ($\times 10^5$)		
		'78	'79	'79	'78	'79	'79
		年 11 月	年 7 月	年 8 月	年 11 月	年 7 月	年 8 月
A	普通耕	1.6	1.9	3.2	0.5	2.4	4.0
B	混層耕 0.5m	3.6	3.4	—	8.1	3.4	—
C	天地返し 1.0m	14.8	2.0	7.5	5.6	3.5	2.6
D	天地返し 1.5m	41以上	3.8	1.4	41以上	2.3	8.4
E	天地返し 2.0m	28.3	19.9	0.9	42以上	8.9	3.9

注：天地返し等の処理 '77年 8月，なお A B C D は場は '80年 9月に，また E は場は '78年 8月，'79年 8月，'80年 8月に土壌消毒を実施した。

下が認められ、その後も同様な傾向を示した。また *Fusarium* 属菌についても糸状菌に類似した傾向であった。放線菌については天地返し2.0m区で施工当初に低い値を示したがその後は菌数が多く夏季においてもその傾向が認められた。細菌数については区間に大差なかった。

一方、硝化菌については第4表のとおりで、施工2年後までは耕起深度が深い区ほど、菌数が多い傾向にあったが、その後は明らかな差は認められなかった。

3. 天地返しにともなう土壌層位別の微生物相の変化

天地返し施工前の土壌微生物相は第4図のとおりで、いずれの菌も作土層に多く生息しており、下層になるほど少なかった。この傾向は糸状菌でもっとも明瞭で、50cm以下では著しく少なかった。これに対して細菌は200cmの深層でもある程度認められた。放線菌は両者の中間的傾向を示し、硝化菌は140cm以下では少なく、0~20cmの表層に多かった。

天地返し施工後の層位別の微生物相を第4図に示した。耕起深度により異なる様相を示し、普通耕では試験実施以前と同様に、高い微生物密度は主として表層に限られていたが、天地返し区では45~55cm層と95~105cm層の菌数が比較的多かった。糸状菌は普通耕と天地返し1.0m区では下層ほど低い傾向であったが、天地返し1.5m区では深さ95~105cm層でもかなりの菌数を示し、表層に比べると少ないが、45~55cm層より高い値を示した。これは4年後においても同様な傾向であった。*Fusarium* 属菌も類似した傾向を示し、天地返し2.0m区は両区の中間的傾向を示した。下層における細菌、放線菌は、区間に明らかな差が認められなかったが、糸状菌の場合と同様に、天地返し1.5m区で高い値を示す場合があった。アンモニア酸化菌は天地返し1.5m、2.0m区で施工2年後でも、100cm層で高い値を示すことがあった。なお、天地返し2.0m区は施工2年後の調査(79年8月29日)の数日前にD-Dによる土壌消毒が実施されたが、表層の微生物相はアンモニア酸化菌を除いては他区と同程度であり、消毒の影響は認められなかった。

IV 考 察

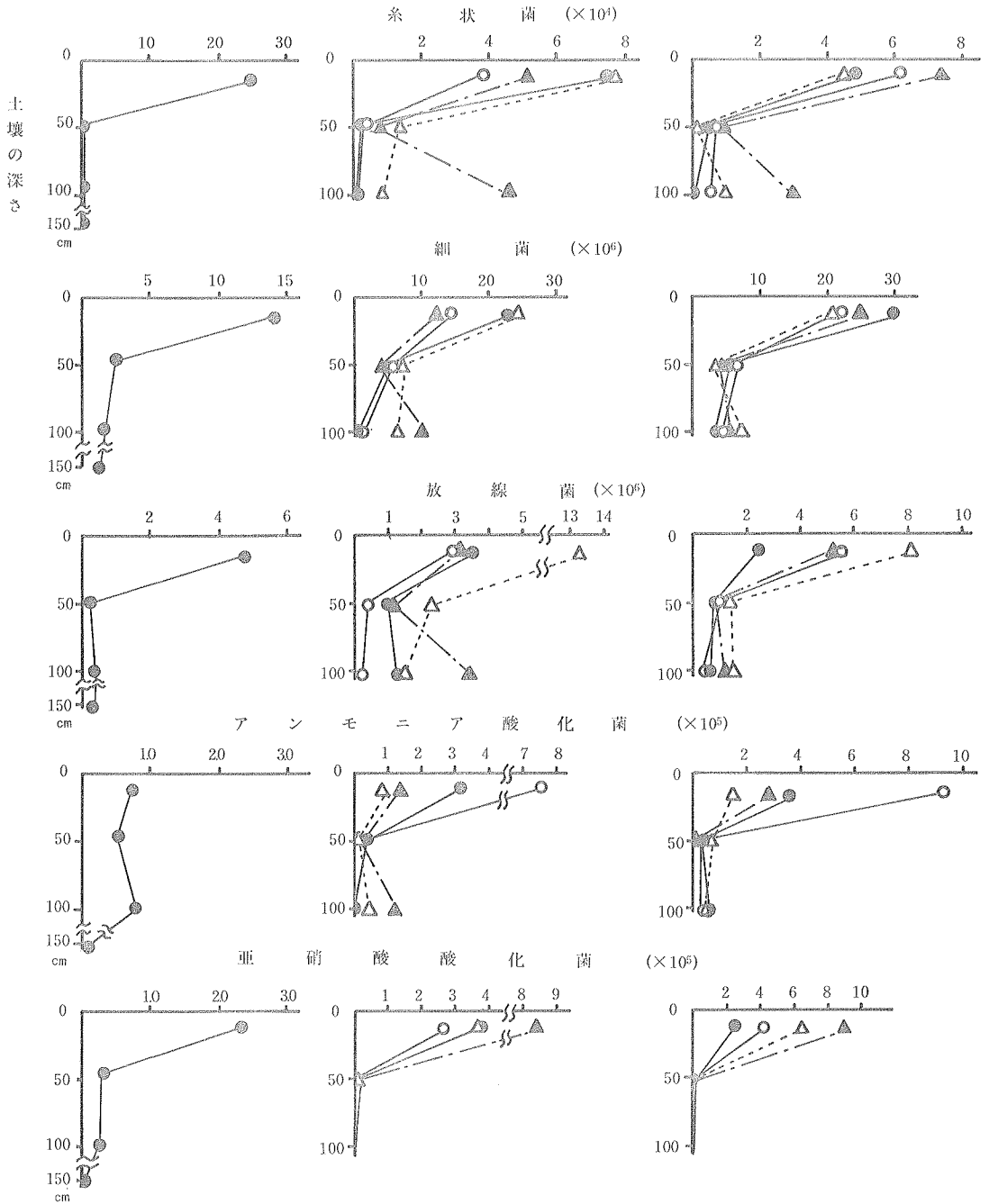
本試験では、天地返し直後に土壌微生物に大きな影響を及ぼす土壌消毒を実施した。ディトラベックス油剤はクロロピクリンよりも硝化菌に対して作用が小さいと推察されている(11)が、一時的には土壌微生物の大部分を消滅させたものと考えられる。本調査は消毒後5か月目以後に行ったので、それ以前の段階で微生物はかなり

回復しており、むしろ消毒区の方で細菌と糸状菌数がやや多い結果になり、また施工2年後の調査でも認められたが、高温期における土壌消毒後の微生物相の回復は、鈴木ら(13)のクロロピクリンの場合と同様に、比較的早いものと考えられる。

冬および夏季の混層耕、天地返し1.0m、1.5m区の表層の微生物相は普通耕と大差ない値を示したが、天地返し2.0m区では冬季に糸状菌が減少する傾向を示した。これは本調査だけでは原因は明らかでないが、2.0m区では他区より土壌消毒の回数が多かったことが一因と考えられる。

畑での微生物の垂直分布は、一般的に表層に多く、下層で少ない。このことは第4図の天地返し前のほ場層位別分布についても、ほぼ同様の傾向が認められ、下層では糸状菌数は著しく少ないのに対して、細菌はかなりの菌数を示した。糸状菌と細菌の垂直分布の違いは、糸状菌の大部分が好気性である(3)ためと考えられる。土壌の耕起深度と土壌層位別の微生物の関係については、SUZUKIら(12)が、普通耕15cmと深耕35cm、また松田ら(8)が、普通耕(ロータリー耕)と深耕60cm(トレンチャー耕、スクリューパー耕)を比較し、耕起深度が深いほど微生物は深くまで分布すると報告しており、本試験でも同様な傾向であった。本試験は通常の天地返しに比べると著しく深く、表層土を地下深く埋め込んだ場合、特に糸状菌の多くは好気性菌であるため生息しにくくなると考えられたが、処理2年、4年後の経過から判断して、天地返し1.5m区の95~105cm層にある程度の菌数が維持されていた。したがって、細菌はもちろん、糸状菌による土壌病害が発生しているほ場で、安易に天地返しを行うことは、病原菌を土層全体に拡散させ、下層でも生存し続ける結果を招く恐れがあると考えられる。

知地帯生産基盤整備対策調査の中で、土壌の静菌力調査を分担した宇田川ら(4)は、褐色火山灰土は混層耕の土壌に比べて、ダイコン萎黄病に対する静菌力が弱いことを指摘している。一方、駒田ら(6)は三浦半島の黒ボク土はもちろん、下層土の褐色火山灰土も、他の地方の土壌に比べダイコン萎黄病の発生が少ないとしている。また松田(9)は深耕方法(使用機械の違い)や病気の種類によって、天地返しの効果の現われ方が違うとしている。なお、本試験の天地返し後、農家慣行により管理されたほ場において、土壌病害の発生に大きな差は認められなかった。表層に表れた褐色火山灰土は微生物相が貧弱であるが、土壌改良資材や牛ふん堆肥を添加することにより、微生物全般が黒ボク表層土より多い菌数を示す場合



第4図 天地返し等が土壤層位別の微生物相に及ぼす影響(乾土1g当りの生菌数)

●—●普通耕, ○—○天地返し1.0m, △—△天地返し1.5m, ▲—▲天地返し2.0m

第 5 表 土壤改良資材および有機物添加が褐色火山灰下層土の微生物数に及ぼす影響 (ポット試験)
(乾土 1 g 当りの生菌数)

	糸状菌 ($\times 10^4$)	細菌 ($\times 10^6$)	放線菌 ($\times 10^6$)	アンモニア酸化菌 ($\times 10^5$)	亜硝酸酸化菌 ($\times 10^5$)
黒ボク表層土	18	38.0	9.2	1.8	0.7
褐色火山灰下層土	2	0.8	0.7	0.0*	0.0*
褐色火山灰下層土 +(ようりん, 炭カル, 水マグ, 牛ふん堆肥)	12	540.0	26.0	33.0	11.0

注：褐色火山灰下層土を深さ 80cm 層から 1980 年 2 月掘り出し、当日資材を添加し、2 千分の 1 のワグネルポットに入れて、他の土壤と同様に 2 日後微生物数を測定した。* 10^4 で検出せず。

があり、単純種が優勢になりやすい微生物相から、多様性のある微生物相へ変化するものと考えられる。

本試験は火山灰土壤で行なわれ、りん酸吸収力の強い褐色火山灰土が表層に表れるので、りん酸資材を施用したが、これは野菜の生育遅延を軽減する効果があり(10)、また糸状菌、細菌、放線菌の数を増加する(2)と言われている。さらに有機物の施用は作物の病害抵抗性を増強し、微生物間の安定した拮抗現象を促進させる効果があり、土壤病害からみても重要な意義がある(7)と考えられている。いずれにしても、本試験の微生物の調査結果から、天地返し後の表土はりん酸資材や有機物施用により、微生物相が豊富になるが、一方で細菌はもちろん、糸状菌の高密度の表層土を下層に埋め込み、長期に生存し続ける場合もあると推察されるので、天地返しを土壤病害軽減対策の一つと考えるのは危険であろう。

土壤微生物相と植物の関係はさらに解明される必要があるが、土壤管理上の留意点を検討するため、作物の生育、収量との関係について若干考察する。浦野ら(14)は、作物の深耕に対する適応性を土壤の物理的変化(透水性、膨軟)と化学的変化(表層の肥料養分濃度の低下)とに対する感応度の相対的關係としてとらえている。畑地帯生産基盤整備対策調査の中で、水野ら(4)が分担した作物の生育、収量調査によれば、乾燥しやすい条件下での天地返しはスイカの生育を抑制して、1、2 番果の着果が良くなるとともに、うらなり果の減少で全体収量は減るが、早期収穫により品質が良好になる。ダイコンでは引抜きやすくなるとともに、土壤改良資材投入の効果が大きく、混層耕、天地返し 1.0 m 区の生育が良好である。ただし、土壤が乾燥しやすい条件ではキャベツの定植後の活着が遅れ、生育もやや遅れがちであったと報告しており、表層の肥料養分濃度の低下がスイカではプラスに、透水性が良すぎて乾燥しやすいことがキャベツではマイナスに現われる場合があるとしている。同じく山

田ら(4)が分担した土壤の理化学性調査では、処理 4 年後でも物理性の改善効果があり、土壤が膨軟であるが、りん酸資材の施用によっても土壤中の有効態りん酸の増加が少ないとしている。

したがって、褐色火山灰土が表土になる天地返しは、土壤微生物相の多様化を図るとともに水分管理や肥培管理についても充分考慮する必要があると考えられる。

V 摘 要

1977 年から '81 年まで、表層土が黒ボク土壤で、70~80 cm 以下の下層土が褐色火山灰土の三浦半島の生産者ほ場において、混層耕、天地返しなどの土壤深耕が土壤微生物相に及ぼす影響を調査した。土壤深耕後の土壤消毒、土壤改良資材と有機物施用について、次の結果を得た。

1. 土壤深耕と同時に、ほ場の一部で土壤消毒も実施されたが、5 か月後には消毒区の方が、細菌と糸状菌数が増加した。土壤消毒後、微生物相は比較的早く回復するものと考えられた。

2. 混層耕(耕起深度 0.5 m)、天地返し 1.0 m、天地返し 1.5 m における冬および夏季の表層の微生物相は普通耕と大差なかった。天地返し 2.0 m は処理当初、硝化菌が増加し、その後放線菌が増加した。また冬季に糸状菌数が減少した。

3. 普通耕では微生物数は主として表層土に限られ、下層土の褐色火山灰土では貧弱であった。

4. 天地返し 1.5 m、同 2.0 m 区は深さ 95~105 cm 層まで耕起され、さらに黒ボク土壤であるために微生物数が豊富であり、4 年後でも深さ 95~105 cm 層の糸状菌数は多かった。

5. 深く深耕するほど表層に褐色火山灰土が多くなり、また堆肥の施用により微生物数が増加した。

6. 以上の結果、天地返しは土壌病害軽減対策としては不適當な方法と考えられ、また天地返しした場合は、堆肥の施用により土壌の微生物相を豊かにすることが有効である。

引用ならびに参考文献

1. 土壌微生物研究会 (1975). 土壌微生物実験法; 21~25 養賢堂.
2. 土壌微生物研究会 (1981). 土の微生物; 119 博友社.
3. E. W. RUSSELL (1973). Soil conditions and plant growth, Longman Inc., New York: 175.
4. 神奈川県農政部 (1982). 土壌更新調査三浦地区報告書; 18~37.
5. 駒田 且 (1975). *Fusarium oxysporum* の選択分離培地とその利用. 植物防疫, 29; 125~130.
6. 駒田 且・小林紀彦 (1982). *Fusarium* 菌に対する有機物施用の影響, 関東東山東海地域試験研究打合せ会議資料 (病害関係), 14; 1~16.
7. 松田 明 (1978). 土壌病害からみた有機物のほ場施用法. 植物防疫, 32; 231~237.

8. 松田 明・下長根鴻・尾崎克己 (1978). 土壌層位別の土壌微生物相の変動と病原菌の行動. 関東東山東海地域試験研究打合せ会議資料 (病害関係), 1; 1~15.

9. 松田 明 (1977). 野菜の土壌病害; 105~108, 農山漁村文化協会.

10. 松下利定・中村伴蔵・小松憲一 (1982). そ菜主産地における深耕に関する試験. 関東東山東海地域試験研究打合せ会議資料 (土壌肥料関係); 269~272.

11. 大羽克明・藤田祐輔 (1978). 土壌燻蒸剤ディ・トラベックスの土壌硝化作用におよぼす影響. 土肥誌, 49; 426~428.

12. SUZUKI, T., Y. TOKUNAGA, and I. WATANABE (1969). Effect of the difference of tillage operations on microbial properties of soil layers, Soil Sci. Plant Nutri., 15; 280~291.

13. 鈴木達彦・渡辺 巖 (1968). クロロピクリンの注入法と注入時期の違いによる硝化菌の回復の違いについて. 土肥誌, 37; 579~584.

14. 浦野啓司・長瀬嘉勉・長尾孝晃・竹村昭平 (1966). 火山灰畑地の深耕に対する作物の適応性に関する研究. 長野県農業試験場報告, 29; 74~90.

Summary

For five years since 1977, experiments have been conducted to elucidate the effects of tillage operations such as soil layer ploughing and plowing to replace surface soil with subsoil on the distribution of soil microbial flora in the vegetable fields in Miura peninsula. Surface soils of these fields are Ando soil, and subsoils lying in 70~80cm deep are loam.

Soil disinfestation by D-D, and application of fertilizers and organic matters were conducted after the tillage operations.

The results are as follows:

1. Number of soil born bacteria and fungi rapidly increased in five months after the disinfestation, and it suggests that microbial flora recovered its population up to the original condition in a few months.
2. In all plots of 50cm, 100cm and 150cm deep tillage treatment, the microbial population in winter and summer seasons was almost the same as natural

tillage treatment. On the other hand, in the 200cm plot the population of nitrifying bacteria increased soon after the treatment and then the population of *actinomycetes* increased, and fungi decreased in winter.

3. In the natural tillage treatment, microbial flora distributed mainly in the surface soil layer, and the flora in the subsoil was very poor.

4. In the tillage treatment of 150cm and 200cm deep, microbial population increased in to the soil layer of 95~105cm deep, and this population was maintained for five years after treatment.

5. Loam content in the surface stratum was increased by the deep tillage treatments, and application of compost have increased the microbial population in the stratum.

6. The deep tillage treatment seemed to be not effective for control of soil born disease, and compost application is an essential to the deep tillaged field making the soil rich in microorganism.