

# 土壌処理が土壌微生物に与える影響

田 端 信一郎

信州大学農学部生物資源生態学講座

土壌の微生物相は微生物の栄養源となる有機質や植物の根の影響を直接・間接的に受け、同一土壌内でも場所により大きく変化する。このような不均一で複雑な系の微生物変動を調査する場合、土壌のどの部位を採取するかにより結果の解釈と考察は全く異なってくる。根面微生物相は根端から地際部へかけての根の生理状態の連続的变化に対応した変動を示し、直接その植物体の生理状態の反映として現れる。根の影響を直接受ける範囲とされる根圏の微生物も根面に近い影響を受けるが、その範囲は根面から数mm程度と云われる狭い部分であり非根圏土壌とはかなり異なる相を示す<sup>1)</sup>。非根圏土壌ではもともとその場所に生息している微生物が添加された有機物の種類・量、その他の肥培管理により影響を受ける<sup>2,3)</sup>。これらの条件を前提にして、各種土壌処理と根の双方の影響を受けると考えられる株間の表層下10~15cmの土壌をハクサイの生育初期・中・後期にわたり調査した<sup>4)</sup>。

## 材料および方法

各処理区の中から高うね30cm区、ソバ混植区、トウモロコシ混植区、PCNB区、60cm高うね区および各種資材施用区では多量区を選び、処理前土壌、本葉5~6枚の生育初期、結球開始期の生育中期、収穫前の4回にわたり株間土壌(表層下10~15cm)の微生物を調査した。全細菌数、放線菌はアルブミン寒天培地、グラム陰性菌数は0.1%クリスタルバイオレット添加アルブミン寒天培地または変法ドリガルスキー培地、耐熱性菌は80℃、10分の加熱処理、糸状菌はローズベンガルストレプトマイシン寒天培地、Fusarium spp. はFusarium選択培地を用い、希釈平板法により菌数を測定した。

## 結果および考察

細菌数の変動は表-1のようである。初年度(1984)の処理前の細菌数は各区間にあまり差がなく、圃場全体としてはほぼ均一な分布をしているものと思われる。処理、播種後生育初期の本葉5~6枚の時期では地温の上昇と共に各区の菌数は増加したが、天地返し区が非常に少ない以外各区間に大きな差はなかった。生育中期では高うね区、天地返し区で増加し、特に高うね区の菌数が多かったが、他の区はほぼ同数の値を示して生育初期の時よりもやや減少する傾向がみられた。収穫前では天地返し区のみ菌数の減少がある以外、他の区では急激な増加がみられた。特に高うね、バイオファーター、コンポスト、石灰窒素区の増加が大きく高い菌数を示し、ついで石灰、貝化石、トウモロコシ混植区であり、ソバ混植区の増加は比較的少なかった。このような傾向は次年度(1985)春期の耕うんによる土壌攪拌によりかなり乱れると思われたが、影響はかなり残り初年度の処理前の調査にみられるような均一な菌数の分布は認められなかった。生育初期の段階ではバイオファーター、コンポストのような有機物の連用区

で特に菌数が増加した。しかし前年度と同様に生育中期ではこの増加した菌数も減少し天地返し区以外大きな違いはみられなくなった。収穫前になると高うね、バイオファーティ、コンポスト、石灰窒素区の菌数は再び増加して高い値を示したが、他の区では変わらないか低下する傾向がみられた。

表-1 細菌数の変動 ( $\times 10^7/g$  乾土)

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高うね	1.4	8.2	13.0	42.3	16.3	9.5	3.2	16.2
バイオファーティ	1.5	4.8	3.9	35.0	7.9	28.5	3.8	16.5
コンポスト	1.8	3.5	3.6	32.0	8.6	34.7	6.8	16.0
石灰窒素	2.1	7.8	3.3	26.7	13.8	9.1	5.8	11.7
ソバ混植	1.1	5.1	2.1	7.2	2.0	2.6	2.1	1.5
石灰	1.3	3.7	2.8	10.2	3.4	7.6	4.8	2.1
貝化石	1.5	9.8	2.9	11.3	11.3	7.1	3.0	4.0
トウモロコシ混植	1.5	8.2	3.4	16.2	15.3	9.7	4.5	4.5
P C N B	1.2	4.4	2.1	17.7	16.7	2.4	3.0	3.7
天地返し	1.5	0.7	2.6	1.4	0.4	1.1	0.2	0.2

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

初年度において天地返し区と高うね区以外の各区で生育中期まで余り差がないのは、本試験以前の肥培管理の影響が強かったためであり、生育後期になって各処理区の影響が加わった効果が出てきているようである。すなわち高うね区の土壤湿度、通気性の改善、バイオファーティ、コンポストのような有機物の施用、石灰窒素施用時の稲わら添加等が根の発達を促し、株間土壤の菌数を高める効果があったものと思われる。この4区の次年度の処理では連用により有機物施用の効果が生育初期に顕著に現れるが、生育中期には消失し、この時期の根系の発達によると思われる生育後期における他の区よりも多い菌数増加へとつながるようである<sup>4)</sup>。したがって特に有機物を施用しない区では根系の発達がやや劣るため、生育後期(収穫前)の株間土壤の細根の枯死によると思われる細菌の増加は少ないか、または特に認められないか減少する場合(天地返し、石灰区)もあった。

グラム陰性菌数の変動は表-2に示した。初年度処理前ではソバ混植区で少ない以外圃場全体としてはほぼ均一な分布状態であった。処理後生育初期では天地返しによる急激な減少の他に、石灰施用によるpH変化の影響によると思われる石灰区で極端な低下がみられた。生育中期ではコンポスト、石灰区の増加が大きかったが他の区では余り差がなかった。しかし収穫前ではコンポスト、ソバ混植区では変化が少なく、バイオファーティ、石灰窒素区に急激な増加がみられた。この時期ではバイオファーティ、コンポスト、石灰窒素、P C N B区の菌数が多かった。次年度の春期耕うんによる攪拌にもかかわらず初年度収穫前の結果の傾向は残り、ソバ混植、天地返し区が少なく、また石灰区もかなり少なくなった。このような区に同一処理を行なった後の生育初期ではバイオファーティ、コンポスト、石灰窒素区の稲わら添加のような

有機質を施用した区で処理前の菌数を維持し、ソバ混植、石灰、天地返し区のように処理前に少なかった区では増加し、その他の区では減少し区間の差が少なくなる傾向を示している。生育中期になると菌数はどの区も増加し、中でもコンポスト、石灰窒素区が特に多くなり、天地返し区は増加しても菌数は少なく、その他の区はやや増加して同程度の菌数となった。収穫前ではバイオフィーター区のみが増加し、他の区は変わらないか減少した。

表-2 グラム陰性菌の変動 ( $\times 10^6 / \text{g}$  乾土)

	初年度 (1984)				次年度 (1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	3.5	4.0	3.7	7.3	12.4	3.2	5.0	4.6
バイオフィーター	2.9	5.6	2.3	21.7	7.8	10.5	6.7	17.3
コンポスト	3.6	2.4	24.8	24.7	5.5	8.4	19.7	12.1
石灰窒素	6.7	2.4	5.7	50.6	9.2	10.0	27.7	20.2
ソバ混植	1.5	1.0	2.4	2.2	0.6	1.3	6.1	3.6
石灰	5.3	0.1	4.8	9.1	1.1	3.7	8.6	4.0
貝化石	3.8	3.4	3.1	6.7	11.3	2.9	6.0	11.5
トウモロコシ混植	5.3	2.4	1.3	8.0	15.1	6.0	10.4	8.5
P C N B	3.6	3.1	4.6	23.8	9.8	1.2	9.9	4.0
天地返し	6.6	0.6	1.3	7.4	0.1	0.3	1.1	0.7

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

以上の結果は量的変動を示したものであるが、全細菌数のなかでのグラム陰性菌数の割合の変動をみたのが表-3である。

表-3 グラム陰性菌の割合 (%) (陰性菌数/細菌数)

	初年度 (1984)				次年度 (1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	25.0	4.9	2.8	1.7	7.6	3.4	15.6	2.8
バイオフィーター	19.3	11.7	5.9	6.2	9.9	3.7	17.6	10.5
コンポスト	20.0	6.9	68.9	7.7	6.4	2.4	29.0	7.6
石灰窒素	31.9	3.1	17.3	19.0	6.7	11.0	47.8	17.3
ソバ混植	13.6	2.0	11.4	12.6	3.0	5.0	29.0	24.0
石灰	40.8	0.3	17.1	8.9	3.2	4.9	17.9	19.0
貝化石	25.3	3.5	10.7	5.9	10.0	4.1	20.0	28.8
トウモロコシ混植	35.3	2.9	3.8	4.9	9.9	6.2	23.1	18.9
P C N B	30.0	7.0	21.9	13.4	5.9	5.0	33.0	10.8
天地返し	44.0	8.6	5.0	52.9	2.5	2.7	55.0	70.0

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

全般的にみると生育中期に増加し、収穫前までその割合を維持するかまたは低下する。これはハクサイ根の伸長分岐による根系の発達により株間土壤に根圏細菌が増加し、生育末期収穫前の根の活力低下または枯死による低下と共にグラム陰性菌以外の細菌が増加を始めることのためと思われる。次年度処理の高うね、バイオファーティ、コンポスト、石灰窒素（稲わら添加）、PCNB区の低下にみられる。しかしソバ、トウモロコシ混植区は初年度、次年度共に生育中期に増加した割合は収穫前まで維持され、またアルカリ資材の石灰、貝化石区では初年度収穫前に低下したが次年度には生育中期時の割合を維持している。これは根系の影響が少ないかまたは根の活性が未だ衰えていないためとも考えられる。天地返し区は土層の反転による心土層でもともと有機質が少ないため細菌数を維持する力が弱く、大部分はハクサイ根からの分泌物質や枯死根の分解利用により遅れて増加したものと思われる。

細菌数（表-1）、グラム陰性菌数（表-2）、グラム陰性菌数の割合（表-3）の結果から、初年度よりも次年度に処理の影響が現れていると思われる。バイオファーティ、コンポストのような有機物施用は一時的な細菌数の増加をもたらすが、生育中期には低下し、稲わら添加の石灰窒素区や土壤物理性の改善となる高うね区と共に生育後期の収穫前には大きく増加する。これらの傾向はグラム陰性菌数の変動と必ずしも一致しないが、その割合の変化をみるとこの4区では陰性菌以外の菌数がかかなり増加していることになる。株間土壤における細菌数の生育中期へかけての漸減傾向は栄養源としての利用可能な有機質の消費によるものであり、この時期の根系の発達による根圏微生物の増加がグラム陰性菌の割合の増加という細菌相の変化をまねき<sup>4)</sup>、収穫前の根の活性低下、枯死等が菌数の維持または増加と、菌相の維持または変化をもたらすものと考えられる。

グラム陰性菌以外の大部分の細菌はグラム陽性菌と考えられ、中でも80°C、10分の加熱処理により生存するのは細菌孢子である（表-4）。初年度処理前の圃場内分布では高うね、バイオファーティ区に多く他の区では少なく余り差がない。そしてハクサイの生育期の進行と共に、多かった高うね、バイオファーティ区では減少し、他の区では変動が少なくしかも処理区間に大きな差が無くなり、次年度で更にこの傾向ははっきりと現れた。天地返し区のみは少ない値のまま変動もあまりなかった。種々の処理にもかかわらず孢子数は影響を受けがたいようである。

放線菌数（表-5）も変動は比較的少ないが、バイオファーティ、コンポストのような有機物施用区ではやや大きい増減を示した。

糸状菌数の変動は表-6に示したように高うね、バイオファーティ、ソバ混植区で一時的増減がみられたが、処理の特性としてみるのには困難である。

*Fusarium* spp. は土壤中では静菌作用を受け休眠孢子として存在するのが大部分である。根や新鮮有機物から浸出する糖、アミノ酸のような栄養物質で発芽し増殖するが、やがて再び休眠状態に入る。この間他の微生物の拮抗、競合現象に遭遇しなければ増加するが、長期にわたる計数では種々の作用を受けるため変動が大きく、処理区間の特徴もつかみにくい（表-7）。しかし次年度処理の収穫前にはバイオファーティ区以外はかなり減少したが、この区のみが初年度より高い菌数を維持し、*Fusarium*による病害発生地での使用には更に試験を重ねる必要があると思われる。

表-4 耐熱性菌の変動 ( $\times 10^6$  / g 乾土)

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	85.9	14.9	5.3	4.3	1.1	4.8	2.9	3.6
バイオフィーター	13.9	5.2	1.1	8.5	0.8	4.4	1.5	3.2
コンポスト	2.3	3.1	7.7	5.8	1.9	4.7	4.7	2.5
石灰窒素	3.1	9.0	5.0	5.1	1.8	3.9	3.3	3.1
ソバ混植	1.5	3.4	1.7	1.0	0.9	1.6	2.6	0.9
石灰	3.4	4.4	4.1	3.6	1.1	4.4	4.6	4.0
貝化石	2.9	12.2	10.0	1.7	3.2	3.8	3.1	1.8
トウモロコシ混植	3.4	5.9	4.3	7.0	2.7	2.9	4.8	2.8
P C N B	2.0	3.9	6.7	5.6	2.3	1.5	1.3	1.1
天地返し	1.1	0.9	0.5	1.1	0.1	0.7	0.1	0.1

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

表-5 放線菌の変動 ( $\times 10^7$  / g 乾土)

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	4.4	8.5	5.6	5.8	7.9	6.3	6.2	4.5
バイオフィーター	6.6	10.9	5.6	39.7	5.9	8.5	7.0	30.8
コンポスト	9.4	6.2	16.8	7.9	5.9	22.3	11.3	20.6
石灰窒素	12.0	7.2	8.3	4.0	4.4	5.3	6.4	13.4
ソバ混植	6.8	2.9	4.0	3.1	1.8	1.2	3.7	2.5
石灰	7.2	3.5	5.3	4.0	2.5	4.7	7.8	4.8
貝化石	9.1	4.9	5.9	7.3	5.5	4.3	5.2	2.7
トウモロコシ混植	8.8	4.8	4.6	6.7	7.1	5.5	8.5	6.1
P C N B	8.6	4.3	5.2	4.8	6.1	1.7	4.2	4.4
天地返し	5.4	0.7	2.8	5.0	0.6	0.6	0.6	0.2

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

表-6 糸状菌の変動 ( $\times 10^5 / \text{g}$  乾土)

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	2.9	6.7	4.3	12.3	7.0	5.1	5.8	13.0
バイオファーティ	3.0	13.5	4.3	20.0	6.9	6.2	4.8	3.2
コンポスト	7.8	2.9	6.9	4.5	6.4	9.4	9.7	3.7
石灰窒素	7.6	5.1	5.9	2.5	9.6	8.6	7.3	3.0
ソバ混植	3.0	11.4	5.1	1.8	2.0	1.4	4.8	1.8
石 灰	5.9	3.8	7.0	3.9	2.0	3.1	4.3	3.6
貝 化 石	4.3	5.9	3.5	7.3	5.7	2.3	3.2	3.3
トウモロコシ混植	4.0	5.9	5.3	8.8	10.0	4.9	7.1	4.8
P C N B	3.3	10.2	5.9	9.0	13.0	1.6	3.9	3.3
天 地 返 し	4.0	1.9	2.7	3.8	0.1	0.04	0.4	0.2

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

表-7 *Fusarium* spp. の変動 ( $\times 10^3 / \text{g}$  乾土)

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高 う ね	11.7	12.0	3.7	8.6	4.1	20.2	16.7	5.1
バイオファーティ	12.8	9.3	17.0	21.7	28.3	18.7	16.7	16.7
コンポスト	27.0	3.1	11.7	12.1	34.5	16.0	16.0	2.1
石灰窒素	32.1	12.0	17.1	43.2	10.6	3.8	13.3	4.0
ソバ混植	8.6	3.7	10.8	3.3	27.2	0.6	11.1	0.3
石 灰	17.8	8.1	7.7	10.4	31.1	2.8	10.9	0.6
貝 化 石	10.1	11.5	16.3	19.6	35.4	1.8	7.5	0.3
トウモロコシ混植	5.3	14.8	7.9	18.1	33.0	8.9	16.0	6.2
P C N B	5.6	7.7	11.9	19.9	42.5	3.4	2.9	0.6
天 地 返 し	3.8	5.0	3.8	7.6	2.2	2.2	0.9	0.1

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

細菌数 (B) と糸状菌数 (F) の B/F 値は、通常の畑土壌では数十から数百の値を示し、家畜ふん、堆肥、CDU等の施用により増加する<sup>6)</sup>。B/F 値の高い土壌ではキュウリつる割病の発病を抑制し、また連作障害の回避の指標ともなるようである<sup>5,7)</sup>。そこでこれまでに得られた数値より B/F 値を求め表-8 示した。初年度処理前土壌ではかなり低い値を示すが、生育初期には増加し、生育中期に一時低下したのち収穫前には再び増加する。このような変動は次年度処理後の経過で一層はっきりと現れ、バイオファーティ、コンポスト、石灰窒素（稲わら添加）区のように有機物施用を行なった区の収穫前の値が高かった。B/F 値もグラム陰性菌数の割合の変動の場合と同様に微生物バイオマスの多少と関連して考察するべきで、単独

の値として比較したり、ある基準値を設定してその土壤の微生物相の良否を推論することは危険である。

表-8 B/Fの変動

	初年度(1984)				次年度(1985)			
	処理前	初期	中期	収穫前	処理前	初期	中期	収穫前
高うね	48	122	302	344	233	186	55	125
バイオファーティ	50	36	91	175	115	460	79	516
コンポスト	23	121	38	711	134	369	70	432
石灰窒素	28	153	56	1068	144	106	80	390
ソバ混植	37	48	41	400	111	186	44	83
石灰	22	97	40	262	170	245	112	58
貝化石	35	166	83	155	198	309	94	121
トウモロコシ混植	38	139	64	184	153	198	63	94
P C N B	36	43	36	197	129	150	77	112
天地返し	38	37	96	37	308	2750	50	50

初期：本葉5～6枚 中期：結球開始期

以上のこれまでの結果をまとめると有機物施用は微生物増殖に必要な栄養を供給し、また根系の発達を良好にする結果、株間土壤の微生物量を高く維持すると共に菌相にも影響を与える傾向があり、高うね区のような土壤物理性の改善も微生物の増殖を助けるようである。天地返し処理は著しく微生物量を低下させた。その他の区では微生物の量、質に時期的な変動差はあるが、処理としての特徴が認められず、余り差はないものと考えられる。

## 要 約

ハクサイの連作を高うね30cm区、バイオファーティ多量区、コンポスト多量区、石灰窒素多量区、ソバ混植区、石灰多量区、貝化石多量区、トウモロコシ混植区、P C N B区、天地返し60cm区の10区について行ない、株間土壤微生物相の変動を処理前、生育初期、中期、収穫期にわたり調査した。

細菌数は初年度において収穫期に高うね、バイオファーティ、コンポスト、石灰窒素（稲わら添加）区の4区で多く、次年度にはバイオファーティ、コンポストのような有機物多量施用区の生育初期の菌数増加が大きかったが、生育中期では減少し、初年度と同様にこれらの4区は収穫期に再び増加した。高うねあるいは有機物施用が根系の発達をうながし、株間土壤の細菌数を増加させたものと思われる。グラム陰性菌数も有機物施用区で生育中期、収穫期に増加したが、全細菌数の中での割合はそれ程高くならなかった。耐熱性細菌数は2年間の処理の間に一時的な増加はあったが、比較的安定していた。放線菌数はバイオファーティ、コンポスト区で多く、他の区では余り差がなかった。糸状菌数は一時的な増減を示すこともあったが、どの処理区も比較的安定していた。F sarium spp. 数はバイオファーティ区のみが、2年間にわたり高い菌数を示した以外、各処理区とも時期的変動が大きく、特に処理区間に特徴は認め

られなかった。

B/F 値は生育初期に増加し、中期に減少した後収穫期に再び高くなった。この傾向はバイオファーティ、コンポスト、石灰窒素（稲わら添加）区のような有機物施用を行なった区に強く認められた。以上のことから有機物施用や高うねのような土壤物理性の改善は根系の発達を良好にし、その結果株間土壤微生物相に影響を与えたものと考えられる。天地返しのような処理は微生物量を減少させ、地力の回復と維持のために多量の有機物施用が必要である。

## 参 考 文 献

- 1) 松口龍彦 (1985) 土壤の生物性と土壤病害 農業技術大系 5 (畑の土壤管理) P. 65  
農山漁村文化協会
- 2) 菊本敏雄 (1974) 野菜類軟腐病細菌の生態的研究 (13) 東北大農研報 25, 125.
- 3) 加藤邦彦・鈴木達彦 (1979) 家畜ふん尿施用土壤における微生物フロラの研究  
農技研報 B 30, 73
- 4) 津山博之 (1962) 白菜軟腐病に関する研究 東北大農研報告 13 (4), 221.
- 5) 鈴木達彦 (1980) 作物根圏の微生物 土と微生物 22, 47.
- 6) 加藤邦彦・鈴木達彦 (1977) 各種土壤の B/F 値 (細菌数/糸状菌数) について  
土と微生物 19, 1
- 7) 竹下純則・加藤邦彦・鈴木邦彦 (1977) 施設栽培の連作障害に対する土壤微生物の研究  
土と微生物 19, 19.