

有機質，有機発酵及び有機配合肥料の施用がリンゴ樹並びに リンゴ園土壌に及ぼす影響

坂本 清・鎌倉 二郎¹⁾

(青森県りんご試験場)

Effects of Application of Organic, Fermented-organic, Mixed and Inorganic Fertilizers on Soils and Apple Trees

Kiyoshi Sakamoto and Jiro Kamakura¹⁾

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-0332, Japan

キーワード：有機質肥料，有機発酵肥料，有機配合肥料，土壌中無機態窒素，
草生栽培，土壌微生物相

目 次

I 緒 言	53
II 各種肥料の土壌中での分解と土壌の化学性及び微生物相への影響	53
1. 有機質及び有機発酵肥料施用土壌における無機態窒素含量の推移と有機質及び無機質肥料の 施用量が土壌の化学性に及ぼす影響	53
1) 有機質及び有機発酵肥料の全炭素と全窒素含有率の比較	53
2) 有機質及び有機発酵肥料施用土壌における無機態窒素含量の推移	54
3) 有機質及び無機質肥料の施用量が土壌の化学性に及ぼす影響	55
4) 考察	55
2. 有機質, 有機発酵及び無機質肥料の施用が土壌微生物相に及ぼす影響	55
1) 有機質及び無機質肥料の施用量が土壌微生物相に及ぼす影響	55
2) 有機発酵肥料の施用が土壌微生物相に及ぼす影響	58
3) 考察	58
III ほ場における各種肥料の連用試験	59
1. 有機質, 有機配合及び無機質肥料の施用ほ場における土壌中無機態窒素含量の推移	59
1) ‘ふじ’/マルバカイドウの全面草生園における試験	59
2) ‘ふじ’/M. 26の部分草生園における試験	60
3) 考察	63
2. 有機質, 有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹に及ぼす影響	65
1) 有機質, 有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の生育と収量に及ぼす影響	65
2) 有機質, 有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の葉中無機成分含有率に及ぼす影響	66
3) 有機質, 有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の果実品質に及ぼす影響	70
4) 有機質, 有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の果肉中窒素含量に及ぼす影響	75
5) 考察	75
3. 有機質及び無機質肥料の連用がリンゴ園の土壌及び根の微生物相に及ぼす影響	77
1) 施肥処理及び地表面管理と土壌微生物相	77
2) 施肥処理と土壌及び根の微生物相	78
3) 施肥処理と土壌中の糸状菌の種類及び多様性	79
4) 考察	80
IV 総合考察	81
V 摘 要	82
引用文献	85
Summary	88

I 緒 言

青森県におけるリンゴ園の施肥量は1965年前後をピークにして急激に減少したが、1975年以降は比較的安定的に推移している（一木 1984）。しかし、使用されている肥料はかつての無機質肥料中心から、最近では有機質を含むもの、とりわけ有機質と無機質肥料を配合した有機配合肥料が増加している（蝦名 未発表）。この理由としては、有機質の入った肥料の使用によりリンゴの味を中心とした品質の向上が図られるのではないかと、あるいは園地に有機物が補給されることにより地力の低下防止につながるのではないかとといった生産者の期待が考えられる。また、近年の環境問題や食品の安全性に対する関心の高まりから、農薬や無機質肥料のような化学合成物質の投入をできるだけ控えようとする意識が働いていることも考えられる。全国的にも有機質系肥料の流通は有機農業に対する関心の高まりから、最近著しく伸びている（日高・小川 1996）。しかし、有機質肥料の評価は必ずしも定まっているとは言い難く、生産現場においても混乱がみられるのが実態と思われる。

有機質肥料についての研究は無機質肥料と対比して古くから行われており、窒素成分の分解・無機化や土壌の理化学性、作物の生育、収量及び品質、土壌微生物相への影響などの点から検討されている。しかし、これらを総合的に扱った研究は比較的少なく、果樹ではほとんど見当たらない。また、リンゴ樹に施用した調査報告も多いとはいえず、特に現在の主力品種である‘ふじ’を対象とした事例はほとんどない。このため、リンゴ樹とリンゴ園土壌に対する有機質、有機配合及び有機発酵といった有機質を含む肥料の影響を総合的に明らかにするため、

II 各種肥料の土壌中での分解と土壌の化学性及び微生物相への影響

有機質肥料を施用するとその中に含まれる有機物が土壌中で分解し、有機態の窒素成分が作物に吸収可能な無機態窒素となる。その肥効は、土壌中での窒素の無機化の速さによって判断できる。このような有機質肥料の無機化特性の比較には、室内実験で簡便にできるビン培養法がよく用いられている（白井ら 1969, 広瀬 1973, 米澤 1983, 野口 1992a, 佐藤・金田 1994, 小宮山ら 1997）。しかし、粉碎した微量の肥料を恒温条件で培養する場合は多いため、実際のほ場での肥効とはかなり異なっている。このため、本報では有機質及び有機発酵肥料のほ場条件での無機化特性を明らかにするために、ほ場にこれらの肥料を施用し、土壌中における無機態窒素の推移を追跡調査した。また、有機質肥料を一時的に大量施用した場合の土壌の化学性に及ぼす影響についても無機質肥料と対比して検討した。

さらに有機質肥料と無機質肥料では施肥窒素の肥料的

一連の試験を行い逐次発表してきた（坂本清・鎌倉二郎 1994, 坂本ら 1994, 坂本清・斉藤仁志 1995, 坂本ら 1995）。本報はこれらと未発表の成果を包括的に取りまとめたものである。

なお、有機質肥料には、原料により多くの種類があり、さらに有機質に無機質肥料を配合したもの、有機質原料を堆積し腐熟させたものなどがある。本報では有機質原料のみからなる肥料を有機質肥料、有機質に無機質肥料を配合したものを有機配合肥料、有機質肥料を腐熟させたものを有機発酵肥料と呼称する。また、ここで扱う有機質、有機配合及び有機発酵肥料とは有機物として魚粕、骨粉、ナタネ油粕等の動植物原料からなる肥料を指し、堆肥、稲ワラ、汚泥コンポスト等の土壌改良を主目的とする粗大有機物の資材は含めない。

本報告を取りまとめるに当たり、独立行政法人農業技術研究機構果樹研究所駒村研三博士並びに青森県農業試験場関田徳雄博士に御助言と細部にわたる御校閲をいただいた。さらに、関田博士には統計解析、英文等に関して懇切なる御指導をいただいた。厚くお礼申し上げる。

また、元青森県畑作園芸試験場長清藤盛正氏には、本試験の遂行に当たり御指導と御助言をいただいた。分析及びほ場調査の際は、元青森県りんご試験場盛清氏及び那須金光氏に、糸状菌の同定に当たっては、北地方農林水産事務所金木地域農業改良普及センター斉藤仁志氏に多大なる御協力をいただいた。大鰐町居士の秋元克司氏には、調査園地の園主として快く園地での試験の遂行及び調査を御了承いただいた。これらの方々から感謝の意を表す。

効果が異なるほか、土壌微生物相に対する影響も異なる。このため、これらの肥料の施用量によって土壌微生物相がどのような影響を受けるかを検討した。また、有機発酵肥料については堆積中における変化に関する報告（野口 1992a）があるものの、施用後の土壌微生物相については不明なため、2種類の有機発酵肥料を施用して調査を行った。

1. 有機質及び有機発酵肥料施用土壌における無機態窒素含量の推移と有機質及び無機質肥料の施用量が土壌の化学性に及ぼす影響

1) 有機質及び有機発酵肥料の全炭素及び全窒素含有率の比較

試験方法

本報で供試した有機質肥料A（ナタネ油粕40%、肉骨粉20%、魚粕40%の混合物）、有機質肥料B（ナタネ油

粕26%, 骨粉50%, 皮革粉12%, 木質系腐植10%の混合物), 有機発酵肥料A(魚粕主体), 有機発酵肥料B(魚粕, 骨粉, 油粕, 米糠, ビール粕, 血粉, 皮粉, カニガラ他の混合物), 魚粕, ナタネ油粕, 乾燥鶏糞について, 全窒素をセミマイクロケルダール法, 全炭素をCNコーダー(柳本製作所製 MT-500)により分析し, これらの含有率及びC/N比を比較した。

試験結果

第1表に供試肥料の全炭素, 全窒素の分析値及びC/N比を示した。全炭素はナタネ油粕が最も高く, 全窒素は魚粕が最も高かった。また, 乾燥鶏糞は全窒素が最も低く, C/N比が最も高かった。有機質肥料AとB及び有機発酵肥料AとBで全窒素含有率はそれぞれ同程度であったが, 全炭素含有率にはかなり違いがみられ, このためC/N比も異なっていた。

第1表 有機質肥料及び有機発酵肥料の全炭素全窒素含有率及びC/N比

肥料名	全炭素(%)	全窒素(%)	C/N比
有機質肥料A	42.5	6.08	7.0
有機質肥料B	27.8	6.05	4.6
有機発酵肥料A	40.2	4.95	8.1
有機発酵肥料B	18.5	5.06	3.7
魚 粕	38.0	7.83	4.9
ナタネ油粕	43.9	5.39	8.1
乾燥鶏糞	28.1	2.96	9.5

2) 有機質及び有機発酵肥料施用土壌における無機態窒素含量の推移

試験方法

青森県りんご試験場(以下りんご試験場と記す)内のりんご樹が栽植されていないほ場の一面を, 1区0.9m×0.9m

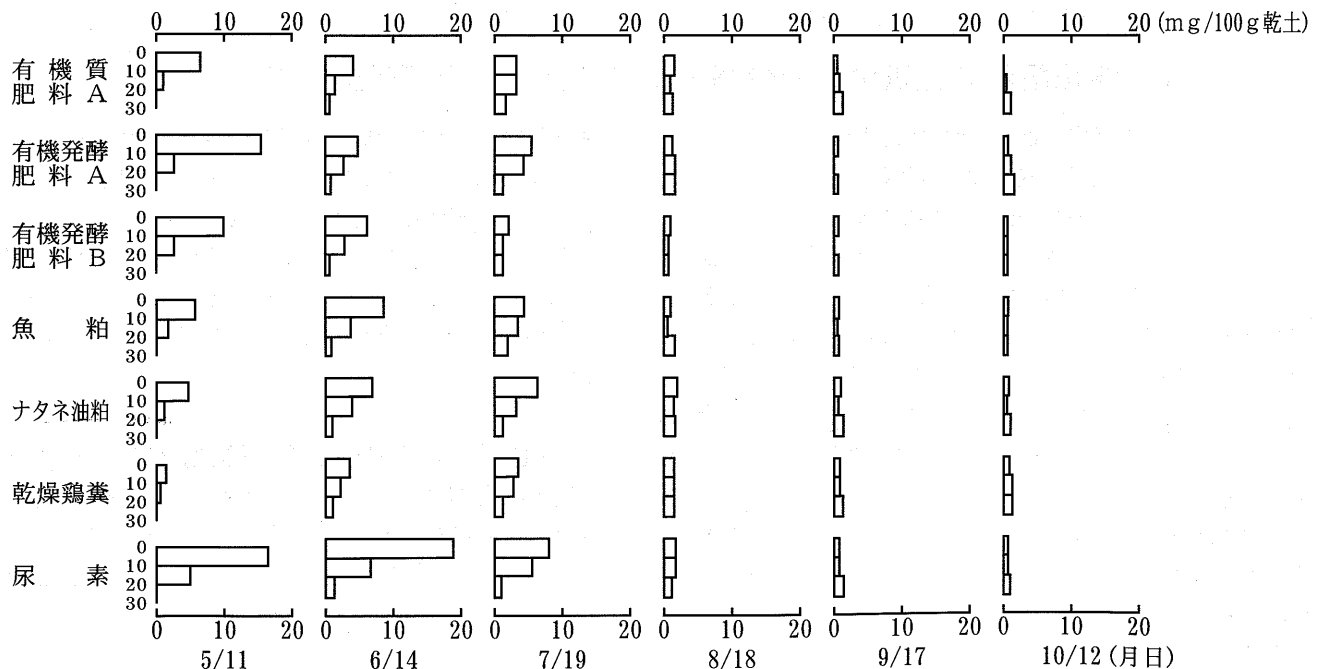
の木枠で仕切って試験区を設けた。土壌は粗粒黒ボク土(相馬ら 1987)であり, 表層は黒ボク土が30~35cmの厚さに堆積するが, 2層以下は砂壤土で透水性が大きく, 保肥力が小さい。

1993年4月22日に窒素成分で10a当たり15kg相当量の各肥料を, それぞれの試験区に表面施用した。供試肥料は有機質肥料A, 有機発酵肥料A, 有機発酵肥料B, 魚粕, ナタネ油粕, 乾燥鶏糞及び尿素の7種類とした。5月から10月まで約1か月おきに, 深さ10cmごとに30cmまでの土壌を採取し, 未風乾試料中の無機態窒素をブレンナー蒸留法により分析した。なお, 分析値は乾土100g当たりの窒素量(mg)として示した。試験期間中, 地表面は除草剤散布及び手取り除草により, 清耕を維持した。

試験結果

各区における土壌の深さ別の無機態窒素含量の推移を第1図に示した。いずれの肥料を施用した区でも土壌中無機態窒素含量は5月から7月までは深さが0~10cmの部位で最も高かったが, 8月にはこの部位の値が急激に低下し, それ以降はすべての部位で低く推移した。また, 7月まではいずれの有機質及び有機発酵肥料区も尿素区に比べて土壌中無機態窒素含量が低かったが, 8月以降は尿素区も含むすべての区で減少し, 区間の違いは明らかでなくなった。

有機質及び有機発酵肥料の中では, 乾燥鶏糞区の土壌中無機態窒素含量が5~6月に顕著に低かった。魚粕とナタネ油粕及び乾燥鶏糞を比較すると, 魚粕区で6月の土壌中無機態窒素含量が高く, ナタネ油粕及び乾燥鶏糞に比べて無機化がやや早い傾向があると考えられた。また, 有機発酵肥料区はA, Bともに5月11日の無機態窒



第1図 有機質及び有機発酵肥料施用土壌における深さ別の無機態窒素含量の推移

注) 縦軸の数値は土壌の深さ(cm)を示す。

素含量が最も高かったが、魚粕、ナタネ油粕及び乾燥鶏糞区では6月ないし7月の方が高かった。

3) 有機質及び無機質肥料の施用量が土壌の化学性に及ぼす影響

試験方法

2)と同じく、りんご試験場内のほ場の一面に木枠を設置して試験区とした。供試肥料は有機質肥料として有機質肥料A、無機質肥料として尿素を用いた。1993年4月22日に有機質肥料Aを窒素成分で10a当たり15, 30, 60, 120kg施肥した区(以下有機15, 30, 60, 120kg区)、尿素を15, 30, 60kg施肥した区(以下尿素15, 30, 60kg区)及び無肥料区を設けた。地表面管理は清耕とした。

施肥処理前の4月19日と約7か月後の11月12日に、深さ10cmごとに30cmまでの土壌を採取した。風乾後、pH(KCl)をガラス電極pHメーター、全炭素(0~10cm部分のみ)をCNコーダー、交換性陽イオンを原子吸光度計により分析した。また、可給態窒素含量については、プレムナーのビーカー培養法(井田ら 1975)に準じて、30°Cで14日間培養し、乾土100g当たりの無機化窒素量(mg)として示した。

試験結果

施肥処理開始前と約7か月後の土壌のpH(KCl)、全炭素含有率、可給態窒素含量及び交換性陽イオン含量を第2表に示した。

処理前と比較して7か月後には、pH(KCl)は有機120kg、尿素15, 30, 60kg及び無肥料区の深さ0~10cmの部位でやや低下した。全炭素含有率は、有機15kg区を除いたすべての区でやや増加した。また、可給態窒素含量は有機30kg及び無肥料区でやや増加したものの尿素60kg区では変化なく、他の区ではやや低下した。このように、有機質肥料を一時的に多投しても可給態窒素含量は特に増加せず、全炭素含有率も有機質肥料の投入量に応じた増加は示さなかった。

交換性陽イオンでは、カルシウムとマグネシウムが有機60, 120及び尿素60kg区で表層を中心に低下し、また、カリウムはすべての区で全層位にわたってやや低下した。

4) 考察

各種植物遺体のビン培養による無機化は、一般にC/N比が小さい有機物ほど無機化速度及び無機化率が高く、C/N比が10以下では急速に無機化が進むとされる(Iritani and Arnold 1960, 広瀬 1973)、しかし、米澤(1983)によれば、無機化率は植物質ではC/N比の小さいものが高いが、動物質では無関係であり、また、無機化速度は、C/N比の小さい動物質が植物質より概して速い。今回の試験はビン培養とは方法が異なり、実際の場合を想定したモデル実験であるが、この場合も動物質でC/N比の小さい魚粕が、C/N比の高いナタネ油粕や乾燥鶏糞よりも無機態窒素の生成が速い傾向がみられた。2種類の有機発酵肥料の比較では、C/N比の低い

有機発酵肥料Bよりも、魚粕が主成分の有機発酵肥料Aの方が速い傾向を示した。佐藤・金田(1994)も有機発酵肥料の窒素の無機化はC/N比とはあまり関係がなく、原料の性質や腐熟度による影響が大きいと考察している。また、有機発酵肥料区は6月より5月の土壌中無機態窒素含量が高かった。これは、肥料を発酵腐熟させているため有機物の分解がある程度進んでおり、通常有機質肥料に比べて窒素の無機化が盛んなことによると推定される。

本試験ではビン培養による無機化率については調査していないが、米澤(1983)によれば、尿素的95%前後に対し有機質肥料は動物質、植物質とも60%程度であり、また、野口(1992a)も有機質肥料の無機化率は高いものでも70%弱であったとしている。本試験においても、土壌中無機態窒素の推移からみて尿素に比べて有機質肥料の無機化がかなり低いことは明らかである。しかし、第1図に示したように、施肥4か月後の8月18日を過ぎると尿素と他の肥料の間で土壌中無機態窒素含量に明らかかな差がみられなくなった。これはビン培養とは異なりほ場条件であるため、降雨による無機態窒素の溶脱が生じたためと考えられる。

第2表に示したように、有機質肥料Aを一時的に大量施用しても土壌中の可給態窒素含量は増加せず、全炭素含有率の増加も小さかった。このように、有機質肥料の一時的な大量施用は、土壌の有機物の富化にはつながらなかった。これは、有機質肥料の分解に伴う窒素の無機化率は無機質肥料に比べれば低いものの、上述したように60~70%程度ある。また、炭素の分解率も米澤(1983)によると魚粕で44%、ナタネ油粕で39%と堆肥の10%、稲わらの15%に比べてかなり高いことから、有機質肥料は有機物の中では比較的分解されやすく、大量に施用したとしても1回程度では、土壌に蓄積される有機物量は顕著に多くはないものと考えられる。

これに対して、交換性カルシウムとマグネシウムは有機60, 120kg及び尿素60kg区が多肥区で低下していた。これは多肥により生成した大量の硝酸態窒素の影響により陽イオンが溶脱したためと考えられる。また、交換性カリウムがすべての区で低下したのは、供試した有機質肥料にカリウムがほとんど含まれていなかったことに加え、すべての試験区でカリウムを施肥しなかったためと考えられる。

2. 有機質、有機発酵及び無機質肥料の施用が土壌微生物相に及ぼす影響

1) 有機質及び無機質肥料の施用量が土壌微生物相に及ぼす影響

試験方法

本章の1の3)の木枠で仕切った試験区において、本調査を行った。1993年に施肥直前の4月19日から9月まで1か月おきに6回、深さ10cmまでの土壌を採取し、塗

第 2 表 有機質及び無機質肥料の施用量の異なる土壌における施肥処理開始前と 7 か月後の土壌分析値

区	層位 (cm)	pH(KCl)		全炭素 ^a (乾土中%)		可給態窒素 (mg/100g乾土)		交換性陽イオン(mg/100g乾土)					
								CaO		MgO		K ₂ O	
		処理前	7か月後	処理前	7か月後	処理前	7か月後	処理前	7か月後	処理前	7か月後	処理前	7か月後
有機15kg	0~10	5.56	5.64	11.50	11.13	2.73	1.94	264	248	71.1	73.5	31.0	21.6
	10~20	5.27	5.38	—	—	1.24	1.05	229	221	48.2	48.9	28.6	25.4
	20~30	5.06	5.10	—	—	0.40	0.78	140	148	14.1	19.3	21.8	19.2
	平均	5.30	5.37	—	—	1.46	1.26	211	206	44.5	47.2	27.1	22.1
有機30kg	0~10	5.79	5.90	10.91	11.20	2.02	3.40	301	333	85.7	84.1	33.8	21.6
	10~20	5.35	5.50	—	—	1.50	1.00	219	226	48.1	68.7	32.4	23.1
	20~30	5.06	5.07	—	—	1.36	1.30	172	194	19.7	19.4	28.6	24.4
	平均	5.40	5.49	—	—	1.63	1.90	231	251	51.2	57.4	31.6	23.0
有機60kg	0~10	5.12	5.56	10.94	11.31	3.07	3.16	245	192	60.8	33.3	35.1	22.9
	10~20	5.26	5.27	—	—	1.52	1.44	204	207	39.2	42.1	31.1	21.7
	20~30	5.11	5.49	—	—	1.06	0.41	192	176	19.6	19.2	27.2	20.3
	平均	5.16	5.44	—	—	1.88	1.67	214	192	39.9	31.5	31.1	21.6
有機120kg	0~10	5.48	5.16	10.49	12.18	4.04	3.85	286	273	76.8	65.2	37.6	23.0
	10~20	5.35	5.75	—	—	1.87	1.14	241	190	53.7	22.2	37.8	23.0
	20~30	5.17	5.61	—	—	1.18	0.91	196	199	19.7	45.7	26.0	24.3
	平均	5.33	5.51	—	—	2.36	1.97	241	221	50.1	44.6	33.8	23.4
尿素15kg	0~10	5.61	5.27	10.56	12.14	2.66	2.61	255	269	69.4	68.3	31.1	24.2
	10~20	5.51	5.65	—	—	2.27	1.50	218	251	53.7	63.1	26.0	22.9
	20~30	5.18	5.55	—	—	1.53	0.63	179	197	19.5	26.5	23.2	21.8
	平均	5.43	5.49	—	—	2.15	1.58	217	239	47.5	52.6	26.8	23.0
尿素30kg	0~10	5.53	5.16	10.15	11.20	4.44	2.28	234	249	56.9	56.1	23.2	23.0
	10~20	5.30	5.53	—	—	1.69	1.35	196	210	37.6	43.9	19.5	17.9
	20~30	5.10	5.39	—	—	1.32	0.81	185	152	17.9	17.6	23.5	18.0
	平均	5.31	5.36	—	—	2.48	1.48	205	204	37.5	39.2	22.1	19.6
尿素60kg	0~10	5.26	5.20	10.19	11.46	2.38	2.06	261	204	66.6	35.1	30.1	17.9
	10~20	5.33	5.60	—	—	1.16	1.89	218	217	50.2	42.3	27.4	17.9
	20~30	5.15	5.44	—	—	0.49	0.18	167	154	18.0	19.3	19.6	19.1
	平均	5.25	5.41	—	—	1.34	1.38	215	192	44.9	32.2	25.7	18.3
無肥料	0~10	5.42	5.27	9.62	11.22	0.89	1.04	189	222	37.7	58.0	22.0	16.6
	10~20	5.26	5.42	—	—	0.48	0.65	192	180	37.4	40.2	24.6	16.5
	20~30	5.04	5.14	—	—	0.00	0.15	112	85	10.5	10.4	19.1	12.6
	平均	5.24	5.28	—	—	0.46	0.61	164	162	28.5	36.2	21.9	15.2

z : 0~10cmのみ分析

抹平板法(加藤 1992)により糸状菌, 細菌及び放線菌の菌数を計数した. 細菌については, さらに選択培地を使用して蛍光性シュードモナスについて計数した.

使用培地は糸状菌にはローズベンガル寒天培地, 細菌及び放線菌には酵母エキス(0.1%)末を含むアルブミン寒天培地(Yasuda and Katoh 1987), 蛍光性シュードモナスにはP1培地(Katoh and Itoh 1983)を用いた. 蛍光性シュードモナスの調査では, 365nmの紫外線ランプを照射して蛍光を発するコロニーを計数した.

試験結果

有機質及び無機質肥料の施用量を変えた区における土壌微生物相の推移を第3表に示した. 糸状菌数は, 施肥前(4月19日)には各区とも低かったが, 施肥後の5月11日には無肥料区を含むすべての区で増大した. 有機質肥料と無機質肥料を比較すると有機質肥料を加えた各区での増大が著しかったのに対し, 尿素区ではいずれの区も少なかった. その後, 糸状菌数は低下し, 無肥料区がやや低い以外は施肥区間の違いは明らかでなくなった.

坂本ほか：有機質、有機発酵及び有機配合肥料の施用がリンゴ樹並びにリンゴ園土壤に及ぼす影響

細菌数は施肥前には各区とも低く、施肥後には有機質肥料の各区で一時的に著しく増大した。6月には低下したものの、6月以降でも有機質肥料の施肥量が多いほど細菌数は多い傾向があった。これに対し、尿素の各区及び無肥料区では各時期とも低い値で推移した。

放線菌数は各処理区間で明らかな差は認められなかったものの、7月以降無肥料区の値が低く推移し、いずれ

の施肥区も無肥料区の水準を上回った。蛍光性シュードモナス数は尿素60kg区を除いて施肥前は各区とも少なかったが、施肥後には有機各区で著しく増大した。細菌数は有機施肥区では9月まで施肥量に応じた差がみられたのに対し、蛍光性シュードモナスは7月以降の区間による差は明らかでなかった。また、糸状菌数に対する細菌数の比であるB/F値(加藤・鈴木 1977)は施肥前からば

第3表 有機質及び無機質肥料の施肥量と土壤微生物相の推移

菌 区	月 日							
	4/19	5/11	6/14	7/19	8/18	9/17		
糸状菌 ($\times 10^5$ /g乾土)	有機15kg	0.40	6.21	2.11	2.63	1.70	4.21	
	30kg	0.57	3.75	2.59	3.18	3.25	3.57	
	60kg	0.86	12.1	4.12	5.14	3.37	3.94	
	120kg	0.64	7.36	6.82	3.75	3.74	5.64	
	尿素15kg	0.68	1.46	2.14	1.84	4.01	2.28	
	30kg	0.42	1.79	0.74	1.99	4.74	2.27	
	60kg	0.72	1.80	1.74	2.02	3.23	4.68	
	無肥料	0.31	3.61	2.19	0.54	1.56	1.80	
	有機15kg	2.97	22.4	7.14	3.01	1.89	4.73	
	30kg	4.25	20.4	8.29	5.00	3.39	5.36	
	60kg	2.95	31.5	10.4	4.93	7.44	7.39	
	120kg	2.90	52.6	23.7	18.0	11.2	9.55	
	細菌 ($\times 10^7$ /g乾土)	尿素15kg	3.05	2.22	2.66	3.21	3.79	2.92
	30kg	2.83	3.19	2.79	3.81	5.89	4.08	
	60kg	3.10	5.03	2.41	2.67	4.83	2.06	
	無肥料	3.04	2.44	2.76	2.39	2.22	3.14	
放線菌 ($\times 10^6$ /g乾土)	有機15kg	1.53	—	2.89	2.43	0.62	1.83	
	30kg	2.67	—	2.98	3.03	2.98	4.06	
	60kg	1.68	—	2.39	1.81	2.89	4.76	
	120kg	2.26	—	3.06	2.13	3.13	5.04	
	尿素15kg	0.87	—	2.14	3.74	4.33	3.65	
	30kg	1.74	—	1.15	3.51	4.06	2.33	
	60kg	5.07	—	1.45	2.58	2.57	5.21	
	無肥料	1.79	—	2.85	1.06	0.86	1.37	
	蛍光性 シュードモナス ($\times 10^6$ /g乾土)	有機15kg	1.35	18.30	5.00	1.53	0.47	1.63
		30kg	1.57	17.30	5.52	4.03	1.16	3.01
		60kg	0.97	36.80	5.01	2.06	0.68	0.99
		120kg	0.75	42.70	11.60	2.25	0.49	2.69
		尿素15kg	0.93	0.29	0.73	0.19	0.30	0.10
30kg		0.34	3.28	0.71	0.15	0.15	0.11	
60kg		5.36	4.79	0.15	—	0.01	0.04	
無肥料		0.36	0.51	0.17	0.01	0.10	0.20	
B/F 値		有機15kg	746	359	340	114	111	112
		30kg	740	544	320	157	104	150
		60kg	345	261	252	96	221	187
		120kg	455	714	347	480	300	169
		尿素15kg	451	152	124	175	95	128
	30kg	676	178	376	191	124	180	
	60kg	428	280	138	132	150	44	
	無肥料	973	68	126	442	142	175	

らつきが大きく、施肥後も区間による明らかな差は認められなかった。

2) 有機発酵肥料の施用が土壤微生物相に及ぼす影響
試験方法

1の2)の試験のうち有機発酵肥料AとBの試験区で、土壤微生物相を1)と同様に1993年4月から9月まで塗抹平板法により調査した。

試験結果

結果は第2図に示したが、同様に行った1)の有機15kg区(有機質肥料A)、尿素15kg区及び無肥料区のデータも対比して示した。

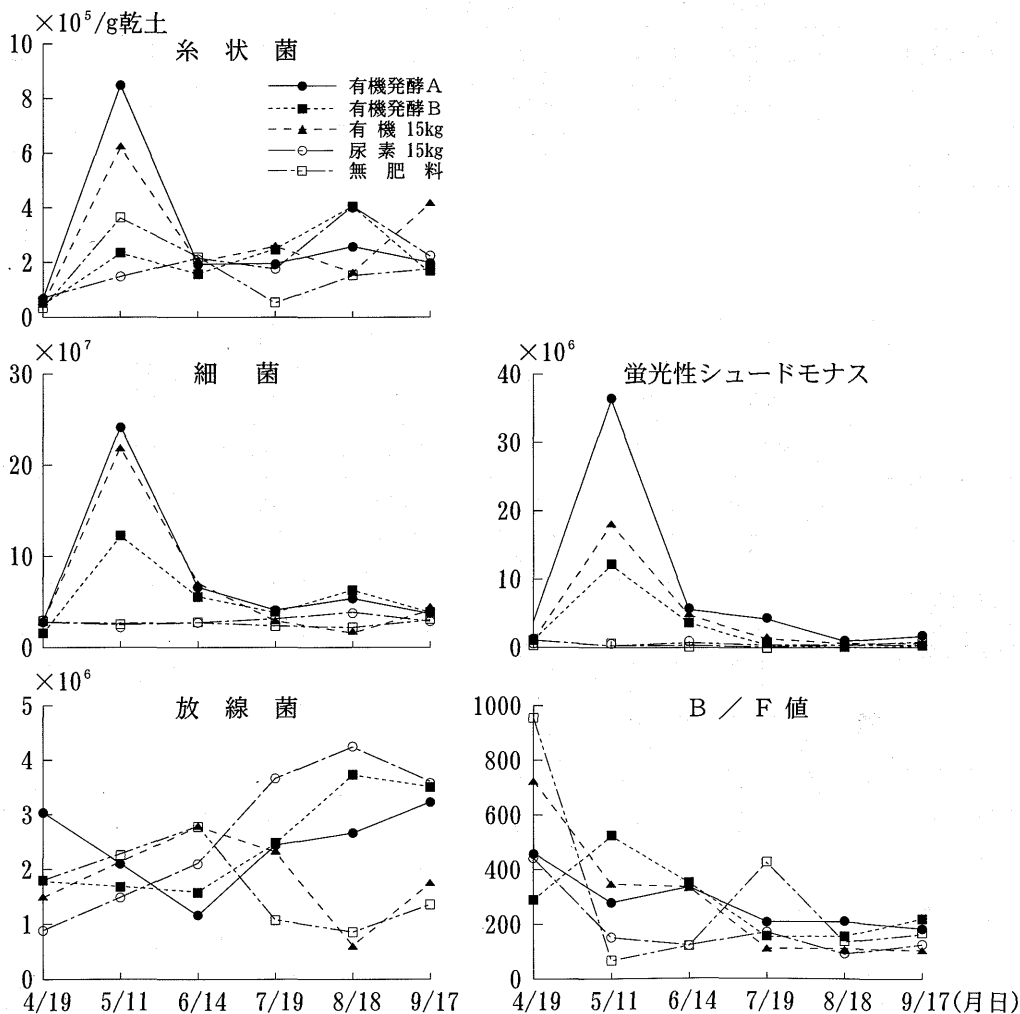
有機発酵肥料A区及び有機15kg区では5月11日に糸状菌、細菌、蛍光性シュードモナス数の著しい増加がみられた。また、それらの菌数は細菌について同等である他は、有機発酵肥料A区が有機15kg区を上回った。有機発酵肥料B区でも細菌及び蛍光性シュードモナス数が増大したのに対し、尿素15kg区及び無肥料区では、無肥料区で糸状菌がやや増加した以外はいずれの菌もほとんど増加しなかった。その後、有機発酵肥料A区、有機発酵肥料B区及び有機15kg区の菌数は急激に低下し、区間の差

は明らかでなくなった。放線菌数は7月19日以降、尿素15kg区、有機発酵肥料A及びB区がやや多くなった以外は明らかな傾向は認められなかった。また、B/F値も施肥前のばらつきが大きく、時期による変動もあり明らかな傾向はみられなかった。

3) 考察

有機質肥料を施用した区では施肥後、糸状菌、細菌及び蛍光性シュードモナスが施肥量に応じて急激に増加する傾向がみられ、時間の経過につれて減少するものの無肥料区を上回る値で推移した。これに対して尿素施用区では施肥後、いずれの菌も低く推移し、施肥量に応じた菌数の増加はみられなかった。

有機質肥料の施肥量による土壤微生物相への影響を調査した報告はこれまでみあたらないが、厩肥については加藤・鈴木(1979)の報告がある。これによると牛糞厩肥の10t、50t、100t/10aの連用により、糸状菌、細菌及び放線菌はいずれも化学肥料区よりかなり増加した。また、糸状菌と放線菌では施用量による差はほとんど認められなかったが、細菌では10t区の増加量は50t及び100t区より小さかった。また、牛糞厩肥は糸状菌と放



第2図 有機発酵肥料施用土壌における微生物相の推移

線菌に対しては持続的増殖効果を示したが、一時的な効果はほとんど認められなかったのに対し、細菌に対しては両方の効果があった。本試験では、有機質肥料は糸状菌に対して一時的増殖効果を示したこと及び有機質肥料の施用量による微生物数の持続性は比較的良かったことなどが牛糞厩肥と異なるが、この違いには有機質肥料は牛糞に比べて分解が速い（山根ら 1986）ことが影響していると推察される。

Kaufman and Williams (1964) によれば、無機質の窒素肥料の施用により土壌の糸状菌数が無肥料より有意に増加した。また、Martyniuk and Wagner (1978) は同様の処理によって糸状菌のほかに細菌と放線菌も増加したことを認めたが、その程度は堆厩肥施用に比べればかなり小さかったと述べている。無機質肥料の施用によって土壌微生物数が増加する理由として、施肥による作物生産量の増加により作物残さが増すことが挙げられる（西尾 1981, Kirchner *et al.* 1993）。本試験では、無機

質肥料の施用量の増加による土壌微生物数の増加は明らかでなかった。これは作物の植え付けられていないほ場の一画で行ったことから、施肥による作物残さの増加といった要素がなかったためと考えられる。

本試験で供試した2種類の有機発酵肥料は、やや違いはあるものの施用により放線菌を除く土壌微生物数を一時的に増大させた。これは有機質肥料Aと同様の傾向であった。このように土壌微生物相に与える影響は、有機質の腐熟の有無により大きな違いはないように考えられる。しかし、有機発酵肥料には有機質肥料と同様、種々の原料のものがある。また市販の製品は良く腐熟させることが技術的に難しい（松崎 1997）とされ、腐熟度も一律ではないと考えられる。このことから、有機質肥料が原料によって土壌微生物相に与える影響が異なるように（野口 1992b）、有機発酵肥料も種類によって多様な性質を持つ可能性も考えられる。

III ほ場における各種肥料の連用試験

リンゴ樹を栽植した2か所のほ場で、有機質、有機配合及び無機質肥料を連年施用した場合の土壌の化学性や微生物相への影響、さらにリンゴ樹の生育及び果実品質への影響を調査した。

なお、現在、リンゴ栽培はマルバカイドウのような喬木性台木を用いる方法とわい性台木によるわい化栽培があり、両者はせん定や樹形のほか、地表面管理も異なる場合が多い。地表面管理は草生と清耕によって施肥窒素の土壌中での動きやリンゴ樹の利用率が大きく異なる（佐藤 1982）。このため、試験はマルバカイドウ台で一般的な全面草生の園地と、わい化栽培で一般的な樹冠下を清耕、樹列間を草生とした部分草生の園地で実施した。

1. 有機質、有機配合及び無機質肥料の施用ほ場における土壌中無機態窒素含量の推移

1) ‘ふじ’/マルバカイドウの全面草生園における試験試験方法

試験は、試験開始時（1989年）に10年生の‘ふじ’/マルバカイドウ（以下、‘ふじ’/マルバとする）が栽植された青森県南津軽郡大鰐町三ツ目内の生産者園において行った。この園地は水田転換園で、土壌は埴質沖積土である。リンゴ樹の栽植距離は5m×5mであった。地表面管理は全面草生で、草種はギシギシが優先し、ケンタッキーブルーグラス、クローバー及びタンポポも多い雑草草生園であった。草刈りは年5～6回行われ、刈り取った草は園内の樹幹周辺に置かれた。

このほ場において第4表に示した施肥処理を1989年から1994年までの6年間行った。すなわち、有機質肥料Aと無機質肥料の尿素を供試し、両者の施肥量を変えるこ

とにより有機質由来の窒素と無機質由来の窒素の割合が異なる4つの試験区を設定した。さらに窒素源として有機質肥料Bが100%の有機100%B区を設けた。ここで、有機100%及び有機100%B区は有機質肥料、有機50%及び有機25%区は有機配合肥料、無機N10kg区は無機質肥料の試験区を想定している。

全処理区のリン酸施肥量を有機100%区と同一にするため、無機N10kg区ではリン酸の全量を過リン酸石灰により施用し、有機50%及び有機25%区では有機質肥料から供給される不足分を過リン酸石灰で補った。ただし、有機100%B区は有機質肥料Bのリン酸含量が高いため、この区だけリン酸施肥量が20kg/10aと高い値になった。また、使用した有機質肥料にはカリウムがほとんど含まれていないため、すべての区で硫酸カリウムを7kg/10a施用した。なお、これらの施肥量はリン酸を除いて当時の青森県の施肥基準（青森県農林部りんご課 1989）に従った。施肥は毎年4月中～下旬に全量を基肥として施用した。試験規模は1処理当たり12樹とした。

1989年に4月の施肥前から10月まで、約1か月おきに樹冠下の土壌を深さ10cmごとに40cmまで採取し、未風乾のまま無機態窒素をプレムナー蒸留法により分析した。また、土壌の化学性分析のため、処理開始翌年の1990年4月3日及び試験終了後の1995年4月10日に深さ10cmごとに30cmまでの土壌を採取した。分析方法は第II章の1の3)と同様に行った他、可給態リン酸をトルオーグ法により分析した。

第 4 表 全面草生園における試験区の構成(大鰐町)

区	有機質と無機質窒素の割合		使用肥料	施肥成分量(kg/10a)		
	有機質	無機質		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
有機100%	100	0	有機質肥料A, 硫加	10	7.3	7
有機50%	50	50	有機質肥料A, 尿素, 過石, 硫加	10	7.3	7
有機25%	25	25	有機質肥料A, 尿素, 過石, 硫加	10	7.3	7
無機N10kg	0	100	尿素, 過石, 硫加	10	7.3	7
有機100%B	100	0	有機質肥料B, 硫加	10	20	7

注) 過石は過リン酸石灰, 硫加は硫酸カリウム

試験結果

各試験区における深さ別の土壌中無機態窒素含量の推移を第 3 図に示した。土壌中の無機態窒素含量は、第 II 章 1 の 2) の試験結果とは異なり、各区とも 8 月下旬の分析値が比較的高かった以外は低い値で終始し、処理区間の違いもはっきりしなかった。

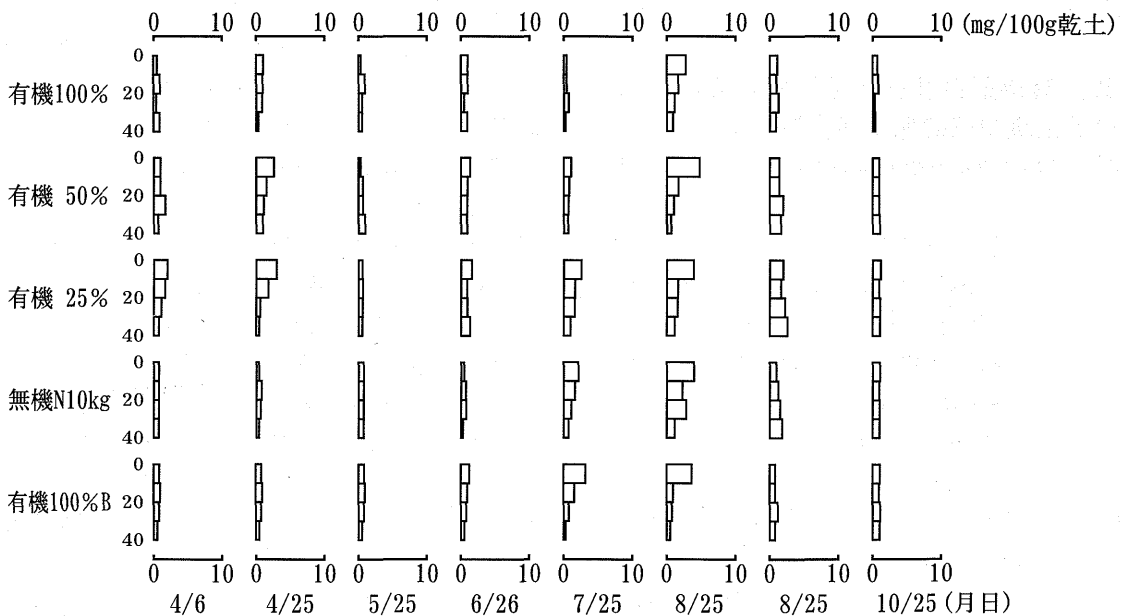
施肥処理開始 1 年目と 6 年後の土壌の化学性に関する分析値を第 5 表に示した。pH(KCl) は平均値でみるとやや増加した区もあったが大きな変化はなく、全炭素はすべての区で幾分増加した。これに対し、可給態リン酸は 10cm までの含量が有機 50% 区及び有機 100% 区(欠測値)以外はかなり増加しており、表層へのリン酸の集積がみられた。また、可給態窒素含量は処理 1 年後では区によるばらつきが大きかったが、6 年後にはいずれの区も低下傾向を示した。交換性陽イオンでは、6 年後にカルシウムは有機 100% 区が同等である以外はいずれの区も 10cm まではやや増加し、マグネシウムはすべての区で低下した。カリウムも 1 年後は区によるばらつきが大きかったが、6 年後には平均ではすべての区で増加した。しかし、以上の結果から施肥処理間における土壌の化学性の違いは明らかでなかった。

2) 'ふじ' / M. 26 の部分草生園における試験

試験方法

試験はりんご試験場の'ふじ' / M. 26 の栽植ほ場で行った。ほ場の土壌条件は第 II 章 1 の 2) に記した。栽植距離は 4 m × 2 m で、試験開始時の 1990 年春の樹齢は 15 年生であった。ほ場の地表面管理は、樹冠下を清耕、樹列間の通路部分を草生とした部分草生で、草種はケンタッキーブルーグラス及び白クローバーが優占していた。清耕部分には年 2 ~ 3 回除草剤を散布し、草生部分は年 5 ~ 6 回の草刈りを行い、刈り取った草は清耕部分に敷いた。

試験区の構成は、第 6 表に示したとおり、有機 100%、有機 50% 及び有機 25% 区を設け、施肥量は、10a 当たり N、P₂O₅、K₂O でそれぞれ 15、11、10 kg とした。また、有機質肥料は緩効的で窒素の無機化率及び肥効率が低い(米澤 1983) と考えられるが、これらと無機質窒素の施肥量を減らした場合の差異を明らかにするため、同じ施肥量で無機質窒素 100% の無機 N 15 kg 区及び、リン酸とカリウムの施肥量は変えずに尿素的施肥量のみを 10 及び 5 kg とした 2 区(無機 N 10 kg 及び無機 N 5 kg 区)を設けた。施肥処理開始は有機 100%、有機 50%、有機 25% 及び無機 N 15 kg 区は 1990 年としたが、無機 N 10 kg 及び無



第 3 図 全面草生園における深さ別の土壌中無機態窒素含量の推移(大鰐町, 1989年)

注) 縦軸の数値は土壌の深さ(cm)を示す

坂本ほか：有機質、有機発酵及び有機配合肥料の施用がリンゴ樹並びにリンゴ園土壌に及ぼす影響

第5表 全面草生園における施肥処理開始1年後と6年後の土壌分析値(大罌町)

区	層位 (cm)	pH(KCl)		全炭素 (乾土中%)		可給態P ₂ O ₅ (mg/100g乾土)		可給態窒素 (mg/100g乾土)		交換性陽イオン(mg/100g乾土)					
										CaO		MgO		K ₂ O	
		1年後	6年後	1年後	6年後	1年後	6年後	1年後	6年後	1年後	6年後	1年後	6年後	1年後	6年後
有機100%	0~10	3.82	3.86	2.37	2.66	8.2	-	3.2	3.4	204	207	56.1	44.2	33.7	36.0
	10~20	3.81	3.87	1.92	1.97	4.6	3.8	3.5	3.1	156	145	51.3	43.0	19.5	17.9
	20~30	4.22	4.17	1.56	1.44	4.2	1.3	4.5	2.9	133	94	44.8	32.0	13.2	14.0
	平均	3.95	3.97	1.95	2.02	5.7	-	3.7	3.1	164	149	50.8	39.7	22.1	22.6
有機50%	0~10	3.90	3.84	2.78	2.70	10.4	10.5	8.6	4.8	196	215	60.3	36.6	54.0	58.0
	10~20	3.81	3.80	2.00	2.03	4.9	5.5	4.7	3.5	167	141	72.0	29.0	32.0	43.7
	20~30	3.89	3.83	1.87	2.33	3.2	5.0	4.3	3.3	159	152	59.0	29.0	21.8	39.0
	平均	3.87	3.82	2.22	2.35	6.2	7.0	5.9	3.9	174	169	63.8	31.5	35.9	46.9
有機25%	0~10	3.86	3.85	3.03	3.40	9.6	22.5	9.4	4.8	200	241	61.5	34.6	46.3	40.1
	10~20	3.82	3.76	2.25	2.25	4.6	10.6	6.6	1.9	163	134	58.0	24.7	28.9	32.1
	20~30	3.85	3.81	2.71	2.54	5.2	7.1	6.5	1.9	164	142	50.6	29.0	19.6	25.0
	平均	3.84	3.81	2.66	2.73	6.5	13.4	7.5	2.9	176	172	56.7	29.4	31.6	32.4
無機10kg	0~10	3.75	3.89	2.57	3.10	5.6	12.9	5.9	5.3	186	226	52.9	38.9	29.0	45.6
	10~20	3.72	3.90	2.05	2.17	2.4	5.5	3.8	2.8	160	178	56.9	44.1	14.8	26.6
	20~30	3.87	4.02	1.95	1.99	1.9	2.8	3.4	2.8	138	134	49.3	38.6	12.5	30.4
	平均	3.78	3.94	2.19	2.42	3.3	7.1	4.4	3.6	161	179	53.0	40.5	18.8	34.2
有機100%B	0~10	3.79	4.10	2.20	2.58	6.2	18.8	4.8	4.6	186	248	65.8	52.9	34.5	51.0
	10~20	3.81	3.95	1.91	1.97	3.3	4.9	2.5	1.7	189	200	75.5	64.8	16.5	27.5
	20~30	3.90	4.07	2.07	1.81	3.5	2.2	2.6	1.8	171	186	63.7	75.6	11.0	11.8
	平均	3.83	4.04	2.06	2.12	4.3	8.6	3.3	2.7	182	211	68.3	64.4	20.7	30.1

第6表 部分草生園における試験区の構成(りんご試)

区	有機質と無機質窒素の割合		使用肥料	施肥成分量(kg/10a)		
	有機質	無機質		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
有機100%	100	0	有機質肥料A, 硫加	15	11	10
有機50%	50	50	有機質肥料A, 尿素, 過石, 硫加	15	11	10
有機25%	25	25	有機質肥料A, 尿素, 過石, 硫加	15	11	10
無機N15kg	0	100	尿素, 過石, 硫加	15	11	10
無機N10kg	0	100	尿素, 過石, 硫加	10	11	10
無機N5kg	0	100	尿素, 過石, 硫加	5	11	10

注) 過石は過リン酸石灰, 硫加は硫酸カリウム

機N5kg区は1991年で、いずれも1994年まで継続した。施肥は、毎年4月中～下旬に全量を基肥として施用した。試験規模は1処理当たり9樹(無機N10kg区は3樹、無機N5kg区は5樹)とした。

1990年に清耕部分と草生部分に分けて、経時的に土壌中無機態窒素含量を分析した。なお、清耕部分の分析は有機100%、有機50%、有機25%及び無機N15kgの4区で行ったが、草生部分は無機N15kgの2区のみとした。また、1992年にはすべての処理区で清耕部分の土壌中無機態窒素含量を分析した。試験開始前の1990年4月3日(無機N10及び無機N5kg区は1991年4月12日)及び試験終了後の1995年4月11日に清耕部分の深さ40cmま

での土壌を採取し、化学性を分析した(全炭素については0~30cmまで分析)。

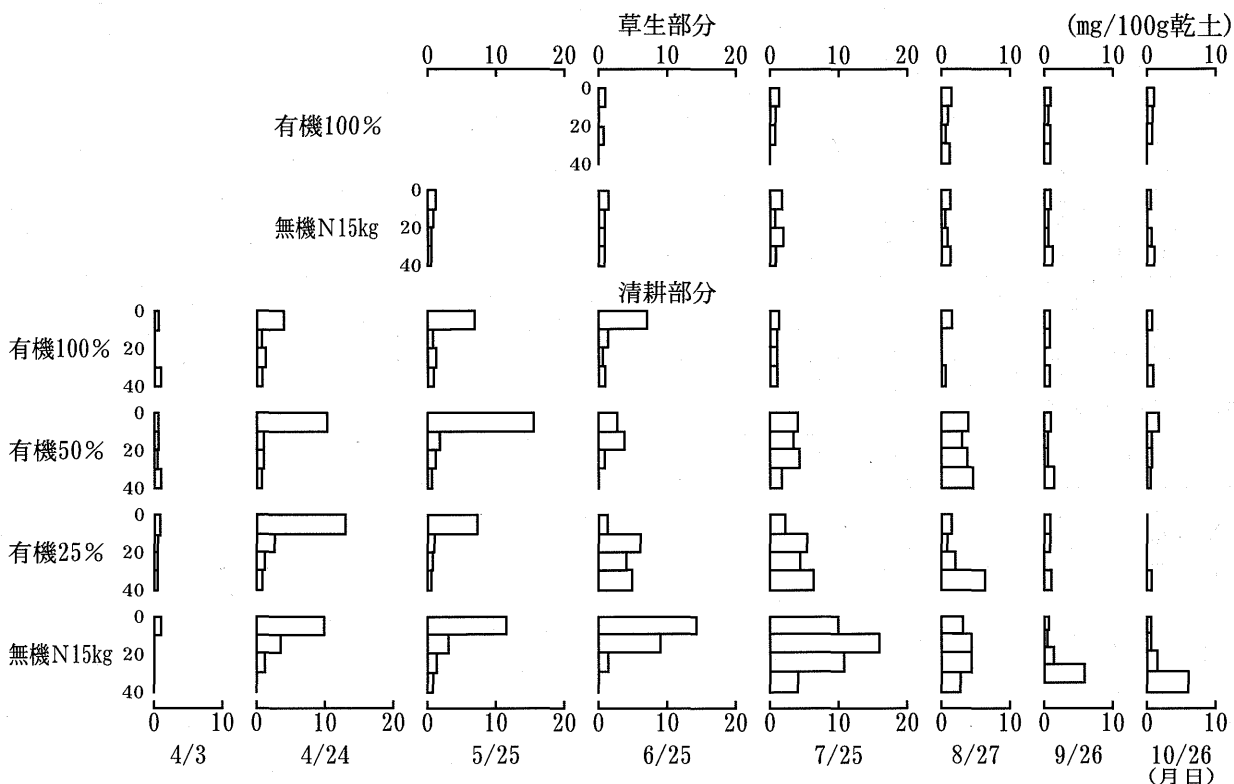
試験結果

各区における草生部分及び清耕部分の土壌中無機態窒素含量の推移を深さ別に第4図に示した。部分草生園の草生部分の土壌中無機態窒素含量は、いずれの時期も低い値で推移し、有機100%と無機N15kgの区間の違いも判然としなかった。これに対し、清耕部分では区による違いはあるものの、6~8月までは草生部分より高い値で推移し、第1図の結果と同じように施肥処理による違いも比較的はつきり現れた。すなわち、有機100%区では4月下旬から6月下旬までは0~10cmの表層部分でや

や高い値となった以外はいずれの時期も 0~40cmの全層にわたって低い値で推移した。これに対して、無機N15kg区では6月までは表層を中心に高い値を示し、それ以後は徐々に高い部分が下層に移行した。有機50%及び有機

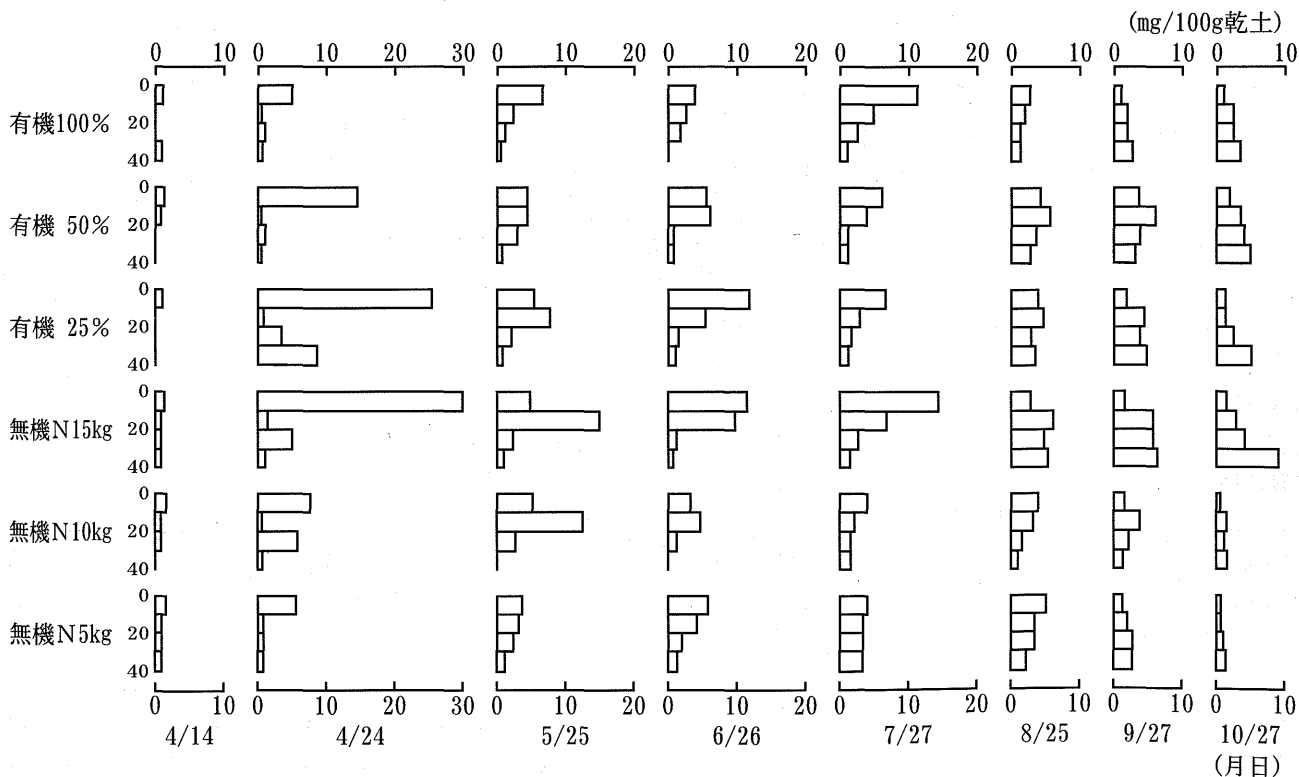
25%区はともに5月までは表層部分で高かったが、6月以降は下層への移行がみられた。

施肥処理3年目の1992年の清耕部分における土壤中無機態窒素含量の推移を第5図に示した。1992年において



第4図 部分草生園における深さ別の土壤中無機態窒素含量の推移(りんご試, 1990年)

注) 縦軸の数値は土壌の深さ(cm)を示す。



第5図 部分草生園の清耕部分における深さ別の土壤中無機態窒素含量の推移(りんご試, 1992年)

注) 縦軸の数値は土壌の深さ(cm)を示す。

も有機100%区の無機態窒素含量は全般に低く推移し、無機N 5kg区の推移と類似した。しかし、7月下旬だけは無機N15kg区と同等で特異的に高かった。無機N15kg区は、4月下旬に有機25%区と並んで最も高く、それ以降も比較的高めに推移した。有機50%及び25%区は、時期的な変動はあるものの全体として有機100%と無機N15kg区の間隔的な傾向と考えられた。また、無機N10kg区は4～5月は無機N 5kg区より高い値であったが、6月以降は同等に低い値で推移した。

試験開始前と終了後の土壤のpH(KCl)、全炭素及び可給態リン酸含量を第7表に、可給態窒素と交換性陽イオ

ンの含量を第8表に示した。試験開始前と終了後でpH(KCl)及び全炭素含有率には各区とも目立った変化はみられなかったが、可給態リン酸含量は0～10cmの表層で、有機25%区が同等であった以外は各区とも増加傾向を示した。可給態窒素含量は有機50%、有機25%及び無機N 5kg区が減少の傾向がみられたが、他の区では変化が小さかった。交換性陽イオンはいずれも処理前の区によるばらつきが大きいこともあり、明らかな傾向はみられなかった。

3) 考察

ほ場に枠を設けて行った第二章1の2)の試験では、土壤中無機態窒素含量の値が比較的高く、肥料の種類に

第7表 部分草生園における施肥処理開始前と終了後の土壤のpH、全炭素及び可給態リン酸含量(りんご試)

区	層位 (cm)	pH(KCl)		全炭素 ^Z (乾土中%)		可給態P ₂ O ₅ (mg/100g乾土)	
		処理前	終了後 ^Y	処理前	終了後	処理前	終了後
有機100%	0～10	4.56	4.67	9.03	10.02	3.7	12.7
	10～20	4.81	4.73	8.12	8.73	3.1	3.5
	20～30	4.61	4.70	8.36	9.95	2.3	2.9
	30～40	4.74	4.81	—	—	3.8	0.4
	平均	4.68	4.73	8.50	9.57	3.2	4.9
有機50%	0～10	4.60	5.32	8.20	8.87	3.8	11.1
	10～20	5.28	5.12	8.70	8.48	2.8	3.6
	20～30	5.39	4.95	9.30	8.12	4.8	3.0
	30～40	5.09	4.53	—	—	5.1	2.7
	平均	5.09	4.98	8.73	8.49	4.1	5.1
有機25%	0～10	4.64	5.53	9.20	9.00	8.0	8.1
	10～20	5.06	5.33	9.16	8.26	2.8	2.4
	20～30	5.12	5.00	8.96	8.75	3.2	2.0
	30～40	5.21	4.79	—	—	2.9	0.6
	平均	5.01	5.16	9.11	8.67	4.2	3.3
無機N15kg	0～10	4.57	4.59	9.81	8.66	7.8	10.5
	10～20	5.17	4.72	8.21	7.88	3.0	1.7
	20～30	5.20	4.86	9.70	8.77	5.0	1.4
	30～40	4.95	5.03	—	—	0.4	0.9
	平均	4.97	4.80	9.24	8.44	4.1	3.6
無機N10kg	0～10	5.30	4.58	10.07	10.80	7.5	12.6
	10～20	4.97	4.76	7.34	8.73	2.9	2.9
	20～30	4.79	5.00	6.48	8.26	2.8	1.6
	30～40	4.74	4.74	—	—	0.7	0.3
	平均	4.95	4.67	7.96	9.26	3.5	4.4
無機N 5kg	0～10	5.51	5.25	8.91	10.97	12.5	15.1
	10～20	5.22	5.00	9.39	8.35	2.9	1.9
	20～30	5.47	5.33	9.19	7.79	5.2	2.8
	30～40	5.18	5.30	—	—	1.9	0.8
	平均	5.35	5.22	9.16	9.04	5.6	5.2

Z；全炭素については深さ30cmまで分析した。

Y；全区とも1995年4月に土壤を採取したが、これは無機N10kg及び無機N 5kg区は処理開始から4年後、他の区は5年後に当たる。

第8表 部分草生園における施肥処理開始前と終了後の土壤の可給態窒素及び交換性陽イオン含量 (りんご試)

区	層位 (cm)	可給態窒素 (mg/100g乾土)		交換性陽イオン(mg/100g乾土)					
		処理前	終了時 ^a	CaO		MgO		K ₂ O	
				処理前	終了時	処理前	終了時	処理前	終了時
有機100%	0~20	4.2	4.5	140	158	13.4	23.1	16.2	29.1
	20~40	1.8	1.5	78	92	8.4	14.8	13.5	21.9
	平均	3.0	3.0	109	125	10.9	18.9	14.8	25.5
有機50%	0~20	4.2	2.2	198	230	22.9	33.5	24.4	29.2
	20~40	2.0	2.7	227	100	24.5	42.1	24.2	30.6
	平均	3.1	2.5	213	165	23.7	37.8	24.3	29.9
有機25%	0~20	3.7	1.2	178	273	20.0	34.6	33.9	32.4
	20~40	1.9	2.5	206	147	17.2	45.7	50.0	34.9
	平均	2.8	1.9	192	210	18.6	40.1	41.9	33.6
無機N15kg	0~20	3.1	1.2	190	136	15.6	12.9	24.7	25.7
	20~40	1.2	2.8	156	58	14.1	14.2	17.1	17.8
	平均	2.2	2.0	173	97	14.9	13.6	20.9	21.7
無機N10kg	0~20	4.1	4.7	226	168	45.5	19.6	37.9	31.2
	20~40	1.6	1.4	98	106	30.1	17.4	31.2	17.6
	平均	2.9	3.1	162	137	37.8	18.5	34.5	24.4
無機N5kg	0~20	5.5	4.7	290	251	54.4	40.8	29.0	36.6
	20~40	2.0	1.7	241	215	34.9	28.2	39.5	30.7
	平均	3.8	3.2	266	233	44.6	34.5	34.2	33.6

Z; 全区とも1995年4月に土壤を採取したが、これは無機N10kg及び無機N5kg区は処理開始から4年後、他の区は5年後に当たる。

よる違いがみられた。これに対し、全面草生園では土壤中の無機態窒素含量はすべての区において低い値で推移した。この差異には地表面管理の違いが大きく影響していると考えられる。千葉(1982)はイネ科及び雑草の草生では清耕に比べ土壤中の硝酸態窒素の減少が著しいことを認め、この主因として草による無機態窒素の吸収を指摘している。また、佐藤ら(1978)もオーチャードグラス全面草生園で春に施肥した窒素が土壤中から急速に消失する原因として草による吸収を挙げている。本試験の草生条件でも、発現した無機態窒素が草によって急速に吸収されたため低い値となり、区間差も明瞭ではなかったと考えられる。これに対し、木柵を設けて行った試験は清耕条件であったことから、各肥料の窒素無機化特性の違いが土壤中の無機態窒素含量に良く反映したものと考えられる。

また、部分草生園では、草生部分と清耕部分で施肥後の土壤中無機態窒素含量の推移が異なった。すなわち、草生部分では全面草生園と同様、極めて低い値で推移し、肥料の違いによる差異も明確でなかった。これに対し、清耕部分では1990年と1992年でやや違いはみられるもの

の、肥料の違いが土壤中無機態窒素含量に現れたものとする。年度によるデータの振れは、降水量や気温等の気象条件の違いに加えて、リンゴの根による施肥窒素吸収の影響等も絡み合っていると推定される。また、有機100%区と無機質窒素の施肥量を3分の1とした無機N5kg区で土壤中無機態窒素の量的な推移が類似した。この事実から、有機質肥料の肥効は無機質窒素の量を減らした場合の肥効と類似することが示唆される。

大鰐町及びりんご試験場の園地における試験開始時(大鰐町は開始1年後)と試験終了後の土壤の化学性を比較したが、いずれも肥料処理によると考えられる区間差は明らかでなかった。酒井ら(1997)は有機質肥料と化学肥料を施肥した温州ミカン園の試験区において、試験開始前と開始4年後の土壤の化学性を比較したが、肥料の違いによる明らかな差が認められなかったことから、有機質肥料施用の土壤に対する効果が明らかになるには、10年以上の処理期間が必要ではないかと考察している。

また、野菜では数か所の試験地を設け、各種の有機質肥料、有機質の配合割合を数段階に変えた有機配合肥料

及び無機質肥料を施用して数年間10作前後の作付けを行った試験例があり、土壤の化学性の推移についても調査している(全農肥料農薬部 1989)。これによると、pHは全量有機区が硫酸を使用した区よりも常に高い傾向があった。しかし、全窒素、全炭素、可給態リン酸及び交換性陽イオンは、いずれも区による差異は明らかでなく、有機質肥料によるこれら成分の集積、富化は確認できなかった。さらに、第II章1の3)の単年度における大量施用の試験例でも有機物の蓄積は特にみられなかった。

以上の結果から、有機質肥料の一時的な大量施用や数年程度の連用では土壤の化学性の変化や有機物の富化は特に期待できないと考えられる。

2. 有機質、有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹に及ぼす影響

1) 有機質、有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の生育と収量に及ぼす影響

試験方法

大鰐町の‘ふじ’/マルバについては、各試験区から比較的生育のそろった6樹を選定し、調査樹とした。また、りんご試験場の‘ふじ’/M. 26でも同様に各区から5樹(無機N10kg区では3樹)を選定し、調査樹とした。

生育に関しては平均新しょう長と幹周を休眠期に測定した。平均新しょう長は、‘ふじ’/マルバでは樹冠の目

通りの高さの外周付近全体から1樹当たり頂端新しょうを30本、‘ふじ’/M. 26では同じく15本について測定し、平均値を求めた。幹周は、‘ふじ’/マルバでは地上から30cmの高さ、‘ふじ’/M. 26では台木と品種の接木部分から20cm上部を測定した。

収量は、‘ふじ’/マルバでは1樹当たり40果の平均果重に着果数を乗じて求めた。また、‘ふじ’/M. 26の収量は、全果実を収穫して求めた。なお、‘ふじ’/マルバでは収量に落果を含めなかったが、‘ふじ’/M. 26では落果も含めた。

調査結果の検定は平均新しょう長については単年度ごとの分散分析のほか、順位和検定(白旗 1987)により年度を通した比較も行った。また、幹周は試験開始時の違いがその後の幹周に影響することが予想されることから、その影響を除外するため試験開始時の幹周を共変量とする共分散分析により解析した。さらに収量についても調査樹の大きさにややばらつきがみられたので、各年度の幹断面積を共変量とする共分散分析を行った。なお、幹断面積は幹の横断面を円と仮定し、幹周から求めた。

試験結果

年度別の平均新しょう長を第9表に示した。平均新しょう長は、大鰐町では試験を開始した1989年には有意差がみられ、有機50%区が長い傾向があったが、その後は区間に明らかな差はみられなかった。しかし、順位和検定

第9表 平均新梢長に及ぼす施肥処理の影響(単位;cm)

(大鰐町)								
区	1989	1990	1991	1992	1993	1994年	平均	順位平均 ^z
有機100%	26.0 a ^y	28.2	28.0	32.2	32.9	24.8	29.5	16.7 ab ^x
有機50%	31.7 b	29.7	26.8	33.0	35.0	25.4	31.2	19.9 b
有機25%	26.8 a	26.2	25.7	29.7	32.7	23.4	28.2	12.7 a
無機N10kg	24.8 a	25.3	27.7	32.8	32.8	26.3	28.7	14.6 ab
有機100% B	24.7 a	27.8	27.2	32.7	30.9	25.2	28.7	13.7 a
有意性 ^w	**	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.01
(りんご試)								
区	1990	1991	1992	1993	1994年	平均 ^v	順位平均 ^v	
有機100%	28.8 a	25.5 a	32.3 b	35.0	20.8	28.4	11.1 ab ^u	
有機50%	29.0 a	30.0 ab	33.1 b	32.8	21.6	29.4	12.3 ab	
有機25%	34.3 b	34.0 b	37.3 b	39.9	27.2	34.6	19.0 b	
無機N15kg	31.5 ab	34.4 b	39.1 b	33.7	26.9	33.5	17.5 b	
無機N10kg	—	27.0 a	36.7 b	41.1	27.3	33.0	16.9 ab	
無機N 5 kg	—	24.4 a	23.9 a	35.3	23.0	26.7	9.4 a	
有意性	*	**	*	N. S.	N. S.	—	p=0.001	

Z; 順位和検定による順位平均。

Y; 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり。

X; 異なる太字のアルファベット間は多重検定(T法)により5%水準で有意差あり。

W; F検定により*は5%, **は1%水準で有意差あり。N. S.は有意差なし。pは順位和検定による危険率。

V; りんご試の平均は1991~1994年まで、また順位和検定もこの期間について行った。

U; りんご試の異なる太字のアルファベット間は多重検定(S法)により5%水準で有意差あり。

により全年度を通してみると、有機50%区が長く、有機25%及び有機100%B区が短い傾向を示した。これに対して、りんご試験場では、試験開始から3年目まで有意差があり、有機100%及び無機N5kg区が短く、有機25%と無機N15kg区が長い傾向があった。しかし、その後は区間に有意差はみられなかった。また、1991年から1994年までを通してみると、無機N5kg区が短く、有機25%と無機N15kg区が長く、有機100%、有機50%及び無機N10kg区はこれらの中間の傾向であった。

幹周に及ぼす施肥処理の影響を第10表に示した。その結果、大鰐町、りんご試験場とも幹周の増加に区による有意差はみられなかった。また、収量に及ぼす施肥処理

の影響について年度ごとに共分散分析した結果を第11表に示したが、大鰐町、りんご試験場ともいずれの年度も区間に有意差はみられなかった。

2) 有機質、有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の葉中無機成分含有率に及ぼす影響

試験方法

1) と同じ調査樹を対象に、樹冠外周の目通りの高さの新しょうから中央部の葉を大鰐町で1樹当たり30枚、りんご試験場で15枚ずつ採取した。これを洗浄し、乾燥後、粉碎して分析試料とした。葉の採取は、大鰐町では1989年から1991年、りんご試験場では1990年から1992年までのそれぞれ3年間、6月下旬から10月下旬まで(り

第10表 幹周に及ぼす施肥処理の影響
(大鰐町) (りんご試)

区	幹周 (cm)	区	幹周 (cm)
	1994, 10月		1994, 11月
有機100%	66.4	有機100%	37.3
有機50%	71.3	有機50%	42.0
有機25%	68.7	有機25%	45.7
無機N10kg	66.7	無機N15kg	38.0
有機100%B	70.2	無機N10kg	40.4
		無機N5kg	40.0
危険率 ^Z	0.43	危険率 ^Z	0.11
有意性 ^Y	N.S.	有意性 ^Y	N.S.

Z: 大鰐町は1989年4月、りんご試は1990年10月の幹周を共変量とした共分散分析による危険率。

Y; N.S.は有意差なし。

第11表 収量に及ぼす施肥処理の影響(単位;kg/樹)
(大鰐町)

区	1989	1990	1992	1993	1994年
有機100%	70.5	88.8	115.8	84.5	83.9
有機50%	83.3	109.0	108.2	99.5	105.7
有機25%	78.4	105.8	112.0	90.2	102.7
無機N10kg	69.7	93.6	98.3	84.5	82.6
有機100%B	86.2	106.1	99.8	106.8	78.6
危険率 ^Z	0.93	0.69	0.72	0.54	0.27
有意性 ^Y	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

(りんご試)

区	1990	1992	1993	1994年
有機100%	45.7	32.5	37.1	27.4
有機50%	60.5	49.7	25.8	41.0
有機25%	59.9	69.3	39.6	39.6
無機N15kg	60.4	46.7	42.9	31.6
無機N10kg	—	48.0	32.0	44.7
無機N5kg	—	38.8	32.2	40.6
危険率	0.42	0.57	0.20	0.49
有意性	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Z; 各年度の幹断面積を共変量とした共分散分析による危険率。

Y; N.S.は有意差なし。

りんご試験場の1992年は5月下旬から9月下旬まで) 1か月おきに行い、その後は、両園とも毎年7月下旬から8月上旬の間に1回のみ行い、窒素分析試料とした。また、窒素以外の無機成分については、1993年までの毎年、7月下旬から8月上旬に採取した葉を分析に供した。

葉中窒素含有率の分析は、セミマイクロケルダール法により行った。また、無機成分については乾式分解の後、リン酸はバナドモリブデン酸法、カルシウム、マグネシウム及びカリウムは原子吸光度計により分析した。

試験結果

葉中窒素含有率の3年間の季節的推移を大鰐町につい

て第6図に、りんご試験場について第7図に示した。また、7月下旬から8月上旬の窒素を含めた葉中無機成分含有率の年次推移を大鰐町について第12表に、りんご試験場は第13表に示した。

大鰐町の葉中窒素含有率の季節的な変化をみると、3か年の中で有意差があったのは、1989年8月と1991年6月のみであったが、どちらも有機100%区が低い傾向であった。また、通常の葉分析時期である7月下旬から8月上旬のサンプルで比較すると、いずれの年も試験区間に有意差はみられなかった。一方、全年度を通じた順位和検定では5%水準で有意差があり、有機100%区が低

第12表 葉中無機成分含有率に及ぼす施肥処理の影響 (大鰐町)

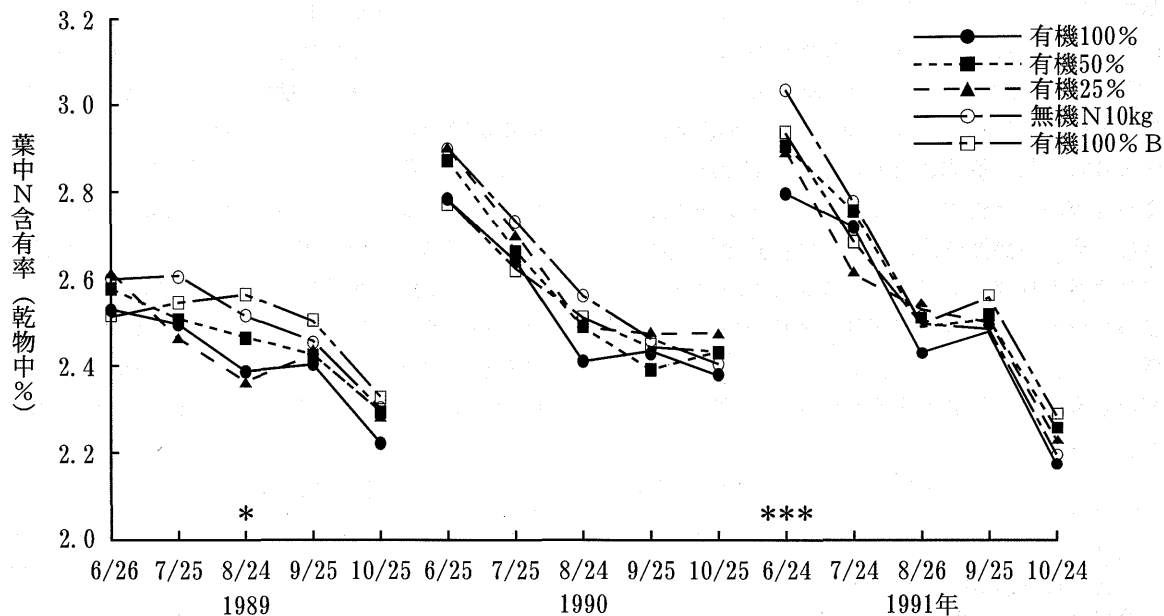
区	1989	1990	1991	1992	1993	1994年	平均	順位平均 ^z
A) N (乾物中%)								
有機100%	2.50	2.65	2.73	2.60	2.40	2.50	2.56	12.5 a ^y
有機50%	2.51	2.67	2.77	2.69	2.47	2.61	2.62	17.3 ab
有機25%	2.47	2.71	2.63	2.62	2.57	2.60	2.60	14.9 ab
無機N10kg	2.61	2.74	2.79	2.62	2.55	2.61	2.65	18.9 b
有機100%B	2.55	2.63	2.70	2.57	2.43	2.59	2.58	13.9 ab
有意性 ^x	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.02
B) P (乾物中%)								
有機100%	0.154	0.185	0.189 b ^w	0.184	0.198	—	0.182	17.2
有機50%	0.168	0.179	0.175 a	0.184	0.185	—	0.178	15.0
有機25%	0.170	0.184	0.171 a	0.185	0.202	—	0.182	17.0
無機N10kg	0.169	0.176	0.176 a	0.176	0.197	—	0.179	14.9
有機100%B	0.172	0.174	0.172 a	0.176	0.195	—	0.178	13.5
有意性	N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.	—	—	p=0.44
C) Ca (乾物中%)								
有機100%	1.11	1.27	1.24	1.05	0.98	—	1.13	13.6 a
有機50%	1.23	1.31	1.28	1.14	0.99	—	1.19	17.5 ab
有機25%	1.21	1.32	1.31	1.15	1.07	—	1.21	20.0 b
無機N10kg	1.12	1.29	1.23	1.08	0.99	—	1.14	14.2 ab
有機100%B	1.16	1.25	1.25	1.08	0.93	—	1.13	12.3 a
有意性	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	—	p=0.004
D) Mg (乾物中%)								
有機100%	0.28	0.34	0.32	0.30	0.23	—	0.29	13.9
有機50%	0.27	0.33	0.30	0.30	0.24	—	0.29	12.7
有機25%	0.28	0.34	0.36	0.30	0.27	—	0.31	18.7
無機N10kg	0.28	0.35	0.33	0.30	0.24	—	0.30	16.7
有機100%B	0.30	0.34	0.34	0.29	0.23	—	0.30	15.6
有意性	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	—	p=0.07
E) K (乾物中%)								
有機100%	1.43	1.38	1.26 a	1.60 c	1.68	—	1.47	19.5 b
有機50%	1.39	1.32	1.22 a	1.46 bc	1.48	—	1.37	16.3 b
有機25%	1.18	1.04	1.21 a	1.20 a	1.42	—	1.21	9.1 a
無機N10kg	1.32	1.22	1.51 b	1.49 bc	1.59	—	1.43	18.2 b
有機100%B	1.23	1.13	1.42 ab	1.32 ab	1.50	—	1.32	14.5 ab
有意性	N. S.	N. S.	*	*	N. S.	—	—	p=0.00

Z; 順位和検定による順位平均。

Y; 異なる太字のアルファベット間には多重検定(T法)により5%水準で有意差あり。

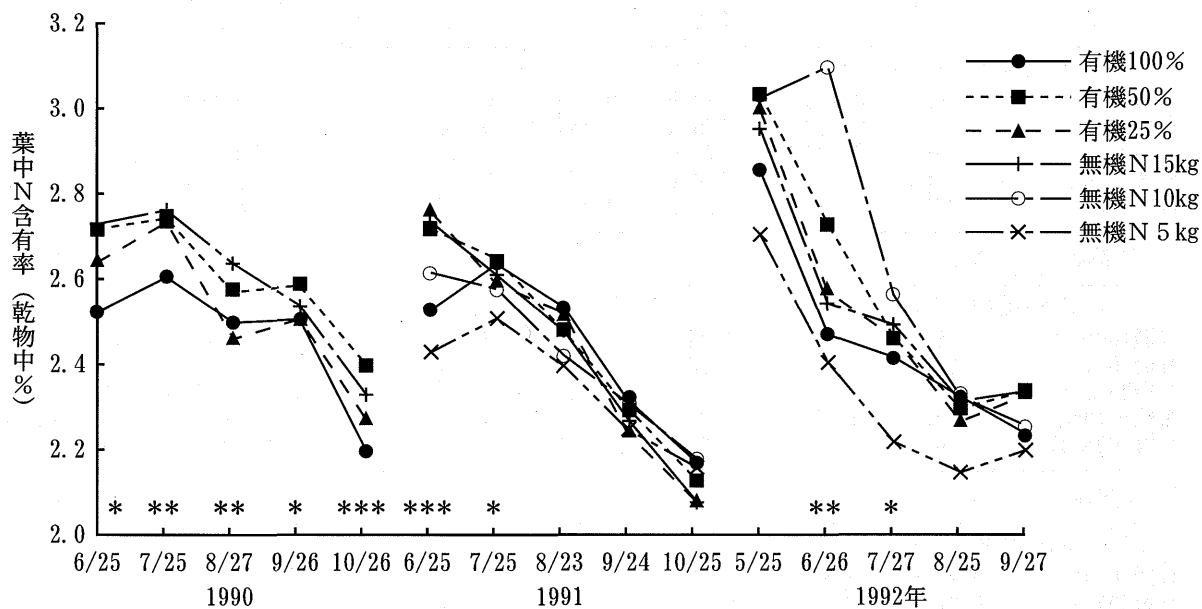
X; F検定により*は5%水準で有意差あり。N. S.は有意差なし。pは順位和検定による危険率。

W; 異なるアルファベット間にはDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり。



第6図 施肥処理と葉中窒素含有率の推移(大鰐町)

注) *は5%, ***は0.1%水準で有意差あり



第7図 施肥処理と葉中窒素含有率の推移(りんご試)

注) *は5%, **は1%, ***は0.1%水準で有意差あり

く、無機N10kg区が高い傾向があった。しかし、その差は平均で0.09%と小さかった。

これに対して、りんご試験場では試験を開始した1990年は6月から10月まで全期間有意差がみられ、有機50%及び無機N15kg区が高く、有機100%区が低かった。無機N10及び5kg区も加えた1991年は6月と7月に有意差があり、無機N5kg区が最も低く、6月には有機100%区も低い傾向があったが、それ以後は有意差がみられなかった。1992年は無機N5kg区が全般に低い傾向があった。

7月下旬から8月上旬の分析値では、有機100%区は

試験を開始した1990年には他区より有意に低かったが、2年目以降は特に低い傾向はなかった。無機N5kg区も試験開始から2年間は有意に低かったが、3年目以降は有意差はみられなかった。1991年から1994年までを通した順位と検定で見ると無機N5kg区が低く、無機N10kg区が高い傾向があった。しかし、無機N10kg区が高い理由として、この区だけ調査樹が3本と少なく、その中に樹勢の強い樹も含まれていた影響も考えられる。

窒素以外の葉中無機成分について、大鰐町では単年度の分散分析で有意差があったのは1991年と1992年のカリ

ウム、1991年のリン酸のみで、いずれの年にもカルシウムとマグネシウムは有意差がみられなかった。これに対して、1989年から1993年までの順位和検定によるとカリウムでは有機25%区が低く単年度と傾向が一致した。また、カルシウムでも有意差がみられ有機25%区が高く、有機100%及び有機100%B区が低い傾向となった。しかし、これらの結果が肥料処理と関連があるのかについて

は明らかでなかった。

りんご試験場では処理1、2年目に有意差がある場合が多く、カルシウムは有機25%区及び無機N15kg区が1990年に有意に高く、有機100%区が低く、マグネシウムも無機N15kg区が1990及び1991年に高く、有機100%区が低かった。また、カリウムは無機N15kg区が1990年に、無機N5kg区が1991年にそれぞれ有意に低かった。1991

第13表 葉中無機成分含有率に及ぼす施肥処理の影響（りんご試）

区	1990	1991	1992	1993	1994年	平均 ^z	順位平均 ^z
A) N(乾物中%)							
有機100%	2.61 a ^y	2.64 b	2.42 b	2.67	2.51	2.56	14.4
有機50%	2.75 b	2.65 b	2.47 b	2.59	2.56	2.57	15.0
有機25%	2.74 b	2.60 b	2.47 b	2.64	2.53	2.56	15.0
無機N15kg	2.77 b	2.61 b	2.50 b	2.70	2.44	2.56	14.4
無機N10kg	—	2.58 ab	2.57 b	2.65	2.57	2.59	17.8
無機N5kg	—	2.51 a	2.22 a	2.52	2.56	2.45	9.1
有意性 ^x	**	*	*	N. S.	N. S.	—	p=0.05
B) P(乾物中%)							
有機100%	0.169	0.160	0.169 b	0.182	—	0.170	18.4
有機50%	0.168	0.157	0.159 ab	0.184	—	0.167	15.8
有機25%	0.168	0.155	0.159 ab	0.178	—	0.164	12.2
無機N15kg	0.167	0.150	0.156 a	0.184	—	0.163	12.0
無機N10kg	—	0.149	0.161 ab	0.177	—	0.162	12.8
無機N5kg	—	0.154	0.154 a	0.180	—	0.163	11.9
有意性	N. S.	N. S.	*	N. S.	—	—	p=0.13
C) Ca(乾物中%)							
有機100%	1.14 a	1.21	1.07	1.19	—	1.16	10.3
有機50%	1.22 ab	1.27	1.12	1.18	—	1.19	12.9
有機25%	1.31 b	1.29	1.12	1.21	—	1.21	13.5
無機N15kg	1.30 b	1.35	1.18	1.29	—	1.27	18.8
無機N10kg	—	1.28	1.16	1.15	—	1.20	13.2
無機N5kg	—	1.33	1.07	1.24	—	1.21	14.8
有意性	*	N. S.	N. S.	N. S.	—	—	p=0.10
D) Mg(乾物中%)							
有機100%	0.30 a	0.35 a	0.32	0.35	—	0.34	10.8
有機50%	0.33 ab	0.35 a	0.35	0.33	—	0.34	11.5
有機25%	0.33 ab	0.33 a	0.34	0.35	—	0.34	11.1
無機N15kg	0.36 b	0.40 b	0.37	0.36	—	0.38	18.7
無機N10kg	—	0.38 ab	0.36	0.37	—	0.37	18.4
無機N5kg	—	0.33 a	0.35	0.38	—	0.35	14.7
有意性	*	*	N. S.	N. S.	—	—	p=0.02
E) K(乾物中%)							
有機100%	1.48 ab	1.42 b	1.59	1.82	—	1.61	18.2
有機50%	1.50 b	1.45 b	1.56	1.79	—	1.60	16.5
有機25%	1.54 b	1.56 b	1.46	1.70	—	1.57	16.4
無機N15kg	1.38 a	1.39 b	1.53	1.65	—	1.52	12.2
無機N10kg	—	1.35 b	1.53	1.60	—	1.49	9.9
無機N5kg	—	1.14 a	1.40	1.68	—	1.41	9.7
有意性	*	*	N. S.	N. S.	—	—	p=0.01

Z: Nの平均は1991~1994年、他の成分は1991~1993年まで。

また、順位和検定もこの期間について行った。

Y: 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり。

X: F検定により*は5%、**は1%水準で有意差あり。N. S.は有意差なし。

pは順位和検定による危険率。

年から1993年まで3か年の順位和検定ではマグネシウムとカリウムで有意差があり、マグネシウムは無機N15kg区が高く、カリウムは有機100%区が高い傾向があった。

3) 有機質、有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の果実品質に及ぼす影響

試験方法

1) 及び2)と同様の調査樹から毎年、収穫時に平均的な大きさの果実を着色に関係なく無作為に大鰐町は1樹当たり10果、りんご試験場は8果採取した。これを直ちに冷蔵し、おおむね30日以内に硬度、可溶性固形物含量(以下Brixと記す)及び酸度を測定した。果実の硬度は赤道部の相対する2か所の果皮を薄く剥ぎ、マグネステラー型硬度計(7/16インチプランジャー)によって測定した。Brixと酸度の測定には、果実の一部を切り取り、果皮と果心を除去した果肉をジューサーで搾汁し、ろ紙でろ過した果汁を用いた。Brixは屈折糖度計により測定し、酸度は1/10NNaOHで中和滴定し、リンゴ酸含量に換算した。また、りんご試験場の同様に収穫した果実(1樹当たり8果)を普通冷蔵(温度0℃)で6か月程度貯蔵し、出庫直後に硬度、Brix及び酸度を調査した(以下、収穫後30日以内の調査果実は収穫果、6か月貯蔵後の果実は貯蔵果と記す)。

大鰐町における果実の着色調査では、1樹につき10果の果実を1992年には着色の良いものを4、悪いものを1とした4階級に、1993年には同じく3階級に分けて比較した。また、1994年には、色彩色差計(ミノルタカメラ製CR-100)により果実の着色の濃い部分を測定し、Lab表色系のa値で比較した。りんご試験場における着色調査では全果を収穫して着色程度により5階級に分け、上位2階級を着色良果としてその割合を求めた。さらに、着色良果のうち280g以上の果実を良品果として良品果率を比較した。

また、1樹当たり4果を供試して次のように食味調査を行った。調査は、果実の一部を切り取り、果皮と果心を除いてアルミホイルで包み、これをりんご試験場職員を中心とする13~22名のパネラーに供して、まずいを1、大変おいしいを5とする5段階評価を行った。なお、調査は大鰐町の果実は1993、1994年の2か年、有機100%と無機N10kgの2区のみについて比較した。りんご試験場では、1991、1993及び1994年には有機100%、無機N15kg、無機N5kgの3区、1992年には全区について調査を行った。

なお、1991年は、台風19号による被害のため、大鰐町では果実品質の調査を行うことができなかったが、りんご試験場は比較的落果被害の軽かった有機100%、無機N15及び5kg区の3~4樹ずつを用いて調査した。

大鰐町では1989年、りんご試験場では1990年の収穫果の糖組成を、ガスクロマトグラフにより分析した。分析は、Brixと酸度を測定後の果汁を80%エタノールで希釈

し、窒素ガスを吹きつけて蒸発乾固した後、TMS化してガスクロマトグラフ(島津製作所製GC-R1A)により行った。分析条件は、キャピラリーカラムCBP1(25m×0.2mm)及び検出器にFIDを用い、カラム温度170→250℃(昇温5℃/min)、窒素ガス流量0.8ml/minとした。

試験結果

大鰐町の収穫果の果実品質を第14表に示した。果実硬度、Brix及び酸度については、分散分析で有意差があっても年度により傾向が異なる場合が多かった。しかし、順位和検定でみると硬度と酸度で有意差があり、硬度は有機50%区が高く、無機N10kg区が低く、酸度は有機25%区が低い傾向があった。また、平均果重は明らかに有機50%区が大きい傾向があった。平均果重の違いは、有機50%区の平均新しょう長が長かったことから樹勢が強かったためと判断される。また、硬度と酸度の差は年度により傾向が異なることから、サンプリング誤差による影響も考えられる。

りんご試験場の収穫果の果実品質は第15表に示した。りんご試験場では、分散分析で有意差の無い場合が多かったが、1992年から1994年まで3か年を通した順位和検定では硬度とBrixで有意差がみられた。硬度は有機50%及び無機N15kg区が低く、無機N5kg区が高い傾向を示した。Brixは有機100%区が高く、無機N15kg及び無機N10kg区が低い傾向を示したものの、その差は平均で0.6%と小さかった。また、平均果重は有意差は無いものの無機N5kg区が小さい年度が多く、硬度の傾向と一致した。

また、りんご試験場の貯蔵果の果実品質を第16表に示したが、硬度には処理による有意差はみられず、Brixにも1993年を除いて有意差はなかった。しかし、酸度は分散分析により2か年有意差がみられ、順位和検定でも無機N15kg区が低く、無機N5kg区が高い傾向があった。貯蔵障害については、やけ病の発生がみられる年もあったが、軽微な症状にとどまっていたため特に調査はしなかった。

両園地の果実の着色に及ぼす施肥処理の影響を第17表に、りんご試験場の良品果生産に及ぼす影響を第18表に示した。果実の着色は、大鰐町では調査した3年間のいずれも区間に有意差はなかった。これに対して、りんご試験場では1992年と1993年に有意差があり、有機100%区と無機N5kg区の着色が良く、無機N15kg区は劣る傾向があった。また、無機N10kg及び無機N5kg区を除く4処理の3か年を通した順位和検定でも有機100%区の着色が良かった。しかし、良品果率には処理による有意差はみられなかった。

果実の食味に及ぼす施肥処理の影響を第19表に示した。果実の食味についての官能試験の結果、大鰐町では調査した2年間とも有機100%区と無機N10kg区の間に有意差は無かった。また、りんご試験場でも1991年に無機

坂本ほか：有機質、有機発酵及び有機配合肥料の施用がリンゴ樹並びにリンゴ園土壌に及ぼす影響

N 5 kg区が食味が良い傾向があったものの、ほかの年では違いはみられなかった。

果汁の精組成に及ぼす施肥処理の影響を第20表に示した。糖の組成は1年のみの調査であるが、大鰐町、りん

ご試験場とも全糖含量に差は無く、大鰐町の果糖とショ糖にのみ差がみられた。しかし、施肥処理との関連については明らかでなかった。

第14表 収穫後の果実品質に及ぼす施肥処理の影響 (大鰐町)

区	1989	1990	1992	1993	1994年	平均	順位平均 ^z
A) 硬度 (lbs)							
有機100%	15.8 b ^y	14.9	15.0	15.0 a	15.5 bc	15.2	16.9 ab ^x
有機50%	15.6 b	15.1	15.0	16.1 b	14.8 a	15.3	17.4 b
有機25%	15.8 b	14.9	14.7	15.3 a	15.2 ab	15.2	15.1 ab
無機N10kg	14.9 a	14.4	14.8	15.2 a	15.4 bc	14.9	11.2 a
有機100% B	15.8 b	14.9	14.6	15.2 a	16.1 d	15.3	17.0 ab
有意性 ^w	*	N. S.	N. S.	*	***	—	p=0.03
B) Brix (%)							
有機100%	14.6 b	13.6	13.3	14.3	13.8 ab	13.9	17.3
有機50%	14.5 b	13.2	13.4	14.0	13.5 a	13.7	14.1
有機25%	14.4 ab	13.3	13.3	14.1	13.3 a	13.7	13.6
無機N10kg	14.9 b	13.8	13.4	13.9	13.4 a	13.9	16.6
有機100% B	14.0 a	13.3	13.6	14.1	14.2 b	13.8	16.0
有意性	*	N. S.	N. S.	N. S.	**	—	p=0.39
C) 酸度 (%)							
有機100%	0.42 b	0.34 b	0.35 b	0.37	0.40	0.38	19.0 b
有機50%	0.42 b	0.35 b	0.36 b	0.35	0.39	0.37	18.4 b
有機25%	0.40 b	0.31 a	0.32 a	0.34	0.37	0.35	9.6 a
無機N10kg	0.40 b	0.35 b	0.35 b	0.37	0.36	0.37	17.1 b
有機100% B	0.36 a	0.32 a	0.34 b	0.37	0.40	0.36	13.5 ab
有意性	*	**	**	N. S.	N. S.	—	p=0.00
D) 平均果重 (g)							
有機100%	256	315 b	253 bc	250 bc	255 bc	266	16.0 a
有機50%	274	312 b	269 d	261 c	278 c	279	22.9 b
有機25%	250	292 a	260 c	256 bc	265 bc	265	15.3 a
無機N10kg	255	311 b	248 ab	244 ab	253 ab	262	13.0 a
有機100% B	254	307 ab	241 a	236 a	252 a	258	10.3 a
有意性	N. S.	*	***	**	**	—	p=0.00

Z；順位和検定による順位平均。

Y；異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり。

X；異なる太字のアルファベット間は多重検定(T法)により5%水準で有意差あり。

W；F検定により*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意差あり。

N. S. は有意差なし。pは順位和検定による危険率。

第15表 収穫後の果実品質に及ぼす施肥処理の影響 (りんご試)

区	1990	1991	1992	1993	1994年	平均 ^z	順位平均 ^y
A) 硬度 (lbs)							
有機100%	14.6	14.2	15.0	14.4 a ^x	15.4	14.9	13.6 ab ^w
有機50%	14.1	—	14.9	14.3 a	14.9	14.7	10.3 a
有機25%	14.5	—	14.9	15.3 b	15.1	15.1	14.9 ab
無機N15kg	14.3	14.5	14.7	14.2 a	15.0	14.6	10.2 a
無機N10kg	—	—	14.9	15.2 ab	15.2	15.1	15.9 ab
無機N 5 kg	—	14.4	15.9	15.4 b	15.3	15.5	20.1 b
有意性 ^v	N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.	—	p=0.01
B) Brix (%)							
有機100%	14.1	12.9	14.4	14.5	16.2	15.0	19.5
有機50%	13.8	—	13.8	14.3	15.3	14.5	11.5
有機25%	14.0	—	14.0	14.3	16.1	14.8	17.4
無機N15kg	14.1	12.9	13.9	13.8	15.4	14.4	10.3
無機N10kg	—	—	13.7	13.9	15.5	14.4	10.3
無機N 5 kg	—	13.3	14.1	14.2	15.7	14.7	14.2
有意性	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.01
C) 酸度 (%)							
有機100%	0.33	0.31	0.34	0.34	0.46	0.38	15.9
有機50%	0.31	—	0.31	0.35	0.41	0.36	10.7
有機25%	0.33	—	0.32	0.35	0.46	0.38	18.4
無機N15kg	0.31	0.30	0.31	0.33	0.44	0.36	11.0
無機N10kg	—	—	0.31	0.34	0.43	0.36	12.8
無機N 5 kg	—	0.29	0.34	0.35	0.43	0.37	15.6
有意性	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.07
D) 平均果重 (g)							
有機100%	299 a	236	273	273	271 bc	272	13.9
有機50%	299 a	—	274	283	248 a	268	12.9
有機25%	337 b	—	282	280	263 abc	275	15.6
無機N15kg	298 a	250	285	269	282 c	279	17.7
無機N10kg	—	—	279	292	254 ab	275	14.8
無機N 5 kg	—	230	257	283	244 a	261	9.8
有意性	**	N. S.	N. S.	N. S.	**	—	p=0.14

Z : 1992~1994年までの平均値.

Y : 1992~1994年までの期間の順位和検定による順位平均.

X : 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり.

W : 異なる太字のアルファベット間は多重検定(S法)により5%水準で有意差あり.

V : F検定により*は5%, **は1%水準で有意差あり. N. S.は有意差なし. pは順位和検定による危険率.

坂本ほか：有機質、有機発酵及び有機配合肥料の施用がリンゴ樹並びにリンゴ園土壤に及ぼす影響

第16表 貯蔵後の果実品質に及ぼす施肥処理の影響（りんご試）

区	1990	1991	1992	1993	1994年	平均 ^z	順位平均 ^y
A) 硬度 (lbs)							
有機100%	12.9	12.0	12.8	12.5	13.5	12.9	15.0
有機50%	12.5	—	12.1	12.5	13.4	12.7	11.1
有機25%	12.7	—	12.2	13.0	13.5	12.9	13.2
無機N15kg	12.7	11.9	13.1	12.1	13.1	12.8	14.0
無機N10kg	—	—	12.6	12.8	13.7	13.0	18.0
無機N5kg	—	12.4	12.6	12.8	13.2	12.9	14.2
有意性 ^x	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.46
B) Brix (%)							
有機100%	13.7	13.1	14.3	14.0 b ^w	15.7	14.7	17.7
有機50%	13.6	—	13.7	13.9 b	15.7	14.4	13.9
有機25%	14.1	—	13.8	14.0 b	15.7	14.5	15.8
無機N15kg	13.7	13.5	13.9	13.3 a	15.2	14.1	10.7
無機N10kg	—	—	13.6	13.7 ab	15.2	14.2	10.3
無機N5kg	—	13.8	14.1	14.0 b	15.2	14.4	14.5
有意性	N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.	—	p=0.12
C) 酸度 (%)							
有機100%	0.15a	0.10	0.13	0.13 a	0.22	0.16	16.4 ab ^v
有機50%	0.15a	—	0.13	0.13 a	0.22	0.16	15.3 ab
有機25%	0.17b	—	0.11	0.14 a	0.22	0.16	14.6 ab
無機N15kg	0.15a	0.14	0.10	0.12 a	0.20	0.14	8.1 a
無機N10kg	—	—	0.11	0.12 a	0.21	0.15	11.0 ab
無機N5kg	—	0.13	0.14	0.16 b	0.20	0.17	17.6 b
有意性	*	N. S.	N. S.	**	N. S.	—	p=0.01

Z : 1992~1994年までの平均値.

Y : 1992~1994年までの期間の順位和検定による順位平均.

X : F検定により*は5%, **は1%水準で有意差あり. N. S. は有意差なし.

pは順位和検定による危険率.

W : 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり.

V : 異なる太字のアルファベット間は多重検定(S法)により5%水準で有意差あり.

第17表 果実の着色に及ぼす施肥処理の影響
(りんご試)

(大鰐町)

区	1992 ^z	1993	1994年	着色良果率(%)					順位 ^y 平均	
				1990	1991	1992	1993	1994年		平均 ^x
有機100%	2.2	2.1	23.9	36.4	45.4	50.5 bc*	42.6 c	58.0	46.9	15.3 b ^v
有機50%	2.4	2.0	25.7	28.4	—	24.3 a	26.4 abc	39.2	29.6	7.4 a
有機25%	2.1	1.9	25.1	22.1	—	33.9 abc	40.8 bc	42.4	34.8	9.7 a
無機N10kg	2.2	2.1	23.8	27.6	43.6	25.0 a	18.9 a	39.9	27.9	7.6 a
有機100%B	2.2	2.2	25.7	—	—	27.2 ab	19.1 ab	—	—	—
無機N10kg	—	—	—	—	—	27.2 ab	19.1 ab	—	—	—
無機N5kg	—	—	—	—	37.3	58.3 c	45.8 c	—	—	—
有意性 ^u	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	*	*	N. S.	—	p=0.00

Z : 1992年については4階級, 1993年は3階級に分けた平均値. 1994年は色彩色差計によるa値.

Y : 1992~1994年までの期間の無機N10及び5kg区を除く順位和検定による順位平均.

X : 1992~1994年までの平均値.

W : 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり.

V : 異なる太字のアルファベット間は多重検定(S法)により5%水準で有意差あり.

U : F検定により*は5%水準で有意差あり. N. S. は有意差なし. pは順位和検定による危険率.

第18表 良品果生産に及ぼす施肥処理の影響
(りんご試)

区	良品果率 ^z (%)				順位 ^y 平均
	1992	1993	1994年	平均 ^x	
有機100%	27.6	23.8	28.6	26.7	12.3
有機50%	18.3	21.6	14.5	18.1	8.1
有機25%	19.0	30.1	17.8	22.3	10.3
無機N15kg	18.4	13.9	27.5	19.9	9.4
無機N10kg	17.1	15.8	—	—	—
無機N5kg	22.3	30.2	—	—	—
有意性 ^w	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.22

Z: 着色良果で280g以上の果実の割合.

Y: 1992~1994年までの期間の無機N10及び5kg区を除く順位和検定による順位平均.

X: 1992~1994年までの平均値.

W: F検定によりN. S.は有意差なし. pは順位和検定による危険率.

第19表 果実の食味に及ぼす施肥処理の影響
(大鰐町)

区	1993		1994年		区	1991	1992	1993	1994年
	有機100%	3.1 ^z	3.2	3.1					
無機N10kg	3.2	3.3	—	—	有機50%	—	3.2	—	—
Wilcoxonの ^y 符号順位検定	N. S.	N. S.	—	—	有機25%	—	3.2	—	—
			無機N15kg	3.1	3.9	3.4	3.7		
			無機N10kg	—	3.4	—	—		
			無機N5kg	3.6	3.9	3.7	3.8		
			Friedmanの検定 ^y	*	N. S.	N. S.	N. S.		

Z: 数値は5段階評価の平均値

Y: *は5%水準で有意差あり. N. S.は有意差なし.

第20表 果汁の糖組成に及ぼす施肥処理の影響(単位: g/100ml)
(大鰐町) 1989年

区	果糖	ブドウ糖	ソルビトール	ショ糖	全糖
有機100%	6.96 ab ^z	2.17	0.69	3.69 b	13.50
有機50%	6.82 a	2.02	0.70	3.75 b	13.29
有機25%	6.77 a	2.37	0.60	3.54 b	13.28
無機N10kg	7.35 b	2.24	0.76	3.50 b	13.84
有機100%B	7.25 b	2.38	0.62	3.08 a	13.33
F検定 ^y	*	N. S.	N. S.	*	N. S.

(りんご試)

区	果糖	ブドウ糖	ソルビトール	ショ糖	全糖
有機100%	6.75	2.28	0.69	4.17	13.89
有機50%	6.63	2.23	0.60	3.95	13.40
有機25%	6.45	2.09	0.68	4.14	13.35
無機N15kg	6.37	2.37	0.63	4.41	13.78
F検定	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.

Z: 異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり.

Y: *は5%水準で有意差あり. N. S.は有意差なし.

4) 有機質、有機配合及び無機質肥料の連用がリンゴ樹の果肉中空素含量に及ぼす影響

試験方法

分析には前節の果実品質調査に用いた収穫後30日以内の果実を使用した。この果実の赤道面から果心部にコルクボーラーを挿入して果肉を取り出し、果皮と果心を取り除いたものを分析試料とした。分析はセミマイクロゲルダール法により行い、分析値は生体100g当たりの含有量(mg/100g)として算出した。

試験結果

果肉中空素含量の分析結果を第21表に示した。大鰐町における果肉中の窒素含量は、各年度及び5年間を通じた検定によっても処理による明らかな違いはみられなかった。しかし、りんご試験場では1992年と1994年に有意差があり、無機N15kg区が高く、無機N5kg区が低い傾向があった。また、3か年を通じた順位和検定でも有意差があり同様の傾向となった。

第21表 果肉中空素含量に及ぼす施肥処理の影響(単位；mg/100gFW)

(大鰐町)							
区	1989	1990	1992	1993	1994年	平均	順位平均 ^z
有機100%	28.4	24.5	29.7	31.0	26.8	28.1	13.9
有機50%	29.7	26.1	34.4	31.6	27.5	29.9	17.6
有機25%	30.5	24.5	31.4	33.5	26.8	29.3	17.0
無機N10kg	29.0	23.7	31.9	29.9	24.5	27.8	12.4
有機100%B	28.6	25.0	30.9	29.8	25.9	28.0	14.5
有意性 ^y	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	—	p=0.11

(りんご試)							
区	1990	1991	1992	1993	1994年	平均 ^x	順位平均 ^x
有機100%	18.9	17.9	22.4 abc ^w	21.5	21.3a	21.7	11.2 ab ^v
有機50%	20.3	—	20.1 ab	23.8	21.5a	21.8	12.4 ab
有機25%	20.8	—	21.9 abc	22.8	22.5ab	22.4	12.0 ab
無機N15kg	18.9	18.2	24.8 bc	24.6	27.7b	25.7	16.6 b
無機N10kg	—	—	27.5 c	28.3	20.9a	25.6	15.7 ab
無機N5kg	—	14.9	16.8 a	23.1	17.8a	19.2	5.6 a
有意性	N. S.	N. S.	*	N. S.	*	—	p=0.01

Z：順位和検定による順位平均。

Y：F検定により*は5%水準で有意差あり、N. S.は有意差なし。

pは順位和検定による危険率。

X：りんご試の平均は1992～1994年まで、また順位和検定もこの期間について行った。

W：異なるアルファベット間はDuncanの多重検定により5%水準で有意差あり。

V：異なる太字のアルファベット間は多重検定(S法)により5%水準で有意差あり。

5) 考察

大鰐町の全面草生の‘ふじ’/マルパでは、葉中空素含有率のみに有機と無機の肥料処理によると思われる違いがみられたものの、その差は小さかった。これに対して、りんご試験場の部分草生の‘ふじ’/M.26では、平均新しょう長、葉中空素含有率で処理開始1、2年目を中心に処理による違いがみられ、果実のBrix及び着色では主に処理3年目以降に違いがみられた。このような両園地における結果の相違は、主に地表面管理の違いによるものと考えられる。本章の1において、リンゴ樹の生育や果実品質に及ぼす影響の大きい土壌中の無機態窒素含量の推移を比較した。その結果、清耕と草生の場合で著しい違いがあり、清耕では有機質、無機質といった肥料の違いが無機態窒素含量に良く反映されるが、草生では草による吸収によりすべての処理区が低いレベルとなった。

この結果から類推できるように草生では、土壌中無機態窒素含量の施肥処理による違いが小さいため、生育や果実品質に肥料による影響が表れにくいのに対し、部分草生では樹冠下を占める清耕部分の無機態窒素含量の違いがリンゴ樹に影響を及ぼすものと考えられる。

Mason (1969) はケンタッキーブルーグラスによる草生リンゴ園において、窒素の施肥量を5段階に変えた施肥試験を行った。その結果、有意差が認められたのは葉中空素含有率と果色だけであり、果実品質や貯蔵性、収量及び生育にはほとんど違いがなかったことから、草生条件では窒素施肥量の差が出にくくなると結論している。また、千葉(1982)も同様に非マメ科の窒素吸収力の強い草種による草生園では、窒素の施用量による影響の相違が発現しにくくなると述べている。

今回有機配合肥料区として設定した有機50%及び有機

25%区は、大鰐町、りんご試験場とも調査項目によってはほかの区との間に有意差がある場合もあった。しかし、明らかに肥料処理によると考えられるような違いは総じてみられなかった。この理由としては草生の影響のほか、有機配合肥料は有機質原料と無機質肥料の混合物で両者の中間的な特徴を持つことが考えられる。1の2)でみたように、りんご試験場の有機50%及び25%区では、清耕部分における土壤中無機態窒素含量は有機100%区と無機質肥料区(無機N15kg区)の中間的傾向を示した。このため、リンゴ樹への影響に関しても有機質肥料及び無機質肥料との間に明らかな違いが出なかったものと考えられる。

また、有機質肥料は無機質肥料に比べ緩効的で窒素の無機化率も劣るが、有機質肥料と無機質肥料の果実着色等への効果の違いは単にこのような窒素の減肥的影響によるのかを検討するため、無機質窒素の施肥量を2/3及び1/3とした区を設けて比較した。その結果、無機質窒素を1/3とした区(無機N5kg区)では、土壤中の無機態窒素含量が有機質肥料区(有機100%区)と同様の低いレベルで推移した。また、平均新しょう長、葉中窒素含有率及び果実着色でも同様の傾向を示した。以上の結果から、リンゴ樹に対する有機質肥料の施用効果は、窒素の肥効率の低さからくる部分が大きいと判断される。川村ら(1964)もリンゴのコンクリートポットでの試験から、魚粕は多肥にしても硫酸及び尿素に比べて着色が良く、果実品質を劣化する作用が極めて少ないが、樹体の生長がやや劣り、葉中窒素含量も低いことから、肥効は幾分劣ると述べている。広保(1971)もブドウでの試験から、有機質肥料の肥効率の低さを指摘している。

しかし、今回の結果をもう少し詳しく検討すると、りんご試験場で有機100%区の平均新しょう長及び葉中窒素含有率が劣ったのは処理開始から2年目ぐらいまでで、それ以後は明らかな違いはみられず、無機N5kg区でも処理3~4年目には差は消失する傾向があった。このうち無機N5kg区の結果については不明であるが、有機100%区の場合は、有機質肥料の連用効果によりリンゴ樹の窒素吸収が高まってきた可能性も考えられる。しかし、第8表に示した土壤の可給態窒素の分析結果からは、有機100%区で有機物の蓄積が多くなったとはいえない。これに対して第4図と第5図の1年目と3年目の土壤中無機態窒素含量を比較すると、7月下旬において有機100%区が1年目の1990年には極めて低かったのに対し、1992年には無機N15kg区と同等の高い値となった。これは蓄積された有機物が夏期の高温によって分解したことを示唆するものと考えられる。このように、連用効果の有無についてはデータの相対する傾向もみられ、今回の調査結果からは判然としなかった。有機質肥料の連用効果については、露地野菜を中心とした調査では、連用

による土壤養分の富化が認められないことから、否定的な見解が多い。しかし、水稻や施設野菜では収量の増加がみられ、連用の効果があるとする報告もあり(全農肥料農業部1980, 米澤1983), 作目や調査による違いもあって一概にはいえないと考えられる。

りんご試験場では有機質肥料と無機質肥料の比較試験がこれまでも喬木性台木の‘国光’及び‘紅玉’を用いて1930年から1939年までの10年間にわたって行われた(青森りんご試1981a)。これによると有機質肥料区の樹体の生育、収量は無機質肥料区に比べて劣ったが、果実の着色や食味では有機質肥料区が勝った。また、有機配合肥料と無機質肥料の比較についても、半わい性台の‘ふじ’を供試して4年間実施されている(鎌倉・清藤 未発表)。この結果は4年間のうち2年間、有機配合肥料区の着色が無機質肥料区をやや上回った以外は明らかな違いがみられなかった。これら2つの結果についても地表面管理の影響が考えられる。すなわち、‘国光’及び‘紅玉’の試験は清耕条件で実施したことから、今回の部分草生の場合よりもさらに肥料処理の影響が出やすかったのに対し、半わい性台‘ふじ’の場合は、全面草生であったことから、肥料処理の影響が出にくかったと考えられる。この場合、全面草生であったにもかかわらず着色においてやや差がみられたが、今回の大鰐町の試験では差がなかった。この理由は、大鰐町では着色しやすい着色系統の‘ふじ’を使用し、葉摘み及びつる回しに加え、反射シートの敷設といった周到な着色管理が行われたため、果実間の着色のばらつきを小さくし、肥料処理の着色への効果の違いを打ち消す方向に働いたと推察される。

大鰐町では窒素以外の葉中無機成分には、肥料処理によると考えられる明らかな違いは認められなかった。これに対しりんご試験場では処理開始1, 2年目を中心に無機N15kg区におけるカルシウム及びマグネシウム含量が高い傾向があり、カリウムは低い傾向があった。葉中無機成分の相互関係に関して、窒素含有率が増すとリン酸とカリウム含有率は低下し、カルシウムとマグネシウムは増す傾向のあることが知られており(Cain 1953, 望月 1975, 駒村ら 1988), りんご試験場では同様の結果が示されたと考える。

これまで有機質肥料の施肥効果について、主に窒素の肥効率の点から考察し、りんご試験場の有機100%区と無機N5kg区で同様の傾向があることを指摘したが、両者でやや異なる点もある。無機N5kg区は収穫果の硬度が高く、平均果重が小さく、貯蔵果の酸度は高い傾向があったものの、有機100%区はこれらの点で明らかな差はなかった。

これらの違いについても窒素栄養との関連が考えられる。すなわち無機N5kg区に対して、有機100%区は有機質肥料とはいえ施肥窒素の量が3倍と多いことからや

や窒素の肥効は高いものと思われる。このことが平均果重に影響し、無機N 5 kg区では平均果重が小さく、果実の硬度は大きさと密接に関係するため、硬度が高かったと考えられる。また、肥料成分の貯蔵性への影響については、窒素の多施用は生理障害の多発や果実を軟化させる傾向があり、貯蔵性を低下させることが知られている(田村 1972, 望月 1975)。吉岡ら(1989)も水耕栽培による試験から、貯蔵中及び貯蔵後の果実は施用窒素濃度が高いほど酸含量の減少や軟化などによる品質低下が早く、貯蔵性が悪くなるとしている。このため、無機N 5 kg区で貯蔵果の酸度が高い点についても窒素栄養の影響と考えられる。

3. 有機質及び無機質肥料の連用がリンゴ園の土壤及び根の微生物相に及ぼす影響

1) 施肥処理及び地表面管理と土壤微生物相

試験方法

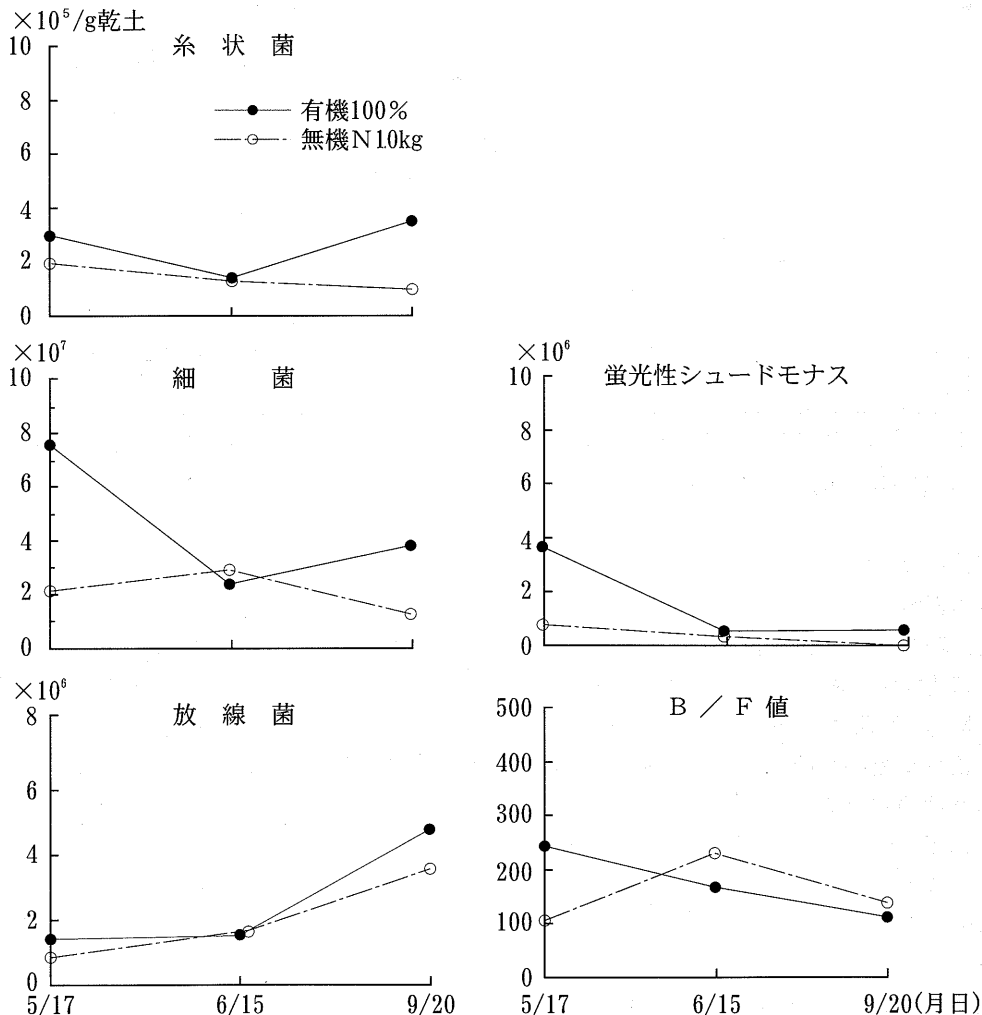
大鰐町では1994年に5月17日、6月15日及び9月20日の3回、有機100%区と無機N10kg区の3樹ずつから樹冠下部分の土壤を深さ10cmまで採取し、塗抹平板法によ

り土壤微生物相を調査した。りんご試験場では1993年に4月から9月まで毎月1回、有機100%区、無機N15kg及び無機N 5 kg区の樹冠下清耕部分の土壤微生物相の推移を同様に調査した。

また、りんご試験場において1991年12月16日と1993年4月13日(施肥前)の2回、有機100%区、無機N15kg及び無機N 5 kg区を清耕部分、草生部分に分けて土壤微生物相の違いを調査した。ここで、初冬と春の施肥前に調査を行ったのは、この時期になると施肥処理後の急激な変化が消失し、各処理区本来の土壤微生物相の比較に適するものと考えたからである。

試験結果

大鰐町における土壤微生物相の推移を第8図に示した。糸状菌数は9月に有機100%区が無機質肥料区より多かった以外は明らかな差はなかった。細菌数は有機100%区で5月に多かったが、6月には低下し無機質肥料区との差が無くなったものの、9月には再び増加した。放線菌数は各時期とも両区の差は小さかった。蛍光性シュードモナス数は有機100%区で5月に無機質肥料区よりかなり多かったが、6月以降は大きく減少した。また、B/F値

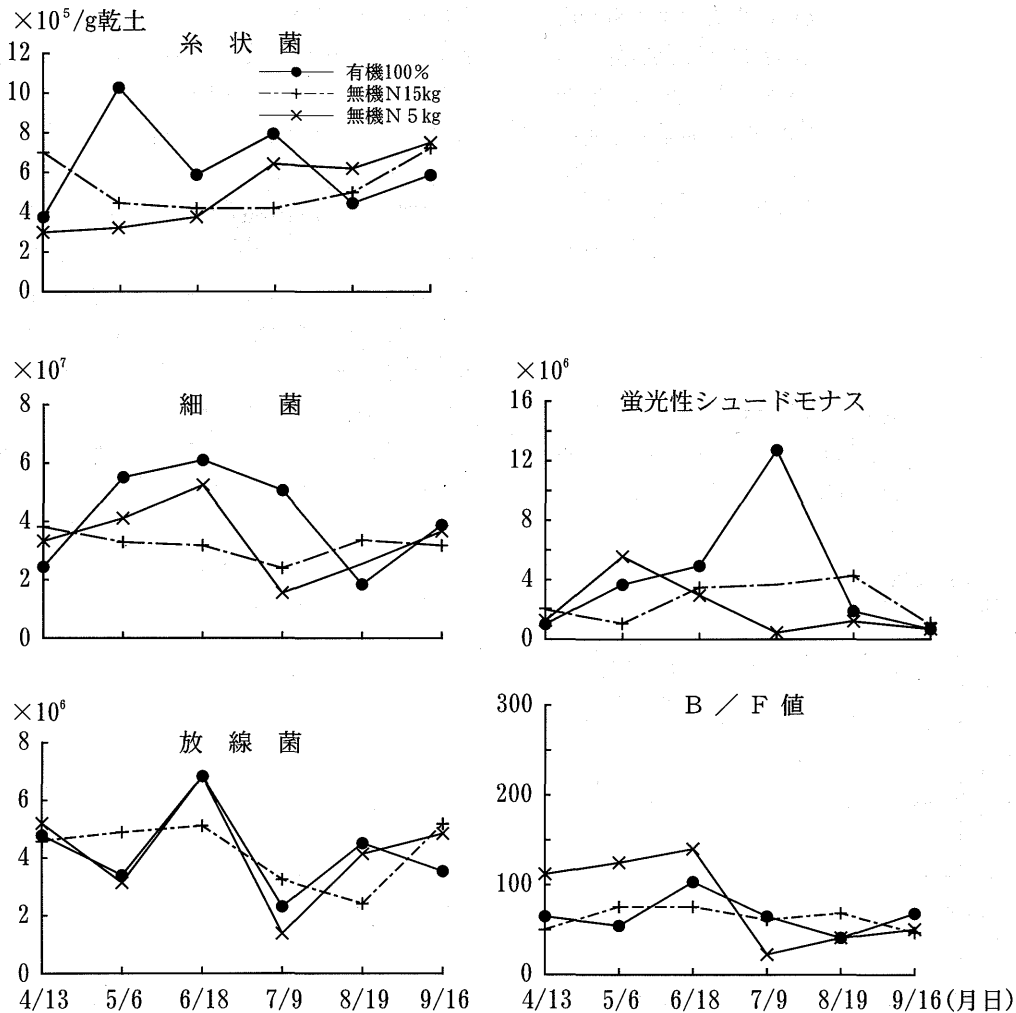


第8図 全面草生園における土壤微生物相の推移(大鰐町, 1994年)

は有機100%区が5月に高かったが、6月以降は減少したのに対し、無機質肥料区は6月に高い傾向があった。

りんご試験場における清耕部分の土壌微生物相の推移を第9図に示した。糸状菌及び細菌数は有機100%区で施肥後の5月から7月まで無機N15kg及び無機N5kg区より多かったが、その後は低下した。また、放線菌数は

時期による区間の変動が大きく、明らかな傾向はつかめなかった。蛍光性シュードモナスも、7月に有機100%区が特異的に多い傾向を示した。B/F値は施肥前から6月まで無機N5kg区が高かったが、有機100%区と無機N15kg区は同様の傾向で、時期による変動も比較的小さかった。



第9図 部分草生園の清耕部分における土壌微生物相の推移(りんご試, 1993年)

りんご試験場における施肥処理及び地表面管理の土壌微生物相に対する影響について第22表に示した。清耕部分と草生部分を比較すると、施肥処理の違いにかかわらず1991年12月は清耕部分の糸状菌及び蛍光性シュードモナス数が草生部分より極めて多かった。このため、B/F値は草生が清耕の数倍の値となった。各区とも1993年4月には草生の糸状菌数が増加したためB/F値は低下したが、それでも草生区のB/F値は清耕部分より常に高い値を保った。また、草生区の蛍光性シュードモナス数は、各区とも4月には前年12月の10倍以上の値に増加した。これに対して、放線菌数の清耕と草生、区間さらに時期による違いは小さく、傾向は明らかでなかった。

2) 施肥処理と土壌及び根の微生物相

試験方法

りんご試験場において1992年6月24日、8月20日、10月19日の3回、有機100%区、無機N15kg及び無機N5kg区の土壌と根の微生物相を調査した。調査は、土壌については1)と同様に樹冠下の深さ10cm部分までから採取して、塗抹平板法により行った。また、根については各区3樹から直径2mm以下の細根を採取して滅菌水で数回洗浄した後、乳鉢で磨砕し、同様に塗抹平板法により調査した。なお、放線菌については、特に根の場合コロニー数が少なくばらつきが大きかったため、再現性に問題があると考え割愛した。

試験結果

りんご試験場における施肥処理の違いによる土壌及び

根の微生物相の推移を第23表に示した。根の糸状菌数は、各区とも6月及び8月では土壤の菌数と大きな違いはなかったが、10月には無機N15kg及び無機N5kg区で根の糸状菌数が増加し、土壤で減少した。これに対し、細菌と蛍光性シュードモナスの菌数は各区とも土壤より根で圧倒的に多く、B/F値も常に根が土壤に比べて高かった。しかし、根の微生物数及びB/F値の区間の違いには時期による変動もあって、明らかな傾向はみられなかった。

3) 施肥処理と土壤中の糸状菌の種類及び多様性

試験方法

1994年に5月と6月の2回、大鰐町の有機100%区と無機N10kg区、りんご試験場の有機100%区と無機N15kg区のそれぞれ樹冠下10cmまでの土壤を採取し、塗抹平板法により形成された糸状菌コロニーの同定を行い、多様性をMacArthurの指数(伊藤 1980)で表した。なお、同定は属段階までを基本としたが、同一属でも形態的に異なるものは、さらに(A)、(B)、(C)のように分けた。

なお、MacArthurの指数 H' は次式で表わされる。

$$H' = -\sum p_i \exp p_i$$

ここで $p_i = p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, であり、 p_i はす

べての菌数に対するそれぞれの菌数の割合とする。

試験結果

施肥処理が土壤から分離された各糸状菌の割合及び多様性に及ぼす影響について第24表に示した。大鰐町の5月における有機100%区では *Mucor spp.* が全体の82.2%で圧倒的に多く、りんご試験場では *Penicillium spp.* が50%、次いで *Aspergillus spp.* 及び *Cladosporium spp.* が25%ずつで優先していた。6月になると両試験区ともこれらの菌は急激に減少し、*Penicillium spp.* 以外はみられなくなったが、5月にはみられなかった多くの菌が出現した。このため、MacArthurの指数 H' は大鰐町、りんご試験場とも5月にはそれぞれ0.58, 1.04であったものが、6月には2.16, 2.20に増加した。

一方、5月における無機質肥料区では大鰐町で *Penicillium spp.* 及び *Trichoderma spp.* が優先しており、りんご試験場では *Penicillium spp.* が比較的優先していた。また、多様性はこの時期の有機質肥料区に比べて高かった。6月にはこれらの属は減少したが、両園地とも無機質肥料区と同じように、ほかの菌が出現したため多様性はやや増した。しかし、無機質肥料区の高多様性は有

第22表 施肥処理及び地表面管理と土壤微生物相(りんご試)

菌	地表面 管 理	12月16日(1991年)			4月13日(1993年)		
		有機 100%	無機N 15kg	無機N 5kg	有機 100%	無機N 15kg	無機N 5kg
糸状菌 ($\times 10^5$ /g乾土)	清耕	6.55	4.47	4.16	3.83	7.05	2.92
	草生	0.81	1.20	0.74	3.31	3.14	2.10
細菌 ($\times 10^7$ /g乾土)	清耕	3.87	3.28	3.57	2.40	3.72	3.29
	草生	3.45	2.35	2.66	3.38	3.81	4.59
放射菌 ($\times 10^5$ /g乾土)	清耕	4.76	5.37	5.35	4.73	4.57	5.09
	草生	6.33	1.03	5.44	4.44	6.50	6.60
蛍光性シュードモナス ($\times 10^5$ /g乾土)	清耕	5.06	3.88	0.65	7.05	13.4	7.56
	草生	0.32	0.65	0.14	4.89	8.44	63.8
B/F 値	清耕	59.1	73.4	85.8	62.7	52.7	113
	草生	429	196	358	102	121	219

第23表 施肥処理と土壤及び根の微生物相の推移(りんご試、1992年)

菌		6月24日			8月20日			10月19日		
		有機 100%	無機N 15kg	無機N 5kg	有機 100%	無機N 15kg	無機N 5kg	有機 100%	無機N 15kg	無機N 5kg
糸状菌 ($\times 10^5$ /g乾土)	土壤	4.09	6.85	2.83	9.64	7.48	4.50	1.25	1.35	0.95
	根	3.82	14.0	3.57	4.58	7.32	5.38	3.63	13.9	20.9
細菌 ($\times 10^7$ /g乾土)	土壤	5.21	4.21	2.42	3.72	2.37	2.92	1.85	2.33	1.33
	根	37.9	57.5	56.3	76.0	74.5	59.4	58.8	45.3	52.7
蛍光性シュードモナス ($\times 10^5$ /g乾土)	土壤	0.57	1.71	1.29	2.77	2.09	0.79	4.07	2.56	3.37
	根	79.0	66.2	56.0	65.8	61.0	53.0	24.0	44.3	29.1
B/F 値	土壤	127	61.5	85.5	38.6	31.7	64.9	148	172	140
	根	991	410	1577	1659	1017	1103	1622	325	252

第24表 施肥処理と土壌から分離された糸状菌の割合及び多様性

分離菌	大鰐町				りんご試			
	有機100%		無機N10kg		有機100%		無機N15kg	
	5/17	6/15	5/17	6/15	5/21	6/23	5/21	6/23
<i>Arthriniium spp.</i>								2.6%
<i>Aspergillus spp.</i>	1.9		2.0		25.0		3.5	
<i>Candida spp.</i>								2.6
<i>Cladosporium spp.</i>		4.8			25.0		15.8	
<i>Cylindrocladium spp.</i>			4.0				7.0	
<i>Epicoccum spp.</i>						3.2		
<i>Fusarium sp.(A)</i>		9.5	5.3					
<i>Fusarium sp.(B)</i>		4.8				16.1		
<i>Geotrichum spp.</i>		23.8						
<i>Gliocladium spp.</i>	0.6		8.0			6.5	12.3	13.2
<i>Graphium spp.</i>		4.8						2.6
<i>Humicola sp.(A)</i>								2.6
<i>Humicola sp.(B)</i>						3.2		
<i>Humicola sp.(C)</i>				21.4		6.5		
<i>Mucor spp.</i>	82.2		0.7			3.2		2.6
<i>Penicillium spp.</i>	14.7	9.5	33.1	7.1	50.0	3.2	31.6	10.5
<i>Phialophora spp.</i>						3.2	8.8	
<i>Phoma spp.</i>							7.0	5.3
<i>Trichoderma spp.</i>	0.6	19.1	45.0				3.5	2.6
<i>Ulocladium spp.</i>		4.8	2.0			29.0	10.5	15.8
<i>Hyphomycetes(A)</i>		4.8		7.1				
<i>Hyphomycetes(B)</i>				7.1				
<i>Hyphomycetes(C)</i>		4.8		7.1		9.7		2.6
<i>Hyphomycetes(D)</i>		9.5		28.6		3.2		7.9
不明				21.4		12.9		29.0
総分離株数	157	21	151	14	12	31	57	38
MacArthurの 多様性指数 H'	0.58	2.20	1.40	1.77	1.04	2.16	1.97	2.18

機質肥料区と比べて大鰐町でやや少なく、りんご試験場では同程度となった。

4) 考察

有機質肥料と無機質肥料を連用した大鰐町及びりんご試験場の2つのりんご園地において、土壌微生物相を調査した結果、両園地とも有機質肥料施用区では無機質肥料区に比べ、土壌の糸状菌、細菌及び蛍光性シュードモナス数が一時的に増大した。しかし、放線菌数及びB/F値には明らかな傾向は認められなかった。また、りんご試験場では根についても有機質肥料区と無機質肥料区を比較したが、明らかな違いはみられなかった。

有機質肥料の施用による土壌微生物相への影響については、従来から希釈平板法により調査されており、一般に細菌、糸状菌及び放線菌等の微生物数は無機質肥料施用に比べて増加することが知られている(米澤 1983, 白井ら 1992, 岡部 1994)。しかし、その傾向は調査及び有機質肥料の原料によってもやや異なる。野口(1992b)は今回供試した有機質肥料Aの原料であるナタネ油粕、肉骨粉及び魚粕は特に糸状菌の増加を助長し、B/F値、A/F値(放線菌/糸状菌)を低下させる糸状菌型の資材であると述べている。しかし、米澤(1983)によるとピン培養法によりナタネ油粕及び魚粕を施用した土

壤では、糸状菌に比べて細菌の増加が大きく、B/F値は増大した。また、ナタネ油粕と魚粕を混合した有機質肥料と硫酸を10年以上にわたり連用した温室の野菜畑の比較でも有機質肥料区でB/F値が高く、収量も硫酸区を上回ったと述べている。このように同様の有機質資材を用いても土壌微生物相への影響はやや異なる場合があるが、これには土壌や作物及び栽培管理等の影響があるものと推定される。また、根については調査回数が少なく、サンプルの採取部位や量等についてもさらに検討が必要であるが、土壌と直接連動するような変化は示さず、施肥の影響ははっきりしなかった。

蛍光性シュードモナスは蛍光性の色素を持つシュードモナス属細菌の総称であり、作物の根圏や根面に多く分布し、病原菌抑制や作物の生育促進等の有用効果を持つものがあることが知られている(本間 1990)。このため、本試験では細菌の中でこの菌に特に着目して調査を行った。

新田ら(1989)は、テンサイと小麦の連作ほ場において有機物施用によって根圏の蛍光性シュードモナス数が増加することを示した。しかし、堀ら(1992)によれば、馬尿酸ソーダの添加により土壌及び小麦根面の蛍光性シュードモナスの菌数が顕著に増加し、高い水準を維持したが、

完熟有機物ではそれほどの効果はみられなかった。また、草地土壤では多量の根系の影響によりシュードモナスが増加する（沢田 1981）。さらに、地表面管理の違いにより果樹の根における蛍光性シュードモナスの種類構成が変化し、ブドウではバーク堆肥の施用や草生栽培によって菌数が秋期まで維持されたという報告（農林水産省果樹試験場 1993）もある。

このような背景から、本試験では蛍光性シュードモナスの菌数に及ぼす有機質肥料及び草生栽培の影響を検討した。しかし、有機質肥料施用で土壤中の蛍光性シュードモナス数は一時的に増大したものの、根に対する影響は認められなかった。Barclay and Crosse (1974) もリンゴの根面と根圏の蛍光性シュードモナス数は土壤とは独立した変化を示すため、主に根の活性によって決定されることを示唆している。また、地表面管理の影響についても初冬期の土壤ではむしろ清耕部分の方に菌数が多い傾向があり、リンゴ園土壤では草生栽培による蛍光性シュードモナス数の維持効果もあまり期待できないもの

IV 総 合 考 察

リンゴ樹への施肥の影響を考える場合、果樹の永年生、深根性といった特徴の他に、地表面管理としての草生栽培の影響を無視することはできない。草生栽培では施肥された窒素の多くは草に吸収され、直接リンゴ樹が吸収する割合は重窒素標識肥料使用によるりんご試験場(1981b)の調査で7.6%、佐藤・佐々木(1982)によれば1.0%と極めて低い。しかし、草に吸収された窒素は刈り倒された草から園地に分解放出され、それをまた草とリンゴ樹が吸収する過程を繰り返す。このため草生栽培では肥料が直接リンゴ樹に影響する部分は比較的小さく、多くは草に作用して間接的にリンゴ樹に影響を及ぼす。したがって、施肥量(Mason 1969, 千葉 1982)や肥料の種類による影響は比較的にくい。また、無機質肥料を施肥してもその大部分が緑肥となる草の生育に使われることから、草生園では無機質肥料も樹体に対しては一種の有機質肥料として作用すると考えることもできる。実際、草生園では通常年数回の草刈りが行われ、刈り取った草は園内にそのまま置かれるが、その量は牧草草生の場合、乾物で年500~600kgになる(青森県農林部りんご課 1999)。さらに、摘果した幼果や落葉も園外に持ち出されず土壤に還元される。このようにリンゴの草生栽培では無機質肥料を施肥した場合でも相当量の有機物が補給されており、清耕条件の畑作や野菜とは大きく異なる。本報の結果でもマルバカイドウ台の全面草生園では肥料処理によるリンゴ樹の生育、収量及び果実品質の差は小さかった。また、わい化栽培の部分草生園における土壤中無機態窒素は、草生部分では全面草生園と同様にいずれの肥料区も低い値で経過した。これに対し、樹冠下の清耕部分で

と思われた。

有機質及び無機質肥料の施用が土壤の糸状菌の属構成に及ぼす影響をみたところ、有機質肥料施用区では施肥後1か月程度の属構成は単純であり、むしろ無機質肥料区の多様性が高かった。しかし、2か月後になると属構成が変化し、有機質肥料区の多様性が増して無機質肥料区と同程度となった。この理由は、次のように考えられる。

土壤中に有機物が投入された場合、まずケカビ目の *Mucor spp.* のような糖類利用菌によって有機物が分解され、次いで子う菌類、不完全菌類等のセルロース分解菌が出現する。その際、糖類利用菌は急激に生育し、まもなく消滅するが、セルロース利用菌は長期間生育する(宇田川・横山 1978)。このことから、有機質肥料の施用直後には糸状菌の中でも分解が容易な有機物を利用する種類が急激に増殖するため糸状菌相は単純化するが、これらの菌は1~2か月後には消滅し、分解しにくい有機物を利用する菌が増加するため多様化が進むと考えられる。

は夏場までは無機質肥料区で高く、有機質肥料区では低く推移し、リンゴ樹に対する影響でも果実着色などの点で違いがみられた。しかし、無機質窒素の施肥量を減らした場合にも有機質肥料施肥と同様の影響がみられたことから、これは主として有機質肥料の窒素分解率の低さと緩効性からくる影響と考えられた。さらに、全面草生、部分草生にかかわらず有機質肥料の5~6年の連用による土壤への有機物の富化はみられず、また、一時的に大量施用した場合にも同様であった。

最近使用が増加している有機配合肥料のリンゴ樹に対する影響も検討したが、有機質と無機質肥料で差があった部分草生園においても明らかな違いはみられなかった。高橋ら(1986)もわい化栽培の‘ジョナゴールド’において、3種類の有機配合肥料の影響を検討した。その結果、無機質肥料並みに肥効の早いものと緩効的なものがあったが、果実の着色や品質の向上に対する効果は判然としなかった。また、第Ⅲ章の2の考察で触れたように、りんご試験場において半わい性台‘ふじ’を供試して行った試験でも、有機配合肥料区は果実着色が年によりやや上回ったことを除くと無機質肥料区との差はみられなかった。一方、有機物の補給という視点からみた場合も、有機配合肥料の施用によってリンゴ園土壤に入る有機物の量は少ない(一木 1984)。

以上の結果は3年から6年間程度のほ場での連用によるものであり、それ以上連用した場合には今回確認できなかった連用効果やさらに無機質肥料との差が出る可能性もある。しかし、実際の栽培面では、長期連用でなければ生じないような効果はあまり意味はない。長期連用

試験の事例としては、リンゴでは清耕条件で行われたりんご試験場(1981a)の試験以外には見当たらない。しかし、温州ミカンでは長崎県果樹試験場で有機配合肥料の16年にわたる連用試験がある。この試験の有機配合肥料区では最初の12年間是有機率50%の肥料を、最後の4年間是有機質肥料に近い有機率90%の肥料を施用している。その結果は、樹容積、収量及び果実品質などほとんどの調査項目について、肥料の違いによる影響は認められなかった。しかし、果汁中の酸含量は有機配合及び緩効性化成肥料区で多い傾向があり、完全着色果の割合は高度化成肥料区がやや高い傾向を示した(農林水産技術会議事務局・長崎県果樹試験場 1997)。このように温州ミカンにおける長期連用の場合も、必ずしも有機配合肥料が優れているとは言い難いと考えられる。

これに対して、土壤微生物相への影響は有機質肥料と無機質肥料で異なると考えられている。有機質肥料施用による土壤微生物相の変化と作物の生育や品質との関連については、野菜畑への連用によって有機質肥料区ではB/F値が高まり、収量も高くなったのに対し、無機質肥料区ではB/F値、収量とも低かった事例(米澤 1983)がある。また、有機質肥料の施用により畑作物根圏の糸状菌の多様性が増し、これと根量とが正の相関を持つこと(新田ら 1989)が指摘されている。さらに、土壤微生物活動が活発になるため土壤の団粒形成が促進され(白井ら 1969, 米澤 1983, 岡部 1994, 樋口 1996)、森(1986)はこれが野菜や畑作物の糖含量増加と関連す

るとしているが、不明の部分も多い。

本試験では、有機質肥料施用によりリンゴ園土壤の糸状菌、細菌及び蛍光性シュードモナスの菌数は一時的に増大したが、有機質肥料施用とB/F値との関係は明らかでなかった。また、有機質肥料施用後に土壤糸状菌の属構成は一時的に単純化したが、2か月後には多様性が回復した。しかし、このような土壤微生物相の変化がリンゴの樹体に及ぼす影響については明らかでない。土壤の団粒形成については有機質肥料のほか、牧草の根面も高い生成能を持ち(鈴木・石沢 1965)、草生では団粒の割合が清耕に堆肥を投入した場合を上回るとされる(渋川ら 1962)。このことから、草生の場合は無機質肥料を施用しても団粒形成が良いことが予想され、有機質肥料施用との差は小さいことが推定される。

これまで述べたように、有機質肥料施用のおもな利点として、わい化部分草生園を中心とした果実着色向上が確認された。しかし、本試験結果からは有機配合肥料では果実着色の向上効果は認められず、無機質肥料と比べて明らかな利点は確認できなかった。これに対し、無機質肥料を利用した場合でも施肥量を減らしたり緩効性のもを使用することにより果実着色の向上は可能である。また、リンゴ栽培で一般的な草生あるいは部分草生栽培では草から相当量の有機物補給がある(青森県農林部りんご課 1999)。このようなことから総合的に評価すると、リンゴ栽培では必ずしも有機質を含む肥料の施用が無機質肥料よりすぐれているとはいえないと考えられる。

V 摘 要

各種の有機質肥料施用によるリンゴ栽培への影響を無機質肥料である尿素の施用と比較した。本報では有機質を含む肥料を有機質肥料、有機配合肥料及び有機発酵肥料に分け、それぞれを次のように定義した。

A. 有機質肥料

動物質あるいは植物質の有機物原料から作られる肥料。本報では有機質肥料として魚粕、ナタネ油粕、乾燥鶏糞、有機質肥料A及びBを供試した。なお、有機質肥料A及びBの原料と構成比(%)は次のとおりである。

有機質肥料A；ナタネ油粕(40%)、肉骨粉(20%)、魚粕(40%)

有機質肥料B；ナタネ油粕(26%)、骨粉(50%)、皮革粉12%、木質系腐植(10%)

B. 有機配合肥料

有機物原料と無機質肥料を混合した肥料。本報のは場での連用試験では、有機質肥料Aと尿素を下記のような割合で施肥した2つの区を有機配合肥料区とした。

有機50%区；窒素成分の50%を有機質肥料A、残り50%を尿素により施肥した。

有機25%区；窒素成分の25%を有機質肥料A、残り75

%を尿素により施肥した。

C. 有機発酵肥料

有機質肥料を腐熟させた肥料。本報では2つの有機発酵肥料AとBを供試した。それらの原料は次のとおりであるが、構成比は明示されていない。

有機発酵肥料A；魚粕主体

有機発酵肥料B；魚粕、骨粉、油粕、米糠、ビール粕、血粉、皮粉、カニガラ他

I. 土壤中での分解と土壤の化学性及び微生物相への影響

この試験は青森県りんご試験場のリンゴ樹が栽植されていないほ場の一画において行った。供試肥料は4月の下旬に施肥した。

1. 有機質肥料及び有機発酵肥料を施肥した土壤中の無機態窒素含量は、7月までは尿素を施肥した土壤よりも低かった。しかし、8月にはすべての区で低下し、肥料による違いは少なくなった。

2. 有機質肥料と有機発酵肥料を比較すると、有機発酵肥料の分解・無機化が早い傾向を示した。

3. 有機質肥料及び尿素の施肥量を増加しても、土壌中の全炭素や可給態窒素の増加にはつながらなかったが、いずれも施肥量の増加に伴って表層の交換性カルシウムとマグネシウムが低下した。

4. 有機質肥料の施肥量が増加するにつれて土壌の糸状菌、細菌及び蛍光性シュードモナスの菌数は一時的に増加する傾向を示したが放線菌に対する影響は明らかでなかった。一方、尿素の施肥量を増しても、これらの菌に対する影響はほとんどみられなかった。

5. 有機発酵肥料の土壌微生物相に与える影響を調査したところ、有機質肥料と同様に施肥後に糸状菌、細菌及

び蛍光性シュードモナスの菌数が増加した。

II. ほ場での連用試験

青森県大鰐町の生産者園と青森県りんご試験場の園地において5～6年にわたる連用試験を行った。

1. 試験方法

1) 大鰐町

大鰐町の園地ではマルバカイドウ台の‘ふじ’が栽植され、樹齢は試験開始時で10年生であった。地表面は1年生及び多年生の雑草草生であり、草は年5～6回刈って樹冠下に置かれた。この園地では下表に示す5つの処理区を設定した。

処 理 区	施肥成分量(kg/10 a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
有機100%	10	7.3	7
有機50%	10	7.3	7
有機25%	10	7.3	7
尿 素	10	7.3	7
有機質肥料B	10	20	7

1989年から1994年まで、毎年4月中下旬に表に示した一定量の窒素(N)、リン酸(P₂O₅)、カリウム(K₂O)を処理区に施肥した。

有機100%区は窒素成分として有機質肥料Aのみを使用し、有機50%及び25%区は有機質肥料Aと尿素を前に述べたような割合で施用した。また、尿素区は窒素成分として尿素のみ、有機質肥料B区は有機質肥料Bのみを使用した。リン酸は有機100%区では全量が有機質肥料Aによって供給された。有機50%及び25%区では有機質肥料による不足分を過磷酸石灰によって補い、尿素区は全量を過磷酸石灰で施肥した。また、有機質肥料Bはリン酸含

量が高いため、この区のリン酸施肥量は20kgと高い値になった。カリウムは供試した有機質肥料にほとんど含まれていないため、すべての区に硫酸カリウムで施肥した。

2) 青森県りんご試験場

青森県りんご試験場の園地では‘ふじ’/M. 26が植えられ、樹齢は試験開始時には15年生であった。地表面管理は部分草生で、樹列間の草生部分はケンタッキーブルーグラスと白クローバーが優先しており、樹列部分は除草剤により清耕状態に維持した。草生部分の草は年5～6回刈り取り、樹冠下に置かれた。この園地には次の6つの処理区を設定した。

処 理 区	施肥成分量(kg/10 a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
有機100%	15	11	10
有機50%	15	11	10
有機25%	15	11	10
尿素15kg	15	11	10
尿素10kg	10	11	10
尿素 5 kg	5	11	10

1990年から1994年まで、最初の4つの処理区に大鰐町と同じ肥料を用い、窒素、リン酸、カリウムをそれぞれ10 a当たり15, 11, 10kg施肥した。さらに1991年からはリン酸とカリウムの施肥量は同一とし、尿素の施肥量を10及び5 kg/10 aとする2つの区も加えた。

2. 土壌養分への影響

大鰐町の全面草生園及びりんご試験場の草生部分では土壌の無機態窒素のレベルは低く推移し、肥料処理による違いは判然としなかった。一方、りんご試験場の清耕部分では土壌中の無機態窒素は処理によって次のような

特徴がみられた。

- a) 尿素15kg区が最も高い値で推移した。
- b) 有機100%区と尿素5kg区が同等に最も低い値で推移した。
- c) 有機50%及び25%区はa)とb)の中間的な傾向を示した。

大鰐町、りんご試験場とも土壌の化学性には処理による明らかな違いはなかった。

3. リンゴ樹及び果実品質への影響

1) 大鰐町の園地では、葉中空素含有率は6年間を通してみると有機100%区で比較的低く、尿素区ではやや高かった。しかし、新しょう長、幹周肥大、収量及び果実品質には肥料処理によると思われる違いはみられなかった。

2) りんご試験場の園地では、平均新しょう長が有機100%及び尿素5kg区で短く、葉中空素含有率は尿素5kg区で最も低かった。しかし、幹周肥大及び収量には処理による違いはなかった。

3) りんご試験場の収穫後ほぼ30日冷蔵した果実の硬度は、尿素15kg区で低く、尿素5kg区が最も高かった。

Brixは有機100%区で高い傾向を示した。果肉中空素含量は尿素15kg区で高く、尿素5kg区で低かった。果実の着色は有機100%及び尿素5kg区が良く、尿素15kg区は劣った。酸度、食味及び糖組成には処理による違いはみられなかった。

4) りんご試験場の0℃で6か月貯蔵した果実では、酸度は尿素15kg区で低く、尿素5kg区で高かった。硬度及びBrixには明らかな違いはみられなかった。

4. 土壌及び根の微生物相への影響

1) 大鰐町とりんご試験場の2つの園地とも土壌の糸状菌、細菌及び蛍光性シュードモナス数が、有機100%区で尿素区よりも施肥後に一時的に増加した。有機100%区と尿素区の根の微生物相には明らかな違いはみられなかった。

2) 有機100%区の土壌では、糸状菌のある限られた属だけが施肥後直ちに優勢になったため、糸状菌の多様性が低くなった。しかし、施肥2か月後にはそれらの菌は減少し、他の菌が出現して多様性は増加した。

引用文献

- 青森県農林部りんご課. 1989. 平成元年りんご指導要項. p. 246-285. 青森県農林部りんご課. 青森.
- 青森県農林部りんご課. 1999. 平成11年りんご生産指導要項. p. 250-263. 青森県農林部りんご課. 青森.
- 青森県りんご試験場. 1981 a. 施肥. p. 526-549. 青森県りんご試験場編書. 青森県りんご試験場五十年史. 青森県りんご試験場. 黒石.
- 青森県りんご試験場. 1981 b. 栄養整理. p. 549-608. 青森県りんご試験場編書. 青森県りんご試験場五十年史. 青森県りんご試験場. 黒石.
- Barclay, G. A. and J. E. Crosse. 1974. Populations of aerobic bacteria associated with the roots of apple and cherry plants. *J. Appl. Bact.* 37 : 475-486.
- Cain, J. C. 1953. The Effect of nitrogen and potassium fertilizers on the performance and mineral composition of apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62 : 46-52.
- 千葉 勉. 1982. 土壤 (地表面管理). p. 47-80. 千葉勉編書. 果樹園の土壤管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 日高 伸・小川吉雄. 1996. 肥料・土壤改良資材. *土肥誌*. 67 : 566-575.
- 樋口太重. 1996. 有機質肥料の機能性評価と土壤養水分の動態解析. *農業技術*. 51 : 177-182.
- 広保 正. 1971. ブドウの栄養生理と施肥. *農及園*. 46 : 228-232.
- 広瀬春朗. 1973. 各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壤における無機化について. *土肥誌*. 44 : 157-163.
- 本間善久. 1990. 拮抗微生物とくに細菌・放線菌利用による土壤病害の防除. p. 108-123. 梅谷献二・加藤肇編書. 農業有用微生物. 養賢堂. 東京.
- 堀 兼明・金井信之・荒尾知人・井上隆弘. 1992. 蛍光性シュードモナス属細菌の動態に及ぼす有機物の種類の影響. *土壤微生物研究会要旨*. 1992 : 1.
- 一木 茂. 1984. 施肥. p. 133-157. 津川力編書. リンゴ栽培技術. 養賢堂. 東京.
- 井田 明・深山政治・森 哲郎・徳永美治・赤塚 恵. 1975. 可給態窒素. p. 205-209. 土壤養分測定法委員会編書. 土壤養分分析法. 第4版. 養賢堂. 東京.
- Iritani, W. M. and C. Y. Arnold. 1960. Nitrogen release of vegetable crop residues during incubation as related to their chemical composition. *Soil Sci.* 89 : 74-82.
- 伊藤嘉昭. 1980. 群集生態学. p. 221-245. 伊藤嘉昭・法橋信彦・藤崎憲治共著. 動物の個体群と群集. 東海大学出版会. 東京.
- 加藤邦彦. 1992. 土壤細菌の計数, 分離, 同定. p. 15-54. 土壤微生物研究会編書. 新編土壤微生物実験法. 養賢堂. 東京.
- Katoh, K. and K. Itoh. 1983. New selective media for *Pseudomonas* strains producing fluorescent pigment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29 : 525-532.
- 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 : 1-4.
- 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アの研究. *農技研報B*. 30 : 73-135.
- Kaufman, D. D. and L. E. Williams. 1964. Effect of mineral fertilization and soil reaction on soil fungi. *Phytopathology*. 54 : 134-139.
- 川村英五郎・久保田貞三・大畑徳輔・巢山太郎・井田 馨・時本 巽・横溝 久・熊谷征文・北浦義久. 1964. リンゴ樹に対する肥効検定に関する研究. 第1報. 土耕鉢による三室素質肥料 (硫安・尿素・魚粕) のリンゴ樹に対する肥効試験. *園試報C2* : 17-36.
- Kirchner, M. J., A. G. Wollum II and L. D. King. 1993. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 1289-1295.
- 駒村研三・松本 登・佐藤雄夫. 1988. リンゴ樹の長期窒素施用試験における施肥反応. 第1報. 樹体の栄養生長. *園学要旨*. 昭63春 : 156-157.
- 小宮山誠一・赤司和隆・山上良明・熊谷秀行. 1997. スイカに対する各種有機質肥料の肥効評価. *土肥誌*. 68 : 458-461.
- Martyniuk, S. and G. H. Wagner. 1978. Quantitative and qualitative examination of soil microflora associated with different management systems. *Soil Science*. 125 : 343-350

- Mason, J. L. 1969. Effect of cultivation and nitrogen on fruit quality, yield and color of 'McIntosh' apples grown in irrigated grass sod cover crop. *Can. J. Plant Sci.* 49: 149-154.
- 森 敏. 1986. 食品の質に及ぼす有機物施用の効果. p. 85-137. 日本土壤肥料学会編書. 有機物研究の新しい展望. 博友社. 東京.
- 望月武雄. 1975. 果実の品質と肥料 (特に窒素を中心として). p. 294-327. 青木二郎編書. 新編リンゴの研究. 津軽書房. 弘前.
- 松崎敏英. 1997. ボカシ肥. p. 201-204. 伊達昇・塩崎尚郎編書. 肥料便覧. 第5版. 農文協. 東京.
- 西尾道徳. 1981. 畑土壌の物質変化と微生物. p. 89-126. 土壤微生物研究会編書. 土の微生物. 養賢堂. 東京.
- 新田恒雄・昆 忠男・片岡健治・松口龍彦. 1989. 畑作物の根圏微生物相に対する作付体系と有機物施用の影響. *土と微生物*. 34: 41-49.
- 野口勝憲. 1992 a. 有機質肥料と土壤微生物 [3]. *農及園*. 67: 883-887.
- 野口勝憲. 1992 b. 有機質肥料と土壤微生物 [2]. *農及園*. 67: 785-790.
- 農林水産技術会議事務局・長崎県果樹試験場. 1997. 九州地域におけるカンキツの合理的な施肥法の確立に関する試験. 指定試験 (土壤肥料). 37: 1-92.
- 農林水産省果樹試験場. 1993. 土壤管理による果樹根の蛍光性シュードモナス細菌の種類構成の変動. p. 15-16. 果樹試験研究推進会議・農林水産省果樹試験場編書. 平成4年度果樹研究成果情報.
- 岡部達雄. 1994. 腐植質黒ボク土における野菜栽培に対する有機物の効果に関する研究. *千葉農試特報*. 28: 1-54.
- 酒井正勝・川口公男・秋成 昇・森 聡・安宅雅和. 1997. 有機栽培が温州ミカンの収量, 果実品質, 葉中無機成分および土壌に及ぼす影響. *徳島果試研報*. 25: 9-16.
- 坂本 清・鎌倉二郎. 1994. 有機質肥料の施用量が土壤微生物相に及ぼす影響. *土肥要旨*. 平6 東北支部: 7.
- 坂本 清・白川 裕・鎌倉二郎. 1994. リンゴ樹に対する有機質肥料の施用効果. 第1報. 有機質肥料施用土壌の無機態窒素の推移. *園学要旨*. 平6 東北支部: 29-30.
- 坂本 清・斉藤仁志. 1995. 有機質肥料連用リンゴ園の土壤微生物相. *東北農業研究*. 48: 185-186.
- 坂本 清・鎌倉二郎・清藤盛正. 1995. リンゴ樹に対する有機質肥料の施用効果. 第2報. 生育及び果実品質に対する影響. *園学要旨*. 平7 東北支部: 5-6.
- 佐藤克明・金田雄二. 1994. 発酵有機質肥料の窒素無機化特性と石垣イチゴ栽培への利用. *静岡農試研報*. 38: 39-47.
- 佐藤雄夫. 1982. リンゴ園の土壤管理と施肥技術. p. 257-289. 千葉勉編書. 果樹園の土壤管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 佐藤雄夫・佐々木生雄. 1982. リンゴ園の窒素施肥に関する研究. 第2報. リンゴ樹の窒素吸収に対する草生および敷草の影響. *福島県果樹試験場研究報告*. 10: 23-33.
- 佐藤雄夫・佐々木生雄・鈴木継明・小松喜代松. 1978. リンゴ園の窒素施肥に関する研究. 第1報. 草生園における窒素の動態. *福島県果樹試験場研究報告*. 8: 1-15.
- 沢田泰男. 1981. 草地土壌の微生物相と化学的活性. p. 62-68. 土壤微生物研究会編書. 土の微生物. 養賢堂. 東京.
- 渋川潤一. 1962. りんご園土壤管理法としての草生敷草法に関する研究. *青森りんご試報*. 5: 1-104.
- 白旗慎吾. 1987. ブロックごとに実験される処理効果の差の順位による解析. p. 236-309. 白旗慎吾編書. パソコン統計解析ハンドブック. IV. ノンパラメトリック編. 共立出版. 東京.
- 白井一則・西郷知博・中野隆司. 1992. 幼木茶園における魚粕及びナタネ油粕の連用効果. *愛知農総試研報*. 24: 77-83.
- 白井敏男・中間和光・石田 隆・高橋幸雄・岡田長久・飯田晴夫. 1969. ナタネ粕, ヒマシ粕の肥効について. 第2報. 土壌中での肥料の分解ならびに土壌に与える影響. *静岡柑試研報*. 8: 59-70.
- 相馬盛雄・成田春蔵・加藤 正. 1987. 青森県のリンゴ園土壌. p. 17. 青森県りんご協会. 弘前.
- 鈴木達彦・石沢修一. 1965. 畑土壌の微生物およびその活性と肥沃度. *農技研報B*. 15: 91-186.
- 高橋良治・武藤和夫・桜井一男. 1986. わい化リンゴ樹に対する数種有機入り肥料の施用効果. *東北農業研究*. 39: 219-220.
- 田村 勉. 1972. リンゴの貯蔵問題. *園学シンポジウム要旨*. 昭47秋: 109-118.
- 宇田川俊一・横山竜夫. 1978. 土壤菌類. p. 37-46. 宇田川俊一・椿啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹夫・横山竜夫・渡辺昇平共著. 菌類図鑑 (上). 講談社. 東京.
- 山根忠昭・藤原俊六郎・金沢晋二郎・高橋眞二・伊達昇. 1986. 有機質肥料. p. 255-305. 農業技術体系. 土壤施肥編7.

農山漁村文化協会，東京。

Yasuda, M. and K. Katoh. 1987. Properties of fluorescent pigment-producing *Pseudomonas* strains isolated from soil and roots of fruit trees. *Soil Sci. Plant Nutr.* 33 : 577-583.

米澤茂人. 1983. 有機質肥料の施用効果に関する研究. 全農農業技術センター特別研究報告. 1 : 1-189.

吉岡博人・青葉幸二・福元将志・藤本國夫. 1989. リンゴ果実の貯蔵性に及ぼす施用窒素，カリウムの影響. 園学雑. 58 : 475-481.

全農肥料農業部. 1980. 有機肥料ガイド. p. 40-84. 全農肥料農業部. 東京.

全農肥料農業部. 1989. 有機質肥料の好適施用限界に関する比較試験. 有機シリーズ. 10 : 1-389.

Effects of Application of Organic, Fermented-organic, Mixed and Inorganic Fertilizers on Soils and Apple Trees

Kiyoshi Sakamoto and Jiro Kamakura¹⁾

Aomori Apple Experiment Station. ¹⁾Aomori Field Crop and Horticultural Experiment Station

Key Words : organic fertilizer, fermented-organic fertilizer, mixed fertilizer, inorganic fertilizer, inorganic nitrogen in the soil, sod culture, soil microflora

Summary

Various types of fertilizers containing organic matters were evaluated in apple orchards by comparing their effects with those of urea, which was used as a reference representing inorganic fertilizer.

In this article, fertilizers containing organic matters were classified into organic fertilizer, mixed fertilizer, and fermented-organic fertilizer according to the following definitions:

A. Organic fertilizer

Fertilizer made from carbonaceous material of animal or vegetable origins. Fish meal, rapeseed meal, dried poultry manure, organic fertilizers A and B were used, of which components with their relative proportions are given below.

Organic fertilizer A ; rapeseed meal (40%), meat and bone meal (20%) and fish meal (40%).

Organic fertilizer B ; rapeseed meal (26%), bone meal (50%), leather meal (12%) and humus derived from woody plant (10%).

B. Mixed fertilizer

A mixture of organic and inorganic fertilizers. In long-term experiments, two mixed fertilizer blocks, i.e., 50% and 25% organic fertilizer blocks, were established and each of the blocks was fertilized by the following rules:

50% organic fertilizer block : 50% of total nitrogen would derive from organic fertilizer A and the remaining 50% from urea.

25% organic fertilizer block : 25% of total nitrogen would derive from organic fertilizer A and the remaining 75% from urea.

C. Fermented-organic fertilizer

Organic fertilizer of which decomposition was artificially enforced by fermentation. Two fermented organic fertilizers A and B were used. Their components were opened to the public but not their relative proportions.

Fermented-organic fertilizer A : mainly fish meal.

Fermented-organic fertilizer B : fish meal, bone meal, seed tankage, rice bran, beer cake, blood meal, leather meal, crab shell, etc.

I. Decomposition and effects on chemical properties and microflora in soils

Experiments were conducted at blocks without trees in the field of the Aomori Apple Experiment Station. The fertilizers tested were supplied in mid April.

1. Until July, inorganic nitrogen levels of both soils applied with organic and fermented-organic fertilizers remained lower than the soil applied with urea. By August, however, the differences disappeared.

2. Decomposition proceeded faster in the fermented fertilizer than in the organic fertilizer.

3. Increasing application of urea and organic fertilizer did not result in the increase of total carbon nor in the increase of an available nitrogen, but increasing applications of both resulted in less exchangeable Ca and Mg at the upper level of the treated soils.

4. With the increasing rate of organic fertilizer, the densities of fungi, bacteria and fluorescent pigment-producing pseudomonads tended to increase temporarily, but actinomyces were not affected by the rate of organic fertilizer.

On the other hand, responses of these microorganisms to urea were contrary to those of organic fertilizer; they were not affected by the rate of urea application.

5. Application of each of two fermented-organic fertilizers yielded results similar to those of organic fertilizers; fungi, bacteria and fluorescent pigment-producing pseudomonads increased temporarily soon after the application.

II. Long-term experiments

Experiments were conducted at a commercial orchard in Owani and at an orchard of Aomori Apple Experiment Station for a period of 5~6 years.

1. Experimental design and methods

1) Owani orchard

In the Owani orchard the cultivar 'Fuji' on a Marubakaido rootstock was planted. The trees were 10 years old at the beginning of the experiment. The ground cover was composed of annual and perennial weeds. They were mowed 5-6 times a year and were left as mulch around the tree trunks. Five blocks were established, each allotted one of the five treatments as shown in the next table :

Treatment block	Applied active ingredient (kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
100% organic fertilizer	10	7.3	7
50% organic fertilizer	10	7.3	7
25% organic fertilizer	10	7.3	7
Urea	10	7.3	7
Organic fertilizer B	10	20	7

From 1989 to 1994 inclusive, constant amounts of nitrogen (N), phosphoric acid (P₂O₅) and potassium (K₂O) were supplied to all the treatment blocks as presented in the table. These were supplied annually in mid-to late April.

In the 100% organic fertilizer block, only organic fertilizer A was used as a source of nitrogen. In the 50% and 25% organic fertilizer blocks, organic fertilizer A and urea were so combined as to yield the relative proportions of nitrogen of organic and inorganic origin. In the urea block, only urea was used as the nitrogen source, while in the 100% organic fertilizer B block, only fertilizer B was used.

In the 100% organic fertilizer block, all amounts of P₂O₅ were supplied by organic fertilizer A. In the 50% and 25% organic fertilizer blocks, superphosphate was added to supply the same amount of P₂O₅ as that of the 100% organic fertilizer block. In the urea block, only superphosphate was used as phosphoric acid. Because of the true nature of organic fertilizer B, the block treated with this received a higher amount of P₂O₅ as shown in the table. In all the blocks, potassium sulphate was used to supply K₂O.

2) Aomori Apple Experiment Station

The Aomori Apple Experiment Station orchard was planted with the cultivar 'Fuji' on an M.26 rootstock. The trees were 15 years old at the beginning of the experiment. Strips within tree rows were clean-cultivated by using herbicides, while alleys between tree rows were covered with

Kentucky bluegrass and white clover.

They were mowed 5-6 times a year and left as mulch on the base of tree trunks. Six blocks were established, each allotted one of the six treatments as shown in the next table :

Treatment block	Applied active ingredient (kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
100% organic fertilizer	15	11	10
50% organic fertilizer	15	11	10
25% organic fertilizer	15	11	10
Urea	15	11	10
Urea	10	11	10
Urea	5	11	10

From 1990 to 1994 inclusive, constant amounts of N, P₂O₅ and K₂O (15, 11 and 10kg/10a, respectively) were supplied at the first four treatment blocks. From 1991 to 1994 inclusive, the two nitrogen levels of 10 and 5kg/10a supplied solely with urea were also established for references.

All blocks were treated annually in mid-to late April.

2. Effects on soil nutrition

At the Owani orchard and in the alleys between rows in the Experiment Station, where the orchard floors had been covered with herbaceous plants, the levels of inorganic nitrogen in the soil remained low at all treatments throughout the experimental years, and no differences were found among the treatments.

On the contrary, clear-cut differences were obtained in the strips within tree rows where clean-cultivation was practiced in Aomori Apple Experiment Station. Thus;

- a) the block treated with urea at a rate of 15kg/10a had the highest level of nitrogen.
- b) the blocks treated with 100% organic fertilizer and that treated with urea at a rate of 5kg/10a had almost the same levels of nitrogen, and these levels were the lowest among all the treatments.
- c) both the blocks treated with the 50% and 25% organic fertilizers were almost intermediate between the two extreme cases a) and b).

No differences between treatments were found in other soil chemicals.

3. Effects on trees and fruit

1) In the Owani orchard, although differences were not so large, the concentration of leaf nitrogen over the six-year average was the lowest in the trees treated with 100% organic fertilizer, and highest in those treated with urea. No differences between treatments were found in the growths of shoot and trunk girth, fruit quality and yields.

2) In the Apple Experiment Station orchard, the current season's shoot growth was the shortest in the trees treated with 100% organic fertilizer and 5kg urea, and the leaf nitrogen concentration was the lowest in the trees treated with 5kg urea. No differences between treatments were found in trunk girth growth and crop yield.

3) Of the fruits which were stored at 0°C for about 30days, firmness was the lowest in the fruits from trees treated with 15kg urea and the highest in the fruits from trees treated with 5kg urea. The Brix was highest in the fruits from trees treated with 100% organic fertilizer and lowest in the fruits from trees treated with 10kg and 15kg urea. Fruit colour was the best for both 100% organic fertilizer and 5kg urea, but worst for 15kg urea. Fruit nitrogen was the highest for 15kg urea, but lowest for 5kg urea. Fruit acidity, taste and sugar contents were independent of the treatments.

4) Of the fruits which were stored at 0°C for 6 months, acidity was maintained relatively at a higher level in the fruit from trees treated with 5kg urea, but lowered in that treated with 15kg urea. No clear differences were found between treatments in the firmness and Brix.

4. Effects on microflora in soil and root

1) In both the orchards at Owani and Apple Experiment Station, fungi, bacteria and fluorescent pigment-producing pseudomonads increased temporarily after fertilization in soil treated with 100% organic fertilizer more than in soil treated with urea. No differences were found, however, between microfloral composition around the root surfaces treated with 100% organic fertilizer and those treated with urea.

2) In soil treated with 100% organic fertilizer, only fungi belonging to the limited genera became dominant soon after treatment. As a result, fungal diversities became poorer in this soil than in soil treated with urea. However, those genera which had once become dominant diminished in two months, being replaced with a large number of other genera. This resulted in the increased diversity of microflorae.