

BULLETIN
OF
THE AOMORI APPLE EXPERIMENT STATION

No. 32

March, 2001

青森県りんご試験場報告

第 32 号

平成 13 年 3 月

AOMORI APPLE EXPERIMENT STATION

KUROISHI, AOMORI 036-0332, JAPAN

青森県りんご試験場

(036-0332 青森県黒石市大字牡丹平字福民24)



序

この報告には、加藤 正の「わい性台リンゴ樹の土壌管理法に関する研究」を登載した。

調査研究の不十分な点もあるが、広く学会及びリンゴ産業の発展に寄与するところがあれば幸いである。

平成13年3月

青森県りんご試験場

場 長 工 藤 亞 義

わい性台リンゴ樹の土壌管理法に関する研究

加藤 正

(青森県りんご試験場)

Studies on Soil Management for Apple Trees on Dwarfing Rootstocks

Tadashi Kato

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

目 次

I 緒 言	6
II 被覆作物の特性把握	6
1. 被覆作物の種類と産草量並びに根重量, 根群分布	7
1) 方 法	7
2) 結 果	7
2. 被覆作物の種類と耐陰性, 耐踏性	8
1) 方 法	8
(1) 耐陰性	8
(2) 耐踏性	8
2) 結 果	8
(1) 耐陰性	8
(2) 耐踏性	8
3. 被覆作物の種類と土壌の化学性並びに土壌微生物活性	10
1) 方 法	10
2) 結 果	10
4. 被覆作物の種類と土壌溶液中の硝酸態窒素濃度並びに土壌水分消費特性	10
1) 方 法	10
2) 結 果	10
5. 考 察	13
6. 摘 要	15
III 樹冠下草生導入法の検討	15
1. 被覆作物の種類並びに栽植後被覆作物導入までの年数の違いと生育, 収量及び果実品質	15
1) 方 法	15
(1) 試験ほ場と栽植前の土壌改良	15
(2) 材料と管理方法	16
(3) 調査方法	17
i) 生育量	17
ii) 収量, 果実肥大及び果実品質	17
2) 結 果	17
(1) 生育量	17
i) 幹の肥大	17
ii) せん去枝重量	18
iii) 樹の大きさ	18
(2) 収量, 果実肥大及び果実品質	20
i) 収 量	20
ii) 果実肥大	21
iii) 果実品質	22
2. 被覆作物の種類並びに栽植後被覆作物導入までの年数と葉中無機成分	22
1) 方 法	22
2) 結 果	22
(1) 葉中窒素	22
(2) 葉中リン	25
(3) 葉中カリ	25

(4) 葉中カルシウム及びマグネシウム	26
3. 被覆作物の種類と土壤水分張力	27
1) 方法	27
2) 結果	27
4. 現地実証試験	27
1) 方法	27
2) 結果	28
5. 考察	28
6. 摘要	30
IV 堆肥施用量の把握	30
1. 堆肥施用量と生育, 収量及び果実品質	30
1) 方法	30
(1) 試験ほ場と栽植前の土壤改良	30
(2) 材料と処理区の構成並びに処理方法	30
(3) 調査方法	31
i) 生育量	31
ii) 収量及び果実肥大	32
iii) 果実品質	32
2) 結果	32
(1) 生育量	32
(2) 収量, 果実肥大及び果実品質	33
2. 堆肥施用量と葉中無機成分	34
1) 方法	34
2) 結果	34
(1) 葉中窒素	34
(2) 葉中リン	34
(3) 葉中カリ	34
(4) 葉中カルシウム	34
(5) 葉中マグネシウム	37
3. 堆肥施用量と土壤の化学性	38
1) 方法	38
2) 結果	38
4. 堆肥連用に伴う土壤有機物量の経年変化	39
1) 方法	39
2) 結果	40
5. 堆肥連用土壤の窒素無機化量及び窒素無機化量と可給態窒素量との関係	41
1) 方法	41
2) 結果	41
6. 考察	42
7. 摘要	44
V 敷草の種類と施肥法の検討	44
1. 敷草の分解性	44
1) 方法	44
(1) 敷草の分解率	44
(2) 敷草中窒素の無機化率	44
2) 結果	45

(1) 敷草の分解率	45
(2) 敷草中窒素の無機化率	46
2. 被覆作物の刈草に含まれる養分量	47
1) 方法	47
2) 結果	47
(1) 黒石ほ場	47
(2) 藤崎ほ場	48
3. 敷草の種類並びに施肥量と生育, 収量及び果実品質	48
1) 方法	48
(1) 試験ほ場と栽植前の土壌改良	48
(2) 材料	48
(3) 処理区の構成並びに処理方法	49
(4) 調査方法	49
2) 結果	49
(1) 生育量	49
i) 幹の肥大	49
ii) せん去枝重量	49
iii) 樹の大きさ	49
(2) 収量及び果実品質	49
i) 収量	49
ii) 果実肥大	54
(3) 果実品質	56
4. 敷草の種類並びに施肥量と葉中無機成分	58
1) 方法	58
2) 結果	58
(1) 葉中窒素	58
(2) 葉中リン	58
(3) 葉中カリ	58
(4) 葉中カルシウム	61
(5) 葉中マグネシウム	61
5. 敷草処理並びに施肥量と時期別土壌無機態窒素含量	64
1) 方法	64
2) 結果	65
6. 敷草の種類と土壌の化学性	66
1) 方法	66
2) 結果	66
7. 考察	67
8. 摘要	71
VI 土壌環境とリンゴ紋羽病の発生	72
1. 各種土壌管理法とリンゴ紋羽病の発生	72
1) 方法	72
2) 結果	72
(1) 生育並びに収量	72
(2) 紋羽病の発生状況	73
2. 土壌水分条件と白紋羽病の罹病性	73
1) 切枝接種試験	73
(1) 方法	73

(2) 結 果	73
2) ほ場での苗木接種試験	73
(1) 方 法	73
(2) 結 果	74
3. 紋羽病少発生土壌と多発生土壌の孔隙量と孔隙径の分布	74
1) 方 法	74
2) 結 果	74
4. 土壌容気量と白紋羽病の罹病性	75
1) 土壌容気量と埋没枝上の白紋羽菌の生育	75
(1) 方 法	75
(2) 結 果	75
2) 土壌容気量とリンゴ苗木の罹病性	76
(1) 方 法	76
(2) 結 果	76
5. 土壌中の酸素濃度が白紋羽病菌の生育に及ぼす影響	76
1) 方 法	76
2) 結 果	76
6. 考 察	76
7. 摘 要	78
VII 土壌管理並びに樹体栄養とリンゴ腐らん病の発生	78
1. 堆肥施用量とリンゴ腐らん病の発生	78
1) 堆肥施用の有無と腐らん病の発生	78
(1) 方 法	78
(2) 結 果	78
2) 堆肥施用量と腐らん病の発生	79
(1) 方 法	79
(2) 結 果	79
2. 樹体栄養と発病	80
1) 窒素レベルと発病	80
(1) 方 法	80
(2) 結 果	80
2) 水分ストレスと発病	80
(1) 方 法	80
(2) 結 果	81
3) 窒素レベル及び水分ストレスと発病	82
(1) 方 法	82
(2) 結 果	82
3. 考 察	83
4. 摘 要	84
VIII 総 括	84
引用文献	88
Summary	91

わい性台リンゴ樹の土壌管理法に関する研究

加藤 正

キーワード：わい性台，リンゴ樹，土壌管理法，被覆作物，草生法，堆肥施用，敷草，施肥，リンゴ白紋羽病，リンゴ腐らん病

I 緒 言

青森県のリンゴわい化栽培は青森県りんご試験場が1958年と1959年に、ドイツ、イギリスから試験研究用としてわい性台木を導入したのが始まりである(波多江, 1972)。1960年代中ころからM. 7やMM. 106, M. 9等, 各種わい性台樹の生産力比較試験を実施して展示したが, 当時はまだ, わい化栽培への関心がほとんどなかった。1960年代後半になって, リンゴ関係者の海外視察が多くなり, 省力性や早期多収, 品質向上などわい化栽培の有利性が紹介されるにつれて次第に関心が高まった。国やリンゴ主産県の研究機関では, わい性台木の特性検定, 台木と穂品種の親和性, 栽植様式や栽植密度など, 栽培分野を中心に試験研究が実施され, リンゴ生産者も自らわい化栽培に取り組むようになった。豪雪に見舞われて打撃を受けたことやリンゴが転作非対象作物になるなどによって普及が停滞した時期もあったが, わい化栽培モデル園設置の助成事業やわい化栽培優良園の出現などにより, 次第にその栽培面積が増加した。

このような中で, 同一の台木や品種であっても土壌条件の違いによって生育や収量性が大きく異なることが知られた(吉田, 1982)。即ち, わい性台樹は従来のマルバカイドウ台を使用したリンゴ樹に比べて, 土壌の適応性が狭いことが明らかになってきた。そのため, 1977年から1981年まで5年間にわたって, リンゴ主産県が共同で農林水産省の総合助成課題「土壌に適合するわい性台木の選抜基準の設定」が実施され, 土壌要因がわい性台樹の生育や収量, 養分吸収に及ぼす影響などが明らかにされた(伊藤ら, 1984; 松井ら, 1984)。

しかし, わい性台樹は浅根性で, マルバカイドウ台利用樹に比べて根群の分布が浅く, 地表面管理の影響を受

けやすいものと考えられながら, 土壌管理に関する系統的な試験研究がほとんど実施されていなかった。そこで, 当時は1976年に火山灰土壌(黒ボク土)の1号園(黒石ほ場)と沖積土壌の藤崎ほ場にそれぞれ約50a規模の試験ほ場を設定し, 1988年までわい性台リンゴ樹の土壌管理に関する試験研究を実施した。

本報告はこれらの試験開始前から予備的に実施した被覆作物の特性把握に関する試験と, 試験終了数年前から実施したリンゴ紋羽病及びリンゴ腐らん病について土壌環境や土壌管理の面から検討した結果についても合わせて取りまとめたものである。なお, 本報告の一部は園芸学会において発表した(加藤, 1991; 加藤, 1992; 加藤, 1996)。

本研究を遂行するに際し, 元青森県りんご試験場化学部職員成田春蔵氏, 櫻田哲氏, 盛清氏, 佐藤正氏, 岩谷齊氏(現県南果樹研究センター病虫肥料部長)及び今智之氏(現青森県農林部りんご果樹課総括主査)にはせん定作業や調査・分析に絶大なるご協力を頂いた。また, せん定作業にあたっては元りんご試験場栽培部長小原實氏のご指導を得た。さらに, リンゴ紋羽病菌やリンゴ腐らん病菌の接種などについては元青森県りんご試験場病虫部職員福島千男氏(前青森県津軽地域病害虫防除所所長), 荒井茂充氏(現県南果樹研究センター総括主任研究員)及び元青森県りんご試験場腐らん病対策プロジェクトチームメンバー雪田金助氏(現青森県りんご試験場研究管理員)のご指導, ご協力を頂いた。本論文を公表するにあたって, これらの方々に厚くお礼申し上げます。

II 被覆作物の特性把握

草生栽培を基本とした土壌管理法を前提とした場合, その被覆作物の特性を把握しておくことが非常に重要である。草生栽培の最大の利点は, 地力の維持・増進に不可欠な有機物の補給を自園で生産できるところにある。そのためには産草量の多い被覆作物が有利である。しかも, リンゴ園内は枝葉によって日光が遮られることか

ら, 耐陰性の強い被覆作物が望ましく, また, スピードプレイヤー等大型機械の走行や管理作業による踏みつけに耐え得る, 耐踏性の強い被覆作物でなければならない。さらには地力増進効果が高く, かつリンゴ樹との水分競合の面から水分消費量の少ないことも看過できない要素である。

このような観点から、リンゴ園で利用されている数種の被覆作物について、その特性を調査した。

1. 被覆作物の種類と産草量並びに根重量、根群分布

1) 方法

1974年4月、場内ほ場(B1号ほ)に縦横80cm、深さ40cmの木枠を24枠埋設した。これらに岩木山系黒色火山灰土壌、河成沖積土壌をそれぞれ12枠ずつ充てんした。同年5月13日、マメ科の白クローバー、ラジノクローバー、長身型イネ科のチモシー、メドウフェスク、短身型イネ科のベントグラス、ケンタッキーブルーグラスの6種類を2反復で播種した。

肥料は毎年、4月下旬に10a当たりN 10kg, P₂O₅ 5kg, K₂O 10kg相当量、6月中旬にN 5kg, P₂O₅ 2.5kg, K₂O 5kg相当量を複合肥料で施用した。

1976年6月から10月まで、毎月中旬(5月17日、6月14日、7月15日、8月16日及び9月17日)に1枠ごとに刈り取りして産草量を求めた。産草量は1枠の生体重量を測定後、その一部を105℃の恒温器で乾燥して生体重量と乾燥重量の比を求めて1m²当たりの乾物重に換算した。

1978年10月3、5日、裸地が多かった白クローバーを除き、5草種について根重量と根の垂直分布を調査した。調査にはmonolith法を若干改良した縦90cm、横

60cm、高さ9cmの鉄板製の採取枠を使用した。

2) 結果

被覆作物の産草量は第1表に示すとおりである。

土壌の種類によっては差異がみられなかったが、被覆作物の種類によっては違いがあり、マメ科がイネ科に比べて少なかった。6草種中最も産草量が多かったのは長身型のメドウフェスク、チモシー、次いで短身型のケンタッキーブルーグラス、ベントグラスで、産草量の少なかったマメ科の中では白クローバーが最も少なく、ラジノクローバーの半量程度であった。

被覆作物の根の重量と根の垂直分布は第2表のとおりである。

被覆作物の根の重量も土壌の種類によって大差がなかった。被覆作物の種類では短身型のケンタッキーブルーグラス、ベントグラスが多く、次いでメドウフェスク、チモシーで、ラジノクローバーは最も少なかった。

根の垂直分布は土壌の種類によって大きな違いはなかった。被覆作物の種類ではラジノクローバー、チモシー及びケンタッキーブルーグラスの根が深さ0~10cmに80%以上分布していた。これに対して、メドウフェスクとベントグラスは表層の0~10cmに分布する割合が幾分低く、それ以下の下層に分布する割合がやや高かった。

第1表 被覆作物の種類と産草量(乾物 kg/m²)

被覆作物の種類	火山灰土壌			沖積土壌		
	I ²	II	平均	I	II	平均
白クローバー	0.25	0.45	0.36	0.35	0.51	0.45
ラジノクローバー	0.83	0.81	0.84	0.99	0.74	0.88
チモシー	1.24	1.33	1.30	1.36	1.44	1.41
メドウフェスク	1.40	1.63	1.53	1.47	1.42	1.46
ベントグラス	1.13	1.14	1.15	1.11	1.19	1.17
ケンタッキーブルーグラス	0.99	1.27	1.15	1.42	1.28	1.37

² I, IIは反復。

第2表 被覆作物の種類と根の重量並びに垂直分布

土壌の種類	深さ (cm)	ラジノクローバー		チモシー		メドウフェスク		ベントグラス		ケンタッキーブルーグラス	
		乾物重 (g/m ²)	割合 (%)								
火山灰土壌	0~10	213	88.8	477	81.4	410	79.1	852	79.2	1,130	85.2
	~20	16	6.7	60	10.2	66	11.6	97	9.0	111	8.4
	~30	6	2.5	35	6.0	41	7.2	48	4.5	42	3.2
	~40	3	1.3	7	1.2	34	6.0	40	3.7	23	1.7
	40~	2	0.7	7	1.2	19	3.3	39	3.6	21	1.5
	計	240	100.0	586	100.0	570	100.0	1,076	100.0	1,327	100.0
沖積土壌	0~10	143	83.5	342	85.1	565	76.0	994	79.9	1,254	93.0
	~20	7	4.6	37	9.2	91	12.2	106	8.5	67	5.0
	~30	2	1.3	15	3.7	45	6.0	65	5.2	23	1.7
	~40	1	0.6	6	1.5	32	4.3	52	4.2	4	0.3
	40~	0	0.0	2	0.5	11	1.5	28	2.2	0	0.0
	計	153	100.0	402	100.0	744	100.0	1,245	100.0	1,348	100.0

2. 被覆作物の種類と耐陰性, 耐踏性

1) 方法

(1) 耐陰性

1976年9月, 場内ほ場 (B1号ほ) に日向区と日陰区を設定するため, 各区ごとに1草種につき50cm四方規模で9種類の被覆作物を3反復で播種した. 被覆作物の種類はチモシー, ペレニアルライグラス, ルーサン, ラジノクローバー, レッドトップ, メドウフェスク, 白クローバー, ベントグラス及びケンタッキーブルーグラスである. 日陰区は1977年6月から9月まで地上50cmにすだれを張って遮光した. 日陰区の遮光の程度を把握するため, 毎朝9時前後に日陰区と隣接ほ場の樹冠下の照度を測定した. 被覆作物の刈取りは6月29日, 8月9日, 9月14日の3回行った.

(2) 耐踏性

1976年9月, 場内ほ場 (B1号ほ) のわい性台樹の幼木ほ場の作業道に前述の耐陰性と同じ被覆作物を, 踏圧区と非踏圧区を設定するため各区ごとに1草種につき2m×2mの規模で播種した. しかし, 本実験を実施し

た1978年にはルーサンが大部分消失し, 雑草に占有されてしまったので, 調査対象から除外した.

踏圧区は3輪のスピードスプレヤーで1978年4月10日, 5月2日, 9日, 23日, 6月1日, 12日, 23日, 29日の8回走行した.

産草量の調査は1978年6月1日と30日の2回, 1.5m×1.5mの規模で刈り取りして行った.

2) 結果

(1) 耐陰性

日陰区と一般ほ場の旬別平均照度を第3表に, また, 日陰区と日向区の牧草の産草量を第4表に示した.

日陰区の照度がほ場条件下の樹冠下の照度に比べて半分以下の場合が多く, 遮光が強すぎた恨みがあったが, 日向区に対する日陰区の産草量で比較すると, ベントグラス, ケンタッキーブルーグラスが強く, ルーサン, レッドトップ, 白クローバー, ペレニアルライグラスが弱かった.

(2) 耐踏性

踏圧区と日踏圧区の牧草の産草量を第5表に示した.

第3表 日陰区とリンゴ園の樹冠下の旬別平均照度 (×100Lx)

	6月			7月			8月			9月	
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬
日陰区	43	21	22	27	24	34	24	25	30	24	23
樹冠下	87	50	59	30	52	83	52	81	111	38	56

第4表 日陰区, 日向区における牧草の産草量² (乾物 kg/m²)

草種	日陰区	日向区	日陰区 日向区 比
チモシー	0.12	0.52	0.23
ペレニアルライグラス	0.24	1.40	0.17
ルーサン	0.11	0.76	0.14
ラジノクローバー	0.09	0.46	0.20
レッドトップ	0.14	0.89	0.16
メドウフェスク	0.17	0.62	0.27
白クローバー	0.04	0.25	0.16
ベントグラス	0.31	0.83	0.37
ケンタッキーブルーグラス	0.24	0.73	0.33

² 1977年6月29日, 8月9日, 9月14日の合計産草量.

第5表 踏圧区, 非踏圧区における牧草の産草量² (乾物 kg/m²)

草種	踏圧区	非踏圧区	踏圧区 非踏圧区 比
チモシー	0.23	0.47	0.49
ペレニアルライグラス	0.28	0.49	0.57
ルーサン	—	—	—
ラジノクローバー	0.28	0.51	0.55
レッドトップ	0.42	0.44	0.95
メドウフェスク	0.33	0.50	0.66
白クローバー	0.28	0.31	0.90
ベントグラス	0.45	0.67	0.67
ケンタッキーブルーグラス	0.48	0.66	0.73

² 1978年6月1日と30日の合計産草量.

第6表 被覆作物の種類と火山灰土壌の化学性

深さ (cm)	被覆作物の種類	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg/100g)	有効態リン酸 (mg/100g)	交換性カリ (me/100g)
0~10	清耕	6.76	0.42	2.50	12.7	0.65
	ラジノクローバー	7.91	0.57	3.95	13.3	0.97
	チモシー	7.30	0.50	4.15	15.4	1.28
	メドウフェスク	7.08	0.53	4.79	13.2	1.30
	ベントグラス	6.94	0.48	4.25	9.5	0.95
	ケンタッキーブルーグラス	6.88	0.50	4.03	8.7	1.22
10~20	清耕	7.02	0.48	2.43	5.4	0.48
	ラジノクローバー	8.19	0.61	3.48	10.8	1.20
	チモシー	7.86	0.58	4.04	13.7	1.22
	メドウフェスク	7.60	0.54	3.75	7.9	1.01
	ベントグラス	8.29	0.48	3.10	6.7	0.92
	ケンタッキーブルーグラス	7.05	0.50	2.71	6.1	0.76
20~30	清耕	6.84	0.46	2.46	5.8	0.46
	ラジノクローバー	8.24	0.60	2.91	12.0	1.07
	チモシー	7.54	0.59	3.54	12.0	0.76
	メドウフェスク	7.47	0.56	3.30	9.5	0.63
	ベントグラス	7.93	0.61	2.95	8.2	0.55
	ケンタッキーブルーグラス	7.83	0.53	2.52	9.2	0.46
40~50	清耕	6.60	0.51	2.75	6.8	0.50
	ラジノクローバー	7.89	0.57	3.26	13.7	1.05
	チモシー	8.02	0.57	2.72	14.3	0.63
	メドウフェスク	7.63	0.55	3.27	10.4	0.29
	ベントグラス	7.35	0.55	3.14	9.9	0.32
	ケンタッキーブルーグラス	6.94	0.52	3.13	7.7	0.44

第7表 被覆作物の種類と沖積土壌の化学性

深さ (cm)	被覆作物の種類	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg/100g)	有効態リン酸 (mg/100g)	交換性カリ (me/100g)
0~10	清耕	1.79	0.15	2.10	8.2	0.71
	ラジノクローバー	2.11	0.17	4.05	10.4	1.20
	チモシー	1.92	0.19	4.61	9.6	1.85
	メドウフェスク	1.97	0.21	3.90	11.3	1.66
	ベントグラス	1.93	0.20	3.97	10.1	1.28
	ケンタッキーブルーグラス	1.89	0.18	3.80	8.1	1.28
10~20	清耕	1.72	0.18	2.68	7.0	0.55
	ラジノクローバー	1.81	0.19	3.24	6.5	0.48
	チモシー	1.72	0.18	3.76	5.8	0.32
	メドウフェスク	1.80	0.21	3.51	5.6	0.25
	ベントグラス	1.80	0.17	4.32	6.5	0.38
	ケンタッキーブルーグラス	1.86	0.18	3.10	8.2	0.44
20~30	清耕	1.70	0.17	2.44	9.3	0.44
	ラジノクローバー	1.75	0.20	2.40	7.4	0.19
	チモシー	1.72	0.21	3.37	6.1	0.21
	メドウフェスク	1.73	0.16	3.61	7.9	0.13
	ベントグラス	1.72	0.17	3.44	6.3	0.21
	ケンタッキーブルーグラス	1.72	0.20	3.09	7.6	0.17
40~50	清耕	1.76	0.18	2.26	9.9	0.38
	ラジノクローバー	1.80	0.18	2.54	7.9	0.17
	チモシー	1.73	0.18	2.95	6.7	0.27
	メドウフェスク	1.85	0.18	2.57	8.7	0.17
	ベントグラス	1.79	0.18	3.05	7.0	0.21
	ケンタッキーブルーグラス	1.71	0.17	2.95	7.0	0.17

無踏圧区に対する踏圧区の産草量の比をみると、チモシー、ペレニアルライグラス、ラジノクローバーが0.49～0.57、メドウフェスク、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスが0.7前後、レッドトップと白クローバーが0.9以上であり、レッドトップ、白クローバーの耐踏性が強いものと判断された。

3. 被覆作物の種類と土壌の化学性並びに土壌微生物活性

1) 方法

1978年10月の試験1の被覆作物の根の重量並びに垂直分布を調査時に、地表面から深さ40cmまで、10cmごとに土壌を採取して分析に供した。

被覆作物はラジノクローバー、チモシー、メドウフェスク、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスの5草種で、土壌の種類は火山灰土壌と沖積土壌である。なお、1974年4月、これらの被覆作物を播種するための木枠を設定して土壌を充てんした時に併設し、その後清耕状態に維持管理した土壌(清耕)を対照として検討した。分析項目は全炭素、全窒素、可給態窒素、有効態リン酸、交換性カリで、測定法は全炭素がTyurin滴定法、全窒素はサリチル硫酸分解法、可給態窒素はビーカー培養法(28°C, 2週間)、有効態リン酸はTrouw法、交換性カリは炎光光度法である。微生物活性はその指標として炭酸ガス発生量を測定した。石沢・鈴木らの方法に準じて3週間培養し、3～4日間隔で炭酸ガスの発生量を測定した。

2) 結果

被覆作物の種類と土壌の化学性の関係を、第6表は火山灰土壌、第7表は沖積土壌について調査した結果である。

全炭素含量は清耕に対して被覆作物を導入した方が、火山灰土壌、沖積土壌いずれにおいても大部分の深さで増加していた。被覆作物間では火山灰土壌で、ケンタッキーブルーグラスが他の被覆作物に比べて増加量が少ない傾向がみられたが、沖積土壌の場合は被覆作物間の差異が明確でなかった。

全窒素含量も全炭素含量の場合とほぼ同様であった。

可給態窒素含量は火山灰土壌、沖積土壌ともいずれの被覆作物でも清耕より多く、深さ別では表層ほどその増加量が多い傾向にあった。しかし、被覆作物間では火山灰土壌でケンタッキーブルーグラスが他の被覆作物に比べて増加量が少ない傾向が伺われた以外、明かでなかった。

有効態リン酸含量は火山土壌の場合、各被覆作物の清耕に対する増加量が表層より下層において多かった。しかし、沖積土壌の場合はこれとは逆に表層で増加し、下層で減少した。被覆作物間では火山灰土壌の場合、増加

量が多かったのはチモシー、ラジノクローバー、メドウフェスク、ベントグラスの順で、ケンタッキーブルーグラスは最も少なかった。沖積土壌の場合は前述したように、清耕に対して増加していたのは表層のみで、ラジノクローバー、チモシー、メドウフェスク、ベントグラスは深さ0～10cmで、ケンタッキーブルーグラスは深さ10～20cmで増加していた。しかし、被覆作物間の増減量の差異は明確でなかった。

交換性カリ含量は火山灰土壌の場合、ラジノクローバーとチモシーでは深さ40cmまで清耕に比べて高かったが、メドウフェスクとベントグラスは深さ20～30cmまで、ケンタッキーブルーグラスでは深さ10～20cmまでより増加が認められなかった。沖積土壌ではいずれの被覆作物とも清耕より高かったのは深さ0～10cm部位だけで、この部位での増加量はラジノクローバー、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスに比べてチモシー、メドウフェスクで多かった。

第1図は微生物活性の指標として、炭酸ガス発生量を測定した結果である。

炭酸ガス発生量は火山灰土壌の場合、いずれの被覆作物も清耕より多く、草種間ではいずれの深さにおいても、ラジノクローバー、チモシーが多く、メドウフェスクが中位で、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスは少なかった。沖積土壌の場合も火山灰土壌と同様いずれの被覆作物も清耕より多く、被覆作物間では全般にラジノクローバーが多く、ケンタッキーブルーグラスが少なかった。

4. 被覆作物の種類と土壌溶液中の硝酸態窒素濃度並びに土壌水分消費特性

1) 方法

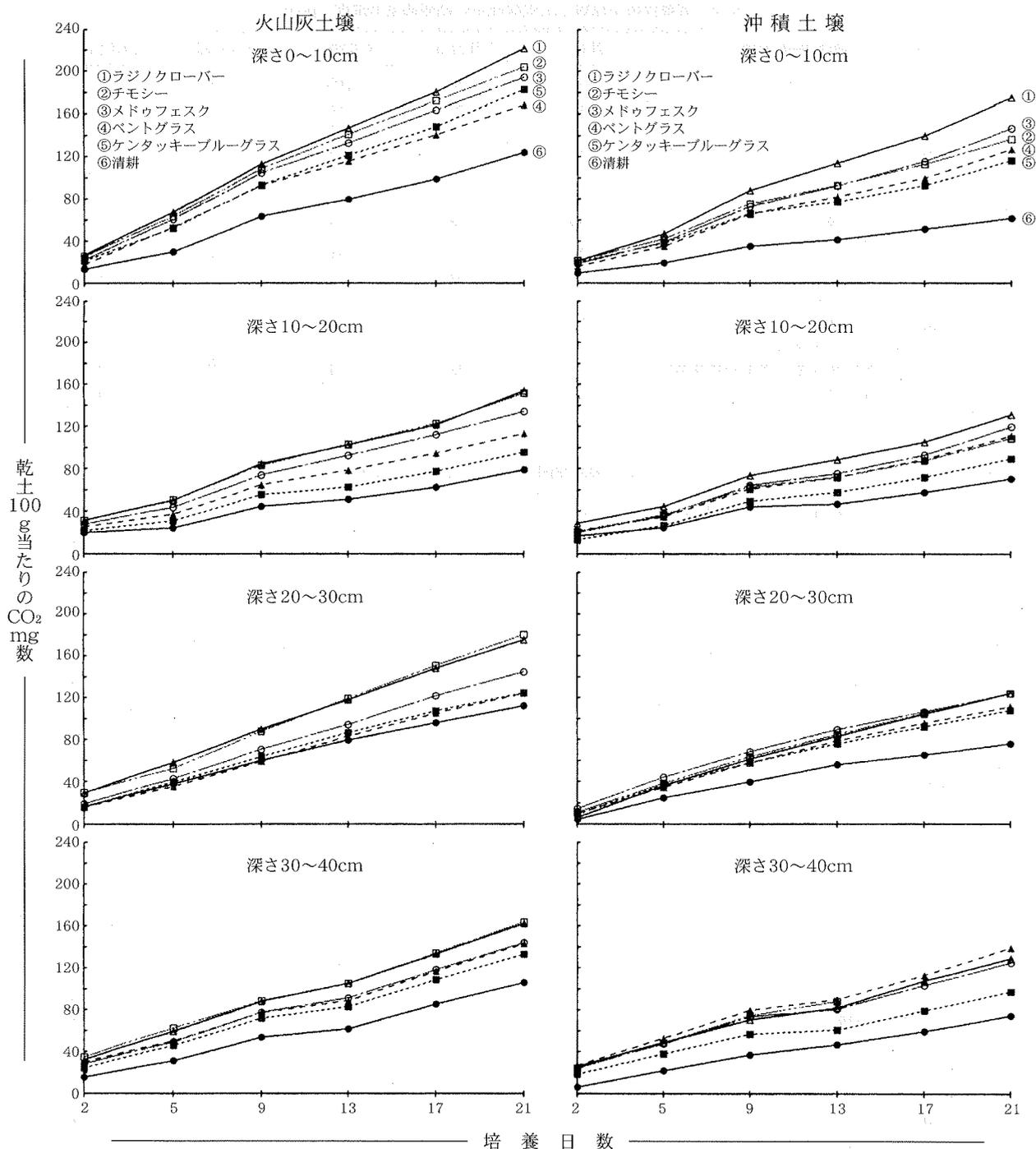
試験1.で記述した火山灰土壌の6種類の被覆作物と清耕状態に維持した木枠を対象に調査をした。

土壌溶液中硝酸態窒素濃度は1976年6月から10月まで、毎月1回、木枠の深さ10cmと30cmより100ml容円筒を用いて採土し、遠心法(国産円心機H-70S型, 9,000rpm, $pF \approx 4.2$)によって土壌溶液を採取して溶液中の硝酸態窒素をフェノール硫酸法で測定した。

土壌水分消費特性は木枠の中央部分に、テンシオメーターの受感部を深さ5, 15, 25, 35cmの位置に埋設し、1977年5月1日から10月31日まで毎朝9時前後に土壌の水分張力を観測して求めた。なお、水分消費量並びに消費割合は、1976年10月中旬にこれら木枠から深さ別に100ml容円筒に土壌を採取して吸引法と遠心法で作成したpF-水分曲線から含水量を求めて算出した。

2) 結果

第8表は被覆作物の種類と土壌溶液濃度について示したものである。



第1図 被覆作物の種類と炭酸ガス発生量

土壤溶液中の硝酸態窒素は深さ 10 cm, 30 cm において、各時期とも、マメ科の白クローバーとラジノクローバーは清耕並の濃度であった。しかし、イネ科のチモシー、メドウフェスク、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスはいずれの深さにおいても、ほとんどの時期で清耕より低い濃度であった。

第9表は5月1日から10月31日までのテンシオメーター示度観測期間中、pF 2.7 を越えた日数を被覆作物の種類別に集計したものである。

テンシオメーター示度を観測期間（5月1日～10月31

日）184日中、pF 2.7 を越えた日数で見ると、深さ5cmでは白クローバー、ラジノクローバー、チモシー及びメドウフェスクが35日～42日と清耕の3日に比べて遙かに多かったが、ベントグラス、ケンタッキーブルーグラスがそれぞれ8日、4日と清耕の3日と大差がなかった。ベントグラスとケンタッキーブルーグラスはマットを形成し易く、これがマルチ的役割を果たしたものと考えられる。深さ 15 cm ではチモシーとベントグラスが50日～51日、次いでケンタッキーブルーグラスと白クローバーが37日～44日、ラジノクローバー、メドウフェスクはそれ

第8表 被覆作物の種類と土壌溶液中の硝酸態窒素濃度 (ppm)

深 さ	被覆作物の種類	6月16日	7月21日	8月20日	9月17日	10月19日
10cm	白クローバー	97	136	174	28	12
	ラジノクローバー	149	195	122	45	13
	チモシー	6	26	14	6	6
	メドウフェスク	15	—	18	6	4
	ベントグラス	14	—	12	8	3
	ケンタッキーブルーグラス	13	—	21	10	2
	清 耕	60	65	163	8	4
30cm	白クローバー	24	52	195	69	35
	ラジノクローバー	95	64	124	115	21
	チモシー	15	14	14	16	5
	メドウフェスク	10	—	11	7	4
	ベントグラス	20	49	7	5	7
	ケンタッキーブルーグラス	9	22	16	22	2
	清 耕	45	47	81	136	26

第9表 観測期間中²pF 2.7 を越えた日数

深 さ	被覆作物の種類	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
5cm	白クローバー	3	20	12	4	0	0	39
	ラジノクローバー	3	18	16	4	0	0	41
	チモシー	5	16	15	3	0	3	42
	メドウフェスク	2	19	12	2	0	0	35
	ベントグラス	3	5	0	0	0	0	8
	ケンタッキーブルーグラス	0	3	1	0	0	0	4
	清 耕	0	2	1	0	0	0	3
15cm	白クローバー	0	19	14	4	0	0	37
	ラジノクローバー	1	13	13	3	0	0	30
	チモシー	4	23	20	4	0	0	51
	メドウフェスク	2	15	12	3	0	0	32
	ベントグラス	2	21	23	4	0	0	50
	ケンタッキーブルーグラス	0	17	23	4	0	0	44
	清 耕	0	0	0	0	0	0	0
25cm	白クローバー	0	0	0	0	0	0	0
	ラジノクローバー	0	3	12	2	0	0	17
	チモシー	6	10	15	4	0	0	35
	メドウフェスク	0	2	13	2	0	0	17
	ベントグラス	0	2	5	0	0	0	7
	ケンタッキーブルーグラス	0	2	15	4	0	0	21
	清耕	0	0	0	0	0	0	0
35cm	白クローバー	0	0	1	0	0	0	1
	ラジノクローバー	0	0	0	0	0	0	0
	チモシー	0	0	9	4	0	0	13
	メドウフェスク	0	0	12	4	0	0	16
	ベントグラス	0	0	0	0	0	0	0
	ケンタッキーブルーグラス	0	0	12	4	0	0	16
	清 耕	0	0	0	0	0	0	0

² 観測期間は1977年5月1日～10月31日.

それぞれ30日、32日で被覆作物間では少なかったが、清耕の0日に比べるといずれの被覆作物も明らかに多かった。深さ25cmではチモシーが最も多くて35日、次いでケンタッキーブルーグラスが21日、ラジノクローバー、メドウフェスクが17日、ベントグラス7日の順で、白クローバーは清耕と同じでpF 2.7を越えた日がなかった。深さ35cmではチモシー、メドウフェスク、ケンタッキーブルーグラスが13～16日であったが、白クローバーが1日、ラジノクローバーとベントグラスは0日と清耕とほ

ぼ同数であった。

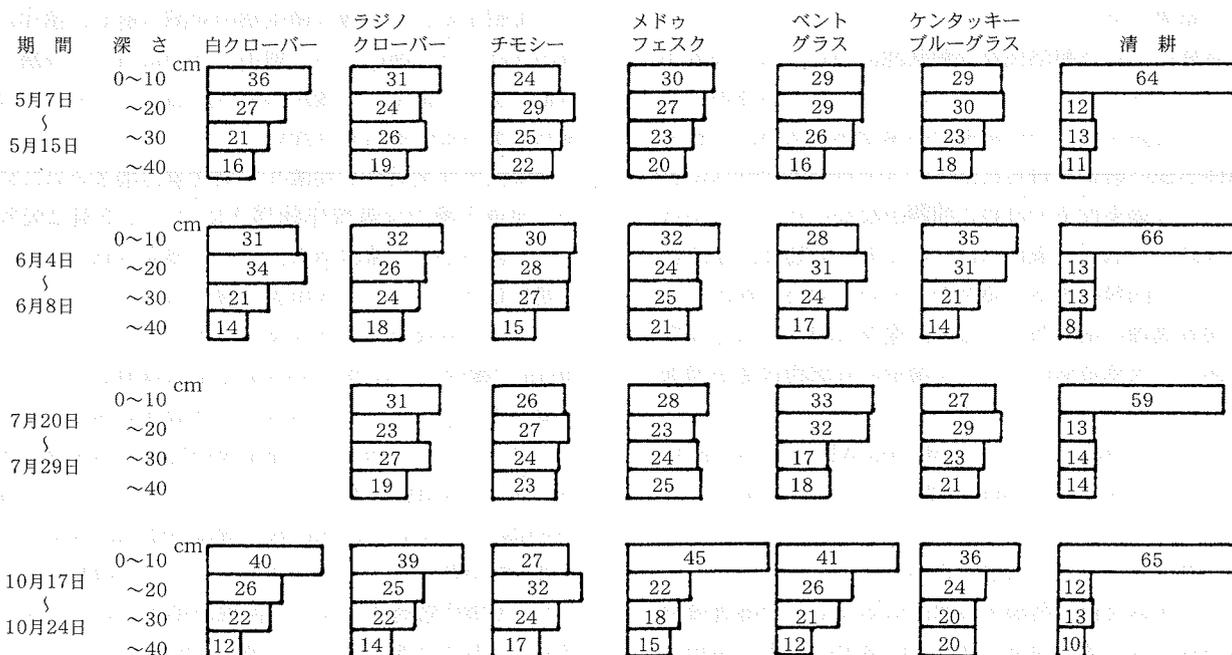
第10表に被覆作物の種類と日消費量、第2図に水分消費割合を示した。

消費水量は清耕区に比べいずれの被覆作物も多い傾向を示した。被覆作物間では調査期間によって傾向が異なったが、全調査期間を通してみるとラジノクローバー、チモシーが他の被覆作物に比べやや多かった。

水分消費割合は清耕が深さ0～10cmで60%以上と表層での消費割合が非常に高く、それ以下の土層では

第10表 被服作物の種類と消費水量 (mm/日)

期 間	白クローバー	ラジノクローバー	チモシー	メドウフェスク	ベントグラス	ケンタッキーブルーグラス	清 耕
5月7日～15日	1.8	2.2	1.7	1.7	2.1	1.6	0.9
6月4日～8日	1.9	2.3	2.4	1.8	2.2	2.0	1.0
7月20日～29日	—	1.3	1.8	1.5	1.0	1.5	1.2
10月17日～24日	0.9	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.7



第2図 被覆作物の種類と水分消費割合 (%)

10%前後の消費割合であったのに対し、被覆作物を導入した場合は清耕に比べて10cm以下での消費割合が多かった。

各被覆作物の消費型は調査時期によって異なったが、チモシーが全層消費型、白クローバーとベントグラスが表層消費型を示した。

5. 考 察

供試した被覆作物6草種の産草量は土壌の種類によっては違いはなかったが、草種間では、イネ科の被覆作物がマメ科に比べて多い産草量で、イネ科の中では草丈の高いメドウフェスク、チモシーが草丈の短いケンタッキーブルーグラスやベントグラスに比べて多かった。

本試験ではマメ科の被覆作物がイネ科のそれに比べて少ない産草量であったが、渋川(1962)は普通畑状態ではマメ科のラジノクローバーの産草量がイネ科のチモシーのそれに比べて多い結果を得ており、本試験の結果と異なった。しかし、渋川(1962)も遮光程度の強い密植リンゴ園では逆にチモシーの産草量がラジノクローバーに比べて多い結果を得ている。本試験区は南側と西側に建物があることから、それらによる遮光の影響も考えられた。また、マメ科のクローバー類は一般的には耐

肥性が弱いとされているが、本試験ではリンゴ園での標準的な施肥量として10a当たりN成分量で15kg相当量を施用しており、この影響も考えられる。実際、本試験で1974年に播種した白クローバーは1976年にはほとんど退化し、裸地状態となった。

被覆作物の根の重量も、産草量と同様に土壌の種類間には差異がなかった。しかし、被覆作物の種類間ではイネ科がマメ科に比べて多く、イネ科の中でも、短身型が長身型に比べて多かった。イネ科の作物の根重量がマメ科のそれに比べて多かったのは地上部の産草量が多かったことから理解できる。しかし、イネ科の中では産草量の多い長身型の被覆作物の根量が短身型の被覆作物に比べて少なかった。これは、短身型のベントグラス、ケンタッキーブルーグラスは地表面、地表面以下に枯死した細根や地下茎によるマット(mat)やソッドバウンド(sod bound)を生成し、これが根重に反映したものと考えられる。

被覆作物の根の垂直分布は、土壌の種類間には差異がなく、7~8割以上が表層の0~10cmに分布した。本試験は木枠へ充てんした土壌での分布調査であり、根の伸展に対する物理的な障害はなく、土壌の種類間に差異がないのは当然とも言える。被覆作物の根の大部分が表

層 0~10 cm に分布することは北口・吉岡 (1988) が火山灰土壌のナシ園で確認しており、山根 (1963) も島根・西村が実施した牧草地の結果を引用している。被覆作物間ではメドウフェスクとベントグラスが 20 cm 以下の下層に分布する割合が幾分多い結果であった。メドウフェスクは根の深い牧草とされていることから、当然の結果はと言えるが、短身型のベントグラスについては予想に反する結果であった。

本試験における耐陰性及び耐踏性については、前者がベントグラスとケンタッキーブルーグラス、後者がレッドトップと白クローバーが強い結果であったが、これらの耐性が弱い結果が得られたペレニアルライグラスにおいても、ほ場条件下では特に問題がなかった。したがって、供試した他の被覆作物についても、耐陰性、耐踏性については問題視する必要がないものと考えられた。

土壌有機物は地力あるいは肥沃度を支配する大きな要因であり、牧草栽培によって土壌中の有機物含量が増加し、土壌中の全炭素、全窒素含量が増加することはよく知られている事実である (Goode and White, 1957; 板倉・白木, 1961; 坂本ら, 1965; 菅原ら, 1982; 笠原・渡辺, 1982)。

本試験においても、被覆作物導入によって土壌中の全炭素、全窒素含量が増加する傾向にあった。土壌有機物の増加量は地上部の刈草と地下部の草根の老化・腐朽によってもたらされるものであるから (加藤, 1983), 被覆作物の産草量や根量、根群の分布によって影響される。本試験結果では、火山灰土壌でケンタッキーブルーグラスの増加量が少ない傾向にあった。しかし、被覆作物播種 2 年後のケンタッキーブルーグラスの産草量はラジノクローバーより多く、播種 4 年後に調査した根重は供試した被覆作物の中で最も多かった。これらのことから、ケンタッキーブルーグラスが他の被覆作物より全炭素、全窒素の増加量が少ないとは考え難く、サンプリング自体に問題があったのか、あるいはまた作物体の分解性に起因するのか、検討を要する。

可給態窒素含量は地力判定上の重要な指標の一つであり、有機態窒素からの無機化量で、土壌中の有機態窒素量と C/N 比、微生物数あるいは活性度に依存する。本試験の場合、両土壌とも、ほとんどの深さにおいて、いずれの被覆作物でも増加した。基質となる有機態窒素の増加が被覆作物によってもたらされた結果と推察される。被覆作物間では火山灰土壌で、ケンタッキーブルーグラスが他の被覆作物に比べ少ない傾向がみられたが、全窒素の増加量が少なかったことから、有機態窒素の増加量が少なかったためと考えられる。しかし、このことがこの草種の特長とは、前述の理由から断定できない。

有効態リン酸含量は沖積土壌では、被覆作物を導入した場合、表層の含量が増加し、下層は減少した。これに

対し、火山灰土壌では被覆作物の導入によって下層では増加したが、表層では減少した。沖積土壌の場合は被覆作物の根によって下層のリン酸が吸収され、地上部の刈草によって表層に還元された結果と解されるが、火山灰土壌でなぜこのような結果が得られたか考察が困難である。ただ、炭酸ガス発生量から微生物活性の高いと判断されるラジノクローバーやチモシーの増加量が多いことから推察すると、下層は微生物の死滅分解した菌体から放出されたリン酸によって増加したのに対し、表層土は施肥によって毎年リン酸が供給されることから、差異が現れなかったのかもしれない。

交換性カリ含量も有効態リン酸含量の場合とほぼ同様で、沖積土壌では被覆作物導入によって下層は吸収によって減少し、表層は刈草によって還元され、カリ含量が増加した。しかし、火山灰土壌ではメドウフェスク、ベントグラス及びケンタッキーブルーグラスが深さ 30~40 cm で減少した以外、他の深さでは増加した。これは沖積土壌と火山灰土壌の透水性と吸着性の違いに起因するものと考えられる。即ち、沖積土壌の場合は透水性が悪いのとカリの吸着性が高いことから、土壌中のカリの移動が少ないのに対して、火山灰土壌は透水性が高く、カリの吸着性が低いことから、清耕ではカリの溶脱が多かったが、被覆作物導入によって溶脱が抑制され、見かけ上増加したものと考えられる。被覆作物の導入によって土壌中の塩類の溶脱が抑制されることは渋谷 (1962) がライシメーターを用いて明らかにしている。ラジノクローバーが沖積土壌では表層のカリ含量の増加が他の被覆作物に比べ低く、また、火山灰土壌では下層の増加量が多かったのは、イネ科牧草に比べて産草量が少なかったことから (第 1 表), 土壌中のカリ養分の吸収量も少なかったものと推定され、そのことがこのような結果をもたらしたものと考えられる。

土壌からの炭酸ガス発生は土壌中の炭酸、重炭酸塩からの発生も一部考えられるが、大部分は有機物の分解生産物であり、有機物の分解作用の測定や土壌微生物活性の指標として利用されることが多い。ここでは微生物活性の指標として被覆作物の種類と炭酸ガス発生量を検討したが、被覆作物導入によって火山灰土壌、沖積土壌、いずれの深さにおいても発生量が高まった。笠原・渡辺 (1982) も砂丘地モモ園において、ライムギ、イタリアンライグラスの草生によって、炭酸ガス発生が高まる結果を得ている。土壌微生物にとって、pH や水分等の環境条件以外に栄養源としての炭素、窒素もまた重要である。本試験では被覆作物導入による土壌有機物増加によって栄養源が多くなり、その活性が高まったものと推察される。草種間では両土壌ともラジノクローバーの発生量が多く、ケンタッキーブルーグラスが少なかったが、これら被覆作物の分解性の難易が関与しているもの

と考える。

草生栽培の最大の欠点は対象作物と被覆作物との養水分競合で、被覆作物の導入によって、土壤中の無機態窒素が低下することはよく知られている(定盛ら, 1955; 板倉・白木, 1961; 渋川, 1962; 北口・吉岡, 1989)。本実験でも土壤溶液中の硝酸態窒素濃度はイネ科の被覆作物導入によって低下した。しかし、マメ科の白クローバー、ラジノクローバーは清耕並の濃度であった。マメ科の被覆作物は窒素競合の面で有利であることは定盛ら(1955)や板倉ら(1965)によっても明らかにされている。

被覆作物導入による水分競合もまた、窒素競合と同様よく知られており、被覆作物の蒸散によって土壤水分含量の低下が助長される(定盛ら, 1955; Goode and White, 1957; 渋川, 1962; 小畑ら, 1976)。しかし、渋川(1962)は窒素競合ほど普遍的なものではなく、気象条件や土壤条件によって生ずることを報告している。また、刈草のマルチ効果により、必ずしも草生によって土壤乾燥が助長されない結果を得た報告もある(北口・吉岡, 1989)。

本試験ではいずれの被覆作物とも清耕に比べて土壤の水分張力 pF 2.7 を越える日数が多かったが、被覆作物間では白クローバーとベントグラスが深さ 25 cm, 35 cm における日数が清耕並に少なく、また、消費水量や水分消費型などをも考慮すると、これらの被覆作物が水分競合の面では有利と判断される。

なお、日消費水量が清耕区で 1 mm 程度、被覆作物導入区が多い時でも 2 mm 前後と全般に少なかったが、この原因は各調査期間のスタート時点の土壤水分張力が pF 2 前後と高かったことによるものと考えられる。

6. 摘要

草生栽培を基本とした土壤管理法では、その被覆作物の特性を把握しておくことが非常に重要になる。そこで、リンゴ園で利用されている数種の被覆作物について

小規模試験を行い、産草量、根重量、根群分布、耐陰性、耐踏性や土壤の化学性、水分消費特性に及ぼす影響を調査した。

1) 産草量はメドウフェスク=チモシー>ケンタッキーブルグラス=ベントグラス>ラジノクローバー>白クローバーの順に多かった。裸地が多かった白クローバーを除いて根重量及び根の垂直分布を調査した結果、根重量はケンタッキーブルグラス \geq ベントグラス>メドウフェスク=チモシー>ラジノクローバーの順に多く、根の垂直分布はラジノクローバー、チモシー及びケンタッキーブルグラスは80%以上深さ0~10 cmに分布したが、メドウフェスクとベントグラスはこれ以下に分布する割合が幾分多かった。

2) 耐陰性はベントグラス、ケンタッキーブルグラスが強く、ルーサン、レッドトップ、白クローバー、ペレニアルライグラスが弱かった。耐踏性はレッドトップ、白クローバーが強く、次いでメドウフェスク、ベントグラス、ケンタッキーブルグラスで、チモシー、ペレニアルライグラス、ラジノクローバーは弱かった。

3) 被覆作物が土壤の化学性に及ぼす影響をみると、被覆作物の導入によって土壤有機物が増加し、土壤中の全炭素、全窒素及び可給態窒素含量が増加したが、被覆作物間の差異は明白でなかった。また、炭酸ガス発生作用も被覆作物の導入によって高まり、被覆作物間ではラジノクローバーが高く、ケンタッキーブルグラスが低かった。

4) リンゴ樹との養水分競合軽減の面から、被覆作物の種類と土壤溶液中の硝酸態窒素濃度並びに土壤水分消費特性を調査した結果、イネ科の被覆作物導入によって土壤中硝酸態窒素濃度は低下したが、マメ科の白クローバー、ラジノクローバーでは濃度低下がみられず、白クローバーとベントグラスは pF 2.7 を越える水分張力を示す日数が中・下層(深さ 25 cm, 35 cm)で少なかった。

III 樹冠下草生導入法の検討

現在、わい性台リンゴ樹の土壤管理法としては、リンゴ樹と被覆作物との養水分の競合を防止するため、樹列間の作業道は草生、樹冠下は清耕状態を維持する、いわゆる部分草生栽培を採用している。しかし、被覆作物の根の作用や根の老化・腐朽による有機物補給など、土壤改良効果を積極的に利用するにはリンゴ樹の根群密度の高い樹冠下にも被覆作物を導入すべきである。そこで、わい性台木の種類や被覆作物の種類、あるいは栽植後被覆作物を樹冠下へ導入するまでの年数を考慮することによって、わい性台樹の樹冠下草生導入が可能であるか否かを検討した。

1. 被覆作物の種類並びに栽植後被覆作物導入までの年数の違いと生育、収量及び果実品質

1) 方法

(1) 試験ほ場と栽植前の土壤改良

試験ほ場は当场1号園(以下黒石ほ場と呼ぶ)と藤崎ほ場である。黒石ほ場は表層が岩木山系黒色火山灰土壌(層厚 60 cm 以上)に覆われ、下層に水積の砂礫土が厚く堆積している。藤崎ほ場は河成沖積土壌で、表層は暗褐色の埴土(層厚 15~35 cm)、下層は微砂質埴土~砂埴土と微砂質埴土~埴土が互層になっており、生育期間の地下水位が 50~90 cm と高い。

1976年10月、栽植前に全園の土壤改良を行った。苦土石灰肥料を 10 a 当たり黒石ほ場は 700 kg、藤崎ほ場は

400kg, 溶成リン肥と稲わら石灰窒素堆肥を両ほ場ともそれぞれ100kg, 2t相当量を施用し, プラウにて30~40cm深耕, ロータリー耕うん機で砕土, 整地した. 植え穴の土壤改良は実施しなかった.

(2) 材料と管理方法

1976年11月, スクリューデガーで直径60cm, 深さ60cmの植え穴を掘り, 1年生'ふじ'を栽植した. 台木の種類は黒石ほ場がMM.106, MM.102及びM.9A, 藤崎ほ場がM.26である.

MM.106及びMM.102台木の栽植距離は第3図に示すように, 樹間, 列間ともMM.106台木は3m, MM.102台木は2.4mの2条植えとした. しかし, その後の生育に伴い, 樹冠が交差し始めたので, MM.102台木は1983年4月, MM.106台木は1984年4月に1樹ごとに間伐した. そのためMM.106台木は樹間6m, MM.102台木は樹間4.8mとなった. 樹形は1986年まで主幹形としたが, 1987年からは2条のうち1条を変則主

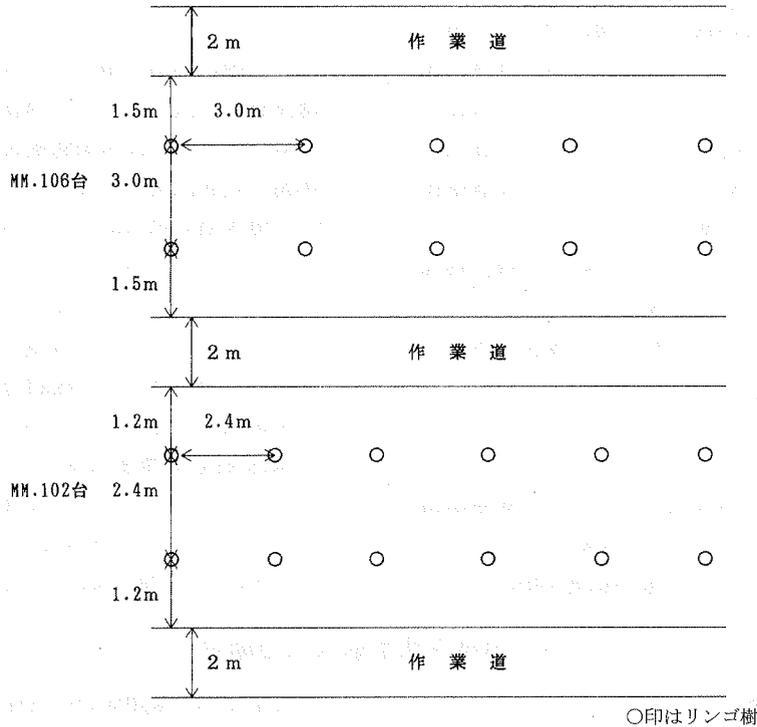
幹形とし, 1988年には主幹形の1条を伐採した.

M.9A台木の栽植距離は樹間2m, 列間4mとした. M.26台木の栽植は樹間2m植えの列と3m植えの列を交互に設定し, 列間は4.5mとした. 樹形は両台木とも細型紡錘形を目標とした.

処理区は被覆作物の種類と栽植後樹冠下へ導入するまでの年数などによって第11表のとおり設定したが, 被覆作物の種類はイネ科牧草の短身型としてベントグラス, 長身型としてチモシー, ペレニアルライグラス, マメ科牧草としてラジノクローバーを選択した. 当初, イネ科牧草の長身型としてチモシーを用いたが, 数年で裸地が多くなったので, ペレニアルライグラスに変更した.

栽植後被覆作物を導入するまでの年数2年は1978年9月に, 5年は1981年9月にそれぞれの被覆作物を樹冠下へ播種した.

1処理区当りの供試樹数は黒石ほ場の場合, 間伐と腐らん病の被害によって試験年数が経過するにつれて減少



第3図 MM.106及びMM.102台木の栽植様式

第11表 台木の種類と処理区

台木の種類 ^x	清耕	ベントグラス		ペレニアルライグラス		ラジノクローバー		
		2年	5年	2年 ^z	5年	2年	5年	5年+かん水 ^y
MM.106	○	○	○			○	○	
MM.102	○	○	○	○	○	○	○	
M.9A	○						○	○
M.26	○		○				○	

^z当初(1978年9月)チモシーを播種したが, 裸地が多くなってきたので, 1981年9月にペレニアルライグラスを播種し直した.

^y深さ10cmに埋設したテンシオメーター示度が水柱で500cmを越えた時, 20mm相当をかん水した.

^xMM.106, MM.102, M.9Aは黒石ほ場, M.26は藤崎ほ場.

し、MM.106 台樹は1983年までは8～10樹、1984年以降は4～5樹、MM.102 台樹は1982年までは13～18樹、1983年～1986年は6～9樹、1987年以降は2～4樹、M.9A 台樹は調査開始年の1982年は10～22樹であったが、調査最終年の1988年には6～14樹に減少した。

藤崎ほ場(M.26 台樹)の1処理区当たり樹数は9～11樹であった。

施肥は栽植翌年の1977年6月に10a当たり窒素成分で2kg相当量を、1978年は10a当たり窒素成分で5kg相当量を基肥(4月)6割、追肥(6月)4割の割合で施用した。ただし、黒石ほ場のMM.102 台樹と藤崎ほ場のM.26 台樹は樹勢が旺盛であったので、無肥料とした。1979年は1978年の雪害によって側枝の折損が非常に多かったことが影響してか全般に樹勢が過強であったので、両ほ場とも無肥料とした。1980年と1981年は10a当たり窒素成分で5kg相当量を、1982年以降試験終了年の1988年まで10kg相当量を施用した。肥料の種類は複合肥料(尿素複合燐加安でN、P₂O₅、K₂Oの成分割合が1978年の基肥まではそれぞれ20%、10%、20%、1978年の追肥からはそれぞれ15%、5%、10%)である。

(3) 調査方法

調査は樹冠下へ被覆作物を播種した翌年から1988年まで実施したが、MM.106 台樹とM.26 台樹については間伐や腐らん病の罹病によって供試樹数が非常に少なくなったので、1986年で中止した。

i) 生育量

生育量として幹の肥大、せん去枝重量、樹の大きさを調査した。

幹の肥大は台木と穂木の接ぎ木部位から20cm高い位置に印を付け、毎年同一部位の幹径を11月の果実収穫後に測定した。せん去枝重量は8月に実施した夏期のせん去枝と翌年3月に実施した冬期のせん去枝を1樹ごとその重量を測定し、含量で示した。樹の大きさは樹の高さと幅(東西、南北の2方向の平均値)を幹径測定と同時期に調査した。

ii) 収量、果実肥大及び果実品質

収量は1樹ごとに収穫し、収穫果の重量を測定して求めた。

黒石ほ場の収穫日は1980年が11月8日、1981年が11月10、11日、1982年が11月5、6日、1983年が11月5、9日、1984年が11月8日、1985年が11月14日、1986年が11月14、15日、1987年が11月13日、1988年が11月14、15日であった。藤崎ほ場の収穫日は1982年が11月5、6日、1983年が11月17～19日、1984年が11月12、13日、1985年が11月11～13日、1986年が17～19日、1987年と1988年が16～18日であった。

果実肥大は収量調査時に1樹ごとの果実数を調査し、一果平均果重量を算出して求めた。

なお、収量には強風などによって収穫近くなって落下した果実も含めたが、一果平均果重量の算出には落果は含めず、収穫果の重量と果数から求めた。

果実品質調査は黒石ほ場の場合MM.102 台樹について、1987年と1988年の2か年、藤崎ほ場は1984年、1985年及び1986年の3か年実施した。調査分析用の果実は収穫直前に、黒石ほ場の場合は1987年が11月12日、1988年が11月11日に、処理供試樹全樹から平均的な果実を1樹当たり12個採取した。藤崎ほ場の場合は1984年が11月10日、1985年が11月8日、1986年が11月15日に各処理区から5樹を選定し、1樹当たり8果を採取した。

調査分析用の果実は重量を測定後、1果当たり赤道部2か所について、マグネステラー型果実硬度計(7/16インチプランジャー)で硬度を測定した。しかし、硬度計の補正が不十分だったためか全般にやや低い示度であったため、とりまとめしなかった。着色程度は果皮のアントシアニンを測定した。即ち、直径0.87cmのコルクボーラーで陽光面の果色が最も濃い部分から1果当たり1片、8～12果で8～12片打ち抜き、これに塩酸-メタノール液(メタノール350mlに濃塩酸10ml加用)15ml加えて3時間浸漬し、抽出液を分光光度計で吸光度(10mm×10mm×45mmのキューベットを使用)を測定して求めた。屈折計示度とリンゴ酸含量の測定には、可食部の一部を家庭用ジューサーで果汁を取り、ろ紙でろ過した液を用いた。屈折計示度の測定には屈折糖度計を用い、リンゴ酸は一定量のろ液を0.1N-NaOH溶液で滴定して、果汁100ml当たりのリンゴ酸含量に換算した。

2) 結果

(1) 生育量

i) 幹の肥大

幹の肥大状況は第12、13表に示すとおりである。

MM.106 台樹とM.9A 台樹は各調査年とも処理区間に統計的に有意な差異はなかった。即ち、MM.106 台樹はイネ科短身型のベントグラス、マメ科のラジノクローバーを栽植2年後、5年後に樹冠下に導入しても幹の肥大抑制はみられず、M.9A 台樹も栽植5年後にラジノクローバーを樹冠下に導入しても幹の肥大抑制はみられなかった。

MM.102 台樹ではベントグラスを栽植2年後に導入した場合、翌々年から3年間、清耕区に比べて幹径が小さかったが、栽植5年後に導入した場合は清耕区との間に差異がなかった。ペレニアルライグラスの場合は栽植2年後導入区ではほとんどの調査年で清耕区に比べて小さい幹径であったが、栽植5年後導入区では清耕区との間に有意差がなかった。ラジノクローバーの場合もペレニアルライグラスと同様な傾向であった。

M.26 台樹の場合も、処理区間に有意差がみられたのは栽植5年後に牧草を播種した翌年の1982年のみで、そ

第12表 栽植後樹冠下へ被覆作物を導入するまでの年数と幹の肥大—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	幹 径 (cm)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	4.5	6.4	8.0	9.9	11.5	13.3	14.5	15.9	—	—
	ベントグラス2年	4.5	6.1	7.6	9.2	9.9	11.5	12.9	14.3	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	9.1	10.4	11.4	12.7	13.7	—	—
	ラジノクローバー2年	4.5	6.0	7.3	9.3	10.5	12.1	13.6	15.0	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	9.6	10.6	12.4	13.3	14.9	—	—
	有 意 性	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	5.7a	7.3a	8.5a	10.1a	11.0	12.3ab	13.5ab	14.4a	15.4ab	16.7a
	ベントグラス2年	5.2ab	6.6bc	7.3b	8.8bc	10.1	11.0bc	12.4bc	13.4ab	16.1a	16.8a
	ベントグラス5年	—	—	—	9.6ab	11.1	13.0a	14.9a	15.4a	17.1a	18.3a
	ペレニアルライグラス2年	4.6b	6.0c	6.8b	8.1c	9.0	10.0c	10.9c	12.0b	12.8bc	13.6b
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	9.6ab	10.3	11.3bc	12.9ab	14.0ab	15.5a	15.6ab
	ラジノクローバー2年	5.1b	6.4bc	7.6b	9.0bc	9.6	10.4c	11.0c	11.9b	12.4c	13.8b
	ラジノクローバー5年	—	—	—	9.5ab	11.0	12.1a	13.7ab	14.6a	16.2a	17.6a
	有 意 性 ^z	**	***	***	***	NS	*	**	*	*	*
M.9A	清 耕	—	—	—	6.6	7.2	8.1	8.7	9.4	9.8	10.2
	ラジノクローバー5年	—	—	—	6.4	7.2	8.6	9.1	9.7	10.3	10.5
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	6.4	7.4	8.5	9.3	9.8	10.5	11.0
	有 意 性	—	—	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第13表 樹冠下への被覆作物導入と幹の肥大(幹径 cm) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	6.9	7.5	7.6	8.4	8.3	9.4	9.1	9.9	9.7	11.0
	ベントグラス5年	6.0	6.4	7.3	7.5	8.0	8.1	9.2	8.8	9.5	9.8
	ラジノクローバー5年	6.4	6.7	7.4	7.4	8.3	8.1	8.8	8.9	9.7	10.0
	有 意 性 ^y	処理区間		*		NS		NS		NS	
		栽植距離間		NS		NS		NS		NS	

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y Δ, *はそれぞれ10%, 5%水準.

れ以外の調査年では有意差がみられなかった.

ii) せん去枝重量

樹冠下への被覆作物導入がせん去枝重量に及ぼす影響は第14, 15表に示すとおりである.

MM. 106 台樹の場合, 単年度での処理区間差異は明確でなかったが, 栽植5年後の処理が開始した1982年以降の累積値では, 栽植後被覆作物導入までの年数にかかわらず, 樹冠下への導入によって, せん去枝重量が少なくなった. MM. 102 台樹の場合は調査10か年中6か年で処理区間に有意差がみられ, いずれの被覆作物も栽植2年後の導入では少ない傾向にあり, 特にペレニアルライグラス, ラジノクローバーで少なかった. 1982年以降の累積値では清耕区に比べて, ベントグラスとラジノクローバーは栽植2年後の導入区で少なく, ペレニアルライグラスでは栽植2年後のみならず栽植5年後の導入区においても有意に低かった. M. 9A 台樹の場合は調査7か年中4か年で有意差があり, 栽植5年後のラジノクローバー導入区が清耕区に比べて少なく, 累積値においても同様であった. しかし, かん水の実施によって清耕

区との間の差異は消失した.

M. 26 台樹の場合は1982年から1986年の5か年のうち, 処理区間に差異がみられなかったのは1985年のみで, それ以外の4か年は清耕区に比べて, 栽植5年後に樹冠下にベントグラス導入, ラジノクローバー導入の両区が少ないせん去枝重量であり, 1982年から1986年までの5か年の累積重量も清耕区に比べて被覆作物導入区が少なかった.

iii) 樹の大きさ

樹の大きさとしての樹高, 樹幅は第16~19表に示すとおりである.

樹高の場合, MM. 106 台樹, M. 9A 台樹では処理区間に有意差がなかった. MM. 102 台樹ではペレニアルライグラス2年区, ラジノクローバー2年区は清耕区に比べて樹高が低い傾向にあった. ベントグラス2年区は被覆作物導入後7年間は清耕区に比べて低い傾向にあったが, その後は差異がなかった. 栽植5年後に導入した場合は, 導入後1年間は清耕区に比べていずれの被覆作物でも低かったが, その後は清耕区との間に差異がな

第14表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数とせん去枝重量—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	せん去枝重量 (kg)										1982年以降の累積値
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
MM.106	清 耕	1.2	4.5	6.3	6.8	13.9	10.1	25.8	—	—	—	56.6a
	ベントグラス2年	0.9	3.0	5.0	4.7	8.6	7.9	15.9	—	—	—	37.1b
	ベントグラス5年	—	—	—	4.3	8.7	8.9	15.8	—	—	—	37.7b
	ラジノクローバー2年	0.8	3.6	4.6	3.8	8.6	8.2	17.9	—	—	—	38.5b
	ラジノクローバー5年	—	—	—	5.5	9.8	8.5	21.9	—	—	—	45.7b
	有意性 ^z	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	—	—	—	***
MM.102	清 耕	1.4	5.1a	8.5a	5.2	11.7	9.2a	25.2	24.3a	11.2	24.2a	111.0a
	ベントグラス2年	1.3	3.6ab	4.2b	4.3	10.4	7.0ab	21.6	26.5a	10.7	11.6b	92.1b
	ベントグラス5年	—	—	—	5.3	11.3	8.9a	23.9	23.6a	14.3	25.1a	112.4a
	ペレニアルライグラス2年	1.2	2.6b	3.8b	2.6	6.8	4.4b	13.9	11.0b	10.1	10.9b	59.7c
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	3.6	8.2	7.3ab	18.7	21.3a	16.3	15.5ab	90.9b
	ラジノクローバー2年	1.4	4.1ab	6.1ab	2.8	8.4	4.1b	11.6	9.8b	7.2	10.9b	54.8c
	ラジノクローバー5年	—	—	—	4.6	10.5	8.9a	21.9	22.7a	16.0	21.5ab	106.1ab
有意性 ^z	NS	*	***	△	NS	*	NS	**	NS	*	***	
M.9A	清 耕	—	—	—	1.8	5.1a	2.5	5.7	4.9	4.6a	4.2	28.8a
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.6	2.5b	1.1	4.1	4.9	2.3b	3.4	19.9b
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	1.8	4.2a	2.4	7.0	6.8	5.3a	4.8	32.3a
	有意性 ^z	—	—	—	NS	*	△	△	NS	*	NS	***

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第15表 樹冠下への被覆作物導入とせん去枝重量 (kg) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986		累積せん去枝重量	
		2m ²	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	0.7	1.7	5.2	6.0	3.5	3.6	4.7	7.1	11.3	15.4	25.4	33.8
	ベントグラス5年	0.5	1.1	3.2	3.8	2.3	2.7	3.5	5.7	9.2	9.4	18.7	22.7
	ラジノクローバー5年	0.8	0.5	3.8	4.7	3.1	2.4	4.1	6.5	8.0	11.2	19.8	25.3
	有意性 ^y	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	処理区間	*	—	△	—	△	—	△	—	**	—	**	—
	栽植距離間	*	—	NS	—	NS	—	*	—	*	—	**	—

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

第16表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と樹高—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	樹高 (m)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	—	3.6	4.21	4.27	4.32	4.54	4.53	4.88	—	—
	ベントグラス2年	—	3.1	4.06	4.24	4.04	4.44	4.28	4.69	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	4.23	4.11	4.51	4.60	4.79	—	—
	ラジノクローバー2年	—	3.46	4.02	4.23	4.32	4.53	4.36	4.76	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	4.32	4.26	4.49	4.56	4.91	—	—
	有意性 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	—	4.03a	4.52	4.73a	4.41	4.68a	4.63	4.95	4.85	4.75a
	ベントグラス2年	—	3.72b	4.36	4.35bc	3.96	4.16bc	4.36	4.75	4.73	4.65ab
	ベントグラス5年	—	—	—	4.35bc	4.24	4.57a	4.60	4.94	4.74	4.88a
	ペレニアルライグラス2年	—	3.59b	4.03	4.11c	4.28	4.13bc	4.39	4.61	4.51	4.08cd
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	4.45b	4.01	4.40ab	4.53	5.02	4.61	4.57abc
	ラジノクローバー2年	—	3.76ab	4.28	4.45b	4.01	4.03c	4.21	4.67	4.19	3.84d
	ラジノクローバー5年	—	—	—	4.41b	4.27	4.50a	4.54	4.84	4.80	4.70a
有意性 ^z	—	*	△	**	NS	***	△	NS	NS	**	
M.9A	清 耕	—	—	—	3.62	3.80	3.70	3.90	4.37	4.45	4.49
	ラジノクローバー5年	—	—	—	3.28	3.73	3.43	3.92	4.18	4.44	4.22
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	3.46	3.66	3.67	3.78	4.14	4.30	4.34
	有意性	—	—	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第17表 樹冠下への被覆作物導入と樹高 (m) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	3.18	3.35	3.35	3.61	3.55	3.68	4.05	3.88	4.18	4.10
	ベントグラス5年	3.05	2.97	3.48	3.52	3.49	3.67	4.03	3.82	3.78	3.87
	ラジノクローバー5年	3.13	3.05	3.61	3.71	3.65	3.77	4.06	3.97	3.88	3.79
	有意性 ^y										
	処理区間		*		NS		NS		NS		NS
	栽植距離間		NS		NS		NS		*		NS

^z2m, 3m は樹間距離.

^y*は5%水準.

第18表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と樹幅—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	樹 幅 (m)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕		3.07	3.44	3.43	4.30	4.62	5.18	4.89	—	—
	ベントグラス2年		2.81	3.28	3.28	4.03	4.36	5.20	5.44	—	—
	ベントグラス5年		—	—	3.27	3.91	4.21	4.99	4.90	—	—
	ラジノクローバー2年		2.76	3.09	3.54	3.91	4.52	4.89	4.79	—	—
	ラジノクローバー5年		—	—	3.41	4.08	4.77	5.02	4.67	—	—
	有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	—	3.00a	3.35	3.48a	4.38a	4.40a	5.10a	5.12	4.88abc	5.59
	ベントグラス2年	—	2.84ab	3.23	3.17b	4.05abc	3.89b	4.57bcd	4.81	5.05ab	5.79
	ベントグラス5年	—	—	—	3.20b	4.35a	4.57a	5.27a	5.21	5.57a	6.23
	ペレニアルライグラス2年	—	2.61b	3.03	2.90c	3.64c	4.13b	4.52cd	4.55	4.26cd	4.61
	ペレニアルライグラス5年	—	2.79ab	—	3.13bc	3.84bc	4.40a	5.02abc	4.78	4.80bcd	5.16
	ラジノクローバー2年	—	—	3.13	3.18b	3.87bc	4.03b	4.33d	4.41	4.11d	5.08
ラジノクローバー5年	—	—	—	3.24b	4.22ab	4.50a	5.15a	5.15	5.46ab	6.01	
	有意性 ^z	—	*	△	**	*	***	*	NS	*	NS
M.9A	清 耕	—	—	—	2.78	3.06a	2.86a	3.00	3.10	2.94a	3.18
	ラジノクローバー5年	—	—	—	2.44	2.70b	2.49b	3.06	3.06	2.58b	2.93
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	2.61	2.90ab	2.93a	2.97	3.18	2.89a	3.04
	有意性 ^z	—	—	—	NS	*	*	NS	NS	*	NS

^z△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第19表 樹冠下への被覆作物導入と樹幅 (m) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	2.82	2.94	2.98	3.68	2.82	3.29	3.19	3.77	3.22	3.49
	ベントグラス5年	2.43	2.65	2.79	2.90	2.95	3.23	3.04	3.45	2.97	3.44
	ラジノクローバー5年	2.43	2.49	2.92	2.94	3.05	3.49	3.04	3.66	2.96	3.63
	有意性 ^y										
	処理区間		*		***		NS		**		NS
	栽植距離間		△		***		***		***		***

^z2m, 3m は樹間距離.

^y△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

かった. M. 26 台樹の場合も, 栽植5年後にベントグラス, ラジノクローバーを導入したが, 清耕区との間に差異があったのはMM. 102 台樹と同様導入1年後だけで, その後は清耕区との間に差異がなかった.

樹幅の場合, MM. 106 台樹は処理区間に有意差がみられなかった. MM. 102 台樹はペレニアルライグラス2年区, ラジノクローバー2年区が清耕区に比べて狭い傾向を示した. ベントグラス2年区は被覆作物導入7年後ころまでは清耕区より狭い傾向を示したが, その後は差異がなかった. 栽植5年後に導入した場合はベントグラスとラジノクローバーで導入後1年間, ペレニアルラ

イグラスで導入後2年間清耕区に比べて狭かったが, その後は有意差がなかった. M. 9A 台樹は栽植5年後にラジノクローバーを導入したが, 清耕区より樹幅が狭い傾向を示した. しかし, これにかん水を組み合わせた区では清耕区との間に差異はなかった. M. 26 台樹は栽植5年後にベントグラス, ラジノクローバーを導入したが, いずれの被覆作物でも清耕区に比べて狭い傾向にあった.

(2) 収量, 果実肥大及び果実品質

i) 収 量

調査年ごとの1樹当たり収量並びに1982年(栽植5年

第20表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と1樹当たり収量—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	重量 (kg/樹)										1982年以降の累積値
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
MM.106	清 耕	—	1.5	6.7	6.1	32.8	18.5	62.3	58.0	—	—	177.7
	ベントグラス2年	—	1.1	7.7	3.5	28.0	18.0	43.6	46.7	—	—	139.8
	ベントグラス5年	—	—	—	6.3	37.0	28.7	39.0	74.5	—	—	185.5
	ラジノクローバー2年	—	1.8	11.2	5.5	32.4	21.3	56.3	75.4	—	—	190.9
	ラジノクローバー5年	—	—	—	5.7	28.1	23.6	45.6	66.7	—	—	169.7
	有意性	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	—	4.2	18.3	1.4c	39.0	30.9	33.7	81.3	52.8	96.6ab	335.7ab
	ベントグラス2年	—	3.5	14.2	5.0ab	45.1	34.1	33.1	58.5	53.3	66.7b	295.8bcd
	ベントグラス5年	—	—	—	4.3ab	36.4	33.2	53.1	75.5	60.0	131.2a	393.7a
	ペレニアルライグラス2年	—	5.9	14.4	6.2a	38.7	29.6	38.8	59.5	61.0	56.3b	290.1cd
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	2.3bc	28.1	27.8	28.7	50.1	43.6	85.7ab	266.3d
	ラジノクローバー2年	—	5.3	17.5	2.2bc	37.0	26.8	38.1	60.4	57.0	104.0ab	325.5bc
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.3c	28.3	32.8	26.7	65.8	47.4	99.1ab	301.4bcd
有意性 ^z	—	NS	NS	**	NS	NS	NS	△	NS	*	***	
M.9A	清 耕	—	—	—	15.6a	33.8	30.7	43.7	42.0	37.9	45.8	249.5a
	ラジノクローバー5年	—	—	—	14.2ab	26.8	22.5	44.7	35.9	33.4	43.5	221.0b
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	10.0b	33.5	26.0	44.3	36.9	37.9	39.8	228.4ab
	有意性 ^z	—	—	—	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第21表 樹冠下への被覆作物導入と1樹当たり収量 (kg) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	重量 (kg)										累積収量	
		1982		1983		1984		1985		1986			
		2m ^z	3m	2m	3m								
M.26	清 耕	17.3	16.1	32.6	51.3	22.6	28.7	39.0	69.2	34.4	51.7	145.9	217.0
	ベントグラス5年	11.4	18.1	26.4	26.1	20.6	30.3	44.2	55.8	36.4	43.0	139.0	173.3
	ラジノクローバー5年	10.0	15.6	28.0	38.7	20.9	33.0	46.1	69.9	32.5	57.2	137.5	214.4
	有意性 ^y	処理区間		NS		**		NS		NS		NS	
	栽植距離間		*		*		***		***		***		

^z 2m, 3mは樹間距離。

^y *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準。

後の処理開始年)以降の累積収量を第20, 21表に示した。

MM. 106 台樹の各調査年の1樹当たり収量は樹冠下の被覆作物の種類並びにそれら導入までの年数の違いによる有意な差はなかった。1982年以降の累積収量もベントグラスを栽植2年後に導入した場合、清耕区に比べて低い値を示したが、供試樹間の変動が大きく、その差は有意ではなかった。

MM. 102 台樹の場合、単年度ごとの1樹当たり収量は1982年にベントグラス2年と5年及びペレニアルライグラス2年の3区が清耕区に比べて多かった以外、いずれの調査年も清耕区との間に差異がなかった。しかし、1982年以降の累積収量でみると、ベントグラス並びにラジノクローバーを導入した場合は栽植後導入までの年数に関わらず、清耕区との間に差異がなかったものの、ペレニアルライグラスの場合は2年、5年区とも清耕区に比べて有意に低かった。

M. 9A 台樹の場合、単年度の比較では栽植5年後にラジノクローバーを樹冠下に導入しても清耕区に比べてほとんど差異がなかったが、1982年以降の累積収量では

低かった。しかし、水分競合を緩和するためにかん水を組み合わせた場合は清耕区との間に有意差はなかった。

M. 26 台樹では1982年から1986年の5か年のうち、処理区間に有意差がみられたのは1983年のみで、その他の年では差異がなく、5か年の累積収量においても処理区間に有意差がなかった。

ii) 果実肥大

樹冠下への被覆作物の導入が果実肥大に及ぼす影響を把握するために各処理区の一果平均重量を示したのが第22, 23表である。

MM. 106 台樹の場合はいずれの調査年においても、処理区間に有意差はなかった。

MM. 102 台樹の場合、処理区間に有意な差異がみられた調査年もあったが、清耕区との間にはいずれの処理区も有意差がなかった。

M. 9A 台樹の場合、1986年にはラジノクローバー5年区が清耕区に比べて一果平均重量が有意に小さく、その他の調査年においても、統計的に有意差がなかったものの、低い値を示す年が多かった。しかし、かん水を組

第22表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と果実肥大—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	一果平均重量 (g)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	—	—	220	264	327	271	290	320	—	—
	ベントグラス2年	—	—	230	219	326	257	273	318	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	226	337	257	280	319	—	—
	ラジノクローバー2年	—	—	223	261	327	264	301	331	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	278	321	248	285	337	—	—
	有意性	—	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	—	—	216	202	320ab	245	255	309	277	262
	ベントグラス2年	—	—	216	236	345a	250	262	317	312	298
	ベントグラス5年	—	—	—	243	334a	253	268	314	293	284
	ペレニアルライグラス2年	—	—	211	220	313ab	238	251	300	280	264
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	182	290b	229	244	297	281	255
	ラジノクローバー2年	—	—	212	195	329a	243	275	321	289	283
ラジノクローバー5年	—	—	—	205	310ab	234	254	315	284	271	
有意性 ^z	—	—	NS	△	**	NS	NS	NS	NS	△	
M.9A	清 耕	—	—	—	281	356	265ab	287	347a	309	255b
	ラジノクローバー5年	—	—	—	268	340	245b	277	322b	303	262a
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	262	337	273a	306	355a	325	269a
	有意性 ^z	—	—	—	NS	NS	*	△	**	△	*

^z △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第23表 樹冠下への被覆作物導入と果実の肥大 (一果平均重量g) —藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ²	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	381	358	316	314	262	267	330	320	368	355
	ベントグラス5年	328	327	287	304	246	245	315	319	342	354
	ラジノクローバー5年	327	361	297	351	256	250	313	307	334	349
	有意性 ^y			NS	NS	**		NS		NS	
	処理区間 栽植距離間			NS	*	NS		NS		NS	

^z 2m, 3mは樹間距離。

^y *, **はそれぞれ5%, 1%水準。

み合わせることによって、樹冠下への被覆作物導入による肥大抑制は解消された。

M.26台樹では1982年から1986年の5か年の間、処理区間に有意差があったのは1984年のみで、清耕区に比べてベントグラス5年区の一果平均重量が小さかったが、それ以外の調査年では差異がなかった。

iii) 果実品質

1987年と1988年の2か年間、MM.102台樹について調査した結果は第24表に、1984年から1986年の3か年間、M.26台樹について調査した結果は第25表に示すとおりである。

MM.102台樹の場合、処理区間に有意差があったのは1987年のリンゴ酸含量だけであった。1987年のリンゴ酸含量は清耕区が高く、被覆作物導入区はその種類や導入年に関わらず低かった。

M.26台樹の場合、処理区間に有意差があったのは1984年の蜜入り程度と着色程度、1986年の着色程度だけで、1984年の蜜入り程度が清耕区、ベントグラス5年区に比べてラジノクローバー5年区で低く、着色程度はベ

ントグラス5年区に比べて、清耕区、ラジノクローバー5年区が低かった。1986年のアントシアニンの吸光度は清耕区に比べて被覆作物導入区が高かった。

2. 被覆作物の種類並びに栽植後被覆作物導入までの年数と葉中無機成分

1) 方法

試験1.の生育、収量調査に供試した樹から毎年7月末に1樹当たり、目通りの新しょう10本から中央葉を1枚ずつ計10枚採取し、全葉を分析に供試した。

分析方法は窒素がマイクロケルダール法、その他の成分は電気炉にて乾式灰化後、塩酸(1:1)で溶解し、定容とした溶液につき、リンはバナドモリブデン酸比色法、カリ、カルシウム及びマグネシウムは原子吸光法で定量した。

2) 結果

(1) 葉中窒素

調査年ごとの葉中窒素含有率を示すと第26, 27表のとおりである。

第24表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数とふじ/MM. 102 の果実品質—黒石ほ場

調査年	被覆作物と樹冠下導入までの年数	供試果重 (g)	屈折計示度 (%)	リンゴ酸 (g/100ml)	蜜入り程度	着色程度 ^z (吸光度)
1987	清 耕	296	13.7	0.42a	2.9	0.25
	ベントグラス 2年	320	13.5	0.35b	2.5	0.25
	ベントグラス 5年	307	13.4	0.38b	2.4	0.20
	ペレニアルライグラス 2年	315	13.7	0.35b	2.8	0.26
	ペレニアルライグラス 5年	305	13.5	0.36b	2.7	0.23
	ラジノクローバー 2年	313	13.7	0.35b	2.7	0.28
	ラジノクローバー 5年	306	13.3	0.37b	2.6	0.23
	有意性 ^y	—	NS	*	NS	NS
1988	清 耕	273	14.7	0.43	2.5	0.32
	ベントグラス 2年	321	14.6	0.42	3.2	0.38
	ベントグラス 5年	298	14.3	0.41	2.7	0.32
	ペレニアルライグラス 2年	275	14.9	0.42	2.6	0.33
	ペレニアルライグラス 5年	263	14.5	0.41	2.8	0.32
	ラジノクローバー 2年	295	14.7	0.39	2.4	0.38
	ラジノクローバー 5年	281	14.6	0.42	2.7	0.31
	有意性	—	NS	NS	NS	NS

^z 果皮12片 (1片 0.59cm²) に抽出液 15ml 加えたときの吸光度。

^y *は5%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり。

第25表 栽植後樹冠下への被覆作物導入とふじ/M. 26 の果実品質—藤崎ほ場

調査年	被覆作物と樹冠下導入までの年数	供試果重 (g)	屈折計示度 (%)	リンゴ酸 (g/100ml)	蜜入り程度	着色程度 ^z (吸光度)
1984	清 耕	285	15.2	0.53	2.3a	0.31
	ベントグラス 5年	271	15.6	0.52	2.1a	0.36
	ラジノクローバー 5年	267	15.2	0.56	1.7b	0.32
		有意性 ^y	—	NS	NS	*
1985	清 耕	340	15.3	0.46	1.6	0.25
	ベントグラス 5年	336	15.1	0.43	1.6	0.24
	ラジノクローバー 5年	316	14.9	0.45	1.6	0.24
		有意性	—	NS	NS	NS
1986	清 耕	362	14.5	0.42	2.2	0.29b
	ベントグラス 5年	363	14.7	0.40	2.6	0.36a
	ラジノクローバー 5年	353	14.4	0.38	2.2	0.34a
		有意性 ^y	—	NS	NS	NS

^z 果皮12片 (1片 0.59cm²) に抽出液 15ml 加えたときの吸光度。

^y △, *はそれぞれ10%, 5%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり。

第26表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と葉中N含有率—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	N含有率 (%)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	3.25a	3.13	2.74	2.92a	2.89a	2.80	2.80a	2.91	—	—
	ベントグラス 2年	3.00b	3.01	2.68	2.66b	2.72b	2.57	2.60b	2.84	—	—
	ベントグラス 5年	—	—	—	2.59b	2.60b	2.73	2.51b	2.72	—	—
	ラジノクローバー 2年	3.15ab	2.94	2.72	2.72b	2.72b	2.64	2.55b	2.79	—	—
	ラジノクローバー 5年	—	—	—	2.66b	2.64b	2.70	2.58b	2.79	—	—
		有意性 ^z	*	△	NS	***	**	NS	*	NS	—
MM.102	清 耕	3.32a	3.09a	2.8a	2.78a	2.78a	2.76a	2.66	2.81	2.82	2.78
	ベントグラス 2年	2.76c	2.86b	2.55b	2.46cde	2.61abc	2.68ab	2.52	2.74	2.91	2.84
	ベントグラス 5年	—	—	—	2.51bc	2.58bc	2.64abc	2.59	2.83	2.80	2.73
	ペレニアルライグラス 2年	2.68c	2.66c	2.60b	2.33e	2.42bc	2.54c	2.48	2.76	2.82	2.63
	ペレニアルライグラス 5年	—	—	—	2.37de	2.34c	2.55c	2.52	2.71	2.78	2.69
	ラジノクローバー 2年	2.91b	2.87b	2.75a	2.48bcd	2.59abc	2.62bc	2.54	2.74	2.78	2.85
	ラジノクローバー 5年	—	—	—	2.61b	2.51bc	2.70ab	2.51	2.89	2.87	2.88
		有意性 ^z	***	***	***	***	**	*	△	NS	NS
M.9A	清 耕	—	—	—	2.82a	2.65a	2.92a	2.67	2.97a	2.93	2.81
	ラジノクローバー 5年	—	—	—	2.67b	2.49b	2.67b	2.55	2.72c	2.85	2.71
	ラジノクローバー 5年+かん水	—	—	—	2.74ab	2.62a	2.87a	2.69	2.88b	2.97	2.79
		有意性 ^z	—	—	—	*	*	***	NS	***	NS

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり。

第27表 樹冠下への被覆作物導入と葉中N含有率(%)—藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	2.60	2.67	2.60	2.64	2.97	2.85	2.55	2.72	2.72	2.89
	ベントグラス5年	2.67	2.51	2.40	2.48	2.61	2.64	2.35	2.47	2.76	2.63
	ラジノクローバー5年	2.46	2.67	2.45	2.56	2.76	2.72	2.35	2.53	2.74	2.72
	有意性 ^y	NS		*		***		***		NS	
	処理区間 栽植距離間	NS		△		NS		**		NS	

^z 2m, 3m は樹間距離。

^y △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。

第28表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と葉中P含有率—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	P含有率(%)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	0.25b	0.23b	0.21b	0.21	0.23	0.21	0.18	0.21	—	—
	ベントグラス2年	0.33a	0.31a	0.24a	0.25	0.23	0.19	0.17	0.21	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	0.22	0.26	0.24	0.20	0.22	—	—
	ラジノクローバー2年	0.25b	0.22b	0.20b	0.25	0.25	0.21	0.17	0.19	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	0.21	0.21	0.20	0.17	0.19	—	—
	有意性 ^z	***	**	**	△	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	0.23	0.21b	0.21b	0.21b	0.22c	0.18	0.18	0.19	0.22	0.19
	ベントグラス2年	0.22	0.33a	0.25a	0.28a	0.24bc	0.20	0.20	0.22	0.18	0.17
	ベントグラス5年	—	—	—	0.24b	0.26bc	0.19	0.17	0.19	0.20	0.19
	ペレニアルライグラス2年	0.26	0.23b	0.22b	0.21b	0.27ab	0.20	0.18	0.20	0.20	0.20
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	0.24b	0.31a	0.22	0.19	0.21	0.19	0.18
	ラジノクローバー2年	0.26	0.21b	0.21b	0.24b	0.24bc	0.19	0.16	0.20	0.22	0.21
	ラジノクローバー5年	—	—	—	0.23b	0.24bc	0.20	0.17	0.20	0.22	0.22
	有意性 ^z	△	***	*	**	**	NS	△	NS	NS	NS
M.9A	清 耕	—	—	—	0.20	0.19b	0.18	0.17	0.21	0.18b	0.19
	ラジノクローバー5年	—	—	—	0.22	0.22a	0.17	0.19	0.24	0.21a	0.19
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	0.20	0.19b	0.19	0.18	0.22	0.20a	0.21
	有意性 ^z	—	—	—	NS	***	NS	NS	NS	*	NS

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第29表 樹冠下への被覆作物導入と葉中P含有率(%)—藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	0.23	0.19	0.22	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.22	0.20
	ベントグラス5年	0.38	0.39	0.33	0.36	0.20	0.21	0.21	0.23	0.28	0.26
	ラジノクローバー5年	0.46	0.42	0.35	0.21	0.22	0.19	0.24	0.18	0.32	0.21
	有意性 ^y	***		***		NS		***		**	
	処理区間 栽植距離間	*		*		NS		**		**	

^z 2m, 3m は樹間距離。

^y *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準。

MM. 106 台樹の場合、1979年から1986年の調査年のうち、1979年、1980年、1982年、1983年及び1985年は処理区間に有意差があり、清耕区に比べて被覆作物導入区が被覆作物の種類、栽植後の導入年の違いに関わらず低い含有率であった。

MM. 102 台樹の場合、1979年から1988年の10か年の調査のうち、1985年までの7年間は処理区間に有意差があり、被覆作物の種類、導入年により影響を受けた年数が異なったが、清耕区に比べて被覆作物導入区の含有率が低い傾向にあった。即ち、短身型のベントグラスでは

栽植2年後に導入した場合は播種翌年の1979年から1982年までの4か年間、栽植5年後に導入した場合は播種翌年の1982年と翌々年の1983年が清耕区に比べて低い含有率であった。長身型のペレニアルライグラスでは栽植2年後に導入した場合は播種翌年の1979年から1985年までの7年間、栽植5年後に導入した場合は播種翌年の1982年から1984年までの3か年間、清耕区に比較して低い含有率で、ペレニアルライグラスの場合その影響の程度が大きく、3種類の被覆作物中最も低い含有率であった。ラジノクローバーでは栽植2年後に導入した場合、1979

年, 1980年, 1982年及び1984年の4か年, 5年後に導入した場合は1982年と1983年の2か年が清耕区に比べて低い含有率であった。

M. 9A 台樹ではラジノクローバーを栽植5年後に導入したが, 導入後5年間は清耕区に比較して導入区が低い含有率であった。しかし, その後は清耕区との間に有意な差異がなくなった。また, 樹冠下草生にかん水を組み合わせることによって, 清耕区との含有率の差異はほとんどなくなった。

M. 26 台樹では1982年から1986年の5か年中, 1982年と1986年の2か年は処理区間に有意差がなかったが, 1983年から1985年の3か年は清耕区に比べて, ベントグラス5年区, ラジノクローバー5年区が有意に低かった。

(2) 葉中リン

調査年ごとの葉中リン含有率を示すと第28, 29表のとおりである。

MM. 106 台樹は栽植2年後のベントグラス導入区が導入翌年の1979年から4年間, MM. 102 台樹も栽植2年後のベントグラス導入区が導入翌々年の1980年から3

年間, 清耕区に比べて有意に高い含有率であった。しかし, その後は清耕区との差異が消失した。その他の処理区では1983年に栽植2年後及び5年後のペレニアルライグラス導入区が清耕区に比べて有意に高かった以外は差異がなかった。

M. 9A 台樹では1983年に栽植5年後のラジノクローバー導入区が, 1987年に栽植5年後のラジノクローバー導入区とこれにかん水を組み合わせた処理区が清耕区より高い含有率であったが, その他の5か年は処理区間に差異がなかった。

M. 26 台樹では処理区間に有意差がなかったのは1982年から1986年の5か年の調査期間中1984年1か年で, それ以外は有意差がみられ, 清耕区に比べて草生導入区が高かった。

(3) 葉中カリ

調査年ごとの葉中カリ含有率を示すと第30, 31表のとおりである。

MM. 106 台樹では, 各調査年, いずれの処理区も清耕区に比べて差異がなく, 被覆作物導入による影響はみ

第30表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と葉中 K 含有率—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	K 含有率 (%)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	1.82	1.57	1.32	1.33	1.37	1.13	1.19	1.28	—	—
	ベントグラス2年	2.04	1.60	1.25	1.38	1.40	1.11	1.08	1.31	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	1.32	1.35	1.10	0.97	1.17	—	—
	ラジノクローバー2年	1.68	1.41	1.48	1.29	1.41	1.18	1.25	1.38	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.19	1.22	1.02	1.02	1.17	—	—
	有意性 ^z	△	△	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—
MM.102	清 耕	1.71ab	1.25bc	1.30a	1.32bc	1.34	1.13	1.13	1.34	1.46	1.57
	ベントグラス2年	1.66b	1.55a	1.34a	1.52a	1.47	1.19	1.26	1.45	1.49	1.58
	ベントグラス5年	—	—	—	1.44ab	1.53	1.23	1.20	1.24	1.51	1.55
	ペレニアルライグラス2年	1.42c	1.07c	1.05b	1.00d	1.22	1.05	0.96	1.23	1.41	1.51
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	1.18cd	1.48	1.02	0.93	1.22	1.28	1.22
	ラジノクローバー2年	1.90a	1.31b	1.31a	1.40abc	1.31	1.05	1.05	1.33	1.35	1.70
ラジノクローバー5年	—	—	—	1.34abc	1.34	1.02	1.00	1.28	1.35	1.55	
有意性 ^z	**	***	*	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
M.9A	清 耕	—	—	—	1.31	1.27	1.36a	1.18	1.39	1.46	1.45
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.28	1.22	1.46a	1.19	1.36	1.39	1.48
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	1.30	1.16	1.21b	1.21	1.40	1.44	1.49
有意性 ^z	—	—	—	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第31表 樹冠下への被覆作物導入と葉中 K 含有率 (%)—藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	1.87	1.63	1.64	1.55	1.58	1.55	1.34	1.28	1.53	1.47
	ベントグラス5年	1.79	1.90	1.61	1.77	1.19	1.28	1.18	1.20	1.11	1.35
	ラジノクローバー5年	2.10	1.78	1.61	1.47	1.31	1.21	1.27	1.09	1.54	1.06
有意性 ^y	処理区間	**		**		***		△		*	
	栽植距離間	**		NS		NS		NS		NS	

^z 2m, 3m は樹間距離。

^y △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。

られなかった。

MM. 102 台樹は栽植2年後のペレニアルライグラス導入区が導入翌年の1979年から1982年の4か年は清耕区に比べて有意に低い含有率で、その後も統計的には有意ではなかったものの、清耕区に比べて低い値を示した。

M. 9A 台樹は調査7か年中1984年の1か年、栽植5年後のラジノクローバー導入にかん水を組み合わせた区が清耕区より有意に低い含有率を示した以外は処理区間に差異はなかった。

M. 26 台樹は栽植5年後に被覆作物導入して2か年は清耕区に比べて、被覆作物導入区が同等かやや高い値を示したが、その後は清耕区より低い含有率を示した。

(4) 葉中カルシウム及びマグネシウム

調査年ごとの葉中カルシウムとマグネシウムの含有率を示すと第32～35表のとおりである。

カルシウム含有率はMM. 106 台樹の場合、処理区間に有意な差異がみられた調査年はなく、MM. 102 台樹、M. 9A 台樹もほとんどの調査年で処理区間に有意差がなかった。

M. 26 台樹も有意差がみられたのは1985年と1986年の2か年で、清耕区に比べて1985年はペントグラス5年区が、1986年はペントグラス5年区とラジノクローバー5年区が高かったが、それ以外の3か年は処理区間に有意な差異はなかった。

マグネシウム含有率はMM. 106 台樹の場合、栽植2年後にペントグラスを導入した区で、導入翌年と翌々年が清耕区に比べて低かった以外は処理区間に有意差がなかった。MM. 102 台樹の場合も、栽植2年後にペントグラスを導入した区で、導入後4年間清耕区に比べて低い傾向を示し、栽植5年後に導入した区でも導入翌年は低かったが、それ以外の処理区は清耕区との間の差異がほとんどなかった。M. 9A 台樹の場合、調査7年間で1か年(1985年)は清耕区に比べてラジノクローバーを導入してかん水を組み合わせた区で低かったが、それ以外の年は処理区間に差異がなかった。

M. 26 台樹でも、清耕区に比べて低かったのは調査5か年中、被覆作物を導入した翌年と翌々年の2か年だけであった。

第32表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と葉中Ca含有率—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	Ca含有率 (%)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	1.51	1.61	1.67	1.65	1.64	1.59	1.41	1.71	—	—
	ペントグラス2年	1.54	1.57	1.55	1.72	1.56	1.41	1.37	1.57	—	—
	ペントグラス5年	—	—	—	1.55	1.60	1.49	1.33	1.54	—	—
	ラジノクローバー2年	1.58	1.53	1.63	1.57	1.57	1.43	1.20	1.52	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.70	1.54	1.56	1.02	1.67	—	—
	有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	1.57	1.85a	1.60b	1.63	1.48	1.44	1.41	1.45	1.37	1.24
	ペントグラス2年	1.61	1.70b	1.78a	1.48	1.50	1.48	1.48	1.55	1.60	1.21
	ペントグラス5年	—	—	—	1.55	1.54	1.52	1.52	1.67	1.58	1.29
	ペレニアルライグラス2年	1.72	1.68b	1.79a	1.51	1.72	1.44	1.50	1.52	1.45	1.22
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	1.48	1.41	1.34	1.34	1.45	1.41	1.26
	ラジノクローバー2年	1.73	1.66b	1.66ab	1.52	1.57	1.41	1.43	1.59	1.74	1.52
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.46	1.37	1.43	1.32	1.54	1.55	1.29
	有意性 ^z	NS	***	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M.9A	清 耕	—	—	—	1.57	1.61	1.68a	1.61	1.66	1.79	1.61
	ラジノクローバー5年	—	—	—	1.56	1.72	1.40b	1.64	1.76	1.88	1.56
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	1.63	1.54	1.68a	1.65	1.69	1.80	1.61
	有意性 ^z	—	—	—	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第33表 樹冠下への被覆作物導入と葉中Ca含有率 (%)—藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	Ca含有率 (%)											
		1982		1983		1984		1985		1986			
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m		
M.26	清 耕	1.40	1.35	1.40	1.51	1.29	1.31	1.05	1.15	1.30	1.28		
	ペントグラス5年	1.59	1.44	1.48	1.40	1.24	1.30	1.22	1.32	1.52	1.48		
	ラジノクローバー5年	1.47	1.57	1.61	1.43	1.25	1.28	1.19	1.15	1.48	1.61		
	有意性 ^y	処理区間		NS		NS		NS		**		*	
		栽植距離間		NS		NS		NS		NS		NS	

^z 2m, 3mは樹間距離。

^y *, **はそれぞれ5%, 1%水準。

第34表 栽植後樹冠下へ被覆作物導入までの年数と葉中 Mg 含有率—黒石ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	Mg 含有率 (%)									
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MM.106	清 耕	0.33a	0.28a	0.32	0.31	0.28	0.33	0.30	0.33	—	—
	ベントグラス2年	0.26b	0.24b	0.32	0.28	0.27	0.33	0.29	0.31	—	—
	ベントグラス5年	—	—	—	0.30	0.28	0.34	0.29	0.34	—	—
	ラジノクローバー2年	0.34a	0.29a	0.32	0.31	0.29	0.33	0.29	0.32	—	—
	ラジノクローバー5年	—	—	—	0.30	0.29	0.38	0.33	0.37	—	—
	有意性 ^z	***	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	—	—
MM.102	清 耕	0.32	0.30a	0.39	0.32ab	0.31	0.36	0.34	0.36	0.31bc	0.26
	ベントグラス2年	0.30	0.25b	0.30	0.27c	0.29	0.35	0.33	0.36	0.35ab	0.35
	ベントグラス5年	—	—	—	0.27c	0.28	0.39	0.36	0.40	0.34abc	0.35
	ペレニアルライグラス2年	0.32	0.31a	0.35	0.36a	0.34	0.39	0.40	0.40	0.36ab	0.28
	ペレニアルライグラス5年	—	—	—	0.30bc	0.26	0.34	0.35	0.36	0.30c	0.28
	ラジノクローバー2年	0.28	0.29a	0.34	0.30bc	0.34	0.39	0.37	0.40	0.38a	0.31
ラジノクローバー5年	—	—	—	0.30bc	0.28	0.36	0.33	0.37	0.35ab	0.30	
有意性 ^z	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	
M.9A	清 耕	—	—	—	0.37	0.33	0.42	0.40a	0.39	0.38	0.34
	ラジノクローバー5年	—	—	—	0.37	0.37	0.42	0.39ab	0.41	0.41	0.33
	ラジノクローバー5年+かん水	—	—	—	0.36	0.36	0.43	0.36b	0.39	0.39	0.31
有意性 ^z	—	—	—	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第35表 樹冠下への被覆作物導入と葉中 Mg 含有率 (%)—藤崎ほ場

台木の種類	被覆作物と樹冠下導入までの年数	1982		1983		1984		1985		1986	
		2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
M.26	清 耕	0.34	0.35	0.32	0.33	0.38	0.38	0.32	0.35	0.38	0.39
	ベントグラス5年	0.33	0.29	0.30	0.27	0.42	0.40	0.38	0.36	0.45	0.38
	ラジノクローバー5年	0.27	0.32	0.29	0.31	0.42	0.44	0.34	0.38	0.41	0.48
	有意性 ^y	処理区間	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	栽植距離間	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y **は1%水準.

3. 被覆作物の種類と土壌水分張力

1) 方法

黒石ほ場の MM. 102 台樹を対象に、清耕区とベントグラス導入区及びラジノクローバー導入区の土壌水分張力を1980年から1984年の5か年間、毎年5月から10月まで調査した。被覆作物を導入した区はいずれも栽植2年後の1978年9月に播種したものである。ペレニアルライグラス導入区は前述したように、当初はチモシーであったが、1981年9月にペレニアルライグラスを播種し直した。したがって、ペレニアルライグラス導入区の樹冠下の被覆作物は1980年と1981年がチモシー、1982年以降がペレニアルライグラスである。

各処理区の土壌水分張力は処理区1地点、幹から1m離れたところの深さ10, 30, 50及び70cmの部位にテンシオメーターの受感部を埋設し、ほとんど毎朝9時前後にその示度を観測した。

2) 結果

第36表は5月から10月までの観測期間中、水分張力が pF 2.7 を越えた日数を深さ別、被覆作物の種類別に示し

たものである。

調査期間の降水量が最も多かった1981年は、いずれの処理区とも pF 2.7 を越えた日は出現しなかったが、それ以外の調査年はいずれかの処理区で pF 2.7 を越えた日が出現した。

被覆作物導入区と清耕区を比較すると、短身型のベントグラス導入区は、清耕区に比べて深さ10cm部位においては明らかに pF 2.7 を越えた日数が多かった。しかし、深さ30cm以下においては1980年の30cm部位を除いては清耕区と大差はなかった。長身型のペレニアルライグラス導入区並びにラジノクローバー導入区は表層の深さ10cmは勿論のこと、下層の深さ70cmにおいても清耕区に比べて pF 2.7 を越えた日数が多い傾向がみられた。

4. 現地実証試験

1) 方法

黒石市石名坂と弘前市下湯口の一般農家リンゴわい化園に、樹冠下清耕区と草生区を設定した。草生区は1987

第36表 観測期間中 (5月~10月)^z のpF 2.7 を越えた日数

深 さ (cm)	被覆作物の 種 類 ^y	観 測 年				
		1980	1981	1982	1983	1984
10	清 耕	7	0	0	1	6
	ベントグラス	1	0	7	13	22
	ペレニアルライグラス ^x	19	0	30	8	15
	ラジノクローバー	32	0	31	10	34
30	清 耕	2	0	0	0	8
	ベントグラス	1	0	2	0	3
	ペレニアルライグラス ^x	17	0	23	2	2
	ラジノクローバー	21	0	32	0	15
50	清 耕	0	0	0	0	5
	ベントグラス	0	0	0	0	0
	ペレニアルライグラス ^x	8	0	18	0	0
	ラジノクローバー	16	0	14	0	13
70	清 耕	0	0	0	0	0
	ベントグラス	0	0	0	0	0
	ペレニアルライグラス ^x	7	0	12	0	0
	ラジノクローバー	32	0	5	0	9

^z 5月1日~10月31日の184日中、観測開始が遅れたり休日や降雨のため観測できなかった日数が、1980年が27日、1981年が3日、1982年が10日、1983年が23日、1984年が13日あった。

^y 樹冠下への被覆作物の導入は1978年9月である。

^x 1981年まではチモシー、1982年以降はペレニアルライグラスである。

第37表 樹冠下への被覆作物導入と葉中N含有率及び果実の大きさ

場 所	処 理 区	葉中N含有率 (%)	果 径 (cm)
石名坂	清 耕	2.72	8.6
	ラジノクローバー草生	2.71	8.5
	有 意 性	NS	NS
下湯口	清 耕	2.85	8.6
	ラジノクローバー草生	2.98	8.7
	有 意 性	NS	NS

年9月14日にラジノクローバーを播種した。

供試樹は両園ともマルバ台付きのM.26台‘ふじ’で、清耕区、草生区とも5樹とした。樹齢は両園とも牧草播種時の1987年で7年生である。

処理翌年の1988年8月、葉中窒素含量測定のため、1樹当たり10葉の新しょう中央葉を採取するとともに、10月31日には1樹当たり10果について果実の横径を測定した。

2) 結 果

両園における清耕区と草生区の葉中窒素含有率及び果実の横径は第37表に示すとおりである。

両園とも、清耕区と草生区との間に差異がみられず、被覆作物を樹冠下に導入したことによる影響がなかった。

5. 考 察

草生栽培の利点として渋川(1962)は①傾斜地りんご園の土壌浸食防止、②土壌構造の団粒化による土壌の肥沃化、③養分の浸透溶脱防止の3点を上げている。牧草根による団粒形成メカニズムについては小林によって詳し

く報告されているが(小林, 1976; 小林・山根, 1976; 小林, 1980), 牧草根による耐水性団粒の形成は堆きゅう肥にはない重要な働きである。このような働きを有効に利用するにはりんご樹の根群密度の高い樹冠下へ被覆作物を導入する必要がある。しかし、草生栽培の最大の欠点としてりんご樹と被覆作物との間の養水分競合が問題となる。そこで、台木や被覆作物の種類、被覆作物の導入時期によって樹冠下への被覆作物の導入が可能であるか否かを検討した。

生育量についてみると、幹径や樹の大きさにはいずれの台木でも、栽植5年後に短身型のベントグラスやマメ科のラジノクローバーを導入した場合、大きな悪影響はなかった。累積せん去枝重量は、MM.102台樹では栽植5年後にこれらの被覆作物を導入した場合、清耕区との間に有意差がなかったが、MM.106台樹、M.9A台樹及びM.26台樹では栽植5年後に導入しても清耕区との間に差異があった。しかし、M.9A台樹でかん水の組み合わせによって清耕区との差異が消失したことから、MM.106台樹、M.26台樹においても、かん水に

よって樹冠下草生による悪影響は回避できるものと考えられる。リンゴ栽培がせん去枝の生産が主目的でないことを考えると、この結果だけをそれほど重要視する必要はないように思われる。

収量はベントグラスやラジノクローバーを栽植5年後に導入した場合はMM. 102, 106 台樹やM. 26 台樹では清耕区と間に差異はなく、M. 9A 台樹の場合でもかん水を組み合わせた区では清耕区との間に有意差がなかった。果実肥大もM. 9A 台樹を除いて、MM. 106 台樹、MM. 102 台樹、M. 26 台樹は樹冠下草生による影響はほとんどなかった。M. 9A 台樹は樹冠下草生によって果実肥大が抑制される傾向にあったが、かん水を組み合わせることによって肥大抑制は解消された。

果実品質にとっては、一般に被覆作物によって土壤中窒素が吸収されることから良い方向に働き、品質向上効果を認めた報告が多いが(千葉, 1982), 黒石ほ場のMM. 102 台について2か年、藤崎ほ場のM. 26 台で3か年の調査では、大きな影響はみられなかった。

リンゴ樹体養分の中で、生育や収量・果実品質の最大の支配要因は窒素であり、また、リンゴ樹と被覆作物との養分競合の主体も窒素成分である(渋川, 1962)。樹冠下への被覆作物導入と葉中窒素含有率の関係を本試験結果でみると、栽植5年後に被覆作物を導入した場合は、清耕区との間に有意差が認められたのが導入後2~5年で、それ以降は差異が認められなかった。しかも、M. 9A 台にみられるように、かん水を組み合わせると、導入1年目からほとんど有意差を認められなかった。このことに関して、渋川(1962)は草生栽培を実施すると、最初の2~3か年は窒素成分の競合によって葉中窒素含有率が若干低下するのが普通と述べているが、本試験の場合も窒素競合が認められたのは被覆作物導入後数年であった。

千葉(1982)は草生が果樹の葉中成分含量に及ぼす影響についてこれまでの試験事例を整理し、窒素含有率は低下するが、リンとカリ含有率は清耕区に比べて同等か、やや高くなっている事例が多いとしている。

本試験結果では、葉中リン含有率は栽植2年後の幼木の枝下にベントグラスを導入した場合、数年間含有率が高まり、特に導入後1, 2年は異常に高かった。しかし、その後は次第に低下した。一般的に葉中のリン含有率は窒素含有率が低下すると高まる傾向にある。しかし、この点ではペレニアルライグラス導入区もベントグラス導入区と同等以上に葉中窒素含有率は低下しているにもかかわらず、リン含有率は清耕区との間に差異がない年がほとんどであった。また、前項「II 被覆作物の特性把握」で被覆作物の種類と Troug 法による土壌の有効態リン酸含量の関係をみても、ベントグラスが他の草種に比べて特別高い含量ではない。微生物の繁殖が旺盛となっ

て、その死滅した菌体から適度にリン酸が供給されることも想定されるが、前項の試験結果では、ベントグラスが他の被覆作物に比べ、微生物活性が高い訳でもない。ベントグラスの導入によって幼木の葉中リン含有率が特異的に高まる理由は明らかでないが、リン溶解菌を含めた微生物や被覆作物による難溶解性リン酸の吸収・還元、有効態リン酸の分析法の面から検討が必要であろう。

葉中カリ含有率は本試験の場合、長身型のペレニアルライグラスを樹冠下に導入した場合にやや低い含有率を示す傾向にあったが、それ以外の被覆作物では清耕区との間に大差はなかった。ペレニアルライグラスは本試験で供試した被覆作物の中では長身で、Greenham and White (1965) が述べているように、リンゴ樹との競合が激しい草種である。施肥あるいは土壌中のカリに対する競合が他の被覆作物に比べて激しく、葉中カリ含有率の低下を招いたものと考えられる。

葉中カルシウム及びマグネシウム含有率は本試験では被覆作物導入区と清耕区との間に差異のない年が多く、有意差がみられた年もその差は顕著なものではなかった。したがって、樹冠下草生による葉中カルシウム及びマグネシウム含有率に及ぼす影響は、カリとの拮抗関係により多少存在することがあったとしても、栽培管理上問題視するようなことはないものと考えられる。逆に Haynes (1981) が報告しているように、被覆作物による置換性カルシウムやマグネシウムの吸収と草の刈取りによる還元などによって、pH の低下が抑制される有利性がある。

樹冠下への被覆作物導入はまた、土壌条件や気象条件によっては水分競合も生ずる。そこで、被覆作物導入区の土壌水分張力を測定したところ、多雨年を除いて、生育阻害が懸念される土壌水分の発現日数が清耕区より多かった。しかし、短身型のベントグラスではその影響が深さ30 cmまでの表層に限定されており、前項「II 被覆作物の特性把握」で得られたベントグラスの土壌水分消費特性と同様な結果であった。

また、マルバカイドウ付きではあるが、M. 26 台の7年生樹「ふじ」の樹冠下にラジノクローバーを導入した現地試験では、2園地とも葉中窒素含有率、果実肥大に影響がみられなかった。

以上の結果から総合的に判断すると、栽植5年後以降であれば、かん水を組み合わせることによって、消費水量が比較的少なく、その消費も表層型であるベントグラスや窒素競合の少ないクローバー類を導入することは可能と考える。どうしても被覆作物導入によって窒素競合が生じるようなことがあっても、尿素的葉面散布によって解決可能と考える。

草生栽培には前述したように、養分の溶脱防止があり、硝酸態窒素による地下水汚染や樹冠下清耕維持のた

めの除草剤を使用する必要もなく、環境保全型農業技術として着目される。今後は被覆作物の更新時に、断根によってリンゴ樹に悪影響が生じないような更新方法を見出すことが必要であろう。

6. 摘要

牧草根にはその老化・腐朽による下層土への有機物補給や団粒形成能など、堆きゅう肥等にみられない重要な働きがある。その機能を積極的に活用するためには、根群密度の高い樹冠下へ被覆作物を導入する必要があるが、リンゴ樹との養水分競合が問題となる。そこで、被覆作物の種類と栽植後樹冠下への導入年数を考慮することによって、樹冠下草生が可能か否かを検討した。

1) 幹の肥大はいずれの台樹でも栽植5年後であれば、ラジノクローバーを樹冠へ導入しても抑制されなかった。ベントグラスもM.9A台樹については実施しなかったが、その他の台樹では樹冠下へ導入しても影響がなかった。せん去枝重量は栽植5年後の導入でも減少したものの、M.9A台樹の例から、その他の台樹もかん水によって解消するものと考えられた。

2) 樹高はいずれの台樹でも栽植5年後のベントグラスやラジノクローバーの導入であれば、その影響は導入後1年間で、その後は影響がなかった。樹幅は栽植5年後であっても、これらの被覆作物の導入によって、台木の種類によっては影響がみられた。しかし、かん水を実施したM.9A台樹ではその影響が消失した。

3) 1樹当たり収量は栽植5年後でもペレニアルライグラスでは低下したが、ベントグラスあるいはラジノクローバーの導入ではM.9A台樹を除いて収量低下はなかった。ラジノクローバー導入で収量低下がみられた

M.9A台樹もかん水の組み合わせによって、その悪影響はみられなくなった。

4) 果実肥大に対する影響がみられた調査年は、M.9A台樹以外では少なかった。M.9A台樹ではラジノクローバー導入によって果実肥大が抑制された調査年が多かったが、かん水によって肥大抑制は解消された。

5) 樹冠下への被覆作物導入による果実品質への影響は明白でなかった。

6) 樹冠下への被覆作物導入が葉中無機成分に及ぼす影響をみると、窒素含有率は栽植5年後に被覆作物を導入した場合、台木の種類や被覆作物の種類によっては含有率が低下したが、その影響は導入後2～5年間だけであった。しかも、ラジノクローバーによる樹冠草生にかん水を組み合わせたM.9A台樹の場合、導入1年目からほとんど影響がなかった。リン含有率は栽植2年後にベントグラスを樹冠下へ導入することによって、導入後1、2年は異常に高まった。しかし、その後は次第に低下した。カリ含有率はペレニアルライグラスの樹冠下導入によって低下する傾向があった。カルシウム及びマグネシウム含有率に対する樹冠下草生の影響は明確でなかった。

7) 樹冠下草生によってリンゴ樹の生育阻害が懸念される土壌水分張力を示した日数が増加したが、短身型のベントグラスではその影響が深さ30cmまでの表層に限定された。

8) 現地わい化園2か所(7年生マルバ台付き‘ふじ’)において樹冠下へラジノクローバーを導入してその影響を検討したが、両園とも樹冠下草生による悪影響はみられなかった。

IV 堆肥施用量の把握

土壌の有機物は養分の給源、貯蔵場所や微生物の栄養源、あるいはまた土壌構造の適正維持など(森田, 1970)改めてその重要性を述べるまでもないが、リンゴ園では基本的な土壌管理法として草生栽培法が採用されてきたことから、堆肥施用に関する試験例が非常に少ない。

最近のリンゴ園の土壌管理を見ると、草生栽培とは言え、雑草草生が大部分で、管理とはほど遠いものになっており、青森県農業試験場で実施している5年ごとの定点調査においても、果樹園土壌(ほとんどがリンゴ園)の有機物含量が減少傾向を示している(鎌倉, 2000)。

ここでは積極的に地力向上を図る上での堆肥施用量を把握するため、わい性台樹を対象に、堆肥施用量がリンゴ樹及び土壌の化学性に及ぼす影響を検討した。

1. 堆肥施用量と生育、収量及び果実品質

1) 方法

(1) 試験ほ場と栽植前の土壌改良

試験ほ場と栽植前の土壌改良は前項「III 樹冠下草生導入法の検討」と同様である。

(2) 材料と処理区の構成並びに処理方法

材料は1976年11月に栽植したM.26台樹(1年生苗栽植)で、黒石ほ場、藤崎ほ場とも品種は‘ふじ’である。黒石ほ場の場合、‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’を樹列ごとに交互に列間4m、樹間2mの距離で栽植したが、とりまとめは‘ふじ’についてのみ行った。藤崎ほ場の場合は‘ふじ’を樹間2m植えの列と3m植えの列とを交互に列間4.5mの距離で栽植した。

供試樹数は試験開始時(1979年)は黒石ほ場で1処理区当たり5～8樹、藤崎ほ場で6～10樹であったが、腐らん病にり病する供試樹があり、試験最終年の1988年には

第38表 堆肥の成分含量 (現物%)

成分	平均値	変動係数
H ₂ O	75.8± 5.7	7.5
T—C	7.4± 0.7	10.3
T—N	0.43±0.09	20.4
P ₂ O ₅	0.09±0.04	47.1
K ₂ O	0.42±0.24	57.1
CaO	0.31±0.17	54.8
MgO	0.05±0.02	40.0

第39表 黒石、藤崎両ほ場の収穫日

年	黒石ほ場	藤崎ほ場
1979	11月6日	11月5日
1980	11月8日	11月7日
1981	11月10, 11日	11月10, 11日
1982	11月5, 6日	11月5, 6日
1983	11月5, 9日	11月17~19日
1984	11月8日	11月12, 13日
1985	11月14日	11月11~13日
1986	11月14, 15日	11月17~19日
1987	11月13日	11月16~18日
1988	11月14, 15日	11月16~18日

第40表 品質調査用果実の採取日

年	月日
1981	11月4日
1982	11月5日
1983	11月4日
1984	11月7日
1985	11月8日
1986	11月13日
1987	11月12日
1988	11月11日

黒石ほ場が1処理区当たり5~6樹、藤崎ほ場が4~8樹となった。

処理区は0kg区、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区の4区で、0kg区は堆肥無施用、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区はそれぞれ10a当たり500kg、1,000kg、1,500kg相当量の堆肥を樹冠下に施用して軽く耕耘した。処理は1979年から開始し、堆肥の施用は毎春4月末から5月初めに実施した。

施用した堆肥は當場で製造した稲わら石灰窒素堆肥で、毎春その試料を採取して分析した結果の平均値と変動係数を示すと第38表のとおりである。

施用した堆肥の成分組成は年によってかなり変動し、特にP₂O₅、K₂O、CaO、MgOの成分で変動係数が高かった。

施肥は栽植翌年の1977年6月に10a当たり窒素成分で2kg相当量を施用したが、樹勢が過強であったので、1978年と1979年は無肥料とした。1980年と1981年の2か年は10a当たり窒素成分で5kg相当量を、1982年以降からは試験終了の1988年までは10kg相当量を基肥(4月)6割、追肥(6月)4割の割合で施用した。肥料の種類は複合肥料で、N、P₂O₅、K₂Oの成分割合は1987年の基肥まではそれぞれ20%、10%、20%、1987年の追肥からはそれぞれ15%、5%、10%である。

(3) 調査方法

調査は処理を開始した1979年から10か年、毎年実施した。

i) 生育量

生育量の調査項目及び調査方法は前項「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」の場合と同様であるが、せん去枝重量

第41表 堆肥施用量と幹の肥大 (幹径 cm, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	4.3	5.5	6.7	7.8	8.4	9.1	9.8	10.4	11.5	11.9
500	4.6	6.1	7.3	8.2	9.1	9.9	10.6	11.3	11.9	12.5
1,000	4.0	5.2	6.6	7.7	8.6	9.3	10.3	10.7	11.2	11.9
1,500	4.5	5.8	6.8	8.1	8.8	9.4	10.3	10.6	11.2	11.7
有意性	NS									

第42表 堆肥施用量と幹の肥大 (幹径 cm, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m										
0	3.4	3.7	4.5	4.8	5.6	6.1	6.9	7.5	7.6	8.4	8.3	9.4	9.1	10.0	9.7	10.9	10.3	13.1	11.0	13.3
500	3.2	4.0	4.3	4.9	5.0	6.1	6.8	7.4	6.9	8.3	7.9	9.2	8.7	9.8	9.5	10.7	10.1	11.3	10.7	12.0
1,000	3.9	3.9	5.4	5.0	6.6	5.4	7.2	7.0	8.6	8.1	8.7	8.8	10.0	9.8	10.6	10.7	10.9	11.8	11.5	12.1
1,500	3.4	3.8	4.6	5.0	5.9	6.2	7.0	7.3	8.1	8.4	8.8	8.8	9.9	10.0	10.4	10.7	10.8	12.1	11.4	12.8
有意性 ^y	処理区間 NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	
	栽植距離間 *		NS		NS		NS		NS		△		NS		△		**		**	

^z 2m, 3mは樹間距離。

^y △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準。

の調査年は黒石ほ場が1980年から1988年までの9か年
間、藤崎ほ場が1979年から1987年までの9か年である。

ii) 収量及び果実肥大

収量及び果実肥大の調査方法は前項「Ⅲ 樹冠下草生
導入法の検討」の場合と同様である。

各調査年の収穫日は第39表のとおりである。

iii) 果実品質

果実品質調査は黒石ほ場についてのみ実施した。1981
年から1988年まで、1処理区4～5樹から1樹当たり6
～8果、平均的な果実を採取して調査分析に供した。

品質調査のための果実の採取日は第40表のとおりであ
る。

調査項目、調査方法は前項「Ⅲ 樹冠下草生導入法の
検討」の場合と同様である。

2) 結果

(1) 生育量

幹の肥大状況は第41, 42表に示すとおりである。

黒石ほ場の場合、いずれの調査年とも堆肥施用量間に
有意差がなかった。藤崎ほ場の場合も栽植距離が2mに
比べて3mの幹径が大きい年が数年あったものの、堆肥
施用量間における差異は有意でなかった。

1樹当たりせん去枝重量を第43, 44表に示す。

各年のせん去枝重量は黒石ほ場で1980年に1%水準
で処理区間に有意差がみられた以外、他の調査年では差
異がなかった。藤崎ほ場ではいずれの調査年とも処理区
間に有意差がなかった。

累積せん去枝重量は、黒石ほ場では処理区間に有意差
がみられ、500kg区が他の3区に比べて多かった。藤

第43表 堆肥施用量と1樹当たりせん去枝重量 (kg, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積重量
0	3.0ab	2.3	2.7	6.1	2.9	5.9	10.6	6.2	5.2	45.0a
500	3.7a	3.2	3.6	7.5	4.0	10.0	7.7	6.7	6.6	53.6b
1,000	1.4c	2.3	2.4	7.0	2.6	8.2	5.6	5.8	5.6	41.4a
1,500	1.9bc	3.1	3.3	6.0	2.9	6.6	6.4	5.4	5.4	42.3a
有意性 ^z	**	NS	NS	NS	NS	NS	△	NS	NS	**

^z △, **, ***はそれぞれ10%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第44表 堆肥施用量と1樹当たりせん去枝重量 (kg, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		累積重量	
	2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m												
0	0.6	0.9	0.9	1.6	2.7	3.0	0.7	1.7	5.2	6.0	3.5	3.6	8.0	7.0	11.3	15.4	4.0	9.5	36.9	48.7
500	0.7	1.0	1.8	0.4	1.1	2.9	1.1	1.5	3.8	4.9	3.0	4.1	7.4	8.7	7.9	12.6	5.2	5.3	32.0	41.4
1,000	0.9	0.5	1.2	1.2	3.3	1.4	1.9	1.0	5.9	7.5	3.7	3.9	7.5	6.8	10.0	13.0	7.6	7.2	42.0	42.5
1,500	0.5	1.3	1.2	1.6	3.4	3.2	1.6	1.5	4.5	3.9	4.0	3.9	6.6	8.2	9.8	13.4	6.6	7.8	38.2	44.8
有意性 ^y	処理区間	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS												
	栽植距離間	*	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	***										

^z 2m, 3mは樹間距離。

^y *, ***, **はそれぞれ5%, 0.1%水準。

第45表 堆肥施用量と樹高 (m, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	3.35	4.00	3.85	4.18	4.03	4.04	4.51	4.54	4.53
500	3.53	3.95	3.94	4.28	4.22	4.29	4.60	4.71	4.61
1,000	3.45	3.85	3.93	4.31	4.05	4.28	4.59	4.59	4.66
1,500	3.46	3.90	3.87	4.13	4.07	4.19	4.59	4.70	4.50
有意性	NS								

第46表 堆肥施用量と樹幅 (m, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	2.87	3.09	2.90	3.27	3.11	3.14	3.35	2.96	3.12
500	2.76	3.26	3.17	3.24	3.39	3.25	3.42	2.87	2.97
1,000	2.51	3.13	3.05	3.32	3.23	3.18	3.39	2.85	3.14
1,500	2.67	3.26	3.21	3.19	3.12	3.13	3.18	2.85	3.03
有意性	NS								

第47表 堆肥施用量と樹高 (m, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m														
0	2.87	2.79	2.81	3.00	3.18	3.35	3.35	3.56	3.55	3.68	4.05	3.88	4.18	4.16	4.26	4.43	4.50	3.80
500	2.83	2.96	2.82	2.87	3.02	3.24	3.34	3.68	3.47	3.69	4.15	3.96	4.27	4.24	4.10	4.26	4.18	4.18
1,000	3.02	3.07	3.07	2.93	3.25	2.96	3.54	3.22	3.49	3.52	4.18	3.82	4.40	4.16	4.05	3.91	4.51	4.38
1,500	2.83	3.19	3.11	3.21	3.38	3.24	3.80	3.52	3.72	3.42	4.17	3.97	4.11	3.86	4.20	4.51	4.38	4.30
有意性 ^y	処理区間		NS		*		NS											
	栽植距離間		NS															

^z2m, 3mは樹間距離.

^y*は1%水準.

第48表 堆肥施用量と樹幅 (m, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m														
0	2.58	2.58	3.06	3.04	2.82	2.94	2.98	3.68	2.83	3.29	3.19	3.77	3.22	3.59	2.98	3.70	3.23	3.73
500	2.41	2.72	2.70	3.28	2.41	2.77	2.90	3.45	2.78	3.21	3.28	3.65	3.17	3.51	2.92	3.36	3.14	3.74
1,000	2.89	2.46	3.60	2.82	2.82	2.69	3.00	3.56	3.39	3.10	3.51	3.68	3.49	3.39	3.28	3.47	3.50	3.56
1,500	2.53	2.60	3.17	3.13	2.75	2.83	3.03	3.36	3.27	3.32	3.16	3.55	3.23	3.52	3.35	3.41	3.34	3.60
有意性 ^y	処理区間		NS															
	栽植距離間		NS		NS		NS		***		*		**		**		*	

^z2m, 3mは樹間距離.

^y*, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準.

第49表 堆肥施用量と1樹当たり収量 (kg, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積収量
0	10.0	17.3b	15.1	49.2	29.0	42.0	52.7	31.9	40.8	286.2b
500	8.4	15.6b	13.5	37.8	22.7	35.4	49.9	39.2	48.1	270.6b
1,000	5.6	16.5b	12.0	45.1	28.2	28.3	53.5	35.6	54.3	329.1a
1,500	9.7	23.4a	17.2	45.7	32.9	46.9	55.9	39.9	49.1	320.7a
有意性 ^z	NS	*	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	*

^z△, *はそれぞれ10%, 5%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第50表 堆肥施用量と1樹当たり収量 (kg, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988		累積収量	
	2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
0	6.8	7.0	15.7	15.5	17.3	16.1	32.6	51.3	22.6	28.7	39.0	69.2	34.4	51.8	39.5	48.2	53.5	57.3	261.4	345.1
500	6.1	9.8	12.4	23.9	15.4	21.0	31.8	49.7	26.5	28.7	50.6	71.0	32.5	46.2	53.6	53.4	46.2	50.3	275.1	354.0
1,000	6.8	8.3	20.0	13.7	20.0	15.2	39.6	47.0	31.7	24.4	63.6	50.5	56.9	43.7	47.2	43.5	55.5	47.5	340.7	293.8
1,500	7.9	6.4	14.1	13.5	19.0	14.7	30.1	42.5	30.5	28.8	58.6	70.3	43.5	46.8	45.1	49.5	50.5	62.4	299.3	334.8
有意性 ^y	処理区間		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	
	栽植距離間		NS		NS		***		NS		**		NS		NS		NS		***	

^z2m, 3mは樹間距離.

^y**, ***はそれぞれ1%, 0.1%水準.

崎ほ場では栽植距離間では有意差があったが, 処理区間では差異がなかった.

各調査年の樹高と樹幅について, 黒石ほ場は第45, 46表に, 藤崎ほ場は第47, 48表に示す.

樹高は両ほ場とも堆肥無施用区 (0kg区) と施用区 (500kg区, 1,000kg区, 1,500kg区) との間に差異がなかった.

樹幅も藤崎ほ場の栽植距離間では有意差があったが, 堆肥施用量間では両ほ場とも有意差はなかった.

(2) 収量, 果実肥大及び果実品質

両ほ場の1樹当たりの収量及び累積収量は第49, 50表に示すとおりである.

黒石ほ場の場合, 各調査年の1樹当たり収量は, ほとんどの調査年で処理区間に有意差がなかったが, 1980年

第51表 堆肥施用量と果実肥大 (一果平均重g, ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10 a)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
	0	232	292	280	334	247	275	309	294
500	259	304	273	330	252	275	328	283	233b
1,000	266	289	260	329	257	268	327	287	237b
1,500	261	299	255	332	254	271	328	260	236b
有意性 ^z	NS	**							

^z **は1%水準, 異符号間は5%水準で有意差あり.

第52表 堆肥施用量と果実肥大 (一果平均重 g, ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10 a)	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988			
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	325	295	307	315	381	358	316	314	262	267	330	320	368	359	327	316	282	282		
500	312	300	315	306	383	392	311	307	264	266	321	308	347	344	312	322	277	289		
1,000	304	288	325	319	371	368	322	327	268	269	315	321	346	368	321	326	280	299		
1,500	307	277	347	337	426	363	321	328	263	272	325	318	358	370	332	340	266	300		
有意性 ^y	処理区間		NS		*		NS		NS		NS		NS		△		NS		NS	
	栽植距離間		*		NS		△		NS		*									

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y △, *はそれぞれ10%, 5%水準.

から1988年の累積収量では0kg区に比べて, 500kg区は差異がなかったものの, 1,000kg区と1,500kg区は明らかに多かった.

藤崎ほ場の場合は各調査年における収量並びに9か年の累積収量とも処理区間に有意差がなかった.

両ほ場の果実肥大について一果平均重量を示すと第51, 52表のとおりである.

両ほ場とも, ほとんどの調査年で堆肥施用量間に有意差はみられなかった.

果実品質の結果は第53表に示すとおりである.

いずれの調査項目とも, ほとんどの調査年で有意差がなかった.

2. 堆肥施用量と葉中無機成分

1) 方法

1979年から1988年の間, 前項試験1.の供試樹から毎年7月末に1樹当たり目通りの新しょう中央葉10枚を採取し, 全葉を分析に供した.

分析項目及び方法は前項「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」の場合と同様である.

2) 結果

(1) 葉中窒素

両ほ場における葉中窒素含有率を第54, 55表に示す.

黒石ほ場は1980年と1984年の2か年は1%水準で処理区間に有意差があり, 堆肥施用によって葉中窒素含有率が高まったが, その他の調査年は処理区間に有意差がなかった.

藤崎ほ場の場合, 1987年は堆肥無施用区(0kg区)に

比べて堆肥施用区(500kg区, 1,000kg区, 1,500kg区)が高く, 堆肥施用によって葉中窒素含有率が高まったが, それ以外の調査年は堆肥施用による影響が明確でなかった.

(2) 葉中リン

両ほ場における葉中リン含有率を第56, 57表に示す.

黒石ほ場のいずれの調査年も処理区間に有意差がなかった.

藤崎ほ場は1979年, 1982年及び1987年は処理区間に有意差がみられ, 1979年と1982年は堆肥無施用区に比べて葉中リン含有率が高まった処理区もあったが, その傾向は2か年で異なり, また, 1987年は堆肥施用区が無施用区に比べて低いなど堆肥施用による影響は判然としなかった. その他の調査年はいずれも処理区間に有意な差異がなかった.

(3) 葉中カリ

両ほ場における葉中カリ含有率を第58, 59表に示す.

黒石ほ場では処理区間に有意差がみられなかったのは1986年と1988年の2か年のみで, その他の年はいずれも0.1~5%水準で有意差があり, 堆肥施用区が無施用区に比べて高い場合が多かった.

藤崎ほ場では堆肥無施用区に比べて堆肥施用区が高かったのは1979年の1,500kg区のみで, それ以外は堆肥施用による影響はみられなかった.

(4) 葉中カルシウム

両ほ場における葉中カルシウム含有率を第60, 61表に示す.

黒石ほ場では1980年, 1981年, 1982年及び1984年の4

第53表 堆肥施用量と果実品質（ふじ/M. 26）—黒石ほ場

調査年	堆肥施用量 (kg/10a)	供試果重 (g)	屈折計示度 (%)	リンゴ酸含量 (g/100ml)	蜜入り程度	着色程度 ² (吸光度)
1981	0	313	15.1	0.45	2.8	—
	500	337	15.1	0.46	2.8	—
	1,000	331	15.5	0.48	2.6	—
	1,500	327	15.9	0.47	2.6	—
	有意性 ³	—	△	NS	NS	—
1982	0	351	15.0	0.45	1.1	0.154
	500	356	14.7	0.45	1.4	0.155
	1,000	330	14.9	0.47	1.3	0.172
	1,500	357	14.8	0.44	1.5	0.174
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1983	0	357	13.7	0.32	2.0	0.243
	500	345	13.2	0.34	2.0	0.241
	1,000	351	13.5	0.34	2.2	0.263
	1,500	358	13.7	0.35	1.9	0.252
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1984	0	257	15.1	0.49	1.9	0.252
	500	266	14.7	0.52	1.9	0.256
	1,000	256	14.7	0.50	2.1	0.263
	1,500	268	15.1	0.50	1.8	0.287
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1985	0	297	15.0	0.42	1.6	0.201
	500	285	14.6	0.42	1.4	0.191
	1,000	282	14.8	0.45	1.8	0.179
	1,500	306	14.6	0.42	1.4	0.222
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1986	0	337	14.1	0.36	2.1	0.265
	500	347	13.9	0.36	2.0	0.260
	1,000	350	13.9	0.39	2.2	0.285
	1,500	341	13.9	0.39	2.1	0.278
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1987	0	327	13.7	0.34	2.5	0.229
	500	294	13.6	0.35	2.2	0.215
	1,000	294	13.7	0.35	2.9	0.245
	1,500	302	13.6	0.37	2.6	0.257
	有意性	—	NS	NS	NS	NS
1988	0	281	14.0	0.36	2.2b	0.232
	500	243	13.4	0.35	2.5a	0.254
	1,000	243	13.6	0.35	2.7a	0.254
	1,500	252	13.4	0.37	2.4ab	0.301
	有意性 ³	—	△	NS	*	NS

² 1982年は果皮6片（1片0.59cm）に、その他の年は果皮8片に抽出液15ml加えたときの吸光度。

³ △, *はそれぞれ10%, 5%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第54表 堆肥施用量と葉中N含有率（%, ふじ/M. 26）—黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	2.66	2.67b	2.71	2.63	2.79	2.78b	2.62	2.95	2.98	2.84
500	2.71	3.04a	2.69	2.72	2.87	2.78b	2.65	2.92	3.09	2.83
1,000	2.68	2.99a	2.67	2.66	2.85	2.98a	2.66	2.90	2.98	2.82
1,500	2.73	3.03a	2.74	2.71	2.89	2.94a	2.74	2.87	2.98	2.89
有意性 ²	NS	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

² **は1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第55表 堆肥施用量と葉中N含有率(%, ふじ/M.26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	2.65	2.64	2.67	2.63	2.86	2.79	2.60	2.67	2.60	2.64	2.97	2.85	2.55	2.72	2.72	2.89	2.73	2.73	2.76	2.76
500	2.76	2.60	2.58	2.61	2.88	2.70	2.77	2.63	2.82	2.68	3.17	2.93	2.71	2.74	3.01	2.84	2.76	2.82	2.74	2.76
1,000	2.62	2.91	2.31	2.54	2.75	2.73	2.60	2.69	2.71	2.74	2.77	3.07	2.77	2.77	2.83	3.04	2.89	2.77	2.74	2.71
1,500	2.78	2.78	2.62	2.79	2.78	2.92	2.69	2.54	2.72	2.60	2.98	2.91	2.80	2.76	2.88	2.85	2.85	2.93	2.80	2.76
有意性 ^y	処理区間	NS	△		NS		NS		NS		△		△		NS		*		NS	
	栽植距離間	NS		△		NS		NS		NS		NS								

^z2m, 3mは樹間距離.

^y△, *はそれぞれ10%, 5%水準.

第56表 堆肥施用量と葉中P含有率(%, ふじ/M.26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	0.19	0.19	0.19	0.26	0.19	0.17	0.17	0.20	0.19	0.20
500	0.19	0.22	0.20	0.24	0.20	0.16	0.16	0.19	0.18	0.19
1,000	0.18	0.20	0.18	0.20	0.19	0.17	0.16	0.19	0.18	0.19
1,500	0.20	0.22	0.19	0.24	0.20	0.18	0.20	0.20	0.19	0.19
有意性	NS									

第57表 堆肥施用量と葉中P含有率(%, ふじ/M.26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	0.23	0.21	0.24	0.24	0.20	0.18	0.23	0.20	0.22	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.22	0.20	0.25	0.19	0.25	0.25
500	0.22	0.19	0.22	0.20	0.22	0.18	0.25	0.22	0.21	0.22	0.20	0.19	0.17	0.18	0.20	0.19	0.21	0.19	0.26	0.24
1,000	0.28	0.21	0.28	0.18	0.19	0.18	0.20	0.20	0.21	0.20	0.18	0.19	0.17	0.17	0.20	0.21	0.20	0.19	0.22	0.22
1,500	0.22	0.21	0.22	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21	0.19	0.19	0.19	0.19	0.21	0.20	0.19	0.18	0.25	0.22
有意性 ^y	処理区間	*	NS		NS		**		NS		△	NS								
	栽植距離間	***		△		*		NS	NS		**	NS								

^z2m, 3mは樹間距離.

^y△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第58表 堆肥施用量と葉中K含有率(%, ふじ/M.26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
0	1.28b	0.98b	1.05b	1.12b	1.10b	1.03b	1.09b	1.20	1.39c	1.38
500	1.30b	1.25a	1.34ab	1.29ab	1.30ab	1.29a	1.14ab	1.34	1.55b	1.38
1,000	1.29b	1.32a	1.24b	1.34a	1.21a	1.35a	1.25ab	1.29	1.57b	1.40
1,500	1.56a	1.38a	1.44a	1.47a	1.49a	1.34a	1.28a	1.45	1.73a	1.50
有意性 ^z	*	***	***	**	**	**	*	NS	**	NS

^z*, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第59表 堆肥施用量と葉中K含有率(%, ふじ/M.26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	1.41	1.30	1.26	1.33	1.56	1.47	1.87	1.63	1.64	1.55	1.58	1.55	1.34	1.28	1.53	1.47	1.56	1.42	1.55	1.45
500	1.33	1.38	1.25	1.18	1.64	1.32	1.89	1.57	1.55	1.51	1.50	1.48	1.26	1.42	1.38	1.38	1.42	1.40	1.57	1.49
1,000	1.20	1.29	1.17	1.09	1.37	1.34	1.78	1.50	1.62	1.49	1.36	1.59	1.34	1.30	1.33	1.52	1.36	1.46	1.35	1.55
1,500	1.41	1.52	1.18	1.30	1.54	1.57	1.73	1.68	1.64	1.60	1.52	1.51	1.39	1.39	1.40	1.66	1.48	1.57	1.40	1.54
有意性 ^y	処理区間	**		△		*		NS		△		NS								
	栽植距離間	NS		NS		*		**		*		NS								

^z2m, 3mは樹間距離.

^y△, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

第60表 堆肥施用量と葉中 Ca 含有率 (%，ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
0	1.45	1.29b	1.28b	1.26c	1.60	1.38b	1.31	1.44	1.44	1.46										
500	1.58	1.54a	1.48a	1.62a	1.59	1.53a	1.32	1.44	1.54	1.53										
1,000	1.57	1.52a	1.35b	1.39b	1.62	1.41b	1.22	1.34	1.35	1.34										
1,500	1.42	1.40ab	1.27b	1.29bc	1.51	1.41b	1.34	1.41	1.51	1.37										
有意性 ^z	NS	*	***	***	NS	**	NS	NS	NS	NS										

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第61表 堆肥施用量と葉中 Ca 含有率 (%，ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z 3m		2m 3m																	
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	1.32	1.39	1.26	1.26	1.44	1.38	1.40	1.35	1.40	1.51	1.29	1.31	1.05	1.15	1.30	1.28	1.84	1.58	1.41	1.37
500	1.46	1.25	1.29	1.34	1.44	1.41	1.50	1.52	1.61	1.66	1.49	1.28	1.17	1.24	1.44	1.27	1.70	1.59	1.31	1.31
1,000	1.48	1.49	1.43	1.23	1.41	1.32	1.28	1.44	1.46	1.60	1.30	1.36	1.06	1.15	1.19	1.36	1.59	1.52	1.16	1.38
1,500	1.41	1.33	1.30	1.21	1.32	1.27	1.33	1.48	1.46	1.58	1.13	1.27	1.04	1.22	1.26	1.17	1.55	1.46	1.43	1.19
有意性 ^y	処理区間		NS	NS	NS	△	*	**	**	NS	NS	NS								
	栽植距離間		NS	NS	NS	NS	*	NS	***	NS	NS	NS								

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第62表 堆肥施用量と葉中 Mg 含有率 (%，ふじ/M. 26) —黒石ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m	2m	3m
0	0.32	0.36	0.43	0.42	0.44	0.48a	0.43	0.47	0.43	0.43										
500	0.34	0.36	0.40	0.41	0.39	0.45ab	0.40	0.44	0.41	0.42										
1,000	0.30	0.35	0.39	0.38	0.43	0.42b	0.39	0.44	0.37	0.40										
1,500	0.32	0.35	0.40	0.37	0.41	0.43b	0.42	0.43	0.39	0.39										
有意性 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS										

^z ***は1%水準. 異符号間は5%水準で有意差あり.

第63表 堆肥施用量と葉中 Mg 含有率 (%，ふじ/M. 26) —藤崎ほ場

堆肥施用量 (kg/10a)	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	2m ^z 3m		2m 3m																	
	2m ^z	3m	2m	3m																
0	0.34	0.34	0.32	0.31	0.38	0.35	0.34	0.35	0.32	0.33	0.38	0.38	0.32	0.35	0.38	0.39	0.40	0.39	0.34	0.31
500	0.26	0.35	0.32	0.34	0.37	0.38	0.38	0.36	0.36	0.35	0.38	0.38	0.34	0.35	0.41	0.38	0.43	0.44	0.34	0.31
1,000	0.29	0.26	0.37	0.33	0.37	0.38	0.34	0.36	0.33	0.36	0.41	0.38	0.37	0.32	0.40	0.40	0.42	0.41	0.35	0.37
1,500	0.28	0.34	0.31	0.28	0.35	0.35	0.35	0.36	0.34	0.35	0.37	0.37	0.34	0.33	0.40	0.35	0.39	0.37	0.36	0.34
有意性 ^y	処理区間		NS	NS	*	NS														
	栽植距離間		△	NS	NS															

^z 2m, 3mは樹間距離.

^y △, *はそれぞれ10%, 5%水準.

か年で有意差がみられ、堆肥無施用の0kg区に比べて、500kg区の含有率が高かった。しかし、その他の調査年では有意差がみられなかった。

藤崎ほ場の場合も、1982年から1985年の4年間は500kg区が他の区に比べて含有率が高い傾向がみられた。しかし、その他の調査年は処理区間に差異がなかった。

(5) 葉中マグネシウム

両ほ場における葉中マグネシウム含有率を第62, 63表

に示す。

黒石ほ場では1984年に処理区間に有意差がみられ、堆肥施用区が無施用区に比べて低かったが、その他の調査年は処理区間に有意差がみられなかった。

藤崎ほ場の場合には1987年の500kg区が0kg区に比べて高い含有率を示した以外は、いずれの調査年とも、処理区間に差異がなかった。

3. 堆肥施用量と土壌の化学性

1) 方法

試験ほ場, 処理区の構成, 処理方法などは前項試験 1. に記載したとおりである。

分析用の試料は1979年から1988年まで, 毎年4月, 堆肥前に採土した。採土深は地表下0~10cm, 20~30cm, 40~50cmで, 1処理区4か所から採土して混合し, 1試料を調製した。

分析項目は全炭素, 全窒素, 可給態窒素, pH (kcl), 陽イオン交換容量, 交換性Ca, Mg及びK, 有効態リン酸である。測定法は全炭素と全窒素が乾式燃焼法(柳本製CNコーダー使用), 可給態窒素はビーカー培養法(28℃, 2週間), pH (kcl) はガラス電極法, 陽イオン交換容量はN-酢酸アンモニウム振とう浸出法, 交換性Ca, Mg及びKはN-酢酸アンモニウム浸出液について, 原子吸光法で測定した。有効態リン酸はTruog法によって測定した。

2) 結果

第64表は黒石ほ場における堆肥の施用量と土壌の化学性について, 10か年の平均値を示したものである。

全炭素含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に高く, 施用区間では500kg区に比べて, 1,000kg区, 1,500kg区が高かった。深さ20~30cmと40~50cmでは堆肥無施用の0kg区に比べて有意に高かったのは1,000kg区と1,500kg区であった。

全窒素含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に高く, 施用区間では500kg区に比べて, 1,000kg区, 1,500kg区が高い傾向にあった。深さ20~30cmと40~50cmでは0kg区に比べて有意に高かったのは1,500kg区のみであった。

可給態窒素含量は深さ0~10cmと20~30cmでは堆肥施用量が多いほど高い含量を示した。深さ40~50cmも類似の傾向を示した。

pH(kcl)は深さ0~10cmでは0kg区に比べて1,000kg区と1,500kg区が有意に高かった。深さ20~30cmでは0kg区に比べて500kg区が低く, 深さ40~50cmでは1,500kg区が高かった。

陽イオン交換容量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に大きく, 施用区間では1,500kg区が500kg区, 1,000kg区に比べて大きかった。深さ20~30cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に大きかったが, 施用区間では有意差がなかった。深さ40~50cmでは0kg区に比べて, 1,000kg区, 1,500kg区が大きい傾向にあった。

交換性カルシウム含量は深さ0~10cmでは0kg区に比べて有意に高かったのは1,000kg区と1,500kg区で, 両区の間では1,500kg区が1,000kg区より高かった。深さ20~30cmと40~50cmでは1,500kg区と1,000kg区が0kg区より有意に高かった。

交換性マグネシウム含量は深さ0~10cmでは0kg区に比べて有意に高かったのは1,500kg区のみであった。深さ20~30cmと40~50cmでは500kg区と1,000kg区が0kg区に比べて低かった。

交換性カリ含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が無施用区に比べて有意に高く, 施用量間では1,000kg区と1,500kg区が500kg区より高かった。深さ20~30cmと40~50cmにおいても堆肥施用区が無施用区に比べて有意に高く, 施用区間では1,000kg区, 1,500kg区が500kg区に比べて高い傾向にあった。

有効態リン酸含量は深さ0~10cmでは堆肥施用量が

第64表 堆肥施用量と土壌の化学性²—黒石ほ場

深さ (cm)	施用量 (kg/10a)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg/100g)	pH (kcl)	陽イオン交換容量 (me/100g)	交換性陽イオン (me/100g)			有効態リン酸 (mg/100g)
							Ca	Mg	K	
0~10	0	5.17c	0.382c	3.60c	5.14c	20.49c	9.19c	2.46b	0.79c	8.15c
	500	5.70b	0.425b	5.56b	5.07c	22.54b	9.28c	2.25b	1.17b	9.92bc
	1,000	6.16a	0.458a	6.29a	5.29b	22.80b	11.58b	2.25b	1.45a	11.67b
	1,500	6.03a	0.442ab	6.95a	5.45a	24.03a	12.60a	3.02a	1.66a	13.61a
	有意性 ^y	***	***	***	***	***	***	***	***	***
20~30	0	5.20b	0.364b	2.28c	5.02a	20.21b	5.83b	2.51a	0.26c	2.70
	500	5.27b	0.365b	2.42bc	4.83b	21.25a	6.35b	1.88b	0.43b	3.29
	1,000	5.60a	0.395b	2.72a	5.05a	21.91a	7.44a	2.03b	0.70a	3.34
	1,500	5.74a	0.439a	2.85a	5.06a	21.75a	7.64a	2.29ab	0.68a	3.43
	有意性 ^y	**	***	*	*	***	***	*	***	NS
40~50	0	7.36b	0.486bc	1.05b	4.99b	20.92b	5.19b	1.48	0.17c	1.43b
	500	6.74c	0.426b	1.45b	4.96b	20.73b	5.56b	1.30	0.26b	2.10a
	1,000	7.79a	0.512ab	1.51b	5.08b	21.51ab	6.56a	1.43	0.36a	1.84ab
	1,500	7.97a	0.520a	2.06a	5.13a	22.13a	6.31a	1.54	0.32ab	1.96a
	有意性 ^y	***	***	**	***	*	***	△	***	*

² 風乾土を供試。

^y △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第65表 堆肥施用量と土壤の化学性²—藤崎ほ場

深さ (cm)	施用量 (kg/10a)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg/100g)	pH (kcl)	陽イオン交換容量 (me/100g)	交換性陽イオン (me/100g)			有効態リン酸 (mg/100g)
							Ca	Mg	K	
0~10	0	2.01c	0.187c	3.98c	5.29	20.91	11.75b	3.53a	1.34c	23.00c
	500	2.47b	0.231b	5.15b	5.13	20.96	11.68b	3.09b	1.82b	25.80bc
	1,000	2.74a	0.244ab	6.47a	5.12	21.39	11.63b	3.03b	2.04a	28.14ab
	1,500	2.78a	0.251a	6.33a	5.21	21.68	12.71a	3.20b	2.18a	29.78a
	有意性 ^y	***	***	***	△	△	*	***	***	**
20~30	0	1.03d	0.090c	1.59b	5.13a	20.84a	11.26	4.02a	0.34c	5.62b
	500	1.15c	0.100c	1.85b	5.16a	20.08b	11.40	3.54b	0.43bc	6.64b
	1,000	1.39b	0.119b	2.71a	4.90b	19.87b	11.40	3.29c	0.73a	8.37a
	1,500	1.53a	0.136a	2.80a	4.92b	21.16a	11.44	3.82a	0.69ab	8.87a
	有意性 ^y	***	***	**	***	***	NS	***	*	***
40~50	0	0.63b	0.059c	0.43c	4.91b	23.29a	12.78	4.54	0.51	3.98
	500	0.89a	0.080b	0.88b	4.99a	21.52c	12.49	4.63	0.44	4.47
	1,000	0.93a	0.084ab	1.04ab	4.88b	21.86bc	12.19	4.44	0.43	4.53
	1,500	0.96a	0.088a	1.22a	4.85b	22.34b	12.21	4.55	0.45	4.88
	有意性 ^y	***	***	***	*	***	△	NS	△	NS

²風乾土を供試。^y△, *, ***はそれぞれ10%, 5%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

多いほど高かった。深さ20~30cmでは処理区間に有意差がなかったが、堆肥施用区が無施用区に比べて高い値を示し、深さ40~50cmも堆肥施用区が無施用区に比べて高い値を示した。

第65表は藤崎ほ場における堆肥の施用量と土壤の化学性について、10か年の平均値を示したものである。

全炭素含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に高く、施用区間では500kg区に比べて、1,000kg区、1,500kg区が高かった。深さ20~30cmでは堆肥施用量が多いほど高かった。深さ40~50cmでは堆肥施用区が無施用区に比べて有意に高かったが、堆肥施用区間では有意差がなかった。

全窒素含量は深さ0~10cmでは堆肥施用量が多いほど高い傾向にあった。深さ20~30cmでは堆肥無施用の0kg区に比べて有意に高かったのは1,000kg区と1,500kg区であった。深さ40~50cmでは深さ0~10cmの場合と同様であった。

可給態窒素含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が堆肥無施用区に比べて有意に高く、施用区間では1,000kg区と1,500kg区が500kg区に比べて高かった。深さ20~30cmと40~50cmでは堆肥施用量が多いほど高い傾向にあった。

pH (kcl) は深さ0~10cmでは堆肥無施用区に比べて施用区が低い傾向にあり、深さ20~30cmでは0kg区に比べて1,000kg区及び1,500kg区が有意に低かった。深さ40~50cmでは500kg区が他の処理区より高かった。

陽イオン交換容量は深さ0~10cmでは施用量が多いほど大きい傾向を示した。深さ20~30cmでは500kg区と1,000kg区が0kg区及び1,500kg区に比べて小さ

かった。深さ40~50cmでは堆肥無施用区に比べて、施用区が小さかった。

交換性カルシウム含量は深さ0~10cmでは1,500kg区が他の処理区に比べて高かった。深さ20~30cmでは処理区間に有意差がみられず、深さ40~50cmでは堆肥無施用区に比べて施用区が小さい傾向がみられた。

交換性マグネシウム含量は深さ0~10cmでは堆肥無施用の0kg区に比べて堆肥施用区が有意に低かった。深さ20~30cmでは500kg区と1,000kg区が0kg区、1,500kg区より低かった。深さ40~50cmでは処理区間に有意差がなかった。

交換性カリ含量は深さ0~10cmでは堆肥施用区が無施用区に比べて有意に高く、施用量間では1,500kg区と1,000kg区が500kg区に比べて高かった。深さ20~30cmでは0kg区に比べて有意に高かった処理区は1,000kg区と1,500kg区であった。深さ40~50cmでは堆肥施用区が無施用区に比べて低い傾向にあった。

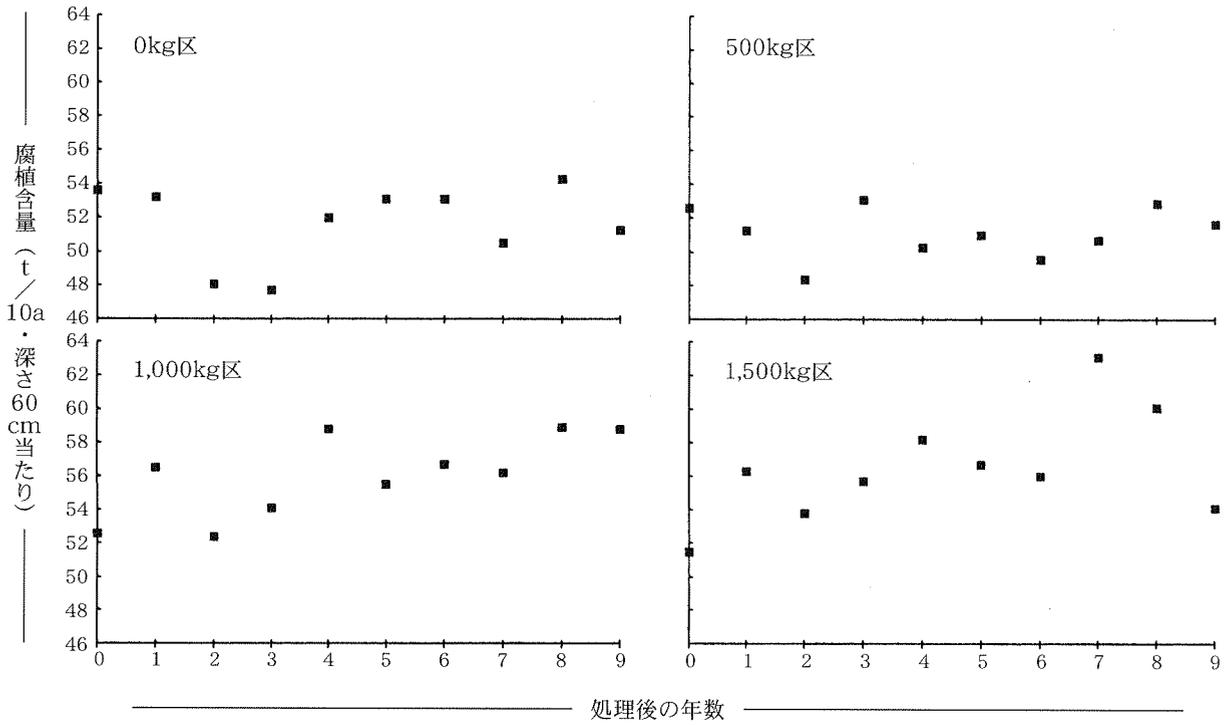
有効態リン酸含量は深さ0~10cmでは堆肥施用量が多いほど高くなる傾向にあった。深さ20~30cmでは0kg区に比べて1,000kg区と1,500kg区が有意に高かった。深さ40~50cmでは処理区間に有意差がなかった。

4. 堆肥連用に伴う土壤有機物量の経年変化

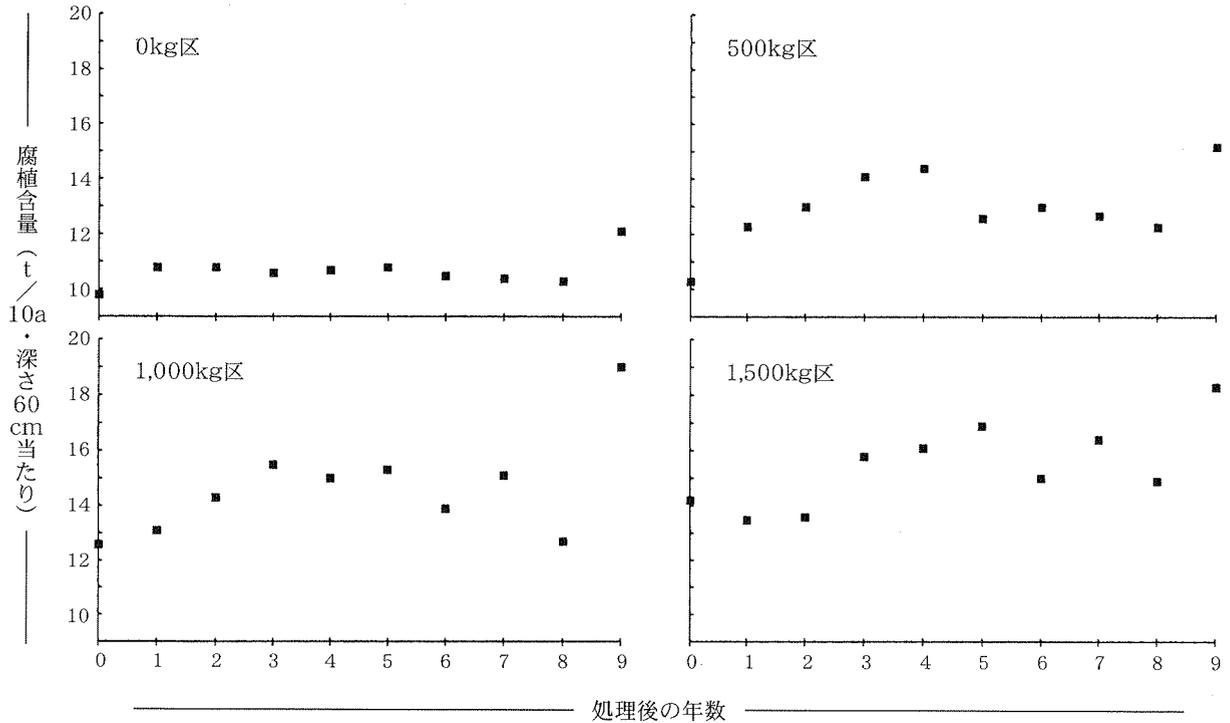
1) 方法

前項試験1.1), (2)に記した0kg区、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区から、処理を開始した1979年以降、毎年4月、施肥並びに堆肥施用する前に、土壤を採取して堆肥連用年数と土壤の腐植含量の経年変化を求めた。

分析用の試料は1処理区当たり4か所、深さ0~10,



第4図 黒石ほ場における堆肥連用年数と土壤中腐植含量の変化



第5図 藤崎ほ場における堆肥連用年数と土壤中腐植含量の変化

20~30, 40~50 cm から採取し, 風乾後, 0.5mm のフルイを通して調製した。

土壤の腐植含量は CN コーダーで測定した炭素含量に経験的係数1.723を掛け, 両ほ場の仮比重 (4 か所の平均値, 黒石ほ場の場合, 深さ 0~10 cm ; 0.888, 20~30 cm ; 0.926, 40~50 cm ; 0.727, 藤崎ほ場の場合, 深さ 0~10 cm ; 0.958, 20~30 cm ; 0.913, 40~50 cm ; 0.928) か

ら10a, 深さ 60 cm 当たりの t 数を算出した。

2) 結果

黒石ほ場における堆肥連用年数と土壤の腐植含量を示すと第4図のとおりである。

年による変動が大きかったが, 1,000kg 区及び1,500kg 区は連用年数が多くなるにつれ腐植含量が高まる傾向がみられ, 毎年 10a 当たり堆肥 1,000 kg 以上の

施用によって土壤中の腐植の増加が伺われた。

藤崎ほ場における堆肥連用年数と土壤の腐植含量を示すと第5図のとおりである。

年による変動が大きい処理区もあったが、1,000kg区及び1,500kg区は連用年数が多くなるにつれ腐植含量が高まる傾向がみられ、毎年10a当たり堆肥1,000kg以上の施用によって土壤中の腐植の増加が伺われた。

5. 堆肥連用土壤の窒素無機化量及び窒素無機化量と可給態窒素量との関係

1) 方法

堆肥連用8年後の1986年、前項試験1.1), (2)に記載した黒石、藤崎両ほ場の0kg区、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区の土壤窒素無機化量をポリエチレンバック法により測定した。

各処理区から1地点を選び、オガーで深さ0~20cm, 20~40cm, 40~60cmから土壤を採取して約4mmの

フルイを通した。それらの150~200gをポリエチレン袋に入れ、輪ゴムで口を縛り、それぞれ元の土層の中央部に埋め戻した。残り一部の土壤で無機態窒素含量(N_i)を測定した。埋め戻した土壤は1か月後に堀上げ、無機態窒素含量(N₂)を測定し、埋め戻したときの無機態窒素含量を差し引いて、1か月間の窒素無機化量(=N₂-N_i)とした。土壤の埋め戻しと堀上げをしたのは5月30日、7月2日、8月1日、9月5日、10月3日、11月4日で、5月30日~7月2日を6月、7月2日~8月1日を7月、8月1日~9月5日を8月、9月5日~10月3日を9月、10月3日~11月4日を10月の無機化量とした。

無機態窒素含量は2N塩化カリウム液で1時間振とう抽出し、Bremnerの方法で全無機態窒素含量(NH₄-N+NO₃-N+NO₂-N)を求めた。

窒素無機化量はそれぞれの深さの仮比重から、10a、層厚20cm当たりの窒素kg数を求め、その合量で6月から10月までの無機化量とした。

2) 結果

黒石ほ場、藤崎ほ場の6月~10月までの深さ別の窒素無機化量を第66表に、時期別の無機化割合を第67表に示した。

両ほ場とも堆肥施用量が多いほど無機化量が多い傾向を示した。黒石ほ場の堆肥無施用の0kg区では10a、深さ60cm当たり約17kg、堆肥施用区(500kg区、1,000kg区、1,500kg区)では25~29kg、藤崎ほ場では堆肥無施用区が20kgに対し、堆肥施用区は24~39kgの無機化量であった。

深さ別では表層0~20cmの無機化量が多く、各処理区とも、黒石ほ場は60%以上、藤崎ほ場では70%以上を占めた。

月別の無機化量の割合は両ほ場とも地温の低い10月が低い傾向にあった以外は特徴的な傾向がみられず、時期別の発現パターンは明かでなかった。

第6図は10a、層厚20cm当たりの6月から10月までの窒素無機化量と同年4月に採土して測定した可給態窒

第66表 堆肥連用土壤の深さ別窒素無機化量²

処理区	深さ (cm)	黒石ほ場	藤崎ほ場
0	0~20	10.6(63) ^y	14.7(74)
	20~40	4.3(26)	3.3(16)
	40~60	1.8(11)	2.1(10)
	計	16.7(100)	20.1(100)
500	0~20	16.5(62)	17.4(72)
	20~40	8.5(31)	4.0(17)
	40~60	2.0(7)	2.8(11)
	計	27.0(100)	24.2(100)
1,000	0~20	17.1(68)	21.9(73)
	20~40	6.1(24)	4.4(15)
	40~60	2.1(8)	3.8(12)
	計	25.3(100)	30.1(100)
1,500	0~20	16.9(58)	29.6(76)
	20~40	9.1(31)	6.5(17)
	40~60	3.3(11)	2.7(7)
	計	29.3(100)	38.8(100)

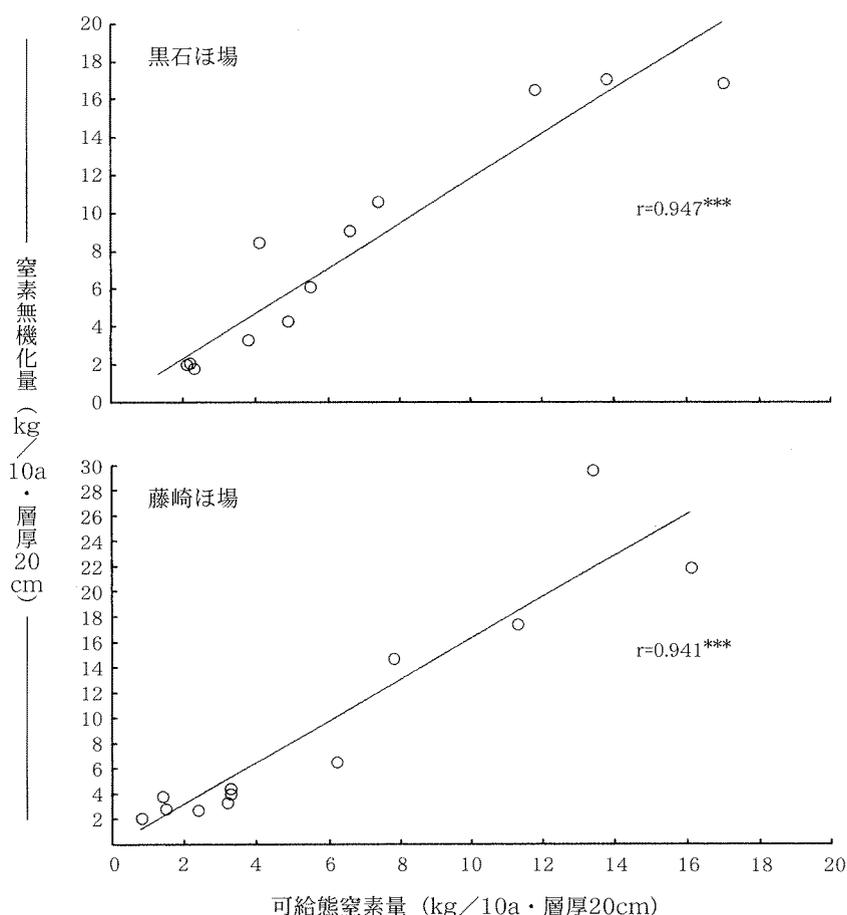
² 6月~10月までの10a当たりkg数。

^y()内数字は深さ別の割合(%)。

第67表 堆肥連用土壤の月別窒素無機化量割合

ほ場名	処理区	N無機化量 ² (kg/10a・深さ60cm)	無機化量の割合(%)				
			6月	7月	8月	9月	10月
黒石	0	16.7	22	19	16	29	14
	500	27.0	21	33	19	17	10
	1,000	25.3	38	18	20	14	10
	1,500	29.3	18	31	29	11	11
藤崎	0	20.1	28	12	17	31	12
	500	24.1	24	19	27	19	11
	1,000	30.1	24	19	25	21	11
	1,500	38.8	25	18	26	23	8

² 10a・深さ60cm当たりkg数。



第6図 可給態窒素量と6月～10月までの窒素無機化量の関係

素量との関係を示したものである。

両ほ場とも、窒素無機化量と可給態窒素量との間には密接な関係があり、 $r=0.9$ 以上の高い相関係数が得られた。

6. 考 察

堆肥の施用量がリンゴ樹の生育や収量、果実肥大及び果実品質に及ぼす影響を明らかにするために諸調査を実施した。その結果、生育量では堆肥施用量間に有意差がみられたのは黒石ほ場の累積せん去枝重量のみで、それ以外、幹の肥大や樹の大きさに対する堆肥施用の影響は明らかでなかった。また、収量、果実肥大、果実品質では黒石ほ場の1樹当たりの累積収量が0kg区、500kg区に比べて1,000kg区、1,500kg区が多かった以外は堆肥施用による影響がほとんどなかった。

黒石ほ場の累積せん去枝重量において、10a当たり堆肥500kg相当量を樹冠下へ施用した区が無施用区や堆肥施用1,000kg区、1,500kg区に比べて多かったのは、500kg区の1樹当たりの累積収量が低いことから判断して、堆肥施用による直接的な影響よりは着果量が少なかったことが影響していると考えられる。

リンゴ樹の堆肥施用に関する試験は非常に少ないが、

当场で戦前から戦後にかけて自給肥料として行った試験結果によると、三要素区に比べて堆肥施用区(2,250～4,500kg/10a)のせん去枝重量や幹周肥大量は少なく、一果平均重量や1樹当たり収量は両区間に差異がなかった(青森りんご試, 1981)。本試験の場合は標準的な施肥を行った上に堆肥を施用していることから、自給肥料を目的とした試験とは異なるが、リンゴ樹の生育や収量に対する堆肥の影響は顕著なものではないことを示しているものと考えられる。リンゴ樹の生育や収量、果実品質を支配する最大の土壌要因は窒素であり、その窒素養分を肥料として十分量施用した上での堆肥施用の影響は発現し難いものと考えられた。

なお、1樹当たり累積収量において、黒石ほ場では堆肥0kg区に比べて、1,000kg区、1,500kg区が多かった理由は特定できないが、堆肥施用によるエチレン生成が関与している可能性もある。即ち、石井・門屋(1984)は未熟な有機物施用によって土壌中のエチレン濃度が高まり、ブドウやカンキツの生育阻害が懸念されることを報告しているが、堆肥施用量の多い1,000kg区、1,500kg区のエチレン発生量が多く、藤崎ほ場に比べて通気性の高い黒石ほ場では根群域のエチレン濃度が高まって生育に抑制的に働き、花芽形成に有利な条件を与えたのかも

しれない。

堆肥施用量と葉中無機成分の関係でその影響が比較的明瞭に現れたのは黒石ほ場のカリ含量であった。ほとんどの調査年で処理区間に有意差がみられ、施用量が多いほど葉中カリ含量が高まる傾向を示した。葉中カリ含量と交換性カリ含量とは強い正の相関関係が認められていることから(青森りんご試, 1981), 試験3.の堆肥施用量と土壌の化学性に示されるように、堆肥の施用量が多いほど土壌中の交換性カリ含量が高まり、このことが葉中カリ含量にも反映したものと考える。藤崎ほ場の場合に堆肥施用による影響がみられなかったが、第64, 65表の土壌の交換性カリ含量をみると、黒石ほ場の場合は深さ0~10cm, 20~30cm, 40~50cmいずれの深さにおいても堆肥無施用区に比べて施用区が高かったが、藤崎ほ場の場合、明らかに堆肥施用区の交換性カリ含量が高かったのは表層の深さ0~10cmのみであった。この部位は除草や堆肥を土壌に混和するための耕耘により、また、土壌水分の変動が激しいことなどから根群の分布が少ないものと推察される。このことが藤崎ほ場の場合の葉中カリ含量に差異がみられなかった原因と思われる。

堆きゅう肥の主要な施用効果として、橋本(1977)は養分供給、土壌理化学性の改善及び土壌生物性の3機能に要約されると述べている。本試験では堆肥施用に伴う土壌の化学性の変化と窒素養分供給能について検討した。この結果、黒石ほ場では全炭素、全窒素、可給態窒素、pH(kcl)、陽イオン交換容量、交換性陽イオン、有効態リン酸いずれも表層0~10cm部位では堆肥の施用量に応じて高い値を示し、全炭素と全窒素は深さ20~30cmまで、可給態窒素、陽イオン交換容量及び交換性カルシウム、カリは深さ40~50cmまで堆肥施用の影響がみられた。藤崎ほ場では全炭素、全窒素、可給態窒素は深さ40~50cmまで、有効態リン酸は深さ20~30cmまで、堆肥施用量に応じて高い値を示す傾向にあった。

堆肥施用によってこれらの要素の増加は一般に認められていることであるが(吉田, 1997), 岩本ら(1985)は開墾して造成したミカン園できゅう肥連用6年後及び9年後の土壌分析結果から、pH、塩基、有効態リン酸及び全炭素にきゅう肥施用の影響を認めているが、明らかなのは表層5cmまでであって、やや影響を認めたのが10cmまで、それ以下になると無施用土壌との差はほとんどないと述べている。本試験ではこれに比べると、より下層まで堆肥施用の影響が認められた。この点について、梅宮・関谷(1985)は果樹園の豚ふん施用園の実態調査から、施用量が年間2~5t/10aではこれら要素の増加は表層土に止まっていたが、15t/10aでは全炭素、全窒素、陽イオン交換容量、交換性マグネシウム、有効態リン酸は深さ60cmまで、交換性カルシウムは深さ40cmまで、交換性カリは深さ80cmまでの増加を認め

ている。これらのことから、施用量や連用年数が多いと、堆きゅう肥の表面施用であっても、本試験で得られたような下層土までの影響は十分存在するものと考えられる。

本試験における交換性マグネシウムが藤崎ほ場の場合、深さ0~10cmと20~30cmにおいて、堆肥施用区が無施用区に比べて有意に低く、黒石ほ場においても深さ20~30cmでは無施用の0kg区に比べて500kg区と1,000kg区は低い含量であった。これら養分の増減は供給量と溶脱量の差によって決定されるので、これらの部位(深さ)においては堆肥施用による養分供給量に比べて溶脱量が多かったことによるものと考えられる。窒素質肥料の施用が土壌中の塩基類の溶脱を助長し、pHの低下を促進することは一般に知られていることであるが(成田ら, 1980), 施用した堆肥から無機化した窒素は最終的には硝酸態窒素となり、土壌中の塩基類の溶脱を助長したものと考える。

土壌有機物水準の維持・増大を図るための堆肥の連用量を把握するために、有効土層60cmとして、各処理区の土壌の腐植含量を経年的に算出した。その結果、黒石、藤崎両ほ場とも樹冠下に毎年1,000kg以上施用することによって経年的に土壌中の腐植含量が増加する傾向がみられた。橋本(1977)は堆きゅう肥連用試験の土壌炭素の消耗量と堆きゅう肥炭素の土壌中における集積率から試算し、畑地における土壌有機物の水準を維持、増大を図る上から、堆きゅう肥の連用量は10a当たり1~2tとすればおおむね妥当であるように考えられると述べている。本試験における樹冠下の面積は10a当たり500m²であるから、10a=1,000m²に換算すると2tに相当することになり、橋本の記述とほぼ同様であった。

堆きゅう肥の連用によって土壌有機物が増加し、これによって潜在的窒素供給力が増加する。

井出(1976)は一定量の有機物を毎年連用すると、土壌中に集積する有機物量は年々増大し、遂には極限値に到達し、その水準での平衡状態あるいはそれに近似した状態になり、毎年施用される有機物に含まれる窒素量と同一量が一年間に分解生成されことを報告している。このことからすると、連用した堆肥中の窒素成分が現物当たり0.4%程度であることから、極限値に達した場合は1t当たり4kg程度になる。本試験で堆肥連用8年後の堆肥からの無機化量を堆肥無施用の場合の無機化量を差し引いて算出すると、1t当たりの無機化量が黒石ほ場の500kg区が10kgと非常に高かったが、それ以外の処理区では4~6kgであった。これらの値は井出(1976)の報告からすると幾分高いようにも思われるが、土壌中窒素成分の不均一性を考慮すると、ほぼ妥当な値と考える。

土壌からの窒素の発現量を実態把握することは施肥を

考える上で非常に重要である。本試験ではポリエチレンバック法による6月から10月までの各月の窒素無機化量の累積値と、同年4月施肥前に採土して測定した可給態窒素量との間には非常に高い相関係数が得られており、施肥前一回の採土による可給態窒素の測定で、十分生育期間中の窒素発現量を推定できるものと考えられた。

7. 摘要

りんご園土壌の有機物含量が減少傾向を示していることから、積極的に地力向上を図る上での堆肥施用量を把握するため、黒石ほ場と藤崎ほ場において、わい性台樹を対象に堆肥施用量がりんご樹及びりんご園土壌に及ぼす影響を検討した。

1) 生育量では、堆肥施用量間に有意差がみられたのは黒石ほ場の累積せん去枝重量のみで、10a当たり堆肥500kg施用区が他の処理区より高かった以外、黒石、藤崎両ほ場とも、幹の肥大、樹の大きさにおいて有意差がなかった。堆肥500kg施用区が1,000kg、1,500kg施用区より累積せん去枝重量が多かったのは、500kg区の着果量が少なかったことに起因したと推察される。

2) 収量、果実肥大及び果実品質では、黒石ほ場の1樹当たり累積収量が0kg区、500kg区に比べて1,000kg

区及び1,500区が多かった以外、両ほ場とも堆肥施用による影響はほとんどなかった。

3) 堆肥施用量と葉中無機成分含量の関係では、その影響が明瞭にみられたのは黒石ほ場のカリ含量で、堆肥施用量が多いほど葉中カリ含有率が高まった。その他の成分は両ほ場とも処理間に差異のみられなかった調査年が多かった。

4) 両ほ場とも、堆肥施用量に応じて土壌中の全炭素、全窒素、可給態窒素、陽イオン交換容量、交換性陽イオン及び有効態リン酸が多くなる傾向にあり、特に表層0~10cm部位で顕著であった。

5) 両ほ場とも、堆肥を10a当たり1,000kg以上を樹冠下に毎年施用することによって、土壌中の有機物含量は年々増加する傾向にあった。

6) 8年間堆肥連用した土壌の窒素無機化量は10a、深さ60cm当たり24~39kgで、堆肥施用量が多いほど多い傾向にあり、堆肥施用による窒素無機化量は堆肥1トン当たりに換算すると4~6kgであった。

7) ポリエチレンバック法による土壌窒素発現量と施肥前に採土して測定した可給態窒素量との間には0.9以上の非常に高い相関係数が得られた。

V 敷草の種類と施肥法の検討

現在、わい性台利用樹の標準的な土壌管理法として、りんご樹と被覆作物との養水分競合防止の面から、樹冠下清耕、樹列間草生の部分草生法を採用している。そして、作業道の被覆作物を刈り取り、その都度、有機物補給のため、樹冠下へ敷草するよう指導・普及されている。その敷草は分解する過程で養分を放出し、緑肥的作用も期待されることから、敷草の分解性や刈草中の含有無機成分量、敷草の種類並びに施肥法、特に施肥量がりんご樹及び土壌の化学性に及ぼす影響について検討した。

1. 敷草の分解性

1) 方法

(1) 敷草の分解率

1979年5月下旬、場内ほ場の木柵(縦横80cm)で栽培したラジノクローバー、チモシー、ベントグラス、メドウフェスク及びケンタッキーブルーグラスの5草種を刈り取り、2~3cmに細断して室内に数日間広げて風乾した。その後、風乾物重量で15gを縦25cm、横22cmの自製のナイロン製の網(網目の大きさは約1mm四方)に入れた。

同年5月30日、これらを場内ほ場の清耕状態の地表面に土壌とよく接触するように固定した。その後、7月3日、8月3日、9月6日、10月5日、翌1980年の4月19日、10月18日の6回、試料を採取して土を取り除き、

105℃で乾燥して乾物重量を秤量した。1979年に採取した試料については秤量後粉砕して分析試料を調製し、CNコーダーで炭素、窒素を測定し、炭素率を求めた。

なお、ラジノクローバー、チモシー及びベントグラスの3草種については上記の敷草以外にすき込みをも考慮して、深さ5cmの位置に埋設する処理区も併設した。この場合は処理3か月後の9月6日の調査で、3草種とも95%以上分解したのでこれ以降は調査しなかった。

(2) 敷草中窒素の無機化率

1/2,000aワグナーポットの底部に浸透水が排水口に流れやすいように、白セメントで緩い傾斜をつけ、土中に埋設して簡易なライシメーターを造った。1979年5月25日と7月3日の2回、木柵(縦横80cm)内で栽培した牧草を1/2,000aの面積から刈り取り、生体のまま敷草した。5月25日の場合は敷草以外に敷草を数cm土中にすき込む処理も併設した。

供試した牧草はラジノクローバー、チモシー及びベントグラスの3草種で、それらの炭素及び窒素含有率、炭素率並びに敷草乾物重量は第68表に示すとおりである。

敷草の窒素無機化量は刈草添加ライシメーターの浸透水、土壌並びに雑草中に含まれる窒素の含量から、無添加ライシメーターのそれらの窒素の含量を差し引いて求めた。それぞれの添加刈草中窒素含量に対する割合から窒素無機化率を算出した。

第68表 供試した牧草のC, N含有率, C/N比及び敷草乾物重量

牧草の種類	5月25日処理				7月3日処理			
	C%	N%	C/N比	添加乾物重(g)	C%	N%	C/N比	添加乾物重(g)
ラジノクローバー	41.6	3.46	12.0	13.7	43.8	3.81	11.5	25.2
チモシー	42.9	2.05	20.9	34.1	42.6	2.39	17.8	34.7
ペントグラス	—	—	—	—	41.8	2.09	20.1	41.4

2) 結果

(1) 敷草の分解率

試験に供試した5草種の敷草の乾物減少率を示すと、第7図のとおりである。

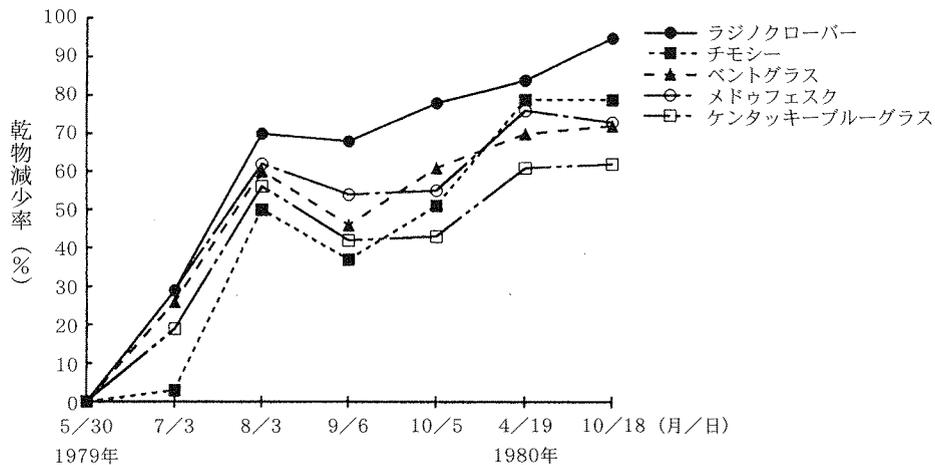
各草種とも敷草処理後2か月の間に乾物重量が急激に減少し、その後の減少率は比較的緩慢であった。敷草処理1年5か月後の乾物減少率は、最も高かったのがラジノクローバーで、次いでチモシー=メドゥフェスク=ペントグラス、最も減少率の低かった草種はケンタッキーブルーグラスであった。

刈草を土中に埋設した場合の乾物減少率は第8図に示すように、供試した3草種(ラジノクローバー、チモシー、ペントグラス)とも、処理2か月で90%以上分解

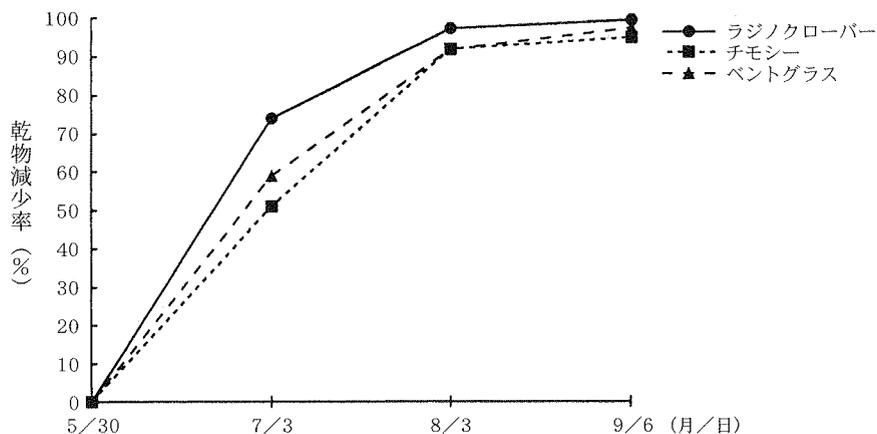
し、処理4か月後には残存物をほとんど確認できなかった。草種間の乾物減少率には大差がなかったが、ラジノクローバーがチモシー、ペントグラスに比べて幾分高い傾向にあった。

敷草の炭素率の推移は第9図のとおりで、処理時のC/N比が10以下を示したラジノクローバーのそれは処理日数の経過とともに幾分高まる傾向をみせ、4か月後には11以上になった。一方、処理時のC/N比が17以上であった他の草種は処理日数の経過とともに次第に低下し、4か月後には13前後まで低下した。

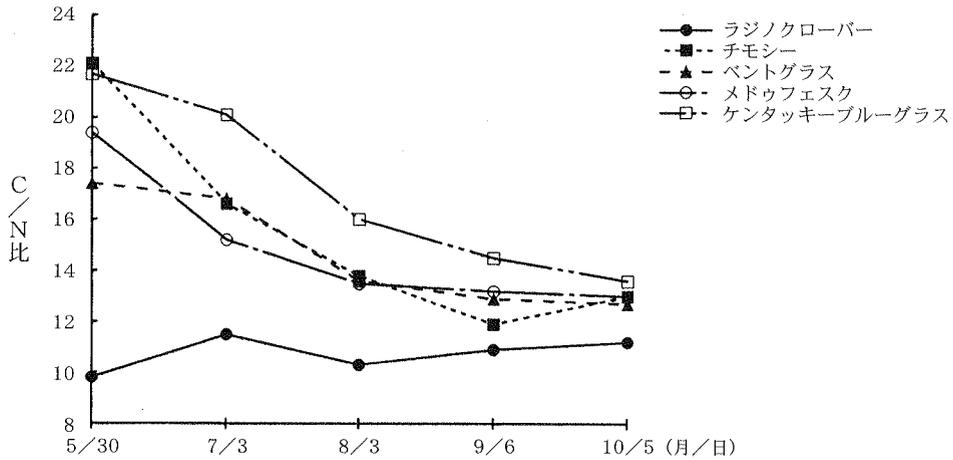
処理時の敷草の炭素率と処理4か月後の乾物減少率との関係を示すと、第10図のとおりである。処理時のC/N比が低い草種ほど乾物減少率が高く、分解しやすい



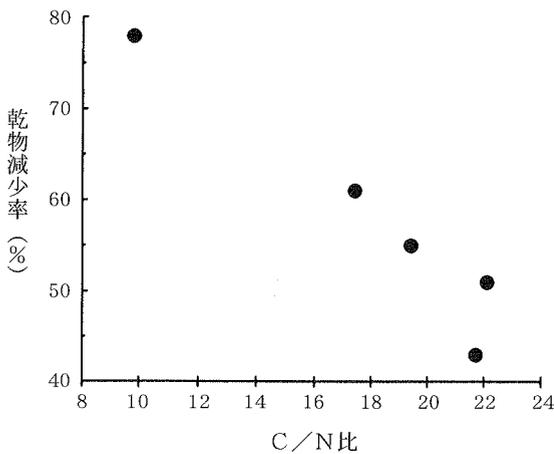
第7図 敷草の乾物減少率の推移



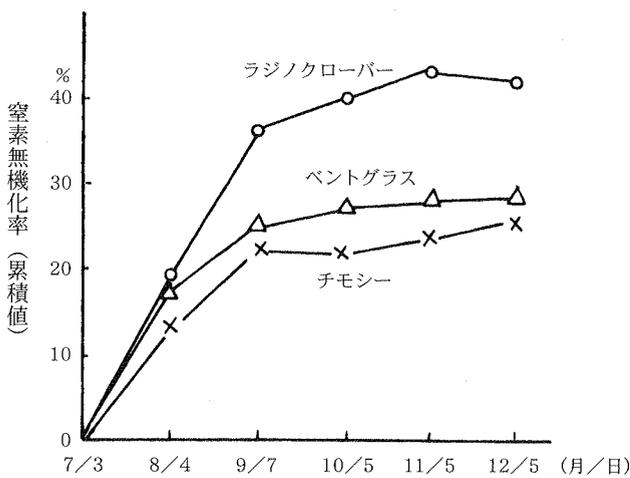
第8図 刈草を土中に埋設した場合の乾物減少率の推移



第9図 敷草の炭素率の推移



第10図 敷草の炭素率と敷草4か月後の乾物減少率



第12図 敷草の窒素無機化率の推移 (7月3日処理)

い傾向にあった。

(2) 敷草中窒素の無機化率

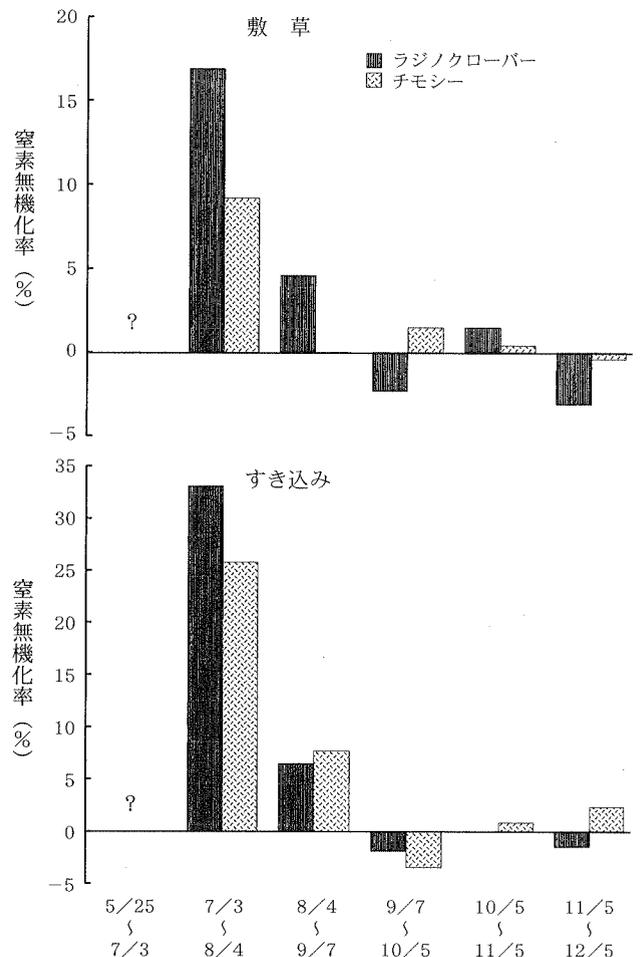
5月25日に刈草を地表面に敷いた場合とすき込んだ場合の期間毎の窒素無機化率を第11図に示した。

5月25日から7月3日の期間は採水用のポリエチレン製容器を設置した溝に豪雨により雨水が溜まり、浸透水

の捕取に失敗したため明かでなかったが、7月3日から8月4日の期間の窒素無機化率はすき込みが敷草に比べて高く、草種間ではラジノクローバーがチモシーより幾分高かった。

7月3日に敷草した場合の窒素無機化率の推移を第12図に示した。

各期間の無機化率をみると、ラジノクローバー、チモ



第11図 敷草、すき込みした場合の草体窒素無機化率 (5月25日処理)

シー、ベントグラスいずれの草種とも、急激な無機化がみられたのは処理2か月間程度で、その後の無機化率は緩慢であった。草種間ではラジノクローバーが最も高く、ベントグラスとチモシーはほぼ同程度でラジノクローバーより低かった。

2. 被覆作物の刈草に含まれる養分量

1) 方法

敷草の種類並びに施肥量がリンゴ樹の生育、収量及び果実品質に及ぼす影響を検討するため、1979年5月に作業道に牧草を播種した。試験ほ場は前述の「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」の項で記した黒石ほ場と藤崎ほ場である。

当初播種した牧草の種類はラジノクローバー、ベントグラス及びチモシーの3草種であったが、チモシーを播種した部分の裸地が目立ったので、1981年9月にペレニアルライグラスに更新した。

これら両ほ場で、敷草によって土壤に還元される養分量を推定するため、被覆作物を刈取りの都度、産草量と草体成分を調査・分析した。調査・分析を行った年は黒石ほ場が1981年、藤崎ほ場が1984年である。前者の施肥量は10a当たりN成分量で0、2.5及び5.0kg相当量の3段階で、それぞれN₀区、N₁区、N₂区とし、複合肥

料(N, P₂O₅, K₂Oそれぞれ15%, 5%, 10%)で施した。後者の場合はN₀区が10a当たりN成分量で0kg, N₁区が5kg, N₂区が10kgであった。

産草量調査は黒石ほ場が1981年5月16日、6月22日、7月24日及び8月21日の4回、藤崎ほ場が1984年5月25日、6月25日、7月23日、8月22日及び9月25日の5回、一草種につき、縦横50cmの正方形に4か所から被覆作物を刈り取り、その一部で水分含量を測定した後、粉碎して試料を調製し、無機成分含量の分析に供した。

2) 結果

(1) 黒石ほ場

黒石ほ場で実施した結果は第69表に示されるとおりである。

刈草に含まれる窒素養分量はラジノクローバーが最も多く、次いでベントグラス、チモシーの順であった。また、施肥量が多いほど多く、1m²当たりの刈草に含まれる窒素の年間合計量は、ラジノクローバーではN₀区が18g, N₂区で25g, ベントグラスではN₀区が10g, N₂区で16gであった。

リン酸養分量は草種間では差異がなかったが、施肥量間では施肥量が多いほど多かった。

カリ養分量はベントグラスとチモシーでは大差がなかったが、ラジノクローバーはこれらイネ科の牧草より

第69表 被覆作物の刈草に含まれる養分量—黒石ほ場 (g/m², 1981年)

刈取り時期	ラジノクローバー			ベントグラス			チモシー			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	
N	5月16日	4.10	5.14	5.45	1.01	2.74	3.78	1.46	1.81	3.12
	6月22日	6.00	6.48	7.44	2.22	2.46	2.82	1.92	2.29	2.69
	7月24日	5.87	6.49	7.61	5.14	5.83	6.93	2.30	3.63	4.29
	8月21日	2.50	3.67	4.32	1.65	2.95	2.81	—	—	—
	合計	18.47	21.78	24.82	10.02	13.98	16.34	—	—	—
P ₂ O ₅	5月16日	0.92	0.96	1.10	0.25	0.64	0.87	0.44	0.53	0.94
	6月22日	1.12	1.28	1.44	0.80	0.89	0.98	0.80	1.05	1.12
	7月24日	1.17	1.31	1.65	1.97	2.63	2.59	1.01	1.01	1.21
	8月21日	0.44	0.71	0.80	0.50	0.71	0.76	—	—	—
	合計	3.65	4.26	4.99	3.52	4.87	5.20	—	—	—
K ₂ O	5月16日	3.54	3.37	3.86	0.98	2.89	4.03	2.02	2.38	3.94
	6月22日	5.18	3.38	5.58	2.64	2.87	3.30	3.02	4.26	4.60
	7月24日	6.77	4.74	7.45	5.71	6.32	7.26	4.70	6.62	5.53
	8月21日	2.04	2.62	3.48	1.50	2.54	2.88	—	—	—
	合計	17.53	14.11	20.37	10.83	14.62	17.47	—	—	—
CaO	5月16日	1.84	2.15	2.31	0.16	0.38	0.49	0.23	0.30	0.39
	6月22日	2.43	2.21	3.39	0.48	0.58	0.63	0.46	0.56	0.74
	7月24日	2.45	2.46	3.11	1.01	1.34	1.44	0.50	0.49	0.69
	8月21日	0.81	1.14	1.39	0.29	0.41	0.46	—	—	—
	合計	7.53	7.96	10.20	1.94	2.71	3.02	—	—	—
MgO	5月16日	0.51	0.75	0.78	0.10	0.22	0.33	0.15	0.20	0.33
	6月22日	0.66	0.81	1.05	0.28	0.30	0.33	0.28	0.32	0.35
	7月24日	0.78	0.96	1.28	0.55	0.80	0.78	0.43	0.46	0.46
	8月21日	0.28	0.46	0.53	0.18	0.28	0.28	—	—	—
	合計	2.23	2.98	3.64	1.11	1.60	1.72	—	—	—

第70表 被覆作物の刈草に含まれる養分量—藤崎ほ場 (g/m², 1984年)

刈取り時期	ラジノクローバー			ベントグラス			ペレニアルライグラス			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	
N	5月25日	5.22	5.33	7.54	1.79	2.54	5.86	2.29	3.56	8.81
	6月25日	5.89	6.78	6.35	1.48	2.21	3.22	0.93	1.33	2.62
	7月23日	4.26	4.72	5.14	1.92	3.36	3.92	1.49	2.04	3.76
	8月22日	3.40	3.63	3.36	2.02	1.57	1.60	1.41	1.17	1.41
	9月25日	2.86	4.14	4.30	—	—	1.69	1.92	1.87	1.78
	合計	21.63	24.60	26.69	—	—	16.29	8.04	9.97	18.38
P ₂ O ₅	5月25日	0.82	0.87	1.47	0.57	0.66	1.31	1.37	1.56	3.21
	6月25日	1.10	1.15	1.17	0.53	0.76	0.96	0.48	0.57	1.06
	7月23日	0.89	0.96	0.78	0.92	1.44	1.17	0.73	0.89	1.67
	8月22日	0.57	0.69	0.66	0.78	0.69	0.44	0.71	0.50	0.60
	9月25日	0.44	0.64	0.71	—	—	0.69	0.78	0.87	0.87
	合計	3.82	4.31	4.79	—	—	4.57	4.07	4.39	7.41
K ₂ O	5月25日	3.46	5.14	7.85	2.30	3.25	6.44	4.15	7.57	14.88
	6月25日	3.17	4.61	5.36	1.49	2.53	3.20	1.33	1.73	3.96
	7月23日	3.18	4.15	4.26	2.23	4.37	4.60	1.87	3.61	5.87
	8月22日	1.80	3.31	2.78	1.82	1.86	1.60	1.88	1.45	1.92
	9月25日	1.98	2.88	3.80	—	—	2.02	3.16	3.25	3.07
	合計	13.59	20.09	24.05	—	—	17.86	12.39	17.61	29.70
CaO	5月25日	2.24	1.99	2.91	0.31	0.40	0.59	0.57	0.85	1.59
	6月25日	2.89	2.88	2.31	0.74	0.71	0.76	0.65	0.78	1.03
	7月23日	1.75	1.68	1.86	0.46	0.70	0.78	0.41	0.55	0.99
	8月22日	1.68	1.34	1.30	0.49	0.41	0.41	0.40	0.30	0.38
	9月25日	0.99	1.48	1.54	—	—	0.35	0.40	0.40	0.44
	合計	9.55	9.37	9.92	—	—	2.89	2.43	2.88	4.43
MgO	5月25日	0.86	0.71	0.95	0.15	0.20	0.37	0.33	0.55	0.98
	6月25日	0.93	0.86	0.80	0.18	0.22	0.25	0.20	0.25	0.35
	7月23日	0.70	0.65	0.70	0.22	0.28	0.35	0.23	0.28	0.48
	8月22日	0.73	0.61	0.51	0.22	0.17	0.18	0.28	0.20	0.23
	9月25日	0.33	0.48	0.50	—	—	0.18	0.27	0.28	0.25
	合計	3.55	3.31	3.46	—	—	1.33	1.31	1.56	2.29

幾分多かった。また、施肥量間では施肥量が多いほど多い傾向にあった。1m²当たりの年間合計量はラジノクローバーのN₀区が18g, N₂区が20g, ベントグラスのN₀区が11g, N₂区が17gであった。

カルシウム及びマグネシウムの両養分量もカリの場合と同様の傾向であった。

(2) 藤崎ほ場

藤崎ほ場で実施した結果は第70表のとおりである。

刈草に含まれる窒素養分量はイネ科のベントグラスとペレニアルライグラスの間では大差がなかったが、マメ科のラジノクローバーはこれらよりも多かった。また、施肥量が多いほど多く、1m²当たりの刈草に含まれる窒素の年間合計量は、ラジノクローバーではN₀区が22g, N₂区で27g, ペレニアルライグラスではN₀区が8g, N₂区で18gであった。

リン酸養分量は草種間では大差がなかったが、施肥量間では施肥量が多いほど多かった。

カリ養分量もリン酸養分量とほぼ同様の傾向で、1m²当たりの年間合計量はラジノクローバーのN₀区が14g, N₂区が24g, ペレニアルライグラスのN₀区が13g,

N₂区が30gであった。

カルシウム養分量はイネ科のベントグラスとペレニアルライグラスとの間では大差がなかったが、マメ科のラジノクローバーはベントグラス, ペレニアルライグラスに比べて多かった。

マグネシウム養分量はカルシウムの場合とほぼ同様の傾向であった。

3. 敷草の種類並びに施肥量と生育, 収量及び果実品質

1) 方法

(1) 試験ほ場と栽植前の土壌改良

試験ほ場と栽植前の土壌改良は前述の「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」と同様である。

(2) 材料

材料は黒石ほ場がM. 26台の‘ふじ’, 藤崎ほ場はM. 9A台‘ふじ’で、いずれも1976年11月に1年生苗を栽植した。

栽植距離は黒石ほ場が列間4m, 樹間2m, 藤崎ほ場が樹間2m植えの列と3m植えの列が交互で、列間は4.5mである。

1 処理区当たりの供試樹数は試験開始時（1980年）には黒石ほ場が6～8樹、藤崎ほ場の樹間2mで3～9樹、樹間3mで3～7樹であったが、腐らん病に罹病したものがあつた、試験最終年（1988年）の1処理区当たりの供試樹数は黒石ほ場で4～8樹、藤崎ほ場の樹間2mで2～9樹、樹間3mで2～7樹であった。

(3) 処理区の構成並びに処理方法

ラジノクローバー、ベントグラス、ペレニアルライグラスを、それぞれ作業道から刈り取って樹冠下に敷草した区（ラジノクローバー敷草区、ベントグラス敷草区及びペレニアルライグラス敷草区）と敷草をせず清耕状態に維持した無施用区の4処理区に施肥量をそれぞれ3段階組み合わせさせた。敷草のための牧草は1979年5月に作業道に播種した。ただし、ペレニアルライグラス敷草区は当初チモシーを播種したが、裸地が目立ってきたので、1981年9月にペレニアルライグラスに更新した。敷草処理は1980年から年4～5回、草刈りのつど樹冠下へ刈り取った草を敷いた。施肥量は1980年と1981年が10a当たりN成分で0、2.5及び5.0kg相当量の3段階、1982年以降は0、5.0及び10.0kg相当量の3段階とし、それぞれN₀区、N₁区、N₂区とした。肥料は複合肥料（N、P₂O₅、K₂Oそれぞれ15%、5%、10%）で施した。

(4) 調査方法

調査は処理を開始した1980年から1988年まで実施した。ただし、果実品質の着色程度は1982年から、それ以外の屈折計示度、リンゴ酸含量及び蜜入り程度は1981年から実施した。

調査項目、調査方法は前述の「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」の場合と同様である。

2) 結果

(1) 生育量

i) 幹の肥大

黒石ほ場と藤崎ほ場の幹径を示すと第71～73表のとおりである。

黒石ほ場は、敷草の種類間、施肥量間とも、ほとんどの調査年で有意差がなかった。藤崎ほ場もまた、樹間2m植えに比べて3m植えの幹径が太かったものの、処理間においては2m植え、3m植え、いずれの調査年とも有意差がなかった。

ii) せん去枝重量

両ほ場における1樹当たりせん去枝重量は第74～76表に示すとおりである。

黒石ほ場の場合、ほとんどの調査年で敷草の種類間、施肥量間に有意差がなく、累積せん去枝重量もまた有意差がなかった。

藤崎ほ場の樹間距離2mの場合、敷草の種類間ではほとんどの調査年で有意差がなかった。施肥量間では試験開始当初の1980年と1981年は無肥料区（N₀）が、肥料施

用区（N₁、N₂）に比べて多い傾向にあつたが、試験終了近くの1986年と1987年では施肥量が多いほどせん去枝重量も多い傾向にあつた。

藤崎ほ場の樹間距離3mの場合、敷草の種類間ではほとんどの調査年で有意差がなかった。施肥量間では1984年、1986年、1987年及び累積値でN₂区がN₀区に比べてせん去枝重量が多かつた。

iii) 樹の大きさ

黒石ほ場の樹高については第77表に、藤崎ほ場については第78、79表に示すとおりである。

両ほ場とも、敷草の種類間、施肥量間においてほとんどの調査年において有意差がなかった。

黒石ほ場の樹幅については第80表に、藤崎ほ場については第81、82表に示すとおりである。

黒石ほ場の場合、1981年、1982年及び1986年の3か年、敷草の種類間では有意差があり、無施用に比べてベントグラス、ペレニアルライグラス敷草処理区の樹幅が広い傾向にあつた。施肥量間では1980年、1981年、1985年及び1988年の4年間はN₀区に比べてN₁区及びN₂区が樹幅が広い傾向にあつた。

藤崎ほ場の樹間2m植えの場合、敷草の種類間ではほとんどの調査年で有意差がなかった。施肥量間では1981年、1985年及び1988年の3か年で有意差があつたが、調査年により傾向が異なり、施肥量による影響は明らかでなかった。

藤崎ほ場の樹間3m植えの場合は敷草の種類間、施肥量間ともほとんどの調査年で有意差がなかった。

(2) 収量及び果実肥大

i) 収量

両ほ場の1樹当たり収量及び累積収量は第83～85表に示すとおりである。

黒石ほ場の場合、敷草の種類間ではペレニアルライグラスが1983年、1985年並びに累積収量において無施用区並びに他の敷草処理区に比べて高かつたが、その他の調査年においては有意差がなかった。施肥量間ではほとんどの調査年で有意差がなかった。

藤崎ほ場の樹間2m植えの場合、敷草の種類間ではほとんどの調査年で有意差がなかった。施肥量間では1980年、1981年及び1988年の3か年は、N₀区がN₁及びN₂区に比べて1樹当たり収量が多かつたが、その他の調査年では有意差がなかった。また、1981年の場合、交互作用が有意で、敷草処理区は施肥によって収量が低下したものの、無施用（清耕）区では施肥量による影響がみられなかった。

藤崎ほ場の樹間3m植えの場合、敷草の種類間では1980年、1981年、1984年の3か年はペレニアルライグラス敷草処理が無施用並びに他の敷草処理に比べて多く、累積収量も多かつたが、1985年は逆に無施用が敷草処理

第71表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の幹径 (cm) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	5.0	6.5	7.2	8.1	8.6	9.5	10.2	10.7	11.1
	N ₁	5.2	6.4	7.5	8.4	9.1	10.1	10.7	11.5	11.9
	N ₂	5.5	6.7	7.8	8.4	9.1	9.8	10.4	11.5	11.9
ラジノクローバー	N ₀	5.4	6.4	7.6	8.6	9.2	9.5	10.0	10.7	10.9
	N ₁	5.8	6.9	8.0	8.9	9.5	10.4	10.9	11.5	11.7
	N ₂	5.8	6.9	8.0	8.6	9.4	9.9	10.3	10.8	11.2
ベントグラス	N ₀	5.1	6.0	7.2	8.0	8.8	9.6	10.4	11.1	11.5
	N ₁	5.6	6.8	8.0	9.1	9.8	10.9	11.3	12.2	12.2
	N ₂	5.4	6.6	7.7	8.7	9.5	10.4	11.1	11.3	12.3
ペレニアルライグラス	N ₀	5.5	6.8	8.0	9.0	10.0	10.4	11.1	11.6	12.4
	N ₁	5.9	7.1	8.2	9.0	9.7	10.5	11.3	11.8	12.3
	N ₂	5.5	6.4	8.2	8.9	9.9	10.9	11.7	12.1	12.5
有 意 性 ²	敷草処理間	NS	NS	NS	NS	NS	NS	△	NS	NS
	施肥処理間	NS								
	交互作用	NS								

²△は10%水準.

第72表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 2m 植えのふじ/M. 9A の幹径 (cm) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	4.0	5.2	6.2	7.4	7.9	8.1	9.7	9.9	10.9
	N ₁	3.8	5.0	6.3	7.6	8.5	9.3	9.9	10.6	11.1
	N ₂	3.5	4.7	6.0	7.4	8.2	8.9	10.1	10.7	11.4
ラジノクローバー	N ₀	4.2	5.5	6.2	7.3	8.2	8.8	9.7	10.2	10.8
	N ₁	3.4	4.4	5.5	6.7	7.8	9.1	9.6	10.3	11.2
	N ₂	3.7	5.1	5.9	6.8	7.8	8.6	9.6	10.3	10.9
ベントグラス	N ₀	4.5	5.4	6.4	7.1	7.8	8.8	9.5	10.0	10.5
	N ₁	3.4	4.5	5.9	6.7	7.6	8.8	9.7	10.2	11.1
	N ₂	3.6	4.6	5.8	7.0	7.8	9.0	9.5	10.5	11.1
ペレニアルライグラス	N ₀	4.3	5.6	6.5	7.7	8.3	8.9	9.9	10.4	10.8
	N ₁	3.6	5.0	5.7	7.5	8.3	8.3	9.3	9.5	10.4
	N ₂	3.4	4.8	5.9	7.0	8.2	8.9	9.3	9.8	10.6
有 意 性	敷草処理間	NS								
	施肥処理間	NS								
	交互作用	NS								

第73表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 3m 植えのふじ/M. 9A の幹径 (cm) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	4.5	5.7	7.5	8.4	9.8	10.5	11.4	11.9	12.6
	N ₁	3.9	5.3	6.2	7.7	8.8	10.0	11.0	11.5	13.0
	N ₂	3.6	4.9	6.5	7.8	8.7	10.1	10.3	11.5	11.9
ラジノクローバー	N ₀	4.2	5.0	6.5	7.4	8.3	9.3	10.1	10.9	11.4
	N ₁	4.2	5.5	6.2	7.4	8.4	8.8	9.8	10.3	10.9
	N ₂	4.4	5.4	6.2	7.8	8.8	9.3	10.4	11.4	12.1
ベントグラス	N ₀	3.4	4.9	6.0	7.3	8.2	9.2	10.2	10.8	11.2
	N ₁	4.1	5.2	6.5	8.0	8.9	9.9	11.0	11.8	12.4
	N ₂	4.0	5.2	6.1	7.1	8.3	9.3	10.3	11.0	11.5
ペレニアルライグラス	N ₀	4.0	5.2	6.1	7.6	8.7	9.4	10.4	11.2	11.8
	N ₁	4.5	5.8	6.9	7.7	8.5	9.7	10.3	10.9	11.9
	N ₂	3.8	4.7	6.7	8.1	9.3	10.3	11.1	11.8	12.2
有 意 性	敷草処理間	NS								
	施肥処理間	NS								
	交互作用	NS								

第74表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の1樹当たりせん去枝重量(kg) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積せん去 枝重量 ^γ
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀	3.4	2.0	2.1	5.3	2.4	5.7	5.7	5.8	3.1	33.9
	N ₁	2.8	2.4	2.7	6.0	3.7	10.2	9.2	7.9	5.9	50.6
	N ₂	3.0	2.3	2.7	6.1	2.9	5.9	10.6	6.2	5.2	48.0
ラジノクローバー	N ₀	1.9	2.7	2.5	5.2	4.2	8.2	8.6	5.1	4.5	42.2
	N ₁	3.5	4.2	2.9	6.0	4.0	9.1	9.7	6.7	5.0	51.0
	N ₂	3.0	3.5	2.9	4.8	2.5	4.3	6.4	4.5	3.1	33.6
ベントグラス	N ₀	1.9	2.6	1.5	3.7	2.5	5.0	7.4	6.2	6.1	38.6
	N ₁	2.9	3.7	3.0	6.9	4.7	10.2	8.9	6.4	7.0	53.8
	N ₂	2.1	3.3	2.7	6.4	4.1	11.1	10.0	5.8	7.7	54.5
ペレニアルライグラス	N ₀	2.9	3.7	3.2	5.8	3.8	8.9	7.9	6.1	6.5	49.7
	N ₁	2.6	3.5	2.7	5.5	2.9	9.8	8.0	7.7	6.5	51.5
	N ₂	1.7	2.6	3.3	6.3	2.8	10.1	6.5	5.5	4.5	45.3
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
	施肥処理間	△	NS	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	NS
	交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	NS

^z △, *はそれぞれ10%, 5%水準.^γ 最終年まで調査用として残った樹の累積せん去枝重量の平均値.

第75表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えのふじ/M.9Aの1樹当たりせん去枝重量(Kg) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	累積せん去 枝重量 ^γ
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.1	2.2	2.6	4.3	2.3	5.7	8.3	5.4	37.4
	N ₁	0.6	1.8	3.0	4.1	3.1	7.5	8.1	6.2	33.0
	N ₂	0.9	1.7	2.0	4.9	3.8	8.6	11.1	8.3	41.1
ラジノクローバー	N ₀	1.0	1.9	1.4	4.6	3.2	5.0	9.2	6.0	30.7
	N ₁	0.7	1.2	1.7	3.8	2.6	4.9	10.1	6.8	33.7
	N ₂	0.8	1.3	1.2	3.9	3.0	4.8	11.7	6.6	33.2
ベントグラス	N ₀	1.6	2.4	1.2	4.4	3.3	5.2	8.0	5.4	29.9
	N ₁	0.6	1.5	1.8	4.4	3.7	8.4	12.7	7.1	39.6
	N ₂	0.8	1.3	2.5	4.1	3.3	5.8	12.0	8.5	38.5
ペレニアルライグラス	N ₀	1.2	2.7	1.4	4.2	3.0	4.0	7.6	5.6	30.1
	N ₁	0.7	1.6	1.6	5.2	3.1	5.3	10.3	7.3	33.4
	N ₂	0.5	2.3	1.9	3.7	2.5	4.2	10.4	5.7	32.0
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	**	NS	NS	*	NS	NS	NS
	施肥処理間	***	*	NS	NS	NS	NS	**	*	NS
	交互作用	NS								

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準.^γ 最終年まで調査用として残った樹の累積せん去枝重量の平均値.

第76表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えのふじ/M.9Aの1樹当たりせん去枝重量(Kg) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	累積せん去 枝重量 ^γ
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.6	3.1	2.4	6.3	3.2	6.7	9.7	7.9	41.1
	N ₁	0.6	1.5	2.5	5.5	3.8	9.7	14.8	7.7	46.4
	N ₂	0.9	1.9	2.5	5.8	4.1	5.3	16.5	12.1	50.3
ラジノクローバー	N ₀	1.5	2.1	1.9	5.6	3.3	7.1	10.7	7.4	37.9
	N ₁	0.9	3.1	2.0	4.8	2.9	3.8	8.7	7.3	33.9
	N ₂	1.7	1.9	1.7	4.0	3.5	5.7	14.1	12.2	45.5
ベントグラス	N ₀	1.0	1.7	1.2	5.6	3.5	5.9	9.6	7.3	36.0
	N ₁	1.6	2.1	2.8	5.7	4.5	8.6	13.7	9.1	47.8
	N ₂	1.0	2.0	2.2	5.4	5.8	6.6	14.6	8.8	46.2
ペレニアルライグラス	N ₀	0.8	1.6	1.2	3.8	4.0	6.9	9.4	8.2	35.4
	N ₁	1.1	2.8	2.1	5.7	3.9	7.1	11.8	8.4	42.8
	N ₂	1.4	2.0	1.5	6.7	4.8	8.7	15.7	13.5	54.1
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	△	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	NS	*	NS	*	NS	***	**	*
	交互作用	NS								

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.^γ 最終年まで調査用として残った樹の累積せん去枝重量の平均値.

第77表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の樹高(m) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	3.15	3.88	3.68	3.90	4.08	4.08	4.40	4.54	4.54
	N ₁	3.28	3.76	3.79	4.03	4.01	4.05	4.57	4.64	4.72
	N ₂	3.35	4.00	3.85	4.18	4.03	4.04	4.51	4.54	4.53
ラジノクローバー	N ₀	3.48	4.00	3.92	3.99	4.16	4.08	4.42	4.39	4.36
	N ₁	3.73	4.12	3.81	4.11	4.11	4.11	4.55	4.52	4.47
	N ₂	3.50	4.08	3.83	3.92	3.91	4.06	4.48	4.51	4.52
ベントグラス	N ₀	3.38	3.81	3.55	3.81	4.02	3.88	4.44	4.52	4.50
	N ₁	3.52	4.11	3.93	4.07	4.15	4.28	4.67	4.71	4.67
	N ₂	3.39	4.05	3.75	4.12	4.05	4.16	4.61	4.68	4.50
ペレニアルライグラス	N ₀	3.46	3.93	3.82	4.19	4.12	4.16	4.65	4.74	4.59
	N ₁	3.52	4.05	3.69	4.04	3.70	3.88	4.43	4.51	4.65
	N ₂	3.27	4.04	3.79	4.16	4.04	4.15	4.33	4.58	4.53
有 意 性 ^z	敷草処理間	△	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
	施肥処理間	NS	△	NS						
	交互作用	NS								

^z△, *はそれぞれ10%, 5%水準.

第78表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えのふじ/M.9Aの樹高(m) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.35	2.95	3.56	3.81	3.85	4.07	4.40	4.55	4.54
	N ₁	2.49	3.10	3.33	3.91	3.73	4.09	4.14	4.56	4.52
	N ₂	2.31	3.04	3.55	4.02	4.01	4.33	4.47	4.75	4.57
ラジノクローバー	N ₀	2.47	3.16	3.38	3.71	3.89	4.16	4.23	4.42	4.34
	N ₁	2.25	2.82	3.35	3.63	3.68	3.98	4.20	4.60	4.83
	N ₂	2.10	2.99	3.03	3.50	3.90	4.14	4.30	4.59	4.59
ベントグラス	N ₀	2.52	3.06	3.45	3.66	3.89	4.29	4.31	4.47	4.50
	N ₁	2.23	3.18	3.48	3.65	4.01	4.28	4.55	4.78	4.88
	N ₂	2.22	3.02	3.32	3.66	3.76	4.32	4.41	4.55	4.57
ペレニアルライグラス	N ₀	2.47	3.14	3.46	3.68	3.94	3.89	4.01	4.34	4.33
	N ₁	2.30	3.06	3.36	3.76	3.64	4.16	4.23	4.40	4.43
	N ₂	2.12	3.07	3.26	3.57	3.74	4.02	4.21	4.51	4.45
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS								
	施肥処理間	**	NS							
	交互作用	NS								

^z**は1%水準.

第79表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えのふじ/M.9Aの樹高(m) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.42	3.21	3.72	3.96	4.05	4.23	4.44	4.46	4.86
	N ₁	2.47	3.07	3.29	3.96	4.09	4.37	4.29	4.39	4.37
	N ₂	2.45	3.20	3.68	3.90	4.20	4.39	4.50	4.79	4.66
ラジノクローバー	N ₀	2.37	3.00	3.34	3.76	3.84	4.18	4.41	4.42	4.60
	N ₁	2.29	2.90	3.09	3.70	4.04	3.92	4.06	4.37	4.40
	N ₂	2.31	3.35	3.52	3.86	3.71	4.20	4.25	4.46	4.66
ベントグラス	N ₀	2.09	2.96	3.28	3.65	3.91	4.19	4.35	4.55	4.66
	N ₁	2.47	3.23	3.90	4.11	4.17	4.25	4.58	4.65	4.73
	N ₂	2.43	3.35	3.26	3.62	4.02	4.12	4.22	4.45	4.30
ペレニアルライグラス	N ₀	2.50	3.18	3.44	3.75	3.81	4.18	4.46	4.57	4.38
	N ₁	2.42	3.03	3.54	3.75	3.89	4.31	4.08	4.45	4.43
	N ₂	2.24	2.90	3.49	3.90	4.34	4.34	4.51	4.73	4.93
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	NS
	交互作用	NS	NS	NS	**	NS	*	NS	NS	NS

^z△, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

第80表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の樹幅 (m) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.51	2.78	2.72	3.23	2.90	3.08	3.27	2.98	3.04
	N ₁	2.66	2.97	2.76	3.20	3.10	3.35	3.35	2.96	3.31
	N ₂	2.87	3.09	2.96	3.27	3.11	3.14	3.35	2.96	3.12
ラジノクローバー	N ₀	2.59	3.02	2.98	3.27	3.12	2.93	3.17	2.71	3.03
	N ₁	2.84	3.24	3.10	3.51	3.34	3.31	3.30	2.91	2.96
	N ₂	2.85	3.19	3.07	3.37	2.96	3.03	3.18	2.86	3.16
ベントグラス	N ₀	2.68	3.11	2.71	2.95	3.08	3.02	3.34	2.82	2.83
	N ₁	2.83	3.76	3.15	3.52	3.25	3.29	3.70	3.08	3.40
	N ₂	2.66	3.21	3.01	3.52	3.21	3.19	3.65	2.97	3.10
ペレニアルライグラス	N ₀	2.61	3.23	3.13	3.18	3.22	3.16	3.44	2.87	3.15
	N ₁	2.71	3.34	3.13	3.14	3.13	3.16	3.52	2.89	3.32
	N ₂	2.52	3.08	3.12	3.08	3.09	3.14	3.29	2.87	3.02
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	*	*	NS	NS	NS	**	NS	NS
	施肥処理間	△	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	*
	交互作用	NS								

^z △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

第81表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 2m 植えのふじ/M. 9A の樹幅 (m) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.88	2.62	2.62	3.03	3.23	3.37	3.37	3.02	3.45
	N ₁	1.75	2.56	2.71	3.08	3.05	3.26	3.04	2.93	3.23
	N ₂	1.59	2.55	2.38	2.96	3.44	3.47	3.43	3.05	3.52
ラジノクローバー	N ₀	1.99	2.76	2.38	2.85	3.11	2.99	3.09	2.91	3.15
	N ₁	1.66	2.45	2.64	3.00	2.89	2.93	3.19	2.84	3.34
	N ₂	1.62	2.50	2.59	3.19	3.13	3.17	3.09	2.91	3.17
ベントグラス	N ₀	2.27	2.84	2.61	3.01	3.04	3.12	3.14	2.87	3.05
	N ₁	1.64	2.36	2.34	3.12	3.29	3.58	3.16	3.04	3.39
	N ₂	1.75	2.58	2.79	3.16	3.13	3.42	3.32	3.16	3.52
ペレニアルライグラス	N ₀	2.09	2.85	2.63	3.13	3.12	3.14	3.24	3.12	3.18
	N ₁	1.67	2.70	2.61	3.19	3.19	3.28	3.27	2.86	3.20
	N ₂	1.59	2.49	2.75	3.01	2.95	3.10	3.28	3.06	3.10
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	**	NS	NS	NS	△	NS	NS	△
	交互作用	*	NS							

^z △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

第82表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 3m 植えのふじ/M. 9A の樹幅 (m) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1983	1984	1985	1986	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.32	2.82	2.79	3.38	3.33	3.67	3.89	3.45	3.79
	N ₁	1.76	2.58	2.65	3.46	3.18	3.58	3.51	3.22	3.91
	N ₂	1.74	2.47	2.67	3.58	3.34	3.60	3.71	3.57	3.70
ラジノクローバー	N ₀	2.01	2.66	2.59	3.25	3.27	3.62	3.51	3.25	3.55
	N ₁	2.09	2.90	2.60	3.21	3.36	3.29	3.40	3.33	3.60
	N ₂	2.04	2.41	2.69	3.25	3.50	3.59	3.56	3.54	3.85
ベントグラス	N ₀	1.48	2.57	2.53	3.11	3.27	3.43	3.52	3.19	3.55
	N ₁	2.08	2.64	2.53	3.24	3.35	3.73	3.68	3.57	3.77
	N ₂	1.93	2.79	2.83	3.48	3.54	3.42	3.79	3.24	3.67
ペレニアルライグラス	N ₀	2.07	2.88	2.81	3.20	3.37	3.43	2.96	3.31	3.40
	N ₁	2.23	2.86	2.63	3.31	3.27	3.65	3.66	3.22	3.67
	N ₂	1.98	2.50	2.85	3.39	3.28	3.61	3.86	3.60	3.73
有 意 性 ^z	敷草処理間	*	NS							
	施肥処理間	NS	NS	NS	△	NS	NS	NS	NS	NS
	交互作用	NS								

^z △, *はそれぞれ10%, 5%水準.

に比べて高く傾向が異なった。施肥量間では大部分の調査年で有意差があり、処理当初の1980年と1981年はN₁区が最も収量が多く、1982年、1983年、1985年、1987年、1988年及び累積値ではN₀区に比べてN₁区、N₂区の収量が多い傾向にあった。

1981年、1982年及び1988年は交互作用が有意であったが、調査年によって傾向が異なった。

藤崎ほ場の樹間距離間では3mが2mに比べて1樹当たりの収量が多かった。

ii) 果実肥大

両ほ場における一果平均重量は第86～88表に示すとおりである。

黒石ほ場の場合、敷草の種類間ではほとんどの調査年で有意差がなかったが、施肥量間ではほとんどの調査年

で有意差がみられ、N₀区に比べてN₁区、N₂区の1果平均重量が重く、果実肥大が勝った。1982年、1984年、1987年及び1988年の4年間は交互作用が有意であったが、調査年によって傾向が異なった。

藤崎ほ場の場合、敷草の種類間では樹間距離2mで1983年、1986年及び1987年の3か年、樹間距離3mで1983年、1985年、1986年、1987年及び1988年の5か年においてラジノクローバー、ペントグラス及びペレニアルライグラスの敷草処理区が無処理区に比べて1果平均重量が重く、果実肥大が勝った。施肥量間では樹間距離2mで1980年、1983年及び1988年の3か年有意差がみられたが、3か年の傾向が異なり、処理の影響が明らかでなかった。また、樹間距離3mではいずれの調査年でも施肥量間に有意差がなかった。

第83表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の1樹当たり収量(kg) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積収量 ^Y
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀	7.0	14.9	11.3	44.6	24.7	28.0	42.6	32.5	47.8	254.2
	N ₁	10.7	19.0	13.2	45.3	30.0	32.7	54.2	28.5	40.8	270.8
	N ₂	10.0	17.3	15.1	49.3	29.0	42.3	52.7	31.9	40.8	291.3
ラジノクローバー	N ₀	6.3	15.3	10.3	36.6	25.5	21.5	35.1	17.8	36.7	205.1
	N ₁	11.9	15.5	15.0	41.6	25.6	40.0	41.5	31.9	44.1	266.2
	N ₂	10.8	21.2	13.2	51.0	34.4	46.1	55.9	37.7	46.0	310.3
ペントグラス	N ₀	10.7	20.5	14.9	31.8	32.0	24.2	48.9	29.8	44.0	263.6
	N ₁	8.4	19.5	12.3	35.5	25.0	24.7	39.2	34.5	48.6	249.4
	N ₂	7.0	17.0	10.6	40.7	27.3	22.0	48.6	26.7	48.2	245.5
ペレニアルライグラス	N ₀	7.8	16.1	17.0	50.5	32.3	46.9	48.5	38.7	56.5	314.3
	N ₁	10.4	17.1	15.8	46.7	25.7	47.5	51.7	32.9	44.0	291.8
	N ₂	8.7	15.6	17.8	51.3	26.5	40.3	51.9	28.0	49.4	289.2
有 意 性 ^Z	敷草処理間	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	NS	△
	施肥処理間	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
	交互作用	NS	**	NS	NS						

^Z △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準.

^Y 最終年まで調査用として残った樹の累積収量の平均値.

第84表 敷草の種類並びに施肥量と2m植えのふじ/M.9Aの1樹当たり収量(Kg) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積収量 ^Y
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.5	7.9	14.1	26.5	22.6	53.5	55.7	41.2	61.7	286.7
	N ₁	1.8	9.0	13.0	34.6	25.8	54.8	36.7	53.6	50.6	279.9
	N ₂	1.1	6.9	8.7	38.8	23.7	57.4	44.7	53.3	32.4	267.1
ラジノクローバー	N ₀	3.9	10.8	13.3	32.7	24.9	44.2	43.1	41.7	53.1	267.5
	N ₁	1.8	8.8	16.2	31.7	16.9	37.7	49.0	37.9	44.0	244.0
	N ₂	0.7	3.6	11.5	32.6	23.7	40.4	31.4	35.9	41.3	240.0
ペントグラス	N ₀	5.3	15.1	15.2	39.4	29.2	42.8	39.4	46.1	51.3	288.5
	N ₁	1.8	4.9	10.2	23.1	24.1	42.8	34.2	25.1	43.7	200.2
	N ₂	1.8	7.2	11.1	35.8	20.4	48.6	40.8	49.2	47.6	263.2
ペレニアルライグラス	N ₀	3.9	12.5	12.3	32.7	32.7	46.6	48.6	52.1	49.4	284.9
	N ₁	1.1	6.3	13.7	27.7	24.8	46.0	52.3	37.9	46.5	252.0
	N ₂	2.4	8.9	13.6	21.0	27.2	42.8	47.5	43.6	45.8	240.7
有 意 性 ^Z	敷草処理間	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	△	NS	NS
	施肥処理間	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
	交互作用	NS	*	NS	△	NS	NS	NS	*	NS	NS

^Z △, *, ***はそれぞれ10%, 5%, 0.1%水準.

^Y 最終年まで調査用として残った樹の累積収量の平均値.

第85表 敷草の種類並びに施肥量と3m植えのふじ/M.9Aの1樹当たり収量(Kg) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	累積収量 ^γ
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀	5.4	13.0	13.6	38.0	31.1	71.7	53.9	66.0	47.0	339.7
	N ₁	3.0	5.9	15.9	42.3	30.1	74.7	45.4	58.5	47.2	295.0
	N ₂	1.5	6.2	15.3	47.5	32.5	76.0	54.7	54.1	57.1	352.1
ラジノクローバー	N ₀	3.4	7.3	9.6	36.1	27.2	58.6	54.3	49.9	66.3	309.3
	N ₁	5.9	14.3	11.9	32.1	20.4	57.6	48.4	62.3	67.5	320.2
	N ₂	3.1	7.0	11.3	37.4	27.9	62.1	51.1	59.2	52.0	304.2
ベントグラス	N ₀	1.4	4.7	7.4	28.2	35.3	48.1	48.8	51.1	48.0	271.5
	N ₁	4.6	10.4	10.4	39.3	25.0	77.2	55.8	61.4	61.2	342.5
	N ₂	1.9	8.4	23.8	45.8	36.1	67.1	63.9	57.8	72.5	365.9
ペレニアルライグラス	N ₀	3.8	12.5	15.7	41.1	40.9	59.3	43.0	53.4	52.2	353.7
	N ₁	7.6	11.8	19.3	40.8	33.3	55.7	69.2	71.8	67.5	378.6
	N ₂	3.7	9.8	11.5	42.8	34.2	62.3	52.8	58.0	69.0	365.5
有 意 性 ^z	敷草処理間	**	*	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	△
	施肥処理間	***	△	*	*	NS	△	NS	*	△	△
	交互作用	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	△	NS

^z△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.^γ最終年まで調査用として残った樹の累積収量の平均値.

第86表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の一果平均重量(g) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	258	272	239	294	234	251	295	277	218
	N ₁	252	297	288	327	251	275	326	307	260
	N ₂	232	292	280	334	247	284	309	294	260
ラジノクローバー	N ₀	263	263	242	297	230	249	291	254	222
	N ₁	271	263	283	317	222	273	306	293	245
	N ₂	268	289	256	336	254	278	306	300	253
ベントグラス	N ₀	258	271	252	303	223	243	282	272	214
	N ₁	250	287	263	304	247	277	323	283	232
	N ₂	274	291	259	329	260	278	302	279	243
ペレニアルライグラス	N ₀	255	301	271	343	264	275	313	292	241
	N ₁	264	291	267	322	247	293	318	292	244
	N ₂	272	294	351	346	259	269	307	273	244
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	△	△	**	*	**	**	**	***
	交互作用	NS	NS	△	NS	*	NS	NS	*	*

^z△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第87表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えのふじ/M.9Aの一果平均重量(g) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	295	302	357	294	266	299	313	320	264
	N ₁	298	291	372	292	266	313	335	309	270
	N ₂	239	286	397	326	282	314	333	307	273
ラジノクローバー	N ₀	280	313	361	330	264	311	376	337	266
	N ₁	354	293	358	306	266	318	355	336	282
	N ₂	232	293	340	305	273	306	357	326	276
ベントグラス	N ₀	276	293	364	321	270	314	348	320	255
	N ₁	303	295	369	302	266	315	323	309	259
	N ₂	286	307	360	323	275	319	339	330	277
ペレニアルライグラス	N ₀	294	305	350	313	279	308	334	326	258
	N ₁	282	297	370	301	284	322	335	335	273
	N ₂	326	286	439	307	261	320	350	341	274
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	NS	△	NS	NS	***	*	NS
	施肥処理間	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	**
	交互作用	*	NS	△	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第88表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えのふじ/M.9Aの一果平均重量(g) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	289	293	349	306	275	296	326	305	257
	N ₁	306	283	347	264	274	294	342	312	253
	N ₂	273	292	371	316	274	307	349	316	275
ラジノクローバー	N ₀	308	307	376	327	273	321	376	350	281
	N ₁	281	304	356	324	279	320	369	342	280
	N ₂	273	291	351	330	268	330	370	345	276
ベントグラス	N ₀	277	279	389	323	274	320	357	322	265
	N ₁	284	305	340	335	281	317	369	329	278
	N ₂	308	306	352	323	279	313	368	331	271
ペレニアルライグラス	N ₀	295	295	364	330	287	319	458	330	285
	N ₁	301	298	374	314	276	334	374	348	290
	N ₂	271	304	377	328	280	338	371	357	286
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	NS	***	NS	***	*	***	***
	施肥処理間	NS								
	交互作用	NS								

^z *, ***はそれぞれ5%, 0.1%水準。

(3) 果実品質

果実品質調査は黒石ほ場についてのみ実施し、着色程度は1982年から、屈折計示度、リンゴ酸含量並びに蜜入り程度は1981年から、それぞれ1988年まで実施したが、その結果は第89～92表に示すとおりである。

着色程度は、敷草の種類間では1982年と1983年の2か年、ペレニアルライグラス敷草区が他の処理区に比べて勝る傾向を示したが、その他の調査年では差異がなかった。施肥量間では1983年、1985年及び1988年の3か年はペレニアルライグラス敷草区を除いて、N₀区がN₁区及びN₂区に比べて勝る傾向があったが、その他の調査年では差異がなかった。

屈折計示度は、敷草の種類間、施肥量間で差異が認め

られたのは調査8か年中1年だけで、その他の調査年では差異がなかった。

リンゴ酸含量は、敷草の種類間では1981年と1983年は無施用区に比べて、ベントグラス、ペレニアルライグラスの敷草区で高かったが、その他の調査年では差異がなかった。施肥量間では1988年がペレニアルライグラス敷草区を除いて、N₁区、N₂区がN₀区に比べて高かったが、その他の調査年では差異がなかった。

蜜入り程度は、敷草の種類間では1982年、1985年及び1987年の3か年、ベントグラス敷草区が他の処理区に比べて高い傾向を示したが、その他の調査年では差異がなかった。

第89表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の収穫果の着色程度(吸光度)^z

処 理		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量							
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.182	0.280	0.285	0.222	0.279	0.280	0.268
	N ₁	0.134	0.254	0.243	0.175	0.264	0.240	0.226
	N ₂	0.154	0.243	0.252	0.201	0.265	0.229	0.232
ラジノクローバー	N ₀	0.168	0.261	0.256	0.226	0.289	0.247	0.300
	N ₁	0.151	0.242	0.267	0.195	0.266	0.233	0.240
	N ₂	0.159	0.255	0.269	0.220	0.317	0.277	0.284
ベントグラス	N ₀	0.178	0.284	0.282	0.216	0.279	0.213	0.303
	N ₁	0.145	0.218	0.241	0.186	0.271	0.197	0.245
	N ₂	0.162	0.234	0.265	0.210	0.264	0.234	0.237
ペレニアルライグラス	N ₀	0.172	0.276	0.260	0.201	0.277	0.210	0.264
	N ₁	0.201	0.281	0.325	0.234	0.314	0.215	0.256
	N ₂	0.186	0.259	0.289	0.229	0.282	0.263	0.273
有 意 性 ^y	敷草処理間	*	NS	△	NS	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	*	NS	△	NS	NS	*
	交互作用	*	NS	*	△	NS	NS	NS

^z 果皮12片(1片:0.59cm)に抽出液15ml加えた時の吸光度。

^y △, *はそれぞれ10%, 5%水準。

第90表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の収穫果の屈折計示度 (%)

処 理		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量								
無 施 用 (清 耕)	N ₀	15.3	15.3	13.2	15.0	14.7	14.6	14.3	14.0
	N ₁	14.6	15.1	13.5	14.6	14.8	13.3	14.1	14.1
	N ₂	15.0	15.0	13.7	15.1	15.0	14.1	13.7	14.0
ラジノクローバー	N ₀	15.1	15.2	13.4	15.1	14.8	13.9	14.2	14.0
	N ₁	15.5	14.9	13.4	15.2	14.6	13.6	13.7	14.1
	N ₂	15.0	15.0	13.2	15.1	14.7	13.9	14.1	13.8
ベントグラス	N ₀	15.7	15.0	13.5	14.8	15.0	14.0	14.2	13.9
	N ₁	15.0	15.1	13.4	15.0	14.8	13.8	13.9	13.7
	N ₂	15.2	15.5	13.2	14.9	15.0	13.3	14.0	14.1
ペレニアルライグラス	N ₀	15.3	15.0	13.3	14.7	14.3	13.9	13.9	13.3
	N ₁	15.2	15.0	13.7	15.3	14.8	13.8	14.3	13.7
	N ₂	15.6	15.1	14.2	14.9	15.2	13.9	14.1	14.8
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	*						
	施肥処理間	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
	交互作用	NS							

^z *, **はそれぞれ5%, 1%水準.

第91表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の収穫果のリンゴ酸含量 (g/果汁 100ml)

処 理		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量								
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.44	0.47	0.32	0.48	0.43	0.36	0.33	0.31
	N ₁	0.43	0.48	0.36	0.49	0.43	0.38	0.37	0.35
	N ₂	0.45	0.45	0.32	0.49	0.42	0.36	0.34	0.36
ラジノクローバー	N ₀	0.47	0.46	0.32	0.51	0.44	0.37	0.37	0.33
	N ₁	0.49	0.48	0.34	0.53	0.43	0.37	0.34	0.36
	N ₂	0.48	0.44	0.33	0.49	0.42	0.38	0.36	0.35
ベントグラス	N ₀	0.49	0.48	0.38	0.48	0.44	0.36	0.35	0.31
	N ₁	0.48	0.48	0.36	0.52	0.45	0.39	0.36	0.33
	N ₂	0.49	0.50	0.36	0.53	0.47	0.39	0.38	0.39
ペレニアルライグラス	N ₀	0.48	0.47	0.38	0.51	0.41	0.38	0.35	0.37
	N ₁	0.50	0.51	0.37	0.53	0.47	0.38	0.37	0.37
	N ₂	0.48	0.44	0.35	0.49	0.44	0.37	0.37	0.36
有 意 性 ^z	敷草処理間	*	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	*						
	交互作用	NS							

^z *, ***はそれぞれ5%, 0.1%水準.

第92表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の収穫果の蜜入り程度 (指数)^z

処 理		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量								
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.6	1.8	1.8	1.8	1.4	1.9	2.5	2.3
	N ₁	2.5	1.1	2.0	1.9	1.6	1.7	2.4	2.3
	N ₂	2.7	1.1	2.0	1.9	1.6	2.1	2.5	2.2
ラジノクローバー	N ₀	2.3	1.4	1.8	1.7	1.6	2.0	2.7	2.3
	N ₁	2.6	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.5	2.1
	N ₂	2.9	1.1	1.8	1.7	1.8	2.1	2.6	2.1
ベントグラス	N ₀	3.0	2.3	2.4	2.2	2.1	2.2	3.1	2.4
	N ₁	2.8	2.1	1.8	2.0	1.9	1.9	2.8	2.4
	N ₂	2.9	2.3	2.3	1.9	2.0	2.0	2.9	2.5
ペレニアルライグラス	N ₀	2.3	0.9	1.8	1.8	1.5	2.0	2.4	2.5
	N ₁	2.9	2.1	2.2	2.0	1.7	1.9	2.7	2.2
	N ₂	2.3	2.0	2.1	1.8	1.8	2.1	2.4	2.6
有 意 性 ^y	敷草処理間	NS	*	NS	NS	*	NS	△	NS
	施肥処理間	NS							
	交互作用	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS

^z 指数0 (発生: なし) から4 (発生: 大) まで5段階に分類.

^y △, *はそれぞれ10%, 5%水準.

4. 敷草の種類並びに施肥量と葉中無機成分

1) 方法

前項試験 3. の供試樹から1980年から1988年まで、毎年7月末に1樹当たり目通りの新しょう中央葉10枚を採取し、全葉を分析に供した。

分析方法及び分析項目は「Ⅲ 樹冠下草生導入法の検討」の場合と同様である。

2) 結果

(1) 葉中窒素

黒石ほ場の葉中窒素含有率を第93表に示す。

敷草の種類間では調査期間9か年中7か年で有意差がみられず、処理の影響は明白でなかった。施肥量間では有意差がみられなかったのは1980年の1か年のみで、それ以外の調査年では施肥量が多いほど高い含有率であった。

藤崎ほ場の葉中窒素含有率を第94, 95表に示した。

樹間2m植えの場合、敷草の種類間ではベントグラス敷草区とペレニアルライグラス敷草区は無施用区とほぼ同等かやや高い程度であったが、ラジノクローバー敷草区はいずれの調査年とも、無施用区に比べて高い含有率であった。施肥量間では施肥量が多いほど高い含有率を示す場合が多かった。

樹間3m植えの場合も、樹間2m植えの場合とほぼ同様の結果であった。

(2) 葉中リン

黒石ほ場の葉中リン含有率を第96表に示す。

敷草の種類間では9か年中4か年で有意差がみられたが、年により傾向が異なり、処理間差異は明らかでなかった。施肥量間では9か年中6か年で有意差があり、N₀区に比べてN₁区、N₂区の含有率が低い傾向にあった。

藤崎ほ場の‘ふじ’の葉中リン含有率を第97, 98表に示した。

樹間2m植えの場合、敷草の種類間では無施用区に比べて敷草処理区で低い含有率を示し、特にラジノクローバー敷草区で低かった。施肥量間では施肥量が多いほど低い含有率を示す場合が多かった。しかし、交互作用の有意な調査年も多く、ラジノクローバーの場合は施肥の影響が明確でなかった。

樹間3m植えの場合も、樹間2m植えの場合とほぼ同様の結果であった。

(3) 葉中カリ

黒石ほ場の葉中カリ含有率を第99表に示す。

敷草の処理間ではいずれの調査年とも有意差が認められ、無施用区に比べて敷草処理区で含有率が高まる傾向がみられ、特に、ペレニアルライグラス敷草区が高かった。

施肥量間では試験後半の1984年以降施肥量が多いほど含有率が高まった。しかし、交互作用も有意で、無施用区の場合はN₁区がN₂区より高い含量であった。

藤崎ほ場の葉中カリ含有率を第100, 101表に示した。

樹間2m植えの場合、敷草の種類間ではラジノクローバー敷草区が無施用区、ベントグラス敷草区、ペレニアルライグラス敷草区より低い傾向を示す調査年が多く、施肥量間では施肥区(N₁, N₂区)が無施肥区(N₀区)に比べて低い含有率を示す傾向がみられた。交互作用が多量の調査年でみられ、各敷草処理で施肥反応が異なったが、その傾向は調査年によって一定しなかった。

樹間3m植えの場合も敷草の種類間ではラジノクローバー敷草区が無施用区、ベントグラス敷草区、ペレニアルライグラス敷草区より低い傾向を示す調査年が多く、施肥量間では施肥量が多いほど含有率が低い傾向にあった。

第93表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の葉中N含有率(%) — 黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984 *	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.51	2.49	2.40	2.59	2.65	2.44	2.70	2.65	2.69
	N ₁	2.53	2.68	2.67	2.74	2.77	2.51	2.90	2.82	2.82
	N ₂	2.67	2.71	2.63	2.79	2.78	2.62	2.95	2.98	2.84
ラジノクローバー	N ₀	2.74	2.60	2.51	2.56	2.76	2.44	2.69	2.69	2.61
	N ₁	2.62	2.60	2.61	2.67	2.74	2.56	2.83	2.77	2.75
	N ₂	2.79	2.68	2.66	2.80	2.75	2.56	2.94	2.87	2.86
ベントグラス	N ₀	2.67	2.50	2.50	2.62	2.58	2.46	2.74	2.59	2.70
	N ₁	2.53	2.62	2.53	2.81	2.77	2.56	2.90	2.81	2.76
	N ₂	2.66	2.66	2.67	2.84	2.82	2.58	2.93	2.86	2.82
ペレニアルライグラス	N ₀	2.84	2.62	2.63	2.68	2.82	2.53	2.82	2.83	2.80
	N ₁	2.87	2.61	2.58	2.67	2.75	2.59	2.83	2.77	2.77
	N ₂	2.85	2.75	2.69	2.90	2.97	2.72	3.08	3.02	2.84
有 意 性 ²	敷草処理間	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	施肥処理間	NS	**	**	***	**	**	***	***	***
	交互作用	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

² *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準.

第94表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えのふじ/M.9Aの葉中N含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.69	2.61	2.50	2.39	2.69	2.32	2.62	2.52	2.31
	N ₁	2.62	2.68	2.52	2.64	2.90	2.76	2.82	2.59	2.48
	N ₂	2.71	2.73	2.73	2.61	2.85	2.59	2.89	2.60	2.50
ラジノクローバー	N ₀	2.87	2.83	2.70	2.55	2.93	2.57	2.95	2.76	2.49
	N ₁	3.02	2.95	2.75	2.86	2.95	2.78	3.23	2.91	2.74
	N ₂	3.03	2.92	2.74	2.83	2.97	2.75	3.17	2.94	2.75
ベントグラス	N ₀	2.70	2.78	2.60	2.48	2.84	2.33	2.72	2.53	2.42
	N ₁	2.94	2.80	2.67	2.72	2.86	2.71	2.92	2.67	2.60
	N ₂	2.70	2.73	2.51	2.76	2.93	2.63	2.98	2.64	2.51
ペレニアルライグラス	N ₀	2.82	2.62	2.47	2.30	2.69	2.31	2.58	2.66	2.36
	N ₁	2.82	2.52	2.57	2.53	2.69	2.55	2.86	2.67	2.57
	N ₂	2.92	2.86	2.56	2.74	2.93	2.79	3.12	2.80	2.73
有 意 性 ²	敷草処理間	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	施肥処理間	NS	△	NS	***	**	***	***	NS	***
	交互作用	△	NS	△	NS	NS	**	*	NS	NS

²△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。

第95表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えのふじ/M.9Aの葉中N含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	2.52	2.55	2.43	2.36	2.62	2.26	2.61	2.52	2.31
	N ₁	2.63	2.61	2.54	2.70	2.74	2.46	2.78	2.66	2.49
	N ₂	2.72	2.69	2.64	2.68	2.85	2.79	3.00	2.72	2.79
ラジノクローバー	N ₀	2.83	2.69	2.61	2.59	2.91	2.59	2.97	2.78	2.55
	N ₁	2.79	2.85	2.61	2.78	2.92	2.80	3.02	2.82	2.76
	N ₂	2.83	2.85	2.76	2.79	2.99	2.78	3.20	2.77	2.83
ベントグラス	N ₀	2.90	2.73	2.58	2.38	2.86	2.36	2.60	2.51	2.37
	N ₁	2.97	2.86	2.67	2.67	2.79	2.65	2.88	2.60	2.52
	N ₂	2.70	2.72	2.74	2.65	2.85	2.80	2.99	2.81	2.87
ペレニアルライグラス	N ₀	2.84	2.70	2.63	2.33	2.77	2.41	2.63	2.54	2.37
	N ₁	2.62	2.52	2.53	2.61	2.95	2.57	2.96	2.64	2.44
	N ₂	2.94	2.90	2.69	2.75	2.97	2.81	3.14	2.80	2.68
有 意 性 ²	敷草処理間	*	*	NS	**	***	**	***	***	***
	施肥処理間	NS	△	**	***	*	***	***	***	***
	交互作用	NS	*	NS	*	N	*	**	**	*

²△, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。

第96表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26の葉中P含有率(%)—黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.20	0.20	0.20	0.21	0.17	0.19	0.20	0.20	0.21
	N ₁	0.20	0.20	0.19	0.20	0.17	0.17	0.19	0.18	0.20
	N ₂	0.19	0.19	0.26	0.19	0.17	0.17	0.20	0.19	0.20
ラジノクローバー	N ₀	0.20	0.20	0.18	0.21	0.17	0.17	0.20	0.20	0.25
	N ₁	0.18	0.20	0.19	0.20	0.17	0.17	0.20	0.19	0.20
	N ₂	0.19	0.20	0.19	0.20	0.18	0.17	0.20	0.18	0.22
ベントグラス	N ₀	0.21	0.20	0.20	0.22	0.17	0.17	0.22	0.20	0.21
	N ₁	0.19	0.21	0.20	0.20	0.17	0.16	0.19	0.19	0.21
	N ₂	0.18	0.20	0.17	0.19	0.17	0.16	0.19	0.19	0.20
ペレニアルライグラス	N ₀	0.21	0.18	0.20	0.23	0.17	0.18	0.21	0.19	0.21
	N ₁	0.24	0.18	0.18	0.22	0.18	0.17	0.19	0.18	0.21
	N ₂	0.19	0.18	0.19	0.20	0.18	0.18	0.20	0.19	0.22
有 意 性 ²	敷草処理間	*	*	***	NS	NS	NS	NS	NS	**
	施肥処理間	NS	NS	*	**	NS	**	**	**	*
	交互作用	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS

²*, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準。

第97表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 2m 植えのふじ/M.9A の葉中 P 含有率 (%) —藤崎ほ場

処 理			1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀		0.35	0.36	0.47	0.45	0.33	0.43	0.51	0.65	0.44
	N ₁		0.37	0.44	0.36	0.33	0.28	0.26	0.34	0.45	0.44
	N ₂		0.33	0.37	0.33	0.33	0.29	0.31	0.35	0.43	0.40
ラジノクローバー	N ₀		0.28	0.22	0.33	0.22	0.18	0.20	0.22	0.25	0.31
	N ₁		0.24	0.26	0.25	0.21	0.17	0.19	0.24	0.33	0.28
	N ₂		0.25	0.27	0.26	0.21	0.18	0.20	0.22	0.28	0.26
ベントグラス	N ₀		0.31	0.23	0.28	0.32	0.21	0.27	0.36	0.44	0.47
	N ₁		0.37	0.37	0.45	0.29	0.24	0.28	0.38	0.43	0.43
	N ₂		0.29	0.29	0.28	0.27	0.23	0.24	0.25	0.31	0.32
ペレニアルライグラス	N ₀		0.34	0.25	0.33	0.37	0.27	0.33	0.44	0.50	0.53
	N ₁		0.30	0.32	0.39	0.36	0.27	0.26	0.30	0.39	0.35
	N ₂		0.32	0.29	0.26	0.22	0.20	0.21	0.23	0.29	0.29
有 意 性 ^z	敷草処理間		***	***	*	***	***	***	***	***	***
	施肥処理間		NS	***	*	**	NS	***	***	***	***
	交互作用		NS	NS	△	NS	△	***	***	***	**

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第98表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 3m 植えのふじ/M.9A の葉中 P 含有率 (%) —藤崎ほ場

処 理			1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀		0.29	0.34	0.40	0.36	0.30	0.29	0.32	0.61	0.44
	N ₁		0.35	0.31	0.48	0.32	0.26	0.27	0.31	0.38	0.48
	N ₂		0.35	0.28	0.37	0.28	0.21	0.22	0.24	0.29	0.31
ラジノクローバー	N ₀		0.31	0.22	0.32	0.21	0.18	0.19	0.21	0.22	0.30
	N ₁		0.26	0.26	0.24	0.19	0.18	0.19	0.19	0.26	0.24
	N ₂		0.21	0.25	0.23	0.19	0.18	0.20	0.20	0.20	0.23
ベントグラス	N ₀		0.31	0.24	0.37	0.35	0.25	0.30	0.43	0.51	0.51
	N ₁		0.32	0.23	0.29	0.25	0.20	0.21	0.25	0.30	0.33
	N ₂		0.32	0.21	0.26	0.23	0.18	0.18	0.21	0.21	0.24
ペレニアルライグラス	N ₀		0.30	0.24	0.35	0.33	0.26	0.29	0.32	0.41	0.40
	N ₁		0.29	0.32	0.31	0.25	0.19	0.20	0.23	0.24	0.27
	N ₂		0.25	0.26	0.25	0.20	0.18	0.19	0.21	0.24	0.25
有 意 性 ^z	敷草処理間		NS	**	***	***	***	***	***	***	***
	施肥処理間		NS	NS	***	***	***	***	***	***	***
	交互作用		NS	NS	△	**	***	***	***	***	***

^z △, **, ***はそれぞれ10%, 1%, 0.1%水準.

第99表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M.26 の葉中 K 含有率 (%) —黒石ほ場

処 理			1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量										
無 施 用 (清 耕)	N ₀		1.06	1.19	1.12	1.18	0.85	1.00	0.94	1.06	0.91
	N ₁		1.19	1.38	1.40	1.27	1.39	1.36	1.33	1.55	1.50
	N ₂		0.98	1.05	1.10	1.10	1.04	1.09	1.20	1.39	1.38
ラジノクローバー	N ₀		1.15	1.28	1.15	1.20	1.04	1.01	0.96	1.26	1.29
	N ₁		0.93	1.21	1.14	1.10	1.12	1.05	1.12	1.42	1.38
	N ₂		1.24	1.20	1.41	1.38	1.24	1.32	1.38	1.66	1.52
ベントグラス	N ₀		1.13	1.39	1.42	1.37	0.82	1.02	1.10	1.15	1.02
	N ₁		1.05	1.11	1.26	1.32	1.18	1.36	1.36	1.47	1.49
	N ₂		1.16	1.22	1.61	1.40	1.33	1.44	1.61	1.72	1.75
ペレニアルライグラス	N ₀		1.34	1.32	1.51	1.49	1.32	1.35	1.39	1.65	1.53
	N ₁		1.62	1.66	1.47	1.63	1.42	1.40	1.45	1.66	1.54
	N ₂		1.16	1.24	1.16	1.35	1.33	1.32	1.58	1.73	1.70
有 意 性 ^z	敷草処理間		**	△	*	***	**	**	***	***	***
	施肥処理間		NS	**	NS	NS	***	***	***	***	***
	交互作用		*	△	*	*	**	*	△	***	***

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第100表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えのふじ/M.9Aの葉中K含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.51	1.71	1.95	1.96	1.68	1.73	1.89	1.77	1.98
	N ₁	1.40	1.73	1.89	1.60	1.37	1.24	1.39	1.46	1.70
	N ₂	1.37	1.61	2.00	1.81	1.66	1.53	1.47	1.58	1.88
ラジノクローバー	N ₀	1.42	1.47	1.78	1.60	1.62	1.45	1.56	1.41	1.81
	N ₁	1.21	1.74	1.32	1.59	1.34	1.28	1.55	1.31	1.59
	N ₂	1.43	1.85	1.47	1.49	1.35	1.41	1.54	1.29	1.66
ベントグラス	N ₀	1.51	1.52	1.91	1.65	1.56	1.39	1.64	1.55	1.97
	N ₁	1.46	1.82	1.78	1.69	1.41	1.48	1.65	1.72	2.07
	N ₂	1.30	1.60	1.94	1.69	1.52	1.54	1.46	1.57	1.83
ペレニアルライグラス	N ₀	1.51	1.60	1.94	1.79	1.67	1.51	1.79	1.65	2.11
	N ₁	1.48	1.88	1.94	1.98	1.66	1.64	1.75	1.57	1.89
	N ₂	1.43	1.84	1.63	1.59	1.49	1.48	1.62	1.46	1.59
有 意 性 ^z	敷草処理間	△	NS	***	***	△	**	**	***	**
	施肥処理間	**	**	△	△	**	△	***	△	***
	交互作用	△	NS	*	***	*	***	**	*	*

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第101表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えのふじ/M.9Aの葉中K含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.43	1.86	2.00	1.97	1.71	1.59	1.76	1.78	2.19
	N ₁	1.35	1.65	1.82	1.63	1.60	1.44	1.53	1.43	1.88
	N ₂	1.37	1.60	1.80	1.56	1.46	1.34	1.45	1.45	1.71
ラジノクローバー	N ₀	1.47	1.64	1.70	1.56	1.37	1.26	1.44	1.38	1.67
	N ₁	1.31	1.53	1.67	1.58	1.42	1.36	1.42	1.33	1.63
	N ₂	1.46	1.53	1.68	1.58	1.43	1.41	1.44	1.32	1.66
ベントグラス	N ₀	1.60	1.77	1.78	1.97	1.62	1.60	1.82	1.81	2.13
	N ₁	1.46	1.55	1.92	1.84	1.56	1.43	1.57	1.44	1.90
	N ₂	1.35	1.60	1.69	1.54	1.52	1.37	1.46	1.42	1.57
ペレニアルライグラス	N ₀	1.54	1.62	1.82	1.97	1.59	1.29	1.72	1.65	1.83
	N ₁	1.49	1.69	1.90	1.74	1.52	1.59	1.52	1.64	1.78
	N ₂	1.43	1.82	1.84	1.62	1.60	1.50	1.51	1.47	1.65
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	NS	*	***	△	NS	**	***	***
	施肥処理間	*	NS	NS	***	*	NS	***	***	***
	交互作用	NS	NS	NS	***	NS	△	△	*	**

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

た. 1985年から1988年の4年間は交互作用がみられ, ラジノクローバー敷草処理区の場合, 施肥処理の影響がほとんどなかった.

(4) 葉中カルシウム

黒石ほ場の葉中カルシウム含有率を第102表に示した.

敷草の種類間では9か年中5か年で有意差があったが, 調査年により傾向が異なり, 敷草の種類と葉中カルシウム含有率の関係は明らかでなかった. また, 施肥量間の場合も1980年, 1981年及び1987年の3か年で有意差があったが, 調査年によって傾向が異なった.

藤崎ほ場の葉中カルシウム含有率を第103, 104表に示した.

樹間2mの場合, 敷草の種類間では9か年中6か年で有意差があり, ラジノクローバー敷草区が他の処理区に比べて低い傾向にあった. 施肥量間では1983年と1985年

の2か年, 無施用区を除いた敷草処理区でN₁区及びN₂区がN₀区より低い含有率であったが, それ以外の調査年では差異がなかった.

栽植距離3mの場合も2mの場合とほぼ同様な傾向を示し, 敷草の処理間では調査年9か年中6か年で有意差があり, ラジノクローバー敷草区が他の処理区に比べて低かった. 施肥量間では5か年で有意差がみられ, N₁区及びN₂区がN₀区に比べて低い傾向を示す場合が多かった.

(5) 葉中マグネシウム

黒石ほ場の葉中マグネシウム含有率を第105表に示す.

敷草の種類間では調査年9か年中7か年で有意差がみられ, 無施用区に比べて, ペレニアルライグラス敷草区が低かった. また, 施肥量間では1985年から1988年までの4か年で有意差があり, N₁区及びN₂区がN₀区に比

第102表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26 の葉中 Ca 含有率 (%) —黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.29	1.32	1.35	1.63	1.40	1.34	1.55	1.56	1.42
	N ₁	1.20	1.33	1.30	1.62	1.33	1.25	1.54	1.31	1.46
	N ₂	1.29	1.28	1.27	1.60	1.38	1.31	1.44	1.44	1.46
ラジノクローバー	N ₀	1.38	1.28	1.37	1.51	1.36	1.32	1.48	1.62	1.51
	N ₁	1.23	1.23	1.33	1.56	1.28	1.40	1.49	1.31	1.45
	N ₂	1.31	1.21	1.32	1.42	1.33	1.26	1.52	1.26	1.47
ベントグラス	N ₀	1.27	1.28	1.26	1.51	1.36	1.37	1.52	1.49	1.51
	N ₁	1.17	1.31	1.38	1.60	1.38	1.30	1.43	1.54	1.42
	N ₂	1.32	1.18	1.28	1.50	1.36	1.28	1.39	1.46	1.33
ペレニアルライグラス	N ₀	1.28	1.28	1.28	1.45	1.53	1.19	1.40	1.44	1.51
	N ₁	1.41	1.35	1.28	1.45	1.40	1.18	1.38	1.42	1.42
	N ₂	1.43	1.25	1.25	1.39	1.42	1.24	1.32	1.50	1.41
有 意 性 ^z	敷草処理間	△	NS	NS	***	*	**	*	NS	NS
	施肥処理間	△	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS
	交互作用	NS	*	NS						

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第103表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 2m 植えのふじ/M. 9A の葉中 Ca 含有率 (%) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.37	1.77	1.92	1.68	1.49	1.53	1.56	1.92	1.67
	N ₁	1.58	1.91	1.70	1.85	1.60	1.66	1.84	1.95	1.81
	N ₂	1.52	1.83	1.49	1.87	1.55	1.68	1.89	2.01	1.78
ラジノクローバー	N ₀	1.54	1.57	1.73	1.84	1.37	1.49	1.48	1.88	1.69
	N ₁	1.54	1.60	1.69	1.56	1.21	1.30	1.44	1.77	1.61
	N ₂	1.44	1.52	1.69	1.79	1.51	1.27	1.54	1.73	1.59
ベントグラス	N ₀	1.48	1.71	1.70	1.89	1.50	1.75	1.68	1.93	1.72
	N ₁	1.52	1.74	1.88	1.52	1.44	1.59	1.61	2.02	1.61
	N ₂	1.48	1.48	1.35	1.82	1.42	1.55	1.75	1.81	1.75
ペレニアルライグラス	N ₀	1.58	1.74	1.70	1.87	1.47	1.73	1.63	2.02	1.63
	N ₁	1.42	1.70	1.77	1.63	1.54	1.50	1.49	1.90	1.54
	N ₂	1.63	1.64	1.86	1.67	1.59	1.66	1.56	1.92	1.71
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	**	NS	NS	△	***	***	△	△
	施肥処理間	NS	NS	NS	**	NS	**	NS	NS	NS
	交互作用	△	NS	*	**	NS	*	NS	NS	NS

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第104表 敷草の種類並びに施肥量と樹間 3m 植えのふじ/M. 9A の葉中 Ca 含有率 (%) —藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	1.42	1.74	1.79	1.65	1.50	1.54	1.59	2.00	1.62
	N ₁	1.63	1.67	1.87	2.01	1.39	1.53	1.66	1.96	1.81
	N ₂	1.56	1.67	1.70	1.93	1.48	1.51	1.69	1.92	1.91
ラジノクローバー	N ₀	1.50	1.66	1.91	1.80	1.27	1.37	1.60	1.79	1.78
	N ₁	1.49	1.52	1.59	1.59	1.25	1.17	1.52	1.69	1.54
	N ₂	1.36	1.56	1.57	1.52	1.20	1.26	1.60	1.81	1.57
ベントグラス	N ₀	1.43	1.54	1.78	1.76	1.56	1.56	1.59	1.99	1.73
	N ₁	1.36	1.57	1.69	1.59	1.57	1.53	1.68	1.90	1.69
	N ₂	1.54	1.52	1.77	1.80	1.29	1.35	1.57	1.77	1.75
ペレニアルライグラス	N ₀	1.37	1.65	1.89	1.66	1.59	1.61	1.51	2.03	1.66
	N ₁	1.45	1.93	1.88	1.71	1.57	1.37	1.59	1.92	1.60
	N ₂	1.53	2.00	1.62	1.67	1.38	1.40	1.61	1.86	1.66
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	***	NS	*	***	***	NS	**	△
	施肥処理間	NS	NS	**	NS	*	***	NS	△	△
	交互作用	NS	NS	**	**	NS	*	NS	***	*

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第105表 敷草の種類並びに施肥量とふじ/M. 26の葉中Mg含有率(%)—黒石ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.34	0.43	0.42	0.46	0.47	0.47	0.55	0.44	0.50
	N ₁	0.29	0.43	0.35	0.40	0.42	0.37	0.46	0.41	0.41
	N ₂	0.36	0.44	0.43	0.44	0.48	0.43	0.47	0.43	0.43
ラジノクローバー	N ₀	0.36	0.44	0.44	0.43	0.49	0.45	0.53	0.47	0.47
	N ₁	0.37	0.45	0.41	0.43	0.47	0.44	0.49	0.43	0.42
	N ₂	0.35	0.44	0.38	0.40	0.45	0.40	0.45	0.44	0.41
ベントグラス	N ₀	0.35	0.45	0.36	0.39	0.46	0.44	0.50	0.44	0.46
	N ₁	0.34	0.47	0.39	0.40	0.45	0.39	0.45	0.43	0.40
	N ₂	0.31	0.45	0.35	0.39	0.42	0.36	0.43	0.37	0.40
ペレニアルライグラス	N ₀	0.34	0.39	0.36	0.39	0.42	0.40	0.46	0.42	0.42
	N ₁	0.28	0.36	0.36	0.36	0.41	0.37	0.43	0.38	0.39
	N ₂	0.37	0.40	0.41	0.42	0.44	0.38	0.42	0.40	0.37
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	***	NS	*	**	**	*	*	*
	施肥処理間	NS	NS	NS	NS	NS	**	***	△	***
	交互作用	△	NS	△	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

第106表 敷草の種類並びに施肥量と樹間2m植えふじ/M. 9Aの葉中Mg含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.22	0.28	0.26	0.24	0.28	0.27	0.30	0.30	0.27
	N ₁	0.26	0.31	0.27	0.30	0.34	0.34	0.39	0.35	0.34
	N ₂	0.25	0.32	0.25	0.28	0.27	0.29	0.32	0.32	0.28
ラジノクローバー	N ₀	0.25	0.33	0.32	0.31	0.34	0.33	0.35	0.35	0.30
	N ₁	0.27	0.35	0.32	0.31	0.33	0.34	0.38	0.35	0.30
	N ₂	0.24	0.29	0.30	0.31	0.34	0.32	0.36	0.37	0.29
ベントグラス	N ₀	0.25	0.32	0.30	0.29	0.33	0.30	0.34	0.34	0.29
	N ₁	0.25	0.30	0.27	0.27	0.31	0.34	0.35	0.33	0.28
	N ₂	0.24	0.31	0.28	0.31	0.30	0.30	0.35	0.32	0.31
ペレニアルライグラス	N ₀	0.24	0.31	0.27	0.28	0.31	0.30	0.33	0.34	0.26
	N ₁	0.24	0.28	0.27	0.26	0.30	0.28	0.33	0.30	0.26
	N ₂	0.26	0.28	0.30	0.29	0.34	0.33	0.35	0.34	0.31
有 意 性 ^z	敷草処理間	NS	*	***	***	**	**	NS	**	**
	施肥処理間	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	NS
	交互作用	*	**	NS	**	**	***	*	*	**

^z *, **, ***はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準.

第107表 敷草の種類並びに施肥量と樹間3m植えふじ/M. 9Aの葉中Mg含有率(%)—藤崎ほ場

処 理		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
敷草の種類	施肥量									
無 施 用 (清 耕)	N ₀	0.25	0.28	0.27	0.25	0.30	0.28	0.33	0.32	0.25
	N ₁	0.26	0.29	0.28	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.27
	N ₂	0.26	0.28	0.26	0.29	0.30	0.32	0.32	0.30	0.30
ラジノクローバー	N ₀	0.25	0.32	0.31	0.30	0.36	0.35	0.38	0.38	0.31
	N ₁	0.25	0.30	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.37	0.32
	N ₂	0.22	0.31	0.30	0.30	0.30	0.35	0.38	0.38	0.31
ベントグラス	N ₀	0.25	0.31	0.31	0.26	0.32	0.27	0.33	0.32	0.26
	N ₁	0.24	0.31	0.30	0.28	0.32	0.32	0.34	0.33	0.29
	N ₂	0.24	0.30	0.31	0.31	0.31	0.35	0.34	0.32	0.32
ペレニアルライグラス	N ₀	0.23	0.31	0.29	0.28	0.34	0.28	0.30	0.34	0.27
	N ₁	0.23	0.31	0.28	0.28	0.31	0.31	0.36	0.35	0.28
	N ₂	0.24	0.35	0.28	0.29	0.32	0.33	0.36	0.34	0.31
有 意 性 ^z	敷草処理間	*	**	**	*	*	***	***	***	***
	施肥処理間	NS	NS	NS	*	*	**	NS	NS	**
	交互作用	NS	NS	NS	*	NS	*	*	NS	△

^z △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準.

べて低かった。

藤崎ほ場の‘ふじ’の葉中マグネシウム含有率を示すと第106, 107表のとおりである。

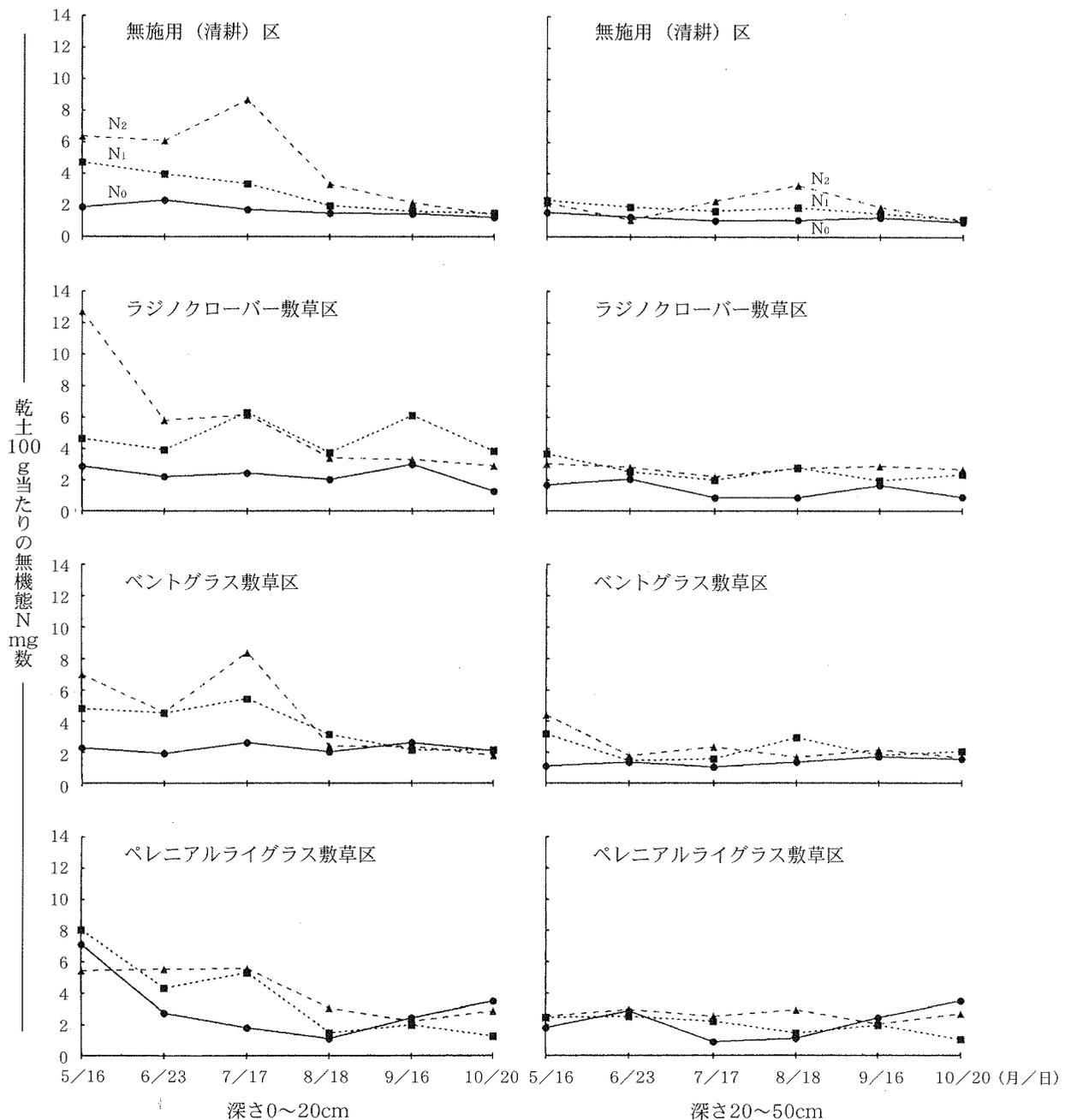
栽植距離2mの場合、敷草の種類間では調査年9か年中7か年で有意差がみられ、ラジノクローバー敷草区が無施用区に比べて高かった。施肥量間では1983年と1986年の2か年より有意差がなかったが、N₁区及びN₂区がN₀区に比べて高い傾向を示した。

栽植距離3mの場合、敷草の種類間では全ての調査年で有意差があり、処理開始年以外はいずれの年もラジノクローバー敷草区が無施用区に比べて高かった。施肥量間では有意差がみられたのは4か年で、そのうち、1983

年、1985年及び1988年の3か年は施肥量が多いほど高い傾向にあったが、交互作用がみられ、ラジノクローバー敷草区は施肥処理による影響がなかった。

5. 敷草処理並びに施肥量と時期別土壌無機態窒素含量 1) 方法

黒石ほ場並びに藤崎ほ場の無施用区と各敷草区（ラジノクローバー敷草区、ベントグラス敷草区、ペレニアルライグラス敷草区）のそれぞれの施肥量区（N₀区、N₁区、N₂区）から、時期別に土壌を採取して無機態窒素含量を測定した。敷草並びに施肥量は前々項「3. 敷草の種類並びに施肥量と生育、収量及び果実品質」の1)方法、



第13図 黒石ほ場における各処理区の時期別土壌無機態窒素含量 (1986)

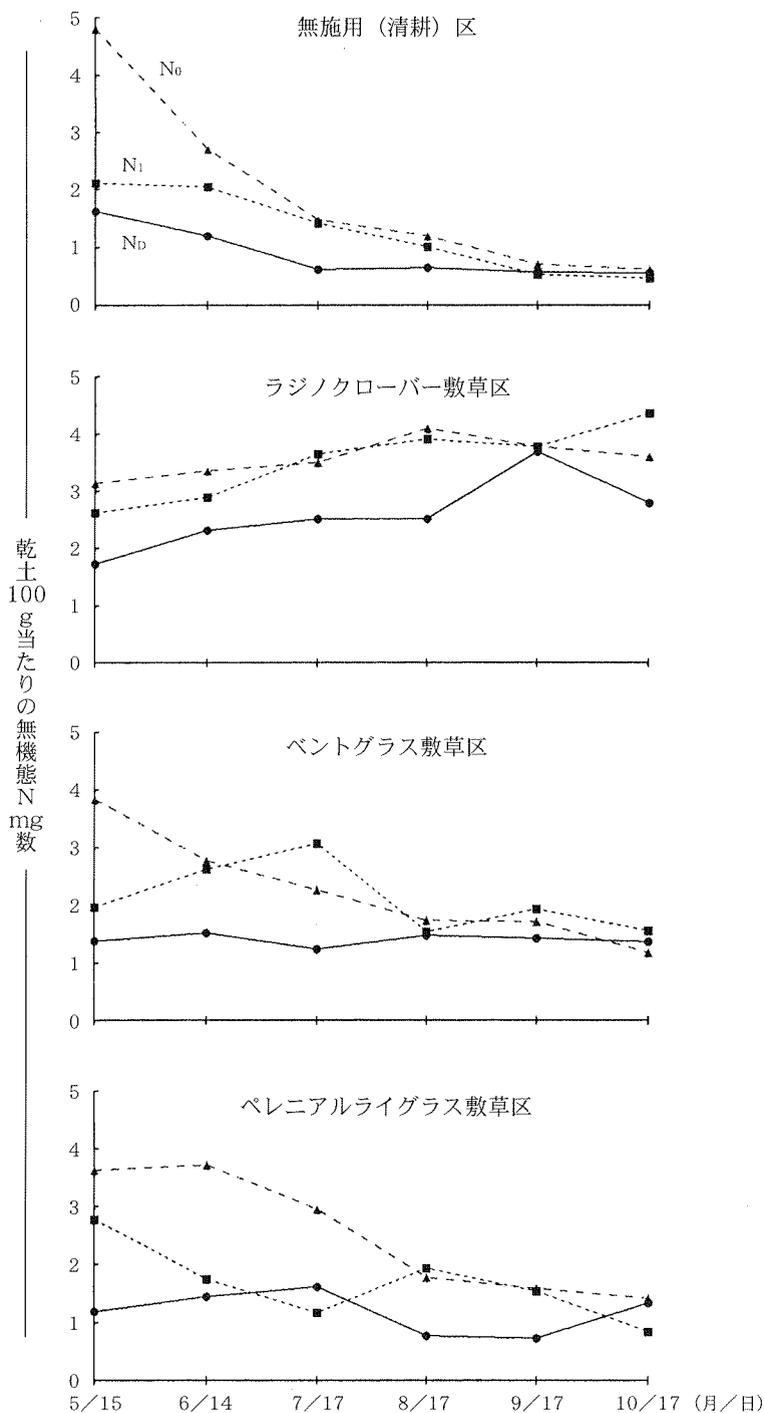
(3) 処理区の構成並びに処理方法に示すとおりである。

調査は黒石ほ場が1986年、藤崎ほ場が1984年に実施し、5月から10月まで毎月1回、1処理区4地点、幹から1m離れた位置から、黒石ほ場は深さ0~20cm及び20~50cm、藤崎ほ場は深さ0~30cmより鉄製パイプで柱状に採土した。試料は生土のまま2mmのフルイを通し、Bremnerの方法で全無機態窒素含量を測定した。

2) 結果

黒石ほ場における時期別土壤無機態窒素含量は第13図に示すとおりである。

深さ0~20cmの場合、無施用区及び各敷草区とも、N₀区は時期による含量の違いがあまりなかったが、N₁区及びN₂区は生育初期の含量が高く、その後、次第に低下した。敷草の種類間では生育後期において、ラジノクローバーとペレニアルライグラスの敷草処理区が無施用区に比べて高い傾向を示した。施肥量間ではラジノクローバー敷草区で5月から10月の調査期間中、いずれの時期もN₁区及びN₂区がN₀区に比べて高く、それ以外の処理区においても、生育初期の5月から中期の7月まではN₁区及びN₂区がN₀区より高い含量で経過



第14図 藤崎ほ場における各処理区の時期別土壤無機態窒素含量 (深さ0~30cm, 1984)

した。

深さ20~50 cmの場合はN₀区, N₁区及びN₂区とも, 時期別による含量に大きな違いがなかった。敷草の種類間及び施肥量間の処理間差異は深さ0~20 cmの場合とほぼ同様の傾向であった。

藤崎ほ場における時期別土壌無機態窒素含量は第14図に示すとおりである。

無施用区とベントグラス及びペレニアルライグラスの敷草区のN₀区は時期による差異がほとんどなかったが, N₁及びN₂区では生育初期で高く, その後次第に低下する傾向にあった。一方, ラジノクローバー敷草区ではN₀区, N₁区, N₂区いずれも生育時期が進むにつれて次第に高まる傾向があった。敷草の種類間では敷草処理区が無施用区に比べて生育後期の無機態窒素含量が高い傾向を示し, 特にラジノクローバー敷草区で顕著であった。施肥量間では無施用区とベントグラス敷草区では5月から7月まで, ペレニアルライグラス敷草区は9月まで, ラジノクローバー敷草区は10月まで, N₁区及びN₂区がN₀区に比べて高い含量で経過した。

6. 敷草の種類と土壌の化学性

1) 方法

黒石ほ場及び藤崎ほ場において, 前項で記した無施用区並びに敷草処理区のN₂区を対象に, 処理翌年の1981年から処理最終年の1988年まで, 毎年4月施肥前に分析用の土壌を採取した。採土深は地表下0~10 cm, 20~30 cm及び40~50 cmで, 1処理区4か所から採土して混合し, 1試料を調製した。

分析項目は全炭素, 全窒素, 可給態窒素, pH (kcl), 陽イオン交換容量, 交換性カルシウム, マグネシウム,

カリ及び有効態リン酸である。測定法は全炭素と全窒素が乾式燃焼法(柳本製CNコーダー使用), 可給態窒素はビーカー培養法(28℃, 2週間培養), pH (kcl)はガラス電極法, 陽イオン交換容量はN-酢酸アンモニウム振とう浸出法, 交換性カルシウム, マグネシウム及びカリはN-酢酸アンモニウム浸出液について, 原子吸光法で測定した。有効態リン酸はTruog法によって測定した。

2) 結果

第108表は黒石ほ場における土壌の化学性について, 8か年の平均値を示したものである。

全炭素含量は深さ0~10 cmでは無施用区に比べて, 全般に敷草処理区が高い傾向にあり, 特にラジノクローバー敷草区でその差が大きかった。深さ20~30 cmではベントグラス敷草区が無施用区に比べて有意に低く, 深さ40~50 cmではラジノクローバー敷草区が高い傾向にあった。

全窒素含量及び可給態窒素含量は各深さとも全炭素含量の場合とほぼ同様の傾向であった。

pH (kcl)は無施用区に比べて, 深さ0~10 cmではラジノクローバー敷草区が低い傾向にあり, 深さ20~30 cmではペレニアルライグラス敷草区が低く, 40~50 cmではラジノクローバー敷草区が高かった。

陽イオン交換容量は深さ0~10 cmでは無施用区に比べていずれの敷草処理区も大きく, 敷草処理区間ではラジノクローバー敷草区がベントグラス及びペレニアルライグラスの両敷草区より大きかった。深さ20~30 cmでは無施用区に比べて, ペレニアルライグラス敷草区が高かったのに対し, ベントグラス敷草区は逆に低かった。深さ40~50 cmでは無施用(清耕)区に比べて, ラジノク

第108表 敷草の種類と土壌の化学性²⁾—黒石ほ場

深さ (cm)	敷草の種類	全C (%)	全N (%)	可給態N (mg/100g)	pH (kcl)	陽イオン交換容量 (me/100g)	交換性陽イオン (me/100g)			有効態P ₂ O ₅ (mg/100g)
							Ca	Mg	K	
0~10	無施用(清耕)	5.19b	0.390b	3.64c	5.08	20.22c	9.03	2.27	0.81c	8.17d
	ラジノクローバー敷草	5.77a	0.454a	6.62a	4.97	22.57a	9.66	2.15	1.35ab	24.51b
	ベントグラス敷草	5.38b	0.402b	5.33b	5.11	21.29b	9.50	2.05	1.40a	33.59a
	ペレニアルライグラス敷草	5.34b	0.403b	4.99b	5.11	21.64b	9.13	2.27	1.26b	15.97c
	有意性 ³⁾	***	***	***	△	***	NS	NS	***	***
20~30	無施用(清耕)	5.15ab	0.366ab	2.37b	5.06a	20.00b	5.97c	2.68a	0.28c	2.85c
	ラジノクローバー敷草	5.27a	0.399a	3.58a	4.99ab	20.24ab	7.31a	2.27ab	0.80a	7.46a
	ベントグラス敷草	4.53c	0.332c	2.53b	5.08a	18.57c	6.94ab	1.87b	0.92a	6.36ab
	ペレニアルライグラス敷草	4.85bc	0.344bc	2.40b	4.85b	20.74a	6.28bc	2.09b	0.59b	4.66bc
	有意性 ³⁾	***	***	***	*	***	*	**	***	**
40~50	無施用(清耕)	7.31	0.489b	1.18b	5.00bc	20.58b	5.22c	1.57b	0.18c	1.45b
	ラジノクローバー敷草	7.93	0.531a	2.23a	5.13a	22.08a	6.72a	1.93a	0.45b	2.13b
	ベントグラス敷草	7.15	0.519ab	1.62b	5.06b	21.68a	5.53bc	1.38b	0.57a	3.16a
	ペレニアルライグラス敷草	7.20	0.486b	1.43b	4.94c	20.63b	6.19ab	1.37b	0.26c	2.12b
	有意性 ³⁾	△	*	**	***	***	**	**	***	**

²⁾ 風乾土を供試。

³⁾ △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

第109表 敷草の種類と土壌の化学性²—藤崎ほ場

深さ (cm)	敷草の種類	全C (%)	全N (%)	可給態N (mg/100g)	pH (kcl)	陽イオン交換容量 (me/100g)	交換性陽イオン (me/100g)			有効態P ₂ O ₅ (mg/100g)
							Ca	Mg	K	
0~10	無施用 (清耕)	2.02b	0.187b	4.04b	5.19a	20.78	11.53a	3.41a	1.41c	22.92b
	ラジノクローバー敷草	1.96b	0.193b	5.96a	4.96b	20.20	10.28b	3.05b	2.23a	24.84b
	ベントグラス敷草	2.17a	0.208a	5.41a	5.09a	20.85	11.10a	3.39a	1.90b	29.12a
	ペレニアルライグラス敷草	2.05ab	0.195ab	5.37a	5.05ab	20.49	10.47b	3.30a	2.18a	30.41a
	有意性 ³	*	*	***	**	NS	***	**	***	***
20~30	無施用 (清耕)	1.02bc	0.090bc	1.57b	5.09	20.80	11.31	4.02	0.34b	5.67
	ラジノクローバー敷草	0.91c	0.080c	1.40b	5.06	20.19	11.25	3.90	0.64a	5.85
	ベントグラス敷草	1.08b	0.098b	2.08a	5.21	20.16	11.63	3.98	0.44b	6.43
	ペレニアルライグラス敷草	1.27a	0.110a	2.06a	5.16	20.98	11.66	4.21	0.60a	7.05
	有意性 ³	***	***	**	NS	△	NS	△	**	NS
40~50	無施用 (清耕)	0.65a	0.061ab	0.53	4.91b	23.15a	12.72a	4.52a	0.49	0.53
	ラジノクローバー敷草	0.51c	0.046c	0.66	5.03a	20.41c	11.78b	4.01b	0.58	0.66
	ベントグラス敷草	0.53b	0.050bc	0.61	4.92b	21.88b	12.29ab	4.22b	0.46	0.61
	ペレニアルライグラス敷草	0.72a	0.069a	0.85	5.06a	21.61b	12.06b	4.21b	0.47	0.85
	有意性 ³	**	**	NS	**	***	*	**	NS	NS

² 風乾土を供試。³ △, *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準。異符号間は5%水準で有意差あり。

ローバー敷草区とベントグラス敷草区が高かった。

交換性カルシウム含量は無施用区に比べて、深さ 20~30cm ではラジノクローバー敷草区とベントグラス敷草区が、深さ 40~50cm ではラジノクローバー敷草区とペレニアルライグラス敷草区が高かった。

交換性マグネシウム含量は無施用区に比べて、深さ 20~30cm ではベントグラス敷草区とペレニアルライグラス敷草区が低く、深さ 40~50cm ではラジノクローバー敷草区が高かった。

交換性カリ含量はいずれの深さでも、敷草区が無施用区に比べて高い傾向にあった。

有効態リン酸含量は交換性カリ含量と同様、敷草区が無施用区に比べて高い傾向にあった。

第109表は藤崎ほ場における土壌の化学性について、8か年の平均値を示したものである。

全炭素含量は無施用区に比べて、深さ 0~10cm ではベントグラス敷草区が、深さ 20~30cm ではペレニアルライグラス敷草区が高かった。深さ 40~50cm では逆に、ラジノクローバー敷草区とベントグラス敷草区が低かった。

全窒素含量は各深さとも全炭素含量の場合とほぼ同様の傾向であった。

可給態窒素含量は無施用区に比べて、深さ 0~10cm では各敷草区が、深さ 20~30cm ではベントグラス敷草区とペレニアルライグラス敷草区が高かった。

pH (kcl) は無施用区に比べて、深さ 0~10cm ではラジノクローバー敷草区が低く、40~50cm ではラジノクローバー敷草区とペレニアルライグラス敷草区が高かった。

陽イオン交換容量は深さ 40~50cm で、各敷草区が無

施用区より小さい値を示した。

交換性カルシウム含量は無施用区に比べて、深さ 0~10cm と深さ 40~50cm で、ラジノクローバー敷草区とペレニアルライグラス敷草区が低かった。

交換性マグネシウム含量は無施用区に比べて、深さ 0~10cm ではラジノクローバー敷草区が、深さ 40~50cm では各敷草区が低かった。

交換性カリ含量は深さ 0~10cm と 20~30cm で、各敷草区が無施用区に比べて高い傾向にあった。

有効態リン酸含量は深さ 0~10cm で、ベントグラス敷草区とペレニアルライグラス敷草区が無施用区に比べて有意に高かった。

7. 考 察

佐藤・佐々木 (1982) は重窒素を吸収させたオーチャードグラス草生区の草を刈り取りの度ごとに草の生えていない樹冠下 (3年生マルバカイドウ台‘紅玉’未結実樹と4年生M.26台‘ふじ’結実樹) に敷草し、秋に樹体を掘り上げて重窒素を測定した結果、敷草中窒素の約17%がリンゴ樹に吸収されており、清耕区に比べて敷草区が窒素吸収量が多く、生育も勝っていたことから、敷草の肥料的効果を認めた。

筆者はラジノクローバー、チモシー、ベントグラス、メドウフェスク及びケンタッキーブルーグラスの5草種を敷草した場合の分解性について検討した。その結果、刈草をすき込んだ場合に比べて分解率が低いが、敷草後2か月位の間に急激に分解し、いずれの草種も50%程度あるいはそれ以上分解した。敷草後1年5か月の最終調査で比較すると、マメ科牧草がイネ科牧草に比べて分解率が高く、イネ科牧草の中ではケンタッキーブルーグ

ラスが他の牧草比べて低い傾向であった。

マメ科牧草がイネ科牧草より分解率が高かったのは、組織的に柔軟である以外に、処理時の炭素率が10程度と、イネ科牧草の17~22に比べて低いことによるものと考えられる。植物遺体の分解の速さは炭素率が低いほど分解が速いことは一般に認められていることであり(三井, 1978), 本実験でも、炭素率が低い敷草ほど乾物の減少率が低かった(第10図)。同様に、イネ科牧草の中でケンタッキーブルーグラスが低い傾向がみられたのは炭素率が高かったこと以外に、組織が比較的硬いことが影響しているものと考えられる。敷草の炭素率の経時変化はマメ科のラジノクローバーは大きな変化がなく、ほぼ11前後で推移したが、イネ科牧草は敷草時17~20の炭素率が次第に低下し、処理4か月後には13前後に収められた。この点に関して、広瀬(1973)は植物遺体の有機態窒素の無機化について実験し、植物遺体が土壤中で分解するとき、土壤に残留する有機物の炭素率は10に近い値をとることを推論している。

簡易なライシメーターを造り、窒素の収支から算出した敷草の窒素無機化率も急激な無機化がみられたのは処理2か月程度で、草種間ではマメ科牧草がイネ科のそれより無機化率が高かった。草種間の窒素無機化については広瀬(1973)は前述の室内実験でマメ科のラジノクローバーがイネ科のチモシーより窒素無機化率が高いことを報告している。また、佐藤ら(1978)は重窒素を吸収させたオーチャードグラスとラジノクローバーの刈草を牧草(オーチャードグラス)の刈取り跡に敷草し、それらが分解・放出する窒素の利用速度を検討した結果、処理2か月程度の間急速に分解利用され、利用率もマメ科がイネ科に比べて高く、本実験とほぼ同様な結果を得ている(佐藤ら, 1978)。

作業道の被覆作物は年数回刈り取られて清耕状態の樹冠下に敷草されると、やがて敷草は分解して養分を放出し、敷草中の養分は土壤に還元される。そして、この作業を毎年継続すると、長期的にみると、敷草によって土壤に還元される養分量は敷草に含まれる養分量に限りなく等しくなると考えられる。

本試験では無肥料(N_0 区)でも、マメ科牧草の場合、Nとして18~21 g/m², P₂O₅として4 g/m², K₂Oとして14~18 g/m², CaOとして8~10 g/m², MgOとして2~4 g/m², イネ科牧草の場合、それぞれ8~10 g/m², 4 g/m², 11~12 g/m², 2 g/m², 1 g/m²の養分量が樹冠下土壤に還元されることになる。10a当たり窒素成分で10 kg相当量の肥料を全園に均一に施用したとすれば、樹冠下1 m²に施用されるN量が10 gであることを考えると、敷草によってもたらされる養分量は相当な量である。もちろん、無肥料を長年継続すると、産草量が減少し、成分含有率も低下することから、これほどの養分量

が還元されるとは考えられないが、いずれにしても敷草によってもたらされる量は無視し得ないものと考えられる。

敷草の種類並びに施肥量と生育量の関係を見ると、幹の肥大や樹の大きさにおいては黒石、藤崎両ほ場とも処理の影響がほとんどみられなかった。幹の肥大は光合成産物の配分上、着果量の多少によって影響され、着果量が多いと肥大が劣り、着果量が少ないと勝るのが一般的である。また、樹の大きさはせん定により、樹高は管理作業上一定の高さに、また樹幅は樹間内に納めるように作業される。両ほ場は水田跡地で自然肥沃度が高い上、さらにこれらのことが加わり、処理の影響を現れ難いものにしたと考えられる。1樹当たりせん去枝重量に処理の影響が明確に現れなかったのも両ほ場の自然肥沃度の高さに起因していると考えられる。ただ、黒石ほ場の場合にはほとんどの調査年で処理間差異がみられなかったのに対し、藤崎ほ場の場合は樹間2植え、3m植えとも処理7年後から施肥処理による影響が現れ、施肥量が多いほどせん去枝重量が多かった。これは第108, 109表の土壤化学性にみられるように、自然肥沃度の支配的要因である可給態窒素含量が黒石ほ場に比べて藤崎ほ場で低く、このことが処理の影響を早く発現した原因と考えられる。

1樹当たり収量についてみると、敷草の種類に関しては処理間に有意差がみられた調査年が少なかったり、調査年によって傾向が異なるなど敷草の種類による差異は明確でなかった。施肥処理に関しては栽植距離2mの場合は黒石ほ場、藤崎ほ場ともほとんどの調査年と累積収量で有意差がなかったが、樹間距離3mの場合はほとんどの調査年で有意差があり、処理当初の1980年と1981年は N_0 区に比べて N_1 区が、その他の調査年は N_0 区に比べて N_1 区及び N_2 区が高く、無肥料区に比べて施肥区の収量が多い傾向にあった。わい性台りんご樹の施肥量と収量に関して、近藤ら(1987)は‘ふじ’/MM. 106を供試し、化成肥料(N:20%, P₂O₅:8%, K₂O:14%)を10a当たり窒素成分で2~5 kg, 6~10 kg, 18~20 kgを施用した場合、施肥量が多いほど収量が多い結果を得ており、武藤(2000)は火山灰土壤と三紀層土壤で、‘ふじ’/M. 26を供試して10a当たり窒素8, 12, 18及び27 kgの4段階の施肥量試験の結果を報告しており、5か年の累積収量が三紀層土壤ではその差が明らかでなかったが、火山灰土壤では8 kg及び12 kgに比べて、18 kg及び27 kgが多かったことを報告している。本試験では試験ほ場の肥沃度が高かったためか、栽植距離3mの場合、無肥料区に比べて施肥区の収量が多かったものの、10a当たりの窒素施肥量5 kgと10 kgとの間に大差がなかった。したがって、本ほ場における適正窒素施肥量は10a当たり5 kg程度と考えられる。本試験

の樹間距離 2m の場合、両ほ場とも収量に対する施肥処理の影響が明確でなかったが、肥沃度の高い両ほ場で、M. 26 台や M. 9A 台では強勢な‘ふじ’の場合、樹間距離 2m では狭すぎ、強せん定や光条件等がこのような結果に影響したものと考えられる。

果実肥大との関係を一果平均重量でみると、黒石ほ場の場合、敷草処理間の差異は明確でなかったが、施肥量間では無肥料区 (N_0) に比べて施肥区 (N_1 及び N_2) の肥大が勝る調査年が多く、藤崎ほ場の場合は施肥量間では差異がほとんどの調査年でなかったが、敷草の種類間では調査年数 9 か年中、樹間距離 2m で 3 か年、樹間距離 3m では 5 か年で有意差がみられ、敷草処理が無処理に比べて果実肥大が勝った。

両ほ場における結果の相違については考察が困難であるが、一果平均重量は 1 樹当たりの着果数の多少によっても影響され、一果当たりの頂芽数なり葉数など各処理区の着果条件が不揃いな場合、処理の影響が現れ難いこと、藤崎ほ場は地下水位が高いことから黒石ほ場に比べて有効土層が浅く、表層の根群密度が高いが、表層が乾燥しやすいため、刈草マルチによる水分保持効果が現れやすかったことなどが上げられよう。

窒素質肥料の多施用は果実の品質低下を招くのが一般的であり、近藤ら (1987) の MM. 106 台‘ふじ’を供試した試験でも 10a 当たり窒素成分 20kg 施用区が 5kg、10kg 施用より屈折計示度、リンゴ酸含量、着色程度が低下し、加藤ら (1999) はマルバカイドウ‘紅玉’を供試した長期にわたる肥料試験の結果から、窒素施用量の多い区ほど糖度、酸、硬度は低い値を示す傾向にあったことを報告している。しかし、黒石ほ場のみで実施した本試験結果では、ほとんどの調査年で施肥処理間に有意差がなかった。本試験の 7 月末の葉中窒素含有率をみると、大部分の調査年で施肥量が多いほど高い含有率を示しており、施肥処理の影響が樹体のレベルに反映していたが、無肥料の N_0 区においても 2.4% 以上と高いレベルにあったこと、栽植距離 2m に納めるために強せん定になったことなどが果実品質に対する施肥処理の影響を不明なものにしたと考える。

敷草の種類並びに施肥量と葉中無機成分含有率の関係をみると、窒素含有率は両ほ場とも、施肥量が多いほど高い傾向を示し、藤崎ほ場では敷草処理によって高まる傾向にあり、特にマメ科牧草のラジノクローバーで顕著であった。一方、リン含有率の場合は窒素含有率と逆の関係がみられた。

施肥量が多いほど土壌中の無機態窒素含量が高く、敷草区の可給態窒素含量も高いことから、敷草によって葉中の窒素含有率が高まることは当然のことと理解できる。しかし、リン含有率は施肥量が多いほど土壌中に付加されるリン酸が多く、また、敷草によって土壌中の有

効態リン酸含量が高まる結果が得られているにもかかわらず、敷草や施肥によって葉中含有率が低下した。このことは投入されたリン酸がほとんど表層部分の増加に限定され、それほどリンゴ樹の吸収利用に寄与しない上、窒素施用による生長によって希釈されたことが考えられる。一般的に果樹葉中の窒素とリン酸含量との間には相反的な関係が存在するとされ (板倉ら, 1963), 駒村ら (2000) もリンゴ樹で、窒素施用量が多いほど葉中リン含有率が低い結果を得ている。

カリ含有率は黒石ほ場では敷草や施肥量が多いほど高い傾向にあったが、藤崎ほ場の場合は、逆にラジノクローバー敷草区は無施用区より低い場合が多く、施肥量が多いほど低い傾向にあった。敷草や施肥によって、土壌に付加されるカリは多くなり、敷草によって両ほ場とも土壌の交換性カリ含量が明らかに高まっているにもかかわらず、藤崎ほ場の場合は敷草の種類によって、あるいは施肥によって葉中カリ含有率が低い傾向を示した。カリと強い拮抗作用のある葉中マグネシウム含有率をみると、黒石ほ場の場合、ベントグラスやペレニアルライグラスの敷草は無施用に比べて低い調査年が多く、施肥処理で有意差がみられた調査年は、いずれも N_0 区に比べて N_1 区、 N_2 区が低かった。これに対して、藤崎ほ場の場合は逆に敷草は無施用に比べて高く、特にラジノクローバーで顕著で、施肥処理では有意差がみられた調査年はほとんど N_0 区に比べて N_1 区、 N_2 区が高い含有率であった。このことから、マグネシウムがカリの吸収に抑制的に働いたものと考えられ、千葉ら (1975) もモモにおいて、葉中カリとマグネシウムとの間に高い負の有意相関を得ている。

カルシウム含有率は黒石ほ場の場合、処理による一定の傾向を見え出せなかったが、藤崎ほ場の場合は樹間 2m、3m とも敷草の種類間でラジノクローバー敷草区が他の処理区より低い含有率を示す調査年が多かった。藤崎ほ場の敷草の種類と土壌の化学性 (第 109 表) をみると、ラジノクローバー敷草区の交換性カルシウム含量がいずれの深さにおいても他の処理区より低い値を示していることから、土壌の交換性カルシウム含量が葉中のカルシウム含有率に影響したのかもしれない。

マグネシウム含有率は土壌中マグネシウム含量や拮抗関係にあるカリ、カルシウム含有率に左右される。本試験では敷草の種類間で有意差がみられた調査年が多く、無施用区に比べて黒石ほ場のペレニアルライグラス敷草区が低く、藤崎ほ場のラジノクローバー敷草区が高かった。第 108、109 表からこれらの交換性マグネシウム含量をみると、無施用区との間に大差がない。一方、葉中カリ含有率をみると、黒石ほ場ではペレニアルライグラス敷草区が高く、藤崎ほ場ではラジノクローバー敷草区が低い傾向を示す調査年が多く、カルシウム含有率は黒石

ほ場では明確でなかったが、藤崎ほ場ではラジノクローバー敷草区が低い調査年が多かった。したがって、両ほ場の敷草種類間におけるマグネシウム含有率の差異はカリ、カルシウムとの拮抗作用によるものと解される。

樹冠下へ敷かれた刈草はやがて分解して養分を放出することから、緩効性肥料としての役割が期待され、佐藤・佐々木 (1982) も重窒素を利用してその効果を認めている。本試験の敷草の種類並びに施肥量と時期別の土壤無機態窒素含量をみても、各敷草区が無施用区に比べて、生育後期において高い傾向を示し、特にラジノクローバー敷草区において顕著であった。5月からほぼ1か月に1回程度の頻度で刈り取られ、樹冠下へ敷かれた草は腐朽・分解して養分を放出し、生育後期の土壤無機態窒素含量を高めたものと考えられる。特にラジノクローバーは含有する窒素も多く、葉身が軟弱で物理的にも分解し易いことから、その影響が顕著にあらわれたものと考えられる。生育前期は無施用区に比べて敷草区の土壤無機態窒素含量が総体的にみると幾分低い傾向が伺われたが、これは敷草の分解に微生物を介しての土壤無機態窒素の有機化が考えられる。

藤崎ほ場のラジノクローバー敷草区における土壤無機態窒素含量が他の処理区や黒石ほ場の処理区と異なり経時的に高まる傾向を示したのは、ラジノクローバーの分解・放出する窒素成分が多い以外に、土壤の透水性が関与しているものと考えられる。即ち、黒石ほ場は黒ボク土で透水性が過良であるのに対して、藤崎ほ場は埴質な沖積土壌で透水性が不良な上、周囲が水田で地下水位も高いことから、水頭勾配が低く、雨水による窒素の溶脱が少なかったことによるものと考えられる。

Shaw, J. K. (1943) はリンゴ園における hay mulch 試験から、マルチの利点として地温変動の抑制、土壤水分保持、土壤構造の改善を上げているが、最も重要なのは豊富な養分供給にあると述べている。

敷草による養分供給が土壤の化学性に及ぼす影響については多くの報告があるが、草種の違いについて検討したものは少ない。筆者は敷草の種類と土壤の化学性について検討した。

全炭素、全窒素及び可給態窒素は黒石ほ場、藤崎ほ場とも、ほぼ同様の傾向を示し、深さ0~10cmでは無施用区に比べて、各敷草区が高い傾向を示した。敷草の種類間では黒石ほ場の場合はラジノクローバーが、藤崎ほ場の場合はペントグラスが高い傾向にあり、両ほ場で異なったが、可給態窒素は両ほ場ともラジノクローバーが高かった。これら成分の増加は施用された敷草量とその含有成分に大きく影響されるものと考えられる。両ほ場の敷草量は把握していないが、産草量は黒石ほ場が1981年に、藤崎ほ場は1984年に調査した。被覆作物の種類によっては秋に播種し直したものがあり、年間の産草量を

把握できない草種もあったが、それによると、N₂区の年間の乾物量は黒石ほ場のラジノクローバーが562g/m²、ペントグラスが519g/m²、藤崎ほ場のラジノクローバーが604g/m²、ペレニアルライグラスは662g/m²と被覆作物の種類間で大きな差異はなかった。刈草の窒素含量は第69、70表に示されるように、ラジノクローバーがペントグラスやペレニアルライグラスに比べて高く、しかも分解しやすいことから、他の敷草区に比べてラジノクローバー敷草区の可給態窒素が高かったものと考えられる。全炭素と全窒素が両ほ場の敷草の種類間で傾向が異なったのはこれら含量の処理前の水平的な変異によるものと考えられ、処理の影響とは考え難い。深さ20~30cm及び40~50cmにおいても処理間に有意差がみられたが、敷草の種類によっては無施用区より低い値を示す場合があるなどから、敷草処理の影響よりは処理前の垂直的な変異によるもので、処理による影響とは考え難い。したがって、これら成分に対する敷草処理の影響はほぼ表層の0~10cm程度と考える。敷草処理によって土壌中の全炭素や全窒素あるいは腐植が増加することは、板倉ら (1961) がクリ園で、また、渡辺 (1968) はカンキツ園で認めている。ただ、渡辺の報告では深さ20~40cmにおいても、敷草区における腐植含量の増加傾向を認めているのに対し、板倉は、敷草区的全窒素及び全炭素の増加を0~10cmの表層より認めておらず、本実験の場合と同様の結果であった。

pHは両ほ場ともラジノクローバー敷草区が無施用区に比べて、表層の0~10cmでは低く、下層の40~50cmでは高い傾向にあったが、これは表層の可給態窒素が他の敷草区に比べて多いため、それだけ無機態窒素に伴って溶脱し、下層に集積した塩基類が多かったものと考えられる。これは陽イオン交換容量に占める交換性カルシウム、マグネシウム及びカリの含量割合が、深さ0~10cmではラジノクローバー敷草区が無施用区に比べ低いのにに対して、深さ40~50cmでは高いことから伺える。

陽イオン交換容量は藤崎ほ場の場合は敷草処理の影響が明確でなかったが、黒石ほ場の場合は表層の0~10cmでは各敷草区が無施用区より大きく、それらの中でもラジノクローバー敷草区が大きく、敷草による腐植の増加によるものと考えられる。中層(20~30cm)以下においても処理区間に有意差がみられたが、深さ20~30cmで、ペントグラス敷草区が無施用区より有意に低い結果をみると、処理の影響よりは処理以前の含量の変異によるものと考えられる。藤崎ほ場の場合は表層(0~10cm)において敷草処理の影響がみられなかった理由は無施用に比べて敷草処理のpHが低いことによるものと考えられるが、明らかでない。

交換性陽イオンの中で敷草処理の影響が顕著にみられ

たのはカリ含量であった。黒石ほ場の場合、表層(0~10cm)から中層の深さ20~30cmまでいずれの草種とも無施用に比べて有意に高く、下層の40~50cmでもラジノクローバーとベントグラスは有意に高かった。藤崎ほ場でも表層(0~10cm)と中層(20~30cm)は無施用に比べて敷草処理が高い傾向にあった。刈草中に含まれるカリ含量はカルシウムやマグネシウム含量に比べて多く、板倉ら(1962)の実験にみられるように水によって容易に抽出されることから、このような結果をもたらしたものと考える。渡辺(1968)は深さ20~40cmにおいても敷草区の交換性カリ含量の顕著な増加を認めており、板倉ら(1962)はオーチャードグラス刈草マルチをした場合の交換性カリの経時的な変化から、表層ではきわめて速やかに、20~30cmでは9か月以内に、40~50cmでも2年以内に明らかに増加したことを報告している。

有効態リン酸含量は敷草処理区が無施用区に比べて高い傾向にあり、黒石ほ場の表層(0~10cm)ではベントグラス敷草区、ラジノクローバー敷草区、ペレニアルライグラス敷草区、無施用区の順に高かった。中層(20~30cm)ではラジノクローバーとベントグラスの敷草区が無施用区に比べて有意に高く、下層(40~50cm)においてもベントグラス敷草区が無施用区に比べ有意に高かった。また、藤崎ほ場の表層においてはベントグラスとペレニアルライグラスの敷草区が無施用区に比べて有意に高く、中層、下層においても有意ではなかったが、敷草区が平均値では高かった。板倉・白木(1963)はオーチャードグラスの乾草から自然降雨によって放出される成分が窒素、カリに次いでリンが多かったHarleyらの報告を引用しているが、リンを含有する材料を被覆するわけであるから、材料の腐朽・分解により土壤中にリン酸が増加するのは当然の結果である。ただ板倉・白木(1963)は敷草による有効態リン酸の増加を表層の0~10cmまでより認めておらず、本実験の結果と影響の及ぶ深さの点で異なったが、敷草からの有機酸によるキレート作用によって鉄、アルミナによるリン酸の吸収固定が防止され、移行し易くなって、中・下層まで増加することも考えられる。

8. 摘 要

わい性台利用樹の標準的な土壤管理法として、樹冠下清耕、列間草生の部分草生法が採用されており、樹冠下には有機物補給の観点から列間部の草生を刈り取って、樹冠下へ敷草するよう指導されている。敷草は腐朽・分解する過程で養分を放出し、緑肥効果が期待されることから、敷草の分解性、刈り草の成分含有量、敷草の種類並びに施肥量がリンゴ樹や土壌の化学性に及ぼす影響について検討した。

1) 敷草処理1年5か月後の乾物減少率からみた敷草

の分解性は、ラジノクローバーが最も高く、次いでチモシー=メドウフェスク=ベントグラス、最も低かったのはケンタッキーブルーグラスであった。各草種とも敷草後2か月の間に急速に分解し、その後の分解は緩慢であった。

2) 敷草中窒素の無機化率はマメ科牧草のラジノクローバーが高く、イネ科のベントグラス、チモシーはほぼ同程度の無機化率で、ラジノクローバーより低かった。敷草中窒素の無機化率も急激な無機化がみられたのは処理2か月間程度で、その後の無機化率は緩慢であった。

3) 刈草に含まれる窒素養分量はマメ科牧草のラジノクローバーがイネ科牧草のベントグラス、チモシー、ペレニアルライグラスより高く、また、各草種とも施肥量が多いほど多かった。1m²当たりの刈草に含まれる窒素養分の年間合計量は無肥料(N₀)区でも、ラジノクローバーが18~22g、ベントグラスが10g、ペレニアルライグラスが8gであった。

4) 敷草の種類並びに施肥量と生育量との関係は敷草の種類間では明らかでなかったが、施肥量間では樹間3m植えの場合、施肥量が多いほど累積せん去枝重量が多かった。

5) 敷草の種類並びに施肥量と収量との関係は敷草の種類間では明らかでなかったが、施肥量間では樹間3m植えの場合、無肥料区に比べて10a当たり窒素5kg及び10kg施用区の収量が高く、本ほ場での‘ふじ’/M.26の適正窒素施肥量は5kg/10a程度と推定された。

6) 敷草の種類並びに施肥量と果実肥大の関係は黒石ほ場では無肥料区に比べて、10a当たり窒素5kg及び10kg施用区の肥大が勝り、藤崎ほ場の樹間3m植えでは無施用(清耕)区に比べて敷草区の果実肥大が勝った。

7) 敷草の種類並びに施肥量と葉中無機成分含有率の関係をみると、窒素含有率は両ほ場とも施肥量が多いほど高く、藤崎ほ場の場合は敷草処理によっても高まり、特にマメ科牧草のラジノクローバーで顕著であった。リン含有率は窒素含有率と相反的な関係があり、両ほ場とも施肥量が多いほど低く、藤崎ほ場では敷草処理区で低く、特にラジノクローバー敷草区で低かった。カリ含有率は黒石ほ場の場合、敷草処理で高まる傾向にあり、特にペレニアルライグラスで高かった。施肥量間では試験後半で施肥量が多いほど高かった。藤崎ほ場の場合はラジノクローバー敷草区が低く、施肥量が多いほど低い傾向にあったが、マグネシウムとの拮抗作用によるものと推定された。カルシウム含有率は藤崎ほ場でラジノクローバー敷草区が低い傾向を示した以外処理間の差異は明確でなかった。マグネシウム含有率は黒石ほ場でペレニアルライグラス敷草区が低く、藤崎ほ場ではラジノクローバー敷草区が高かったが、カリ、カルシウムとの拮抗作用によるものと考えられた。

8) 敷草処理並びに施肥量と時期別の土壤無機態窒素含量をみると、黒石ほ場の場合、無肥料区では時期による含量差が少なかったが、施肥区では施肥後の生育前期で高く、その後次第に低下した。敷草の種類間ではラジノクローバーとペレニアルライグラスが生育後期において無施用(清耕)より高い傾向にあった。施肥量間では無肥料区に比べて施肥区がラジノクローバー敷草区で10月まで、その他の処理区も7月までは高い含量で経過した。藤崎ほ場の場合、ラジノクローバー敷草区以外は施肥後の生育初期で高く、その後次第に低下したが、ラジノクローバー敷草区は生育時期が進むにつれて高まる傾向にあった。敷草の種類間では無施用(清耕)に比べて敷草処理が生育後期の含量が高い傾向で、特にラジノク

ローバーで顕著であった。施肥量間では無施用区とペントグラス敷草区は5月から6月まで、ペレニアルライグラス敷草区では9月まで、ラジノクローバー敷草区では10月まで、無肥料区に比べて施肥区で高かった。

9) 敷草の種類と土壤の化学性の関係を見ると、両ほ場とも表層(深さ0~10cm)の炭素、全窒素及び可給態窒素含量が敷草によって高まり、可給態窒素含量はラジノクローバーが他の草種に比べて高かった。交換性陽イオンの中で敷草処理による影響が顕著にみられたのはカリで、両ほ場とも中層の深さ20~30cmまで、敷草区の含量が高かった。有効態リン酸含量も両ほ場で敷草処理によって高まり、特に黒石ほ場のペントグラス敷草ではその影響が下層(深さ40~50cm)まで及んだ。

VI 土壤環境とリンゴ紋羽病の発生

リンゴ紋羽病は古くからの病害であるが、未だ決定的な防除法が確立されておらず、リンゴ腐らん病とともに難防除病害の一つになっている。リンゴ樹の根部が侵される病害なので、病状が見えるころには根部の被害がかなり進行しており、大事に至る場合が多い。

本病の発生は土壤条件との関係が非常に強く、乾燥しやすい黒ボク土地帯では発生するが、埴質な沖積土地帯では発生が見られない(成田ら, 1987)。また、当該ほ場の一角に、隣接ほ場や周辺ほ場はリンゴ紋羽病が多発しているにもかかわらず、土壤の種類は岩木山系黒色火山灰土壤(黒ボク土)と同一でありながら、発生の少ないほ場がある。

そこで、土壤管理法や土壤水分、土壤容気量など土壤環境とリンゴ紋羽病発生との関係を検討した。

1. 各種土壤管理法とリンゴ紋羽病の発生

1) 方法

1985年11月、りんご試験場ほ場の紋羽病発生ほ場に、下図のように、南北方向に2条植えで1年生‘ふじ’/M.26を100本植え付けた。翌1986年5月初めに南北2ブロックに分け、各ブロックにそれぞれ、下表のような処理区を配置した。隣接する処理間にはボーダーとして1樹設

けた。

肥料は窒素成分で1986年は10a当たり2kg、1987年は5kg、1988年以降は10kg相当量を複合肥料(15:5:10)で施用した。

紋羽病の罹病状況は、1990年11月に供試樹を全て掘り上げて調査した。

生育、収量調査は毎年実施したが、ここでは調査最終年の幹断面積並びに樹高、1樹当たりの累積収量を表示した。

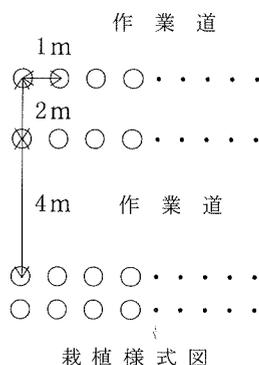
2) 結果

(1) 生育並びに収量

生育並びに1樹当たり収量は第110表に示すとおりで

第110表 生育状況と収量

処理区	幹断面積 (cm ²)	樹高 (m)	1樹当たりの累積収量(kg)
A	11.9	2.96	20.4
B	11.7	3.06	21.4
C	7.8	2.72	13.5
D	6.2	2.55	10.4
E	12.2	3.00	23.8
F	13.5	3.13	24.5
G	14.5	3.02	25.5



処理区と処理方法

処理区	樹冠下の管理方法
A	清耕状態を維持
B	清耕で深さ10cmのテンシオメーター示度がpF2.5に達したら1樹当たり20ℓかん水
C	ケンタッキーブルーグラス草生、Bと同様にかん水
D	ラジノクローバー草生、Bと同様にかん水
E	1m ² 当たり約2kgの稲わら石灰窒素堆肥を毎年施用後軽く耕耘
F	1m ² 当たり約4kgの稲わらを毎年マルチ
G	処理開始年に1m ² 当たり約4kgの石灰窒素堆肥をマルチ、翌年からFと同様

第111表 土壤管理法とリンゴ紋羽病の発生²

処理区	白紋羽病			紫紋羽病			枯死樹		
	ブロック I	ブロック II	全 体	ブロック I	ブロック II	全 体	ブロック I	ブロック II	全 体
A	1/6	2/6	3/12	3/6	0/6	3/12	0/6	1/6	1/12
B	1/6	1/6	2/12	2/6	5/6	7/12	0/6	0/6	0/12
C	3/6	0/6	3/12	1/6	2/6	3/12	3/6	0/6	3/12
D	3/6	1/6	4/12	1/6	0/6	1/12	2/6	1/6	3/12
E	2/9	5/6	7/15	3/9	1/6	4/15	1/9	5/6	6/15
F	3/6	3/6	6/12	1/6	0/6	1/12	1/6	2/6	3/12
G	1/6	2/8	3/14	0/6	0/8	0/14	0/6	1/8	1/14

²分母は供試樹数、分子は罹病樹数。

あるが、樹冠下まで草生を導入した C, D 区が他の処理区に比べて明らかに劣った。

(2) 紋羽病の発生状況

各処理区の紋羽病の発生並びに紋羽病による枯死樹の状況は第111表に示すとおりであるが、白紋羽病と紫紋羽病が混在して発生した。また、同一樹に紫紋羽病菌が優勢であったが、白紋羽病菌も付着している樹が堆肥を毎年施用し、軽く耕耘した E 区で 1 本あった。

白紋羽病は樹冠下を清耕状態に維持しながらかん水した B 区の発生が他の処理区に比べて少なく、紫紋羽病は処理開始年に堆肥マルチをし、翌年から稲わらを毎年マルチした G 区が他の処理区に発生がみられたにもかかわらず、発生がなかった。また、紋羽病による枯死は全て白紋羽病によるものであったが、樹冠下を清耕状態に維持しながらかん水した B 区は枯死樹がなかった。

しかし、白紋羽病発生率、紫紋羽病発生率並びに枯死樹率をアークサイン変換し、二元配置分散分析した結果、処理区間に有意差はみられなかった。

2. 土壤水分条件と白紋羽病の罹病性

1) 切枝接種試験

(1) 方法

縦 51 cm, 横 32 cm, 深さ 15 cm の発砲スチロール箱 3 個に岩木山系黒色火山灰土壌を充てんし、1987年 5 月 20 日、長さ 30 cm に切断したリンゴ徒長枝の一端に長さ 2.5 cm (約 0.9 g) の白紋羽病菌培養枝を密着させ、深さ 7 cm の位置に 1 箱当たり 10 本埋設した。

これらの箱の中央部、深さ 7 cm の位置にテンシオメーター受感部を埋設した。処理区は多湿、中湿、少湿の 3 区とし、5 月 21 日から 7 月 1 日まで毎朝 9 時にテンシオメーター示度を観測して多湿区は水柱で 32~100 cm (pF 1.5~2.0)、中湿区は 200~300 cm (pF 2.3~2.5)、少湿区は 500~600 cm (pF 2.7~2.8) になるように適宜かん水した。各処理区における試験期間中の水分張力の平均と標準偏差は第112表に示すとおりであった。なお、これら処理区への降雨の浸入を防ぐため、簡易な

第112表 各処理区の土壤水分²

処理区	平均	標準偏差
多 湿	49	29
中 湿	258	74
少 湿	544	100

²水分張力 (水柱 cm)

第113表 埋設リンゴ枝上の白紋羽病菌の生育と腐敗部の長さ

処理区	菌糸の伸長量 (cm)	腐敗部の長さ (cm)
多 湿	17.7	23.6
中 湿	18.4	20.0
少 湿	20.2	19.4
F 値	7.82**	2.47
LSD 5 %	1.3	—

小型ハウスを設置した。

6 週間後の 7 月 1 日に埋設枝を掘上げ、枝上に繁殖した菌糸の長さを測定した。

(2) 結果

各処理区の白紋羽病菌の生育及び腐敗部の長さは第113表に示すとおりである。

埋設枝の腐敗部の長さは処理区間に有意差がなかったが、埋設枝上に繁殖した白紋羽病菌の菌糸の伸長量は多湿区、中湿区に比べて少湿区が長く、乾燥条件下での白紋羽病菌の生育が旺盛であった。

2) ほ場での苗木接種試験

(1) 方法

1988年 4 月中旬、場内ほ場に縦 90 cm, 横 120 cm, 深さ 30 cm の木枠を 3 枠埋め、岩木山系黒色火山灰土壌を充てんし、4 月 25 日にマルバ付きの 1 年生 M. 26 台 'ふじ' を 1 枠当たり 12 樹、計 36 樹を植え付けた。

5 月初めに各枠にテンシオメーターの受感部を深さ 10 cm に埋設し、これら 3 枠をそれぞれ多湿区、中湿区、少湿区として、5 月 5 日から 9 月末日まで、毎朝 9 時に多湿区は水柱 65 cm (pF 1.8)、中湿区は水柱 280 cm (pF 2.4)、少湿区は水柱 630 cm (pF 2.8) 前後に

第114表 各処理区の土壌水分²

処理区	5月	6月	7月	8月	9月
多 湿	102±53	75±15	83±18	99±18	76±14
中 湿	163±27	170±40	282±51	333±78	227±40
少 湿	175±26	171±37	472±116	642±36	300±101

²水分張力 (水柱 cm) 平均値±標準偏差

第115表 各処理区の生育量

処理区	総新しょう長 (m)	新しょう数	平均新しょう長 (m)
多 湿	2.55	4.9	52.7
中 湿	2.55	5.1	51.1
少 湿	2.10	5.1	43.2
F 値	1.78	—	2.78

保持するよう適宜かん水した。試験期間中の各処理区の月別水分張力は第114表に示すとおりである。なお、これら処理区への降雨の浸入を防ぐため、簡易なビニールハウスを設置した。

7月13日、1樹ごとに白紋羽病菌培養枝を10g、根際部へ接種し、10月13日に供試樹を掘り上げ、生育量、根部の腐敗状況を調査した。

(2) 結 果

各処理区の土壌水分は、多湿区はほぼ設定した水分レベルで経過したが、中湿区と少湿区は5月、6月、9月の土壌乾燥が不十分で、所定の水分張力以下で経過した。

各処理区の供試樹の生育量は第115表に示すとおりである。

総新しょう伸長量や平均新しょう長から判断して、生育量は多湿区、中湿区が少湿区より勝る傾向にあった。

各処理区の根部腐敗面積割合と枯死樹数は第116表に示すとおりである。

根部の腐敗面積割合は多湿区、中湿区、少湿区の順で、水分レベルが高いほど腐敗が多い傾向を示した。また、枯死樹数も少湿区が供試樹12本中5本に対して、多湿区、中湿区はそれぞれ8本、7本と水分レベルが高いほどが多い傾向にあった。

第116表 各処理区の根部腐敗面積割合と枯死樹数

処理区	供試本数	根部腐敗面積割合 (%)	枯死樹数
多 湿	12	81	8
中 湿	12	74	7
少 湿	12	65	5

3. 紋羽病少発生土壌と多発生土壌の孔隙量と孔隙径の分布

1) 方 法

当場ほ場の一角に、自給肥料区の一つとしてスタートし、1931年から無耕耘の草生区がある。この草生区だけは隣接ほ場やその周辺ほ場で白紋羽病が多発しているにもかかわらず、これら多発ほ場と同一母材 (岩木山系黒色火山灰土壌) でありながら、紋羽病の発生が非常に少ない。現在樹齢100年生 (ミツバカイドウ台国光) と老木でありながら、紋羽病で枯死したのは18樹中1樹 (1993年白紋羽病罹病で伐採) のみである。

この草生区を少発生土壌、周辺が多発生ほ場を多発生土壌として、土壌の孔隙量並びに孔隙径を比較した。

1988年7月5日、両ほ場のそれぞれ5地点、深さ15cm部位から100ml容円筒に採土した。採土した試料について、実容積を測定後、加圧板法で吸引圧—水分分布を測定し、孔隙の径の分布を推定した (箱石, 1972)。

2) 結 果

第117表は白紋羽病多発生土壌と少発生土壌の孔隙量及び孔隙径の分布を示したものである。

全孔隙量は紋羽病多発生土壌、少発生土壌の間に差異がなかったが、少発生土壌は多発生土壌に比較して、孔隙径75μmを越える大きな孔隙が少なく、3.0~75μmの小さい孔隙が多く分布した。径の小さい孔隙は毛管水で占められることから、少発生土壌は多発生土壌に比べて容気量が少ないものと推察した。

第117表 白紋羽病多発生土壌と少発生土壌の孔隙量 (%) と孔隙径の分布 (%)

孔隙量と径の分布	多発生土壌	少発生土壌
孔隙量	67.7	68.6
孔隙径	<3.0μm	28.1
	3.0~75μm	9.4
	75μm<	30.2
	27.3	19.9
	21.4	

第118表 土壤充てんの粗密，土壤容気量と白紋羽病菌の生育

土壤の充てん度合	容気量 ^z (%)	菌糸の長さ(cm)	菌密度 ^y	腐敗部の長さ(cm)
粗	44.8 (41.7~46.2)	26.0	+++	26.0
密	11.5 (10.8~12.8)	0	-	0

^z() 内数字は範囲を示す。

^y - : 菌糸が認められない。

+++ : 菌糸束が濃密に絡み付いている。

第119表 粘土の混合割合，土壤容気量と白紋羽病菌の生育

土壤の混合割合 (%)	容気量 ^z (%)	菌糸の長さ(cm)	菌密度 ^y	腐敗部の長さ(cm)
0	28.2 (27.0~29.1)	17.9	+++	13.9
5	34.7 (30.9~38.3)	16.3	+++	13.1
10	33.3 (30.5~35.3)	18.0	+++	22.3
20	10.9 (8.2~14.7)	1.5	-~+	1.2
40	14.2 (12.5~15.4)	0	-	1.2
80	27.1 (22.5~32.1)	21.0	+++	24.5

^z() 内数字は範囲を示す。

^y - : 菌糸が認められない。

+ : 菌糸又は菌糸束がわずかに認められる。

+++ : 菌糸束が濃密に絡み付いている。

4. 土壤容気量と白紋羽病の罹病性

1) 土壤容気量と埋没枝上の白紋羽病菌の生育

(1) 方法

実験1：1988年7月13日，縦27cm，横38.5cm，深さ13cmの発砲スチロール箱2個に白紋羽病多発生ほ場の表土を，容気量を変えるために，一方を粗状態，他方を密状態に充てんした。これらに，長さ26cmに切断したリンゴ徒長枝の一端に白紋羽病培養枝を密着させて，深さ5cm位置に1箱当たり6本埋設した。その後，かん水し，乾燥を防ぐために黒ビニールフィルムで包み，降雨遮断施設（雨天時にはハウスが自動的に移動し，降雨が入らない施設）内に置いた。

翌月の8月19日，容気量測定のための試料を100ml容円筒で1箱当たり3点採取するとともに，埋没枝を掘り上げ，枝上に繁殖した菌糸の長さや密度及び枝の腐敗部の長さを測定した。

実験2：1988年8月26日，実験1と同じ寸法の発砲スチロール箱6個に，土壤の容気量を変えるために，実験1と同様のほ場から採取した表土に，粘土（ベントナイト）を0，5，10，20，40，80%の割合でそれぞれ混合し，充てんした。これらに実験1と同様，白紋羽病菌培養枝を密着させたリンゴ徒長枝を埋設した。その後，かん水し，黒ビニールフィルムで包んで降雨遮断施設内に置いた。

10月7日に実験1と同様，容気量測定用の試料を採取するとともに，埋没枝上の菌糸の長さや密度及び腐敗部の長さを測定した。

なお，実験1及び2とも，容気量測定のための100ml円筒はビニールテープで密閉して乾燥を防ぎ，試料採取日に100型実容積測定装置を用いて実容積を測定後，空気率を求めて容気量とした。

(2) 結果

実験1の土壤充てんの粗密と容気量並びに白紋羽病菌の生育状況は第118表に示すとおりである。

粗状態に充てんした土壤の容気量は平均44.6%であったのに対し，密状態に充てんした土壤のそれは11.5%であった。粗状態に充てんし，容気量が多い場合は，白紋羽病菌糸が埋没枝全体に濃密に繁殖し，枝全体が腐敗していた。それに対して，密状態に充てんし，容気量が少ない場合は，埋没枝上に白紋羽病菌糸が見られず，接種部位も腐敗していなかった。

実験2の粘土の混入割合と容気量並びに白紋羽病菌の生育状況は第119表に示すとおりである。粘土の混入割合が10%までは容気量がほとんど変わらなかったが，20%，40%混入した場合はそれぞれ10.9%，14.2%と無混入の28.2%に比べてほぼ半減した。80%混入した場合は粘土が多すぎ，土壤に亀裂を生じて27.1%と，無混入とほとんど変わらなかった。容気量が粘土無混入と変わらなかった5%，10%及び80%混入の場合は，白紋羽病の菌糸の長さや菌密度が無混入と大差がなかったが，容気量がほぼ半減した20%，40%混入の場合は菌糸がほとんど伸展しておらず，腐敗部の長さも非常に短かった。

2) 土壤容気量とリンゴ苗木の罹病性

(1) 方法

1989年4月、場内ほ場の一角に、縦90cm、横120cm、深さ30cmの木枠を4個埋め込んだ。その中2枠には白紋羽病の発生しやすい黒色火山灰土壌を充てんした。他の2枠には黒色火山灰土壌に20%相当量の粘土(ベントナイト)を混合して充てんした。同年4月27日、これら木枠に1枠当たり12樹の1年生‘北斗’/M.26を植え付けた。同時に白紋羽病菌培養枝(長さ約1cm)を10g程度根際部に接種した。各木枠の中央部にテンシオメーター受感部を深さ20cm位置に埋設し、①粘土無添加湿潤区、②粘土無添加乾燥区、③粘土添加湿潤区、④粘土添加乾燥区の4処理区を設けて5月1日より水分管理をした。湿潤区はテンシオメーター水柱示度で100cm、乾燥区は600cm程度に維持するように適宜かん水した。しかし、湿潤区は目標どおりの水分コントロールができたが、乾燥区は乾燥が不十分で6月以降500~600cmで推移した。なお、木枠には降雨の浸入を防ぐために、簡易なビニールハウスを設置した。

6月19日、6月30日及び7月13日の3回、紋羽病による枯死樹数を調査した。

土壤容気量は粘土無添加と粘土添加の湿潤処理から100ml円筒で採土し、pF-水分測定装置(加圧板式)と実容積測定装置を用いて、pF 1.8と3.0の容気量を測定した。

(2) 結果

各処理区における白紋羽病による枯死樹数を第120表に示す。

枯死樹数は土壤水分処理(湿潤、乾燥処理)による差異はみられなかったが、粘土添加区は無添加区に比べて明らかに少なかった。

粘土無添加区と添加区の容気量は第121表に示したが、粘土無添加区のpF 1.8、pF 3.0における容気量がそれぞれ20.5%、32.1%に対し、粘土添加区の容気量はそれぞれ

第120表 各処理区の枯死樹数

処理区	供試樹数	枯死樹数		
		6月19日	6月30日	7月13日
粘土無添加湿潤	12	0	3	8
粘土無添加乾燥	12	0	7	9
粘土添加湿潤	12	0	0	1
粘土添加乾燥	12	0	1	2

第121表 粘土添加区と無添加区の土壤容気量

処理区	容気量 (%)	
	pF 1.8	pF 3.0
粘土無添加	20.5	32.1
粘土添加	8.1	19.5

れ8.1%、19.5%と、粘土添加区が無添加区に比べて少なかった。

以上、試験1)及び本試験から、土壤の容気量が10%台と少ない場合は白紋羽病菌の生育が著しく抑制されるものと判断された。

5. 土壤中の酸素濃度が白紋羽病菌の生育に及ぼす影響

1) 方法

縦17.7cm、横25.1cm、深さ8cmのポリエチレン容器4個を準備し、容器の側面の中央部分にガスクロマトグラフィー用の注入口ゴム栓を付けた。

1988年9月13日に、これら容器に黒ボク土を約3cmの厚さに充てんし、長さ24cmに切断した‘ふじ’の徒長枝5本の一端に、それぞれ白紋羽病菌培養枝(長さ3cm)を密着させて埋没した。

これらの容器を密閉し、容器内の酸素濃度をそれぞれ5、10、15、20%を目標に、毎日窒素ガスと空気調節した。酸素濃度はガスクロマトグラフィー(充てん剤: Molecular Sieve 5A)で測定した。

10月6日、埋没枝を堀上げ、菌糸の長さや密度及び腐敗部の長さを測定した。

2) 結果

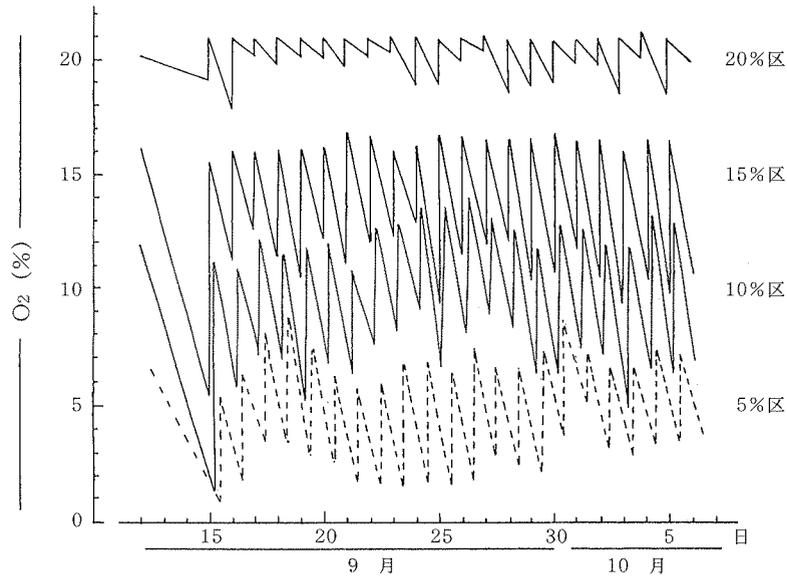
容器内の酸素濃度の推移は第15図に、酸素濃度と白紋羽病菌の菌糸の長さ、密度及び腐敗部の長さは第122表に示すとおりである。

各区とも酸素濃度は土壤の呼吸によりかなり変動したが、菌糸の長さや腐敗部の長さは酸素濃度が低いほど短かった。

6. 考察

リンゴ紋羽病の発生と土壤条件については、福島(1998)が取りまとめているように、比較的多くの報告がある。しかし、土壤管理法との関係についてはほとんど報告や記載がない。わずかに、後述する当該草生区の例やきゅう肥施用により紋羽病による欠木率が低下した事例報告(桜田ら、1981)があるだけである。本試験では白紋羽病は樹冠下を清耕状態に維持しながらかん水した区、紫紋羽病は処理当年に堆肥マルチし、翌年からその上に稲わらをマルチした区で発生樹数が少なかったが、統計的には有意でなかった。

リンゴ紋羽病は乾燥しやすい土壤条件で発生することはよく見聞するところであり、そのような報告も多い(島、1931; 町田ら、1956)。そこで、土壤水分条件と白紋羽病菌の生育並びに白紋羽病の罹病性について検討した。その結果、リンゴ徒長枝の切枝に白紋羽病菌を接種した場合は多湿区、中湿区に比べて少湿区での繁殖が旺盛であった。しかし、苗木を供試した場合は逆に多湿区、中湿区に比べて少湿区での紋羽病による枯死樹が少



第15図 各区の酸素濃度の推移

第122表 酸素濃度と白紋羽病菌の生育^z

酸素濃度 (%)	菌糸の長さ (cm)	菌密度 ^y	腐敗部の長さ (cm)
5	4.3	+	0.5
10	15.7	+++	14.5
15	16.8	+++	15.6
20	21.0	+++	18.3

^z 5本の平均値。

^y + : 菌糸又は菌糸束がわずかに認められる。

+++ : 菌糸束が濃密に絡み付いている。

なく、根部の腐敗面積割合も少ない傾向がみられた。これらの結果からすると、白紋羽病の繁殖条件だけを取り上げても、必ずしも土壤水分だけが関与しているとはいえない。また、乾燥しやすい土壤条件で発生するとしても、土壤の乾燥による樹勢低下が本病の誘因になることも考えられことから、土壤水分だけでは説明できない。町田ら(1956)は弘前市周辺の洪積台地上に分布するリンゴ園を対象に、土壤区分とリンゴ紋羽病の発生頻度を調査し、地下水位の高低から、本病の発生頻度は土壤水分にほとんど影響されていないようにみえたと考察している。

苗木を供試した接種試験で、多湿区、中湿区が少湿区に比べて紋羽病による被害が大きかったが、土壤水分が潤沢なほど細根の発生が少ないことは一般に知られていることであり、そのことに起因していると考えられる。

成田ら(1987)は土壤の種類とわい性台リンゴ樹の紋羽病の発生状況を調査し、火山灰土壤に発生が多く、堆積沖積土壤には全く発生がみられないことを報告している。そして、紋羽病の発生しやすい火山灰土壤は固相率、固相重量が小さく、孔隙量が多かったとしている。そこで、火山灰土壤でありながら、当場の草生区(1931

年以降無耕耘全面草生)は、その隣接ほ場や周辺ほ場が多発生であるにもかかわらず、発生が非常に少ないことに着目し、草生区を少発生土壤、周辺が多発生ほ場を多発生土壤として、それらの土壤の孔隙量と孔隙径の分布を比較検討した。その結果、全孔隙量には大差がなかったが、孔隙径の分布には差異がみられ、少発生土壤は多発生土壤に比べ孔隙径75 μ mを越える大きな孔隙が少なく、それ以下の小さな孔隙が多く分布していた。小さな孔隙は毛管水で占められることから、紋羽病の発生には土壤の容気量が関与しているものと推定し、土壤を鎮圧したり、優良な粘土を混入して容気量を変え、切枝や苗木を用いて白紋羽病菌の生育や罹病性について検討した。その結果、容気量が少なくなると、白紋羽病菌の生育が著しく抑制され、白紋羽病による枯死も少なくなった。このことから白紋羽病の発生には土壤の容気量が関与しているものと考えられ、本試験結果では、容気量を10%台に低下させることによって、白紋羽病菌の生育を著しく抑制できた。

土壤容気量は土壤水分が多いほど、土壤の孔隙が水で占められる割合が多くなるため、少なくなる。しかし、土壤水分条件と白紋羽病の罹病性を検討した苗木接種試験では白紋羽病による枯死本数が多湿区、中湿区、少湿区の順に、土壤水分が多いほど多い傾向にあり、前述の論理と矛盾した。そこで、これら3処理区の土壤容気量をpF-水分曲線と白紋羽病を接種した7月以降の水分張力から算出すると、多湿区が25.4~28.6%、中湿区が31.1~37.4%、少湿区が25.6~32.6%の範囲内で推移していた。3処理区の容気量に大きな違いはみられず、多湿区においても25%以上の容気量で推移していた。また、根部の腐敗面積割合は少湿区に比べて多湿区が多いことから、一定以上の容気量が確保されれば、土壤水分

が多いほど白紋羽病菌の生育には好適となつて、多湿区の枯死樹数が多くなつたものと考える。

土壌の容気量の減少は酸素濃度の低下を招く可能性がある。そこで、酸素濃度と白紋羽病菌の生育について検討したところ、酸素濃度が低いほど菌糸の伸長が劣り、特に酸素濃度10%未満では白紋羽病菌の伸長が急激に低下した。この点に関して、荒木(1967)は酸素濃度20%で白紋羽病菌の生育が最もよく、酸素濃度10%では急激に生育が劣つたとしており、本実験とほぼ同様の結果を得ている。

以上の結果から、容気量の大きい火山灰土壌に発生するリンゴ白紋羽病の発生は、大型重機による土壌鎮圧か粘土混入により、生育期間の容気量を10%台に減少させることによって、可成り抑制できるものと考えた。このことに関連して、最近、紋羽病多発性ほ場でベントナイトを施用した結果、土壌の物理性が変化し、同病害の発生率が著しく低下したことが報告されている(蝦名, 1999; 坂本ら, 2000)。

7. 摘要

リンゴ紋羽病の発生は土壌の種類によって異なり、黒色火山灰土壌では発生するが、埴質沖積土壌では全く発生しないことから、土壌管理法や土壌水分、土壌容気量など土壌環境とリンゴ紋羽病、特に白紋羽病の発生や白紋羽病菌の生育について検討した。

1) 土壌管理法との関係では、白紋羽病は清耕状態に維持しながらかん水を組み合わせた区で少なく、紫紋羽

病は処理開始年に堆肥マルチし、翌年から稲わらを毎年マルチした区で発生がなかった。また、清耕状態に維持しながらかん水を組み合わせた区では紋羽病による枯死樹がなかった。しかし、これらはいずれも統計的な有意差はみられなかった。

2) 土壌水分条件との関係は、切枝接種試験では土壌水分が多いほど白紋羽病菌の伸長が少なかったが、苗木接種試験では逆に土壌水分が多いほど白紋羽病による枯死樹が多く、一定の傾向がなかった。

3) 紋羽病少発生土壌と多発生土壌の孔隙量と孔隙径を比較した結果、全孔隙量は両土壌間に差異がなかったが、少発生土壌は多発生土壌に比較して、孔隙径75 μ mを越える大きな孔隙が少なく、それ以下の小さな孔隙が多く分布していた。

4) 土壌を鎮圧したり、ベントナイトを混入して容気量を変え、切枝や苗木を用いて白紋羽病菌の生育や罹病性について検討した結果、容気量が少なくなると、白紋羽病菌の生育が著しく抑制され、白紋羽病による枯死も少なくなった。このことから白紋羽病の発生には土壌の容気量が関与しているものと考えられ、容気量を10%台に減少させることによって、白紋羽病菌の生育を著しく抑制できると判断した。

5) 土壌の容気量の減少は酸素濃度の低下を招くことから、酸素濃度と白紋羽病菌の生育について検討した結果、酸素濃度が低いほど菌糸の伸長が劣り、特に酸素濃度10%未満では白紋羽病菌の伸長が急激に低下した。

VII 土壌管理並びに樹体栄養とリンゴ腐らん病の発生

リンゴ腐らん病はリンゴ紋羽病と並んで、生産力低下の大きな阻害要因になっている。本病原菌は樹体の樹皮組織を侵す病害であるため、単に薬剤を表面から散布するだけでは防除が困難である。

防除の基本は発病しないように予防に重点をおいた防除に徹することであり、そのためには病原菌密度の低下や樹体の保護、さらには耐病性のある樹体作りが肝要である。

島(1931)がその著書「実験リンゴの研究」で指摘しているように、本病は古くから樹勢との関係が強いとされている。そこで、発病し難い樹体作りのための土壌管理法を見出すために、堆肥の施用と本病の発生、樹勢との関連の深い樹体の窒素レベルや水分ストレスと発病の関係について、若干の検討を行った。

1. 堆肥の施用とリンゴ腐らん病の発生

1) 堆肥施用の有無と腐らん病の発生

(1) 方法

1990年11月、前述の「IV 堆肥施用量の把握」の試験ほ

場を対象に腐らん病の発生状況を調査した。調査樹数の関係から、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区を堆肥施用区、0kg区を無施用区とした。

腐らん病の発生状況は対象樹の主幹の治療病斑数と新病斑数を調査し、発病樹割合、1樹当たりの病斑数を算出した。

調査時の樹齢は15年生で、品種は黒石ほ場が「スターキングデリシャス」と「ふじ」、藤崎ほ場が「ふじ」、台木は両ほ場ともM.26である。

(2) 結果

調査結果は第123表に示すとおりである。

1樹当たりの病斑数は堆肥施用、無施用区間で差異が明らかでなかったが、発病樹率は黒石ほ場の「スターキングデリシャス」及び「ふじ」、藤崎ほ場の「ふじ」、いずれの場合も堆肥施用区が無施用区に比べて低かった。また、腐らん病で伐採した樹の割合も藤崎ほ場では堆肥無施用区に比べて堆肥施用区が低かった。

品種間では「ふじ」が「スターキングデリシャス」に比べて発病樹割合が少なかった。

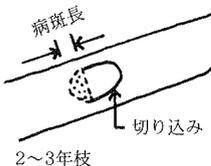
第123表 堆肥施用の有無とリンゴ腐らん病の発生

ほ場名	品 種	堆肥施用の有無	調 査 樹 数	発病樹割合 (%)	病 斑 数 (個/樹)	腐らん病での伐採割合 (%)
黒石ほ場	スターキング デリシャス	堆肥施用区	20	15	0.45	0
		堆肥無施用区	30	27	0.33	0
	ふ じ	堆肥施用区	20	5	0.10	3
		堆肥無施用区	32	16	0.45	0
藤崎ほ場	ふ じ	堆肥施用区	46	33	0.58	11
		堆肥無施用区	25	44	0.60	20

2) 堆肥施用量と腐らん病の発生

(1) 方法

1991年7月4日、黒石ほ場において、10a当たり0kg、500kg、1,000kg及び1,500kg相当量の堆肥を樹冠下に施用した区(0kg区、500kg区、1,000kg区及び1,500kg区)からそれぞれ4樹を選定した。それらの2~3年枝に1樹当たり10箇所、図のように□字型の切込み(約1cm×1cm)を入れ、孢子懸濁液(5.8×10⁷個/ml)を20μl滴下して接種し、その後の発病状況を調査した。調査は翌年の6月まで、1、2月を除いて毎月1回実施した。



発病度は切込み下端からの病斑の長さにより0~4まで指数を与え、次式によって求めた。

- 指数0；未発病
- 指数1；病斑長5mm未満

- 指数2；病斑長5mm以上
- 指数3；病斑が枝の周り半分以上拡大
- 指数4；病斑が枝を一周

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{指数内に含まれる数} \times \text{指数})}{10 \times 4} \times 100$$

なお、品種は‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’で、台木はM.26、樹齢16年生である。

(2) 結果

堆肥の施用量とリンゴ腐らん病の発生状況を‘スターキングデリシャス’の場合は第124表に、‘ふじ’の場合は第125表に示した。

‘スターキングデリシャス’の場合、発病度は接種後数か月は堆肥施用量の最も多い1,500kg区で低く、発病数も少ない傾向にあったが、その後は処理区間に差異がなくなった。

第124表 堆肥施用量と‘スターキングデリシャス’樹のリンゴ腐らん病の発病状況

堆肥施用量 (kg/10a)	発 病 度 ¹⁾								発 病 数 ²⁾							
	9/18/7	9/12	10/25	12/16	92/3/19	4/17	5/15	6/26	9/18/7	9/12	10/25	12/16	92/3/19	4/17	5/15	6/26
0	10	14	16	17	21	38	48	56	3.0	4.0	4.8	4.8	4.8	6.5	7.0	7.8
500	12	17	22	22	27	37	50	54	3.0	3.8	4.3	4.3	4.8	6.0	6.3	6.5
1,000	9	16	21	23	30	40	58	62	2.3	4.0	4.8	5.0	6.0	6.5	7.8	8.0
1,500	7	11	13	14	27	44	55	59	2.0	2.3	3.2	3.8	5.8	6.3	7.3	7.3

²⁾未発病に0、病斑長5mm未満に1、病斑長5mm以上に2、病斑が枝の周り半分以上拡大したものに3、病斑が枝を一周したものに4の指数を与え下記の式から算出した。

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{指数内に含まれる数} \times \text{指数})}{10 \times 4}$$

¹⁾10接種箇所数中の発病数。

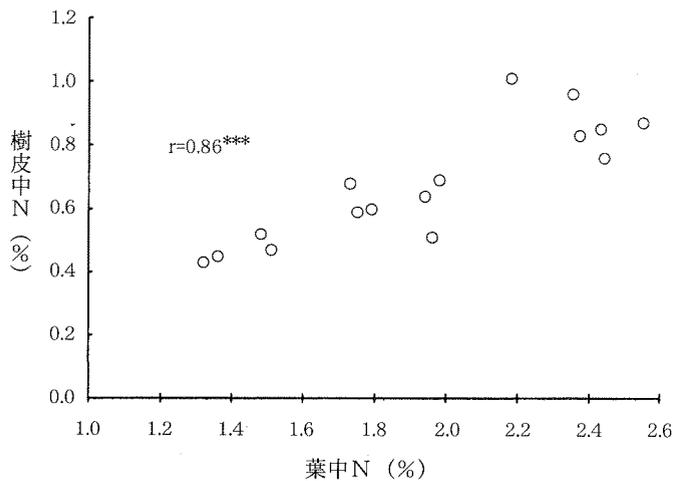
第125表 堆肥施用量と‘ふじ’樹のリンゴ腐らん病の発病状況

堆肥施用量 (kg/10a)	発 病 度 ¹⁾								発 病 数 ²⁾							
	9/18/7	9/12	10/25	12/16	92/3/19	4/17	5/15	6/26	9/18/7	9/12	10/25	12/16	92/3/19	4/17	5/15	6/26
0	5	6	7	8	15	29	36	41	1.0	1.3	1.8	2.0	4.3	5.0	5.0	6.3
500	5	8	8	8	11	11	14	17	1.3	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.3	2.3
1,000	4	5	6	7	12	16	25	26	1.0	1.3	1.5	2.0	3.0	3.3	3.5	3.5
1,500	3	6	5	7	10	11	14	19	1.0	1.3	1.3	2.0	2.3	2.3	2.3	2.5

²⁾未発病に0、病斑長5mm未満に1、病斑長5mm以上に2、病斑が枝の周り半分以上拡大したものに3、病斑が枝を一周したものに4の指数を与え下記の式から算出した。

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{指数内に含まれる数} \times \text{指数})}{10 \times 4}$$

¹⁾10接種箇所数中の発病数。



第16図 葉中と樹皮中の窒素含有率の関係

‘ふじ’の場合、接種翌年の3月以降、堆肥施用量間では差異がなかったが、堆肥施用区が無施用区に比べて発病度が低く、発病数も少なく推移した。

品種間では‘ふじ’が‘スターキングデリシャス’に比べて発病度が低く、発病数が少なかった。

2. 樹体栄養と発病

1) 窒素レベルと発病

(1) 方法

1990年4月に、350ℓ容(内径80cm)の大型コンクリートポットに栽植された15年生M.9A台‘ふじ’32樹を供試して、うち15樹に対しては1ポット当たり窒素成分で10g、残り17ポットには50gを施肥した。同年8月2日に新しう中央葉を採取し、葉中窒素含有率が低いものから高いものまで広範囲に分布するように16樹(窒素含有率1.70~2.87%)を選んだ。さらに1991年4月にはこれら16樹に対して1ポット当たり窒素成分で、窒素含有率の低いものには10g、中庸のものには20g、高いものには50gを施肥した。

1991年7月4日、これら16樹の2~3年枝に1樹当たり10箇所、∩字型の切込み(約1cm×1cm)を入れて柄胞子懸濁液(4.6×10⁷個/ml)を20μl滴下し、その後、2~4週間間隔で発病状況を調査した。しかし、9月28日未明からの台風19号の襲来により、供試樹の大部分が倒木あるいは折損し、調査継続不可能となったため、9月27日が最終調査となった。

発病度は前項の試験と同様な基準で算出した。

また、接種当年の樹体の窒素レベルを把握するため、新しう中央葉を8月1日と9月5日に、新しうを9月12日に採取して分析に供した。

なお、窒素成分の分析はケルダール法による。

(2) 結果

9月5日に採取した葉中窒素含有率と9月12日に採取

した新しうの樹皮中窒素含有率の関係は第16図に示すとおり、両者の間には高い相関関係(r=0.86***)があり、葉中窒素含有率が樹体の窒素レベルを現しているものと考えた。

発病は第126表に示すとおり、接種2週間後(7月18日)の調査で既に大部分の樹に認められ、葉中窒素含有率が低い樹ほど発病度が高く、発病数も多い傾向にあった。その後発病数は2週間、発病度は4週間の間に増加または高まる樹が多かったが、傾向は同じであった。

8月1日に採取した葉中窒素含有率と9月27日の最終調査日の発病度、発病数との関係を第17、18図に示したが、含有率が2.5%以上になると発病数が少なくなり、発病度も低くなった。

以上のことから、樹体の窒素レベルを一定以上に高めることによって、腐らん病に対する樹体抵抗力を発現できることが示唆された。

2) 水分ストレスと発病

(1) 方法

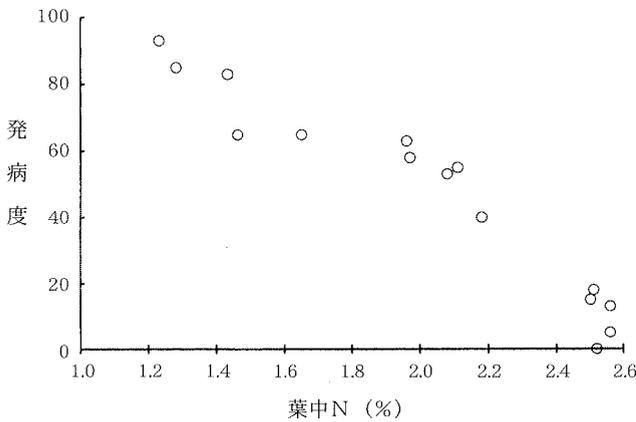
実験1: 場内ほ場に縦90cm、横120cm、深さ30cmの木枠を3枠埋めて土壌を充てんし、1990年4月に2年生M.26台‘ふじ’を1枠当たり12樹植え付けた。1990年と1991年の2か年、5月から10月まで、木枠の中央部、深さ15cmの位置にテンシオメーターの受感部を埋設し、土壌水分をそれぞれ多湿、中湿、少湿の3段階にコントロールした(第19図)。

1990年は樹体の水分ストレスを把握するため、7月から10月の間に5回、葉の水ポテンシャルを測定した。測定にはプレッシャーチャンバーを用い、日の出前に1処理区当たり3~10枚の新しう(側枝)中央葉を採取して測定に供した。

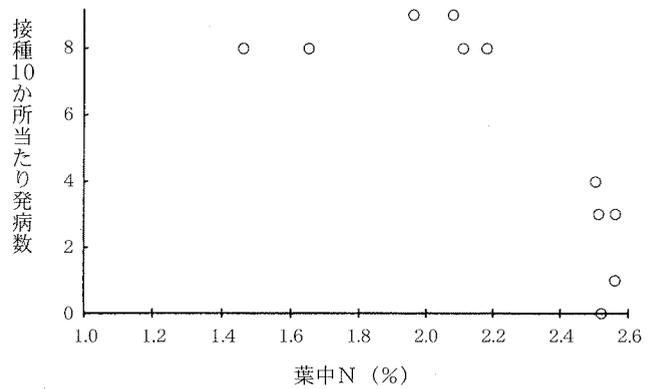
1990年7月2日、1樹当たり1か所、主幹の樹皮に切込みを(∩字型、1cm×1cm程度)入れ、柄胞子懸濁液(1.6×10⁷個/ml)を10μl接種して発病状況を調査した。

第126表 葉中窒素含有率とリンゴ腐らん病の発病状況

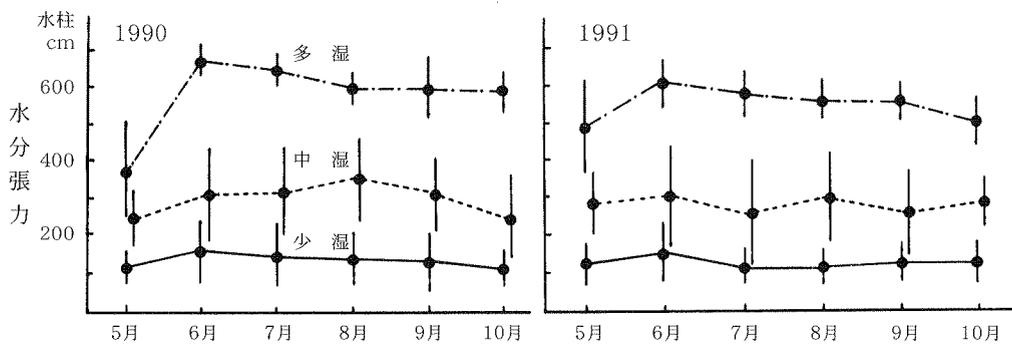
樹番号	葉中N (%)	発病度					発病数 (接種10か所当たり)				
		7月18日	8月1日	8月15日	8月29日	9月27日	7月18日	8月1日	8月15日	8月29日	9月27日
1	1.23	60	93	93	93	93	10	10	10	10	10
2	1.28	53	83	85	85	85	9	10	10	10	10
3	1.43	43	78	83	83	83	8	10	10	10	10
4	1.46	38	65	65	65	65	7	8	8	8	8
5	1.65	40	63	65	65	65	7	8	8	8	8
6	1.96	20	53	57	60	63	5	9	9	9	9
7	1.97	18	50	58	58	58	3	10	10	10	10
8	2.08	5	45	53	53	53	2	9	9	9	9
9	2.11	20	45	55	55	55	5	8	8	8	8
10	2.18	15	33	38	40	40	4	8	8	8	8
11	2.50	0	13	15	15	15	0	4	4	4	4
12	2.51	8	15	15	18	18	2	3	3	3	3
13	2.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2.56	10	10	10	13	13	3	3	3	3	3
15	2.56	0	5	5	5	5	0	1	1	1	1
16	2.58	15	18	18	18	18	4	4	4	4	4



第17図 葉中窒素含有率と発病度の関係



第18図 葉中窒素含有率と発病数の関係



第19図 各処理区の土壤水分 (平均値±標準偏差, 実験1)

実験2: 1991年10月14日, 'ふじ'の新しょうを採取してその中央部分を長さ15cmの切枝とし, 一端に焼傷をつけて柄胞子懸濁液(3.2×10^7 個/ml)を $10 \mu\text{l}$ 接種し, 切枝の基部を2週間蒸留水に浸す(A区), 前半の1週間は蒸留水に浸し, 後半の1週間は浸さない(B区), 前半の1週間は蒸留水に浸さず, 後半の1週間は浸す(C区)及

び2週間蒸留水に浸さない(D区)の4処理区を設けて2週間 25°C の湿室に保持した. 切枝の供試本数は1処理区当たり16~17本で, その半数を処理1週間後, 残りを処理2週間後の病斑長と樹皮水分測定用に供した.

(2) 結果

実験1: 各処理区の葉の水ポテンシャルは第127表に,

第127表 各処理区の葉の水ポテンシャル² (-MPa, 実験1)

処理区	測定月日 (1990年 月/日)				
	7/1	7/14	8/11	9/22	10/13
多 湿	0.11	0.13	0.15	0.32	0.33
中 湿	0.19	0.16	0.21	0.37	0.36
少 湿	0.29	0.25	0.22	0.41	0.40

² 1 処理区 3~10枚の新しょう中央葉を供試し、日の出前にプレッシャーチャンバー法で測定。

第128表 各処理区の発病状況 (実験1)

処理区	供 試 樹 数	発 病 樹 数		
		1990年 8月3日	1991年 4月4日	1992年 4月6日
多 湿	12	2	2	2 (17%)
中 湿	12	5	5	5 (42%)
少 湿	12	8	8	8 (67%)

発病状況は第128表に示した。

葉の水ポテンシャルは土壌水分を反映し、いずれの時期も多湿処理が最も高く、次いで中湿処理、少湿処理の順であった。切込み接種した場合の発病樹数は供試樹12本中多湿区2本、中湿区5本、少湿区8本と水分ストレスが強いほど多かった。

実験2:各処理区の樹皮水分含量を第129表に、病斑伸長量を第20図に示した。

切枝の一端を蒸留水に浸すことによって樹皮の水分含量は高まり、病斑の伸展が抑制された。後半の1週間だけ浸したC区はまったく浸さなかったD区との間に病斑長には大差がなかったが、処理2週間後の調査時に、病斑部と健全部との間に亀裂や隆起のある枝が多かった。

3) 窒素レベル及び水分ストレスと発病

(1) 方法

場内のコンクリート枠内に栽植されている16年生M.9A台‘ふじ’15樹を供試した。これらの中には1991年9月の台風19号により、倒れたり、傾いたりしたものが混在し、それぞれ樹勢が不揃いであった。これらを供試して樹体の窒素レベル及び水分ストレスと発病の関係を検討した。

1992年6月24日、供試樹の水分ストレスを把握するために、葉の水ポテンシャルを測定した。測定にはプレッシャーチャンバーを用い、1樹当たり3~4枚の新しょう中央葉を供試した。測定は13時05分から14時15分の間に行ったので、ほぼφ minを示しているものと考えられる。樹体の窒素レベルは8月6日に新しょう中央葉を1樹当たり10枚採取し、ケルダール法で葉中窒素含量を測定して求めた。

1992年7月4日、これら15樹の3~4年生枝に1樹当たり10か所の切込み(∩字型、約1cm×1cm)を入れて柄胞子懸濁液(2.94×10⁷個/ml)を10μl滴下し、発病

第129表 各処理区の樹皮水分 (実験2)

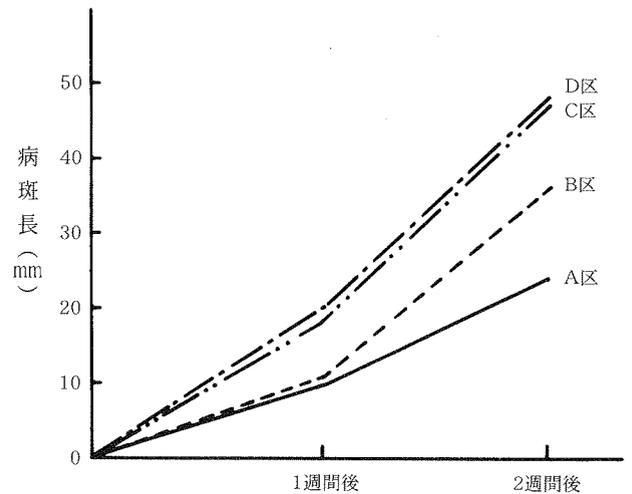
処 理 ²	水分含量 (生体中重当たり%)		
	処理前	処理1週間後	処理2週間後
A 区	52.5	56.8	57.4
B 区	52.1	54.9	55.9
C 区	52.9	53.6	57.6
D 区	52.7	53.0	53.9

²A区: 切枝の基部を2週間蒸留水に浸す。

B区: 前半の1週間は浸し、後半の1週間は浸さない。

C区: 前半の1週間は浸さず、後半の1週間は浸す。

D区: 2週間浸さない。



第20図 各処理区の病斑伸長量 (実験2)

度並びに発病数を約2週間から1か月間隔で調査した。発病度は前項試験1, 2) 堆肥施用量と腐らん病の発生で示した方法と同様に調査した。

最終調査日の12月11日の発病度と1樹当たり発病数をそれぞれ目的変数とし、葉中窒素含量、葉の水ポテンシャルを説明変数として重回帰分析を行った。

(2) 結果

重回帰分析結果は第131表に示すとおりである。

発病度 (Y) と葉中窒素含量 (X₁) 及び葉の水ポテンシャル (X₂) との間には重回帰式 $Y = -49.9X_1 - 53.3X_2 + 54.4$, 重相関係数 $R = 0.747$ が得られ、分散比 $F_0 = 7.58 > 6.93 = F(2, 12; 0.01)$ と1%水準で有意であった。標準回帰係数はX₁が-0.975, X₂が-0.795で、葉中窒素含量が葉の水ポテンシャルに比べて発病度に及ぼす影響が幾分か大きかった。

1樹当たりの発病数 (Y) と葉中窒素含量 (X₁) 及び葉の水ポテンシャル (X₂) との間には重回帰式 $Y = -9.07X_1 - 11.5X_2 + 7.46$, 重相関係数 $R = 0.757$ が得られ、分散比 $F_0 = 8.05 > 6.93 = F(2, 12; 0.01)$ と1%水準で有意であった。

以上の結果から、樹体の窒素レベルが低く、水分ストレスが強いほど発病数が多く、その被害程度も大きいと

第130表 基礎統計量^z

変 数	平 均	分 散	標準偏差	最小値	最大値
発 病 度 (Y)	14.400	123.400	11.109	0.00	30.00
1 樹当たり発病数 (Y)	2.800	4.457	2.111	0.00	6.00
葉中N% (X ₁)	2.355	0.047	0.217	1.97	2.66
水ポテンシャルMPa (X ₂)	-1.454	0.028	0.166	-1.73	-1.23

^zデータの組数=15第131表 重回帰分析結果^z

項 目	発 病 度	1 樹当たり発病数
重回帰係数 R	0.747	0.757
分散比 F ₀	7.58**	8.06**
X ₁ の回帰係数	-49.9	-0.907
X ₂ の回帰係数	-53.3	-11.5
定数項	54.4	7.46
X ₁ の標準回帰係数	-0.975	-0.934
X ₂ の標準回帰係数	-0.795	-0.903

^z**は1%水準。

考えられた。

3. 考 察

筆者らは、本県の腐らん病発生率が34.1%と高い1989年に、腐らん病の発生がほとんどみられない優良園を調査した。その結果、調査11園地中8園地で樹勢の維持増強を図って腐らん病に罹らないようにするために堆肥を施用していた(加藤, 1990)。そこで、堆肥施用が腐らん病発生を軽減し得るか否かを確認する意味で、黒石ほ場、藤崎ほ場の堆肥施用量の把握のための試験ほ場について本病の発生状況を調査した。その結果、1979年から11年間堆肥を連用してきた堆肥施用区の腐らん病発生樹率は両ほ場とも無施用区に比べて低かった。また、これらほ場での接種試験においても、‘スターキングデリシャス’の場合は明確でなかったが、‘ふじ’の場合は堆肥施用区が無施用区に比べて発病度、発病数とも低い結果が得られた。堆肥施用による微量要素を含めた養分供給が直接関与しているのか、あるいは島(1931)が指摘するように樹勢が関与しているのか、その発病抑制機構は明らかではないが、いずれにしても、堆肥の連用によって発病が抑制されるものと考えられ、水野(1984)も肥培管理の違いと腐らん病の発生について試験し、堆肥連用区の発生が少ないことを報告している。

品種間の本病に対する罹病性については、‘スターキングデリシャス’が罹病し易いことを生産現場でよく耳にする。本試験においても、黒石ほ場の堆肥施用区、無施用区の発病樹率が‘ふじ’に比べて‘スターキングデリシャス’が高く、接種試験においても‘ふじ’に比べて‘スターキングデリシャス’の発病度が高く、発病数も

多かった。これらのことから‘スターキングデリシャス’が‘ふじ’に比べて本病に対する抵抗性が弱いものと判断され、このことがまた接種による試験の場合、スターキングデリシャスで堆肥施用、無施用間に差異が現れなかった理由と考えられる。

樹勢という表現は感覚的な面があることから、樹体の成分組成の中で樹勢を最も反映していると考えられる窒素成分を取り上げ、樹体の窒素レベルと発病との関係を検討した。樹体の窒素レベルとして葉中の窒素含量を取り上げたが、葉は試料の採取にあたって供試樹に与える悪影響がほとんどなく、試料の調製も容易なためであるが、本実験で示したように、葉中の窒素含量と樹皮中のそれとの間には非常に高い相関関係($r=0.86^{***}$)があり、葉中窒素含量が樹体の窒素レベルを代表し得ること示している。

本実験の結果、夏期の葉中窒素含量が2.5%以上になると、発病数が少なくなり、発病度も低かった。

イネいもち病に代表されるように、一般に作物に窒素質肥料を多く施用し過ぎると激しく発病する。その原因は窒素多用により、病原菌の栄養源として好適な遊離のアミノ酸が作物体内に増加するためと言われている(都丸ら, 1992)。しかし、これに対して、奥(1982)は数種の事例などから、植物の体内成分が病原菌の栄養物質として好適か否かが抵抗性を決定する主因であるとは考えられないとし、窒素多肥による植物の罹病性化の原因は植物の徒長、軟弱化による侵入抵抗の低下、原形質の代謝機能の変化に基づく動的な抵抗反応の低下などが複合的に現れたものとみるのが妥当としている。

リンゴについて、鷲尾ら(1977)は窒素施肥量を増や

すことによりリンゴ腐らん病の発生が多くなることを報告しており、多収を重視した多肥が、枝の徒長を招き、耐凍性を低下させ、凍寒害による侵入門戸を増加させたことが多発生の要因であると考察している。

最近の施肥の動向をみると、多収重点のリンゴ生産から品質重点に移り、窒素施用量も一時の10a当たり窒素成分30kg以上から、最近は10数kgに減肥されている(山谷, 1996)。葉中窒素含量も当時の3%以上から、現在は2.5%以下まで低下していることが多い。

窒素施肥量とリンゴ腐らん病の発生について、水野(1984)は窒素施肥量を減らした試験区の発生が多いことを報告している。また、岩谷(1994)は5年生マルバカイドウ台‘ふじ’を用いて接種試験を行い、肥料の種類と施肥時期の違いによる腐らん病の発病について検討した。この結果、無機質肥料に比べて有機質肥料が、4月施肥に比べて9月施肥が夏期の葉中窒素含量が低く、発病度、発病率が高く、発病率と接種時期の葉中窒素含量との間に非常に高い負の相関関係を得ている。

田村(1984)は腐らん病の病斑伸展に対する樹体の物理的防壁として、細胞壁のリグニン化を観察しているが、このリグニンは芳香族アミノ酸であるフェニルアラニンやチロシンを前駆物質としている(増田, 1989)。樹体の窒素レベルが樹勢を反映しているだけなのか、このリグニンの生合成に関与しているのかは明らかでないが、本病に対する樹体抵抗力強化のためには、徒長、軟弱化を招かない範囲で、樹体の窒素レベルを高めるような管理が必要と考える。

水分ストレスとリンゴ腐らん病の発生について実験を行ったところ、水分ストレスが強いほど発病率が高まり、また樹皮の水分含量を高めると病斑の伸展が抑制された。

このことに関して、田村(1984)は樹皮水分の少ない休眠期のリンゴ切枝を吸水させると抵抗性になり、逆に水分の多い生育期の切枝を乾燥させると罹病性になること、鉢植えの2年生‘スターキングデリシャス’の接種病斑の伸展が、多湿区、標準区に比べて乾燥区が速いことなど、本実験と類似の結果を得ている。また、ポプラの胴枯病で、その病斑の伸展が新しょうの水分含量や土壌水分含量が高いと抑制されること(Bloomberg, 1962)、ポプラ切枝に焼傷を付けた場合、その周辺組織のタンニン生成細胞の増加や細胞壁のリグニン化が水分処理によって影響され、焼傷に接種した病斑の伸展も、

これら細胞数によって反比例的に変化することが報告されている(Bloomberg and Farris, 1963)。リンゴ腐らん病の場合も樹皮水分の高まりによって木栓組織の形成が旺盛になり、病斑の伸展に対する抵抗性が増加するものと考えられる。したがって、樹冠下へのマルチやかん水など、樹体に水分ストレスを与えないような管理も腐らん病防除上重要と考える。

4. 摘 要

リンゴ腐らん病の発生は古くから樹勢との関係が深いとされていることから、発病し難い樹体作りのための土壌管理法を探る一助として、堆肥施用と本病の発生、樹勢との関連が深い樹体の窒素レベルや水分ストレスとの関係について検討した。

1) 場内の堆肥施用(11年間連用)区と無施用区の腐らん病発生状況を調査したところ、堆肥施用区の発病樹率が無施用区のそれに比べて低かった。2、3年枝への切込み接種試験でも、‘スターキングデリシャス’では差異が明確でなかったが、‘ふじ’では堆肥施用区が無施用区より発病度、発病数とも低かった。また、腐らん病の発生状況、接種試験による発病度、発生数から、‘スターキングデリシャス’は‘ふじ’よりも罹病性であると考えられた。

2) 樹体成分の中で樹勢との関連が最も深い窒素レベルと発病との関係を検討するため、葉中窒素含量の異なる樹の枝に柄胞子懸濁液を切込み接種したところ、夏期の葉中窒素含量が2.5%以上になると、発病数が少なくなり、発病度も低下した。

3) 土壌水分を3段階に処理して水分ストレスの異なる樹(2年生‘ふじ’/M.26)をつくり、これらに柄胞子懸濁液を切込み接種した結果、水分ストレスが強いほど発病樹数が多かった。また、新しょう中央部の切枝の先端に焼傷をつけて柄胞子懸濁液を接種し、切枝の基部を蒸留水に浸したり、浸さなかったりして樹皮の水分含量に高低をつけた。その結果、樹皮の水分含量が高まると、病斑の伸展が抑制された。

4) それぞれ樹勢の異なる樹(16年生‘ふじ’/M.26)の枝に切込み接種し、発病度と1樹当たり発病数を目的変数、葉中窒素含量、葉の水ポテンシャルを説明変数として重回帰分析を行った結果、樹体の窒素レベルが低く、水分ストレスが強いほど発病数も多く、その被害程度も強いと判断された。

VIII 総 括

わい性台リンゴ樹はマルバカイドウ台を使用したリンゴ樹に比べて根群の分布が浅いことから、地表面管理の影響を受けやすいものと考えられる。そこで、1974年以降、わい性台リンゴ樹の土壌管理法に関する一連の研究

を実施してきた。本報告はこれらに土壌環境や土壌管理の観点から検討したリンゴ紋羽病及びリンゴ腐らん病に関する研究も含めてとりまとめたものである。

研究結果を総括すると下記のとおりである。

1. 被覆作物の特性把握

1) 産草量は背丈の高いメドウフェスクやチモシーが多く、クローバー類が少なかった。

2) 耐陰性はベントグラスやケンタッキーブルーグラス、耐踏性はレッドトップ、白クローバーが強い結果が得られた。しかし、これらの耐性が弱い結果の得られたペレニアルライグラスにおいても、ほ場条件下では特に問題がなかった。

3) いずれの被覆作物も土壌の有機物含量を増加させ、全炭素、全窒素及び可給態窒素含量が増加した。また、微生物活性の指標として測定した炭酸ガス発生作用も高まったが、草種間ではラジノクローバーが高く、ケンタッキーブルーグラスが低かった。

4) リンゴ樹との養水分競合の面から被覆作物について検討した結果、窒素養分競合はクローバー類が少なく、水分競合の面では白クローバー、ベントグラスが有利であった。

2. 樹冠下草生法の検討

1) MM. 106, MM. 102, M. 26 及び M. 9A 台‘ふじ’を供試して、被覆作物の種類や樹冠下へ被覆作物を導入する時期(栽植後の年数)を考慮することによって、樹冠下草生の可能性を検討した。

2) 幹の肥大はいずれの台樹でも栽植5年後であれば、ベントグラスやラジノクローバーを樹冠下へ導入しても影響がないものと考えられた。せん去枝重量は各台樹とも栽植5年後の導入でも減少したが、M. 9A 台樹にラジノクローバーを導入し、これにかん水を組み合わせた場合は影響が消失した。

3) 樹の大きさは栽植5年後の導入でも台木の種類によっては多少影響がみられたが、M. 9A 台樹の例から、かん水によってその影響は消失するものと考えられた。

4) 1 樹当たり収量は栽植5年後でもペレニアルライグラスでは低下したが、ベントグラスあるいはラジノクローバーの導入では M. 9A 台樹を除いて収量低下はなかった。ラジノクローバー導入で低下した M. 9A 台樹も、かん水を組み合わせた場合は収量の低下がみられなかった。

5) 樹冠下草生による果実肥大への影響は M. 9A 台樹以外の台樹では少なかった。M. 9A 台樹では栽植5年後のラジノクローバー導入によって果実肥大が抑制された調査年が多かったが、かん水によって肥大抑制が解消された。

6) 葉中窒素含有率は栽植5年後に被覆作物導入した場合、台木の種類や被覆作物の種類によっては含有率が低下したが、その影響は導入後2～5年間だけであった。しかも、ラジノクローバーによる樹冠下草生にかん水を組み合わせた M. 9A 台樹の場合、導入1年目からほとんど影響がなかった。リン含有率は栽植2年後にベ

ントグラスを導入することによって、1, 2年は異常に高まった。しかし、その後は次第に低下した。カリ含有率はペレニアルライグラスの導入によって低下する傾向があった。

7) 樹冠下草生によってリンゴ樹の生育阻害が懸念される土壌水分張力の日数が増加したが、短身型のベントグラスではその影響が深さ30 cm までの表層に限定された。

8) 現地わい化成木園において樹冠下へラジノクローバーを導入したが、その悪影響はみられなかった。

3. 堆肥施用量の把握

1) リンゴ園土壌の有機物含量が減少傾向を示していることから、積極的に地力向上を図る上での堆肥施用量を把握するため、M. 26 台‘ふじ’を対象に、火山灰土壌の黒石ほ場と沖積土壌の藤崎ほ場において、堆肥施用量が生育、収量やリンゴ園土壌等に及ぼす影響を検討した。

2) 10a 当たり窒素成分10 kg の施肥条件下で堆肥を連用したが、生育量に対する影響はほとんどみられなかった。また、収量、果実肥大及び果実品質に対しても、黒石ほ場で1 樹当たり累積収量が0 kg 区、500 kg 区に比べて1,000 kg 区及び1,500 kg 区が多かった以外、堆肥施用による影響はほとんどなかった。

3) 堆肥施用量と葉中無機成分含量の関係では、その影響が明瞭にみられたのは黒石ほ場のカリ含有率で、堆肥施用量が多いほど高まった。

4) 両ほ場とも、堆肥施用量に応じて土壌中の全炭素、全窒素、可給態窒素、陽イオン交換容量、交換性陽イオン及び有効態リン酸が多くなる傾向にあり、特に表層0～10 cm 部位で顕著であった。

5) 両ほ場とも、堆肥を10a 当たり1,000 kg 以上を樹冠下に毎年施用することによって、土壌中の有機物含量は年々増加する傾向にあった。

6) 8年間堆肥連用した土壌の窒素無機化量は堆肥施用量が多いほど多い傾向にあり、10a・深さ60 cm 当たりの窒素無機化量は堆肥1 トン当たりに換算すると4～6 kg であった。

7) ポリエチレンバック法による土壌窒素発現量と施肥前に採土して測定した可給態窒素量との間には0.9以上の非常に高い相関係数が得られた。

4. 敷草の種類と施肥法の検討

1) 敷草は腐朽・分解する過程で養分を放出し、緑肥効果が期待されることから、敷草の分解性を検討するとともに、火山灰土壌の黒石ほ場、沖積土壌の藤崎ほ場において、草生の刈草成分含有量や、敷草の種類と施肥量がわい性台リンゴ樹の生育収量並びに土壌の化学性に及ぼす影響について検討した。

2) 敷草処理1年5か月後の乾物減少率からみた敷草

の分解性は、ラジノクローバーが最も高く、次いでチモシー＝メドウフェスク＝ベントグラス、最も低かったのはケンタッキーブルーグラスであった。各草種とも敷草後2か月の間に急速に分解し、その後の分解は緩慢であった。

3) 敷草中窒素の無機化率はマメ科牧草のラジノクローバーが高く、イネ科のベントグラス、チモシーはほぼ同程度の無機化率で、ラジノクローバーより低かった。敷草中窒素の無機化率も急激な無機化がみられたのは処理2か月間程度で、その後の無機化率は緩慢であった。

4) 刈草に含まれる窒素養分量はマメ科牧草のラジノクローバーがイネ科牧草のベントグラス、チモシー、ペレニアルライグラスより高く、また、各草種とも施肥量が多いほど多かった。1m²当たりの刈草に含まれる窒素養分の年間合計量は無肥料(N₀)でも、ラジノクローバーが18～22g、ベントグラスが10g、ペレニアルライグラスが8gであった。

5) 敷草の種類並びに施肥量と生育量との関係は敷草の種類間では明らかでなかったが、施肥量間では樹間3m植え(藤崎ほ場)の場合、施肥量が多いほど累積せん去枝重量が多かった。

6) 敷草の種類並びに施肥量と収量との関係は敷草の種類間では明らかでなかったが、施肥量間では樹間3m植え(藤崎ほ場)の場合、無肥料区に比べて10a当たり窒素5kg及び10kg施用区の収量が高く、本ほ場での‘ふじ’/M.26の適正窒素施用量は5kg/10a程度と推定された。

7) 敷草の種類並びに施肥量と果実肥大の関係は黒石ほ場では無肥料区に比べて、10a当たり窒素5kg及び10kg施用区の肥大が勝り、藤崎ほ場の樹間3m植えでは無施用(清耕)区に比べて敷草処理区の果実肥大が勝った。

8) 葉中窒素含有率は両ほ場とも施肥量が多いほど高く、藤崎ほ場の場合は敷草処理によっても高まり、特にマメ科牧草のラジノクローバーで顕著であった。葉中リン含有率は窒素含有率と相反的な関係があり、両ほ場とも施肥量が多いほど低く、藤崎ほ場では敷草処理区で低く、特にラジノクローバー敷草区で低かった。葉中カリ含有率は黒石ほ場の場合、敷草処理で高まる傾向にあり、特にペレニアルライグラスで高かった。施肥量間では試験後半で施用量が多いほど高かった。藤崎ほ場の場合はラジノクローバー敷草区が低く、施肥量が多いほど低い傾向にあったが、マグネシウムとの拮抗作用によるものと推定された。

9) 時期別の土壌無機態窒素含量は、黒石ほ場の場合、無肥料区では時期による含量差が少なかったが、施肥区では施肥後の生育前期で高く、その後次第に低下し

た。敷草の種類間ではラジノクローバーとペレニアルライグラスが生育後期において無施用(清耕)より高い傾向にあった。施肥量間では無肥料区に比べて施肥区がラジノクローバー敷草区で10月まで、その他の処理区も7月までは高い含量で経過した。藤崎ほ場の場合、ラジノクローバー敷草区以外は施肥後の生育初期で高く、その後次第に低下したが、ラジノクローバー敷草区は生育時期が進むにつれて高まる傾向にあった。敷草の種類間では無施用(清耕)に比べて敷草処理が生育後期の含量が高い傾向で、特にラジノクローバーで顕著であった。施肥量間では無施用区とベントグラス敷草区は5月から6月まで、ペレニアルライグラス敷草区では9月まで、ラジノクローバー敷草区では10月まで、無肥料区に比べて施肥区で高かった。

10) 敷草の種類と土壌の化学性の関係を見ると、両ほ場とも表層(深さ0～10cm)の全炭素、全窒素及び可給態窒素含量が敷草によって高まり、可給態窒素含量はラジノクローバーが他の草種に比べて高かった。交換性陽イオンの中で敷草処理による影響が顕著にみられたのはカリで、両ほ場とも中層の深さ20～30cmまで、敷草区の含量が高かった。有効態リン酸含量も両ほ場で敷草処理によって高まり、特に黒石ほ場のベントグラス敷草ではその影響が下層(深さ40～50cm)まで及んだ。

5. 土壌環境とリンゴ紋羽病の発生

1) リンゴ紋羽病の発生は土壌の種類によって異なり、黒色火山灰土壌では発生するが、埴質沖積土壌では全く発生しないことから、土壌管理法や土壌水分、土壌容気量など土壌環境とリンゴ紋羽病、特に白紋羽病の発生や白紋羽病菌の生育について検討した。

2) 土壌管理法との関係では、白紋羽病は清耕状態に維持しながらかん水を組み合わせた区で少なく、紫紋羽病は処理開始年に堆肥マルチし、翌年から稲わらを毎年マルチした区で発生がなかった。また、清耕状態に維持しながらかん水を組み合わせた区では紋羽病による枯死樹がなかった。しかし、これらはいずれも統計的な有意差はみられなかった。

3) 土壌水分条件との関係は、切枝接種試験では土壌水分が多いほど白紋羽病菌の伸展が少なかったが、苗木接種試験では逆に土壌水分が多いほど白紋羽病による枯死樹が多く、一定の傾向がなかった。

4) 紋羽病少発生土壌と多発生土壌の孔隙量と孔隙径を比較した結果、全孔隙量は両土壌間に差異がなかったが、少発生土壌は多発生土壌に比較して、孔隙径75μmを越える大きな孔隙が少なく、それ以下の小さな孔隙が多く分布していた。

5) 土壌を鎮圧したり、ベントナイトを混入して容気量を変え、切枝や苗木を用いて白紋羽病菌の生育や罹病性について検討した結果、容気量が少なくなると、白紋

羽病菌の生育が著しく抑制され、白紋羽病による枯死も少なくなった。このことから白紋羽病の発生には土壤の容気量が関与しているものと考えられ、容気量を10%台に低下させることによって、白紋羽病菌の生育を著しく抑制できると判断した。

6) 土壤の容気量の減少は酸素濃度の低下を招くことから、酸素濃度と白紋羽病菌の生育について検討した結果、酸素濃度が低いほど菌糸の伸長が劣り、特に酸素濃度10%未満では白紋羽病菌の伸展が急激に低下した。

6. 土壤管理並びに樹体栄養とリンゴ腐らん病の発生

1) リンゴ腐らん病の発生は古くから樹勢との関係が深いとされていることから、発病し難い樹体作りのための土壤管理法を探る一助として、堆肥施用と本病の発生、樹勢との関連が深い樹体の窒素レベルや水分ストレスとの関係について検討した。

2) 場内の堆肥施用(11年間連用)区と無施用区の腐らん病発生状況を調査したところ、堆肥施用区の発病樹率が無施用区のそれに比べて低かった。2、3年枝への切込み接種試験でも、‘スターキングデリシャス’では差異が明確でなかったが、‘ふじ’では堆肥施用区が無施用区より発病度、発病数とも低かった。また、腐らん病の発生状況、接種試験による発病度、発生数から、‘ス

ターキングデリシャス’は‘ふじ’よりも罹病性であると考えられた。

3) 樹体成分の中で樹勢との関連が最も深い窒素レベルと発病との関係を検討するため、葉中窒素含量の異なる樹の枝に柄孢子懸濁液を切込み接種したところ、夏期の葉中窒素含量が2.5%以上になると、発病数が少なくなり、発病度も低下した。

4) 土壤水分を3段階に処理して水分ストレスの異なる樹(2年生‘ふじ’/M.26)をつくり、これらに柄孢子懸濁液を切込み接種した結果、水分ストレスが強いほど発病樹数が多かった。また、新しう中央部の切枝の先端に焼傷をつけて柄孢子懸濁液を接種し、切枝の基部を蒸留水に浸したり、浸さなかったりして樹皮の水分含量に高低をつけた。その結果、樹皮の水分含量が高まると、病斑の伸展が抑制された。

5) それぞれ樹勢の異なる樹(16年生‘ふじ’/M.26)の枝に切込み接種し、発病度と1樹当たり発病数を目的変数、葉中窒素含量、葉の水ポテンシャルを説明変数として重回帰分析を行った結果、樹体の窒素レベルが低く、水分ストレスが強いほど発病数が多く、その被害程度も強いと判断された。

引用文献

- 荒木 隆. 1967. 紫紋羽病, 白紋羽病の発生と土壤条件. 農技研報. C21: 1-109.
- 青森県りんご試験場. 1981. IV 土壤管理. p. 462-463. 青森県りんご試験場50年史.
- 青森県りんご試験場. 1981. XIX 栄養生理. p. 599-604. 青森県りんご試験場50年史.
- Bloomberg, W. J. 1962. Cytospora canker of poplars: Factors influencing the development of the disease. Can. J. Botany. 40: 1271-1280.
- Bloomberg, W. J. and S. H. Farris. 1963. Cytospora canker of poplars: Bark wounding in relation to canker development. Can. J. Botany. 41: 303-310.
- 福島千男. 1998. リンゴ紫紋羽病と白紋羽病の発生環境と防除に関する研究. 青森りんご試報. 30: 1-112.
- Goode, J. E. and G. C. White. 1957. Soil management effects on a number of chemical and physical properties of the soil. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1957. p. 113-121.
- Greenham, D. W. P. and G. C. White. 1965. Effect of sward composition on growth and cropping of apples. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1965. p. 135-141.
- 波多江久吉. 1972. 過ぎ去った百年と新しい百年. p. 183-189. りんごの育種とわい化栽培. 青森県りんご育種同好会.
- 箱石 正. 1972. 土壤の孔隙. p. 83-90. 土壤の物理性測定法. 養賢堂. 東京.
- 広瀬春朗. 1973. 各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について. 土肥誌. 44: 157-163.
- 橋本秀教. 1977. 有機物施用の理論と応用. p. 13-26. 農文協. 東京.
- Haynes, R. J. 1981. Soil pH decrease in the herbicide strip of grassed-down orchards. Soil Si. 132: 274-278.
- 板倉 勉・白木靖美. 1961. 果樹園土壤管理法に関する研究. 第1報. 土壤および供試樹における数種の窒素要因ならびに生長収量について. 農技研報. E9: 215-249.
- 板倉 勉・白木靖美. 1962. 果樹園土壤管理法に関する研究. 第2報. 土壤および供試樹体内のカリ, カルシウム, マグネシウム, マンガン含量に及ぼす影響. 園試報. A1: 1-36.
- 板倉 勉・白木靖美. 1963. 果樹園土壤管理法に関する研究. 第3報. 土壤および供試樹体内のりん酸含量に及ぼす影響. 園試報. A2: 1-14.
- 板倉 勉・関谷宏三・志村 勲. 1965. 果樹園土壤管理法に関する研究. 第5報. ナシ幼木に対する草生被覆の競合影響について. 園試報. A4: 1-17.
- 井出嘉光. 1976. 水田における有機物の集積と分解. 土肥誌. 46: 251-259.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1984. 有機物がエチレンの発生とブドウの生育に及ぼす影響. 園学雑. 53: 157-167.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1984. 有機物から発生するエチレンがカンキツ樹の生長に及ぼす影響. 園学雑. 53: 320-330.
- 伊藤明治・武藤和夫・能瀬拓夫・桜井一男. 1984. 土壤の違いがリンゴわい性樹の生育, 収量及び養分吸収に及ぼす影響. 岩手園試研報. 5: 25-45.
- 岩本数人・中路正紹・高橋祐子. 1985. ウンシュウミカン園における厩肥の施用効果と問題点. 農および園. 60: 1395-1402.
- 岩谷 齊. 1994. 肥料の種類並びに施肥時期とリンゴ腐らん病の発生. 北日本病虫研報. 45: 126-128.
- 蝦名春三. 1999. 土壤耕起深度, ベントナイト施用の有無及び堆肥施用量の違いとリンゴ紋羽病の発生. 園学要旨. 平11東北支部: 1-2.
- 小林裕志. 1976. 牧草根の土壤把握作用. 土壤の物理性. 34: 2-7.
- 小林裕志・山根一郎. 1976. 草地土壤の耐水性団粒の形成と土壤多糖類. 日草誌. 22(3): 196-200.
- 小林裕志. 1980. 土壤の団粒形成に及ぼす作物根の影響. 土壤の物理性. 42: 26-32.
- 笠原敏夫・渡辺信吾. 1982. 砂丘地におけるモモ園の草生栽培に関する研究. 第2報. 土壤の理化学性に及ぼす影響. 新潟園試研報. 11: 1-13.
- 近藤 悟・水野 昇・高橋佑治. 1987. リンゴ「ふじ」の収量, 品質に及ぼす施肥及び各種管理の影響. 秋田果樹試研報. 18: 23-33.
- 北口美代子・吉岡四郎. 1988. ナシ園への草生栽培の導入に関する研究. 第1報. 火山灰土ナシ園における草種の選択. 千葉農試研報. 29: 81-92.
- 北口美代子・吉岡四郎. 1989. ナシ園への草生栽培の導入に関する研究. 第2報. 火山灰土ナシ園の土壤養水分に及ぼ

- す草生の影響. 千葉農試研報. 30: 9-20.
- 加藤 正. 1983. リンゴ園における被覆作物根の季節的消長. 東北農業研究. 33: 209-210.
- 加藤 正. 1990. 腐らん病克服園の防除法と樹体及び肥培管理. 青森県りんご試験場第10回公開試験成果発表会要旨 (平成2年2月): 1-4.
- 加藤 正. 1991. 土壤容気量とリンゴ白紋羽病菌の生育. 園学要旨. 平3東北支部: 25-26.
- 加藤 正. 1992. リンゴ腐らん病の発生に及ぼす水ストレスの影響. 園学要旨. 平4東北支部: 19-20.
- 加藤 正. 1996. リンゴ腐らん病の発生に及ぼす樹体窒素レベルの影響. 園学要旨. 平8東北支部: 29-30.
- 加藤公道・寿松木章・福元将志・駒村研三・佐藤雄夫・鈴木継明・小松喜代松・松本 登. 1999. リンゴ園における窒素施肥に関する研究. 第1報. 窒素施用量. 福島果樹試研報. 17: 33-67.
- 駒村研三・壽松木 章・福元将志・加藤公道・佐藤雄夫. 2000. リンゴ園における長期窒素施肥の生育, 収量および果実品質に及ぼす影響. 園学雑. 69: 617-623.
- 鎌倉二郎. 2000. 農耕地土壌の実態と土壌改良. 平成11年度農業関係試験研究成果発表会資料 (青森県農業研究推進センター): 13-18.
- 町田以信男・望月武雄・花田慧. 1955. りんご紋羽病の発生と土壌状態との関係について (第1報). 土肥誌. 26: 305-308.
- 町田以信男・望月武雄・花田慧. 1956. りんご紋羽病の発生と土壌状態との関係について (第2報). 土肥誌. 27: 180-184.
- 森田修二. 1970. 改著土壌学汎論. p. 187. 養賢堂. 東京.
- 三井進午. 1978. 最新土壌・肥料・植物栄養事典. p. 110. 博友社. 東京.
- 松井巖・佐々木高・村井 隆・佐々木美佐子. 1984. リンゴわい性台木の土壌適応性に関する研究. 第4報 M. 26 わい性樹の生育, 収量と土壌の理化学性との関係. 秋田果試研報. 5: 27-45.
- 水野 昇. 1984. リンゴ腐らん病を中心とする胴枯性病害の発生生態の解明と防除技術の確立. 農林水産技術会議研究成果. 162: 111-114.
- 増田芳雄. 1989. 植物生理学. p. 258-259. 培風館. 東京.
- 武藤和夫. 2000. 土壌のちがいと施肥法. p. 641-649. 果樹園芸大百科2. リンゴ. 農文協. 東京.
- 成田春蔵・加藤 正・岩谷 斉・桜田 哲・相馬盛雄. 1980. リンゴ園における酸性土壌の改良並びに酸性化防止に関する研究. 青森りんご試報. 18: 43-81.
- 成田春蔵・加藤 正・桜田 哲・今 智之. 1987. リンゴ紋羽病の発生と土壌の種類並びに土壌物理性. 東北農業研究. 40: 275-276.
- 小畑 仁・関谷宏三・鴨田福也. 1976. 果樹園土壌管理方式と土壌水分に関する研究. 第2報. 土壌管理方式とモモ園の水分消費特性. 果樹試報. A3: 43-52.
- 奥 八郎. 1982. 植物病原微生物・ウイルスの制御と管理. p. 77-78. 学会出版センター. 東京.
- 島 善鄰. 1931. 実験リンゴの研究. p. 303-308. 養賢堂. 東京.
- 島 善鄰. 1931. 実験リンゴの研究. p. 329. 養賢堂. 東京.
- Shaw, J. K. 1943. Hay mulches in apple orchards. Proc. Soc. Hort. Sci. 42: 30-32.
- 定盛昌助・石塚昭吾・村上兵衛・降幡広一. 1955. 果樹園の草生栽培に関する研究. 第2報. 草生に於ける土壌水分並びに有効態窒素の減少と刈取回数及び草種の関係. 園学雑. 24: 33-40.
- 渋川潤一. 1962. りんご園土壌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: 1-100.
- 坂本辰馬・奥地 進・円木忠志・船上和喜. 1965. 温州ミカンにおける各種の土壌管理法の10年間の比較. 園学雑. 34: 277-285.
- 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. 福島果樹試研報. 8: 1-16.
- 桜田 哲・岩谷 斉・成田春蔵・加藤 正. 1981. 稲わら等の利用によるリンゴ園の生産力向上技術の確立 一 堆肥連用園における欠木率の実態並びに土壌要因一. 東北農業研究. 29: 185-186.
- 菅原富雄・横山達平・佐藤幸平・千坂知行・川原田忠信. 1982. わい性台リンゴ樹の新植法. 第1報. 土壌管理法と生育・収量の関係. 宮城園試報. 4: 1-16.
- 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. 福島果樹試研報. 10: 23-33.

- 坂本康純・蝦名春三・山谷秀明. 2000. わい性台りんご樹の生育に及ぼす土壌の理化学性の影響. 東北農業研究. 53: 141-142.
- 千葉 勉・鈴木勝征・関谷宏三・青葉幸二・志村 勲・萩原更一. 1975. 果樹園土壌管理法に関する研究. 第9報. モモの葉成分含量, 生長, 収量, 果実品質に及ぼす影響. 果樹試報. A2: 19-41.
- 千葉 勉. 1982. 果樹園の土壌管理と施肥技術. p. 47-80. 博友社. 東京.
- 田村 修. 1984. 北海道におけるりんご腐らん病の発生生態と防除に関する研究. 道立農試報. 49: 1-81.
- 都丸敬一・行越 明・奥田誠一・脇本 哲・羽柴輝良・平良和弥・加藤 肇・奥 八郎. 1992. 新植物病理学. p. 143-144. 朝倉書店. 東京.
- 梅宮善章・関谷宏三. 1985. 家畜ふん尿多量施用が土壌化学性と果樹の葉成分含量及び果実品質に及ぼす影響. 果樹試報 A. 12: 61-78.
- 渡辺登志彦. 1968. 瀬戸内カンキツ園の土壌管理に関する研究. 第1報. 各種土壌管理法が土壌の理化学性およびカンキツの発育, 収量におよぼす影響. 広島農試報. 28: 1-16.
- 鷲尾貞夫・佐々木政司・玉川和長・中川原郁也・高橋正治. 1977. リンゴ腐らん病の発生実態と防除. 青畑園試研報. 2: 1-43.
- 山根一郎. 1963. 土壌と草生(6). 草地改良造成のための基礎知識として. 畜産の研究. 17: 881-884.
- 吉田義雄. 1982. わい化栽培のねらいと問題点. p. 6-10. 吉田義雄・川島東洋一編著. りんごわい化栽培の新技术. 誠文堂新光社. 東京.
- 山谷秀明. 1996. リンゴ園肥培における有機物施用. 圃場と土壌. 10・11: 87-91.
- 吉田 滂. 1997. 堆厩肥施用の土壌・農作物への影響[2]. 農および園. 72: 577-582.

Studies on Soil Management for Apple Trees on Dwarfing Rootstocks

Tadashi Kato

Keywords: dwarfing rootstock, apple tree, soil management, cover crop, sod culture, compost application, grass mulch, fertilizer application, apple white root rot, apple canker

Summary

Because the root systems of apple trees on dwarfing rootstocks are usually shallow in comparison with those on the traditional standard rootstocks (*Malus Prunifolia Borkhausen*), it is considered that the growth of dwarfed trees and the amount of yield are often affected by the management of the surface soil. Therefore, since 1974 I carried out a series of studies on the growth and yield of dwarfed apple trees in relation to soil management. Research on apple white root rot fungus, and apple canker caused by *Valsa ceratosperma* (Tode ex Fr.) Maire, which are often affected by the soil environment, was included in this report.

The results of the studies are summarized as follows.

1. Characteristics of the cover crops

- 1) Tall meadow fescue and timothy had large, and clover had small, cover crop yields.
- 2) Bentgrass and Kentucky bluegrass had excellent shade resistance and redtop and white clover had excellent treading resistance. However, there was no problem in using perennial ryegrass under field conditions even though its shade and treading tolerance was low.
- 3) Cover crops under sod had increased the amounts of organic matter, total carbon, total nitrogen and available nitrogen in the soil. The carbon dioxide generation of the soil was also raised, with that of ladino clover being higher and that of Kentucky bluegrass being lower.
- 4) Clovers showed little nitrogen competition between the cover crop under sod and the apple trees, while white clover and Kentucky bluegrass showed little soil moisture competition.

2. Sod culture under the tree crown

- 1) This study was conducted to clarify the influence of the type of cover crop, and the difference in the years until grassing down after planting, on the growth and yield of Fuji apple trees on MM. 106, MM. 102, M. 26 and M. 9A rootstocks.
- 2) The introduction of bentgrass or ladino clover under the tree crown had no influence on trunk growth of apple trees if they had been planted five years before. Pruned branch weight and the tree size were decreased by the introduction of the cover crops under the tree crown even on five-year-old trees, however, it is considered that irrigation can stop these influences.
- 3) The yield per tree was decreased by the introduction of perennial ryegrass under the tree crown even in five-year-old trees. However there was no such influence from bentgrass or ladino clover except for the trees grown on M. 9A. Though the yield of the trees on M. 9A decreased when ladino clover was introduced under the tree crown, this influence was stopped by irrigation.
- 4) Grassing down under the tree crown had little influence on the fruit growth except in the trees grown on M. 9A. Though the fruit growth of the trees on M. 9A declined with grassing down of ladino clover under the tree crown, this influence was stopped by irrigation.
- 5) Nitrogen content decreased in the leaves of five-year-old dwarf apple trees when a cover crop was introduced

under the tree crown but this influence lasted only 2-5 years. The nitrogen content of leaves of M.9A trees decreased when ladino clover was grassed down under the tree crown, but this influence was stopped by irrigation. When bentgrass was introduced under the tree crown, the phosphorus content in the leaves of the apple trees rose abnormally for 1-2 years but gradually declined after that. The potassium content of leaves of apple trees tended to decrease with perennial ryegrass sod under the tree crown.

6) The introduction of a cover crop under the tree crown caused soil water to decline and it was feared that this would restrain the growth of the apple tree. However, in the case of low bentgrass, there was little influence on the growth of the trees.

7) Though ladino clover was introduced under the tree crowns in a dwarfed apple orchard, it did not lower the leaf nitrogen content nor influence the fruit growth.

3. Compost application in the dwarfed apple orchards

1) The amount of organic matter content in apple orchard soil tends to decrease. Therefore, in order to clarify the amount of compost application necessary for soil improvement, I examined the influence of the compost application on the growth and yield of M.26 Fuji trees, and on the soil chemistry in the Kuroishi field (volcanic ash soil) and the Fujisaki field (alluvial soil).

2) When nitrogen was applied at a rate of 10kg per 10a, the compost did not influence the growth of the apple trees. In the Kuroishi field (volcanic ash soil), there were higher accumulated fruit yields per tree when compost was applied at 1,000kg and 1,500kg per 10a than at 0kg and 500kg per 10a. However, the application of compost had almost no influence on fruit growth, fruit quality, and so on.

3) The amount of potassium content in leaves increased with higher quantities of compost application in the Kuroishi field (volcanic ash soil).

4) In both the Kuroishi and Fujisaki fields, the amounts of total carbon, total nitrogen, available nitrogen, cation exchange capacity, exchange cations, and available phosphoric acid in the soil increased in correspondence with the quantity of compost application. Those increases were especially remarkable at the depth of 0-10cm from the surface.

5) The amount of organic matter in the soil showed a tendency to increase year by year with annual compost application of 1,000kg and more per 10a in both the Kuroishi and Fujisaki fields.

6) When the compost was applied for eight years nitrogenous mineralization of the soil increased in accordance with the quantity of compost. The amount of nitrogenous mineralization of the soil of 10a at a depth of 60cm was 4-6kg per 1 ton of compost applied.

7) There was a very high correlation (+0.9 correlation coefficient) between the amount of soil nitrogenous mineralization, measured by the polyethylene method, during the growth period, and the amount of available nitrogen measured just before fertilizing in spring.

4. Effects of grass mulch and fertilizing on apple tree growth, fruit yield and soil chemistry

1) As nutrient elements are released from grass mulches in the process of decay, the difference of decomposition was examined in several types. Furthermore, the effects of each type of mulched grass, and the rate of fertilizer application, on the dwarfed tree growth, fruit yield and soil chemistry were examined in the Kuroishi and Fujisaki fields along with measuring the element content of the grasses.

2) The decrease rate of dry matter of the grass mulches one year and five months after mulching were in the following order: ladino clover > timothy = meadow fescue = bentgrass > Kentucky bluegrass. All of the examined grasses decomposed rapidly in the two-month period after mulching and after that, the decomposition was slow.

3) The mineralization rate of the nitrogen in grasses was the highest in ladino clover and the next-highest rate was in bentgrass and timothy. The mineralization rates corresponded to the decrease rates of dry matter in the grasses.

4) The amount of nitrogen in the grass body was higher in ladino clover than in bentgrass, timothy and perennial ryegrass. The amount of nitrogen in the grass body of each grass increased in correspondence with the amount

of fertilizer application. The nitrogen contained in the amount of grass produced in one year per 1 m² in unfertilized conditions was 18-22 g in ladino clover, 10 g in bentgrass and 8 g in perennial ryegrass.

5) There were no clear relationships between the different types of grass and the amounts of growth of the dwarfed trees. But, in the case of trees planted 3 m apart, the accumulated pruned branch weight increased in accordance with the amount of fertilizer application.

6) In trees planted with 3 m spacing, there were higher fruit yields when nitrogen was applied at the rate of 5 kg or 10 kg per 10 a in comparison with the unfertilized plot. From the data obtained, it is concluded that the proper amount of nitrogen application seems to be around 5 kg per 10 a for Fuji/M. 26 in the Fujisaki field.

7) Nitrogen application of 5 kg or 10 kg per 10 a resulted in superior fruit growth in comparison with the unfertilized plot in the Kuroishi field. In trees spaced at 3 m (Fujisaki field), plots with grass mulches had superior fruit growth in comparison with clean culture plots.

8) The nitrogen content of apple leaves increased in correspondence with the amount of fertilizer application in both fields. In the Fujisaki field, the nitrogen content of leaves in mulched grass plots was high in comparison with that in clean culture plots, and it was especially high in the ladino clover mulch plot. There were reciprocal relations between the nitrogen content and the phosphate content of leaves. In both fields, the phosphate content was correspondingly lower with higher amounts of fertilizer application. In the Fujisaki field, the phosphate content of leaves in mulched grass plots was low in comparison with that in clean culture plots, and it was especially low in the ladino clover mulch plot. The potassium content of leaves in mulched grass plots was higher in comparison with that in clean culture plots in the Kuroishi field, and it was especially high in the perennial ryegrass mulch plot. In the latter half of the experimental period, the potassium content was correspondingly high in relation to the amount of fertilizer application. The potassium content of leaves in the ladino clover mulch plot was low in comparison with that in other plots in the Fujisaki field. It also showed a tendency of being lower in correspondence with higher amounts of fertilizer application, probably as a result of the antagonism between magnesium and potassium.

9) In the Kuroishi field, there was little seasonal difference in the nitrogen content in the soil of the unfertilized plot. However, the nitrogen content in the soil in fertilized plots was higher in the early part of the growing period, and after that, it gradually declined. The nitrogen content of the soil in the mulched ladino clover and perennial ryegrass plots was higher than in the clean culture plot during the latter half of the growing period. The nitrogen content of the soil in the fertilized plots was high in comparison with that in the unfertilized plots from May to October in the ladino clover mulch plots and during May to July in the mulched plots of other grasses. As the growth time proceeded, the nitrogen content of the soil in the ladino clover mulch plot in the Fujisaki field rose. But, that of the other plots was high in the early part of the growing period, and after that, declined gradually. The nitrogen content in the soil of grass mulch plots was higher in comparison with that in the clean culture plot during the latter half of the growing period, and it was especially high in the ladino clover mulch plot. The soil nitrogen content in fertilized plots was higher than in unfertilized plots from May to June with clean culture and bentgrass mulch, from May to September with perennial ryegrass mulch, and from May to October with ladino clover mulch.

10) In both fields, the grass mulching increased the amount of soil carbon, total nitrogen and available nitrogen in the depth of 0-10 cm from the surface. The available nitrogen of the soil in the ladino clover mulch plot was high in comparison with that in the other mulched grass plots. The exchangeable potassium content of the soil in mulched grass plots was high in comparison with that in clean culture plots to the depth of 20-30 cm. As for the available phosphoric acid content, it was increased by grass mulching in both fields. In the bentgrass mulch plot in the Kuroishi field, the influence reached to the depth of 40-50 cm in the lower layer.

5. Effect of soil conditions on the occurrence of root rot diseases of dwarfed apple trees

1) The occurrence of root rot diseases of apple trees varies with different types of soil. Namely, though these diseases occur in volcanic ash soil (Andosol), they do not occur in the clayey alluvial soil at all. Therefore, I examined the relation between the occurrence of root rot diseases and the soil conditions.

2) Regarding the relation between soil management and root rot diseases, there were few occurrences of white

root rot in the treatment plot that combined watering with clean culture. There was no occurrence of violet root rot in the treatment plot in which rice straw was mulched from the second year after an initial compost mulch in the first year. No trees died from root rot diseases in the treatment plot that combined watering with clean culture. However, there were no statistically significant differences in these results.

3) Regarding the relation between soil water content and the occurrence of root rot diseases, the mycelial growth of the white root rots was inhibited in correspondence to the higher soil water as measured by the inoculation examination of the cut branches. In contrast, the number of tree deaths caused by white root rots corresponded to higher soil water content as measured by the inoculation examination of apple nursery trees. Therefore, the influence of soil water content on the root rot diseases remains unclear.

4) The porosity and the pore space diameter were measured in soil with high occurrence of root rot diseases and in that of scarce occurrence. As for the amount of total pore space, there was no difference between the two types of soil. However, in comparison with the higher occurrence soil, the scarce occurrence soil had few large pore spaces that exceeded $75\mu\text{m}$ in diameter and many small pore spaces that were less than $75\mu\text{m}$.

5) When the air capacity of the soil was reduced, either by suppression or by the application of bentonite, the mycelial growth of white root rot was remarkably inhibited and tree deaths caused by white root rot also decreased. From these results, it is concluded that the air capacity in the soil seems to participate in the occurrence of white root rot of apple trees. Thus, it is considered that by decreasing the air capacity in the soil to 10-19%, white root rot could be inhibited.

6) As the decrease of air capacity causes a decline of oxygen concentration, I examined the relation between the oxygen concentration and the mycelial growth of white root rots. The results showed that the mycelial growth of white root rots was inferior in correspondence with lower oxygen concentrations in the soil. Especially, when the oxygen concentration was less than 10%, the mycelial growth of white root rots declined rapidly.

6. Effects of soil management and apple tree nutrition on apple canker

1) It has been said since the old days that the occurrence of apple canker has a strong relation with tree vigor. In order to develop trees that are not susceptible to apple canker, I examined the relations between the occurrence of apple canker and the compost application, the nitrogenous level, and the water stress of trees.

2) The apple canker occurrence of the compost application plot (continuous application for 11 years) was lower than that of the non-application plot. Inoculation examination of 2 and 3-year branches, showed no difference in the occurrence of the apple canker in Starking Delicious between the compost application and non-application plots, but in Fuji the number of trees getting sick and the severity of the disease were lower in the compost application plot. These results indicated that Starking Delicious is more susceptible to apple canker than Fuji.

3) To examine the relation between the occurrence of apple canker and the nitrogenous level, which has a strong connection to tree vigor, apple canker pathogen was inoculated into the branches of trees with different nitrogenous levels. The results showed that when the nitrogen content was more than 2.5% in the leaf in summer, the number of trees getting sick decreased, and the severity of the disease was also lowered.

4) When the pathogen of the canker was inoculated into nursery trees (2-year-old Fuji/M. 26) with different degrees of water stress made by changing soil water, the number of trees getting sick was correspondingly higher with higher water stress. Also, when the bark water content was raised by soaking the base part of the cut-branch in water, the enlargement of the canker lesion was controlled.

5) The pathogen of the canker was inoculated into 2- and 3-year branches of trees (16-year-old Fuji/M. 26) of differing vigor. Then, multiple linear regression analyses were conducted between the rate of getting sick and the number of branches per tree getting sick as the purpose variables, and the leaf nitrogen content and water potential as the explanation variables. From these results, it was judged that in accordance with lower nitrogen levels in the trees and higher water stress, there was a higher number of branches getting sick, and the damage was severer.

青森県りんご試験場報告 第32号

平成13年3月30日 発行（非売品）

編集発行 青森県りんご試験場
工藤 亞 義
青森県黒石市大字牡丹平字福民24

印刷所 やまと印刷株式会社
弘前市神田4丁目4-5