

再録

リンゴ園の土壌肥沃度に関する研究 (第2報)

土壌中の塩基とビターピットの関係

山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄

(秋田県果樹試験場)

Studies on the soil fertility of apple orchard. II.
Relation between the occurrence of bitter pit and the soil cations

T. YAMAZAKI, T. NIIZUMA and T. TAGUCHI

Akita Fruit-Tree Experiment Station, Daigo, Hiraka, Akita

Summary

The study was conducted to find the relationship between the incidence of bitter pit and the exchangeable cations in soil of apple orchards which divided into three groups; (group A), severely affected, (group B) slightly affected, (group C) unaffected by bitter pit. Results were as follows;

(1) Low exchangeable calcium, particularly low calcium saturation was associated with increased bitter pit, and calcium saturations in 20 cm~40 cm depth of group A, B and C were 7.4, 22.2 and 31.0 per cent, respectively.

(2) The characteristics of ability of cation exchange measured as selective adsorption of NH_4 and Ca, releasing Ca by 0.002N-acetic acid and decline of CEC by lowering pH were different in each soil, but no relations were found between the occurrence of bitter pit and the characteristics of the soil in three groups.

(3) From these results, the following indication would be applied to soil survey of apple orchards which was fertilized nitrogen at the rate of 15 kg per 10 ares.

i) The orchard soil contained lower calcium than 10 per cent of calcium saturation. Very favorable to occurrence of bitter pit.

ii) The orchard soil contained higher calcium than about 20 per cent of calcium saturation, and than two or three times as much as the total of magnesium and potassium. Unfavorable to occurrence of bitter pit.

iii) The orchard soil contained same or lower quantity of the calcium than the total of magnesium and potassium, though calcium saturation is above 10 per cent. Favorable to occurrence of bitter pit with dependent on other factors.

I. 緒 言

土壌中の苦土含量の低下とカリの過剰がリンゴの苦土欠乏をひきおこし、生産の阻害因子となつてゐることは前報⁽¹⁰⁾で報告したが、塩基含量の多少はまた果実の生理障害とも密接な関係があると考えられる。特に bitter pit の発生は石灰の吸収低下ないしは樹体内における石灰の代謝と関係の深いことがよく知られており^(2,12)、培地のカリや窒素の過剰は障害の発生を促進する^(6,13,14)。したがつて土壌中における石灰の含量や他の陽イオンと bitter pit の間にはなんらかの関係が存在すると推定することができよう。しかし土壌中の塩基と bitter pit の発生に関する研究は非常に少なく、わずかに CHITTENDEN ら⁽¹¹⁾が土壌に1樹当たり 80 ポンドの lime stone を施しても、それが3年後においても効果がなかつたと報告し、SADOWSKI⁽¹¹⁾は土壌中の石灰含量と bitter pit の間には関係が認められなかつたと報告しているにすぎ

ない。

bitter pit の発生は年や園地によつて非常に差はあるが、時により突発的に大発生がみられるのでリンゴの貯蔵病害の中では最も重要な障害の一つである。特に秋田県南部の第三紀土壌のような細粒質土壌では発生が多く、園によつては収穫果の 20~30% 以上に被害がみられることもある。

この研究は bitter pit 発生の土壌的条件を解明し、土壌診断の基準を設定することと、改良対策を明らかにするために行なつたものである。

II. 材料と方法

1. 供試園の選定

供試品種には最も bitter pit が発生しやすい国光を用いたが、27 園中 2 園はゴールデン・デリシャスであつた。この品種は国光より発生しがたいので、この品種で発生が多い園は国光でもさらに発生すると考えられるので発生が多い group に加えた。

Table 1. Soil, variety, fertilizer and per cent of bitter pit of orchards employed in this study.

Orchard Soil	Variety	Tree-age (years)	Supplied nitrogen ^{a)} (kg per 10a)	Per cent of bitter pit
A-1...Hiraka	Rall's	30	15	65
A-2...Higashiyama	Rall's	10	15	67+
A-3...Kitano	Rall's	28	15	18
A-4...Hiraka	Golden Delicious	10	15	32
A-5...Kitano	Rall's	40	15	15+
A-6...Kitano	Golden Delicious	10	12	70
A-7...Hiraka	Rall's	20	15	15+
A-8...Hiraka	Rall's	15	15	15+
A-9...Hiraka	Rall's	25	15	18+
B-1...Kamanogawa	Rall's	25	12	10
B-2...Hiraka	Rall's	13	15	13
B-3...Kamanogawa	Rall's	15	15	5
B-4...Hiraka	Rall's	45	15	5
B-5...Higashiyama	Rall's	30	15	2
B-6...Kamanogawa	Rall's	30	15	5
B-7...Hiraka	Rall's	30	15	5
B-8...Kamanogawa	Rall's	35	12	3+
B-9...Daigo	Rall's	25	15	3+
C-1...Hiraka	Rall's	25	15	0
C-2...Hiraka	Rall's	35	15	0
C-3...Kamanogawa	Rall's	12	15	0
C-4...Hiraka	Rall's	25	15	0
C-5...Higashiyama	Rall's	15	15	0
C-6...Kitano	Rall's	30	15	0
C-7...Kitano	Rall's	65	15	0
C-8...Kitano	Rall's	65	15	0
C-9...Kitano	Rall's	25	15	0

+Not include the occurrence of bitter pit during storage.

a) ...Ratio of N, P₂O₅ and K₂O in fertilizer; 2- 1- 2. Calcium and magnesium have not been supplied before the survey.

bitter pit の発生は窒素施用量と密接な関係があるため^(3,7), いずれの園も成木園の場合は 10a 当たり 15 kg の窒素を施用し, 10 年生前後の園では 12 kg の窒素を施した時の発生率を調査した。また同じ窒素施用量でも

年により発生率に差が認められたので, 1963 年から 1966 年までの調査期間中で最も発生が多かつた年の数値で示した (第1表)。

せん定の強さも bitter pit の発生に影響を及ぼすが, この試験に用いた園ではせん定の強弱に大差がなく, せん定の影響はほぼ一であつたと考えられる。

発生がひどかつた 9 園を group A とし, いずれの園も最も被害のひどかつた年の発生率は 15% 以上で, 貯蔵中の発生を含めれば約 20% 以上の発生が認められた。group B は発生が軽い園で貯蔵中の発生も含めて 13% 以下で多くは 5% 前後であつた。group C は調査期間中にまったく発生が認められなかつた園である。

個々の園の概況は次のとおりである。

[group A] A-1 園の 1963 年の発生率は 3 樹の平均で収穫時に 25.5% 貯蔵中の発生を含めると 64.5% であつた。同じ年の 10a 当たり 4 kg の窒素少量施用区の発生率は 6 樹平均で 13.4% であつた。A-2 は国光の若木で 1963 年の発生は 17 樹平均で 67%, 最も発生がひどかつた樹ではほとんど全果に bitter pit がみられた。A-3 の 1964 年の発生は収穫時にはほとんど認められなかつたが, 貯蔵中に 20% の発生がみられた。A-4 は 1964 年の収穫前の落果がひどく, 落果した果実のほとんどが bitter pit 発生果であつた。A-6 はゴールデンで, 1965 年の貯蔵中の発生は 70% に達した。A-5, 7, 8, 9 は

1964 年の土壌調査園で, 調査翌年の 1965 年の窒素施用量を 15 kg とし, 試坑周囲の 2-3 樹を対象に収穫時の発生を調査した結果, 15% 以上の発生が認められた。

[group B] B-1 の 1964 年の窒素施用量はきわめて

Table 2. Chemical properties of Hiraka and Kitano soils.

Soil	Depth (cm)	Texture	Humus (%)	pH		y ₁	C. E. C (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			Per cent of base saturation
				H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	
Hiraka ^{a)}	20	Clay Loam-Light Clay	3.73	4.97	3.88	44.0	25.8	3.5	2.1	0.9	25.2
	40	Light Clay	1.49	4.72	3.75	73.1	27.1	2.4	2.0	0.7	18.8
	60	Light Clay-Heavy Clay	0.90	4.78	3.79	58.9	25.6	2.8	5.0	0.3	31.6
Kitano ^{b)}	20	Silt Loam-Silty Clay Loam	9.21	4.64	3.94	40.1	32.5	3.6	0.7	0.9	16.0
	40	Silty Clay Loam-Clay Loam	4.40	4.55	3.84	62.0	29.1	3.2	0.7	0.7	15.8
	60	Clay Loam-Light Clay	1.20	4.66	3.80	74.7	30.6	3.4	1.8	0.6	19.0

a) : Average of 35 orchards. b) : Average of 24 orchards.

多く、10a 当たり 40 kg で bitter pit の発生は 10 樹の平均で 46% に達した。しかし、1965, 66 の両年は窒素施用量を 15 kg に減少した結果、発生率は 10% に低下した。B-2 は 13 年生で 15 樹の平均発生率は貯蔵中を含めて 13% であった。B-3, 8, 9, は 1963, 64 年の土壤調査園で調査方法は A-5 などと同様に行なつた。B-4, 5, 6, 7 は窒素施用試験園で、窒素 15 kg 区ではわずかに発生が認められたが、4~8 kg 区では発生が認められなかつた。

[group C] C-1, 4, 5 は土壤調査園で 15 kg の窒素施用で収穫時、貯蔵中ともにまったく発生が認められなかつた。C-2, 3, 6, 7, 8, 9 はいずれも窒素施用試験園で 15 kg の窒素施用を 3 年間続けても、どの樹にも bitter pit の発生はまったく認められなかつた。

2. 調査園土壤の概要

調査した 27 園の土壤統の構成は平鹿統 12, 北野統 6, 釜の川統 5, 東山統 3, 醍醐統 1 であった。統の詳細と釜の川統, 醍醐統の概要は前報⁽¹⁵⁾でのべたが、秋田県南部で最も分布が広い平鹿統と北野統の化学性は第 2 表に示した。

平鹿統は第三紀凝灰岩を母材とする土壤で県南部の傾斜地に分布し、土性は LiC が主で強酸性、特に Y_1 が高い。粘土鉱物は一部にベンジジンで顕著な呈色反応を示すものがあり、また塩基吸着強度やアンモニウムイオンとカルシウムイオンの吸着比から考察して 2:1 型の粘土鉱物の含有もうかがわれる。

北野統は約 40 cm 以下が第三紀凝灰岩で、上層は腐植質火山灰ないしは腐植質火山灰にいくらかの第三紀土壤を混ぜた土壤である。

釜の川統は平鹿, 北野統が分布する傾斜地の下部の水田隣接地帯に分布し、第三紀と腐植質火山灰および半角礫の混層からなりたつており、きわめて塩基に富んでいる⁽¹⁵⁾。

東山統は安山岩を母材とする LiC で、きわめて塩基に乏しいが、三相分布は良好で根群は深部にまでよく発達している。

3. 調査方法

一般的な土壤調査は農林省の地力保全の方法^(8,9)に基づき、原則として 7 月下旬から 8 月の盛夏に行なつた。新梢生長、幹周その他一般的な生育調査も行なつたが、土壤中の塩基とは直接的な関係が認められなかつたので、ここでは果実の横径だけを示した。果実は 1 園について最低 3 樹ずつ、1 樹当たり 20~50 果を収穫前 1~2 週間に測定した。生育調査と葉分析は 2~3 年間行なつたが、bitter pit との関係を示す際に用いた果径と葉

内窒素、石灰含量は発生年の数値で示した。

4. 採土と分析方法

土壤の深さと塩基の吸収については前報⁽¹⁵⁾で明らかにしたように、40 cm までの塩基含量と密接な関係があり、60 cm 以下では根の吸収が低下すると考えられるので分析用の土壤サンプルは 20 cm と 40 cm の深さから採取した。

置換基の質的内容の測定には 20 cm と 40 cm の等量混合サンプルを用いた。北野統の 40 cm は腐植質火山灰と第三紀土壤の境界に相当するので、20 cm の土壤との混合は質的内容の測定には問題があつた。しかし母材の特性よりも果樹根の培地としての土壤を平均化して観察することに重点をおいた。なお北野統の母材の特性は上層の醍醐統に、下層は平鹿統に近いものである。

塩基置換容量、置換性塩基の測定は Schollenberger 法により、カリの分析は炎光法、石灰と苦土は EDTA 法による滴定法によつた⁽⁸⁾。各園の粘土鉱物の特徴を明らかにするため N-酢酸アンモニウムの pH を 7.0 と 5.0 に調整してアンモニウムイオンの吸収形式と、アンモニウムイオンとカルシウムイオンの選択吸収をみた。アンモニウムイオンの吸収形式による粘土鉱物の推定は久津那ら⁽⁴⁾の成績を参考にした。アンモニウムイオンとカルシウムイオンの選択吸収は N-酢酸アンモニウムと N-酢酸カルシウムの等量混液で吸着させ、吸着平衡に達した時の置換性塩基中におけるアンモニウムイオンとカルシウムイオンの比をみた^(4,16)。

カルシウムイオンの吸着強度の測定は久津那らの方法⁽⁶⁾を参考にし、乾土 2 g を浸透管にとり、N-酢酸カルシウム 100 ml を用いて置換基をカルシウムイオンで飽和させたのち、アルコールで洗じようし、置換容量 1 me 当たり 40 ml の 0.002 N-酢酸を用いて 10 時間かけて浸透し、溶出してくるカルシウムイオンを定量した。浸透は 2 回行ない、飽和した全体のカルシウムイオンに対して溶出したカルシウムイオンの比率をみた。

葉分析のサンプルは 7 月下旬から 8 月上旬にあつて、70°C で乾燥し葉柄を含めて粉碎した。葉分析は大部分の園で 2~3 年間行なつたが、報告に用いた分析値は bitter pit の発生率を示した年の含量である。

III. 結 果

1. 置換性石灰、苦土、カリと bitter pit の関係
group A は発生のおどかつた園で発生率は平均して約 35% であった。これに対して group B の発生は 6% 弱で、group C はまったく発生が認められなかつた。

第 3 表は各園の 20, 40 cm の土壤を別々に分析して平均した値であり、第 4 表は 20, 40 cm の深さにおけるそ

Table 3. The exchangeable cations and its balance as related to incidence of bitter pit on Rall's and Golden Delicious apples. (Soil sample was analyzed for the 20 cm and 40 cm depth, and averaged these values)

Orchard	CEC (me/ 100g)	Exchangeable cations (me/100 g)			Per cent of calcium saturation	Ca/Mg +K ^{a)}
		Ca	Mg	K		
Group A, severely affected by bitter pit						
A-1	19.8	2.1	7.2	0.4	10.6	0.28
A-2	36.3	1.5	4.4	0.4	4.1	0.31
A-3	22.6	0.9	tr.	0.5	4.0	1.80
A-4	13.2	0.7	tr.	0.7	5.3	1.00
A-5	21.1	2.1	tr.	1.0	10.0	2.10
A-6	35.1	1.5	1.0	1.0	4.3	1.03
A-7	22.8	1.8	0.4	0.7	7.9	1.63
A-8	15.7	0.9	tr.	0.7	5.7	1.28
A-9	18.8	2.8	1.4	0.4	14.9	1.56
Ave.	23.0	1.6	1.8	0.6	7.4	1.22
Group B, slightly affected by bitter pit						
B-1	20.8	3.1	0.2	0.9	14.9	2.82
B-2	34.2	13.0	9.7	0.9	38.0	1.23
B-3	18.7	5.3	7.0	0.3	28.3	0.53
B-4	39.1	5.8	21.1	0.6	14.8	0.27
B-5	16.1	3.2	0.8	1.7	19.9	1.28
B-6	38.2	12.0	8.3	1.5	31.4	1.22
B-7	25.8	3.3	tr.	0.7	12.8	4.71
B-8	30.8	7.5	5.5	1.3	24.4	1.10
B-9	26.5	4.1	1.7	0.9	15.5	1.58
Ave.	27.8	6.2	5.9	0.9	22.2	1.56
Group C, unaffected by bitter pit						
C-1	13.1	3.5	0.4	1.2	26.7	2.19
C-2	21.8	5.1	1.1	0.7	23.4	2.83
C-3	39.9	21.5	6.1	2.2	53.9	2.59
C-4	25.4	4.9	1.6	1.2	19.3	1.75
C-5	24.5	6.8	5.4	1.0	27.8	1.06
C-6	21.9	7.6	0.4	0.7	34.7	6.91
C-7	21.0	2.9	1.1	0.7	13.8	1.61
C-8	36.7	23.4	10.5	0.6	63.8	2.11
C-9	38.5	6.1	2.0	0.6	15.8	2.35
Ave.	27.0	8.8	3.3	0.9	31.0	2.48
LSD _(0.05)	N. S.	2.32	N. S. ^{b)}	N. S. ^{b)}	5.95	N. S. ^{b)}
LSD _(0.01)		N. S.			8.03	

a): Calculated with me. b): Significant at 20% level.

Table 4. The exchangeable cations and its balance of the each group soil collected from 20 cm and 40 cm depth.

Group	20 cm depth (me/100 g)						40 cm depth (me/100 g)					
	CEC	Ca	Mg	K	Ca satu- ration	Ca/ Mg+K	CEC	Ca	Mg	K	Ca satu- ration	Ca/ Mg+K
A	23.5	1.7	1.6	0.6	7.0	1.4	22.1	1.4	1.6	0.5	7.2	1.2
B	27.6	6.7	5.1	1.1	24.2	2.1	28.0	6.0	7.4	0.8	20.2	1.5
C	30.0	10.2	2.9	1.2	32.0	3.1	24.0	5.9	2.6	0.7	22.9	2.5
LSD _(0.05)	N. S.	2.13	N. S. ^{a)}	N. S. ^{a)}	5.71	0.55	N. S.	N. S. ^{a)}	N. S.	N. S.	4.80	N. S. ^{a)}
LSD _(0.01)		2.87			7.70	N. S.					6.48	

a): Significant at 20% level.

それぞれの group の平均値を示したものである。第3表の結果でみると塩基置換容量はどの group も一般に高く 23~28 me で group 間に差は認められなかった。置換性石灰含量は group によつて非常に差があり, group A の平均は 1.6 me で group C の 8.2 me に対して 1/5 以下であつた。group B と C の間にも 5% レベルで有意な差が認められた。同じ group 内でも変異が大きいために一概に言えないが, 発生のひとつつた group A はすべて 3 me 以下であつた。しかし, group B と C の間には診断に用いるような含量差を見いだすことは困難であつた。

石灰飽和度は石灰含量よりも group 間の差が顕著であり, group A は平均して 7.4%・group C の約 1/4 であつた。また group C と B の差も 1% レベルで差は有意であつた。発生のひとつつた園では A-9 を除いて石灰飽和度は 10% 以下であつたが, group B と C の間では変異が大きく, 平均値の差は有意であつたが診断に用いるに足る差を見いだすことは困難であつた。

置換性苦土は group A において低い傾向がみられたが, これは石灰の低い土壌では苦土の溶脱も進んでいると考えることができよう。置換性カリは苦土と異なり変異は少なかったが group 間の差は認められなかった。me で計算した Ca/Mg+K 比や Ca/K 比も bitter pit がひどくなると低下する傾向はみられたが差は有意でなかった。

土壌中の塩基と bitter pit の関係を土壌の深さ別にみると (第4表), 40 cm の深さにおける塩基含量よりも 20 cm の深さにおける含量のほうが bitter pit の発生と密接な関係が認められ, 石灰含量の石灰飽和度はいずれも 1% レベルで group 間に差が認められた。また Ca/Mg

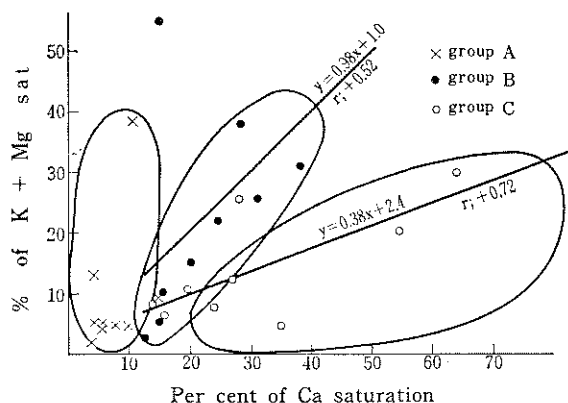


Fig. 1. The relationship between the incidence of bitter pit and the cation balance in apple orchards.

+K比も5%レベルではあつたが、発生が増加するにつれて低下した。40 cm の深さにおいては石灰含量や Ca/Mg+K 比と発生との関係は明らかに認められなかつた。

しかし石灰飽和度では group A は B, C に比較して明らかに低かつた。

Ca/Mg+K 比と bitter pit の関係をさらに明らかに示したのが第1図である。発生がひどかつた group A は塩基の比に関係なく石灰飽和度がほぼ 10% 以下であり、図に示した a の範囲内には発生の軽い園や健全園はまったく含まれていなかった。したがって石灰飽和度が約 10% 以下になると bitter pit がきわめて発生しやすくなると言えるであろう。これに対して石灰飽和度が 20% 以上で、かつ石灰飽和度がカリと苦土飽和度の含量の 2~3 倍存在するような C の範囲内では発生は認められなかつた。A と C の中間に位置する範囲 B は石灰飽和度とカリ+苦土飽和度がほぼ同じであり、この B の範囲に含まれる園地においては、窒素の栄養状態やせん定の強さ、結実量の多少など bitter pit の発生に影響する諸条件によつて発生がひどかつたり、認められなかつたりするものと考えられる。

Table 5. The ability of cation exchange in each group.

Orchard	Color of wet soil	Humus (%)	CEC reduction by lowering pH ^{a)}	Selective adsorption ^{b)}		Extracted Ca by 0.002N-HOAc from Ca saturated soil ^{c)}		
				NH ₄	Ca	1st	2nd	Total
A-1	10 YR 5/5	2.0	90.6	67.6	32.1	22.4	22.6	45.0
A-2	7.5 YR 4/4	3.7	89.3	41.9	58.1	22.5	22.1	44.6
A-3	7.5 YR 3/2	8.8	89.1	20.4	79.6	33.8	34.5	68.3
A-5	7.5 YR 4/2	3.3	85.7	56.4	43.6	22.2	20.1	42.3
A-6	7.5 YR 2/3	4.1	86.6	27.8	72.2	26.7	24.4	51.1
A-7	10 YR 4/3	4.1	86.1	47.8	52.2	24.3	26.5	50.8
A-8	10 YR 4/4	4.3	82.1	41.8	58.2	25.7	24.3	50.0
A-9	10 YR 5/4	2.8	89.3	57.0	43.0	27.0	24.0	51.0
Ave.		4.1	87.4	45.1	54.9	25.6	24.8	50.4
B-2	10 YR 3/3	2.7	91.6	62.2	37.8	20.9	18.9	39.8
B-3	10 YR 5/3	2.3	84.6	52.4	47.6	20.7	54.1	74.8
B-4	10 YR 3/3	2.3	91.8	65.4	34.6	20.4	19.2	39.6
B-7	7.5 YR 5/6	4.4	82.3	38.7	61.3	44.0	43.7	87.7
B-8	10 YR 4/6	1.6	92.9	62.3	37.7	22.0	23.4	45.4
B-9	7.5 YR 2/2	8.2	78.2	16.0	84.0	57.0	43.0	100.0
Ave.		3.6	86.9	49.5	50.5	30.8	33.7	64.6
C-1	10 YR 4/4	2.9	89.1	51.9	48.1	24.4	20.4	44.8
C-2	10 YR 6/3	1.4	88.6	58.2	41.8	17.3	25.0	42.3
C-3	10 YR 4/3	1.4	97.6	74.3	25.7	36.8	21.0	57.8
C-4	10 YR 4/2	4.9	88.7	37.0	64.0	26.8	25.7	52.5
C-5	10 YR 3/3	5.0	89.8	45.2	54.8	23.1	22.3	45.4
C-6	10 YR 3/4	6.7	86.5	29.9	70.1	29.1	26.1	55.2
C-7	10 YR 3/4	6.6	91.1	24.3	75.7	38.5	30.5	69.0
C-9	10 YR 2/3	11.0	85.0	19.5	80.5	37.6	30.2	67.8
Ave.		5.0	89.6	42.5	57.6	29.2	25.2	54.4

a): CEC (pH 5.0)
CEC (pH 7.0) × 100

b): Per cent of adsorbed Ca and NH₄ from the mixed solution of N-ammonium and N-calcium acetate.

c): 40 ml of 0.002 N-acetic acid solution per 1 me Ca used for extraction.

2. 塩基吸着基の性質と bitter pit の関係

植物による石灰の吸収は土壌中の石灰の絶対量に支配されることはもちろんであるが、置換性塩基の可給度や流亡しやすさを規定するものは吸着の容量ではなく強度であり⁽¹⁶⁾、塩基の選択吸着性も問題となる。特に bitter pit はその原因が石灰であつても窒素の影響を強く受けるので⁽¹⁴⁾、土壌中の塩基置換の場におけるカルシウムイオンとアンモニウムイオンの関係も重要と考えられる。

第5表は塩基吸着能の質的な内容をみたものである。塩基吸着強度、すなわち pH 7.0 の N-酢酸アンモニウムで測定した塩基置換容量に対する pH 5.0 の測定値の割合は典型的な腐植質火山灰土壌である B-9 できわめて低く、ついで北野統で低い傾向を示したが他の大部分の土壌ではきわめて高く、平均して 88 であつた。

アンモニウムイオンとカルシウムイオンの吸着比も A-9 と、腐植質火山灰ないしはそれと第三紀土壌との混層である北野統 (A-3, 6, C-6, 7, 9) ではアンモニウムイオンとの吸着比が低く、他の平鹿統と釜の川統および東山統では高く、全体の平均ではアンモニウムイオンとカルシウムイオンの吸着比は 45:55 であった。

0.002 N-酢酸による石灰の溶出は吸着基の種類と密接な関係があり、アンモニウムイオンに対するカルシウムイオンの吸着比が高い土壌ほど石灰の溶出が多く、この相関係数は +0.61 であった。また塩基吸着強度の大きい土壌ほど石灰の溶出は少ない傾向がみられた。

これら塩基吸着能の特性についての調査結果はそれぞれの土壌の特性は明らかに示したが、group 間では差がなく、この試験に用いた土壌では bitter pit の発生と直接的な関係は認められなかった。

IV. 考 察

bitter pit の発生に影響をおよぼす要因は非常に多く、窒素の吸収量、苦土、カリなどのカチオン競合、水分条件、果実の大きさと結実量、せん定の強弱などが石灰の吸収や果実内における石灰の代謝に直接あるいは間接的に影響をおよぼすことによつて発生に関係するものと考えられている。この試験では園の水分状態やせん定の強弱は規正することができなかつたが、園の土壌で最も支配的な要因である窒素については、成木園の施用量を 15 kg にすることによつて果実の横径や葉中窒素含量をほぼそろえることができた (第 6 表)。

この試験に用いた土壌と bitter pit との関係は窒素施用量を 15 kg とし、葉中含量が葉柄を含めた値で 2.85 %前後の条件下における関係であることを強調しなければならない。供試園の概況でのべたように、発生が非常に多かつた園でも 2~3 年間窒素施用量を 0~8 kg 程度に低下させると、ほとんど実害がない程度にまで発生を低下させることができた。反対にもし窒素施用量を 15 kg 以上に増加すれば、発生が軽かつた園でもさらに被害は増大するであろうし、まったく発生がみられなかつ

た園でも極端に窒素施用量を増加すれば発生する可能性がないわけではない。この意味からすれば、この試験で示した bitter pit の発生量は固定的なものではなく、group 間の差はあくまで相対的な比較としてみなければならぬ。

bitter pit と最も密接な関係が認められた塩基は置換性石灰であり、石灰の絶対量よりも石灰飽和度との関係が密接で、発生がひどかつた園の石灰飽和度の平均は 7.4% で健全園の 1/4 以下であった。しかし発生の軽かつた園と健全園の比較では、平均値に差は認められたが同じ group 内の石灰飽和度の変異が大きかつたので、土壌診断に用いるような基準を設定することは困難であった。石灰の絶対量からみると発生のひどかつた園はいずれも 3me 以下で平均は 1.6me にすぎず、健全園の平均の約 1/5 であった。しかし発生の軽微な園と健全園の比較では石灰飽和度の場合と同じく明らかな限界を設定することは困難と考えられる。以上を総合して置換性石灰で約 3me 以下、石灰飽和度で約 10% 以下の園ではきわめて発生しやすく、石灰飽和度が約 20% 以上で、かつ石灰が苦土とカリの合計量の 2~3 倍存在する場合にはほとんど発生しないといえるであろう。この両極端の中間に存在する園地、すなわち石灰飽和度が約 10% 以上で、苦土とカリの合計量が石灰とほぼ同じ土壌では塩基以外の条件で発生の有無と程度が決まるものと考えられる。

塩基吸着能の質的な内容についての結果では、腐植質火山灰土壌は他の土壌より塩基吸着強度が弱く、アンモニウムイオンよりカルシウムイオンを選択的に吸収し、それぞれ土壌の塩基吸着能の特性⁽⁴⁾を顕著に示したが、この試験に用いた土壌では bitter pit の発生と塩基吸着能の特性を直接結びつけることはできなかつた。したがって bitter pit の発生に対しては前述の石灰飽和度や苦土、カリなどとの関係が支配的な要因であつたと言えよう。

リンゴ園の塩基含量は第 2 表でのべたように一般に極めて低く、石灰の供給は苦土欠乏に対する苦土の供給と同じく広い範囲のリンゴ園土壌において実施する必要がある。すでに前報でのべたように、苦土不足の園地においては石灰も溶脱しており、この報告でも石灰飽和度と苦土、カリ飽和度との相関指数が group B で +0.52, group C で +0.72 と高かつたことからこの事実がうかがわれた。苦土の多用は bitter pit を促進する可能性があるとはいえ^(2,10)実際には両要素を施す必要のある園が多い。このような

Table 6. Fruit size, and leaf nitrogen and calcium of Rall's in each group.

Group	Fruit size (dia. mm)	Leaf composition (% of dry matter)	
		Nitrogen	Calcium
A. (severely affected)	75.4	2.84	1.13
B. (slightly affected)	75.6	2.89	1.22
C. (unaffected)	75.1	2.83	1.22
Significant difference	NS.	NS.	NS.

場合に供給する石灰は苦土の2~3倍になる配慮が必要なのはこの試験結果から明らかであり、総合的な視野から施すべき石灰資材としては苦土石灰が適当と考えられる。

bitter pitの防止対策としては、まず窒素施用量を10a当たり0~8kg程度に制限することが重要であり、それによって発生を急激に低下させることができる。また石灰化合物の果面散布も効果が認められている。しかしながら、窒素施用量を長期間にわたって極端に低く押えることが不可能な場合もあるから置換性石灰の含量が甚だ少ない場合は適正な窒素施用量のもとにあつても発生しないような土壌条件をつくることが重要であろう。

石灰資材の施用がbitter pit防止の基本的な対策であるとしても、その施用効果についての研究はまだ非常に少ない。また散布した石灰の土壌中への浸透は非常に遅いので施用方法の検討は効果の確認とともに今後の重要な問題であろう。

V. 摘 要

リンゴ園の土壌中の塩基 bitter pit との関係を明らかにするため、おもに国光の bitter pit の発生を程度によつて9園ずつ3 group におけ、group 間の置換性石灰の量と苦土、カリの相互関係、および塩基吸着能の差を調査し次の結果を得た。

(1) 置換性石灰と bitter pit との間には最も密接な関係が認められ、特に石灰飽和度との関係が深く、発生がひどかつた園の20~40 cmの深さにおける飽和度の平均は7.4%で、発生が軽かつた園とまつたく発生が認められなかつた園の飽和度の平均はそれぞれ22.2, 31.0%であつた。

(2) 塩基吸着強度、アンモニウムイオンとカルシウムイオンの選択吸収、酢酸による石灰の溶出などの塩基吸着の質的な面からの結果では、土壌によつてそれぞれの特徴は認められたが、bitter pit と直接的な関係は見いだすことができなかった。

(3) 結果を総合して、窒素の施用量が10a当たり15 kg前後で、本試験と類似した土壌では次の基準が一応の指針となりうるように考えられた。

置換性石灰の飽和度が10%以下の場合… bitter pit が非常に発生しやすい。

石灰飽和度が20%以上で、石灰が苦土とカリの合計量の2~3倍の場合…非常に発生しがたい。

石灰飽和度が10%以上でも苦土とカリの合計量が石灰と同等かそれ以上の場合…塩基以外の他の条件いか

んで発生の有無、多少がきまる。

謝辞：この研究は農林省の総合助成を得て行なつたものである。実施にあつては今喜代治場長から終始ご指導をいただき、科員の菅原美佐子、和賀瑠璃子両嬢と場員各位からは並々なぬ協力を得た。また農林省園芸試験場土壌研究室の関谷宏三主任研究員からは多くの示唆をえ、また校閲を受けた。あわせて厚く謝意を表する。

引用文献

- CHITTENDEN, E. T., J. WATSON and, L. HODGSON. 1963. Bitter pit investigations. Bienn. Rep. Cawthron Inst., 1961-1963; 41-44.
- GARMAN, P. and W. T. MATHIS. 1956. Studies of mineral balance as related to occurrence of Baldwin spot in Connecticut. Connecticut Agr. Exp. Sta. Bull. 601.
- HILL, H. 1952. Foliage analysis as a means of determining orchard fertilizer requirements. 13th International Hort. Congress. 199-214.
- 久津那浩三・野本亀雄. 1961. 土壌吸着基の特性について(第2報). 日土肥誌. 32(6): 243-246.
- ・坪野敏美・野本亀雄. 1965. 畑土壌における Ca^{2+} の行動について(第1報). 日土肥誌. 35(8): 278-281.
- 森 英男・阿部 勇. 1960. りんごに対する必須要素の相互作用に関する研究(第2報). 東北農試研報. 18: 57-69.
- ・山崎利彦. 1959. りんご樹のN栄養に関する研究(第3報). 東北農試研報. 15: 69-80.
- 農林省振興局. 1959. 土壌分析法, 地力保全対策資料1号.
- 農林水産技術会議事務局. 1962. 畑土壌の生産力に関する研究: 12-44.
- ROSE, D. F. et al 1933. Bitter pit. U.S.D. Agr. Miscell. Pub. 168: 7-8.
- SADOWSKI, A. 1967. Some factors affecting bitter pit incidence and possibilities of its control. Instytut Sadownictwa(English summary)
- 山崎利彦・森 英男. 1961. リンゴの bitter pit の発生と無機栄養との関係(予報). 園学雑. 30(4): 347-350.
- ・横溝 久・福田博之. 1962. リンゴの bitter pit の発生と無機栄養との関係(第1報). 東北農試研報. 23: 153-161.
- ・横溝 久・森 英男・福田博之. 1964. リンゴの bitter pit の発生と無機栄養との関係(第2報). 園試研報. C-2: 45-53.
- ・新妻胤次・田口辰雄. 1967. リンゴ園の土壌肥沃度に関する研究(第1報). 園学雑. 36: 1-8.
- 吉田 稔. 1961. 土壌の塩基吸着能, 土壌学最近の進歩. 310-313.