

再録

リンゴ園の土壌肥沃度に関する研究(第9報)

ホウ素欠乏と土壌中の水溶性ホウ素および葉中ホウ素含量の関係

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

IX. The relationship between boron deficiency and boron content in soils or leaves

Toshihiko YAMAZAKI, Tanetsugu NIJUMA and Tatsuo TAGUCHI

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

Summary

1. The relationship between boron deficiency of Golden Delicious and boron content in leaves and soil was investigated at the 153 orchards in 1968, and 149 orchards in 1969. Deficient orchards were estimated 24.2 per cent (1968) and 18.2 per cent (1969) of all investigated orchards.

2. The mean values for water soluble boron in soils were 0.62 ppm in the range from 0.16 to 2.48 ppm in 1968, and 1.03 ppm in the range from 0.36 to 4.09 ppm in 1969.

3. The negative correlation of 0.537 (1968) and 0.420 (1969), significant at 0.1% level, existed between degree of deficiency and boron content in

leaves. The mean values of leaf boron for deficient orchards in both years were 8.1 and 8.6 ppm respectively, against 12.1 and 12.4 ppm for non deficient orchards.

4. The positive correlation of 0.433 and 0.358 in both years, significant at 0.1% level, existed between boron in soils and in leaves. These results in both years suggested that orchards of lower than 1.0 ppm soil boron and of lower than 15 ppm leaf boron were subject to the occurrence of boron deficiency, and in fact more than 30 per cent of such orchards showed deficiency distinctly in observation.

緒言

リンゴ園のホウ素欠乏(以下B欠乏と略称)は今までも散発的に問題となつてはいたが、欠乏が生じた時点でホウ砂あるいはホウ酸の施用対策がなされてきた。1968年から開始したゴールデン・デリシャスの葉分析による栄養診断の調査結果によると、B欠乏はかなり広範囲に発生していることが明らかになった。欠乏園の大部分は欠乏症状が軽微で外観からは判別できず、果実を切断してはじめて判明する程度で、販売にも支障のない園が多かつた。このような園にあつては気象条件により、B欠乏がはげしくなり、多くの被害をうける危険があると考えられ、健全園でも潜在的欠乏の状態にある園が少なくないとみられる。この研究はB欠乏と土壌中B含量との関係を明らかにして診断基準を見いだすことと、葉分析による診断基準を設定するために行なつたものである。

材料および方法

供試園はすべてゴールデン・デリシャス園で、1968年は153園、1969年は無袋栽培を中止した4園を除き、149園を選び、各園とも3樹を調査の対象とした。土壌

分析試料の採取は1968年は8月上旬、1969年は6月下旬に数箇所から25~30cmの深さの土壌を集めて風乾し、2mmのふるいを通した。葉分析試料は毎年7月下旬から8月上旬に3樹から50葉以上を集め常法により洗滌後、60℃で乾燥しウイレーミルで粉碎した。1968年は葉身を分析し、1969年は葉柄、主脈も含めて粉碎した。

果実のB欠乏の程度は20~30果を3樹から集めて切断し、B欠乏が認められた果実の比率で示した。供試果数が少なかつたので、B欠乏が認められないとした園においても、まったくB欠乏がなかつた事を意味するものではない。

葉は450~500℃で石英ルツボで灰化した後、クルクミン比色法¹⁾によつた。土壌中の水溶性Bは砂皿上で軟質ガラス製逆流冷却器をつけ5分加熱して抽出した。ビーカー、ピペットなどはすべてポリエチレン製を使用し、クルクミンシュウ酸液を添加後、恒温水槽を用いて55±1℃で乾固した。検量線は比色のつど作成した。

結 果

B 欠乏の症状と発生状態

ゴールドデン・デリシャスの果実に現われる B 欠乏は典型的な internal cork で、症状がひどい場合は第 1 図のように果肉の全面に corky spot がみられ、表面は凹凸がはげしくなる。しかし果皮が裂果することはまれである。病状が軽い場合は第 2 図のように果心部にだけコルクが現われる corky core で切断しなければ症状の有無は認められない。第 3 図はポットで発生させた枝梢の B



Fig. 1. Boron deficiency symptoms in apple: Internal cork in Golden delicious fruits.

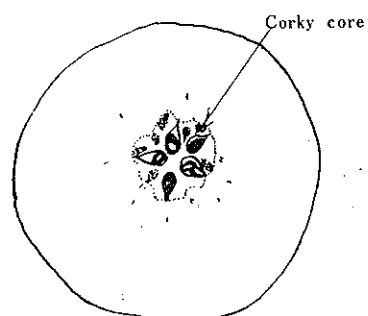


Fig. 2. Boron deficiency symptoms in Golden Delicious fruits: Slight corky core.

欠乏で、前年の生長が非常に良好でも新梢の先端は発芽せず、新梢下部の芽は発芽しても顕著な rosette を呈する。葉は細く、葉色は淡く、新梢の先端から枯れる。

1968 年には全体の 24.2% に B 欠乏が認められ、そのうち第 1 図のひどい症状が認められたのは 6 園で約 4% であった。また 1969 年の発生率は 18.2% で少なく症状の程度も軽かった。

土壌の種類による発生率を第 1 表に示した。土壌間の

Table 1. Degree of boron deficiency in each soil series.

	Per cent of deficient orchards in all soils	Percent of deficient orchards in each soils			
		Hiraka	Kitano	Kama-nogawa	Alluvial
1968	24.2(153)	21.3(75)	24.4(45)	21.7(23)	50.0(10)
1969	18.2(149)	9.4(72)	30.0(41)	24.0(25)	18.2(11)

(): Nos. of surveyed orchards.



Fig. 3. Boron deficiency symptoms in Golden Delicious apple: Rosette and dieback.

発生率の差は年により変異があり、本質的には差は認められなかったが、1968 年の沖積地では 10 園中 5 園に発生が認められた。

1968 年の B 欠乏がひどかつたことから、B 肥料の施用をすすめたが、その結果、実際に B を施用したのは 149 園中 92 園で実施率は 61.8% であった。兩年の B 欠乏発生についてみると、

兩年とも欠乏が発生した園は欠乏園全体の 52% で、1969 年だけに発生がみられた園は 48% であった。また B 施用の有無との関係を見ると、追跡調査を行なうことができた 33 園の内訳は下記のとおりで、B 施用の効果は施用当年においては認められなかった。また 1969 年の B 欠乏発生園 27 のうち、1969 年にはじめて発生が認められた園は 14 で、そのうち 1/2 は 1969 年に B を施した園であった。

1968 年の B 欠乏発生園(33) { 1969 年春 B を施用した園(16) { 1969 年にも発生 (6)
{ 1969 年に無発生 (10)
(B 施用の有無を追跡した園数) { B を施用せず (17) { 1969 年にも発生 (7)
{ 1969 年には無発生(10)

1969 年にだけ発生 { 1969 年春に B 施用(7)
1968 年に無発生(14) { B 無施用 (7)

B 欠乏の程度と土壌中の水溶性 B との関係

1968 年の B 欠乏園の土壌中の水溶性 B 含量は 0.8 ppm 以下であり、欠乏の程度がひどい園で特に低いわけでもなかった。正常園の B 含量も 0.8 ppm 以下が多く、0.8 ppm 以上の園は約 15% にすぎなかった。1969 年の水溶性 B は前年より全般的に高く、欠乏園では 1.0 ppm 以下であったが、正常園でも約 60% の園は 1.0 ppm 以下であった。

第 2 表で示したように、1968 年の正常園の水溶性 B の平均は 0.62 ppm で、欠乏園より 0.13 ppm 高かつただけで、1969 年には正常園で 1.03 ppm で欠乏園との差は 0.3 ppm であった。なお、土壌の種類による水溶

Table 2. The concentration of water soluble boron in soils of normal and deficient orchards in each soils.

		Soil series				Average	Range
		Hiraka	Kitano	Kamanogawa	Alluvial		
1968	Normal	0.63	0.67	0.59	0.34	0.62	0.16~2.48
	Deficient	0.50	0.52	0.53	0.40	0.49	0.23~0.79
1969	Normal	1.02	1.12	0.92	1.01	1.03	0.36~4.09
	Deficient	0.76	0.78	0.74	0.69	0.71	0.31~0.97

性B含量の差は認められなかった。

水溶性B含量と塩基飽和度との相関係数は1968年、1969年でそれぞれ-0.03, +0.08で関係は認められず、pH(H₂O)との相関係数は-0.05(1968), -0.08(1969)でともに関係は認められなかった。

B欠乏の程度と葉中B含量との関係

両年を通じてB欠乏園の葉中Bは約15 ppm以下であり、B欠乏の発生率と葉中B含量の間には、1968年は-0.547, 1969年には-0.420の相関係数が得られた。これに対して正常園の葉中Bは1968年は平均12.1 ppmで欠乏園より4 ppm高く、1969年も12.4 ppmで欠乏園より約4 ppm高かった(第3表)。

両年を通じて北野統の葉中Bは他の土壌より有意に高かった。これは土壌中の水溶性Bが他の土壌よりいくらか高い傾向にあつたためと、他の葉中成分の影響があるのではないかと考えられる。その他の土壌間では差が認められなかった(第4表)。

Table 3. The comparison of boron concentration in leaves of normal and deficient trees.

		Boron in leaves (ppm)	
		Range	Mean
1968	Normal	4.6~25.7	12.1
	Deficient	2.7~14.6	8.1
1969	Normal	4.1~34.0	12.4
	Deficient	2.4~21.3	8.6

Table 4. Boron concentration in leaves of each soil series.

	Average	Soil series			
		Hiraka ppm	Kitano ppm	Kama- nogawa ppm	Alluvial ppm
1968	11.1	10.3(82)	13.0(44)	10.7(26)	10.5(13)
1969	12.6	11.8(72)	14.3(41)	11.6(25)	13.0(11)

(): Nos. of surveyed orchards.

土壌中の水溶性B含量と葉中Bとの関係

B施用量と葉中Bとの関係 B欠乏土壌を使つて、B施用量と欠乏との関係をみるために1965年200l容のコンクリート・ポットにゴールデン・デリシャス苗を植えつけ、1967年春までBを施用しないで管理し、1967年春からBの施用量をホウ酸で1鉢当たり、0, 0.5, 2.0, 10.0 g施した。

B無施用区では1967年からB欠乏が生じ、1968年には2年枝まで枯れる程度のひどいB欠乏がみられた(第3図)。しかしBを施用した鉢ではどの処理にもB欠乏は認められなかった。各処理の葉中B含量は第5表に示した。分析に供した欠乏樹の葉はひどい rosette 状の葉ではなく、比較的正常に近い葉をとつた。1969年のB含量は1968年よりかなり高かったがこの理由は明らかでない。B欠乏のひどい葉のB含量は4.3~10.9 ppmで、

Table 5. The relation of leaf boron and boron deficiency of Golden Delicious apple trees grown in 200 l concrete pot (5-years old*)

Fertilized H ₃ BO ₃ (grams per pot)	Degree of boron deficiency	Boron concentration in leaves (ppm)	
		1968	1969
0	Dieback of shoots rosette leaves	4.3	10.9
0.5	Normal	18.8	36.2
2.0	"	17.8	49.1
10.0	"	21.9	66.1

* Planted in 1965, treated since 1967, means of 6-replications.

Table 6. The correlation coefficients between leaf boron and water soluble boron in soils of each soil series.

	All soils	Soil series			
		Hiraka	Kitano	Kama- nogawa	Alluvial
1968	0.433***	0.329**	0.478**	0.505**	0.498
1969	0.358***	0.185	0.544***	0.117	0.430

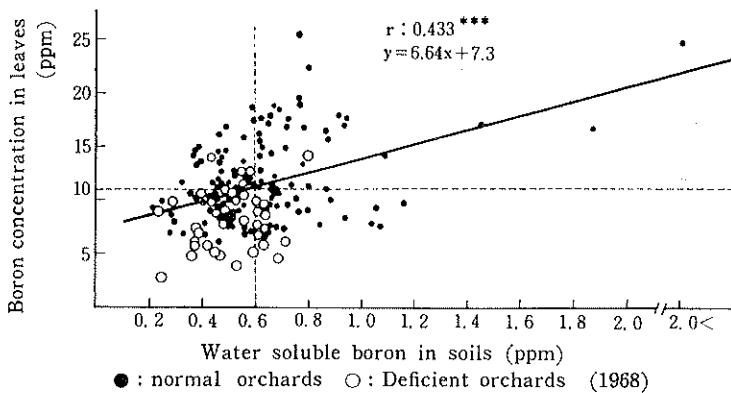


Fig. 4 The relationship between boron deficiency and boron concentration in leaves and soils. (1968)

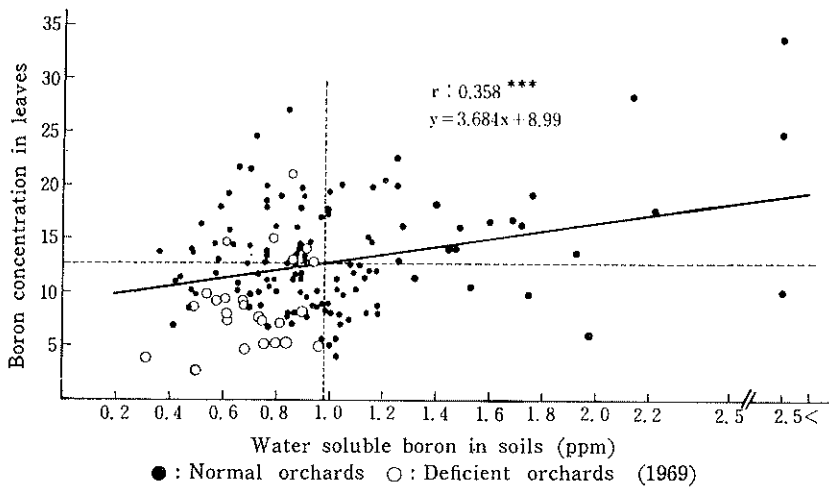


Fig. 5. The relationship between boron deficiency and boron concentration in leaves and soils. (1969)

17.8 ppm 以上では欠乏は認められなかつた。

B 欠乏と土壤中 B, 葉中 B の関係 兩年とも土壤中の水溶性 B と葉中 B との間にはある程度の相関関係が認められ、特に北野統では密接な関係が認められた (第 7 表)。

1968 年の結果についてみると (第 4 図), 欠乏園は土壤中 B が 0.8 ppm 以下と葉中 B が 15 ppm 以下の範囲に包括された。しかしこの中には 82 園の正常園も含まれており、これは正常園の約 67% に相当している。また 1969 年の結果では (第 5 図), 1 例を除いて欠乏園は土壤中 B が 0.98 ppm 以下と葉中 B が 15 ppm 以下に包括されており、この範囲に含まれていた正常な園は全正常園の約 44% であつた。

1968 年と 1969 年の土壤中 B にはかなり差が認められたので、欠乏の診断は葉分析による方が年による変異が

少ないと考えられる。しかし土壤中の B によつて補正しなければ正確度はきわめて低くなる。この傾向は 1969 年において特に顕著であつた。兩年の結果を総合して、土壤中の B 含量が 1.0 ppm 以下、葉中 B が 15 ppm 以下の範囲を B 欠乏発生の可能性のあるものとみることができる。そしてこの範囲に含まれる園のうち、1968 年は約 30%, 1969 年は約 32% の園に確実に B 欠乏が認められた。

考 察

リンゴの B 欠乏と品種との関係に

についての報告はあまりみあたらないが、経験的には紅玉での発生が多く、ゴールデン・デリシャスは特に B 欠乏の発生しやすい品種ではない。B 欠乏の被害として問題とされるのは、サビ、裂果、早期落果、果肉の corky spot などによつて果実の商品価値が低下する場合にほぼ限られており、この試験のように果心部にわずかに corky core が認められ、それが商品性に影響をおよぼさない場合は問題視されなかつた。こ

の試験の結果では土壤の母材のいかんにかかわらず、20% 前後の園に corky core が認められたことは、他の地域、他の品種においてもかなり広範囲にわたつて B の潜在的欠乏が存在する可能性を示すものであろう。B の欠乏はわが国のような酸性土壤においてはホウ素肥料の施用によつて治癒させることはできるが、なお土壌分析、葉分析などでの診断によつて欠乏の発生を未然に防ぐ努力はきわめて重要であらう。

B の欠乏は土壤中の B 含量と気象によつて非常に影響されるといわれ⁷⁾、6~7 月の生育前期の乾燥年に発生しやすいとされている。

本県における 1968 年と 1969 年の降雨量を平年と比較すると (第 6 図), 兩年とも 6 月の降雨量は平年の 1/2 で、7 月上旬も 1/2 かそれ以下であつた。それ以外の時期における降雨量には一定の傾向がみられなかつたこと

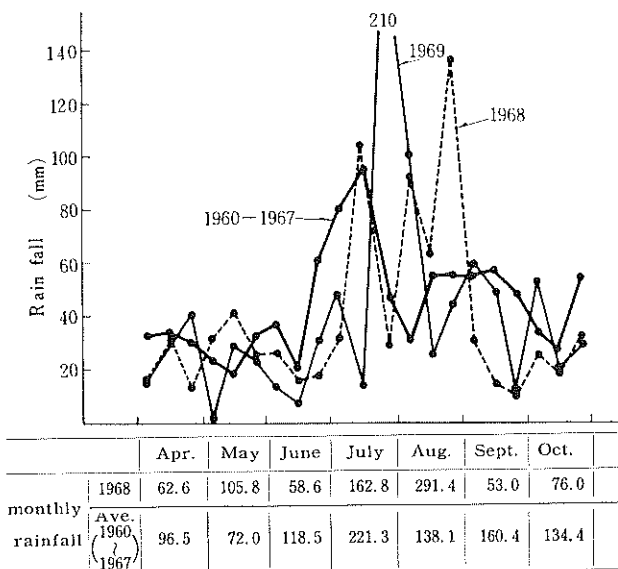


Fig. 6. Monthly rainfall in 1968, 1969 and average from 1960 to 1967.

から、空梅雨の年とか梅雨の時期が遅れた年に欠乏が生じやすいと考えられる。

酸性土壌におけるB欠乏は土壌中Bの不足によると考えられ、B欠乏園の土壌Bは低いといわれる。WOODBIDGE¹⁰⁾によればCO₂で飽和した水によつて抽出されるBは欠乏園で0.12~0.19 ppmであり、B施用園では0.42~2.32 ppmであつたが、園が違えば0.05~0.08 ppmでも欠乏がでなかつたとしている。THOMSON⁷⁾はB欠乏地帯の土壌で1/20 N HClによつて抽出されるBは非常に低かつたが、欠乏の程度と土壌中B含量との間には満足のゆく相関々係は得られなかつたと報告している。

一般にリンゴは土壌中の可給態Bが0.5 ppm以上必要な作物とされているが¹¹⁾、そさいでも0.3~0.5 ppmで欠乏が発生し、岩田⁵⁾はハクサイでB欠乏がみられた土壌のB含量は0.7 ppmであつたが、正常園との間に差は認められかつたとしている。

この試験で1968年は土壌中の水溶性Bが0.8 ppm以下、1969年には1.0 ppm以下で欠乏が生じ、今までの研究結果とほぼ一致した。しかし、B欠乏の程度との間には相関々係は認められず、また欠乏範囲に含まれる土壌でも正常な園が多数に存在したことから、土壌中のBによる明確な診断は困難であろう。

B欠乏をひき起す葉中B含量について ASKEW¹⁾は紅玉のE欠樹で9~17 ppm、正常樹で18 ppmと述べたが、別の試験²⁾で94%以上の果実にinternal corkがみら

れた紅玉の葉中Bは20.4 ppmであり、8%の被害がみられたデリシャスの葉中Bは15.1 ppmであつたと報告している。またWOODBIDGE¹⁰⁾によると75~100%の果実にdrought spotがみられた葉中Bは14~21 ppmで、被害が5%以下の葉中Bは18~26 ppmであつたとしている。BURRELL³⁾はinternal corkに対するBの散布と土壌施用について3年間研究し、土壌無施用の葉中Bは23.9~26.3 ppm、施用区では26.0~31.0 ppmであつたと述べ、長井²⁾は水耕で粗皮病に対するBの効果を試験し、B欠樹の葉中Bは5~2 ppmであつたのに対し、正常樹のそれは13~18 ppmであつたと報告している。研究者により、品種により、B欠乏樹の葉中B含量を決定することは困難であるが、RUSSEL⁸⁾が述べているように欠乏をひき起す大よその葉中B含量を14 ppm以下とするのが平均的な見解であろうと思われる。

この試験でも今までの研究結果とほぼ同じく、欠乏は15 ppm以下で生じたが、同時に正常園でも15 ppm以下の園がかなり存在した。このようなoverlappingが認められるのはBの場合普通のことではあるが、この試験では欠乏の有無を20~30果で行なつたために、欠乏の見落しがかなりあるものとみななければならない。欠乏を見落す機会は葉中Bが高い園でもあるわけであるが、実際に見落したかも知れない園は土壌中Bが低く、葉中Bも低い園で多かつたものと推測される。

次に問題となるのは葉中の他の成分とBの関係であろう。CaとBの関係は特に密接といわれ、リンゴではないがCa/B比が600あるいはそれ以上になるとB欠が生ずるといわれ⁶⁾、THOMAS⁹⁾はリンゴでもそれが適用されるだろうと述べている。またK、NもB欠乏が多くするとされており、岩田⁵⁾はハクサイでK/B比3000を欠乏限界としている。この試験での他要素との関係はなお検討中である。

以上の結果を総合して、土壌中の水溶性Bが1.0 ppm以下、葉中Bが15 ppm以下の園においてB欠乏発生の危険があり、この範囲に含まれる園では少なくとも30%以上の園にB欠乏が生ずると言えよう。

摘 要

1. B欠乏と葉中B、土壌中Bとの関係を明らかにするため、1968年には153園、1969年には149園のゴールデン・デリシャス園について調査した。B欠乏は1968年には調査園の24.2%に、1969年には18.2%に認められた。

2. 土壌中の水溶性Bは1968年には0.16 ppmから2.48 ppmの変異がみられ、平均は0.62 ppmであった。1969年には0.36 ppmから4.09 ppmの変異がみられ、平均は1.03 ppmであった。

3. B欠乏の程度と葉中Bとの間には、1968年には0.537, 1969年には0.420の負の相関係数が得られた。欠乏園の葉中Bの平均値は、1968, 1969年にそれぞれ8.1, 8.6 ppmであり、正常園のそれは12.1, 12.4 ppmであった。

4. 土壌中のBと葉中Bの間には1968年には0.433, 1969年には0.358の正の相関係数が得られた。結果を総合して、土壌中の水溶性Bが1.0 ppm以下、葉中Bが15 ppm以下の範囲に含まれる園ではB欠乏発生の危険があり、それらの園のうち少なくとも30%の園には明確な欠乏がみられた。

謝辞 この研究を実施するに当たり、終始御援助をいただいた今喜代治場長と場員各位、および科員の佐々木美佐子、和賀ルリ子、小原幹子の皆さんに深謝の意を表す。またBの分析方法について山形県園試の深井尚也氏の御教示を得た。記して感謝の意を表す。

引用文献

1. ASKEW, H. O. 1935. The boron status of fruit and leaves in relation to "internal cork" of apples in the Nelson district. *New Zealand J. Sci. Tech.* 17: 90 a—91 a.
2. ASKEW, H. O., and E. CHITTENDEN. 1936. The use of borax in the control of "internal cork" of apples. *J. Pom. Hort. Sci.* 14: 227—245.
3. BURRELL, A. B., D. BOYNTON and A. D. GROVE. 1952. The boron content of McIntosh apple leaves and fruits in relation to symptoms and methods of application. *Phytopathology* 42: 464.
4. 石居企救男・森 雄. 1968. 農技研編: 畑, 樹園地, 草地, 林地における土壌肥沃度診断のための土壌養分測定法. pp. 458—460.
5. 岩田正利・小西忠彦・徳永雄治. 1970. ハクサイの硼素欠乏. 農及園. 45 (5): 837—838.
6. 長井晃四郎・一木 茂・泉谷文足ほか. 1969. リンゴ枝幹皮部の栄養障害に関する研究 (第2報). ホウ素欠除による皮部障害の発生について. 青森りんご試報告. 13: 28—38.
7. OBERLY, G. H. 1966. Apple nutrition. In CHILDER, N. F.: *Nutrition of fruit crops* pp. 35—38. New Jersey, U. S. A.
8. RUSSEL, D. A. 1957. Boron and soil fertility pp. 121—128. In *Soil, the 1957 year book of agriculture* U. S. D. Agr.
9. THOMAS, W., W. B. MACK and F. N. FAGAN. 1946. Foliar diagnosis: Boron in relation to the major elements in apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 47: 26—24.
10. WOODBRIDGE, C. G. 1937. The boron content of apple tissues as related to drought spot and corkycore. *Sci. Agr.* 18: 41—48.
11. 吉田昌一. 1961. 土壌および河川による養分の天然供給: 小西千賀三, 高橋治助編. 土壌肥料講座 1: 40.