

リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究

第10報 土壤の深さと地上部の生育 との関係

山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄・鈴木栄司*

目	次
I. 緒言	73
II. 材料と方法	73
III. 結果	75
IV. 考察	78
V. 摘要	81
VI. 引用文献	81

I. 緒言

リンゴの根圏をとりまく土壤の物理性と根の発育、および地上部の樹勢との間には密接な関係があることは Boynton⁽¹⁾, Oskamp^(9, 10) の詳細な研究によって明らかにされたが、わが国のリンゴ園土壤では彼らが報告しているような明白な関係を見いだすことは困難である。この理由は土層の深さ、すなわち根圏の大きさの差に基づく樹勢の差をmaskする要因が多いためと考えられている。この要因には土壤管理法や施肥量、あるいはせん定の強さなどが含まれるとみられ、なかでも集約的な施肥管理は土壤の良否による差をうち消しているものと想定されてきた。

一方、果樹園の生産力判定や新植地土壤の生産力を評価するに際して、土壤の深さ（有効土層）は重要視され、一応の判定基準が設けられているが^{(5) (6)}、リンゴでの裏づけに欠けている。

この試験は、リンゴ土壤は深いほどよいのか、ある程度深ければよいのか、あるいは浅い土壤でも施肥管理によって十分に補うことができるのか、などの疑問に答えるために行なったものである。

試験対象地域の大曲市中沢地区の集団リンゴ園では、1968年にビター・ピットの発生がひどかったために、1969年春の施肥は行なわなかった。そのために全園の葉色に変化があらわれた。調査は1969年の夏から秋にかけて行なった。

II. 材料と方法

I. 調査樹の選定

調査地の大曲市中沢農事組合の共同リンゴ園約10haは1963年秋に3年生樹を植栽したもので、調査時の樹令は8年生で、品種の主体はゴールデンデリシャスとスターキングデリシャスであり、一部にふじも植えられていた。ビター・ピットの大発生がみられた1968年の施肥量は10 a 当たり N =

*大曲普及所

12 kg、 $P_2O_5 = 3$ kg、 $K_2O = 6$ kg であった。

試坑位置は丘陵の上、中、下部にわたってゴールデン13樹、ふじ4樹の樹冠下とし、試坑に隣接してスターキングが存在した地点ではスターキングも調査の対象とした。なお、試坑No.9は鼠害のため成績から除外した。

2. 土壌調査法

地形と調査試坑の位置は第1図に示した。

この地帯の丘陵は第三紀凝灰岩からなり、緩傾斜ないしは山麓部は表層に腐植質火山灰の堆積がみられた。

土壌の一般的な調査は常法⁽⁵⁾で行なったが、そのほかに根群の分布と主要根圏土層の深さを測定した。方法は次のとおりである。

試坑は主幹から2 m離れた位置を選び、主幹に対して直角に巾1 mの試坑を掘った。試坑の深さは根群が比較的浅かったために

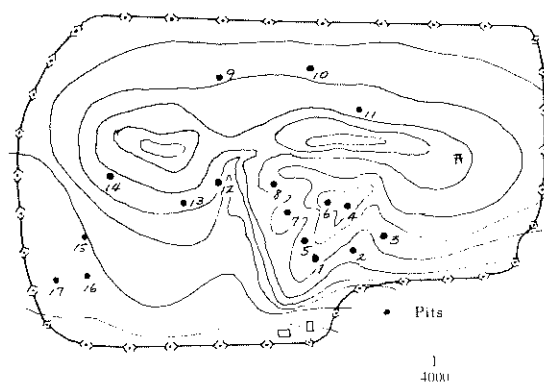
60-80 cmであった。根群の垂直分布の測定は巾1 mの試坑壁を10 cmの厚さに崩し、その中に含まれている根を20 cmの深さ別に採取し、洗浄後新鮮重を秤量した。

根が見いだされる深さを有効土層としたが、それとは別に樹勢と密接な関係があると想定される土層の深さを設定し、これを主要根圏土層と呼んだ。この土層の深さは前記の調査方法によって得られた深さ別の根量を用いて、また表土は土壌型Iでは基岩に達するまでの深さとし、土壌型IIでは土色によって下層とわけた(第1表)根量の70%が存在する土層の深さとした。

第1表 調査地域の土壌型と土性

Table 1. Soil types and soil texture of orchard employed in this study

Soil type	Color (Wet soil)	Hardiness	Texture			
			HC	LiC	SiC	SiCL
I Surface soil	7.5YR 2/3 - 4/3	21	4	—	1	—
Subsoil	10YR 5/8 - 7/8	30	—	—	—	—
II Surface soil	10YR 3/4	20	2	2	2	1
Subsoil	10YR 5/8 - 6/8 - 7/6	23	2	3	2	—
III Surface soil	7.5YR 1/1 - 4/3	18-20	—	1	1	—
Subsoil						



第1図 調査地区の試坑位置

Fig. 1. Pits distribution in apple orchard employed in this study.

3. 分析法

土壤の置換性塩基の浸出はセミマイクロSchollenberger 法⁽⁷⁾により、置換性カルシウム、マグネシウムの測定は関谷らの方法⁽⁸⁾によって原子吸光分光光度計（日立 207型）で行なった。

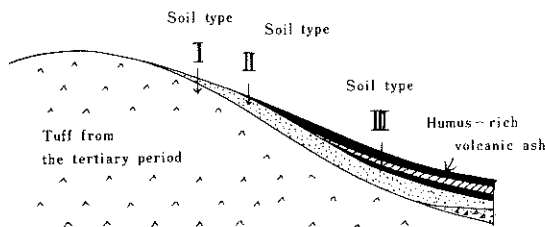
可給態窒素は塩基飽和度が80%になるように炭酸カルシウムを加えた後、Bremner⁽⁸⁾のピーカー培養法によって行なわれた。

葉分析試料は9月24日に採葉し、同時に葉色を測定した。葉色はエチルアルコールでクロロフィルを抽出後、Guthrieの標準液を用いて 655 m μ のフィルターを用いて吸光度を測定した。

III. 結 果

1. 土壤の物理化学性

調査地の土壤は次の3種に大別することができた。（第2図）



第2図 地型と土壤型

Fig. 2. Topography and soil type in this area.

I. ……下層に第三紀凝灰岩の基岩が認められ、表層に腐植質火山灰の堆積が認められない。

II. ……下層に第三紀凝灰岩を母材とする埴土が認められ、表層は褐色の土壤でおおわれている。

III. ……下層まで腐植質火山灰

ないしはそれと第三紀土壤との混合した土壤の混層からなりたっている。

(1) 土壤の物理性

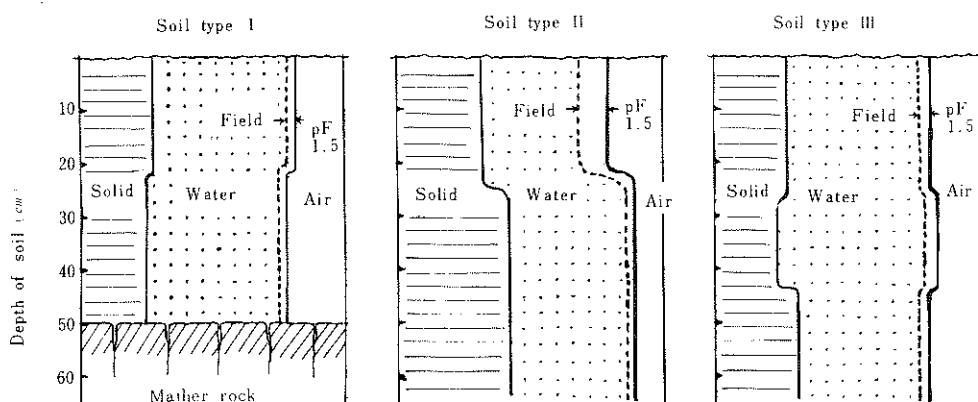
基岩の色は大部分が黄褐ないし明黄褐で、一部に10YR 7/3の灰黄橙があったために、それに由来する埴土（IIの下層）の色も同一であった。表層は腐植質火山灰の混入によって黒褐ないしは暗褐であったが、IIIでは複雑に層が重なっており、かなり下層にも7.5YR 1/1の腐植質火山灰土壤の層がみられた。

基岩の硬度は山中式土壤硬度計で30前後であり非常にもろかった。表層の硬度は20前後でや、硬い土壤であった。

透水通気性は山中式による測定で、IとIIの表層は平均して0.2、IIIの表層は0.4であった。また下層土はIが0.5に対してIIは0.8、IIIでは0.6であった。

土性は表で示したように、Iでは表層から下層までHCであり、IIでは表層はHCないしSiCで下層はHCないしLiCであった。IIIに属する試坑は2試坑にすぎなかったが、土性はLiC—SiCであった。

各土壌型の代表的な三相分布は第3図に示した。IIはIとIIIに比較して下層土の固相が大きく、気相は表層の $\frac{1}{2}$ であった。



第3図 各土壌型の三相分布

Fig. 3. Three phase distribution of each soil type.

(2) 土壌の化学性

土壌の化学性は第2表に示した。Iの表層の腐植は4-5%で、深さが増すにつれて少なく、P H (H_2O) は4.6前後で強酸性、置換酸度は80-100で出羽丘陵の第三紀凝灰岩土壌の特徴が顕著であった。置換容量は非常に高かったが塩基含量は非常に低く、特に置換性カルシウムは1 me

第2表 各土壌型の化学性

Table 2. Chemical properties of each soil

Soil type	Depth of soil (cm)	Humus (%)	PH		Titratable acidity (y)	CEC (me/100 g)	Exchangeable cation (me/100 g)			Per cent of base saturation	Available nitrogen (mg/100 g)
			H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K		
I	10	4.74	4.60	3.91	86.1	37.8	1.55	2.13	0.48	11.0	6.07
	20	3.51	4.66	3.90	91.5	36.1	0.68	1.67	0.33	7.4	3.02
	40	2.85	4.58	3.81	103.8	36.7	0.77	2.08	0.31	8.6	2.17
II	10	6.71	5.03	4.15	33.0	30.1	0.79	0.71	0.47	6.5	3.79
	20	4.30	5.02	4.14	38.9	25.3	0.52	0.94	0.29	6.9	2.05
	40	1.48	5.05	4.03	54.9	24.6	0.90	1.60	0.18	10.9	1.37
III	10	8.99	5.08	4.06	41.3	43.5	2.01	0.84	0.33	8.6	9.16
	20	9.10	5.16	4.00	43.1	37.0	1.99	1.18	0.29	9.4	3.94
	40	4.87	5.26	4.12	33.9	27.9	2.01	1.62	0.21	13.8	4.11
	60	10.19	5.10	4.03	61.3	50.4	0.30	1.44	0.28	4.0	3.37

※ Soil was added $CaCO_3$ to 85% of base saturation, then incubated and extracted by Bremner's method.

にみない場合が多く、そのために20cm以下の土壌の塩基飽和度は10%以下であった。

IIの表層の腐植含量はIより高く、立地条件から考えておそらく腐植質火山灰の混入があったものとみられる。PH(H₂O)は5.0前後で、 y_1 もIより低かったが表層で30-40、下層で50-65であった。置換性カルシウムは表層から下層まできわめて低く、塩基飽和度は10%以下であった。

IIIは混層であるために腐植含量の変動がはげしく、腐植の多い層では約10%、低い層で約4%であった。PH(H₂O)は5.1-5.2で、I、IIよりも高く、 y_1 もIより低かった。一般に腐植質火山灰土壌では y_1 が第2表のように高い場合には非常に劣悪な土壌とみられるが、この場合は傾斜地上部の第三紀土壌が混入したためとみられ、普通の火山灰土壌における y_1 と同じ評価はできないであろう。置換性カルシウム含量は最下層を除いて約2meで、I、IIより高かったが、塩基飽和度は10%以下であった。

なお、この調査地域のりん酸吸収係数は1020-1780で腐植質含量が多い土壌で高かった。

(3) 可給態窒素

可給態窒素と腐植含量とは密接な関係があり、両者の相関係数は0.654**であったが、表層土壌の可給態窒素は下層よりも高く、腐植含量が同じであれば表層の可給態窒素は約2倍であった。また土壌型ではIIIの可給態窒素が最も高く、ついでI、IIの順であった。

2. 地上部の生育との関係

(1) 有効土層との関係

ゴールデンでは幹周、新梢長、果実の横径、葉色、葉中N含量などと有効土層との間にはまったく相関関係は認められなかった。スターキングでもほぼ同様であったが、葉色(クロロフィル含量)との間に0.647*の相関係数が得られた(第3表)(第4図)。

第3表 地上部の生育と土壌の深さとの関係

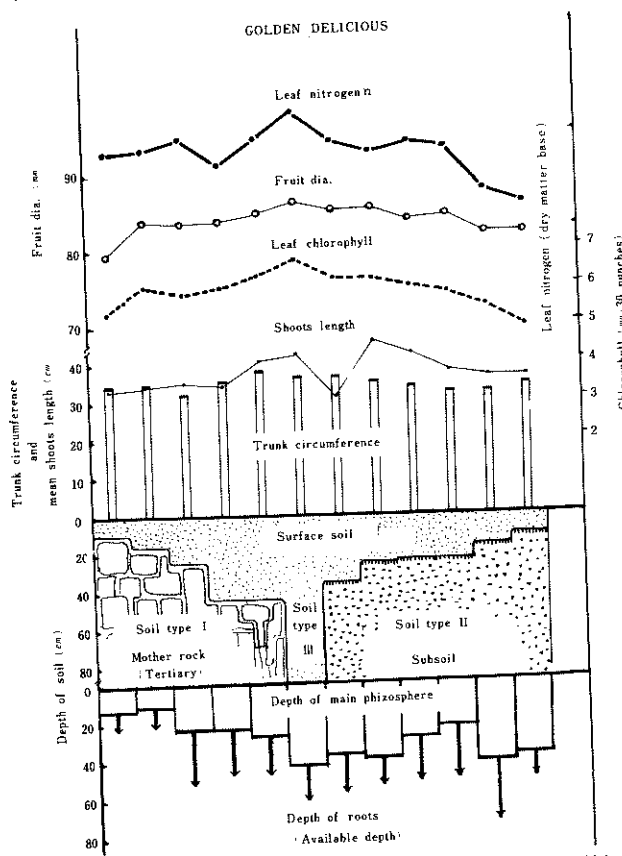
Table 3. The correlation between soil depth and tree growth

Variety	Soil depth	Correlation coefficient between soil depth and top growth				
		Trunk girth	Shoots length	Fruit diameter	Leaf chlorophyll	Leaf nitrogen
Golden Delicious	Available depth (depth of roots)	-0.216	0.246	0.386	0.142	-0.115
	Depth of main phizosphere (a)	0.019	0.423	0.373	0.129	-0.172
	Depth of upper soil	0.515	0.318	0.716 *	0.799 **	0.649 *
	Available nitrogen (b)	0.580	0.400	0.625 *	0.740 *	0.670 *

Starking	Available depth	0.243	0.035	0.301	0.647 *	0.226
Delicious	(depth of roots)					
	Depth of main	0.390	-0.226	0.215	0.807 **	0.497
	phizosphere (a)					
	Depth of	0.477	0.441	-0.526	0.773 *	0.699 *
	upper soil					
	Available	0.283	-0.055	-0.277	0.715 *	0.608
	nitrogen (b)					

a) In this depth, 70 per cent of roots (weight) was found

b) Means from surface to 40 cm. depth



第4図 ゴールデンの生育と土壌の深さ及び根の深さとの関係

Fig. 4. The relation of soil depth and tree growth of Golden Delicious.

(2) 主要根圏土層との関係

根群の70%が見いだされる土層の深さ、すなわち主要根圏土層と地上部との関係は、有効土層の場合と同じく、ゴールデンではまったく相関関係は見いだされず、スターキングの葉色との間にだけ正の相関関係が見いだされた。

(3) 表土の深さとの関係

ゴールデンでは生育と表土の深さとの間にかなり密接な関係が認められ、表土の厚さが増すにつれて果実は大きく、葉中窒素と葉緑素含量は上昇した。しかし幹周や新梢長との間には有意な相関関係は認められなかった。スターキングでは葉中窒素と葉緑素含量が表土の厚さと正の関係があった。

(4) 土壌中の有効態窒素との関係

ゴールデンの果径、葉中窒素および葉緑素含量が土壌中の有効態窒素の影響

を受けた。またスターキングでは葉緑素含量だけが土壌中の有効態チツソと関係があった。スターキングの葉中窒素も有効態窒素が増すにつれて高まる傾向はみられたが有意ではなかった。

IV. 考

察

1. 土層の名称について

有効土層の定義として「果樹園土壌の生産力に関する研究」⁽⁶⁾によれば、「果樹の根がかなり自

由に貫入しようと認められる物理状態の土層を意味し、基岩、磐層、ち密層あるいは極端な礫層までを考える。ことになっている。そしてち密層は山中式硬度計でおよそ25以上としている。また表土については“表土は主要な養分吸収の場としての主要な深さ”とし、“根の養分吸収の場としての主要な深さとは土壤断面において細根群がち密に分布していることが観察される深さをいうことにする”と定義されている。

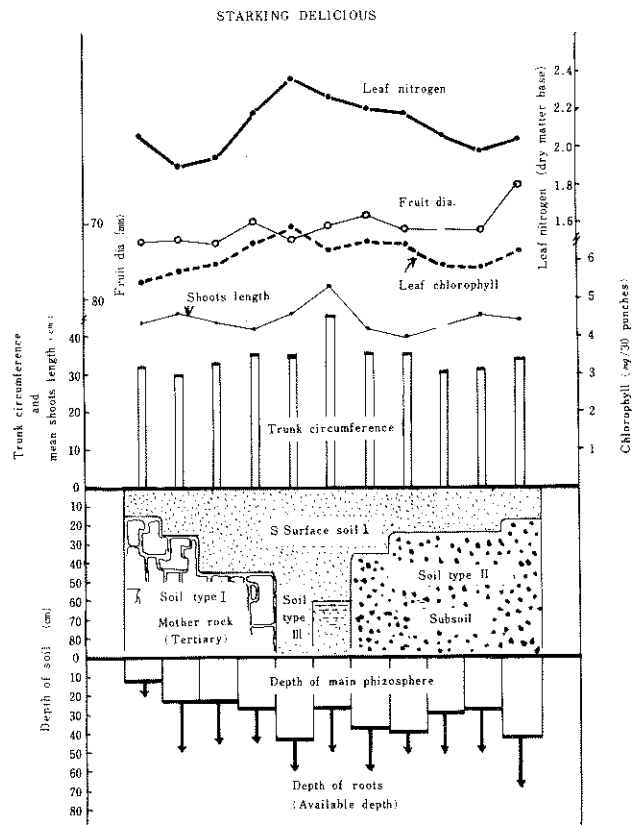
この報告では根が見いだされる深さを有効土層とし、約70%の根群が見いだされた深さを主要根圏土層とし、表土は土壤型Ⅰでは基岩までの深さを、土壤型Ⅱでは色層序によって下層土と分けた。これを上記の定義と対比すれば、有効土層については同じであるが主要根圏土層は上記の定義の表土に相当する。

第4、5図でみられるように土壤型Ⅱの主要根圏土層の深さは色層序によってわけた表土よりもかなり深くなったが、これは下層土の孔隙率が約10%で根の生育限界の6—7%よりかなり高く、⁽³⁾⁽⁴⁾ち密度も23で根の侵入がかなり認められたためである。

2. 植生との関係

幹周と新梢長は有効土層の深さや主要根圏土層の深さ、あるいは表土の厚さのいずれとも密接な関係が認められなかった。幹周は植付け当初から今までの樹の生長量の積算とみなされるものであり、新梢長も単年度の影響よりも今までの状態をよくあらわす要因であるから⁽¹⁾、これらの生長要因が上記のいずれの土層とも密接な関係が認められなかったことは、植付け時から調査時までの5年間の生育が土層の深さの影響をほとんど受けていなかったことを意味するものである。

一方、葉緑素含量と葉中窒素は表土の厚さや、その中の有効態窒素の影響を受けた。これは春先から窒素の供給が断たれた結果、窒素の需要は樹体内に蓄積されていた窒素と表土に含まれていた窒素の吸収によってまかなわれ、表土が厚い所では吸収された窒素が多かったためであろう。



第5図 スターキングの生育と土壤の深さ及び根の深さとの関係

Fig. 5. The relation of soil depth and tree growth of Starking Delicious.

調査地域において、もしも数年間窒素が施されなかったり、あるいは窒素施肥量が非常に少量であったとすれば、調査年においてみられたように表土の厚さは樹の窒素栄養に大きな影響を及ぼすから、生育にも当然差が生じたであろうと考えられる。しかし実際には幹周や新梢長に差が認められなかったため、表土の深さの差は施肥によってmaskされたと考えられる。

調査地域は1963年の植付け以来、1968年まで普通の施肥がなされてきており、この施肥量は同地域内で実施中の施肥量試験に照らしてみても、十分というよりむしろ過剰であった⁽¹²⁾。

第4表の可給態窒素量は10aに換算すればかなり多量になるが、これは塩基飽和度を85%に調整して得られた結果であり、窒素供給の多少を示すものではあるが、これが吸収される量ではない。むしろ培養前の土壌に含まれる可給態窒素とより密接な関係があると考えられたので、代表的試坑について、炭酸カルシウムを加えない培養前の土壌の2N KClで抽出された窒素を第4表に対

第4表 培養前と培養後の可給態窒素の比較

Table 4. The comparison of available nitrogen extracted before and after incubation

Depth of soil (cm)	a)	
	Before incubation (N mg/100 g)	After incubation (N mg/100 g)
0 - 10	1. 8 5 4	8. 1 4 4
10 - 20	1. 5 0 0	3. 9 1 9
20 - 40	1. 2 2 2	2. 8 8 6

a) Means of pits No. 2, 3, 4, 15, 16 and 17.

比して示した。同地区で実施中のチッソ施用量に関する試験から考えれば、樹によって吸収される実際の窒素量は培養前の窒素量に近いものと考えられ、この可給態窒素の試坑による差は10aあたり6kgの窒素の施用によって完全にmaskされてしまうものとみなすことができる。

この試験における表土の厚さは土壌型Iでは10cmから50cmまで、IIでは10cmから35cmまでの変異が認められたが、このような差が施肥によって打ち消されるものであるならば、リング栽培にとって土層が深い必要はなさそうに思われる。Oskamp⁽⁹⁾らによれば、ほとんどの土壌ではリングの根の3/4以上は深さ16インチ以内に存在し下層の根量は少ないとしながらも、下層のわずかな根の広りは果樹栽培を安定にしているように思われると述べ、実際に根が深く入っている果樹園の生産力は高いと報告している。同じことは他の研究者⁽¹⁾⁽⁴⁾によっても報告されている。

根が深いほど果樹栽培が安定していると言われる理由の一つは水分であろう。森ら⁽²⁾は砂丘地のナシ園を調査して、低湿地の砂丘に植えられているナシは砂丘の上部に植えられているものより乾燥害を受けやすいと述べており、その理由は根群の深さによるものであろうと考察している。

この調査がなされた地域は乾燥害はほとんどなく、この土壌の塩基置換容量も高かったため普通

の施肥量によって土層の相違がmaskされたものと考えられる。

以上の結果から、少なくとも次のように結論することができる。“秋田県南部の第三紀凝灰岩を母材とする地域では、合理的な施肥を行えば、園地の土壌は浅くてもリンゴの経済的栽培は可能である”、なお、樹令が古くなった場合の衰弱の可能性も考えられなくはないが、同じような立地条件で尾根に植えられた30-40年生樹で、今もなお栽培が続けられている事例が多い。

V 摘 要

第三紀凝灰岩に由来する土壌と腐植質火山灰土壌を含むリンゴ集団地を選び、土壌の深さとリンゴの植生との関係を調査した。調査は8年生ゴールデンとスターキングを対象に行なった。これらの樹の前年の施肥量は $N-P_2O_5-K_2O$ それぞれ10 a 当たり16-4-8 kgで、調査年は無施肥であった。結果は次のとおりであった。

1. 調査地域の土壌は強酸性で y_1 が高く、塩基置換容量は高かったが置換性塩基に乏しく、特に置換性カルシウムは低かった。
2. 有効土層や主要根圏土層の厚さは両品種の幹周、新梢長、果実の横径、葉中窒素含量などに影響を及ぼさなかった。
3. 表土の厚さと両品種の葉中のクロロフィルと葉内窒素含量との間には密接な関係が認められた。
4. この調査地域では樹の生長に及ぼす土壌の深さの影響は普通量の施肥によってmaskされるので、土壌が非常に浅くてもリンゴの経済栽培は可能と考えられた。

VI. 引 用 文 献

- 1) Boynton, D. (1938) · Soils in relation to fruit growing in New York. Part XIII. Seasonal fluctuations of soil moisture in some important New York orchard soil types. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 706.
- 2) 森英男・巢山太郎・山崎利彦・(1953) · 秋田県下における砂丘ナシ園に関する調査。園学雑22 : 145-148 .
- 3) 森田義彦 · (1955) · 果樹園土壌の研究 (前編) · 農技研報 · E 4 : 1-144.
- 4) “ · (1956) 果樹園土壌の研究 (後編) 農技研報 · E 5 : 65-162.
- 5) 農林省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。
- 6) “ (1971) · 果樹園土壌生産力に関する研究。
- 7) 農林省振興局 · (1959) · 土壌分析法、地力保全対策資料1号。
- 8) 農林省農林水産技術会議事務局監修 · (1970) · 土壌養分分析法、土壌養分測定委員会編・養賢堂。

- 9) Oskamp, J., and L. P. Batjer. (1932) · Soils in relation to fruit growing in New York. Part II. Size, production, and rooting habit of apple trees on different soil types in the Hilton and Morton areas, Monroe Country.
Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 550.
- 10) Oskamp, J., and L. P. Batjer. (1938) · Soils in relation to fruit growing New York. Part XII. Tree behavior on important soil profiles in the Peru, Plattsburg and grown point areas in Clinton and Essex Counties. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 705.
- 11) 山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄・(1970)・リンゴの窒素施用基準の設定・第1報 国光、ゴールドデンデリシャスの葉内無機含量、生育、収量、果実品質に及ぼすN制限の影響・秋果試験報。3:1—33.
- 12) 山崎利彦・新妻胤次・松井巖・(1972)・リンゴ(ゴールドデン)の収量低下をひきおこす葉中N含量について、昭和47秋季園芸学会発表要旨。

Studies on the soil fertility of apple orchard

X. The response of growth to depth of soils.

Toshihiko Yamazaki, Tanetugu Niizuma, Tatuo Taguchi, and Eiji Suzuki.

Summary

In 1969, a survey was designed to find the response of apple trees to different depth of both soils, Tuff from the tertiary period and humus-rich volcanic ashes. Apple trees used in this study was Golden Delicious and Starking Delicious of 8 - year old, and these trees were supplied nitrogen, phosphorus and potassium at rate of 12, 4, and 8 Kg per 10 are in 1968, and no fertilizer was used in 1969, The results as follows.

1. The analytical data of both soils showed high titratable acidity (y_1), high cation exchange capacity, and low exchangeable cation.
2. No effect of available depth and depth of main rhizosphere on growth of trunk girth, shoots elongation, fruit development, and leaf nitrogen was observed for both varieties.
3. High correlation was obtained between depth of upper soil and chlorophyll and nitrogen content in leaves.
4. In this area, since the effect of soil depth on tree growth has been masked by common fertilization, an apple orchard would be able to work economically.