

# 各種分析法による土壌中のリン酸含量とリンゴ、 ナシ及びモモ樹の生育、収量及び 果実品質との関係

建石繁明・熊代克巳

信州大学農学部 果樹園芸学研究室

## I 緒 言

著者らはさきに<sup>10,21)</sup>、有効態リン酸をほとんど含まない火山灰土壌に、リンゴ、ナシ、モモ及びブドウを植え、生育及び果実収量に対するリン酸の肥効を調べた。その結果、各果樹とも、リン酸無施用区では生育及び収量が極端に劣り、比較的少量（リン酸吸収係数の2.5%相当量）の施肥によって、生育及び収量が著しく増大した。しかし、それ以上にリン酸を増施しても、肥効はそれほど顕著ではなかった。そして、リン酸施肥による土壌中の有効態リン酸含量の増加度を Truog 法によって調べたところ、少量施肥の場合には大して増加しておらず、さらに多量（リン酸吸収係数の5%及び10%相当量）に施肥した場合に初めてかなりの増加が認められた。つまり、リン酸施肥にともなう有効態リン酸の増加度と生育及び収量の増加度との間にかかなりのずれのあることが判明した。なお、前報でははち試験であったため、試験を短期間で打ち切らざるを得ない欠点があった。

そこで今回は、やや大型の試験枠を用いて長期間にわたる試験を計画し、そしてまず最初に、Truog 法を含めた種々の方法で分析した土壌中の有効態リン酸含量と生育及び収量との相関を求め、果樹に適合した土壌リン酸の分析法を見出すことを試みた。

## II 材料及び方法

供試土壌は、信州大学農学部構内の未耕地火山灰土壌の第3層（黄褐色植壤土）及び既耕地の表層土壌（腐植質植壤土）を採取して、未耕地下層土壌と既耕地表層土壌を約3対1の容積比に混合した土壌を用いた。その土壌の有効態リン酸含量は、乾土100g当り、0.2N塩酸抽出法では1.46mg、Truog 法では0.25mg であり、そして全リン酸含量は291mg であった。また、リン酸吸収係数は約2,000で、pH (H<sub>2</sub>O) は5.69、pH (KCl) は4.71であった。

供試品種は、リンゴはM26台ふじ、ナシは共台二十世紀、そしてモモは共台大久保を用いた。

試験区は、リン酸を施用しなかったリン酸無施用（0 P）区、リン酸を土壌のリン酸吸収係数の2.5%相当量施用した（1 P）区、同じく5%相当量施用した（2 P）区及び同じく

10%相当量施用した(4P)区の合計4区を設けた。

試験は、1973年11月に、縦横各1.8m、深さ0.5mのコンクリート製の有底枠に1年生苗を1枠当たり4樹ずつ定植し、0P区は3枠、他の3区は2枠ずつとした。枠の容積は1.62m<sup>3</sup>で、その中の土壌重量は、固相率25%、真比重2.4として約1tであった。3年後に半数の1枠当たり2樹を掘上げて解体調査し、残りの2樹はそのままにして試験を継続した。

1979年までの1枠当たりの各区の総施肥量は、表1に示すとおりであった。用いた肥料は窒素はNK化成(20-0-10)、リン酸は過リン酸石灰、カリは前記NK化成及び塩化カリ、石灰及び苦土は珪カル及び苦土石灰である。これらの肥料のうち過リン酸石灰、珪カル及び苦土石灰は、植付前に全量を土壌とよく攪拌しながら施用し、その他の肥料は、毎年1~2回に分けて土壌表面に散肥した。

Table 1. Amounts of fertilizers applied per pot for seven years. 1) (g)

Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
0P	220	0	90	1,290	200
1P	220	500 <sup>2)</sup>	90	1,290	200
2P	220	1,000	90	1,290	200
4P	220	2,000	90	1,290	200

1) Besides the above amounts 100g of N and 50g of K<sub>2</sub>O per pot were applied to pear trees.

2) Equivalent to 2.5% of absorption coefficient of phosphoric acid of the soil.

整枝法は、リンゴはスピンドルブッシュ仕立、ナン及びモモは開心形を用いた。リンゴは紅玉の花粉を、ナンは長十郎の花粉を使用して人工受粉を行い、モモは花を綿棒でなでて受粉を促がした。結実率は、開花時の花数を100として、5月末に着果していた果実数の比率から算出した。

モモは1976年から、リンゴ及びナンは1977年から結実させて収量及び果実品質の調査を行った。果実品質の調査は、各樹から代表的な果実5~10個ずつを選んで、前報<sup>21)</sup>と同じ方法を用いて果肉硬度、可溶性固形物含量及び酸含量を測定した。

1977年及び1978年の6月から9月まで毎月中旬に、各樹から葉を採取して、乾燥粉末にし、その中に含まれているリンをモリブデン青法を用いて分析した。

1977年の掘上げ時に、各枠から土壌を採取して各種分析法によって、土壌中のリン酸含量を分析した。すなわち、0.2N塩酸抽出法及びTruog法によって有効態リン酸、Bray No. 1法によって吸着リン酸、Bray No. 2法によって酸可溶+吸着リン酸、さらに無機態リン酸をCa型リン酸、Al型リン酸及びFe型リン酸に分別<sup>6,14)</sup>して、硫酸モリブデン法及び塩酸モリブデン法によって定量した。また、過塩素酸分解法によって分解後、バナドモリブデン法によって全リン酸を定量した。さらに、日本土性調査法に従ってリン酸吸収係数を測定した。

### Ⅲ 結 果

#### 1 樹体の生育

1976年から1979年までの幹周肥大量は図1に示すとおりであった。リンゴ及びモモでは0P区の肥大量は小さく、リン酸施用3区の間には肥大量に大差が認められなかった。これに対しナシでは、0P区の肥大量はリン酸施用3区よりも大であった。しかし幼令期においては、0P区の幹周は他の3区よりもやや劣っていた。

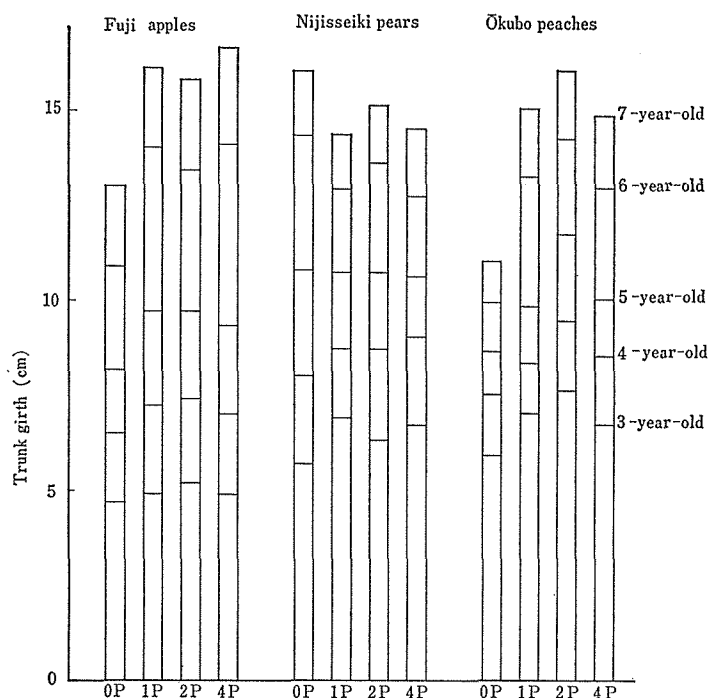


Fig. 1. Effect of phosphate application on the tree growth.

なおリンゴ及びモモの0P区では、1978年まで毎年6月上～中旬に新梢の生長が停止し、葉はごく初期に展開したものを除いて異常に小さく、葉色は灰色を帯び、古い葉の葉柄及び中肋が紫色を帯びていた。しかし、この症状はモモでは1979年には認められなくなった。なおナシの0P区では、このような症状は全く認められなかった。

#### 2 花芽形成数及び結実率

各果樹における各区の花芽形成数は表2に示すとおりであった。

リンゴでは、リン酸を施用した3区では1976年(4年生)に初めて花芽形成がみられ、0P区では1年遅れて初めて花芽が形成された。以後も0P区の花芽形成数はきわめて少く、

Table 2. Effect of phosphate application on the flower bud formation.

Species	Treatment	Number of flower buds per tree					Total
		1975 1)	1976	1977	1978	1979	
Fuji apples	0P	0	0	6	51	43	100
	1P	0	3	19	106	262	390
	2P	0	3	20	96	195	314
	4P	0	2	21	96	265	384
Nijisseiki Pears	0P	0	1	72	149	196	418
	1P	3	11	181	305	242	742
	2P	2	10	187	388	269	856
	4P	3	22	166	373	234	798
Ōkubo peaches	0P	246	714	954	1,677	1,516	5,107
	1P	305	899	1,655	3,342	3,368	9,569
	2P	388	1,118	1,895	3,484	3,522	10,407
	4P	373	1,170	1,881	2,472	2,943	8,839

1) Three-year-old.

リン酸を施用した他の3区の間には大差がなかった。

ナンでは、リン酸を施用した3区では1975年(3年生)に、0P区は1976年に初めて花芽が形成され、以後も0P区は他の3区に比べて花芽形成数がきわめて少なかった。

モモでは、各区共1974年(2年生)から花芽が形成されたが、0P区は他の3区に比べて著しく数が少なかった。

Table 3. Effect of phosphate application on the fruit set percentage.

Species	Treatment	1977 1)	1978	1979
Fuji apples	0P	—	—	18
	1P	26	28	20
	2P	28	13	26
	4P	16	13	18
Nijisseiki pears	0P	11	47	61
	1P	10	20	55
	2P	10	13	51
	4P	8	14	38
Ōkubo peaches	0P	40	48	34
	1P	33	58	34
	2P	35	60	16
	4P	38	49	43

1) Five-year-old.

各果樹における各区の結実率は、表3に示すとおりであった。各果樹とも、個体及び年次による変動が大きく、リン酸施用量との間には一定の傾向は認められなかった。

### 3 果実の収量及び品質

各果樹における各区の果実収量は、表4に示すとおりであった。リンゴの0P区は、リン酸を施用した3区よりも2年遅れて、試験開始後7年目の1979年に初めて結実し、総収量は極めて少なかった。リン酸を施用した3区の間には大差はなかった。ナンでは、各処理区の間における初成りの遅速は認められなかったが、0P区の収量は著しく少なく、リン酸の施用によって著しく増大し、リ

Table 4. Effect of phosphate application on the yield per tree.

Species	Treatment	1976 1)		1977		1978		1979		Total	
		No. of harvest fruits	Yield (Kg)	No. of harvest fruits	Yield (Kg)	No. of harvest fruits	Yield (Kg)	No. of harvest fruits	Yield (Kg)	No. of harvest fruits	Yield (Kg)
Fuji apples	0P	—	—	—	—	—	—	4	0.84	4	0.84
	1P	—	—	1	0.19	14	3.07	40	10.69	55	13.95
	2P	—	—	1	0.33	11	2.83	38	10.46	50	13.62
	4P	—	—	1	0.27	12	2.84	40	9.97	53	13.08
Nijisseiki pears	0P	—	—	1	0.17	34	6.77	45	9.32	80	16.26
	1P	—	—	7	1.82	51	9.71	50	10.38	108	21.91
	2P	—	—	5	1.45	59	11.05	52	10.47	116	22.97
	4P	—	—	11	2.58	43	8.18	50	9.47	104	20.23
Ōkubo peaches	0P	9	1.26	21	2.95	27	3.44	18	2.97	75	10.62
	1P	14	2.39	25	4.15	37	6.01	36	6.78	112	19.33
	2P	13	2.36	28	4.71	44	6.50	31	5.19	116	18.76
	4P	12	2.20	28	4.63	37	5.38	35	6.31	112	18.52

1) Four-year-old.

リン酸施用3区の間では収量に差がなかった。モモの収量は、0P区で最も少なく、リン酸施用3区の間にはほとんど差が認められなかった。

果実品質は表5のとおりであった。リンゴでは、0P区の果実は他区に比べて果肉硬度、可溶性固形物及び酸含量がやや高かった。ナンでは、0P区の果実は他区に比べて、果肉硬度がやや低く、酸含量がやや高かった。モモでも、0P区の果実は他区に比べて酸含量がやや高かった。

#### 4 葉内要素含量の季節的变化

各果樹における葉内リン含量を1977年及び1978年の6月から9月に調査した結果は、図2に示すとおりであった。

リンゴの葉内リン含量の季節的变化をみると、1977年の成績では、0P区の6月から8月までは大きな変化はなく、9月に急減した。そして、0P区は他の3区に比べて、6～8月は明らかに低く、9月は逆に高くなった。1978年の成績では、各区とも6月と8月が高く7月と9月が低かったが、0P区は他の3区に比べて明かに低かった。

ナンの葉内リン含量の季節的变化をみると1977年の成績では、リンゴと似た消長を示し、0P区は6、7月は他区に比べて明かに低かったが、9月は他区よりも高かった。1978年は、各区共、季節の経過と共に漸減したが、0P区は他の3区に比べて低かった。

モモの葉内リン含量の季節的变化をみると、1977年の成績では、0P区を除く3区は季節と共に漸減したが、0P区は6月から8月にかけて増加し、9月には減少した。そして0P区は他の3区に比べて常に含量が低かった。1978年の成績では、各区共季節的变化はほとんど認められず、0P区が他の3区に比べて顕著に低かった。

以上を通じて、0P区は他の3区に比べて葉内リン含量が明らかに低かった。

#### 5 土壌中のリン酸含量及びリン酸吸収係数

Table 5. Effect of phosphate application on the fruit quality.

Species	Treat- ment	1976 <sup>1)</sup>			1977			1978			1979		
		Firmness (Kg/cm <sup>2</sup> )	% of soluble solids	% of acids as malic	Firmness (Kg/cm <sup>2</sup> )	% of soluble solids	% of acids as malic	Firmness (Kg/cm <sup>2</sup> )	% of soluble solids	% of acids as malic	Firmness (Kg/cm <sup>2</sup> )	% of soluble solids	% of acids as malic
Fuji apples	0P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.9	15.7	0.40
	1P	—	—	—	3.1	15.8	0.41	4.0	15.6	0.42	6.6	15.3	0.35
	2P	—	—	—	3.1	14.8	0.40	4.0	15.4	0.43	6.7	14.0	0.34
	4P	—	—	—	2.8	15.0	0.42	4.1	15.2	0.45	6.6	14.8	0.33
Nijisseiki pears	0P	—	—	—	3.7	10.7	0.20	3.6	12.1	0.20	4.3	11.1	0.22
	1P	—	—	—	4.1	11.3	0.20	3.9	11.8	0.20	4.5	10.7	0.20
	2P	—	—	—	4.0	11.1	0.18	4.2	11.8	0.20	4.7	10.8	0.20
	4P	—	—	—	3.8	10.9	0.17	4.2	11.9	0.20	4.6	10.0	0.20
Ōkubo peaches	0P	1.2	11.9	0.28	1.7	10.7	0.32	—	12.0	0.39	—	12.7	0.35
	1P	0.7	11.2	0.26	0.9	11.3	0.29	—	11.6	0.38	—	12.1	0.34
	2P	0.6	11.9	0.23	0.9	11.1	0.29	—	11.1	0.37	—	13.0	0.30
	4P	1.2	11.4	0.26	1.1	11.4	0.23	—	11.3	0.36	—	11.9	0.28

1) Four-year-old.

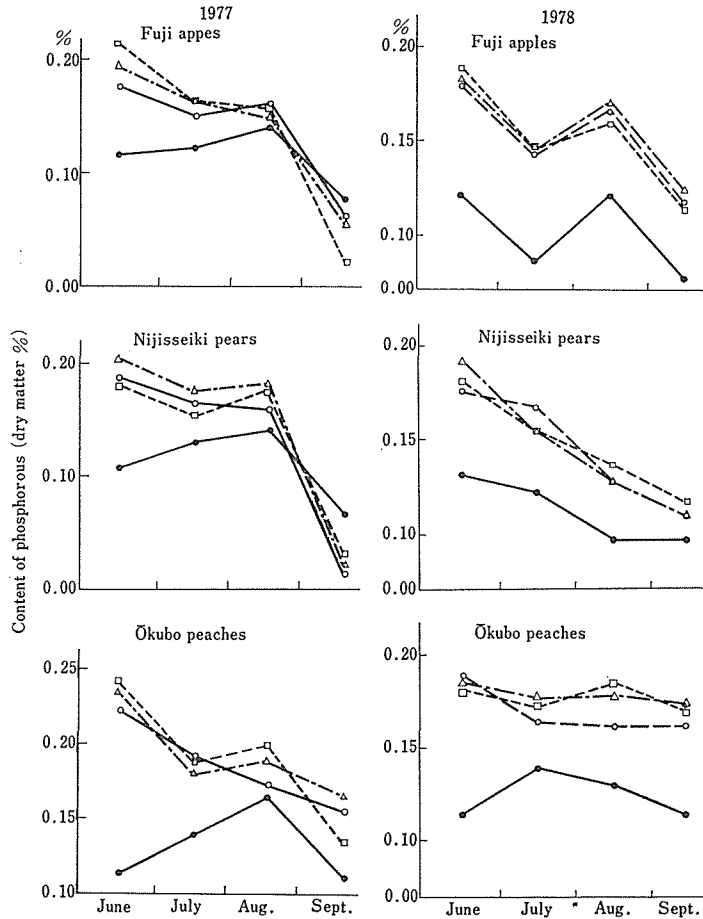


Fig. 2. Effect of phosphate application on the content of phosphorous in leaves.

(0P—○—, 1P—○—, 2P—△—, 4P—□—)

各果樹の各区土壌における、種々の分析法によるリン酸含量及びリン酸吸収係数は、表6に示すとおりであった。

0.2N 塩酸抽出法による有効態リン酸は、各果樹の土壌ともリン酸施用量の増加にもなって著しく増加した。

Truog法による有効態リン酸含量は、前法による含量に比べて著しく少なかったが、各果樹の土壌共、リン酸施用量の増加にもなって著しく増加し、とくに2P区と4P区の間差が大きかった。なおナンの0P区では検出できなかった

Bray第1法による吸着リン酸含量は、各果樹の土壌共、リン酸施用量の増加にもなって著しく増加した。そして、リンゴ及びモモ土壌の0P区では検出できなかった。

Bray第2法による酸可溶+吸着リン酸含量も、リン酸施用量の増加にもなって増大した。そして、第1法による含量に比べてかなり高かった。

Table 6. Effect of phosphate application on the content of phosphoric acid in the soil. ( $P_2O_5$ mg/100g)

Soil block	Treatment	Types of phosphoric acid								Absorption coefficient of $P_2O_5$
		0.2N HCl	Truog's No. 1	Bray's No. 2	Bray's No. 2	Ca-type	Al-type	Fe-type	Total phosphoric acid	
Fuji apples	0P	0.9	0.4	0.0	0.4	0.8	52	19.7	296	1,930
	1P	3.7	0.9	0.1	4.5	1.9	94	30.1	348	1,900
	2P	11.8	2.4	0.5	12.0	5.2	136	42.5	477	1,850
	4P	25.1	8.3	3.1	31.7	12.4	199	57.5	611	1,830
Nijisseiki pears	0P	1.1	0.0	0.7	1.0	0.7	40	25.3	260	2,010
	1P	7.1	1.1	1.1	1.9	2.9	96	37.8	407	1,980
	2P	17.5	3.9	2.7	13.3	10.7	151	56.1	449	1,870
	4P	30.2	10.9	5.5	20.3	20.5	232	82.6	684	1,880
Ōkubo peaches	0P	2.3	0.3	0.0	0.1	2.9	64	16.7	316	2,070
	1P	5.4	0.4	0.2	3.2	6.7	130	21.0	383	2,010
	2P	13.0	0.9	1.0	8.8	10.7	194	25.5	432	1,990
	4P	46.0	2.8	2.8	37.2	27.2	319	35.5	579	1,810

各果樹の土壌中の無機態リン酸を、Ca型リン酸、Al型リン酸及びFe型リン酸として形態別に定量した結果、リン酸施用量の増加にともなってそれぞれ著しく増加した。とくに、Al型リン酸は形態別リン酸の中で最も多く検出され、しかも、リン酸施用量の増加にともなって直線的に増加した。

各果樹の土壌共、土壌中の全リン酸含量は、リン酸施用量の増加にともない増加したが、その増加度は他のリン酸含量に比べて低かった。

各果樹土壌共にリン酸吸収係数は、リン酸施用量の増加にともなってわずかに減少した。

#### IV 考 察

リン酸無施用区の樹体の生育は、ナシを除いて、リン酸を施用した他の3区に比べて著しく劣ったが、前報<sup>10,21)</sup>で報告したはち植の幼・若令樹のリン酸無施用区に比べると、かなり優れている。この原因は、今回は供試土壌に有効態リン酸をかなり含んでいる既耕地土壌を約25%混合したためではないかと思われる。参考までに、供試土壌中の有効態リン酸含量を比較すると、Truog法による値で、土壌100g当り本実験では0.25mgであったのに対し、前報では0.15mgと少なかった。また、前報では1P、2P、4Pとリン酸施用量を増加するにつれてわずかながら生育が増大する傾向が認められたのに対し、本実験では、1P、2P及び4P区の間には、生育量の差を認めることができなかった。この理由も、供試土壌の差によるものであろう。

ナシの0P区の樹体生育がすぐれていたのは、花芽形成が劣り、着果負担が軽かったためであろうと思われる。0P区の幹周肥大が幼令樹では他区に比べてやや劣っていたのに、着



果期に入ってから他区を上廻るようになったことも、このことを示すものであろう。データは示さなかったが、ナシの0 P区では枝が徒長的であった。野田氏<sup>13)</sup>も、リン酸の不足が、ナシ樹の老熟化を遅らせ枝梢を徒長的にするとのべている。

リンゴ及びモモの0 P区においては毎年、前報<sup>21)</sup>で示したような初期生長はおおむね正常で、中期以後にリン酸欠乏の兆候が現われるという周期を繰返した。それに対し、ナシではリン酸欠乏症状はまったく認められなかった。このことと、幹周肥大量の成績とも考え合せて、ナシはリンゴ及びモモに比べて、土壌中のリン酸吸収力が強くリン酸欠乏を起しにくいのかも知れない。

リン酸の施用によって各果樹共、花芽形成開始年令及び花芽形成数が著しく促進されたが、このことはこれまでの報告でも一般的に指摘されている点である<sup>7,9,13,21)</sup>。

収量も、リン酸の少量施用によって著しく増大した。しかし、それ以上施用しても増大効果は認められなかった点が前報とやや異なるが、このことも供試土壌中のリン酸含量の差によるのであろう。

果実品質に対するリン酸施肥の影響は顕著でなかったが、前報及び他報<sup>10,20)</sup>において認められたリン酸施肥による減酸効果は、今回もわずかにその傾向が認められた。

葉分析の結果、各果樹共0 P区はほとんど常に欠乏値に近い値を示しており、リン酸を施用した他の3区の間にはほとんど差がなく、生育量、収量などの傾向とよく一致していた。また、0 P区の値が前報の0 P区よりやや高いのも、供試土壌の相違に基くものであろう。

以上の本実験の結果を通じて明かなように、1 P、2 P及び4 P区の間にはほとんど差がなく、リン酸施用量は1 P区の水準で充分ではないかと思われる。

さて、土壌リン酸の作物に対する有効性を問題にすると、根のリン酸吸収力、根系の形、分布範囲が有効性に関係し、さらに土壌の性質によっても異なってくるので、土壌リン酸の有効性に対する概念は複雑をきわめている<sup>5,7,14,15)</sup>。従来から有効態リン酸含量を測定する方法として0.2H 塩酸抽出法又は Truog 法が広く利用されているが、この量がきわめて少ない場合でも果樹はかなりの生育、収量がある場合があり、果樹に対する有効態リン酸分析法について再検討の必要性がとなえられている。近時、リン酸カルシウム、リン酸アルミニウム、リン酸鉄の合成品の溶解積<sup>4)</sup>が求められるとともに、土壌リン酸の形態別定量についてかなりの研究がなされてきた<sup>1,2,3,25)</sup>。また、火山灰土壌では作物による施肥リン酸の利用率は3~10%という低い値を示し、施肥リンの97~90%近くが土壌リン酸となって蓄積されているとされている<sup>6)</sup>。その土壌リン酸の形態とその存在量が明らかになれば、土壌リン酸の果樹に対する有効性の概念の複雑さの一端が解かれるとともに、土壌リン酸の有効利用のためのリン酸肥料の適正な施肥基準が決定される可能性もある。

果樹に対する、この種の実験は少なく幼樹の生育に関する研究<sup>22)</sup>のみで、土壌中の形態別リン酸と収量及び品質に及ぼす影響をみた実験は皆無である。

本実験の1974年から1979年までの幹周肥大量、花芽形成数及び収量を指標として、各種分析法による土壌中のリン酸含量との相関関係をみたのが表7である。この表を通覧して解することは、収量を指標とした場合、リンゴでは、Fe型リン酸で0.648と最も高く、次いでAl型リン酸で0.644であり、ナシでは、Al型リン酸で0.755と最も高く、次いで全リン酸で0.722であり、モモでは、Al型リン酸で0.245と最も高く、次いでFe型リン酸で0.196で

Table 7. Correlation coefficients between the content of phosphoric acid of various forms in soil and the increase in trunk girth, the number of flowerbuds and the yield.

Type of phosphoric acid	Fuji apples			Nijisseiki pears			Ōkubo peaches		
	Increase in trunk girth	No. of flower buds	Yield	Increase in trunk girth	No. of flower buds	Yield	Increase in trunk girth	No. of flower buds	Yield
0.2N-HCl	0.602	0.550	0.495	0.711	0.247	0.700	0.485	0.203	-0.044
Truog's	0.517	0.440	0.395	0.821	0.036	0.558	0.453	0.180	-0.068
Bray's No. 1	0.473	0.390	0.346	0.810	0.090	0.583	0.578	0.288	0.040
Bray's No. 2	0.596	0.532	0.483	0.812	0.102	0.580	0.484	0.206	-0.040
Ca-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.572	0.511	0.459	0.776	0.162	0.627	0.564	0.298	0.054
Al-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.734	0.693	0.644	0.652	0.300	0.755	0.723	0.479	0.245
Fe-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.735	0.700	0.648	0.713	0.233	0.698	0.686	0.433	0.196
Total-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.653	0.617	0.559	0.655	0.203	0.722	0.674	0.526	0.194

Table 8. Correlation coefficients and regression equations between the content of phosphoric acid of various forms in soil and the amount of phosphate application.

Type of phosphoric acid	Fuji apple block		Nijisseiki pear block		Ōkubo peach block	
	r	Regression equation	r	Regression equation	r	Regression equation
0.2N-HCl	0.99	$Y=66.0+77.9X$	1.00	$Y=56.2+66.6X$	0.96	$Y=196+40.3X$
Truog's	0.96	$Y=199+224X$	0.98	$Y=194+170X$	0.95	$Y=82.7+720X$
Bray's No. 1	0.94	$Y=368+548X$	0.98	$Y=70.0+381X$	0.98	$Y=215+680X$
Bray's No. 2	0.99	$Y=139+90.6X$	0.98	$Y=177+62X$	0.96	$Y=281+48.3X$
Ca-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.98	$Y=55.4+161X$	0.99	$Y=57.4+94X$	0.98	$Y=52.6+78.2X$
Al-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.00	$Y=-754+13.5X$	1.00	$Y=-473+10.4X$	1.00	$Y=-515+7.9X$
Fe-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.99	$Y=-1074+52X$	1.00	$Y=-853+34.3X$	1.00	$Y=-1737+106X$
Total-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.99	$Y=-1722+6.0X$	0.99	$Y=-1285+4.8X$	1.00	$Y=-2387+7.6X$

あり、総じて Al 型リン酸との相関が各果樹とも高くなっている。この結果は山崎氏ら<sup>22)</sup>が、リンゴ実生について報告している形態別リン酸の利用率、リン酸カルシウム約11%、リン酸アルミニウム8.7%及びリン酸鉄2.6%からみても、果樹に対する有効態リン酸の指標として Al 型リン酸を考えることは合理性があるように思われる。

なお、リン酸施肥量と土壤中の各種分析法によるリン酸含量との相関関係及び回帰方程式を表8に示した。当然のことながら、リン酸施肥量と土壤中のリン酸含量との相関は、どの分析法でも極めて高く、最も低いリンゴ土壤の Bray 第1法との相関係数でも0.94である。

本実験における生育量、花芽形成数及び収量が最高値に近かった1P区の土壤中 Al 型リン酸含量をみると、リンゴ 94mg/100g、ナン 96mg/100g 及びモモ 130mg/100g である。また、リン酸施肥量と土壤中の Al 型リン酸含量との回帰方程式は次のとおりである。

$$\text{リンゴ} \quad Y=13.5X-754$$

$$\text{ナ シ } Y=10.4X-473$$

$$\text{モ モ } Y=7.9X-515$$

ただし、 $Y$ ＝リン酸施肥量（ $\text{gP}_2\text{O}_5/\text{土壌}1\text{ t}$ ）

$X$ ＝その土壌の Al 型リン酸含量（ $\text{mg}/100\text{g}$ ）

したがって、土壌 1 t 当りの必要リン酸施肥量は、次式で求められる。

$$\text{リンゴ } Y=13.5(94-X)$$

$$\text{ナ シ } Y=10.4(96-X)$$

$$\text{モ モ } Y=7.9(130-X)$$

ただし、 $Y$ ＝ある土壌 1 t 当りのリン酸必要施肥量（g）

$X$ ＝その土壌 100 g 中の Al 型リン酸含量（mg）

これは本実験の結果からのみ導いた式であり、施肥されたリン酸は土壌中で動的な変化をたどるものであり、本実験を長期間継続した結果から修正が必要となるかも知れない。

これに関して、花田氏は Bray 第 1 法の分析値とリン酸吸収係数とを用いて、次のようなリン酸の施用量を決定する式を導いた<sup>8)</sup>。

$$\text{リン酸施用量} = \left\{ \left( \begin{array}{l} \text{リン酸吸収係数} \\ \times 0.14 \end{array} \right) - \left( \begin{array}{l} 3.44 \times \text{Bray's No. 1} \\ \text{リン酸量}(\text{mg}/100\text{g}) + 129.6 \end{array} \right) \right\} \times 0.5$$

( $\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ , 50t 土壌)

ただし、上式はリン酸吸収係数の 14% を作物の最適リン酸施用量としており、本実験のリン酸施用量より著しく多い。本実験結果からはリン酸吸収係数の 2.5% 相当量施用で、生育量及び収量のほぼ最高値が得られたし、また、本実験では Bray 第 1 法によって、リンゴの 0 P 区及びモモの 0 P 区ではリン酸が全く検出できなかったことから、花田氏の方式は適当でないように思われる。花田氏はリン酸吸収係数で、リン酸的地力を判定できているが、江川、関谷両氏<sup>5,15)</sup>が指摘するように、リン酸吸収係数は添加リン酸の濃度と pH により大きく変化するので、土壌中のリン酸的地力を判定する一要因として限定的にみるべきであると思われる。

## V 摘 要

有効態リン酸をほとんど含まない火山灰土壌を用いて、リンゴ、ナシ及びモモを大型コンクリート枠に栽培し、リン酸の肥効を調査したところ、次のような結果が得られた。

1 リンゴ、ナシ及びモモの樹体の生育、花芽形成数及び収量は、リン酸の少量施肥（土壌のリン酸吸収係数の 2.5% 相当量）によって促進され、さらにそれ以上リン酸を施用（土壌のリン酸吸収係数の 5 及び 10% 相当量）してもほとんど効果はなかった。

2 果実品質は、各果樹とも、リン酸施用量の影響は明瞭には認められなかったが、リン酸施用量の増加とともに酸含量がわずかに低下する傾向にあった。

3 葉分析の結果、各果樹とも、リン酸無施用区の葉内リン含量は著しく低かったが、リン酸を施用した 3 区の間には差が認められなかった。

4 リン酸施用量の増加とともに、各種分析法による土壌中のリン酸含量、すなわち 0.2N 塩酸抽出法及び Truog 法による有効態リン酸、Bray 第 1 法による吸着リン酸、Bray

第2法による酸可溶+吸着リン酸, Ca型, Al型及びFe型の各形態別リン酸及び過塩素酸分解法による全リン酸の含量は著しく増大した。しかし, その増加度は分析法によって異なった。そして, リン酸吸収係数は, リン酸施用量の増加にともなわずかに低下した。

5 幹周肥大量, 花芽形成数及び収量と各種分析法による土壌中のリン酸含量との相関関係を調べた結果, Al型リン酸との相関が最も高かった。

6 各果樹におけるリン酸少量施用区のリン酸含量を仮の最適値として, 土壌中のAl型リン酸含量から適正リン酸施肥量を算出する計算式を提出した。

## 謝 辞

本実験の遂行にあたっては, 果樹園芸学講座の専攻生であった。堀竹幸子, 北沢信夫及び河野正美の諸氏の協力を得た。ここに記して, 感謝の意を表する。

## 引用文献

- 1) BRAY, R. H. and KURTZ, L. T. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in Soils. *Soil. Sci.*, 59: 39-45
- 2) CHANG, S. C. and JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84: 133-144.
- 3) ——— and ———. 1958. Soil phosphorus fractions in some representative soil. *J. Soil Sci.*, 9: 109-119.
- 4) ——— and ———. 1957. Solubility product of inon phosphate. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21: 265-269.
- 5) 江川友治・関谷宏三. 1950. 土壌に依る磷酸イオン収着に関する研究. *土肥誌*. 21: 160.
- 6) 土壌養分分析法委員会. 1970. 土壌養分分析法. 225-257.
- 7) 福田 照・近藤権一. 1957. 桃樹の栄養に関する研究(第4報) 結果樹に及ぼす三要素施用濃度および比率の影響. *園芸学研究集録* 8: 16-23.
- 8) 花田 慧. 1973. 腐植質火山灰土壌の有機無機複合体とリン酸の吸着, 解放に関する研究. *弘前大学農学部学術報告* 21: 102-184.
- 9) 細井寅三・遠藤隔郎・岩崎一男. 1963. 砂耕における肥料3要素濃度とナンの樹体生長ならびに果実発育との関係. *園学雑* 32: 271-277.
- 10) 熊代克巳・中村怜之輔・建石繁明. 1965. 火山灰土壌に生育するリンゴ, ナシ, モモおよびブドウの幼樹の生育に対するリン酸の肥効について. *信大農学術報告* 9: 1-11.
- 11) 望月武雄・花田 慧. 1956. リンゴ幼木体内成分の季節的消長(第2報) 窒素, 磷酸および加里. *弘大農報* 2: 25-39.
- 12) ———・———. 1958. リンゴ樹のリン酸栄養に関する研究(第1報) 水耕栽培における培養濃度の影響. *弘大農報* 4: 1-18.
- 13) 野田健男. 1974. 火山灰土のナン栽培におけるリン酸の施用効果について. *千葉大園特別報告* 9.
- 14) 農技研土壌化学第2研究室. 1960. 本邦畑土壌における磷酸の形態とその有効性に関する研究. *農林水産技術会議研究協議会分担研究報告*.
- 15) 本谷耕一・吉野 喬. 1965. 磷酸施肥に関する基礎研究. *東北農試報告* 32: 41-60.

- 16) 長井晃四郎・清藤盛正・桜田 哲・鎌田長一. 1968. 三要素試験の調査報告(第1報)三要素肥料のリンゴ樹体内成分に及ぼす影響. 青森リンゴ試験場報告12: 1-23.
- 17) 大垣智昭・渡辺照夫・辰野幸雄. 1951. 火山灰土壌における桃の生態調査(第1報)果実の発育, 地上部および根群に及ぼす土壌性質の影響. 神奈川農試園芸部.
- 18) 佐藤公一. 1958. 三井・今泉監修「作物の要素欠乏」博友社. 東京. 134-154.
- 19) ————. 1962. 果樹の施肥と土壌. 朝倉書店. 東京.
- 20) 高橋郁郎. 1931. 柑橘に対する磷酸の影響. 園芸の研究27: 18-30.
- 21) 建石繁明・熊代克巳. 1977. 火山灰土壌に生育するリンゴ, ナン, モモおよびブドウの生育, 収量および果実品質に及ぼすリン酸の肥効. 信大農紀要14: 1-11.
- 22) 山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄. 1970. リンゴ園の土壌肥沃度に関する研究(第4報)火山灰と第三紀土壌のリン酸, カリの無施用に対する反応と腐植質火山灰におけるリン酸の形態と肥効について. 秋田果樹試験場報告2: 65-78.
- 23) ————. 1970. リンゴ園の土壌肥沃度に関する研究(第5報)土壌中のリン酸, カリ含量と葉中含量との関係. 秋田果樹試験場報告3: 35-47.
- 24) 山崎伝. 1966. 微量要素と多量要素. 博友社. 東京.
- 25) WILLIAMS, C. H. 1950. Studies on soil phosphorus. I. A method for the partial fractionation of soil phosphorus. J. Agr. Sci., 40: 233-242.

**Relations Between the Tree Growth, the Yield and the Fruit  
Quality of Apples, Japanese Pears and Peaches and the  
Phosphoric Acid Content in Soil by Various  
Analytical Methods**

**By Shigeaki TATEISHI and Katsumi KUMASHIRO**

Laboratory of Pomology, Fac. Agric., Shinshu Univ.

**Summary**

Trees of Fuji apple, Nijisseiki pear and Ōkubo peach were planted in large-sized concrete pots with phosphorous deficient soil originated from volcanic ash, and the effect of phosphate application on the tree growth, the yield and the fruit quality of them and the phosphoric acid content in soil by various analytical methods were investigated.

The results obtained were summarized as follows:

1. The growth, the flower bud formation and the yield of trees which applied no phosphate were very poor in the all species. They were remarkably promoted by the light application of phosphate which was equivalent to 2.5 percent of absorption coefficient of phosphoric acid of the soil, but they were not promoted by the further application of phosphate.

2. The acid content of fruit juice was decreased slightly with an increase of phosphate application in the all species, but the fruit firmness and the percent of soluble solids in juice were little affected by phosphate application.

3. The phosphorous content of leaves increased markedly by the little application of phosphate, but it was increased slightly by the further application in the all species.

4. The contents of phosphoric acid of eight types in soil by the different analytical methods were increased with an increased application of phosphate without exception. But the degree of increase was different with the type. The absorption coefficient of phosphoric acid was decreased slightly with an increased application of phosphate.

5. There were positive high correlations between the tree growth, the flower bud formation and the yield and the contents of phosphoric acid of any types in soil. The correlation with the content of Al-type phosphoric acid was the highest among them.

6. On the assumption that the content of Al-type phosphoric acid in soil was

optimal at the plot of the light phosphate application, from the content of Al-type phosphoric acid in soil, a generalized formula for calculating of optimal amount of phosphate application to the soil was proposed.