

ナシ園黒ボク土壌の実態と果実の収量・品質との関係

鈴木智久・山田健悦*・亀和田國彦**

摘要：黒ボク土のナシ園土壌を調査して、その理化学性の実態を把握し、さらに土壌特性値がナシの葉中成分含有率や収量および品質に及ぼす影響を検討した。

1. 交換性陽イオンと可給態リン酸はナシの樹幹から1 m位置の下層土において、基準値以下だった。
2. 根域下層の気相率が高いほど、収量が高い傾向であった。
3. 満開後90日の葉中窒素含有率は、満開後60日の、樹幹から2 m位置で表層の土壌中硝酸態窒素濃度が高いほど、高い傾向であった。
4. 満開後90日の着果果そう葉中窒素含有率が高いほど、収量が高い傾向であった。
5. 果実糖度は、満開後90日の、樹幹から1 m位置で主要根群域の土壌中硝酸態窒素濃度が低いほど、高い傾向であった。

キーワード：ナシ園土壌、土壌中硝酸態窒素濃度、葉中窒素含有率

Physicochemical Property of Andosol in Japanese Pear Orchard and Its Influences on Yield and Fruit Quality

Tomohisa SUZUKI, Ken-etsu YAMADA and Kunihiro KAMEWADA

Summary: Physicochemical property of Andosol in Japanese pear orchards was investigated and the influences of soil character on the constituents of leaves, yield and fruit quality of Japanese pear were examined.

1. Levels of exchangeable cation and available phosphate in soil layer 40-60 cm deep at one meter apart from the trunks were lower than the desired levels.
2. Soil-air content at a 40-60 cm depth correlated with the yield.
3. Level of nitrate nitrogen in soil layer 0-20 cm deep two meters apart from the trunks at 60 days after full bloom correlated with leaf nitrogen content at 90 days after full bloom.
4. Nitrogen content of leaves in fruit clusters at 90 days after full bloom correlated with the yield.
5. Level of nitrate nitrogen in soil layer 20-40 cm deep one meter apart from the trunks at 90 days after full bloom negatively correlated with Brix of fruits.

Key words: Andosol, Japanese pear orchard, soil nitrate nitrogen, leaf nitrate nitrogen

I 緒 言

栃木県では、平成元年から首都圏農業確立対策として、園芸作物の栽培面積の拡大に力を入れている。特にナシについては果樹の中で県内の粗生産額が一位で、主力作物に位置づけられている。

ナシの高品質および安定生産のための生産技術確立が急務となった現在においては様々な栽培管理方法が普及しているが、肥培管理技術はこれらの適正な栽培管理方法を支える基本的な技術の1つである。しかし、現在生産者が行っている肥培管理に関しては、肥料のやりすぎの傾向が強く表れている。その結果、施肥量の割に収量が上がらない、または果実糖度が低いなどの問題点が出てきている。そこで、果実糖度が高まり安定した生産を行うための施肥量の設定を含めた肥培管理技術の見直しが必要とされている。

ナシに関する土壌肥料試験については、今まで施肥法試験および草生法を中心とした土壌管理法に関する試験および土壌の実態調査などが報告されている。^{2, 6, 7, 13)} また、果樹は永年作物であり樹体内保有養分量が多いため、肥料や土壌改良資材などの施用効果やナシの栄養状態を把握することは難しい。これまでは、葉中成分を分析することで樹体の栄養状態をつかむ方法が多く報告されている。^{8~11)} しかし、土壌中の養分の動態が、葉中成分量および生育や収量へどう影響するかについては、ほとんど調査されていない。

本調査では、ナシの高品質および安定生産のための土壌条件を明らかにすることを目的に調査を実施した。さらに、土壌の物理性および化学性の変化がナシの葉中成分および収量や果実糖度にどのような影響を及ぼしているかについて検討し、若干の知見を得たので報告する。

II 調査内容および方法

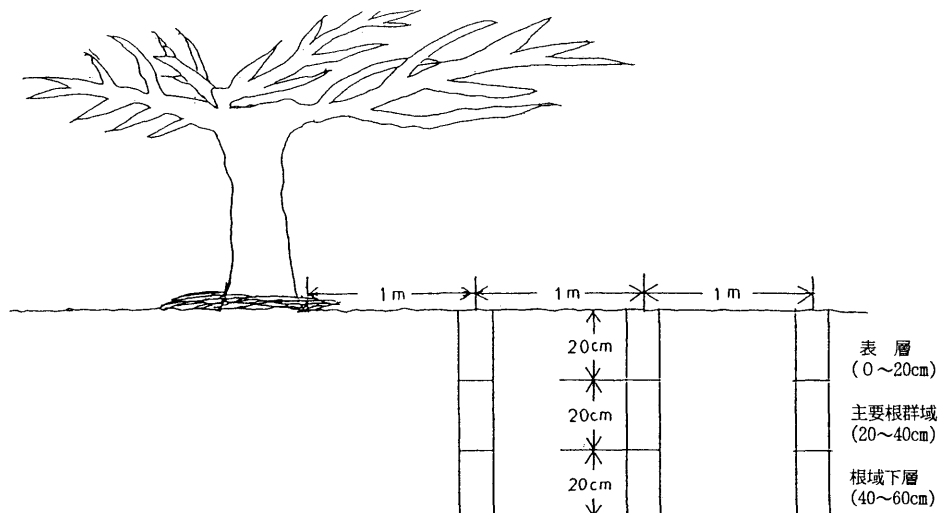
調査期間は1990年4月～1992年11月までの3年間で、宇都宮市清原地区のナシ園計10園で行った。土壌は10園とも、厚層多腐植質黒ボク土（久米川統）であった。調査対象樹はいずれも樹齢15年以上の成木で、品種は幸水であった。

土壌採取位置を第1図に示した。採取にはルートオーガを用いた。ナシの主幹から樹幹先端部に向かって1 m, 2 m, 3 mの位置で、深さ0～20 cm, 20～40 cm, 40～60 cmに分けて採取した。1樹につき合計9サンプルで、その調査を1園内で向かい合った2樹を対象に採取した。採取時期は、開花期（4月下旬）から1ヶ月ごとに満開後150日（9月下旬）まで6ヶ月間実施した。

採取した土壌サンプルの分析項目は、pH、EC、硝酸態窒素濃度、交換性陽イオンおよび可給態リン酸であった。分析方法は、pHがガラス電極法、ECが1:5水浸出—白金電極法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法、可給態リン酸はトルオーグ法、交換性陽イオン類はシュレーンベルガー法で浸出し、適宜希釈後原子吸光法で実施した。

各園の土壌断面調査は収穫終了後の11月に行い、土壌物理性測定用の試料を樹幹から3 mの地点から層別別に採取した。物理性測定は、仮比重、三相分布および保水性を測定した。保水性はpF1.5については砂柱法、pF2.7については加圧板法で水分を調整した。

採葉は次のように行った。1990年は着果果そう葉を、1991および1992年は不着果果そう葉をそれぞれ満開後30日、60日、90日および120日に各樹から20枚ずつ採取した。採葉した葉は、粉碎後ケルダール法で窒素を測定した。また、硝酸—過塩素酸分解後にリン、カリウム、カルシウム、マグネシウムを測定した。



第1図 土壌採取位置

8月下旬に収穫および収量調査を行い、収穫した果実について屈折表示計を用いて果実糖度を測定した。

また、土壌管理の実態を把握するため、肥培管理に関するアンケート調査を毎年実施した。

III 結果および考察

1. 土壌および樹体内栄養成分と収量との関係

1) 調査園別収量および果実糖度

各調査園における収量および果実糖度を調査年次別に第1表に示した。調査園は3年間で計10園だが3年間継続して調査した園は、園1、2、4、6の4園だった。園3、5は1990年のみの調査で、園7～10は1991および1992年の2年間調査した。

収量について、園4および7、8がいずれも平均3.5 kg/m²程度で、調査対象園の中では高収園に分類される。また、園2および6が平均3.0 kg/m²程度であり、低収園に分類される。一方、糖度の平均値は11.1%から12.2%に分布し、園5が12.2%および園2が12.1%と高く、園8の11.1%が最も低かった。高収園は調査園の中では比較的糖度が低く、低収園は高い傾向がみられた。

2) 調査園の土壌物理性と収量との関係

第2表に調査対象園における土壌物理性特性値の平均値を深さ別に示した。深さ別に、0～20cm（以後表層と記す）、20～40cm（主要根群域と記す）および40～60cm（根域下層と記す）の3段階に分割した。土壌のち密度は表層で最も大きく山中式硬度計で25mmであったが、主要根群域は20mmと最も小さかった。固相率は表層で33.3%と最も大きく、根域下層で21.9%と最も小さかった。液相率は根域下層で70.9%と最も大きく、表層は60.9%で最も小さかった。気相率は主要根群域で16.8%

第1表 調査園の収量および果実糖度の年次変化と平均値

園番号	収量 (kg/m ²)				糖度 (%)			
	1990	1991	1992	平均	1990	1991	1992	平均
1	3.23	3.39	3.13	3.25	12.3	11.8	12.0	12.0
2	2.82	3.04	3.01	2.96	12.3	11.6	12.4	12.1
3	2.93	-	-	2.93	12.0	-	-	12.0
4	3.31	3.86	3.44	3.54	12.0	11.4	11.6	11.7
5	3.00	-	-	3.00	12.2	-	-	12.2
6	2.79	3.23	3.12	3.05	12.2	11.4	12.5	12.0
7	-	3.78	3.22	3.50	-	11.1	12.2	11.7
8	-	3.62	3.32	3.47	-	10.3	11.8	11.1
9	-	3.60	3.09	3.35	-	11.3	12.2	11.8
10	-	3.31	3.39	3.35	-	11.7	12.2	12.0

第2表 土壌の物理性（平均値）

層位	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	有効水分 (%)	硬度 (mm)
表層	33.3	60.3	6.5	4.7	25
主要根群域	22.6	60.6	16.8	10.3	20
根域下層	21.9	70.9	7.2	4.6	23

注) 表層－深さ15cmまでの土層、主要根群域－深さ20～40cmの土層
根域下層－深さ40～60cmの土層
硬度は山中式硬度計の測定値

と最も大きく、表層で6.5%と最も小さかった。有効水分は主要根群域で10.3%と最も大きく、他は同程度だった。

県内の樹園地土壌の実態については既に報告がある³⁾。また、県の土壌診断基準にも、適正値が記載されている。今回の調査園の結果をこれらと比較した。その結果、土壌の主要根群域のち密度は20mmで、県内の農耕地土壌の実態調査結果の樹園地の平均値19.8mmと同程度であった。

なお、本県の診断基準値は主要根群域の数値として20mm以下であり、深さ20～40cmの主要根群域ではおおむね基準を満たしていたが、表層および根域下層では基準値よりもやや大きかった。表層が主要根群域に比べて硬いのは、過去の調査結果で、畑地において農業機械の耕耘回数と土壌ち密度に相関が認められており、農業機械による圧密化の影響と考えられる。また、根域下層は断面調査の結果、黄褐色の腐植の少ない黒ボク土で、基本的性質の違いによるものと思われた。固相率は、主要根群域平均が22.6%で、実態調査の黒ボク土平均の25.7%よりも小さい値であった。なお、県内の樹園地平均は34.3%、黒ボク土平均は25.7%であった。

今回の調査の土壌物理性と収量との関係を第3表に示した。結果は、収量と根域下層の気相率とは正の相関関係が認められ、液相率とは負の相関関係が認められた。今回の測定における三相分布はp F 1.5の圃場含水量に調整した上で測定した。この場合の気相率はp F 1.5の圃場含水量に調整した上で測定し、直径0.1mm以上の大きい孔隙および粗孔隙の量を反映している。一般に、気相率は土壌の通気性や透・排水性と関係が深いとされている。また、ミカン土壌について調査した古賀によれば⁵⁾、気相率と透水係数には高い相関関係があり、気相率が小さいほど水分過多で根の分布が制限されるとの報告がある。

過去の知見と考え合わせると、今回の調査では、気相率が小さい園は下層土の透水性が劣るため、下層土に多量の水分が保持されて土壌中の空気量が減少し、それが根の活動に悪影響を及ぼし、ナシの生育および養分吸収が阻害されたと推察される。

森田は⁶⁾、下層土の気相率を高めるための有効な手段として深耕または心土耕と下層への有機物の施用を挙げ

第3表 土壌物理性と収量との関係 (n = 8)

深さ	仮比重	固相	液相	気相	孔隙率	有効水分
0～20cm	0.336	0.153	0.547	-0.672	-0.158	0.659
20～40	0.301	-0.134	0.096	0.047	0.130	0.396
40～60	-0.333	-0.036	-0.761*	0.755*	0.034	-0.615

注) * - 5%水準で有意

ている。しかし、今回の改良の対象となる深さは40～70 cm程度であり、既成園では全体の改良は困難と考えられるので、新規園の選定や開園時の土壌改良の留意事項としたい。

3) 土壌中無機成分特性値が葉内成分、収量および品質に及ぼす影響

(1) 窒素成分

a. 窒素施肥量と土壌中硝酸態窒素濃度の関係

開花期から満開後90日までの深さ別土壌中硝酸態窒素濃度と、アンケート調査から得られた施肥窒素量との関係を検討した結果を第4表に示した。なお、施肥時期は前年秋と春施用に分けて別々に算出した。この結果、前年秋の窒素施肥量は、満開後30日まで根域下層の土壌中硝酸態窒素濃度と有意な相関があった。また、春施用の窒素施肥量は開花期から満開後60日について、表層で有意な相関があった。満開後60日と90日では、主要根群域の土壌中硝酸態窒素濃度と相関が高かった。

前年秋施用の窒素施肥が根域下層の土壌中硝酸態窒素濃度と相関があったのは、深耕とともに施用される場合が多いことから、硝酸態窒素が主要根群域を中心に分布

第4表 窒素施肥量と時期別土壌中硝酸態窒素濃度の関係

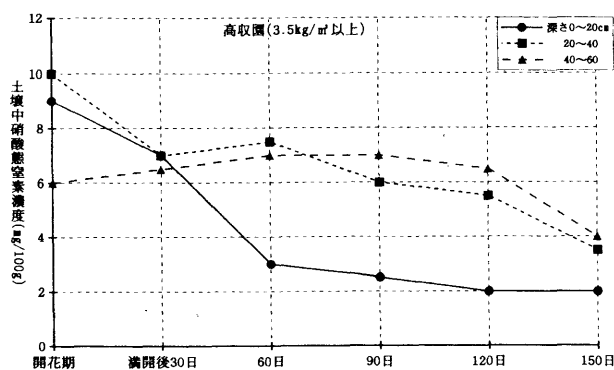
施用時期	深さ(cm)	開花期 (4/20)	満開後30日 (5/20)	満開後60日 (6/20)	満開後90日 (7/20)
前年秋 (n=28)	0～20	0.266	0.349	0.368	-0.428*
	20～40	0.373	0.395*	0.308	0.204
	40～60	0.679**	0.473*	0.315	0.013
春 (n=10)	0～20	0.887**	0.720*	0.938**	0.165
	20～40	0.000	0.499	0.744*	0.688*
	40～60	0.047	-0.366	0.199	0.273

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意

第5表 窒素施肥量(X)と時期別土壌中硝酸態窒素濃度(Y)の回帰式

施肥方法	調査時期	回帰式	相関係数
基肥	開花期	$Y=1.65+0.24X$	$r=0.492^{**}$
	満開後30日	$Y=2.15+0.21X$	$r=0.475^{*}$
	満開後60日	$Y=1.68+0.17X$	$r=0.454^{*}$
追肥	開花期	$Y=0.70+0.63X$	$r=0.813^{*}$
	満開後30日	$Y=0.89+0.46X$	$r=0.787^{*}$
	満開後60日	$Y=-0.43+0.44X$	$r=0.888^{**}$
	満開後90日	$Y=0.45+0.37X$	$r=0.882^{**}$

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意



第2図 高収園および低収園の土壌中硝酸態窒素の変化

し、降雨にともなって5月頃から次第に根域下層に移行するためと考えられた。また、春施用では表層全面施用が多いため、施用してから一定時期までは表層に硝酸態窒素濃度が高く維持され、その後次第に下層へ移動したと推察された。

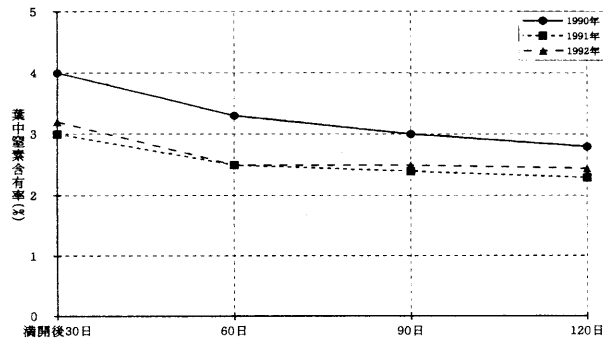
次に、施肥窒素量を独立変数とおき、前表で施肥窒素量と相関が認められた時期の土壌中硝酸態窒素濃度(平均値)を従属変数とした回帰式を第5表に示した。この結果、前年秋施用と春施用を比較すると、土壌中硝酸態窒素濃度は前年秋施用よりも春施用のほうが同じ施肥量ではより高い濃度になることが分かった。例えば、現在の基肥の施肥基準量15kg/10aを従来通りの前年秋に施用した場合は、満開後30日の土壌中硝酸態窒素濃度は、5.0～6.5mg/100g程度と予測できるのに対し、春に施用した場合は8.0～13.0mg/100g程度になると予測される。

b. 土壌中硝酸態窒素濃度の推移

土壌中硝酸態窒素濃度の推移について高収園(3.50kg/m²以上)と低収園(3.00kg/m²以下)に区別して平均値を比較した結果を第2図に示した。高収園では満開後60日から120日までは主要根群域および根域下層の数値が6.0～8.0mg/100g程度に維持されていたのに対し、低収園では同時期において、主要根群域が3.0～4.0mg/100g程度と低く経過し、根域下層が6.0mg/100g程度で推移した。特に低収園の根域下層では満開後60日から90日にかけて硝酸態窒素濃度が急激に減少していた。

c. 土壌中硝酸態窒素濃度と葉中窒素含有率の関係

調査年次別葉中窒素成分平均値の経時変化について、第3図に示した。いずれの年も5月の調査で高く、その後次第に減少する傾向であった。着果そう葉を採葉した1990年は4.1%から3.0%へと推移した。不着果そう葉を採葉した1991および1992年は3.2%から2.4%へと推移した。このことから、年次による変動に関係なく、不着果そう葉は着果そう葉よりも低い値を示すものと考えられた。



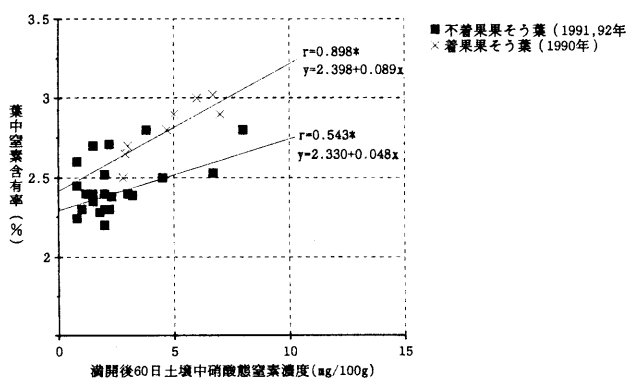
第3図 葉中窒素含有率の調査年別変化

時期別土壌中硝酸態窒素濃度と葉中窒素含有率との相関係数を第6表に示した。満開後60日の土壌中硝酸態窒素濃度と1ヶ月後の満開後90日の葉中窒素含有率との間に、3年間を通じて5%水準で有意な正の相関があった。但し、1990年は着果果そう葉を採取し、1991および1992年は不着果果そう葉を採取してデータを得たので、回帰式は第4図に別々に示した。

第6表 土壌中硝酸態窒素濃度と葉中窒素含有率の関係(調査年別)

調査年	NO ₃ -N 葉中N	開花期		FB30		FB60		FB90	
		FB30	FB60	FB60	FB90	FB90	FB120	FB120	
1990	1m	0-20	-0.719*	0.128	-0.219	0.030	0.328	0.152	-0.143
		20-40	-0.522	0.569	-0.309	-0.241	0.083	-0.548	-0.289
		40-60	-0.097	0.611	0.087	-0.535	0.434	0.220	0.017
		2m	0-20	-0.297	0.480	-0.493	0.771*	0.899*	0.807*
	2m	20-40	0.239	0.435	-0.438	0.591	0.516	0.619	0.075
		40-60	-0.118	0.441	0.461	0.642	0.439	0.177	0.418
		3m	0-20	-0.399	0.635	-0.159	-0.042	0.528	-0.015
		20-40	0.231	0.796	0.526	0.329	0.483	0.148	0.297
		40-60	0.235	0.367	0.662	0.474	0.594	0.208	0.120
	3m	0-20	-0.430	0.480	-0.019	-0.076	0.462	0.168	0.242
		20-40	-0.123	0.113	0.266	-0.299	0.285	0.103	0.371
		40-60	-0.450	-0.259	0.426	-0.328	0.087	0.071	0.080
		4m	0-20	-0.269	0.246	-0.016	0.100	0.588*	0.117
1991	1m	20-40	-0.146	-0.092	0.162	-0.349	-0.261	-0.068	0.474
		40-60	-0.421	0.006	0.289	-0.134	-0.336	-0.209	0.232
		3m	0-20	-0.409	0.295	0.022	0.115	0.017	-0.226
		20-40	-0.222	0.304	0.118	-0.290	0.132	-0.037	0.114
	2m	40-60	-0.215	0.054	0.154	-0.481	-0.112	-0.524*	0.168
		1m	0-20	0.569*	0.336	0.254	0.495	-0.032	-0.221
		20-40	0.127	0.028	0.076	-0.285	0.327	0.312	0.569*
		40-60	0.428	0.368	0.063	-0.703*	-0.325	-0.509*	0.112
	3m	0-20	0.354	0.176	0.180	0.241	0.513*	0.412	0.166
		20-40	0.236	0.061	0.182	-0.109	0.331	0.388	0.453
		40-60	0.483	0.354	0.185	-0.275	-0.106	-0.256	-0.079
		4m	0-20	0.161	0.171	0.305	0.391	0.428	0.326
1992	3m	20-40	0.016	0.218	-0.076	-0.232	-0.203	-0.154	0.070
		40-60	0.244	0.149	-0.010	-0.347	-0.565	-0.568	0.065

注) * - 5%水準で有意, FB - は満開後一日の意味



第4図 満開後60日の土壌中硝酸態窒素濃度と満開後90日の葉中窒素含有率との関係

ナシの時期別養分吸収量については、窒素成分の吸収量は5月と7月に多いことが報告されている。¹¹⁾ このことから、今回の調査の満開後60日から90日は、7月の時期に一致するので、窒素成分の吸収が葉中窒素成分に影響を及ぼしているものと考えられる。従って、葉中窒素含有率を維持するためには、この時期の土壌中硝酸態窒素濃度を適正に維持することが重要である。

d. 葉中窒素含有率と収量との関係

満開後30日(5/20)から満開後120日(8/20)までの葉中窒素含有率を独立変数、収量を従属変数として、調査年ごとに重回帰分析を行った結果を第7表に示した。着果果そう葉を供試した1990年では、先に記述した満開後60日の土壌中硝酸態窒素濃度と相関の高かった満開後90日の葉中窒素含有率を独立変数として1次回帰式で説明でき、土壌中窒素成分と収量との関係を着果果そう葉中窒素成分を介して説明できる可能性が示唆された。また、不着果果そう葉を供試した1991年および1992年についても、時期は異なるが多くても2変数を用いた相関で説明できた。

果そう葉は、果実肥大を促し、充実した樹体を作るための重要な成分である炭水化物を生成し、果実については収穫期まで影響している部位である。今回の調査では、果そう葉が収量と関連のあることが分かった。

e. 土壌中硝酸態窒素濃度と果実糖度との関係

土壌中硝酸態窒素濃度と糖度との相関関係を第8表に示した。果実糖度と満開後90日の樹幹から1m位置の主要根群域の土壌中硝酸態窒素濃度には、3年間を通して1%水準で統計的に有意な負の相関があった。また、同時期の樹幹から2m位置の主要根群域の土壌中硝酸態窒素濃度には、果実糖度との間に1991年と1992年に有意な負の相関があった。開花期の樹幹から3m位置の表層の土壌中硝酸態窒素濃度と果実糖度には、1991年および1992年について有意な負の相関があった。満開後90日の土壌中硝酸態窒素濃度と果実糖度については、3年間を通して有意な負の相関があったので、2～3年間の調査樹別の平均値を用いて回帰式を算出した結果を第5図に示した。

今回の調査で糖度と関連のあった満開後90日(7/20)

第7表 葉中窒素含有率と収量の重回帰分析結果

調査年	独立変数	回帰式	相関係数
1990	満開後90日N含有率	$Y=0.12+1.03X$	$r=0.692^*$
1991	X_1 =満開後90日N含有率 X_2 =満開後120日N含有率	$Y=5.18-3.08X_1+2.71X_2$	$r=0.657^{**}$
1992	満開後30日N含有率	$Y=1.25+0.61X$	$r=0.706^{**}$

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意

の時期は、果実による窒素吸収量が増加傾向にある時期と報告されている¹¹⁾。作物の品質と窒素吸収量については、過剰な無機態窒素を原料とするタンパク質の合成に、光合成産物である炭水化物がエネルギー源として利用されて消耗し、炭水化物由来の糖含量が低下するというメカニズムが知られている。さらに、水耕栽培により時期を変えて窒素成分の供給を欠除してその影響を調査した試験結果では、7～8月に欠除した区は果実の肥大は劣るが糖度が高まったという報告がある¹⁾。このことから今回の調査については、満開後90日の土壤中硝酸態窒素濃度が低い場合には、以後の果実への窒素吸収量が少なく抑えられ、糖の原材料となる炭水化物の消耗が少なくなつて、果実糖度が高くなったと考えられた。その結果、果実糖度を考慮した管理を行うには、満開後90日における土壤中硝酸態窒素濃度を少なくするための肥培

管理が必要であると思われた。

f. 葉中窒素成分と果実糖度の関係

満開後90日および120日の葉中窒素成分と果実糖度の関係を第9表に示した。その結果、1991および1992年のいずれの時期においても負の相関関係がみられたが、1992年では統計的に有意ではなかった。

(2) リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム成分

a. 土壌中成分特性値

土壌の化学特性の平均値を第10表に示した。さらに、各数値の土壌診断基準¹²⁾は、表に付記した。可給態リン酸は1992年の開花期の測定値でそれ以外の測定値は同年の開花後90日（7月下旬）の数値を示した。pHは位置に関係なく深いほど小さい傾向だった。ECは、深さ20～60cmの下層土が0～20cmの土層よりも高い傾向にあった。交換性カルシウムは下層ほど低い傾向で、特に樹幹に近い1m位置の深さ20～60cmでは県の土壌診断基準を下回った。交換性マグネシウムおよびカリウムについても同じ傾向だった。可給態リン酸は樹幹から1mおよび3m位置の深さ40～60cmで診断基準をやや下回った。

土壌の化学性については、県内の樹園地平均が、pH 5.8、交換性カルシウム 475mg/100g 乾土、交換性マグネシウム 77mg/100g、交換性カリウム 72mg/100g、可給態リン酸 35.6mg/100g であり、黒ボク土平均も同程度であった。表に付記した土壌診断基準と調査園土壌を比較すると、pHは同程度で、樹幹から近い1m位置の交換性陽イオンおよび可給態リン酸が、県内平均値および診断基準を下回った。以上のことは、樹幹から1mの距離の土壌が新植以後、成木になるにつれて改良がされにくいことを示していると考えられる。ゆえに、新植時の十分な土壌改良資材の必要性が指摘できる。樹幹から1m位置については主根が多いことから、断根を避けるために樹幹から1.5m以上離れた位置で土壌改良対策を行うよう指導されているのが要因と考えられる。

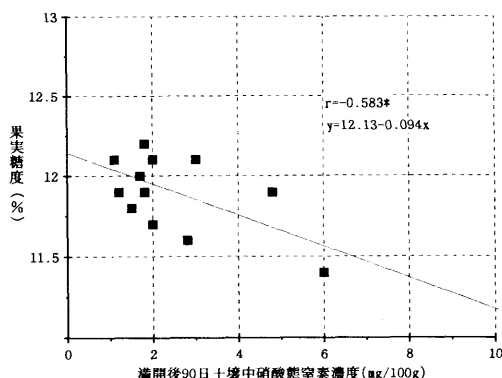
b. 土壌中成分特性値と葉中成分値の関係

葉中各成分値の推移を第6図に示した。リン含有率は、着果果そう葉が0.25%から0.12%、不着果果そう葉は、0.30%から0.16%とゆるやかに減少する傾向であった。カリウム含有率は着果果そう葉で2.1%から1.3%と

第8表 土壌中硝酸態窒素と果実糖度の関係

調査年	位置と 深さ (cm)	開花期	満開後 30日	満開後 60日	満開後 90日
1990	1m	0-20	-0.470	0.065	-0.308
		20-40	-0.386	-0.658	-0.611
		40-60	-0.145	-0.498	-0.127
	2m	0-20	-0.549	0.650	0.397
		20-40	0.097	0.213	-0.078
		40-60	0.263	0.178	-0.013
	3m	0-20	-0.460	-0.723*	0.272
		20-40	-0.125	-0.446	-0.404
		40-60	0.338	-0.273	-0.071
1991	1m	0-20	-0.770**	-0.756**	0.142
		20-40	-0.010	0.034	-0.528*
		40-60	-0.346	0.167	0.204
	2m	0-20	-0.748**	-0.463	-0.699**
		20-40	-0.094	-0.110	-0.593*
		40-60	-0.147	0.290	0.204
	3m	0-20	-0.673**	-0.702**	-0.665**
		20-40	0.330	0.056	-0.445
		40-60	0.343	0.310	0.323
1992	1m	0-20	-0.144	-0.249	0.230
		20-40	-0.003	-0.046	-0.334
		40-60	0.169	-0.241	-0.056
	2m	0-20	-0.346	-0.314	0.145
		20-40	-0.174	-0.248	-0.173
		40-60	-0.028	0.059	-0.045
	3m	0-20	-0.652**	-0.266	0.241
		20-40	-0.400	0.190	0.055
		40-60	-0.296	0.245	-0.018

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意



第5図 満開後90日の土壤中硝酸態窒素成分と果実糖度との関係

第9表 葉中窒素含有率と果実糖度との関係

調査年	採 葉 時 期	
	FB 90	FB 120
1991	-0.570*	-0.647**
1992	-0.234	-0.403

注) **, *はそれぞれ1%, 5%で統計的に有意
FB - は満開後 - 日の意味

第10表 調査土壌の位置および深さ別の化学特性値

位置	深さ (cm)	pH		EC(mS/cm)		EX-CaO(mg/100g)		EX-MgO(mg/100g)		EX-K ₂ O(mg/100g)		Av-P ₂ O ₅ (mg/100g)	
		範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
1m	0~20	4.7~6.3	5.8	0.07~0.24	0.15	102~696	457	14~174	98	21~99	63	10~96	39
	20~40	4.8~6.5	5.6	0.05~0.32	0.14	57~518	283	8~91	56	9~61	37	2~38	11
	40~60	4.6~6.2	5.5	0.07~0.32	0.17	73~457	263	15~93	52	15~72	35	1~15	7
2m	0~20	4.9~6.6	5.9	0.08~0.30	0.16	183~749	502	25~163	117	25~101	66	8~83	31
	20~40	4.4~7.0	5.8	0.06~0.50	0.19	58~863	375	10~210	81	13~85	43	3~57	15
	40~60	4.6~6.8	5.6	0.07~0.63	0.24	100~811	364	19~238	91	16~97	43	1~86	14
3m	0~20	5.4~6.6	6.0	0.07~0.33	0.17	221~724	470	43~163	112	30~98	65	5~47	29
	20~40	4.8~6.4	5.7	0.07~0.46	0.21	53~613	358	10~139	81	8~72	46	2~48	13
	40~60	4.7~6.5	5.6	0.08~0.53	0.24	61~765	318	12~125	65	17~76	42	2~18	8
診断基準		5.5~6.5				350~580		60~100		40~70		10以上	

注) Av-P₂O₅は平成4年の開花期、それ以外は開花後90日（7月下旬）の測定値。

減少傾向だった。不着果果そう葉は、満開後90日までは2.6%から2.1%とやや減少傾向にあったが、満開後120日では1991年で1.7%平均、1992年で2.2%平均と差が大きかった。マグネシウム含有率は、調査期間を通して0.5~0.7%程度で、ほぼ一定水準に推移した。

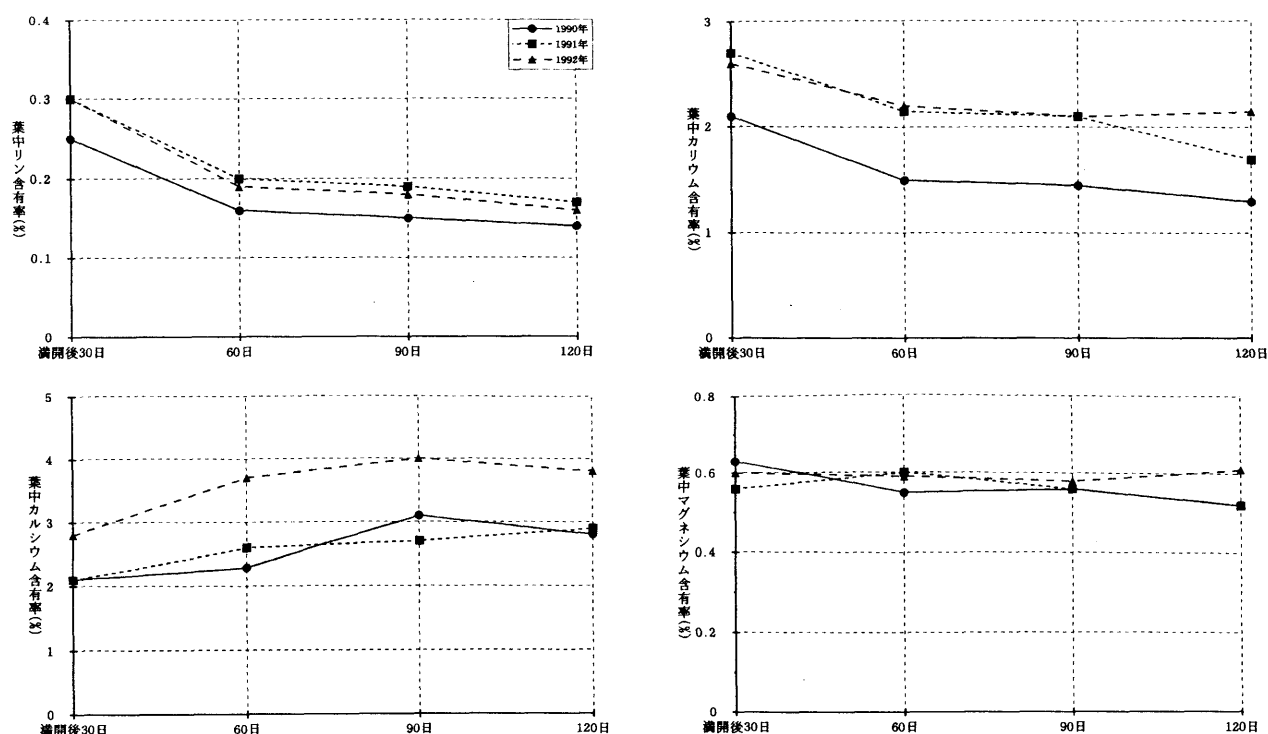
カルシウム含有率は、着果果そう葉を採葉した1990年および不着果果そう葉を採葉した1991年は2.2%から2.7%程度のほぼ同水準で高く推移する傾向を示した。しかし、1991年と同じ不着果果そう葉を採葉した1992年については2.7%から3.8%と他の年に比べて明らかに高く推移した。ナシの葉中成分の経時変化について、4月から9月にかけての変化は、窒素、リンおよびカリウムがそれぞれ減少傾向、カルシウムが増加傾向にあり、マグネシウムが微増傾向にあることが明らかにされている⁸⁾。今回の調査では、マグネシウムについては一定水準で推移したものの、それ以外の成分についてはほぼ同様な傾

向を示していた。

また、開花期の土壌中交換性陽イオンと満開後30日~120日の葉中カルシウム、マグネシウムおよびカリウム含有率の相関を第11~13表に示した。樹幹から1mの根域下層の土壌中交換性カルシウムと満開後90日および120日の葉中カルシウム含有率には3年間を通して正の相関関係があった。しかし、マグネシウムおよびカリウムについては、3年間を通して一定の傾向は見られなかった。同様に、土壌中可給態リン酸と葉中リン含有率の相関関係を検討したが、3年間を通した有意な相関関係は見られなかった（第14表）。

c. 葉中成分値と収量および果実糖度の関係

満開後90および120日の葉内成分値と収量の関係を検討した結果、3年間をとおして一定の傾向はみられなかった（第15表）。同様に、満開後90および120日の葉内成分値と果実糖度の関係を検討した結果、満開後120日



第6図 葉中成分の調査年別変化

のリン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウム含有率と果実糖度には、統計的に有意ではないが負の相関関係があった(第16表)。

IV 総合考察

今回の調査では、ナシ園黒ボク土壌の実態を把握したと同時に、土壌中窒素成分がナシの収量および糖度に及ぼす影響について検討した。

特に窒素の動きとしては、窒素施用量から土壌中硝酸態窒素濃度、さらに、着果果そう葉中窒素含有率そして収量へ及ぼす影響を把握することができた。目標収量を3.5kg/m²に設定して、各段階で得られた回帰式を用いて各段階での適正値を算出すると次の数値になった。満開

第11表 開花期(4月下旬)の交換性カルシウム濃度と葉中カルシウムの相関

調査年	位置	深さ (cm)	FB30	FB60	FB90	FB120
1990	1m	0-20	0.702	0.774	0.186	0.186
		20-40	0.183	0.056	0.353	0.573
		40-60	0.530	0.437	0.453	0.773*
	2m	0-20	0.480	0.301	-0.367	-0.062
		20-40	0.233	-0.111	0.017	0.320
		40-60	0.455	0.401	0.431	0.684
	3m	0-20	0.884**	0.885**	0.258	0.564
		20-40	0.846**	0.640	0.095	0.631
		40-60	0.865**	0.813*	0.206	0.634
1991	1m	0-20	0.226	0.524*	0.434	0.596*
		20-40	0.160	0.371	0.504*	0.486
		40-60	0.514*	0.425	0.564*	0.563*
	2m	0-20	0.295	0.412	0.041	0.331
		20-40	0.344	0.430	0.249	0.277
		40-60	0.297	0.462	0.265	0.339
	3m	0-20	-0.068	0.323	0.189	0.410
		20-40	0.094	0.274	0.129	0.360
		40-60	0.217	0.335	0.168	0.347
1992	1m	0-20	0.383	0.455	0.556*	0.358
		20-40	0.044	0.431	0.480	0.141
		40-60	0.309	0.570*	0.694**	0.470
	2m	0-20	0.228	0.636**	0.342	0.306
		20-40	0.513*	0.609*	0.509*	0.538*
		40-60	0.347	0.652**	0.576*	0.310
	3m	0-20	0.205	0.299	0.354	0.434
		20-40	0.167	0.178	0.459	0.483
		40-60	0.264	0.373	0.486	0.432

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意, F B - は満開後一日の意味

第12表 交換性マグネシウム濃度と葉中マグネシウム含有率の相関

調査年	位置	深さ (cm)	FB30	FB60	FB90	FB120
1990	1m	0-20	0.500	0.853**	0.753*	0.786*
		20-40	0.339	0.823*	0.849**	0.772*
		40-60	0.612	0.633	0.681	0.575
	2m	0-20	0.363	0.810*	0.802*	0.815*
		20-40	0.367	0.575	0.874**	0.652
		40-60	0.383	0.249	0.459	0.116
	3m	0-20	0.399	0.763*	0.543	0.486
		20-40	0.355	0.839**	0.604	0.678
		40-60	0.303	0.927**	0.841**	0.774*
1991	1m	0-20	-0.248	-0.052	-0.107	-0.194
		20-40	0.140	0.128	0.235	0.149
		40-60	0.040	-0.038	0.235	-0.096
	2m	0-20	-0.112	0.330	0.060	0.270
		20-40	0.151	0.508*	0.298	0.338
		40-60	0.122	0.327	0.295	0.189
	3m	0-20	-0.225	-0.168	-0.261	-0.199
		20-40	-0.213	-0.156	-0.093	-0.129
		40-60	-0.121	-0.175	-0.045	-0.107
1992	1m	0-20	0.496	0.486	0.296	0.239
		20-40	0.338	0.168	-0.081	-0.117
		40-60	0.510*	0.401	0.138	0.040
	2m	0-20	0.249	0.129	-0.077	0.070
		20-40	0.314	0.466	0.205	0.234
		40-60	0.108	0.382	0.178	0.160
	3m	0-20	0.387	0.348	0.205	0.189
		20-40	0.531*	0.394	0.292	0.240
		40-60	0.590*	0.561*	0.427	0.455

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意, F B - は満開後一日の意味

第13表 開花期交換性カリウム濃度と葉中カリウム含有率の相関

調査年	位置	深さ (cm)	FB30	FB60	FB90	FB120
1990	1m	0-20	0.636	0.429	0.508	0.128
		20-40	0.608	0.842**	0.773*	0.355
		40-60	0.118	0.741*	0.628	0.396
	2m	0-20	0.796*	0.571	0.585	0.041
		20-40	0.654	0.348	0.541	0.002
		40-60	0.630	0.432	0.601	0.011
	3m	0-20	0.593	0.510	0.749*	0.147
		20-40	0.304	0.178	0.423	0.109
		40-60	0.404	0.345	0.250	0.226
1991	1m	0-20	-0.501*	-0.473	-0.440	-0.023
		20-40	0.373	0.488	-0.142	0.331
		40-60	-0.013	0.284	-0.072	0.131
	2m	0-20	0.479	0.591*	0.040	0.518*
		20-40	0.182	0.494	-0.238	0.197
		40-60	0.472	0.638**	0.000	0.586*
	3m	0-20	0.014	0.147	0.089	-0.050
		20-40	0.243	0.315	0.348	0.305
		40-60	0.158	0.389	0.448	0.049
1992	1m	0-20	-0.128	-0.188	-0.121	-0.041
		20-40	-0.227	-0.204	-0.249	-0.148
		40-60	-0.346	-0.312	-0.426	-0.250
	2m	0-20	-0.104	-0.265	-0.020	-0.143
		20-40	-0.170	-0.245	-0.357	-0.140
		40-60	-0.164	-0.244	-0.340	-0.208
	3m	0-20	-0.226	-0.433	-0.284	-0.201
		20-40	-0.384	-0.408	-0.189	-0.125
		40-60	-0.427	-0.553*	-0.276	-0.407

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意, F B - は満開後一日の意味

第14表 開花期土壌中可給態リン酸と葉中リン含有率との相関

調査年	位置	深さ (cm)	FB30	FB60	FB90	FB120
1990	1m	0-20	-0.165	0.122	0.071	-0.413
		20-40	0.225	-0.054	0.219	-0.162
		40-60	-0.598	-0.162	-0.186	-0.478
	2m	0-20	0.519	0.402	-0.072	-0.460
		20-40	-0.344	0.086	-0.440	0.123
		40-60	0.214	0.719*	-0.110	0.123
	3m	0-20	-0.193	-0.245	0.152	-0.526
		20-40	0.322	-0.117	0.542	0.120
		40-60	-0.545	-0.637	-0.327	-0.604
1991	1m	0-20	0.223	0.190	0.238	0.063
		20-40	0.252	0.119	-0.058	-0.084
		40-60	0.016	-0.371	-0.475	-0.252
	2m	0-20	-0.277	-0.047	-0.023	-0.147
		20-40	0.171	0.088	-0.105	-0.023
		40-60	0.174	0.080	-0.168	-0.023
	3m	0-20	-0.235	-0.196	-0.225	-0.166
		20-40	-0.542*	-0.314	-0.160	-0.076
		40-60	-0.314	-0.086	-0.119	-0.011
1992	1m	0-20	-0.108	0.114	-0.075	0.060
		20-40	-0.050	0.094	-0.017	-0.009
		40-60	-0.134	0.148	-0.043	0.075
	2m	0-20	-0.008	-0.081	-0.067	-0.154
		20-40	0.083	0.199	0.070	0.180
		40-60	0.322	0.320	0.210	0.301
	3m	0-20	-0.532*	-0.396	-0.350	-0.498*
		20-40	-0.175	-0.340	-0.155	-0.326
		40-60	-0.186	-0.225	-0.132	-0.234

注) ** - 1%水準, * - 5%水準で有意, F B - は満開後一日の意味

第15表 葉中P, K, Ca, Mg含有率と収量との関係

調査年	無機成分	満開後90日	満開後120日
1990	P	-0.301	-0.358
	K	0.290	0.461
	Ca	-0.052	-0.185
	Mg	0.594	0.505
1991	P	-0.077	0.299
	K	-0.296	0.137
	Ca	-0.018	0.140
	Mg	0.410	0.383
1992	P	0.263	0.556*
	K	-0.053	0.398
	Ca	0.437	0.114
	Mg	0.387	0.365

注) * - 5%水準で有意

第16表 葉中P, K, Ca, Mg含有率と果実糖度との関係

調査年	無機成分	満開後90日	満開後120日
1990	P	-0.342	-0.323
	K	0.319	-0.412
	Ca	-0.134	-0.412
	Mg	-0.028	-0.467+
1991	P	-0.176	-0.100
	K	-0.521*	-0.698**
	Ca	-0.186	-0.154
	Mg	-0.457	-0.454+

注) **, *, + はそれぞれ1%, 5%, 10%で統計的に有意

後90日の着果果そう葉中窒素含有率は3.28%、満開後60日の土壌中硝酸態窒素濃度は9.9mg/100g乾土、春（3月）の窒素施肥量は23.5kg/10aであった。県内の施肥基準は基肥（前年秋施用）で15kg/10aとされており、秋よりも施用時期が遅れていることを考慮すると目標収量に達するためには窒素施肥量を施肥基準よりかなり多くする必要がある。しかし、窒素施肥量を多くすると、徒長枝が出て過繁茂になり、収量に影響する可能性があるため、施肥量の設定には十分な検討が必要と思われる。

また満開後90日の土壌中硝酸態窒素濃度と果実糖度には負の相関関係が認められた。この結果、果実糖度を低下させないためには、収穫時期1ヶ月前には土壌中硝酸態窒素濃度を低下させて窒素の過剰な吸収を抑える必要があると考えられる。目標とする果実糖度を12.0%と設定した場合の満開後90日の土壌中硝酸態窒素濃度を回帰式から逆算すると1.4mg/100g乾土であり、さらにこの濃度を保つために必要な春の窒素施用量は2.6kg/10aと算出された。この数値は目標収量を3.5kg/m²と設定した場合の春の窒素施用量の11%程度であり、窒素施肥の面からは、収量と果実糖度は相反する傾向であると推察された。今後、窒素施肥量を見直す試験を実施して、目標とする収量と果実糖度をバランスよく満たすための施肥技術を確立することが急務であろう。

また、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム成分については、樹幹から1mの根域下層の土壌中カルシウム含量と収穫期1ヶ月前と収穫期の葉中カルシウム含有率に正の相関関係が認められたが、他は判然としなかった。今回の調査で測定した土壌中の成分分析値は、土壌中硝酸態窒素濃度のように速やかに変化する数値ではなく、大量の土壌改良資材を施用しない限り大きく変化することはないので、今後の調査では、土壌溶液をサンプリングして、植物根が速やかに利用できる形態である水溶性成分を行い、葉中成分等との関係を追跡する必要があるだろう。

謝 辞

調査の遂行にあたって協力いただいた方々および本稿のとりまとめにあたり有益な御助言を賜った方々すべてに心から感謝の意を表する次第であります。

V 引用文献

1. 林 真二（1960）梨の施肥合理化の研究，果実日本15(5)：11-14.
2. 市川市農業協同組合（1982）市川市なし園土壌の実態とこれからの土壌管理.
3. 亀和田國彦・小川昭夫・植木与四郎・吉沢崇・岩崎秀穂・内田文雄（1989）栃木県農耕地土壌の実態（第2報），畑地土壌の物理性及び化学性の現況，栃木農試研報 36：1-14.
4. 亀和田國彦・小川昭夫・吉沢 崇・植木与四郎（1990）栃木県農耕地土壌の実態（第3報）近年の主要な性質の変化，栃木農試研報 37：115-132.
5. 古賀 汎（1972）温州ミカン園における下層土の物理性に関する研究，四国農試報 25：119-232.
6. 森田義彦（1954）果樹園土壌の研究，農技研報 E 4号：3-133.
7. 農水省果樹試（1985）果樹園土壌の現状と診断基準
8. 佐藤公一（1952）果樹葉分析に関する研究（I），農技研報 E 1号：1-60.
9. ———・石原正義・原田良平（1952）果樹葉分析に関する研究（第3報）梨園の葉分析調査，農技研報 E 1号：43-59.
10. ———・———・金戸橘夫・町田 裕（1960）窒素，りん酸，カリの施用がナシの生長，葉および樹体成分ならびに果実の品質に及ぼす影響，農技研報 E 9号：195-213.
11. ———・———・栗原昭夫（1958）温州蜜柑および梨樹の季節的養分吸収に関する研究，農技研報 E 6号：161-198.
12. 栃木県（1995）農作物施肥基準.
13. 浦木松寿・村田謙司・神野雄一（1987）鳥取県におけるナシ園土壌の物理性の実態，鳥取果樹試研報 10 33-47.

