

リンゴ（ゴールドデンデリシャス）の葉分析法 の実用化に関する研究

山崎 利彦[※]・新妻 胤次^{※※}・松井 巖・田口 辰雄

目 次

I. 緒言	25
II. 適正葉中N含量の決定	25
1. 材料と方法	25
2. 結果	26
3. 考察	29
4. 摘要	30
III. 果実の形質に影響する諸要因の多変量解析と 葉分析の実用化	30
1. 方法	30
2. 結果	32
3. 考察	63
4. 摘要	66
IV. 総括	67
V. 引用文献	68

I. 緒 言

施肥に対するリンゴの反応がきわめて遅く、Nの合理的な施肥量は10a当たり15kg以下であり、大よそ6～8kg程度の施肥量が良品生産のための施肥量であると推定されるにおよんで(88)、秋田県南部のゴールドデンデリシャス園の施肥量は急激に低下した。しかしながら、合理的な施肥量を一律に定めることは不可能であり、土壌統別に施肥基準を設定しても、なお土壌の肥沃度の相違に起因する肥効の変異を補うことは不可能である。極端な表現をすれば、合理的な施肥量は園ごとに異なるのである。

また、すでに述べたように、土壌調査による診断は塩基については基本的な条件を設定できたがNの肥沃度を何らかの土壌分析によって診断することは現在のところ不可能であり、土壌診断によってN施肥量を決定することも今のところ不可能である。このような条件下においてN施用量を定める客観的基準がもしあるとすれば葉分析以外にはなからう。

今までわが国においても現地果樹園において広く葉分析による診断の試みはなされてきたが(21, 26, 30-37,

41, 46, 57-59, 66, 67, 70-74, 79, 80)、栽培面まで応用されるまでには至っていない。この理由についてはすでに明らかにしたように(88)、どのリンゴ園でもNは過剰な状態にあるためであり、他の果樹についてもほぼ同様であるとみられる。

この研究が行われた地域では、ようやくN過剰の状態から脱脚して葉色にかなりの変異がみられるようになり、それに伴って果実品質にも変化が現れてきた。本研究はこのような事情を背景として、より合理的な施肥基準の指標として葉分析法を役立たせるために行ったものであり、初めの部分はゴールドデンデリシャスの葉分析診断基準について、次にはリンゴの品質を支配している諸要因の相対的な重要度を多変量解析によって評価した結果を示したものである。

謝辞：この研究に用いられたリンゴ園は150園以上にのぼったが、園主各位には終始変わらぬ御協力をいただいた。また平鹿果樹農協組合長田中正市氏、ゴールドデン無袋栽培担当課長佐々木茂氏をはじめ果樹農協職員各位からは調査の全過程にわたって御援助をいただいた。特に記して謝意を表する。また、分析、計算等の面で多大な御協力をいただいた佐々木美佐子主事をはじめ園芸化学科職員各位に感謝する。

II. 適正葉中N含量の決定

1. 材料と方法

(1) 処理の方法

品種は試験開始時(1968年)に8年生に達したゴールドデンデリシャスを用い、N施肥量を10a当たり0、6、12kgとし、1区10a(40本)とした。翌年は隣接した地区に新たに0、3、6、9kgの4区を新設したが、0N区のN欠乏がひどくなり、9N区はN過剰となったのでそれぞれ2、4、6、8kgの処理に変更した。肥料はN-P₂O₅-K₂O比が2-1-2の高度化成を用い、4月に全量を全園に散布した。

(2) 土壌条件

供試園は秋田県大曲市中沢地区の緩傾斜地で、平鹿統(第三紀)であった。この地区は原野をブルドーザーで

開こんし、新植した地域である。

土性は表層の約20cmがLiC(軽埴土)で、それ以下はHC(埴土)であった(第1図)。粗孔隙は20cm以下で急激に低下し、根群の分布も表層に限られており、根群の約80%は0~20cmまでの深さに分布していた。

腐植含量は表層で約3%であったが、20cm以下では1%前後で少なく、pH(H₂O)は4.7~4.9で低く、 γ_1 は下層で52.9に達した。置換性Caはきわめて低く、そのために試験開始の前年においてはビタービットの被害は30%以上に達した。置換性Mgも非常に低く、新梢基部葉にMg欠乏がみられた(第1表)。

(3) 分析法

葉分析のための葉の採取は毎年7月中旬から8月上旬に行ったが、必要に応じ生育初期や秋期にも行った。試料は葉柄、葉脈を含めて粉碎した。クロロフィルの分析

は1970年までは平間式光電比色計で750m μ のフィルターを用いGuthrie標準液で比色した(48)。1971年以降は日立分光光度計(101型)を用い、660m μ と642.5m μ で吸光度を測定し、クロロフィルa、b、およびその含量を算出した(82)。

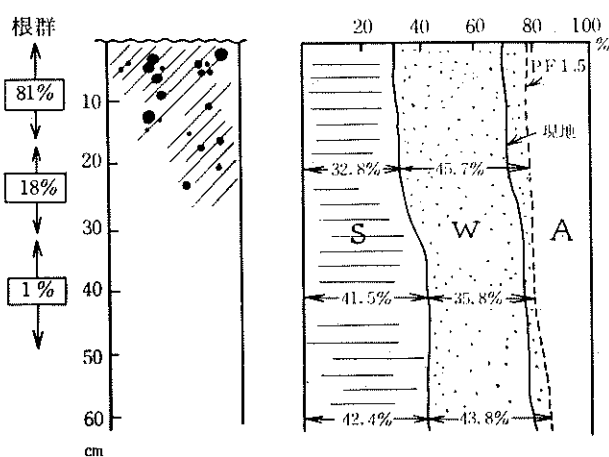
2. 結果

(1) 1969年の結果

処理開始1年目であるにもかかわらず、0Nによって葉中Nは有意に低下し、8月4日の含量は1.93%に低下した(第2表)。

葉中Nの低下に伴い果実の色は明らかに小さくなり、生長は衰えたが果実の色は非常に良かった。屈折計示度や酸に対する影響は認められなかった(第3表)。

特に注目されたのは翌年の結実量が0Nによって制限されたことで、これは花芽数の減少によるものであった



第1図 試験開始時の土性と根群分布

土 性	硬 度	透 水 通 気 性	湿土の色
LiC	21	0.7	10 Y R 4/4
HC	25	1.2	10 Y R 6/6
HC	25	1.5	10 Y 7/6

第1表 試験開始時の土壌化学性

深 さ (cm)	腐 植 (%)	pH		置換酸度 (γ_1)	塩基置換容量 (me/100g)	置換性塩基(me/100g)			塩基飽和度 (%)
		H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	
10	3.01	4.71	4.27	25.8	22.6	0.21	0.31	0.40	4.1
20	1.28	4.90	4.30	24.5	21.4	0.21	0.20	0.37	3.5
30	1.17	4.80	4.12	52.9	24.2	0.60	1.00	0.21	7.5

第2表 葉中N、葉緑素含量に及ぼす処理の影響

処 理	葉中N含量(対乾物重%)			葉緑素含量(mg/30discs)		
	7月8日	8月4日	8月26日	7月8日	8月4日	8月26日
0 N	1.96	1.93	1.87	4.40	4.43	4.57
6 N	2.49	2.51	2.16	5.66	5.89	5.75
12 N	2.46	2.57	2.34	5.94	5.75	6.12
l. s. d.	0.05	0.21	0.15	0.29	0.36	0.29
	0.01	0.24	0.18	0.34	0.42	0.34

(2) 1970年の結果

1970年は前年の処理区に隣接した同じ栽培集団地に処理区を設けた。前年の結果と同じく、0 Nによって葉中Nは1.9%程度まで低下し、N施肥量を増すにつれて高まった(第4表)。この傾向は季節が進むにつれてさらに強調される傾向があった。

果実の大きさは0 N区だけが有意に小さくなったが、

果実の色はきわめて良く、硬度も高かった。屈折計示度や酸に及ぼす影響は認められなかった。

ビターピットの発生率はN施肥量が増えるごとに増大し、9 N区における被害は収穫時において7%に達した。翌年の結実量に対する処理の影響は認められず、0 N区の葉中Nが前年の0 N区とほぼ同一レベルであったにもかかわらず減少しなかったのは年による差と考えられる

第3表 果実の形質と翌年の結実に及ぼす処理の影響

処 理	果 径 (mm)	屈折計示度 (%)	滴定酸度 (ml)	果実の色	平均新梢長 (cm)	翌年の結実量 (1樹当たり)
0 N	79.0	14.1	9.28	7.9	36.9	19
6 N	81.7	13.5	9.05	5.4	46.2	85
12 N	81.7	13.9	9.21	4.3	55.3	144
1. s. d. {0.05 0.01	1.24 1.75	NS	NS	0.9 1.3	3.9 5.5	87 NS

第4表 各処理の葉中Nの季節的消長 *

処 理	7月15日	8月12日	8月28日	9月10日	10月12日
0 N	1.91	1.90	1.75	1.62	1.60
3 N	2.03	2.00	1.78	1.75	1.72
6 N	2.00	2.25	1.93	1.85	1.80
9 N	2.17	2.17	2.07	1.88	1.82

* 2回くり返しの平均値

第5表 果実の形質に及ぼす処理の影響

処 理	果 径 (mm)	屈折計示度 (%)	滴定酸度 (ml)	果実の色	硬 度 (lb)	ビターピット発生率 (%)	翌年の結実量 (1樹当たり)
0 N	78.7	17.0	10.84	7.6	13.2	0	383
3 N	81.2	16.8	10.17	6.1	12.3	2.0	402
6 N	82.1	16.9	10.99	5.5	12.6	5.7	415
9 N	82.6	16.8	10.03	5.5	11.3	7.1	414
1. s. d. {0.05 0.01	1.42 1.91	←——混 合 サ ン プ ル——→				2.0 2.5	NS NS

第6表 葉中無機成分含量に及ぼす処理の影響

処 理	葉中含量(対乾物重%)				
1970 → 1971	N	P	K	Ca	Mg
0 N → 2 N	1.61	0.172	2.21	0.99	0.324
3 N → 4 N	1.81	0.143	2.20	0.96	0.320
6 N → 6 N	2.06	0.149	2.26	0.98	0.299
9 N → 8 N	2.26	0.149	2.01	1.18	0.353
1. s. d. {0.05..... 0.01.....	0.16 0.21	0.016 0.022	0.244 NS	0.135 NS	NS

(第5表)。

(3) 1971年の結果

前年の0N区は10a当たり2kgの窒素を施したにもかかわらず、葉中Nはさらに低下して1.61%になった。また4N区も1.81%と低下した。葉中Pは2Nによって高まり、葉中Kは8Nによって低下し、反対に葉中Caは8Nによって高まった(第6表)。

果径と枝の生長はNが低下するにつれて明らかに減少し、葉中Nと密接な関係が認められた。屈折計示度などの品質は全部混合サンプルについて分析したので統計処理は行ななかったが、硬度は2N区で明らかに高く、糖と酸も高くなる傾向が認められた(第7表)。

翌春の花芽と結実については第8表に示したように、1樹当たりの花芽数は2N区で明らかに低く、8N区で高かった。また1果そう当たりの結実数は2N区と4N区で低かった。

(4) 1972年の結果

2N区と4N区の葉中Nは前年よりさらに低下して、

それぞれ1.53、1.49%となった。また6N区の葉中Nもはじめて2%以下となり、8N区だけが高かった。葉中Pは前年と異なり2N区で低く、葉中Kは2Nと8N区で有意に低かった(第9表)。

果径は2N区と4N区で非常に劣り、6N区と8N区との間には差が認められなかった。しかし、果色はN施肥量が少ないほど良かった。果実の糖、酸、硬度の統計処理は行ななかったが、N施肥量を増すにつれて減少する傾向が認められた(第10表)。

第8表 翌春の花芽数と結実に及ぼす処理の影響

処 理 1970	理 1971	翌春の花芽数 (1樹当たり)	1果そう 当たり結実数
0 N	2 N	214	2.11
3 N	4 N	443	2.24
6 N	6 N	371	3.01
9 N	8 N	603	3.15
l. s. d. {0.05 0.01		129 175	0.42 0.58

第7表 果実形質と生長に及ぼす処理の影響

処 理 1970	理 1971	果 径 (mm)	個 数 (1樹当 たり)	収 量 (1樹当 たりkg)	屈折計示度 (%)	滴定酸度 (ml)	果実の色	硬 度 (lb)	1年枝総長 (5cm以上)
0 N	2 N	71.2	383	62.4	14.2	10.11	6.8	20.7	34
3 N	4 N	75.0	402	74.4	13.5	9.13	4.5	16.8	57
6 N	6 N	76.8	415	80.9	12.6	9.35	4.2	15.8	63
9 N	8 N	80.2	414	94.4	13.0	8.57	3.5	15.0	105
l. s. d. {0.05 0.01		2.14 2.92	NS	NS	混 合 サ ン プ ル				29.0 39.3

第9表 葉中無機含量に及ぼす処理の影響

処 理 1970→1971→1972	葉 中 含 量 (対乾物重%)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 → 2 → 2N	1.53	0.133	1.44	0.90	0.292
3 → 4 → 4N	1.49	0.180	1.93	0.87	0.266
6 → 6 → 6N	1.92	0.174	2.08	0.86	0.245
9 → 8 → 8N	2.46	0.175	1.54	0.96	0.269
l. s. d. {0.05 0.01		0.24 0.33	0.031 0.044	0.27 0.38	NS NS

第10表 果実の形質と生長に及ぼす処理の影響

処 理 1970→1971→1972	果 径 (mm)	収穫果数 (1本当たり)	屈折計示度 (%)	滴定酸度 (ml)	果実の色	硬 度 (lb)	1年枝長a) (cm)
0 → 2 → 2N	74.9	179	13.8	8.52	6.8	14.4	7
3 → 4 → 4N	75.3	314	13.8	7.75	6.5	13.1	25
6 → 6 → 6N	80.6	208	13.8	8.23	5.2	12.4	57
9 → 8 → 8N	80.1	302	13.0	7.52	4.4	11.6	124
l. s. d. {0.05 0.01		103 145	— —	— —	— —	— —	48 66

a) 4年枝上の1年枝の総長

第11表 ゴールデンデリシヤスの葉中N含量の基準値

試験年	欠 乏	不 足	適 当	やや過剰	備 考
1969	1.96			>2.46	花芽分化に不適当な年で、1.96%以下で花芽が減少。2.46%以上で着色不良
1970		1.90	2.06-2.20		1.82%以下で果実は小さくなったが、花芽や果実数の減少なし。
1971	1.61	2.06	2.26		1.61%で花芽数減少、2.06%でも果実はやや小。
1972	<1.53		1.92	>2.46	1.53%以下では果実は非常に小さく1.92%と2.46%の生育差あり、2.46%以上は着色不良。
基準値	<1.53-1.96	1.90-2.06	1.92-2.26	>2.46	

(5) 葉中N含量基準の設定

1969年から4年間の成績を第11表にまとめた。これらの基準はChapman(13)によって示された5段階、すなわち deficiency, low range, satisfactory range, high range, excess rangeに相当するものであり、この試験では excess range に相当するものはなかった。

この研究では欠乏は葉中Nの低下によって果実数が減少する場合とし、花芽数の減少や結実率の低下などがこれに含まれる。しかし、生長が衰え樹冠が相対的に減少することによる果数の減少は含まない。不足は果数の減少は認められないが、果実の大きさが制限される場合とした。またやや過剰は果実の着色が悪く、収穫時の果色の中央値がマンセルカラーチャートで2.5GY 8/10前後のものとした。

やや過剰のレベルについては、この研究では一応果実の色を基準にしたが、他の目安として葉中Nが増加してもはや果実がそれに伴って肥大しない点や、生理障害の発生、あるいは貯蔵力などを考えることもできる。しかし、ゴールデンデリシヤスの無袋栽培においては、着色不良の青実が最も重要な問題となるので果色を目安とした。

花芽数が制限される場合の葉中Nは年によって差があり、1971年1972年は1.5~1.6%以下に葉中Nが低下した場合に花芽数の減少がみられたが、1969年においては1.96%でも花芽の数が制限されたので、安全性を考えて欠乏のレベルは1.96%以下とした。

果実の大きさと葉中Nとの関係も年によって変異があったが、約2.06%以下になると果実の肥大が制限された。やや過剰のレベルは2.46%以上であったので、適当な範囲は2.06%から2.46%で、中央値は2.26%であった。実際には年による変異のために、不足と適当の境界は

overlapしており適当な範囲は1.92%~2.26%であった。

3. 考 察

施肥に対する樹の反応が非常に遅いことはすでに述べたが、この研究の供試園は腐植がきわめて少ない第三紀凝灰岩を母材とする原野の開こん地であり、しかもブルドーザーで表土を取り除いた園地であるために、N施肥処理の影響は第1年目にあられた。

リンゴの栄養診断のための基準値については旭で特に詳しく研究されており、欠乏レベルは年により、また研究者により1.30%から1.85%までの変異がある。また最適レベルについてEaves(16)は2.1%で品質が良いとし、Smock(77)は1.95~2.18%の範囲が適切であると述べ、Hill(24)、Eggert(18)、Weeks(85)、Boynton(7)、Walrath(84)もほぼこの範囲を最適としている。またKenworthy(28,29)、Eaves(16)の結果もほぼ同様であり、これらの適正レベルから考えて過剰レベルは2.4~2.5%以上とみるのが妥当であろう(16,23)。このほか紅玉(8,29)、Northern Spy(23,40)、Stayman(81)、Rome Beauty(38)などの品種についても研究されており、Staymanの適正レベル2.63%を除いては旭とほぼ同様な値が報告されている。

ゴールデンデリシヤスの基準値についての研究は非常に少なく、Benson(5)は無窒素区の葉中含量が4年間で1.6%から2.3%までの変異が認められ、窒素施用区の1.75~2.7%に対して収量が低かったと述べている。

わが国における葉分析の基準値はおもに佐藤によって研究されているが(60~65,68,67)、リンゴでは杉山らが現地の国光と紅玉の平均含量を示したのをはじめとして(79)、森ら(41)、奥山ら(80)の優良園の比較、あるいは洪川ら(73)の10年以上にわたる現地試験の結果が示された。また現地のリンゴ園のN栄養レベルが高いために、

渋川は砂耕試験その他を参考にして、国光の葉身分析で1.5~2.0%を欠乏としている。また巢山ら(80)は着色不良園と良好園の葉中Nを比較し、着色良好園が約3.2%(葉身)であったのに対して、不良園では約3.4%であったと述べ、Nが不足きみな園では約3%であったと報告した。この葉身分析値を全葉分析に換算すると(47)、N不足園は約2.6%、着色良好園は2.85%、不良園は3.02%となる。

阿部ら(1)が重要品種を供試して行った試験では、着色がよかった葉中N含量はゴールデンデリシャスで2.52~2.66%(葉身)、旭では2.57~2.92%(葉身)、同じく葉身分析で祝では2.79%、デリシャスでは2.9~3.12%であったと報告した。ゴールデンデリシャスの葉中Nを全葉分析値に換算すると2.24~2.36%になる。また過剰のレベルについても各品種で明らかにしており、ゴールデンデリシャスのそれは全葉換算で、2.73~3.1%であった。

以上の試験結果を総合すれば、旭、ゴールデンデリシャスでは約2%以下は不足ないしは欠乏レベルであり、適正レベルは中央値がほぼ2.2%前後であるといえようこれに対して国光、スターキングデリシャス、ロームビューティなどはやや高いようである。

4. 摘要

8年生ゴールデンデリシャスを供試して、1969年から1972年までの4年間、10a当たりのN施用量を0~12kgまで変化させ、生育、花芽の分化、果実の大きさ、着色収量などから葉中Nの診断基準を求めた。

Nの欠乏は花芽数の減少を目安とし、不足は1果重の減少を目安とした場合、不足や欠乏を示す葉中Nのレベルは年によりかなり異なっていた。すなわち、1969年は欠乏レベルが1.96%以下で、1970年は1.82%以下であった。しかし、着色不良を目安としたやや過剰レベルは年による変異が比較的少なく、1969、1972年とも2.46%以上であった。

4年間の成績を総合して次のような葉中Nの診断基準が得られた。

欠乏レベル……1.53~1.96%以下
不足レベル……1.90~2.06%
適正レベル……1.92~2.26%
やや過剰レベル……2.46%以上

Ⅲ. 果実の形質に影響する諸要因の多変量解析と葉分析の実用化

1. 方法

(1) 供試園と土壌

この地域の三市二郡にわたる無袋ゴールデン(無袋で栽培されているゴールデンデリシャスの略称)の経済的な栽培は1968年に約100カ所のリンゴ園で開始された。葉分析による栄養診断も1968年から始めたが、1969年から供試園を選出し直し、果実の品質(目的変数)と、それらと密接な関係を有する要因(説明変数)を定め、1972年まで試験を行った。なお、1969年から1972年までの4年間の試験期間を通じて供試園の一部を入れかえたので、4年間を通じて調査を継続した園は75園であった。

供試園の土壌は平鹿統、北野統、釜の川統、醍醐統および未分類の沖積であったが、おもな統は前三者であり、資料のとりまとめもこれら3種の統について行った。1969年と1970年の釜の川統は供試園が少なかったため、その他の土壌に含めた。

(2) 調査法と分析法

調査対象樹は1園3樹とし分析試料の採取や果実、生育調査はすべてこの3樹について行った。調査項目および方法は第12表に示した。

なお、土壌のpH、置換性塩基、有効態リン酸なども調査したが、多変量解析の変数としては用いなかった。土壌中の養分含量の相連や、吸収に関連がある要因はすべて葉中含量に集約されているものとして考えた。

葉分析のための葉の採取は毎年7月下旬から8月上旬に行った。果実は毎年10月10日に園主が収穫し、翌日までに冷蔵庫に搬入した。平均した果実を収穫するためには研究者が直接収穫すべきであるが、全園を巡回するに約10日間を要し、その間に熟期が進むので実際には研究者が巡回して収穫することは不可能であった。そのため毎年収穫に先立ち園主に採取方法を通知し、平均した果実が得られるように努力した。しかし、供試園の10~20%の園は冷蔵庫への搬入が遅れたり、収穫日を厳重に守れなかった。それらの園はすべて資料から削除して用いなかった。そのために、毎年150園前後を調査しながら最終的に資料として用いた園は111~133園であった。

表に示した調査方法のうち、果色、クロロフィルおよび立地条件の詳細は次の通りである。

果色……ゴールデンデリシャスの果色はマンセルカラーチャートで比較することが可能であり、着色程度の採点は第13表に示した9段階において行った。しかし、マンセルカラーチャートでは色調が満足できなかったため

1972年からはカラーチャートを用いて自製して用いた。このカラーチャートのマンセル M_n と CIE および HV/C を第14表に示した。CIE および HV/C の測定は日立分光光度計 M 307 型を用いて日本色彩研究所において測定した。この色表はマンセルカラーチャートよりもはるかに果色に合致した。また、この色表値 x とマンセルカラー

チャート (y) を用いて実際に果色を測定した値 (第13表による採点) との間には 0.87 の相関係数があり、 $y = 1.0695x - 0.101$ の回帰式が得られた。

クロロフィル……クロロフィルの定量は葉色の目安として行つたので、エーテルによる抽出は行わず、直径 10 mm の円形葉片 30 枚をエチルアルコールで抽出した。比色

第12表 変 数 と 測 定 法

目 的 変 数	果 径	y_1	10月上旬に3樹から平均的な大きさの果実を50果選び、横径 (mm) を測定した。
	果 色	y_2	20果の収穫時における果色をマンセルカラーチャートで比較し、指数に換算した。このカラーチャートはゴールデンの地色と合致しない点があるため、1972年から自製のカラーチャート (別紙) にかえた。(本文参照)
	屈折計示度	y_3	収穫後1カ月冷蔵した果実を放射状に切断し、ジュースで果汁をとり、濾過後検糖計で測定。
	滴定酸度	y_4	上記の果汁 10 ml を滴定するに要した 0.1 N カセイソーダの ml 数。
説 明 変 数	葉中 N	x_1	調査対象樹 3 樹から 7 月下旬～8 月上旬に 50 葉をあつめ、中性洗剤→水道水→1%酢酸→水道水→純水→濾紙で水切り→風乾→65°C 乾燥→葉柄、葉脈を含めてウイレーミルで粉碎→デシケータ中に貯蔵、乾燥サンプル 0.4 g をとり、湿式分解後、100 ml に定容 25 ml を用いセミマイクロケルダール法で N を定量、対乾物重%で表示。
	葉中 P	x_2	上記乾燥サンプル 1 g をとり 500°C で灰化後、1:1 HCl で溶解、100 ml 定容、この液を P、K、Ca、Mg の定量に用いた。P は 25 ml を用いてバナドモリブデン比色法で定量。
	葉中 K	x_3	上記供試液を用いてフレイムフォトメーターで測定。
	葉中 Ca 葉中 Mg	x_4 x_5	上記の供試液を用いて原子吸光分光光度計 (日立 207) で測定。
	クロロフィル	x_6	
	果汁中 K	x_7	屈折計示度の測定に用いた果汁中の K 濃度をフレイムフォトメーターで測定し、ppm で表示。
	着果量	x_8	100 cm × 100 cm の枠を平均的な結実をしている枝にあて、奥行 50 cm の中に含まれる果実数を数えた。1 樹 2 カ所、3 樹について行い、6 回の測定値の平均で示した。
	新梢長	x_9	1969年～1970年は3樹から平均的な新梢50本をえらび、その平均長で示した。1971年～1972年は3樹から平均的な4年枝を20本選び、4年枝上の新梢総長 (cm) で示した。
	立地条件	x_{10}	傾斜の程度、方向、日照の良否、および樹令を一定の基準で採点し、その総合点で示した。(本文参照)

は1971年までは平面式光電比色計を用い750mμのフィルターを用い、Guthrie標準液で比色した(48)。

1972年は20枚を抽出し、日立分光度計、101型を用い、642.5mμと660mμの吸光度を測定し次式によってクロロフィルa、b、a+bを算出した(82)。資料としてはクロロフィルa+bを用いた。

$$\text{クロロフィルa (mg/ℓ)} = 9.93D_{660} - 0.777D_{642.5}$$

$$\text{クロロフィルb (mg/ℓ)} = 17.6D_{642.5} - 2.81D_{660}$$

$$\text{全クロロフィル (mg/ℓ)} = 7.12D_{660} + 16.8D_{642.5}$$

(ただしD_{642.5}とはエーテル溶液を1ℓに希釈した時の642.5mμにおける吸光度である。)

立地条件……果実の品質に影響するおもな立地条件としては、土壌の種類、排水の良否、傾斜の程度、斜面の方向、日照の良否などが考えられる。土壌の種類については別に解析を行うこととし、排水の良否は傾斜の程度

で代用することとした。もちろん傾斜が強くても排水が悪い場合もあり得るが、そのような例外的な園はほとんど存在しなかった。

立地条件の中には樹令も含めて、第15表の採点法により立地条件の総合点とした。

第13表 果色の採点法

Index	マンセルカラーチャート
9	5Y 8/8, 8/6
8	7.5Y 8/6
7	7.5Y 8/8, 8/10
6	10Y 8/6, 7/10
5	10Y 8/8, 8/10, 7/8, 8/12
4	2.5GY 8/6
3	2.5GY 8/8, 7/8, 8/10, 7/6, 8/7, 6/8
2	5GY 8/6, 7/6, 8/10
1	5GY 7/8, 8/8

第14表 ゴールデンデリシヤス用果色表のマンセル値およびCIE

チャート№	マンセル値	Y	x	y	HV/C (図式変換)
1	5GY 6/8	29.47	0.365	0.441	4.3GY 6.0/5.8
2	5GY 8/6	44.08	0.367	0.425	3.1GY 7.1/5.6
3	2.5GY 8/6	46.71	0.373	0.424	1.7GY 7.2/5.6
4	10Y 8/6	50.44	0.382	0.431	1.0GY 7.5/6.2
5	10Y 8/8	59.84	0.396	0.440	9.0Y 8.0/7.3
6	7.5Y 9/6	69.28	0.397	0.428	6.7Y 8.5/6.8
7	5Y 9/8	63.52	0.410	0.426	4.2Y 8.2/7.4
8	5Y 9/10	54.33	0.425	0.439	4.1Y 7.7/8.4
9	2.5Y 8/10	51.49	0.450	0.438	1.7Y 7.6/9.6

第15表 立地条件の採点法

傾斜の方向	傾斜の程度	2°~5°	6°~10°	11°~15°	16°以上	備 考
北	北	10	11	12	12	平坦は12 屋敷内は11
北	東	11	12	13	13	
南	東	12	13	14	15	
南	南	13	14	15	16	
南	西	14	15	16	17	
北	西	14	15	16	17	
北	西	13	14	15	15	
北	西	11	12	13	13	
						日照 { 良……………10 並……………8 やや不良…7 不良……………5
						{ 15年以下……0 16~20年生…1 21年以上……2

(3) 資料のとりまとめ

重回帰分析は奥野によって述べられた方法、その他を用いた(49.50)。セイコーS301型で計算を行ったため、変数の選択は大型コンピュータのように完全な変数減少法では行うことができなかった。まず単相関表から相関係数が高い順に7変数を選んで寄与率を計算し、さらに4変数を選んでふたたび寄与率を計算した。次に7元の寄与率と4元の寄与率を比較して差が大きかった場合は再度4変数を組みかえて寄与率を計算し直し、最も寄与率が高かった4変数を選択した。したがってこの方法は

変数指定法と呼ばれる方法に近いものである。後述の表でみられるように、7元の寄与率と4元の寄与率の差は少なかったため、4変数の選択はほぼ順当であったと考えられる。また自由度調節ずみの寄与率も計算したが、n数が多かったのでその必要は特に認められなかった。

また目的変数に強く影響している変数として採用された変数の目的変数に対する寄与の程度は標準偏回帰係数で示した。

2. 結 果

第16表 変数間の単相関表 (1969, 全体の園、n=111)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	x ₁													
葉中P	-0.18*	x ₂												
葉中K	-0.01	-0.01	x ₃											
葉中Ca	-0.28**	0.20	-0.33**	x ₄										
葉中Mg	-0.21*	-0.06	-0.10	0.12	x ₅									
クロロフィル	0.49**	-0.34	-0.07	0.05	-0.31**	x ₆								
果汁中K	0.07	0.02	0.38**	-0.26**	-0.01	0.55**	x ₇							
着果量	-0.01	0.52**	0.13	0.17	-0.10	-0.09	-0.16	x ₈						
新梢長	0.09	0.12	0.19*	0.05	-0.16	0.21*	0.01	-0.04	x ₉					
立地条件	-0.15	-0.21*	0.01	-0.19*	0.02	0.04	0.01	-0.02	-0.11	x ₁₀				
果径	-0.09	0.22*	0.17	-0.11	0.19*	-0.21*	0.02	-0.25**	0.10	-0.01	y ₁			
果色	-0.39**	0.04	-0.09	-0.17	0.26**	-0.41	0.02	-0.02	-0.20*	0.27**	0.33**	y ₂		
屈折計示度	-0.25**	-0.02	-0.13	-0.05	0.22*	-0.28	0.06	-0.12	-0.18	0.19*	0.30**	0.73**	y ₃	
滴定酸度	-0.25**	-0.05**	0.12	-0.20*	0.18	-0.13	0.30**	-0.16	-0.15	0.24*	0.23*	0.45**	0.57**	y ₄
変域	2.02-3.27	0.138-0.245	1.36-2.63	0.89-1.84	0.199-0.495	4.84-6.90	770-1450	13.3-43.0	9.4-26.9	17-27	74.7-89.0	2.2-8.7	11.5-16.0	7.45-11.05
平均値	2.42	0.176	1.95	1.23	0.330	5.81	1051	23.1	16.1	21.6	82.5	5.8	13.7	9.11

*... 5% ***... 1%で有意

第17表 変数間の単相関表 (1969、平鹿統、n=50)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
葉中N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中P	-0.46**													
葉中K	-0.05	-0.08												
葉中Ca	-0.25	0.40**	-0.40**											
葉中Mg	0.01	-0.04	-0.10	0.17										
クロロフィル	0.46**	-0.55**	-0.08	-0.24	-0.34*									
果汁中K	0.08	-0.13	0.26	-0.17	-0.06	0.05								
着果量	0.06	0.34*	-0.20	0.30*	-0.02	-0.13	-0.15							
新梢長	-0.02	0.12	0.31*	0.05	0.05	0.10	0.07	0.05						
立地条件	-0.18	-0.07	-0.09	-0.01	-0.15	0.13	-0.09	-0.02	0.03					
果径	-0.19	0.21	0.16	-0.09	0.26	-0.36*	-0.01	-0.31*	-0.02	0.11				
果色	-0.27	0.18	-0.17	-0.08	0.21	-0.32*	-0.02	-0.24	-0.02	0.19	0.33*			
屈折計示度	-0.08	0.04	-0.13	-0.10	0.11	-0.20	0.12	-0.21	0.16	0.24	0.19	0.78**		
立地条件	-0.13	-0.10	0.18	-0.20	0.19	-0.26	0.25	-0.32*	0.03	0.22	0.06	0.38**	0.52**	
変域	2.02-2.66	0.143-0.216	1.63-2.63	0.89-1.69	0.220-0.495	5.19-6.32	810-1450	16.0-43.0	9.4-20.4	18-27	75.7-89.0	2.7-8.7	12.2-16.0	7.62-11.05
平均値	2.34	0.174	1.94	1.23	0.351	5.72	1052	23.4	14.9	21.9	82.3	6.2	13.9	9.18

第18表 変数間の単相関表 (1969、北野統、n=28)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	—													
葉中K	-0.20	—												
葉中P	-0.11	-0.11	—											
葉中Ca	-0.23	0.28	-0.41*	—										
葉中Mg	0.02	-0.25	-0.06	0.06	—									
クロロフィル	0.67**	-0.34	-0.32	0.11	-0.02	—								
果汁中K	0.13	-0.11	0.30	0.09	0.44*	-0.03	—							
着果量	-0.05	-0.13	-0.04	0.35	-0.32	-0.03	-0.00	—						
新梢長	0.15	0.43*	0.09	-0.08	-0.09	0.09	-0.16	-0.24	—					
立地条件	-0.19	-0.47*	0.29	-0.30	0.31	-0.10	0.17	-0.10	-0.22	—				
果径	-0.12	-0.05	-0.00	-0.03	0.23	-0.13	0.50**	-0.05	0.16	0.23	—			
果色	-0.51**	-0.34	0.01	-0.19	0.16	-0.44*	0.03	0.11	-0.38*	0.38*	0.42	—		
屈折計示度	-0.37	-0.36	-0.07	-0.06	0.18	-0.29	0.18	0.17	-0.43*	0.22	0.47*	0.86**	—	
滴定酸度	-0.33	-0.33	0.01	-0.10	0.36	-0.25	0.40*	0.16	-0.38*	0.28	0.48**	0.73**	0.79**	—
変域	2.12— 2.73	0.138— 0.222	1.64— 2.38	0.98— 1.50	0.224— 0.381	4.84— 6.90	850— 1280	13.3— 34.0	10.0— 26.9	17—26	75.7— 86.6	2.2—7.6	11.5— 14.9	7.45— 10.82
平均値	2.51	0.171	1.97	1.17	0.304	5.92	1092	23.4	17.0	21.6	82.8	5.5	13.5	9.16

第19表 変数間の単相関表 (1970、全体の関、n=113)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
葉中N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中P	—	x ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中K	0.111	—	x ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中Ca	-0.078	0.098	—	x ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中Mg	0.146	0.289**	-0.225*	—	x ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クロロフィル	-0.047	0.167	-0.226*	0.186*	—	x ₆	—	—	—	—	—	—	—	—
果汁中K	0.502**	-0.312**	-0.169*	0.156	-0.251**	—	x ₇	—	—	—	—	—	—	—
着果量	-0.125	0.156	0.275**	-0.136	-0.006	-0.039	—	x ₈	—	—	—	—	—	—
新梢長	0.060	-0.143	-0.368**	0.354**	-0.084	0.214*	-0.316**	—	x ₉	—	—	—	—	—
立地条件	0.140	-0.080	-0.060	0.060	-0.240*	0.300**	-0.110	0.190*	—	x ₁₀	—	—	—	—
果径	-0.070	-0.120	-0.130	-0.300**	-0.010	-0.040	0.090	-0.170	-0.050	—	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
果色	0.048	0.017	0.276**	-0.042	0.060	0.034	0.271**	-0.497**	0.190*	0.330**	—	y ₂	—	—
屈折計示度	-0.026	-0.045	-0.074	-0.034	0.153	-0.368**	0.199*	-0.145	-0.270**	0.140	-0.075	—	y ₃	—
滴定酸度	0.126	0.029	0.044	0.065	0.031	-0.308**	0.475**	-0.171*	-0.350**	0.200*	-0.105	0.573**	—	—
変域	2.03—2.84	0.123—0.230	0.84—2.03	0.73—1.57	0.162—0.430	5.07—6.68	770—1580	9.7—49.0	5.0—20.5	18—27	75.7—87.2	2.8—8.5	13.8—18.0	6.41—11.14
平均値	2.38	0.159	1.37	1.156	0.302	5.34	1271	20.2	11.6	21.7	80.6	5.6	15.5	8.63

第20表 変数間の単相関係表 (1970、平鹿統、n=53)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
葉中N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中P	0.071	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中K	0.054	—0.016	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中Ca	0.154	0.454**	0.197	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
葉中Mg	—0.023	0.320*	0.054	0.224	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クロロフィル	0.493**	—0.514**	—0.050	0.149	—0.262	—	—	—	—	—	—	—	—	—
果汁中K	—0.160	0.002	0.503**	—0.052	—0.157	0.154	—	—	—	—	—	—	—	—
着果量	0.104	—0.139	—0.286*	0.289*	—0.299*	0.272*	—0.042	—	—	—	—	—	—	—
新梢長	—0.050	—0.170	—0.150	0.010	—0.310	0.290	0.090	0.290	—	—	—	—	—	—
立地条件	—0.170	—0.260	—0.180	—0.420**	—0.050	0.120	0.010	—0.210	—0.001	—	—	—	—	—
果径	—0.014	—0.016	0.275*	—0.217	0.313*	0.049	0.242	—0.403**	—0.020	0.140	—	—	—	—
果色	0.159	0.163	—0.065	0.193	0.281*	—0.158	0.017	—0.039	—0.100	0.010	—0.075	—	—	—
屈折計示度	0.037	0.184	0.126	0.002	0.010	—0.140	0.438**	—0.005	—0.150	0.160	—0.058	0.402**	—	—
滴定酸度	0.133	0.177	0.447**	0.039	0.111	—0.282*	0.491**	—0.207	—0.060	0.010	0.236	0.131	0.421**	—
変域	2.03— 2.64	0.123— 0.219	0.90— 1.88	0.79— 1.57	0.227— 0.430	5.07— 6.33	930— 1550	9.7— 28.7	5.0— 15.1	19—27	76.1— 85.4	3.4—8.5	14.0— 18.0	6.41— 11.11
平均値	2.38	0.164	1.40	1.16	0.319	5.76	1228	19.2	10.5	22.1	80.3	6.0	15.8	8.86

第21表 変数間の単相関表 (1970、北野統、n=31)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	x ₁													
葉中P		x ₂												
葉中K			x ₃											
葉中Ca				x ₄										
葉中Mg					x ₅									
クロロフィル						x ₆								
果汁中K							x ₇							
着果量								x ₈						
新梢長									x ₉					
立地条件										x ₁₀				
果径	y ₁										y ₁			
果色	y ₂											y ₂		
屈折計示度	y ₃												y ₃	
滴定酸度	y ₄													y ₄
変域	2.15-2.84	0.135-0.197	0.99-2.03	0.93-1.55	0.201-0.401	5.16-6.68	870-1580	10.7-49.0	6.1-20.5	18-26	75.7-87.2	3.4-7.3	13.8-16.6	6.78-11.14
平均値	2.38	0.158	1.38	1.13	0.294	5.84	1193	21.2	12.4	21.5	80.6	5.4	15.4	8.49

第22表 変数間の単相関表 (1971、全体の国、n=133)

		葉中N		葉中P		葉中K		葉中Ca		葉中Mg		クロロフィル		果汁中K		着果量		新梢長		立地条件		果 径		果 色		屈折計示度		滴定酸度	
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄														
葉 中 N	x ₁	／																											
葉 中 P	x ₂	-0.166	／																										
葉 中 K	x ₃	-0.158	0.234**	／																									
葉 中 Ca	x ₄	0.006	0.126	-0.157	／																								
葉 中 Mg	x ₅	-0.225**	-0.229	-0.163	0.138	／																							
クロロフィル	x ₆	0.374**	-0.461**	-0.301**	-0.037	-0.008	／																						
果 汁 中 K	x ₇	-0.081	0.029	0.461**	-0.117	0.032	-0.114	／																					
着 果 量	x ₈	-0.006	-0.149	-0.055	0.196*	0.016	0.179*	-0.221*	／																				
新 梢 長	x ₉	0.067	0.320**	0.151	-0.070	-0.058	-0.181*	0.289**	-0.274**	／																			
立 地 条 件	x ₁₀	0.008	-0.182*	-0.088	-0.199*	0.217*	0.215*	-0.013	-0.046	0.024	／																		
果 径	y ₁	0.081	0.126	0.075	0.145	0.202*	0.114	0.120	0.015	0.137	0.149	／																	
果 色	y ₂	-0.059	-0.020	0.033	-0.144	0.070	0.006	-0.011	0.004	-0.094	0.321**	0.186*	／																
屈折計示度	y ₃	0.027	-0.089	-0.083	0.287**	0.063	0.066	0.083	-0.029	0.045	0.176*	0.120	0.451**	／															
滴 定 酸 度	y ₄	-0.035	-0.070	0.132	-0.131	0.085	0.035	0.459**	0.009	0.110	-0.007	0.170	0.191*	0.432**	／														
変 域		1.78-2.83	0.138-0.258	1.11-2.02	0.79-1.43	0.221-0.433	4.61-7.30	740-1440	15.0-28.3	63-800	18-27	72.0-84.0	1.7-6.6	12.3-15.6	7.89-10.82														
平 均 値		2.43	0.176	1.64	1.09	0.298	6.16	973	22.2	293	21.8	77.8	4.0	13.6	9.12														

第23表 変数間の単相関係表 (1971、平鹿統、n=69)

		葉中N		葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル		果汁中K	着果量	新梢長	立地条件		果 径	果 色	屈折計示度		滴定酸度
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₀	x ₀	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	
葉 中 N	x ₁	／																	
葉 中 P	x ₂	-0.190	／																
葉 中 K	x ₃	-0.254*	0.083	／															
葉 中 Ca	x ₄	0.069	-0.006	-0.259*	／														
葉 中 Mg	x ₅	-0.251*	-0.235	-0.191	0.223	／													
クロロフィル	x ₆	0.485**	-0.392**	-0.198	0.012	-0.158	／												
果 汁 中 K	x ₇	-0.145	0.049	-0.434**	-0.225	0.036	-0.300*	／											
着 果 量	x ₈	0.023	-0.092	-0.059	0.354**	0.013	-0.280*	0.058	-0.249*	／									
新 梢 長	x ₉	0.107	0.278*	-0.033	-0.170	-0.020	0.046	0.046	-0.033	0.068	／								
立 地 条 件	x ₁₀	-0.040	-0.103	-0.189	-0.057	0.220	0.261*	0.130	0.066	0.185	0.283*								
果 径	y ₁	0.082	-0.054	0.001	0.120	0.365**	0.139	0.130	0.066	0.185	0.283*				／				
果 色	y ₂	-0.078	0.062	-0.003	-0.164	-0.047	-0.066	-0.033	0.015	-0.030	0.226				0.140	／			
屈折計示度	y ₃	0.007	-0.043	0.141	-0.362**	0.048	0.056	0.032	-0.133	0.173	0.227				0.087	0.570**	／		
滴 定 酸 度	y ₄	-0.034	-0.024	0.222	-0.182	0.177	-0.004	0.470**	0.063	0.062	-0.017				0.214	0.248*	0.360**	／	
変 域		1.78—2.71	0.143—0.244	1.11—2.02	0.79—1.43	0.221—0.433	4.77—7.30	710—1440	15.0—28.3	63—574	18—27	72.0—82.1	12.3—15.2	7.99—10.82					
平 均 値		2.42	0.173	1.62	1.09	0.311	6.15	972	22.1	282	22.2	77.5	4.0	13.6	9.16				

第24表 変数間の単相関係表 (1971、北野統、n=30)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	x ₁													
葉中P	-0.285	x ₂												
葉中K	-0.312	0.417*	x ₃											
葉中Ca	-0.352	0.507**	0.010	x ₄										
葉中Mg	-0.334	-0.077	0.087	0.189	x ₅									
クロロフィル	0.564***	-0.674**	-0.428*	-0.327	-0.236	x ₆								
果汁中K	-0.007	0.046	0.619**	0.150	0.129	-0.036	x ₇							
着果量	0.062	-0.232	-0.128	0.010	0.078	0.164	-0.080	x ₈						
新梢長	-0.016	0.276	0.283	0.066	0.045	-0.100	0.466**	-0.438*	x ₉					
立地条件	0.104	-0.371*	0.049	-0.356	0.092	0.356	0.060	-0.137	0.026	x ₁₀				
果径	0.052	0.224	0.217	0.212	-0.094	0.159	0.230	0.061	0.005	0.064	y ₁			
果色	-0.074	0.094	0.316	0.098	0.133	0.021	0.170	-0.149	-0.101	0.467**	0.289	y ₂		
屈折計示度	0.084	-0.183	0.127	0.046	-0.096	0.141	0.201	0.366*	-0.254	-0.014	0.447*	0.118	y ₃	
滴定酸度	-0.025	-0.007	0.122	0.204	-0.159	0.161	0.419*	0.172	0.225	-0.029	0.448*	-0.166	0.428*	y ₄
変域	1.82-2.83	0.138-0.258	1.17-2.01	0.81-1.29	0.222-0.372	4.61-7.24	800-1300	15.0-28.3	73-816	18-27	74.1-84.0	1.7-5.9	12.3-15.6	8.14-10.56
平均値	2.44	0.181	1.68	1.08	0.286	6.08	1013	21.3	345.5	21.6	78.4	4.1	13.5	9.14

第25表 変数間の単相関表 (1971、釜の川統、n=35)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	—													
葉中P	0.079	—												
葉中K	0.296	0.229	—											
葉中Ca	0.281	0.071	-0.045	—										
葉中Mg	-0.035	-0.307	-0.258	-0.002	—									
クロロフィル	-0.245	-0.349*	-0.418*	0.011	0.277	—								
果汁中K	-0.133	-0.090	0.316	-0.033	-0.100	-0.012	—							
着果量	-0.158	-0.246	0.073	-0.121	0.062	0.233	-0.061	—						
新梢長	0.127	0.401*	0.292	0.045	-0.230	-0.012	0.401*	-0.104	—					
立地条件	0.009	0.013	0.099	-0.446*	-0.029	0.004	-0.120	0.136	-0.089	—				
果径	0.094	0.258	0.014	0.193	0.287	0.034	-0.116	-0.231	0.035	-0.007	—			
果色	-0.002	-0.358*	-0.219	-0.261	0.374*	0.225	-0.220	0.084	-0.266	0.432*	0.169	—		
屈折計示度	-0.001	-0.027	-0.060	0.354*	-0.105	0.013	0.075	-0.111	0.181	0.227	-0.089	0.536**	—	
滴定酸度	-0.054	-0.207	-0.028	-0.221	0.010	0.025	0.472*	-0.179	0.059	-0.044	0.359*	0.560**	—	
変域	2.12— 2.62	0.154— 0.240	1.26— 1.91	0.91— 1.36	0.224— 0.353	5.50— 7.18	720— 1220	16.7— 35.0	72—421	19—24	73.5— 80.8	2.8—6.6	12.4— 14.6	7.89— 10.70
平均値	2.43	0.177	1.64	1.12	0.280	6.27	941	23.0	270.5	21.1	77.8	4.0	13.5	9.04

第26表 変数間の単相関係表 (1972, 全体の図, n=113)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	—													
葉中P	-0.036	—												
葉中K	-0.155	-0.071	—											
葉中Ca	0.093	0.235*	-0.266**	—										
葉中Mg	0.016	0.170	-0.381**	0.329**	—									
クロロフィル	0.748**	-0.204*	-0.365**	0.111	-0.045	—								
果汁中K	-0.177	0.072	0.478**	-0.152	0.044	-0.286**	—							
着果量	0.014	0.074	-0.374**	0.059	0.177	0.119	-0.249**	—						
新梢長	0.244**	0.028	-0.029	0.159	0.001	0.224*	-0.173	-0.001	—					
立地条件	0.021	0.003	-0.112	-0.170	0.241**	0.079	0.125	-0.028	-0.019	—				
果径	0.049	-0.030	0.043	-0.045	-0.134	0.081	0.032	0.062	0.033	-0.028	—			
果色	-0.424**	0.104	0.051	0.071	0.193*	-0.385**	-0.059	0.042	-0.094	0.165	-0.132	—		
屈折計示度	-0.165	0.076	-0.070	-0.080	0.053	-0.128	0.190*	-0.156	-0.195*	0.178	-0.205*	0.315**	—	
滴定酸度	0.013	0.059	0.240*	-0.031	0.049	-0.072	0.370**	-0.366**	0.079	0.038	0.199	0.051	0.383**	—
変域	1.53— 2.69	0.127— 0.352	0.90— 2.10	0.79— 1.49	0.179— 0.493	2.68— 6.55	499— 1020	4.7— 29.7	7—1625	18—27	73.3— 84.7	1.7—6.8	10.5— 16.0	7.04— 10.12
平均値	2.43	0.186	1.54	1.04	0.262	5.55	802	18.7	406	21.8	80.0	4.63	13.3	8.68

第27表 変数間の単相関表 (1972、平鹿統、n=59)

		葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロ フィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果 径	果 色	屈折計 示 度	滴定酸度
葉 中	N	x ₁													y ₄
	P	x ₂	—												
	K	x ₃	—0.006												
	Ca	x ₄	—0.256	—											
		x ₅	0.003	—											
	Ca	x ₆	0.257*	—0.403**	—										
	Mg	x ₇	0.142	—0.398**	—										
		x ₈	—0.207	—0.389**	0.186	0.072	—								
	クロロ フィル	x ₉	0.846**	—0.287*	—0.119	—0.043	—0.371**	—							
	果汁中 K	x ₁₀	0.102	0.586**	0.115	0.214	0.139	—0.184	—						
着 果 量		x ₁	0.049	—0.546**	0.115	0.214	0.139	—0.184	—						
		x ₂	0.002	0.049	—0.546**	0.115	0.214	—0.184	—						
		x ₃	0.277*	—0.026	—0.197	0.151	—0.002	0.368**	—0.107	0.064	—				
		x ₄	—0.010	—0.019	—0.027	—0.074	0.086	0.082	0.116	0.024	0.133	—			
新 梢 長		x ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		x ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		x ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		x ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
立 地 条 件		x ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		x ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		x ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		x ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
果 径		y ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		y ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		y ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		y ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
果 色		y ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		y ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		y ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		y ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
屈折計示度		y ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		y ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		y ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		y ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
滴定酸度		y ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		y ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		y ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		y ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
変 域		x ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		x ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		x ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		x ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—
平 均 値		y ₁	—0.017	—0.039	0.018	—0.013	—0.044	0.059	0.087	0.146	—0.012	—			
		y ₂	—0.569**	0.188	0.086	0.093	0.152	—0.463**	0.088	—0.135	0.102	—0.097	—		
		y ₃	—0.126	—0.008	0.128	0.044	—0.187	—0.172	0.133	—0.220	—0.042	0.210	0.356	—	
		y ₄	0.107	0.038	0.332*	0.100	—0.121	0.063	0.276*	—0.384**	0.266*	0.198	0.003	0.364**	—

第28表 変数間の単相関係表 (1972、北野統、n=25)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
葉中N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中P		x ₂												
葉中K			x ₃											
葉中Ca				x ₄										
葉中Mg					x ₅									
クロロフィル						x ₆								
果汁中K							x ₇							
着果量								x ₈						
新梢長									x ₉					
立地条件										x ₁₀				
果径											y ₁			
果色												y ₂		
屈折計示度													y ₃	
滴定酸度														y ₄
変域	2.12— 2.67	0.127— 0.352	1.13— 2.03	0.84— 1.40	0.179— 0.322	4.62— 6.34	499— 981	4.7— 29.7	192— 1625	18—26	76.4— 84.7	3.2—5.8	11.6— 14.5	7.04— 10.11
平均値	2.45	0.189	1.58	1.05	0.252	5.69	790	18.3	475	21.2	80.1	4.60	13.1	8.60

第29表 変数間の単相関係表(1972、釜の川統、n=29)

	葉中N	葉中P	葉中K	葉中Ca	葉中Mg	クロロフィル	果汁中K	着果量	新梢長	立地条件	果径	果色	屈折計示度	滴定酸度
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
葉中N	x ₁													
葉中P	-0.140	x ₂												
葉中K	0.231	-0.141	x ₃											
葉中Ca	-0.140	-0.083	-0.120	x ₄										
葉中Mg	-0.020	0.045	-0.020	-0.056	x ₅									
クロロフィル	0.488**	-0.268	-0.379*	-0.007	-0.129	x ₆								
果汁中K	0.047	0.162	0.436*	-0.096	0.351	-0.175	x ₇							
着果量	-0.132	-0.211	0.126	-0.314	0.113	-0.052	0.109	x ₈						
新梢長	0.377*	-0.333	0.066	0.060	-0.117	0.209	-0.257	0.178	x ₉					
立地条件	0.073	0.298	0.075	-0.145	0.054	-0.036	0.018	0.196	-0.068	x ₁₀				
果径	0.258	-0.037	-0.000	-0.254	-0.017	-0.026	-0.033	0.129	-0.209	0.193	y ₁			
果色	-0.156	-0.030	-0.036	0.077	0.273	-0.153	-0.322	0.051	-0.121	0.459*	0.168	y ₂		
屈折計示度	-0.224	0.433*	-0.276	-0.229	0.057	0.036	0.088	-0.037	-0.426**	0.623**	0.104	0.356	y ₃	
滴定酸度	0.194	0.347	0.189	-0.417*	0.190	-0.071	0.291	-0.246	-0.219	0.140	0.135	0.319	0.319	y ₄
変域	2.07 - 2.63	0.140 - 0.242	1.20 - 2.10	0.90 - 1.49	0.198 - 0.296	4.48 - 6.46	602 - 980	11.7 - 23.7	43 - 1076	19 - 24	73.3 - 84.7	2.7 - 6.4	10.5 - 16.0	7.52 - 9.87
平均値	2.43	0.181	1.61	1.06	0.231	5.62	781	18.3	436	21.0	80.9	4.4	13.1	8.47

(1) 果実の形質を支配する要因の解析

i 果実の形質と説明変数間の単相関々係

第16表～29表までは4年間の各土壌統ごとの変数間の単相関係数を示したものである。

これらの表から、果実の形質と5%以上の有意差で相関々係が認められた説明変数は第30表から第33表に示した。

i) 果 径

1969年の果径は、平鹿統では着果量(x_8)との相関係数が高く、北野統では果汁中K(x_7)が正の要因であった。また、4種の土壌をまとめた全体の固では着果量(x_8)の影響が強いように見うけられた。1970年は果径と有意な相関々係を有する要因は多かったが、どの土壌

でも着果量との関係が最も深かった。1971、1972年の両年には果径と関係が深い要因はほとんどなかった。

このように1969年と1970年の果径は着果量と関係があったにもかかわらず後半2年間でこの関係が認められなかったのは、果樹組合が強摘果を重点指導事項として推進した時期と一致していた。

ii) 果 色

1969年ほどの土壌でもクロロフィル(x_6)が最も密接な負の関係を有しており、1970、1972年もほぼ同様であった。しかし、1971年にはクロロフィルとの関係は明らかでなく、立地条件(x_{10})との関係が密接であった。

iii) 屈折計示度

4年間のうち3年間は立地条件(x_{10})が比較的安定

第30表 果径と有意な相関々係を有する説明変数

土 壤 統	1969	1970	1971	1972
平 鹿 統	$-x_6, -x_8$	$+x_3, +x_5, -x_8$	$+x_5, +x_{10}$	なし
北 野 統	$+x_7$	$-x_8, +x_9, +x_{10}$	なし	なし
釜 の 川 統	—	—	なし	なし
全 体	$+x_2, +x_5, -x_6$ $-x_8$	$+x_3, +x_7, -x_8$ $-x_9, +x_{10}$	$+x_5$	なし

第31表 果色と有意な相関々係を有する説明変数

土 壤 統	1969	1970	1971	1972
平 鹿 統	$-x_6$	$+x_5$	なし	$-x_1, -x_6$
北 野 統	$-x_1, -x_6, -x_9$ $+x_{10}$	$-x_6, +x_7, -x_8$	$+x_{10}$	なし
釜 の 川 統	—	—	$-x_2, +x_5, +x_{10}$	$+x_{10}$
全 体	$-x_1, +x_5, -x_6$ $+x_{10}$	$-x_6, +x_7, -x_9$	$+x_{10}$	$-x_1, +x_5, -x_6$

第32表 屈折計示度と有意な相関々係を有する説明変数

土 壤 統	1969	1970	1971	1972
平 鹿 統	なし	$+x_7$	$-x_4$	なし
北 野 統	$-x_9$	$-x_6, +x_7, -x_9$	$+x_8$	なし
釜 の 川 統	—	—	$-x_4$	$+x_2, -x_9, +x_{10}$
全 体	$-x_1, +x_5, -x_6$ $+x_{10}$	$-x_6, +x_7, -x_8$ $-x_9, +x_{10}$	$+x_4, +x_{10}$	$+x_7, -x_9$

第33表 滴定酸度と有意な相関々係を有する説明変数

土 壤 統	1969	1970	1971	1972
平 鹿 統	$-x_8$	$+x_3, -x_6, +x_7$	$+x_7$	$+x_3, +x_7, -x_8$ $+x_9$
北 野 統	$-x_7, -x_9$	$+x_7, -x_8, -x_9$	$+x_7$	$+x_7, -x_8$
釜 の 川 統	—	—	$+x_7$	$-x_4$
全 体	$-x_1, -x_4, +x_5$ $+x_7, +x_{10}$	$+x_3, -x_6, +x_7$ $-x_8$	$+x_7$	$+x_3, +x_7, -x_8$

した正の影響力を有していたように見うけられたが相関係数は高くなかった。クロロフィル(x_6)、果汁中K(x_7)、新梢長(x_9)、着果量(x_8)なども年により、土壌によって屈折計示度と有意な関係を有していたが、特に支配的な要因ではなかった。

iv) 滴定酸度

いずれの土壌、いずれの年においても果汁中K(x_7)との関係が最も密接であり、果汁中Kが高まるにつれて滴定酸度も上昇した。その他、着果量(x_8)も負の関係を有することが多かった。

ii 果実の形質に関する多変量解析

果実の大きさ、果色、屈折計示度、滴定酸度などの目的変数($y_1 \sim y_4$)に対する説明変数 x の重相関係数、寄与率、重回帰式の結果を第34表から第37表に示した。

i) 果 径

1969年の果径に対して、平鹿統では着果量が負の支配的な要因であり、北野統では果汁中Kが正の支配的な要因であった。また、全体の園では着果量が負の支配的な要因であった。寄与率は北野統で最も高く34%、全体では25%とやや低かった。

1970年ほどの土壌でも支配的な要因は着果量であり、寄与率は最も低い平鹿統で31%、北野統では67%に達した。

1971年の果径は北野統を除いて葉中Mgとの関係が最も深く、北野統ではクロロフィルであった。土壌ごとの寄与率は北野統で最も高く35%であった。

1972年の果径に対する説明変数の寄与率は低く、有意な関係を見いだすことはできなかった。

ii) 果 色

1971年を除いて他の3年間の果色に対しては葉中Nとクロロフィルが支配的な要因で、それらの含量が高まるにつれて果色は悪くなった。葉中Nとクロロフィルとの間にも密接な関係があるため、重回帰分析ではいずれか一方の変数が採用された場合は他方が採用されない場合が多い。したがって表中でクロロフィルが採用された場合に葉中Nは無関係なようにみられがちであるが、葉中Nもクロロフィルと同じように密接な関係があったと解釈しなければならない。

1971年は比較的降雨が多かった年で、この年の果色は立地条件の総合点が増すにつれて良くなった。すなわち傾斜の程度や方向がこの年の果色に支配的な要因であった。

寄与率は1971年を除いて一般に高く、1970年の北野統では予測に必要とされている50%よりも高い65%が得られた。

iii) 屈折計示度

1969年と1970年の寄与率は比較的高く、特に1970年には北野統で66%、全体でも43%におよんだ。この年の屈折計示度に対する支配的な要因は果汁中Kであった。

1971年と、1972年の屈折計示度に対する各変数の寄与率は一般に低く、採用された変数もさまざまであった。しかし、1972年の釜の川統の寄与率だけは64%と高く、その支配的な要因は立地条件であった。以上の結果から、屈折計示度に影響を及ぼす要因は多岐にわたっており、栄養条件の影響をうけることが比較的少なく、年により果汁中Kが重要な要因として採用されたが、立地条件は常に影響する要因として採用された。このことはN制限試験の結果とも一致した。

iv) 滴定酸度

寄与率は一般に高かった。特に1970年の寄与率は北野統で72%、平鹿統で49%に達した。滴定酸度に対する支配的な要因は1969年を除けば果汁中Kであった。また、単相関表で明らかにしたように、果汁中Kと葉中Kとの間には密接な関係が認められたので、果汁中Kが採用された場合は葉中Kが採用されることは少なく、むしろ葉中Kと関係が深い葉中Caが負の要因として採用されることが多かった。果汁中Kについて滴定酸度と関係が深かったのは着果量であった。

(2) 葉中成分、品質などに及ぼす土壌の種類の影響

前述したように調査園の一部は毎年入れ替えたので、4年間の試験期間を通じて調査を継続した園は、平鹿統で40園、北野統で14園、釜の川統で21園であった。これらの園はそれぞれの園の特徴がはっきりしていたので、土壌による相違を明らかにするために、これら75園の成績を解析した。

第38表にみられるように、各統の土壌中の置換性塩基含量には差がみられ、釜の川統は他の土壌より著しく高かった。

第38表 各統の土壌中の塩基含量

年	土壌統	置換性塩基 (me/100g)			塩基飽和度 (%)
		Ca	Mg	K	
1969	平 鹿	5.31	1.49	0.80	27.5
	北 野	6.37	1.62	1.03	26.0
	釜の川	11.95	3.30	1.20	45.0
1970	平 鹿	3.87	1.46	0.72	25.5
	北 野	4.35	1.16	0.78	21.4
	釜の川	9.19	2.29	1.01	40.7
1972	平 鹿	3.94	1.37	0.68	28.5
	北 野	4.31	1.63	0.70	19.8
	釜の川	11.36	3.66	1.60	45.7

第34表 ゴールデンデリシヤスの果径を支配する要因と寄与率および帰帰式

年	土壌統	n	7 元		4 元		標準偏回帰係数										回	帰	式
			100R ²	R	100R ²	R	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀			
1969	平鹿	50	43**	0.54**	29**			0.295			0.219	-0.135		-0.403					$y = 82.5 + 53.76x_2 + 11.36x_5 - 1.35x_6 - 0.25x_8$
	北野	28	34*	0.58*	34*		-0.205						0.532		0.182	0.060			$y = 73.31 - 3.42x_1 + 0.013x_7 + 0.121x_9 + 0.084x_{10}$
	全体	111	28**	0.50**	25**			0.431	0.103			-0.097		-0.480					$y = 71.15 + 60.9x_2 + 1.32x_3 - 0.78x_6 - 0.29x_8$
1970	平鹿	53	31**	0.56**	31**				-0.212	0.337				0.267	-0.230				$y = 75.8 - 2.723x_4 + 14.48x_5 + 0.004x_7 - 0.1104x_8$
	北野	31	69**	0.82**	67**								0.151	-0.471	0.555	0.091			$y = 67.3 + 0.0022x_7 - 0.1335x_8 + 0.342x_9 + 0.43x_{10}$
	全体	113	37**	0.60**	37**								0.141	-0.491	0.307	0.121			$y = 76.3 + 0.002x_7 - 0.183x_8 + 0.215x_9 + 0.134x_{10}$
1971	平鹿	69	27**	0.48**	23**						0.333	0.158				0.228	0.154		$y = 64.8 + 14.45x_5 + 0.603x_6 + 0.0034x_9 + 0.159x_{10}$
	北野	30	36*	0.59*	35*				0.402	0.145		0.749	0.212						$y = 47.0 + 4.071x_1 + 2.703x_3 + 2.703x_6 + 0.003x_7$
	釜の川	35	37*	0.50	25	0.034	0.368		0.164	0.410									$y = 63.4 + 0.458x_1 + 32.29x_2 + 1.862x_4 + 19.54x_5$
1972	全体	133	11	0.32*	10*				0.136	0.195	0.154					0.182			$y = 68.8 + 1.88x_4 + 8.74x_5 + 0.59x_6 + 0.0023x_9$
	平鹿	59	3	0.16	2						-0.050					0.135			$y = 78.6 - 2.1x_5 + 0.0012x_9$
	北野	25	14	0.36	13				-0.232	0.139			0.400	0.080					$y = 75.9 - 2.17x_3 + 7.67x_5 + 0.0065x_7 + 0.03x_8$
1972	釜の川	29	27	0.50	25	0.421			-0.103					0.222	-0.367				$y = 60.8 + 8.5x_1 - 2.007x_4 + 0.186x_8 - 0.0043x_9$
	全体	113	3	0.17	3				0.011	-0.141	0.067				0.079				$y = 79.7 + 0.153x_4 - 6.89x_5 + 0.249x_6 + 0.046x_8$

第35表 ゴールデンデリンシャスの果色を支配する要因と寄与率および回帰式

年	土壌坑	n	7 元		4 元	標準偏回帰係数										回	帰	式
			100R ²	R	100R ²	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀			
1969	平鹿	50	28**	0.51**	26**			-0.233			-0.364		-0.274		0.213			$y = 16.46 - 1.503x_3 - 1.5x_6 - 0.07x_8 + 0.134x_{10}$
	北野	28	56**	0.61**	38**	-0.349					-0.365			-0.097				$y = 19.6 - 2.72x_1 - 1.141x_6 - 0.03x_8$
	全体	111	33**	0.56**	32**	-0.644			-0.452	0.165				-0.100				$y = 20.5 - 4.68x_1 - 3.31x_4 + 4x_5 - 0.04x_9$
1970	平鹿	53	16	0.41	16	0.270			0.149	0.183	-0.264							$y = 3.94 + 2.42x_1 + 1.04x_4 + 4.3x_5 - 1.09x_6$
	北野	31	67**	0.81**	65**				-0.064		-0.671	0.233	-0.148					$y = 17.3 - 0.439x_4 - 2.23x_6 + 0.0017x_7 - 0.021x_8$
	全体	113	23**	0.43**	19**						-0.313	0.159		-0.172	0.117			$y = 9.83 - 1.212x_6 + 0.0012x_7 - 0.064x_9 + 0.069x_{10}$
1971	平鹿	69	10	0.31	9				-0.130	-0.076	-0.135				0.270			$y = 3.94 - 0.794x_4 - 1.512x_5 - 0.235x_6 + 0.128x_{10}$
	北野	30	11	0.28	8			0.370		-0.208				-0.203	0.474			$y = 2.25 + 1.784x_3 - 5.55x_6 - 0.001x_9 + 0.24x_{10}$
	釜の川	35	43	0.65	42**	-0.245	-0.136			0.276					0.457			$y = -1.0 - 10.85x_2 - 0.665x_3 + 6.65x_5 + 0.29x_{10}$
	全体	133	19	0.34	12**	-0.054			-0.091					-0.085	0.305			$y = 3.57 - 0.304x_1 - 0.58x_4 - 0.0005x_9 + 0.15x_{10}$
1972	平鹿	59	40**	0.62**	39**	-0.569	0.163			0.110			0.118					$y = 8.88 - 2.53x_1 + 4.05x_2 + 2.14x_5 + 0.034x_8$
	北野	25	36*	0.59	34	-0.029	0.126				-0.075		-0.024					$y = 5.06 - 0.1152x_1 + 1.82x_3 - 0.104x_6 - 0.003x_8$
	釜の川	29	51**	0.70**	49**					0.404		-0.514		-0.173	0.440			$y = -2.44 + 15.6x_6 - 0.0045x_7 - 0.0007x_9 + 0.34x_{10}$
	全体	113	24**	0.47**	22**	-0.429	0.049		0.041	0.178								$y = 8.63 - 2.21x_1 + 1.14x_2 + 0.23x_4 + 3.45x_6$

第36表 ゴールデンデリンシヤスの屈折計示度を支配する要因と寄与率および回帰式

年	土壌統	n	7 元		4 元		標 準 偏 回 帰 係 数										回	帰	式
			100R ²		R	100R ²	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀			
1969																			
	平 鹿	50	28**		0.44	19*						-0.257		-0.210	0.819	0.268		$\bar{y} = 15.31 - 0.71x_6 - 0.036x_8 + 0.067x_9 + 0.113x_{10}$	
	北 野	28	40	0.59	35*		-0.251	-0.182						-0.358	0.170			$\bar{y} = 18.44 - 1.41x_1 - 10.36x_2 - 0.08x_9 + 0.08x_{10}$	
	全 体	111	22**	0.47	22**	-0.075				0.127	-0.217				0.329			$\bar{y} = 13.80 - 0.34x_1 + 1.91x_5 - 0.52x_6 + 0.144x_{10}$	
1970																			
	平 鹿	53	32**		0.57	32**		0.078				-0.304	0.530			0.207		$\bar{y} = 15.01 + 2.31x_2 - 0.73x_6 + 0.0025x_7 + 0.07x_{10}$	
	北 野	31	66**		0.81	66**		-0.018				-0.251	0.600		-0.204			$\bar{y} = 17.1 - 0.901x_2 - 0.61x_6 + 0.0032x_7 - 0.046x_9$	
	全 体	113	59	0.66	43**							-0.190	0.453		-0.277	0.155		$\bar{y} = 14.75 - 0.45x_6 + 0.0021x_7 - 0.0634x_9 + 0.056x_{10}$	
1971																			
	平 鹿	69	41**		0.61	37**				0.108	-0.304				0.112	0.223		$\bar{y} = 11.43 + 0.34x_3 - 1.213x_4 + 0.0005x_9 + 0.069x_{10}$	
	北 野	30	27	0.49	24			-0.062					0.340	0.255	-0.279			$\bar{y} = 11.26 - 1.47x_2 + 0.0015x_7 + 0.061x_8 - 0.0009x_9$	
	釜の川	35	21	0.43	18				-0.328					-0.150	0.144	0.011		$\bar{y} = 14.5 - 1.36x_4 - 0.032x_8 + 0.0006x_9 + 0.052x_{10}$	
	全 体	133	11*	0.32	10*				-0.257			0.071	0.042			0.119		$\bar{y} = 13.5 - 1.103x_4 + 0.043x_6 + 0.0002x_7 + 0.039x_{10}$	
1972																			
	平 鹿	59	11	0.30	9	-0.027						-0.141	-0.116		-0.175			$\bar{y} = 16.2 - 0.11x_1 - 2.55x_5 - 0.144x_6 - 0.047x_8$	
	北 野	25	18	0.41	17	-0.216	-0.213							-0.200		-0.096		$\bar{y} = 18.4 - 1.145x_1 - 3.14x_2 - 0.026x_8 - 0.07x_{10}$	
	釜の川	29	70**	0.80	64**				-0.318	-0.159					-0.346	0.594		$\bar{y} = 4.38 - 1.6x_3 - 1.65x_4 - 0.002x_9 + 0.66x_{10}$	
	全 体	113	1	0.08	1	-0.217				-0.034					-0.150	-0.148		$\bar{y} = 16.4 - 0.75x_1 - 0.22x_4 - 0.04x_8 - 0.0006x_9$	

第37表 ゴールデンデリジャスの滴定酸度を支配する要因と寄与率および回帰式

年	土壌統	n	7 元		4 元		標準偏回帰係数										回	帰	式
			100R ²	R	100R ²	R	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀			
1969																			
	平鹿	50	30	0.52**	27**													$y = 14.08 - 0.937x_4 - 0.867x_6 - 0.04x_8 + 0.098x_{10}$	
	北野	28	40	0.62*	38*					-0.308	-0.166							$y = 14.24 - 1.64x_1 - 8.86x_2 + 6.28x_5 - 0.08x_9$	
	全体	111	22*	0.47*	22**					-0.679								$y = 20.2 - 2.86x_1 - 2.74x_4 - 0.09x_8 - 0.013x_9$	
1970																			
	平鹿	53	49**	0.69**	49**				0.121									$y = 12.82 + 0.61x_3 - 1.72x_6 + 0.004x_7 - 0.0045x_8$	
	北野	31	72**	0.85**	72**							0.520						$y = 1.66 + 12.28x_6 + 0.041x_7 - 0.0214x_8 - 0.098x_9$	
	全体	113	43	0.65	42**													$y = 9.26 + 1.906x_5 - 0.994x_6 + 0.035x_7 - 0.0164x_8$	
1971																			
	平鹿	69	38**	0.57**	32**													$y = 5.63 - 0.91x_4 + 2.74x_5 + 0.025x_7 + 0.056x_8$	
	北野	30	31	0.51	26													$y = 6.11 + 0.55x_4 - 3.87x_5 + 0.25x_6 + 0.002x_7$	
	釜の川	35	35*	0.58	33*					-0.210								$y = 10.52 - 7.67x_2 - 1.04x_4 + 0.025x_7 - 0.057x_8$	
	全体	133	24**	0.49**	24**					-0.120								$y = 7.72 - 3.95x_2 - 0.29x_4 + 0.0023x_7 + 0.0006x_9$	
1972																			
	平鹿	59	39**	0.55**	30**													$y = 8.41 - 0.51x_5 + 0.002x_7 - 0.0706x_8 + 0.0009x_9$	
	北野	25	41**	0.60**	36**				-0.001									$y = 12.5 - 2.07x_1 - 0.0046x_3 + 0.0025x_7 - 0.045x_8$	
	釜の川	29	38*	0.58*	34*					0.182	0.314							$y = 5.97 + 0.94x_1 + 7.14x_2 - 1.75x_4 + 0.01x_7$	
	全体	113	25**	0.47**	22**													$y = 8.01 + 1.21x_2 - 0.26x_3 + 0.002x_7 - 0.0006x_9$	

i 葉中成分

N、P、K含量は土壌による差はまったく認められなかった。Caは平鹿統で常に低い傾向が認められ、1971年には釜の川統より有意に低かった。Mgは土壌によって非常に異なり、平鹿統は常に最も高く、北野統がこれにつき、釜の川統は最も低かった(第39表)。

平鹿統の土壌中の置換性Caは他の土壌より低く、塩基吸着強度も大であるため、葉中Caが低かったものと考えられ、この土壌ではCa不足によるビタービット発生率が高いことも関連がある。釜の川統は最も塩基が豊富な土壌であったが、置換性Caに対し置換性Mgが低かったことが葉中Mgの低下の原因と考えられる。

ii 着果量および果汁中K

第40表に示したように着果量は1971年には北野統が低かったが、各年を通じて土壌の種類と着果量との間には一定の傾向が認められなかった。また果汁中Kも差が認められなかった。

iii 果実の形質

果実の大きさは土壌間で差がなく、果色は一般に平鹿統ですぐれ、1969年と1970年には北野、釜の川統の土壌より有意によかった。屈折計示度も1970年と1972年には平鹿統が有意に高かった。一方、滴定酸度は土壌間の差は少なく、1972年においてのみ平鹿統は釜の川統より有意に高かった(第41表)。

第39表 葉中成分含量(対乾重%)の土壌間差異

土 壤 統	N				P				K			
	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972
平 鹿	2.36	2.35	2.44	2.45	0.176	0.162	0.175	0.189	1.89	1.37	1.60	1.43
北 野	2.37	2.45	2.40	2.44	0.169	0.162	0.188	0.197	1.95	1.39	1.72	1.55
釜 の 川	2.46	2.37	2.43	2.44	0.179	0.152	0.176	0.174	1.92	1.25	1.61	1.52
l.s.d. _(0.05) _(0.01)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
土 壤 統	Ca				Mg							
	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1961	1962				
平 鹿	1.24	1.14	1.04	1.03	0.367	0.328	0.310	0.279				
北 野	1.29	1.21	1.11	1.10	0.346	0.291	0.289	0.260				
釜 の 川	1.29	1.21	1.13	1.09	0.323	0.273	0.278	0.228				
l.s.d. _(0.05) _(0.01)	NS	NS	0.09 NS	NS	0.04 0.05	0.03 0.04	0.03 0.04	0.02 0.03				

第40表 着果量と果汁中Kの土壌間差異

土 壤 統	着 果 量				果汁中K (ppm)			
	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972
平 鹿	23.5	19.5	22.5	19.3	1034	1224	966	808
北 野	21.6	23.0	20.3	20.6	1081	1204	1019	766
釜 の 川	23.0	22.7	23.4	18.3	1009	1116	935	762
l.s.d. _(0.05) _(0.01)	NS	NS	2.4 3.1	NS	NS	NS	NS	NS

第41表 果実形質の土壌間差異

土 壤 統	果 径				果 色				屈 折 計 示 度				滴 定 酸 度			
	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972	1969	1970	1971	1972
平 鹿	82.2	80.2	77.3	79.7	6.20	6.18	4.13	5.01	13.9	15.9	13.7	13.7	9.08	8.83	9.28	8.82
北 野	81.8	81.6	78.5	79.7	4.81	5.09	4.29	4.99	13.5	15.2	13.5	13.0	8.98	8.36	8.98	8.78
釜 の 川	82.5	80.6	77.4	80.9	5.95	5.51	3.87	4.69	14.0	15.4	13.5	13.1	8.82	8.26	9.16	8.32
l.s.d. _(0.05) _(0.01)	NS	NS	NS	NS	0.90 1.10	0.80 1.00	NS	NS	NS	0.5 NS	NS	0.6 NS	NS	NS	NS	0.46 NS

(3) 果実の形質に及ぼす気象要因の影響

i 4年間の気象

1960年は生育期前半の降雨量は平年に比べてやや多く後半はほぼ平年並であった。1970年の前半は異常な乾燥で降雨量は平年の約半にすぎなかった。生育期後半の降雨量はやや多かったが、生育前期の降雨量は平年の半であった。1971年は降水量、日照ともに平年に近く、1972年の降雨量はほぼ平年並であったが、後半の日照量は非常に少なかった(第2図、第42表)。

以上の気象状態を単純に表現すれば、1969年は降雨量やや多く、日照は少な目で、1970年は前半が異常な乾燥1971年はほぼ平年並、1972年は後半の日照が少なかった。

ii 年による変数(x_1-x_{10})の変異

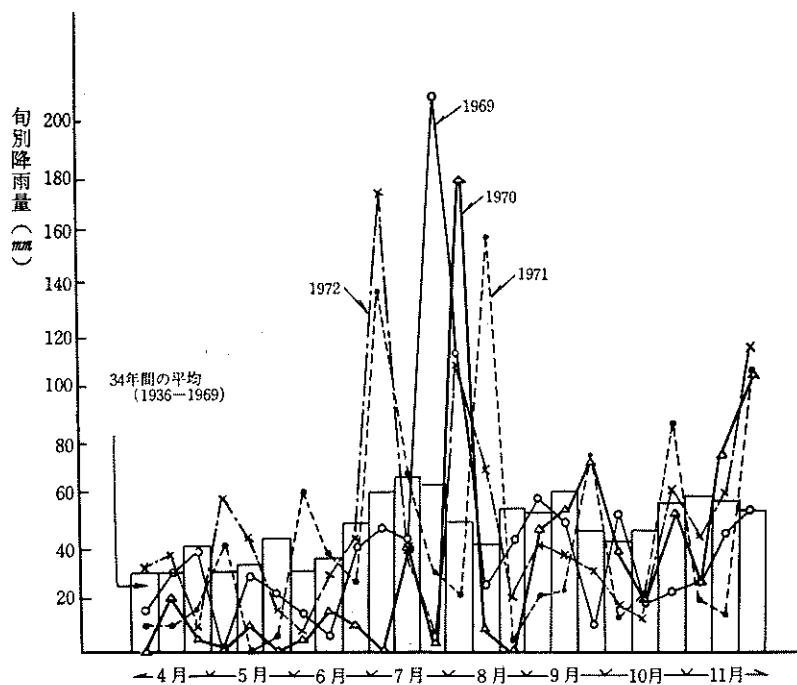
前述の75園について、各変数の年次変化と気象要因の

関係を解析し、第43表に示した。

どの変数も年による差は明らかで、葉中N、P、Kは1970年に低く、果汁中Kは1970年が特に高かった。葉中Ca、Mgは1969年が最も高く、1972年が最も低かった。

着果量は1969年と1971年が高く、やや隔年結果の傾向がみられた。果径は1969年は結実量が多かったにもかかわらず大きかったが、他の年は結実量と負の関係が認められた。果色は1969、1970年が良かった。屈折計示度は1970年が著しく高く、平均値で15.6%に達した。一方、滴定酸度はこの年が最も低かった。

これらの現象を気象との関連で考察すると、生育期前半に異常に乾燥した年の葉中N、P、Kの含量は低く果汁中Kは高かった。また、葉中K、Ca、Mgなどは比較的多雨の年に高かった。



第2図 34年間の平均降雨量と4年間の降雨量

第42表 4年間の生育期前半と後半における気象条件

年	生育前期 (5月11日～7月31日)						生育後期 (8月1日～10月20日)					
	降雨量 (mm)	日照 (時)	気温(a)	(a) 最高気温	(a) 最低気温	(a) 気温較差	降雨量 (mm)	日照 (時)	気温	最高気温	最低気温	気温較差
平年	377	439	163.0	—	—	—	380	410	168.5	—	—	—
1969	413	404	151.9	182.3	109.9	82.7	369	390	151.1	194.0	108.0	86.0
1970	93	466	160.2	206.4	115.0	91.8	410	381	161.3	205.5	116.1	89.4
1971	375	425	160.6	202.8	115.5	87.3	341	419	155.5	195.0	115.9	78.8
1972	356	449	152.0	204.0	115.2	89.8	345	369	163.1	206.2	118.8	87.4

(a) 毎日の積算 (b) 昭11～昭44の34年間の平均

第43表 各変数の年変異(75園の平均)

年	葉 中 含 量 (%)					果汁中K (ppm)	着果量	果 径 (mm)	果 色 (a)	屈折計 示 度 (%)	滴定酸度 (ml)
	N	P	K	Ca	Mg						
1969	2.39	0.175	1.91	1.27	0.351	1036	23.0	82.2	5.9	13.9	9.00
1970	2.37	0.159	1.34	1.18	0.306	1190	20.0	80.6	5.8	15.6	8.58
1971	2.43	0.178	1.62	1.08	0.297	967	22.1	77.6	4.1	13.6	9.19
1972	2.45	0.186	1.48	1.06	0.261	787	19.3	80.0	4.9	13.4	8.67
l.s.d.	0.05	0.073	0.07	0.05	0.015	44	1.4	0.7	0.4	0.3	0.27
	0.01	0.07	0.097	0.10	0.021	59	1.9	1.0	0.5	0.4	0.36

(a) 1972年の果色は自製のカラーチャートで行ったので、前の3年とあわせるために数値を変換した。(変換方法は本文参照)

果実は前半に降雨量が多かった年で特に大きく、屈折計示度は前半乾燥年で特別に高かった。

iii 果実の形質に対する気象要因の寄与率

気象要因(説明変数)として降雨量、日照時間、平均気温、気温較差を用い、それぞれ前期、後期、全期にわたって12変数となった。前述の手法によって計算を行い(第44表)、最終的に3変数を選択し、第45表のような結果が得られた。

i) 果 径

果径に最も影響を及ぼしている変数として後期降雨量、後期気温較差が正の要因として選ばれ、全期日照量が負の要因として採用され、それらの寄与率は50%に達した。

ii) 果 色

前期降雨量が負の要因として、前期気温と全期日照量が正の要因として採用され、寄与率は31%であった。

iii) 屈折計示度

後期降雨量と全期気温が正の要因として、全期気温較差が負の要因として採用され、寄与率は53%が高かった。

iv) 滴定酸度

滴定酸度に対する気象要因の影響は少なく、寄与率はわずかに8%であった。

以上のように果実の形質に対する気象要因の影響は非常に大きく、葉中成分やその他の栽培管理と関連のある諸要因に匹敵するか、ないしはそれ以上であり、このことは実際の果樹栽培における経験とよく一致している。

なお、 γ に対する各変数の寄与率の評価は、気象要因の場合には説明変数間の相関が高いのであまり意味がなく、選ばれた変数の組として評価すべきであろう。

(4) 説明変数の要因解析

果実の形質と密接な関係を有する説明変数は葉中N、クロロフィル、果汁中K、立地条件などであり、このうち立地条件は他の説明変数とはほとんど無関係で、ほぼ

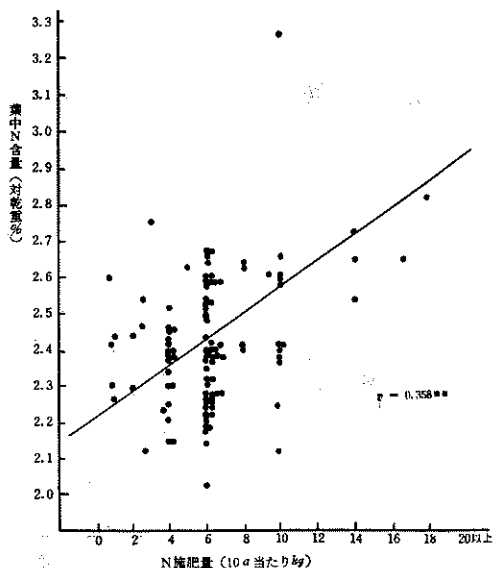
独立した変数といえるが、他の変数は相互に関連しあっている。この相互の関連性を明らかにすることができれば良質の果実を生産するための栽培管理法についての指針が得られることになる。また、葉中P、K、Ca、Mg含量がどのような要因の支配を受けているかを解析した。なお、これらの解析に用いた園は1と同じ75園である。

i 葉中N

葉中Nと関連がある変数として、葉中P、K、Ca、Mg、着果量、新梢長、立地条件のほかに窒素施用量を

第46表 施肥量と葉中Nとの関係

相 関 係 数				
	1969	1970	1971	1972
施肥量: 葉中N	0.358**	0.180*	0.226**	0.242**



第3図 N施肥量と葉中N含量との相関係数(1969)

第44表 気象要因、果実形質相互間の単相関表 (75園、4年間)

	降 雨 量			気 温			日 照 時 間			気 温 較 差			果 径	果 色	屈折計示度	滴定酸度
	全期	前期	後期	全期	前期	後期	全期	前期	後期	全期	前期	後期	y_1	y_2	y_3	y_4
降雨量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}				
気 温	全期															
	前期															
	後期															
日 照 時 間	全期															
	前期															
	後期															
気 温 較 差	全期															
	前期															
	後期															
果 径	y_1															
果 色	y_2															
屈折計示度	y_3															
滴定酸度	y_4															
変 域	503-781	93-413	341-410	315-322	152-160	151-163	794-848	404-466	369-419	166-181	83-92	79-89	77.3-82.5	4.13-6.20	13.1-15.9	8.26-9.28
平 均	675	309	366	314	156	158	826	436	390	173	88	85	80.2	5.06	14.0	8.81

第45表 果実の形質に対する気象要因の寄与率

	R	100R ²	降 雨 量			気 温			日 照			気 温 較 差			重 回 帰 方 程 式
			全 期	前 期	後 期	全 期	前 期	後 期	全 期	前 期	後 期				
												X ₁	X ₂	X ₃	
果 径	0.71**	50**			0.388				-0.449					0.334	$\bar{y} = 92.9 + 0.0394 X_3 - 0.0574 X_7 + 0.2468 X_{12}$
果 色	0.56**	31**		-0.684			-0.285		0.948						$\bar{y} = 40.4 - 0.007 X_2 + 0.086 X_5 - 0.0564 X_7$
屈折計示度	0.73**	53**			0.697	0.231						-0.114			$\bar{y} = 5.84 + 0.0306 X_3 + 0.0404 X_4 - 0.02286 X_{10}$
滴定酸度	0.29*	8*		0.088			-0.101				0.169				$\bar{y} = 8.55 + 0.0006 X_2 - 0.0187 X_6 + 0.0079 X_9$

選び、クロロフィルと果汁中Kは用いなかった。クロロフィルを除外した理由は、クロロフィルはNの多少によって支配されるものであり、クロロフィルの多少が葉中Nを支配するものではないからである。同じ意味で果汁中Kも除外した。

窒素施肥量は葉中Nと密接な関係が認められ（第46表、第3図）、葉中Nを支配している重要な要因として考えられた。

葉中Nに対する各変数の寄与率は年によって変動がみられ、前期の降雨量が著しく少なかった1970年はわずかに10%であったが、1969年は61%に達した。最も支配的な変数として窒素施肥量が採用された。そのほか採用された変数は葉中P、K、Ca、Mg、新梢長などであったが、葉中PとCaは年により正、負の両方の影響力を示し、一定の傾向がなく、葉中Kとは負の関係が認められた（第47表）。

ii クロロフィル

葉中Nの影響力が圧倒的に強く、葉中Pは4年間とも負の要因として採用され、葉中Mgも4年間のうち2回負の要因として選ばれた。新梢長との関係も認められたが、傾向は一定せず影響力も小さかった。寄与率は非常に高く、平均して50%であった（第47表）。

iii 果汁中K

葉中Kが最も影響力の強い正の変数として採用され、ついで着果量の影響が大きく、着果量が増すにつれて果汁中Kは低下した。寄与率は1969年には高かったが、他の3年間は低く、果汁中K濃度を支配している要因はここで計算に用いた変数以外に存在することを示している（第47表）。

iv 葉中P、K、Ca、およびMg

葉中PあるいはK含量が土壤中の可給態含量と密接な関係がないことはすでに明らかにしたが、どんな要因がこれらの葉中含量に影響を及ぼしているかは葉分析法にとって非常に興味ある問題であり、また、葉中成分間の相互関係の重要度を評価する意味で重要であろう。

i) 葉中P

クロロフィルとは4年間とも負の関係が認められ、葉中Caは正の影響力を有していた。予期に反して葉中Nは採用されなかった。これはクロロフィルが葉中Nの影響を代弁していたことにもよるが、単相関表でみられるように葉中Pとクロロフィルの相関係数は葉中PとNの関係よりはるかに高かった。寄与率は一般に低く、最高で1969年の41%であった（第48表）。

ii) 葉中K

葉中CaおよびMg含量は葉中Kに対して常に負の影響力を有しており、着果量も負の変数として採用された。寄与率は1970年と1972年には高かったが、他の2年間は非常に低かった（第48表）。

iii) 葉中Ca

葉中Kは常に負の変数として採用され、立地条件も常に負の要

第47表 主要な変数の要因解析

	年	R	100R ²	N		P	K	Ca	Mg	ク ロ コ ロ ル	果汁 中 K	着 果 量		新 梢 長	立 地 条 件		N 施 肥 量	重 回 帰 方 程 式
				x ₁	x ₂							x ₇	x ₈		x ₉	x ₁₀	x ₁₁	
葉中N (%)	1969	0.782	61	/	-0.085			-0.684		/	/	/				-0.268	0.269	$y = 3.85 - 0.77x_2 - 0.69x_4 - 0.026x_{10} + 0.014x_{11}$
	1970	0.311	10	/	0.133			0.083		/	/	/		0.194			0.225	$y = 1.98 + 0.926x_2 + 0.072x_4 + 0.093x_9 + 0.0104x_{11}$
	1971	0.727	53	/	-0.053	-0.497			-0.639	/	/	/					0.076	$y = 3.69 - 0.455x_2 - 0.37x_3 - 1.95x_6 + 0.003x_{11}$
	1972	0.489	24	/		-0.109	0.227			/	/	/		0.217			0.346	$y = 2.08 - 0.09x_3 + 0.26x_4 + 0.0002x_9 + 0.02x_{11}$
クロ コ ロ ル (%)	1969	0.549	30	0.372	-0.030				-0.223	/	/	/	/	0.183			/	$y = 4.36 + 0.7x_1 - 0.511x_2 - 1.4x_6 + 0.019x_9$
	1970	0.757	57	0.648	-0.484				-0.067	/	/	/	/	0.259			/	$y = 3.16 + 1.3x_1 - 6.75x_2 - 0.43x_6 + 0.025x_9$
	1971	0.671	45	0.445	-0.264					/	/	/	/	-0.230	-0.254		/	$y = 5.38 + 1.655x_1 - 8.39x_2 - 0.0009x_9 - 0.069x_{10}$
	1972	0.815	66	0.688	-0.200	-0.271				/	/	/	/	0.044			/	$y = 1.28 + 2.39x_1 - 3.17x_2 - 0.64x_3 + 0.0001x_9$
果汁中K (%)	1969	0.885	78			0.439	-0.294			0.785	/	/					/	$y = 726.6 + 242.2x_3 - 192.5x_4 + 271x_6$
	1970	0.555	31		0.143	0.442	-0.019				/	/	-0.168				/	$y = 762.8 + 1.0095x_2 + 333x_3 - 16.9x_4 - 4.4x_8$
	1971	0.531	28			0.415	-0.065				/	/	-0.136	0.185			/	$y = 674.2 + 280x_3 - 58x_4 - 5.7x_8 + 0.152x_9$
	1972	0.517	27			0.408				-0.096	/	/	-0.086	-0.140			/	$y = 695 + 181x_3 - 18x_6 - 2.53x_8 - 0.06x_9$

因であった。着果量と葉中Mgは年により正の要因として採用された。寄与率は1969年を除いて一般に低かった(第48表)。

iv) 葉中Mg

寄与率は非常に低く、ここで用いた変数では葉中Mgの変動の13~27%しか説明できなかつた。なお、土壌中の置換性塩基と葉中含量との間の相関係数は第49表のように低く、葉中含量に影響する要因としてはまったく採用されなかつた。

(5) 葉中成分間の相互作用

葉中成分間の相互作用は葉分析法に関する研究の一分

野をなしてきており、葉内含量の変動を説明する要因として、また、分析値の評価に際してかなり有力な手段として使われてきた。

本試験の成分間の相互作用は第50表でみられるように年により、土壌によって正負さまざまな関係がみられた。

N:Pの関係は条件によって、正、負の両方がみられ、有意な相関関係は負の関係でのみみられた。N:Kもほぼ同様で、正負の関係は一定しなかつたが、負の関係が多く、有意な関係も負でみられた。N:Caの関係は正の場合が多かつたが、有意な負の関係もみられた。N:Mgの関係はN:Pの場合とほぼ同じく、正の関係もみ

第48表 葉中P、K、Ca、Mg含量に対する要因の解析

	年	100R ²	採用された要因(影響力の大きい順に)			
葉中P	1969	41**	着果量(+)	クロロフィル(-)	立地条件(-)	葉中Ca(+)
	1970	22**	葉中Ca(+)	クロロフィル(-)	着果量(+)	葉中Mg(+)
	1971	29**	クロロフィル(-)	葉中Mg(-)	葉中K(+)	
	1972	18**	葉中K(-)	クロロフィル(-)	葉中Ca(+)	葉中Mg(-)
葉中K	1969	3	着果量(-)	葉中Mg(-)	葉中Ca(-)	葉中Mg(-)
	1970	28**	葉中Mg(-)	クロロフィル(-)	着果量(-)	葉中Ca(-)
	1971	10**	葉中P(+)	葉中Ca(-)	葉中Mg(-)	
	1972	36**	クロロフィル(-)	葉中Mg(-)	着果量(-)	葉中Ca(-)
葉中Ca	1969	54**	葉中N(-)	立地条件(-)	葉中K(-)	
	1970	31**	着果量(+)	葉中P(-)	立地条件(-)	葉中K(-)
	1971	13**	葉中K(-)	葉中Mg(+)	立地条件(-)	着果量(+)
	1972	23**	葉中Mg(+)	葉中K(-)	立地条件(-)	葉中P(+)
葉中Mg	1969	13*	葉中Ca(+)	クロロフィル(-)	葉中N(+)	新梢長(-)
	1970	18**	クロロフィル(-)	新梢長(-)	葉中Ca(+)	葉中K(-)
	1971	17**	葉中N(-)	葉中P(-)	立地条件(+)	葉中K(-)
	1972	27**	葉中Ca(+)	葉中K(-)	立地条件(+)	着果量(+)

第49表 土壌中の置換性塩基と葉中含量との相関係数

相 関	1969	1970	1972
葉中K:置換性K	0.101	0.168	0.275
葉中Ca:置換性Ca	0.225	0.092	0.139
葉中Mg:置換性Mg	0.128	0.024	-0.287*

られたが、有意な関係は負であった。

P : Kは正負さまざまであったが、有意な関係はすべて正であった。P : Caはほとんどすべての場合に正の関係で、しかも非常に密接であった。P : Mg間の相関係数は正負同程度で一定の傾向がみられなかった。K : Caはすべての場合に一致して負の関係で、しかも相関係数は高かった。K : Mgも一致して負の関係であった。Ca : Mgの関係は一致して正の関係であった。

以上の結果から、常に一定の関係がみられたのはP : Ca、K : Ca、K : Mg、Ca : Mgの関係だけで、他は条件により正負さまざまな関係がみられるものと考えられる。

これらの相互作用が逆転したり乱されたりする条件の一つとして、葉中Nが主導的な役割を果たしているのではないかと考えられたので、N栄養の異なる2カ所のゴールドデンドリシヤス園の分析値を比較した。両地域の土壌は第51表でみられるようにN肥沃度が非常に異なり、同一のN処理でも葉中N含量は非常に違っていた。

単相関表で明らかのように（第52、53表）N含量の平

均は中沢地区が1.99%であったのに対して、千畑地区では2.37%であり、葉中成分間の相関係数は、N : P、N : K、N : Ca、N : Mg、N : Caなどで有意ではなかったが、中沢と千畑では正負が反対になった。しかし、P : K、K : Ca、K : Mg、Ca : Mgの相関係数の正負は同じであった。

また、それぞれの成分含量に対する他の成分の寄与率をみると（第54表）、中沢の葉中Nの変動の理由はCa、P、Mgによって約50%説明され、CaはおもにNとMgによって支配され、MgはおもにKとCaによって75%支配された。

これに対して葉中Nが高かった千畑では有意な寄与率は得られなかった。

中沢地区のように葉中Nが低い条件下ではN飢餓状態から葉中Nが高まるにつれて樹勢がさかんになり、それに伴って他の成分の吸収も活発になるが、葉中Nの多少がもはや樹勢と密接な関係が認められないような千畑地区の条件では、Nはむしろ他の成分を抑制する働きを有するようになると思われる。

第50表 葉中成分間の相関係数（n数は多変量解析と同じ）

相 関	1969			1970			1971				1972			
	全園	平鹿	北野	全園	平鹿	北野	全園	平鹿	北野	釜の川	全園	平鹿	北野	釜の川
N : P	⊖	⊖	—	+	+	+	—	—	—	+	—	—	—	—
N : K	—	—	—	—	+	—	—	⊖	—	+	—	—	⊖	+
N : Ca	⊖	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—
N : Mg	⊖	+	+	—	—	—	⊖	⊖	—	—	+	+	+	—
P : K	—	—	—	+	—	+	⊕	—	⊕	+	—	+	—	—
P : Ca	⊕	⊕	+	⊕	⊕	+	+	—	⊕	—	⊕	⊕	⊕	—
P : Mg	—	—	—	+	⊕	—	⊖	—	—	—	+	+	+	+
K : Ca	⊖	⊖	⊖	⊖	—	—	—	⊖	+	—	⊖	⊖	—	—
K : Mg	—	—	—	⊖	—	—	—	—	+	—	⊖	⊖	⊖	—
Ca : Mg	+	+	+	⊕	+	+	+	+	+	—	⊕	⊕	+	—
N の 変 域	2.02	2.02	2.12	2.03	2.03	2.15	1.78	1.78	1.82	2.12	1.53	1.53	2.12	2.07
	3.27	2.66	2.73	2.84	2.64	2.84	2.83	2.71	2.83	2.62	2.69	2.69	2.67	2.63
Nの平均値	2.42	2.34	2.51	2.38	2.38	2.38	2.43	2.42	2.44	2.43	2.43	2.42	2.45	2.43

（注） ⊖は相関係数が5%レベル以上で有意

第51表 中沢、千畑両地域の土壌の特徴

地 域	樹 令 (年)	土 壌 の 母 材	植付前の地目	備 考
中 沢	11	第三紀凝灰岩	山林、原野	根群は浅い、無窒素の影響は1年で現れる
千 畑	10	腐植質火山灰土 第四紀古層	山林、原野	根群は深い、無窒素の影響は3年間みられない

(6) 実際栽培への応用

葉分析のほかに、果実の形質と関係が深いと考えられる要因を加えて全部で10変数を選択し、果実形質に対する寄与率を計算した結果、寄与率は高い場合で50%前後であった。ここで得られた寄与率は必ずしも高いとはいえないが、残された変数（要因）はせん定技術、摘果の早晚、結実の位置、土壌水分、微気象などと推察される。これらの要因は適当な調査方法がなかったり、著しく労力を要することなどから、変数の中に組み込むことは困難であった。したがってこれらは個別試験の成績で補わなければならない。また、果実のサンプリングの不完全さに起因する誤差はきわめて大きかったと考えられる。以上のことから寄与率は全般的に予測に必要なレベル、すなわち約50%（奥野）まで高めることはできなかった

が、栄養診断には十分に用いうるものと考えられた。

多変量解析において、重要な要因として採用される変数は、目的変数と密接な関係があつて、しかも変域の広い変数が選ばれやすい。したがって、本来果実の形質と密接な関係を有する変数であっても変域が狭い場合は採用されない。説明変数の相対的な重要度を知るためには説明変数の変域が適正值を中心として広い変域を有する集団であることが要求される。

この試験の葉中Nの変域と平均値は第4図に示した。4年間の葉中Nの平均値は2.40%前後で、これを前述の基準値と比較すると適正值の上限であった。また、葉中K、Pもほぼ適正值を中心に分布しており（2-4、7、10、18、20、28、29、75、84）、葉中MgとCaの中央値はやや低かった（2、8、18、28、29、76、83）。また、着果量は毎年ほぼ安

第52表 中沢の葉中成分間の単相関表 (n=15)

	N	P	K	Ca	Mg
N	—				
P	0.468	—			
K	0.107	0.423	—		
Ca	0.455	0.132	-0.197	—	
Mg	-0.101	-0.214	-0.613*	0.628*	—
変域	1.38— 2.48	0.121— 0.202	1.33— 2.14	0.79— 1.12	0.238— 0.356
平均	1.99	0.163	1.79	0.91	0.266

第53表 千畑の葉中成分間の単相関表 (n=18)

	N	P	K	Ca	Mg
N	—				
P	-0.358	—			
K	-0.406	0.545*	—		
Ca	-0.043	-0.230	-0.128	—	
Mg	0.405	-0.279	-0.463	0.132	—
変域	2.04— 2.74	0.121— 0.407	1.25— 2.20	0.77— 1.31	0.154— 0.227
平均	2.37	0.188	1.83	0.99	0.198

第54表 葉中成分に対する他成分の寄与率

		R	100R ₂	標準偏回帰係数					重回帰方程式
				N	P	K	Ca	Mg	
				x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
中沢	N	0.716	51*	—	0.266	—	0.737	-0.504	$\hat{y} = 0.81 + 4.13x_2 + 2.44x_4 - 6.44x_5$
	P	0.600	36	0.426	—	0.376	0.012	—	$\hat{y} = 0.053 + 0.0275x_1 + 0.03x_3 + 0.0026x_4$
	K	0.688	47	-0.116	0.356	—	—	-0.549	$\hat{y} = 3.29 - 0.094x_1 + 4.48x_2 - 5.7x_5$
	Ca	0.816	67**	0.506	0.039	—	0.686	—	$\hat{y} = 0.13 + 0.153x_1 + 0.183x_2 + 2.65x_5$
	Mg	0.869	75**	-0.383	—	-0.436	0.719	—	$\hat{y} = 0.231 - 0.03x_1 - 0.042x_3 + 0.186x_4$
千畑	N	0.521	27	—	-0.225	-0.172	-0.153	0.282	$\hat{y} = 2.53 - 0.59x_2 - 0.128x_3 - 0.24x_4 + 2.16x_5$
	P	0.594	35	-0.186	—	0.447	-0.180	—	$\hat{y} = 0.304 - 0.07x_1 + 0.127x_3 - 0.108x_4$
	K	0.710	50	-0.343	0.415	—	-0.001	-0.295	$\hat{y} = 3.25 - 0.46x_1 + 1.46x_2 - 0.0015x_4 - 3.03x_5$
	Ca	0.292	9	-0.190	-0.264	—	—	0.132	$\hat{y} = 1.23 - 0.121x_1 - 0.44x_2 + 0.645x_5$
	Mg	0.530	28	0.268	—	-0.349	0.097	—	$\hat{y} = 0.158 + 0.035x_1 - 0.034x_3 + 0.02x_4$

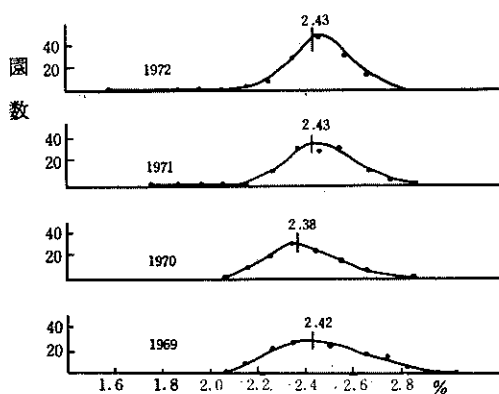
定していた。以上のことから、果実の形質に対する栄養条件の影響は適切な集団から得られたものであると判断される。

多変量解析の結果を実際面に応用する際は、説明変数の数はなるべく少なく、かつ毎年安定して採用される変数でなくてはならない。さらに多変解析の結果採用された変数が個別試験の結果、ないしは個別技術上の知見と矛盾するものであつてはならない。たとえば、果径を支配する要因として、1971年は葉中Caが採用されたが、葉中Caが毎年安定した要因として採用されず、また、葉中Caを高めれば果実が大きくなるというような技術上の知見はなく、Caの葉面散布試験などの固有試験結果とも一致しない。

以上のような見地から、良品生産のための変数を選択すれば、葉中N、クロロフィル、果汁中K、着果量などが主要な変数となり、栄養診断の立場からは葉中Nあるいはクロロフィルが有用な手段となる。

i 葉中N含量による診断

無袋のゴールデンデリシャスは有袋の果実に比較して屈折計示度、滴定酸度ともに非常に高く、味は濃厚であるが、着色不良の青実が非常にできやすく、これがさび



葉中N含量(対乾重%)葉柄を含む
第4図 各年の葉中Nの変域と平均値

第55表 葉色用カラーチャートの色調

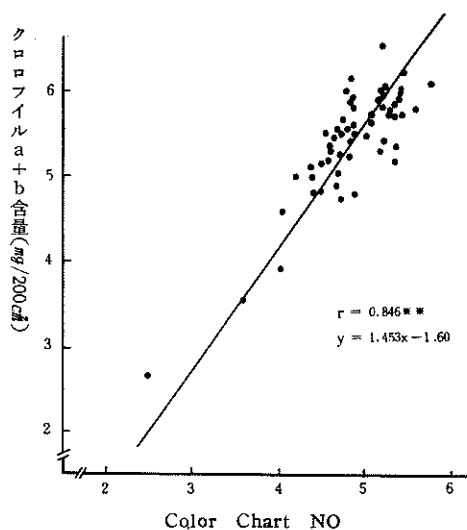
カラーチャート No.	L	a (-)	b (+)
1*	—	—	—
2	29.8	9.3	16.2
3	30.4	10.6	15.1
4	25.4	8.5	12.4
5	22.8	7.9	9.4
6	21.6	7.1	8.3
7	19.6	6.1	7.6
8	17.8	4.5	6.1

* 2より葉色が淡いものを1とする

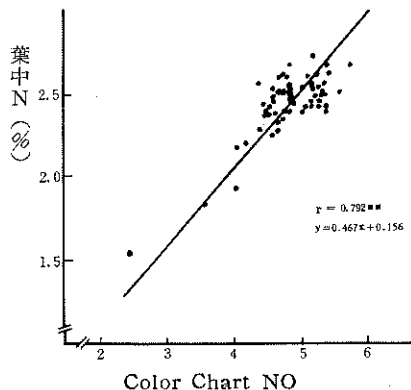
の発生以上に商品価値を損なっている。この果色の改善はゴールデンデリシャスの無袋栽培の発展にとって重要な問題となっており、葉中Nあるいはクロロフィルによる診断は多変量解析の結果から最も有効な手段であることが明らかにされた。

ii カラーチャートの利用

葉色は葉中N、クロロフィルとは密接な関係にあるので、正確な葉色が比較できれば葉中Nやクロロフィルを定量する必要がある。しかし、マンセルカラーチャートの中には葉色に合致するものが見当らず比色は不可能であった。そのためにカラーチャートを自作した。このカラーチャートの色差計の測定値は第55表に示した。色表No.2とNo.3のL、aの差は少なく、なお改善の余地があ



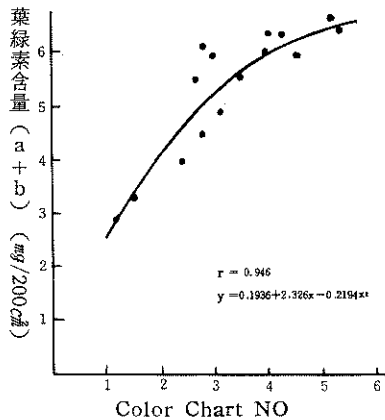
第5図 葉色のカラーチャートと葉緑素との相関関係(1972夏)



第6図 葉色のカラーチャートと葉中Nとの相関関係

る。また、クロロフィル、カラーチャートおよび葉中Nとの関係は第5、6図で示したような関係が認められた。また、第7図は適正葉中N含量の決定に用いたゴールドデリシヤス園において1971年の秋期に得られた成績である。この図でみられるように、葉色が濃くなると、その濃淡はクロロフィル含量よりもカラーチャートの方が微妙な差を識別できるように考えられた。

このカラーチャートをほ場に応用した結果、果実の形質との関係はクロロフィルや葉中Nの場合に比べてやや劣ったが、果色の診断には十分に使用できるように考えられた(第56表)。



第7図 葉色のカラーチャートと葉緑素(a+b)の関係(1971、秋)

3. 考 察

変数の選択について

多変量解析における寄与率は変数の増大に伴って上昇するが、単に変数を増すことは得られた結果の解析を困難にする場合があるので、採択する変数は目的変数と何らかの因果関係を有すると考えられる要因にとどめるべきであろう。また、目的変数が複数である場合には、ある目的変数の多変量解析に他の目的変数を説明変数の中

に加えるべきではないと考えられる。

この試験では、調査項目の中にはとりあげた変数10、目的変数4のほかに、土壌のpH、 γ_1 、塩基置換容量、置換性Ca、Mg、K、果実の硬度などがあつた。これらは変数として用いなかつた。すなわち土壌の塩基状態が関係するとすれば、それらの多少は葉中成分に反映するであろうことを前提とした。また、果実の硬度はほとんど熟度と果実の大きさによって支配され、果色、屈折計示度、滴定酸度などによって代替されると考えられた。かりにそれらを多変量解析にとりいれたとして、葉中Caが果実形質と密接な関係にはなく、土壌中の置換性Caが重要な要因として採用された場合のことを考えれば、計算の結果は間違いではなくても、結果を理解し、応用することは不可能であろう。このような事態は多変量解析でしばしば生ずるものであり、このようにして寄与率を高めてもあまり意味がないばかりか、採用される変数は年々異なるのが普通で、主要な原因を見失うことにもなりかねない。

また、この試験で、果色の寄与率を求める際に、屈折計示度を説明変数の中に加えれば寄与率は飛躍的に高くなるが、その結果、果色を良くするためには屈折計示度を高める必要があり、屈折計示度を高めるためには果色を良くしなければならないという結論に到達しかねないので目的変数と説明変数は明確に区分した。

果実の形質と説明変数との関係について

果実の形質に影響する要因として採択された変数を一括して第57表に示した。

果径：果径に影響を与える葉中Nは適正葉中N含量の決定で述べたように、2.06%以下であつたが、この試験では1969年から1972年までの4年間で2.06%以下の園はそれぞれ1、1、4、3園にすぎなかつた。したがって、この4年間の葉中Nの変域では、葉中Nが高くても果実は大きいとは限らなかつた。

葉中Kあるいは果汁中Kは最初の2年間は正の要因で

第56表 果実の形質と葉色カラーチャートとの相関々係(1972、全体)

	相 関 係 数			
	果 径	果 色	屈折計示度	滴定酸度
葉 中 N	0.049	-0.424**	-0.165	0.013
ク ロ ロ フ ィ ル	0.081	-0.385**	-0.128	-0.072
葉色カラーチャート	0.046	-0.354**	-0.144	0.007

葉サンプルは7月下旬採葉

あった。また、葉中CaとMgも1971年と1972年に採用されたが、この評価はすでに述べたように重視する必要はないであろう。

果径に対して最も大きな影響を及ぼしたのは1969年と1970年における着果量で、この兩年の着果量の変域では負の要因として採用された。これに対して1971年と1972年には採用されなかった。この差は変域の違いによるものと考えられ、前半2年間の着果量の上限が40果をこえたのに対して、後半は30果以下であった。以上のことから、適当な着果量は22～25果程度とみられ、30果をこえないほうがよいと考えられる。

果色：葉中Nあるいはクロロフィルの含量がまず果色に現れることは施肥反応の実態の項で明らかにしたが、この試験でも果色を支配する主要な要因は葉中Nないしはクロロフィルであった。無袋ゴールデンの栽培上の最も重要な点は着色不良の青実をなくすことにあるので、この関係は最も重要である。

葉中N、クロロフィルのほかに重要な要因は立地条件であり、1971年のように葉中N、クロロフィルが主要な要因として採用されないような年においては最も重要な

要因となった。立地条件について新梢長も負の要因として採用されたが、これは葉中N、クロロフィルなどとは関係なく、独立の要因として採用されたものである。なぜならば単相関係数表でみられるように、1969～1971年の新梢長と葉中Nの間には有意な関係はなく、有意な相関関係が認められた1972年には新梢長は採用されなかった。

立地条件や新梢長が果色と関係があった理由は、おそらく土壌水分の多少が強く関係していたのではないかと考えられ、この点は個別試験でさらに検討する必要がある。

屈折計示度：屈折計示度に対する葉中Nの影響はすでに述べたようにわずかなものであり、立地条件の影響のほうがはるかに大きかった。果色と違って支配的な要因というものはなく、立地条件がすぐれ果汁中Kが高く、どちらかといえば葉色が淡い園で屈折計示度は高く、年により結実過多は屈折計示度を低下させた。

多変量解析の結果では葉中Caも負の要因として採用されたが、これは現在の個別技術の知見とは一致しないのでさらに検証を要するものと考えられる。

第57表 果実の形質と採用された変数（全体の園）

		葉 中 N クロロフィル		葉 中 P	葉 中 K 果汁中K		葉 中 Ca	葉 中 Mg	着 果 量	新 梢 長	立地条件
		x_1	x_6	x_2	x_3	x_7	x_4	x_5	x_8	x_9	x_{10}
果 径	1969	—		+	+				⊖		
	1970				+				⊖	+	+
	1971	+					+	⊕			
	1972	+					+	⊖	+		
果 色	1969	⊖				+	—	+		—	
	1970	⊖					—			—	
	1971	—					+	+			+
	1972	⊖		+			+				⊕
屈折計示度	1969	—				⊕		+		—	⊕
	1970	—				+	⊖				+
	1971	+					—				+
	1972	—							⊖	—	
滴 定 酸 度	1969	⊖				⊕	—	+	—	—	
	1970	—				⊕	—		—		
	1971			—		⊕				+	
	1972			+		+	—		⊖		

(注) —……果実の形質（果径、果色、屈折計示度または滴定酸度）に負の影響を有する要因として採用された変数

+……果実の形質に正の影響を有する要因として採用された変数

⊖……果実の形質に負の影響を有し、かつ採用された変数の中で標準偏回帰係数が最も大きい変数

⊕……果実の形質に正の影響を有し、かつ採用された変数の中で標準偏回帰係数が最も大きい変数

空欄……果実の形質に影響する要因として採用されなかった変数

滴定酸度：果汁中Kと着果量によって支配された。葉中Caも1970年には非常に大きな負の要因として採用されたが、これは単相関表からみられるように葉中Kと果汁中Kを代弁したものと考えられる。

果汁中Kが果実の滴定酸度と密接な関係にあることは著者ら(87)によってすでに明らかにされており、Kの栄養診断に用いる可能性も森ら(42)によって指摘されているが、その人為的な制御はかなり複雑であり、今後の研究を要する問題であろう。

栄養診断法としての葉分析法

この試験の4年間の葉中Nの変域はそれぞれ2.02～3.27%、2.03～2.84%、1.78～2.83%、1.53～2.69%で平均値は2.42、2.38、2.43、2.43%であった。この変域はBenson(5)、Egger(18)、Kenworthy(28)、Boynton(6)、Mason(39)、杉山(79)の旭、紅玉、ゴールデンデリシスなどについて得られた結果とほぼ同じであり、杉山らの結果を除いた他のわが国のリンゴの葉分析値より著しく低かった。また、平均値のレベルは同一品種のゴールデンデリシスについてWalrath(84)が述べている適正值より高く、Simon(76)が適正值としている2.45%に近かった。

葉中成分の中にクロロフィルも含めて考慮すれば、葉中Nないしクロロフィルはゴールデンデリシスの果色の診断にきわめて有用であり、将来、立地条件や新梢長などの変数を併用して安定した寄与率の高い重回帰式が得られれば、予測にも使える可能性がある。この場合に問題となる点は新梢長や立地条件の数値化であろう。特に立地条件の数値化は、この試験では個別試験の結果を基礎にしたものではないから、傾斜の程度や方向、あるいはその他の環境条件と果実の形質との関係を個別試験で確かめ、より合理的な数値に改善する必要があると考えられる。

葉中Nの多少は窒素施肥量によってほぼきまり、葉中P、K、Caなどともいくらかの関係があった。クロロフィルは葉中Nの影響を最も強く受け、葉中Pとの間にもかなり密接な負の関係がみられた。

葉中Kの変域は年によりかなりの変異がみられたが、Criticalレベルとされている1.0%以下(3、4、9、15、20)の欠乏レベルに達した園は1970年に2園、1972年1園存在しただけであり、その変域は他の研究者とほぼ同じく(2、7、8、18、79)、平均はSimon(76)が適量としている1.75%よりやや低かった。

この試験で葉中Kは果実の形質を支配する要因として採用されたことは少なかったが、これは一部が果汁中K

によって代弁されたものと考えられる。果汁中Kは屈折計示度や滴定酸度と正の密接な関係が認められ、果汁中Kの多少は葉中Kによって支配されるので、葉中Kは無視することはできない。特に果汁中Kを診断に用いない場合には重要性が増大するものと考えられる。

葉中Pは欠乏レベルの0.10%以下に達した園は少なく平均値はほぼ杉山ら(79)の結果に近かった。果実の形質に影響する要因として採用されることは少なかったが、クロロフィルとは常に負のかなり密接な関係があった。しかし、葉中Pの変動がクロロフィル含量をいくらかでも支配するかどうかは疑問であり、この試験の葉中Pの変域では重要な意義が認められなかった。

葉中Caの限界レベルはWalrathら(84)によれば1.00%とされているが、Boynton(7)によれば1.10%以下の園は土壌によっても違うが5～23%みられたとし、Egger(18)は旭で0.99～1.04%の変域がみられたと述べ、Kenworthy(28)はさらに低い0.69～2.63%の変域を報告している。旭、紅玉、ゴールデンデリシスなどではほぼこの試験と同じ変域が得られており(8)、デリシスではやや高いとされている(2)。

葉中Caは果実の形質を支配する要因としてしばしば採用されたが、正負の符号が一定せず、葉中成分間の相互作用の結果として採用される場合が多かったように見受けられ、診断の要因として評価するにはあまりにも不安定であった。

葉中Mgは年によりかなりの変異が認められ、1969年と1970年にはcriticalレベルと認められている0.2%以下(15、20、29、43、44、83)の園は1969、1970年は1園1972年には7園認められた。このように葉中Mgの下限は欠乏レベルに達していたためか、葉中Mgが高いほど果実の品質は高まる傾向がみられたが、果径に対しては正負の符号が定まらなかった。葉中Mgの影響も葉中Caと同じく、葉中成分間の相互作用の結果として表される場合が多いようであり、欠乏レベルを診断する点にのみ意義があるように考えられる。

葉中成分間の相互作用は今までも多くの研究がありN-P、N-K、K-Ca、K-Mg、Ca-Mg間には拮抗作用が認められ(3、4、11、12、15、56、78、86)N-Ca、N-Mg、P-K、P-Caなどの間には相乗作用が認められている(3、4、11、12、15、19、56、86)。しかし、N-Ca間には拮抗作用が認められるとの報告もあり(14、15)、Nと他成分の間に特に関係が認められない場合も報告されている(51、52)。

この試験では、明確に相互関係が認められたのはK—

Ca、K—Mgの拮抗とP—Ca、Ca—Mg間の相乗作用であり、他の関係は年や土壌によって正負の符号が一致しなかった。

これらの相互作用の結果が果実の品質に及ぼす影響はきわめて不安定で一定の傾向がなく、品質を診断する場合に、その影響は否定できなかったが、診断の手段として用いることは不適当であった。これは葉中Nと他成分との相互作用が不安定であることにも理由があるように考えられ、葉中Nの高低によって、他成分との相互作用がまったく異なることが明らかにされた。これらの結果から、葉中成分間の相互作用はK、Ca、Mgなどのうちのある成分が欠乏レベルにある場合には重要であろうが(14、15、20、78)、欠乏レベル以上にある場合にはそれほど重視すべき問題ではないように考えられる。

土壌と年による変異について

土壌と品質との関係などについては密接な関係が認められているが(25、27、45、55)、この試験では土壌間の差は少なく、平鹿統の果色と屈折計示度が4年間のうち2年間に比べてすぐれていただけであった。平鹿統の品質が他の土壌よりやすすぐれていた原因は、土壌の塩基含量の差でないことは明らかで、おそらく平鹿統は傾斜地に分布していたためと考えられる。

4年間の気象についてみると、1970年の生育期前半の乾燥がきわだった特徴であった。反対に1969年の前半の降雨は他の年より多かった。乾燥年の1970年葉中N、P、Kは他の年より低かったが、葉中Nは乾燥年で高いとされており(15、19)、葉中Pについては一定していない(15、22)。また、葉中Kはこの試験の結果と同じく乾燥年に低いと報告されている(15、17)。一方、果汁中Kは乾燥年で非常に高く、屈折計示度もきわめて高かった。

果径、屈折計示度、果色に対する気象要因の寄与率が高かったことは、果実の味が、その年の気象に強く支配されていることを示すもので、その影響力は栽培管理の条件と同じか、あるいはそれを上廻ると考えられる。これは経験的な技術上の知見と一致する(53、54)。また同一年であっても産地による品種の差は、かなりの部分が気象要因の差に帰せられることを意味するものである。

気象要因のうち、どの要素が品質に影響を及ぼしているかは明らかでなかった。これは気象要素間に強い相関関係が存在するため、主導的な要素を明らかにするためには個別的な研究が必要である。

葉分析による診断の実用化について

無袋のゴールドデンドリシヤスの栽培において最も重要

な問題である青実の解消のためには立地条件と葉中Nないしはクロロフィル含量が最も重要な要因であることが多変量解析の結果明らかにされた。立地条件は動かしがたい要因であるから、葉中Nないしはクロロフィルが重要な診断手段となる。

葉中Nによる診断をさらに一步進めて、葉色による診断を行うためにカラーチャートを自製した。その結果葉中Nやクロロフィルを用いた手段とほぼ同程度の診断が可能であった。しかし、測色色差計でカラーチャートを測定した結果、葉色が淡い部分では測定値が等差的でなく、さらに改善する必要性が認められた。また、実際に用いた結果では、同程度の淡い葉色でも色調が異なることもあったので、カラーチャートによる診断をより正確に行うためには科学的に正確なカラーチャートを作製することが必要であろう。

4. 摘要

1969年から1972年まで、4種の土壌統を含む約150園のゴールドデンドリシヤスを供試して、果実の形質(果実の大きさ、果色、屈折計示度、滴定酸度)に及ぼす各変数(葉中N、P、K、Ca、Mg、クロロフィル、果汁中K濃度、着果量、新梢長、立地条件)の影響を重回帰分析によって解析した。また、土壌の種類、気象条件の影響も同時に解析した。結果は次のとおりであった。

(1) 果実の形質を支配する要因

A 果実の大きさに対する4変数の寄与率の最高は北野統で得られ、1969年には34%、1970年には67%に達し支配的な要因は着果量であった。1972年の寄与率はわずかに13%であったが、これは1971年から始められた強摘果の励行によるものと考えられた。着果量以外で、比較的高い頻度で選択された変数は葉中Ca、Mg、クロロフィル、果汁中Kなどであった。

B 果色に対する寄与率の最高は1970年の北野統で、65%に達したが、土壌全体での寄与率では12~32%であった。各年の支配的な要因は1971年を除いてクロロフィルであった。1971年は降雨量が多く、そのためか立地条件が支配的な要因として選ばれた。

C 屈折計示度に対する寄与率は1970年の北野統で66%に達し、全園でも43%であった。しかし、1971年と1972年における寄与率はきわめて低かった。寄与率が高かった年における支配的な要因は果汁中Kであった。また、クロロフィル、葉中N、新梢長は負の要因として、立地条件は正の要因として選択された。

D 滴定酸度に対する寄与率は一般に高く、最高は1970年の北野統で72%、平鹿統でも49%に達した。また、

他の年においても有意な寄与率が得られた。滴定酸度を支配するおもな要因としては、果汁中Kが選択されたほか、新梢長は常に負に、立地条件は常に正の要因として選択された。

(2) 葉中成分、果実形質に及ぼす土壌の影響

A 葉中N、P、K含量は土壌間で差が認められず、葉中CaとMgは土壌間で有意な差が認められた。

B 果色と屈折計示度は土壌間で差が認められ、平鹿統は他の土壌より着色は良く、屈折計示度も高かった。しかし、果実の大きさや滴定酸度は土壌間で差が認められなかった。

(3) 果実の形質に及ぼす気象要因の影響

説明変数、目的変数のいずれも年による差は有意で、特に果汁中Kと屈折計示度は乾燥年で高かった。

果実の形質に対する気象要因の寄与率は非常に高く、果実の大きさ、果色、屈折計示度に対する寄与率はそれぞれ50、31、53%であった。しかし、滴定酸度に対する気象要因の影響はわずかに8%であった。

(4) おもな説明変数の重回帰分析

A 葉中Nに対する各変数の寄与率は年によって異なり、乾燥年の1970年は10%と低かったが、1969には61%に達し、1971年と1972年はそれぞれ53、24%であった。葉中Nを支配するおもな要因はN施肥量であった。

B クロロフィルに対する各変数の寄与率は30~66%と高く、おもな要因として葉中Nが選ばれ、葉中Pは負の要因と認められた。

C 果汁中Kに対する各変数の寄与率は、31~78%であった。果汁中Kに影響を及ぼすおもな要因は葉中Kであり、着果量は負の要因であった。

(5) 葉中成分間の相互作用

葉中成分相互間で常に正の相関係数が得られたのはP:Ca、Ca:Mgで、常に負の相関が認められたのはK:Ca、K:Mgであった。N飢餓の条件下においては、葉中各成分含量は他の成分の影響をうけることが大きく、葉中Nに対するP、K、Ca、Mgの寄与率は51%と高く葉中Ca、Mgに対する他成分の寄与率はそれぞれ67、75%に達した。しかし、Nが豊富な園地ではこのような影響は認められなかった。

(6) 実際栽培への応用

果実の形質に対する各変数の寄与率は一般に50%以下で、予測に必要なレベルまで高めることはできなかったが、果色や屈折計示度に対してクロロフィル、葉中N、立地条件および気象要因などが支配的な要因として選択されたので、葉色あるいは葉中Nによる栄養診断は十分

に意味があると考えられた。すなわち、今までの診断は単相関を根拠としているのに対して、多変量解析では品質に関連ある諸要素に配慮がはらわれ、要因の重みが重回帰式によって表されるので、栄養条件が支配的な要因として採択される限りにおいては栄養診断の意味が存在することになる。また、葉中Nあるいはクロロフィルの変域が適正值を中心に分布し、かつ支配的な要因として採択されない時点においては、これらの要因による診断の意味は消滅することになる。

葉中Nあるいはクロロフィル含量を測定する簡便法として葉色のカラーチャートを作製し、現地で応用した結果、実用し得ることが明らかになった。

Ⅳ. 総 括

1. 葉分析による栄養診断法は手法としてはすでに確立されているにもかかわらず、現地のリンゴ園に適用されていない。この原因について究明した結果、次のことが明らかになった。

(1) 現地のリンゴ園の大部分はN施肥量が過剰であり10a当たりのN施肥量を4~8kg程度に減少させても収量は低下しないばかりか、品質が高まり生理障害が減少した。

(2) N過剰園に対してN施肥量を低下させた場合の反応の現れ方は、まず葉中Nが減少し、ついで果実の着色が良好となり、生理障害が減少した。さらにN吸収量が低下すると、生長が鈍りその後収量の低下が認められた。これらのことから葉分析法による診断が可能と考えられた。

2. 栄養診断に用いるためのゴールデンデリシャスの葉中Nの診断基準を求め、次の結果が得られた。

欠乏レベル……………	1.53~1.96%以下
不足レベル……………	1.90~2.06%
適正レベル……………	1.92~2.26%
やや過剰レベル………	2.46%以上

3. 現地リンゴ園のN施肥量が低下するにつれて果実の品質は改善され、生理障害は減少したが、より均一でより良質の果実を生産するためには、さらにきめの細かい施肥の合理化が必要となった。このような段階においては一律な土壌統ごとの施肥基準では要求に応じられないので、約150園のゴールデンデリシャスを供試して栄養診断法の実用化を試みた。なお、果実の品質は栄養条件のほかに、栽培管理法や気象条件などの影響も受けるので、それらの要因を含めて重回帰分析法によって総合的な診断を行った。

(1) 葉中成分および果汁中Kと果実形質との関係

葉中Nおよびクロロフィル含量は果色の支配的な要因として選択され、それらの含量が低下するにつれて果色はよくなった。また、屈折計示度に対しても葉中N(クロロフィル)は負の要因として採択された。さらに葉中Nとクロロフィル含量を支配している要因を解析した結果、N施肥量が最も重要な要因として採択された。

葉中CaとMgは果実の大きさに影響する要因として採択されたが、葉中P、Kなどの影響には一定の傾向がみられなかった。

果汁中Kは屈折計示度と滴定酸度に対して支配的な要因と認められた。また、果汁中Kの多少を支配する要因としては葉中Kが採択された。

(2) 着果量、新梢長、立地条件と果実形質との関係

着果量は果実の大きさに対して最も大きな負の影響力を有していたが、果実品質に対する影響は少なかった。

新梢長は屈折計示度と滴定酸度に対して負の影響力を有する要因として採択されたが、支配的な要因ではなかった。

立地条件は果色や屈折計示度、あるいは滴定酸度に対してしばしば重要な要因として採択された。

(3) 土壌と果実形質との関係

果色と屈折計示度については、4年間のうち2年間は平鹿統の果実が他の土壌よりすぐれていた。

(4) 気象要因と果実形質との関係

果実の大きさ、果色、屈折計示度に対する気象要因の寄与率は50%前後で高かった。しかし、滴定酸度に対する影響は少なかった。

(5) 葉中成分間の相互作用

P:Ca、Ca:Mg間では常に正の相関関係がみられ、K:Ca、K:Mg間の相関関係は常に負であった。その他の成分間の相関関係は条件によって変化した。また、診断に重要な葉中Nに対する他成分の影響は窒素飢餓の条件下でのみ観察され、寄与率は51%であった。

(6) 実際栽培への応用

重回帰分析の結果から、葉中Nはクロロフィルによって代表されることが明らかになったので、リンゴの葉色を比較しうるカラーチャートを作製して供試した結果、実用に供しうることが明らかになった。また、栄養条件以外の要因の影響も重回帰分析によって評価することが可能になった。

V. 引用文献

1. 阿部 勇・森 英男 1958 リンゴの葉分析に関する研究(第2報)園学雑 27:89-93
2. Barden, J. A. and A. H. Thompson 1962. Effects of heavy annual applications of potassium on Red Delicious apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81:18-25.
3. Batjer, L.P., and Magness, J. R. 1938. Potassium content of leaves from commercial apple orchards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36:197-201.
4. Batjer, L.P., and B.L. Rogers 1952. Fertilizer applications as related to nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium utilization by apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60:1-6.
5. Benson, N.R., R.M. Bullock, I.F. Chemilir, and E. S. Degman 1957. Effect of levels of nitrogen and pruning on Starking and Golden Delicious apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70:27-39.
6. ———, and L. C. Anderson 1956. Some effects of mulching, nitrogen fertilization, and liming on McIntosh apple trees, and the soil under them. proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:26-36.
7. ———, J. C. Cain, and O. C. Compton 1944. Soil and seasonal influence on the chemical composition of McIntosh apple leaves in New York. proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 44:15-24.
8. Burrell, A. B. 1940. The boron-deficiency disease of apples. Cornell Ext. Bull. 428.
9. ———, and D. Boynton 1941. Response of apple trees to potash in the Champlain Valley. III. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 42:61-64.
10. ———, 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.
11. ———, and D. Boynton 1948. Some effects of season, fruit crop and nitrogen fertilization on the mineral composition of McIntosh apple leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 51:13-22.

12. ———, 1953. The effect of nitrogen and potassium fertilizers on the performance and composition of apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62:46-52.
13. Chapman, H.D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards. *California Agr. Exp. Sta. Extension Service, Manual* 25.
14. Drosdoff, M., H.L. Barrows, F.S. Lagasse, and C.B. Sgear. 1955. Interrelation of source of nitrogen with levels of nitrogen, calcium, and magnesium in tung nutrition. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 65:32-40.
15. Eaves, C. A. and A. Kelsall 1954. Chemical composition of Cortland apple leaves in relation to nutritional treatment. *J. Hort. Sci.* 24:59-71.
16. ——— and ——— 1959. The variability of foliar nutrient leaves and storage behavior of apples from commercial orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73:52-55.
17. Eggert, D. A., and A. E. Mitchell 1967. Russetting of "Golden Delicious" apples as related to soil application of sodium nitrate. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 90:1-8.
18. Eggert, F. P., E. F. Murphy, and R. A. Johnson 1959. The effect of level of foliage nitrogen on the eating quality of McIntosh apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73:46-51.
19. Embleton, T.W., M.J. Garber, W.W. Jones, and S.J. Richards 1958. Effects of irrigation treatments and rates of nitrogen fertilization on young Hass avocado trees. IV. Macronutrient content of leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71:310-314.
20. Forshey, C. G. 1963. Potassium-magnesium deficiency of McIntosh apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 83:12-20.
21. 畠中洋. 1956. 果樹の葉分析に関する研究 (第1報). 福岡農試豊前分場研報. 2:13-23
22. Hibbard, A. D., and M. Nour. 1959. Leaf content of phosphorus and potassium under moisture stress. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73:33-39.
23. Hill, H. 1950. Fertility status of commercial orchards by means of foliage analyses and correlations between levels of various elements so determined and fruit quality when held in cold storage. *Div. Hort. Central Exp. Farm Ottawa, Prog. Rept.* 1934-48:101-104.
24. ———, 1952. Foliage analysis as a means of determining orchard fertilizer requirements. 13th International Hort. Congress. 199-214.
25. 市来小太郎・林田至人・山下義昭 1971. 土壌の種類別チッソ、磷酸の施用量に関する試験、昭46 果樹の土壌肥料に関する試験研究打合会議資料
26. 磯田竜三 1962. ブドウの窒素栄養診断の指標としての葉柄アミノ酸、園学雑 31:123-126
27. 岩本数人・大津量男・金川英明 1971. 母材別土壌と温州ミカンの収量品質、昭46 果樹の土壌肥料に関する試験研究打合会議資料
28. Kenworthy, A. L. 1950. Nutrient-element composition of leaves from fruit trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55:41-46.
29. ———, and L. Martijn 1966. Mineral contents of fruit plants. *Fruit Nutrition* (N. F. Childers): 813-870.
30. 古藤 実・竹下純則 1955 温州蜜柑の葉分析に関する試験 (第1報) 神奈川農試園研報 3:36-39
31. ———・——— 1956 同 (第2報) 同誌4:42-52
32. ———・——— 1951 同 (第5報) 同誌9:15-24
33. ———・———・高橋栄治・座間 基 1964 果樹園の栄養診断に関する研究 (第1報) 梨園の葉および土壌の分析、同誌 12:131-145
34. ———・———・井上市郎 1966 同 (第2報) モモ園の土壌および葉分析、同誌14:41-48
35. ———・———・広部 誠・渡辺照夫 1968 同 (第3報) クリ園の土壌および葉分析ならびに立地条件 同誌16:46-53
36. 前田正男・山本隆一郎・菊地重次・中塚紀行 1965 カンキツの栄養診断に関する基礎資料、果樹に関する土壌肥料研究集録 pp 232-236
37. ———・———・———・——— 1966 カンキツの栄養診断に関する研究、大阪農技センタ

- 報 3:97-108
38. ———, L. P. Batjer, and L. O. Regeimbal
1939. Correlation of fruit color in apples to
nitrogen content of leaves. Proc. Amer. Soc.
Hort. Sci. 37:39-42.
 39. Mason, J. L., 1964 Yield and quality of apples
grown under four nitrogen levels in
uncultivated grass sod. Proc. Amer. Soc.
Hort. Sci. 85:42-47.
 40. 松尾嘉郎 ほか 1961 植物栄養学実験 pp24-28
朝倉書店 東京
 41. 森 英男・坂本一裕 1953 リンゴの葉分析に關する
研究(第1報)園学雑 22:129-137
 42. ———・山崎利彦・横溝 久・福田博之 1964
リンゴのK栄養に關する研究(第2報) 園試報
C 2:37-44
 43. 長井晃四郎 1963 リンゴのMg欠乏とその対策、
農及園 38:479-482
 44. ——— 1964 同、同誌 39:345-349
 45. 中原美智男 1971 土壤別温州ミカンの生育、収量
並びに品質に關する試験、果樹の土壤肥料に關する
試験研究打合会議資料
 46. 中間和光 ほか 1965 窒素施用量が着葉および落葉
中成分に及ぼす影響、果樹に關する土壤肥料研究集
録 pp227-231
 47. 新妻胤次・松井 巖・山崎利彦 1962 リンゴの葉
分析における葉身分析と全葉分析値の比較、昭46
寒冷地果樹に關する試験研究打合会議資料
 48. 奥田 東 1953 植物栄養生理実験書 p161 朝倉
書店、東京
 49. 奥野忠一 1970 多変量解析法による工程解析、品
質管理 21:551-557
 50. ——— 1971 多変量解析 pp25-157 日科技連
東京
 51. Reuther, W., P. F. Smith, G. K. Scudder Jr.,
and G. H. Hrniciar 1957. Response of Valencia
orange trees to timing, rates, and ratios of
nitrogen fertilization. Proc. Amer. Soc. Hort.
Sci. 70:223-236.
 52. Ritter, C. M. 1954. The use of soluble tissue
tests in determining the mineral element
status of apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort.
Sci. 63:37-40.
 53. 坂本辰馬・奥地 進 1968 温州ミカン果実の酸、
可溶性固形物に及ぼす気温の影響、園学雑 37(2):
115-121
 54. ———・——— 1968 温州ミカン果実の可溶
性固形物、酸に及ぼす降水量の影響、園学雑 37(3):
212-220
 55. ———・——— 1971 温州ミカンの生育と地
質別土壤および肥料の種類に關する試験、昭46 果
樹の土壤肥料に關する試験研究打合会議資料
 56. 佐藤公一・石原正義・若林莊一 1952 果樹葉分析
に關する研究(第1報)農技研報 E 1:1-28
 57. ———・———・———・原田良平 1952
同(第2報)同誌 1:29-42
 58. ———・———・原田良平 1954 同(第5報)
同誌 3:140-168
 59. ———・———・——— 1954 同(第6報)
同誌 3:169-186
 60. ———・———・——— 1954 同(第7報)
同誌 3:187-205
 61. ———・———・——— 1954 同(第8報)
同誌 3:207-219
 62. ———・———・——— 1955 同(第10報)
同誌 4:169-183
 63. ———・———・——— 1955 同(第11報)
同誌 4:184-194
 64. ———・———・——— 1955 同(第12報)
同誌 4:195-216
 65. ———・———・栗原昭夫 1956 同(第14報)
同誌 5:29-41
 66. ———・———・——— 1958 同(第16報)
同誌 6:109-144
 67. ———・———・——— 1958 同(第17報)
同誌 6:145-169
 68. ———・———・——— 1958 同(第18報)
同誌 7:1-16
 69. ———・———・——— 1958 同(第19報)
同誌 7:17-39
 70. 渋谷潤一 ほか 1954 りんごの葉分析に關する研究
青森県経済部りんご課資料39号
 71. ——— ほか 1955 同 青森りんご試資料
5号
 72. ———・相馬盛雄・泉谷文足 ほか 1958 りんご
の葉分析に關する研究(第2報)園学雑 27:81-88
 73. ———・長井晃四郎 ほか 1958 同 1の6、青
森県りんご葉分析協力会

74. ———・相馬盛雄・長井晃四郎・泉谷文足・一木茂・桜田 哲・清藤盛正 1969 同(第3報)青森りんご試報 13:39-46
75. Smith, P. F., W. Rewther, and G. Kinneth 1952. Effect of defferential supplies of nitrogen, Potassium, and magnesium on growth and fruiting of young Valencia orange trees in sand culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:38-47.
76. Simons, R. K. 1965. Nutritional status of apple trees in relation to location of sample, date, variety and irrigation. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86:55-60.
77. Smock, R. M., and D. Boynton, 1944 The effects of differential nitrogen treatments in the orchard on the keeping quality of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 45:77-86.
78. Stembridge, G. E., C. E. Gambrell, H. J. Sefick and L. O. Van Blaricom 1962. The effect of high rates of nitrogen and potassium on the yield, quality, and foliar mineral composition of Dixigem peaches in the South Carolina Scudhills. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81; 153-161.
79. 杉山直儀・宮川健一・八代仁夫・大沢孝也 1952 長野県下のりんご葉分析に関する研究、園学雑 20: 191-198
80. 巢山太郎、森 英男 1958 りんごの葉分析に関する研究(第3報)東北農試報 13:73-79
81. 田中 謙 1965 リンゴのマンガン欠乏とその対策 農及園 40:504-508
82. 東京大学農学部農芸化学教室 1967 実験農芸化学 下巻 pp520-522
83. Walker, R. D., and E. G. Fisher. 1957. The use of chelated magnesium sulfate in correcting magnesium deficiency in apple orchards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70:15-18.
84. Walrath, E. K., and R. C. Smith 1952. Survey of forty apple orchards. Amer. Soc. Hort. Sci. 60:22-32.
85. Weeks, W. D., and F. W. Southwick 1956. The relation of nitrogen fertilization to annual production of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:27-31.
86. ———, ———, M. Drake, and J. E. Steckel 1958. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorus and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit color. Ptoc. Amer. Soc. Hort. Sci. 11-19.
87. 山崎利彦 ほか 1970 リンゴ栽培の新技术、農山漁村文化協会 東京
88. ———・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 秋果試研報 3:1-34

Studies on Leaf Analysis as Related to Practical Use for
Diagnosis in Golden Delicious Apple Orchards.

Toshihiko Yamazaki, Tanetsugu Niizuma,
Iwao Matsui, and Tatsuo Taguchi

Summary

1. Although the method for diagnosis of nutritional status by leaf analysis has been studied by many workers, it has not come into commercial use in our apple orchards. The main reasons seem to be as follows.

- (1) In most of the apple orchards, nitrogen has been supplied too excessively, lowering quality and inducing physiological disorders of fruits. It has been found that even when amount of nitrogen is reduced to 4-8 kg as nitrogen per 10 ares, no unfavorable effect is observed.
- (2) The influence of reduced nitrogen supply on apple trees was primarily found on the decrease of nitrogen content in the leaf and then on improving of fruit color. With further decrease of nitrogen absorption, however, plant growth was checked and the yield was reduced. These results suggest that leaf analysis is useful to diagnose the nutritional status of the commercial apple trees.

2. The nitrogen value for leaf analysis of Golden Delicious was studied, and the following levels were obtained.

Deficient level	1.53~1.96%
Low level	1.90~2.06%
Optimum level	1.92~2.26%
High level	> 2.46%

3. As mentioned above, the reduction of nitrogen supply resulted in better quality of fruit and less physiological disorder, but a more practical method of supplying nitrogen is required in order to produce fruits of high quality. Hence, the practical use of leaf analysis was tried with 150 orchards of Golden Delicious. Since the fruit quality is affected not only by nutritional status, but also by the cultivation practices and weather conditions, allround diagnosis was conducted by means of multiple regression technique.

- (1) The relationship between leaf constituents and juice potassium, and characteristics of fruits.

Nitrogen and chlorophyll contents of the leaf were chosen as chief factors dominating the fruit color. The more the contents decreased, the better become the fruit color. The soluble solid (by refractometer) was also negatively affected by these factors.

As a result of the analysis of many factors controlling the level of leaf nitrogen and chlorophyll, it was suggested that the amount of nitrogen fertilizer was the most important factor. Calcium and magnesium contents of the leaf has an effect on the fruit size, but phosphorus and potassium contents had no definite influence on the characteristics of the fruit.

Juice potassium was observed to be a principal factor positively dominating the titratable acidity. The concentration of the juice potassium was affected by the leaf

potassium.

- (2) The relationship between the density of bearing fruits, shoot elongation and environmental condition, and characteristics of fruits.

The density of bearing fruits showed the main negative factor dominating the fruit size, but it had little effect on the fruit quality. Shoot elongation was chosen as a negative factor in relation to soluble solid and titratable acidity, but it was not a principal factor.

Environmental condition was also an important factor in relation to fruit color, soluble solid and titratable acidity.

- (3) The relationship between soil and characteristics of fruits.

Soil from the tuff produced significantly better fruit color and higher soluble solid than other soils for two years in the four year's experiment.

- (4) The relationship between weather condition and characteristics of fruits.

The coefficient of determination ($100R^2$) of the weather condition on the fruit size, fruit color and soluble solid was about 50%, but it was lower on titratable acidity.

- (5) Interrelationship between leaf constituents.

Constantly, there was a positive interrelationship between P:Ca and Ca:Mg, and a negative interrelationship between K:Ca and K:Mg. However, the coefficient between other combinations was variable according to the environmental conditions.

The coefficient determination of leaf constituents on the leaf nitrogen which is recognized as an important factor for diagnosis by leaf analysis was about 51%.

- (6) From the results of the multiple regression analysis, it was clarified that, instead of leaf nitrogen, the chlorophyll content express the nitrogen status,. Therefore a color chart of apple leaves was made in this study which we succeeded in putting to practical use for commercial orchards. In addition, the multiple regression analysis has made it possible to evaluate the effect of factors other than nutritional elements on the characteristics of fruits.