

ナシ園における生理障害果の発生実態とその要因解析

川俣恵利・都田紘志

Studies on the Conditions for the Occurrence of Physiological
Fruit Disorders in Japanese Pear Orchards
and the Factors Related to it

Shigetoshi KAWAMATA and Hiroshi MIYAKODA

緒 言

東京のナシ栽培は多摩川を媒介にして発展してきた歴史でもある。河口附近の神奈川県川崎大師河原に始まったナシ栽培は、長十郎品種の出現が示すように明治30年代に入って本格的な産地が形成された。そして、その多摩川流域の水田地帯を上流へと発展してきた(2, 35)。昭和初期には登戸、稲城を中心に約130haにもおよび(1)、増加の一途をたどったが、戦争の勃発とともに作付統制令により減少した。戦後の食糧増産とともに再び増殖され、昭和30年代にはほぼ現在の面積になった。

以上のような古い歴史を持った産地であるために、密植、多肥多収の栽培技術が依然として残っており、土壌の老朽化現象が進んでいる。一方、都市内でナシを生産するといういわば特殊的経営でもあるため、直売、観光園の必須条件ともいべき品質の向上がより一層望まれている。土壌の悪変化からくる品質の低下と消費的側面から要求される品質の向上という両極端の矛盾をいかに解決するかは当面の主要な課題になっている。特にナシ栽培で不治の病とまでいわれたユズ肌、石ナ

シ果は大部分のナシ園で見受けられ、品質向上への足がかりとして早急に解決しなければならない問題である。そこで、都内の五市から調査園を選び、生理障害の発生状況を把握するとともに、土壌、葉、果実を分析し、それ等の結果について数理統計的要因解析を試みた。

調査ならびに実験方法

1 調査園の設定

調査対象地域は多摩川流域の稲城市、府中市、国立市、立川市、昭島市の五市からほぼ一定に分布するように、事前に調査した結果から16園選定した。なお調査園はその地域でほぼ平均的な栽培管理をしており、樹令、栽植本数、生産量など多様に分布するように抽出した。

2 土壌調査

土壌調査は8月19、20日の両日に行ない、軽症の発生程度の園は軽症樹を、重症発生樹の認められた園は重症樹を対象として、樹幹から2mの位置を試掘した。土壌の採取は土層の土性に応じて区別した。

3 調査樹および発生量調査

調査園において主に二十世紀を対象に調べ、長

十郎の混植してある園は併せて長十郎も調査した。コズ肌、石ナシ果の発生調査は果実の果底部がやや異常が認められたものを疑問果(+), 赤道部まで障害が認められたものを軽症果(+)、それ以上のものを重症果(++)に区別し、発生率は軽症果と重症果の合計で表わした。

調査樹は発生のはほとんど見られない園では健全樹を、軽症発生樹の多く見られる園では軽症樹を、重症発生樹の園では重症樹と健全樹をそれぞれ3樹ずつ調査した。なお、調査は収穫直前の9月9、10日に実施した。

4 土壌の分析

粒径分析は農林省地力保全事業の土壌分析法で採用されている方法で行なった。腐植は橋元・原田法、全窒素はセミマイクロ蒸留法、有効態りん酸は2.5%酢酸抽出法、塩基置換容量はセミマイクロSchollenberger法を用い、それをフォルモル法で定量した。置換性石灰、苦土は塩基置換容量の酢酸アンモニウム浸出液について原子吸光法で、置換性カリは炎光光度法でそれぞれ行なった。

5 果実および葉分析

コズ肌、石ナシ発生調査で、疑問果、軽症果、

重症果、健全果に区分したものをそれぞれ5果ずつ選んで分析に供した。

糖の分析各果実を赤道部からコルクボーラで打ちぬき、厚さ1mmの切片をつくり、各区2gを90%エタノールで熱抽出して糖抽出液にした。全糖はアンスロン法、還元糖はソモギーネルソン法、ブドウ糖は次亜沃度酸微量法(29)、果糖は還元糖—ブドウ糖、ショ糖は(全糖—還元糖)×0.95で行なった。デンプンは糖抽出残査を用いて過塩素酸ヨウ素法(24)で行なった。滴定酸はN/10 NaOHで滴定し、算出した。

無機成分分析 供試果実から果皮、果心を除き、ハツ切りにし、5果から1/8果ずつまとめて細切りにし、80°Cで熱風乾燥して分析用試料にした。葉は8月19、20日に採取し、1%酢酸で洗浄後、室温で水分を風乾し、その後、80°Cで乾燥粉末にした。

分析法は、窒素はセミマイクロ蒸留法、リンはバナドモリブデン酸アンモン法、カリは炎光光度法、カルシウム、マグネシウムは原子吸光法でそれぞれ行なった。

6 データの要因解析

第1表 調査園の概況

園名	所在地	樹令 (年)	栽植本数 (本/10a)	生産量 (t/10a)	施肥量 (kg/10a)			改良資材 (kg/10a)	有機物の種類 (t/10a)
					N	P	K		
A	昭島市 中神	30	34	3.2	32.0	32.0	30.4	苦土石灰 90	ワラ 0.9, 油粕 0.3
B	〃 中神	22	76	3.0	32.2	20.6	30.3	消石灰 100	タタミ 3
C	〃 福島	23	34	3.4	36.0	24.0	37.0	消石灰 150	堆肥 3
D	〃 郷地	15	76	4.2	66.0	36.1	66.2	—	堆肥 3
E	〃 郷地	25	76	3.0	53.6	36.8	55.6	消石灰 100	豚肥 2, タタミ 1
F	立川市富士見	35	51	3.0	32.2	38.0	60.2	苦土石灰 120	タタミ 3, 骨粉 0.1
G	〃 錦	13	51	3.2	43.6	29.5	58.0	消石灰 120	ワラ 2, 骨粉 0.6
H	〃 富士見	25	51	3.0	18.6	11.8	28.2	苦土石灰 70	ワラ 1
I	国立市 矢保	30	76	3.5	30.2	32.0	15.0	—	鶏ふん 0.2, ワラ 1
J	〃 矢保	30	76	3.5	30.0	27.1	26.0	—	魚粉+骨粉 0.1
K	〃 矢保	30	51	3.7	38.1	37.0	43.1	苦土石灰 200	鶏ふん 2, ワラ 0.6
L	府中市 分梅	28	51	3.5	37.1	28.3	42.1	—	豚肥 2.5, 油粕 0.1
M	〃 分梅	26	76	3.1	34.1	48.2	37.3	消石灰 100	堆肥 2, 油粕 0.3
N	〃 西府	28	51	3.1	37.0	30.5	26.0	苦土石灰 100	タタミ 2, 油粕 0.1
O	稲城市東長沼	18	76	3.0	33.3	23.6	32.3	—	ワラ 2
P	農試	27	51	3.0	17.0	15.0	17.0	苦土石灰 200	堆肥 2
平均		25.3	59.8	3.3	35.7	29.4	37.8	84.4	堆肥類2.1, その他0.1

第2表 土壌の物理性

園名	層位	深さ cm	風乾土中(%)		細 土 中 (%)					土 性	容積重 g/100 ml	土 壌 三 相 (%)		
			礫	水分	粗砂	細砂	砂合計	シルト	粘土			固 相	液 相	気 相
A	1	0~14	1.95	3.53	14.5	40.7	55.2	25.6	19.2	CL	132.4	27.5	38.3	34.2
	2	14~50	59.85	1.39	53.7	29.5	83.2	7.0	9.8	CSL	143.3	35.1	33.3	31.6
B	1	0~15	1.46	4.31	9.4	40.2	49.6	29.1	21.3	CL	149.4	25.2	42.4	32.4
	2	15~40	1.52	3.85	7.9	40.6	48.5	26.7	24.8	CL	150.8	32.6	34.8	32.6
C	1	0~19	1.95	3.34	13.3	43.6	56.9	25.9	17.2	CL	154.5	23.1	45.5	31.4
	2	19~50	0.75	3.29	14.1	44.0	58.1	24.4	17.5	CL	175.5	27.6	43.6	28.8
	3	50~70	2.02	4.76	5.8	34.6	40.4	33.5	26.1	LiC	151.7	22.9	46.5	30.6
D	1	0~30	1.96	4.04	13.2	41.7	54.9	26.5	18.6	CL	163.2	26.1	45.6	28.3
	2	30~65	4.92	4.00	9.4	35.5	44.9	33.6	21.5	CL	158.7	24.2	49.1	26.7
E	1	0~23	4.89	2.79	26.7	45.6	72.3	17.3	10.4	FSL	133.5	46.3	26.5	27.2
	2	23~50	37.87	3.51	67.3	21.5	88.8	6.8	4.4	LCS	141.3	42.3	28.6	29.1
F	1	0~21	6.52	5.26	14.3	39.2	53.5	27.7	18.8	CL	110.5	29.8	41.4	28.8
	2	21~34	4.05	5.21	13.5	40.1	53.6	28.5	17.9	CL	131.1	33.6	37.6	28.8
	3	34~55	7.13	5.08	15.9	36.4	52.3	27.8	19.9	CL	152.7	29.3	43.3	27.4
G	1	0~34	2.71	1.59	49.5	42.2	91.7	5.1	3.2	LCS	142.7	45.5	24.4	28.1
	2	34~46	1.57	1.39	28.9	53.4	82.3	9.8	7.9	FSL	179.6	38.2	35.7	26.1
	3	46~62	0.21	1.58	25.5	53.8	79.3	12.8	7.9	FSL	160.9	41.4	32.9	25.7
	4	62~85	0.18	1.29	27.1	63.7	90.8	5.2	4.0	FSL	163.5	40.8	33.2	26.0
H	1	0~20	2.28	2.91	16.1	54.6	70.7	17.0	12.3	FSL	155.5	39.9	34.9	25.2
	2	20~46	0.32	2.60	17.4	56.4	73.8	16.0	10.2	FSL	142.7	42.7	31.6	25.7
	3	46~65	7.22	3.33	14.3	49.2	63.5	23.3	13.2	SiL	145.6	43.1	30.8	26.1
I	1	0~17	4.44	4.76	10.0	49.4	59.4	24.6	16.0	CL	141.1	34.4	40.3	25.3
	2	17~36	2.01	3.51	10.5	57.6	68.1	19.7	12.2	FSL	149.0	29.0	44.2	26.8
J	1	0~21	0.96	5.96	6.8	41.8	48.6	29.2	22.2	CL	116.2	29.0	43.0	29.0
	2	21~36	0	3.65	7.2	48.6	55.8	28.2	16.0	CL	152.5	27.6	45.0	27.4
	3	36~60	0	2.44	10.8	60.0	70.8	19.0	10.2	FSL	155.1	28.2	45.2	26.6
K	1	0~18	2.75	4.76	9.5	44.2	53.7	27.9	18.4	CL	126.4	35.3	37.2	27.5
	2	18~30	4.97	3.04	17.7	48.5	66.2	21.1	12.7	FSL	133.2	38.6	34.3	27.1
L	1	0~16	0.58	4.19	7.2	47.4	54.6	26.5	18.9	CL	142.4	35.9	37.1	27.0
	2	16~25	0.94	4.24	6.2	45.4	51.6	29.6	18.8	CL	150.3	33.7	34.8	31.5
	3	25~41	2.00	4.29	7.8	35.6	43.4	37.1	19.5	CL	151.1	34.1	34.2	31.7
M	1	0~23	1.25	3.77	10.9	36.0	46.9	31.2	21.9	CL	140.4	32.1	41.7	26.2
	2	23~36	0.65	1.98	23.9	46.6	70.5	16.0	13.5	FSL	170.9	39.3	35.5	25.2
N	1	0~17	0.17	3.30	4.1	37.4	41.5	37.1	21.4	CL	147.0	34.1	41.2	24.7
	2	17~33	0.43	2.52	7.4	46.8	54.2	28.2	17.6	CL	153.3	32.2	40.2	27.6
O	1	0~13	0.12	7.85	12.8	43.0	55.8	22.0	22.2	CL	120.2	33.3	38.3	27.9
	2	13~33	0.15	7.65	10.4	39.2	49.6	25.8	24.6	CL	119.4	32.7	38.9	28.4
	3	33~52	1.28	6.53	10.7	35.7	46.4	26.7	26.9	LiC	131.3	33.5	38.6	27.9
P	1	0~17	12.77	5.19	21.2	35.9	57.1	25.4	17.5	CL	145.8	33.0	39.5	27.5
	2	17~38	7.34	5.21	22.7	35.1	57.8	24.0	18.2	CL	127.5	33.3	39.2	27.5
	3	38~51	15.65	3.81	34.1	31.4	65.5	18.8	15.7	CL	140.6	32.8	37.8	29.4
主根域平均			2.08	4.11	15.0	43.1	58.1	24.6	17.3	—	139.9	33.5	38.4	28.1

第3表 土壌の一般化学性

圃名	層位	深 さ cm	主 根 域 cm	腐 植 %	全 窒 素 %	pH		Y ₁	りん酸吸 収係数	有効態* りん酸 mg/100g
						H ₂ O	KCl			
A	1	0~14	10~30	4.31	0.24	7.53	6.77	0.1	1087	85.0
	2	14~50		0.66	0.05	7.38	6.24	0.3	383	21.6
B	1	0~15	8~27	4.17	0.31	5.80	4.94	0.5	891	181.1
	2	15~40		1.43	0.10	4.34	3.52	12.9	631	101.0
C	1	0~19	12~35	4.29	0.27	5.38	4.33	0.8	775	122.8
	2	19~50		3.15	0.22	6.53	5.25	0.3	727	60.7
	3	50~70		1.52	0.09	6.61	5.22	0.3	677	2.1
D	1	0~30	10~36	4.26	0.29	5.45	4.32	1.5	1010	57.0
	2	30~65		2.81	0.19	6.58	5.39	0.2	1118	12.5
E	1	0~23	9~22	4.05	0.27	4.94	4.25	0.7	557	111.0
	2	23~50		0.90	0.07	5.18	3.99	2.0	350	22.8
F	1	0~21	11~30	3.83	0.36	5.05	4.06	2.1	1193	114.0
	2	21~34		4.19	0.26	5.44	4.31	1.3	1215	63.3
	3	34~55		2.81	0.18	5.61	4.64	0.4	879	21.6
G	1	0~34	10~36	0.90	0.08	5.94	4.68	0.2	433	69.1
	2	34~46		0.62	0.08	5.71	4.33	1.0	386	21.6
	3	46~62		0.64	0.06	5.63	4.08	1.9	198	157.8
	4	62~85		0.50	0.05	5.55	3.96	2.3	432	15.5
H	1	0~20	13~31	2.43	0.17	4.89	3.85	4.0	748	68.7
	2	20~46		1.72	0.14	5.34	4.15	2.9	627	19.2
	3	46~65		1.67	0.12	5.11	4.16	2.6	628	9.0
I	1	0~17	11~28	4.09	0.29	7.05	6.27	0.2	1125	151.9
	2	17~36		2.03	0.17	5.17	3.96	3.9	800	22.8
J	1	0~21	10~26	6.52	0.43	3.96	3.62	9.8	1103	90.7
	2	21~36		3.14	0.21	4.40	3.92	9.7	1170	30.2
	3	36~60		1.28	0.11	5.18	4.22	2.3	865	8.2
K	1	0~18	9~25	5.60	0.37	6.25	5.50	0.2	968	186.2
	2	18~30		1.84	0.14	4.41	3.53	11.3	832	29.6
L	1	0~16	12~28	4.44	0.34	3.68	3.32	16.1	806	116.9
	2	16~25		2.71	0.21	4.35	3.83	12.3	1020	11.8
	3	25~41		2.43	0.16	5.32	4.43	10.1	1170	7.0
M	1	0~23	10~26	4.10	0.29	5.37	4.28	1.0	802	124.7
	2	23~36		1.36	0.10	5.89	4.32	0.8	624	25.2
N	1	0~17	8~18	3.29	0.23	5.93	4.73	0.3	608	124.1
	2	17~33		1.88	0.14	5.68	4.49	0.6	746	23.9
O	1	0~13	12~32	4.05	0.42	4.76	3.76	3.4	1213	180.9
	2	13~33		4.22	0.30	4.21	3.41	19.6	1286	75.8
	3	33~52		2.19	0.18	4.07	3.49	29.4	1660	36.6
P	1	0~17	10~33	4.57	0.31	4.08	3.58	8.8	1251	44.3
	2	17~38		5.10	0.33	5.30	4.46	1.6	1252	163.2
	3	38~51		3.29	0.23	5.38	4.50	1.3	959	60.3
主根域平均			10~30	3.54	0.25	5.37	4.41	3.8	842.1	86.4

* 2.5%酢酸抽出

第4表 土壌の置換性塩基

園 名	層 位	置 換 性 塩 基 me/100g				計	CEC	石 灰 飽和度%	塩 基 飽和度%
		CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O				
A	1	30.23	0.92	0.66	0.14	31.95	15.9	190.1	200.9
	2	9.88	0.77	0.48	0.10	11.23	8.4	118.2	134.3
B	1	12.73	1.89	0.97	0.14	15.73	21.6	58.9	72.8
	2	1.40	1.45	0.60	0.17	3.62	10.8	13.0	33.7
C	1	6.72	0.86	0.50	0.22	8.30	16.0	42.1	52.0
	2	9.85	1.01	0.40	0.24	11.50	14.6	67.4	78.7
	3	8.76	1.17	0.41	0.24	10.58	11.9	73.6	88.9
D	1	5.44	1.56	0.62	0.15	7.77	16.3	33.3	47.6
	2	10.09	1.17	0.67	0.18	12.11	14.7	68.7	82.5
E	1	8.16	0.6	0.72	0.14	9.66	15.4	53.0	62.7
	2	3.11	0.29	0.28	0.13	3.81	6.6	47.0	57.6
F	1	5.40	1.05	1.94	0.14	8.53	23.3	23.3	36.7
	2	6.85	0.62	1.42	0.20	9.09	20.1	34.2	45.3
	3	7.22	0.75	0.87	0.17	9.01	19.4	37.2	46.4
G	1	4.42	0.42	0.57	0.09	5.50	7.6	58.2	72.4
	2	3.69	0.57	0.40	0.09	4.75	7.2	51.0	65.7
	3	3.28	0.57	0.37	0.10	4.32	6.9	47.5	62.5
	4	2.96	0.61	0.33	0.08	3.98	6.2	47.7	64.2
H	1	3.42	0.47	0.52	0.10	4.51	12.5	27.4	36.1
	2	3.00	0.29	0.44	0.09	3.82	9.4	32.0	40.8
	3	3.53	0.43	0.51	0.12	4.59	9.6	36.8	47.8
I	1	20.69	3.32	0.95	0.11	25.07	21.6	95.9	116.2
	2	1.26	0.70	0.71	0.15	2.82	12.3	10.3	23.0
J	1	4.30	0.48	0.92	0.17	5.87	23.5	18.3	25.0
	2	1.63	0.19	0.44	0.12	2.38	11.8	13.9	20.3
	3	3.74	0.77	0.50	0.13	5.14	9.3	40.4	55.5
K	1	15.59	3.46	1.00	0.34	20.39	24.5	63.7	83.3
	2	2.48	0.54	0.79	0.13	3.94	13.2	18.8	29.8
L	1	1.19	0.24	0.69	0.14	2.26	20.0	6.0	11.3
	2	1.33	0.18	0.47	0.13	2.11	12.2	10.9	17.3
	3	5.84	0.92	0.93	0.15	7.84	13.6	43.0	57.8
M	1	8.35	1.2	0.58	0.23	10.37	18.6	44.8	55.7
	2	5.18	1.03	0.46	0.16	6.83	9.8	53.1	70.1
N	1	8.58	1.11	0.47	0.21	10.37	15.7	54.8	66.3
	2	6.10	0.82	0.29	0.22	7.43	11.3	53.9	65.6
O	1	10.00	1.74	2.41	0.15	14.30	34.4	29.1	41.6
	2	4.32	1.15	1.84	0.19	7.50	28.4	15.2	26.4
	3	2.77	1.00	1.80	0.17	5.74	19.8	14.0	29.0
P	1	0.93	0.16	0.23	0.11	1.43	19.6	4.7	7.4
	2	10.43	1.44	0.52	0.10	12.53	24.9	42.1	50.4
	3	8.09	1.40	0.52	0.13	10.14	17.0	47.6	59.7
主 根 域 平 均		7.15	1.06	0.76	0.16	9.13	17.0	42.1	53.8

第5表 調査園における収量および障害果発生率

園名	品 種	1 樹 当			障 害 果 数	発 生 率 %
		着 果 数	収 量 kg	1果重 g		
A	二十世紀	348.0	92.951	267.1	168.4	48.4
	長十郎	356.1	99.680	279.9	155.1	43.6
B	二十世紀	133.2	39.427	285.3	59.2	42.8
	長十郎	141.3	41.496	293.7	62.0	43.9
C	二十世紀	382.5	98.785	258.3	201.0	52.5
	長十郎	378.2	107.995	285.5	203.2	53.7
D	二十世紀	207.2	55.600	268.3	166.3	80.3
E	二十世紀	141.4	39.833	281.7	103.0	72.8
F	二十世紀	242.1	73.568	303.9	0	0*
G	二十世紀	284.1	63.190	222.4	243.1	85.6
H	二十世紀	243.2	66.655	274.1	183.0	75.2
I	長十郎	145.2	50.025	344.5	61.0	42.0
J	二十世紀	191.0	46.107	241.4	176.0	92.1
	長十郎	196.3	68.600	349.5	176.2	89.8
K	二十世紀	287.2	85.382	297.3	180.1	62.7
L	二十世紀	297.6	86.724	291.4	226.3	76.0
M	長十郎	133.0	40.960	308.0	11.6	8.7
N	二十世紀	220.4	60.720	275.5	180.3	81.8
	長十郎	231.2	73.065	316.6	191.3	82.7
O	二十世紀	139.8	39.698	284.0	121.3	86.8
P	二十世紀	315.7	84.930	269.0	242.8	76.9
	長十郎	216.0	63.430	293.7	154.0	71.3
平均	二十世紀	245.6	66.684	271.5	160.8	65.5
	長十郎	224.7	68.156	303.3	126.8	56.4

* 障害樹は更新したために認められない

調査点数の多かった二十世紀についてユズ肌発生におよぼす要因解析を行なった。各園における全調査項目は64項目であったが、そのうちからユズ肌発生に直接関係すると思われる38項目を選抜して単相関を求めた。単相関が $r = \pm 0.5$ 以上の要因を再度選んで相関行列を作成した。各特性値の単位が異なっているため、その相関行列から主成分分析ならびに変数選択型の重回帰分析を行ない、双方の結果から要因の析出を行なった。なおデータ処理は東京都立工業技術センターの電子計算機 FACOM 230—50 型を用いた。

調査および実験結果

1 栽培管理の状況

各調査園における収量、施肥量、改良資材の投入など聞き取り調査した結果について第1表に示した。平均樹齢は25.3年、栽植本数は10a当り約60本とやや多く、仕立方も関東式から折衷式と戦前からの技術体系が多く認められた。また、施肥量も10アール当り成分でNが35.7kg, Pが29.4kg, Kが37.8kgと依然として多肥栽培が続けられており、石灰などの改良資材の投入は約84kgでやや少ない傾向にあった。しかし、有機質の補給は都市内にあっても2.1t施用されており、主に古いタタミがその供給源であった。

2 土壌の実態

多摩川流域の水田地帯に分布しているため、断面調査の結果では約3割の園が比較的浅い層で、礫が出現していた。しかし、全体的に透水性は大部分が良であり、気相率もかなり高く、物理的性質はあまり変化が見られなかった。

化学的性質では腐植は大部分が2～5%の範囲にあり、主根域に集中していたが、全体的には不足気味であった。pHはA園以外大部分が酸性化しており、第4表に示したように置換性石灰、苦土の欠乏が著しかった。とくに、主根域でそれ等が低かったことは、多肥栽培による塩基の流亡がはげしいにもかかわらず石灰、苦土などの改良資材があまり投入されなかったことから石灰飽和度、塩基飽和度などが低下したためである。

リン酸吸収係数は小さく、有効態リン酸は比較的多く存在しており、カリも多かったことは三要素中心の施肥によるためであった。

3 収量および障害果発生量

二十世紀および長十郎の収量と障害果の発生量調査については第5表に示した。

着果数および1樹当収量は栽植密度によって異なるが、10a当り60本植えて二十世紀は1樹当り246果で66.7kg, 長十郎は225果で68.2kgの収量があり、両品種とも10a当り4t近い収量になり、聞き取り調査よりも多い推測収量になる。一果重平均では二十世紀が271.5g, 長十郎は303.3gであり、品種特有の平均果重であった。

第6表 二十世紀果実の無機成分含量

園名	障 害 度	乾 物 %					絶 対 量 (mg/果)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
A	重症果	0.355	0.060	1.092	0.056	0.051	96.5	16.3	296.7	15.1	13.9
	健全果	0.479	0.055	1.050	0.068	0.055	129.2	14.8	283.3	18.4	14.8
B	軽症果	0.433	0.064	1.133	0.048	0.055	124.1	18.4	324.9	13.9	15.6
	健全果	0.587	0.063	1.362	0.060	0.053	169.4	18.2	393.0	17.2	15.3
C	軽症果	0.464	0.057	0.996	0.050	0.061	127.2	15.6	273.0	13.6	16.6
D	重症果	0.462	0.059	0.971	0.030	0.053	130.9	16.7	275.1	8.1	15.0
	健全果	0.432	0.056	0.922	0.035	0.053	117.2	15.2	250.1	9.4	14.4
E	軽症果	0.460	0.063	1.113	0.049	0.053	136.4	18.7	330.1	14.5	15.7
F	健全果	0.480	0.055	0.743	0.050	0.051	147.4	16.9	228.1	12.3	15.7
G	重症果	0.356	0.057	1.067	0.033	0.047	86.4	13.8	259.2	8.0	11.4
	健全果	0.371	0.049	0.901	0.035	0.048	90.1	11.9	218.9	8.5	11.7
H	重症果	0.572	0.054	1.108	0.021	0.069	158.4	15.0	306.3	5.9	19.1
	健全果	0.386	0.040	0.901	0.053	0.040	106.9	11.1	249.6	14.7	11.1
J	重症果	0.603	0.056	1.021	0.027	0.053	152.9	15.5	258.8	6.8	13.4
K	軽症果	0.525	0.064	1.108	0.045	0.046	164.0	20.0	346.1	14.0	14.4
L	軽症果	5.340	0.049	0.896	0.033	0.052	104.2	15.0	274.7	10.1	15.9
N	重症果	0.479	0.051	0.892	0.033	0.039	132.3	13.3	246.3	9.0	10.8
	健全果	0.294	0.048	0.789	0.038	0.048	82.0	13.4	220.0	10.7	13.4
O	重症果	0.533	0.056	0.988	0.026	0.055	129.5	13.6	240.0	6.4	13.4
P	重症果	0.450	0.048	1.220	0.039	0.051	122.7	13.1	332.7	10.5	13.9
	健全果	0.433	0.044	0.959	0.061	0.053	119.8	13.3	265.2	16.9	14.7
平均	障害果	0.464	0.057	1.047	0.038	0.053	128.1	15.8	289.5	10.5	14.5
	健全果	0.433	0.051	0.841	0.049	0.050	120.3	14.4	263.5	13.5	13.9
有 意 性		N. S.	N. S.	**	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	+	N. S.

第7表 長十郎果実の無機成分含量

園名	障 害 度	乾 物 %					絶 対 量 (mg/果)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
A	軽症果	0.464	0.140	1.085	0.057	0.050	155.9	47.0	364.6	19.1	16.8
B	重症果	0.463	0.155	1.100	0.037	0.037	152.4	51.0	362.1	12.2	12.2
	健全果	0.340	0.107	0.863	0.057	0.049	121.8	38.3	309.0	20.4	17.6
C	重症果	0.511	0.166	1.260	0.042	0.044	175.2	56.9	431.8	14.4	15.1
I	重症果	0.371	0.104	0.864	0.045	0.033	146.2	41.0	340.4	17.7	13.0
J	重症果	0.370	0.109	1.095	0.039	0.037	148.9	43.9	440.7	15.7	14.9
M	軽症果	0.372	0.105	1.015	0.052	0.041	137.5	38.8	375.1	19.2	15.2
N	軽症果	0.402	0.114	0.720	0.051	0.035	144.6	41.0	258.9	18.3	12.6
P	重症果	0.340	0.099	1.018	0.047	0.036	97.5	28.4	292.0	13.5	10.3
	健全果	0.309	0.096	0.865	0.054	0.043	89.8	27.9	251.5	15.7	12.5
平均	障害果	0.412	0.124	1.020	0.046	0.039	144.8	43.5	358.2	16.3	13.8
	健全果	0.325	0.102	0.864	0.056	0.046	105.8	33.1	280.3	18.1	15.1

第8表 二十世紀果実の糖含量(生体%)

園 名	障害程度	全 糖	還元糖	ブドウ糖	果 糖	シ ョ 糖	デンプン	Brix	滴定酸度
A	重症果	9.98	8.34	3.10	5.28	1.52	0.031	10.8	0.121
	健全果	12.36	8.75	3.29	5.46	3.43	0.023	11.4	0.137
B	軽症果	11.36	8.65	2.80	5.85	2.57	0.032	11.4	0.141
	健全果	12.28	8.68	2.78	5.90	3.42	0.018	11.2	0.134
C	軽症果	10.91	7.53	3.35	4.18	3.21	0.022	10.6	0.144
D	重症果	10.34	7.67	3.79	3.88	2.54	0.028	10.8	0.147
	健全果	12.40	9.41	2.65	6.80	2.81	0.012	11.0	0.154
E	軽症果	12.61	8.17	2.87	5.31	4.22	0.009	11.6	0.112
F	健全果	12.65	9.27	2.85	6.42	3.21	0.024	11.4	0.132
G	重症果	9.59	6.63	3.62	3.01	2.66	0.034	11.0	0.111
	健全果	11.30	7.85	4.09	3.76	3.27	0.018	11.2	0.144
H	重症果	9.08	6.78	3.82	2.95	2.19	0.034	11.2	0.141
	健全果	13.18	8.86	2.90	5.96	4.11	0.025	11.4	0.137
J	重症果	11.29	7.57	3.35	4.22	3.54	0.023	11.7	0.134
K	軽症果	12.18	9.68	3.01	6.66	1.43	0.019	11.2	0.114
L	軽症果	11.86	7.66	3.10	4.55	3.99	0.013	11.2	0.131
N	重症果	10.88	7.92	3.82	4.10	2.81	0.024	11.0	0.111
	健全果	12.53	9.10	3.53	5.57	3.26	0.018	11.2	0.104
O	重症果	10.39	7.71	3.97	3.74	2.53	0.019	11.6	0.131
P	重症果	10.30	7.52	3.38	4.14	2.64	0.012	10.4	0.102
	健全果	12.67	9.06	2.76	6.30	3.43	0.013	12.0	0.154
平均	障害果	10.83	7.84	3.38	4.45	2.76	0.023	11.1	0.126
	健全果	12.42	8.88	3.11	5.77	3.37	0.019	11.35	0.137
有 意 性		**	**	N. S.	**	+	N. S.	N. S.	N. S.

第9表 長十郎果実の糖含量(生体%)

園 名	障害程度	全 糖	還元糖	ブドウ糖	果 糖	シ ョ 糖	デンプン	Brix	滴定酸度
A	軽症果	10.77	10.21	3.15	7.06	0.73	0.031	13.2	0.137
B	重症果	8.91	8.67	3.05	5.62	0.23	0.035	14.2	0.173
	健全果	11.94	11.53	2.45	9.07	0.39	0.015	12.4	0.101
C	重症果	10.02	8.83	3.15	5.68	1.13	0.017	12.6	0.174
I	重症果	9.98	8.21	2.36	5.85	1.69	0.017	12.8	0.099
J	重症果	9.33	8.03	2.25	5.78	1.24	0.058	12.2	0.112
M	軽症果	10.80	10.21	2.45	7.75	0.56	0.018	14.2	0.111
N	軽症果	10.37	8.66	2.46	6.20	1.63	0.012	12.8	0.114
P	重症果	10.44	8.13	3.48	4.65	2.19	0.014	12.8	0.134
	健全果	13.14	10.98	3.44	7.54	2.06	0.006	13.2	0.130
平均	障害果	10.10	8.87	2.93	6.07	1.18	0.024	13.1	0.132
	健全果	12.54	11.24	2.95	8.31	1.23	0.011	12.8	0.116

二十世紀のユズ肌果発生率は最高がJ園の92.1%で、平均では65.5%であり、長十郎の最高は二十世紀と同じ園の89.8%で、平均は56.4%とやや長十郎の方が低い発生率であった。

4 果実中の無機成分含量

二十世紀の無機成分含量については第6表に示した。

各園の障害果と健全果の平均値では、乾物%で比較した場合、K含量のみが障害果に多く含まれ、1%レベルの有意差が認められた。

しかし、果実の大きさが異なる場合の成分を比較する際には、絶対量表示が有効であり(17)、K含量では差が認められなくなり、Ca含量のみが10%レベルの有意差をもって障害果に少なかった。

長十郎の無機成分含量については第7表に示し

第10表 二十世紀の葉分析 (乾物%)

園名	N	P	K	Ca	Mg
A	2.47	0.170	1.28	1.75	0.267
B	2.91	0.187	1.39	1.55	0.247
C	2.53	0.179	0.96	1.67	0.258
D	2.60	0.155	1.08	1.42	0.278
E	2.67	0.196	1.18	1.10	0.225
F	2.44	0.165	1.81	1.25	0.192
G	2.23	0.140	0.98	0.96	0.150
H	2.35	0.138	1.08	1.40	0.219
J	2.44	0.170	1.37	1.10	0.216
K	2.75	0.175	1.22	1.60	0.243
L	2.49	0.164	1.35	0.94	0.229
N	2.50	0.161	0.86	1.45	0.210
O	2.23	0.162	1.35	1.20	0.197
P	2.34	0.143	0.95	1.32	0.290
平均	2.50	0.165	1.20	1.30	0.230

第11表 長十郎の葉分析 (乾物%)

園名	N	P	K	Ca	Mg
A	2.37	0.186	1.00	1.70	0.266
B	3.03	0.190	1.41	1.18	0.260
C	2.62	0.185	1.10	1.71	0.280
I	2.26	0.155	1.15	1.00	0.213
J	2.45	0.135	0.65	1.36	0.210
M	2.30	0.151	0.85	1.92	0.195
N	2.63	0.170	0.89	1.48	0.230
P	2.18	0.207	1.35	1.54	0.260
平均	2.48	0.172	1.05	1.36	0.213

た。調査点数が少なかったため統計処理は行なわなかったが、N, P, Kは障害果に多く、Ca, Mgは少ない傾向であった。

5 果実中の糖含量

糖含量についても厳密な意味では絶対量比較が有効であるが生体%でも充分比較検討が出来たので、それ等を第8表に示した。

二十世紀の健全果と障害果の比較では、全糖、還元糖、果糖、ショ糖が健全果に多く含まれ、ショ糖以外は1%レベルの有意差が認められた。ブドウ糖、デンプンは障害果に多く含まれていたが、有意差は認められなかった。

長十郎の糖含量については第9表に示した。全糖、還元糖、果糖、ショ糖が健全果に多く含まれ、デンプン、滴定酸度は障害果に多く含まれていたが、ブドウ糖はほとんど差が認められなかった。

6 葉分析

二十世紀の葉分析は第10表に表した。N, P, K, Mgはほぼ平均的数値であったが、Caはやや低い値であった。

長十郎の葉分析は第11表に示したがN, P, Mgは二十世紀とほぼ同程度の含量であり、K含量が二十世紀より著しく少なく、Ca含量は二十世紀と同様に少なかった。

7 二十世紀のユズ肌果発生の要因解析

二十世紀のユズ肌果発生率に対し、各調査した項目がどのように影響をおよぼしているかについて多変量解析の手法である主成分分析および変数選択型の重回帰分析を行なった。

はじめに、第1～6表、第8表そして第10表に示した全調査項目64項目からユズ肌発生率に直接影響すると思われる要因38項目を選んで相関関係を求めた結果を第1図に示した。ユズ肌発生率に対し単相関係が $r = \pm 0.5$ 以上のものを11項目選び、さらに偏相関が高かった果重とデンプンを加えて13項目を選んだ。こうして選び出された各要因について相関行列を求めたのが第12表である。土壌pH、置換性石灰、石灰飽和度、果実中のCa絶対量、葉中Ca含量との間でそれぞれ高い相関

第12表 各特性値の平均、標準偏差および相関行列

特性値	標準偏差	9	10	13	17	20	22	24	27	28	29	31	34	37
		PH		EX	石灰飽和度	果重	P絶対量	Ca絶対量	還元糖	ブドウ糖	果糖	デンプン	葉N	葉Ca
		H ₂ O	KCl	CaO										
X ₉ { H ₂ O PH	5.50	0.96												
X ₁₀ { KCl PH	4.59	0.86	*** .954											
X ₁₃ EX・CaO	8.95	7.28	*** .787	*** .911										
X ₁₇ 石灰飽和度	52.29	43.75	*** .851	*** .928	*** .936									
X ₂₀ 果重	272.8	21.64	— .070	— .029	.091	.123								
X ₂₂ P絶対量	15.85	2.13	.224	.330	.342	.204	.442							
X ₂₄ Ca //	10.59	3.28	.597	*** .699	*** .605	.367	.656							
X ₂₇ 還元糖	7.94	0.84	.246	.355	.469	.224	.715	*** .670						
X ₂₈ ブドウ糖	3.35	0.40	— .184	— .339	— .390	— .267	— .398	*** — .705	*** — .818	*** — .671				
X ₂₉ 果糖	4.59	1.16	.249	.385	.487	.266	.659	*** .775	*** .965	*** — .841				
X ₃₁ デンプン	0.023	0.008	.441	.324	.170	.323	— .375	— .049	— .217	— .213	— .261	— .245		
X ₃₄ 葉中 N	2.50	0.19	.241	.331	.317	.154	.427	*** .821	*** .647	*** .629	*** — .624	*** .677	— .059	
X ₃₇ // Ca	1.34	0.26	*** .765	*** .759	*** .730	.634	.204	.315	.489	.390	— .090	.320	.325	.431
Y ₍₃₉₎ 発生率	70.98	15.29	*** — .682	*** — .715	*** — .668	*** — .598	*** — .381	*** — .555	*** — .827	*** — .549	*** — .633	*** — .206	*** — .600	*** — .670

n=14

$$P \begin{cases} 0.05=0.532 \\ 0.01=0.661 \\ 0.001=0.780 \end{cases}$$



第13表 4 主成分の係数と寄与率

— 25 —

が認められた。また、P 絶対量、Ca 絶対量、各糖類そして葉中Nとの間でも相関が認められた。以下この相関行列を用いて主成分分析、重回帰分析を行なった。

主成分分析

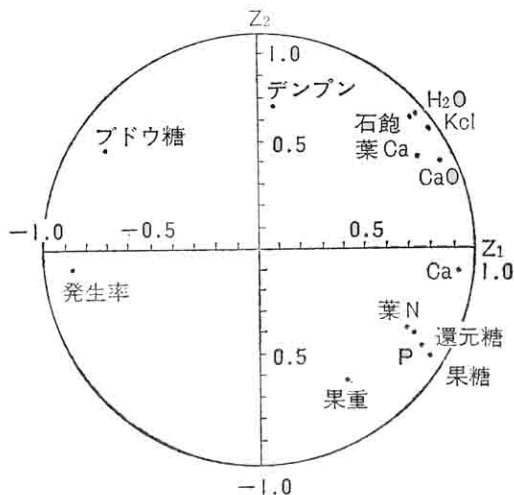
主成分分析は与えられたデータのなかで最大の分散を持つ方向（第1主成分）から、第2、3に大きい分散を持つ方向（第2、第3主成分）に座標軸を転換して解析するもので、分散の大きい特性値ほど第1、第2、第3の主成分の順で説明されるようになっていく(27)。

各特性値の第4主成分までの固有ベクトル（係数）と各主成分の固有値は第13表のとおりである。特性値が14項目あれば14主成分まで算出されるが、一般に累積寄与率が80%台になった時の主成分まで表示するようになっていくため第4主成分まで表わした。固有ベクトルは対応する主成分における「重み」をあらわし、その絶対値が大なるほどその主成分の説明される割合が大きいことを意味している(38)。すなわち、第1主成分で絶対値の大きいユズ肌発生率に対比して果実中のCa 絶対量、果糖、土壌中のCaO、pH (KCl)などがあげられ、発生をもたらしした要因を説明する軸を示している。その際、それ等の要因は52.9

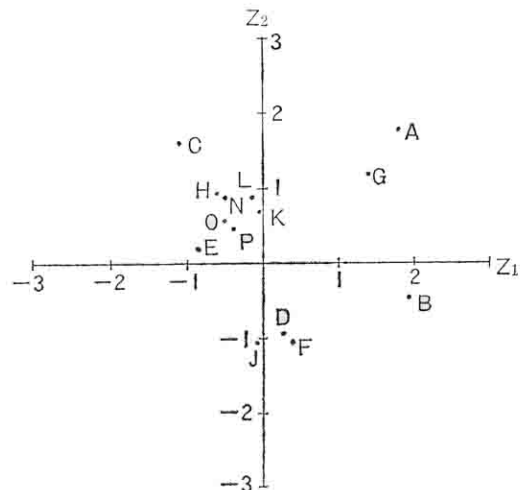
%の寄与率を示していた。第2主成分では果重に対比してpH、石灰飽和度、デンプンなどがあげられ、ユズ肌果は一般に果実が小さいという二次的に関連する要因があげられた。第3主成分では石灰飽和度とCa 絶対量に対比してデンプン、葉中NとCa、P 絶対量など、第4主成分ではP 絶対量に対比して果重、ブドウ糖、葉中Caなどがあげられ、第1、第2主成分で取り残された部分を説明する軸になっている。

第1主成分では全情報の52.9%の寄与率であったが、第2主成分までの累積寄与率は76.8%までになり、ほとんどの説明は第2主成分までで充分であると考えられる(38)。さらに、これ等の関係についてより理解しやすくするために各特性値の因子負荷量を用いて第1主成分を横軸(Z_1)に、第2主成分を縦軸(Z_2)にして二次元の座標上に投影したものが第2図である。ここで先に第13表で示した寄与率は因子負荷量の2乗の和として計算されているので、第2図の各変数の位置は必ず半径1の円内にある。したがって Z_1, Z_2 だけでその変動のもつ情報が説明される特性値は、大きいほどこの円周に近い位置を占めている(27)。ここにあげた特性値が大部分円周近くに位置しているのは、第1図でユズ肌発生率に対し相関が高か

第2図 第1、2主成分に対する各特性値の重み(因子負荷量)



第3図 第1、2主成分における各ナシ園の散布図



ったものを選び、その特性値間における相関行列を求めた第12表から主成分分析を行なっているために、こうした「重み」となって表われたものである。

第2図からも明らかなように、ユズ肌発生率に対し原点をはさんで対じしている特性値はCa絶対量であることがわかる。そして、やや弱くはなるがCaOや果糖が関連していることも明らかである。また、デンプンに対して果重が、ブドウ糖に対して果糖、還元糖、葉中P、Nなどが関係していることも明らかとなった。つぎに、調査したナシ園を主成分分析によって分類したものが第3図である。この図から明らかなように各ナシ園は適度に分布しており、サンプリングが多様性を持っていることを意味し、主成分分析結果の信頼性が高いことをうらずけている(27, 38)。

重回帰分析

第12表の各特性値の相関行列から変数選択型の逐次増減法による重回帰分析を行なった。

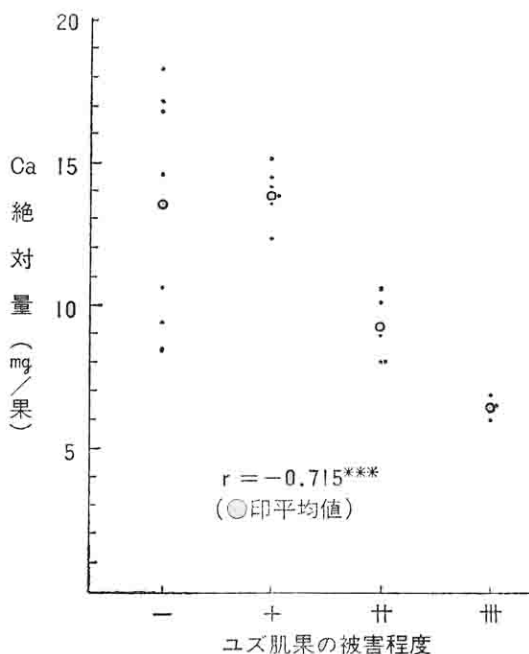
すなわち、選ばれた変数に対する偏F検定値がF分布表のF値より大きければその変数は回帰にとり入れられ、小さければとり除かれるしくみになっている。この時の判定基準をF2.50に設定し、回帰式に入っていない変数でY(ユズ肌発生率)との偏相関係数の大きいものから順次選択され、それがF2.50以下になった時に計算は終了す

第14表 ユズ肌発生率を予測する回帰式と寄与率

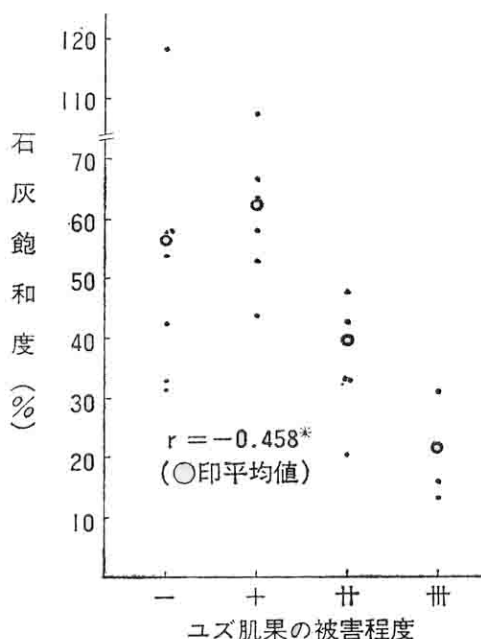
STEP	最良回帰式	寄与率
1	$Y = -3.853X_{24} + 111.764$	68.3%
2	$Y = -4.26X_{24} - 756.654X_{31} + 133.588$	83.3
3	$Y = -3.904X_{24} - 904.854X_{31} - 0.18X_{20} + 182.415$	88.9
4	$Y = -4.62X_{24} - 969.612X_{31} - 0.311X_{20} + 5.78X_{27} + 181.229$	91.8
全	$Y = 20.86X_9 - 24.83X_{10} - 0.07X_{13} + 0.39X_{17} - 0.29X_{20} + 0.77X_{22} - 8.44X_{24} + 208.43X_{27} - 205.51X_{28} - 200.04X_{29} - 1713.81X_{31} + 30.29X_{34} - 23.92X_{37} + 154.342$	99.96

る。したがって、従属変数(Y)に対して説明変数(X)が大きく関与していたものから選ばれることを意味している。以上のような計算方法で選

第4図 二十世紀果実中のCa絶対量と被害程度との関係



第5図 二十世紀の被害程度と石灰飽和度との関係



ばれた結果を第14表に示した。第1段階で選ばれた説明変数は果実中のCa絶対量(X_{24})であり、その寄与率は68.3%であった。続いて第2段階ではデンプン(X_{31})が選ばれ、寄与率は83.3%になった。第3段階では果重(X_{20})が選ばれ、寄与率は88.9%、第4段階では還元糖(X_{27})で、91.8%になった。

全13説明変数における回帰式は表示したようになり、それ等の寄与率は99.96%であるが、ユズ肌発生率を予測する回帰式は4変数で91.8%とほぼ説明できることが明らかとなった。

8 ユズ肌果発生の指標

調査したナシ園の大部分はユズ肌果の発生が認められたが、園によって重・軽症の差が認められたので、障害の被害程度と果実中のCa絶対量との関係について調べたものが第4図である。障害の程度が重くなるにしたがってCa絶対量が低下しており、その程度が軽くなるにつれCa含量も増加した。それ等の間には $r = -0.715^{***}$ の負の相関関係が認められ、商品価値がなくなる軽症果(廿)のCa含量は10mg果以下であった。また、土壌条件を考慮して土壌中の石灰飽和度との関係について示したものが第5図である。被害の著しい症状が認められた園は石灰飽和度も低下しており、果実中のCa含量ほど顕著ではなかったが、 $r = -0.458^*$ と負の相関が認められた。そして軽症果発生時の石灰飽和度は40%以下であった。

考 察

1 栽培管理状況

都下のナシ栽培は前述のごとく歴史的に古い産地であるため、10a当りの栽植本数は約60本、平均樹令は25.3年、施肥量は10a当りの成分でN—35.7, P—29.4, K—37.8kgであり、平均収量は3.3t(推測収量4t)と、典型的な密植多肥多収の栽培法が実施されている。多肥多収の栽培は、一方で土壌の悪変化を進行させ、他方で品質の低下をもたらすことはよく知られている。最近、各地で実施されている「うまいナシ作り運動」はその反省の結果とりくまれているものであ

り、都下のナシ栽培も例外ではない。

土壌の悪変現象のひとつは酸性化であることはいうまでもなく、それはさらに肥料成分としてのカチオンの吸収阻害をもたらすこともよく知られている(33)。本調査の主根域におけるpHは H_2O で5.37, KClで4.41とやや低く、佐々木ら(30)の実態調査の結果でも大部分が強酸性であったとする報告と類似していた。さらに、本調査を行なった多摩川流域の沖積土地帯に分布するナシ園は水田に近接した過湿土壌が多いだけに悪変現象が一層進行しやすい状態にある。

また、戦前から当地方に植えつけられた苗木は埼玉県安行地方から購入されたものであり、安行地方で使用された台木は大部分が福島県会津地方から買い付けられた野生種の種子であるとされている(14)。これ等ヤマナシの台木は土壌に対する適応性が狭く、悪変した土壌では細根の活力が低く、養分吸収力が低いため、ユズ肌、石ナシが発生しやすいとされている(10, 13, 22, 26)。

つぎに、着果数、収量については仕立法、栽植本数によって異なるが、二十世紀は246果、長十郎は225果であり、10a当りでそれぞれ1万5千果、1万3千果とやや少ない。しかし、1樹当収量では二十世紀が66.7kg、長十郎が68.2kgあり、1果重では二十世紀が271.5g、長十郎が303.3gで、着実数を少なくして大果を収穫するという考え方がくみとれる。

過去数年来、当試験場の二十世紀で収量調査をした結果、1果当り平均で健全果は255.9gであったのに対し、ユズ肌果は226.5gで約30gの差が認められた(20)。このように生理障害果は一般に果実発育が劣るが、本調査の結果では大果生産主義もあって果実発育まで影響は認められず、品種特有の大きさにまで発育していた。このことは障害果発生が大部分の園で認められたものの、障害の程度は中程度であることを意味している。事実、平均の障害果発生率は二十世紀で65.5%、長十郎で56.4%であったことから推測できる。

2 果実内成分の変化

二十世紀果実中の無機成分含量は、乾物%では

Ca 以外 N, P, K, Mg が障害果に多かったが統計的有意差は K のみであった。このような結果については田辺ら(34)も同様に報告している。しかし、1 果中に含まれる mg 含量、すなわち絶対量では Ca のみが健全果に多く、障害果に少ない結果になった。こうした表示法によって異なった結果になったことについて、著者(17)はかつて果実発育上の差異に原因することを指摘した。すなわち、障害果と健全果は前述したごとく、約 30 g の差が認められ、その障害果が栽培上可視的に判断できる時期は 8 月上旬頃からであり、果実内成分の内的異常はその約 1 か月前の 7 月上旬頃から認められた。7 月上旬はすでに遠山ら(36)が指摘しているように細胞分裂期を過ぎており、主に細胞肥大による果実発育が行なわれている時期である(8, 11)。それ故、1 果中に含まれる細胞数は、健全果と障害果とでは著しい差は認められなかった(15)。細胞数に差が認められない果実重の差は細胞肥大上の差が原因しており、その細胞内の成分含量の差によっていることを意味している。たとえば、300 g に発育すべき果実が障害のために 270 g しか発育しなかったならば、5 g の Ca 成分を含有するものは約 1.85% であって、300 g まで発育した果実の 1.67% よりは % 表示では高い結果になる。また、270 g の果実の 1.67% は約 4.5 g であり、健全果の 5 g よりは少ないことがわかる。さらに、障害果と健全果の同一果重を分析したとしても分析結果に疑問は残る。障害果の 300 g のものを分析に供試しても、それは健全果の 300 g のものとは質的に異なっていることが考えられる。すなわち、300 g の障害果がもし仮に健全な発育をしたならば 300 g 以上に発育した可能性があり、それが障害の影響によって 300 g にとどまったことが考えられるからである。

果実発育を調査すると、果実が著しく発育する時期は 7 月中、下旬から 8 月中旬までの間であり、この期間に障害果と健全果の発育差が著しくなり、また成分の差も認められてくる(17)。ちなみに、障害の程度に対し、乾物%と絶対量とでどちらが密接に関与しているかについて主成分分析

による要因解析を試みた結果、絶対量表示の要因が先に選抜され、果実発育に関与する成分の比較では絶対量による表示が必要であることが明らかとなった(20)。こうした傾向は本調査の結果でも認められておるため、果実が発育過程で各成分をどれだけとりこんだかを考慮して、次に述べる要因解析でも絶対量表示で検討した。

長十郎果実中の無機成分含量は、分析個体が少なかつたため充分検討することができないかったが、乾物%、絶対量とも N, P, K が障害果に多く、Ca, Mg は少なかつた。こうした傾向は猪瀬ら(12)の結果とほぼ一致しており、多くの研究者(4, 5, 6, 32)が指摘している K と Ca, Mg との拮抗関係によるものと思われる。

二十世紀の糖含量は全糖、還元糖、果糖、ショ糖が障害果に少く、健全果に多かったことは、かつて報告した結果(16, 17, 19)と一致していた。長十郎の糖含量も二十世紀とほぼ同じような傾向を示しており、ともに糖代謝の異常が関係しているように思われた(23, 25)。

3 二十世紀のユズ肌果発生の要因解析

調査したナシ園は第 3 図からも明らかなように、ほぼ平均的に分布(無相関)していることから妥当なサンプリングであったことが確認され、この主成分分析に用いたデータは信頼性が高いという前提条件を意味している(27)。

ユズ肌発生率に対して第 1 段階で単相関のあるものを選び、それを第 2 段階で主成分分析および重回帰分析を行なって要因選抜をしているため、実態調査のような繁雑になりがちな要因解析であっても混乱することなく極めて容易に分析することができた。

主成分分析では第 2 図からも明らかなように、ユズ肌発生率に関与する第 1 要因として果実中の Ca 絶対量、置換性石灰、pH、果糖などが選抜され、第 2 要因としてデンプン含量と果重、ブドウ糖と果糖、ブドウ糖と果重などが関連していた。これ等は著者がすでに明らかにしてきた結果と一致しており(16, 17, 19)、林ら(7, 11)のデンプン含量が多いとする報告や、横溝(37)が水耕法で Ca

を欠除した際に炭水化物の蓄積低下が認められたとする報告と一致していた。

ちなみに、主成分分析とはまったく異なった計算方法である変数選択型の重回帰分析による結果でも、ユズ肌発生率（Y）に関連する第1要因として果実中のCa絶対量が選出された。続いてデンプン、果重、還元糖の順で選ばれ、これ等の要因で90%以上の説明が出来る結果であった。なお、重回帰分析では土壌pH、置換性石灰が選出されなかったが、第12表の相関行列からも明らかなようにCa絶対量と極めて高い相関が認められているのでそれ等の要因内に含まれているという解釈ができる。

以上のように異なった計算手法でも同様な結果が導き出されたことは極めて信頼性の高い結論であることを意味している。したがってユズ肌果発生は、その寄与率からも明かなように直接的にはCa含量が不足し、それが糖およびデンプンの構成異常に関与しているものと思われる。そうした糖構成の異常は呼吸作用が異常に高まり(3, 18, 19)、その結果、果実内の水分含量が低下している(20)と同時に、解糖作用が促進されているため収穫後の腐敗も促進されたものと思われる(18)。

さらに、Ca不足を起こす原因として土壌の悪変化による面もある。ユズ肌果発生時の土壌状態として、pHの低下、置換性石灰の不足、石灰飽和度の低下などがあり、なかでも、石灰飽和度約40%以下の時が発生限界点であることが明らかとなった。そして、ユズ肌発生時の果実中のCa含量は10mg/果以下であろうと推測したが、これらの指標は今後現地で利用できるものと思われる。

こうしたCa不足に原因とする報告として、二十世紀では佐々木ら(30)、大野(28)、長十郎では猪瀬ら(12)があり、洋ナシの尻ぐされ、石ナシでは深井(4)らがある。

なかでも深井は土壌中の石灰飽和度が約40%以下が発生限界点と推測したが、それ等の結果と完全に一致しており、ユズ肌果の腐敗も底部から始まる点でも一致していた。

さらに、広田(9)はユズ肌発生園でCa施用試験を行なった結果、ユズ肌発生率が減少する報告をしており、著者も現在までCa施用試験を実施した結果、減少する傾向を認めている(20)。

しかし、川島ら(21)によれば、中国、九州地方のナシ園を調査した結果から、平均pHは5.0附近であり、ナシ樹は土壌反応が広い範囲にあるとしていることや、佐藤ら(31)も砂耕の結果からナシは石灰に鈍感な果樹であるという報告もあることから、石灰施用が容易に効果を上げにくい面もある。よく農家で耳にすることであるが、石灰施用しても効果があがらないとする意見はそうした点に原因するのかもしれない。長年化学肥料を過用した土壌は一、二年で到底改良できないことは言うまでもない。根が主に活動している地下50cm位までの土壌改良は少なくとも数年は必要のように思われる。土壌の理化学性の改良は有機質の投入と石灰の施用が必要条件であるが、一度に多くの石灰を施用するとMn、Feなど微量元素が欠乏しやすくなるので各県では200kg/10aの基準を設けている。著者らの経験では落葉期に150kg、梅雨期直前に100kgの施用が効果があるように思われた(20)。

摘 要

都下の多摩川流域に分布するナシ園を16園選び、生理障害果の発生実態を調査するとともに、土壌、葉、果実を分析し、その発生要因の解析を試みた。

1. 調査したナシ園は大部分が密植で、多肥多収の栽培が行なわれており、土壌の悪変化現象が進行しているように思われた。

2. 大部分のナシ園で障害果の発生が認められたが、被害程度は軽症の状態であった。

3. 二十世紀果実中の無機成分含量は、乾物%では障害果にCa以外のN、P、K、Mgが多く、健全果に少なかったが、絶対量ではCa含量のみが障害果に少なかった。長十郎は障害果にN、P、Kが多く、Ca、Mgは少なかった。

4. 二十世紀の糖含量は障害果に全糖、還元

糖、果糖、ショ糖が少なかった。長十郎もほぼ同様な傾向であった。

5. 主成分分析および重回帰分析にする要因解析の結果、障害果発生におよぼす主要因としてCa絶対量が選ばれ、次いで土壌pH、置換性Ca、デンプン、果糖、果重などが選び出された。

6. 障害果発生の指標として、1果中のCa含量が10mg以下、土壌の石灰飽和度が約40%以下であろうと推測した。

謝 辞

本実験をまとめるにあたり多変量解析について種々御指導を賜った農業技術研究所物理統計部塩見正衛技官に深甚なる謝意を表するとともに、統計処理のデバックに絶大な御協力を賜った東京都立工業技術センター電子計算機室の職員諸氏に感謝の意を表する。

また、実態調査に快くご協力をして下さったナシ栽培農家各位、そして、土壌採取に多大な御援助を賜った土壌肥料研究室竹迫紘技師に感謝の意を表する。

文 献

1. 相川一郎. 1929. 武蔵多摩川梨の産地視察記. 日本園芸雑誌. Vol.41, No.10: 17—12.
2. 安藤英輔. 1971. 梨作り六十年. 1—27.
3. Bangerth. F., D. R. Dilley, and D. H. Dewey. 1972. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 679—682.
4. 深井尚也. 1973. セイヨウナシの石ナシ、しり腐れの発生とその対策. 農及園. 48: 1307—1311.
5. 古谷雅樹・宮地重遠・玖村敦彦編. 物質の交換と輸送. p: 153—180. 朝倉書店
6. 橋本武・中村和弘. 1971. 施肥による土壌酸性化ならびに中和に関する研究 (第1報). 土肥誌. 42: 453—458.
7. 林真二・脇坂聿雄. 1957. 二十世紀梨の柚肌病に関する研究 (第3報). 柚肌発生の解倍学研

- 考察. 園学雑. 26: 178—184.
8. ————. 1961. 日本梨果実の発育に関する研究. 鳥取大学農学部園芸学研究室. 1—137.
9. 広田隆一郎. 1973. 過酸化カルシウムの土壌施用によるナシの柚肌防止. 昭和48年度落葉果樹試験研究打合せ会議資料(栽培関係):169—170.
10. 細井寅三. 1953. 梨の砧木に関する研究 (第1報). 土壌湿度が砧木を異にする二十世紀の生長に及ぼす影響. 農及園. 28: 297—298.
11. Huxley, J. S., and G. Teissier. 1936. Terminology of relative growth. Nature. 137: 780—781.
12. 猪瀬敏郎. 1968. ニホンナシの石ナシ. 鳥潟博高編. 果樹の生理障害と対策. 250—265. 誠文堂新光社.
13. 石田雄士・山野出・傍島善次. 1966. 日本ナシ台木に関する研究 I. 台木実生の浸透価と生育状況. 京都府大学術報告. 農学. 18: 23—28.
14. 上林諭一郎. 1924. 安行地方に於て使用せられつつある果樹の砧木に就て. 日本園芸雑誌. Vol.36, No.9: 22—26.
15. 川俣恵利・芦川孝三郎. 1973. 日本ナシの生理障害に関する研究 (第1報). 二十世紀のユズ肌発生と果実発育上の問題. 園芸学会昭和48年度春季大会研究発表要旨. 132—133.
16. ————. 1973. ———— (第2報). 二十世紀果実の発育にともなう成分の変化. 同上. 134—135.
17. ————. 1974. ———— (第3報). 二十世紀の無機成分と有機成分との関係. 園芸学会昭和49年度春季大会研究発表要旨. 76—77.
18. ————. 1974. ———— (第4報). 二十世紀果実および葉の呼吸量. 園芸学会昭和49年度秋季大会研究発表要旨. 44—45.
19. ————. 1975. ———— (第5報). 二十世紀果実のCaと果糖と呼吸量の関係. 園芸学会昭和50年度春季大会研究発表要旨. 78—79.
20. 1975. 未発表.

21. 川島禄郎・陶山源一郎. 1940. 梨園土壌の反応と石灰飽和度に就いて、併せて土性と石灰の浸透性との関係、日土肥誌. 14 : 345—351.
22. 小林章・傍島善次. 1950. 梨果機能障害と砒木の浸透圧、農及園. 25 : 887—888.
23. 水野勉. 1938. 柚肌梨の形態的ならびに分析的研究、農及園. 13 : 1197—1204.
24. 水野卓・金兵忠雄. 1963. 茶葉の澱粉定量について、食品工誌. 10 : 216—223.
25. 中川慶実. 1940. 梨二十世紀柚膚防止法の試験(予報)、農及園. 15 : 2245—2252.
26. 西村周一・岸本勇元. 1946. 梨二十世紀の柚膚果発生に関する試験(予報)、園芸学研究集録. 第三輯. 49—59.
27. 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉沢正. 1971. 多変量解析法. p. 159—257. 日科技連.
28. 大野敏朗. 1970. 日本ナシのユズ肌、石ナシの発生とその防止対策、農及園. 45 : 495—499.
29. 小曾戸和夫・数見秀次郎・小鷹正之・薮花雄. 1959. 果実類の糖分定量に関する研究(第2報)、次亜硝酸微量法による果実中の葡萄糖の定量、農化. 33 : 166—170.
30. 佐々木生雄・佐藤雄夫・鈴木継明. 1973. 二十世紀ナシ園土壌の実態とユズ膚の発生要因、福島県園芸試験場研究報告. 第4号. 11—23.
31. 佐藤公一・石原正義・栗原昭夫. 1958. 石灰および pH が主要果樹の生長ならびに体内成分におよぼす影響、農枝研報告. E(園芸). 第8号 77—96.
32. 高橋英一・谷田沢道彦・大平幸次・原田登五郎・山田芳雄・田中明. 1969. 作物栄養学. P. 81—139. 朝倉書店.
33. ————. 1973. 植物栄養学序説 [15]. 農及園. 48 : 731—736.
34. 田辺賢二・林真二・平田尚美・瀬戸長生. 1974. 二十世紀ナシのユズ肌病に関する研究(第4報). 果肉の膜透過性と無機栄養との関連性について、園芸学会昭和49年度秋季大会研究発表要旨. 46—47.
35. 多摩川果物協同組合連合会編. 1963. 多摩川梨変遷史. 1—68.
36. 遠山正英・林真二. 1957. 和梨果実の發育に関する研究(第1報). 果肉細胞分裂、肥大の品種間差並びに果実の大きさと果肉細胞の関係について、園学雑. 25 : 274—278.
37. 横溝久. 1974. 果樹の水、砂耕法による無機栄養に関する研究Ⅲ. 水耕液中の Ca 欠除がニホンナシ結実樹の生育に及ぼす影響、果樹試報. A1 : 79—92.
38. 吉川誠次・石間紀男・五十嵐洋子・斎藤説子. 1969. 主成分分析法による国際食糧供給パターンに関する研究、食糧研報告. 第24号:23—30.

Summary

Sixteen pear orchards in the Tamagawa basin were selected for this study in 1974. The conditions in which the physiological disorder occurred were investigated. Nutrient conditions of soils, leaves and fruits were analyzed, and the factors related to the outbreak of the disorder were discussed. The following observations were made :

- (1) The cultivation of the pear orchards include close planting and application of large amounts of manure to the soil in order to produce high yields. It seems that the soil conditions are changing for the worse.
- (2) The physiological disorders were observed in the investigated orchards, but the extent of the disorder was still light.
- (3) Compared with healthy fruits, affected Nijisseiki pear fruits had higher contents of N, P, K and Mg, but not Ca, expressed as percentage of dry weight. However, in terms of absolute contents of minerals, it was shown that only the amount of Ca was lower in diseased fruits. Nitrogen, P and K contents of diseased Chōjurō pear were higher while Ca and Mg contents were lower than those of the healthy fruit.

- (4) With regards to sugar content in Nijisseiki pear, it was found that the amounts of total sugar, reducing sugar, fructose and sucrose were noticeably lower in diseased fruits than in healthy fruits. Chōjurō pear had similar sugar levels compared with Nijisseiki pear.
- (5) According to the results of principal component analysis and multiple regression analysis, the main factor related to the occurrence of the physiological disorder was the absolute amount of Ca in the fruit, while secondary factors include soil pH, exchangeable Ca, starch content, fructose content, fruit weight, etc.
- (6) For the physiological disorder to occur, it seems that Ca content should fall to a level of 10mg or less per fruit, and that the degree of calcium saturation of the soil should be about 40 percent or less.