

安来地方で発生するナシのクロロシスに関する研究

山根 忠昭*・松浦 一人*

山路 健*・小豆沢 齊**

Studies on the Chlorosis of Japanese Pear Trees in Yasugi District

Tadaaki YAMANE, Kazuto MATSUURA
Tsuyoshi YAMAZI and Hitoshi AZUKIZAWA

島根県におけるナシの主産地は県東部の安来市を中心に、その隣接の町村に分布している。栽培品種は二十世紀ナシが大部分であり、ほかに晩三吉、長十郎、洋ナシなどがある。この地方における二十世紀ナシの栽培は明治末期（1907）ごろから産地としてはかなり古い。現在栽植されている二十世紀ナシの樹令は50年を越すものもあるが、20～40年生が大半である。

当地方のナシ園では数年前からナシ樹の新梢先端より2分の1ないし4分の3ぐらいまでの葉が黄白化し、時には短果枝の葉にも同様な症状が発生する。このようなナシ園は本地区120haナシ園の6分の1に当り、さらに増加の傾向にある。

クロロシス発生樹は、しだいに樹勢が衰え、果実の品質が低下し、減収を招くため問題となっている。

そこで筆者らはこのクロロシスの発生原因を究明し、適切な対策を確立するための資料をえようとして若干の検討を加えたのでその結果を報告する。

I クロロシス発生園の状況と葉および土壌分析

本地区ナシ園におけるクロロシスの発生条件をは握するため品種、樹令、地質との関係について検討し、さらにクロロシス樹の栄養的特徴と、その発生園の土壌的な特性を明らかにするため葉および土壌分析を実施した。

1 調査、実験方法と材料

(1) 調査園と分析試料の採取

クロロシス葉の発生している代表的な8園を選んでクロロシス症状の明りょうな樹と、肉眼的に異常の認められない健全樹を選んで分析用の葉を採取した。た

だし園の全部にクロロシス葉の発生がみられる場合は、できるだけ症状の軽微なものを選んで健全樹として扱った。また分析用の葉を採取するに当っては採葉部位、樹令などを十分考慮し、同じ園内ではできるだけ同条件になるように配慮した。土壌は樹冠の外縁直下から表面下0～15cmと、15～30cmの2層に分けて採取した。同一園からクロロシス樹と健全樹を選び調査したのは、栽培管理や、樹令のほぼ同じものがえられると考えられたからである。

(2) 葉分析

採取した葉ははじめ2～3%の酢酸溶液で洗浄し、さらに脱塩水で洗浄後乾燥粉砕して分析用の試料とした。分析方法はつぎのとおりである。試料1～2gをコニカルビーカーに採り、硝酸20～30mlを加え、時計皿で蓋をし、150℃の砂皿上で加熱して激しい分解が終了後、過塩素酸15mlを加えて230℃位の砂皿上で加熱分解しほぼ乾固させた。つぎに1N塩酸10mlを加えて加熱溶解し、40mlの蒸留水を加えて濾過洗浄後蒸留水で100mlとした。これを分析原液として適当な濃度に希釈し、原子吸光法でCa, Mg, Fe, Mn, Cu, Znを定量した。ただしCaとMgは他の元素の妨害を防ぐためSr 1,000 ppmを添加して行った。Kは炎光法、Pはバナドモリブデン酸法による比色、Nはケルダール法によった。Niは試料5gを蒸発皿に採り、500℃で灰化後1N塩酸10mlに溶解し、濾過して原子吸光法で分析した。

(3) 土壌分析

pHはガラス電極法、陽イオン置換容量はSHOLLEN-BERGER セミマイクロ法、下記成分は風乾土100gに

1N酢酸アンモニウ（pH 4.5）液を100ml加えて1時間振とうして浸出し、濾過後、濾液についてK, Naは炎光法で、Ca, Mg, Fe, Mn, CuおよびZnは原子吸光法で分析した。

2 調査、実験結果

(1) 症状

症状が中程度までの樹では徒長枝の先端から1/2～3/4ぐらいの葉が黄白化する。クロロシスの軽い場合は、葉は主脈を残して淡緑色となり、中程度よりひどくなると徒長枝の先端から基部近くまでの全葉が黄白化し、一部にえ（壞）死部を生ずる。時には短果枝の葉にも同様な症状が発生した。幼木の場合は樹の先端からしだいに下部葉におよびはなはだしいときにはほとんど全葉がクロロシスを呈した。

この症状が発生する時期は5月下旬から始まり、7月上～中旬ごろに最も顕著になる。症状の軽いものは8月中～下旬以降に若干回復する傾向がある。症状の

顕著な樹では早期落葉を起すことがあり、また明らかなるクロロシス症状の現われる樹では果実の肥大が悪く、早く緑色が抜ける傾向がみられた。

(2) クロロシス発生園の地質母材、地形

本地区ナシ園の多くは安山岩地帯でクロロシス発生園も安山岩を母材とする土壌が多い。ほかに凝灰岩、流紋岩の地帯でも同様な症状が発生しているところもあった。地形は本地区ナシ園の大部分が丘陵性山腹傾斜地に分布するため、クロロシス発生園も山腹傾斜地に多かった。

(3) 土壌

本地区ナシ園土壌の一般的な理化学性を示すと第1表のとおりである。

下表は本調査に先だって1968～'69年に行われたナシ園の土壌調査成績である。それによると土壌は強粘質～粘質の赤黄色土～赤色土で有機物に乏しく、塩基特に石灰の欠乏した強酸性の土壌が多い。下層はかな

第1表 安来地方のナシ園土壌の理化学的性質

項目	層位	表 土				下 層 土			
		最低	最高	平均	点数	最低	最高	平均	点数
理 学 性									
密 度		10	21	16.0	44	13	27	21.3	44
容 積 重 (g)		131.6	175.7	161.0	27	135.6	184.9	166.2	27
固 相 容 積 (cc)		26.3	54.5	44.5	〃	24.5	55.8	45.7	〃
水 分 容 積 (〃)		32.1	56.4	41.1	〃	28.7	62.4	44.6	〃
空 気 容 積 (〃)		3.5	23.5	13.8	〃	0.1	25	10.0	〃
孔 隙 率 (%)		45.5	73.7	55.1	〃	44.2	75.5	54.5	〃
仮 比 重		0.91	1.38	1.20	〃	1.07	1.44	1.22	〃
化 学 性									
pH (H ₂ O)		4.1	5.9	5.0	44	4.0	5.9	4.9	44
pH (KCl)		3.4	5.7	4.0	〃	3.4	4.4	3.9	〃
Y ₁		1.0	76.8	21.2	〃	2.8	95	34.8	〃
全 炭 素 (%)		0.67	2.26	1.26	〃	0.11	1.35	0.57	〃
全 窒 素 (〃)		0.01	0.15	0.08	〃	0.01	0.09	0.04	〃
腐 植 (〃)		1.16	3.89	2.20	〃	0.19	2.31	0.98	〃
C E C (me/100g)		8.8	30.0	16.9	〃	5.8	27.3	15.3	〃
置換性 CaO (mg/100g)		35.5	457.5	141.9	〃	11.3	347.6	80.8	〃
〃 MgO (〃)		2.4	191.9	44.4	〃	1.2	207.4	34.1	〃
〃 K ₂ O (〃)		7.5	143.0	30.6	〃	5.0	65.0	22.2	〃
石 灰 飽 和 度 (%)		6.2	54.4	29.5	〃	1.6	39.4	18.4	〃
有 効 リ ン 酸 (mg/100g)		1.4	57.7	11.0	〃	0.5	37.0	3.1	〃
リ ン 酸 吸 収 係 数		386	1,345	852	〃	408	1,510	916	〃

* 土壌肥料科 本報の一部は昭和47年度土壌肥料学会春季大会で発表した。

**荒島分場

りち密である。

(4) 品種との関係

栽培品種の主体は二十世紀であり、クロロシスの発生園も二十世紀が多い。ほかに晩三吉、新世紀、幸水なども同様な症状が現われており、品種に関係なく発

生するものと考えられた。

(5) 葉の無機成分組成とクロロシスとの関係

クロロシス発生園における健全葉とクロロシス葉の無機成分組成を示すと第2表のとおりである。カルシウム、鉄、ニッケル、窒素などの含有率はク

第2表 健全葉とクロロシス葉の無機成分組成* (1971)

葉の状態	調査園番号	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni
		(%)									
健全葉	1	2.13	0.16	1.95	1.07	0.32	65	153	13.0	26.4	2.8
	2	2.38	0.15	2.22	2.17	0.50	73	356	18.8	50.6	6.3
	3	2.80	0.19	2.22	1.37	0.41	75	151	43.2	24.7	3.1
	4	2.26	0.13	1.79	1.88	0.65	104	145	11.0	29.4	2.6
	5	2.38	0.16	1.93	1.16	0.44	84	100	13.4	27.2	2.3
	6	2.05	0.19	2.01	1.08	0.39	68	119	16.1	20.2	2.5
	7	2.45	0.18	2.28	1.09	0.42	75	134	21.2	30.9	4.6
	8	2.33	0.22	1.82	1.10	0.31	128	283	16.0	18.0	4.8
	最低	2.05	0.13	1.73	1.07	0.31	65	100	11.0	20.2	2.3
	最高	2.80	0.22	2.28	2.17	0.65	128	356	43.2	50.6	6.3
平均	2.35	0.17	2.03	1.37	0.43	84	181	19.1	28.4	3.6	
クロロシス葉	1	1.78	0.22	2.59	0.64	0.53	43	367	12.7	18.7	2.8
	2	2.37	0.26	2.63	1.00	0.54	54	368	22.1	31.9	4.8
	3	1.81	0.16	3.32	0.94	0.64	45	302	51.0	23.7	2.1
	4	2.17	0.40	3.19	0.63	0.44	50	174	19.1	24.2	3.1
	5	2.45	0.36	3.15	1.04	0.48	49	125	21.0	26.7	2.3
	6	2.23	0.22	2.59	0.89	0.42	71	187	21.1	32.1	1.4
	7	1.91	0.32	2.67	0.65	0.56	55	123	39.3	26.2	4.0
	8	1.96	0.23	2.57	0.88	0.51	144	313	16.2	20.0	1.9
	最低	1.78	0.16	2.57	0.63	0.42	43	123	12.7	18.7	1.4
	最高	2.45	0.40	3.32	1.04	0.64	144	368	51.0	32.1	4.8
平均	2.09	0.27	2.84	0.81	0.52	64	245	25.3	25.4	2.8	

注) *品種二十世紀

クロロシス葉が健全葉より低く、リン、カリ、マグネシウム、マンガン、銅などは逆に高い傾向を示した。

特にカルシウムとカリ含有率はクロロシス葉と健全葉間に明らかな差が認められた。他の無機成分は多少例外や差の少ないものもあった。

植物はある養分が欠乏したときにクロロシスを起すばかりでなく、特定の成分間のバランスが破れたときにもクロロシスを誘発することが知られている。そこで主にクロロシスと関係がありそうな成分間の比を第3表に示した。

窒素含有率はクロロシス葉が健全葉より概して低い傾向で、カリ含有率は逆に前者が後者より明らかに高い。したがって N/K 比はクロロシス葉が健全葉よりも低い値を示した。カルシウム含有率はクロロシス葉が健全葉よりも明らかに低く、Ca/K-比は平均値で健全葉の1/2をかなり下回った。マグネシウム含有率は例外もあり、差も少ないが概してクロロシス葉が健全葉より高い傾向で、Mg/K 比は両者の間に明確な差はみられなかった。リンはクロロシス葉のほうが高い傾向を示した。鉄含有率はリンとは逆にクロロシス葉が

第3表 健全葉とクロロシス葉の無機成分比*

葉の状態	調査園番号	N/K	Fe/P	Ca/K	Mg/K	Fe/Mn	Fe/Cu	Fe/Ni
健全葉	1	1.09	0.041	0.55	0.16	0.42	5.0	23
	2	1.08	0.047	0.98	0.23	0.21	3.9	18
	3	1.27	0.039	0.62	0.18	0.50	1.7	31
	4	1.26	0.080	1.05	0.36	0.72	9.5	42
	5	1.20	0.053	0.60	0.23	0.84	6.3	35
	6	1.02	0.036	0.54	0.19	0.57	4.2	34
	7	1.07	0.042	0.48	0.18	0.56	3.5	18
	8	1.30	0.058	0.60	0.17	0.46	8.0	61
葉	最低	1.02	0.036	0.48	0.16	0.21	1.7	18
	最高	1.30	0.080	1.05	0.36	0.84	8.0	61
	平均	1.12	0.050	0.68	0.21	0.46	5.3	33
クロロシス葉	1	0.69	0.020	0.25	0.21	0.12	3.4	33
	2	0.89	0.021	0.38	0.21	0.15	2.4	19
	3	0.55	0.028	0.28	0.19	0.15	0.9	27
	4	0.67	0.013	0.20	0.14	0.15	2.6	36
	5	0.78	0.014	0.33	0.15	0.39	2.3	33
	6	0.86	0.032	0.34	0.16	0.38	3.4	42
	7	0.72	0.017	0.24	0.21	0.45	1.4	19
	8	0.76	0.062	0.34	0.20	0.46	8.9	85
葉	最低	0.55	0.013	0.20	0.14	0.12	0.9	19
	最高	0.89	0.062	0.38	0.21	0.46	8.9	85
	平均	0.74	0.026	0.30	0.18	0.30	3.2	37

注) *品種二十世紀

健全葉より低く、Fe/P 比はクロロシス葉が健全葉より明らかに低い値を示した。

マンガンおよび銅含有率はクロロシス葉が健全葉に比べて高い傾向で、Fe/Mn と Fe/Cu 比はクロロシス葉のほうが多少低い値を示した。ニッケル含有率は全般に低く、クロロシス葉は健全葉よりも低い値を示した。Fe/Ni 比はクロロシス葉と健全葉との間に明らかな差は認められなかった。

(6) 土壌の化学性とクロロシスとの関係

クロロシスの発生樹付近と健全樹付近の土壌の化学性を示すと第4表のとおりである。

本地区ナシ園は全般に pH が低く、置換性カルシウムの含量が低い。クロロシス発生園の中でクロロシス発生樹と健全樹付近における土壌の化学性を比較すると、pH はクロロシス樹付近が概して低い傾向を示した。しかし健全樹付近にもかなり酸性の強い園もみ

られる。置換性カルシウム含量は園によって著しい違いがみられる。これは先に (1968~'69) 本地区120ha を対象に44点のナシ園土壌を調査した結果、強酸性でカルシウム含量が低いことを指摘し、石灰質肥料の施用を推奨したため、かなり石灰が施用された。本調査を実施した数か月前に石灰を施用した園もあり、特にクロロシスの発生が著しい樹の付近へ多量に施用されている傾向がみられた。このことは随取調査からも明らかになった。しかし施用した石灰は表層に多く、下層への移動は少なかった。

つぎに1N酢酸アンモニウム (pH 4.5) 可溶性成分をみると第5表のとおりである。

カリ含量は園によって著しく異なるが、概してクロロシス樹付近の土壌は健全樹付近の土壌よりも高い園が多い。ナトリウム含量は全般に著しく低く、クロロシス樹と健全樹付近の土壌間に大きい違いはみられな

第4表 土壌pH, 陽イオン置換容量, 置換性塩基, 石灰飽和度

調査園 番号	層位	pH		CEC	Ex. CaO	Ex. MgO	石灰飽和度
		H ₂ O	KCl	(me/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)
黄白化程度 健全～軽い							
1	1	6.7	6.0	18.3	673	649	131
	2	4.5	3.5	15.4	72	185	17
2	1	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—
3	1	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—
4	1	4.9	3.9	19.4	229	36	42
	2	4.4	3.6	15.9	65	18	15
5	1	4.8	3.5	14.3	107	22	27
	2	4.5	3.4	10.2	48	8	17
6	1	5.8	4.8	13.3	175	46	47
	2	4.8	3.8	9.1	48	13	19
7	1	5.3	3.9	12.1	125	41	37
	2	5.2	3.7	10.0	56	37	20
8	1	5.5	4.0	9.9	78	31	28
	2	5.5	3.9	9.9	70	30	25
平均	1	5.5	4.4	14.6	231	138	52
	2	4.8	3.7	11.8	60	49	19
黄白化程度 中以上							
1	1	4.8	3.7	14.1	116	14	29
	2	4.1	3.8	11.9	91	17	12
2	1	3.9	3.3	15.7	129	33	29
	2	3.8	3.4	18.3	66	14	13
3 ※	1	5.5	4.5	41.1	498	99	43
	2	4.5	3.4	35.0	201	72	21
4	1	4.5	3.5	22.0	96	24	15
	2	4.2	3.4	23.6	46	14	7
5	1	4.3	3.3	15.9	92	13	21
	2	4.3	3.3	15.0	52	10	12
6 ※	1	5.4	4.8	13.3	252	67	68
	2	4.4	3.7	15.4	104	30	24
7	1	5.2	3.7	10.5	88	32	30
	2	5.2	3.7	9.4	68	33	26
8	1	5.1	3.8	12.7	115	39	32
	2	5.1	3.8	12.4	116	51	23
平均	1	4.8	3.8	18.2	190	40	33
	2	4.5	3.6	17.6	93	30	17

※ 3月に石灰を施用した

かった。カルシウムはpH 4.5 1N酢酸アンモニウム可溶性のものもほとんどが置換性で前述したとおりである。マグネシウムと鉄含量はクロロシス樹付近と健全樹付近との間に明らかな差はみられなかった。マン

ガン含量は園地によって著しく異なり、クロロシスの発生とマンガン含量との間に一定の関係はみられなかった。銅は例外なく表層が下層より高い含量を示した。表土の銅含量は園地によって著しく異なり、健全

第5表 土壌中のpH 4.51N酢酸アンモニウム可溶性成分

調査園 番号	層位	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
		(mg/100g)				(ppm)				
黄白化程度 健全～軽い										
1	1	41.5	2.5	494	51	52	44	16	5.4	
	2	38.2	2.4	54	13	86	29	10	1.6	
2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	1	45.7	3.4	169	24	50	87	116	7.7	
	2	30.0	2.8	43	12	93	82	16	1.8	
5	1	20.0	2.4	80	15	51	8	99	2.3	
	2	12.9	2.2	27	5	63	4	14	0.7	
6	1	16.8	4.3	158	35	26	82	51	3.8	
	2	8.8	3.8	33	8	28	108	2	0.5	
7	1	19.1	3.4	98	28	22	47	60	5.0	
	2	10.5	3.4	41	23	36	34	5	2.7	
8	1	10.0	4.5	58	21	36	53	14	4.3	
	2	6.6	4.6	50	19	45	53	8	2.1	
平均	1	25.6	3.4	176	29	40	54	59	4.8	
	2	17.8	3.2	41	13	59	52	9	1.6	
黄白化程度 中以上										
1	1	16.3	2.2	84	10	70	134	70	3.3	
	2	21.9	2.2	65	10	53	143	33	6.3	
2	1	41.2	1.6	97	12	22	186	73	7.2	
	2	31.5	2.3	92	17	16	97	46	6.3	
3	1	27.0	3.2	356	60	48	62	241	5.3	
	2	36.1	3.2	141	49	66	97	57	2.4	
4	1	46.5	4.0	69	16	74	31	34	2.8	
	2	27.8	2.5	28	8	87	27	12	0.9	
5	1	23.7	1.6	69	9	94	16	115	3.2	
	2	28.2	1.9	38	6	95	9	39	1.3	
6	1	45.0	3.9	180	43	16	74	86	5.8	
	2	46.1	3.4	77	19	34	66	8	3.2	
7	1	16.8	2.1	63	21	35	28	49	1.8	
	2	8.8	2.6	44	21	56	40	8	0.7	
8	1	31.1	1.9	79	25	36	122	56	5.6	
	2	23.8	2.2	81	33	33	80	38	2.7	
平均	1	31.0	2.6	124	21	49	82	84	4.4	
	2	28.0	2.5	71	22	55	70	30	3.0	

樹付近でも高い値を示すところがある反面、クロロシス樹付近でも低いところがあり、土壌中の銅含量とクロロシスの発生との関係は明らかでなかった。亜鉛含量もクロロシス樹付近と健全樹付近に差がみられず、土壌中の亜鉛含量もここではクロロシスの発生と関係がないものと考えられた。

3 考 察

同一ナシ園でクロロシスの発生樹と健全樹からそれぞれ特徴的な葉を採取して葉分析を行った結果、クロロシス葉は健全葉に比較してカルシウム、鉄、ニッケル、窒素などの含量は低く、リン、カリ、マグネシウム、マンガン、銅などは逆に高い傾向を示した。

亜鉛は両者の間に明らかな差はみられなかった。

窒素含有率は概してクロロシス葉が健全葉より低い傾向がみられた。既往の分析数値と比較すると、佐藤ら¹¹⁾が8月上旬に採取したナシ葉(長十郎, 二十世紀その他)の窒素含有率は2.29~3.30%, 古藤ら⁷⁾が8月中~下旬に採取したナシ葉(長十郎)ではその値は2.32~3.19%, 平均2.76%で場所, 栽培法, 品種, 採葉時期などの違いがありながらほぼ両者の窒素含有率の範囲は一致している。本地区におけるクロロシス発生園の葉の窒素含有率は健全葉で2.05~2.80%, 平均2.55%であり, クロロシス葉は1.78~2.45%, 平均2.09%であった。この値を前記の分析値と比較すると健全葉でもやや低く, クロロシス葉は2%未満の園が半数もあり, かなり低い。しかし葉の採取時期と部位が佐藤ら¹¹⁾や古藤ら⁷⁾と若干異なるので, クロロシス発生園において健全葉も窒素含有率が低いということは, この程度の差からはいえないと考えられる。クロロシス葉は健全葉より窒素含有率が低い傾向ではあるが, 例外もありその差も小さく, 症状からも窒素欠乏症とは考えられない。細井⁴⁾は従来の砂耕試験や優良園および不良園の分析成績から好適含量と欠乏症状を呈する含量を一括して表示しているが, それによれば窒素欠乏症の発現時の窒素含有率は0.8~1.3%で, 本地区のクロロシス葉はいずれもそれより高く, この点からも窒素欠乏は否定されよう。カルシウム含有率はクロロシス葉が健全葉と比較して明らかに低い。佐藤ら¹¹⁾はカルシウムは窒素, リン, カリ, マグネシウムに比べて最も季節の変動が大きく, 生育時期とともに含有率が増加することを指摘した。この点を考慮して同氏らのカルシウム含有率をみると6月1.33~1.57%, 7月は2.08~2.32%, 8月は2.58~2.82%であった。石原ら¹⁾の分析数値では8月に1.24~2.06%, 平均1.65%であった。本地区のクロロシス発生園におけるナシ葉中カルシウム含有率は健全葉で1.07~2.17%, 平均で1.37%であり, クロロシス葉では0.63~1.04%, 平均0.81%で, 従来の分析値と比較して明らかに低い。佐藤ら¹²⁾が砂耕試験で行ったカルシウム欠乏症の発現時におけるナシ葉のCa含有率は0.66%であり, 本地区ナシのクロロシス葉のカルシウム含量はこの値とほぼ同じかやや高目であった。

その後佐藤ら¹³⁾はアンプルの小破片を詰めたポット(1/2000 a)でナシ苗の砂耕試験を行いカルシウム欠乏が明らかになったときの葉のCa含有率はCa 0.13%

であって, 著しく低い値を示した。

LEWISら⁹⁾はバートレット種を砂耕し, カルシウム欠乏症が発現した時の葉のCa含有率は0.44%であった。これらの成績からカルシウム欠乏症が発現するときの葉のカルシウムレベルはかなり低いところにあるといえよう。ただこれらの試験は砂耕で行われており, この値を直ちに現地の葉分析へ適応することについては疑問がある。いずれにせよクロロシス葉のカルシウム含有率が健全葉に比べて明らかに低いことは栄養的特徴の一つであるといえよう。

鉄含有率はクロロシス葉が健全葉より概して低い傾向であったが, 逆の関係になっている園もみられる。石原ら¹⁾が和歌山県下のナシ園(長十郎)について採取した葉の鉄含有率は健全園で91~185 ppm, 平均132 ppmであった。クロロシス園(Niその他の過剰による)では59~201 ppmで, 平均108 ppmであった。本地区のクロロシス発生ナシ園における健全葉は61~128 ppm, 平均84 ppmで石原らの分植値よりかなり低い。クロロシス葉は43~144 ppm, 平均64 ppmで健全葉よりもいくぶん低い値である。クロロシス症状は新梢や短果枝の先端から発生し, その症状も先端部ほど顕著で鉄欠乏症状に似ている。ナシの鉄欠乏症が発現するときの葉の鉄含有率は実験条件やナシ樹の状態によって異なると考えられる。JACOBSON⁶⁾はナシ(Hardy pear)の葉の全鉄が19ないし47 ppmの範囲では鉄含有率とクロロシスの程度との間に密接な関係があることを認めた。つまりこのことはChlorophyll含量と鉄含量との間に直接的な関係があることを意味する。この関係が成立する範囲は少なくとも鉄欠乏状態であると考えられ, 採葉時期, 品種その他の条件によって, この範囲は多少変動することが推定される。

本地区の場合, 品種や環境条件がJACOBSONの実験条件と異なるためその範囲も異なるものと思われるが, 本地区のクロロシス葉の鉄含有率は少なくとも鉄欠乏を生ずる範囲の上限にあると推定される。クロロシスを発生した葉の中にも健全葉の鉄含有率を上回るものが含まれていることは, この推定を裏づけるものである。

葉の中のニッケル含有率はクロロシス葉が健全葉よりもいくぶん低い傾向がみられた。

石原ら¹⁾は和歌山県下のじゃ紋岩地帯のナシに発生するクロロシスについて研究し, その地帯に発生するクロロシスの原因はニッケルとその他の過剰吸収によ

ることを明らかにした。本地区のクロロシスがじゃ紋岩地帯のクロロシス症状に酷似していることから, 安来地方でもこの点を疑ったが, 葉分析の結果ニッケルが原因でないことが判明した。

カリ含有率は前に述べた成分とは逆にクロロシス葉が健全葉より明らかに高い。佐藤ら¹¹⁾の分析値ではカリ含有率は0.96~2.36%の範囲にあって, 1.11~1.70%が全園数の60%以上を占めた。古藤ら⁷⁾の分析値では1.10~2.21%の範囲で平均1.64%であった。クロロシス発生園のカリ含有率は健全葉で1.79~2.28%, 平均2.03%であり, クロロシス葉は2.59~3.32%, 平均2.84%であった。この分析値を佐藤らおよび古藤らの分析値と比較すると, 本地区のクロロシス発生園は葉のカリ含有率が全般に高く, ことにクロロシス葉のカリ含有率が著しく高い。したがってCa/K比はクロロシス葉が健全葉よりも明らかに低く, 相対的にカリの吸収がカルシウムの吸収に比較して大きいことを意味する。佐藤ら¹³⁾の砂耕試験で培地のカルシウム濃度が減少するほど葉のカリ含有率が上昇する傾向がみられ, カルシウムとカリとの間に強い拮抗作用が認められた。このことからクロロシスの発生はカルシウム欠乏と関係が深く, カリ肥料の過用がその発生を助長している可能性がある。またクロロシス葉はリン含有率も健全葉より高い傾向が認められる。健全葉のリン含有率は0.13~0.22%, 平均0.17%で佐藤ら¹¹⁾や古藤ら⁷⁾の分析値とほとんど差がみられない。しかしクロロシス葉ではその値はかなり高く, 0.16~0.40%, 平均0.27%で, Fe/P比は健全葉の2分の1ぐらいである。OLSEN¹⁰⁾はリン酸を過剰吸収したときは鉄が葉の組織一特に維管束中でリン酸塩として沈澱し, クロロシスを起すことを指摘している。このタイプのクロロシスがはたしては場条件で起りうるか疑問である。クロロシス葉はマンガン, 銅含有率が健全葉と比較して高く, 逆に鉄含有率が低い。pH4.5の1N酢酸アンモニウム溶液で浸出される土壌中のマンガンのかなり多いところがあり, 重金

属誘導鉄クロロシス³⁾(heavy metals induced iron chlorosis)の疑もある。しかしクロロシス葉の中にも鉄含有率が健全葉よりも高く, 銅, マンガンの含有率の低いものもある。またクロロシス葉中の銅やマンガンの含有率を石原らの¹⁾健全葉と比較すると, 銅は全般に低く, マンガンは園によって異なり, 半数は同程度で残り半数は高目であった。

したがって本地区におけるナシのクロロシスを重金属誘導鉄クロロシスと判定することは無理であろう。同一園でクロロシスが発生するところと, 健全ないしクロロシスの軽微なところの土壌を比較すると, 前者は後者より酸性が強く, 石灰飽和度がいくぶん低い傾向である。中にはクロロシスの発生が顕著なところでも, 置換性カルシウムがかなり高いところもみられる。これは土壌採取の数か月前に石灰を施用したところで, カルシウムの下層への移動は少なく, 葉のカルシウム含有率は依然として低い。

II クロロシス発生園土壌における炭酸石灰, 炭酸苦土, 石コウ, FTE, 堆肥の施用ならびに葉面散布(Fe, Mn, B)の効果

現地のナシ園で発生したクロロシス葉を分析した結果, 健全葉と比較してカルシウム含有率が著しく低く, 鉄含有率が低い傾向がみられたので, これらの成分がクロロシスの発生に関与していることが推察された。そこでクロロシスの発生原因を実験的に究明するため, その対策を見出すために現地のクロロシス発生園土壌を供試して, ポット試験で炭酸石灰, 炭酸苦土, 石コウ, FTE, 堆肥の施用効果および鉄, マンガン, ホウ素の葉面散布の効果について検討した。

1 実験方法と材料

(1) 供試土壌: 1/2000 a のワグナーポットを用い, 底に5 cmの粗い川砂を敷きつめ, その上に前記No.6 ナシ園土壌を11 kgずつつめた。供試土壌の性質を示すと第6表のとおりである。

第6表 供試土壌の理化学性

pH		置換酸度 Y ₁	T-C (%)	T-N (%)	腐植 (%)	CEC me/100 g	Ca 4.6	Ca飽和度 (%) 22.2	有効リン酸 (mg/100 g) 2.8	リン酸 吸収係数 1115	土性 LiC
H ₂ O	KCl										
4.7	4.2	15.5	1.00	0.06	1.72	20.8	4.6	22.2	2.8	1115	LiC

(2) 試験区と施肥量

試験区の構成と施肥量を示すと第7表のとおりである。

第7表 試験区と施肥量 (g/pot)

試験区名	炭酸石灰	石コウ	堆肥	炭酸苦土	FTE	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 対照区	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5
2 石灰区	110	0	0	0	0	〃	〃	〃
3 石灰堆肥区	〃	0	200	0	0	〃	〃	〃
4 石コウ区	0	126	0	0	0	〃	〃	〃
5 炭酸苦土区	0	0	0	40	0	〃	〃	〃
6 F T E 区	0	0	0	0	6	〃	〃	〃
7 葉面散布区	0	0	0	0	0	〃	〃	〃

%, ホウ酸 0.2% 溶液をそれぞれ 2~3 回散布した。肥料は尿素, 重焼リン, 塩化カリを使用した。また他の資材は植付前に土壌全部に混合した後ポットへ充てんした。試験は 2 連制で行った。

(3) 植付: 2 年生のよくそろっている二十世紀ナシ苗を, 1970 年 2 月 27 日各ポットに 1 本ずつ植えた。

(4) 分析方法: 移植 2 年目の 8 月 18 日苗の全葉を採取し, 前記の方法で分析した。細根は良く水洗後乾燥粉砕し, 葉分析に準じて分析を行った。

(5) 生育調査: 地上部は幹と枝に分け, 地下部は太根と細根に分けておのおの生体重と乾物重を測定した。

2 実験結果

(1) クロロシスの発現状況

移植後 2 年目に炭酸石灰の入った区を除いて明らかなるクロロシスが発生し, 現地とはほぼ同様な症状がポットで再現できた。炭酸石灰を施用した区では全くクロロシスの発生はみられず, 樹の生育も良好であった。しかし石コウを施用した区ではほとんど対照区と相違がなく, クロロシスの発生防止に対して効果はみられなかった。炭酸苦土を施用した区では対照区より若干生育は良好となったがクロロシスは発生した。FTE や葉面散布 (Fe, Mn, B) の効果もほとんど認められなかった。

(2) 樹の生育

1971 年 8 月 18 日ナシ樹を土壌と一緒にポットから取出し, 地下部を水洗後, 地上部と地下部に分けて生体重と乾物重を調査した。

る。

葉面散布区は 硫酸第一鉄 0.3%, 硫酸マンガン 0.3

第8表 クロロシスの発生状況と落葉の早晩

試験区名	クロロシスの発生程度	落葉期
1 対照区	卅	早
2 石灰区	—	晩
3 石灰堆肥区	—	晩
4 石コウ区	卅	早
5 炭酸苦土区	卅	早
6 F T E 区	卅	早
7 葉面散布区	卅	早

クロロシス: 一無し, 卅多, 卅甚

落葉: 早 採葉時 (8 月 18 日) までに一部落葉, 晩 採葉時までに落葉認めず

対照区は移植 2 年目から顕著なクロロシスが発生し, 生育も不良であった。

炭酸石灰区と炭酸石灰+堆肥区は著しく生育が良好となり, 地上部, 地下部共対照区の 2 倍以上の生育量を示した。特に養分や水分の吸収機能の強い細根は対照区の 3 倍以上の生育量となった。またこれらの区ではクロロシスの発生は全くみられなかった。しかし堆肥併用の効果はなく, 炭酸石灰単用区とほとんど差異はみられなかった。

石コウを施用した区は対照区と生育がほとんど変らぬか多少劣り, クロシスも対照区とほとんど変らぬほど発生した。このことからカルシウム化合物を施用しても, 塩の種類によって効果が著しく異なり, 石コ

第9表 生体重 (g/pot, 2 連平均)

試験区名	幹	枝	計	太根	細根	計
1 対照区	123.5	18.3	141.8	34.0	16.2	50.2
2 石灰区	236.5	152.7	389.2	56.0	54.8	111.0
3 石灰堆肥区	212.2	159.6	371.8	66.6	55.5	122.1
4 石コウ区	120.0	9.6	129.6	21.7	12.3	33.9
5 炭酸苦土区	161.4	55.2	216.6	42.6	66.8	109.6
6 F T E 区	124.2	25.2	149.4	31.2	27.7	58.9
7 葉面散布区	111.4	13.7	125.1	23.9	34.0	57.8

第10表 乾物重 (g/pot, 2 連平均)

試験区名	幹	枝	計	太根	細根	計
1 対照区	73.6	9.8	86.6	19.3	10.4	29.7
2 石灰区	147.7	81.7	229.4	35.6	38.1	73.6
3 石灰堆肥区	130.3	82.3	212.6	39.1	37.6	76.7
4 石コウ区	69.7	5.2	74.9	11.5	7.6	19.1
5 炭酸苦土区	101.6	30.4	132.0	27.7	42.9	70.6
6 F T E 区	76.3	19.7	95.9	20.0	18.4	38.3
7 葉面散布区	66.3	7.1	73.3	14.3	22.9	37.2

ウの場合は施用効果が認められなかった。

炭酸苦土は対照区よりも樹の生育はかなり良くなった。特に根は炭酸石灰区に劣らぬ生育を示した。しかし葉にはクロロシスが発現した。

FTE を施用した区では樹の生育は対照区と同等か僅かに優っている。しかしこの程度の差は個体差もあるので, 対照区と差がないとみるのが妥当であろう。クロロシスの発現状況も対照区と差異がなかった。

鉄, マンガン, ホウ素を含む溶液を葉面散布した区

も対照区と樹の生育はほとんど変わらず, クロロシスの発現状況も差がみられなかった。

(3) 葉の無機成分組成

各処理によって樹の生育やクロロシスの発現状況に著しい差異がみられたので, 処理 2 年後に葉を全部採取し, 無機成分組成をみるため葉分析を行った。

現地の場合は樹令 20 年以上のものについて葉を採取し, 分析を行ったが, ポット試験では樹令わずか 4 年たらずである。

第11表 葉の無機成分組成 (乾物当り)

試験区名	N P K Ca Mg (%)					Fe Mn Cu Zn Ni (ppm)				
	1 対照区	1.94	0.25	2.57	0.59	0.37	241	254	15.5	150
2 石灰区	1.45	0.43	2.18	2.02	0.30	199	46	8.8	154	1.2
3 石灰堆肥区	1.74	0.37	2.43	1.76	0.24	161	33	9.4	113	0.9
4 石コウ区	2.25	0.31	1.70	0.81	0.25	185	256	12.0	171	1.1
5 炭酸苦土区	1.80	0.23	2.32	0.77	0.60	188	182	8.8	145	0.9
6 F T E 区	1.62	0.27	2.22	0.66	0.31	334	427	12.3	191	1.5
7 葉面散布区	1.72	0.29	1.83	0.64	0.35	345	305	13.2	229	1.0

葉の窒素含有率は本試験の場合クロロシ葉が低い傾向はみられなかった。リンの含有率は現地のクロロシ葉とほぼ同程度で、クロロシの発現しなかった炭酸石灰を施用した区でむしろ高い傾向がみられる。カリ含有率もクロロシの発現した区と健全葉との間に一定の傾向はみられなかった。カルシウム含有率は炭酸石灰を施用しなかった区は0.8%以下であったが、施用した区では1.76~2.02%と著しく増加した。マグネシウム含有率は炭酸苦土を施用した区のみ対照区やその他の区の2倍近くに上昇した。鉄含有率は現地のクロロシ葉に比べて全般に高い。しかし炭酸石灰を施用した区の鉄含有率は高くはなく、むしろ

低目であった。FTE区や葉面散布区で鉄含有率が高かった。マンガン含有率は炭酸石灰を施用した区では対照区の5分の1以下に減少した。また炭酸苦土区でも多少の減少がみられる。FTEや葉面散布区ではマンガン含有率が高かった。銅含有率は現地の健全葉並みであるが、炭酸塩の施用によって低下している。亜鉛、ニッケルの含有率は処理区間に一定の傾向がみられなかった。

(4) 細根の無機成分組成

上記の処理によって根の無機成分組成におよぼす影響を明らかにするため細根分析を行った。その結果を示すと次表のとおりである。

第12表 細根の無機成分組成 (乾物当り)

試験区名	P K Ca Mg (%)				Mn Zn Cu (ppm)		
	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu
対照区	0.14	0.64	0.19	0.18	278	64	983
石灰区	0.17	0.70	0.73	0.23	215	78	512
石灰堆肥区	0.16	0.65	0.70	0.23	129	61	642
石コウ区	0.14	0.47	0.32	0.11	95	50	963
炭酸苦土区	0.15	0.61	0.22	0.20	166	69	837
FTE区	0.14	0.59	0.24	0.15	320	74	952
葉面散布区	0.13	0.37	0.26	0.15	192	83	1,081

根は土壤に接しており土壤からの汚染が考えられる。そのため成分によってはバラツキの大きいものがあった。特に鉄のバラツキは大きく、そのため表から外した。根の無機成分中炭酸石灰を施用した区ではカルシウム含有率が対照区やその他の区に比べて特徴的

に高かった。マンガン含有率は炭酸石灰や炭酸苦土の施用によって減少した。石コウ区もマンガン含有率が低下した。銅含有率は著しく高く、炭酸石灰の施用によって多少低下した。

(5) 跡地土壤の分析

第13表 処理1年後の土壤pH (H₂O)

	対照区	炭酸石灰区	炭酸石灰堆肥区	石コウ区	炭酸苦土区	FTE区	葉面散布区
A	4.9	7.3	7.6	4.8	5.8	4.8	4.8
B	4.7	7.1	7.7	4.7	5.7	5.0	4.4
平均	4.8	7.2	7.7	4.8	5.8	4.9	4.6

(表土5cmまで)

処理1年後の土壤pHを示すと第13表のとおりである。対照区は試験開始時と同じくpH4.8であった。

炭酸石灰区は7.2、炭酸石灰+堆肥区では7.7であった。しかしこれは連日天気が続いた後、表面下数cmのまでの土を採取して測定したもので、全体を代表する

数値であるとはいえない。炭酸苦土区は5.8で他の区は4.6~4.8であった。

つぎに試験終了後の跡地についてpH、Y₁、置換性塩基について分析した結果は第14表のとおりである。

第14表 跡地土壤のpH、置換酸度、置換性塩基、置換性Mn、置換性Cu

試験区名	pH		置換酸度 Y ₁	CEC	Ca	Mg	K	Na	Mn	Cu	Ca飽和度 (%)
	H ₂ O	KCl									
対照区	4.8	3.7	23.6	20.8	4.10	1.63	0.77	0.16	38.9	5.37	19.7
石灰区	6.4	5.3	1.1	24.6	10.02	1.64	0.53	0.10	10.2	1.17	40.7
炭酸苦土区	4.8	3.7	18.1	22.2	3.44	3.08	0.68	0.10	36.1	6.70	15.5
石コウ区	4.7	3.7	18.4	23.3	5.91	1.17	0.76	0.12	32.3	4.17	25.4
FTE区	4.7	3.6	48.8	21.1	4.28	2.58	0.67	0.13	36.8	4.07	20.3

pHは炭酸石灰区が6.4で他区は4.7~4.8で差がなかった。土壤の採取部位が異なるとはいえ炭酸石灰区や炭酸苦土区のpHが著しく低下した。Y₁は炭酸石灰区は低かった。炭酸石灰区は置換性カルシウム含量が高く、石灰飽和度は40%位であった。ついで石コウ区の石灰飽和度は25%で、他の各区は20%以下で低い。置換性マグネシウムは炭酸苦土区がわずかに高かった。置換性のマンガンを銅は炭酸石灰区で対照区の約4分の1に低下した。しかし他の区は対照区とほとんど差異はみられなかった。

3 考 察

クロロシの発生する現地のナシ園土壤をポットに詰め、種々の処理を施してナシ苗を移植し生育させた結果、炭酸石灰をあらかじめ添加した区を除いて2年目に明らかなクロロシが発生した。しかし炭酸石灰を添加した区ではクロロシの発生は全くみられず、生育も対照区に比較して著しく優り、根の発達も良好であった。葉のカルシウム含有率は対照区の場合0.6%で、既往の分析成績や健全葉に比較して著しく低かったが、炭酸石灰の施用によって3倍以上に増加した。また根のカルシウム含有率も炭酸石灰の施用によって対照区の3倍以上に増加した。しかし、石コウを施用した場合は対照区と同じようにクロロシが発生し、生育はほとんど変わらず、葉や根のカルシウム含有率もあまり増加しなかった。このことは単純なカルシウム欠乏ではないことを示すものであろう。また炭酸石灰を施用した場合は葉のマンガン含有率が激減した。細根のマンガン含有率も若干低下しているが、葉のように顕著ではなかった。

石コウの場合は葉のマンガン含有率は大きい変化は

みられなかったが、根のマンガン含有率は低下している。炭酸苦土を施用した場合かなり生育はよくなったが、クロロシは発生し、葉や根のカルシウム含有率は対照区とあまり変らなかつた。このことは、ナシの生育に対して第一の阻害要因が土壤酸性であることを示唆するものであろう。FTEの添加や葉面散布によって葉の鉄含有率が増加しているけれども、炭酸石灰の添加によっては増加せず、むしろいくらか減少している。このことは鉄含量とクロロシとの間に直接的関係がないことを示すものであろう。また葉や根の銅含有率も炭酸石灰の施用によって減少した。この場合葉の銅含有率は対照区でも低く問題にはならないが、根に多く集積している銅は樹の生育やクロロシに対していかなる影響があるか不明である。炭酸石灰を施用した場合根の銅含有率は多少の低下を示したにすぎなかったが、樹の生育は著しく良好となり、クロロシの発生もみられなくなった。このことから根に多く集積している銅の影響はあまり大きくないものと考えられる。特に本実験の場合は表土を使用しており、ボルドー液による銅の汚染が大きいために根に多く銅が集積したことが考えられる。現地では細根の最も多く分布している30~50cm間にはほとんど移動しておらず、根の銅含有率は小さいものと推定される。

Ⅲ 総合考察

安来地方のナシに発生するクロロシは、品種、樹令に関係なく発生する。現地で発生したクロロシについて検討した結果、樹自体の栄養的特徴と土壤的環境がある程度明らかになった。クロロシ症状を呈するナシ葉は健全葉に比べて窒素、カルシウム、鉄、ニッケルなどの含有率が低く、逆にリン、カリ、マンガ

ン、銅などの含有率は高い傾向がみられた。このうち既往の葉分析値と比較してカルシウム含有率が異常に低く、カリ含有率が高い傾向がみられた。また Ca/K 比がクロロシス葉では健全葉に比較して著しく低かった。同じように葉のカリ含有率が高くカルシウム含有率が低い場合、これらの二要素間の不均衡によってクロロシスが起る場合が報告されている。これは石灰誘導クロロシス (lime-induced chlorosis) と呼ばれ、石灰質土壌で栽培されたナシ、リンゴ、モモその他多くの果樹に発生している^{8,14,15)}。これらのクロロシス葉は健全葉に比較してカリ含有率が異常に高く、カルシウム含有率が低い。したがって Ca/K 比が低く、また鉄含有率も低い場合が多いといわれている。安来地方に発生するナシのクロロシス葉も同様な特徴がある。しかし石灰誘導クロロシスは中性ないし弱アルカリ性の石灰質土壌で発現するのに反し、本論文の対象となっているクロロシスは強酸性で石灰飽和度の低い土壌で発生しており、はなはだしく環境条件が異なる。

LINDNER ら⁸⁾は石灰質土壌で激しくクロロシスの発生したナシ樹 (パートレット) ヘクエン酸鉄を注入したところ正常に復した。この場合カリ含有率の低下はみられなかったが、カルシウム含有率は大きく増加し、Ca/K 比は正常葉のそれに近ずいた。もちろん鉄含有率も増加している。Ca/K 比と石灰誘導クロロシスとの関係は原因か結果かは不明であるが、常に相関が認められている。ポット試験の結果では炭酸石灰を施用した場合ナシ樹はクロロシスが発生せず、生育も良好となった。葉分析の結果は対照区に比べてカルシウム含有率が著しく増加しマンガン含有率が低下した。他の成分についてはあまり大きい変化がみられなかったことから、クロロシスを誘発する原因としてカルシウム欠乏とマンガン過剰が問題となる。マンガン含有率は現地の健全葉でも 300 ppm 程度のマンガンを含むものもあり、また石原ら¹⁾古藤ら⁷⁾および LEWIS ら⁹⁾ (パートレット) の成績でも正常な葉でこの程度のマンガンが含まれている。茅野ら³⁾は水稻で重金属誘導鉄クロロシスの発生は葉の鉄濃度の低下が支配的因子であることを示唆したが、本試験ではマンガン含有率の高い区も鉄含有率の低下はみられなかった。茅野ら²⁾は水稻に対する各種金属元素のクロロシス誘導力について Co > Ni, Zn > Cu, Mn の順位を示した。HUNTER ら⁵⁾がエンバクで各種金属元素を

過剰吸収させたときに発生したクロロシスの程度は Ni > Co > Cu > Cr > Zn > Mn の順位であり、茅野らの順位と多少異なった。しかし Mn がクロロシスの誘導力が最も弱い点は一致している。この点からも本試験でナシ葉にクロロシスの生じた原因をマンガンの過剰吸収とする根拠にはなりえない。他の原因としてはカルシウム欠乏が考えられる。炭酸石灰の施用によって葉や根のカルシウム含有率が激増し、クロロシスが発生しなくなり樹の生育も良くなったことは、カルシウム欠乏の可能性が大きい。現地におけるナシのクロロシス葉は健全葉に比較してカルシウム含有率が低く、カリ含有率が高く、Ca/K 比が低い。ポット試験の場合も同様な傾向であったが、炭酸石灰を施用した場合葉のカリ含有率はほとんど変わらず、カルシウム含有率が大きく増加して Ca/K 比が高くなり正常葉と変わらなくなった。安来地方のナシ葉のクロロシスは樹からみるとカルシウムの欠乏で、Ca/K のバランスと深い関係があるように思われる。土壌の強酸性 (石灰飽和度の低下) やカリ肥料の増施がカルシウムの吸収を抑制し、その欠乏を助長しているものと推定される。現地では非ボルドー液農薬に変わってから黄白化現象が多くなったといわれている。ボルドー液をひんばんに (15回~20回位) 散布していたときはその中に含まれる石灰の一部が葉面から直接吸収されていたためと、散布したボルドー液の一部が降下して土壌中へ石灰が供給され、極端なカルシウム欠乏にならなかったものと推定される。

改良対策としては石灰の供給、酸性土壌の改良、カリ肥料の控え目な施用などが考えられる。実際には石灰質肥料で土壌の酸性を改良すれば、十分に石灰は供給されることになる。しかし現地で細根の分布している部位へ石灰を施用することは、土壌が重粘で傾斜が急であるため多くの労力を要する。そのため今後現地で能率的な石灰の施用法の試験が必要である。

摘 要

1) 安来地方のナシ園では葉にクロロシスが発生し問題となっているので、その原因を究明するため、同じ園でクロロシス樹と健全樹からそれぞれ特徴ある葉とその近くの土壌を採取して分析した。

2) クロロシスは徒長枝の先端から 1/2~3/4 ぐらいまでの葉にあらわれる。症状が軽い場合は主脈を残して淡黄緑色になる。クロロシスが激しい場合は葉全体が黄白化し、え (壊) 死部ができて落葉することが

ある。

3) 葉分析の結果クロロシス葉は健全葉に比べて Ca, N, Fe, Ni などの含有率が低く、逆に K, P, Mg, Mn, Cu などは高くなった。特に Ca と K の含有率はこの傾向が顕著であった。

4) 土壌分析の結果クロロシスの発生園は酸性が強くて石灰が乏しい。特にクロロシスの発生樹付近でその傾向が強かった。

5) 現地土壌 (pH 4.8) をポットに詰めてナシ苗を植えたところ 2 年目で葉にクロロシスを生じた。しかし炭酸石灰を施用した区ではクロロシスは発生せず、樹の生育は著しく良好となった。しかし石コウ区は対照区と変わらなかった。炭酸苦土区は生育は良好となったが、クロロシスは発生した。葉面散布 (Fe, Mn, B) や FTE 施用効果はみられなかった。

6) ポット試験のナシ葉と細根の分析をした結果、炭酸石灰を施用した区の Ca 含有率は対照区の 3 倍以上も高まり、Mn 含有率は激減した。石コウ区は対照区とあまり差異がなかった。対照区の Mn 含有率はかなり高いが、過剰吸収によりクロロシスを生ずるほどではないと考えた。

7) 以上の結果安来地方のナシ葉のクロロシスはカルシウム欠乏で土壌の強酸性とカリ肥料の増施がそれを助長しているものと推定した。

謝 辞

本研究の遂行にあたり有益なご教示をいただいた当場土壌肥料科長村上英行博士、現地で試料採取と調査にご援助いただいた前荒島分場長福島勇氏、荒島分場伊藤武義主任研究員、同河野良洋研究員、安来農林改良普及所岩崎多加夫指導員、取まとめにあたりご助言をいただいた農業技術研究所水溶効美博士の各位に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 石原正義・佐藤公一・山下重良・金野三治 (1968) : ジャ紋岩地帯ナシのクロロシスに関する研究 I クロロシス園の葉、細根ならびに土壌分析。園試報 A 7 ; 73-92.
- 2) 茅野充男・北岸確三 (1966) : 重金属元素の過剰による水稻の被害に関する研究 (第 2 報) 銅, ニッケル, コバルト, 亜鉛およびマンガンの処理開始時期を変えたときの水稻の生育。土肥誌 37 : 372-377.

- 3) 茅野充男・三井進午 (1967) : 重金属元素過剰の際の水稻による鉄の吸収、移行および体内分布 重金属誘導鉄クロロシスに関する研究 (第 1 報)。土肥誌 38 : 249-254.
- 4) 細井寅三 (1959) : 植物栄養学実験 植物栄養学実験編集委員会。朝倉書店, p 372.
- 5) HUNTER, J. G. and O. VERGNANO (1953) : Trace element toxicities in oat plants. Ann. Appl. Biol. 40 : 761-777.
- 6) JACOBSON, L. (1945) : Fe in leaves and chloroplasts of some plants in relation to their chlorophyll content. Plant Phys. 20 : 233-245
- 7) 古藤 実・竹下純則・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) 梨園の葉及び土壌分析。神奈川園研報 12 ; 131-145.
- 8) LINDNER, R. C. and C. P. HARLEY (1944) : Nutrient interrelations in lime-induced chlorosis. Plant Phys. 19 : 420-439.
- 9) LEWIS, L. N. and A. L. KENWORTHY (1962) : Nutritional balance as related to leaf composition and fire blight susceptibility in the Bartlett pear. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81 : 108-115.
- 10) OLSEN, C. (1935) : Iron absorption and chlorosis in green plant. Compt. Rend. Lab. Carlsberg Ser. Chim. 21 : 15-63.
- 11) 佐藤公一・石原正義・原田良平 (1952) : 果樹葉分析に関する研究 (第 3 報) 和梨及び温州密柑の養分欠乏症。農技研報告 E 1 ; 43-59.
- 12) 佐藤公一・石原正義・原田良平 (1952) : 果樹葉分析に関する研究 (第 4 報) 和梨及び温州密柑の養分欠乏症。農技研報告 E 1 ; 60-71.
- 13) 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 (1955-1958)。農技研報告 E 8 ; 77-96.
- 14) THORNE, D. W. and A. WALLACE. (1944) : Some factors affecting chlorosis of high-lime soils. I Ferrous and ferric iron. Soil Sci. 57 : 299-312.
- 15) WALLACE, T. (1928) : Investigation on chlorosis of fruit trees. II The composition of leaves, bark and wood of current season shoots in cases of lime-induced chlorosis. Jour. Pom. & Hort. Sci. 7 : 172-183.

Summary

Chlorosis appeared in the leaves from tip to about 1/2 or 3/4 degree of the water sprout in Japanese pear trees in Yasugi district, and these pear orchards tended to increase for these several years. In order to clarify its cause, leaf and soil analysis were carried out in 8 chlorotic pear orchards. The results were as follows :

In the same orchard we analyzed N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, and Ni contents of chlorotic and healthy leaves. In leaf analysis chlorotic leaves were lower in Ca, Fe and Ni, contents, but higher in P, K, Mg, Mn and Cu contents as compared with those of healthy leaves.

The low content of nickel is supposed to be different from the cause of the chlorosis that appears by the excessive nickel in serpentine soil (Ishihara et al : 1968). All the chlorotic leaves were obviously lower in calcium content, but higher in potassium content as compared with the healthy leaves.

In order to ascertain the cause of chlorosis of Japanese pear trees in Yasugi district, a pot experiment was conducted for two years (1970-1971). The nurseries of Japanese pear (Var. : Nijusseiki) were planted in Wagner's pots with chlorotic pear orchard soil.

The treatments were as follows : control, calcium carbonate (aim at pH 6.5), calcium carbonate + composts, calcium sulfate, magnesium carbonate, and foliar spray (Fe, Mn, B). Consequently chlorotic leaves in same treated trees appeared two years after transplantation. But in the treated trees that calcium carbonate was previously added and well mixed with the soil, chlorotic leaves didn't appear at all, and both tree growth and root growth were more excellent as compared with those of the other treatment. But in the calcium sulfate treated trees chlorosis appeared and tree growth was as same as those of the nontreated trees.

In leaf analysis the calcium content of the leaf was increased and manganese content was decreased in all the calcium carbonate treated trees.

Then as the result of fine root analysis, calcium content was increased in the calcium carbonate treated trees. But in the calcium sulfate treated trees, calcium contents of both the leaf and the fine root were scarcely increased. Iron content was not increased by the addition of calcium carbonate, therefore this leaf chlorosis was not due to iron deficiency induced by excessive absorption of manganese.

From these results, the cause of chlorosis of Japanese pear trees in this district was considered mainly calcium deficiency in trees itself and this chlorosis was promoted by strong acidity of soil and heavy application of potassium fertilizer.