

# 桑園土壤の反応と石灰状態に関する研究（第3報）

## セメント副産石灰の桑樹に対する肥効

福田 俊 治

Studies on the Reaction and Lime Status of Mulberry Farm Soil Part 3.

On the Effect of Cement Dust on the Growth of Mulberry Trees and the Chemical Composition of Mulberry Leaves

Shunji FUKUDA

(昭和29年10月22日受理)

### I 緒 言

著者は先<sup>(1)</sup>に鐵質強酸性土壤に対しその置換性水素を標準として肥料用石灰を加え、中和度を種々異ならしめた鉢に桑苗を植付け、石灰施用量と桑樹の生育並びに桑葉の組成との関係を試験すると共に、試験跡地土壤の反応及びその置換性石灰含量を実験した結果、桑樹は土壤反應の酸性側に可なり廣い範囲に生育しうるが、塩基性側には非常に狭いことを報告し(第1報とする)、その後<sup>(2)</sup>更に兵庫県の代表的優劣両桑園25点についてその経歴、環境、地質、土性等を調査した後、各桑園で採集した土壤の反応及び石灰飽和度等について実験した結果、桑樹は土層深く排水良好な砂質壤土で土壤反應が pH (H<sub>2</sub>O) 5.8~6.0、置換酸度3.0~8.0の微酸性で、且つ石灰飽和度45~50%の土壤で最も経済的な栽培が行われることを報告した(第2報とする)。次いで著者は高知産セメント副産石灰の化学成分を実験すると共に、これが桑園強酸性土壤の酸度改良肥料として肥料用石灰に優る肥効を有することを鉢試験によつて確認したのでここに報告する。なお、この試験の一部は著者が兵庫県蚕業試験場勤務中に行つたもので桑樹の植付、肥培管理について援助を戴いた柁山文雄技師、三木美夫助手に謝意を表する。

### II 実験方法

(1) 供試土壤：兵庫県城崎郡日高町邊坂の洪積層に属する埴壤土で窒素、磷酸、加里の含量少なく置換酸度312.5、置換性水素に相等する石灰0.93% (乾土100分中) を含む淡黄褐色の強酸性土壤でその理化学的性質は前報<sup>(1)</sup>の通りである。

(2) 供試石灰肥料：セメント副産石灰は土佐セメント株式会社（現在日本セメント株式会社高知工場）の製品で桑樹栽培試験に使用した物の肥料成分は石灰47.09%，全加里2.69%，水溶性加里0.95%，磷酸0.18%であつて，肥料用石灰は市販の良質消石灰で石灰68.32%を含むものを実験に供した。

(3) 供試桑苗：改良鼠返接木苗，根刈1芽立。

(4) 試験区と肥培管理：風乾後2分目篩を通過せしめた供試土壤50 kg 中に含まれる置換性水素を中和するに要する石灰をセメント副産石灰並びに肥料用石灰に換算し，これをそれぞれの中和度に應じて適宜の割合に添加混合した後，高さ60cm，内径30cmの有底陶製鉢に満たして次のように6種の試験区を設置した。

セメント副産石灰加用量 (g)				肥料用石灰加用量 (g)			
(1)	25%	中和区	228.6	(4)	25%	中和区	157.6
(2)	50%	〃	457.2	(5)	50%	〃	315.2
(3)	75%	〃	685.8	(6)	75%	〃	472.8

4月下旬に生育均一な供試桑苗を1鉢1本宛植付け根刈1芽立とし，共通肥料として各鉢について硫酸45g，磷酸ソーダ25g，硫酸加里11.2gを5月と7月との2回に同量宛分施した。但しセメント副産石灰区では供試土壤の酸度中和のために加えるべきセメント副産石灰中に含まれる磷酸及び水溶性加里的量をそれぞれ磷酸ソーダ及び硫酸加里的量に換算した値，即ち25%中和区では磷酸ソーダ1.1g，硫酸加里4gを減じ，50%中和区ではその2倍量，75%中和区ではその3倍量をそれぞれ減じて施肥した。そうして土壤中の水分を調節するため雨の多い時はトタン製蓋をもつて鉢内土壤の表面をおおい，晴天が続く時には注水管及び土壤表面から水道水を注いだ。なおこの水道水の反應及び成分を試験期間中数回調べた結果，平均 pH 値は6.36，石灰含量は1立中0.0088gでこの水による土壤の中和に及ぼす影響は非常に小であると考えられる。

(5) 調査方法：7月末に桑樹の生育並びに収穫調査をした後，採集した桑葉について化学分析を行い桑葉の組成を調査した。なお桑樹の収穫後数日を経た8月初旬に採集した試験跡地土壤の反應並びに置換性石灰含量を調査した。

### III 実験結果と考察

(1) セメント副産石灰の化学成分：セメント製造に際してその原料に含まれている石灰，硅酸，磷酸，加里等の1部は高熱のために揮発せしめられ，原料の粉塵及び廢ガスと共に焼成爐から空氣中に放出される。この際粉塵は工場の周囲に飛散し附近の住民に迷惑を及ぼすから，これをコツトレル收塵装置を用いて捕集したものをセメントダスト又はセメント副産石灰と呼んでいる。この物の化学成分は原料の種類及び焼成方法によつて異なるものであるが，著者は土佐セメント株式会社製品5点を常法によつて分析した結果は Table 1 の通りである。

Table 1. Chemical composition of cement dust

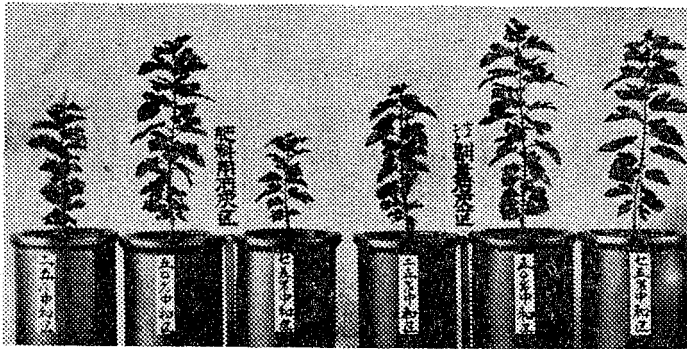
No. of Kotterel	Ign.loss %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CO <sub>2</sub> %	SO <sub>3</sub> %
I	9.24	15.37	7.16	3.42	0.12	41.88	0.97	2.06	0.12	13.87	1.54
II	2.63	16.13	6.73	3.15	0.13	43.63	0.91	1.80	0.14	6.96	4.59
III	1.90	13.25	4.23	3.20	0.23	47.81	0.51	3.38	0.19	6.00	4.68
IV	3.88	15.81	7.85	3.13	0.16	43.42	0.91	1.34	0.13	17.55	4.80
V	2.15	13.83	5.85	2.50	0.13	43.28	1.06	2.09	0.18	6.06	5.76
Mean value	3.96	14.87	6.36	3.08	0.15	44.00	0.87	2.13	0.15	10.09	4.27

Table 1によるとセメント副産石灰は石灰含量が非常に高く41.88~47.81%で5点平均44%を示している。その石灰の形態は林<sup>(3)</sup>によると主として酸化石灰、水酸化石灰、炭酸石灰、硫酸石灰、硅酸石灰として存在するもので、更に10%塩化アンモン溶液によつて置換する石灰も多いと言う。石灰に次いで硅酸13.25~16.13%が多く、礬土4.23~7.85%及び酸化鉄2.50~3.42%も可なり含まれている。炭酸含量6.00~17.55%に大差のあるのはセメント副産石灰中の酸化石灰の風化即ち炭酸を吸収した程度の差異によるものと認められる。次に加里1.34~3.38%及び磷酸0.12~0.19%はいずれも少量含まれているので石灰と共にそれら両成分の肥効も相等あるものと考えられる。林<sup>(4)</sup>が本邦産品8点を分析された結果、全加里3.30~5.52%、塩酸可溶加里3.24~5.37%、水溶性加里0.80~2.98%でローレンツ・スミス法<sup>(5)</sup>で定量した全加里のほとんど全量は塩酸に可溶であり、又全加里の約40%は水溶性であつた。川島<sup>(5)</sup>は鑛質強酸性土壌ではセメント副産石灰中の加里は緑肥大豆及びブルーピンを栽培する場合、顕著な効能を表わし硫酸加里よりも優越していることを示した。従つてこれの利用を図ることは加里資源に乏しい日本では必要なことである。

(2) 桑樹の生育並びに収穫量：6月下旬の樹勢はセメント副産石灰区では50%中和区が最も良好で75%中和区これに次ぎ、25%中和区は最も劣つていた。肥料用石灰区でも50%中和区は最も良好であつたが、25%中和区これに次ぎ、75%中和区は非常に不良であつた。なおセメント副産石灰区の樹勢は肥料用石灰区のそれに比べて各中和区共優良で、特に75%中和区ではその差が著しかつた。

(Photograph 1を参照)

Photograph 1.



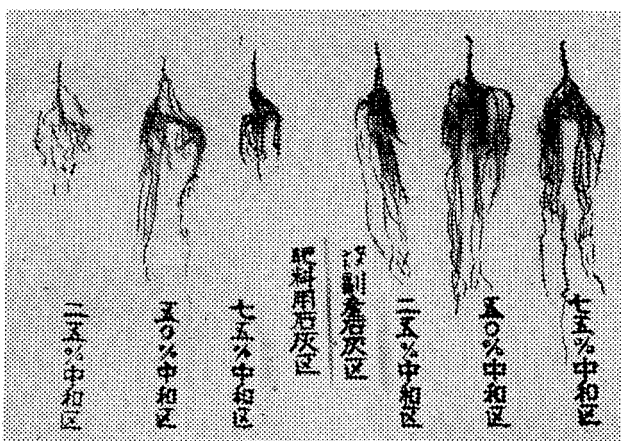
7月末に至り開葉数、条長、条径を測定した後、根元から伐採して得た枝条及び桑葉を直ちに秤量し、根は流水で土壤を除去した後日陰で暫時乾燥し表面水分の蒸発し去つた時秤量した結果はTable 2の通りである。

Table 2. The growth and yield of mulberry tree (Mean value for 10 pots)

Test plot (Treatment of soil)	Num. of leaves (mai)	Length of stem (cm)	Diam. of stem (m.m.)	Weight of leaves (g)	Weight of stem (g)	Weight of root (g)	Weight of whole plant (g)
Cement dust							
(1) 25% neut.	29	44.0	0.7	25.0	10.5	29.5	65.0
(2) 50% "	34	68.8	1.0	49.1	28.4	51.0	128.5
(3) 75% "	31	62.3	0.9	43.9	22.8	50.2	116.9
Slaked lime							
(4) 25% "	24	40.3	0.7	20.4	8.6	36.1	65.1
(5) 50% "	35	66.6	1.0	39.0	24.1	51.6	114.7
(6) 75% "	20	28.5	0.6	14.0	4.7	37.2	55.9

Table 2によると桑樹各部の生育並びに収穫量共にセメント副産石灰区では50%中和区が最も優良で、75%中和区これに次ぎ、25%中和区は最も劣るが、肥料用石灰区では25%、75%の両中和

区共非常に不良である。セメント副産石灰区の收穫量は50%, 75%両中和区共肥料用石灰50%中和区のそれよりも優良であることは注目に値することである。なお試験終了後掘り取つた根についてその伸び方並びに廣がり方を調査した結果, 各中和区共地上部の生育狀況とほぼ同一傾向にあることは Photograph 2 の通りである。 Photograph 2 .



供試土壤のような鍍質強酸性土壤では土壤に含まれる置換性水素75%以上の中和度に肥料用石灰を施用する場合は, 桑樹各部の生育を著しく阻害するものであることは先に著者<sup>(1)</sup>が報告した通りであるが, セメント副産石灰の場合は75%中和区でも50%中和区とほぼ同程度のすぐれた生育並びに收穫量を示している。これはセメント副産石灰中には速効性の酸化石灰, 水酸化石灰以外に遅効性の炭酸石灰, 硫酸石灰, 珪酸石灰が含まれており, 又石灰以外に少量ながらも種々なる形態の磷酸, 加里その他の肥料成分を含むため, それらの相互補助作用によつて石灰過多による阻害作用を防除しているものと推察される。従つて桑園土壤の酸度を中和する場合, セメント副産石灰を利用の方が桑園能率増進上得策であると考えられる。

(3) 桑葉の組成: 收穫調査の際採取した新鮮桑葉を 90~95°C の蒸氣乾燥器で30分間乾燥した後細粉し孔径1mm の篩を通過せしめたものについて分析を行つた結果は Table 3 の通りである。但し水可溶糖類<sup>(6)</sup>は試料3gを約60°Cの温湯で数回浸出した後, その浸出液に塩基性醋酸鉛を加えて蛋白質, 色素等を沈澱せしめた濾液に稀硫酸を加えて過剰の鉛を除去し全量を100ccとなし, これから75ccをとり濃塩酸5ccを加え, 70°Cの温湯中で10分間加水分解を行い, 冷却後苛性ソーダで微酸性に中和しベルトラン法によつて葡萄糖量を求めた。窒素はマイクロケルダール法, 磷酸はモリブデイック法, 加里は塩化白金法, 石灰は過滴俺酸加里滴定法, 純蛋白質はバルンスタイン法, 炭水化物, 粗脂肪, 粗纖維, 粗灰分等は常法によつて求めた。

Table 3. The Chemical composition of mulberry leaves (% for fresh matter)

Test plot (Treatm. of soil)	Moisture	N	Crude protein	True protein	Carbo-hydrate	Wat.sol sugar	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Cement dust.												
(1) 25% neut.	69.88	1.68	10.52	8.10	9.12	3.06	2.01	2.37	2.67	0.23	0.55	0.52
(2) 50% "	68.25	1.69	10.55	9.15	9.25	3.82	2.36	2.36	2.89	0.29	0.64	0.82
(3) 75% "	69.32	1.66	9.96	8.44	9.23	3.65	2.23	2.29	3.26	0.25	0.60	0.98
Slaked lime												
(4) 25% neut.	69.82	1.43	8.94	7.30	9.14	3.37	1.77	2.71	2.50	0.24	0.52	0.54
(5) 50% "	69.42	1.58	9.87	7.40	9.27	3.91	2.16	2.64	2.92	0.25	0.54	0.88
(6) 75% "	67.01	1.55	9.69	7.05	9.15	3.39	2.06	2.57	3.31	0.21	0.45	1.09

Table 3によると両試験区における桑葉成分の差は少ないが窒素、磷酸、加里、純蛋白質、粗脂肪等はセメント副産石灰区に多く、炭水化物、水可溶糖類、粗繊維、粗灰分、石灰等は肥料用石灰区に多い。今回の試験でも前回<sup>(1)</sup>と同様に窒素、磷酸、加里のような肥料3要素並びに蛋白質、炭水化物、水可溶糖類のような家蚕の栄養と関係の深い成分が50%中和度にセメント副産石灰を加用する時最も多い傾向が認められる。しかしセメント副産石灰を使用する場合には75%中和度でも50%中和度の桑葉成分との差は非常に少なく、肥料用石灰75%中和度のような桑葉品質の低下は認められない。この原因は桑樹の生育並びに収穫量の項で述べたと同様に考察せられる。

(4) 跡地土壌の反応並びに置換性石灰含量：桑樹の生育及び収穫調査を行つた後、各試験区鉢中の土壌を表層下5~40cmの範囲に採集混合し風乾した後孔径2mmの篩を通過せしめ、この反応及び置換性石灰含量を実験した結果はTable 4の通りである。

但し反応pHは細土1に対し2.5の割合の水又は規定塩化加里懸濁液についてキンヒドロ法、置換酸度は大工原塩化加里法によつて検定し、加水酸度は醋酸石灰法によつて第1回滴定値(y<sub>1</sub>)をもつて表わし、置換性石灰は大工原法による置換酸度検定濾液に蔭酸アンモン溶液を加え沈澱した蔭酸石灰を過満俺酸加里溶液で滴定定量した。

Table 4. The reaction and exchangeable lime content of each plot soil

Test plot (Treatment of soil)	pH		Acidity		Exchangeable CaO (%)
	H <sub>2</sub> O	KCl	Exchange	Hydrolytic	
Cement dust					
(1) 25% neut.	4.62	3.77	173.4	48.7	0.31
(2) 50% "	4.98	4.17	20.4	12.0	0.64
(3) 75% "	6.02	5.21	0.6	3.9	0.81
Slaked lime					
(1) 25% neut.	4.63	3.84	140.7	45.5	0.36
(2) 50% "	5.05	4.20	20.7	11.5	0.64
(3) 75% "	7.06	6.33	赤変	2.0	0.84

Table 4によると石灰施用の増加にしたがい両試験区共にpH値は大となり、肥料用石灰75%中和区ではpH(H<sub>2</sub>O)が既に7.06となり、置換酸度も赤変となつて明らかに塩基性を示している。ところがセメント副産石灰区では75%中和度でもpH(H<sub>2</sub>O)は6.02、置換酸度も0.6で微酸性を呈し桑樹の生育に適する酸度に近くなつている。pH(KCl)値並びに加水酸度は両試験区共ほぼ同様の関係にあるが、前者はpH(H<sub>2</sub>O)値に比べて、又後者は置換酸度に比べていずれも可なり低い値を示している。置換性石灰含量は石灰施用にしたがい比例的に増加しているが、肥料用石灰区にやや多い傾向が見える。以上の結果からセメント副産石灰を桑園土壌の酸度中和に使用する場合、土壌の置換性水素に対し50~75%中和度に加用するとよいのであるが、桑樹栽培上最適中和度は65%内外であると推察される。これを要するにセメント副産石灰は比較的多量の石灰を含むと共に、少量ながら加里、磷酸その他の肥料成分を含むので、桑樹の生育、収穫量並びに桑葉葉質に及ぼす影響は非常に良好である。従つて桑園酸性土壌中和用として肥料用石灰にまさるものである。

#### IV 総 括

高知産セメント副産石灰の化学成分を実験した後、腐植質に乏しく窒素、磷酸及び加里含量の少ない鍍質強酸性土壌を用い、これに対し置換性水素の25、50、75%を中和するようセメント副産石灰を加用したものに桑苗を植付けた鉢試験で、桑樹の生育、桑葉の組成並びに土壌反応に及ぼす影響を肥料用石灰のそれと比較して試験した結果を総括すると次の通りである。

(1) 高知産セメント副産石灰5点の化学成分を実験した結果、石灰が最も多くて41.88~47.81%、

平均44%を占め、加里は1.34~3.38%,平均2.13%,磷酸は0.12~0.19%,平均0.15%含まれていた。

(2) この試験の範囲内では置換性水素の50%中和度は桑樹の生育最も旺盛で収穫量も多く、75%中和度はこれに次ぎ、25%中和度では土壤の酸性が強く桑樹の生育を著しく阻害し収穫量を減じた。概してセメント副産石灰区は肥料用石灰区に比べて各中和区共桑樹の生育、収穫量共にまさつていた。

(3) 両試験区における桑葉成分の差は少ないが、蛋白質、粗脂肪、窒素、磷酸、加里はセメント副産石灰区に多く、炭水化物、水可溶糖類、粗繊維、粗灰分、石灰は肥料用石灰区に多かつた。なお窒素、磷酸、加里のような肥料3要素並びに蛋白質、炭水化物、水可溶糖類のような家蚕の栄養と関係の深い成分は50%中和度にセメント副産石灰を加用する時最も多かつた。

(4) 試験跡地土壤の反應はセメント副産石灰50%中和区ではpH(H<sub>2</sub>O)4.98、置換酸度20.4、75%中和区ではpH(H<sub>2</sub>O)6.02、置換酸度0.6を示し、いずれも桑樹栽培上好適酸度であつたが、肥料用石灰75%中和区ではpH(H<sub>2</sub>O)7.06、置換酸度赤変で塩基性を呈し桑樹の生育を著しく阻害した。

(5) 桑樹栽培上セメント副産石灰の最適施用量は地質、土性、氣象、肥料その他によつて異なるがこの試験に使用したような鐵質強酸性土壤では65%内外であると推察した。

(6) この研究によつてセメント副産石灰は比較的多量の石灰を含むと共に少量ながら磷酸、加里その他の肥料成分を含むので、桑樹の生育、収穫量並びに桑葉葉質に及ぼす影響は良好で桑園酸性土壤中和用として肥料用石灰にまさるものである。

## 文 献

- (1) 福田俊治：日本土肥誌，15，227(1941)
- (2) "：日本土肥誌，22，222(1952)
- (3) 東京大学農藝化学教室：農藝化学分析書，上巻(1948)
- (4) 林義三：日本土肥誌，7，197(1933)
- (5) 川島祿郎：農業と經濟，2，1791(1935)
- (6) 中島茂他3名：長野縣蚕業試験場報告，26，12(1933)

(高知女子大学栄養化学研究室)

## Summary

This paper deals with the chemical composition of cement dust from Kochi prefecture and its effect on the growth and yield of mulberry trees. To highly acidic mineral soil of diluvial series was added cement dust so that 25, 50 and 75% of the exchangeable hydrogen might be neutralized, and mulberry trees were cultivated on the soil.

The following results are obtained.

- (1) The chemical composition of cement dust from Kochi prefecture is shown in Table 1. The cement dust contained comparatively higher amount of lime, which varied between 41.88% and 47.81%.
- (2) The growth and yield of mulberry trees are best on the soil of which 50% of exchangeable hydrogen was neutralized with cement dust.
- (3) The reaction and exchangeable lime content of each plot are shown in table 4. From the above results it appears that the optimum neutralization degree of exchangeable hydrogen in cultivating mulberry tree on highly acidic mineral soil is about 65% and the cement dust is better than the slaked lime for this purpose.

(Laboratory of Nutritional Chemistry, Kochi Women's College, Kochi City, Japan)