

# クレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物の 土壌によるリン酸固定に及ぼす影響 (第2報)

橋本雄司

信州大学農学部 肥科学研究室

## I 緒 論

クレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物の土壌リン酸固定に及ぼす影響の一端として、前報<sup>1)</sup>において次のことを明らかにした。石灰岩台地上の赤色土壌、阿そ火山灰土壌、花崗岩風化心土、干拓地砂土に腐植酸塩及びクレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物(クレモール)を1%処理した場合、無処理にくらべてリン酸吸収係数が低下した。

それは土壌により、pHにより、また試料が何塩であるかによつて差はあつたが一般にリン酸吸収係数を低下させる傾向をもつていた。クレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物は腐植酸塩にくらべ効果は弱いようにみえたが、条件によつては同等の効果も示した。またナトリウム塩が普遍的に有効であるように思われた。

前報実験はこれら試料で前処理した土壌及び Control 土壌を  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  溶液中に suspend し、後遠心分離してその溶液中の  $\text{P}_2\text{O}_5$  の減少量をもつて固定量とした。これは見掛けの固定と真の固定の和であつて、そのうちどれほどが植物に可吸態でどれほどが不可吸態であるか明らかでない。

本報においては土壌にこれらの試料を加えることによつて土壌に施用した肥料リン酸の可吸度がどう変り植物に利用される率がどう変るかを試験した。比較として無処理、腐植酸塩処理も併せて試験した。

現今リン酸質肥料は多用及びその粒状化がおこなわれており、これは土壌中で局所的に相当にリン酸肥料の高濃度部分ができる可能性をもつている。したがつてリン酸を多く与えた場合にこれら試料が有効態リン酸の保持にどのように役立つかをみた。また実際に植物もちいて肥料リン酸の有効度の判定もおこないその結果を得たので報告する。

## II 実験及び結果

### (1) 試料

#### (A) 腐植酸 (以下 HA と略記)

前報のごとくに抽出精製したナトリウム塩 (以下 HA-Na と略記) とアンモニウム塩 (以下 HA-NH<sub>4</sub> と略記) をもちいた。

#### (B) クレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物 (以下 Clemol と略記)

スガイ化学工業株式会社より提供を受けたものでナトリウム塩 (以下 Clemol-Na と略記) 及びアンモニウム塩 (以下 Clemol-NH<sub>4</sub> と略記)、カルシウム塩 (以下 Clemol-Ca と略記)、

マグネシウム塩（以下 Clemol-Mg と略記）をもちいた。

前報には Clemol-Mg はもちいていないが、これは非常に水に可溶で Mg7.51%を含有しており形状は他の塩と全く変らないものであつた。

(2) 供試土壌

(A) 東岩永赤色土壌

前報に詳述したので略す、第1実験に使用。

(B) 阿そ火山灰土壌

前報に詳述したので略す、第1実験に使用。

(C) 秋芳洞内白色土壌

山口県秋吉台秋芳洞内の白色土壌でカルシウムが主成分と考えられる土壌、pH7.73である。しかし塩酸添加時発泡はみられず活性の炭酸カルシウムは少ないと思われた、第1実験に使用。

(D) 印内土壌

山口県下関市印内の土壌で洪積層花崗岩風化鉍質土壌心土、pH4.54、最大容水量27.05%、黄色で鉄、アルミに富みリン酸吸収系数479のリン酸固定力のやや強い土壌である。

風乾し1mmのふるいを通したものを第2実験及び第3実験に使用した。

(3) 第1実験

リン酸を多用した条件下で HA, Clemol 各塩の処理が土壌の水溶性リン酸、有効態リン酸の保持力をいかに増すかを測定した。

(A) 実験方法

HA 塩, Clemol 塩の土壌添加は前報方法をもちい、処理土壌をつくつた。この処理土壌及び無処理土壌5gに100mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>相当のリン酸1石灰((Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 試薬1級))を混合し、最大容水量の水を加えてよくこね、風乾しつつ1か月放置した。

この土壌5gを100ml三角フラスコにとり水50mlを加え、40°Cで5時間時々振とうしつつ放置し、1時間放冷後遠心分離し上澄液の一部をケイ酸分離後モリブデン青法で比色し、水溶性リン酸を定量した。

また、この土壌5gを100ml三角フラスコに入れ、あらかじめ遠心分離液が0.2Nになるよう調整した塩酸50mlを加えて40°Cで5時間時々振とうしつつ放置、1時間放冷後遠心分離、上澄液10mlをケイ酸分離後イオン交換樹脂法でリン酸を定量し、0.2NHCl可溶性(可吸態)リン酸を定量した。

(B) 結果

リン酸1石灰混合1か月後の水溶性リン酸量、0.2NHCl可溶性リン酸量を第1表に示した。またこれを図に示すと第1図のとおりである。

(4) 第2実験

HA及びClemolを相当多量に土壌に施用した場合作物が施用リン酸の吸収を増すかどうか、またその作後に土壌中に有効態のリン酸が増加するかどうか試験した。

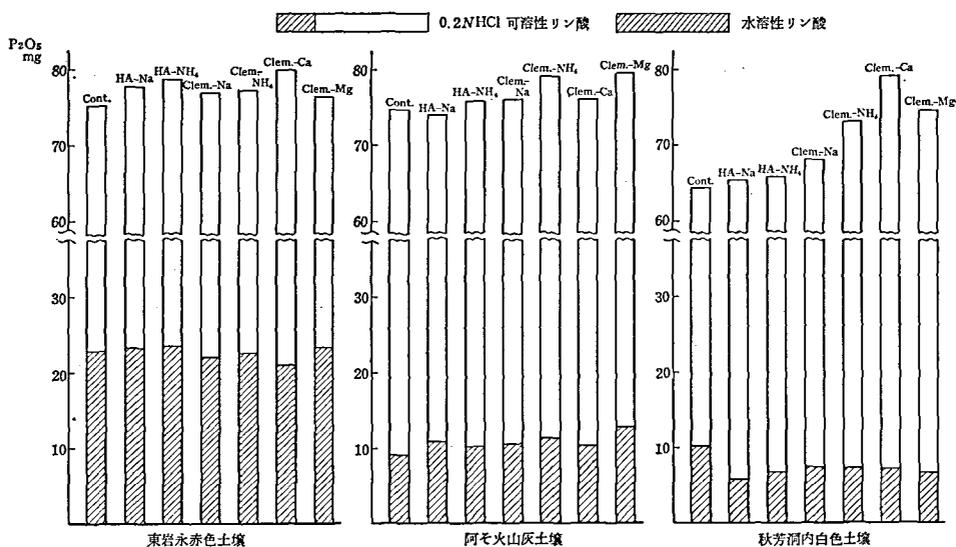
(A) 実験方法

直径12cm、深さ12cmのホーロー製ポットに印内土壌1.2kgをつめ、土壌の1%に相当する12gのHA塩及びClemol塩を肥料と充分混合して土壌全体に均一に混合した。肥料は窒素は硫酸でポット当りNとして0.2g、リン酸は過リン酸石灰でP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として0.1g、カリは:

第1表 土壌5g中の水溶性及び0.2NHCl可溶性リン酸量  
(リン酸1石灰添加後1か月)

土 壌 及 び 処 理	1石灰を加えた土壌のpH*	水溶性リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg)	0.2NHCl可溶性リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg)	水溶率(%)	
東岩永赤色 土壌	無 処 理	4.54	22.80	75.30	30.27
	HA-Na	4.58	23.33	77.84	29.97
	HA-NH <sub>4</sub>	4.61	23.51	78.89	29.80
	Clemol-Na	4.98	22.08	76.99	28.67
	Clemol-NH <sub>4</sub>	5.14	22.53	77.41	29.10
	Clemol-Ca	4.78	21.64	80.37	26.92
	Clemol-Mg	4.72	23.42	76.57	30.58
阿そ火山灰 土壌	無 処 理	5.25	9.14	74.88	12.20
	HA-Na	5.57	10.84	74.03	14.64
	HA-NH <sub>4</sub>	5.29	10.28	75.95	13.53
	Clemol-Na	5.39	10.60	76.16	13.91
	Clemol-NH <sub>4</sub>	5.40	11.17	79.35	14.07
	Clemol-Ca	5.40	10.36	76.16	13.60
	Clemol-Mg	5.21	12.93	79.78	16.20
秋芳洞内白 色土壌	無 処 理	5.33	10.30	64.46	15.97
	HA-Na	5.68	5.88	65.52	8.97
	HA-NH <sub>4</sub>	5.61	6.80	65.95	10.31
	Clemol-Na	5.61	7.56	68.29	11.07
	Clemol-NH <sub>4</sub>	5.55	7.47	73.18	10.20
	Clemol-Ca	5.45	7.40	79.27	9.33
	Clemol-Mg	5.67	6.69	74.76	8.94

\* 1 : 2.5水懸濁, ガラス電極



第1図 リン酸1石灰添加処理土壌5g中の水溶性リン酸及び0.2NHCl可溶性リン酸量

塩化カリで  $K_2O$  として  $0.2g$  施用した。ただし  $HA-NH_4$  及び  $Clemol-NH_4$  区はその保持しているアンモニア性窒素量だけ硫酸換算し施肥量を減じた。

施肥後ホワイトデントコーン10粒を土壌表面下  $1cm$  の所に播種し、最大容水量の50%の水分を与えた。ポットは毎日重量チェックにより蒸発蒸散した水分を補い最大容水量の50%の水分を保持した。

9月21日播種し、ガラス室内にポットを置き、9月29日に間引いて4本立とした。10月18日生育調査後収穫、収穫植物体は  $105^\circ C$  で乾燥して乾物重を計測後これを粉砕してリン酸含量をモリブデン青比色法で測定した。また土壌は中心部を打抜き風乾後、第1実験と同一方法で  $0.2NHCl$  可溶性リン酸を定量した。

### (B) 結果

生育調査結果 生鮮重及び乾物重、植物体中のリン酸含量、植物のリン酸吸収量を第2表に示した。また作後の土壌中の  $0.2NHCl$  可溶性リン酸量及びそれと植物による吸収リン酸量の和、可吸率を第3表に示した。可吸率とは作後土壌中に残存する  $0.2NHCl$  可溶性リン酸量と植物が吸収したリン酸量の合量を施肥リン酸量で割った数値を仮称したものである。

$$\text{可吸率} = \frac{0.2NHCl \text{ 可溶性リン酸量} + \text{植物が uptake したリン酸量}}{\text{施肥リン酸量}} \times 100$$

第2表 生育調査及び収量調査、植物体分析結果  
(第1実験における)

処理区	草丈* (cm)	生鮮重** (g)	乾物重** (g)	植物体中リン酸 含量(%)	リン酸全 吸収量** ( $P_2O_5$ mg)
無処理	59.2	50.0	3.6	0.76	27.57
HA-Na	53.9	56.4	3.9	0.78	30.65
HA- $NH_4$	60.4	49.3	3.7	0.76	28.26
Clemol-Na	29.6	7.8	0.9	0.96	8.67
Clemol- $NH_4$	18.8	1.7	0.3	1.71	6.09
Clmol-Ca	27.0	8.6	0.9	0.80	7.26
Clemol-Mg	30.7	9.8	1.0	0.77	7.70

\* 2ポット平均値 \*\* 2ポット合計値

第3表 土壌中  $0.2NHCl$  可溶性リン酸量、全可吸態リン酸量及び可吸率  
(第1実験作後ポット土壌における)

処理区	$0.2NHCl$ 可溶性 リン酸量 ( $P_2O_5$ mg%)	全 $0.2NHCl$ 可溶性 リン酸量 ( $P_2O_5$ mg)	土壌中の $0.2NHCl$ * 可溶性リン酸量と植物に 吸収されたリン酸量の 和 ( $P_2O_5$ mg)	可吸率 (%)
無処理	4.33	103.92	131.49	65.74
HA-Na	4.05	97.20	127.85	63.92
HA- $NH_4$	4.30	103.20	131.46	65.73
Clemol-Na	6.95	166.80	175.47	87.73
Clemol- $NH_4$	7.07	169.68	175.77	87.88
Clemol-Ca	5.78	138.72	145.98	72.99
Clemol-Mg	6.33	151.92	159.62	79.81

\* 2ポット合計値

## (5) 第3実験

第2実験後の土壌を2分し、リン酸施用区とリン酸無施用区をつくり前作に施用したリン酸の有効性持続と、HA塩及びClemol塩の第2作めに及ぶ効果とをみた。

## (A) 実験方法

前作ポット内の土壌を取り出しよく風乾後根をふるい別け直径12cm、深さ7cmのホーロー製ポット2つに別け入れた。土壌は500gずつであつた。全ポットを2分しAブロック、Bブロックと称した。HA塩及びClemol塩処理はせず、肥料のみを土壌全体に均一に混合した。Aブロックは窒素、リン酸、カリを施用し、Bブロックは窒素とカリのみを施用した。窒素はポット当りNとして100mgを硫酸で、リン酸は $P_2O_5$ として50mgを過リン酸石灰で、カリは $K_2O$ として100mgを塩化カリで施用した。但し、第2実験におけるようにアンモニア態窒素を含む試料区での窒素施用減はおこなわなかつた。

施肥後エンバク10粒を表面下2cmの位置に播種し、最大容水量の50%の水分を与えた。ポットは毎日重量チェックによりこの水分量を保ちガラス室内に置いた。

11月12日播種後、11月28日間引いて7本立とし、12月29日生育調査後収穫した。植物体は $105^{\circ}C$ で乾燥し、乾物重を計測後粉碎、モリブデン青比色法で植物体中のリン酸を定量した。

また、土壌は中心部を打抜き、風乾後第1実験と同一方法で0.2NHCl可溶性リン酸を定量した。

## (B) 結果

生育調査結果、生鮮重及び乾物重、植物体中のリン酸含量、植物によるリン酸吸収量を第4表に示した。

また、作後の土壌中の0.2NHCl可溶性リン酸量及びそれと植物による吸収リン酸量との和を第5表に示した。

## III 考 察

## (1) 第1実験について

前報において東岩永赤色土壌ではHA塩、Clemol塩共にあまり大きな固定抑制効果は現わしていない。pH5~4附近で5gの土壌が固定するリン酸量を2mg程度低下させているにすぎない。また阿そ火山灰土壌ではやや効果がみられpH5~4附近で5gの土壌が固定するリン酸量を最高10mg程度減少させた。しかし塩類によつてはほとんど効果のみられないものもあつた。秋芳洞内白色土壌についてはClemolの効果を試験した例はないが、HA塩に関する橋本、口羽<sup>2)</sup>の報告によるとHA-NaはpH7附近で5gの土壌が固定するリン酸量を60mg程度低下させ、HA-NH<sub>4</sub>でも20mgほど低下させており、秋芳洞内白色土壌におけるHA塩の効果の大きいことが知られている。

本報第1実験の結果は、前報結果と大体類似傾向を示した。もつとも前報では土壌をリン酸溶液中に24時間suspendさせた場合その土壌がリン酸溶液中のリン酸を固定する量を測定しているのに対し、本実験は土壌にリン酸1石灰を施用したと同じ状態のもとで土壌が施用リン酸を不可吸化する量を測定しており、適確に比較することはできない。

次に各土壌について述べると、

## A 東岩永赤色土壌の場合

HA塩、Clemol塩各処理ともいずれも0.2NHCl可溶性リン酸量を増している。前報でpH

第4表 生育調査及び収量調査, 植物体分析結果  
(第1実験の後作第2実験における)

ブロック	処理区	草丈 (cm) *	生鮮重 (g) **	乾物重 (g) **	植物体中リン 酸含量 (%)	リン酸全吸 収量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg)
A リン酸 施用	無処理	32.5	9.9	1.40	1.05	14.79
	HA-Na	34.0	13.6	1.55	1.61	24.95
	HA-NH <sub>4</sub>	31.2	10.5	1.35	1.30	17.65
	Clemol-Na	8.7	0.4	0.13	1.11	1.54
	Clemol-NH <sub>4</sub>	7.2	0.3	0.12	1.29	1.56
	Clemol-Ca	7.2	0.3	0.09	1.07	1.04
	Clemol-Mg	7.7	0.3	0.12	0.92	1.15
B リン酸 無施用	無処理	25.0	5.3	0.75	0.53	3.97
	HA-Na	35.7	11.4	1.45	0.67	9.84
	HA-NH <sub>4</sub>	27.2	5.2	0.75	0.60	4.50
	Clemol-Na	9.0	1.5	0.13	1.32	1.74
	Clemol-NH <sub>4</sub>	6.2	1.0	0.07	1.57	1.17
	Clemol-Ca	8.2	1.5	0.13	1.45	1.89
	Clemol-Mg	10.2	2.5	0.17	0.92	1.62

\* 2ポット平均値 \*\* 2ポット合計値

第5表 土壤中 0.2NHCl 可溶性リン酸量, 全可吸態リン酸量  
(第2実験作後ポット土壌における)

ブロック	処理区	0.2NHCl 可溶性 リン酸量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg%)	全0.2NHCl可溶性 リン酸量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg)	土壌中の0.2NHCl可溶 * リン酸量と植物に吸収され たリン酸量の和 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg)
A リン酸 施用	無処理	6.98	69.8	84.59
	HA-Na	7.21	72.1	97.05
	HA-NH <sub>4</sub>	7.21	72.1	89.75
	Clemol-Na	9.39	93.9	95.46
	Clemol-NH <sub>4</sub>	9.92	99.2	100.76
	Clemol-Ca	8.43	84.3	85.36
	Clemol-Mg	9.45	94.5	95.65
B リン酸 無施用	無処理	2.76	27.6	31.57
	HA-Na	3.06	30.6	40.44
	HA-NH <sub>4</sub>	3.24	32.4	36.90
	Clemol-Na	6.75	67.5	69.24
	Clemol-NH <sub>4</sub>	5.65	56.5	57.67
	Clemol-Ca	5.32	53.2	54.31
	Clemol-Mg	5.05	50.5	52.12

\* 2ポット合計値

4.5~5.0附近で効果を示さなかつた HA-NH<sub>4</sub> Clemol-Na にも効果がみられ, 最低Clemol-Mg の1mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5g soil の0.2NHCl 可溶性リン酸増加から, 最高 Clemol-Ca の5mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5g soil の増加まですべてリン酸固定の抑制を示した。

一方水溶性リン酸量は必ずしも増加していない。Clemol-Na Clemol-NH<sub>4</sub> Clemol-Ca では水溶性リン酸量は Control に比べやや低下している。ことに興味のあるのは Clemol-Ca で 0.2NHCl 可溶性リン酸量は最も多いにもかかわらず水溶性リン酸量は最も少ない。

リン酸 1 石灰は土壌中で次第に 2 石灰化し次いで不可吸化すると考えられるから、水溶性リン酸の多いことは 1 石灰形態の存在が多いとみなされる。本土壌では Clemol-Ca はリン酸 1 石灰の 2 石灰化を進めると考えられる。Clemol-Ca のカルシウムが 1 石灰に附加して 2 石灰化を促進するためではないだろうか。東岩永赤色土壌では HA 塩、Clemol 塩共に土壌に加えられたリン酸 1 石灰を水溶性で保つ力はほとんどないと言つてよい。

#### (B) 阿そ火山灰土壌の場合

HA-Na 塩を除いて、HA 塩、Clemol 塩共に 0.2NHCl 可溶性リン酸量を増加させている pH5.2~5.5 の範囲で前報ほど顕著な効果ではなかつたが、約 1 mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5g soil から 5 mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5g soil ほど 0.2NHCl 可溶性リン酸量が増加している。唯、前報で非常に効果のある結果を示した HA-Na が本報ではむしろ Control より 0.2NHCl 可溶性リン酸量が少なくなっている。

この理由は、前報におけるリン酸固定が見掛けの固定でかなり水溶性に近いリン酸以外は固定リン酸として現れているからであろう。したがつて、本報実験における水溶率の高いものは前報では固定抑制が大きく現われている可能性がある。水溶率の高い HA-Na Clemol-NH<sub>4</sub> (前報にはないが Clemol-Mg) などは前報では見掛けの固定が少なく現われている。

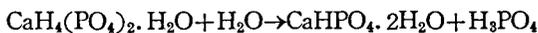
水溶性リン酸量は HA 塩、Clemol 塩共に増加させている。これはリン酸 1 石灰形態の残存を増大させる作用があつたと考えられるが東岩永赤色土壌の場合とやや傾向は異なる。しかし HA-NH<sub>4</sub>、Clemol-Ca はその作用が弱い。それに対し 2 価塩である Clemol-Mg はかなり水溶性リン酸を保持している。

#### (C) 秋芳洞内白色土壌の場合

HA 塩、Clemol 塩共に 0.2NHCl 可溶性リン酸を増加させている。ことに、Clemol-NH<sub>4</sub> Clemol-Ca Clemol-Mg はその作用が強い。リン酸固定物の主体がカルシウムと思われるこの土壌において Clemol-Ca が効果の大きいことは興味深い。

水溶性リン酸の残存は処理によつていずれも減少している。これは阿そ火山灰土壌の場合と全く逆の結果で、HA 塩、Clemol 塩は土壌によつてはリン酸 1 石灰の 2 石灰化を妨げる場合と、促進する場合があるのではなからうか。

リン酸 1 石灰は次式のように加水分解し、2 石灰化すると同時にリン酸を遊離する。



この遊離されたリン酸はおそらく短時間に土壌中の鉄、アルミニウム、カルシウムと結合して不可吸化するであろう。一方リン酸 2 石灰も次第に形態変化し不溶化していく。本土壌のようにカルシウムが主成分である土壌では、リン酸 2 石灰の 3 石灰形態への移行も早いであろうが一方遊離したリン酸はおもにカルシウムと結合し、鉄やアルミニウムと結合した場合よりも永く 0.2NHCl 可溶性で存在する可能性が強い。したがつて、他土壌の場合とやや異なり 0.2NHCl 可溶性リン酸の保持は大きくなる傾向があらう。

しかし、Control では 0.2NHCl 可溶性リン酸は少なく、Clemol 塩処理ではかなり多い。このことはリン酸 2 石灰の形態変化を Clemol が妨げているのではなからうか。

全般的にいつて、Clemol 塩は供試した三土壌において、0.2NHCl 可溶性リン酸の保持を

大きくし、HA 塩相当またはそれ以上のリン酸固定抑制効果を示したと言えよう。一方水溶性リン酸保持は土壌によつて Clemol 塩処理の効果がかなり異つていた。Clemol 塩処理が土壌の水溶性リン酸の残存量を多くする場合と逆に少なくする場合とがあつた。しかしこれはNA塩と同様の傾向で Clemol 塩の特徴ではない。

0.2NHCl 可溶性リン酸が植物に可吸態のリン酸と全く同一であると決めるには多くの疑問がある。その当、不当もいろいろ論じられているが、本実験においても可吸態のリン酸と断定してこれを取扱つたのではなく、可吸態リン酸の目安とするために採用したのである。実際に植物に吸収されるリン酸の定量は植物体をもちいての実験によらねばならない。

本実験で阿そ火山灰土壌に対する HA-Na 処理及び Clemol-NH<sub>4</sub> 処理の結果から前報における“見掛けのリン酸固定”と称するものの中に植物に不可吸化されたリン酸とかなり可吸態のリン酸の含まれることが強く示唆された。前報実験では、かなり水溶性に近いリン酸でないと固定リン酸と見なされていたようである。本実験の結果水溶性リン酸の残存量と前報のリン酸固定抑制量とにかなりの相関があることがわかつた。しかし前報のリン酸固定抑制量は本報 0.2NHCl 可溶性リン酸残存量とも相関している。このことは東岩永赤色土壌の場合の Clemol-Ca Clemol-NH<sub>4</sub> 処理の結果からも明らかである。土壌または処理によつて、0.2NHCl 可溶性リン酸残存量と水溶性リン酸残存量が比例しない場合がある。このときは前報リン酸固定抑制量から処理によるリン酸固定抑制効果を即断することは難かしい。

前報の見掛けの固定中かなり可吸態のリン酸が含まれることはわかつたが、本実験の結果からそれがどの程度の割合を占めるかはわからない。

## (2) 第2実験について

Clemol 塩は土壌に対し1%施用した場合植物生育を阻害し、トウモロコシはほとんど生育せず、Clemol 塩の1%処理は過剰であつた、Clemol 塩の害作用が高濃度で現われることは知られていたが、トウモロコシに対しては土壌に対し1%の施用で害が現われることがわかつた。

HA 塩施用区は良好な成育を示した。しかし生育は無処理区と差はなく、植物体中のリン酸含量、植物によるリン酸 uptake も無処理と差はなかつた。Clemol 塩区は植物の生育が極めて劣つたため植物体のリン酸含有率の高い区もあつたが植物による uptake は非常に少なかつた。

作後の土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸量は、HA 塩区では HA-Na がやや少ない感じで、HA-NH<sub>4</sub> 区は無処理区と変らなかつた。Clemol 塩区はすべて 0.2NHCl 可溶性リン酸残存量が高く、いずれも無処理区にまさつた。これは Clemol 塩区がすべて植物生育の劣つたため植物による uptake がほとんどないことから当然と考えられる。しかし仮に Clemol 塩区の植物が HA-Na 区程度に生育しリン酸を吸収したと考へてもかなり土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸量は多い、このことは可吸率に端的に現われている。

植物によるリン酸の uptake は植物の地下部のリン酸含量と地上部のリン酸含量を定量しなければ判らない。本実験では地上部のリン酸のみ定量しているに過ぎないから可吸率といつても不正確であるし、第1実験考察にも述べたごとく、0.2NHCl 可溶性リン酸即ち可吸態リン酸ではないからこの可吸率はあくまでも施用したリン酸のうち可吸態として作後まで存在していた量を相対的に推定させるに役立つに過ぎない。

地上部が uptake したリン酸量と 0.2NHCl 可溶性リン酸量の和は無処理区と HA 塩区に差はないが Clemol 塩区は無処理区よりかなり大きい。植物生育に大きな差があり正確には

いえないが地下部のリン酸 uptake 量を考慮に入れても Clemol 塩区の全 uptake リン酸量と 0.2NHCl 可溶性リン酸量の和は無処理, HA 塩区より大きいであろう。

要するに Clemol 塩区は無処理区, HA 塩区に比べ植物生育が著しく劣り正確には云われないが, Clemol 塩の土壌に対する 1% 施用は, HA 塩の等量施用と同等もしくはそれ以上に土壌中の 0.2NHCl 可溶性リン酸の保持を多くする可能性がみられた。

この結果は第 1 実験の結果と同様の傾向を示している。

### (3) 第 3 実験について

Clemol 塩の害作用はエンバクにも現われ, A ブロック, B ブロック共に生育を阻害し, 発芽も抑制した。その害作用は前作により軽減した様子はない。収量はほとんど得られず植物に可吸態のリン酸量を比較することはできなかつた。

HA 塩区は A, B 両ブロックともに健全に生育した。各ブロックについて述べると,

#### (A) A ブロック

A ブロックは HA 塩, Clemol 塩を加えず, リン酸施肥をおこなっており, 前作に施用した HA 塩, Clemol 塩が後作に施用した肥料リン酸に及ぼす影響をみたわけである。この場合, 前作において生育が不整で土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸量が処理によりかなり差があつたことを考慮せねばならない。

植物の生育, 収量は Clemol 塩区は全く劣り, 収穫は著しく少ない。それに比べ HA 塩区は順調に生育した。無処理区の生育も良好で収量は HA 塩区と差はなかつた。植物体中のリン酸含量, 植物によるリン酸全吸収量は, Clemol 塩区では生育が極度に劣つたにもかかわらずかなりのリン酸含量を示した。しかし全吸収量は極端に少なかつた。

それに対し, HA 塩区はかなりの含量及び全吸収を示し, 無処理区にややまさつた。ことに HA-Na 区は高い含量を示し全吸収量も大きかつた。この処理区は前作後の土壌中の 0.2NHCl 可溶性リン酸量がやや少ないことから, HA-Na が後作の植物によるリン酸 uptake を大きくしたと考えてよいであろう。

後作後の土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸量は, HA 塩区では少なく Clemol 塩区では多い。これは Clemol 塩区は前作後の土壌中に 0.2NHCl 可溶性リン酸が多く, 後作植物による uptake が少なかつたため当然であろう。しかし, 後作で植物が uptake したリン酸量と, 後作後土壌中に残存した 0.2NHCl 可溶性リン酸との和から, 前作後に土壌中に残存していた 0.2NHCl 可溶性リン酸量を差引いてみると, その数値は Clemol 塩区ではかなり小さく HA-Na 区にくらべると数分の 1 にすぎない。このことから Clemol 塩は後作であまり施用リン酸を有効に保つはたらしがなかつたのではないかと考えられる。つまり前作に施用された Clemol 塩はリン酸固定抑制効果を後作では示さなかつた。その効果の持続性は短い。といえるのではないだろうか。

第 2 実験同様根部の uptake は定量していないが, Clemol 塩区の植物根部が uptake したリン酸量は多いことは考えられないので, これを考慮に入れても, Clemol 塩区の可吸態リン酸量が HA 塩区のそれより大であるとは考えられない。

#### (B) B ブロック

B ブロックは HA 塩, Clemol 塩を加えず, またリン酸も施用せずに前作に施用した HA 塩, Clemol 塩が同時期に施用したリン酸を可吸態でどれほど後作まで保持するかをみた。

植物生育は Clemol 塩区が非常に劣つたため適確な比較はできなかつたが, HA 塩区は良

好な生育を示し、ことに HA-Na 区は HA-NH<sub>4</sub>、無処理の両区の約 2 倍の生育を示し収量が高かった。植物体中のリン酸含量は Clemol 塩区のほうが高いが、収量が少ないため全吸収量は非常に小さかった。一方 HA 塩区は植物体中のリン酸含量が無処理区に比べて高く、全吸収量も大きかった。なかでも HA-Na 区は収量が大きいのと相まって、全リン酸吸収量は無処理の倍以上であつた。

後作後土壌に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸が Clemol 区に多いのは前にも述べたごとく当然である。しかし、HA 塩区でも 0.2NHCl 可溶性リン酸の残存はかなりあり、HA-Na 区などは前作後の 0.2NHCl 可溶性リン酸残存量少なく、後作における植物のリン酸 uptake が多いにもかかわらず後作後の土壌中に相当の 0.2NHCl 可溶性リン酸を残している。

一方 Clemol 塩区では事実 0.2NHCl 可溶性リン酸残量が多いが、仮に HA-Na 程度の植物生育があり、同じぐらいリン酸吸収をしたと仮定しても、前作後の土壌中の 0.2NHCl 可溶性リン酸量と後作後の土壌中のそれを考え合せると、Clemol 塩区では前作後に残存していた 0.2NHCl 可溶性リン酸が HA 塩区より多く 0.2NHCl 不可溶性に変わっているとおもわれる。

Clemol 塩は施肥リン酸の不可吸化を妨げる力はあるが、HA 塩に比べこの力の永続性は小さいと考えられる。HA 塩は施肥リン酸の固定を妨げるのみならず可吸態で保持する力が永続するため A ブロックにおいて植物によるリン酸 uptake 量が大きく現われたのであろう。A ブロックにおけるこの結果が、HA 塩のリン酸固定抑制力の永続性によることは明らかであるが、前作に施肥したリン酸を有効に後作まで保持したのみでなく、後作に施用したリン酸をも有効態に保持する力があつたことも HA-NH<sub>4</sub> 区の数値より推測しうる。

第 3 実験も第 2 実験同様植物生育の不整から、おもに土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸量より推論せざるをえなかつた。したがつてやや不正確ではあるが、Clemol 塩はリン酸固定を抑制するがその能力は非較的短時間に土壌中で失われ、Clemol 塩によつて可吸態で保持されているリン酸も短時間に不可吸化することが推測できた。

#### IV 要 約

1 クレオソート油スルホン酸ホルマリン縮合物(クレモール)のナトリウム塩及びアンモニウム塩、カルシウム塩、マグネシウム塩が土壌によるリン酸固定を抑制するか否かを試験した。すでに効果の知られている腐植酸のナトリウム塩及びアンモニウム塩と比較しての試験であつた。

2 供試土壌として石灰岩台地上の東岩永赤色土壌、及び阿そ火山灰土壌、秋芳洞内白色土壌、花嵐岩風化印内土壌をもちいた。

3 第 1 実験は、土壌に各試料 1% を加えた処理土壌をつくりこれにリン酸 1 石灰 ((CaH<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)) を加え、1 か月放置後残存する水溶性リン酸と 0.2NHCl 可溶性リン酸を定量した。

4 第 2 実験は、各試料を土壌に対して 1% 肥料と共に施用したポットに、トウモロコシを栽培し、トウモロコシによるリン酸の uptake と、作後ポット土壌中に残存する 0.2NHCl 可溶性リン酸を定量した。

5 第 3 実験においては、第 2 実験の作後の土壌を 2 つに分け、一方はリン酸を施用し、他方はリン酸を施用せず、エンバクを栽培して植物によるリン酸の uptake と作後の土壌中に存在する 0.2NHCl 可溶性リン酸を定量した。

6 各試料はリン酸が土壌によつて固定されるのを抑制した。しかし土壌により有効な試料は一定でなかつた。

7 各試料の施用は土壌に施用したリン酸を 0.2NHCl 可溶性の形態で保持させる作用があつたが、水溶性形態の残存に対しては一定の傾向がみられなかつた。

8 前報に述べた“見掛けのリン酸固定量”にはかなりの有効態リン酸が含まれることがわかつた。

9 クレモールの土壌に対して1%相当施用は、トウモロコシ及びエンバクに対して生育障害をあたえた。

10 クレモールの土壌によるリン酸固定に対する抑制作用は、腐植酸のそれにくらべ持続時間が短かく、クレモールによつて有効態として存在していたリン酸は比較的短期間に無効化すると推測された。

謝辞 本研究に当り貴重な御助言を賜つた信州大学中路助教授に深謝致します。

#### 文 献

- 1) 橋本雄司：クレオソート油スルホン酸塩ホルマリン縮合物の土壌によるリン酸固定に及ぼす影響。山口大学農学部学術報告. 447. 14 (1963).
- 2) 橋本雄司, 口羽良和：腐植酸とニトロフミン酸のリン酸固定抑制作用について (第2報). 土肥誌. 127. 35 (1964).

## Influences of Polyalkyl-allylsulfonate (Clemol) on Phosphorus Fixation in the Soil (Part 2)

By Yuji HASHIMOTO

Laboratory of Plant Nutrition, Fac. Agric., Shinshu Univ.

### Summary

1. Repressing effect of polyalkyl-allylsulfonate (Clemol) on the phosphorus fixation in the soil was investigated in comparison with similar effect of humate.

2. In this experiment, sodium, ammonium, calcium and magnesium salt of Clemol as well as sodium and ammonium salt of humic acid were used, Higashi-iwanaga redish soil, Aso volcanic ash soil, Syuhodo white soil and Innai soil were put to use as material soil.

3. In the first experiment, available phosphorus reserving action of Clemols and humates in the soil was investigated.

The remainder in the form of water soluble and 0.2N HCl soluble phosphorus originated from phosphate fertilizer in the treated soil to which Clemols and humates aqueous solution had been added and dried, was determined.

Monocalcium phosphate was mixed in the soil as fertilizer phosphorus and soluble phosphorus was determined a month later.

4. In the second experiment, promotion effects of Clemol and humates on phosphorus uptake with plant were measured by the way of pot culture test.

Corn was seeded in small pots filled with Innai soil in which Clemols or humates were applied together with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. The crop was cultured among a month, after harvest the corn was dried and phosphorus uptake with it was determined. At the same time the remaining 0.2N HCl soluble phosphorus in the pot soil was measured.

5. In the third experiment, durability of repressing effects of Clemol and humates to phosphorus fixation by soil was measured.

After the completion of the second experiment, the soil in each of the pots divided into two small pots, and rye was seeded respectively.

Clemols and humates were not added in any pots. In one pot of the pair nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers were applied, yet in the other the phosphorus fertilizer was omitted. Rye was harvested after the culture of 46 days and prepared for phosphorus analysis. The uptake of phosphorus with rye, and 0.2N HCl soluble phosphorus remained in the soil were determined with the same methods at the second experiment.

6. In each sample repressed phosphorus fixation of soil, the most effective sample was not always the same, but varied according to the kind of soil.

7. Addition of each sample increased the reservation of 0.2N HCl soluble

phosphorus which originated from fertilizer in the soil, yet the water soluble phosphorus reservation was not increased as the case.

8. It was explained that the soluble form phosphorus held a considerable rate in "The apparent fixation volume of phosphorus" which aforementioned in the part-1 of these reports.

9. Corn and rye were depressed their growth by Clemols which added in pot with one percent concentration for soil.

10. It was inferred that from the consequence of pot culture experiments the effective repressing term of Clemols on phosphorus fixation in the soil was shorter than that of humates, and the available phosphorus supported with the Clemol addition presently changed into the non-available form.