

# Soil conditionerの園芸的利用に関する研究

—とくにPVAの団粒形成に対する諸条件について\*—

志佐 誠、高野泰吉、樋口春三、中山 俊

(名古屋大学農学部)

土壌改良剤の使用の基礎問題について、これまでVAMA系のクリリユーム6, HPAN系のA-22を用いて研究を行ってきた。これらの結果は志佐誠編著「土壌改良剤の園芸利用」(1960)に詳述した。本研究は上述した従来の改良剤と異なつた非電解質のポリビニールアルコール(PVA)についてsoil conditionerとしての性能を検討しようとした。まず土壌の団粒形成に直接関与する諸条件の影響をしらべ、ついで団粒の効果に関与する作物生育要因について若干の問題点を指摘した。

団粒の分析は、採取した土壌を風乾後Rothamsted法により水中で安定な団粒を篩別した。結果の表示はAlderfer及びMerkleの方法によりProbable Permeability(P.P.) =  $\Sigma a$ 、但し50 mesh又は0.25 mmより大きい団粒から算出した。また団粒化の尺度としてStability Index(S.I.) =  $\Sigma(a-m)$ 、但し $a > m$ の部分、通常50 mesh又は0.25 mm以上について算出した。また比較の便宜上0.5 mm以上の団粒分析値の累計もしばしば用いた。こゝにaは団粒分析値、mは機械分析値である。

## 1. 処理時の土壌水分

洪積堆積土(以下ことわりがない限りこの土壌を供試)を用い、対乾土重20%、30%、40%の土壌水分量となるよう調整した。この土壌にPVAを対風乾土重0.05%の割合で散布し、小型のクワですきこんだ。対照区はすきこみ操作のみ行つた。30℃のファイトロンに3日放置後24時間風乾し、団粒を篩別した。

### 結果と考察

処理区各土壌水分区間には、はっきりした差が認められなかつたが、対照区では水分の多いときにクワで攪拌したもののほど団粒の崩壊が大きかつた。すなわち水分20%区では処理区と対照区間の差が5.1%であるが、水分40%区ではその差が15.6%となり、土壌水分の多少とすきこみ操作にともな

---

\* Soil conditionerの園芸的利用に関する研究(第9報) (Studies on the utilization of synthetic soil conditioners in horticulture. IX. Factors influencing aggregate formation.)

表1 処理時の土壌水分と団粒形成

処理時の 土壌水分	0.5mm以上の団粒(%)		
	処理区	対照区	差
20%	44.2	39.1	5.1
30%	46.8	33.6	13.2
40%	45.8	30.2	15.6

う団粒崩壊の関係が明かにみとめられた。本実験の範囲では最大容水量(約50%)ないし水分当量(2.0%)の土壌水分下におけるPVAの団粒形成作用は大差ないものと思われる。志佐、万豆らの研究では、クリリユームの処理効果は最大容水量に近い水分状態で最大であつた。またMartinら(1952)は水分当量附近で処理されると耕耘による混和が十分に行われるからこの程度の水分が望ましいとのべている。

## 2. 土 壤 温 度

土壌改良剤の団粒形成効果は季節とくに温度によつて異なることと思われるが、これまで土壌温度と団粒化との関係をしらべたものがほとんどなかつた。本実験はPVA処理2日前に10°, 20°, 30°のフアイトロンに入室した鉢土にPVA0.05%となるよう施用し、実験1では3ヶ月後、実験2では3週間後において団粒化の程度を比較した。

### 結果と考察

実験1では10°の温度下ではほとんど団粒化促進がみとめられなかつた。温度の上昇につれて明かに団粒化が促進されている。この傾向はPVAの働き方の相違によるか温度条件のみの相違によるのか不明なので、各温度下に対照区を設けて、PVAと温度の交互作用の存在を明かにするため実験2を行つた。この結果から温度の影響によつて自然団粒の増加が認められるとともにPVAの団粒形成作用

表2 団粒形成におよぼす温度の影響

温 度		10°	20°	30°
(1) PVA区	P.P.	67.5	76.2	79.5
	S.I.	32.2	39.3	45.6
(2) 対照区	P.P.	75.0	77.2	81.1
	PVA区 P.P.	87.1	89.7	91.6

註 実験(1) 10°の対照区S.I.=31.5%

はさらに著しいことがわかつた。すなわち、PVAの主効果が大き、温度の主効果は弱いが存在し、両者の交互作用は著しくない。実験1と実験2とでは温度の影響の仕方に相違がみとめられるが、前者は冬の実験であり、後者は夏の実験であるため、土壌微生物相の相違が間接に団粒形成に影響したものである。したがつて冬期においては実験1のようにPVAの団粒形成作用は弱いものと思われる。なおフレイムの床土において地温と団粒化との関係をしらべ実験2と同様の結果を得た。これも、腐植の多い条件にある土壌であるから夏の実験と同様に考えられる。

志佐、万豆(1960)はクリリユームおよびA-22の水溶液を処理する際20°以上の水温にして処理すると団粒形成が増加するとのべていることから、処理時の温度が団粒化に敏感に影響していることがわかる。

## 3. 施 用 濃 度

まずPVAが植物に害をもたらずかどうかを明かにするために常法によりハクサイの発芽試験を行つた。ついで施用濃度と団粒形成との関係をしらべ、さらに同一濃度でも分施することにより団粒化の程度が

増加するかどうかを明かにした。

### 結果と考察

#### I ハクサイの発芽試験

PVAの水溶液濃度0~5%の間では発芽勢99%を示し、処理濃度間に差は認められなかった。根の伸長は5%の濃度でやゝ抑制されたが、毒作用ではなく、溶液の粘度が高かったためと思われる。

#### II PVA濃度と団粒化との関係

洪積填壤土に対して対風乾土重割合として0.04, 0.08, 0.16%のPVAを施用した結果、表3のような安定団粒指数S. I. がえられた。施用濃度の増加とともに団粒化の促進がみられ、填壤土では0.08%では最高になるようである。この傾向は土性や土質により異なってくる。これについては後述する。

表3 PVA濃度と安定団粒指数との関係

PVA濃度%	0	0.02	0.04	0.08	0.16
団粒指数%	30.2	32.7	35.1	37.7	37.9

上記の土壌を用いてハツカダイコンの栽培を行ったところ、団粒形成が多いほど根の重量が増加しており、成熟が促進されるので、早期収穫ができることがわかった。

#### III 改良剤の分施による効果

表4 PVAの分施と団粒形成

処理区	無処理	0.03%(I)	0.03%(II)	0.06%
団粒(P.P.)%	67.9	77.0	88.5	82.5

註 0.03%(II)は0.03%PVAを2回分施し、総量0.06%  
 べた結果が表4のようである。この表からわかるように同一施用濃度でも分施すれば団粒形成は一層促進される。この結果は2回施用にともなう混合攪拌の影響でないことは、すべての区がPVAを施用しない場合も同一操作がなされたことでわかる。

PVAの所定濃度たと  
 えば0.06%を施用する  
 とき、これを半量の0.03  
 %ずつ、6日の間をおい  
 て分施した場合、団粒が  
 増加するかどうかをしら

## 4. PVAと石灰の併用効果

PVAと石灰を併用した場合、ラバフオーム様のgummingしたものがつくられ団粒形成に預らないことが現地試験で観察されたので、本実験を行った。同時施用以外の石灰、PVAの前後関係は6日間隔で施用されたものである。PVAは1㎡あたり深さ10cmに対し100g、消石灰は同じく200g施用した。

### 結果と考察

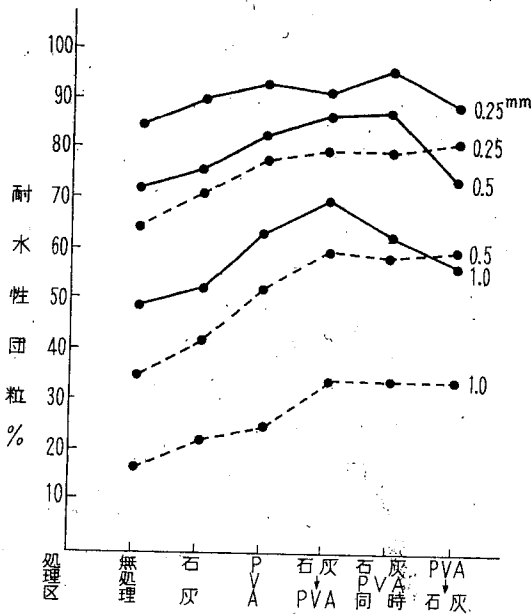
図1において実験1ではPVA施用後石灰を供給した区では大きい団粒の形成が少なかったが、実験2ではその傾向が認められなかった。実験2では石灰の併用効果は施用するPVAの前後関係を問はず団粒の形成が促進されていた。石灰の団粒化促進作用は弱いが1.0mm以上の団粒形成に預ったことが認

められ、PVA単用によりさらに団粒化がすすむ。0.25mm以上の有効団粒を比較すると石灰併用区と大差がなかった。これらのことから石灰の併用によっても団粒形成は阻害されず、むしろ大きい団粒を増加することに役立つように思われる。しかし、実験1の場合PVA→Ca区がどうして大きい団粒を作りえなかつたかはわからない。

さて、PVAと石灰とを同時施用して団粒形成がおこらないのは、PVAを散布し、石灰をその上にまいたまゝ、1日以上放任した場合 gummyngをおこすことが観察され、このことは団粒分析の結果も無処理区とPVA及び石灰併用区とで有意な差がなかったことで裏付けられる。したがって、PVA施用にあたって石灰との結合を行わせないようにすぐ耕耘し、土壌と混合されることが望ましい。

### 5. 改良剤の経年的残効調査

改良剤を一度施用して何年位その効果が維持されるかは実際の使用にあたって問題となる。クリリウムを施用して3年後の圃場においても耕耘に対する機械的抵抗が著しく少ないことが経験されているので、団粒形成とその維持効果をさらに検討しようとした。供試した改良剤はポパール1号、ソイラックおよびクリリウムの3種で、それぞれ0.1%および0.05%になるよう施用した。



(図-1) PVAと石灰との併用効果

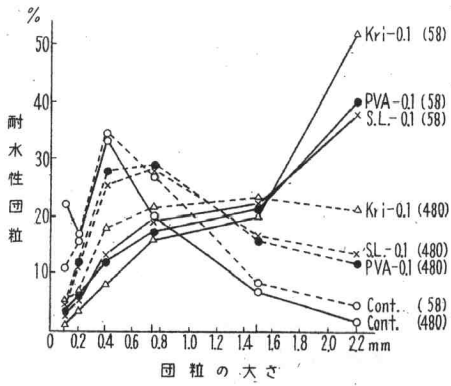
註 — 実験1.....実験2.

1.0, 0.5, 0.25mmの数字はそれ以上の粒子の累積値を示す。

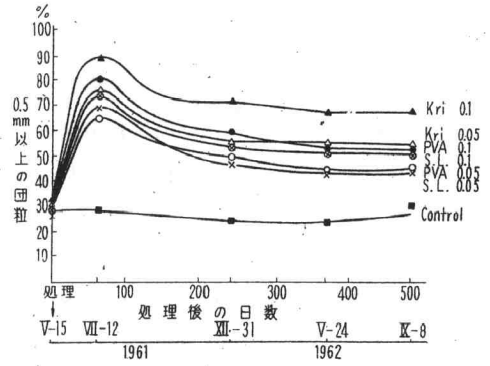
### 結果と考察

図2から明かなように、無処理区は0.5~0.25mmの間に団粒分布の最大を示し、これは480日後になつても比較的安定である(図3参照)。これに対し、改良剤処理区は1mm以上の大きい団粒が増加するが、処理後230日を経過すると大きい団粒の崩壊がかなりみとめられその後安定期にはいり、無処理より0.5mm以上の団粒が1.3~3.54倍多い状態を維持する。ポパール1号およびソイラックはほぼ同様の効果を示すが、クリリウムはこれら2者に比べて、団粒形成効果がやや大きく、崩壊の程度も少ないようである。Martinら(1952)もクリリウムの残効調査を行い、本実験と類似の結果をえている。

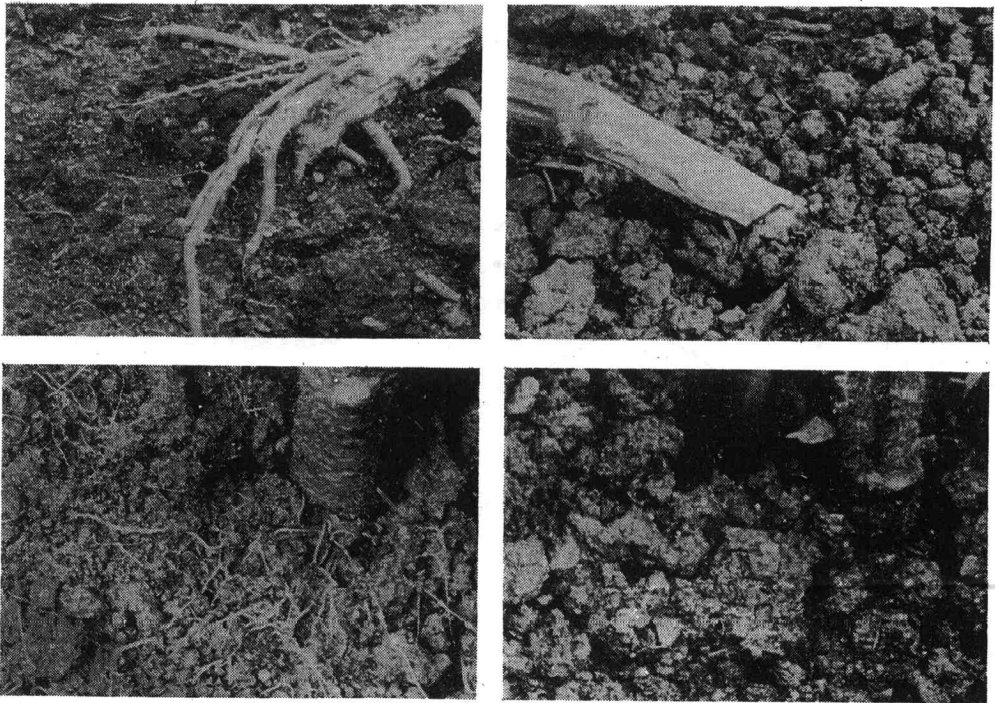
なお本実験開始後1ヶ月余りたつてから、600ミリにおよぶ集中豪雨にあつたが、作付けられていたトマトおよびキュウリの畦における表土の流亡は写真のようであつた。すなわち無処理区は甚だしい表土の流亡をおこし、根が露出されたが、改良剤処理区はほとんど元のまゝの状態に被害をまぬがれた。



(図-2) 改良剤処理後58日(—)と480日(---)目の団粒分布



(図-3) 団粒構造の経年的維持効果



(図-4) 改良剤処理による表土流亡の防止効果

上段左：無処理区のキュウリ圃 同右：PVA 0.1%処理区のキュウリ圃  
 下段左：無処理区のトマト圃 同右：PVA 0.1%処理区のトマト圃  
 1961年5月15日処理、6月24日より28日までの間に約600mmに及ぶ集中豪雨があつた。  
 (撮影 1961年7月1日)

## 6. 土性との関係

土壤の種類によって粘土の量や質が異なるため、改良剤の効き方の違いがあることはすでに志佐、万豆および位田（志佐編著（1980））によって明かにされている。土壤の種類を扱うにあたり、地質系統や土性の違いを無視して改良剤の団粒形成作用をしらべることは効果の比較や判定が複雑となるので、本研究では同一地質系統に属する洪積土について人為的に土性の異なった試料を調製し、改良剤の濃度試験を実施した。

この試料の調製は洪積壇壤土を風乾し、木片で粉碎し、0.25 mm以下の粒子を篩い分ける。0.25 mm以上の砂礫は4 mm以下のものについて0.25, 0.5, 1.0, 2.0 mmの分割に篩で水中篩別を行い、乾燥した。これを表5のような割合で調合した。その結果、目的とする土性がえられた。調合した土壤は一度最大容水量以上の水を加えて一週間放置し、その後それぞれの土性を示す土壤に0, 0.04, 0.08, 0.16%（対乾土重）のPVAを施してその団粒化の程度をしらべた。

表5 土壤粒子の調合割合とその土性

粒子の大きさ 土性番号	2 mm以上	2.0-1.0 mm	1.0-0.5 mm	0.5-0.25 mm	0.25 mm以下	粘土*	土性
1	2	5	8	10	75	69.0	壇土
2	5	10	10	15	60	44.0	壇壤土
3	10	10	15	15	45	32.5	壤土
4	15	15	20	20	30	20.0	砂壤土
5	15	15	20	30	20	14.0	砂壤土

\* 柳田式ピタテスターの比重計法による。

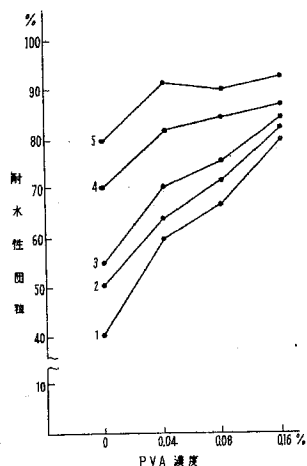
### 結果と考察

土性が異なる場合には団粒分析値から直ちに団粒化の比較はできない。すなわち砂壤土では水中で篩別された分割のうち大きい一次粒子が相対的に多いので、probable permeability は80%~90%となるが、壇土では一次粒子が小さいため、その値が40~80%で低く表示される。(図5) それゆえ団粒化の比較をするためにPVAの施用濃度への影響を団粒の増加率によってしらべてみよう。壇土ではPVA濃度0と0.16%の間では41.05%の団粒増加による差がみとめられ、壤土では28.05%、砂壤土では11.6~14.15%となり、粘土の多い土壤ほどPVA濃度の増加につれて団粒増加が著しい。すなわち、図でみると濃度に対する団粒形成の勾配の大小で各土性に対するPVAの効果が判定される。したがって砂壤土では0.04%まではPVAの効果が著しいが、それ以上の濃度を施用しても団粒化はさして促進されない。これに対し、壇土や壇土では0.16%の濃度まで急勾配で団粒化が進むから、これ以上の濃度でもまだ団粒化の余地がある。このことは次の結果によって裏付けられる。

すなわちPVA濃度0.08%施用において各土性の安定団粒指数を測定した結果を表6に示す。この表から粘土の多い土性ほど団粒化率の高いことが明かで、前述の団粒増加率による解釈と一致する。

表6 PVA0.08%施用の場合における  
各土性の団粒指数

土性	1(埴土)	2(埴壤土)	3(壤土)	4(砂壤土)
S. I. (%)	50.8	43.6	33.6	29.6



(図-5) PVA濃度と団粒形成  
図表中1~5は表5に示す土性番号

## 7. 土壌の種類

沖積ならびに洪積土に属する安城市内の土壌7点を採取し、PVA処理による団粒のでき方と植生の相違をしらべた。植生が物理性改善の結果かえって不良になった場合があつたので、これらについてはさらに要素欠乏の見地から分析を試み、改良剤の有効な利用について検討しようとした。

### 1 PVAの団粒分布に及ぼす影響

供試土壌の物理性の一部を表7に示す。これらの土壌に対し風乾土重あたり0.1%となるようPVAを施し、団粒形成ならびに植生の比較を行った。

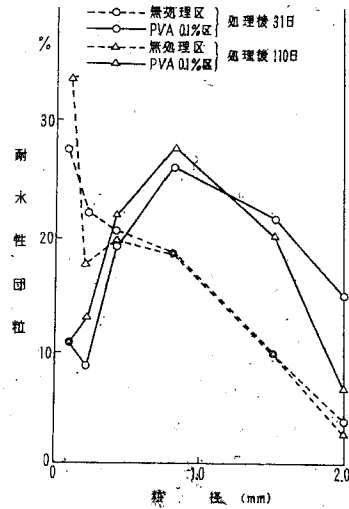
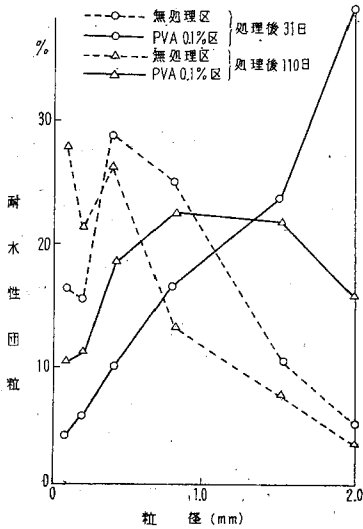
表7 供試土壌の土性

土 壤 名	器 械 的 組 成*				
	礫	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土
	%	%	%	%	%
宮西砂壤土	3.3	46.8	14.8	16.2	18.9
東尾砂壤土	2.6	37.7	17.7	22.6	19.5
上条砂壤土	5.8	46.8	13.9	13.7	19.9
河野砂壤土	1.5	29.1	23.1	22.4	23.8
赤松 壤 土	2.8	48.5	8.7	11.4	28.6
百々目林壤土	2.2	49.5	6.1	10.8	31.4
新田埴壤土	0.4	27.8	10.7	16.7	44.4

\* 日本農学会法によつた。

## 結果と考察

いずれの土壌もPVA処理により団粒が増加した。その分布については砂壤土に属する宮西、東尾、上条、河野の土壌の処理では分布の最大が2.0mm以上の団粒にあらわれ、埴壤土に属する赤松、百々目木、新田のそれでは0.8~1.5mmにあらわれた。代表的例として、河野および赤松の土壌における分析結果をそれぞれ図6ならびに図7に示した。前述のように埴壤土の赤松や新田の土壌では粘土含量が多いので、さらにPVAを増量すれば、分布の最大がより大きい団粒側に移りうる事がわかる。



(図-6) 河野砂壤土における耐水性団粒の分布 (図-7) 赤松壤土における耐水性団粒の分布

## II 作物の生育に及ぼす影響

トマト(大型福寿)を鉢植し、7種の土壌についてPVAの植生に及ぼす影響をみた。この場合PVAの施用量は湿土重に対して0.1%となるようにした。

### 結果と考察

表8から、PVA処理で団粒の大きさが2mm以上において分布の最大を示した宮西、東尾、上条および河野の土壌では地上部重の増加が著しかった。分布の山が0.8~1.5mmの間にあつた百々目木土壌では生育に対する処理効果が認められず、さらに赤松および新田土壌ではPVA処理によってかえつて生育が抑制された。同一の土壌を用いて栽培したカブの生育についても同様な傾向がみとめられた。これはpHや腐植含量の影響とも思われないうし、団粒の大きさもこれまでの実験では生育の抑制に影響するようなことは全くなかつたので、何か他に負の要因が存在するものと思われた。たまたま赤松土壌で圃場試験を行つたダイコンの葉に要素欠乏の徴候が著しく、恐らくマグネシウムの欠乏ではないかと思われるものを見出したので、次の実験を行つた。

### III 微量要素供給とPVA施用との交互作用

PVAによって団粒形成は促進されても、生育が抑制される原因として、安城地方で欠乏し易い要素Mg, Mn, Bの問題が考えられるので、これらの要素の施用試験を行つた。要素施用量は $\frac{1}{5}$ 万ワグナーポットあたりMgSO<sub>4</sub>: 200mg, MnSO<sub>4</sub>: 60mg, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>: 30mgである。



表8 トマトの初期生育に及ぼす影響

土 壤 名	PVA (%)	地上部重		草 丈		pH (原土)	腐植 (原土)
宮西砂壤土	0	42.5 <sup>g</sup>	38.6 <sup>cm</sup>	6.6	1.77 <sup>%</sup>		
	0.1	67.4**	45.3**				
東尾砂壤土	0	40.4	39.4	5.0	2.99		
	0.1	51.4*	44.6*				
上条砂壤土	0	51.9	47.4	6.2	2.16		
	0.1	59.9*	48.2*				
河野砂壤土	0	52.5	48.7	6.2	2.22		
	0.1	65.3**	53.2				
赤松壤土	0	34.9	38.8	5.9	1.31		
	0.1	25.3**	34.9**				
百々目木壤土	0	48.4	47.6	5.7	2.31		
	0.1	44.5	49.6				
新田埴壤土	0	37.9	38.4	6.4	1.13		
	0.1	27.0**	32.2**				

註 \*5%水準で有意 \*\*1%水準で有意  
草丈は地表より生長点までの高さ

表9 トマトの生育に対するMg, Mn, Bの効果

試 験 区	地上部重 (新鮮重)		草 丈		地下部重 (乾物重)		
	PVA 0%	PVA 0.1%	PVA 0%	PVA 0.1%	PVA 0%	PVA 0.1%	
Mg — —	33.9 <sup>g</sup>	42.0* <sup>g</sup>	32.1 <sup>cm</sup>	36.3 <sup>cm</sup>	0.75 <sup>g</sup>	1.20 <sup>g</sup>	
— Mn —	31.1	40.4*	34.0	36.5	0.93	1.19	
— — B	31.2	39.4	32.2	35.2	0.73	1.06	
Mg Mn —	29.4	38.3*	33.4	33.7	0.76	1.16	
Mg — B	30.1	44.4*	33.5	38.3	0.72	1.01	
— Mn B	38.0	38.9	37.5	37.0	1.05	0.99	
Mg Mn B	24.5	35.5	27.2	30.1	0.64	1.15	
— — —	23.9	23.5	27.9	26.0	0.63	0.68	
L.S.D.	5%	4.8	9.6	5.8	4.6		
	1%	6.5	12.9	6.6	6.2		

註 草丈は地表より生長点までの高さ  
\*印はPVA処理、無処理における有意差 (P=0.05)

## 結果と考察

表9によると、PVAを施さない場合、要素施用の区間に著しい差異は認められなかったが、PVAを施した場合は要素施用区は何れも生育が良好となった。またPVAの施用区と無施用区の間では\*印のついたMg, Mnの施用区がPVA処理によって著しく生育が良好となった。この意義を明かにするために栽培跡地の土壌分析を行った。ここでは置換性のCa, Mg, Mnおよび水溶性のBについてのみ示す。

表10 トマトの栽培跡地の土壌分析結果

試験区		置換性 Ca	置換性 Mg	置換性 Mn	水溶性 B
試験土壌	PVA(%)				
赤松壤土	0	387 ppm	55 ppm	9.0 ppm	0.66 ppm
	0.1	438	58	8.1	0.62
新田埴壤土	0	423	71	5.3	0.82
	0.1	389	67	5.0	0.60
河野砂壤土	0	1669	188	10.3	0.52
	0.1	1493	184	10.6	0.28

表10から生育不良の土壌では置換性のCa, Mgが著しく少ない。したがって要素施用の試験の結果もMgの供給がトマトの生育を良好にし、PVAの施用によってさらに重量の増加をもたらしたことも、この分析値によって裏づけられる。

2価の塩基と土壌改良剤の併用効果については尾張砂壤土で行ったエンドウの試験成績があり、本研究と同様な結果を得ている(藤本・1960, 志佐編著より)。

要するに団粒形成が促進されても、作物の生育がよくならない場合があり、その要因として要素欠乏の事例が見出され、改良剤の効果をあげるために考慮が必要であることを指摘したい。

本実験を行なうにあたり、援助を与えられた倉敷レイオン株式会社研究部ならびに研究部長大杉鉄郎氏に謝意を表す。

## 要 約

本研究はPVAの団粒形成におよぼす諸条件の影響を明かにし、土壌改良剤としての使用法に対する基礎資料を得るために行った。

1. 土壌水分が水分当量から最大含水量の範囲内では、PVAの団粒形成作用に差異が認められなかった。しかし、無処理区では土壌水分が多いほど耕耘による団粒の崩壊がみられた。
2. 団粒形成におよぼす温度の影響は明かに存在するが、PVAの主効果の方が著しい。
3. PVAの施用濃度を増すとともに団粒化の促進がみられ、砂壤土では0.04%で最高になるが、粘質土ではさらに高濃度で最高となる。また団粒の大きさ別分布をみると、無処理では団粒分布の山は小粒側にあるが、PVA処理により大粒側に移動し、とくに1mm以上の団粒が多くなる。

また同一施用濃度でも分施すれば団粒が増加する。

4. PVAと石灰を併用した場合、直ちにすきこみ、土壌とよく混合すれば団粒は増加するが、混合せずに1~2日放置したり、また混合前に吸湿したりすると不溶性のものに変化し、団粒形成に関与しなくなる。

5. 土壌改良剤による団粒の維持効果はかなり強い。処理後240日位までは一旦形成された団粒の崩壊がかなり認められるが、以後安定期にはいり、処理後480日現在でも一定の団粒が維持されている。

クリリウムは団粒形成能力が大で、480日目においても0.5mm以上の団粒がKri, 0.05%およびKri, 0.1%についてはそれぞれ22%および36%で対照区より多い。ポパール1号およびソイラックのPVA系の改良剤はクリリウムより効果は弱かったが、対照区よりPVA 0.05%およびPVA 0.1%についてはそれぞれ13%および21%多く、物理性は著しく改善されている。

なお豪雨に対する表土の防止効果が大きい。

6. PVAによって団粒化が促進されたが、植生はかえって不良となった場合が見出された。MgやMn及び両要素を施用すると、無処理区では植生に影響がみられなかったが、PVA処理区では作物の生育を著しく促進することができた。さらに生育不良の土壌について置換性塩基や水溶性酸素を分析したところ、置換性塩基とくにCa, Mgが極めて少なかった。これらの点から、欠乏要素を供給すればPVAの植生に対する好影響をさらに強化しうることが裏づけられた。

#### REFERENCES

1. Alderfer, R.B. and Merkle, F.G. (1941) : The measurement of structural stability and permeability and influence of soil treatments upon these properties. Soil Sci. 51:201-212.
2. Martin, W.P., Talyor, G.S., Engibous, J.C., and Burnett, E. (1952) : Soil and crop responses from field applications of soil conditioners. Soil Sci. 73:455-471.
3. 中山俊 (1962) : 土壌改良剤の園芸的利用に関する研究。名古屋大学農学部卒業論文
4. 志佐誠編著 (1960) : 土壌改良剤の園芸利用, 82pp. 誠文堂新光社. 東京

その他の文献は志佐誠編著を参照されたい。