

# フェノール性化合物の土壌団粒形成能

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	阿江, 教治 遅沢, 省子 久保田, 徹
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	58巻2号
掲載ページ	p. 233-236
発行年月	1987年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## ノ ー ト

## フェノール性化合物の土壤団粒形成能\*

阿江教治\*\*・遅沢省子\*\*\*・久保田徹\*\*\*

キーワード 耐水性団粒, フェノール性化合物, 土壤有機物, 土壤改良資材

## 1. はじめに

土壤団粒の形成と維持は腐植質含量の少ない鉍質畑土壤地域において、古くから土壤管理の重要な問題であり、そのために多種多様の有機物の施用が行われてきた。

土壤中に存在する有機物質の土壤団粒化作用に関する研究は古く、RUSSELL<sup>1)</sup>、HARRIS ら<sup>2)</sup>によって歴史的な経過が述べられており、polysaccharide gum と糸状菌の菌糸の重要性が指摘されている。すなわち、CHESTER ら<sup>3)</sup>は土壤の団粒量と各種団粒化剤の関係を調べた結果、polysaccharide が最も高い相関を示し、腐植よりも重要であることを認めた。また、土壤より抽出した polysaccharide を添加すると耐水性団粒が形成されるという多くの研究事例がある。このような polysaccharide gum は土壤に有機物が添加されると主に土壤中の細菌によって生産される。GREENLAND ら<sup>4)</sup>によれば、polysaccharide を分解する periodate 処理<sup>5)</sup>による団粒の消滅は新しい草地で著しく、古い草地のものでは効果は小さく、前者は polysaccharide によるとしたが、古い草地の団粒形成をこの物質に帰することはできなかった。MEHTA ら<sup>6)</sup>も polysaccharide 溶解処理では団粒が崩壊しない自然土壤 (Braunerde) があることを認め、それ以外の物質が関与するであろうと報告している。この団粒は 0.1N 水酸化ナトリウム、ピロリン酸ナトリウム、フッ化水素、3%過酸化水素水、1N塩化ナトリウムおよび二酸化塩素の処理で崩壊、0.05 M過ヨウ素酸ナトリウムと 1N塩酸処理に対して安定であった。

このように、polysaccharide と菌糸以外に団粒形成に関与する物質の存在が示唆されているが、その実体は明らかにされていない。近年、GRIFFITHS ら<sup>9)</sup>は poly-

saccharide を添加して団粒を作った後、タンニン酸を添加すると、この団粒が長期間にわたって安定化することを認め、第3物質の探索へ発展するのではないかと注目される。

このような時点で、筆者らはフェノール性化合物の土壤微生物への影響を検討している中で、この物質を添加した土壤が特異的に団粒を形成する現象を見出し、関連した2、3の実験を行い、フェノール性化合物の団粒形成能が確かめられた。その結果を報告する。

## 2. 各種有機物資材の分解過程と団粒形成作用

有機物の質が土壤構造に及ぼす影響を野菜試験場施設栽培部の土壤 (細粒質黄色土、矢田統) を用いて検討した。有機物として、オガクズ、モミガラ、生ワラ (2cm 裁断)、ピートモス、稲わら堆肥、全農堆肥およびパーク堆肥の7種類を手でほぐして10% (原物重量パーセント) の割合でポットに充填し、圃場水分条件下で約21か月間培養した。耐水性団粒は Yoder<sup>7)</sup>の方法で、培養期間中の有機物の分解速度は灼熱損失量によった。結果を第1図に示した。

有機物の分解は、全般的に約8か月までは急速に進行したが、それ以降、分解速度は減少した。特に生ワラや堆肥は7種類のうち最も分解量が多かった。一方、オガクズ、パーク堆肥、ピートモスの分解量は初期より少なく、1年以上経過するとわずかになった。有機物の分解が急速に進行する8か月までは、耐水性団粒の形成が促進される傾向にあり、有機物の分解速度が減少する8か月以後では、団粒の形成は停止し、減少する方向に転じた。しかしながら、特に分解しにくいオガクズおよびモミガラ区では、いったんできた団粒は比較的安定で、21か月後でも耐水性団粒の平均重量直径は大きく維持されていた。

オガクズやモミガラなど特にリグニン含量が多いものでは、分解量は少ないにもかかわらず安定な団粒が維持されることが注目された。また、生ワラはペクチンやセルロースなど易分解性の polysaccharide を多く含み、分解とともに団粒を形成し、分解速度が低下すると団粒の耐水性が崩壊することを認めた。これらの結果から、21か月間も長期間培養した後まで団粒の耐水性維持に関与する物質として、リグニンの生成や分解の中間産物、すなわちフェノール性化合物の存在が予想された。

このことについて検討するため、21か月間培養した後、約1年間風乾放置した土壤試料について、草野・小川<sup>8)</sup>の方法に従ってフェノール性物質を抽出し、Folin-Denis 法<sup>9)</sup>により定量した。耐水性団粒量 (平均重量直径で表示) とフェノール性化合物含量との関係を第2図

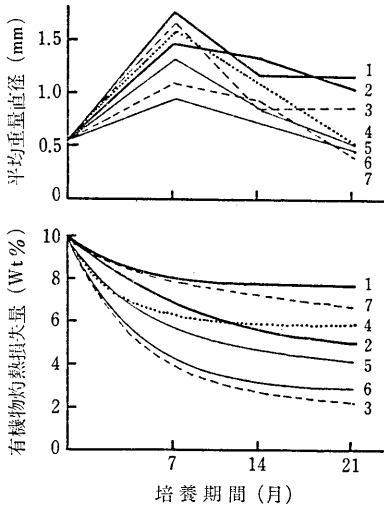
\* 本報告の一部は1984年度日本土壤肥料学会大会 (仙台) において発表した。

\*\* 中国農業試験場 (721 福山市西深津町 6-12)

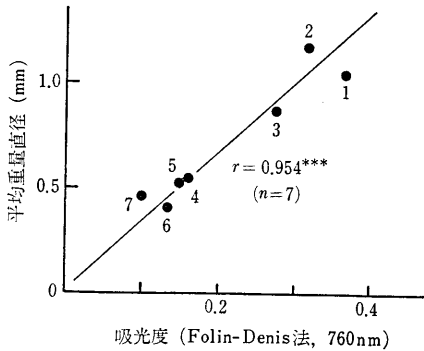
\*\*\* 農業環境技術研究所 (305 茨城県筑波郡谷田部町 3-1-1) 昭和61年6月6日受理

日本土壤肥料学雑誌 第58巻 第2号 p. 233~236 (1987)

に示した. 両者の間には正の高い相関 ( $r=0.954^{**}$ ,  $n=7$ ) が認められた. このことから団粒の安定性維持に



第1図 各種有機物施用による耐水性団粒の形成と有機物の分解  
1, オガクズ; 2, モミガラ; 3, 生ワラ; 4, ピートモス; 5, 全農堆肥; 6, 堆肥; 7, バーク堆肥.



第2図 各種有機物施用土壌の耐水性団粒の形成と CaO により抽出されるフェノール性化合物の濃度  
1~7の番号は第1図参照.

第1表 フェノール性化合物の混合物\*が耐水性団粒の形成に及ぼす影響

処	理	平均重量直径 (mm)	T-C (%)	吸光度 760 nm (Folin-Denis 法)
対 照 区		0.75	0.57	0.007
グ ル コ ー ス		0.68	0.70	0.011
フェノール性化合物		3.92	1.15	0.150
グルコース+硫酸アンモニウム		0.68	0.68	0.025
フェノール性化合物+硫酸アンモニウム		1.04	0.82	0.096
フェノール性化合物+グルコース+硫酸アンモニウム		2.40	0.90	0.094
平均重量直径との相関 ( $r=$ )		—	0.943 <sup>**</sup>	0.881 <sup>*</sup>

\* バニリン, p-クマル酸, フェルラ酸を添加. 8 か月培養し, 1 年間風乾放置した試料. 4.70 mm の篩の通過試料を供試.

フェノール性化合物の関与することが推察される.

3. フェノール性化合物の添加による団粒の形成

作物残渣中には, フェノール性化合物が遊離の形で, またグリコシドやエステルとして存在するだけでなく, 生きた作物根圏<sup>10)</sup> や土壌中にも多く見出されている<sup>11)</sup>. その中で特に普遍的に認められる p-クマル酸, バニリン, フェルラ酸の3種類を選び出し, それぞれ 100 mg/100 g の割合で土壌 (中国農試水田土壌, 細粒質灰色低地土) に1か月おきに5回添加し, 最終添加後 4 か月間, あわせて 8 か月間畑状態 (25°C) で培養した. 試験区には, これらフェノール性化合物添加区の他に, グルコース添加区 (300 mg/100 g), 対照区 (無添加) を設け, 同様に培養した. また, 各処理区には窒素源として硫酸アンモニウム (25 mg/100 g) の併用区も設けた.

培養後, 約1年間風乾放置した土壌について, 耐水性団粒, 全炭素含量<sup>12)</sup> を測定した. 結果を第1表に示した. フェノール性化合物の単独添加区的全炭素は蓄積する傾向があり, 1年間放置されていたにもかかわらず, 耐水性団粒量は著しく増大し, 平均重量直径として3.92 mm になった. しかしながら, 窒素の添加によるフェノール性化合物の分解は促進され, このことは, T-C の推移および炭酸ガスの生成量からも確認された. 一方, グルコース添加区の団粒の形成量は窒素添加の有無にかかわらず少なく, 全炭素の蓄積もわずかであった. 耐水性団粒の平均重量直径と全炭素, および酸化カルシウム抽出によるフェノール性化合物含量との間にも高い正の相関が認められた.

窒素添加によってフェノール性化合物の分解は促進されたが, フェノール性化合物単独施用区よりも耐水性団粒量は少なかった. このことから, フェノール性化合物の分解に関与する微生物菌体が団粒の安定性に寄与するところは少ないものと思われた. むしろフェノール性化合物そのものの直接的な関与が示唆された.

第2表 各種フェノール性化合物の添加が耐水性団粒の形成に及ぼす影響

有機化合物	平均重量直径* (mm)
バニリン	2.05
p-クマル酸	2.40
フェルラ酸	2.13
コーヒール酸	1.38
没食子酸	0.78
リグニンスルホン酸	0.82
グルコース	0.83
対照区	0.44

\* 100 mg/100 g の割合で添加。25°C にて1か月培養した試料。4.70 mm の篩の通過試料を供試。

次に各種フェノール性化合物とともに高分子化合物であるリグニンスルホン酸の団粒形成作用を観察した(第2表)。リグニンスルホン酸は、グルコースと同様に、その団粒形成能は小さく、またポリフェノールであり、酸化され易い没食子酸の効果も小さかった。このことは特定のフェノール性化合物が団粒形成維持にあずかることを示唆していると思われる。

#### 4. フェノール性化合物が土壤微生物相に及ぼす影響

SWABY<sup>13)</sup>、川村ら<sup>14)</sup>は、団粒の形成には糸状菌菌糸の関与する部分の多いことを指摘したが、本実験では、フェノール性化合物を土壤に添加すると、2~3日後に土壤表面はカビの菌糸でおおわれた。フェノール性化合物の土壤微生物相への影響については、土壤へ100 mg/100 g とかなり高濃度のフェノール性化合物4種(バニラ酸、p-ヒドロキシ安息香酸、フェルラ酸、p-クマル酸)を添加した結果(第3表)、一般的に細菌の増殖に対しては抑制的に、糸状菌に対しては促進的に作用することが明らかになった。

しかしながら、フェノール性化合物単独施用区の団粒(第1表の実験、8か月培養、1年間風乾放置)を電子顕微鏡により観察した結果、団粒の内外部ともに糸状菌菌糸は認められなかった。このことからフェノール性化合物が糸状菌の増殖を促し、それが一次的に団粒の安定

第3表 フェノール性化合物が土壤微生物相\*に及ぼす影響

フェノール性化合物	糸状菌(×10 <sup>4</sup> /g)		細菌(×10 <sup>7</sup> /g)		
	培養 日数	5日	22日	5日	22日
対照区		3.6	5.7	1.4	1.4
バニリン		42.0	100.0	0.11	1.5
p-ヒドロキシ安息香酸		84.0	110.0	0.74	0.81
フェルラ酸		10.0	45.0	6.0	19.0
p-クマル酸		56.0	200.0	0.8	1.6

\* 希釈平板法による。

性を促すが、長期間にわたる団粒の維持には菌糸よりもフェノール性化合物の存在そのものが重要であると思われる。

#### 5. おわりに

以上の結果、団粒の形成と維持には、従来から言われてきたように、polysaccharide gum や糸状菌の菌糸の効果を見捨てることはできないが、フェノール性化合物の長期間にわたる団粒の維持作用は注目に値する。フェノール性化合物は土壤中で微生物、特にカビによって酸化を受け、最終的には腐植酸様の物質へと重合し<sup>15)</sup>、その重合の過程では土壤中の粘土鉱物によって影響を受けることなどが報告されている。また、カビや細菌の細胞壁とも重合し、メラニン様物質に変化することも知られている<sup>16,17)</sup>。また、GRIFFITHS ら<sup>6)</sup>は、*Lipomyces starkeyi* でつくられた細胞外 polysaccharide film で団粒をつくり、その後タンニンや作物遺体残渣の水抽出物で洗浄することによって耐水性団粒が長期にわたって維持されることを見出している。

以上のことを考慮に入れて、フェノール性化合物は有機態の土壤粒子間結合物質の安定化を介して団粒形成に関与するものと思われる。

現在、多種多様の有機物資材が農耕地に施用されているが、フェノール性化合物の存在を考慮することによって、混乱している有機物施用効果のかなりの部分が統一的に理解できるのではないかと期待される。

謝辞 本研究を通じて、箱石正室長(中国農業試験場環境部)のご助言とご批判をいただいた。また長期間の培養は中平敏子女史の努力に負うところが大きかった。ここに記して謝意を表したい。

#### 文 献

- 1) RUSSELL, E. W.: Soil Conditions and Plant Growth, 8th ed., p. 479~519, Longmans, London (1973)
- 2) HARRIS, R. F., CHESTER, G. and ALLEN, O. N.: Dynamics of Soil Aggregation. *Ad. Agronomy*, **18**, 107~169 (1966)
- 3) CHESTER, G., ATTOE, O. J. and ALLEN, O. N.: Soil Aggregation in Relation to Various Soil Constituents. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **21**, 272~277 (1957)
- 4) GREENLAND, D. J., LINDSTROM, G. R. and QUIRK, J. P.: Organic Materials Which Stabilize Natural Soil Aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **26**, 366~371 (1962)
- 5) MEHTA, N. C., STREULI, H., MÜLLER, M. and DEVEL, H.: Rôle of Polysaccharides in Soil Aggregation. *J. Sci. Food Agric.*, **11**, 40~47 (1960)
- 6) GRIFFITHS, E. and BURNS, R. G.: Interaction between Phenolic Substituents and Microbial Polysaccharides in Soil Aggregation. *Plant Soil*, **36**,

- 599~612 (1972)
- 7) 佐藤雄夫：団粒分析，土壤物理性測定法，土壤物理性測定法委員会編，p. 59~65，養賢堂，東京 (1972)
  - 8) 草野 秀・小川和夫：作物体に含まれるフェノール性酸について，土肥誌，**45**，29~36 (1974)
  - 9) SWAIN, T. and HILLS, W. E.: The Phenolic Constituents of *Prunus aemestica*, I. The Quantitative Analysis of Phenolic Constituents. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 63~68 (1959)
  - 10) PAREEK, R. P. and GAUR, A. C.: Organic Acids in the Rhizosphere of *Zea mays* and *Phaseolus aureus* Plants. *Plant Soil*, **39**, 441~444 (1973)
  - 11) WANG, T.-S.-C., YANG, T.-K. and, CHUNG, T.-T.: Soil Phenolic Acids as Plant Growth Inhibitors. *Soil Sci.*, **103**, 239~246 (1967)
  - 12) 本田親史：炭素，土壤養分分析法，土壤養分測定法委員会編，p. 120~124，養賢堂，東京 (1970)
  - 13) SWABY, R. J.: The Relationship between Microorganisms and Soil Aggregation. *J. Gen. Microbiol.*, **3**, 236~256 (1949)
  - 14) 川村秋男・福谷 博・山崎清功・氏家 勉：新鮮有機物の土壤保全的効果の研究(第1報)，耐水性集合体の生成におよぼす新鮮有機物の影響について，四国農試報，**5**，191~208 (1960)
  - 15) 加藤秀正：ポリフェノールの酸化重合ーリグニンの分解と腐植酸の形成ー，化学と生物，**8**，420~422 (1970)
  - 16) MARTIN, J. P. and HAIDER, K.: Decomposition of Specifically Carbon-14-labeled Ferulic Acid, Free and Linked into Model Humic Acid-type Polymers. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **40**, 377~380 (1976)
  - 17) WANG, T.-S.-C., SONG, W.-L. and YUE, L.-F.: Catalytic Polymerization of Phenolic Compounds by Clay Minerals. *Soil Sci.*, **126**, 15~21 (1978)