

国外农业科学资料汇编

第二辑

# 土壤结构改良剂

中国农业科学院编



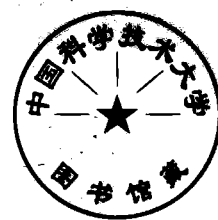
农业出版社

国外农业科学资料汇编

第二辑

# 土壤结构改良剂

中国农业科学院编



农业出版社

国外农业科学资料汇编

第二辑

土壤结构改良剂

中国农业科学院编

\*

农业出版社出版

(北京西总布胡同7号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第106号

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

农业杂志社印刷厂印刷

787×1092毫米1/16·6 $\frac{1}{2}$ 印张·143,000字

1959年9月第1版

1959年9月北京第1次印刷

印数: 0,001—1,950 定价: (9) 0.68元

统一书号: 16144.734 59.3.京型

我們选譯了苏联、美国、日本等国有关研究土壤結構改良剂的文献,共30篇,作为“国外农业科学資料汇编”第二輯出版。其內容概括地介紹土壤結構改良剂的研究历史和方法,土壤結構改良剂对土壤物理性質及化学性質的作用,以及对提高作物产量的效果和制造方法等,供各地研究此項問題的科学工作者参考。

中国农业科学院

1959年6月

# 目 录

## 总 论

苏联对土壤结构改良剂的研究..... 1
新的土壤结构改良剂及其对 农作物产量的影响..... 4
土壤结构改良剂..... 7
土壤及作物对于田间施用土壤 结构改良剂的感应..... 19
聚合体与产量..... 28
土壤结构改良剂和肥料的相互作用对土壤 结构、植物生长及产量的影响..... 30
意大利的土壤结构改良剂“弗洛塔尔”..... 31
泥炭土壤结构改良剂 SCP 的效果..... 32
土壤结构改良剂对植物生长和土壤结 构的影响..... 34
<b>土壤结构改良剂对土壤物理性质的作用</b>
土壤结构改良剂的应用..... 35
土壤结构改良剂对于湿田的物理 性质的影响..... 36
土壤结构改良剂克里利姆对于土壤物理 性质的影响..... 38
土壤结构改良剂克里利姆对于土壤水分 的影响..... 39
土壤结构改良剂克里利姆对于水土保持 的效果..... 41
土壤结构改良剂克里利姆对于土壤水分 和交换容量的关系..... 42

土壤结构改良剂克里利姆对于土壤孔隙 量和团粒形成的影响..... 44
土壤结构改良剂对于灌水情况下的土壤 的物理性的改良作用..... 46
对于土壤结构改良剂所作的数种实验..... 50
关于土壤结构改良剂的研究..... 51
土壤结构改良剂有防止漏水和改良漏水 田的效果..... 57
土壤结构改良剂在防止漏水的栽培 试验中的应用..... 59
土壤结构改良剂形成团粒的机制..... 61
改良土壤的聚合物..... 72

## 土壤结构改良剂对土壤化学性质的作用

施用克里利姆对于土壤磷酸吸收力 的影响..... 74
土壤结构改良剂对于磷、铝、铁的固定 的影响..... 78
聚合物的土壤结构改良作用的若干 理论问题..... 82
形成蒙脱土——聚丙烯酸键的条件..... 89

## 制造方法

用泥炭制造有机质土壤结构改良剂..... 94
作为土壤结构改良剂应用的胡敏酸类似 物质..... 95
合成的土壤结构改良剂..... 98

# 总 論

## 苏联对土壤結構改良剂的研究

維尔什宁 (П. В. Вершинин)

土壤結構改良剂主要是指一些施入土壤后能改善土壤結構水穩性的有机物質。早在1932年苏联的学者伊奥夫和塔姆特便进行了人为促进土壤形成結構的研究。最初,用由黑鈣土中分离出的胡敏物質施入砂壤土以創造水穩性的土壤結構。以后又証明,除了胡敏酸外,其他物質亦能創造土壤結構的水穩性。

1934年,本文著者維尔什宁在全苏土壤物理学会議上,曾做了有关土壤結構形成新方法的报告,但是沒有引起到会者的注意。在伟大卫国战争以前,全苏农业物理研究所已試驗了很多能形成土壤結構的有机化合物。对这些化合物的主要要求有以下几点:溶解于水,渗入土壤后能与土壤起相互作用而轉化为不溶性状态,吸附在土壤微粒表面,使土壤团粒具有水穩性。

适合于这些条件的有以下各种有机物質。

**纖維素** 試驗时采用的纖維素粘液( $C_6H_9O_4OCSSNa$ ) $x$ ,为粘状液体,可以被水稀释。稀释后能使各种分散性(0.5—0.005毫米)的純石英砂土以及各种灰化程度的无結構土壤形成結構,并使土壤結構具有水穩性。在田間試驗小区上能比矿物質肥料更显著地提高燕麦的产量。

**半纖維素** 在半纖維素中采用了木胶进行試驗。虽然木胶能显著加强土壤团粒的机械稳定性,但是在水穩性方面却沒有效果,这是由于它具有极高的水溶性所造成的結果。在以木胶处理过的土壤上施用大量石灰,能减低木胶的可溶性,从而使土壤团粒具有水穩性。

**木質素** 木質素为粉状物,不溶解于水。当溶解于1%的氢氧化鉀溶液后再施入土壤。以木質素的碱性溶液处理生草灰化壤土能使大于0.25毫米的水穩性土壤团粒数由51.2%增加到82.6%,粉状木質素的使用量为土壤重量的0.5%。

**胡敏酸** 胡敏酸是由高位泥炭中分离出来的,溶解于1%氢氧化鉀溶液后再施入土壤。在与木質素同样的使用量下,其效果也与前者相同,能使生草灰化土的水穩性团粒总数由51.2%增加到81.6%。

**瀝青** 先将泥炭在苯甲醇中浸8—10小时,然后把苯甲醇蒸餾掉,把瀝青提取出来。瀝青溶解于1%的氢氧化鉀溶液后再施入土壤。在生草灰化土上,如果泥炭瀝青的使用量与木質素和胡敏酸相同,則能使水穩性土壤团粒的数量由51.2%提高到85.8%。

**泥炭胶**, 先将沼泽內干燥的半腐熟的低

位、高位及过渡泥炭溶解于1%的氢氧化钾溶液中，泥炭与溶液的比例为1:10；煮沸1—2小时后加以冷却、静置，再把溶液倒出，就得出一种深褐色透明的液体，这便是泥炭胶。泥炭胶以液体状态施入土壤内。实验室和田间试验表明，施用为土重0.25%、0.5%及1.0%的泥炭胶，能提高土壤团粒的水稳性(表1)。

表1 泥炭胶形成土壤团粒的能力

土 壤	泥炭胶的施用 量(土壤重量 的%)	大于0.25毫米的 水稳性团粒总数 (%)
潜育化生草灰化粘土	0.5	68.2
潜育化生草灰化粘土	1.0	82.0
生草灰化壤土	0	64.9
生草灰化壤土	0.5	71.1
生草灰化壤土	1.0	77.1
潜育化生草粘土	0	58.8
潜育化生草粘土	0.25	77.1
潜育化生草粘土	0.50	84.0
潜育化生草粘土	1.0	87.6

### 从植物遗体中提取出的土壤结构形成物质 (木质半纤维素)

由棉柴及芦苇中提取的胶状物质 将棉柴及芦苇浸在1%的碱溶液中(比例为1:10)，随后在高压锅中的2个大气压条件下煮沸两小时，提取出的胶状液体分别称为“棉柴胶”及“芦苇胶”。“棉柴胶”具有较高的形成土壤结构能力，在田间试验时，能使大于0.25毫米的水稳性团粒总数由1.0%增加到84.2%。

树脂胶 树脂胶是由廉价的松香皂或工业用松香中提取出来的。大家都知道，松香是由树脂酸与占极大比重的松香酸(C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>)所组成。如果施用为土壤重量0.05%的树脂胶，即能在生草灰化壤土上使大于3毫米的水稳性团粒总数由3.8%增加到49.7%。当施用量提高到0.1%时，水稳性团粒总数增加达88.0%。这种土壤结构改良剂的特点是能

降低土壤的亲水性。很多田间试验表明，在施用一定量树脂胶的情况下各种农作物的产量均有提高。表2中列举的是确定大麦增产所需松香酸钠施用量田间试验的资料。

表2 松香酸钠对大麦产量的影响

树脂胶的施 用 量 (公斤/公顷)	四个重复的 平均产量 (公斤/小区)		折算成每 公顷产量 (公担)		增产(%)	
	谷粒	茎秆	谷粒	茎秆	谷粒	茎秆
0	12.8	14.6	32.0	38.5	0	0
10	13.3	15.8	34.3	39.5	7.2	2.6
50	14.1	17.1	35.3	42.8	10.3	11.3
200	14.8	16.0	37.0	40.0	15.6	4.0
1000	14.8	19.1	37.0	47.8	15.6	24.2
2500	14.2	17.6	35.5	44.0	10.9	14.3

由表2中可以看出，树脂胶的最适施用量为每公顷200公斤。

### 近年来国外对土壤结构 改良剂的研究情况

根据土壤结构改良剂转化为不溶性状态的性质，可以将它们分成两大类：(1)只有与土壤发生交换反应后方能转化为不溶性状态者；(2)转化为不溶性状态与土壤交换反应无关者。

在第一类土壤结构改良剂中包括胡敏酸盐、与其相类似的化合物以及一些以可溶性皂状态施入土壤的物质，例如[土壤复合体]-氢离子+[胡敏酸根]-钾离子=[土壤复合体]-钾离子+[胡敏酸根]-氢离子。

第二类土壤结构改良剂是指纤维素粘液一类，在空气中碳酸气的影响下，它们无需与土壤发生交换反应而转化为不溶性的纤维素。

近年来，国外期刊上登载了很多有关人工形成土壤结构的的文章，并建议采用多酞酸盐、多酞类、甲基纤维素、矽酸钠、二氧化矽有机化合物、硬脂酸和松香酸等作为土壤结构改良剂。

經過多年實驗室以及田間試驗后，美国于1951年制成了另一种类型的土壤結構改良剂——聚丙烯酸，統称为“克里利姆”(Kriillium) (商标为CRD-186及CRD-189)。1952年，世界各国又相繼生产出商标为“波里阿克”、“弗罗非尔”、“伊罗提尔”、“罗克薩尔”等土壤結構改良剂。現在欧洲的期刊上也出現了有关“克里利姆”的資料，很多欧洲国家(德意志民主共和国、匈牙利、比利时、法国、德意志联邦共和国、意大利和英国等)都开始研究并生产土壤結構改良剂。

“克里利姆”是典型的高分子聚合物，在工业(如塑料、漆、有机玻璃等工业)中用途很广。“克里利姆”的基本环是单基物。在丙烯酸內为 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ ，分子量是72.06；在偏丙烯酸內为 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ ，分子量为86.09；在順丁烯二酸中为 $\text{COOH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$ ，分子量为116.07。

在土壤結構改良剂中采用高分子聚合物的結果怎样呢？事实表明，它們的施用量較胡敏物質要少得多(約减少90%)。虽然少量的树脂胶也能使土壤形成良好的結構，但是“克里利姆”与前者有区别：它不减低土壤的亲水性。

苏联以前所进行的土壤結構改良剂的研究表明，实际应用土壤結構改良物質胡敏酸盐的主要困难是它的施用量太大。因此在应用“克里利姆”的試驗中，我們特別注意有关减低土壤結構改良剂施用量的問題。苏联农业物理研究所曾与苏联科学院高分子化合物研究所合作进行了一些試驗。当以土壤重量0.1%的偏丙烯酸的单基物施入土壤后，能使生草灰化壤土的水穩性团粒总数由22%提高到75%。

表 3 偏丙烯酸及偏丙烯酸酯的共聚物对生草灰化壤土結構的水穩性的影响

土壤改良共聚物的施用量 (土壤重量的百分数)	大于0.25毫米的水穩性团粒数 (土壤重量的百分数)
0.1	92.0
0.05	90.2
0.01	86.0
0.005	56.8
0.001	51.8
0	18.4

由表內的資料中可以看出，当施用量为土壤重量0.001%时，共聚物便能显著地增加土壤結構的水穩性。由于施用的共聚物数量是如此之少，因而可以得出如下推断，即：土壤微粒表面单分子层吸附学說是不足以解释土壤团粒水穩性的产生的。显然，土壤微粒被高分子聚合物粘合的过程是与胡敏酸盐等物質的作用截然不同的。

### 結 論

1926年以前，苏联农业物理研究所曾发现了能改良土壤結構的有机化合物。但是，为了获得較高的土壤結構率，需要施用极大量的这些有机化合物，这便是在实际中应用这些化合物最主要的障碍。在第二次世界大战以后，美国制成了一些新的土壤結構改良剂——高分子聚合物，主要是由丙烯酸、偏丙烯酸及丁烯二酸所組成的。这些高分子聚合物的施用量較胡敏酸盐及类似化合物少90—95%。

对高分子聚合物与土壤微粒相互作用的性質以及适宜的施用方法的研究，可能制出新的土壤結構改良剂，每公頃施用数十公斤便足以形成极高的水穩性团粒結構了。

(陈大雄摘譯自苏联“土壤学”1958, 10, 28—37)



# 新的土壤結構改良剂及其对农作物产量的影响

維尔什宁

在植棉地区，常以种植牧草来改良土壤结构，但其有效期不长。因此不得不寻找另一些措施，其中之一，我們認為便是人为地使土壤形成结构。

人为土壤结构形成学說是1932年苏联农业物理研究所首先創立的。該研究所在試驗室和大田条件下，研究了并試驗了各种使土壤形成结构的物質。这些物質的田間試驗結果曾发表在薩文諾夫、維尔什宁、科利亚謝夫等人的論文中。

于1935年設置了某些試驗，其中有一些試驗是在烏茲別克共和国卡烏恩奇国营农場的典型粘壤灰鈣土上进行的。在这里采用了从葦秆和棉柴(富有木質素)中提取的膠質作为土壤结构改良剂。棉柴和葦秆在2个大气压的热压消毒器中，加入1%的硷液，加水(其与水分的比例为1:10)，煮2小时。根据

試驗資料，繪成表示改良土壤结构水穩性的曲綫(图1)。

施用含有木質素的結構形成物質，大大地提高了土壤结构的水穩性。在中亚細亚灌溉农业条件下，这种水穩性可維持2—3个月之久，然后急剧下降，但仍高于对照者。从棉茎中提取的膠質物質使土壤形成结构的作用比从葦秆中提出的物質高。

試驗指出，以木質素物質处理土壤进行研究时，可以創造土壤结构水穩性。但是由于这些物質为微生物所不能忍受，故在中亚細亚停止了这种試驗。

在战后年代，美国积极地从事研究人为土壤结构形成的問題。曾提出一些具有聚合特性的結構形成物質。

孟山多公司出产了两种“克里利姆”聚合体作为土壤结构改良剂。一种是CRD-186(VAMA)——醛縮乙烯和馬來酸的共聚物，一种是CRD-189(HPAN)——水解的聚丙烯腈。

“土壤科学”杂志1952年73卷6期上刊登了“克里利姆”的一些初步科学总结，孟山多化学公司中央試驗研究室的工作人員赫德里斯克和茅利报导了关于研究两种“克里利姆”对土壤结构及产量影响的試驗結果。表1引証这两位研究人員有关“克里利姆”对土壤结构的某些資料。

在各种土壤上的試驗研究証明：当土壤中施入0.1%量的CRD-186时，水穩性团粒总数因土壤类型及其机械成分而异，在96%到34%之間。

根据盆栽試驗(盆直径18厘米，重复三次)

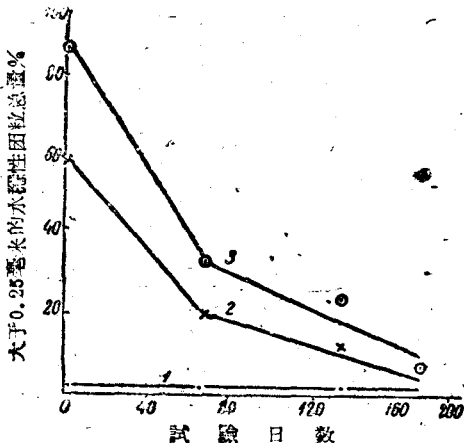


图1 在灌溉条件下，粘壤灰鈣土上的人为土壤结构水穩性的变化

說明：1. 未施土壤結構改良剂(对照)；2. 施用由葦秆提取的土壤結構改良剂；3. 施用由棉柴提取的結構改良剂。

得出下列結果。播种于土壤中以后，经过3个月，如表1所指出的，在对照盆中，胡蘿卜重7克；以0.02%量的CRD-186处理土壤的盆中，胡蘿卜重35克；而以0.1%量CRD-186处理土壤的盆中，胡蘿卜重56克。

馬丁、泰罗等在俄亥俄大学(美国)試驗农場曾进行試驗研究，这些試驗指出，“克里利姆”对玉米产量的作用依物質施用的方法而异。

当表土施“克里利姆”时，玉米产量不增加，当用其他的方法施入时(混拌或当旋轉犁耕耘时施下)，較对照增产47%。关于“克里利姆”和土壤的相互作用及其对产量的影响的重要資料，莫尔欽森和馬丁的論文中就引証过(見土壤科学1956年81卷33—46頁)。他們同时还引用了他人的一些試驗結果报导說：当有机物質存在而粘性团粒相当土重的10—15%时，以及当缺乏游离的碳酸鈣时，都能增加“克里利姆”的效果。当土壤中存在有某一份量的“克里利姆”时便能增加土壤中鈉和鉀的交換速度。

庄斯指出，氢和磷离子能增加“克里利姆”的效果，鈣和鎂則能降低其效果。将以涅依包厄尔方法測定的“克里利姆”施于土壤中則增加磷的有效性，并提高了大麦籽粒中及棉叶和叶柄中磷氮的含量。

表1 土壤中水稳性团粒量  
(米阿米的粉状粘壤土)

克里利姆商标	克里利姆施用量(相当土重的%)			
	0.1	0.05	0.02	0.01
CRD-186	96	84	70	50
CRD-189	92	72	42	16

“克里利姆”在高度农业化学条件下，效果增高。俄亥俄試驗站的玉米試驗証实了这点。小区面积为9×5.6米；土壤为諾特維里粉状粘土。設置試驗时施肥，其有效成分如下：每公頃施N——140公斤，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>——56公

斤，K<sub>2</sub>O——56公斤。“克里利姆”施用量为土重的0.12%。試驗結果列入表2。

表2 1英亩谷的粒产量(蒲式尔)  
(按含15.5%水分計算)

土壤結構改良剂	对照無肥	N	P	K	NP	NK	PK	NPK
未施	68	97	65	72	100	105	76	86
HPAN	72	103	74	82	108	112	68	110
VAMA	75	104	78	84	106	118	79	116

附注：1英亩=0.405公顷；1蒲式尔=35.24升

从表2的資料得知，克里利姆对产量的效果依土壤中有无肥料而异。

在庄斯所作的一个試驗中，在混施有尿素、NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>的条件下，施克里利姆HPAN能使土壤結構的水稳性較对照(未施肥)增加。在NH<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、KCl和(NH<sub>4</sub>)SO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>等盐类的影响下，“克里利姆”对土壤結構的作用被削弱了。

在施用矿物質肥料后，施克里利姆能加强土壤結構的水稳性。这样施用克里利姆比将它与肥料混合施用，也比先施克里利姆再施肥料的效果高。

当土壤中已表現很坏的物理特性时，克里利姆对产量的影响特別显著。阿里松在盐渍土上广泛地进行了这方面的試驗。在一种粘壤土(含：46%砂質土，40%粉砂，14%粘土)上所得的某些資料引証于表3。小区面积为3平方米。交換性鈉以吸收复合体的%表示。

从表3得知，克里利姆能提高盐渍土上所种植的玉米的产量，同时使其对施石膏的要求也降低了。

由于土壤結構发生变化，克里利姆能大大地减少侵蝕現象。图2表示CRD-186和CRD-189对冲积土，特别是当将这种物質施在土壤表层时，水分侵蝕現象有减少的影响。

在簡短的文章內，不能詳尽叙述将克里

表 3 VAMA和HPAN对土壤結構和甜玉米产量的影响

試 驗 处 理	对 照	石 膏	VAMA	HPAN	石 膏 + VAMA	石 膏 + HPAN
1953年						
交換鈣 (%)	30	13	22.5	30	9	13.5
>0.1mm的水穩性团粒总量 (%)	27	31	73	78	75	79
產量 (吨/公頃)	3.0	14.8	15.1	15.0	19.5	16.7
1954年						
交換鈣 (%)	21	7	7	9	3	4
>0.1mm的水穩性团粒总量 (%)	28	30	68	71	69	73
產量 (吨/公頃)	6.2	13.5	18.1	20.0	20.0	19.2
平均產量 (吨/公頃)	4.5	11.5	16.7	17.5	19.7	18.0

利姆施于土壤后所引起的一切变化。我們只能說，許多研究者发现，在克里利姆的影响下，土壤中微生物总量增加了。

克里利姆的成本高，因此自前限制了它在生产条件下大规模地施用。

在苏联也必需組織生产改良土壤結構的聚合物。現在，制造水解的聚丙烯腈已没有什么技术上的困难了。农业物理研究所进行这种工作已經有好几年了(最初，人工纖維研究所的工作人員曾协助过他們)。在實驗室条件下，制造它的工艺学已經有了。

但是，我們不能停留在这一点上，还要制造新的改良土壤結構的聚合物，比美国的更有效，更便宜。在这方面已作了一些工作。例如，列宁农业科学院农业物理研究所和苏联科学院高分子化合物研究所研究了并試驗了甲基丙烯酸和甲基丙烯酰胺的聚合物。这些聚合物在酸性土壤上的作用超过美国的克里利姆的效能。列宁格勒制盐研究所和高分子化合物研究所合制的聚丙烯酰胺也有良好的作用。

在列宁格勒溫室-溫床联合工厂的1平方米土壤中施10克聚合物，使番茄(已施过肥的)产量增加10—25%。在每平方米土壤上消費約30戈比而增产3公斤。

在列宁格勒“郊外农場”的田間条件下土壤結構很坏的灰化粘土上施用这些聚合物，

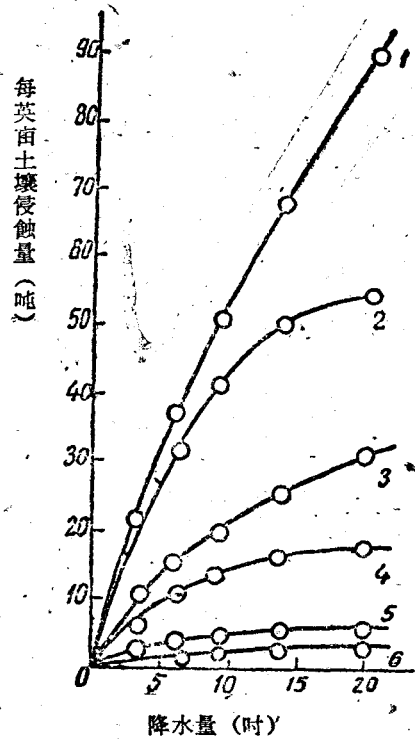


图 2 用二种方法施用土壤結構改良剂时，土壤被侵蝕程度降低。土地坡度34°，5个星期，在播种地区从三点施入土壤結構改良剂。

說明:

1. 未播种的地区 (对照)；
2. 播种地区 (对照)；
3. 施用CRD-189，深度为 1.9 厘米在 9 平方米面积上施 4.4 公斤；
4. 施用CRD-186，深度及施用量同上；
5. 施用CRD-189，施用量同上，但施于表土层；
6. 施用CRD-186，施用量同上，但施于表土层。

使混播蚕豆-燕麦的产量比只施矿物质肥料的对照区的多一倍。即使效果这样高,但在经济上还是不合算的,因为1公斤需要20卢布。看来,这种物质应先用于蔬菜上及一些贵重的经济作物(象棉花这样的作物)上。随着聚合物的生产扩大,这些物质将可能大面积地,在各种作物上使用。

聚合体是新的、专门的形成土壤结构的肥土剂,对土壤物理特性有非常大的影响。它为我们争取丰收开辟了可能性。改进这种物质,并使其价格便宜是农业科学中的重要任务。

(回歌译自“植棉业”1959年1期)

(据“农业科学”,1959年6月18日)

## 土壤结构改良剂

卡斯铁尔 (J. H. Quastel)

人工合成土壤结构改良剂的成功,为从农业科学以及从有机物质的作用方面研究土壤结构问题,打开了一个新局面。1952年发表了关于土壤结构改良剂在农业上应用的初步结果,现在\*来评定其真正价值似嫌过早。然而近来有关这种制剂的文献大量出现,以及市面有许多据称有土壤结构改良作用的产品出售,由此可以看出,人们对这些农业上新的化学产品感到极大的兴趣,似应对这个问题及早进行评述。作者也知道1953年以后,将会发表目前正在进行的许多研究结果,本评述与读者见面时已不能概括全面。因此,本文仅就1953年9月以前所发表的研究结果作一个历史性的综合论述。

### 有机物质与土壤结构

有机物质决定土壤的结构以及土壤生产力,已为人们所熟悉;它与营养物质有同等的重要地位,是构成土壤肥力的主要因素。在人口众多不能充分利用所有耕地的地区,以及在气候不良、侵蚀严重的地区,不断增加有机物质以保持土壤的优良结构已成为一项不

可少的措施。然而在这些地区,由于牲畜粪便,或适宜于用作堆肥或粪便代替物的缺乏,往往不易获得“天然”有机物质。

第二次世界大战期间,作者在英国任农业研究委员会土壤代谢组主任委员,负责研究有关改进土壤生产力问题时,明显地看出,要具备一种有机物质既能改良土壤结构,又要使化学成分无大变动。在一切环境下获得这种有机物质的惟一可行的方法,只有利用一些易于取得的原料来自行制造。因此,极有必要进一步研究“天然”土壤结构改良剂的理化特性;这个工作成了1941年至1945年间农业研究委员会土壤代谢组的一项重要研究任务。

### 天然土壤结构改良剂

腐植质——最明显而为人所熟悉的天然土壤结构改良剂就是腐植质一类的复杂混合物。这种物质以前被认为只是由纤维素构成的,而近来已知其结构中有部分是被细菌所分解的纤维素,有部分为菌丝,还有部分为经过化学变化的木质纤维。根据科学报导,

\* 指1953年10月——译者。

土壤里的腐植酸含有5%的氮素，所以它不可能只是木質纖維和纖維素的产物。腐植質是一种天然的复杂物質，它在土壤里不断地經過合成和分解，因此它的成分是經常变动的，是由木質纖維、蛋白質、半纖維素、纖維素等衍生物所构成的。瓦克斯曼 (Waksman) 和 爱伊尔 (Iyer) 謂腐植質主要是由两类物質所构成的：其一为与鈣、鉄或鋁离子化合的木纖維蛋白質类，它們大概是与半纖維素类或多醣羧酸类化合而形成腐植酸，土壤的特种色泽和某些胶状特性有部分是它們所賦与的；其二为纖維素类、半纖維素类、蜡类、脂肪类以及淀粉类，在不同的地区其含量有所不同，它們之間的比率也不同。

目前有大量的文献論及在不同耕作制度下混入土壤中的作物遗体对土壤有机質形成的影响，以及其对土壤的結構和肥力的关系。在本文中对这些文献不能一一叙述，茲仅就最近的一些論据略述如下。布魯因 (Bruin) 在談到荷兰土壤里所含的有机物質时指出，在耕地里的含量可能为百分之几至30%以上；在永久草地随着地下湿度和排水情况而有不同，約含60%或更多些。在含12—16%有机質的土壤里牧草产量最高，有机質含量高于这个百分数时有排水不良的現象，低于这个数字时則有水分供应不足的現象。有机質含量相同时，土壤的聚合度也有不同，只有少数的土壤結構較好。土壤的結構与馬鈴薯产量，特别是与施用适量的氮素，有密切的相关，而在結構使人满意的土壤里这种氮量是比較低的。

史密斯 (Smith) 和瑪比特 (Mabbit) 曾研究作物遗体及間作作物与土壤有机物質形成的关系問題。他們发现收获一次谷类作物后其遗体和間作牧草或三叶草所賦与土壤的有机物質的总量約等于10吨\* 厩肥。佩治和韦拉

德 (Willard) 指出深根系豆科作物和一种牧草間作对改进土壤的聚合力极为有效。土壤的聚合度与玉米产量成正比。

斯普林厄 (Springer) 和列内尔 (Lehner) 研究了在不同条件下，在两个較长的时期里 (4 和 8 年) 青飼料、藁秆、樅針、山毛櫸叶和泥炭等的分解情况。他們指出这些物体的分解速度，青飼料比藁秆快，而藁秆又比树叶和泥炭等快。經過 4 年后纖維素的分解量：藁秆和青飼料为97%，树叶約92%，樅針为85%，泥炭为54%和53%。在无氧情况下，分解率較低，其次序同上。經過一两年后在有氧情况下，有机質的形成量最大，而以泥炭所形成的最多。

#### 土壤的聚合作用

土壤的結構主要是由它的碎粒或团粒来决定。土壤結構对水分的移动、空气的流通以及热量的传递有极大的影响。許多对土壤肥力有影响的生物化学变化和化学变化都是在土壤团粒的广大表面面积上发生的。能使团粒稳定，或有助于土壤聚合的物質，均匀地分布在結構良好的土壤团粒上。根据克罗斯 (Kroth) 和佩治研究所得，这些物質是由新鮮的有机質分解所形成的极性有机分子以及其他包括氧化鉄、氧化鋁、脂肪、蜡、树脂等物質所构成的。作为土壤聚合剂来說，这两类物質，后者不如前者的效力大。微生物的粘液和細菌的菌絲对土壤的聚合作用有重大影响，并能加强土壤对侵蝕的抵抗力，此已为人所熟悉。最重要的天然土壤聚合剂有多醣羧酸类、多醣类以及由于纖維素分解而成的物質。

#### 土壤聚合剂——多醣羧酸类、多醣类、以及同类物質

腐植質的成分有多醣羧酸类和羧酸类；这些物質普遍地存在于植物体、堆肥和土壤

\* 大概是按每英亩計算——譯者。

里。巴索洛繆(Bartholomew)和諾曼(Norman)認為,不同类型的土壤含羧酸量有所不同,这种物質的含量明显地与土壤的肥力有关。土壤里所含的多醣羧酸类包括果胶酸、藻朊酸和各种的細菌的多醣类。許多粘液質多醣类含有羧酸成分,已知存在于含有腐爛中的植物質的土壤里的植物胶体是由复杂的多醣羧酸类所构成的。佛尔斯什(Forsyth)从土壤里分离出一种含有羧酸成分的多醣分馏物;弗勒(Fuller)証明腐植質里含有醣羧酸类。

馬丁发现在土壤里加入枯草杆菌可使土壤团粒起聚合作用。这种现象是因为細菌在酶作用物上(如蔗糖)生长而形成有机物的緣故。土壤里常見的微生物(如枯草杆菌),分泌一种酵素能把蔗糖合成为菌果聚醣类(Ievans)。馬丁并証明了細菌的多醣类,如菌果聚醣类和菌葡萄醣类,对改进土壤的聚合力,比麦亨利(Mchenry)和罗素(Russel)所說的醣蛋白和木質胶更为有效。晚近赫治甘(Geoghegan)和百利安(Brian)以及麦卡拉(Mecalla)指出了細菌的多醣类使土壤聚合。他們得出的結論是:細菌合成的菌果聚醣类和菌葡萄醣类有显著的使土壤微粒聚合的作用,\*菌果聚醣类是由許多种不同的需氧菌所形成,而菌葡萄醣类則是由不同种的明串珠菌屬(*Leuconostoc*)所产生的。細菌所产生的物質的聚合作用比細菌細胞本身的聚合作用更为强大。作为土壤聚合剂來說,明串珠菌屬利用蔗糖造成的菌葡萄醣聚醣类比由枯草杆菌作用从蔗糖取得的菌果聚醣类更为优越。根瘤菌所形成含有67%的葡萄糖和20%的醣醛酸渣滓的一种多醣,其效力不如菌果聚醣或菌葡萄醣聚醣〔見庫泊尔(Cooper)等文献〕。含有菌果聚醣类的土壤其团粒极为稳定,但终于由細菌的作用而被分散。多醣类的結構对土壤微粒的聚合有显著的影响,由于氢原子的結合力的聚合有显著的影响,由于氢原子的結合力的多醣类与土壤微粒相結合被認為是在这方面的重要机制(赫治甘)。哈瓦什(Haworth)等

发现在含有低量的有机質的不良土壤里只有极少量的多醣类,而有机質总含量高的土壤則每公斤干土里含有0.5—1.5克多醣,这种土壤的持水量也較高。从底土分馏物里已分离出含有菌果聚醣类的多醣。斯瓦比(Swaby)在分析腐植質的成分时已証明有多种物質,包括蛋白質和多醣羧酸,影响土壤的聚合。

麦卡拉和阿尔得弗尔(Alderfer)等研究了腐植質里的木質胶类和类似木質胶的物質的聚合作用。瓦兰斯(Vallance)最近报导,把糖浆加入土壤里显著地提高了水稳性团粒的百分数。凱拉(Kaila)和基維年(Kivinon)証明了作堆肥的藁秆在各个分解阶段都能使土壤聚合。含11%以上的半纖維素和18%的纖維素的物質增加了土壤粒子的形成。这些結果提示了在适于微生物活动的条件下有利于有机物作用而促进土壤团粒的形成,但是同时也加速了所形成的团粒的分解。

卡斯铁尔和韦布雷(Webley)首先指出,由于一种多醣羧酸,藻朊酸有改进土壤团粒的稳定性和土壤持水量的作用,以及对土壤通气有显著的改进作用。他們用一种气压計算法,直接量出土壤里活細胞的氧气供給情况,証明了藻朊酸盐类在土壤里对水和空气之間的关系有巨大影响。对一种土壤只能加入一定量的水分,过多則将使土壤微生物氧气的供应由于浸水和土壤团粒的破坏而降低;在土壤里加入藻朊酸钠,則这个加水的限度可大大地提高。在不良的土壤里加入1%的藻朊酸钠可提高其含气量,使其与肥沃园土的含气量相等。藻朊酸盐的效力随其浓度的提高而急剧增加,直至最高限度。园土含有机質相当高,在高度持水量下呈現良好通气度,加入藻朊酸钠也有良好的影响。1942年作者曾向英国农业研究委员会报导过藻朊酸钠对土壤結構有改良的效果。

### 在實驗室里對土壤結構改良劑的評價

卡斯鐵爾和韋布雷所採用土壤結構改良劑的快速評價法是以使用倭貝格(Warburg) 气压計算儀為基礎的。在一個倭貝格呼吸瓶里放入一個標準定量的風干、過篩的土壤團粒，並裝入一種已知量的微生物懸浮液（例如在一種營養液里的發面包用的酵母），使之在土壤團粒上盡量地均勻分布。在37°C下測定微生物對氧氣的吸收率。當土壤團粒上的微生物能任意取得氧氣時，它們對氧氣的吸收率與在無土壤的營養液中懸浮時最優良的呼吸情況下的吸收率相等。倭貝格瓶里土壤的水分大大增加，致使土壤的團粒受到破壞，以及團粒中的氣孔和間隙被水浸漬時，氧氣的供給受到影響。此時，加到土壤里的微生物對氧氣的吸收率急劇下降。土壤團粒的穩定性越大，可加的水分越多時對氧氣的吸收率下降特快。這種技術提供了一種土壤結構改良劑對團粒的直接影響的簡便鑑定方法。把土壤結構改良劑加入標準土壤里，並加入足量的水分使之成泥團，然後在室溫下聽其自然干燥。再粉碎、過篩放入倭貝格瓶內作鑑定。這種方法的好處在於它能直接得出土壤團粒在不同的含水量下；氧氣的供給量。這種方法主要是根據微生物的呼吸活動的生物測定法，它同時提供了擬用作土壤結構改良劑的物質是否對這些微生物有毒性的資料。很明顯，一種對土壤微生物毒性很高、使微生物的呼吸機能中毒的土壤結構改良劑，在農業的實際應用上是不會受到歡迎的。

然而使用這種方法須有掌握倭貝格气压計算儀的特別經驗，測定土壤結構改良劑的價值不如普通測定土壤團聚力的方法方便。麥卡拉(Mecalla)使用小試管的方法來研究不同的物質對壤土和粘土粒的聚合力的影響。赫洽甘和百利安把不同物質的溶液分別加到粉碎的土壤里，通過適度的篩子把潮的土壤

作成小團粒。干燥後將這些土粒在水里攪拌并過篩。用這種方法來估計穩定團粒的比例數。赫德里斯克和茅利使用气压計算法和育德爾的改良濕篩法。他們發現使用適當時，這種改良濕篩法能取得與在溫室和田間同樣良好的效果。這種方法是在標準定量的米阿米(Miami)粉砂壤土粉末里加入一種土壤結構改良劑，並加入30%的水分，然後把潮濕的土壤通過一個篩子作成小團粒。干燥後用濕篩法過篩。用這種方法將每種土壤結構改良劑作比較試驗，可得出與田間試驗相同的結果。

邁克爾斯(Michaels)和來姆比(Lambe)提供了一系列的土壤結構改良劑的比較方法。這些方法是根據用土壤結構改良劑處理後土壤懸浮液的表現和性質而進行測定。測定程序包括絮凝和沉淀試驗，幾種團聚穩定試驗，水分滲透試驗和持水量試驗。試驗結論認為要取得一種快速而簡單的土壤結構改良劑的鑑定方法為時尚早，但是一系列的適宜試驗法，對選擇適當物質作田間試驗大有幫助。

應當指出，如上所提出的試驗方法只是根據土壤結構改良劑和土壤微粒的即時或急速反應而測定的。它們不能反映出在田間的情況下這些土壤結構改良劑的穩定性，或與土壤微粒間的複雜關係。再則，開始時與土壤微粒有不良反應的化合物很可能在田間的情況下變為有改進土壤聚合力的物質。

### 纖維素類對土壤濕氣度的影響

卡斯鐵爾和韋布雷用他們的气压計算法表明，不獨多醣羧酸類，如一種藻甙酸鹽，對土壤結構有改良的功効，他如纖維糖類，如醋酸纖維素、甲基纖維素和羧基甲基纖維素等也能改良土壤中空氣和水分的关系。這些物質在1%（按土壤干物重計算）的濃度下對土壤的作用和0.5%藻甙酸鈉相等。這些結果

和費爾貝爾(Felber)以及加特納爾(Gardner)所獲得的結果相吻合，他們發現在土壤里加入甲基纖維素能使土壤的持水量大大提高。

加入厩肥和馬糞，能大大提高土壤里空氣和水的關係以及土壤團粒的穩定性。卡斯鐵爾和韋布雷指出，加入這些物質有兩種作用：(1)在物理方面，由於細碎的莖秆對土壤團粒有連系作用；這種作用是可以逆轉的，如沖洗土壤使莖秆除去，則土壤在極大的程度上恢復其原來狀況；(2)在化學方面或理化方面，多醣羧酸類或多醣類對土壤微粒所起的作用是不可逆轉的，如沖洗土壤並不能立刻使團粒的穩定性降低。

加入陰溝淤泥、堆肥、垃圾等對土壤空氣和水的關係有所改進，其改進程度視這些物質所含的有機物的多少而定。從土壤里或泥炭里浸出的礫質，經中和後，對土壤結構的改良也可能有效。

### 藻醣酸鹽類與土壤生產力

由於發現了加入0.1%以上(按土壤干物重計算)的藻醣酸鈉對土壤的結構有顯著的改進，因而引起藻醣酸鹽對土壤生產力的影響的研究。卡斯鐵爾和韋布雷曾進行一系列的試驗，其結果指出，在溫室條件下，對一種不良土壤(缺乏有機質的重粘土)加入藻醣酸鹽，能提高作物(番茄)的產量。這個結果為奧文(Owen)在研究藻醣酸的功效時所証實。然而，在大田里，在正常的生長季節里，施用藻醣酸鹽對作物的產量影響極少或無影響；由此可見，多醣羧酸在土壤里有易被破壞的特性，因而不宜在大規模的情況下作為土壤結構改良劑使用。

作者在1945年曾用藻醣酸鹽等作試驗，結果如下：多醣羧酸類或多醣類在溫室這樣極為有利的條件下，對土壤結構有快速改良作用，因而有其重要性，但是在大規模的情況下作為土壤結構改良劑是有問題的。特別是

對田間工作應另覓比多醣羧酸和多醣類難於被破壞的物質。多醣羧酸和多醣類都是細胞的代謝物，易為土壤中許多不同的微生物所破壞。微生物在土壤里分解多醣羧酸和多醣類而使它們所穩定的土壤團粒被破壞，氮化合物的供應是對團粒破壞速度起決定性作用的因素，這些氮化合物被侵襲多醣羧酸的微生物所利用，對植物來說也是有害的。此外，改良土壤結構須用大量的多醣羧酸鹽類(每畝約5/6—1噸)；這些鹽里的大量陽離子被釋放出來，也會引起對土壤有害的作用。

由此可見，一種理想的土壤結構改良劑需要具備如多醣羧酸或多醣類對土壤微粒相同的聚合作用，但其在土壤中的被破壞速度則要較為緩慢。它也應與天然土壤結構改良劑一樣，對動植物都無毒性。它不破壞土壤中微生物界的平衡，例如不影響固氮菌的生長。不能抑制土壤的硝化作用；相反地，由於使土壤的通氣作用加強，還可能加速這種作用。它也不應使植物營養極其重要的微量元素有任何不可逆轉的消失。

作者和孟山多化學公司科學人員共同研究製成的人工合成聚合電解質，在很大程度上達到了以上所提出對土壤結構改良劑的要求。這項研究的結果曾在1951年12月美國科學促進會上宣布。

### 人工合成聚合電解質對土壤的聚合、 通氣以及與水分關係的影響

赫德里斯克和茅利最初使用卡斯鐵爾和韋布雷所採用的氣壓計算法，其後用濕篩法對許多人工作物質(大部分是在孟山多實驗室里製造的)作了測驗。他們發現在實際應用中，只有一些分子量高的水溶性聚合電解質的濃度很低的溶液能作為有效的土壤結構改良劑，其中，聚丙烯腈加水分解所形成的物質效力最好。其他與此結構相近似的物質對土壤的通氣和聚合作用也有很大的改進效



力。大部分研究报告所讨论的两种为：CRD-189(亦名HPAN)，是一种水解聚丙烯腈钠盐，和CRD-186(亦名VAMA)，是作为部分钙盐使用的羧酸化聚合物。这两种都是多阴离子聚合物。赫德里斯克和茅利指出这些物质在砂壤土上按0.1%(按土壤干物重计算)施用比其他试剂(如藻酸钠、羧基甲基纤维素钠、果胶、木质胶等)按1%施用对通气作用效力更高。在多种不同的土壤上施用后也可看出它们使土壤的凝聚力大大提高。所有的土壤用CRD-186和CRD-189处理后，在耕作上可以省力。在含水量高的情况下它们是柔软而易碎的。聚合电解质对土壤的作用主要是使团粒稳定，而处理过的土壤的渗透率比未经处理的土壤常常高至100倍。持水当量据说也有增进，植物雕萎试验指出土壤所增加的持水量都可供植物生长的需要。米阿尖粉砂壤土用人工合成改良剂处理后，除水的浸入和滤出加快以及湿度的贮存量增加外，表面的蒸发量减少，这种作用，很明显是因为凝聚力增加的缘故。

阿里逊(Allison)在实验室和田间试验发现对美国西部渗透性很低的碱性土壤，用CRD-186处理后渗透性有显著的提高，其提高的程度与施用量成正比。对几种盐土和碱性土施用0.025%和0.1%土壤结构改良剂后，获得高度的水稳聚合性。马丁等发现在田间对结构紧密的米阿米、克罗斯比(Crosby)、布鲁克斯敦(Brookston)和抛尔丁(Paulding)等土壤施用0.02—0.2%的CRD-186和CRD-189粉剂，然后用圆盘耙攪拌和旋轉耕作器翻耕，使之与土壤混和，这就提高了土壤的聚合作用以及有关性质，如多孔性和渗透性。其团粒有水稳性，结构的改进可维持到第二个生长季度的结束。博特曼(Bodman)、黑干(Hagan)和彼得斯(Peters)等发现对加利福尼亚(California)土壤施用0.1%CRD-186，凝聚力增加最高的是粉砂壤土、壤土和砂壤土；而对

结构较细致的土壤作用最不显著，这种土壤在处理之前已有65%(按重量计)的水稳性团粒。他们指出，对约洛(Yolo)土壤，其结构从壤砂土到粘土，加入0.1—0.2%的CRD-189，对它们的持水当量或雕萎点无显著的改进，然而由于土壤结构改良剂能增加土壤水分的渗透力，对植物所需水的供应有所增加，因而能促进根系的扩张和深入土层。坚密逊(Jamison)也看出用聚合物处理对雕萎点和有效水分的含量无大影响；但指出，在大田情况下，改良土壤结构能影响土壤与水的关系，因为增加了团粒的稳定性，加强了水的渗透作用。瓦兰斯(Vallance)发现用0.015—0.075%的克里利姆(Krilium)土壤结构改良剂的商品名(孟山多公司出品)，处理凝聚力不良的土壤，可将其水稳性团粒增加至53—70%，但对凝聚力良好的土壤则无大作用。里安(Ryan)在关于种植唐菖蒲方面指出，所加入的土壤结构改良剂，最好是固体的，可以改良重粘土，但施用时土壤的物理状态应该是很好的。

应该着重指出，土壤结构改良剂如多酞酸或人工合成聚合电解质，使土壤粒屑稳定；如要取得良好效果，在施用土壤结构改良剂之前或施用之时有必要把土壤的结构整理好。克韦佩斯(Kuipers)和比克尔(Boekel)发现人工制造的粘土和壤土团粒，施用克里利姆后，粘土的团粒直径，渗透性，持水量和粘度都有所提高。克里利姆对所有土壤的渗透性都能大大提高，但在各种不同土壤之间其提高程度有很大的出入。斯万逊(Swanson)也曾指出，施用克里利姆可以改进土壤的团聚作用、多孔性和渗透性，并防止烂泥化(Slaking)；它能使既成的结构稳定，使土壤易于干涸。汉诺斯奥(Hanotiaux)和曼尼尔(Manil)也曾看出，施用克里利姆可以使耕地黄土(Cultivated loess)的结构改进，但对森林酸性和剝蝕(dégradé)的表土层则无改进效果。马丁和