

水稻土结构性的初步研究*

易品仙

(湖南省农业科学研究所)

土壤结构状况在农业生产上具有重大意义，结构状况的好坏是衡量土壤肥力水平的一个重要方面。稻田土壤与旱地不同之点，在于浸水时间长，没有明显的大团粒结构，而主要为微结构^[1]，故微结构的研究在稻田土壤研究中显得更为重要。

目前已经拟定出了各种各样的研究土壤微结构状况的方法，例如法吉列尔提出以结构系数作为土壤团聚化程度的指标。盐入松三郎认为，土壤的沉淀容积是土壤许多内部性质的综合表现，可以此作为结构状况的指示。谢森祥等则以结构容重比作为水稻土耕性的指标，比值愈大则结构性愈好^[2]。这些方法虽均能在一定程度上反映土壤的耕性，但常因土壤性质不同（如腐殖质含量、质地、代换性阳离子组成等）而有较大的局限性，且很难用单一数字说明结构好坏，或者操作繁复，分析时容易产生较大误差。在我们的工作中，发现土壤的沉降系数（土壤在水中搅拌后，最初出现界限时与静置一定时间后下层土壤容积之比）与土壤耕性有一定关系，能够在一定程度上表明稻田土壤的结构状况，且操作简便。本文报告我们在这方面的工作结果。

一、沉降系数的测定方法

农民根据其在长期生产实践中所积累的经验，将水稻土的耕性区分为糯性、粳性、淀浆性及起浆性等，实质上这些性质都是土壤结构状况的一种反映。按阿斯塔波夫意见，土壤在静水中沉降的速度以单粒较快，各级微团聚体则因其比重较小，下降的速度较慢，故

表1 不同轮作制度下稻田土壤在水中的沉降速度和沉淀容积

轮作形式	开始静置至初现界限时间	初现界限时沉淀容积A(毫升)	24小时后沉淀容积B(毫升)	沉淀下降速度(毫升/24小时)	B/A
双季稻绿肥	2 分钟	770	130	640	0.168
双季稻绿肥	1 分钟	690	150	540	0.217
双季稻绿肥	2 分钟	620	149	471	0.240
双季稻绿肥	2.5 分钟	780	210	570	0.269
稻蚕豆	4.0 分钟	139	69	70	0.496
稻油菜	4.5 分钟	460	148	312	0.322
稻豆排菜	5.0 分钟	380	197	183	0.518
稻豆	4.5 分钟	420	200	220	0.476
稻西瓜番茄绿肥	5.5 分钟	250	140	110	0.560
稻西瓜萝卜	5.0 分钟	230	145	85	0.630
稻西瓜大豆	4.5 分钟	235	169	66	0.719
稻蔬菜	7.0 分钟	150	120	30	0.800

* 本工作在肖泽宏、徐文征二位先生指导下进行。参加工作的尚有陈叔君、杨文展二同志。

單位時間內原狀土在沉降筒中下降距離的大小，在一定情況下可以說明土壤中微團聚體的含量情況。如表 1 所示，雙季稻綠肥田土壤在沉降筒中經攪拌後，立即出現混水與土粒的分界綫（1—2.5 分鐘），而稻旱輪作田出現界綫的時間則較長（4—7 分鐘），即沉淀下降速度稻旱輪作田均小於雙季稻綠肥田，這說明稻旱輪作田中微團聚體含量以及參與微團聚體的單粒較前者為多。

由表 1 還可看到，不同利用方式下土壤的初現界限時的沉淀容積及 24 小時後的沉淀容積雖因土壤機械組成等的不同差異很大，而與靜置後至初現界限時的時間沒有關係，但其比值（B/A）則與靜置後至初現界限時的時間大致上一致。各稻旱輪作田土壤的 B/A 比值均大於雙季稻綠肥田土壤的 B/A 值。

表 1 中的 B 值是土壤攪拌靜置 24 小時後的沉淀容積。選用這個時間是因為此時土壤的沉淀容積一般基本上已停止變化（表 2），可以得到相互比較的結果。

表 2 不同時間沉淀容積的變化

土壤耕作方式	初現界限時容積 (毫升)	24 小時內沉淀容積變化(毫升)						
		1 小時	2 小時	3 小時	4 小時	8 小時	12 小時	24 小時
犁田	320	193	177	168	155	150	140	140
板田	460	221	195	180	159	150	128	126
浸冬	965	697	450	341	294	275	210	200
犁田	255	160	135	130	128	125	120	119
板田	253	135	125	119	110	100	95	94
浸冬	410	163	150	141	130	125	119	119

據此，擬定的沉降係數測定法如下：稱取相當於 100 克干土的原狀土（先測原狀土水分含量，然後稱樣進行），加水攪勻，全部洗入 1,000 毫升量筒中，加水至刻度，以攪拌棒每分鐘上下 40 次的速度攪 1 分鐘，靜置，觀測其開始出現混水與土粒分界時，下層土壤容積毫升數 A，及靜置 24 小時後下層土壤容積毫升數 B，二者比值的倒數 C，即稱為沉降係數。其計算式為： $\frac{B}{A} = C$ 。

供試原狀土的沉降係數值一般均在 1 以下。我們設想，當土壤團聚化程度極低時，則沉降係數值將大於 1。為了驗證這一點，我們曾用了幾個不同的水稻土，加草酸鈉使之不同程度的分散，然後如上進行測定，結果列於表 3。

表 3 說明，經分散後的土樣與原狀土的沉降係數有很大差別。原狀土的沉淀容積係由大至小，分散後的土樣的沉淀容積則係由小至大。這是由於土樣經分散後，初沉降的都是砂粒，隨後單粒繼續下沉，故 24 小時後的沉淀容積大於初現界限時沉淀容積，因而沉降係數大於 1。原狀土則因團聚體所受到的分散作用小，開始下降時，由單粒所組成的各級團聚體構成的沉淀容積大，隨後各團聚體之間互相緊密排列，因而最後的沉淀容積小，故沉降係數均在 1 以下變動。

根據上述結果，初步可以認為，沉降係數值（C）能夠反映稻田土壤的耕性，C 值在 1 以下時，數值較大者耕性較好，C 值在 1 以上時，則數值較大者耕性較差。此值太大或太小，均說明土壤耕性不良，太大時泥漿性強，太小時則起漿性強。

表 3 原状土与分散土的沉降系数

处 理	初現界限时沉淀 容积(毫升)	24 小时后的沉淀 容积(毫升)	沉 降 系 数
水稻土 1, 原状土	120	110	0.917
微分散土*	60	80	1.33
充分分散土**	40	72	1.80
水稻土 2, 原状土	640	182	0.284
微分散土	40	88	2.00
充分分散土	40	80	2.20
水稻土 3, 原状土	650	246	0.378
微分散土	70	92	1.31
充分分散土	58	177	3.05
水稻土 4, 原状土	750	195	0.260
微分散土	70	80	1.14
充分分散土	65	167	2.57

* 微分散系加 5 毫升 0.5 N 草酸鈉于土样中,用玻棒攪动 10 分钟。

** 充分分散系加 20 毫升 0.5 N 草酸鈉于土样,置乳鉢中研磨 10 分钟。

二、沉降系数与土壤有机质及机械组成的关系

一般认为,土壤的结构状况与有机质的量和质的关系很密切。我们测定了三种利用方式(双季稻浸冬,双季稻绿肥及稻旱轮作)下土壤的沉降系数、有机质含量和胡敏酸的特性,结果列于表 4。

表 4 不同利用方式下土壤的沉降系数与有机质的关系

利用方式	沉 降 系 数	有机质(%)	胡 敏 酸 鈉 特 性	
			消 光 系 数 (440 m μ)	加入 1% CaCl ₂ 凝 聚 所 需 时 间
双季稻浸冬	0.197	2.97	0.215	2 时 58 分
双季稻浸冬	0.231	2.54	0.209	3 时 0 分
双季稻绿肥	0.354	2.49	0.328	2 时 40 分
早稻养麦	0.909	2.30	0.390	1 时 20 分
早稻秋大豆	0.827	2.13	0.400	1 时 30 分
早稻秋红薯	0.949	2.24	0.430	1 时 28 分
早稻蔬菜	0.764	2.17	0.463	1 时 14 分
早稻秋玉米	0.926	2.08	0.401	1 时 51 分

由表 4 可见,不同利用方式下土壤沉降系数值的变化序列是:双季稻浸冬 < 双季稻绿肥 < 稻旱轮作。有机质含量的变化趋势则与此相反,在双季稻绿肥、特别是双季稻浸冬利用方式下的土壤,由于浸水时间长,有机质矿化程度弱,其有机质含量较稻旱轮作者为高。但从有机质的质量看,稻旱轮作方式下的水稻土,其胡敏酸消光系数较大,凝聚极限值较小,沉降系数与腐殖质的质量有着同一的变化趋势。这说明在长期渍水条件下所形成的腐殖质,并不具有促进土壤团聚化的良好性能。

土壤的机械组成是土壤的重要物理特性之一。粘粒较多,将有助于团聚体的形成。但

是另一方面,在測定土壤的結構狀況時,有時常因不同土壤的機械組成不同,而使測定結果不能較好的反映土壤团聚體的實際狀況。我們測定了湖南祁陽石灰岩風化物上發育的幾個稻田土壤的機械組成及其沉降係數(表5),根據測定的結果,似乎可以認為沉降係數與機械組成無關,而與土壤的利用方式關係較為密切。當然,我們測定的標本很少,各土樣間機械組成的差異也不是很大,這方面還需進一步的研究。

表5 幾種土壤的機械組成和沉降係數

土壤編號	土壤名稱	輪作形式	土層深度(厘米)	各級粒徑(毫米)顆粒含量, %						質地名稱	沉降係數
				>0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001		
1	白夾泥	一季稻冬浸	0—26	2.4	10.8	30.8	12.4	19.2	24.4	輕粘土	0.304
2	白夾泥	稻 麥	0—12	2.0	11.2	30.8	12.8	16.8	26.4	輕粘土	0.370
3	黃夾泥	雙季稻冬浸	0—25	2.6	21.4	22.8	16.4	18.0	18.8	輕粘土	0.255
4	黃夾泥	稻 油 菜	0—19	2.8	16.8	27.6	18.0	20.0	14.8	輕粘土	0.595
5	深腳鴨屎泥	一季稻冬浸	0—15	3.0	24.6	29.2	14.8	14.0	14.4	重粘土	0.256

(戴自強及劉宜承二同志分析)

三、沉降係數值與土壤肥力的關係

從農業生產的角度來看,土壤肥力應當是指農作物生長發育所要求的全部土壤條件,概括地說就是土壤的水、肥、氣、熱狀況的綜合。這些狀況與土壤的結構性有密切的關係。因此,沉降係數值應該能夠在一定程度上反映出土壤的肥力。1962年我們曾結合輪作試驗測定了各種處理的土壤的沉降係數、速效養分及還原性物質質量等,茲將部分結果列於表6。

表6 不同輪作方式下土壤的理化性狀與水稻產量(養分測定結果以干土為基數)
(輪作制定位試驗區, 1962年)

輪作方式	水稻產量 (斤/畝)	5 月 9 日			6 月 4 日		6 月 21 日		
		沉降係數	NH ₄ -N (ppm)	速效磷 (ppm)	還原性物質總量 (毫當量/100克土)	NH ₄ -N (ppm)	速效磷 (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	速效磷 (ppm)
雙季稻連作	528.1	0.354	18.9	3.2	12.3	22.1	微量	4.0	1.8
早稻蔬菜	594.0	0.764	29.2	3.6	6.4	23.6	5.7	5.5	3.1
早稻玉米	536.5	0.926	28.2	16.3	5.7	29.5	4.9	6.8	6.0
早稻玉米大豆	561.0	0.908	24.7	15.0	6.8	26.6	4.9	4.9	5.3
早稻大豆	538.4	0.827	29.1	11.9	6.2	24.9	4.0	4.6	4.9
早稻紅薯	561.0	0.949	26.2	9.7	4.0	24.6	2.0	6.7	5.6

表6表明,在輪作制定位試驗區中,與雙季稻連作利用方式下的土壤相較,稻早輪作利用方式下的土壤,其沉降係數值較大,還原性物質質量較低,各時期NH₄-N、速效磷的含量也較高。這說明稻早輪作制較之雙季稻連作制更有利於土壤良好結構的形成。同時由於稻早輪作制利用方式下的土壤具有較好的結構性,因而它的礦化作用較強,能為作物生長發育提供較好的營養環境。

1962年我們還在本所農場選擇了毗鄰的兩塊田,一塊系常年雙季稻冬浸田,另一塊

为双季稻冬种蔬菜田,在早稻生长期間分別定期采样,測定土壤的沉降系数、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、速效磷和还原性物质以及水稻的分蘖速度和产量。观测結果(表 7a, 7b) 同样表明,沉降系数数值較大的土壤,矿化作用較強,水稻产量也較高。

表 7a 冬浸田、冬种田土壤的理化性狀(养分結果均系以干土为基数)

测定日期 \ 养分含量	$\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)	速效磷 (ppm)	还原性物质总量 (毫当量/100克土)	沉降系数
5月9日: 冬浸	26.1	痕迹	5.48	0.303
冬种	32.3	4.8	3.46	0.645
6月4日: 冬浸	27.7	痕迹	6.03	—
冬种	31.0	4.0	3.89	—
6月21日: 冬浸	10.4	2.0	7.22	0.123
冬种	8.9	5.9	5.09	0.316
8月4日: 冬浸	43.5	16.0	4.38	0.171
冬种	16.4	7.8	0.53	0.326

表 7b 冬浸田、冬种田的早稻分蘖率增长情况与产量的关系

分蘖率 \ 日期	5月23日	5月28日	6月2日	6月7日	6月11日	水稻产量 (斤/亩)
冬浸	6.0	18.6	63.6	99.2	104.2	501
冬种	6.5	25.7	59.0	102.3	110.0	692.1

由此可見,沉降系数能够在一定程度上反映水稻土的结构状况,揭示不同利用方式下水稻土肥力上的差异。结构系数的測定簡單易行。它可以作为表征水稻土结构性及肥力的一项指标。

摘 要

1. 拟定了測定稻田土壤沉降系数的方法。取相当于风干土 100 克的原状土,加水搅匀后,置 1,000 毫升量筒中,加水至刻度,用搅拌棒以每分鐘上下 40 次的速度搅拌 1 分鐘,靜置。观测开始出現渾水与土粒分界时,下层土壤容积的毫升数 (A), 及靜置 24 小时下层土壤容积的毫升数 (B), 二者的比值称为沉降系数 (C), 以此作为结构状况的标志。其計算式如下: $C = \frac{B}{A}$ 。

2. 沉降系数与土壤有机质的质量有密切关系,土壤中的胡敏酸,其分子較复杂,土壤的沉降系数也較大。机械組成似对沉降系数影响不大。

3. 沉降系数值 (C) 在 1 以下时,数值的大小与土壤耕性的好坏趋势一致,数值大,表示土壤耕性好; C 值在 1 以上时,表明土壤的起浆性強。

4. 水旱輪作利用方式下的水稻土,其沉降系数值恆較双季稻連作利用方式下者大,前者中的还原性物质較少, $\text{NH}_4\text{-N}$ 及速效磷量較多。冬浸田与冬种田比較,前者的沉降系数值較后者为小,还原性物质較多,速效性养分含量較低。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院农业丰产研究丛书編輯委员会：水稻丰产的土壤环境。科学出版社，1959年。
[2] 謝森祥、陈家坊：1959。水稻土耕性的初步研究。土壤学报，7卷 1—2期，85—90。

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРНОСТИ
РИСОВЫХ ПОЧВ

И Пинь-сянь

(Институт сельскохозяйственных наук провинции Хунань)

(Резюме)

1. Разработали метод определения коэффициента падения почвенных масс, взятых из рисовых полей. Берется ненарушаемая проба почвы, соответствующая 100 г воздушно-сухой почвы, после перемешивания ее с водой переносится в литровый цилиндр и доливаеется до метки водой. Затем суспензия встряхивается при помощи встряхивателя в течение одного минута со скоростью 40 раз/мин., после чего оставляют её в покое и внимательно наблюдают начальный момент появления ясной границы между мутной водой и почвенными массами, первый объем в см³ последних обозначает (А), и через 24 часа второй— (В). Отсюда получается величина В/А, названная коэффициентом падения почвенных масс (С), который можно рассматривать как показатель структурности рисовых почв, расчет его производят по формуле: $C = \frac{B}{A}$.

2. Коэффициент падения почвенных масс тесно связан с составом органических веществ почв. Чем состав гуминовых кислоты сложнее, тем величина коэффициента падения больше. Следует отметить, что влияние механического состава почвы на коэффициент падения почвенных масс, по видимому, ничтожное.

3. При величине коэффициента падения почвенных масс ниже единицы наблюдается положительное соотношение со "свойством обработки почвы". Чем эта величина больше, тем "свойство обработки почвы" лучше. Однако, если величина коэффициента больше единицы, то почва под воздействием воды характеризуется "высокой степенью дисперсности".

4. В полях под севооборотом с рисом коэффициент падения почвенных масс всегда больше, чем в полях с повторными посевам риса за год. В последних наблюдается сравнительно большое количество восстановительных веществ и меньшее содержание NH_4^+-N и доступного фосфора. Такие же характеристики почвы встречаются и на полях с сохранением слоя воды на всю зиму, а обратное положение наблюдается на полях с зимним посевом.