

# 土壤紧实度与土块分配对水稻生长的影响及耕作方法的调节

赵诚斋 赵渭生\*

(中国科学院南京土壤研究所)

耕层土壤的紧实度及土块分配决定作物生长的土壤物理环境。Yoder (1937)研究指出: 耕层中 0.63—0.32 厘米的土块占有一半时棉花出芽最快。Keen (1930) 等很重视小于 1.58 厘米的土块量。Hagin (1952) 从试验得出, 粗大团聚体比小于 2 毫米的团聚体更适合作物生长, 土块过小, 氧的供应不好, 使作物吸收养分困难。最近好多关于土壤紧实度与作物生长关系的研究都一致指出 (Taylor et al., 1963; Barly, 1963; Phillipps et al., 1962; Barly et al., 1967): 土壤机械阻力增大可影响根的发展, 因而影响作物生长。但这些试验都是以旱作为对象。在国内, 从总结农民的丰产经验中发现(中国科学院农业丰产研究丛书编辑委员会, 1961), 水稻的生长受水田土壤的物理条件所影响。陈永康根据土壤的性质采用不同的耕作方法来调节土壤的物理环境<sup>1)</sup>(陈家坊, 1961), 他指出: 肥土深耕耨耩, 瘦土精耕细耩, 这样使土壤的养分释放与水稻的生长相协调, 以达到丰产。程云生(1962)的试验也证明: 陈永康的耕作方法可使耕层土块组成和土壤紧实度的状况不相同。但对作物的影响如何, 还需进一步研究。

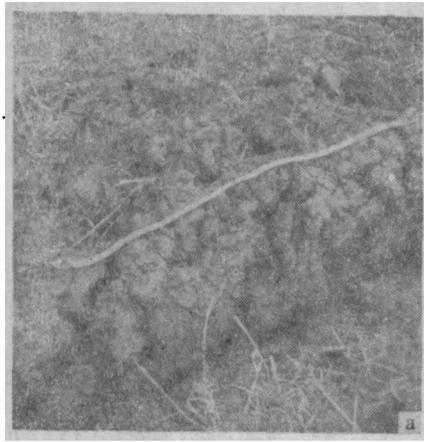
目前, 江苏省南部地区机械化耕作面积逐渐扩大, 为选定正确的耕作方法提供依据, 迫切需要评定耕作质量的指标。为此, 我们研究了土壤紧实度和土块分配对水稻生长的影响, 工作是在实验室条件下进行的; 同时, 对田间用不同机具的整地质量也进行了观测。本文将结合在一起进行讨论。

## 一、试验的土壤与方法

**供试土壤** 1. 黄泥土。土样采于江苏省苏州地区农科所试验场, 是一种肥力水平较高的土壤, 土色黄棕带灰, 锈斑多, 前茬大麦; 2. 栗子土(是一种底潜潜育性水稻土)。土样采于江苏省丹阳练湖农场一队, 肥力水平较高, 土壤呈暗褐色, 隙缝中有锈斑, 前茬绿肥。二种土样都取于耕层, 0—3 厘米的表土切去, 以大块原状土装入铁盒(10×10×10厘米)密封运回室内。这二种土壤对耕作的反应颇不相同(照片 1)。黄泥土耕后土块较小, 也较疏松, 而栗子土土块大, 粘闭, 说明二种土壤的物理性质有很大不同, 它们的理化性质分析结果列于表 1。

\* 现在浙江农业大学工作。

1) 陈永康, 1961: 水稻丰产技术研究报告汇编。中国农业科学院江苏分院编印。



a. 黄泥土, 大麦茬, 耕时土壤含水量为 39.6%

b. 栗子土, 绿肥茬, 耕时土壤含水量为 44.6%

照片 1 耕翻后的土堡状况

表 1 黄泥土和栗子土的理化性质

土壤	土壤的颗粒组成%(毫米)							质地名称	土壤结构发育程度(C)	有机质(%)	全氮(%)	代换量(毫克当量/100克土)
	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01					
黄泥土	0.42	3.89	30.84	16.65	18.70	30.30	65.56	粉砂质轻粘土	9.5	1.93	0.085	19.91
栗子土		6.8	31.2	7.2	12.8	42.0	62.0	粘质轻粘土	3.2	2.98	0.137	23.32

注: 采用 1965 年土壤学会常规分析法。

结构发育程度是根据风干的重塑土块比容  $V_0$  和原状土块比容  $V$  按下式标出:

$$C = \frac{V - V_0}{V_0} \% , C \text{ 值愈大, 表示结构发育程度愈高。}$$

### 试验方法

1. 土块及土壤紧实度对水稻生长的影响试验。分为二组。(1) 土块对水稻生长的影响。田间采取的土样密封移至室内, 略予风干, 切成 2—3 厘米大小土块, 用同样的另一份土放在水中研磨, 把研磨的细土以 10%, 20%, 40% 的比例加入土块, 做成土块—细土三种不同比例的土样。另外还有整块原状土和完全磨细土二种处理。(2) 土壤紧实度对水稻生长的影响。把原状土风干至不同含水量, 放入试钵后用杵击实, 因试样含水量不同而可获得不同的土壤紧实度。这样, 试钵加水后可不致膨松。两组试验的容器都是切去瓶颈的大试剂瓶(直径 7 厘米, 高 11 厘米)。每一处理栽上已发芽的水稻(老来青)三株, 然后各放入大小和高度相同的木盒, 瓶的上缘微露盒外。试验过程土表经常维持水层 1 厘米, 处理重复一次, 放在温室中, 从 6 月 15 日—8 月 3 日共 49 天。各处理均不施肥。试验结束时的土壤容重与原来容重略有差异(表 2), 但土块基本上完整未化。

2. 土块大小对土壤  $\text{NH}_4\text{-N}$  矿化影响试验。将原状土用刀切成 40—50, 10—15, 3—5, <1 毫米四级土块。其中 40—50 和 10—15 二级土块又分别作风干和不风干二种处理。3—5, <1 的二级土样都经过风干, 其中 <1 的又作研磨和不研磨二种处理。所有试样放入 2000 毫升的标本瓶中用蒸馏水将其全部淹没, 瓶口加塞, 放在温度比较稳定的暗室内培养, 于 7 月 1 日开始到 9 月 1 日结束。土样在培养前分析一次代换性铵态氮, 培养后每

表 2 各试验处理的土壤容重及坚实度

土壤	编号	处 理	试验前 土壤容重	试验后土壤容重*		试验后土柱上 部坚实度** (公斤/厘米 <sup>3</sup> )
				上层	下层	
栗 子 土	I	原状土	1.44	1.11	1.11	0.20
	II	土块+细土 10%	—	—	—	
	III	土块+细土 20%	—	—	—	
	IV	土块+细土 30%	—	—	—	
	V	细土搅烂	稀烂	0.71	0.91	0.05
	VI	压紧 1.	0.97	0.99	1.13	0.15
	VII	压紧 2.	1.06	1.05	1.26	0.25
	VIII	压紧 3.	1.22	1.14	1.34	0.39
黄 泥 土	I'	原状土	1.52	1.10	1.21	0.09
	II'	土块+细土 10%	—	—	—	
	III'	土块+细土 20%	—	—	—	
	IV'	土块+细土 30%	—	—	—	
	V'	细土搅烂	稀烂	0.85	0.99	0.02
	VI'	压紧 1.	1.13	1.16	1.31	0.16
	VII'	压紧 2.	1.22	1.17	1.36	0.20
	VIII'	压紧 3.	1.45	1.38	1.60	0.45

\* 上层: 0—4 厘米, 下层: 4 厘以下。

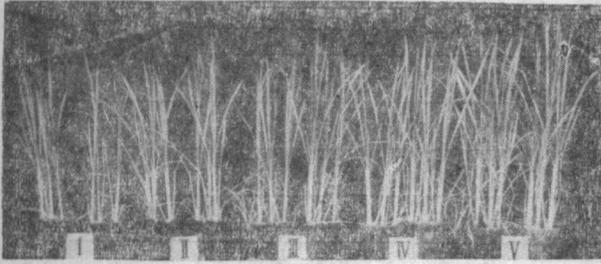
\*\* 坚实度: 用瑞士仪测定, 锥体角  $30^\circ$ , 按公式  $P = ka \frac{Q}{h^2}$  算出坚实度, 式中  $ka$  为常数,  $ka = \frac{1}{\pi} \cos^2 a$  其中  $a$  为锥体峰角,  $h$  为圆锥体下陷深度,  $Q$  为加荷。

隔半月分析一次, 分析方法为奈氏试剂比色法。

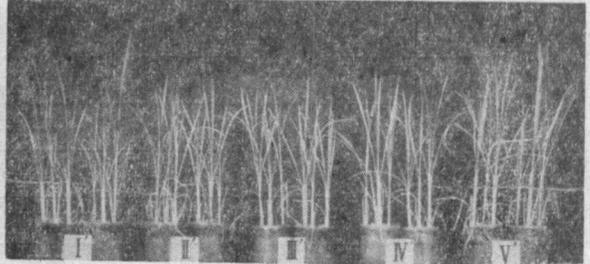
3. 田间耕作质量的检查。主要分析耕耙后耕层的土块大小分配。用具有  $>80$ ,  $80-40$ ,  $40-10$ ,  $<10$  毫米孔眼的大筛子, 每次取样 150 公斤筛分, 重复 3 次, 各级土块以湿土的百分数表示。

## 二、土块和紧实度对水稻生长的影响

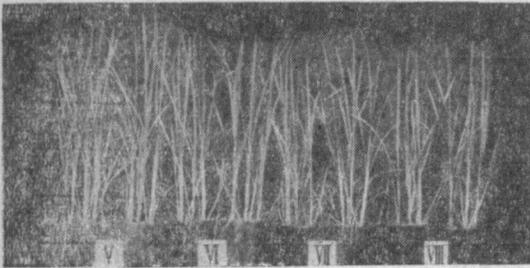
根际土壤环境中, 土块和细土的组成及土壤紧实度对水稻生长产生一定影响。从照片 2 看出: 栗子土的原状土(I)的水稻生长最差, 生长最好的是磨细土(V), 同时其株高和分蘖也有随着土块组成的减少而增加的趋势(图 1, 2)。黄泥土的这组试验也有相同的趋势, 但试验末, 原状土(I')的水稻不是最差的(照片 2), 这可能是由于黄泥土的结构较好(表 1), 在淹水过程中有一部分土壤能自动分散、膨软, 有利于水稻生长。关于这一点从表 2 试验末的坚实度测定结果可得到佐证。同时图 1 所表明的水稻生长速度也反映这种关系: 在试验前 40 天, 原状土的水稻长得最矮, 最后赶上了其他处理; 最终亦以完全磨



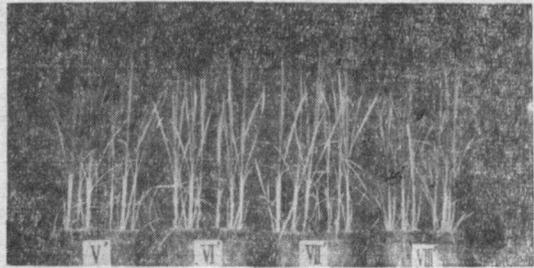
平均分蘖数为: I—0, II—0.2, III—0.3,  
IV—0.8, V—2.1。



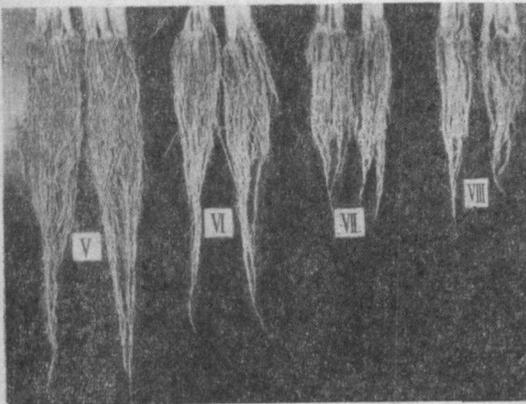
平均分蘖数为: I'—0, II'—0, III'—0,  
IV'—0, V'—0.7。



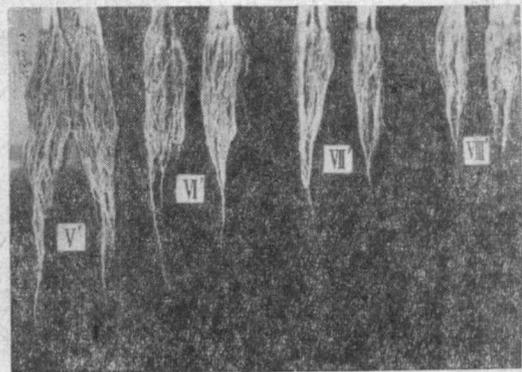
平均分蘖数为: V—2.1, VI—1.8,  
VII—1.7, VIII—1.2。



平均分蘖数为: V'—0.7, VI'—0.7,  
VII'—0.7, VIII'—0.8。



栗子土



黄泥土

照片2 水稻生长试验结束时的植株和根系

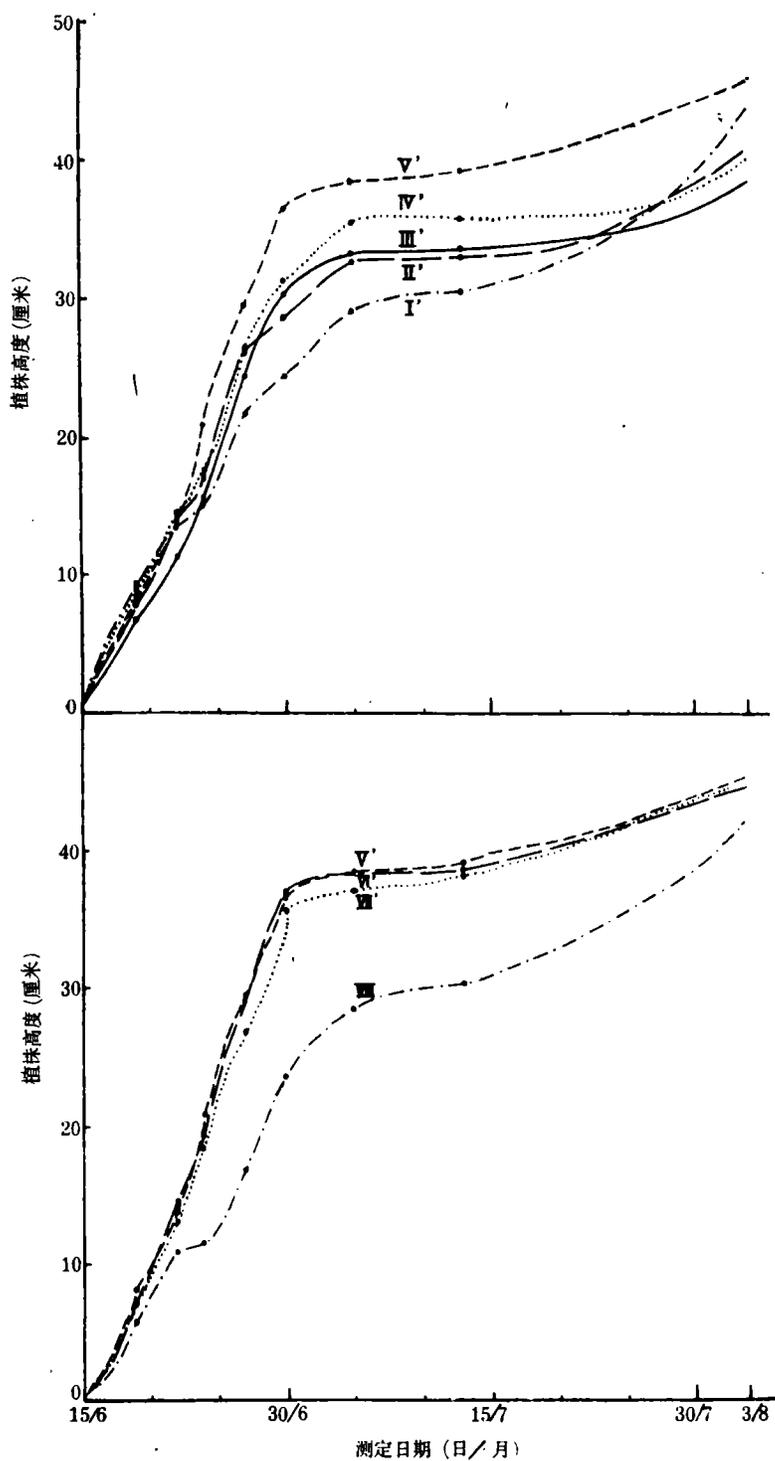


图1 黄泥土上水稻生长的速度

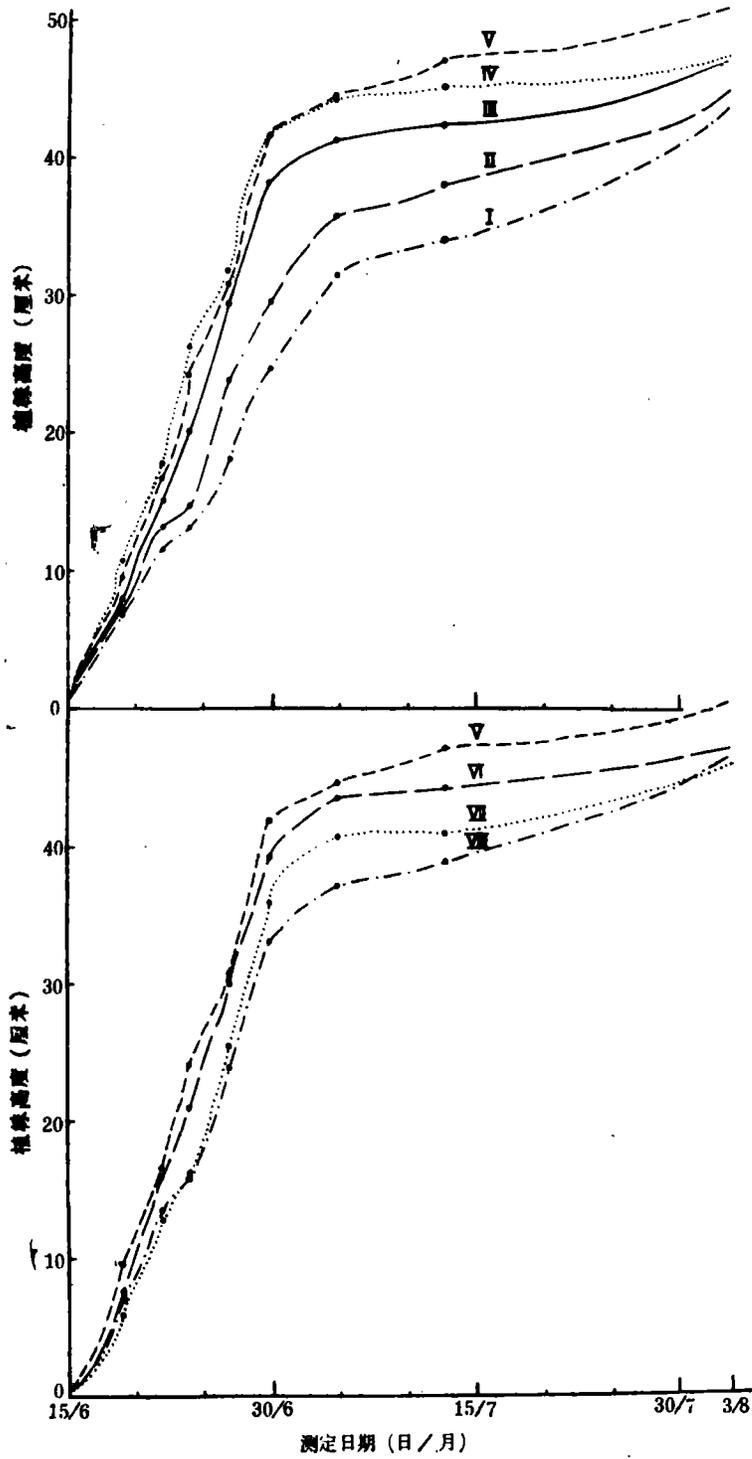


图2 栗子土上水稻生长的速度

细土的处理(V)水稻长得最好。这说明根际土壤中的土块对水稻生长有抑制作用,而且它的影响可很久不消失,农民反映粘质土壤的土块不易化开,可产生迟发现象,看来是有道理的。黄泥土的土块对水稻生长的影响没有栗子土大,从这一点可以得到启示:土壤结构发育程度提高后,土块的影响作用将减小。

我们从另一组试验关于土壤的紧实度对水稻生长的结果中(相片2 V—VIII; V'—VIII')可看出:栗子土上明显地表现了植株的高度和分蘖均随着土壤紧实度的增加而减少,即使容重在1.0以下,紧实度的影响仍然存在,植株高度的差异存在于整个试验过程中。同时还可看出,在这组紧实度不同的处理试验中,不存在 Trowse (1961) 所称的临界容重现象,即在土壤紧实度发展过程中不存在有一明显地影响植株生长的波折点。对影响根系发展的规律也是这样,而且表现得更为明显。

对于黄泥土的试验结果,从植株生长高度来看,容重小于 VII' (试验开始时容重 1.22, 结束时 1.17—1.36) 的处理,植株的差异很少,而且大于此紧实度,水稻生长受到明显抑制,并且这种现象存在于整个试验过程中,所以有明显的波折点。但每株植株的干重表现了另一种规律的变化: V' 为 1.21 克; VI' 为 1.53 克; VII' 为 1.41 克; VIII' 为 1.22 克,从此可看出:容重最小(V')水稻长的并不好,而长得最好的为容重较大的 VI' (试验开始容重 1.13, 结束时 1.16—1.31)。这个关系与以栗子土为试样的结果不同。从对根系发育的影响来看,随着土壤紧实增加,根的长度和数量亦都相应减少,可知土壤机械阻力对影响根的生长是大的,但在某一范围内不一定对植株产生影响,甚至可能还有好的作用,显然,土壤机械阻力影响根系的发展仅是影响植物生长的一个方面,将还有其它作用伴随产生。

栗子土和黄泥土的试验结果不一致,可能是由于土壤质地不同引起其他性质不同的关系。

我们从表 2 的结果可看出:试验末的容重普遍增大了(表层 4 厘米除外),看来这不是自然沉实的结果。处理 V 和 V' 原来容重较小,产生某些沉实是可能的,如果由自身沉实引起,则在相同的重力作用下只能产生相同的底土容重,但它们之间的差异很大,并且有原来容重是大的,底土也有变得更紧的趋势。我们在试验结束时观察了根系的状况,这时又发现,凡是容重大的处理,下部的根有不同程度的干瘪现象,这证明容重增大后,已影响了水分从表土向下补充移动的速度,试验末时的容重比试验初时大,无疑是土体收缩的缘故,这说明了土壤紧实度影响水分物理性质,则也必然影响水稻根际的营养条件。

关于限制水稻根系扎入的极限容重问题。我们于试验结束时切开土柱观察到的印象是:水稻基部的粗根扎入紧土的能力远远大于离基部较远的细根。从下层土来说,栗子土的容重达 1.26 时已很少有根系扎入,而黄泥土的容重 1.36 尚有根系扎入,显然,土壤性状不同(可能主要受质地的影响)限制根系穿入的紧实度不一样,而且还与紧实层存在的位置有关。我们从图 3 风干土块的膨胀可看出:风干的紧实土壤吸水膨胀后,土壤的容重可不断地降低,但栗子土和黄泥土二者膨胀的程度有很大不同,泡水 38 天的容重分别为 1.09 和 1.24,对照上述指出的极限容重,相比之下可以看出,渍水土块不会限制根系扎入,我们在土块组成的试验中也观察到水稻的根系可以扎入土块,尤其根对近水稻基部的土块扎入更多。但上述试验结果指出根的发展随着土壤容重的增加而降低。所以尽管水稻

根能扎入土块。毕竟土块的容重较大,对根的发展有某种程度的影响也是可能的。

从表3土块  $\text{NH}_4\text{-N}$  矿化量来看,土块的存在可严重抑制土块有机氮的有效化,因

此,土壤中的铵态氮数量总的说来是随着土块的减小而增加的,但分析数据表明,土块大小不同,对有机态氮的铵化抑制影响也不等,如把大土块粉碎成10—15毫米大小的土块时,其抑制作用仍相当大,只有当土块碎至小于10毫米时,氮的释放量才有明显的增加,当土壤碎成小于1毫米的土壤并经过搅拌处理,这时氮的释放才达到最高值。Emerson (1959) 根据 Rovira 和 Greacen (1957) 对旱地土壤的研究结果指出: 土块剪损后,破坏了粘土—石英间的接合,使细孔隙变大,原来一些隐藏于细孔隙内的有机质便可为微生物分解。磨细土的  $\text{NH}_4\text{-N}$  矿化量最高,可能就是这个原因。上述土块组成的试验中,植株的生长状况随着细土量增多而增强的事实,必然是由于细土中  $\text{NH}_4\text{-N}$  矿化量高的缘故,黄泥土土块和细土处理之间对  $\text{NH}_4\text{-N}$  的释放差异没有栗子土大,所以不同处理之间

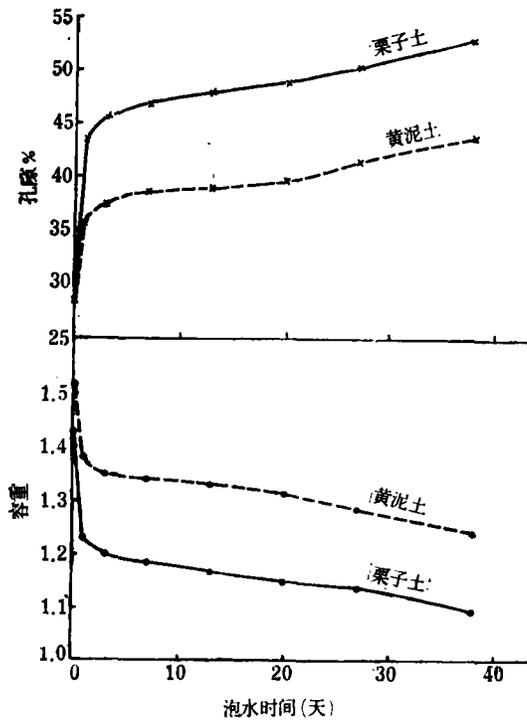


图3 土块泡水后容重和孔隙度的变化

表3 渍水条件下土块大小对  $\text{NH}_4\text{-N}$  矿化的影响

测定日期 (日/月)	不同处理的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量(毫克/100克土)									
	<1毫米(风干)		3—5毫米		10—15毫米		40—50毫米(风干)		40—50毫米(潮湿土)	
	水中研磨	未研磨	风干	风干	潮湿土	土块表层	土块内层	土块表层	土块内层	
栗 子 土										
1/7 (泡水前测)	2.00	2.00	1.59	0.72	0.29	0.96	0.96	0.29	0.29	
15/7	10.70	9.94	7.00	3.75	2.12	1.89	2.05	1.67	1.99	
30/7	7.55	7.16	4.55	1.94	1.14	1.22	1.84	1.27	1.50	
17/8	11.85	8.56	6.29	3.80	3.60	3.71	4.04	—	—	
1/9	11.07	9.90	5.94	3.07	3.70	—	—	2.54	2.72	
黄 泥 土										
1/7 (泡水前测)	2.14	2.14	1.13	0.67	0.61	0.68	0.68	0.61	0.61	
15/7	8.67	6.15	6.51	4.92	2.14	5.06	4.19	1.79	2.06	
30/7	—	—	—	—	—	—	—	1.58	3.38	
17/8	8.71	7.61	5.06	5.89	4.12	5.34	5.73	5.11	4.56	
1/9	8.66	7.97	8.32	7.82	3.19	—	—	4.69	5.47	

注: 1.于7月1日泡水培养。 2.表中风干或潮湿土是指渍水前的土样水分状况。

的植株差异也没有栗子土大, 这二者是一致的。从表 1 可知黄泥土的结构发育较栗子土好, 同时从表 3 还可看出: 黄泥土的土块随着渍水时间增长, 释放出来的养分逐渐增多, 而栗子土则不然, 虽然栗子土的容重也在随渍水时间增长而不断降低, 这说明决定土壤养分释放的速度不是容重或孔隙度的大小, 而是孔隙的质量, 或者说是土块内部粒间的结合状况(即土壤结构)。所以土块对土壤养分的释放或植物生长的影响可为土壤结构发育的程度所改变。

表 3 表明: 较大的土块其内部转化为可给态氮素的量虽然较土块表面略高, 但总量仍低。所以水稻的根系要想扎入土块内来吸收较多养分是不可能的。这使我们得出下列概念, 耕层中大土块的不利影响将不是机械阻力妨碍根的生长, 而主要将是妨碍土壤养定向可给态转化。

土壤颗粒之间的粘结状况既然可抑制土壤养分的释放, 则上述的土壤紧实度影响水稻生长的试验中, 也必存在这种关系。所以水稻土的紧实度影响水稻生长是机械阻力、养分条件及水分特性的综合结果, 因此可用不同的耕作方法或烤田措施来调节耕层的养分和水分状况以适应水稻的生长。

总的来说, 水田整地后, 耕层必须要有一定数量的分散土壤, 结构好的土壤容易达到这一点。所以某些根据旱地的要求研究出来的土壤良好耕性的土块组成的指标, 以及为了土壤能够有较好的通透性, 而把土壤结构的水稳性作为重要指标, 看来都不适水稻土的情况。但分散度大的土壤也必然不是好结构。关于水稻土的结构指标, 还是一个待研究的问题。

### 三、耕作方法对耕层物理环境的调节

松软的土壤在渍水条件下耕作, 土块将在机具的压力下剪毁, 因整个耕层的机械强度很小, 土壤在压力下可向四周发生塑流, 所以这种土壤不能被压紧; 对于粘重板结土, 如在未经晒垡的垡片上进行耙耖, 则由于土体粘韧, 机具可把垡片压于亚耕层, 但这时土垡是为水分饱和的, 水分没有压缩性, 移动也较慢, 所以土垡也不能压紧, 如压力超过土垡的机械强度时, 土垡常被剪毁为变了形的较小土块, 甚至有部份垡片发生分散; 对于耕层下的犁底层, 由于它处于有侧限的条件, 机具的压力可导致土壤进一步压紧。所以耕层土块的最大紧实度不会比原来垡块的紧实度大, 而且因垡片受扰动膨胀的关系, 耕层土壤的紧实度总是比垡片紧实度低。

关于耕作质量的指标问题。上述结果指出, <1 厘米大小土块的养分是易于释放的。为使水稻生长的前期有较好的土壤营养条件, 耕层中必须有一定量的这类较小的土粒。>1 厘米的土块对养分的释放量差异不大, 但从土壤的通气条件和水稻栽插来说, 较大土块也有必要。根据农民的生产经验, 大于 8 厘米的土块多, 可使栽秧带来严重不便, 深浅不好掌握, 容易浮秧。8—4 厘米的土块也有这种影响, 但程度要轻。4—1 厘米的土块对栽秧操作基本上无影响。根据土块大小来评价耕作质量, 还必须考虑土壤固有的结构特征。

我们在田间观测了黄泥土和栗子土春耕时不同耕作方法和不同作业的碎土效果, 结果列于表 4。二种土壤耕后的垡片见照片 1。表 4 的结果中栗子土是未经晒垡的, 黄泥土

表 4 不同耕作方式的碎土效果

作 业	序号	不同大小土块组成%(厘米)			
		>8	8—4	4—1	<1
栗子土(绿肥茬)					
机干耕,灌水,牛耙二次,耖,括	1	27.4	27.7	19.4	25.5
机干耕,灌水,机耙一次,再牛耕一次,又机耙二次,耖,括	2	22.5	31.2	21.1	25.3
机干耕,灌水,旋转耕作一次	3	11.1	41.1	26.1	21.7
机干耕,灌水,旋转耕作二次	4	8.1	32.8	30.1	29.0
机干耕,灌水,旋转耕作二次,耖,括	5	5.9	25.6	28.7	39.8
机干耕,灌水,机耙三次	6	33.6	27.7	15.6	23.1
机干耕,灌水,机耙三次,耖,括	7	22.1	16.7	35.9	25.3
机干耕,灌水,机耙三次,旋转耕作一次	8	24.8	32.4	19.8	23.0
黄泥土(麦茬)					
机干耕,晒垡,灌水,机耙二次,滚(牛)(人工摊平)	9	上层 0.4	4.4	8.1	22.5
		下层 0.5	9.5	17.6	37.0
机干耕,晒垡,灌水,牛耖,滚(牛)(人工摊平)	10	上层 0.6	7.7	9.0	18.4
		下层 2.4	13.5	12.9	35.5
机干耕,晒垡,灌水,旋转耕作二次,滚(牛)(人工摊平)	11	上层 0.7	5.0	8.6	24.0
		下层 0	11.7	14.0	36.0
机干耕,晒垡,灌水,机耙一次,再机耕一次,旋转耕作一次,滚(牛)(人工摊平)	12	上层 0	2.0	6.2	22.5
		下层 3.3	12.2	19.8	34.0

注: 上层为0—4厘米,下层为4—15厘米左右。

已经过一星期晒垡,可以看出: 对于黄泥土不论用老的常规耕作或有强烈割切作用的旋转耕作(表4中11,12)或用碎土作用不强的机耙,其<1厘米的土块都达50%以上,>8厘米的土块很少,显然,从栽秧和氮素释放的观点来说,它们已完全符合耕作要求,所以已没有必要从碎土性能来选择机具,只要从机具的经济效益来考虑就行了。但一年前我们在田间观察发现,这种土壤如未经晒垡,大土块很难消除,这说明要获得良好的耕作质量,晒垡是一种重要的补充措施。对于没有晒垡过的栗子土,不同的耕作方法和不同作业造成的土壤状况有很大不同,旋转耕作法破碎犁耕后的垡片效果最好,只要经过一次作业就可为栽秧创造了良好的土壤条件(表4中3),但对<1厘米的土块也仍形成不多。我们知道,目前所用的机具中,旋转耕作是切割土壤最强烈的,增加一次作业,<1厘米的土块也不过增加7.3%(表4中4),而代价很大。其他耕作处理形成的细土都在21—25%,看来耕作形成的细土量主要决定于土壤性质。所以对这类土壤要使获得好的耕作质量,耙耖前要重视晒垡,栽秧后要及早耘耨以补耕作之不足。机耙的碎土效果很不好,三次机耙不及一次旋转耕作的效果,而且机耙后反而降低旋转耕作的作用(表4中8),因机耙已把垡片压在亚耕层,旋转耙的刀片不能转及。同样,机耙后耖括作业的碎土效果也不高(表4中7),因耖齿不易插入完整的土垡中,即使插入牛力也拉不动,所以每次来回移动耖,只会

把浮土迁移, 对亚耕层的填卧垡片仍无影响。但在未经耙过的架空的垡片上进行旋转耕作, 不仅碎土效果好, 也为获得良好括耖碎土效果提供条件。在耕层土块已较小时, 耖括的碎土作用最易发挥。耙后复耕, 不能提高耙耖的碎土效果(表 4 中 2)。但我们在田间发现, 复耕后的土块普遍较软绵, 这可能由于脱水后的粘土, 在渍水条件下受到机械扰动, 土壤的吸力增加, 导致土壤膨软性提高之故 (Koeniges, 1963)。

#### 四、摘 要

本文就苏南地区二种粘质水稻土的土壤紧实度和土块组成对水稻生长的影响进行了研究, 并对不同方法耕作后耕层土块的组成状况进行了观测, 结果指出: 土壤紧实度和土块/细土比例的不同对水稻生长有明显的影响, 土壤紧实度对水稻生长的影响是通过土壤对根的机械阻力, 抑制土壤养分的转化及水分物理特性的改变所致; 而土块组成的影响可能主要是影响土壤养分的转化。研磨细了的土壤转化成  $\text{NH}_4\text{-N}$  的量最高, 土块大于 1 厘米者对  $\text{NH}_4\text{-N}$  的产生受到严重抑制, 因此认为, 春耕后耕层中小于 1 厘米的土块是评定春耕质量的一个重要指标, 耕层土块大于 8 厘米时妨碍栽秧操作, 8—4 厘米者影响次之, 1—4 厘米者对栽秧无影响。对于要获得较小土块组成的耕作质量, 旋转耕作效果最好, 机耙最差, 但土壤经过充分晒垡后, 各种耕作方法均可获得较好的相同效果, 这时, 对合适机具的选择主要可从经济效益考虑。渍水条件下土垡经过挤压受损后, 可使土块膨软, 这或对土壤养分的释放有利, 故一般用于春耕机具, 只考虑其切割效果而不同时考虑挤压作用是不足的。

#### 参 考 文 献

- 中国科学院农业丰产研究丛书编辑委员会, 1961: 水稻丰产的土壤环境。第 3、11 章, 54—60、352—389, 科学出版社。
- 陈家坊等, 1961: 陈永康的水稻高产措施和理论的初步总结。土壤, 第 8 期, 6—16 页。
- 程云生, 1962: 陈永康水稻高产经验中看土耕耙技术的研究。土壤通报, 第 4 期, 53—56。
- Barly, K. P., 1963: Influence of soil strength on growth of roots. *Soil Sci.*, 96(3): 175—179.
- Barly, K. P. and Greacen, E. L., 1967: Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth roots and underground shoots. *Advances in Agron.*, 19: 1—40.
- Emerson, W. W., 1959: The structure of soil crumbs. *J. Soil Sci.*, 10(2): 233.
- Hagin, J., 1952: Influence of soil aggregation on plant growth. *Soil Sci.*, 74: 471—478.
- Keen, B. A. and Staff of the soil physics dept., 1930: Studies in soil cultivation. V. Rotary cultivation. *J. Agric. Sci.*, 20: 364—389.
- Koeniges, F. F., 1963: The puddling of clay soils. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 11: 145—155.
- Phillipes, R. E., Kirkham, D., 1962: Mechanical impedance and corn seedling root growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 26: 319—322.
- Taylor, H. M. and Gardner, H. R., 1963: Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Sci.*, 96: 153—156.
- Trouse, A. C. et al., 1961: Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots. *Soil Sci.*, 91: 208—217.

## THE EFFECT OF SOIL COMPACTION AND CLOD DISTRIBUTION ON THE GROWTH OF RICE

Zhao Cheng-zhai and Zhao Wei-sheng  
(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

### Summary

The effect of soil compaction and clod distribution of two clayey soils on the growth of rice in southern Jiangsu province was studied. The distribution of soil clods in the plough layer under different ploughing methods was also investigated. The results obtained denoted that the compaction and the proportion of soil clod and fine soil particles influenced the growth of rice markedly.

The effect of soil compaction on the growth of rice was produced by the mechanical resistance of soil to the penetration of roots, the inhibition of nutrient transformation and the unfavorable physical properties of soil moisture. The mineralization of soil nutrients might be mainly affected by soil clodding.

Grinding the soil in water might promote the release of  $\text{NH}_4\text{-N}$ . The release of  $\text{NH}_4\text{-N}$  was obviously less in clod  $> 1$  cm in diameter. Therefore, it is suggested that the quantity of soil clod  $< 1$  cm in diameter in the plough layer may be taken as an important index for the evaluation of spring ploughing.