

水稻土壤耕性的初步研究

謝森祥 袁劍舫 陈家坊

(中国科学院土壤研究所)

水稻土是一个特殊土壤。在水旱輪作情况下，水稻与旱作对土壤环境的要求虽有共同之处，但也有不同之点。因此某些对水稻有利的性质对旱作不一定有益。如苏南地区羣众反映：“烏山土是稻麦双收”，“小粉土是出麦不出稻”，而低洼地区的“灰芦底土即出稻不出麦”等，就說明这一点，本文仅从水稻所需的土壤环境角度初步探討水稻土的耕性問題。

在农业生产实践中，农民羣众对水稻土壤耕性的認識，可有两种含义：(1)单指土壤的耕作性能，如犁田后土垡的大小，碎土的难易以及适耕时期等；(2)广义的耕性，除耕作性能外，还包括有耕作以后土壤所反映的某些影响水稻生长的特性，如稳水性、耐旱性、发棵性、淀浆性、发彊性、起浆性、烘性、拣肥性、烧苗性等等。其中一部分是比較綜合的土壤物理性状，另一部分代表某些农化特性。

在不同的地区，羣众对当地土壤的耕性都有独特的認識。例如南京地区的小粉土，湖北孝感的次白善土，江苏无錫、宜兴、武进等地的淀浆白土，表现出不同程度的淀浆性，而影响水稻根系发育和发棵，因而羣众常以淀浆性或淀板性来評定这类土壤的好坏；里下河和苏北近海地区草荒田新垦的土壤（如泡灰土、鴨屎土）表现烘性；云南的紅胶泥和青胶泥由于它的“起浆性”对耕作方式有特殊要求，而表现为挖垡比犁地可使水稻成倍的增产。因此，水稻土壤耕性的研究，对农业生产在理論上和实践上都具有一定意义。

一、試驗方法的討論

前面所談到的稳水性、淀浆性、发棵性、发彊性及起浆性等，它們的实质是相同的，是土壤灌水耕耙以后耕层土粒大小或团聚体的多少（包含膨胀性能而引起大小的变化）及其排列情况的一种反映，因此，我們认为在浸水后耕作层中单位体积的干土重——姑命名为“浸水土壤容重”以区别于一般的土壤容重——可作为上述情况的指标之一。

浸水后土壤体积的变化，H. E. Middleton 和 H. G. Byers 等人^[1]以及 Цудортранс 方法^[2]曾用来研究土壤的抗蝕性和膨胀能力，但单纯体积大小不如“浸水土壤容重”具有更确切的物理意义。现将“浸水土壤容重”的室內測定方法介紹如下：

称取原状土或通过1毫米篩孔的风干土壤（即扰动土）5克（ W ），置于50立方厘米的量筒中，加蒸餾水至刻度，靜置30分钟，并不时用手輕輕邊动，驅出禁閉在土壤內的空气。到預定時間，即用攪拌棒以每分鐘上下60次的速度攪拌1分钟，而后靜置讓土粒自然下沉，待上部液体基本澄清，而下沉土壤体积不再增加或減少时，記錄其体积（ V ，立方厘米表示）。此外，另取样本測定土壤含水量（ Y ，%），則浸水土壤容重（ M ）可按下列公式求出：

$$M = \frac{W}{V} \times \frac{100 - Y}{100}$$

根据上列公式,可以看出,浸水土壤容重的大小,表明土体在泡水情况下的密实程度,浸水土壤容重过大,即泥浆性能强,耕层板结紧实,对水稻生长显然不利,过小即表明土壤起浆性能强烈,粘粒高度分散,同样对水稻生长不利。根据大量分析结果,浸水土壤容重大于某一数值(约为 0.50—0.60)时,耕性与浸水土壤容重呈反相关,而小于该数值时则呈正相关。例如广西罗城发育于石灰岩风化物质上的黑泥田(高肥)、锅巴田(中等)、红泥田(低肥),其浸水土壤容重分别为 0.52、0.60、0.64,呈反相关;而云南的红胶泥和青胶泥,浸水土壤容重分别为 0.35 和 0.40,而高肥田鸡粪土则为 0.50,呈正相关;再如浙江义乌发育于第四纪红色粘土上的水稻土,高肥田浸水土壤容重为 0.70,低肥田为 0.72,差异甚小。浸水土壤容重的大小虽受到土壤结构状况的制约,但在它的数值中并不含有结构状况的具体数量指标。因此,在选择耕性的综合指标便有引入结构系数的必要。结构系数是参与形成水稳性团聚体的粘粒占土壤中全部粘粒的比值,该数值的引入,将使耕性指标较为确切。因此,最后提出“结构容重比”(S)作为耕性综合指标,其计算工作如下:

$$S = \frac{K}{M}$$

式中: K = 结构系数,按卡庆斯基法计算,小数表示。

M = 浸水土壤容重。

按上列公式,即上述各例的结构容重比,黑泥田、锅巴田、红泥田分别为 1.77、1.42、1.11,鸡粪土、青胶泥、红胶泥分别为 0.79、0.22、0.14。义乌的高肥田为 1.24,低肥田为 0.83。

二、试验结果

(一)土壤样本经过处理后对结构容重比的影响

我们曾取 41 个土样,用原状土和通过 1 毫米筛孔经过处理的土样(称为扰动土),分别进行浸水土壤容重的测定,并计算为结构容重比,其结果如图 1 所示。

从图 1 可以看出,土壤经处理后对结构容重比的数值略有影响,特别是结构容重比大于 0.8 时,但其趋势仍是一致的,因此在没有原状土时,应用扰动土仍然能够比较客观地反映情况。以下所引用的数据则均为扰动土的测定结果。

(二)高肥田、低肥田或不同熟化程度土壤耕作层的结构容重比

我们曾根据群众对土壤耕性和肥力或熟化程度的鉴定,选择了江、浙、赣、湘、鄂、粤、桂、滇等省区的高肥田(水稻产量较高而稳定)、低肥田(产量较低)以及不同熟化程度田块的耕作层土壤共 106 个进行了测定。大部分结果表明,结构容重比的大小与土壤肥力和耕性好坏呈正相关,即群众认为肥田、耕性好的或熟化程度高的田块,其耕作层的结构容重比,均较瘦田、耕性不良或熟化程度低的田块为高。现将不同成土母质上发育的水稻土其结构容重比的变幅及平均值列如表 1,并按不同成土母质援引部分具有代表性的土壤样本的测定结果及一般性状,列如表 2。

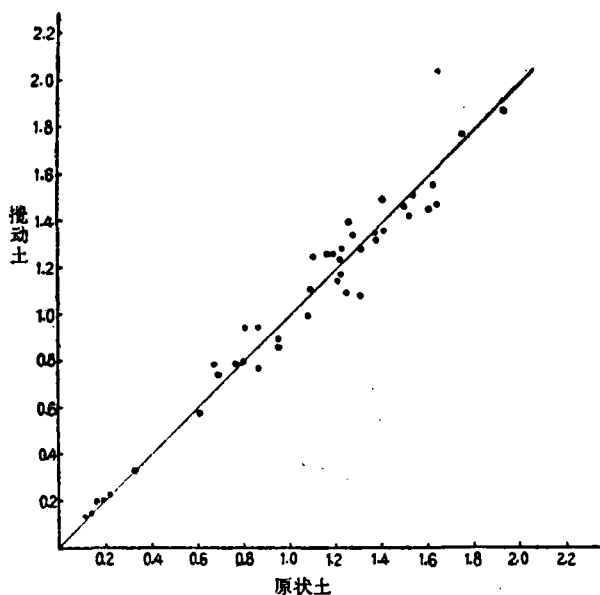


图1 原状土与扰动土的结构容重比的关系

表1 在不同母質上發育的土壤之結構容重比的变动範圍

成 土 母 質	肥 力 水 平		結 构 容 重 比		
			最 大	最 小	平 均
石灰岩发育的水稻土	高	肥	1.77	1.40	1.58
	低	肥	1.24	0.20	0.72
紫色土发育的水稻土	高	肥	1.41	0.79	1.05
	低	肥	1.33	0.14	0.54
酸性岩发育的水稻土	高	肥	1.35	1.08	1.26
	低	肥	1.17	0.77	0.87
紅壤性水稻土	高	肥	1.26	0.86	1.09
	低	肥	1.06	0.83	0.93
江湖冲积物发育的水稻土	高	肥	1.55	1.24	1.36
	低	肥	1.46	1.03	1.33

根据表1及表2所列材料,可以看出:

1. 水稻土耕层土壤的结构容重比可高至 1.87 和低至 0.14, 但一般都在 0.66—1.42 之間, 浸水土壤容重可低至 0.35 和高至 1.07, 而大多数都在 0.41—0.78 的范围之内。在大类型之間, 以江湖冲积物发育的土壤, 其结构容重比较大, 一般均超过 1.20, 高的可达 1.87, 平均約为 1.30—1.40, 但在高肥与低肥之間相关不甚明显; 紅壤性水稻土在 0.83—1.26 之間, 平均約在 1.01 左右, 大体上高肥大于 1.00, 而低肥的小于 0.90。紫色土和石灰岩风化物发育的变幅最大, 可自 0.14 至 1.41 或 1.77, 大体上土壤盐基过饱和状态的比值 S 較高, 不飽和的即較低。

2. 在同一类型中, 高肥田的结构容重比均較低肥田为高, 且差异显著, 但在江湖冲积

表 2 不同类型水稻土高肥田与低肥田的耕作层的结构容重比

土 号	成土母质	土壤名称	地 点	粉砂含量 (%)	粘粒含量 (%)	有机质 (%)	结构系数	浸水土壤容重	结构容重比
孝 1492 孝 1503	长江老冲积物	好馬干土 次馬干土	湖北孝感 "	79.5 71.1	20.5 28.9	2.29 2.41	0.83 0.84	0.66 0.63	1.26 1.33
上 1 上 3	长江新冲积物 "	好馬善土 次馬善土	南京江东社 "	72.7 72.6	27.3 27.4	3.51 3.05	0.81 0.83	0.55 0.57	1.47 1.45
常 4 常 1	老湖积物 "	上等烏山土 下等烏山土	江苏常熟 "	76.7 76.4	23.3 23.6	3.99 9.40	0.88 0.84	0.62 0.45	1.42 1.87
宁普 87 宁普 60	下蜀系 "	黑馬干 死馬干	南京尧化 "	70.2 69.7	29.8 30.1	2.27 2.29	0.82 0.81	0.65 0.65	1.26 1.25
27093 27102	第四紀紅 色粘土	高 肥 对 照	浙江义乌 "	84.1 79.0	15.9 18.0	1.81 0.70	0.87 0.61	0.70 0.72	1.24 0.83
江土 10 江土 16	紅 壤 "	高 肥 对 照	江西乐平 "	81.2 85.4	17.5 9.4	4.02 2.32	0.73 0.60	0.57 0.63	1.26 0.94
32010 32015	花崗岩风化物 "	高 肥 对 照	广东博罗 "	63.8 61.9	13.2 16.1	3.18 2.96	0.78 0.45	0.58 0.58	1.34 0.77
江土 59 江土 63	"	高 肥 对 照	江西安义 "	82.8 64.4	4.8 3.3	3.35 2.68	0.73 0.52	0.57 0.65	1.28 0.79
資 4 資 1	"	烏沙土(肥) 白沙土(瘦)	江西資溪 "	51.7 56.7	8.5 8.7	3.10 2.72	0.82 0.67	0.61 0.57	1.35 1.17
29399 江土 113	紫 色 土 "	高 肥 对 照	江西千州 "	63.5 76.1	36.5 23.9	3.85 2.20	0.68 0.72	0.48 0.54	1.41 1.33
33729 33720 33717	石灰岩风化物 " "	黑泥田(高肥) 鍋巴田(中等) 紅泥田(低肥)	广西罗城 " "	83.8 68.4 63.9	16.2 28.6 35.6	6.96 4.11 2.52	0.92 0.85 0.71	0.52 0.57 0.57	1.77 1.49 1.24
33783 33790 33794	里下河湖积物 " "	紅砂土(高肥) 鵝屎土(中等) 烘土(低肥)	江苏兴化 " "	72.3 55.2 57.5	27.7 44.8 38.6	2.67 6.38 4.74	0.86 0.65 0.58	0.55 0.43 0.39	1.55 1.51 1.46
33759 33753	滨海盐渍土 "	老土(脱盐) 硷湯田	江苏海安 "	86.9 89.4	13.1 6.6	1.80 1.09	0.66 0.65	0.71 0.92	0.93 0.71
33862 33859 33865	紫 色 土 " "	鵝屎土(高肥) 青胶泥(中等) 紅胶泥(低肥)	广东南雄 " "	56.2 62.5 61.5	39.3 37.0 34.6	2.89 1.19 2.10	0.40 0.09 0.05	0.50 0.40 0.35	0.79 0.22 0.14
33822 33829	紅色粘土 "	上等紅壤底 黑粘土 次等紅壤底 黑粘土	广西南宁 "	78.0 70.7	17.4 21.8	2.62 2.51	0.70 0.52	0.61 0.61	1.14 0.86
33846 33849 33840	砂 頁 岩 " "	糯 泥 上等白胶泥 次等白胶泥	广西三江 " "	88.2 74.8 78.0	3.1 5.0 4.2	5.35 3.21 2.49	0.52 0.54 0.45	0.48 0.61 0.59	1.08 0.89 0.77
盐 1 号 盐 4 号 盐 2 号	盐 渍 土 " "	灰沙土(脱盐) 夜 潮 土 盐 斑 地		76.2 71.9 74.7	23.8 26.5 25.3	1.62 0.79 1.13	0.78 0.73 0.68	0.63 0.66 0.80	1.23 1.10 0.85

物質上发育的水稻土,例外情况較多,或差异不大,或低肥田的結構容重比反較高肥田为高,如江苏常熟上等烏山土为 1.42, 下等烏山土反高达 1.87。关于这种情况的出現,可能由于在江湖冲积地区这些类型土壤上,构成产量的諸因子中,耕性已不是一个重要的因子。

3. 从不同熟化程度的土壤来看,結構容重比也随熟化程度的增高而增大,例如江苏兴化发育于湖积物上的水稻土,其熟化程度是:紅砂土>鴨屎土>烘土,它們的結構容重比分别为 1.55、1.51、1.46。盐漬土的結構容重比也随着熟化程度和脱盐情况而增高,例如江苏海安碱場田熟化后演变为老土(脱盐),其結構容重比即自 0.71 增高至 0.93。

(三)土壤改良前后的耕性变化

我們可举江苏太湖地区白土田經改良以后耕性改善的情况为例(表 3)。

表 3 淀漿土壤的結構容重比在改良以后的变化

土 号	土壤名称	层次(厘米)	地 点	結構系数	浸水土壤容重	結構容重比
33468	淀漿白土	0—16	江苏宜兴	0.83	0.81	1.03
33469	”	16—35	”	0.77	0.81	0.95
33470	”	35—50	”	0.77	0.75	1.03
33471	”	50以下	”	0.72	0.67	1.08
33456	鱗血白土	0—10	江苏武进	0.81	0.58	1.39
33457	”	10—22	”	0.82	0.64	1.27
33458	”	22—32	”	0.75	0.81	0.93

上述两个白土田分布在江苏隔湖的西东两岸,根据羣众經驗,淀漿白土施加有机肥料及河泥以后,經三、五年即可改善其淀漿性,表 3 結果說明,改良后耕作层的浸水土壤容重自 0.81 降至 0.58, 結構容重比自 1.03 增至 1.39, 充分証明土壤耕性是可以因施肥等而得到改善的。

下面再举“胶泥田”为例,說明經過人工改良以后,結構容重比均有显著增高。其改良前后的浸水土壤容重及結構容重比的数值如表 4 所示。

表 4 起漿土壤在改良后結構容重比的变化

土 号	成土母质	土壤名称	地 点	改良措施	結構系数	浸水土壤容重	結構容重比
33859	紫色土	青胶泥	云南曲靖	未 改	0.09	0.40	0.22
曲 14	”	”	”	砂 改	0.36	0.48	0.74
曲 15	”	”	”	草 改	0.24	0.37	0.65
33865	紫色土	紅胶泥	云南曲靖	未 改	0.05	0.35	0.14
曲 2	”	”	”	改 豆 田	0.38	0.51	0.75
曲 9	”	”	”	綜合改良	0.28	0.61	0.45

从表 4 可以看出,原来是起漿的土壤,經過改良以后其結構容重比有显著的变化。青胶泥經過改良以后,其結構容重比可以提高 3—3.5 倍,紅胶泥則可以提高 3—5 倍。

根据以上情况的分析,可以初步認为結構容重比作为一个耕性指标,在很大程度上能够反映土壤肥力或土壤熟化程度。显然,以上工作仅是开端,且为室内測定。关于結構容重比的实质及其对水稻的根系伸展和分蘖的影响,尙待进行大量調查和深入的研究。

三、討 論

結構容重比是結構系数与浸水土壤容重的比值,因此,土壤中有機質、質地、粘土矿物的性質、盐基組成及飽和度等对結構容重比的影响,总是通过对結構系数与浸水土壤容重的影响而表現出来的。根据这些标本就其結構系数結果的分析来看,大体上可以認為:在大类型之間(比方不同母質上发育的水稻土),粘土矿物的性質对結構系数的影响,在有机質含量較少时較为显著,有机質較多时,即粘土矿物性質的影响程度就退居次要地位。在同一大类型間不同肥力水平的土壤,即結構系数的大小,基本上决定于有机質含量和盐基飽和度。

其次,从前面提到浸水土壤容重的含义看来,其数值大小似应与結構系数呈反相关。結構系数高的土壤,表明結構性能良好,孔隙度就应增加,密实程度随之减小,因而反映出浸水土壤容重的降低。但事实上它們之間关系并不如此簡單。例如,江西資溪的烏沙土(高肥)与白沙土(低肥),其結構系数为 0.82 与 0.67,但浸水土壤容重同为 0.63;再如江苏兴化紅砂土(高肥)与鴨屎土(中等),其結構系数前者为 0.86,后者为 0.65,浸水土壤容重分別为 0.55 与 0.43,表明結構系数与浸水土壤容重呈正相关。根据以上分析,再就一百多个标本分析結果看来,結構系数对浸水土壤容重的影响,受到土壤質地的制約。我們初步認為随着土壤質地的变輕,結構系数对浸水土壤容重的关系就逐渐趋于不明显,看来在中壤土以下的質地較輕的土壤,結構系数对浸水土壤容重已看不出有什么影响,而質地却起了主导作用,即質地越輕,浸水土壤容重越大。

土壤中有機質的含量,对浸水土壤容重是起有很大作用的,根据一百多个标本的分析結果,当有机質 $< 4\%$ 时,浸水土壤容重与有机質含量呈反相关,即土壤中有機質越多,浸水土壤容重越低。

根据以上的討論,可以看出影响土壤結構容重比的因素是复杂的。上述有机質、盐基飽和度、質地、粘土矿物性質諸因子中,粘土矿物性質虽然主要受自然条件(如成土母質、气候等)影响,但在提高土壤結構容重比、改善土壤耕性所起的作用,将随土壤中有機質及盐基飽和度的增高而减少。我們認為耕作土壤中的有机質、盐基飽和度、質地等完全可以通过施肥及施用河泥客土等得到提高和改善,因而表明了土壤結構容重比可以通过施肥特别是有机肥料而逐渐提高,土壤耕性也就可以不断改善。

四、結 語

1. 我們初步提出“結構容重比”作为水稻土耕性的一个指标,在很大程度上,可以反映耕性的好坏、土壤肥力高低及熟化程度的大小,結構容重比越大,耕性越好,肥力也越高。

2. 結構容重比受到土壤粘土矿物性質、質地、盐基飽和度及有机質等因子的影响,其中以有机質为主。显然,耕作土壤有机質的积累,主要受施肥輪作等的影响,因而說明土壤耕性可通过人为活动而得到改善。

参 考 文 献

- [1] H. E. Middleton and H. G. Byers: The Settling Volume of Soils. *Soil Sci.* Vol. 36, 1934.
 [2] Инструкция по производству полевых испытаний грунтов, Цудортранс, л., 1930.