

# 红壤结构性的田间观察及初步分析

陆景岗

(浙江农业大学)

红壤结构性问题的研究中存在着两种不同的观点。多数文献中,认为红壤的结构往往是不良的(中国农业科学院土肥所,1962;中国科学院南京土壤研究所,1976;加尔库沙 И. Ф., 1951;朱祖祥等,1956;柯夫达 B. A., 1959;梭颇,1936)。然而也有文献指出,红壤的结构性较好(威林斯基 Л. Г. 1950;刘和,1935)。

我们认为,为了弄清红壤结构性究竟良好与否,必须按特定的土壤形成条件(黄瑞采,1958;陆景岗,1964;1965),深入剖析土壤的结构状况,结构的水稳性,结构在肥力中的作用以及在耕作过程中土壤结构的变化情况等。本文主要对浙西发育于第四纪红色粘土上的低丘红壤,进行野外观察及部分测定,拟围绕上述问题进行初步探讨。

## 一、红壤结构的一般特性

在浙江西部,一般未垦的低丘红壤,表土约0—5厘米,有机质稍多,略有团粒结构,向下渐变为块状结构,越向下块体越大,约50—60厘米以下渐变为核状结构,结构体表面的边面逐渐明显,同时这一层及其下逐渐出现网纹。随着土层深度增加,质地逐渐变粘,土壤坚实度也逐渐增加。

低丘红壤经耕作以后,地表常出现一层厚达10—20厘米,容重约在1克/厘米<sup>3</sup>,孔隙度可高达60%左右的疏松层。这层疏松层一经形成,通常也不会再在短期内因降雨而破坏。因其中水稳性团聚体(>0.25毫米)的含量,常可高达60%以上,不过这种团聚体比较致密,它不同于腐殖酸钙形成的团粒结构。在疏松层的表面,由于雨水的湿润及蒸发失水的作用,也常可形成1至3—4毫米厚的结壳。疏松层内的有机质含量并不太高,一般不到1%,说明它的疏松,主要不是有机质的作用。过去不少人将新垦红壤的表层疏松,照例看做是耕作熟化的作用,那是一种误解。

红壤出现上述结构状况的主要原因,一方面是红壤的粘化程度较高,一般含粘粒常达35—50%。由于粘粒之间的内聚力强,可形成比较坚固的结构。它常表现为块状结构体或核状结构体,在地面则成为结壳。另一方面是红壤富含氢氧化铁、铝凝胶,它们具有一定的粘结力。这些凝胶被复于土粒之外,可以构成土壤复粒或微团聚体。如果被复于土粒外面的铁、铝凝胶脱水 and 结晶化之后,所形成的结构必然会有较高的稳固性,能形成土壤的非毛管孔隙。大量铁、铝凝胶的存在以及在旱地条件下表土频繁地进行干湿变异,可能就是红壤水稳性团聚体形成的重要因素。

我们曾在田间自然湿度状况下,观测了耕层内团聚体的分布情况(表1),并发现团聚

表1 在田间自然状况下低丘红壤疏松层的团聚体(干筛分析)

采土地点	项目	团聚体%(粒径:毫米)					自然含水 %	土壤熟 化度	测定重 复次数	
		>5	5-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25				<0.25
诸暨五七农校		16.5	26.7	30.2	20.0	5.1	1.5	20.4	较差	5
金华七一农场		16.0	22.6	17.7	30.3	11.9	1.5	17.8	中等	4

体彼此间的粘结力很小,因而使耕层的疏松性更为显著,但团聚体内部又比较致密,在一定程度上与砂土有些相似,故有些人把红壤内的这种团聚体,称做“假砂”。

由表1所示,团聚体粒径均以0.5—5毫米之间为最多,其中以0.5—2毫米一级对疏松层的疏松作用为最大,同样重量的团聚体由于形状不同可以出现更大的容积。

耕层内的微团聚体以0.05—0.01毫米粒径的最多,大于或小于这一粒径的依次减少,在各种熟化度的红壤内,都有同样的趋势(表2)。

表2 不同熟化程度的红壤的主要理化性状(衢县、十里丰,1962年)

土壤	土层 (厘米)	pH	有机质 (%)	团聚体%(粒径:毫米)						容重	比重	孔隙度 (%)	代换性 Al <sup>+++</sup> (毫克当量/ 100克干土)	代换性 H <sup>+</sup> (毫克当量/ 100克干土)	
				>1	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001						<0.001
强熟化地	0-14	6.8	2.78	1.35	6.21	25.98	45.10	10.93	8.36	1.65	1.12	2.65	57.8	0.038	0.075
	14-24	6.2									1.33	2.65	49.9	1.826	0.062
	24以下	6.0									1.16	2.65	56.3	2.403	0.099
弱熟化地	0-13	6.0	2.35	1.38	10.69	27.43	33.30	17.32	8.25	1.63	1.05	2.66	60.5	1.840	0.074
	13-18	5.8		1.82	12.91	23.88	33.64	8.36	10.31	6.08	1.34	2.65	49.5	1.991	0.050
	18以下	5.4		2.07	17.99	35.91	31.15	7.60	11.41	4.89	1.21	2.70	55.2	3.907	0.062
荒地	0-5	5.4	2.20	1.74	20.87	24.78	28.60	14.07	1.92	8.00	1.34	2.60	48.5	3.593	0.125
	5以下	5.3									1.43	2.65	49.4	4.058	0.106

## 二、红壤地表结壳的形成及其作用

红壤地表一般都有结壳出现,厚薄不一,它的形成与降雨或灌溉后土壤干、湿交替有关,凡结壳较厚的,其中多半有平行于地表的横向裂隙,使之成层片状结构。因此通常所见的结壳,实际上也是层片状结构的一种表现形式(陆景岗,1957)。

结壳(或片状结构)虽可见于各种土壤,但在红壤旱地上,由于颗粒状团聚体非常发育,所以它常有下列几个特点:

(1) 结壳常由团聚体破坏散碎后再粘结而成,所以结壳里常夹有未完全散碎的团聚体,表面不平。

(2) 由于团聚体与砂粒有些相似,相互间的粘结力小,不易形成层片(陆景岗,1957),所以红壤上的结壳常厚度不大,多半只在3—4毫米之内。而只有当耕种熟化,团聚体部分破坏以后,结壳方相应稍厚。

(3) 地表的结壳与疏松层之间常接合不紧密,尤其当地面干燥,结壳收缩之后更是这

表 3 红壤地表结壳对保水的作用(诸暨牌头, 1963 年 4 月)

结壳情况	在直径 15 厘米的圆面积内, 一夜间的水分蒸发量*(克)
厚结壳	0.068
薄结壳	0.069
无结壳	0.102

\* 在耕后的红壤坡地上, 分区设置玻璃罩, 罩内各放 2 克干燥的  $\text{CaCl}_2$  吸收蒸发水量

样。这种情况可减少毛管水的向上传送, 减少蒸发, 利于红壤水分的保蓄(表 3)。

(4) 结壳复于疏松层之上, 使疏松层免受雨水的直接冲击破坏, 因而新垦红壤常在相当长的时间里, 可以保持上层疏松。

(5) 结壳能阻隔土壤空气同大气的对流和扩散, 因而在冬季与早春能防止冷空气向土内侵入, 减少耕层内作物根系的冻害。

但因土壤质地较粘, 所以红壤上的结壳常表现出比较坚硬, 它首先不利于作物的发芽出土。据观察, 某些作物种子较小, 例如芝麻等, 如播种后不加覆盖, 一旦雨后出现结壳, 则出苗率会受到较大的影响, 又不利于土壤渗吸降水, 会增加径流, 所以红壤上的雨前破壳中耕, 对保水有很大好处。

正因结壳对作物生长有利、有弊, 所以我们认为: 在耕作上不应时时要求破壳松土。例如在少雨的高温旱季里, 破壳中耕松土, 在红壤上只会引起土壤中大量气态水的活动, 增强蒸发, 反使水分大量损失<sup>1)</sup>(陆景岗等, 1977)。

### 三、红壤耕地疏松层的作用

为了弄清红壤耕地疏松层的作用, 我们进行过一些土壤水分与温度的系统观察测定(陆景岗等, 1977), 其主要结果表明, 由于耕地上层有疏松层, 雨后可帮助水分下渗, 而在失水干缩后, 又可凭表土大量非毛管孔, 切断上下层毛细管联系, 阻止水分逸失, 所以土壤上层的含水量显然较荒地稳定; 下层土壤的含水量, 则在任何季节里都较荒地为多, 两者间在愈干旱的时候差距愈大。同时还表现了明显的返潮性, 即在隔夜以后, 土壤表层的含水量能显著增加, 尤以上层 10 多厘米厚的土壤内为甚。其原因可能与在昼夜土壤上下层温度变化的过程中, 下层的毛管水与气态水都上升, 而在疏松层内凝结有关。疏松层内的孔隙大得多, 利于气体扩散, 但其毛管作用较弱, 积蓄的水分却不易自土面逸失。疏松层在冬季有一定的保温作用, 它能使土温的变幅减小, 有利于作物生长。

此外, 由于疏松层孔隙率高, 团聚体间的粘结力小, 有利于作物发根, 耕地也较方便。

一般地下结实的作物, 最宜于在砂性土上生长, 但在新垦的粘质红壤旱地上, 很多地下结实的“先锋作物”, 例如番薯、花生、马铃薯、萝卜、蕉藕等都能很好生长。这显然是因红壤具有特殊的结构性——疏松层在起着重要作用。

1) 罗永进、陈继黄: 红壤旱作地保水保肥研究。浙江农科院、农大, 1961 年科研资料汇编(土肥部分)。

上述表明,疏松层在大多数情况下,有利于土壤水、热状况的改善,有利于作物的生长,所以在红壤上开垦种植,应讲求一定的耕作质量。我们在衢县王家公社看到红壤旱地上种植玉米,先浇底肥,再将玉米移植在疏松层上的比先移植再浇肥液致土层板结的土上,玉米产量要高得多,这也说明红壤疏松层的重要作用。不过疏松层也有一些缺点,例如在地表裸露与破除结壳的情况下,冬季冷空气易于透入土壤,使作物根部受冻,夏季促使气态水蒸发,使作物旱情加重,在暴雨的季节里,还因疏松层的土壤结持力弱,极易接受冲刷。这些方面都应引起注意,采取措施。

#### 四、红壤结构在土壤熟化过程中的变化

红壤在耕作熟化过程中,最明显的变化是,有机质含量增加,酸性减弱,活性铝含量下降。这些都必然引起土壤结构状况的改变。从第四纪红土母质的旱地红壤在熟化过程中性状的变化情况(表2),可以看出耕层内较大的微团聚体含量越高,熟化度愈低,其中1—0.25毫米一级的最为明显。当熟化度增高时,粒径0.05—0.01毫米一级微团聚体有明显增加。而粒径最小的团聚体则随熟化度的提高而有所减少。这似乎表明,在红壤熟化的过程中,较大的微团聚体将逐渐解体,或者是微小团聚体与土粒相互粘结,而使0.05—0.01毫米粒径的微团聚体数量增加。其他一些文献<sup>1)</sup>(姚贤良,1962)也同样反映了这种情况。据此推想,0.05—0.01毫米的微团聚体,可能是在红壤内在肥力中较起作用的部分,而在一定程度上标志着红壤的肥力水平。尤其是这级微团聚体恰好就是一般低丘红壤里团聚体含量最高的一级,它与肥力可能存在一定关系,但目前资料不足,还待继续研究。

荒地与熟化地相比较(上层土壤),它的土壤容重较大,孔隙度较小。实际上荒地上层土壤,即相当于某些旱地红壤的心土,除浮面薄层外,含有机质少,而粘粒则稍多,非常密实。但荒地经耕作后,可立即出现十分疏松的土层。所以弱熟化的土壤容重变小,孔隙度变大,不过随着熟化度的提高,容重又变大,孔隙度又变小的现象,这与上述红壤内大团聚体的解体,可能有些关系。

这里应着重指出的是,红壤旱地在初期熟化的过程中,土体不是变松,而是变为板结,这与一般土壤在熟化过程中的变化是不同的。根据田间观察,新垦红壤表层常有显著的疏松层,而熟化后又渐不明显。当然,因熟化而发生的沉实,是与原疏松层相对而言的,当土壤有机质含量进一步提高时,耕层还是会向疏松发展。

有关单位的研究(姚贤良,1962)也同样反映了上述结构变化的过程。红壤荒地结构的形成,主要是靠粘粒的内聚力及氧化铁胶体的胶结作用,形成的结构体内部孔隙少,所以水稳性较高。而荒地一旦开垦,尤其是水耕以后,有机质的胶结,逐渐代替氧化铁而居于重要地位,所以在一定时期之内,耕层内的水稳结构反会迅速降低。上述疏松层的保持就是与结构的水稳性强有关。此外,我们认为,红壤耕作熟化以后,铝离子含量下降,可能也是引起部分结构解体的重要原因之一。

1) 陈继黄,罗永进,金华低丘红壤旱地改水田的初步调查研究。浙江农科院、农大,1963年科研资料汇编(土肥部分)。

## 五、红壤结构在水耕以后的变化

一般粘性较强的红壤,在泡水耕作后,都有土性过于糊烂的问题,这可能是土壤粘细、有机质少以及缺乏盐基等原因,以致土粒分散不易下沉。从红壤结构泡水后的变化来看,绝大部分(80%以上)常解为粒径 $< 0.25$ 毫米的微团聚体(表2)。虽然这些微团聚体有一定的水稳性,但在耕作过程中还会受到机械力的破坏,所以红壤性水田的还原性强、土性浮滑成为比较突出的现象,由此并产生插秧沉苗、要求重搁重烤以及与此有关的黑根黄叶等各种问题(浙农大红壤组,1975)。

但是,红壤性水田土性过糊的问题,仍有程度的不同。我们曾对不同熟化程度的红壤,在量筒内进行泡水后沉降速率的观察,总的看来,在一定程度内,熟化度越高,泡水后越分散不易下沉,而荒地土壤下沉最快,在同一剖面里,则表土较心底土泡水后不易下沉。这种现象与贫下中农反映的:“下层土壤沥水(水易逃去),泡水不糊,多半是硬颗颗”完全相符。在大田生产上,经常可以看到红壤第一年改水田后,土性糊烂程度较轻,产量并不低,而第二、三年土性糊烂程度反有加重,在同样施肥管理的条件下,产量常有下降(与土性糊烂有关的水稻黑根黄叶问题,也在第一、二年表现较轻)。这些似乎表明着红壤在熟化的过程中,确有一土性变糊的阶段。当然,当土壤进一步熟化,有机质含量大量增加时,土壤结构又会向良好情况发展,这从红壤地区一些高产田的良好耕性上,可以说明。

有些研究单位的材料也表明红壤在旱耕时以及水耕初期阶段,团聚体的破坏率较大,但当有机质含量高到2%以上时,结构破坏率方有下降,而有机质高达近4%时,结构破坏率有明显的下降(姚贤良,1962)。按目前浙江、江西等省大部分红壤性水田的有机质含量来看,多半只在1.5%左右或更低,而能达3%以上的已极少。可能这就是大部分红壤性水田一直有耕性过糊的突出问题的原因,因为有机质含量不高的水田有时虽耕作多年,略有熟化,但仍正处于结构率破坏率较高的阶段。

红壤水耕后的变化,很多方面与旱地的熟化过程是相似的,例如活性铝减少、有机质增加、pH值上升以及在土壤胶结物中的氧化铁与粘粒含量下降等,只是有时进行的速度更快。所以,可以认为其水稳性结构含量迅速降低,也是与旱地相似的必然结果。根据我们对红壤泡水后的室内观察,初步看到,当有机质含量增加时,土壤大团聚体有解为细粒的趋势,同时亲水程度增加。看来有机质的增加,可能使土壤中有机矿质复合体的形式改变,因而引起结构变化,这方面还不十分清楚,有待进一步的研究。

此外,我们看到红壤的水稳性团聚体,在水耕时的机械破坏程度是较大的。因为推算红壤内水稳性微团聚体的粒径,大部相当于粗粉砂、粉粒粒级,它在水中的沉降,应是较快的。但实际上红壤新造田,一般在耕作之后,因土性过糊,强调淀土插秧,淀土的时间常需2—3日甚至6—7日之多。所以在红壤性水田上,除了新开田,为促使底隔形成以防止漏水,或由于田内僵块过多,必须反复耕耙以外,一般不必强调过多的精耕细作。这种水耕时结构的机械破坏,在我们盆钵里的模拟试验中,也得到证明(浙农大红壤组,1978),试验中以搅拌处理模拟耕作的多少,结果因结构破坏的程度不同,明显地影响了水稻根系的发育(表4)。

表 4 红壤泡水搅拌处理对水稻根系发育的影响

钾肥	根长 (厘米)	不 搅	少 搅	多 搅
	搅拌			
有钾肥处理		24.0	21.5	18.5
无钾肥处理		21.0	14.0	10.0

## 六、小 结

本文通过田间观察及一些测定,认为红壤一经开垦耕作,常出现一特殊的“疏松层”,它能减少水分的耗损,促进土壤的隔夜返潮,冬季可保温,还利于作物发根与块根、块茎作物的地下结实。但它也有缺点,主要是不利于土壤的抗蚀与旱季的保水等。

研究还表明红壤表土的结壳对作物生长确有影响发芽不利的一面,但它对疏松层能起些保护作用,它有时可以防冻或保水,所以在耕作上不必时时要求破壳松土,而应按实际需要进行。

此外,红壤在熟化的过程中,粒径 0.05—0.01 毫米的微团聚体数量,随熟化度而渐增。这一级团聚体很可能是肥力上较起作用的部分,在一定程度上可以标志红壤的肥力水平。红壤在泡水耕作后,一般都有土性过糊的问题,这与团聚体的机械破坏,有较大关系。

随着红壤性水田熟化程度的提高,其耕性开始是变向更加糊烂。但当红壤高度熟化,有机质大量增加时,结构的破坏率会明显下降。

## 参 考 文 献

- 中国农业科学院土肥所编,1962: 中国农业土壤论文集。372 页,上海科技出版社。  
 中国科学院南京土壤研究所,1976: 土壤知识。266 页,上海人民出版社。  
 加尔库莎 И. Ф., 1951 (梁弘等译,1954): 土壤学(下册)。443 页,中华书局出版。  
 朱祖祥等,1956: 土壤学。269、396、441、446 页,高等教育出版社。  
 刘和,1935: 土壤学。74、97 页,正中书局。  
 柯夫达 B. A., 1959 (陈恩健等译,1960): 中国之土壤与自然条件概论。343 页,科学出版社。  
 威林斯基 Д. Г., 1950 (华孟等译,1955): 土壤学(下册),545,547 页,高等教育出版社。  
 姚贤良等,1962: 赣中丘陵地区红壤性水稻土的结构状况及其肥力意义。土壤学报,第 10 卷 3 期,267—288 页。  
 陆景岗,1964: 浙江省低丘红壤的成土作用分析。土壤通报,2 期,32—35 页。  
 陆景岗,1965: 浙江省新地质构造运动与低丘红壤形成及分布的关系。土壤学报,第 13 卷 2 期,161—169 页。  
 陆景岗,1957: 土壤的干湿变异与片状结构的发展。土壤学报,第 5 卷 2 期,175—188 页。  
 陆景岗、屠玉,1977: 新垦茶园开垦前后的土壤水分与热量状况初步研究。茶叶季刊,3 期。  
 浙江省普规办公室,1964: 浙江土壤志。123 页,浙江人民出版社。  
 浙江农大红壤组,1975: 新改红壤水田的土壤耕性和水稻黑根黄叶问题。土壤,3 期,113—119 页。  
 浙江农大红壤组,1978: 还原性处理对红壤性稻田钾素营养状况的影响。土壤,3 期,78—81 页。  
 黄瑞采,1958: 土壤学。349,355 页,科技出版社。  
 彼顿(李庆远、李连捷合译)1936: 中国之土壤。139 页,实业部地质调查所、国立北平研究院地质学研究所印行。

## OBSERVATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF A RED SOIL (OXIDSOL) UNDER CULTIVATION

Lu Jin-gang

(*Zhejiang Agricultural College*)

### Summary

Changes of the physical properties of a red soil (oxidsol) undergoing cultivation were observed. The soil is located on the rolling land in Ju-Xian county, western Zhejiang province. Field observation reveals that the red soil, once cultivated, usually appears a friable surface layer which reduces the rate of evaporation of soil water, accelerates the restoration of soil moisture over night, and keeps the soil temperature in a warmer condition in winter. These effects may improve the soil physical condition for better crop growth. On the other hand, cultivation may also encourage soil erosion in raining season and accelerates the evaporation of soil water in dry summer.

Micro-aggregates of red soil seem to afford a better condition of soil fertility. Increasing of micro-aggregates, ranging 0.05—0.01 mm in diameter, occurs in surface soil as cultivation proceeded. These aggregates, however, become dispersed under water flooded condition as in the case of paddy field. The improvement of physical condition of paddy soil can be accomplished by the application of manures.