

不同利用方式下红壤结构的形成*

姚贤良 许绣云 于德芬

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文应用顺序脱胶法,对砖红壤、赤红壤和红壤在不同利用方式下的水稳性团聚体的有机和无机胶结物组成进行了分析研究。水稳性团聚体共分 >5 , $3-1$, $1-0.5$ 和 <0.25 毫米四级。结果表明,红壤开垦后随着粘粒活度的增加和无机胶结物含量的降低,土壤团聚体的水稳性和土壤结构系数逐渐降低。但是,一旦采用合理的施肥和管理方法,这些物理参数又会逐步恢复和增加。此外,还研究了土壤结构稳定性与土地地带性的关系。作者认为在中亚热带的红壤上施用有机物料以增强它的结构稳定性比热带砖红壤上施用更为重要。

随着热带土壤的不断开发利用,土壤物理性质及其管理的研究日益受到广泛重视。1977 年于尼日利亚国际热带农业研究所召开的题为《土壤物理性质在维持热带土壤生产中的作用》的国际学术会议即为一例^[16]。土壤物理性质及其管理很大程度上取决于土壤结构的改善和管理。Greenland^[13]指出,“在那些土壤特别容易退化的地区,或者一旦养分问题大体解决时,合理的土壤结构管理则上升为首要因素”。因此,红壤结构形成及其调控,已成为合理管理其结构的重要研究内容之一^[11,12,14]。

我国红壤面积分布很广,但对红壤结构的研究不多。据已有极少数的研究表明,不论在热带或亚热带,非耕地红壤开垦后,土壤中的大团聚体都有不同程度的破坏,而直径小于 0.25 毫米的颗粒却有明显的增加^[4]。这与国外有些资料报道相一致^[15]。从农学意义讲,适于植物生长的良好结构主要依赖于直径为 10—1 毫米的水稳性团聚体^[6,8]。因为这种团聚体有利于自调通气和持水的矛盾,养分的释放和保持的矛盾。据此,选择了不同利用下主要红壤类型的一些较大水稳性团聚体和直径 <0.25 毫米的颗粒,进行了结构胶结物质在不同粒级中的分布研究,以期了解它们的分布与红壤结构的形成关系。

一、供试土壤和方法

供试土壤包括三个系列(表 1)。

野外采集原状土,室温风干后按湿筛法分离出直径 >5 , $3-1$, $1-0.5$ 和 <0.25 毫米水稳性团聚体,供顺序脱胶研究。

有机胶结物质的顺序脱胶按 Коллерман 法进行^[17]。对砖红壤和赤红壤未单独脱脂蜡物质。脱出的有机碳按丘林法测定。顺序脱有机胶步骤如下:用 0.1N NaOH 液浸提水稳性团聚体中的游离和松

* 本文曾在 1986 年于南京举行的“国际旱地土壤会议”上宣读。

表1 供试土样的采集地点及利用情况
Table 1 Location of investigated soil samples and situation of the utilization

| 土 样 Soil sample | 地 点 Location | 土 层 Horizon (cm) | 利 用 情 况 Situation of utilization |
|--------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------------|
| 砖红壤(发育于玄武岩风化物) | | | |
| 砖-1 | 广东徐闻 | 0—23 | 为非耕地表土,其上长有灌木林和杂草为27年的自然保护区 |
| 砖-2 | 同 上 | 23—50 | 同上,心土层 |
| 砖-3 | 同 上 | 0—16 | 旱地土壤,种山芋 |
| 砖-4 | 同 上 | 0—16 | 水田 |
| 赤红壤(发育于花岗岩风化物) | | | |
| 赤-1 | 广州五山 | 0—11 | 旱地,肥力水平低,种绿肥鱼藤草 |
| 赤-2 | 同 上 | 11 以下 | 同上,心土层 |
| 红壤(发育于第四纪红色粘土) | | | |
| 红-1 | 江西进贤 | 0—5 | 非耕地表土,其上长有稀疏马尾松和少量杂草 |
| 红-2 | 同 上 | 34—85 | 同上,心土层,为红色风化壳网纹层上沿。 |
| 红-3 | 同 上 | 0—16 | 旱地,种芝麻 |
| 红-4 | 同 上 | 0—14 | 水田,肥力水平高 |

结合态的有机胶结物,连续提取4次(a),在提取液中加入1N H₂SO₄以分离胡敏酸和富里酸;在提去(a)的土样中加入Tamm液脱除无定形三氧化铁(提取3次),然后再加0.1N NaOH提取有机胶结物,得与R₂O₃胶结的有机胶结物(b);在提去(a)和(b)的土样中加次溴酸钠破坏与粘粒紧密结合的胡敏素(c);将上述脱胶后的样品用丘林法测残渣碳(d)。胡敏素(c)按有机总碳量减去(a+b+d)而得。

各级水稳性团聚体的无机胶结物测定:粘粒(<0.001毫米)用0.5N NaOH分散后用吸管法测定。无定形R₂O₃用Tamm液提取后分别用邻啡啉和铝试剂比色法测定Fe₂O₃和Al₂O₃;与有机质结合的无定形R₂O₃系为去除有机质后土样中的无定形R₂O₃的含量减去未去除有机质的土样中无定形R₂O₃量的差值。

二、结果和讨论

(一) 结构胶结物质和土壤结构系数

由表2所见,非耕地红壤在开垦种植旱作后,土壤有机胶结物、粘粒和无定形氧化铁、铝的含量均明显降低,直径>0.25毫米的水稳性团聚体含量和土壤结构系数亦随之下降。砖-1中有机碳、粘粒、无定形铁和铝的含量分别达2.21%,56.5%,7.49%和3.97%;>0.25毫米的水稳性团聚体和结构系数分别为90.8%和93.1%,说明了这种土壤的结构是很好的。但在开垦种植旱作后,即使在一般培肥条件下,红壤中的有机碳、粘粒、无定形铁和铝也明显下降,相应地土壤中>0.25毫米的水稳性团聚体和结构系数也下降。由于砖红壤中具有较多的水稳性微团聚体的存在^[18],因此,在田间尚未出现因雨后表土板结而影响入渗速度的情况。而在中亚热带的红壤,开垦后由于有机、无机胶结物的明显下降^[7]和表土复盖很差等原因,造成土壤结构有所变坏,严重影响土壤的入渗和蒸发性能^[6]。但

表 2 结构胶结物质和结构系数
Table 2 Structural cementing materials and coeffic. of struct.

| 土样代号 Symbol of sample | 有机碳 Organic carbon (%) | 粘 粒 Clay particle (%) | 无定形(%) Amorphous | | >0.25毫米水稳 性团聚体(%) Water stable aggregates | 结构系数 ¹⁾ Coeffic. of struct. |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|
| | | | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | | |
| 砖 红 壤 | | | | | | |
| 砖-1 | 2.21 | 56.5 | 7.49 | 3.97 | 90.8 | 93.1 |
| 砖-2 | 1.04 | 57.5 | 7.94 | 3.83 | — | — ²⁾ |
| 砖-3 | 1.41 | 50.8 | 2.47 | 0.75 | 70.4 | 84.6 |
| 砖-4 | 3.53 | 46.9 | — | — | — | 87.5 |
| 赤 红 壤 | | | | | | |
| 赤-1 | 1.31 | 22.9 | 2.37 | 0.77 | 33.2 | 73.3 |
| 赤-2 | 0.45 | 25.0 | 2.68 | 1.31 | — | — ²⁾ |
| 红 壤 | | | | | | |
| 红-1 | 1.14 | 32.8 | 0.74 | — | 73.6 | 88.4 |
| 红-2 | 0.30 | 48.7 | 1.22 | — | 67.1 | — ²⁾ |
| 红-3 | 0.66 | 8.7 | 0.52 | — | 28.4 | 70.0 |
| 红-4 | 2.08 | 12.8 | 0.26 | — | 58.0 | 96.0 |

1) 结构系数 = $(1 - \frac{a}{b}) \times 100\%$, 式中 a ——微团聚体分析中 <0.001 毫米颗粒含量, b ——机械分析中 <0.001 毫米颗粒含量。

2) 在微团聚体分析时悬液明显絮固。

是,不论是砖红壤还是第四纪红土发育的红壤,在有条件的地方辟为水田后,随着土壤中有机胶结物的不断更新,增加,土壤结构系数则明显增加,甚至高于非耕地,而且各级团聚体间的孔隙度亦大大改善^[17]。由表 2 中砖-1(表土层)与砖-2(心土层)和红-1(表土层)与红-2(心土层)的胶结物质相比较,可以见到在同一剖面中,下层土中的粘粒和无定形 R_2O_3 都比上层高,这也表明了 in 热带亚热带生物气候条件下,土壤中一些活性较强的无机结构胶结物质,甚至粘粒,在成土过程中总是呈减少或下移的趋势。相反,在自然植被或培肥影响下,有机胶结物质却在不断积累。这两个相反的过程对红壤结构的形成,特性及其变化规律起着重要影响。

(二) 有机胶结物和团聚体

由表 3 和表 4 所见,砖红壤和红壤表层中 >0.25 毫米团聚体中的总碳量均比 <0.25 毫米中的要高。而心土层中各级团聚体的总碳量却比 <0.25 毫米中的要低。如果以残留碳量的大小来分析有机物对团聚度的贡献,那么砖红壤表层有机物的贡献要大于底土层,它们的有机残渣分别占总碳量的 10% 和 20%。由于赤红壤中 3—1, 1—0.5 毫米团聚体中含有大量砂粒,所以在团聚体中的含碳量低,而在 <0.25 毫米和 >5 毫米中的含碳量高。由花岗岩风化物发育的赤红壤经湿筛后分离出的 3—1 和 1—0.5 毫米的团聚体,实际上是一些粘附着红色胶膜的砂粒,它既不是纯机械成分,又与一般由细粒逐级形成的团聚体不同。对于类同这些土壤的结构评价,应有独特之处。

表3 砖红壤水稳性团聚体中有机胶结物质的组成(%)
Table 3 Composition of the organic cementing material in water
stable aggregate of latosols (%)

| 土壤代号 Symbol of sample | 团聚体直径 Diameter of aggreg. (mm) | 总 碳 Total C | 游离松结合态碳 Free & weakly comb. C | 与 R_2O_3 结合碳 Combined with R_2O_3 C | 与粘粒结合碳 Combined with clay C |
|-----------------------------|---|-------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 砖-1 | >5 | 2.22 | 0.71 | 0.14 | 1.13 |
| | 3-1 | 2.08 | 0.71 | 0.13 | 1.00 |
| | 1-0.5 | 1.97 | 0.73 | 0.13 | 0.95 |
| | <0.25 | 2.00 | 0.74 | 0.13 | 0.90 |
| 砖-2 | >5 | 1.03 | 0.48 | 0.02 | 0.29 |
| | 3-1 | 1.01 | 0.45 | 0.02 | 0.32 |
| | 1-0.5 | 0.97 | 0.42 | 0.01 | 0.31 |
| | <0.25 | 1.05 | 0.44 | 0.02 | 0.37 |
| 砖-3 | >5 | 1.56 | 0.55 | 0.10 | 0.54 |
| | 3-1 | 1.62 | 0.53 | 0.10 | 0.62 |
| | 1-0.5 | 1.56 | 0.52 | 0.10 | 0.57 |
| | <0.25 | 1.37 | 0.44 | 0.09 | 0.47 |
| 砖-4 | >5 | 3.41 | 1.11 | 0.23 | 1.42 |
| | 3-1 | 3.43 | 1.17 | 0.24 | 1.41 |
| | 1-0.5 | 3.43 | 1.22 | 0.24 | 1.35 |
| | <0.25 | 3.34 | 1.08 | 0.24 | 1.44 |

团聚体中有机胶结物的组成,以游离、松结合态和与粘粒紧结合态的有机胶结物占量最多。砖红壤和红壤表土中这二组的含量分别占总碳量的 30—40% 和 40—50%。非耕地有机物的补充主要依靠自然因素,这可能是由于有机物料的性质及其分解积累周期较长等原因所致,它与粘粒紧结合态的有机胶结物比易分解的游离态的胶结物要多。与无定形 R_2O_3 结合的有机胶结物含量较低,砖红壤中一般仅占总碳量的 6% 左右。但在红壤心土层及红壤旱地土壤中,它们的含量可高达占总碳量的 30—40%。砖红壤中无定形 R_2O_3 的含量比红壤中高得多,但与碳的结合程度相对较低,这可能与不同土壤中无定形 R_2O_3 在团聚作用中的贡献不完全一样所致。在砖红壤中较多的 R_2O_3 可以直接包结土壤颗粒而形成较大的水稳性团聚体^[2],而在红壤中;活性 R_2O_3 在团聚土粒的作用中可能以粘粒- R_2O_3 -有机胶结物的模式增强。

游离、松结合态和与粘粒紧结合态的有机胶结物在非耕地红壤各级水稳性团聚体内的分布未见有明显的规律,这可能与这种土壤中具有较高的无定形 R_2O_3 和粘粒含量有关。在缺乏人为经常的耕作管理情况下,土壤团聚体的形成可能直接受 R_2O_3 和粘粒的作用要大于有机胶结物的作用,而且当无定形 R_2O_3 的含量较多时可参与各级团聚体(包括微团聚体)的形成作用。对于这类团聚体,如单去有机胶结物,并不能使其充分分散,只有去有机胶结物,同时去无定形 R_2O_3 后,才能使其分散^[11]。中亚热带非耕地红壤中的胶结物质组成分布与砖红壤相类似,但由于这些土壤中的无定形 R_2O_3 远比砖红壤中低,加以这个地区在非耕地表层经常受到诸如荆草皮等影响,游离、松结合态和与粘粒紧结合的

表 4 赤红壤和红壤水稳性团聚体中有机胶结物质的组成(%)
Table 4 Composition of organic cementing material in water stable aggregates of latosolic red earths and red earths

| 土壤代号 Symbol of sample | 团聚体直径 Diameter of aggregates (mm) | 总 碳 total C | 游离、松结合态碳 free & weakly comb. C | 与 R ₂ O ₃ 结合碳 Comb. with R ₂ O ₃ C | 与粘粒结合碳 Comb. with clay C |
|-----------------------------|--|-------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|
| 赤 红 壤 | | | | | |
| 赤-1 | >5 | 0.96 | 0.43 | 0.05 | 0.19 |
| | 3-1 | 0.43 | 0.13 | 0.03 | 0.17 |
| | 1-0.5 | 0.57 | 0.16 | 0.03 | 0.25 |
| | <0.25 | 1.16 | 0.26 | 0.03 | 0.54 |
| 赤-2 | 3-1 | 0.17 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| | 1-0.5 | 0.31 | 0.05 | 0.04 | 0.14 |
| | <0.25 | 0.68 | 0.12 | 0.12 | 0.28 |
| 红 壤 | | | | | |
| 红-1 | 3-1 | 1.11 | 0.37 | 0.07 | 0.51 |
| | 1-0.5 | 1.05 | 0.41 | 0.12 | 0.32 |
| | <0.25 | 1.05 | 0.33 | 0.09 | 0.42 |
| 红-2 | 3-1 | 0.25 | 0.11 | 0.09 | 0.04 |
| | 1-0.5 | 0.27 | 0.11 | — | — |
| | <0.25 | 0.37 | 0.07 | 0.18 | 0.05 |
| 红-3 | 3-1 | 0.70 | 0.23 | 0.15 | 0.18 |
| | 1-0.5 | 0.70 | 0.18 | 0.11 | 0.26 |
| | <0.25 | 0.59 | 0.13 | 0.24 | 0.12 |
| 红-4 | 3-1 | 2.44 | 0.69 | 0.34 | 1.06 |
| | 1-0.5 | 2.18 | 0.50 | 0.27 | 1.12 |
| | <0.25 | 1.70 | 0.53 | 0.21 | 0.71 |

有机胶结物在大团聚体中的含量比 < 0.25 毫米中的要高。

耕种红壤表层由于深受管理措施的影响,游离、松结合态的有机胶结物在大团聚体中明显增高。与粘粒紧密结合的有机胶结物,除砖-4 外也是大团聚体中高。这表明无论是难分解的还是易分解的有机胶结物都参与了土粒的团聚作用。而与 R₂O₃ 结合的有机胶结物在团聚体中的分布未见明显规律。赤红壤大团聚体中主要含砂粒,各类有机胶结物质多随团聚体粒径的变小而增多。

关于有机胶结物在不同大小水稳性团聚体中的分布及其作用迄今已有不少报道。有的研究者认为游离、松结合态有机胶结物在水稳性团聚体中的分布与土壤肥力水平有关,肥土随粒径增大而增多,瘦土则相反^[2]。有的研究者则认为有机碳和水稳性团聚体间的关系十分复杂,涉及有机胶结物的性质、含量以及其他因素的影响。当荒地开垦后,由于土壤颗粒的重新排列,游离有机胶结物与团聚体稳定性的关系要大于有机碳总量的关系^[3]。耕作土壤在培肥过程中也能明显见到游离有机胶结物在大粒径团聚体中较多^[10]。

看来,红壤开垦后由于有机质分解等原因,团聚体的稳定性有所下降,尤以中亚热带

的比热带的下降得更快些,但只要合理培肥,有机胶结物在土壤团聚过程中的贡献就不断增加,尤其是游离、松结合态的有机胶结物显得更为重要。

(三) 无机胶结物和团聚体

由于红壤中的三氧化物含量较高,粘粒含量有时高达 50% 以上,所以在结构形成中,无机胶结物起着特殊作用。由表 5、表 6 所见,砖红壤和红壤团聚体中粘粒的分布是在 > 0.25 毫米的团聚体中明显高于 < 0.25 毫米的颗粒中。反映了在团聚体多级形成中粘粒具有明显的团聚作用。而赤红壤中的 3—1 和 1—0.5 毫米水稳性团聚体中含有大量砂粒,所以粘粒主要分布在 > 5 和 < 0.25 毫米的粒级中。无定形三氧化物在砖红壤和红壤心土层团聚体中的分布,多是 < 0.25 毫米的粒级中的含量高于大团聚体中的含量。说明了这组胶结物质在形成较小的或微团聚体中具有重要作用,这与有些红壤团聚体形成的研究结果相类似^[9]。砖红壤表层中的分布亦有同样趋势。但对红壤旱地和水田耕

表 5 砖红壤水稳性团聚体中无机胶结物的组成(%)
Table 5 Composition of inorganic cementing material in water stable aggregates of latosols (%)

| 土壤编号 Symbol of sample | 团聚体直径 Diameter of aggregates (mm) | 粘 粒 Clay particle | 无 定 形 Amorphous | | 与有机质结合的无定形 Amorph. comb. with O. M. | |
|-----------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| | | | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ |
| 砖-1 | >5 | 57.8 | 7.16 | 3.19 | 2.48 | 0.20 |
| | 3—1 | 57.8 | 7.90 | 3.30 | 1.56 | 0 |
| | 1—0.5 | 55.2 | 8.19 | 3.63 | 1.41 | 0 |
| | <0.25 | 44.8 | 7.89 | 3.52 | 1.62 | 0 |
| 砖-2 | >5 | 62.3 | 8.65 | 3.66 | 0.71 | 0 |
| | 3—1 | 59.5 | 8.20 | 3.54 | 1.29 | 0.04 |
| | 1—0.5 | 59.2 | 8.24 | 3.29 | 0.95 | 0.16 |
| | <0.25 | 42.3 | 9.39 | 3.79 | 0.21 | 0 |
| 砖-3 | >5 | — | 3.05 | 0.76 | 0.69 | 0.12 |
| | 3—1 | 44.4 | 2.97 | 0.80 | 0.78 | 0.09 |
| | 1—0.5 | 47.8 | 2.98 | 0.79 | 0.93 | 0.09 |
| | <0.25 | 36.6 | 3.03 | 0.83 | 0.69 | 0 |

层,无定形三氧化物在各粒级中的分布都是大团聚体中要高于 < 0.25 毫米的粒级。赤红壤中则以 > 5 毫米和 < 0.25 毫米粒级中的含量较高,与粘粒分布相一致。与有机质结合的无定形 R₂O₃ 在各级团聚体中的分布,砖红壤中无明显规律;赤红壤中无定形 Fe₂O₃ 在 1—0.5 毫米粒级中的含量较高,而与有机质结合的无定形 Al₂O₃ 的含量随粒径的减小而增多。造成这种不同分布的原因是十分复杂的,因为一般团聚体的形成多属于多级胶结,由小变大。其中还有重叠现象或加和作用。但看来亦与不同类型土壤中的矿物类型、有机质组成以及不同形态的三氧化物的不同功能有关。但至今对这方面认识还不多。

(四) 结构稳定性和地带性及利用的关系

研究土壤分别分布在热带、亚热带和中亚热带,即都处于较低纬度地带,但它们之间的风化强度还是很不一样。因此,在富铁铝化的程度以及有机质的组成方面亦表现出

表 6 赤红壤和红壤水稳性团聚体中无机胶结物的组成(%)
 Table 6 Composition of inorganic cementing material in water stable aggregates of
 latosolic red earths and red earths (%)

| 土壤代号 Symbol of sample | 团聚体直径 Diameter of aggregates (mm) | 粘 粒 Clay particle | 无定形 Amorphous | | 与有机质结合的无定形 Amorp. comb. with O. M. | |
|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| | | | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ |
| 赤-1 | >5 | 25.5 | 2.23 | 0.88 | 0.27 | 0 |
| | 3—1 | 9.4 | 0.22 | 0.20 | 0.91 | 0.22 |
| | 1—0.5 | 12.7 | 0.19 | 0.22 | 1.85 | 0.29 |
| | <0.25 | 31.1 | 3.47 | 0.88 | 1.11 | 0.63 |
| 赤-2 | >5 | 24.9 | — | — | — | — |
| | 3—1 | 8.7 | 0.73 | 0.44 | 0.08 | 0.13 |
| | 1—0.5 | 15.7 | 1.50 | 0.76 | 1.81 | 0.20 |
| | <0.25 | 26.4 | 3.33 | 1.64 | 1.20 | 0.53 |
| 红-1 | 3—1 | 31.3 | 0.79 | — | 0.62 | — |
| | 1—0.5 | 30.6 | 0.81 | — | 0.57 | — |
| | <0.25 | 27.3 | 0.72 | — | 0.57 | — |
| 红-2 | 3—1 | 49.2 | 1.29 | — | 0.90 | — |
| | 1—0.5 | 48.2 | 1.30 | — | 1.17 | — |
| | <0.25 | 46.9 | 1.50 | — | 0.61 | — |
| 红-3 | 3—1 | 7.6 | 0.79 | — | 0.45 | — |
| | 1—0.5 | 7.2 | 0.81 | — | 0.24 | — |
| | <0.25 | 7.1 | 0.71 | — | 0.29 | — |
| 红-4 | 3—1 | 19.7 | 0.29 | — | 0.20 | — |
| | 1—0.5 | 19.6 | 0.28 | — | 0.06 | — |
| | <0.25 | 16.3 | 0.25 | — | 0.12 | — |

明显差异。由表 2 所见,非耕地表土中无定形三氧化物的含量由南往北逐渐降低,砖红壤中最高为 7.49%,其次为赤红壤, 2.37%,红壤中最低,为 0.74%。而粘粒活度(塑性指数/粘粒含量)却不断增加。砖红壤为 0.26,赤红壤为 0.31,红壤为 0.37^[4]。土壤结构无机胶结物数量的减少,粘粒活度的不断增加,导致由无机胶结物形成的团聚体的稳定性由南往北逐渐减弱的趋势。但是从地带性的有机质组成却似乎由南往北渐趋复杂化,就以 3—1 毫米水稳性团聚体中游离、松结合态有机胶结物组成中胡敏酸/富里酸比值对比(表 7)看,砖红壤为 0.1,赤红壤 0.13(为 > 5 毫米的团聚体),而红壤为 0.21。< 0.25 毫米粒级中胡敏酸/富里酸比值的变化亦有同样趋势。红壤开垦利用后粘粒的活度明显增加,尤以辟为水田后增加得更明显。如砖红壤由非耕地的 0.26 增至水田的 0.45;第四纪红粘土红壤由非耕地的 0.37 增至水田的 0.80。而腐殖质组成却趋复杂化,胡敏酸/富里酸的比值都有不同程度的增加。这些结果的趋势与有些报道类似^[5,9]。可见,只要合理培肥,增加土壤的有机胶结物同样能够控制红壤结构的稳定性。根据一些材料的对比^[1],红壤开垦过程中土壤结构稳定性的一般趋势:非耕地的稳定性高→开垦后刚辟旱地时低→旱地培肥后稳定性上升→辟水田后较高→水田高肥土壤的结构稳定性很高,在某些情况下甚

表7 红壤粘粒活度和有机胶结物组成
Table 7 Activity of clay particles and composition of cementing organic material in red soils

| 土壤代号 Symbol of sample | 粘粒活度 Activity of clay particle | 游离、松结合态有机胶结物中胡敏酸和富里酸比值 Ratio of humic and fulvic acids in free and weakly comb. organic cementing material | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|---|---------|----------|------------|------------|
| | | 土壤 | >5 (mm) | 3-1 (mm) | 1-0.5 (mm) | <0.25 (mm) |
| 砖-1 | 0.26 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 砖-2 | — | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.06 |
| 砖-3 | 0.26 | 0.10 | 0.09 | 0.13 | 0.15 | 0.19 |
| 砖-4 | 0.45 | — | — | — | — | — |
| 赤-1 | 0.31 | — | — | — | — | — |
| 赤-2 | 0.60 | 0.05 | 0.13 | * | * | 0.12 |
| 红-1 | 0.37 | — | — | 0.21 | 0.22 | 0.31 |
| 红-2 | — | — | — | 0.09 | 0.11 | 0.23 |
| 红-3 | 0.53 | — | — | 0.58 | 0.68 | 0.63 |
| 红-4 | 0.80 | — | — | 0.85 | 0.94 | 1.08 |

* 未分离出胡敏酸。

至超过非耕地的稳定性。非耕地的结构稳定性主要取决于无机胶结物的组成，其中粘粒的粘结和三氧化物的胶结起主导作用。砖红壤中具有大量的稳定性很强的微团聚体与上述胶结物质的作用密切相关。但一旦开垦后，如果注意培肥，那么随着无机胶结物的减少，有机胶结物逐渐起到土粒团聚的主导作用，从农学意义来说，开垦后主要由有机胶结物形成的结构稳定性比起非耕地的结构稳定性要重要得多，它不仅能提供一定的抗蚀性能，而且还具有多孔及贮存养分的优点。但是，结构一旦被破坏，那么就会表现出一系列不良的后果。而且在中亚热带红壤中，由于粘粒活度大等原因，其表现的不良后果更严重。研究表明，红壤开垦利用后土壤结构水稳性的降低与土壤粘粒活度增加，无机胶结物的减少和有机胶结物难于积累密切相关。增加有机物料、更新土壤有机质是恢复土壤结构水稳性的关键。研究还表明在红壤结构形成中粘粒对形成大团聚体，而无定形三氧化物对形成微团聚体具有重要作用。由地带性规律所见，在中亚热带的红壤上施用有机物料以增加土壤结构的水稳性比起热带砖红壤上施用更为重要。

参 考 文 献

- [1] 邓铁金、樊友安、周任发，1985：红壤性水稻土的形成过程和特点及其肥力意义。土壤学报，第22卷1期，1—12页。
- [2] 袁可能、陈通权，1981：土壤有机矿质复合体的组成及其氧化稳定性。土壤学报，第18卷4期，335—344页。
- [3] 林明海、赖庆旺，1982：不同熟化度红壤及红壤性水稻土的腐殖质组成及其特性。土壤学报，第19卷3期，237—247页。
- [4] 姚贤良、于德芬，1982：红壤的物理性质及其生产意义。土壤学报，第19卷3期，224—236页。
- [5] 姚贤良、于德芬，1979：赣中丘陵地区红壤的不同结构状况对土壤养分的影响。土壤学报，第16卷1期，75—80页。
- [6] 姚贤良、于德芬，1966：赣中丘陵地区红壤的不同结构对某些水分物理性质的影响。土壤学报，第14卷1期，65—72页。
- [7] 姚贤良、于德芬，1964：赣中丘陵地区红壤及红壤性水稻土的胶结物质及其与土壤结构形成的关系。土壤学报，第12卷1期，43—54页。

- [8] 仓东卿译, 1985: 土壤中的有机质和水稳性团聚体。土壤学进展, 第 13 卷 2 期, 32—39 页。
- [9] 彭福泉、高坤林、车玉萍, 1985: 我国几种土壤中腐殖质性质的研究。土壤学报, 第 22 卷 1 期, 64—73 页。
- [10] 黄不凡, 1984: 绿肥、麦秸还田培养地力的研究 I. 对土壤有机质和团聚体性状的影响。土壤学报, 第 21 卷 2 期, 112—122 页。
- [11] El-Swaify, S. A., 1980: Physical and mechanical properties of Oxisols. In "Soil with Variable Charge" edited by New Zealand Society of Soil Science, 303—322.
- [12] El-Swaify, S. A. and Emerson, W. W. 1975: Changes in the physical properties of soil clays due to precipitated aluminum and iron hydroxides I. Swelling and aggregate stability after drying. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39: 1056—1063.
- [13] Greenland, D. J., 1981.: Soil management and degradation. J. of Soil Sci., 32:301—322.
- [14] Krishna Murti G. S. R., 1982: Amorphous constituents of soil clay. "Review of Soil Research in India" Part II 725—730. New Delhi, India.
- [15] Lal, R., 1980: Physical and mechanical characteristics of Alfisol and Oltisol with particular reference to soils in the tropic. In "Soil with Variable Charge" edited by New Zealand Society of Soil Sci., 253—274.
- [16] Lal, R., Greenland, D. J. 1979: "Soil physical Properties and Crops production in the Tropics". John Wiley & Sons Ltd.
- [17] Yao Xian-liang, Yu De-fen, 1964: Formation of soil aggregates in cultivated red earth. Tran. of 8th Intern. Congr. of Soil Sci., 2:211—217.
- [18] Yao Xian-liang, Yu De-fen, 1982: The physical properties of red soils as affected by the microaggregation. Tran. of 12th Intern. Congr. of Soil Science, Vol. 6:21.
- [19] Коллерман, В. В., 1959: Физико-химические свойства водостойчивых агрегатов в различных типах почв СССР. Изд. АН СССР. Москва.

FORMATION OF STRUCTURE IN RED SOILS UNDER DIFFERENT FORMS OF UTILIZATION

Yao Xianliang, Xu Xiuyun and Yu Defen

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

Study on the distribution of organic and inorganic cementing materials in different sizes of water stable aggregates in diameter of >5 , $3-1$, $1-0.5$ and <0.25 mm separated from latosols, latosolic red earths and red earths by using a method of orderly successive removing the colloid from aggregates was carried out. Results show that with the increase in activity of clay particles and with the decrease in content of inorganic cementing material after exploitation of red soils the water stability of aggregates and the soil structural coefficient are decreased. These parameters, however, can be gradually increased in the application of organic material under the rational fertilization and management of soil. The relation of structural stability of red soils to soil zonality was also discussed. The strengthening structural stability of red earths in middle subtropics by application of organic material is more important than in tropical latosols.