

黄土地区农田土壤块状结构体理化性状研究

王 益¹, 王益权¹, 刘 军¹, 张兴昌^{1,2*}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 针对黄土地区农田土壤普遍存在块状结构体的现象, 用蜡封法研究了块状结构体的松紧度以及用 EDTA 滴定法测定了结构体中水溶性 Ca^{2+} 含量。结果表明不合理耕作所产生的块状结构体具有外部极为密实而内部相对疏松的构造特征, 外壳的容重高达 $1.39\sim 2.0\text{ g/cm}^3$ 以上, 仅依赖于自然干湿交替作用使其碎散成小的土团成为不可能, 必须运用机械击打、旋耕切割等方法进行破碎。块状结构体在自然演变过程中, Ca^{2+} 存在着从结构体内部向外部迁移现象, 帮助了密实外壳形成, 也证明了环境因子对块状结构体性质有较为强烈的作用, 耕作后及时破除这些块状结构体在农田管理中有着极端重要性。

关键词: 黄土地区; 农田土壤; 块状结构体

中图分类号: S152 文献标识码: A 文章编号: 1000 7601(2007)03-0110-03

土壤块状结构体主要形成于质地较粘、有机质缺乏, 耕作不良的耕层或在土壤 B 层的以上部分土层, 俗称坷垃, 是农业生产中一种不良性状的结构体, 它是黄土地区表层土壤普遍存在的一种结构体。块状结构体形成后在块与块之间会形成大的孔洞, 农业生产过程中易跑风漏墒, 使作物根系产生“吊死”现象。块状结构体的大小影响着作物出苗, 也影响着土壤保墒。目前关于块状结构体形成条件、危害性报道较多, 但对它的物理性状探讨较少^[1,2]。

黄土地区农田耕层块状结构体无论是质地偏粘还是偏轻, 都是普遍存在的。块状结构体紧实性是评价其质量好坏的重要指标之一, 它一方面关系到块状结构体是否易被散碎而决定着播前整地的劳动投入, 也关系到整地质量水平, 同时它也反映着人为耕作活动及环境变化过程对块状结构体的形成作用^[3]。块状结构体内部松紧性、形成机理也是学术界关注的问题。 CaCO_3 是石灰性母质中普遍存在的物质, 它的移动与聚积使土壤变得坚硬与紧实是已被人们所肯定的事实。所以探求块状结构体内、外层易移动的水溶性 Ca^{2+} 含量及其差异, 不仅可以获得使块状结构体外壳变得坚实致密的重要信息, 而且也有可能帮助人们深刻地认识农田土壤表层形成板结密实层的原因。它也可以充分反映环境变化(水分移动)对包括土壤结构在内的物理性状产生作用与影响的机理与强度, 为进一步探明农田块状结构体形成与性状演化趋势提供思路。因此, 本试验

对土壤块状结构体总体、表层和内部松紧度、水溶性 Ca^{2+} 含量等理化性状进行初步探讨, 以了解其构成及构造发生机理, 从而为农业生产中田间水分管理、耕作整地等管理提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在农田耕层随机捡取直径在 5~10 cm, 具有代表性, 普遍存在的已风干土壤块状结构体备用。采样点选在西北农林科技大学农作一站试验区。该试验站位于渭河北岸头道塬, 北纬 $34^\circ 18'$, 东经 $108^\circ 40'$, 海拔高度 521 m, 平均气温 12.5°C , 年降雨量 632 mm。基本理化性状为: 碱解氮 78.88 mg/kg , 速效磷 6.98 mg/kg , 有效钾 217.63 mg/kg , 有机质 12.06 g/kg , pH 7.87, 土壤质地为中壤质, 土壤类型为土(土垫旱耕人为土)。

1.2 方法

1.2.1 块状结构体松紧度(容重) 采用蜡封法先测定了块状结构体容重, 再测定用小刀剥除其外壳(约 1.0 cm 厚)后结构体内部的容重, 最后通过剥除外壳前后结构体的质量差与体积差计算外壳容重^[4,5]。

1.2.2 块状结构体中水溶性 Ca^{2+} 含量 利用 EDTA 滴定法测定了土壤块状结构体、块状结构体表层和内部(剥离表层约 1.0 cm 厚)的水溶性钙离子含量^[6]。

收稿日期: 2006-11-06

基金项目: “十一”五国家科技支撑计划重大项目“黄土高原水土流失综合治理工程关键支撑技术研究”(2006BA D09B06)

作者简介: 王 益(1979-), 男, 陕西大荔人, 博士研究生, 主要从事土壤物理化学、水土资源与生态环境研究。E-mail: wangyibill@hotmail.com.

* 通讯作者: 张兴昌(1965-), 男, 陕西武功人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事环境科学研究。E-mail: zhangxc@ms.iswc.ac.cn.

数据处理——DPS V6.55^[7]。

2 结果分析

2.1 块状结构体内、外不同层次容重变化

试验分别随机测定了 30 个土壤块状结构体总体、表层和内部的容重, 探讨农田土壤块状结构体松散程度及其内部构造。

图 1 是各个处理土壤容重的累积含量分布图。其参数统计结果见表 1。从中可以得知农田耕层块状结构体容重的变异幅度很大。其变异范围在 1.35 ~ 1.90 g/cm³ 之间, 平均容重高达 1.66 g/cm³, 而且容重高于 1.55 g/cm³ 以上的高达 83.3%。块状结构平均容重远远大于当地农田耕层稳定容重 1.45 ~ 1.50 g/cm³。证明了块状结构体具有致密、紧实的特点, 对作物生长危害也就不言而喻。同时块状结构体的普遍大量存在也反映了外界自然力破碎它是相当困难的。

从表 1 可以看出, 剥去外壳后土块内部容重变化幅度为 1.27~ 1.83 g/cm³, 平均容重为 1.59 g/cm³, 高于 1.55 g/cm³ 的块状结构体占 63.3%。去掉外壳后块状结构体容重降低了约 0.10 g/cm³

左右, 容重基本接近于当地农田土壤稳定容重值。而块状结构体表层的容重变化幅度为 1.39~ 2.00 g/cm³, 平均容重为 1.71 g/cm³, 高于 1.55 g/cm³ 的块状结构体占 90.0%。外壳容重比块状结构体增加了约 0.06 g/cm³。进一步分析不同处理下块状结构体容重, 经统计分析得出各处理间差异极显著。

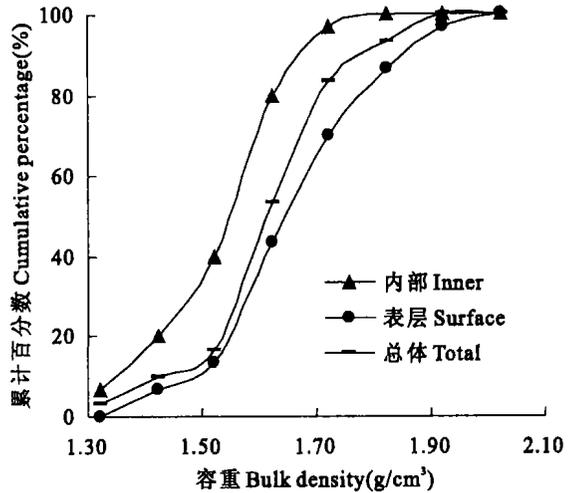


图 1 土壤结构体不同处理容重频率分布累积曲线

Fig. 1 Cumulative curve of bulk density in different treatments

表 1 各部位容重统计参数(g/cm³)

Table 1 Parameters of bulk density in different treatment

项目 Item	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	标准差 SD	偏度 Cs	峰度 Ce
总体 Total	1.903	1.351	1.659 B	0.129	-0.296	0.224
表层 Surface	2.000	1.392	1.711 A	0.139	-0.068	0.197
内部 Inner	1.825	1.272	1.585 C	0.125	-0.598	0.414

注: 同列数据后不同大写字母表示差异极显著($\alpha < 0.01$)。下同。

Notes: Figures within the same column with different capital letters are significantly different ($\alpha < 0.01$). The same as below.

从中可以看出, 关中黄土地区农田土壤块状结构体不仅整体上是紧实的, 而且还具有外密实内松散的构造特征。这种特征结构构造决定着块状结构体内部很难与外部环境进行水分和空气交换作用, 也就是说用自然干湿交替(晒垡)物理方法很难使其碎散成小的土团。结构体表层密实结壳也限制根系生长, 很难用生物穿插方法使其破碎, 必须进行运用机械击打、旋耕等方法进行破碎整地。试验进一步表明了块状结构体对作物生长的严重危害性, 也表明了在当地适宜地进行土壤耕作技术的极端重要性。在播种前需要进行精细整地破碎大的块状结构体, 否则由于土壤过于疏松或有坷垃架空, 特别是当作物种子较小时应进行播前耙耱整地来消灭土块, 才可保证播种均匀、利于破土出苗。整地工作必须在地面较干燥时进行, 否则会使土壤板结。

关于这种特征性结构体形成的原因, 依据在田

间实际调查主要是不适宜耕作造成的——其犁壁摩擦与挤压特征很明显。一般过湿耕作所形成块状结构要比过干耕作所形成块状结构的内部要紧实^[3]。另外, 降雨击溅泥浆堵塞结构体表面孔隙, 表面形成了一层密实的封闭外壳也是形成原因之一。其详尽形成机理还有待作进一步模拟性研究。

2.2 块状结构体内、外不同层次水溶性 Ca²⁺ 分布

试验分别测定了 30 个土壤块状结构体水溶性 Ca²⁺ 含量、结构体外壳约 1 cm 厚土壤 Ca²⁺ 含量以及结构体内部 Ca²⁺ 含量。以整块结构体中 Ca²⁺ 含量作为参考, 探明结构体中 Ca²⁺ 在环境因子作用下移动趋势, 分析 Ca²⁺ 迁移对结构体形成密实外壳的作用以及黄土旱地农田土壤耕层块状结构体构造特征的发生机理。

图 2 是各个处理土壤 Ca²⁺ 累积含量分布图。数据参数统计结果见表 2。从中得知黄土地区块状

结构体中水溶性 Ca^{2+} 含量分布在 0.108~0.192 g/kg 之间,其平均值为 0.149 g/kg。块状结构约 1 cm 厚外壳中水溶性 Ca^{2+} 含量变异在 0.110~0.272 g/kg,其平均值为 0.163 g/kg,比整块状结构体水溶性 Ca^{2+} 增加了 0.014 g/kg。而块状结构体内部水溶性 Ca^{2+} 含量范围在 0.099~0.172 g/kg 之间,平均值为 0.131 g/kg,小于整块结构体中水溶性 Ca^{2+} 约 0.018 g/kg 左右。经检验表明土壤块状结构体、块状结构体表层和内部的 Ca^{2+} 含量有极显著差异。

试验表明 Ca^{2+} 在结构体表面有积聚现象。这种积聚过程不仅是块状结构体表面变得更为紧实,而且也是农田表层形成结壳的原因之一。在自然环境演变过程中,结构体内部水溶性 Ca^{2+} 随着水分动态变化而在结构体中产生再分布过程,导致了 Ca^{2+} 在结构体内部结构中由里层向表面逐渐迁移,最终在结构体外部积聚形成致密坚硬的结壳。这层结壳影响土体通气、减少土壤水分入渗、影响土壤生物生长,也有进一步恶化块状结构体的趋势。所以在块

状结构体形成的初期阶段,必须尽快通过土壤管理措施使其碎散破除,否则在结构体中 Ca^{2+} 发生再分布,于表层形成致密外壳以后再破除会大量增加劳动强度,降低整地质量^[8]。

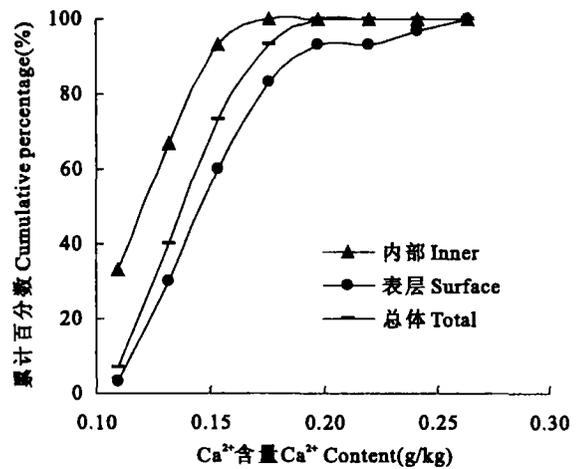


图 2 土壤结构体 Ca^{2+} 含量频率分布累计曲线

Fig. 2 Cumulative curve of Ca^{2+} content in different treatments

表 2 各部位 Ca^{2+} 含量统计参数(g/kg)

Table 2 Parameters of Ca^{2+} Content in different treatment

项目 Item	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	标准差 SD	偏度 Cs	峰度 Ce
总体 Total	0.192	0.108	0.149 B	0.023	0.368	-0.701
表层 Surface	0.272	0.110	0.163 A	0.034	1.556	3.296
内部 Inner	0.172	0.099	0.131 C	0.02	0.146	-0.571

3 结论

1) 黄土地区广泛存在的块状结构体是一种较为紧实的结构体,其结构体、结构体外层、结构体内层容重差异较大,容重平均值分别为为 1.66, 1.71, 1.59 g/cm³。具有外密实内疏松的构造特征,必须运用机械击打、旋耕等方法进行破碎。研究结果反映了人为耕作活动及环境变化过程对土壤结构体的形成与影响作用。

2) 在土壤自然风干过程中,块状结构体中水溶性 Ca^{2+} 存在着从结构体内部向外部迁移的现象,结果使得结构体外层土壤水溶性 Ca^{2+} 含量高于整块,内部土壤水溶性 Ca^{2+} 含量低于整块。 Ca^{2+} 在结构体中迁移过程证明环境因子对耕作过程中形成的块状结构体性质有进一步恶化的趋势,耕作后及时破除这些块状结构体在农田管理中有着极端重要性。

参考文献:

- [1] Eynard A, Schumacher T E, Lindstrom M J, et al. Aggregate Sizes and Stability in Cultivated South Dakota Prairie Ustolls and Usterts[J]. Soil Sci Soc Am J, 2004, 68: 1360—1365.
- [2] Suzanne Brais. Persistence of Soil Compaction and Effects on Seedling Growth in Northwestern Quebec[J]. Soil Sci Soc Am J, 2001, 65: 1263—1271.
- [3] 希勒尔 D. 土壤物理学概论[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1988. 27—34.
- [4] 刘孝义. 土壤物理及土壤改良研究法[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982. 9—32.
- [5] 彭新华, 张 斌, 李江涛, 等. 对多孔介质物体孔隙度蜡封法改进的探讨——以土壤团聚体为例[J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 19—20.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 25—210.
- [7] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 38—40.
- [8] 郭玉文, 加藤诚, 宋 菲. 黄土高原黄土团粒组成及其与碳酸钙关系的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 362—368.

(英文摘要下转第 124 页)

- [2] 王进鑫, 张晓鹏, 高保门, 等. 渭北旱塬红富士苹果需水量与限水灌溉效应研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 69—72.
- [3] 赵忠, 李鹏, 王乃江. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 37—39.
- [4] 赵景波, 杜娟, 周旗, 等. 陕西咸阳人工林地土壤干层研究[J]. 地理科学, 2005, 25(3): 322—328.
- [5] 黄明斌, 杨新良, 李玉山. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 7—13.
- [6] 刘贤赵, 黄明斌. 渭北旱源苹果园土壤水分环境效应[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 75—78.
- [7] 刘贤赵, 李涛. 渭北旱塬苹果基地土壤水分空间变异性研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 33—38.
- [8] 刘贤赵, 李孝玉. 陕西渭北旱源苹果种植分区土壤水分特征研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 320—326.
- [9] 赵景波, 李瑜琴. 陕西黄土高原土壤干层对植树造林的影响[J]. 中国沙漠, 2002, 25(3): 370—373.
- [10] 王力, 邵明安, 侯庆春. 土壤干层量化指标初探[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 87—90.
- [11] 赵景波, 杜娟, 周旗, 等. 西安附近苹果林地的土壤干层[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2115—2120.
- [12] 李瑜琴, 赵景波. 长安地区人工林地土层含水量研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2005, 33(1): 105—109.
- [13] 郭忠升, 邵明安. 半干旱区人工林草地土壤旱化与土壤水分植被承载力[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1640—1647.
- [14] 王国梁, 刘国彬, 周生路. 黄土高原土壤干层研究述评[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 156—159.

Studies on soil moisture of the apple field in Yaozhou of Tongchuan city

GAO Lǐfeng, ZHAO Xiāngui, WEI Liānghuan

(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: Based on the determination of soil moisture of the apple field, apple~ yellow ginger field and wheat field in Yaozhou of Tongchuan city, the change of soil moisture from 0 to 600 centimeter is studied. The result shows that the change of soil moisture of the apple field is from high to low, and the slight dried layer of soil is obviously formed between 200 and 400 centimeter. The soil moisture of apple~ yellow ginger field contrast to the apple field, the soil moisture above 500 centimeter has recovered, dried layer has disappeared. The soil moisture below 500 centimeter has compensated, but not recovered thoroughly. It has not obviously change under the 100 centimeter of wheat field, and it's normal. In general, crop rotation is able to make soil moisture be recovered within certain range. At last, four measures have been put forward for recovery of the soil moisture.

Keywords: apple field; soil moisture; Yaozhou district

(上接第 112 页)

The physical and chemical properties of soil block cloddy in Loess area farmland

WANG Yi¹, WANG Yǐquan¹, LIU Jun¹, ZHANG Xíngchāng^{1,2*}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In Loess area, block cloddy was universal existence in farmland surface. The physical and chemistry properties of block cloddy in plow layer were researched in this study. The results showed that the structure characteristics of block cloddy was with tight surface but loose inner, the bulk density of the crust can be high as 1.39~ 2.0 g/cm³, which was mainly affect by unreasonable tillage process. The tight surface can not be crushed by nature alternation of drying and wetting. Farming machinery to impact and rotary tillage were necessary when reduce them. Ca²⁺ can migration from block cloddy inner to surface during the environment evolution, which was deteriorated the block cloddy surface tight. It can verify the environment factor has great effect on the properties of block cloddy and disperse block cloddy after tillage is very important.

Keywords: Loess area; farmland; soil block cloddy