

不同类型土壤团聚体化学稳定性分析*

徐爽 王益权

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:以4种不同类型土壤为研究对象,在室内用干筛的0.25~5 mm的团聚体以容积密度为 1.40 g/cm^3 装填到环刀中,用5种不同浓度的氯化铵溶液分别浸润饱和24、48和72 h后,以纯水为介质采用降水头法测定土壤饱和和导水率,探讨了不同类型土壤团聚体的稳定性对盐溶液的反应特征及抗化学物质的破坏能力。结果表明:土壤饱和和导水率并非常数,4种供试土壤饱和和导水率在不同浓度氯化铵溶液和浸泡时间处理下均呈显著变化,总体表现为盐浓度越高、浸泡时间越长,土壤饱和和导水率越小,但不同类型土壤对盐溶液的响应差异显著。由此可得,在纯水中水稳性较强的土壤团聚体却不一定是化学稳定性强的,团聚体的化学稳定性随其胶结剂的类型、数量与质量不同,对土壤溶液中化学物质响应差异显著。

关键词:土壤团聚体 化学稳定性 胶结剂 饱和和导水率

中图分类号: S152.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)04-0173-06

引言

团聚体的胶结剂是形成土壤团聚体和维系团聚体稳定性的重要物质基础,它一般被分为粘粒、无机胶结剂和有机胶结剂3大类,胶结剂类型不同直接影响着土壤团聚体的稳定性^[1-4],其中无机胶结剂有碳酸盐、氧化物等^[5],有机胶结剂有土壤有机物、植物根系、真菌菌丝和细菌等^[3,7-9]。目前关于土壤团聚体组成及稳定性的研究成果卓著,但多数研究成果集中在胶结剂对土壤团聚体的机械稳定性和水稳定性等方面^[10-19],团聚体水稳定性研究过程中也多以纯水为媒介进行湿筛和分散。事实上土壤溶液是溶解有各种化学物质的稀溶液,其化学物质对土壤胶结剂的软化、溶解和分解作用必然会直接影响到土壤团聚体的稳定性,尤其是现代土壤管理中大量投入无机化肥,溶入土壤溶液后也会对团聚体的稳定性产生不同的影响;另一方面,任何类型的灌溉水体也非纯水,总会溶解有各类化学物质。基于客观现实,在继承传统土壤学关于团聚体机械稳定性、水力学稳定性和生物学稳定性概念的基础上,有必要探索在各类胶结剂作用下团聚体对土壤化学物质的响应情况,即土壤团聚体的化学稳定性^[20]。团聚体的化学稳定性特征体现在受到溶液中化学物质的影响,在传导溶液期间饱和和导水率发生不同程度的

变化,所以,土壤饱和和导水率是反映土壤结构状态及稳定性的宏观指标。经典土壤物理学认为土壤饱和和导水率是一个常数,即不受水分传输过程影响,显然该理论是建立在土壤团聚体具有强稳定性的基础上,而不同类型土壤团聚体因受到水体中各类化学物质的作用和影响,很难保持稳定状态。事实上在生产中因为长期使用化学肥料和灌溉,使土壤团聚体遭到破坏,土体紧实化,影响水分传导的问题亦屡见不鲜。本文选取具有不同胶结剂类型的壤土、黑土、淋溶褐土和红壤4种表层原状土作为供试材料,研究不同类型土壤饱和和导水率(K_s)对铵盐溶液的响应,以便探索各类土壤团聚体抗化学物质分散的能力,探求其团聚体的化学稳定性,分析长期施用化学肥料对土壤质量的作用和影响,揭示在灌溉和降雨期间土壤入渗能力的变化规律等。

1 材料与方法

1.1 供试土壤的基本情况

(1)壤土,系统分类为土垫旱耕人为土(Earthcumuli-orthic anthrosols),它是发育在黄土母质上的褐土经长期耕作、逐年施用土粪堆积和黄土再沉积过程演化而成的,其堆积覆盖熟化土层厚度在30~60 cm。壤土分布在关中平原、汾渭盆地等地区,属我国粮食主产区之一,多年来实行着小麦-玉米一年

收稿日期:2013-05-27 修回日期:2013-06-19

*农业部苹果园沼肥应用技术研究示范资助项目(201001070070)

作者简介:徐爽,博士生,主要从事土壤物理及土壤修复研究,E-mail: xush0225@sina.com

通讯作者:王益权,教授,博士生导师,主要从事土壤物理与土壤改良研究,E-mail: soilphysics@nwsuaf.edu.cn

两熟轮作制度。壤土主要黏土矿物为2:1型伊利石和蒙脱石,土壤无机碳酸盐含量极显著地高于其他3类供试土壤,成为团聚体的主要胶结物质。本试验供试的壤土采自杨凌头道塬。

(2)淋溶褐土,系统分类为筒育湿干润淋溶土(Hapli-udic argosols),由黄土母质发育而成,质地为粉砂质重壤土,棱柱状结构,垂直裂隙明显,结构体表面有红褐色的氧化物胶膜,土壤粘重,易板结,黏土矿物类型为2:1型伊利石,受强淋溶作用影响,碳酸盐含量极少,土壤团聚体的胶结剂主要由粘粒和无机氧化物组成。供试淋溶褐土采自秦岭北麓山前丘陵区的耕作土壤。

(3)黑土,系统分类为筒育湿润均腐土(Hapli-udic isohumosols),其母质为黄土状沉积物,土体深

厚,腐殖质层厚30~50 cm,表土有机质含量多在3%以上,粒状或团块状结构,无石灰反应,剖面无明显障碍层次,黏土矿物类型以2:1型蒙脱石为主,具有极强的膨胀性,土壤团聚体胶结剂主要为有机质。供试黑土采自吉林省榆树市郊。

(4)红壤,系统分类为粘化湿润富铁土(Argi-udic ferrosols),红壤由页岩风化的残、坡积物发育而成,土体风化层在1 m以上,呈酸性,质地为壤质粘土至粘土,铁的游离度为60%~70%。供试土壤的黏土矿物为1:1型高岭石,团聚体的胶结物质为粘粒和无机氧化物。供试红壤采自广西融安县。

4种供试土壤均采自0~20 cm的原状土,其土壤基本理化性质见表1。

表1 供试土壤基本理化性状

Tab.1 Physical and chemical properties of tested soils

土壤类型	土地利用现状	土壤质地类别	主要黏土矿物类型*	粘粒含量/(g·kg ⁻¹)	有机碳含量/(g·kg ⁻¹)	碳酸钙含量/(g·kg ⁻¹)	游离氧化铁含量/(mg·kg ⁻¹)	团聚体主要胶结物
壤土	小麦农田	中壤	2:1型伊利石	156 ^c	12.4 ^b	69.5 ^a	6.4 ^c	碳酸盐
淋溶褐土	小麦农田	重壤	2:1型伊利石	282 ^b	4.2 ^c	0.53 ^c	11.5 ^b	粘粒、氧化物
黑土	玉米农田	轻壤	2:1型蒙脱石	120 ^d	19.9 ^a	0.82 ^c	4.7 ^c	有机质
红壤	甘蔗地	重壤	1:1型高岭石	354 ^a	1.7 ^d	0.33 ^b	54.6 ^a	粘粒、氧化物

* 来自《中国土种志》^[21],土壤质地分类采用卡克斯基制,不同字母表示不同类型土壤间差异极显著($p < 0.01$)。

1.2 采样及样品制备方法

在每个采样区域按照S型布置15个采样点,分别采集耕层原状土壤样品和扰动样品。原状土样用木盒盛装,防止运输过程中被破坏,在室内风干过程中沿自然裂隙用手掰成直径在1 cm以上的小土块,为了研究土壤团聚体的抗化学稳定性,用振动干筛机从中筛分出直径为0.25~5 mm的团聚体,再均匀装填到100 mL的环刀中,装填后土壤容积密度为1.40 g/cm³左右,用于测定土壤饱和导水率。扰动土样在室内经风干过筛后,用于土壤质地和理化性状的测定。

1.3 测定方法

土壤机械组成采用吸管法测定,土壤有机质含量用丘林法(Tyurin method)测定,土壤碳酸钙含量用气量法测定,游离氧化铁采用光度法测定。

依据施肥后进行的灌溉或降雨以及土壤溶液基本情况,分别用0、0.1、0.2、0.4、0.6 mol/L共5个浓度氯化铵溶液浸润饱和装填土壤样品的环刀,浸泡时间分别为24、48和72 h,每种处理设置6次重复。待浸润饱和后,再将盛土环刀与纯水供给系统连接,以纯水为介质,用变水头法在室温条件下(每个样品测定时温度均保持在(22±1)℃)测定经铵盐浸泡处理后的土壤饱和导水率。

1.4 数据处理

依据变水头法原理,计算土壤饱和导水率

$$K_s = \frac{86400aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{\Delta h(t_1)}{\Delta h(t_2)}$$

式中 K_s ——土壤饱和导水率,cm/d

a ——供水计量管的横截面积,cm²

A ——土柱横截面积(环刀横截面积),cm²

t_1 ——测量起始时间,s

t_2 ——测量结束时间,s

$\Delta h(t_1)$ ——测量初始时水头高度,cm

$\Delta h(t_2)$ ——测量结束时水头高度,cm

L ——测量段土柱长度(环刀高度),cm

采用SPSS 17.0软件进行显著性检验,用Sigmaplot制图。

2 结果与讨论

2.1 不同类型土壤团聚体的水稳定性

土壤团聚体的水稳定性直接关系到水分入渗性能与保蓄能力,是评价土壤抗水蚀性的重要指标,它受到土壤质地、团聚作用等多种因素的影响,其中土壤团聚体的性能直接影响着饱和导水率。以4种不同类型土壤在纯水中经过浸泡饱和和不同时间后,测得其导水率表征着团聚体的水稳定性。图1为纯水

饱和不同时间条件下4种不同类型土壤团聚体的饱和导水率。由此可以看出,尽管容重密度和团聚体组成都基本相同,不同类型土壤饱和导水率依然存在显著差异,以红壤饱和导水率最高,淋溶褐土和黑土次之,壤土最低。饱和浸泡时间不同,土壤饱和导水率也存在差异,各类型土壤浸泡24、48和72 h处理后,饱和导水率依次显著降低。使用纯水处理土壤饱和导水率随浸泡时间延长而递减,说明土壤团聚体具有不稳定性,导致饱和导水率绝非常数。水浸泡条件下不同类型土壤团聚体的饱和导水率及其变化与质地类别、黏土矿物类型、团聚体的胶结类型有关系,红壤尽管质地粘重,但饱和导水率却最大,因为红壤的黏土矿物以1:1型高岭石为主,胀缩性差,其次受粘粒和三氧化二物的紧密胶结作用,红壤团聚体的水稳性最强,胶结剂的亲水性差,团聚体对水的反应差^[22],稳定性极强,土壤团聚体呈现出“假砂”性质,其导水能力显得极强;而黑土表层质地轻,虽然黏土矿物以胀缩性强的蒙脱石为主,但较高的有机物胶结,其团聚体饱和导水率也较高;淋溶褐土受到粘粒与氧化物胶膜的共同胶结作用,其团聚体的水稳性与黑土相当;壤土有机物质含量低,属碳酸盐胶结剂的团聚体,水稳定性最差,饱和导水率最小。

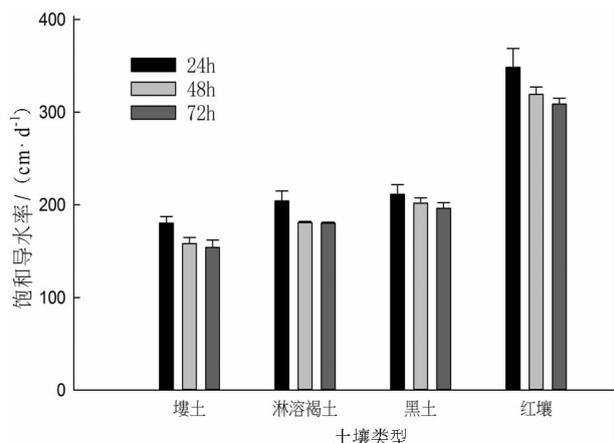


图1 不同类型土壤团聚体水稳定性

Fig. 1 Water stability of aggregates under different types of soil

上述分析表明,胶结剂的数量与类型是土壤团聚体水稳性的主要作用因素,改变了粘粒和黏土矿物类型对水的响应程度。有研究发现,全铝、全铁、全氮及有机质是影响土壤团聚体的主要因子群,其次为粘粒和物理性粘粒含量^[23]。水分通过溶解和软化团聚体的胶结剂,使胶结剂由凝胶状态变为溶胶状态,降低其胶结力,影响团聚体的稳定性。不同类型的土壤胶结剂的亲水性不同,对水分的响应存在着显著差异。有机质、碳酸钙、氧化物作为土壤主要胶结物质与粘粒共同作用于土壤团聚体的形成过程,形成了不同级别的水稳性团聚体,改变了土壤水分物理性状。

2.2 不同类型土壤的化学稳定性

胶结剂的数量和类型是左右土壤团聚体稳定的内在物质基础,而土壤水分性状尤其是水化学性状则是左右土壤团聚体稳定性的主要环境因素。土壤团聚体与水溶液作用后,发生不同程度的分散,其基本过程是首先发生糊化,即溶液对胶结剂的软化与溶解作用,其后是溶液对黏土矿物的膨胀撕裂作用。土壤溶液中化学物质对团聚体稳定性的影响应当是双方向的作用过程,首先通过离子交换过程,改变胶体上阳离子组成,置换具有团聚功能的高价阳离子,破坏团聚体;溶液软化胶结剂及含不同化学物质的溶液对团聚体胶结剂的溶解作用,也可能使较大级别的团聚体被分散与破坏^[24-25]。相反,溶液中离子也可以通过改变分散的未被团聚的自由粘粒的双电层电位,促使分散粘粒絮凝,促进颗粒“团聚化”作用,影响团聚状况^[20]。即使如此,所形成的团聚体也是不够稳定的,其孔隙也只能是质地孔隙,缺乏较大的结构孔隙,不会对土壤饱和导水率有明显改善。总之,溶液中化学物质对于团聚体的作用较为复杂,因而,长期使用化学物质对土壤团聚状况及其对团聚体质量的影响值得关注。

表2为用不同浓度氯化铵溶液浸泡团聚体不同时间后的土壤饱和导水率变化情况,从表中可以

表2 不同浓度氯化铵溶液浸泡不同时间后土壤饱和导水率

Tab. 2 Soil saturated hydraulic conductivity after soaking in different concentrations of ammonium chloride solution at different times

盐浓度/ (mol·L ⁻¹)	壤土			淋溶褐土			黑土			红壤		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
0	180.2	158.2	153.9	204.2	180.7	180.3	211.4	201.8	196.3	348.4	319.2	308.8
0.1	154.2	139.0	131.4	186.7	163.5	163.0	181.9	178.5	174.0	47.8	46.7	46.0
0.2	123.8	117.2	110.4	100.7	75.7	71.4	168.1	165.8	165.3	20.6	20.3	19.7
0.4	86.1	58.2	56.84	71.3	70.6	69.9	142.8	102.2	95.1	16.9	16.5	16.2
0.6	56.4	51.6	50.2	68.6	62.8	61.8	94.4	93.5	93.0	16.0	15.3	15.2

看出4种供试土壤饱和导水率在不同氯化铵浓度和浸泡时间处理下均呈现出显著变化,总体表现为盐浓度越高、浸泡时间越长,土壤饱和导水率越小,证实盐溶液对团聚体稳定性的作用和影响。虽然4种土壤表现的趋势相同,但不同类型土壤饱和导水率对氯化铵盐溶液的反应存在显著差异。红壤饱和导水率对盐溶液的反应最敏感,壤土和淋溶褐土次之,黑土饱和导水率受盐浓度影响最小;壤土和黑土对0.4 mol/L的氯化铵溶液浸泡时间较敏感,淋溶褐土对0.2 mol/L的氯化铵溶液的浸泡时间反应敏感,红壤对盐溶液各浓度的浸泡时间没有明显响应。

试验结果表明,即使是同一土壤,其饱和导水率并非真正的常数,环境中土壤溶液质量对土壤饱和导水率的影响很大。本研究中土壤类型不同,试验所用土壤容积密度和团聚体组成相同,所得饱和导水率的变化差异显著,说明土壤饱和导水率的变化主要依赖于团聚体的稳定性,而盐溶液通过软化和溶解土壤胶结剂显著影响团聚体的稳定性,以无机氧化物为主要胶结剂的红壤团聚体最易受到 NH_4Cl 溶液浓度的影响,盐溶液溶解软化了氧化铁铝胶膜,加之红壤土壤溶液的酸性环境,导致铁铝氧化物胶膜被分离,土壤团聚体被分散^[26],显示红壤的团聚体虽然是水稳性较强的,但却是化学稳定性较差的,遇到化学物质作用,其饱和导水率极显著降低;淋溶褐土的主要胶结剂也为粘粒和无机氧化物,壤土的主要胶结剂为碳酸盐类物质,这两种土壤pH环境为中性或微碱性,受到 NH_4Cl 溶液的影响较酸性土壤小,但其团聚体也遭到了一定程度的破坏;黑土以有机质为主要胶结剂,因有机物质的保护作用^[27-28],土壤团聚体不易受到盐溶液破坏,团聚体的化学稳定性相对较强。

不同类型土壤对盐溶液的响应存在显著差异,有机物质较难与铵盐溶液发生反应,因此以有机物质为主要胶结剂的黑土的饱和导水率变化最不明显,表现出最强的化学稳定性;在以碳酸钙为主要胶结剂的壤土中,同时存在着铵盐溶液对土壤的分散过程和 Ca^{2+} 对土壤颗粒的絮凝和再团聚过程^[7,20],

对土壤饱和导水率的下降起到缓冲作用,在一定程度上削弱了盐溶液对土壤结构的破坏;淋溶褐土中的有机质、碳酸钙和铁铝氧化物含量均不高,但粘粒质量分数水平较高(33.1%),因此其主要胶结物质应为粘粒,此类土壤的膨胀性较强^[29],化学稳定性较差,易被盐溶液中的阴阳离子分散,使土壤结构遭到破坏;红壤以无机氧化物为主要胶结剂,无机氧化物极易与酸性盐溶液发生反应而使土壤团聚体被分散,破坏土壤结构,因此红壤表现出的化学稳定性最差。4种类型土壤中,以有机质为主要胶结剂的黑土的抗盐能力最强;中性和偏碱性环境下,无机氧化物作为胶结剂能够对土壤团聚体起到一定的稳定作用,而在酸性环境下则易被软化和分解,因而淋溶褐土和红壤虽然同样以粘粒和无机氧化物为胶结剂,但淋溶褐土的化学稳定性显著强于红壤的化学稳定性;壤土的主要胶结物质 CaCO_3 也同样易被弱酸性的 NH_4Cl 溶液溶解,化学稳定性较差。

3 结论

(1)土壤饱和导水率并非真正意义上的常数,纯水浸泡试验条件下,土壤饱和导水率随浸泡时间有所减小,而氯化铵溶液的浓度和浸泡时间均显著影响土壤饱和导水率。

(2)土壤饱和导水率综合反映了土壤团聚体的稳定性,结果表明土壤团聚体的水稳性较强的却不一定是化学稳定性强的,以有机质为主要胶结剂的黑土团聚体属水稳性较差,化学稳定性最强;以无机氧化物为胶结剂的红壤团聚体属水稳性最强,但化学稳定性最差;以碳酸盐为胶结剂的壤土团聚体属水稳性最差,但化学稳定性较强;淋溶褐土的团聚体的水稳定性和化学稳定性居于其他供试土壤之间。这是由于不同类型土壤中胶结物质的种类存在显著差异,铵盐溶液与这些胶结物质的反应方式和反应能力不同,所以外源化学物质进入土壤后,不同类型土壤的化学稳定性差异显著。

(3)传统方法用纯水作为介质进行团聚稳定性研究的科学性值得商榷。

参 考 文 献

- 1 Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates soils[J]. Journal of Soil Science, 1982, 33(2): 141-163.
- 2 Warkentin B P. Clay soil structure related to soil management[J]. Tropic Agric., 1982, 59(2): 82-91.
- 3 Rovira P, Vallejo V R. Physical protection and biochemical quality of organic matter in Mediterranean calcareous forest soils: a density fractionation approach[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(2): 245-261.
- 4 Rillig M C, Wright S F, Eviner V T. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species [J]. Plant and Soil, 2002, 238(2): 325-333.
- 5 Li Zhaoxia, Cai Chongfa, Shi Zhihua, et al. Aggregate stability and its relationship with some chemical properties of red soils in subtropical China[J]. Pedosphere, 2005, 15(1): 129-136.

- 6 沈善敏. 黑土开垦后土壤团聚体稳定性与土壤养分状况的关系[J]. 土壤通报, 1981(2): 32 - 34.
- 7 Edwards A P, Bremner J M. Micro-aggregates in soils[J]. European Journal of Soil Science, 1967, 18(1): 64 - 73.
- 8 史奕, 张璐, 陈欣, 等. 不同经营方式对黑土水稳性团聚体组成及微粒有机质积累分布的影响[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 122 - 124.
Shi Yi, Zhang Lu, Chen Xin, et al. Effect of different management patterns on the fraction of water stable aggregates and accumulation and distribution of particulate organic matter in black soil[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13(2): 122 - 124. (in Chinese)
- 9 高鲁鹏, 梁文举, 姜勇, 等. 利用 CENTURY 模型研究东北黑土有机碳的动态变化 I. 自然状态下土壤有机碳的积累[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 772 - 776.
Gao Lupeng, Liang Wenju, Jiang Yong, et al. Dynamics of organic C in black soil of Northeast China, simulated by CENTURY model I. Accumulation of soil organic carbon under natural conditions[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(5): 772 - 776. (in Chinese)
- 10 梁爱珍, 张晓平, 申艳, 等. 东北黑土水稳性团聚体及其结合碳分布特[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1052 - 1057.
Liang Aizhen, Zhang Xiaoping, Shen Yan, et al. Distribution of water-stable aggregates and aggregate-associated C in black soil in Northeast China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(5): 1052 - 1057. (in Chinese)
- 11 陈欣, 史奕, 鲁彩艳, 等. 有机物料及无机氮对耕地黑土团聚体水稳性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 284 - 287.
Chen Xin, Shi Yi, Lu Caiyan, et al. Effect of organic materials and inorganic N on water stability of aggregates in cultivated black soil[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2003, 9(3): 284 - 287. (in Chinese)
- 12 赵红, 袁培民, 吕贻忠, 等. 施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J]. 土壤, 2011, 43(2): 306 - 311.
Zhao Hong, Yuan Peimin, Lü Yizhong, et al. Effects of organic manure application on stability of soil aggregates[J]. Soils, 2011, 43(2): 306 - 311. (in Chinese)
- 13 王胜涛. 耕作和有机物质投入对土壤碳库和团聚体稳定性的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
Wang Shengtao. Effect of farming and organic application on soil carbon content and aggregates stability [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- 14 Zhang Minkui, He Zhenli, Chen Guochao, et al. Formation and water stability of aggregates in red soils as affected by organic matter [J]. Pedosphere, 1996, 6(1): 39 - 45.
- 15 刘恩科, 赵秉强, 梅旭荣, 等. 不同施肥处理对土壤水稳定性团聚体及有机碳分布的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 1035 - 1041.
Liu Enke, Zhao Bingqiang, Mei Xurong, et al. Distribution of water-stable aggregates and organic carbon of arable soils affected by different fertilizer application[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(4): 1035 - 1041. (in Chinese)
- 16 安婷婷, 汪景宽, 李双异, 等. 施用有机肥对黑土团聚体有机碳的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 369 - 373.
An Tingting, Wang Jingkuang, Li Shuangyi, et al. Effects of manure application on organic carbon in aggregates of black soil [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(2): 369 - 373. (in Chinese)
- 17 李江涛, 张斌, 彭新华, 等. 施肥对红壤性水稻土颗粒有机质形成及团聚体稳定性的影响[J]. 土壤学报, 2004, 41(6): 912 - 917.
Li Jiangtao, Zhang Bin, Peng Xinhua, et al. Effects of fertilization on particulate organic matter formation and aggregate stability in paddy soil [J]. Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(6): 912 - 917. (in Chinese)
- 18 姜灿烂, 何园球, 刘晓利, 等. 长期施用有机肥对旱地红壤团聚体结构与稳定性的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(3): 715 - 722.
Jiang Canlan, He Yuanqiu, Liu Xiaoli, et al. Effect of long-term application of organic manure on structure and stability of aggregate in upland red soil [J]. Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(3): 715 - 722. (in Chinese)
- 19 Lu Shenggao. Role of organic matter in formation and stability of aggregates in mulberry plantation soils [J]. Pedosphere, 2001, 11(2): 185 - 188.
- 20 徐爽, 王益权, 王浩, 等. 不同肥力水平土壤团聚体的稳定性及对氮肥盐溶液响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(5): 1135 - 1143.
Xu Shuang, Wang Yiquan, Wang Hao, et al. Effects of nitrogen fertilizer solution on stability of soil aggregates under different fertility levels[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2012, 18(5): 1135 - 1143. (in Chinese)
- 21 徐蒲生, 罗梅建, 贺志清, 等. 中国土种志[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- 22 李朝霞. 降雨过程中红壤表土结构变化与侵蚀特点[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
Li Zhaoxia. Relationship between structure changes of soil surface and erosion characteristics of red soils during rainfall [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- 23 杨建国, 安韶山, 郑粉莉. 宁南山区植被自然恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质关系[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 72 - 75, 98.
Yang Jianguo, An Shaoshan, Zheng Fenli. Characteristics of soil water stable aggregates and relationship with soil properties during vegetation rehabilitation in Ningxia loess hilly region [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(1): 72 - 75,

98. (in Chinese)
- 24 Gregory P J. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science [J]. *European Journal of Soil Science*, 2006, 57(1):2 – 12.
- 25 Haynes R J. Labile organic matter fractions and aggregate stability under short-term, grass-based leys [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(13):1821 – 1830.
- 26 胡国成, 章明奎. 氧化铁对土粒强胶结作用的矿物学证据[J]. *土壤通报*, 2002, 33(1):25 – 27.
Hu Guocheng, Zhang Mingkui. Mineralogical evidence for strong cementation of soil particles by iron oxides[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(1):25 – 27. (in Chinese)
- 27 Mbagwu J S C. Effects of inculcation with organic substrates on the stability of soil aggregate to water [J]. *Pedlogie*, 1989, 39: 159 – 163.
- 28 Cheshire M V. Nature and origin of carbohydrates in soil [M]. London: Academic Press Inc. , 1979.
- 29 王益, 王益权, 刘军, 等. 黄土地区影响土壤膨胀因素的研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(5):93 – 97.
Wang Yi, Wang Yiquan, Liu Jun, et al. Study on soil swelling factors in loessal areas [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005, 23(5):93 – 97. (in Chinese)

Chemical Stability of Aggregates under Different Types of Soil

Xu Shuang Wang Yiquan

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Using 4 different types of soil samples, the saturated hydraulic conductivity of soil was tested with falling head method by filling 0.25 ~ 5 mm soil aggregate dry screened in indoor and set with 1.40 g/cm³ bulk density in earth columns. The soil samples were immersed in five ammonium chloride solutions of different concentrations for 24, 48 and 72 h later respectively, which was used to discuss the reaction characteristics of different types of soil structural stabilities with saline solution as well as resistances to chemicals damage. The result indicated that the soil saturated hydraulic conductivity were not constant, and the saturated hydraulic conductivity of all 4 types of testing soil decreased significantly with the increasing of ammonium chloride concentration and soaking time. But different types of soil in response to salt solution were significantly different. The main conclusion was that not all water-stable soil aggregates owned stronger chemical stability, and the chemical stability of aggregates had relation with the type, quantity and quality of different cementing agents, especially had significant response to chemical substances in the soil solution.

Key words: Soil aggregates Chemical stability Grouting agent Saturated hydraulic conductivity