

# 不同土地利用方式下土壤团聚体组成特征及稳定性

石利军, 胡振华\* (山西农业大学, 山西太谷 030801)

**摘要** [目的]研究不同土地利用方式下土壤团聚体组成特征及稳定性。[方法]研究不同土地利用方式下土壤团聚体在( $\geq 5.00$ 、 $2.00 \sim < 5.00$ 、 $1.00 \sim < 2.00$ 、 $0.50 \sim < 1.00$ 、 $0.25 \sim < 0.50$ 、 $< 0.25$  mm)6种粒径下的分布情况及稳定性;在对团粒结构了解的基础上,又进一步分析了3种处理方式[慢速湿润法(SW)、扰动湿润法(WS)、快速湿润法(FW)]下土壤团聚体粒径分布特征。[结果]随着振荡次数的增加, $\geq 1.00$  mm的粒径百分比逐渐减少,而 $< 1.00$  mm的粒径百分比逐渐增加。3种处理方式(SW、WS、FW)下,土壤团聚体粒径分布不同, $\geq 5.00$  mm粒径百分比在SW处理方式下最大,在FW处理下 $\geq 5.00$  mm粒径百分比最小。[结论]SW处理方式对土壤团聚体破坏性最小,同种处理方式下随着坡度的增加团聚体的稳定性也相应增加。

**关键词** 土地利用方式;土壤团聚体;粒径;稳定性

**中图分类号** S152 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)12-0092-04

## The Composition Characteristics and Stability of Soil Aggregate under Different Land Use Ways

SHI Li-jun, HU Zhen-hua\* (Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract** [Objective] To study the composition characteristics and stability of soil aggregate under different land use ways. [Method] Distribution and stability of soil aggregate in six kinds of particle size ( $\geq 5.00$ ,  $2.00 \sim < 5.00$ ,  $1.00 \sim < 2.00$ ,  $0.50 \sim < 1.00$ ,  $0.25 \sim < 0.50$ ,  $< 0.25$  mm) under different land use ways were studied, on the basis of the understanding of granular structure, soil aggregate size distribution under three treatment methods were analyzed. [Result] With the increase of oscillation frequency, percentage content of  $\geq 1.00$  mm particle size aggregate reduced gradually, percentage content of  $< 1.00$  mm particle size aggregate increased gradually. In three treatment methods (SW, WS, FW), soil aggregate size distribution also had different changes, the content of  $\geq 5.00$  mm particle size under the SW treatment was biggest, under the FW treatment, the content of  $\geq 5.00$  mm particle size was least. [Conclusion] Damaging of SW treatment mode on soil aggregate was least, under the same treatment way aggregate stability also increased accordingly with the increase of slope.

**Key words** Land use ways; Soil aggregate; Size; Stability

土壤团聚体是土壤结构的重要组成部分,对土壤结构的稳定性具有重要作用。土壤颗粒胶结力强,则土壤结构相对稳定,对水流的冲刷及抵抗破坏的能力则强,对作物生长及保持水土具有积极作用<sup>[1]</sup>。近几十年来,国内外研究者对土壤团聚体的形成进行了大量研究,认为有机和无机复合是土壤中水稳性团聚体组成的重要物质基础。刘梦云等<sup>[2]</sup>研究了5种不同土地利用方式下土壤团粒结构和微团聚体结构,结果表明,灌木林地及天然草地有利于团聚体结构的形成;张超等<sup>[3-4]</sup>研究了黄土丘陵区不同植被类型土壤微团聚体的结构特征,结果表明,丘陵区坡耕地种植植被后,土壤微团聚体变化明显;也有学者研究了不同深度下团聚体的结构特征,结果表明,不同深度下土壤水稳性和非水稳性团聚体表现出较大差异,越深层次的团聚体 $> 0.25$  mm粒径含量越少<sup>[5]</sup>;白秀梅等<sup>[6]</sup>对庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征进行研究,干筛分析结果表明,植被覆盖有利于增加 $0.5 \sim 7.0$  mm团聚体含量,湿筛分析结果表明,植被覆盖有利于提高 $> 0.50$  mm水稳性大团聚体含量。笔者研究了不同土地利用方式下土壤团聚体组成特征及稳定性,以期土壤结构改良提供理论依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验地概况** 试验地位于吕梁市离石区,离石区地处山西省西部,吕梁山脉中段西侧,地理坐标 $110^{\circ}55' \sim 111^{\circ}35' E$ , $37^{\circ}21' \sim 37^{\circ}42' N$ ,属于温带大陆性气候区,四季分明,冬寒

夏暑,年平均气温在 $8.9^{\circ}C$ 左右,局部最高气温可达 $38.9^{\circ}C$ ,个别地区最低气温在 $-25.5^{\circ}C$ 。年均降雨量为 $460.4$  mm,无霜期 $170$  d。王家沟在离石区的东北部, $111^{\circ}11'23'' E$ , $37^{\circ}32'06'' N$ ,年平均温度 $8.9^{\circ}C$ ,年均降水量 $461.2$  mm,无霜期 $164$  d,年极端最高温度 $34.4^{\circ}C$ ,年极端最低温度 $-16.2^{\circ}C$ 。

**1.2 土壤取样** 土壤样品(测定肥力指标)取自吕梁市离石区王家沟试验基地,按照土地利用方式的不同分为侧柏和碱草混交、欧李、柠条、苜蓿、油松5种土地利用类型。取样时每种土地利用方式在试验区( $2\text{ m} \times 5\text{ m}$ )从不同位置布设3个样点,共15个样品。取土时去掉表层杂质,然后取 $0 \sim 20$  cm土样,放入塑料袋中编号,带回实验室后取出样品自然风干,以备过筛。

**1.3 稳定性分析** 通过干筛与湿筛测定团聚体的水稳性,干筛时将风干土壤均匀混合,取其中一部分通过孔径 $10.00$ 、 $5.00$ 、 $2.00$ 、 $1.00$ 、 $0.50$ 、 $0.25$  mm的筛子进行筛分(筛子附有底盘和盖子)。筛分后将筛子上及 $< 0.25$  mm的土样进行称重,计算干筛中各级团聚体占土样总量的百分比,然后将每种粒径的土样进行配比,质量为 $50$  kg时供湿筛使用。

将配比好的土样放入团聚体分析仪上进行湿筛分析,湿润土样的方式分为快速湿润与缓慢浸泡,每次可将4个土样放入孔径 $5.00$ 、 $2.00$ 、 $1.00$ 、 $0.50$ 、 $0.25$  mm筛子上进行试验,调整团聚体分析仪,控制不同频率、不同次数下的土样进行数据分析,将每次试验后筛子上的土样风干后进行称重,分析团聚体的稳定性。

**1.4 粒径分布分析** 采用3种处理方法,主要包括快速湿润法(FW)、慢速湿润法(SW)和扰动湿润法(WS)对土壤水稳性团聚体进行稳定性分析。具体测定步骤:取 $3 \sim 5$  mm干

**作者简介** 石利军(1989—),男,山西忻州人,硕士研究生,研究方向:水土保持。\*通讯作者,教授,博士,博士生导师,从事水土保持、土壤修复方面的研究。

**收稿日期** 2017-02-15

筛团聚体于 40 °C 烘箱内烘干 24 h, 使土壤含水量一致后运用以下 3 种方法进行筛分: ①快速湿润(FW)。取 5 g 团聚体快速浸没在去离子水中 10 min 后用移液管吸掉水分。②慢速湿润(SW): 取 5 g 团聚体置于张力为 -0.3 kPa 滤纸上, 静置 30 ~ 40 min 使团聚体完全湿润。③振荡湿润(WS): 取 5 g 团聚体浸没在乙醇中以排出空气, 浸泡 10 min 后用移液管吸掉乙醇, 将土壤转入盛有 50 mL 去离子水的 500 mL 三角瓶中, 加水至 200 mL, 加塞后吸去多余水分, 上下振荡 20 次, 静置 30 min 后进行试验, 模拟预湿后土壤的人为扰动过程。

将上述经湿润处理的土壤转至浸没在 95% 乙醇中 0.05 mm 孔径筛子上, 上下振荡 20 次(振幅 2 cm); 然后在 40 °C 烘

箱中蒸干乙醇, 转入烧杯中, 40 °C 烘干 48 h, 称重<sup>[7-8]</sup>。

**1.5 数据分析** 试验数据采用 Excel 2003 进行处理, 并采用 SPSS 20.0 进行方差及相关性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同土地利用方式下土壤团聚体稳定性** 在油松、苜蓿、侧柏和碱草混交、欧李、柠条 5 种土地利用方式下, 按干筛测得的不同粒径配比进行土壤湿筛团聚体稳定性分析; 在一定频率下测定其在不同振荡次数下土壤水稳性团聚体的稳定性, 结果见表 1~3。由表 1~3 可知, 不同土地利用方式下的土壤颗粒在不同振荡次数下呈不同变化趋势。

表 1 土壤团聚体组成粒径特征(振荡 5 次)

Table 1 Particle size characteristics of soil aggregate( oscillation 5 times)

土地利用方式 Land use ways	粒径分布 Particle size distribution//mm					
	≥5.00	2.00 ~ <5.00	1.00 ~ <2.00	0.50 ~ <1.00	0.25 ~ <0.50	<0.25
油松 Chinese pine	3.50	1.10	2.70	8.04	10.12	74.54
苜蓿 Alfalfa	5.56	9.06	9.04	8.78	9.16	58.40
侧柏和碱草混交地 Chinese arborvitae and nutans	4.82	5.22	4.66	7.74	8.10	69.46
欧李 Chinese dwarf cherry	5.90	6.04	7.62	8.94	9.84	61.66
柠条 Caragana	6.10	5.72	7.12	9.06	10.12	61.88

表 2 土壤团聚体组成粒径特征(振荡 10 次)

Table 2 Particle size characteristics of soil aggregate( oscillation 10 times)

土地利用方式 Land use ways	粒径分布 Particle size distribution//mm					
	≥5.00	2.00 ~ <5.00	1.00 ~ <2.00	0.50 ~ <1.00	0.25 ~ <0.50	<0.25
油松 Chinese pine	3.32	1.22	1.76	8.44	8.86	76.4
苜蓿 Alfalfa	2.28	3.74	4.16	5.5	6.52	77.8
侧柏、碱草混交地 Chinese arborvitae and nutans	5.34	3.86	4.36	7.12	8.42	70.9
欧李 Chinese dwarf cherry	4.92	5.42	7.64	8.36	9.18	64.48
柠条 Caragana	5.28	5.16	9.32	8.36	8.52	63.36

表 3 土壤团聚体组成粒径特征(振荡 20 次)

Table 3 Particle size characteristics of soil aggregate( oscillation 20 times)

土地利用方式 Land use ways	粒径分布 Particle size distribution//mm					
	≥5.00	2.00 ~ <5.00	1.00 ~ <2.00	0.50 ~ <1.00	0.25 ~ <0.50	<0.25
油松 Chinese pine	2.90	1.36	2.54	7.70	10.98	74.52
苜蓿 Alfalfa	5.38	7.92	8.08	8.52	7.98	62.12
侧柏、碱草混交地 Chinese arborvitae and nutans	4.30	3.42	3.94	6.06	7.68	74.60
欧李 Chinese dwarf cherry	5.48	4.32	7.00	8.26	8.02	66.92
柠条 Caragana	5.36	5.94	6.36	8.66	9.14	64.54

由表 1 可知, 5 种不同土地利用方式下的土壤经过团粒结构分析仪后, 粒径 ≥5.00 mm 所占比例由高到低依次为柠条、欧李、苜蓿、侧柏和碱草混交、油松, 柠条 ≥5.00 mm 的粒径占 6.10%, 而油松 ≥5.00 mm 的粒径仅占 3.50%, 说明 ≥5.00 mm 粒径在柠条作用下的土壤稳定性大于其他土地利用方式下的土壤稳定性; 土壤粒径在 2.00 ~ <5.00 mm 所占比例由高到低依次为苜蓿、欧李、柠条、侧柏和碱草混交、油松, 苜蓿粒径在 2.00 ~ <5.00 mm 占 9.06%, 而油松作用下的土壤粒径在 2.00 ~ <5.00 mm 占 1.10%, 相差较大; 土壤粒径在 1.00 ~ <2.00 mm 所占比例由高到低依次为苜蓿、欧李、柠条、侧柏和碱草混交、油松, 苜蓿粒径在 1.00 ~ <2.00 mm 占 9.04%, 而油松作用下的土壤粒径在 1.00 ~ <2.00 mm 占 2.70%, 仅为苜蓿同粒径下的 29.87%; 土壤粒径在 0.50 ~ <1.00 mm 所占比例由高到低依次为柠条、欧

李、苜蓿、油松、侧柏和碱草混交, 柠条粒径在 0.50 ~ <1.00 mm 占 9.06%, 而侧柏和碱草混交作用下的土壤粒径在 0.50 ~ <1.00 mm 占 7.74%; 土壤粒径在 0.25 ~ <0.50 mm 所占比例由高到低依次为柠条、油松、欧李、苜蓿、侧柏和碱草混交, 柠条和油松粒径在 0.25 ~ <0.50 mm 占 10.12%, 而侧柏和碱草混交作用下的土壤粒径在 0.25 ~ <0.50 mm 占 8.10%; 土壤粒径 <0.25 mm 所占比例由高到低依次为油松、侧柏和碱草混交、柠条、欧李、苜蓿, 油松粒径 <0.25 mm 占 74.54%, 而苜蓿作用下的土壤粒径 <0.25 mm 占 58.4%。结合不同土地利用方式下不同粒径的分布范围可知, <0.25 mm 的粒径占主要比例, 其次为粒径在 0.25 ~ <0.50 mm 的土粒, 所占比例最小的为 ≥5.00 mm 的土粒, 2.00 ~ <5.00、1.00 ~ <2.00、0.50 ~ <1.00 mm 的粒径分布相差较小。

**2.2 不同土地利用方式下土壤团聚体粒径分布** 由图 1~3

可知,坡度  $10^{\circ} \sim 15^{\circ} \geq 2.00 \text{ mm}$  土壤粒径所占比例大于坡度  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ , 土壤中大粒径颗粒所占比例越高, 则土壤结构的稳定性相对越好。由此可知,  $\geq 2.00 \text{ mm}$  粒径随着坡度的增大其含量增加, 而  $< 1.00 \text{ mm}$  的土壤粒径随着坡度的增加其含量逐渐降低。因此, 坡度对土壤团聚体的稳定性有一定程度的影响。

比较 SW、WS、FW 3 种处理方式下土壤粒径可知,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  土壤粒径在 3 种处理方式下呈不同的变化趋势, 不论在何种坡度下,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  的粒径百分含量由高到低依次为 SW、WS、FW。由此可知, SW 处理对土壤原有结构的破坏性最小, 团粒结构相对稳定, 大团聚体百分含量相对较高。

SW 处理方式在坡度为  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$  时,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  的粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为侧柏和碱草混交、油松、欧李、柠条、苜蓿;  $2.00 \sim < 5.00 \text{ mm}$  的土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为欧李、油松、侧柏和碱草混交、柠条、苜蓿;  $< 0.25 \text{ mm}$  土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为柠条、苜蓿、欧李、油松、侧柏和碱草混交; WS 处理方式在坡度为  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$  时,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  的粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为侧柏和碱草混交、油松、欧李、柠条、苜蓿;  $2.00 \sim < 5.00 \text{ mm}$  的土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为油松、侧柏和碱草混交、欧李、柠条、苜蓿;  $< 0.25 \text{ mm}$  的土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为欧李、柠条、油松、苜蓿、侧柏和碱草混交。

FW 处理方式在坡度为  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$  时,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  的土壤粒

径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为油松、侧柏和碱草混交、柠条、欧李、苜蓿;  $2.00 \sim < 5.00 \text{ mm}$  的土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为苜蓿、油松、柠条、侧柏和碱草混交、欧李;  $< 0.25 \text{ mm}$  土壤粒径在 5 种土地利用方式下的百分含量由高到低依次为欧李、苜蓿、柠条、侧柏和碱草混交、油松。由此可知, 油松、侧柏和碱草混交作用下的土壤大团聚体含量较高。

SW 处理方式在坡度为  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$  和  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  时, 土壤团聚体粒径分布在 5 种土地利用方式下呈不同的变化,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  及  $< 0.25 \text{ mm}$  的粒径含量随着坡度的增加而增加, 而  $2.00 \sim < 5.00$ 、 $1.00 \sim < 2.00$ 、 $0.50 \sim < 1.00$ 、 $0.25 \sim < 0.50 \text{ mm}$  粒径含量随着坡度的增加而减少; WS 处理方式下, 2 个不同坡度下团聚体变化不同,  $\geq 5.00$ 、 $1.00 \sim < 2.00$  及  $< 0.25 \text{ mm}$  的粒径含量随坡度的增加而增加, 其他粒径含量的团聚体随着坡度的增加而减少; FW 处理方式下, 2 个不同坡度下的土壤团聚体粒径分布不同,  $\geq 5.00$ 、 $2.00 \sim < 5.00$ 、 $1.00 \sim < 2.00$ 、 $0.50 \sim < 1.00 \text{ mm}$  粒径含量均随着坡度的增加而增加,  $0.25 \sim < 0.50$ 、 $< 0.25 \text{ mm}$  的粒径含量随着坡度的增加而减少。在 3 种处理方式 (SW、WS、FW) 下, 土壤团聚体粒径分布也有不同变化,  $\geq 5.00 \text{ mm}$  粒径含量在 SW 处理方式下最大, FW 处理下  $\geq 5.00 \text{ mm}$  粒径含量最小, 由此可知, SW 处理方式对土壤团聚体破坏最小, FW 处理方式对土壤团聚体破坏最大 (图 4)。

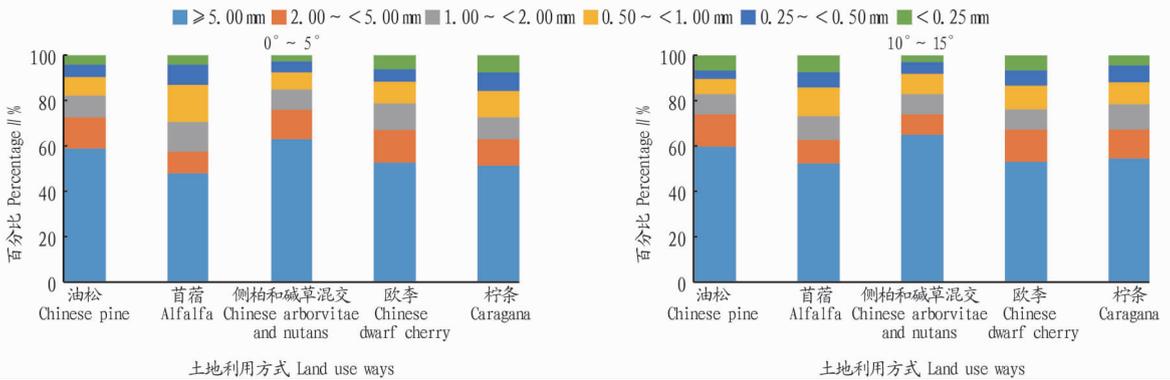


图 1 SW 处理方式下土壤团聚体粒径百分比

Fig. 1 Percentage of the soil particle size under SW treatment

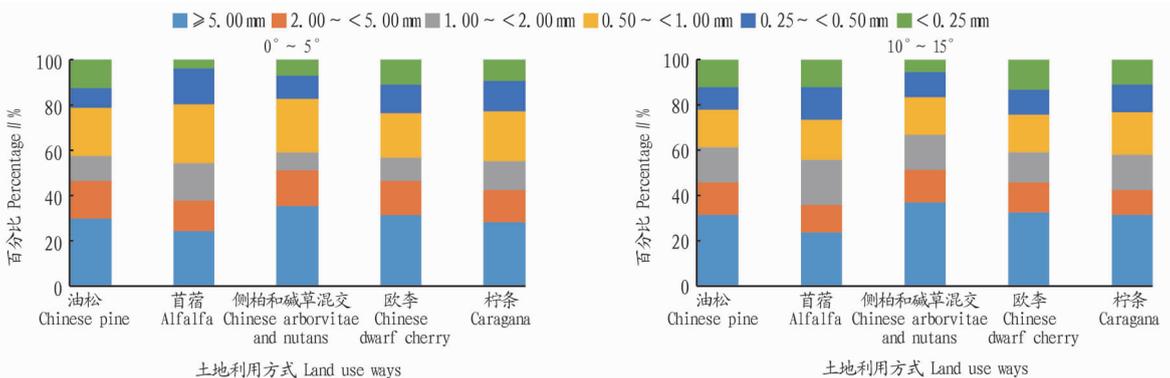


图 2 WS 处理方式下土壤团聚体粒径百分比

Fig. 2 Percentage of the soil particle size under WS treatment

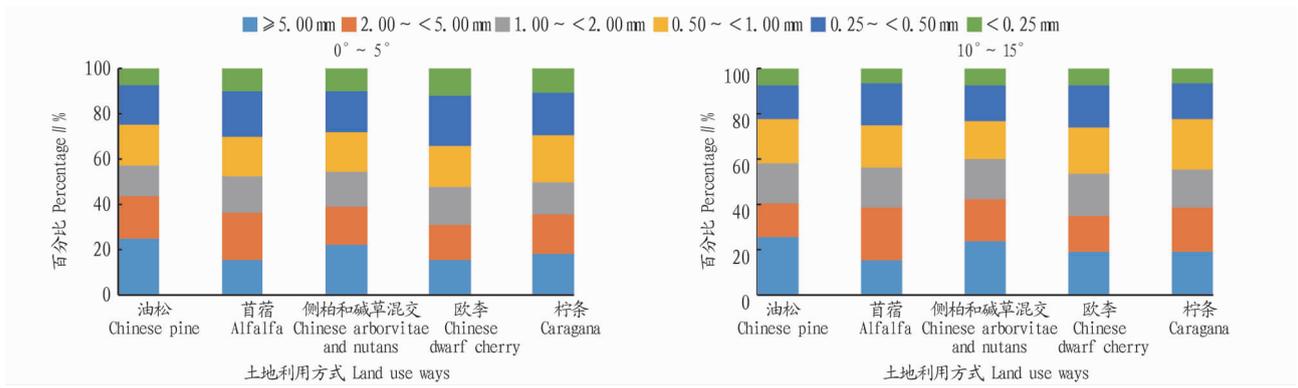


图3 FW处理方式下土壤团聚体粒径百分比

Fig.3 Percentage of the soil particle size under FW treatment

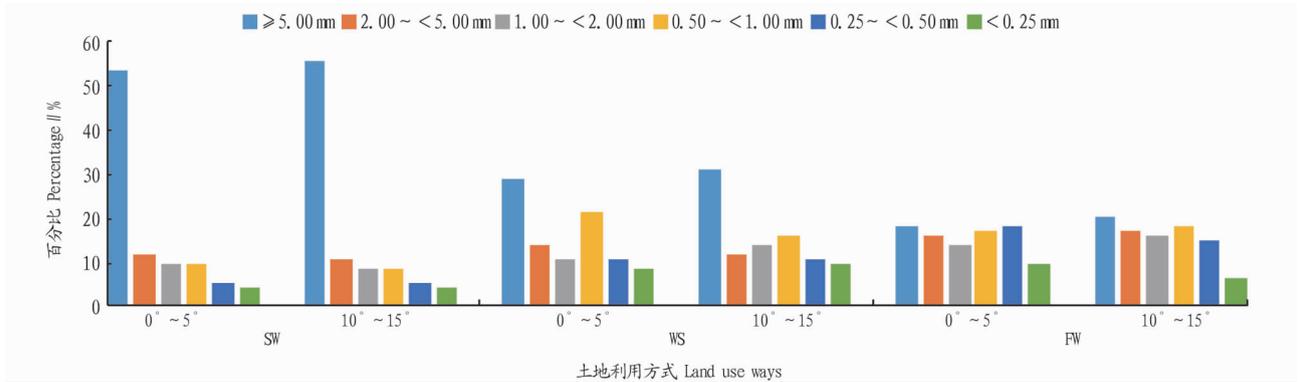


图4 不同处理方式下不同坡度的土壤团聚体粒径百分比

Fig.4 Changes of the soil particle size under different treatments

### 3 结论与讨论

该试验对5种不同土地利用方式下土壤团聚体的稳定性及粒径分布进行研究,得到5种(油松、苜蓿、侧柏和碱草、欧李、柠条)土地利用方式下土壤团聚体在( $\geq 5.00$ 、 $2.00 \sim < 5.00$ 、 $1.00 \sim < 2.00$ 、 $0.50 \sim < 1.00$ 、 $0.25 \sim < 0.50$ 、 $< 0.25$  mm)6种粒径下的分布情况及稳定性。在对团粒结构了解的基础上,进一步分析了相同粒径在不同振荡次数下其百分比变化情况,结果表明, $\geq 1.00$  mm的粒径百分比随振荡次数的增加逐渐减少,而 $< 1.00$  mm的粒径百分比随振荡次数的增加逐渐增加。在3种处理方式(SW、WS、FW)下,土壤团聚体粒径分布也有不同变化, $\geq 5.00$  mm粒径的百分比在SW处理方式下最大,在FW处理下 $\geq 5.00$  mm粒径百分比最小,由此可知,SW处理方式对土壤团聚体破坏最小,FW处理方式对土壤团聚体破坏最大。同种处理方式下坡度大的土壤团聚体结构相对稳定。在今后研究时,应分季节进行取土试验,1次试验数据尚不足以表明整年土壤团聚体的结构,需要

在今后试验中对土壤团聚结构进行更深层次的研究。

### 参考文献

- [1] 卢金伟,李占斌. 土壤团聚体研究进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1): 81-85.
- [2] 刘梦云,常庆瑞,安韶山,等. 土地利用方式对土壤团聚体及微团聚体的影响[J]. 中国农学通报,2002,21(11):247-250.
- [3] 张超,刘国彬,薛莲,等. 黄土丘陵区不同植被类型根际土壤微团聚体及颗粒分形特征[J]. 中国农业科学,2011,44(3):507-515.
- [4] 张超,刘国彬,薛莲,等. 黄土丘陵区不同植被类型根际微生物群落功能多样性研究[J]. 草地学报,2015,23(4):710-717.
- [5] 张寅寅,孙仲秀,顾欣燕,等. 不同深度土壤团聚体含量变化[J]. 黑龙江科技信息,2013(18):130.
- [6] 白秀梅,韩有志,郭汉清. 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征[J]. 生态学报,2014,34(7):1654-1662.
- [7] LE BISSONNAIS Y,ARROUAYS D. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility:II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents[J]. European journal of soil science, 1997,48(1):39-48.
- [8] LE BISSONNAIS Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility:I. Theory and methodology[J]. European journal of soil science,1996,67(1):11-21.

## 科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面,以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料,也不要模棱两可的语言,或随意扩大范围,讨论与文中无多大关联的内容。