

山地丘陵区不同土地利用方式对空心村 整治还田土壤团聚体特征的影响

李娟^{1,2,3}, 韩霁昌^{1,3}, 陈超^{1,3}, 李劲彬^{1,3}

(1. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 西安 710075; 2. 西北农林科技大学 林学院,
陕西 杨凌 712100; 3. 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 西安 710075)

摘要:以探明不同土地利用方式对土壤团聚体的影响为目的,为提高山地丘陵区空心村整治还田土壤稳定性及生产性能提供科学依据。在陕西澄县山地丘陵区空心村整治还田后,设置5种不同的土地利用方式,开展为期1年的种植试验,分别为玉米(C处理)、小麦(W处理)、蔬菜(V处理)、药材(M处理)及对照(未种:CK处理)。测定分析干筛法和湿筛法0—40 cm土层土壤团聚体分布、平均质量直径(WMD)、几何平均直径(GMD)、团聚体破坏率(PAD)、不稳定团粒数(E_{LT})和分形维数(D)。结果表明:(1)各处理在0—40 cm各土层土壤团聚体数量及大小均显著优于CK处理,各处理干筛下0—40 cm土层 >0.25 mm团聚体含量($DR_{0.25}$)和湿筛下该含量($WR_{0.25}$)随着土壤土层深度的增加呈现相反的趋势;(2)干筛法和湿筛法0—40 cm土层各处理土壤平均重量直径(MWD)平均值和几何平均直径(GMD)平均值大小顺序均呈现W处理 $>$ C处理 $>$ M处理 $>$ V处理 $>$ CK处理,C处理有助于增加表层土壤大团聚体含量,W处理则有助于增加下层土壤大团聚体含量;(3)湿筛法分析表明,各处理土壤团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{LT})在0—40 cm土层内均表现出近似“Z”字形趋势,各处理显著低于CK;(4)各处理的分形维数(D)在0—40 cm土层平均值大小顺序为C处理 $<$ W处理 $<$ M处理 $<$ V处理 $<$ CK处理。土壤分形维数(D)与干筛法和湿筛法下0—40 cm土层 >0.25 mm团聚体含量之间存在良好的线性关系,分别为 $R^2=0.74$ 和 $R^2=0.67$ 。空心村整治还田后种植玉米和小麦有利于提高0—40 cm土层大团聚体含量,增加土层稳定性,改善土壤结构。

关键词:空心村; 土壤团聚体; 平均质量直径; 几何平均直径; 分形维数

中图分类号:S157.4;S512.11

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0174-08

Effects of Different Land Use Patterns on Characteristics of Soil Aggregates Under Vacancy Village Renovation in Hilly Areas

LI Juan^{1,2,3}, HAN Jichang^{1,3}, CHEN Chao^{1,3}, LI Jinbin^{1,3}

(1. Shaanxi Province Land Engineering Construction Group, Xi'an 710075, China; 2. College of Forestry,
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Key Laboratory of Degraded and
Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Land and Resources of China, Xi'an 710075, China)

Abstract: To reveal the influence of the different ways of land use on soil aggregate, return the vacancy village renovation to improve the hilly area of soil stability and provide a scientific basis for production performance. After vacancy village renovation in hilly area of Chengcheng County in Shaanxi Province, five different ways of land use were set up, a period of one year of planting experiment, of corn (C), wheat (W), vegetables (V), medicinal herbs (M) and control (CK treatment) was conducted. Wet sieve method and dry sieve of 0—40 cm soil layer soil aggregate distribution, average quality diameter (WMD) and geometric mean diameter (GMD), aggregate damage rate (PAD), the number of unstable crumb (E_{LT}) and fractal dimension (D) were analyzed. The results showed that: (1) soil aggregate quantity and size in each processing in 0—40 cm soil layer were significantly better than those of CK treatment, dry sieve >0.25 mm ($DR_{0.25}$) and wet-sieved aggregate content ($WR_{0.25}$) with the increase of soil depth in 0—40 cm soil layer under various processing presented opposite trends; (2) soil mean weight diameters (MWD) and geometric mean diameters (GMD) measured by dry sieve and wet sieve method sin 0—40 cm soil layer of each treatment decreased in

the order: $W>C>M>V>CK$, C treatment was conducive to increasing the aggregate content of surface soil, W treatment helps to increase the lower soil aggregate content; (3) wet sieve analysis showed that the soil aggregate unstable failure rate (PAD) and aggregate index (E_{LT}) in 0—40 cm soil layer under each treatment showed ‘Z’ shape, each treatment was significantly lower than CK ; (4) average fractal dimension (D) in 0—40 cm soil layer of each treatment increased in the order: $C<W<M<V<CK$. there is a good linear relationship between soil fractal dimension (D) and >0.25 mm aggregate contents determined by dry sieve method and wet sieve method in 0—40 cm soil layer, $R^2 = 0.74$ and $R^2 = 0.67$, respectively. Growing corn and wheat could improve soil aggregate content, increase soil stability, and improve soil structure in 0—40 cm soil layer after the vacancy village renovation.

Keywords: vacancy village; soil aggregate; mean weight diameters(MWD); geometric mean diameter(GMD); fractal dimension

我国是一个人口大国,农业是我国国民经济的基础,土地是基础的基础,所以人地矛盾尤为突出^[1-2]。随着农村人口非农转移与就业增多,农村住房需求不断增长,在农村建设规划缺失、严格土地管理缺位的情况下,形成了新房建设村外扩张、村内闲置的农村空心化现象,其是农村经济社会转型发展期出现的一种乡村地域系统退化性演变的结果,造成了农村土地资源的浪费和低效利用,严重阻碍了农村经济社会的可持续发展,造成土地资源的严重破坏和浪费^[3-4]。针对这一状况,结合我国耕地数量紧张且质量较差的现象,推进空心村整治还田,对缓解我国人地矛盾,增加耕地具有重大战略性意义^[5]。

土壤团聚体是构成土壤结构的最基础的单元,决定土壤结构的优劣,直接影响土壤质量和生产性能^[6-9]。土壤团聚体一般包括机械稳定性和水稳定性,是诸多生物、化学及物理过程综合的结果。不同的粒径分布对养分的保持及供应效果不同,其数量分布和空间排列方式决定了土壤孔隙的分布和连续性,进而决定了土壤的保水保肥特征^[10]。一般可通过耕作措施、施入有机肥及秸秆还田等措施改善土壤结构。该指标现在也是土壤退化的重要评价指标之一^[11-14]。目前就空心村整治主要

集中于其空间形态如空心村利用方式的多样化研究;整治模式如集中对工程技术的开发与提高,实现科学和经济双可行;其他如开发潜力及调控机制研究的也较多,这也是肯定了空心村整治的意义及未来可发挥的重要作用,但是对于如何提升空心村整治后土体稳定性、土壤质量和作物生产性能的影响研究较少^[15-17],在增加耕地面积的同时,应注重对土壤质量的提高,这是实现土地有效整治的双赢。本研究以陕西澄县山地丘陵区空心村整治还田为例,通过研究不同土地利用方式下土壤稳定性的差异,为今后提高山地丘陵区空心村还田土壤提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验设置于陕西澄城县寺前镇蔡袋村(35°19'N, 110°05'E),位于渭北旱塬东北部,年平均气温、平均降水量和平均蒸发量分别为 12.0℃,680 mm 和1 832.8 mm,当地降雨季节分配不均,主要集中在 7 月、8 月和 9 月,属大陆性季风气候 12℃,四季分明,春季温暖干燥,昼夜温差较大,地势北高南低,4 条河川把澄城县划为“三梁一塬”,属于典型的山地丘陵区。

表 1 试验前土壤理化性质

土层 深度/cm	容重/ (g·cm ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	质地
0—20	1.25ab	3.74a	1.32a	3.45a	58.3a	粉壤
20—40	1.34b	2.81b	0.93ab	2.02b	42.2a	粉壤
40—60	1.60a	1.34c	0.58c	1.82b	37.1b	粉壤

1.2 土地复垦方式

空心村土地整治项目是指将废弃和空置的宅基地利用土地整治的工程手段进行整理。一般由土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程、农田防护林工程等组成。其中土地平整工程是该项目的重点,主要是将空心村土质老墙、房屋进行推填回土,并对石砾进行清除,后将空心村院落表层土质统一进行翻

耕,翻耕深度约为 35 cm,对土壤再进行培肥处理如增施有机肥和秸秆还田等处理,达到种植玉米、小麦等旱作经济农作物的要求。

1.3 试验方案

2014 年 3 月,在陕西澄城县寺前镇蔡袋村进行空心村整治,4 月中旬整治结束,采集 0—40 cm 土层土样,取样间隔 10 cm,各土层采集原状土样 2 kg 左

右,设置三次重复。整治区域为从东向西划分为4个种植小区,分别进行玉米(C)、小麦(W)、蔬菜(V)和药材(黄芩:M)种植试验研究,各小区面积为667 m²。种植前期一次施入同等量化肥,施入量分别为:P₂O₅为120 kg/hm²,N为75 kg/hm²,K₂O为90 kg/hm²;试验研究期内不再进行施肥。2015年4月20日(复垦一年后),依据对角线法,各小区设置5个取样点,采集土样进行土壤团聚体特征研究。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤团聚体数量及大小测定

(1) 采样方法。采集原状土样自然风干后除去粗根及小石块,并将大土块按自然裂痕剥离为1 cm³左右。然后对风干土样分土,将每个土样分别过孔径为5 mm和2 mm的筛子,分为>5 mm,5~2 mm、<2 mm的3个级别,然后按3个级别土样在原状土中所占比例称取混合土样200 g(W_T)。

(2) 测定方法。土壤团聚体粒级分布和稳定性用干筛法和湿筛法测定^[18]。

干筛法:取土样200 g,放入孔径依次分别为5,2,1,0.5及0.25 mm的套筛最上面,底层安放底盒,顶部盖筛盖,用振荡式筛分机械在最大运动频率200次/min上振荡2 min后,从上部依次取筛,得到>5 mm,5~2 mm,2~1 mm,1~0.5 mm,0.5~0.25 mm以及<0.25 mm的力稳性团聚体(mechanical stable aggregate,MSA),分别收集称出质量W_{di}。

湿筛法:取土样200 g,将其放置在孔径依次为5,2,1,0.5及0.25 mm的套筛最上层,调整桶内水面的高度,使筛子移动到最高位置时最上一层筛子中的团聚体刚好淹没在水面以下,待测土样在水面下浸泡10 min后以30次/min的速度手工上下震荡5 min,然后将每一层筛上的水稳性团聚体分别洗入铝盒并烘干后称出质量W_{wi}。

1.4.2 数据计算 利用各粒级团聚体数据,计算>0.25 mm团聚体R_{0.25},平均重量直径(MWD)、平均几何直径(GWD)、土壤团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{LT})等参数指标。

$$W_i = \frac{W_{di} \text{ 或 } W_{wi}}{200} \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{0.25} = \sum_{i=1}^n (W_i) \quad (2)$$

$$MWD = \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i \times W_i) \quad (3)$$

$$GWD = \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i \times W_i) \quad (4)$$

式中:R_{0.25}为直径>0.25 mm团聚体的含量;MWD为团粒平均重量直径(mm);GMD为团粒几何平均

直径(mm); \bar{X}_i 为任一级别范围内团聚体的平均直径(mm);W_i为i粒级团聚体质量所占的比例,干筛(W_{di})和湿筛法(W_{wi})均可计算。

$$WSAR = WSA/MSA \times 100\% \quad (5)$$

$$PAD = (DR_{0.25} - WR_{0.25})/DR_{0.25} \times 100\% \quad (6)$$

$$E_{LT} = (W_T - WSA \& MSA)/W_T \times 100\% \quad (7)$$

式中:WSAR为水稳性团聚体稳定率;WSA为>0.25 mm水稳性团聚体的质量(g);MSA为>0.25 mm力稳性团聚体的质量(g);PAD为团聚体破坏率(%);DR_{0.25}为>0.25 mm机械稳定性团聚体含量(%);WR_{0.25}为>0.25 mm水稳性团聚体含量(%);E_{LT}为不稳定团粒指数(%);W_T为供试土壤总重量(g)。

分形维数(D)的计算采用杨培岭等^[19]推导的公式:

$$\frac{M(r < \bar{X}_i)}{M_i} = \left(\frac{\bar{X}_i}{X_{\max}} \right)^{3-D} \quad (8)$$

式中: \bar{X}_i 为某粒级团聚体平均直径(mm);M(r<X_i)为粒径小于 \bar{X}_i 的团聚体的重量(g);M_i为团聚体总重量(g);X_{max}为团聚体的最大粒径(mm)。

1.5 数据分析

采用Microsoft Excel 2010对数据、图表进行处理,采用SPSS(PASW Statistics 18)统计分析软件对数据进行统计分析,并使用Duncan新复极差法(SSR)进行多重比较。

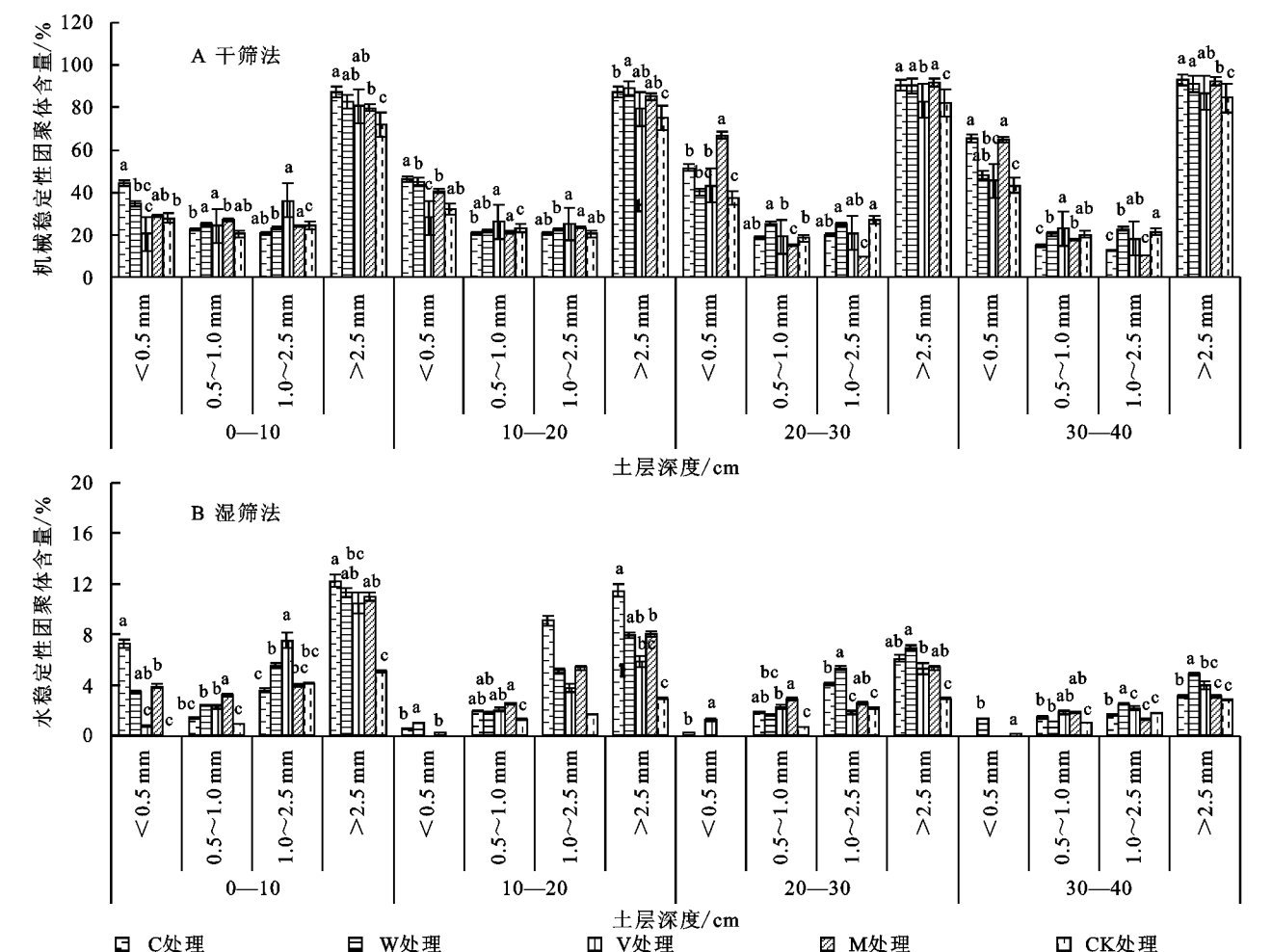
2 结果与分析

2.1 利用方式对土壤团聚体数量的影响

干筛法得到抗机械力分散的力稳性团聚体,这些力稳性团聚体包括非水稳性团聚体和水稳性团聚体;湿筛法得到抗水力分散的水稳性团聚体^[20-21]。通过干筛和湿筛法测定了不同粒级团聚体比例,综合计算了>5 mm,5~1 mm和1~0.25 mm粒级和总共>0.25 mm的团聚体比例(图1)。2015年4月,各处理干筛法下得到的>0.25 mm团聚体含量(DR_{0.25})为72.2%~93.1%。整体分析看,在0—40 cm土层内,各处理DR_{0.25}含量显著高于CK,增加幅度为0.7%~20.2%;各处理平均DR_{0.25}大小顺序为C处理>M处理>W处理>V处理,各处理间无显著差异。各处理DR_{0.25}含量均随土层的加深呈增加趋势。湿筛法处理得到的各处理>0.25 mm团聚体含量(WR_{0.25})远低于干筛法得到的值,为3.1%~12.3%,说明该土地整治开发后,土壤团聚体主要以机械稳定性团聚体为主。分析表明,经过不同种植作物的试种处理,各处理WR_{0.25}含量均呈现随着土层增加而减少的趋势,且其他处理与CK间差异显著(p<0.05),降幅程度为43.6%~74.8%,各处

理平均 $WR_{0.25}$ 大小顺序为 W 处理>C 处理>M 处理>V 处理>CK 处理。在 0—20 cm 土层内,C 处理下 $WR_{0.25}$ 含量较其他处理差异显著($p<0.05$),在

20—40 cm 土层内,W 处理下 $WR_{0.25}$ 含量较其他处理差异显著($p<0.05$),这说明作物玉米对表层土壤团聚体作用明显,而小麦则是对较深层影响显著。



注:(D/W) $R_{0.25}$ 指土壤中干筛/湿筛 >0.25 mm 的团聚体数量;小写字母分别表示处理间差异显著($p<0.05$),下同。

图 1 不同土地利用方式下 0—40 cm 土层干湿筛法获得的不同粒级土壤团聚体数量

2.2 利用方式对土壤团聚体大小的影响

从团聚体平均重量直径来看,各处理干筛下团聚体平均重量直径(DWMD)和几何平均直径(DGMD)远远高于湿筛下水稳性团聚体平均重量直径(WMWD)和几何平均直径(WGMD)(表 2),主要是由于试验地土壤的团聚体大部分为非水稳性团聚体。干筛法和湿筛法处理下各处理土壤 MWD 平均值和 GMD 平均值大小顺序均呈现 W 处理>C 处理>M 处理>V 处理>CK 处理,且其他处理与 CK 处理之间差异均显著($p<0.05$)。

通过一年的种植试验,干筛法下 0—40 cm 土层 C 处理、W 处理、V 处理和 M 处理土壤 MWD 值较 CK 显著增加了 38.0%,34.9%,2.8%和 19.0%;土壤 GMD 值提高了 77.5%,76.2%,7.4%和 39.4%。在 0—10,10—20,20—30,30—40 cm 4 个土层内,各处理均与 CK 处理差异显著($p<0.05$),并且各处理土壤 MWD 和 GMD 值均随着土层的加深而增大。

湿筛下 0—40 cm 各土层各处理土壤 MWD 和 GMD 值呈现与干筛法相反的趋势,即均随土层的加深呈下降趋势。在 0—10 cm 土层以 C 处理土壤 MWD 和 GMD 值最大。在 20—40 cm 土层以 W 处理土壤 MWD 和 GMD 值最大,C 处理次之。在 0—40 cm 土层内,C 处理、W 处理、V 处理和 M 处理土壤 MWD 平均值较 CK 增加显著。增加幅度为 56.2%~106.2%;土壤 GMD 增加幅度为 5.1%~16.8%。

2.3 利用方式对土壤团聚体稳定性的影响

种植不同作物一年后,各处理下土壤水稳性团聚体稳定率(WSAR)、团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒数(E_{LT})在 0—40 cm 土层内呈现的趋势如图 2 所示。各处理下土壤水稳性团聚体稳定率(WSAR)呈现随着土层深度的增加而减小,土壤团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒数(E_{LT})则随着土层深度的增加而增加。在 0—40 cm 土层,C 处理、W 处理、V 处理和 M 处理土壤 WSAR 平均值较 CK 差异显著($p<0.05$),分别增加

了 111.1%,101.4%,65.4%和 80.5%;在 0—20 cm 土层内,C 处理土壤 WSAR 值最大,且与其他处理差异显著,稳定性提高幅度为 87.6%~151.8%;在 20—40 cm 土层内,各处理土壤 WASR 值大小顺序为 W 处理>C 处理>M 处理>V 处理>CK 处理。在 0—40 cm 土层,C 处理、W 处理、V 处理和 M 处理土壤 PAD 和 E_{LT} 平均值较 CK 差异显著($p<0.05$),

各种处理下土壤 PAD 平均值和 E_{LT} 平均值分别为 90.6%,91.1%,92.2%,91.9%,95.6%和 91.8%,92.3%,93.7%,93.1%,96.6%。通过分析三项土壤稳定性指标与 $WR_{0.25}$ 的关系可看出, $WR_{0.25}$ 同三者呈显著相关($p<0.05$),即表明 $WR_{0.25}$ 越高,土壤团聚体稳定性越强,土壤结构越稳定,种植作物对土壤结构的改善作用最佳。

表 2 不同土地利用方式下土壤团聚体平均重量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)

方法	指标	处理	土层/cm				平均值
			0—10	10—20	20—30	30—40	
干筛法	MWD/mm	C	4.15a	4.13a	4.54b	5.38a	4.55a
		W	3.03c	3.78b	5.41a	5.53a	4.44a
		V	2.39e	2.96d	3.90c	4.17b	3.35c
		M	3.43b	3.82ab	4.27b	4.09b	3.90b
		CK	2.78d	3.14c	3.45d	3.78c	3.29c
	GWD/mm	C	2.20a	2.08a	2.51b	3.45a	2.56a
		W	1.31b	1.76b	3.54a	3.60a	2.55a
		V	1.02b	1.26c	1.78c	2.14b	1.55b
		M	1.54b	2.05a	2.32b	2.13b	2.01a
		CK	1.03b	1.25c	1.47d	2.02b	1.44c
湿筛法	MWD/mm	C	0.71a	0.24b	0.20b	0.17b	0.33a
		W	0.46a	0.34a	0.26a	0.193a	0.31a
		V	0.33b	0.27ab	0.196ab	0.191b	0.25a
		M	0.51a	0.22ab	0.21cd	0.18b	0.28a
		CK	0.165c	0.163c	0.16b	0.15d	0.16b
	GWD/mm	C	0.18a	0.173a	0.14a	0.143a	0.16a
		W	0.18a	0.15a	0.14ab	0.145a	0.15a
		V	0.159a	0.155a	0.14ab	0.12a	0.144b
		M	0.17a	0.15a	0.14ab	0.13a	0.15a
		CK	0.14a	0.137a	0.138b	0.132a	0.137c

注:同列不同小写字母分别表示处理间差异显著($p<0.05$)。

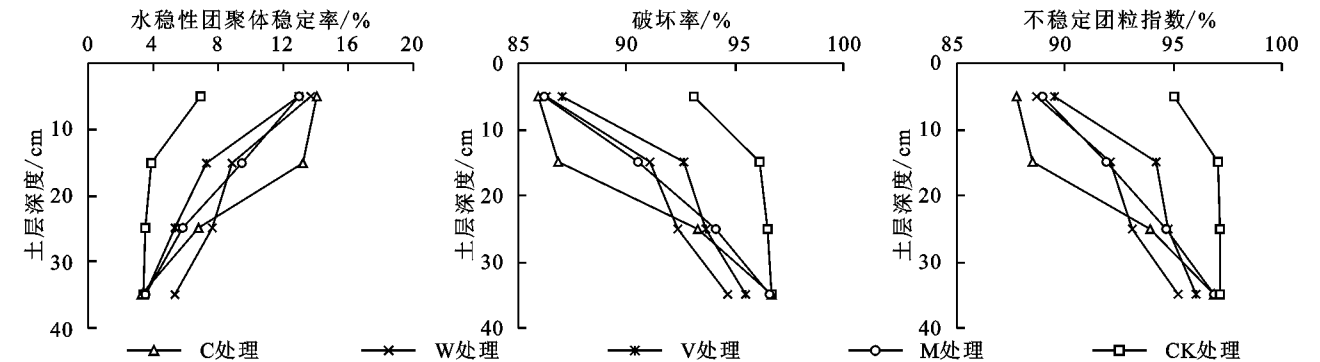


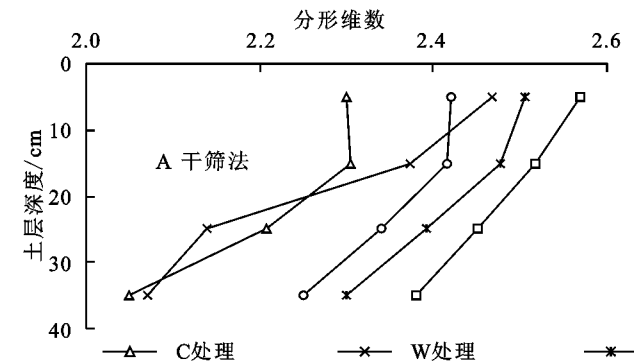
图 2 不同土地利用方式下团聚体稳定性、破坏率及不稳定团粒指数

2.4 利用方式对土壤团聚体分形特征的影响

土壤分形维数是反映土壤结构几何形状的参数^[22-24],利用公式(8)对团聚体干筛和湿筛数据进行了拟合计算,求得分形维数(D)值,图 3 是 5 种不同处理土壤团聚体的分形维数在 0—40 cm 土层内剖面上的分布图。在 0—40 cm 土层内,干筛法各种处理的土壤团聚体分形维数随着土层深度的增加而减小,且表现趋势一致,土壤团聚体分形维数为 2.05~2.56,各处理的 D 平

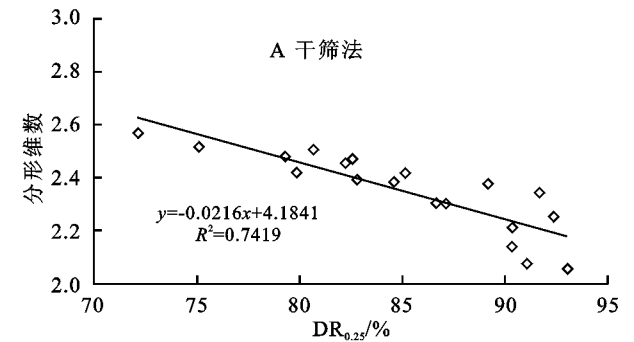
均值大小顺序为 C 处理<W 处理<M 处理<V 处理<CK 处理,且各处理与 CK 处理间差异显著($p<0.05$),稳定性提高幅度为 2.5%~10.7%。图 3B 显示了水稳性团聚体的分形维数,综合分析表明,经过一年不同作物的种植,在 0—40 cm 土层内,湿筛法各种处理的土壤团聚体分形维数与干筛法所得到的结果呈相反趋势,即各处理均表现为随着土层深度的增加而增加,呈现“Z”字形趋势。在 0—40 cm 土层内,C 处理分形维数值最小

(2.96),且与其他处理差异显著($p<0.05$),其次为 W 处



2.5 分形维数与 $DR_{0.25}$, $WR_{0.25}$ 的关系

综合分析 C 处理、W 处理、M 处理、V 处理和 CK 处理在 0—10 cm,10—20 cm,20—30 cm 和 30—40 cm 土层 $DR_{0.25}$ 和 $WR_{0.25}$ 同分形维数之间的关系发现,二者与各自的分形维数间均呈显著负相关($p<0.05$),即表明土壤分形维数均随着 $DR_{0.25}$ 和 $WR_{0.25}$ 的增大而逐渐减小, $DR_{0.25}$ 和 $WR_{0.25}$ 的增大可有利于降低土壤的黏重程

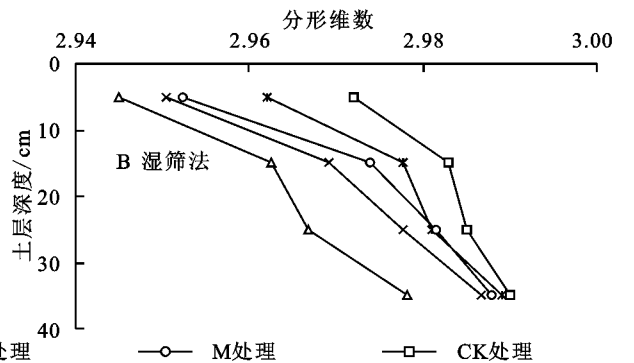


3 讨论

3.1 土地利用方式对土壤团聚体数量的影响

土壤团聚体是土壤结构组成的基本单元和物质基础,影响着土壤养分、水分和空气的传输,该指标的优劣直接影响土壤质量和作物生产性能^[25-26]。土壤团聚体的分布比例、大小状况与土壤质量的关系非常密切,一般可通过秸秆还田处理、耕作处理和施肥水平的不同来改善土壤团粒结构。秸秆还田措施可通过降低土壤紧实度,提高有机质含量,从而达到改善土壤结构的目的^[27]。近年来的研究表明,同母质发育的土壤因利用方式不同,其团聚体的组成和数量都有可能发生很大变化,土地利用方式对团聚体的形成具有较大的影响^[28]。本研究结果表明:空心村进行土地整治后,不同的土地种植方式对土壤结构及团聚体特性产生了明显的影响。通过干筛法和湿筛法对团聚体数量及粒径分布的特征研究可看出,各处理在 0—40 cm 各土层土壤团聚体数量及大小均显著优于

理(2.97),CK 处理最高(2.98)。



度,达到改善土壤结构。干筛法土壤分形维数 $D(y)$ 与土壤 $DR_{0.25}(x)$ 之间存在良好的线性关系,且 $R^2=0.74$;湿筛法土壤分形维数 $D(y)$ 与土壤 $WR_{0.25}(x)$ 之间也存在较好的线性关系,且 $R^2=0.67$ 。 >0.25 mm 土壤稳定团聚体的含量越高,土壤结构越稳定,土壤抗蚀性越好;与此对应分形维数大,表示土壤团聚体需要的分维值就越高,土壤结构越复杂,土壤发育阶段越高。

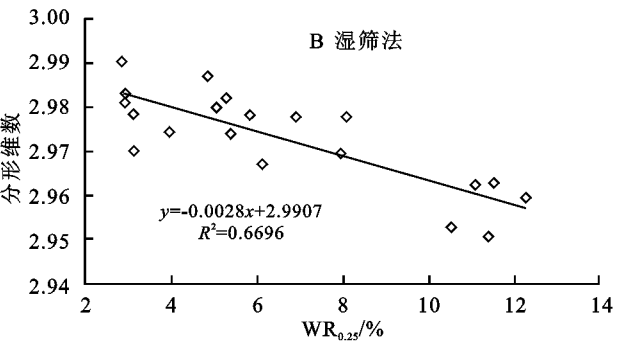


图 4 土壤团聚体分形维数与 >0.25 mm 土壤团聚体含量的相关性

CK 处理,各处理平均 $DR_{0.25}$ 大小顺序为 C 处理 $>$ M 处理 $>$ W 处理 $>$ V 处理; $WR_{0.25}$ 大小顺序为 W 处理 $>$ C 处理 $>$ M 处理 $>$ V 处理 $>$ CK 处理,这可能是由于玉米和小麦的根系作用比较强,增加了土壤孔隙度,有助于团聚体的形成。各处理 $DR_{0.25}$ 和 $WR_{0.25}$ 随着土壤土层深度的增加呈现相反的趋势,这与张鹏等研究结果一致,主要是因为深层土壤受人为及外界干扰较小,从而有效降低土壤有机碳矿化速率,有助于土壤胶结剂的生成,所以在土壤深层土壤团聚体含量维持在相对稳定的状态下,即试验土壤主要是以机械稳定性团聚体为主^[29]。

3.2 土地利用方式对土壤团聚体大小及分布的影响

土壤团聚体平均重量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)可以较好地反映各耕作处理下团聚体粒级分布特征^[30]。MWD 和 GMD 常常作为土壤团聚体状况的指标,其值越大表示土壤的团聚度越高,团聚体稳定性就越强^[31-32]。本研究表明,干筛法和湿筛法处理下各处理土壤 MWD 平均值和 GMD 平均值

大小顺序均呈现 W 处理>C 处理>M 处理>V 处理>CK 处理,且其他处理与 CK 处理之间差异均显著($p<0.05$)。干筛法各处理 0—40 cm 土层土壤 MWD 和 GMD 值均随着土层的加深而增大,而湿筛法下土壤 MWD 和 GMD 值随土层的加深呈现下降趋势,且供试土壤主要是由机械稳定性团聚体为主。C 处理有助于增加表层土壤大团聚体含量,W 处理则有助于增加下层土壤大团聚体含量,这主要是由于作物不同根系特征造成的,玉米根系覆盖较大,深度不及小麦,小麦覆盖度较小,但深度最深可达 2 m,对下层土壤影响显著,蔬菜及药材的根系广度及深度不及玉米和小麦,土壤结构改善不明显。

3.3 土地利用方式对土壤团聚体稳定性的影响

土壤水稳性团聚体稳定率(WSAR)、团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{LT})可以较好的反映土壤结构的稳定性^[33]。WSAR 值越高,说明土壤结构越稳定;PAD 和 E_{LT} 值越高,说明土壤结构越不稳定,也表明退化程度增加。本研究表明,在 0—40 cm 土层,C 处理、W 处理、V 处理和 M 处理土壤 WSAR 平均值较 CK 差异显著($p<0.05$),增加幅度为 65.4%~111.1%;各处理土壤 PAD 和 E_{LT} 值显著低于 CK,玉米和小麦对提高土壤团聚体稳定性效果较蔬菜和药材显著,有利于土壤结构改善,防止土壤退化。分形维数作为一个评价土壤结构分布的新型综合指标,该指标不仅能够表达土壤颗粒大小及分布,且反映土壤质地的均匀程度;其值越高,质地越细,土壤通透能力越弱;其值越小,土壤结构越好,通透能力越好^[34]。本研究表明,在 0—40 cm 土层内,干筛法各种处理的土壤团聚体分形维数随着土层深度的增加而减小,且表现趋势一致,土壤团聚体分形维数为 2.05~2.56。干筛法各处理下土壤 D 值随土层深度增加而减小,湿筛法则呈现相反趋势,且呈现“Z”字形趋势,这与李涵等研究结果相似。土壤分形维数 $D(y)$ 与土壤 $R_{0.25}(x)$ 之间存在良好的线性关系,干筛法和湿筛法处理下相关系数分别为 $R^2=0.74$ 和 $R^2=0.67$ 。

4 结论

(1) 通过对>0.25 mm 团聚体含量、MWD 和 GMD 等土壤团聚体稳定性参数的分析结果表明,作物种植有助于丘陵区空心村整治还田后土壤稳定性提高,增加了土壤中大团聚体含量,有效地改善了土壤结构。

(2) 综合各因素分析表明,丘陵区空心村整治还田后种植玉米、小麦对土壤稳定性改善效果较蔬菜、药材显著。

综上所述,玉米和小麦对土壤结构改善效果较

佳。玉米对土壤表层稳定性改善作用显著,小麦则是对提高深层土壤稳定性明显,在以后试验中,增加麦—玉米轮作和相关耕作处理,分析筛选最佳改善土壤耕作层整体稳定性的种植模式和耕作措施。

参考文献:

- [1] 薛力. 城市化背景下的“空心村”现象及其对策探讨:以江苏省为例[J]. 城市规划, 2001, 25(6): 8-13.
- [2] 王成新, 姚士谋, 陈彩虹. 中国农村聚落空心化问题实证研究[J]. 地理科学, 2005, 25(3): 257-262.
- [3] 钟在明. 农村宅基地闲置原因与治理探析[J]. 农业经济, 2008(6): 57-58.
- [4] 郭文华, 郝晋珉, 覃丽, 等. 中国城镇化过程中的建设用地评价指数探讨[J]. 资源科学, 2005, 27(3): 66-72.
- [5] 程连生, 冯文勇, 蒋立宏. 太原盆地东南部农村聚落空心化机理分析[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 437-446.
- [6] Mikha M M, Rice C W. Tillage and manure effects soil and aggregate-associated carbon and nitrogen [J]. Soil Science Society of America Journal, 2004, 68(3): 809-816.
- [7] 周虎, 吕贻忠, 杨志臣, 等. 保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1973-1979.
- [8] 王丽, 李军, 李娟, 等. 轮耕与施肥对渭北旱作玉米田土壤团聚体和有机碳含量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 759-768.
- [9] Dexter A R. Advances in characterization of soil structure [J]. Soil and Tillage Research, 1988, 11(3/4): 199-238.
- [10] 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.
- [11] 李新举, 胡振琪, 李晶, 等. 煤塌陷地复垦土壤质量研究进展[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 276-280.
- [12] 毛艳玲, 杨玉盛, 邢世和, 等. 土地利用方式对土壤水稳性团聚体有机碳的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(4): 132-137.
- [13] 李德成, 张桃林. 中国土壤颗粒组成的分形特征研究[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 263-265.
- [14] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. [J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(3): 1042-1049.
- [15] 张丹凤, 白中科, 叶宝莹. 矿区复垦土地的评价方法[J]. 资源开发与市场, 2007, 23(8): 685-687.
- [16] 薛力, 吴明伟. 江苏省乡村人聚环境建设的空间分异及其对策探讨[J]. 城市规划学刊, 2001(1): 41-45.
- [17] 刘彦随. 中国东部沿海地区乡村转型发展与新农村建设[J]. 地理学报, 2007, 62(6): 563-570.
- [18] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983: 62-126.
- [19] 杨培岭, 罗远培, 石元春. 用粒径的重量分布表征的土

- 壤分形特征[J]. 科学通报, 1993, 38(20): 1896-1899.
- [20] Martinez E, Fuentes J P, Silva P, et al. Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile[J]. Soil and Tillage Research, 2008, 99(2): 232-244.
- [21] 赵如浪, 冯佰利, 蒋树怀, 等. 黄土高原旱地保护性耕作农田土壤团聚体特性变化研究[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(4): 74-79.
- [22] 侯贤清, 李荣, 韩清芳, 等. 轮耕对宁南旱区土壤理化性状和旱地小麦产量的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 592-600.
- [23] 余海英, 彭文英, 马秀, 等. 免耕对北方旱作玉米土壤水分及物理性质的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 99-104.
- [24] 王丽, 李军, 李娟, 等. 轮耕与施肥对渭北旱作玉米田土壤团聚体和有机碳含量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 759-768.
- [25] 李华, 逢焕成, 任天志, 等. 深旋松耕作法对东北棕壤物理性状及春玉米生长的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(3): 647-656.
- [26] 雷金银, 吴发启, 王健, 等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 40-45.
- [27] 侯贤清, 李荣. 免耕覆盖对宁南山区土壤物理性状及马铃薯产量的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(19): 112-119.
- [28] 祁迎春, 王益权, 刘军, 等. 不同土地利用方式土壤团聚体组成及几种团聚体稳定性指标的比较[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 340-347.
- [29] 张鹏, 贾志宽, 王维, 等. 秸秆还田对宁南半干旱地区土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(8): 1513-1520.
- [30] Gao M, Luo Y J, Wang Z F, et al. Effect of tillage system on distribution of aggregates and organic carbon in a Hydragric Anthrosol[J]. Pedosphere, 2008, 18(5): 574-581.
- [31] Zhang Xirui, Li Hongwen, He Jin, et al. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China[J]. Australian Journal of Soil Research, 2009, 47(4): 362-371.
- [32] Huang Shan, Sun Yanni, Rui Wenyi, et al. Long-Term effect of no-tillage on soil organic carbon fractions in a continuous maize cropping system of north-east China[J]. Pedosphere, 2010, 20(3): 285-292.
- [33] 李涵, 张鹏, 贾志宽, 等. 渭北旱源区秸秆覆盖还田对土壤团聚体特征的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 27-33.
- [34] 程科, 李军, 毛红玲. 不同轮耕模式对黄土高原旱作麦田土壤物理性状的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(18): 3800-3808.

(上接第 173 页)

参考文献:

- [1] 刘宝元, 谢云, 张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] 王经武, 王娟. 水土保持是生态环境建设的主体[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 11-12.
- [3] 李智广, 曾大林. 浅谈基于 GIS 的区域土壤侵蚀遥感快速调查技术[J]. 中国水土保持, 1999(10): 38-39.
- [4] 陈万辉, 刘良云, 张超, 等. 基于遥感的土壤侵蚀快速监测方法[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 8-10.
- [5] 谭炳香, 李增元, 王彦辉, 等. 基于遥感数据的流域土壤侵蚀强度快速估测方法[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(2): 215-220.
- [6] 张有全, 官辉力, 赵文吉, 等. 基于遥感与 GIS 的土壤侵蚀强度快速估测方法[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 102-107.
- [7] 徐静, 史明昌, 王晓云, 等. 辽宁省细河流域土壤侵蚀监测方法对比研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(2): 103-107.
- [8] 宋文龙, 张荣华, 高云飞, 等. 基于野外调查、遥感信息和 CSLE 模型的土壤侵蚀强度分级[J]. 南水北调与水利科技, 2014(5): 170-174.
- [9] 周宁. 黑龙江省拉林河流域土壤侵蚀强度评价模型构建[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- [10] Wang L, Huang J, Du Y, et al. Dynamic Assessment of Soil Erosion Risk Using Landsat TM and HJ Satellite Data in Danjiangkou Reservoir Area, China[J]. Remote Sensing, 2013, 5(8): 3826-3848.
- [11] Liu J, Liu M, Zhuang D, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995—2000[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2003, 46(4): 373-384.
- [12] 罗娅, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 黄河河口镇—潼关区间 1998—2010 年土地利用变化特征[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 42-53.