渭北旱塬区秸秆覆盖还田对土壤团聚体特征的影响

李 涵[1,2],张 鹏[1,2],贾志宽[1,2],孙红霞[1,2],韩丽娜[1,2],杨保平[1,2],聂俊峰[1,2]
(1.西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院,陕西 杨凌 712100;2.农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室,陕西 杨凌 712100)

摘 要:为了研究不同秸秆覆盖还田量对半湿润易旱区土壤团聚体分布状况和稳定性特征的影响,在渭北旱塬设置三种覆盖还田量(SM1:13 500 kg/hm^2、SM2:9 000 kg/hm^2、SM3:4 500 kg/hm^2),以不覆盖为对照进行定位试验,研究了秸秆覆盖还田对土壤容重、土壤有机碳、土壤团聚体数量、大小及分形维数的影响。结果表明,秸秆覆盖还田后,土壤容重随秸秆覆盖还田量的增加而减小,0~20 cm土层土壤容重较对照降低了2.00%~5.28%($P>0.05$);土壤总有机碳含量随着土层深度的增加而递减,在0~20 cm土层,土壤总有机碳含量较对照显著提高10.82%~23.93%。10~30 cm土层,SM2处理下>0.25 mm机械稳定性团聚体含量、平均重量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)均高于SM1、SM3,各处理间差异不显著;在0~40 cm土层,各处理>0.25 mm土壤水稳性团聚体、MWD和GMD较CK均有不同程度提高,但差异不显著。各处理均可提高0~30 cm土层土壤团聚体稳定性,其中SM2团聚体分形维数D最小,其次为SM1、SM3。可见,秸秆覆盖还田可促进土壤团聚体的形成,提高团聚体的稳定性,以SM2覆盖还田的效果最佳。

关键词:秸秆覆盖还田;土壤团聚体;平均重量直径;几何平均直径;分形维数
中图分类号:S158.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2012)02-0027-07

渭北旱塬属于黄土高原典型旱作雨养农业区,年降水量500~650 mm,降水年际波动剧烈,且季节分布不均,主要集中在7~9月。春玉米是渭北旱塬仅次于冬小麦的主要粮食作物,干旱胁迫和地力瘠薄使旱地春玉米产量低而不稳。秸秆覆盖可以减少土壤侵蚀,改善土壤结构,覆盖的秸秆还田后增加了土壤有机碳,能促进土壤团粒结构的形成[1,2]。土壤团聚体是土壤结构的基本单位,不同粒级团聚体在养分的保持和供应中的作用不同[3],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以及土壤的水力性质[4]。因此,研究秸秆覆盖还田对渭北旱塬春玉米农田土壤团聚体特征的影响,对完善秸秆覆盖还田技术,改良土壤物理结构,提高旱作农田生产力具有重要的理论及应用价值。为了定量反映团聚体分布状况和稳定性特征,Six等[5]提出>0.25 mm的团聚体是土壤中最好的结构体,其数量与土壤的肥力状况呈正相关,故>0.25 mm的团聚体含量($R_{0.25}$)可以反映土壤结构的优劣和土壤团聚体数量变化。Van Bavel[6]和Gardener[7]分别提出平均重量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)作为反映土壤团聚体分布及稳定性的指标。另外,分形维数也被广泛应用于评价农业管理措施对水稳性团聚体分布的影响[8-10],它能够有效地定量描述土壤团聚体稳定性,甚至较平均重量直径、几何平均直径和其他经验指数更加适用[11-13]。近年来,周虎等[14]运用MWD、GMD、分形维数D等指标研究了华北平原保护性耕作制度对土壤团聚数量、大小和稳定性的影响;范如芹等[15]运用MWD等指标研究了保护性耕作对东北黑土团聚体粒级分布和稳定性的影响;梁爱珍等[16]用MWD、GMD、分形维数D等指标研究了耕作对东北黑土团聚体粒级分布及其稳定性的短期影响。前人相关研究均是针对不同保护性耕作措施对土壤团聚体特征的影响,而有关不同秸秆覆盖还田量对土壤团聚体特征的研究较少。本研究在渭北旱塬进行秸秆覆盖还田长期定位试验,综合运用分形维数D、>0.25 mm粒径团聚体含量($R_{0.25}$)和团聚体平均重量直径(MWD)、团聚体几何平均直径(MWD)等指标来研究不同秸秆覆盖还田量对土壤团聚体的分布状况和稳定性特征的影响。本试验通过研究不同秸秆覆盖还田量对土壤团聚体分布状况和稳定性特征的影响,为完善秸秆覆盖栽培技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

2007年3月—2010年10月在陕西省合阳县甘

收稿日期:2011-07-27
基金项目:陕西农业科技创新项目(2010NKC-03;2011NXC01-16)
作者简介:李 涵(1987—),女,河南林州人,硕士,主要从事旱地农业方面的研究。E-mail:lhlihan001@163.com。
通讯作者:贾志宽(1962—),男,山西朔州人,教授,研究方向为旱地农业。E-mail:zhikuan@tom.com。

万方数据

井镇西北农林科技大学旱作试验区进行，该区海拔910 m，当地光热资源较为充足，年平均温度为10.5℃，多年平均降雨量580 mm，主要集中在7、8、9三个月，气候干旱，年蒸发量1 832.8 mm，为半湿润易旱区。土壤为红垆土，中性偏碱，0～100 cm土壤田间持水率为30.11%、饱和含水率为31.27%、土壤平均容重为1.33 g/cm^3，孔隙度为49.3%。基础土壤耕层(0～20 cm)养分状况：有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为11.36、0.84、0.53、7.08 g/kg，硝态氮、铵态氮、速效磷、速效钾含量分别为24.61、1.95、11.57、113.79 mg/kg。

1.2 试验设计

试验于2007—2010年实施，共设置4个处理，秸秆覆盖还田量分别为13 500 kg/hm^2(SM1)、9 000 kg/hm^2(SM2)、4 500 kg/hm^2(SM3)，以不覆盖(CK)为对照，3次重复，小区面积24 m^2(3 m×8 m)，随机区组排列，试验全程雨养，无补充灌溉。采用平衡施肥法：纯N 300 kg/hm^2、P_2O_5 150 kg/hm^2、K_2O 150 kg/hm^2，播前结合整地一次均匀底施，生育期不追肥。供试玉米品种为豫玉22号，播前对土地翻耕耙耱，人工播种，播后按照不同覆盖量顺着行间均匀整秆覆盖，玉米收获后把生育期覆盖秸秆碾碎(长度<5 cm)旋耕翻压还田。

1.3 研究方法

1.3.1 *采样方法* 2010年玉米收获后，土壤容重和土壤总有机碳按0～10、10～20、20～40 cm及40～60 cm取样，土壤团聚体按照0～10、10～20、20～30 cm及30～40 cm 4个深度取原状土样，每个处理三个重复，带回室内自然风干，沿土壤结构的自然剖面掰成直径约为1 cm小团块并剔除有机残体和石块。

1.3.2 *测定方法* 土壤容重的测定采用环刀法，土壤总有机碳用重铬酸钾外加热法。土壤团聚体数量及大小的测定采用干筛法和湿筛法[17]。计算方法如下：

$$R_{0.25} = \frac{M_{r>0.25}}{M_T} = 1 - \frac{M_{r<0.25}}{M_T} \quad (1)$$

$$WMD(\text{mm}) = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i \quad (2)$$

$$GMD(\text{mm}) = \text{Exp}\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \ln X_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}\right] \quad (3)$$

式中，$R_{0.25}$为直径>0.25的团聚体含量，M_T为供试土壤总重量，$M_{r>0.25}$为>0.25 mm粒径团聚体重量；*MWD*为团粒平均重量直径(mm)；*GMD*为团粒几何平均直径(mm)；X_i为任一级别范围内团聚体的平均直径(mm)；W_i为对应于X_i的团聚体百分含量。

分维数D的计算采用杨培岭等[18]推导的公式：

$$\frac{M(r<\overline{x_i})}{M_T} = \left(\frac{\overline{x_i}}{x_{max}}\right)^{3-D} \quad (4)$$

式中，$\overline{x_i}$为某级团聚体平均直径；$M(r<\overline{x_i})$为粒径小于$\overline{x_i}$的团聚体的重量；M_T为团聚体总重量；x_{max}为团聚体的最大粒径。

1.4 数据处理

数据、图表处理采用Excel 2003，统计分析和差异显著性检验采用SAS 8.0软件。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖还田对土壤基本性质的影响

从图1(a)秸秆覆盖还田对土壤容重的影响可以看出，秸秆覆盖还田各处理在0～40 cm土层土壤容重与CK及处理间均无差异。在0～10 cm土层，SM1、SM2和SM3处理土壤容重较CK分别减少3.47%、2.39%和2.00%；10～20 cm层，SM1、SM2和SM3处理土壤容重较CK分别减少了5.28%、4.32%和3.76%；20～40 cm土层土壤容重较CK分别减少了1.71%、1.09%和0.23%。综上，可以看出，秸秆覆盖还田可以降低土壤容重，土壤容重随秸秆覆盖还田量的增加而减小，尤其对0～20 cm土层影响较大。

图1(b)表明，秸秆覆盖还田各处理可提高0～40 cm土层土壤总有机碳含量，尤其是0～20 cm土层，且随着土层深度的增加而递减，0～40 cm各层土壤总有机碳含量均表现为SM2>SM1>SM3>CK。0～10 cm土层，SM1、SM2、SM3处理土壤总有机碳含量较CK分别显著提高15.85%、23.93%、10.82%；10～20 cm土层，SM1、SM2、SM3土壤总有机碳含量分别较CK显著提高16.53%、20.35%、14.56%；20～40 cm土层各处理与CK均无差异。将上述各层次土壤总有机碳含量求和后发现：在0～40 cm土层中，总有机碳含量排序为SM2>SM1>SM3>CK，SM1、SM2、SM3处理较CK分别提高11.70%、16.19%、9.03%。

万方数据

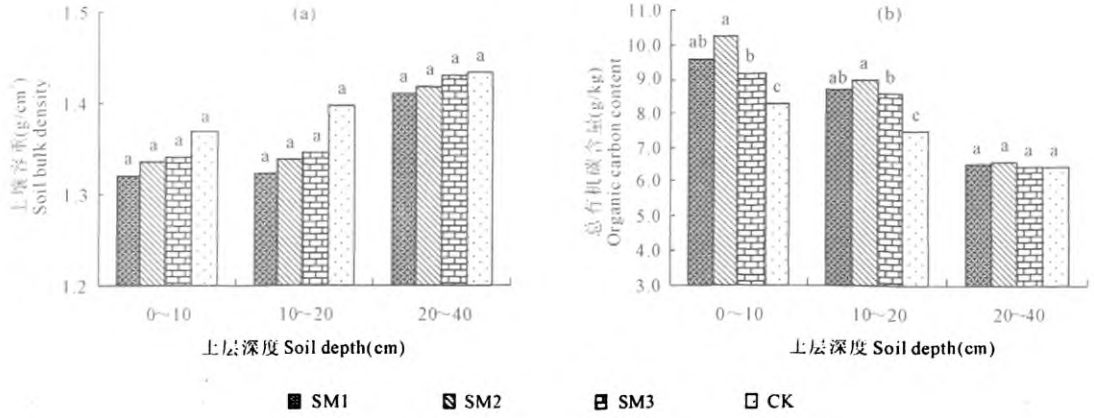

图 1　秸秆覆盖还田对土壤容重和总有机碳含量的影响

Fig.1　Effect of straw mulching on soil bulk density and organic carbon content

注:图中不同小写字母表示 $P<0.05$。

Note: Different small letters indicate significant difference at $P<0.05$ level.

2.2　秸秆覆盖还田对土壤团聚体数量的影响

表 1 为秸秆覆盖还田对干湿筛下 > 0.25 mm 团聚体含量的影响,如表所示,秸秆覆盖还田各处理干湿筛下 $R_{0.25}$在 0 ~ 10 cm 层依次为 SM1 > SM2 > SM3 > CK,10 ~ 40 cm 土层 $R_{0.25}$高低顺序均为 SM2 > SM1 > SM3 > CK。在干筛法中,0 ~ 10 cm 土层,SM1、SM2、SM3 处理 $R_{0.25}$分别较 CK 显著提高了 7.48%、7.08%、6.76%,各处理间无明显差异;10 ~ 20 cm 土层,各处理 $R_{0.25}$较 CK 分别显著提高 5.81%、6.51%、5.60%,各覆盖处理间无显著差异;20 ~ 30 cm 土层,各处理 $R_{0.25}$与 CK 相比分别提高了 5.17%、6.05%、4.67%,均显著高于 CK;30 ~ 40 cm 土层,SM1、SM2 处理与 CK 相比分别显著提高了 1.72%、2.57%, SM3 与 CK 无显著差异。由表可以看出,秸秆覆盖还田各处理的各个层次中 > 0.25 mm 的团聚体含量均在 79% 以上,秸秆覆盖还田对 0 ~ 40 cm 土层的土壤机械稳定性团聚体含量影响较大,但秸秆覆盖还田各处理在各土层间差异均不显著,各处理 > 0.25 mm 机械稳定性团聚体的含量随土层深度的增加而递增。

表 1　秸秆覆盖还田对干湿筛下 > 0.25 mm 团聚体含量的影响

Table 1　Effect of straw mulching on macroaggregates content by dry and wet sieving

处理 Treatment	$R_{0.25}$(%)干筛法 Dry sieving				$R_{0.25}$(%)湿筛法 Wet sieving			
	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	30 ~ 40 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	30 ~ 40 cm
SM1	80.01a	81.55a	81.81a	81.86a	5.08a	4.35a	4.16a	3.64a
SM2	79.71a	82.09a	82.50a	82.55a	4.86a	4.47a	4.20a	3.66a
SM3	79.47a	81.38a	81.43a	81.49ab	4.55a	4.05ab	4.00a	3.56a
CK	74.44b	77.07b	77.79b	80.48b	3.95b	3.59b	3.42a	3.16a

注:$R_{0.25}$指土壤中 > 0.25 mm 的团聚体数量,表中同列不同小写字母表示 $P<0.05$。下同

Note: $R_{0.25}$ means the number of aggregates of diameter > 0.25 mm, and different small letters indicate significant difference at $P<0.05$ level in same row. They are the same in the follows.

土壤水稳性团聚体含量高低能够更好地反映土壤结构保持和供应养分能力的强弱,了解水稳性团聚体的组成对探讨土壤肥力、土壤结构变化有着重要的理论和实践意义[19]。从表 1 中可以看出湿筛处理下秸秆覆盖还田各处理水稳性团聚体的 $R_{0.25}$最高为 5.08% 远小于干筛处理下的最小值 79.47%,说明该土壤的土壤团聚体大部分为非水稳性团聚体,水稳性团聚体的数量较少。分析发现,在 0 ~ 10 cm 土层,SM1、SM2、SM3 的 $R_{0.25}$较 CK 显著提高了 28.56%、23.04%、15.09%,各处理间差异不显著;在 10 ~ 20 cm 土层,SM1、SM2 的 $R_{0.25}$显著高于 CK,较 CK 分别提高 21.18%、24.59%,但二者差异不显著;20 ~ 30 cm 和 30 ~ 40 cm 土层,秸秆覆盖还田各处理与 CK 及各处理间差异均不显著。

2.3　秸秆覆盖还田对土壤团聚体大小的影响

从表 2 秸秆覆盖还田对土壤团聚体平均重量直径和几何平均直径的影响可以看出,在 0 ~ 10 cm 土层土壤团聚体的 MWD 和 GMD 大小为 SM1 > SM2 >

万方数据

SM3 > CK,10 ~ 40 cm 各土层,各处理土壤团聚体的 MWD 和 GMD 的大小顺序均为 SM2 > SM1 > SM3 > CK。干筛法结果显示,秸秆覆盖还田各处理在 0 ~ 40 cm 层土壤团聚体 MWD 和 GMD 均大于 CK,除 30 ~ 40 cm 外,0 ~ 30 cm 各层土壤团聚体 MWD 和 GMD 均显著大于 CK,但各处理间无显著差异。在 0 ~ 10 cm,SM1、SM2、SM3 处理的 MWD 较 CK 分别增加 25.24%、23.18%、26.14%,GMD 较 CK 分别增加 31.43%、31.17%、29.25%;在 10 ~ 20 cm 土层,各处理土壤团聚体的 MWD 较 CK 分别增加了 9.81%、11.35%、9.57%,GMD 较 CK 分别增加 13.61%、16.91%、13.06%;20 ~ 30 cm 土层,各处理土壤团聚体的 MWD 较 CK 分别增加了 23.90%、25.27%、21.27%,GMD 较 CK 分别增加 28.53%、31.04%、28.08%;30 ~ 40 cm 土层,SM1、SM2 处理土壤团聚体的 MWD 较 CK 显著增加 9.16%、11.01%,GMD 分别较 CK 显著增加 12.83%、15.20%,但二者差异不显著。

湿筛结果表明,秸秆覆盖还田各处理土壤团聚体的 MWD 和 GMD 与 CK 相比均有不同程度提高,但秸秆覆盖还田各处理土壤团聚体的 MWD 和 GMD 与 CK 差异多不显著,秸秆覆盖还田各处理间差异也不显著。由上述分析可知,在 0 ~ 40 cm 土层,秸秆覆盖还田各处理均较 CK 提高了土壤机械稳定性团聚体的团聚度与稳定性,但对土壤水稳定性团聚体的团聚度与稳定性影响不大。

2.4 秸秆覆盖还田下土壤团聚体分维特征

图 2(a)表明,在 0 ~ 40 cm 土层,秸秆覆盖还田各处理的分形维数均低于 CK,随着土层深度的增加分形维数 D 呈现递减趋势,30 ~ 40 cm 土层,土壤机械稳定性团聚体分形维数趋于稳定,变幅为 0.07,其变幅明显小于上层土壤的 0.15。在 0 ~ 30 cm 土层,土壤团聚体分形维数 D 值大小顺序均为 CK > SM3 > SM1 > SM2;在 30 ~ 40 cm 土层分维数大小次序为 CK > SM3 > SM2 ≈ SM1。这表明秸秆覆盖还田各处理对 0 ~ 40 cm 土层机械稳定性团聚体特性均有影响,其中 SM2 处理对土壤机械稳定性团聚体的分形维数影响较大,其次为 SM1、SM3。

表 2 秸秆覆盖还田对土壤团聚体平均重量直径和几何平均直径的影响

Table 2 Effect of straw mulching on MWD and GMD of dry and wet sieving

层次(cm) Depth	处理 Treatment	干筛法 Dry sieving		湿筛法 Wet sieving	
		MWD(mm)	GMD(mm)	MWD(mm)	GMD(mm)
0 ~ 10	SM1	2.27a	1.29a	0.34a	0.27a
	SM2	2.25a	1.29a	0.33a	0.27a
	SM3	2.21a	1.27a	0.30b	0.26a
	CK	1.80b	0.98b	0.29b	0.26a
10 ~ 20	SM1	2.36a	1.37a	0.31a	0.26a
	SM2	2.39a	1.41a	0.32a	0.27a
	SM3	2.35a	1.36a	0.29b	0.26a
	CK	2.15b	1.21b	0.28b	0.26a
20 ~ 30	SM1	2.73a	1.62a	0.29ab	0.26a
	SM2	2.76a	1.64a	0.30a	0.27a
	SM3	2.67a	1.61a	0.29ab	0.26a
	CK	2.20b	1.26b	0.28b	0.26a
30 ~ 40	SM1	2.77a	1.67a	0.28a	0.26a
	SM2	2.82a	1.71a	0.29a	0.26a
	SM3	2.60b	1.53b	0.28a	0.26a
	CK	2.54b	1.49b	0.28a	0.26a

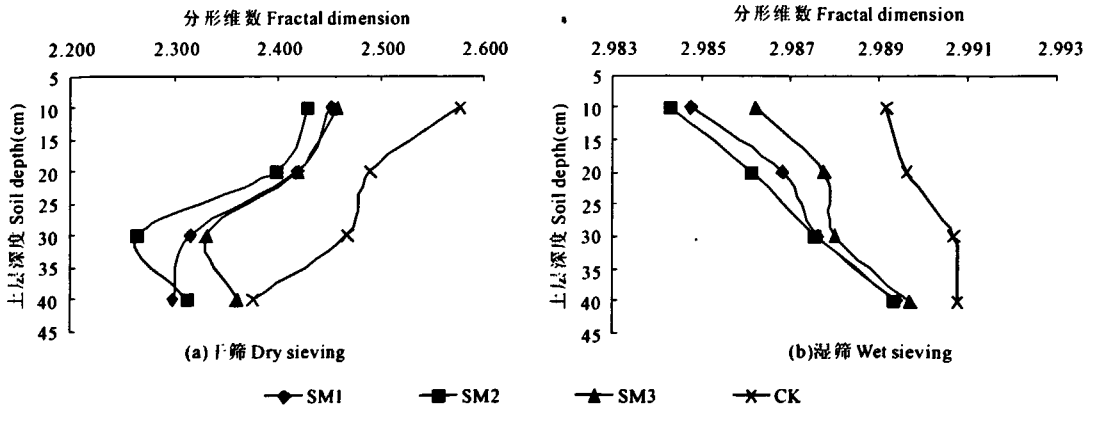

图 2 秸秆覆盖还田的土壤团聚体分形维数特征

Fig.2 Fractal dimension of soil aggregates under straw mulching

从图 2(b)可以看出,在 0 ~ 40 cm 土层秸秆覆盖还田各处理的分形维数均低于 CK,随着土层深度的增加分形维数呈现递增趋势,各处理水稳性团聚体的分形维数在 0 ~ 30 cm 土层变幅较大,30 cm 以下

万方数据

土层趋于稳定。在 0 ~ 30 cm 土层,土壤团聚体分形维数 D 值大小顺序均为 CK > SM3 > SM1 > SM2,在 30 ~ 40 cm 分形维数大小顺序为 CK > SM3 > SM1 ≈ SM2。结果表明,秸秆覆盖还田对 0 ~ 40 cm 的土壤水稳性团聚体的分形维数影响较大,其中 SM2 对土壤水稳性团聚体的分形维数影响较大,其次为 SM1、SM3。

3　讨　论

3.1　秸秆覆盖还田对土壤容重的影响

土壤容重作为土壤重要的物理性状,它影响到土壤的孔隙度,以及土壤的穿透阻力,进而影响到土壤水肥气热条件与作物根系在土壤中的分布[20]。秸秆覆盖还田能有效改善土壤物理性结构,降低土壤容重[21-22],也有研究表明秸秆覆盖还田初始阶段增加土壤容重,连续几年后,土壤容重开始维持稳定不再持续上升[23]。本研究结果表明秸秆覆盖还田可以降低土壤容重,土壤容重在各土层表现规律均为随秸秆覆盖还田量的增加而减小,尤其是 0 ~ 20 cm 层的土壤容重降低更为明显。雷金银等[24]研究表明在靖边风沙区耕作措施对收获后容重有显著影响,0 ~ 20 cm 土层秸秆覆盖收获后容重较对照降低 2.3%。本研究表明 0 ~ 20 cm 各层土壤容重较 CK 降低 2.00% ~ 5.28%,与前人研究结论一致,收获后覆盖处理容重差异不显著。在 0 ~ 10 cm 土层中土壤容重随秸秆覆盖量的增加而减小,这与晋凡生等[25]的研究结果一致。

3.2　秸秆覆盖还田对土壤总有机碳和土壤团聚体数量的影响

良好的土壤结构要求有较多的土壤团聚体及适当的粒径分配,尤其是水稳性团聚体的数量和分布状况反映了土壤结构的稳定性、持水性、通透性和抗侵蚀的能力[26],而土壤有机碳含量与土壤水稳性团粒结构的形成与稳定性密切相关[27]。

干旱半干旱地区土壤发挥着潜在的碳汇作用[28-30],而秸秆覆盖还田可以增加土壤有机碳的积累[31-33],有利于土壤的固碳作用,秸秆覆盖还田还能够提高土壤腐殖质含量,随着腐殖质含量的增多,土壤团聚体数量增多,促使土壤水稳性团聚体的形成[34-35]。王晶等[36]的研究表明与传统耕作不覆盖相比,秸秆覆盖免耕、传统耕作秸秆还田和免耕不覆盖,均明显提高了土壤总有机碳含量,并随土层深度的增加而呈现递减趋势。李琳等[37]的研究表明秸秆覆盖少免耕和秸秆还田,能够增加耕层的总有机碳。本研究结果表明,秸秆覆盖还田可提高 0 ~ 40 cm 土层土壤总有机碳含量,尤其是 0 ~ 20 cm 土层总有机碳含量,并随着土层深度的增加呈现递减的趋势,验证了宋明伟等[38]的研究结果。秸秆覆盖还田各处理在 0 ~ 20 cm 土壤总有机碳含量与 CK 差异显著,这可能是因为秸秆覆盖在地表,增加了土壤有机质的投入,微生物的数量和活性增加促进了地表覆盖物的腐解速率。另外,秸秆还田时翻耕使得有机物质进入土壤并得以累积的结果。

本文研究结果表明,秸秆覆盖还田各处理对 0 ~ 40 cm 土层 > 0.25 机械稳定性团聚体含量有明显影响,使 0 ~ 20 cm 土层 > 0.25 水稳性团聚体含量有明显提高,这可能是因为秸秆覆盖还田后,植物残体的输入直接增加土壤有机碳,作为胶结物质有助于大团聚体的形成,而且输入的植物残体增加了蚯蚓等土壤动物及微生物的食物和能量来源,加之秸秆覆盖地表有利于土壤温度和水分的保持[39],有利于土壤动物和微生物数量和活性的增加,进而促进大团聚体形成[40]。秸秆覆盖还田各处理 0 ~ 10 cm 土层 > 0.25 机械稳定性团聚体含量低于 10 cm 以下各土层,这可能是由于进行田间作业扰动土壤,有机质快速矿化,减少了稳定性胶结剂的产生,不利于大团聚体的形成稳定,同时大团聚体受到的机械破碎作用也可能抵消或超过秸秆覆盖还田带来的团聚形成效应。

3.3　秸秆覆盖还田对土壤团聚体大小的影响

不同粒级团聚体对土壤养分的保持和供应、孔隙组成、水力性质和生物运动具有不同的作用[41],因此在团聚体总量的基础上,团聚体大小分布状况与土壤的质量关系更加密切。MWD 和 GMD 是反映土壤团聚体大小分布状况的常用指标。MWD 和 GMD 值越大表示团聚体的平均粒径团聚度越高,稳定性越强[42]。在 0 ~ 40 cm 土层中,秸秆覆盖还田各处理的土壤机械稳定性团聚体的平均重量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)均为 0 ~ 10 cm 土层的值最小,可能是因为秸秆覆盖还田时的田间作业对土壤的扰动造成的。另外,水稳性团聚体的平均重量直径和几何平均直径随着土层深度的增加呈现递减的趋势,但秸秆覆盖还田各处理间差异不显著,说明秸秆覆盖还田各处理均可提高土壤大水稳性团聚体的含量。

分形维数是描述土壤团聚体数量组成[43]和质地均一程度[44]的综合性指标。本研究表明,随着土层深度的增加,秸秆覆盖还田各处理的机械稳定性团聚体分形维数呈现递减趋势,到 30 cm 以下各处理分形维数趋于稳定,> 0.25 mm 机械稳定性团聚

万方数据

体的含量随土层深度的增加呈递增趋势;随着土层深度的增加,秸秆覆盖还田各处理的水稳性团聚体分形维数呈现递增趋势,>0.25 mm水稳性团聚体的含量随土层深度的增加呈递减趋势;说明秸秆覆盖还田各处理分形维数D与>0.25 mm团聚体的含量呈负相关性,这与苏静等[45]的研究结果一致。

本文仅对秸秆覆盖还田4 a后的结果进行分析,要研究秸秆覆盖还田对土壤结构的影响,还需要进行长期的试验。全面和准确评价不同秸秆覆盖还田量的优劣,需要综合分析不同秸秆覆盖还田量对渭北旱塬春玉米田对土壤结构、水分运动、生物性质和作物生长状况的影响。

4 结 论

1) 连续4 a秸秆覆盖还田试验表明,秸秆覆盖还田各处理可以降低土壤容重,土壤容重随秸秆覆盖还田量的增加而减小,尤其对0~20 cm土层影响较大,但处理间无显著差异。

2) 秸秆覆盖还田各处理可以提高0~40 cm土层土壤总有机碳含量,且随着土层深度的增加呈递减趋势,尤其是0~20 cm土层。在0~10 cm,SM1、SM2、SM3处理土壤总有机碳含量分别较CK显著提高15.85%、23.93%、10.82%;10~20 cm,各处理较CK分别显著提高16.53%、20.35%、14.56%。

3) 秸秆覆盖还田各处理对土壤团聚体特性均有明显的影响,其中中量覆盖还田处理在10~30 cm土层>0.25 mm团聚体含量、MWD和GMD最大,分形维数D最低,说明中量覆盖还田处理可促进10~30 cm土层土壤团聚体的形成,增加其颗粒直径,降低其团聚体的分形维数。

参 考 文 献:

[1] 蔡立群,齐 鹏,张仁陟.保护性耕作对麦-豆轮作条件下土壤团聚体组成及有机碳含量的影响[J].水土保持学报,2008,22(2):141-145.

[2] 周凌云.秸秆覆盖对农田土壤物理条件影响的研究[J].农业现代化研究,1997,18(5):311-313.

[3] 陈恩凤,周礼恺,武冠云.微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力水平中的意义[J].土壤学报,1994,31(1):18-25.

[4] Dexter A R. Advances in characterization of soil structure[J]. Soil & Tillage Research,1988,11:199-238.

[5] Six J, Elliot E T, Paustian K. Soil structure and soil organic mater: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy[J]. Soil Science Society of America Journal,2000,64:1042-1049.

[6] Van Bavel C H M. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation[J]. Soil Science Society of America Journal, 1949,14:20-23.

[7] Gardner W R. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution[J]. Soil Science Society of America Proceedings, 1956,20:151-153.

[8] Perfect E, Kay B D. Fractal theory applied to soil aggregation[J]. Soil Science Society of America Journal,1991,55:1552-1558.

[9] Rasiah V, Perfect E, Kay B D. Linear and nonlinear estimates of fractal dimension for soil aggregate fragmentation[J]. Soil Science Society of America Journal,1995,59:83-87.

[10] Martinez-Mena M, Deeks L K, Williams A G. An evaluation of fragmentation fractal dimension technique to determine soil erodibility [J]. Geoderma,1999,90:87-89.

[11] Rasiah V, Biederbeck V O, Curtin D, et al. Parameterizing temporal changes in aggregation in a sludge amended soil[J]. Soil Science Society of America Journal, 1997,61:579-585.

[12] Pirmoradian L N, Sepaskhahl A R, Ha jabbasi M A. Application of fractal theory to quantify soil aggregate Stability as influenced by tillage treatments[J]. Biosystems Engineering, 2005, 90(2): 227-234.

[13] Gülser C. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions[J]. Geoderma, 2006, 131: 33-44.

[14] 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.

[15] 范如芹,梁爱珍,杨学明,等.耕作方式对黑土团聚体含量及特征的影响[J].中国农业科学,2010,43(18):3767-3775.

[16] 梁爱珍,张晓平,杨学明.耕作对东北黑土团聚体粒级分布及其稳定性的短期影响[J].土壤学报,2009,46(1):154-158.

[17] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究所.土壤物理性质测定法[M].北京:科学出版社,1978:83-85.

[18] 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.

[19] 王清奎,汪思龙.土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J].土壤通报,2005,36(3):415-421.

[20] 庄恒扬,刘世平,沈新平,等.长期少免耕对稻麦产量及土壤有机质与容重的影响[J].中国农业科学,1999,32(4):39-44.

[21] 吴 婕,朱钟麟,郑家国,等.秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].西南农业学报,2006,19(2):192-195.

[22] 孙利军,张仁陟,黄高宝.保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):207-211.

[23] 罗珠珠,黄高宝,张国盛.保护性耕作对黄土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):7-11.

[24] 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.

[25] 晋凡生,张宝林.免耕覆盖玉米秸秆对旱塬地土壤环境的影响[J].中国生态农业学报.2000,8(3):47-50.

[26] Yoder R E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses[J]. Journal of the American Society of Agronomy,1936,28:337-351.

[27] 邵月红,潘剑君,孙 波.不同森林植被下土壤有机碳的分解特征及碳库研究[J].水土保持学报,2005,19(3):24-28.

万方数据

[28] Lal R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland[J]. Environmental Pollution, 2002,116:353-362.

[29] Ard J, Olsson L. Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model[J]. Journal of Arid Environments,2003,54:633-651.

[30] Grünzweig J M, Lin T, Rotenberg E, et al. Carbon sequestration in arid-land forest[J]. Global Change Biology, 2003,9:791-799.

[31] 陈尚洪,刘定辉,朱钟麟,等.四川盆地秸秆还田免耕对土壤养分及碳库的影响[J].中国水土保持科学,2008,6(S1):54-56.

[32] Sainju U M, Whitehead W F, Singh B P. Carbon accumulation in cotton, sorghum, and underlying soil as influenced by tillage, cover crops, and nitrogen fertilization[J]. Plant and Soil, 2005,273:219-234.

[33] Monneveux P, Quille'rou E, Sanchez C, et al. Effect of zero tillage and residues conservation on continuous maize cropp ing in a subtrop ical environment(Mexico)[J]. Plant and Soil, 2006,279:95-105.

[34] 高建华,张承中.不同保护性耕作措施对黄土高原旱作农田土壤物理结构的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):192-196.

[35] Zhang G S, Chan K Y, Li G D, et al. Effect of straw and plastic film management under contrasting tillage practices on the physical properties of an erodible loess soil[J]. Soil and Tillage Research, 2008,98:113-119.

[36] 王　晶,张仁陟,李爱宗.耕作方式对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):8-12.

[37] 李　琳,李素娟,张海林,等.保护性耕作下土壤碳库管理指数的研究[J].水土保持学报,2006,20(3):106-109.

[38] 宋明伟,李爱宗,蔡立群,等.耕作方式对土壤有机碳库的影响[J].农业环境科学学报,2008,27(2):622-627.

[39] Six J, Bossuyt B, Degryze H, Denef K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics[J]. Soil & Tillage Research, 2004,79:7-31.

[40] Bossuyt H, Denef K, Six J, et al. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability[J]. Applied Soil Ecology, 2001,16(3):195-208.

[41] Dexter A R. Advances in characterization of soil structure[J]. Soil & Tillage Research, 1988,11:199-238.

[42] Nimmo J R, Perkins K S. Aggregates stability and size distribution [C]//Methods of Soil Analysis, Part 4-Physical Methods. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 2002: 317-328.

[43] 张保华,刘子亭,何毓蓉,等.应用分形维数研究土壤团聚体与低吸力段持水性的关系[J].土壤通报,2006,37(5):857-860.

[44] 王　丽,刘　霞,张光灿,等.鲁中山区采取不同生态修复措施时的土壤粒径分形与孔隙结构特征[J].中国水土保持科学,2007,5(2):73-80.

[45] 苏　静,赵世伟.土壤团聚体稳定性评价方法比较[J].水土保持通报,2009,29(5): 114-117.

Effects of straw mulching treatment on characteristics of soil aggregates in Weibei dryland

LI Han[1,2], ZHANG Peng[1,2], JIA Zhi-kuan[1,2], SUN Hong-xia[1,2], HAN Li-na[1,2], YANG Bao-ping[1,2], NIE Jun-feng[1,2]

(1. *Institute of Water-saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2. *Key Laboratory of Crop Production and Ecology, Minister of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: In order to evaluate the effects of straw mulching on the aggregation and stability of soil aggregates in Weibei dryland of Shaanxi, different amounts of straw mulch (SM1: 13 500 kg/hm^2, SM2: 9 000 kg/hm^2, SM3: 4 500 kg/hm^2, CK: 0 kg/hm^2) were selected to conduct an locating experiment. We studied the effects of straw mulching on soil bulk density, organic carbon, aggregates number, size distribution and fractal dimension for four years (2007—2010). The results indicated that, after maize harvest, straw mulching treatments decreased the soil bulk density and soil total organic carbon at 0 ~ 20 cm soil layer. Compared with the CK, the soil bulk density decreased varying from 2.00% ~ 5.28% ($P > 0.05$), while the soil total organic carbon increased by 10.82% ~ 23.93% ($P < 0.05$), and decreased with deeper layer. The dry sieving results showed that macro-aggregate content($R_{0.25}$), mean weight diameter (MWD) and geometric mean diameter (GMD) in SM2 were higher than in other treatments at 10 ~ 30 cm soil layer, and had very significant difference with CK. Wet sieving results showed that macro-aggregate content, MWD and GMD in all treatments were higher than CK, but not significantly. All treatments improved the aggregate stability at 0 ~ 30 cm soil layer, and the fractal dimension (D) showed that SM2 had best aggregate stability. Therefore, the straw mulching treatments increased the aggregation and the stability of soil aggregates, ans SM2 had the best result in this experiment.

Keywords: straw mulching; soil aggregate; MWD; GMD; fractal dimension

万方数据