

秸秆和地膜覆盖对黄土高原旱作小麦田土壤团聚体氮组分的影响

张少宏¹, 付鑫¹, IHSAN Muhammad¹, 刘文清¹, 王俊^{1,2}

(1.西北大学城市与环境学院,西安 710127; 2.陕西省地表系统与环境承载力重点实验室,西安 710127)

摘要: 利用田间定位试验研究旱作农田不同覆盖措施对土壤团聚体氮组分的影响。基于黄土高原 8 年冬小麦覆盖定位试验,试验设置生育期秸秆覆盖(SM)、生育期地膜覆盖(PM)和无覆盖对照(CK)3 个处理。采用干筛法测定团聚体分布特征及不同粒径团聚体中全氮(STN)、微生物量氮(MBN)和潜在可矿化氮(PNM)含量。结果表明:(1)与 CK 处理相比,2 种覆盖处理均未在各粒径团聚体全氮含量有显著变化,但 SM 处理相较于 PM 处理提高了 0—10 cm 土层的 1.00~0.25 mm 粒径团聚体 STN 含量(12.88%, $P<0.05$)。(2)与 CK 处理相比,SM 处理在 0—10 cm 土层中 >2.00 , $2.00\sim1.00$, <0.25 mm 粒径团聚体 MBN 含量分别提高 18.67%,24.05%,20.08% ($P<0.05$),且各粒径团聚体 PNM 含量分别提高 35.13%,30.03%,42.88% ($P<0.05$);SM 处理在 10—20 cm 土层中 >2.00 mm 粒径团聚体 MBN 含量提高 23.02% ($P<0.05$),分别提高 >2.00 , $2.00\sim1.00$, <0.25 mm 粒径团聚体 PNM 含量 28.59%,31.31%,32.48% ($P<0.05$)。(3)PM 处理较 CK 处理提高 0—10 cm 土层中 <0.25 mm 粒径团聚体 PNM 含量(32.34%, $P<0.05$)。(4)微团聚体(<0.25 mm)氮组分含量均高于大团聚体(>0.25 mm)氮组分含量,但大团聚体氮组分贡献率为 81.88%~87.66%。可见,SM 处理可提高土壤表层大团聚体氮组分的贡献率,使更多的氮素储存在大团聚体中,而 PM 处理对团聚体氮素贡献率的影响作用较小。总体而言,与 CK 和 PM 处理相比,SM 处理可提高总土壤氮组分含量,提高微团聚体和大团聚体氮组分含量,使更多的氮储存在大团聚体中,促进土壤氮素周转。

关键词: 旱作农田; 秸秆和地膜覆盖; 土壤团聚体; 氮组分

中图分类号:S152.4

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2020)01-0236-06

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2020.01.034

Effects of Straw and Plastic Film Mulching on Nitrogen Composition of Soil Aggregates in Dryland Wheat Field on the Loess Plateau

ZHANG Shaohong¹, FU Xin¹, IHSAN Muhammad¹, LIU Wenqing¹, WANG Jun^{1,2}

(1.College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127;

2.Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, Xi'an 710127)

Abstract: Field experiments were conducted to study nitrogen composition of soil aggregates under straw and plastic film mulching in dryland wheat fields. Based on an 8 years mulching experiment in the Losses Plateau, the experiment set up three treatments: straw mulching (SM), plastic film mulching (PM), and no mulching (CK) during the growth period. The dry sieve method was used to determine the distribution characteristics of aggregates and the contents of total nitrogen (STN), microbial biomass nitrogen (MBN), and potential mineralizable nitrogen (PNM) in difference particle size aggregates. The results showed that: (1) Compared with no mulching, both straw mulching and plastic film mulching had no significant effects on soil total nitrogen content of difference particle size aggregates. SM increased the content of STN of the 1.00 ~ 0.25 mm particle size aggregate in the 0—10 cm soil layer compared with PM (12.88%, $P<0.05$). (2) Compared with CK, in the 0—10 cm soil layer, SM increased the content of MBN of the particle size classes >2.00 , $2.00\sim1.00$, and <0.25 mm by 18.67%, 24.05%, 20.08% ($P<0.05$), and increased the content of PNM of the particle size classes >2.00 , $2.00\sim1.00$ and <0.25 mm by 35.13%, 30.03%, 42.88% ($P<0.05$). In the 10—20cm soil layer, SM increased the content of MBN of the particle size classes >2.00 mm by 23.02% ($P<0.05$), and SM improved the PNM content of the particle size classes >2.00 ,

收稿日期:2019-06-25

资助项目:国家自然科学基金项目(31570440,31270484)

第一作者:张少宏(1994—),男,博士研究生,主要从事农田土壤碳氮研究。E-mail:864646641@qq.com

通信作者:王俊(1974—),男,教授,博士生导师,主要从事旱作农田生态系统管理研究。E-mail:wangj@nww.edu.cn

1.00~0.25 and < 0.25 mm by 28.59%, 31.31%, 32.48% ($P < 0.05$). (3) Compared with CK, PM significantly increased the content of PNM of the particle size class < 0.25 mm in 0—10 cm soil layer (32.34%, $P < 0.05$). (4) The content of nitrogen components of micro-aggregates (< 0.25 mm) was significantly higher than that of macro-aggregates (> 0.25 mm), however the contribution rate of the macro-aggregates nitrogen component was 81.88% ~ 87.66%. SM increased the contribution rate of soil macro-aggregates to nitrogen component, so that more nitrogen was stored in macro-aggregates, and the effect of PM on the contribution rate of nitrogen in the aggregates was marginal. Overall, compared with CK and PM, SM increased the STN content and the nitrogen content of the micro-aggregates and macro-aggregates, so that more nitrogen is stored in the macro-aggregates and promote soil nitrogen turnover.

Keywords: dry farmland; straw and plastic film mulching; soil aggregates; nitrogen components

土壤团聚体是土壤结构的基本单元,是形成土壤结构的物质基础,其数量和质量决定土壤肥力的高低^[1]。团聚体同时也是土壤固氮的一个主要储存场所,不同粒径团聚体在土壤养分供应发挥不同的作用,因此,土壤氮素在团聚体中的分布情况直接影响土壤氮素的固定与循环^[2]。为了更好地了解土壤的固氮情况,大量研究^[3-4]针对不同粒径团聚体中氮素含量进行测定,发现土壤团聚体氮素的分布受农田管理措施的影响。

黄土高原是我国主要的旱作农业区,近年来,具有蓄水稳温保墒效应的秸秆和地膜覆盖在黄土高原地区农业生产中应用广泛^[5-6]。巩文峰等^[7]研究发现,传统耕作下地膜覆盖和秸秆还田有利于表层土壤团粒的形成,秸秆覆盖可以提高大团聚体的比例,地膜覆盖不利于大团聚体的形成。不同覆盖措施对土壤氮库的影响受到广泛关注,有关其对土壤氮组分的影响研究较多,已有研究^[8-9]表明,秸秆覆盖对土壤全氮、微生物量氮和潜在可矿化氮的含量有促进作用。关于地膜覆盖对土壤氮素的影响结果不一致^[10-11]。李蓉蓉等^[12]研究发现,地膜覆盖有利于土壤氮素的积累;但张彤勋等^[13]则认为,地膜覆盖对土壤全氮、微生物量氮无显著影响,而关于不同覆盖方式对土壤团聚体中氮组分的影响的研究较少;武均等^[14]通过 12 年长期定位试验发现,秸秆覆盖在 0—30 cm 土层可以提高同粒径范围团聚体总氮含量,其中微团聚体中全氮含量大于其他粒径团聚体;王海霞等^[15]在陕西省合阳县的定位试验中发现,秸秆覆盖显著增加了 0—40 cm 土层 > 0.25 mm 粒径土壤团聚体和有机质含量。土壤氮素含量与有机质存在紧密的正相关关系^[16]。因此,针对土壤团聚体中氮素测定对于评价覆盖措施所引起的土壤氮库变化具有重要意义。

本文基于黄土高原旱作冬小麦农田定位试验,通过对 0—20 cm 土层秸秆覆盖和地膜覆盖下土壤团聚作用和团聚体氮组分的分布特征进行分析,探讨不同覆盖方式对土壤团聚体固氮特征的影响作用,旨在为探索旱作农田土壤团聚体固氮机制提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于陕西省长武黄土高原农业生态试验站(107°40'E, 35°12'N),属暖温带半干旱半湿润大陆性季风气候。该区平均海拔 1 220 m,全年无霜期 171 d,年平均气温 9.2 °C,年平均降水量为 584.1 mm,降水主要集中在 7—9 月,占全年降水量的 50% ~ 60%,属中国典型的旱作雨养农业区。该地平坦宽阔,土壤属黏壤质黑垆土,肥力中等。布设试验前 0—30 cm 土层平均土壤总有机碳含量为 7.9 g/kg,全氮 0.80 g/kg, pH 为 8.4。

1.2 试验设计

冬小麦覆盖种植试验开始于 2008 年,设无覆盖处理(CK)、生育期秸秆覆盖处理(SM)和生育期地膜覆盖处理(PM)3 个处理,重复 3 次,共 9 个小区,小区面积 66.7 m²,完全随机排列设计。小区间距为 0.5 m,四周设有 1 m 的保护行。秸秆覆盖处理于小麦条播后覆盖,小麦收获后清除,所覆盖秸秆为上一季收获的小麦秸秆(剪成 10~15 cm),均匀铺设在各小区,覆盖量为 9 000 kg/hm²。地膜覆盖处理采用白色可降解地膜,地膜于小麦播种后(9 月下旬)覆盖,小麦收获后清除。

供试作物品种为冬小麦“长武 134”,播种时间为每年的 9 月下旬,次年 6 月下旬收获。供试化肥为尿素(N $\geq$ 46.6%)和过磷酸钙(总 P₂O₅ $\geq$ 46%),播前松土并施加基肥(尿素 135 kg N/hm²和重过磷酸钙 90 kg P/hm²)。冬小麦生长期完全依靠自然降水,不追肥,人工除草。

1.3 样品采集及测样方法

土样采集时间为 2016 年 7 月小麦收获后,采用“S”形 5 点采样法采集 0—10, 10—20 cm 原状土,装入塑料盒回实验室低温风干(4 °C)。2016 年 7 月下旬去除杂质后,根据土壤结构将大土块样品自然分成直径约 1 cm 的土壤颗粒,过 10 mm 筛,用于土壤团聚体的测定。

土壤团聚体采用干筛法^[17]测定:首先按照筛子孔径由大到小依次放好(从上到下的顺序依次为2.00,1.00,0.25mm),然后称取3份100 g 风干土样并平铺于最上层土筛上,使用干筛振荡机振荡10 min后称量各粒径土筛上的样品重量。将各粒径团聚体样品过2.00 mm 粒径筛后备用。

土壤团聚体全氮使用 EA 3000 元素分析仪测定^[9]。采用密闭培养法^[9]测定土壤各粒径团聚体潜

团聚体碳氮组分贡献率(%)=
$$\frac{\text{该粒径团聚体中碳氮组分含量(g/kg)} \times \text{该粒径团聚体的含量}(\%)}{\text{该土层土壤总碳氮组分含量(g/kg)}} \times 100\%$$

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 22 软件处理数据和统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤团聚体分布特征

不同覆盖方式下团聚体分布特征有明显差异(表1)。在0—10 cm 土层,与CK 处理相比,SM 和PM 处理>2.00 mm 粒径团聚体含量分别提高了97.12%和45.91%,且SM 处理达到显著水平;而SM 和PM 处理<0.25 mm 粒径团聚体含量分别降低了36.22%和14.82%,且SM 处理达到显著水平。各处理间2.00~1.00,1.00~0.25 mm 粒径团聚体含量无显著差异。在10—20 cm 土层,SM 和PM 处理较CK 处理<0.25 mm 粒径团聚体含量分别降低了24.24%和17.84%,且SM 处理达到显著水平,其他粒径各处理间团聚体含量均无显著差异。

在可矿化氮,培养10天后,用浓度2 mol/L 的氯化钾溶液浸提1 h,使用全自动间断化学分析仪测定浸提液中的矿质氮(硝态氮和铵态氮)含量,土壤团聚体潜在可矿化氮含量即为矿质氮含量和在培养前后的差值。土壤团聚体微生物量氮:先用氯仿熏蒸培养法^[9]培养10天,用与潜在可矿化氮测定相同的方式浸提,氯仿熏蒸前后矿质氮含量的差即为各粒径团聚体微生物量氮的值。

2.2 土壤团聚体全氮含量及贡献率

表2为不同覆盖处理对0—20 cm 土层STN 含量影响情况。与CK 处理相比,2种覆盖处理均未在各粒径团聚体全氮含量有显著变化,但SM 处理相较于PM 处理提高了0—10 cm 土层的1.00~0.25 mm 粒径团聚体STN 含量(12.88%, $P<0.05$),其他粒径团聚体及全土中没有显著差异。在10—20 cm 土层,在总土和各粒径团聚体中,各处理间STN 含量均无显著差异。

表 1 不同覆盖条件下土壤团聚体含量 单位: %

土层 深度/cm	处理	>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm
		mm	mm	mm	mm
0—10	CK	26.77b	21.25a	34.63a	17.34a
	SM	52.77a	19.53a	16.64b	11.06b
	PM	39.06ab	19.07a	27.01a	14.77ab
10—20	CK	41.12a	17.73a	24.52a	16.54a
	SM	50.42a	17.17a	19.89a	12.53b
	PM	47.84a	17.61a	20.86a	13.69ab

注:同列不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。下同。

表 2 不同覆盖条件下土壤团聚体全氮含量

土层 深度/cm	处理	STN/(g · kg ⁻¹)				
		>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm	全土
0—10	CK	1.32a	1.30a	1.38ab	1.41a	1.35a
	SM	1.33a	1.38a	1.49a	1.54a	1.39a
	PM	1.30a	1.23a	1.32b	1.41a	1.31a
10—20	CK	1.12a	1.23a	1.18a	1.24a	1.17a
	SM	1.18a	1.16a	1.18a	1.19a	1.18a
	PM	1.23a	1.20a	1.12a	1.24a	1.21a

从表3可以看出,不同覆盖方式下各粒径团聚体STN 含量在总土中的贡献率表现出不同的变化特征。从各处理平均值来看,在0—10,10—20 cm 土层,>2.00 mm 粒径团聚体STN 贡献率最高,虽<0.25 mm 粒径STN 含量较其他粒径高,但<0.25 mm 粒径团聚体STN 贡献率并不高。>0.25 mm 粒径团聚体STN 贡献率变化范围为81.88%~87.66%,80%以上的STN 储存在>0.25 mm 粒径的土壤团聚体中。在0—10 cm 土层,与CK 处理相比,SM 处理提高了>2.00 mm 粒径团聚体STN 贡献率,但降低了1.00~0.25 mm 粒径STN 贡献率($P<0.05$),PM 处

理则没有显著变化;在10—20 cm 土层,与CK 处理相比,SM 处理提高了>2.00 mm 粒径团聚体STN 贡献率($P<0.05$),PM 处理>2.00 mm 粒径STN 贡献率较CK 处理也有一定提高,但未达到显著水平。

2.3 各粒径土壤团聚体微生物量氮含量及贡献率

由表4可知,在0—10,10—20 cm 土层,SM 处理总土MBN 含量较CK 处理分别提高了16.87%和15.79%($P<0.05$)。在0—10 cm 土层,与CK 处理相比,SM 处理>2.00,2.00~1.00,1.00~0.25 mm,<0.25 mm 粒径团聚体MBN 含量分别提高16.87%,18.67%,24.05%和20.08%;PM 处理各粒径团聚体

MBN 含量与 CK 处理均无显著差异。在 10—20 cm 土层,SM 处理>2.00 mm 粒径团聚体 MBN 含量显著高于 CK 处理,提高了 23.02%($P<0.05$),其他粒径中各处理间均无显著差异。在 0—20 cm 土层,微团聚体中 MBN 含量除 SM 处理的 10—20 cm 土层均大于其余粒径的大、中团聚体,且在 0—10 cm 土层,CK 和 PM 处理 MBN 含量最低出现在>2 mm 粒径团聚体中,SM 处理 1~0.25 mm 粒径团聚体中 MBN 含量最低,在 10—20 cm 土层,2~1 mm 粒径团聚体中 MBN 含量均低于其他粒径团聚体。

表 4 不同覆盖条件下土壤团聚体微生物量氮含量 单位:mg/kg

土层深度/cm	处理	>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm	全土
0—10	CK	26.99b	29.40b	27.26a	34.76b	28.81b
	SM	32.03a	36.47a	30.19a	41.74a	33.67a
	PM	25.19b	29.47b	28.47a	37.35b	28.68b
10—20	CK	37.53b	21.29a	38.22a	43.04a	35.72b
	SM	46.17a	25.66a	40.47a	44.26a	41.36a
	PM	39.56b	25.41a	38.69a	45.09a	37.68ab

从表 5 可以看出,不同覆盖方式下各粒径团聚体中 MBN 含量在总土中贡献率表现变化特征不一,从各处理平均值来看,在 0—10,10—20 cm 土层,>2.00 mm 粒径团聚体 MBN 贡献率最高,虽<0.25 mm 粒径 MBN 含量较其他粒径高,但<0.25 mm 粒径团聚体 MBN 贡献率并不高。>0.25 mm 粒径团聚体 MBN 贡献率范围为 79.08%~86.46%,79%以上的 MBN 储存在>0.25 mm 粒径团聚体中。在 0—10 cm 土层,与 CK 处理相比,SM 处理提高了>2.00 mm 粒径团聚体 MBN 贡献率,但降低了 1.00~0.25 mm 粒径 MBN 贡献率($P<0.05$);在 10—20 cm 土层,与 CK 处理相比,SM 处理提高了>2.00 mm 粒径团聚体 MBN 贡献率,PM 处理>2.00 mm 粒径 MBN 贡献率也有一定的提高,但并未达到显著性差异。

2.4 各粒径土壤团聚体潜在可矿化氮含量及贡献率

由表 6 可知,在 0—10 cm 土层,SM 处理各粒径团聚体和全土中 PNM 含量大于 CK 处理,且 SM 处理较 CK 处理分别在>2,1~0.25,<0.25 mm 粒径

表 3 不同覆盖条件下土壤团聚体全氮贡献率

单位: %

土层深度/cm	处理	>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm
0—10	CK	26.15b	20.42a	35.30a	18.12a
	SM	50.51a	19.37a	17.79b	12.34a
	PM	38.85ab	17.96a	27.34a	15.85a
10—20	CK	39.25b	18.60a	24.69a	17.45a
	SM	50.60a	16.84a	19.92a	12.64a
	PM	48.80ab	17.64a	19.41a	14.15a

团聚体和全土中 PNM 含量提高 35.13%,30.03%,42.88%,23.36%($P<0.05$),在 10—20 cm 土层,SM 处理的各粒径团聚体和全土中 PNM 含量在>2,1~0.25,<0.25 mm 粒径团聚体和全土中 PNM 含量均显著高于 CK 处理。在 0—20 cm 土层,<0.25 mm 粒径团聚体中 PNM 含量在各粒径团聚体中最大,且在 0—10 cm 土层,>2 mm 粒径团聚体中 PNM 含量最低,在 10—20 cm 土层,PNM 含量最低出现在 2~1 mm 粒径团聚体中。

表 5 不同覆盖条件下土壤团聚体微生物量氮贡献率

单位: %

土层深度/cm	处理	>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm
0—10	CK	24.92b	21.57a	32.60a	20.92a
	SM	50.31a	21.15a	15.01b	13.54b
	PM	34.27b	19.82a	26.66a	19.25a
10—20	CK	43.32b	10.54a	26.24a	19.90a
	SM	56.27a	10.67a	19.49b	13.57b
	PM	50.25ab	11.97a	21.34ab	16.44ab

表 6 不同覆盖条件下土壤团聚体潜在可矿化氮含量 单位:mg/kg

土层深度/cm	处理	>2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.25 mm	<0.25 mm	全土
0—10	CK	19.64b	26.12a	23.24b	27.52b	23.67b
	SM	26.54a	30.36a	30.22a	39.32a	29.20a
	PM	21.00b	25.07a	22.51b	36.42a	24.37b
10—20	CK	18.54b	14.57a	18.62b	23.77b	18.79b
	SM	23.84a	16.40a	24.45a	31.49a	23.69a
	PM	17.35b	15.49a	20.42b	31.02a	19.58b

从表 7 可以看出,各粒径团聚体 PNM 含量在各处理条件下总土中的贡献率表现出不同的变化特征。从各处理平均值来看,SM 和 PM 处理在 0—10,10—

20 cm 土层,>2.00 mm 粒径团聚体 STN 贡献率最高,虽<0.25 mm 粒径团聚体中 PNM 含量较其他粒径高,但<0.25 mm 粒径团聚体 PNM 贡献率并不

高。 <0.25 mm 粒径团聚体 PNM 贡献率变化范围为 14.77%~22.09%, 仅有 23% 以下的 PNM 储存在 <0.25 mm 粒径团聚体中。在 0—10 cm 土层, 与 CK 处理相比, SM 处理提高了 >2.00 mm 粒径团聚体 PNM 贡献率 ($P<0.05$), 但降低了 1.00~0.25 mm 粒径团聚体 PNM 贡献率; 在 10—20 cm 土层, 与 CK 处理相比, SM 和 PM 处理提高了 >2.00 mm 粒径团聚体 PNM 贡献率, 但未达到显著性差异。

表 7 不同覆盖条件下土壤团聚体潜在可矿化氮贡献率
单位: %

土层 深度/cm	处理	>2.00 mm	$2.00\sim1.00$ mm	$1.00\sim0.25$ mm	<0.25 mm
0—10	CK	22.14b	23.52a	34.22a	20.12ab
	SM	47.86a	20.20a	17.18b	14.77b
	PM	33.44b	19.53a	24.94ab	22.09a
10—20	CK	40.65a	14.03a	24.34a	20.99a
	SM	50.84a	11.93a	20.59a	16.63a
	PM	42.55a	13.92a	21.82a	21.71a

3 讨论

3.1 秸秆和地膜覆盖对团聚体分布特征的影响

土壤质量和土壤结构密不可分, 各粒径团聚体合理分布有利于土壤结构^[18]。本文中, 除对照处理在 0—10 cm 土层, 其余各处理下 >2.00 mm 粒径团聚体含量最高, 各粒径团聚体含量总体与粒径大小并无直接关系, 这与付鑫等^[18]研究结果相似, 而与何淑勤等^[19]得出的不同土地利用方式下土壤各粒径团聚体含量随粒径减少而递减不同, 可能与筛分过程粒径的分级或与试验年限不同对土壤影响不一有关。

3.2 秸秆和地膜覆盖对团聚体全氮的影响

不同粒径团聚体对土壤营养元素的保持、供应能力有所不同^[20]。本研究中, 秸秆和地膜覆盖处理下各粒径团聚体全氮含量无明显变化。可能是秸秆覆盖后, 秸秆腐解虽然可以向土壤中输入部分氮素, 但也促进全氮含量在不同粒径团聚体中的转移, 而地膜覆盖后使地面温度升高^[21-23], 随土层深度增加, 增温效果减弱, 对不同土壤土层氮素矿化起到不同的作用。不同覆盖处理全氮含量最高均出现在 <0.25 mm 粒径团聚体中, 且各粒径团聚体在同一处理下全氮含量随土层深度增加而减少。这是因为粒径小的团聚体有更大的比表面积, 因此具有较强的氮素吸附能力^[24]。这与刘晓利等^[25]研究结果不同, 后者研究得出, 全氮含量主要分布在大团聚体的大粒径中, 土壤全氮含量随团聚体粒径增大而增加。

在本研究中, 虽然 <0.25 mm 粒径团聚体氮组分含量均较其他粒径高, 但该粒径氮组分贡献率较

>2.00 mm 粒径团聚体低, 这是由于团聚体氮组分贡献率由各粒径团聚体所占比例和团聚体粒径中氮含量共同决定, 而 >2.00 mm 粒径团聚体比例较其他粒径高, 与郭天雷等^[26]和王秀娟等^[27]研究结果一致。邱莉萍等^[28]也发现, 土壤团聚体各粒径比例是影响团聚体各养分贡献率的主导因素。可见, 大团聚体是旱作冬小麦田土壤氮素的主要载体, 提高土壤大团聚体比例可在一定程度上提高土壤的固氮能力。

3.3 秸秆和地膜覆盖对团聚体微生物量氮的影响

土壤微生物是土壤养分转化和循环的直接参与者。微生物量氮是判断微生物数量标准的重要指标之一^[29]。虽然微生物量氮占全氮的含量很低(一般 2%~6%), 但对土壤条件变化反应极其灵敏^[30]。本研究中, 在 0—10 cm 土层, 秸秆覆盖处理下各粒径团聚体微生物量氮含量明显增加; 在 10—20 cm 土层, 秸秆覆盖处理对不同粒径团聚体中微生物量氮含量没有明显变化。这是因为秸秆腐解后进入土壤, 通过为微生物提供碳氮养分来促进微生物生长, 而在 10—20 cm 土层这种作用减弱, 不会引起各粒径团聚体中微生物量氮含量明显的增加。地膜覆盖处理对不同粒径团聚体中微生物量氮含量没有显著性的改变, 这可能是地膜覆盖后减弱了地面空气与土壤空气的交换, 二氧化碳浓度增加, 对微生物活性起到抑制作用^[31]。团聚体中微生物量氮含量可以对土壤条件做出迅速反应, 影响因素较多, 地膜覆盖对团聚体中微生物量氮的影响尚需研究。本研究中, <0.25 mm 粒径团聚体中微生物量氮含量多数大于 >0.25 mm 粒径团聚体, 原因可能是 >0.25 mm 粒径团聚体具有良好的透气性, 氮循环周转速度快, 微生物缺乏足够的养分来维持自身生长与繁殖, 不利于团聚体中微生物量氮的积累。

本研究结果表明, 虽然 <0.25 mm 粒径团聚体微生物量氮含量均高于其他粒径, 但该粒径团聚体微生物量氮贡献率较其他粒径低。这与各粒径团聚体全氮关系一致。秸秆覆盖明显提高了大团聚体微生物量氮的贡献率, 减少了微团聚体微生物量氮的贡献率, 这主要因为秸秆覆盖后有利于大团聚体的形成^[32-33]; 又因秸秆覆盖处理可以提高各粒径团聚体氮含量, 所以大团聚体的微生物量氮贡献率提高并不是团聚体微生物量氮提高的主要原因。

3.4 秸秆和地膜覆盖对团聚体潜在可矿化氮的影响

土壤潜在可矿化氮含量可以表征土壤微生物活性, 各粒径团聚体潜在可矿化氮含量可表征各粒径团聚体中微生物活性^[34]。本文中, 秸秆覆盖处理各粒径团聚体中潜在可矿化氮含量明显增加, 原因可能是秸秆覆盖处

理后的腐解过程,加速矿质氮转化为可矿化有机氮的过程,有利于团聚体有机氮素积累。地膜覆盖处理下微团聚体中潜在可矿化氮含量明显增加,原因可能是地膜覆盖提高了地表温度和水分的含量^[35],更有利于土壤中氮素的矿化,而微团聚体拥有较小的比表面积,吸附的氮素抵消了一部分矿化的氮素。在相同处理下各粒径团聚体中,潜在可矿化氮含量最高值均在微团聚体中,原因可能是微团聚体的比表面积更大,吸附氮素的能力更强,微团聚体没有大团聚体良好的透气性能,不利于氮的转化,利于氮素的积累。

在本研究中,虽然<0.25 mm 粒径团聚体潜在可矿化氮含量均高于其他粒径,但该粒径团聚体潜在可矿化氮贡献率低于>2.00,1.00~0.25 mm 粒径团聚体,这与之前讨论的团聚体全氮及微生物量氮的关系一致。可见,微团聚体在作为潜在可矿化氮的载体方面不如大团聚体,秸秆覆盖有利于微团聚体向大团聚体转化,秸秆覆盖较地膜覆盖增加了大团聚体潜在可矿化氮的贡献率。

4 结论

(1)除 CK 处理在 0—10 cm 土层,其余各处理下>2.00 mm 粒径团聚体含量最高,各粒径团聚体含量总体与粒径大小并无直接关系。

(2)与 CK 处理相比,SM 处理下 0—10,10—20 cm 土层各粒径团聚体 STN 含量无明显变化。SM 处理在 0—10 cm 土层各粒径团聚体中 MBN 含量明显增加,同时也增加各粒径团聚体中 PNM 含量。

(3)在 0—10,10—20 cm 土层,PM 较 CK 处理相比仅对微团聚体中 PNM 含量有显著增加,且对各粒径团聚体 STN 含量无明显影响。

(4)SM 处理提高了 0—10,10—20 cm 土层大团聚体比例,土壤氮组分主要储存在大团聚体中,微团聚体氮组分对土壤 STN 贡献率较低。SM 处理较其他处理明显提高 0—10,10—20 cm 土层>2.00 mm 粒径团聚体 STN、MBN、PNM 的贡献率。

参考文献:

[1] 王景燕,胡庭兴,龚伟,等.川南坡地不同退耕模式对土壤团粒结构分形特征的影响[J].应用生态学报,2010,21(6):1410-1416.

[2] Algayer B, Bissonnais Y L, Darboux F. Short-term dynamics of soil aggregate stability in the field [J]. Soil Science Society of America Journal,2014,78(4):1168-1176.

[3] 武均,蔡立群,齐鹏,等.不同耕作措施下旱作农田土壤团聚体中有机碳和全氮分布特征[J].中国生态农业学报,2015,23(3):276-284

[4] Sainju U M, Lenssen A, Caesar-Thonthat T, et al. Dryland

plant biomass and soil carbon and nitrogen fractions on transient land as influenced by tillage and crop rotation [J]. Soil and Tillage Research,2007,93(2):452-461.

[5] 毛海兰,付鑫,赵丹丹,等.秸秆与地膜覆盖条件下旱作玉米田土壤氮组分生长季动态[J].水土保持学报,2018,32(4):246-254.

[6] 张彤勋,皮小敏,孙本华,等.秸秆与地膜覆盖对旱作土娄土碳氮组分的影响[J].西北农业学报,2018,27(8):1225-1233.

[7] 巩文峰,李玲玲,张晓萍,等.保护性耕作对黄土高原旱地表层土壤理化性质变化的影响[J].中国农学通报,2013,29(32):280-285.

[8] 贾会娟.西南丘陵区保护性耕作下旱作农田土壤有机碳、氮相关组分的研究[D].重庆:西南大学,2015.

[9] 付鑫,王俊,张祺,等.秸秆和地膜覆盖对渭北旱作玉米农田土壤氮组分与产量的影响[J].生态学报,2018,38(19):6912-6920.

[10] 杨小敏.黄土旱作区不同覆盖耕作措施下产量和肥力变化研究[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2014.

[11] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J].中国农业科学,2006,39(5):1069-1075.

[12] 李蓉蓉,毛海兰.地表覆盖方式对黄土旱塬区土壤碳氮的影响[J].广东农业科学,2017,44(1):76-81.

[13] 张彤勋,皮小敏,孙本华,等.秸秆与地膜覆盖对旱作土娄土碳氮组分的影响[J].西北农业学报,2018,27(8):1225-1233.

[14] 武均,蔡立群,罗迪,等.不同耕作措施对陇中黄土高原雨养农田土壤团聚体稳定性和 C、N、P 的影响[J].水土保持学报,2014,28(6):234-239.

[15] 王海霞,孙红霞,韩清芳,等.免耕条件下秸秆覆盖对旱地小麦田土壤团聚体的影响[J].应用生态学报,2012,23(4):1025-1030.

[16] 李文宣.森林土壤有机质与氮素供应研究[J].林业勘察设计,2008(1):107-110.

[17] 中科院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978:470-474.

[18] 付鑫,王俊,赵丹丹.覆盖方式对旱作小麦田土壤团聚体有机碳的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(6):163-169,183.

[19] 何淑勤,郑子成.不同土地利用方式下土壤团聚体的分布及其有机碳含量的变化[J].水土保持通报,2010,30(1):7-10.

[20] 王艳玲,蒋发辉,徐江兵,等.长期配施有机肥对旱地红壤微团聚体中有机碳含量的影响[J].土壤通报,2018,49(2):377-384.

[21] Peeyush S, Vikas A, Sharma R K. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India [J]. European Journal of Agronomy,2010,34(1):46-51.

- [12] 侯朋福,薛利祥,俞映惊,等.缓控释肥侧深施对稻田氨挥发排放的控制效果[J].环境科学,2017,38(12):5326-5332.
- [13] 薛利红,俞映惊,杨林章.太湖流域稻田不同氮肥管理模式下的氮素平衡特征及环境效应评价[J].环境科学,2011,32(4):1133-1138.
- [14] 王强,杨京平,陈俊,等.非完全淹水条件下稻田表面水体中三氮的动态变化特征研究[J].应用生态学报,2004,14(7):1182-1186.
- [15] 俞映惊,薛利红,杨林章.太湖地区稻田不同氮肥管理模式下氨挥发特征研究[J].农业环境科学学报,2013,32(8):1682-1689.
- [16] 马昕,杨艳明,刘智蕾,等.机械侧深施控释掺混肥提高寒地水稻的产量和效益[J].植物营养与肥料学报,2017,23(4):1095-1103.
- [17] 鲁立明,陈少杰,蒋琪.侧深施肥技术对机插早稻产量的影响[J].中国稻米,2018,24(6):93-94.
- [18] 国家环保总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [19] 叶玉适,梁新强,金熠,等.节水灌溉与控释肥施用对稻田田面水氮素变化及径流损失的影响[J].水土保持学报,2014,28(5):105-118.
- [20] Zhang S J, Wang L, Ma F, et al. Reducing nitrogen runoff from paddy fields with arbuscular mycorrhizal fungi under different fertilizer regimes [J]. Journal of Environmental Sciences, 2016,46:92-100.
- [21] Xu J Z, Peng S Z, Yang S H, et al. Ammonia volatilization losses from a rice paddy with different irrigation and nitrogen managements [J]. Agricultural Water Management,2012,104:184-192.
- [22] Huang N B, Sun B L, Li R R, et al. A field-scale observation method for non-point source pollution of paddy fields [J]. Agricultural Water Management,2014,146:305-313.
- [23] 李忠芳,张水清,李慧,等.长期施肥下我国水稻土基础地力变化趋势[J].植物营养与肥料学报,2015,21(6):1394-1402.
- [24] Wei H Y, Chen Z F, Xing Z P, et al. Effects of slow or controlled release fertilizer types and fertilization modes on yield and quality of rice [J]. Journal of Integrative Agriculture,2018,17(10):2222-2234.
- [25] Pan S G, Wen X C, Wang Z M, et al. Benefits of mechanized deep placement of nitrogen fertilizer in direct-seeded rice in South China [J]. Field Crops Research,2017,203(1):139-149.
- [26] Ke J, He R C, Hou P F, et al. Combined controlled-released nitrogen fertilizers and deep placement effects of N leaching, rice yield and N recovery in machine-transplanted rice [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2018,265(1):402-412.
- (上接第 241 页)
- [22] Li M Z, Li F M, Jin S L, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China [J]. Field Crops Research,2009,113(1):41-47.
- [23] 王勇,宋尚有,樊廷录,等.黄土高原旱地秋覆膜及氮肥秋基春追比例对春玉米产量和品质的影响[J].中国农业科学,2012,45(3):460-470.
- [24] 郭雪姣,艾应伟,王克秀,等.不同年限铁路边坡人工土壤团聚体中碳氮磷分布特征[J].水土保持学报,2015,29(4):207-211,217.
- [25] 刘晓利,何园球,李成亮,等.不同利用方式旱地红壤水稳性团聚体及其碳、氮、磷分布特征[J].土壤学报,2009,46(2):255-262.
- [26] 郭天雷,史东梅,卢阳,等.几种保护措施对紫色丘陵区坡耕地土壤团聚体结构及有机碳的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):197-203.
- [27] 王秀娟,解占军,董环,等.秸秆还田对玉米产量和土壤团聚体组成及有机碳分布的影响[J].玉米科学,2018,26(1):108-115.
- [28] 邱莉萍,张兴昌,张晋爱.黄土高原长期培肥土壤团聚体中养分和酶的分布[J].生态学报,2006,26(2):364-372.
- [29] 任江波,李钠钾,秦平伟,等.不同覆盖材料对土壤理化性状和微生物量碳氮含量的影响[J].西南农业学报,2018,31(10):2140-2145.
- [30] Hargreaves P R, Brookes P C, Gjs R, et al. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change [J]. Soil Biology & Biochemistry,2003,35(3):401-407.
- [31] 付鑫,王俊,赵丹丹.地膜覆盖对黄土高原旱作春玉米田土壤碳氮组分的影响[J].水土保持学报,2017,31(3):239-243.
- [32] 孙元宏,高雪莹,赵兴敏,等.添加玉米秸秆对白浆土重组有机碳及团聚体组成的影响[J].土壤学报,2017,54(4):1009-1017.
- [33] Gu C, Liu Y, Mohamed I, et al. Dynamic changes of soil surface organic carbon under different mulching practices in citrus orchards on sloping land [J]. PLoS One, 2016,11(12):e0168384.
- [34] Sainju U M, Caesartonthat T, Jabro J D. Carbon and nitrogen fractions in dryland soil aggregates affected by long-term tillage and cropping sequence [J]. Soil Science Society of America Journal, 2009,73(5):1488-1495.
- [35] Park E J, Woo J S, Smucker A J M. Glucose additions to aggregates subjected to drying/wetting cycles promote carbon sequestration and aggregate stability [J]. Soil Biology and Biochemistry,2007,39(11):2758-2768.