

地面覆盖对核桃园土壤团聚体分布及其化学计量特征的影响

孙萌¹, 梁曼曼¹, 李寒¹, 李保国^{1,2}, 齐国辉^{1,2}, 张雪梅^{1,2}

(1. 河北农业大学林学院/河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 河北 保定 071000;

2. 河北省核桃工程技术研究中心, 河北 临城 054300)

摘要: 为探明地面覆盖对核桃园土壤团聚体特征的影响, 研究了地面覆盖后核桃园土壤的微团聚体分布、大团聚体分布及大团聚体化学计量特征。结果表明: 在 20—40 cm 土层, 覆盖有机肥处理的 10~150 μm 粒径的微团聚体百分含量为 84.52%, 较对照提高了 3.7%; 1~5 mm 粒径的大团聚体百分含量为 47.74%, 较对照提高了 56.8%; >5 mm 粒径的大团聚体百分含量为 33.04%, 较对照降低了 49.5%。覆盖处理显著提高了土壤全效养分含量, 在 0—20 cm 土层, 覆盖有机肥处理的所有径级团聚体全氮、全磷、总有机碳含量均值分别为 1.04, 0.81, 14.39 g/kg, 为对照的 2.9, 5.1, 1.4 倍; 覆盖碎木屑处理的所有径级团聚体全氮、全磷、总有机碳含量均值分别为 0.61, 0.32, 7.42 g/kg, 为对照的 1.7, 1.0, 2.3 倍。覆盖处理在不同程度上提高了土壤团聚体的 C/N、C/P 和 N/P, 覆盖有机肥处理的土壤团聚体 C/N、C/P 和 N/P 的变化范围分别为 8.29~22.65, 4.45~27.18, 0.44~1.89, 而覆盖碎木屑处理的变化范围分别为 4.09~29.60, 5.32~59.88, 1.04~3.29, 对照为 4.71~12.24, 10.08~25.42, 0.86~3.10。综上可知, 地面覆盖显著提高了较大团聚体百分含量, 显著降低了微团聚体百分含量和 >5 mm 径级的团聚体百分含量, 不同程度提高了各粒径团聚体的有机碳、全氮、全磷含量、C/N 和 C/P。

关键词: 地面覆盖; 核桃园; 土壤团聚体; 化学计量特征

中图分类号: S153; S664.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)04-0127-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.04.021

Effects of Mulching on Soil Aggregate Distribution and Stoichiometry in Walnut Orchard

SUN Meng¹, LIANG Manman¹, LI Han¹, LI Baoguo^{1,2}, QI Guohui^{1,2}, ZHANG Xuemei^{1,2}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei/Key Lab of Genetic Resource of Forest and Forest Protection of Hebei Province, Baoding, Hebei 071000; 2. Research Center for Walnut Engineering and Technology of Hebei, Lincheng, Hebei 054300)

Abstract: To confirm the effects of mulching on soil aggregate characteristics, the distribution of micro-aggregate and macro-aggregate and also stoichiometry of macro-aggregate were explored. In the 20—40 cm soil layer mulched with manure, the percentage of the 10~150 μm micro-aggregate was 84.5%, which was 3.7% higher than control, while the percentages of the 1~5 mm macro-aggregate and the >5 mm macro-aggregate were 47.74% and 33.04%, respectively, and the corresponding changes were 56.8% and 49.5% compared with control. In the 0—20 cm soil layer, total N, total P, TOC of all soil aggregates mulched with manure were, on average, 1.04, 0.81 and 14.39 g/kg, respectively, which were 2.9, 5.1, 1.4 times that measured in control, and the corresponding values under treatment with wood chips were 0.61, 0.32, and 7.42 g/kg, respectively, which were 1.7, 1.0, 2.3 times that measured in control. The C/N, C/P, N/P ranges of soil aggregate mulched with manure were 8.29~22.65, 4.45~27.18 and 0.44~1.89, respectively, and the ranges of that of wood chips were 4.09~29.60, 5.32~59.88 and 1.04~3.29, respectively, while the control were 4.71~12.24, 10.08~25.42 and 0.86~3.10, respectively. In all, mulching promotes the percentage of the 1~5 mm macro-aggregate and weaken the >5 mm macro-aggregate and micro-aggregate. Moreover, the total N, P, TOC and C/N, C/P of the soil aggregates were all increased in degree with muchling.

Keywords: mulching; walnut; soil aggregates; stoichiometry

土壤团聚体指土壤颗粒通过各种自然过程的作用而形成的直径 $<10\text{ mm}$ 的结构单位,直径 $>0.25\text{ mm}$ 的团聚状结构单位称为大团聚体,直径 $<0.25\text{ mm}$ 的团聚状结构单位称为微团聚体。土壤团聚体是土壤的重要组成部分,其形成是土壤微生物、植物根系以及复杂的物理化学过程的作用结果,团聚体的多少决定着土壤的肥沃程度,其不仅保证了土壤的良好通气性,也使土壤有良好的供肥性^[1],因此,研究提高团聚体数量的土壤管理措施具有重要意义。不同粒径的土壤团聚体的 C、N 和 P 的存在形态及有效性不尽相同,直接决定着土壤的肥力状况^[2],在了解土壤团聚体分布的同时,明确各级团聚体 C、N、P 的化学计量特征也是十分必要的。

土壤团聚体化学计量特征研究是通过分析土壤团聚体中各种元素(主要是 C、N、P)的化学计量比,来了解土壤生态系统中的养分元素转化与循环的过程。近年来,国内外关于土壤团聚体化学计量特征及团聚体稳定性的研究较多,一方面是林龄、生态环境及种植年限对林地土壤团聚体特征的影响^[2-6];另一方面是不同的耕作措施、施肥方式、秸秆还田及土地利用方式等对土壤团聚体特征的影响^[1,7-14],但关于地面覆盖对土壤团聚体特征的影响研究很少。地面覆盖是一种重要的土壤管理措施,在美国、日本等国家早已广泛应用,但在国内应用范围还不是很广泛。有研究表明,地面覆盖可以减轻雨水对地面土壤的冲击及人畜的干扰,保持表土不被压实而下沉,并可以消除阳光暴晒而引起的表土硬结龟裂,使土壤保持良好的结构,团粒结构数量增加,土壤团聚体数量增加^[15]。特别是有机覆盖可以在很大程度上促进土壤团粒结构的形成^[15],土壤有机碳是团聚体形成的胶黏剂,王海霞等^[16]研究指出,与清耕相比,免耕秸秆覆盖的土壤 $>0.25\text{ mm}$ 径级的机械稳定性团聚体和水稳性团聚体的含量可分别增加 $13.0\%\sim 26.4\%$ 和 $18.6\%\sim 45.6\%$,土壤不稳定团粒含量有下降趋势。但是,关于地面覆盖对土壤团聚体的影响主要集中在大田作物上,且大多是短期覆盖效应,因此,研究连年地面覆盖对经济林园区土壤团聚体的影响具备一定的实际意义。核桃(*Juglans regia* L.)是我国重要的经济林树种之一,不仅营养价值高,经济效益也相当可观。近年来,我国核桃的栽培面积大幅度上升,已经成为我国山区老百姓脱贫致富的支柱产业。因此,研究地面覆盖对核桃园土壤团聚体分布及其化学计量特征的影响具有重要意义,可为探明地面覆盖效应提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地在河北绿岭果业有限公司侯家韩核桃示范基地。该地位于太行山南段东麓临城县丘陵区,海拔 $80\sim 135\text{ m}$,土壤质地为壤土,土壤 pH 为 7.3,年均降水量 521 mm ,年均气温 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最高气温 $41.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最低气温为 $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 202 d ,年均日照 $2\,653\text{ h}$ 。2016 年 5—8 月份的累积降雨量分别为 $54.3, 81.6, 363.6, 178.8\text{ mm}$ 。其中,7 月 19,20 日,邢台市大部分地区出现百年不遇的强降雨,部分地区遭受洪涝灾害,试验区内未遭灾,但降雨量亦达到 300 mm 。

1.2 试验设计及方法

1.2.1 试验设计 本试验始于 2012 年,以 2007 年春季栽植的核桃一苜蓿复合林为试验地,株行距为 $3\text{ m}\times 5\text{ m}$,选择生长发育良好,树势相对一致的“绿岭”核桃树 90 株,试验设行内覆盖有机肥,覆盖碎木屑和对照 3 个处理,随机区组设计,每个小区 10 株,3 次重复,分别于 2012 年、2014 年和 2016 年 4 月上旬,即每隔 1 年覆盖 1 次,将覆盖材料覆盖到树行内,覆盖厚度为 10 cm ,以不覆盖为对照(有机肥为干鸡粪,碎木屑为粉碎的核桃枝条)。其中,覆盖碎木屑处理及对照按照传统方式施有机肥,覆盖有机肥处理不再额外施有机肥,其他均为常规管理。

1.2.2 试验方法

(1)样品采集及处理。于 2016 年 11 月 15 日,在每个处理内挖 80 cm 深的土壤剖面,用剖面刀分 $0\sim 20, 20\sim 40, 40\sim 60, 60\sim 80\text{ cm}$ 四个土层取土,取约 1 kg 土带回实验室,将原状大块土沿其自然结构轻掰成直径约为 1 cm 左右的小土块,剔除石块及动植物残体,风干。为了避免颗粒分组对土壤氮和磷组分的影响,本文采用干筛法对大团聚体进行分组,方法为:把孔径分别为 $5, 2, 1, 0.5, 0.25\text{ mm}$ 的 5 个系列土壤筛由上至下套合,放置在筛底上,称 500 g 左右的风干土于最上面的土壤筛中,加盖后用人工手筛方法把风干土筛分为 6 个粒径组,即 $>5, 2\sim 5, 1\sim 2, 0.5\sim 1, 0.25\sim 0.5, <0.25\text{ mm}$ 。经筛分的各级大团聚体分别准确称重,用于土壤有机 C、N 和 P 的分析。再将粒径 $<0.25\text{ mm}$ 的团聚体用激光粒度分布仪测定微团聚体分布状况。

(2)测定方法。土壤团聚体有机 C 含量采用重铬酸钾容量法^[17]测定;全 N、全 P 含量均采用消煮液进行测定,全 N 采用 AA3 型连续流动分析仪^[18]进行测定,全 P 采用钼锑钒分光光度比色法^[17]进行测定。

1.2.3 数据分析方法 数据采用 Duncan LSR 法进行统计分析。方差分析(单因素 ANOVA)后, Duncan 新复极差法进行多重比较,首先列出平均数多重比较表,将

各极差与相应的最小显著极差 $LSR_{0.05}$ 、 $LSR_{0.01}$ 进行比较,从而获得差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 地面覆盖对土壤团聚体分布状况的影响

2.1.1 地面覆盖对土壤微团聚体分布状况的影响

不同覆盖处理的土壤微团聚体粒径分布状况见表 1。由表 1 可知,所有处理的土壤微团聚体均集中分布在 10~150 μm 之间,达 75% 以上,其他粒径的土壤微团聚体所占比重较小。在 0—20 cm 土层,有机肥覆盖处理 150~250 μm 粒径的团聚体百分含量最高,极显著高于覆盖碎木屑处理及对照,为对照的 2.2 倍;覆盖处理 50~150 μm 粒径的团聚体百分含量显著高于对照,较对照提高了 3% 左右;而覆盖处理 0.02~1 μm 、2~5 μm 粒径的团聚体百分含量显著低于对照,最高降低了 24.3%,9.3%。说明覆盖提

高了土壤较大微团聚体百分比,减少了较小团聚体的百分比。在 20—40 cm 土层,除 150~250 μm 粒径的团聚体以外,覆盖处理 0.02~150 μm 粒径的团聚体百分含量均高于对照,0.02~1,2~5,10~50 μm 粒径的团聚体达到显著水平,较对照提高了 25% 以上。在 40—60 cm 土层,覆盖有机肥处理的 0.02~1,2~5,50~150,150~250 μm 的团聚体含量最高,均显著高于其他处理,覆盖碎木屑处理的 5~50 μm 粒径的团聚体百分含量最高,均显著高于其他处理。在 60—80 cm 土层,覆盖处理的 0.02~10 μm 粒径的团聚体百分含量显著高于对照,处理间无显著差异;而 10~150 μm 粒径的团聚体百分含量却显著低于对照,处理间无显著差异。由此可知,地面覆盖可以在一定程度上促进了较小微团聚体向较大微团聚体的转变,但随着土层的加深,覆盖效应下降。

表 1 不同覆盖处理土壤微团聚体粒径分布状况

土层 深度/cm	处理	土壤微团聚体粒径分布/%						
		0.02~1 μm	1~2 μm	2~5 μm	5~10 μm	10~50 μm	50~150 μm	150~250 μm
0—20	有机肥覆盖	2.89±0.22b	2.18±0.31a	7.16±0.88ab	6.14±0.77a	38.24±4.12b	41.12±6.32a	2.27±0.58Aa
	碎木屑覆盖	2.93±0.31b	2.20±0.36a	6.89±1.09b	6.16±0.95a	39.74±7.02a	41.27±5.23a	0.81±0.12Bb
	对照	3.82±0.37a	2.10±0.32a	7.60±1.03a	6.06±1.12a	39.60±3.25a	40.11±8.24b	0.70±0.03Bb
20—40	有机肥覆盖	2.24±0.34a	2.00±0.34ab	5.27±1.32b	5.83±0.85b	38.60±2.35b	45.92±4.21a	0.14±0.05Bc
	碎木屑覆盖	2.02±0.33a	2.24±0.29a	7.03±1.25a	6.31±1.06a	44.60±3.45a	36.98±4.56b	0.83±0.12Bb
	对照	1.58±0.28b	1.72±0.37b	4.55±0.26c	5.41±0.64b	35.88±3.65c	45.23±5.32a	2.61±0.86Aa
40—60	有机肥覆盖	3.14±0.47a	1.97±0.37a	7.04±0.98a	5.68±0.88b	34.58±3.98c	46.88±8.01a	0.71±0.08a
	碎木屑覆盖	1.90±0.67b	2.07±0.34a	6.51±0.78b	6.21±0.79a	42.01±4.56a	41.08±3.64c	0.22±0.03b
	对照	1.91±0.68b	2.15±0.33a	6.85±0.56ab	5.45±0.65b	39.41±4.98b	43.91±4.02b	0.31±0.02b
60—80	有机肥覆盖	3.57±0.89a	2.77±0.28a	8.66±0.42a	7.21±0.87a	37.57±7.82b	39.12±5.33b	1.09±0.23a
	碎木屑覆盖	3.66±0.91a	2.74±0.47a	8.63±0.64a	7.15±0.96a	37.69±6.25b	39.80±6.22b	0.33±0.08b
	对照	2.14±0.19b	2.39±0.33a	7.46±1.21b	6.52±0.15b	40.10±5.63a	41.07±2.86a	0.33±0.07b

注:各土层同列不同大写字母表示在 0.01 水平上差异极显著;不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.1.2 地面覆盖对土壤大团聚体分布状况的影响 不同覆盖处理的土壤大团聚体粒径分布状况见表 2。由表 2 可知,覆盖处理的土壤大团聚体均分布在 0.5~5 mm 粒径间,0.5 mm 以下的土壤团聚体所占比重较小,与对照相比,覆盖处理显著减少了>5 mm 粒径团聚体的百分比,较对照降低了 2~3 倍,尤其是 0—40 cm 土层。有研究^[19]表明,>5 mm 粒径的团聚体属于块状结构体,在土壤质地黏重,有机质含量低的土壤中容易形成,该结构孔性较差,不利于树体生长。在 0—20 cm 土层,与对照相比,覆盖有机肥处理的各级土壤团聚体分布较均匀,0.5~5 mm 粒径的土壤团聚体百分含量达 70% 以上,显著高于覆盖碎木屑处理,显著高于对照,提高幅度分别为 53.5% 和 28.2%。在 20—40 cm 土层,与 0—20 cm 类似,覆盖处理的土壤团聚体分布较均匀,0.5~5 mm 粒径的土壤团聚体百分含量为 60% 左右,而对照仅 30%。40—80 cm

土层,各处理各级土壤团聚体分布一致,这是由于深层土壤本身性质稳定,各级土壤团聚体分布均匀。

2.2 不同覆盖处理土壤团聚体有机碳、全氮、全磷含量分布特征

2.2.1 不同覆盖处理土壤团聚体全氮含量分布特征

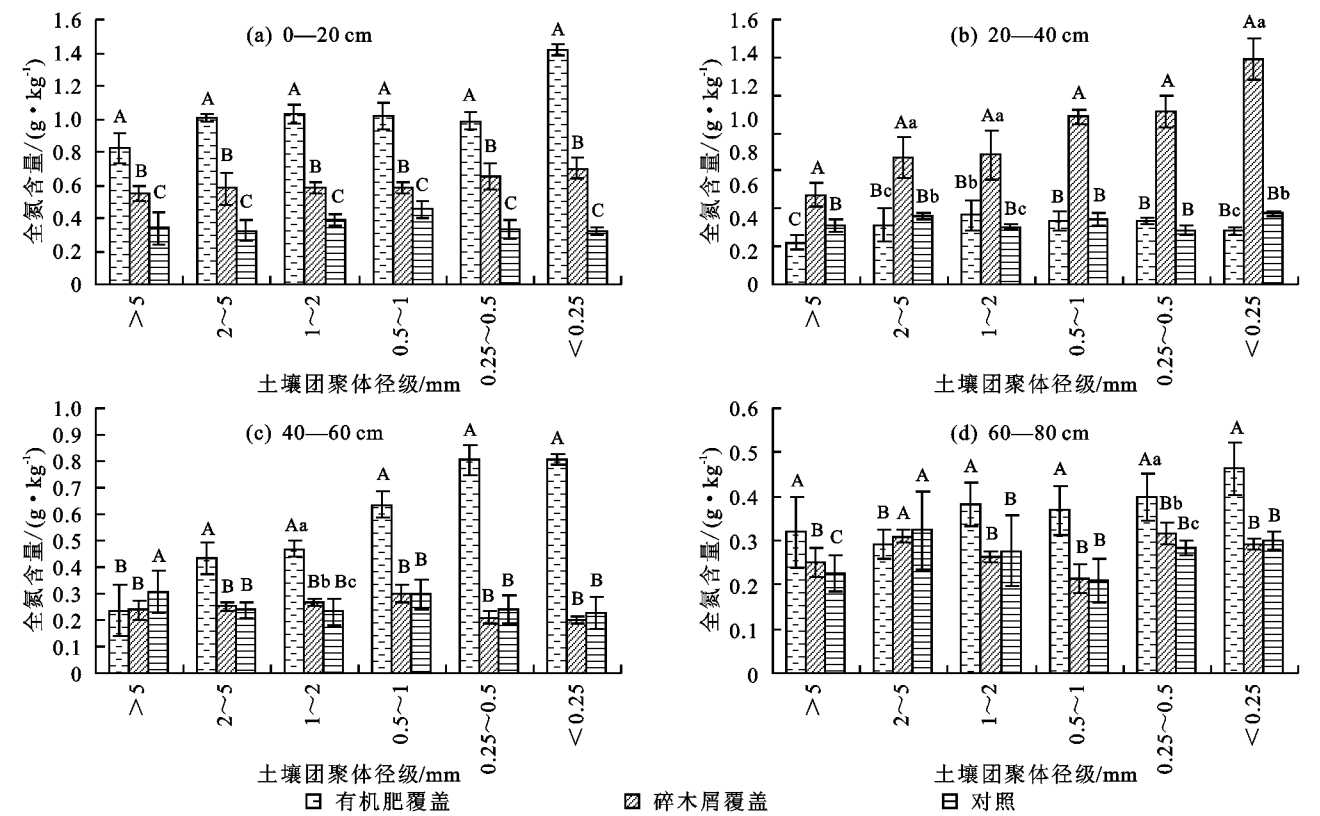
不同覆盖处理土壤团聚体全氮含量分布特征见图 1。由图 1a 可知,在 0—20 cm 土层,所有处理各径级土壤团聚体的全氮含量之间均呈极显著差异,表现为覆盖有机肥处理极显著高于覆盖碎木屑处理和对照。由图 1b 可知,在 20—40 cm 土层,覆盖碎木屑处理的各径级团聚体的全氮含量均极显著高于覆盖有机肥处理和对照;有机肥覆盖处理的 1~2 mm 的团聚体全氮含量显著高于对照,而>5 mm 的团聚体极显著低于对照,2~5 mm 和<0.25 mm 的团聚体显著低于对照,其他径级间无显著差异。由图 1c 可知,在 40—60 cm 土层,除>5 mm 的团聚体外,有机肥处理

其他径级团聚体的全氮含量均极显著高于碎木屑处理及对照;覆盖碎木屑处理 1~2 mm 团聚体的全氮含量显著高于对照,其他径级间无显著差异。由图 1d 可知,在 60—80 cm 土层,除 2~5 mm 径级外,覆盖有机

肥处理的所有径级团聚体的全氮含量均极显著高于覆盖碎木屑处理和对照。覆盖碎木屑处理的>5 mm 团聚体的全氮含量极显著高于对照,0.25~0.5 mm 团聚体显著高于对照,其他径级间无显著差异。

表 2 不同覆盖处理土壤大团聚体粒径分布状况

土层深度/cm	处理	土壤大团聚体粒径分布/%					
		>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm
0—20	有机肥覆盖	15.90±0.98C	25.75±1.28B	22.39±1.45A	24.12±1.02A	7.68±0.85A	4.15±0.34A
	碎木屑覆盖	33.48±1.62B	28.49±1.13A	17.12±1.96B	14.72±1.21B	3.80±0.32B	2.38±0.86B
	对照	50.58±2.03A	25.85±1.09B	14.31±1.35C	6.91±0.88C	1.00±0.57C	1.35±0.74C
20—40	有机肥覆盖	33.04±1.05B	29.79±1.68a	17.95±1.37Ab	14.09±1.01Aa	2.71±0.56a	2.42±0.72a
	碎木屑覆盖	34.97±1.55B	28.72±1.22b	19.17±1.85Aa	13.21±1.08Ab	2.31±0.52a	1.61±0.25b
	对照	65.50±2.19A	22.77±1.30c	7.67±1.64Bc	2.88±0.32Bc	0.49±0.06b	0.69±0.72c
40—60	有机肥覆盖	32.87±0.89Aa	23.00±1.78C	15.26±1.84B	23.32±1.33A	3.37±0.74Bb	2.17±0.66A
	碎木屑覆盖	26.42±1.23Bc	26.13±2.01B	19.89±1.03A	19.28±1.12B	5.77±0.69Aa	2.50±0.41A
	对照	31.40±1.58Ab	31.61±1.83A	19.84±1.19A	13.54±1.05C	2.29±0.88Bc	1.32±0.3B
60—80	有机肥覆盖	30.36±1.77A	27.63±1.02A	17.47±1.18b	20.74±1.03b	2.03±0.35c	1.78±0.14c
	碎木屑覆盖	30.73±0.52A	20.21±1.54B	17.40±1.09b	22.75±0.87a	4.18±0.96b	4.73±0.78a
	对照	24.56±1.29B	27.47±1.68A	19.56±1.43a	19.35±0.98c	5.58±0.71a	3.47±0.11b



注:相同径级不同大写字母表示在 0.01 水平上差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

图 1 不同覆盖处理 0—80 cm 土层各径级土壤团聚体中全氮含量

2.2.2 不同覆盖处理土壤团聚体全磷含量分布特征 不同覆盖处理土壤团聚体全磷含量分布特征见图 2。由图 2a 可知,在 0—20 cm 土层,所有处理各径级土壤团聚体的全磷含量之间均呈极显著差异,表现为覆盖有机肥处理极显著高于覆盖碎木屑处理和对照。由图 2b 可知,在 20—40 cm 土层,覆盖有机肥处理 2~5,1~2,0.25~0.5 mm 团聚体的全磷含量极显著高于碎木屑

处理和对照,覆盖碎木屑处理极显著高于对照。覆盖碎木屑处理>5,0.5~1,<0.25 mm 团聚体的全磷含量极显著高于有机肥处理和对照,有机肥处理极显著高于对照。由图 2c 可知,在 40—60 cm 土层,所有处理各径级土壤团聚体的全磷含量之间均呈极显著差异,表现为覆盖有机肥处理极显著高于覆盖碎木屑处理,覆盖碎木屑处理 2~5,1~2,0.5~1 mm 团聚体全磷含量极显著高

于对照,其他径级间差异不显著。由图 2d 可知,在 60—80 cm 土层,除 >5 mm 的团聚体外,覆盖有机肥处理所有径级的全磷含量均极显著高于覆盖碎木屑处理所有径级的全磷含量均极显著高于覆盖有机肥处理和对照。

处理,除 1~2 mm 团聚体外,覆盖碎木屑处理极显著高于对照;在 >5 mm 的团聚体中,覆盖碎木屑处理的全磷含量极显著高于覆盖有机肥处理和对照。

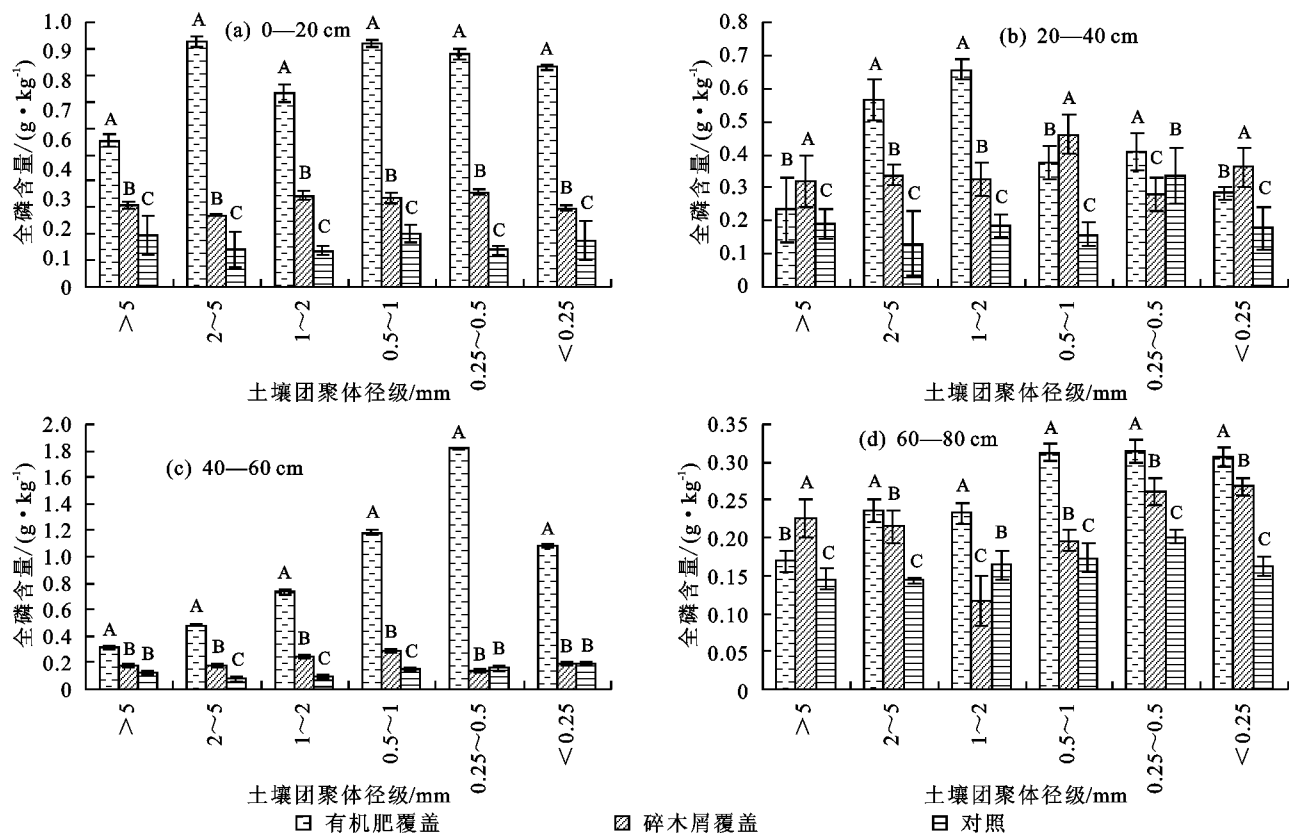


图 2 不同覆盖处理 0—80 cm 土层各径级土壤团聚体的全磷含量

2.2.3 不同覆盖处理土壤团聚体有机碳含量分布特征 不同覆盖处理土壤团聚体有机碳含量分布特征见图 3。由图 3a 可以看出,所有处理各径级土壤团聚体的有机碳含量之间均呈极显著差异,表现为覆盖有机肥处理极显著高于覆盖碎木屑处理和对照。由图 3b 可知,在 20—40 cm 土层,覆盖碎木屑处理的各径级团聚体的有机碳含量均极显著高于覆盖有机肥处理和对照,其中,在 2~5, 1~2, <0.25 mm 的团聚体中,覆盖有机肥处理的有机碳含量极显著高于对照,其他径级间无显著差异。由图 3c 可知,在 40—60 cm 土层,覆盖有机肥处理各径级土壤团聚体的有机碳含量均极显著高于碎木屑处理和对照,在 0.5~1, <0.25 mm 团聚体中,覆盖碎木屑处理的极显著高于对照,在 >5 mm 径级团聚体中,二者间无显著差异,其他径级为覆盖碎木屑处理有机碳含量极显著低于对照。由图 3d 可知,在 60—80 cm 土层,覆盖有机肥处理所有径级的有机碳含量均极显著高于对照,在 >5, 0.5~1, 0.25~0.5 和 <0.25 mm 团聚体中,覆盖碎木屑处理极显著高于对照,其他径级间无显著差异。

2.3 不同覆盖处理土壤团聚体的化学计量特征

2.3.1 不同覆盖处理土壤团聚体 C/N 不同覆盖处理土壤团聚体 C/N 见表 3。由表 3 可知,有机肥覆

盖的土壤团聚体 C/N 的变化范围为 8.29~22.65, 团聚体 C/N 平均值最大值出现在 20—40 cm 土层;覆盖碎木屑的变化范围为 4.09~29.60, 团聚体 C/N 平均值最大值亦出现在 20—40 cm 土层;对照的变化范围为 4.71~12.24, 团聚体 C/N 平均值最大值出现在 40—60 cm 土层。在 0—20 cm 土层,覆盖有机肥处理所有径级团聚体的 C/N 均显著或极显著高于对照,覆盖碎木屑处理在 0.25~1 mm 径级的团聚体 C/N 极显著高于对照,覆盖处理的最大值均出现在 0.5~1 mm 粒径中。在 20—40 cm 土层,覆盖处理所有径级的团聚体的 C/N 均极显著高于对照,覆盖有机肥处理的最大值出现在 2~5 mm 粒径中,而覆盖碎木屑处理出现在 >5 mm 粒径中。在 40—60 cm 土层中,覆盖有机肥处理仅 >2 mm 粒径的团聚体 C/N 极显著高于对照,最大值出现在 >5 mm 粒径中;覆盖碎木屑处理在 >5, 0.5~1, <0.25 mm 粒径中极显著高于对照,最大值出现在 0.5~1 mm 粒径中。在 60—80 cm 土层中,除 0.5~1 mm 以外,覆盖有机肥处理所有径级的团聚体 C/N 均极显著高于对照,覆盖碎木屑处理在 >5, 0.5~1, 0.25~0.5 mm 粒径中极显著高于对照,覆盖处理的 C/N 最大值均出现在 >5 mm 粒径中。

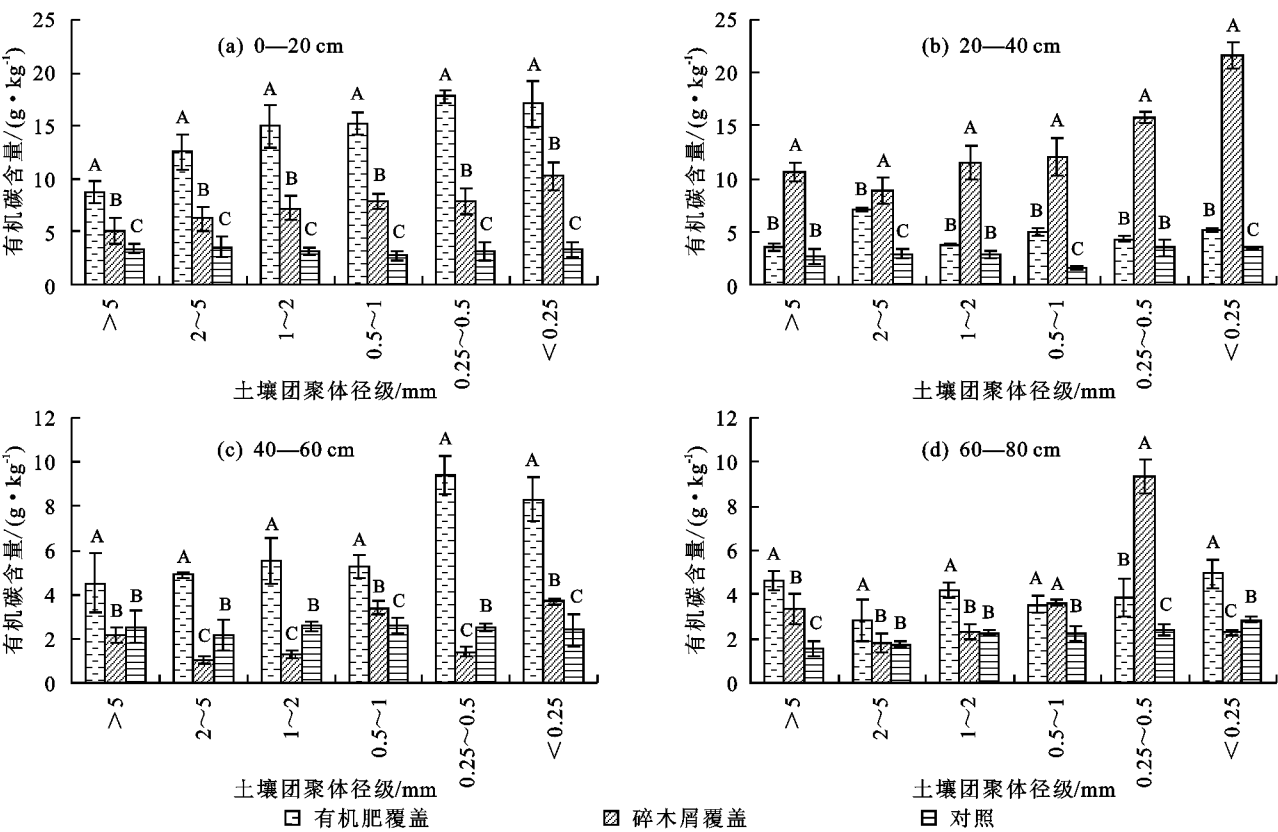


图 3 不同覆盖处理 0—80 cm 土层各径级土壤团聚体有机碳含量

表 3 不同覆盖处理土壤团聚体有机碳和全氮的化学计量特征(C/N)

土层深度/cm	处理	土壤团聚体粒径						均值
		>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	
0—20	有机肥覆盖	10.60a	12.47a	14.63A	15.02A	18.02A	14.67a	13.80
	碎木屑覆盖	9.33c	10.72b	12.49B	13.35B	12.07B	12.04b	12.11
	对照	9.94b	10.97b	8.29C	6.01C	9.30C	10.36c	9.15
20—40	有机肥覆盖	16.02B	22.65A	10.36Bb	14.87Aa	13.00Bb	18.01A	15.82
	碎木屑覆盖	22.47A	13.21B	16.90Aa	13.68Ab	17.24Aa	18.20A	16.95
	对照	8.57C	7.95C	9.23Bc	4.71Bc	12.24Bc	9.23B	8.66
40—60	有机肥覆盖	19.23Aa	11.30A	11.90Aa	8.29B	11.70Aa	10.33B	12.13
	碎木屑覆盖	9.19Bb	4.09C	4.78Bc	11.26A	6.78Bc	18.34A	9.07
	对照	8.34Bc	9.08B	10.98Ab	8.74B	10.47Ab	10.59B	9.70
60—80	有机肥覆盖	14.42Aa	9.65A	11.03A	9.66C	9.60B	10.70A	10.84
	碎木屑覆盖	13.33Ab	5.76B	8.80B	16.84A	29.60A	7.78C	13.69
	对照	6.97Bc	5.41B	8.18B	10.67B	8.46C	9.53B	8.20

2.3.2 不同覆盖处理土壤团聚体 C/P 不同覆盖处理土壤团聚体 C/P 见表 4。由表 4 可知,有机肥覆盖的土壤团聚体 C/P 的变化范围为 4.45~27.18,团聚体 C/P 平均值最大值为 0—20 cm 土层;覆盖碎木屑的变化范围为 5.32~59.88,团聚体 C/P 平均值最大值为 20—40 cm 土层;对照的变化范围为 10.08~25.42,团聚体 C/P 平均值最大值为 40—60 cm 土层。在 0—20 cm 土层,覆盖碎木屑处理的在 0.25~0.5 mm 粒径及<0.25 mm 粒径中,土壤团聚体 C/P 极显著高于覆盖有机肥处理,极显著高于对照,覆盖处理的 C/P 最大值均出现在<0.25 mm 粒径中。在 20—40 cm 土层中,覆盖碎木屑处理所有径级的 C/P 均极显著高于覆盖有机肥处理及对照。在 40—60 cm 土层中,覆盖处理的团聚

体 C/P 均显著低于对照。在 60—80 cm 土层中,覆盖处理团聚体 C/P 均值显著高于对照。

2.3.3 不同覆盖处理土壤团聚体 N/P 不同覆盖处理土壤团聚体 N/P 见表 5。由表 5 可知,有机肥覆盖的土壤团聚体 N/P 的变化范围为 0.44~1.89,团聚体 N/P 平均值最大值为 0—20 cm 土层;覆盖碎木屑的变化范围为 1.04~3.29,团聚体 N/P 平均值最大值亦为 20—40 cm 土层;对照的变化范围为 0.86~3.10,团聚体 N/P 平均值最大值为 40—60 cm 土层。在 0—20cm 土层,除<0.25 mm 粒径外,覆盖处理所有径级的团聚体 N/P 均显著低于对照;而在 20—40 cm 土层,在 1~2,0.25~0.5,<0.25 mm 粒径中,覆盖碎木屑的土壤团聚体 N/P 均显著高于对照;在 40—60

cm 土层,覆盖有机肥处理的土壤团聚体 N/P 均显著低于覆盖碎木屑处理及对照;在 60—80 cm 土层中,除 1~2,2~5 mm 粒径外,覆盖处理其他径级团聚体 N/P 与对照间无显著差异。

表 4 不同覆盖处理土壤团聚体有机碳和全磷的化学计量特征(C/P)

土层 深度/cm	处理	土壤团聚体粒径						均值
		>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	
0—20	有机肥覆盖	15.78c	13.50C	20.46B	16.59B	20.22c	20.58B	17.86
	碎木屑覆盖	16.51b	22.91B	20.94B	23.35A	21.94b	34.48A	23.36
	对照	17.42a	25.16A	23.49A	13.47C	22.15a	18.96C	20.11
20—40	有机肥覆盖	15.21Bb	12.53C	5.78C	13.22B	10.62B	18.00B	12.56
	碎木屑覆盖	33.25Aa	26.36A	35.33A	26.27A	56.52A	59.88A	39.60
	对照	14.22Bc	22.01B	15.19B	10.08C	10.52B	19.40B	15.24
40—60	有机肥覆盖	14.19B	10.15B	7.56B	4.45C	5.17C	7.66C	8.20
	碎木屑覆盖	12.58C	5.67C	5.32C	11.97B	10.49B	19.16A	10.87
	对照	21.03A	28.17A	25.42A	17.84A	18.90A	12.22B	20.60
60—80	有机肥覆盖	27.18A	11.90Ab	18.10Ab	11.34Bc	12.17Bb	16.14Ab	16.14
	碎木屑覆盖	14.81B	8.34Bc	19.80Aa	18.48Aa	35.81Aa	8.48Bc	17.62
	对照	10.88C	12.16Aa	13.73Bc	12.89Bb	11.95Bc	17.68Aa	13.22

表 5 不同覆盖处理土壤团聚体全氮和全磷的化学计量特征(N/P)

土层 深度/cm	处理	土壤团聚体粒径						均值
		>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	
0—20	有机肥覆盖	1.49a	1.08b	1.40b	1.70b	1.72b	1.71b	1.52
	碎木屑覆盖	1.77a	2.14a	1.68b	1.75b	1.82b	2.35a	1.92
	对照	1.75a	2.29a	2.83a	2.24a	2.38a	1.83b	2.22
20—40	有机肥覆盖	0.95b	0.55b	0.56c	0.89b	0.82b	1.00c	0.80
	碎木屑覆盖	1.48a	2.00a	2.09a	1.92a	3.28a	3.29a	2.34
	对照	1.66a	2.77a	1.65b	2.14a	0.86b	2.10b	1.86
40—60	有机肥覆盖	0.74c	0.90c	0.64c	0.54c	0.44b	0.74a	0.67
	碎木屑覆盖	1.37b	1.39b	1.11b	1.06b	1.55a	1.04a	1.25
	对照	2.52a	3.10a	2.31a	2.94a	1.52a	1.15a	2.26
60—80	有机肥覆盖	1.89a	1.23b	1.64b	1.17a	1.27a	1.51a	1.45
	碎木屑覆盖	1.11a	1.45b	2.25a	1.10a	1.21a	1.09a	1.37
	对照	1.56a	2.25a	1.68b	1.21a	1.41a	1.86a	1.66

3 讨论

3.1 地面覆盖对土壤团聚体分布的影响

有研究^[8]表明,保护性耕作有利于土壤团粒结构的形成,改善土壤环境,而覆盖是保护性耕作的重要措施之一,在本研究中,所有处理的土壤微团聚体均集中分布在 10~150 μm 之间,其他粒径的土壤微团聚体所占比重较小,其中覆盖有机肥处理显著提高了 20—40 cm 土层的 10~150 μm 粒径的微团聚体含量,同时 1~5 mm 粒径的大团聚体百分含量也显著高于对照,但是>5 mm 粒径的团聚体百分含量却显著降低,尤其是在 0—40 cm 土层。已有研究^[20-22]表明,>5 mm 粒径的土壤团聚体的百分含量与其土壤有机质含量呈极显著负相关,也就是说>5 mm 粒径的土壤团聚体的养分含量是极低的。而对于<5 mm 的土壤大团聚体的含量,尤其是 1~3 mm 粒径的团聚体,对土壤结构的发育是十分有利的,一方面有利于土壤微生物活动,另一方面使土壤有良好通气性,疏松性,为土壤动物,微生物的生长繁殖提供了良好土壤生态环境。本研究中的地面覆盖措施主要是使地面有了保护层,一方面是大大减少了外界因素的干

扰,有利于土壤环境的恢复与发展;另一方面有机覆盖材料本身腐殖质丰富,促进了土壤动物微生物的生长繁殖,有利于小团聚体向较大团聚体,巨大团聚体向中等团聚体的转变。

3.2 地面覆盖对土壤团聚体 C、N、P 含量及其化学计量特征的影响

本研究中,覆盖处理显著提高了各级团聚体的有机碳、全氮、全磷含量,尤其是 0.25~2 mm 粒径间,土壤的有机碳、全氮、全磷含量提高显著,其中,在 0—20 cm 土层中最显著。这是由于覆盖材料本身的有机质丰富,分解淋溶到土壤中,使土壤中的养分含量增加。这与张赛等、付鑫等^[23-24]研究结果一致。

国内外研究^[25-26]表明,C、N、P 化学计量特征是对土壤肥力的重要表征,其中,N、P 的含量与 C 含量直接相关,它们共同决定着 C、N、P 化学计量特征,土壤最适宜 C/N 值为 25~30 之间。在本研究中,有机肥覆盖的土壤团聚体 C/N 的变化范围为 8.29~22.65,团聚体 C/N 平均值最大值出现在 20—40 cm 土层;覆盖碎木屑的变化范围为 4.09~29.60,团聚体 C/N 平均值最大值亦出现在 20—40 cm 土层;对照的变化范围为 4.71~

12.24, 团聚体 C/N 平均值最大值出现在 40—60 cm 土层。中国陆地土壤的 C/N 平均值为 12.30^[24], 以该值为参考可知, 覆盖处理的 C/N 较对照都有了很大提升, 最大值达到了 29.60, 达到了最适值, 而对照的所有 C/N 值均低于中国陆地土壤平均值, 这主要是由于对照的土壤中有有机碳含量低, 由于施肥位置的原因, 有机碳被淋溶到了更深的土层中。

有机肥覆盖的土壤团聚体 C/P 的变化范围为 4.45~27.18, 团聚体 C/P 平均值最大值为 0—20 cm 土层; 覆盖碎木屑的变化范围为 5.32~59.88, 团聚体 C/P 平均值最大值为 20—40 cm 土层; 对照的变化范围为 10.08~25.42, 团聚体 C/P 平均值最大值为 40—60 cm 土层。中国陆地土壤的 C/P 平均值为 52.7^[24], 以该值为参考可知, 覆盖处理的 C/P 较对照有所提高, 尤其是覆盖碎木屑处理的最大值达到了 59.88, 已经超过了中国陆地土壤 C/P 平均值, 与覆盖有机肥处理相比, 该处理的全磷含量较低, 说明该处理的有机质腐殖化程度偏低, 全磷含量增加缓慢。

有机肥覆盖的土壤团聚体 N/P 的变化范围为 0.44~1.89, 团聚体 N/P 平均值最大值为 0—20 cm 土层; 覆盖碎木屑的变化范围为 1.04~3.29, 团聚体 N/P 平均值最大值亦为 20—40 cm 土层; 对照的变化范围为 0.86~3.10, 团聚体 N/P 平均值最大值为 40—60 cm 土层。中国陆地土壤的 N/P 的平均值为 3.9^[24], 以该值为参考可知, 覆盖处理及对照的 N/P 均低于中国陆地土壤 N/P 平均值, 说明该园区的氮素含量均偏低, 虽然覆盖处理有机碳含量高, 但其对全氮全磷含量的贡献率不高, 致使土壤 N/P 偏低, 有机质的分解转化需要一定的时间, 后期 N/P 可能会有所提高。

4 结论

(1) 通过连年覆盖可以促进土壤小团聚体及特大团聚体向较大团聚体, 微团聚体向大团聚体的转变, 其中, 对土壤大团聚体影响显著。在本研究中, 覆盖处理 0—40 cm 土层 >5 mm 粒径的大团聚体百分含量较对照降低了 50% 以上, 1~5 mm 粒径的大团聚体百分含量较对照提高了 50% 以上, 而覆盖处理的 10~150 μm 粒径的微团聚体百分含量较对照提高了 5% 左右, 150~250 μm 粒径的土壤团聚体百分含量为对照的 2 倍多。

(2) 地面覆盖在不同程度上提高了土壤团聚体的有机碳、全氮、全磷含量, 其中 0—20 cm 土层最显著, 与对照相比, 覆盖有机肥处理的各级土壤团聚体的有机碳、全氮、全磷含量均值分别提高了 1.4、2.9、5.1 倍, 覆盖碎木屑处理提高了 2.3、1.7、1.0 倍。在各径级团聚体中, 各处理间 <0.25 mm 团聚体的全氮含量差异最大, 0.25~1 mm 团聚体的全磷含量差异最

大, 0.25~0.5 mm 团聚体的有机碳含量差异最大, 3 项指标均以 >5 mm 粒径的土壤团聚体差异最小。

(3) 地面覆盖在不同程度上提高了土壤团聚体的 C/N 和 C/P, 其中覆盖有机肥处理显著提高了 C/N, 土壤团聚体 C/N 的变化范围为 8.29~22.65, 值均为对照的 1 倍左右; 覆盖碎木屑处理显著提高了 C/P, 土壤团聚体 C/P 的变化范围为 5.32~59.88, 均为对照的 1 倍多; 覆盖处理对 N/P 影响不显著。总的来说, 地面覆盖对核桃园土壤团聚体组成及其肥力保育方面有积极的影响。

参考文献:

- [1] 张翰林, 郑宪清, 何七勇, 等. 不同秸秆还田年限对稻麦轮作土壤团聚体和有机碳的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(4): 216-220.
- [2] 孙娇, 赵发珠, 韩新辉, 等. 不同林龄刺槐林土壤团聚体化学计量特征及其与土壤养分的关系[J]. 生态学报, 2016, 36(21): 6879-6888.
- [3] 李玮, 郑子成, 李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体碳氮磷生态化学计量学特征[J]. 应用生态学报, 2015, 26(1): 9-16.
- [4] 马瑞萍, 安韶山, 党廷辉, 等. 黄土高原不同植物群落土壤团聚体中有机碳和酶活性研究[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 104-113.
- [5] 谭秋锦, 宋同清, 彭晚霞, 等. 峡谷型喀斯特不同生态系统土壤团聚体稳定性及有机碳特征[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 671-678.
- [6] 代文才, 钱盛, 高明, 等. 施用生物灰渣对柑橘园土壤团聚体及有机碳分布的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(2): 260-265, 271.
- [7] 王双磊, 刘艳慧, 宋宪亮, 等. 棉花秸秆还田对土壤团聚体有机碳及氮磷钾含量的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 1-11.
- [8] 李景, 吴会军, 武雪萍, 等. 15 年保护性耕作对黄土坡耕地地区土壤及团聚体固碳效应的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(23): 4690-4697.
- [9] 齐中凯, 赵诣, 黄智勇, 等. 不同施肥措施对华北平原土壤有机碳的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(6): 271-277, 307.
- [10] 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.
- [11] 李清华, 王飞, 林诚, 等. 长期施肥对黄泥田土壤微生物群落结构及团聚体组分特征的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(6): 1599-1606.
- [12] Zeng X H, Zhang W J, Cao J S, et al. Changes in soil organic carbon, nitrogen, phosphorus, and bulk density after afforestation of the "Beijing - Tianjin Sandstorm Source Control" program in China[J]. Catena, 2014, 118(7): 186-194.