

不同覆盖模式对樱桃园土壤团聚体及碳氮的影响

黄圣杰¹, 陈俊朴¹, 陈涛², 方从刚³, 黄成毅^{1,4}

(1.四川农业大学 水利水电学院, 四川 雅安 625014; 2.四川农业大学 生命科学院,

四川 雅安 625014; 3.成都市国土资源信息中心, 成都 610041; 4.四川农业大学 环境学院, 成都 611130)

摘要:为探究不同覆盖模式对土壤团聚体及其碳氮的影响,以新津县樱桃园土壤为研究对象,采用定位试验,设置清耕(CK)、自然生草覆盖(NGC)、野豌豆覆盖(VC)和地布覆盖(GCM)4个处理,对土壤团聚体分布、大团聚体含量($R_{0.25}$)、平均重量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)、团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{lt})及水稳性团聚体有机碳、全氮进行了测定与分析。结果表明:自然生草覆盖、野豌豆覆盖、地布覆盖和清耕在 0—10 cm 和 10—20 cm 土层的机械稳定性团聚体分布均以 >5 mm 团聚体含量最高,而水稳性团聚体分布以 >5 mm 和 5~2 mm 含量较高。在两个土层中,自然生草覆盖、野豌豆覆盖和地布覆盖与清耕相比,均提高了 $R_{0.25}$, MWD, GMD, 降低了 PAD 和 E_{lt} , 同时提高了水稳性团聚体有机碳、全氮含量。有机碳提升效果以自然生草覆盖处理最好,而全氮提升效果以野豌豆覆盖处理最好。综上,覆盖处理能够提高土壤团聚体稳定性以及水稳性团聚体有机碳、全氮含量,改善土壤质量。

关键词:团聚体; 稳定性; 覆盖模式; 有机碳; 全氮

中图分类号: S152.4; S153.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2022)01-0044-07

Effects of Different Coverage Modes on Aggregates and Carbon and Nitrogen of Soil in Cherry Orchard

HUANG Shengjie¹, CHEN Junpu¹, CHEN Tao², FANG Conggang³, HUANG Chengyi^{1,4}

(1.College of Water Resources and Hydropower, Sichuan Agricultural University,

Ya'an, Sichuan 625014, China; 2.College of Life Science, Sichuan Agricultural University,

Ya'an, Sichuan 625014, China; 3.Chengdu Land and Resources Information Center, Chengdu 610041,

China; 4.College of Environmental Sciences, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to research the effects of different coverage modes on soil aggregates and carbon and nitrogen, the soil samples in the cherry orchard were taken in Xinjin County, and positioning experiment was adopted. Four treatments such as clean tillage (CK), natural grass coverage (NGC), vetch coverage (VC) and ground cloth coverage (GCM) were set up. Distribution of soil aggregates, large aggregates content ($R_{0.25}$), mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD), percentage of aggregate destruction (PAD) and unstable aggregate index (E_{lt}), as well as organic carbon and total nitrogen in water-stable aggregates were tested and analyzed. The results showed that: contents of >5 mm mechanically stable aggregates in the 0—10 cm and 10—20 cm soil layers of natural grass coverage, vetch coverage, ground cloth coverage and clean tillage are the highest, while the contents of >5 mm and 5~2 mm water-stable aggregates are higher; in the two soil layers, compared with clean tillage, natural grass coverage, vetch coverage and ground cloth coverage increase $R_{0.25}$, MWD, GMD and decrease PAD and E_{lt} , increase the organic carbon and total nitrogen contents in water-stable aggregates; the best result of organic carbon improvement was natural grass coverage, the best result of total nitrogen improvement was vetch coverage. In summary, coverage treatments can increase the stability of soil aggregates, the organic carbon and total nitrogen contents of water-stable aggregates, as well as improve soil quality.

收稿日期: 2021-01-31

修回日期: 2021-02-24

资助项目: 国家自然科学基金青年项目(31801826); 四川省科技计划应用基础研究项目(2015JY0059)

第一作者: 黄圣杰(1995—), 男, 安徽合肥人, 硕士生, 主要从事农业水土资源与环境研究。E-mail: 2893691145@qq.com

通信作者: 黄成毅(1983—), 男, 四川成都人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤改良与土壤环境管理研究。E-mail: chengyihuag@sicau.edu.cn

Keywords: aggregate; stability; coverage modes; organic carbon; total nitrogen

土壤团聚体是土壤结构的基本组成单位,是土壤物理、化学以及生物等多种因素经过一系列复杂作用下的结果,其具有协调水肥气热,提供良好的养分供给环境的作用^[1-2]。团聚体的分布和稳定性状况是反映土壤结构好坏的重要指标,但是不同粒径大小的团聚体在营养元素的供应转化方面发挥的作用有所差别^[3-4]。其中土壤有机碳(SOC)和全氮(TN)与土壤团聚体的形成密不可分,是影响土壤结构不可忽视的要素^[5-6]。一方面,有机质有粘结力,具备胶结作用,可以大大增加土壤颗粒的团聚潜力,进而能够促进土壤团聚体的形成;另外一方面,土壤团聚体也可以给有机碳、全氮起到一定程度的保护作用,更有利于有机碳、全氮在土壤中的稳定累积^[7]。

土地质量的可持续性,是果园能长期发展的关键。覆被是一种能够改良土壤质量,防止果园水土流失的重要管理方式。当前已有许多学者对果园生草覆盖的管理方式进行了大量的研究。结果均表明生草覆盖能够改善土壤微生态环境,一定程度上可以增加土壤中有机碳及养分含量,在保持果园土壤肥力,修复果园土壤生态方面具有明显作用^[8-9]。付学琴等^[10]研究表明,与清耕对照相比,生草栽培可以显著提高土壤各粒径团聚体有机碳和养分含量。闫涛宇^[11]研究认为,白三叶、小冠花和鸡脚草覆盖显著提高了苹果园 0—20 cm 土层 >0.25 mm 粒径的团聚体有机碳对土壤总有机碳的贡献率。防草布,即园艺地布能有效控制田间杂草生长,并且具有良好的透气性、透水性,耐拉伸和使用寿命较长等特点^[12-13]。前人研究表明,园艺地布能够蓄水保墒,减少土壤水分的蒸散发,提高土壤含水量、果树叶片光合速率及水分利用效率,达到促进增产的作用^[14-15]。目前,在茶园、桑园、苹果园及橘园杂草防治方面,防草布的应用已见诸文献^[13],却鲜见樱桃园采用防草布的报道。此外,樱桃园长期在传统起垄清耕模式下造成了土壤养分流失、土壤板结,进而引起土地质量下降等一系列问题。为了解决这些问题,则有必要探索樱桃园新型管理模式。因此,本文以传统清耕为对照,研究自然生草覆盖、野豌豆覆盖和地布覆盖下樱桃园团聚体分布、稳定性和水稳性团聚体碳氮含量的变化特征,以期为改良樱桃园土壤质量、改进樱桃园管理方式提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况与供试材料

试验区位于四川省新津县新平镇万街村(30°26′

08″N, 103°45′35″E),地处成都平原南部,属于亚热带季风气候,年均气温 16.4℃,年均降雨量 987 mm,年均无霜期 297 d,多年平均日照 1 119.1 h。试验区土壤属于平坝冲积性水稻土,土壤容重 1.41 g/cm³, pH 6.0,有机碳 14.04 g/kg,全氮 1.41 g/kg,碱解氮 89.81 mg/kg,速效磷 7.32 mg/kg。供试覆盖材料:自然生草种类:春季主要有棒头草(*Polypogon fugax* Nees ex Steud.)、猪殃殃(*Galium spurium* L.)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus* L.)、芥菜[*Capsella bursa-pastoris* (Linn.) Medic.]、毛茛(*Ranunculus japonicus* Thunb.)和蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.);夏季主要有牛筋草[*Eleusine indica* (L.) Gaertn.]、苦苣菜(*Sonchus oleraceus* L.)、蒿(*Artemisia*)和龙葵(*Solanum nigrum* L.)。野豌豆种类为一年生长柔毛野豌豆。覆盖地布由江苏无锡飞洋塑业提供,为黑色防老化 UV 和 PP 材质,单幅宽 1.5 m,使用寿命约为 5 a。供试樱桃品种为成熟最早的短低温大粒红色中国樱桃——“南早红”。樱桃园耕作方式采取垄作,单垄长 15 m,宽 2.5 m,每垄种植 6 棵樱桃树,树龄 6 a。

1.2 试验设计

本研究采用定位试验,于 2018 年 9 月末开始,试验共设置清耕(CK)、自然生草覆盖(NGC)、野豌豆覆盖(VC)和地布覆盖(GCM)4 个处理。每个处理 3 次重复,每一垄为一小区,共 12 个小区,每个小区面积 37.5 m²。清耕处理采用人工耕作结合化学除草剂定期清理杂草。自然生草覆盖处理的杂草生长到一定高度时留茬刈割,每年刈割 3~4 次,刈割后就地全小区覆盖。野豌豆覆盖处理采取自然腐解还田,种子分别于 2018 年和 2019 年 10 月末撒播,播种量为 37.5 kg/hm²,播种前微松表层土壤并除去杂草等异物。地布覆盖处理于 2018 年 10 月末覆盖地布,覆盖前把小区表面清理干净,地布完全覆盖整个小区表面。地布除施肥揭开外,全年覆盖于小区表面。基肥为每年 9 月末施用,各处理小区按羊粪 2 250 kg/hm²,地补乐 450 kg/hm²,磷酸二铵 375 kg/hm²和钙肥 37.5 kg/hm²一并施入。各处理除覆盖材料不同,其余管理方式均相同。

1.3 样品采集与测定

样品于 2020 年 4 月‘南早红’生殖生长期采集,应用多点取样法分别采集各试验小区 0—10 cm 和 10—20 cm 两个土层的原状土样。利用四分法取够土样后,将样品装入塑封袋,放于保鲜盒中运回实验室。取足量的

土样并挑拣出动植物残体及石砾,将土样掰成指甲盖大小,于阴凉避光处自然风干后待测。

机械稳定性团聚体分布体根据沙维诺夫法测定。筛组按 5,2,1,0.5,0.25 mm、筛盒的顺序由上到下套好,将风干土样过 10 mm 不锈钢筛后称取 200.00 g,放于筛组最上层。手动振荡筛组 5 min,每分钟约 60 下,振幅约为 42 cm。筛好后从上往下依次取下筛子,小心取出样品,称重,计算不同粒径机械稳定性团聚体的含量。

水稳性团聚体分布根据约德尔法测定。将干筛好的各个粒级团聚体按比例称重配置成 50 g 后,放于团粒分析仪(TTF-100 型)筛组最上层。筛组顺序从上往下为 5,2,1,0.5,0.25,0.053 mm,注水时调整水面高度,使筛组移到最高点时最上层团聚体淹没在水面下。振荡时间 30 min,上下振幅 4 cm,频率 30 次/min。结束后将筛组团聚体小心洗入烧杯中,于烘箱 60℃ 烘干后分别称重,计算不同粒径水稳性团聚体的含量。再将烘干称重后的团聚体磨碎,过 0.25 mm 不锈钢筛待测。不同粒径团聚体有机碳含量采用重铬酸钾外加热法测定,不同粒径团聚体全氮采用凯氏定氮法测定^[16]。

1.4 分析内容及计算方法

分析内容包括不同粒径团聚体含量,团聚体稳定性,水稳性团聚体有机碳和全氮,具体公式如下:

$$\text{团聚体含量} = M_i / M_T \times 100\% \quad (1)$$

式中: M_i 表示各粒径团聚体质量; M_T 表示团聚体总重。

团聚体稳定性的评估指标采用大团聚体含量($R_{0.25}$)、平均重量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)、团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{lt})^[17-19]。

$$R_{0.25} = M_{r>0.25} / M_T \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{MWD} = \sum (M_i / M_T) \bar{X}_i \quad (3)$$

$$\text{GMD} = \exp \{ \sum (M_i / M_T) \ln \bar{X}_i \} \quad (4)$$

式中: $M_{r>0.25}$ 表示粒径 >0.25 mm 团聚体质量; \bar{X}_i 表示该粒径团聚体平均直径。

$$\text{PAD} = (\text{DR}_{0.25} - \text{WR}_{0.25}) / \text{DR}_{0.25} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $\text{DR}_{0.25}$ 表示机械稳定性大团聚体含量; $\text{WR}_{0.25}$ 表示水稳性大团聚体含量。

$$E_{lt} = (W_T - W_{r>0.25}) / W_T \times 100\% \quad (6)$$

式中: W_T 表示湿筛团聚体总重; $W_{r>0.25}$ 表示湿筛 >0.25 mm 团聚体质量。

1.5 数据分析

采用 WPS 处理数据并制图,采用 SPSS 21.0 进行单因素方差分析(ANOVA),差异性分析采用 LSD 法,用不同小写字母表示不同处理之间存在显著性差异($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖模式对团聚体分布的影响

由机械稳定性团聚体粒径分布(表 1)可知,各处理 0—10 cm 和 10—20 cm 土层均以 >5 mm 粒径团聚体含量最高,范围分别在 35.16%~53.24% 和 48.00%~67.60%,且以 NGC 处理的含量最高,并与其他 3 种处理之间呈现出显著性差异($p < 0.05$)。5~2 mm 粒径团聚体次之,范围分别在 25.32%~27.31% 和 19.41%~26.07%,且以 GCM 含量最高。0—10 cm 和 10—20 cm 土层机械稳定性团聚体 $R_{0.25}$ 规律分别为 $\text{GCM} > \text{NGC} > \text{VC} > \text{CK}$ 和 $\text{NGC} > \text{GCM} > \text{VC} > \text{CK}$,都以 CK 最低,且与其余 3 种处理之间的差异存在显著性($p < 0.05$)。

由水稳性团聚体粒径分布(表 2)可知,0—10 cm 和 10—20 cm 土层各个处理也均以 >5 mm 和 5~2 mm 粒径团聚体含量较高,范围分别在 20.00%~36.79% 和 23.02%~53.05% 及 18.98%~23.24% 和 19.93%~26.96%。4 个处理之间 >5 mm 粒径团聚体以 NGC 处理的含量最高,并与其他 3 种处理之间存在显著性差异($p < 0.05$),而 5~2 mm 粒径团聚体含量以 GCM 最高。0—10 cm 和 10—20 cm 土层水稳性团聚体 $R_{0.25}$ 规律均为 $\text{NGC} > \text{VC} > \text{GCM} > \text{CK}$,都以 CK 最低,且与 NGC 之间的差异呈显著性($p < 0.05$)。

2.2 不同覆盖模式对 MWD 和 GMD 的影响

由表 1 可知,机械稳定性团聚体平均重量直径(MWD)在 0—10 cm 和 10—20 cm 两个土层均以 NGC 最高,以 CK 最低,NGC 和 CK 分别与其他 3 种处理呈显著性差异($p < 0.05$)。0—10 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 MWD 值分别比 CK 增加 22.80%,9.77% 和 12.05%;10—20 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 MWD 值分别比 CK 增加 18.03%,9.01% 和 7.89%。机械稳定性团聚体几何平均直径(GMD)规律与 MWD 规律一致。0—10 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 GMD 值分别比 CK 增加 39.11%,15.56% 和 22.67%;10—20 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 GMD 值分别比 CK 增加 31.43%,16.79% 和 16.07%。

由表 2 可知,水稳性团聚体 MWD 值在 0—10 cm 和 10—20 cm 两个土层也都以 NGC 最高,CK 最低,且 NGC 与其他 3 种处理之间呈显著性差异($p < 0.05$)。0—10 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 MWD 值分别比 CK 增加 31.65%,6.88% 和 1.38%;10—20 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 MWD 值分别比 CK 增加 61.57%,28.38% 和 19.65%。水稳性团聚体 GMD 呈现

的规律与 MWD 规律类似。0—10 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 GMD 值分别比 CK 增加 48.70%,8.70%和 2.61%;10—20 cm 土层,NGC,VC 和 GCM 的 GMD 值分别比 CK 增加 141.18%,63.03%和 47.06%。

表 1 不同覆盖模式下机械稳定性团聚体粒径分布

土层/cm	处理	团聚体粒径分布						团聚体稳定性		
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm	$R_{0.25}/\%$	MWD/mm	GMD/mm
0—10	CK	35.16c	27.31a	15.71a	11.04a	4.67a	6.11a	93.89c	3.07c	2.25d
	NGC	53.24a	25.32a	10.64c	5.84c	2.00c	2.97c	97.03a	3.77a	3.13a
	VC	43.26b	25.77a	13.59b	10.01a	3.33b	4.04b	95.96b	3.37b	2.60c
	GCM	43.5b	27.12a	15.95a	7.91b	2.73b	2.80c	97.20a	3.44b	2.76b
10—20	CK	48.00d	25.47a	11.88a	7.36a	3.08a	4.21a	95.79b	3.55c	2.80c
	NGC	67.60a	19.41b	6.11d	3.41c	1.46b	2.01b	98.00a	4.19a	3.68a
	VC	55.97b	25.31a	9.01c	5.24b	1.89b	2.56b	97.44a	3.87b	3.27b
	GCM	54.21c	26.07a	10.34b	5.44b	1.89b	2.06b	97.94a	3.83b	3.25b

注:不同小写字母代表同一土层同一粒径团聚体不同处理之间差异呈显著性($p<0.05$),下同。

表 2 不同覆盖模式下水稳性团聚体粒径分布

土层/cm	处理	团聚体粒径分布							团聚体稳定性		
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	0.25~0.053 mm	<0.053 mm	$R_{0.25}/\%$	MWD/mm	GMD/mm
0—10	CK	22.27bc	18.98b	14.12a	16.91a	12.35a	9.93a	5.43b	84.64b	2.18b	1.15b
	NGC	36.79a	20.38ab	12.18a	11.41b	8.90b	6.19c	4.13c	89.68a	2.87a	1.71a
	VC	24.89b	20.05ab	13.55a	15.52ab	12.09a	8.25b	5.65b	86.11b	2.33b	1.25b
	GCM	20.00c	23.24a	14.12a	15.89a	12.53a	8.04b	6.18a	85.79b	2.21b	1.18b
10—20	CK	23.02c	19.93c	17.94a	15.72a	11.61a	7.55a	5.14a	87.42d	2.29d	1.19c
	NGC	53.05a	24.14b	9.63c	5.57c	3.42c	2.88c	1.32d	95.80a	3.70a	2.87a
	VC	35.50b	23.05b	15.63b	11.95b	7.03b	4.23b	2.60c	93.17b	2.94b	1.94b
	GCM	28.18d	26.96a	16.92ab	12.85ab	6.75b	4.59b	3.75b	91.66c	2.74c	1.75b

2.3 不同覆盖模式对 PAD 和 E_{it} 的影响

不同覆盖模式下,团聚体破坏率(PAD)随土层深度增加而减小(图 1)。0—10 cm 土层,CK,NGC,VC 和 GCM 的 PAD 值分别为 9.85%,7.58%,10.26%和 11.74%;而 10—20 cm 土层,CK,NGC,VC 和 GCM 的 PAD 值分别为 8.74%,2.24%,4.38%,6.41%。由图可知,除 CK 处理的 PAD 值随深度增加下降幅度较小外,其余 3 种处理下降幅度较

大且一致。不同覆盖模式下,不稳定团粒指数(E_{it})也随着土层深度增加而减小(图 1)。0—10 cm 土层,CK,NGC,VC 和 GCM 的 E_{it} 值分别为 16.74%,11.66%,15.84%和 16.42%;10—20 cm 土层,CK,NGC,VC 和 GCM 的 E_{it} 值分别为 13.21%,6.05%,10.01%和 10.97%。由图可知,NGC,VC 和 GCM 的 E_{it} 值随深度增加而减小的幅度也要高于 CK。

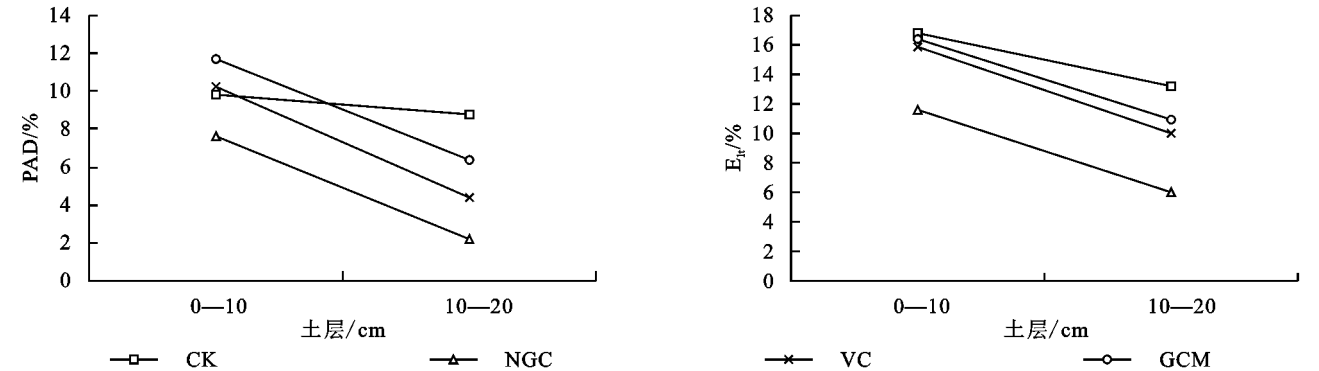


图 1 不同覆盖模式下团聚体破坏率和不稳定团粒指数

2.4 不同覆盖模式对水稳性团聚体有机碳、全氮的影响

由图 2 可知,0—10 cm 土层不同粒径水稳性团

聚体有机碳含量都以 NGC 最高,CK 最低,并且两者间差异显著($p<0.05$)。此外,VC 和 GCM 处理的水稳性团聚体有机碳都要高于 CK。10—20 cm 土层各

粒径水稳性团聚体有机碳含量基本规律为 $NGC > VC > GCM > CK$, 且 NGC , VC 和 GCM 水稳性团聚体有机碳含量基本都显著高于 CK ($p < 0.05$)。综上所述, 自然生草覆盖、野豌豆覆盖和地布覆盖均可以提高水稳性团聚体有机碳含量, 并且以自然生草覆盖处理的效果最好。

由图3可知, 0—10 cm 土层不同粒径水稳性团聚体全氮含量基本规律为 $VC > NGC > GCM > CK$,

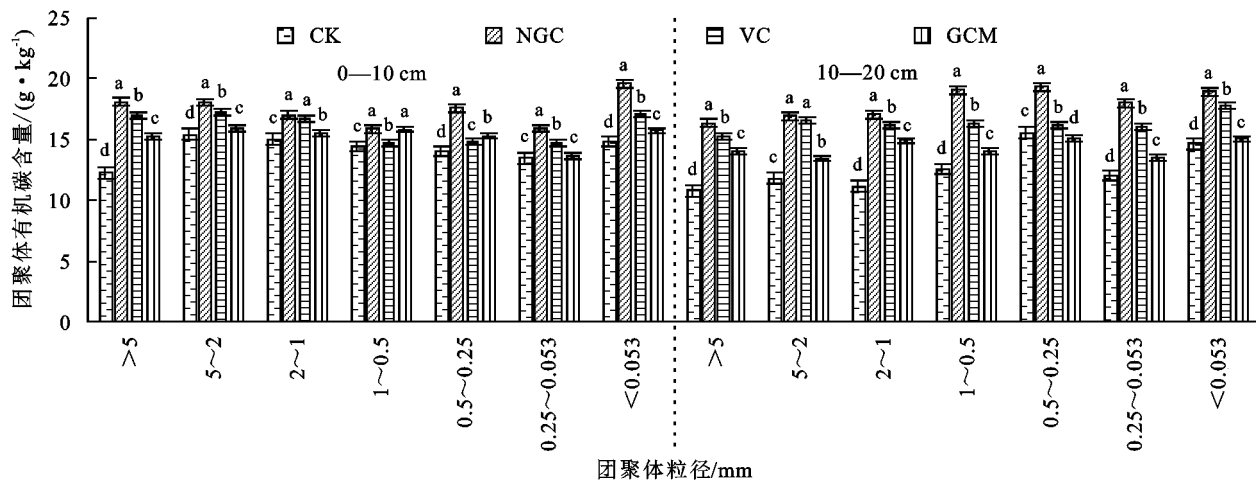


图2 不同覆盖模式下水稳性团聚体有机碳含量

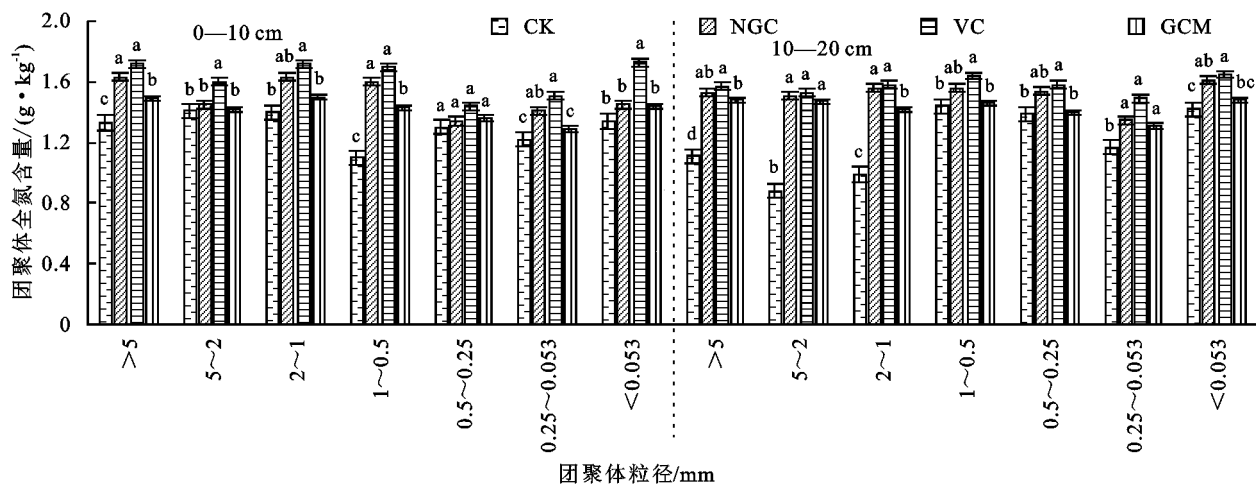


图3 不同覆盖模式下水稳性团聚体全氮含量

3 讨论

3.1 不同覆盖模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响

土壤团聚体作为土壤结构的基本组成单元, 其分布和稳定性是表征土壤结构状况的重要指标, 是影响果树生长发育的重要因素。大量研究表明, 生草覆盖对果园土壤团聚体的分布和稳定性具有正面效应^[20]。王明亮等^[21]研究发现不同作物覆盖模式均有利于 5~2 mm 粒径的机械稳定性团聚体的形成; 郝淑英等^[22]研究结果显示苹果园生草两年后, >1 mm 团聚体比清耕增加了 10.2%~12.2%。本研究中, 0—10 cm 和 10—20 cm 两个土层, 3 种覆盖模式

且除 0.5~0.25 mm 粒径团聚体外, VC 处理的其余粒径团聚体全氮含量均要显著高于 GCM 和 CK , 而与 NGC 差异普遍不存在显著性 ($p < 0.05$)。随着土层深度的变化, 不同粒径水稳性团聚体全氮含量规律基本一致。综上所述, 自然生草覆盖、野豌豆覆盖和地布覆盖均可以提高水稳性团聚体全氮含量, 以野豌豆覆盖处理效果最好。但是野豌豆覆盖与自然生草覆盖基本无显著性差异, 与地布覆盖差异显著 ($p < 0.05$)。

都不仅显著提升了 >5 mm 团聚体的含量, 还提高了樱桃园大团聚体含量。主要是自然生草和野豌豆产生了大量的根系和菌丝, 其缠绕、胶结作用能够促进土壤中大团聚体 (>250 μm) 的形成^[23]。而地布覆盖能够提高土壤有机质的含量, 进而间接提高了大团聚体的数量和增强了团聚体稳定性^[24]。但是机械稳定性团聚体 $R_{0.25}$ 在 0—10 cm 和 10—20 cm 土层规律和水稳性团聚体不太一样, 这主要是因为机械稳定性团聚体反映的是土壤非水稳性和水稳性的总体状况, 而水稳性团聚体只反映土壤的水稳性特征, 导致二者的结果不太一致^[25]。

平均重量直径 (MWD)、几何平均直径 (GMD)、

团聚体破坏率(PAD)和不稳定团粒指数(E_{it})都是反映土壤水稳性团聚体稳定性的常用指标。MWD 值和 GMD 值越大或 PAD 和 E_{it} 越小均表示团聚体各个粒径团聚度越强,稳定性越高。王义祥等^[26]发现生草栽培处理的 0—20 cm 土壤水稳性团聚体 $R_{0.25}$, MWD 值和 GMD 值比顺坡清耕和梯台清耕均有明显的提高。不但覆盖作物能提高水稳性团聚体的稳定性^[27],而且在中度施氮条件下,覆膜处理也能很好地提高 MWD 值和 GMD 值^[24]。付学琴等^[28]发现与清耕相比,橘园行间播种白三叶草和黑麦草不仅提高了 MWD 值和 GMD 值,同时也降低了 PAD 值,与本试验结果一致。而 0—10 cm 土层清耕处理团聚体破坏率低于野豌豆覆盖和地布覆盖,可能是因为清耕会破坏土壤表层的团粒结构,使得机械稳定性团聚体的大团聚体含量降低,进而导致了团聚体破坏率降低。

3.2 不同覆盖模式对土壤团聚体有机碳、全氮的影响

各项研究表明,在梨园^[29]、油桃园^[26]、苹果园^[30]中生草栽培均能增加土壤有机质含量,提高团聚体有机碳氮含量。付学琴^[10]研究认为‘南丰蜜橘’园行间播种白三叶草、黑麦草比清耕对照不仅显著提高了土壤团聚体有机碳含量,还显著提高了团聚体全氮、全磷、全钾、硝态氮、速效磷等养分指标。张帆等^[31]研究发现,果园垄膜覆盖比清耕能有效地提高 0—30 cm 土壤有机质和养分。以上研究结果与本研究中自然生草覆盖、野豌豆覆盖和地布覆盖相较清耕对照均能提高团聚体有机碳、全氮含量的结果一致,表明地面覆盖后减少了人为因素的干扰,为土壤有机碳和全氮的积累提供了相对稳定的环境。而自然生草覆盖和野豌豆覆盖下团聚体有机碳和全氮均要高于地布覆盖,这与张少宏^[32]的研究结果相似。产生这样结果的原因是,自然生草刈割还田与野豌豆自然腐解还田增加了有机物的输入,为土壤有机碳和全氮的积累提供了重要来源。因此,自然生草覆盖和野豌豆覆盖下团聚体有机碳和全氮的含量要高于没有外源有机物输入的地布覆盖。

果园土壤团聚体有机碳、全氮含量与生草覆盖的植被种类有很大关系^[8-9,33-35],自然覆盖更好地提高土壤团聚体有机碳含量,而野豌豆覆盖更好地提高团聚体全氮含量。这主要是因为自然生草种类丰富,全年多次刈割,还田生物量比野豌豆大;而野豌豆属豆科,较自然生草种类具有更好的固氮作用。野豌豆覆盖与自然生草覆盖的团聚体全氮含量差异不显著,可能是因为试验年限比较短,团聚体全氮含量提升不显著。

4 结 论

(1) 自然生草覆盖、野豌豆覆盖、地布覆盖和清耕在 0—10 cm 和 10—20 cm 土层的机械稳定性团聚体均以 >5 mm 粒径含量最高,水稳性团聚体以 >5 mm 和 5~2 mm 粒径含量较高。在两个土层中,不同覆盖模式与清耕相比,均提高了 $R_{0.25}$ 。

(2) 与清耕相比,不同覆盖模式不仅提高了 0—20 cm 土壤机械稳定性团聚体和水稳性团聚体的 MWD 值和 GMD 值,还有效降低了 PAD 值和 E_{it} 值,说明不同覆盖模式均能提高樱桃园土壤团聚体稳定性。而且自然生草覆盖的 MWD 值和 GMD 值显著高于野豌豆覆盖、地布覆盖和清耕($p < 0.05$)。

(3) 不同覆盖模式与清耕相比,均可以提高水稳性团聚体有机碳、全氮含量,且有机碳提升效果以自然生草覆盖处理最好,而全氮提升效果以野豌豆覆盖处理最好。

参考文献:

- [1] Six J, Bossuyt H, Degryze S, et al. A history of research on the link between(micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics[J]. Soil and Tillage Research, 2004,79(1):7-31.
- [2] Mikha M M, Rice C W. Tillage and manure effects on soil and aggregate - associated carbon and nitrogen[J]. Soil Science Society of America Journal, 2004,68(3):809-816.
- [3] 李嘉,刘楠,韩进斌,等.冻融对五台山典型林线植被土壤水稳性大团聚体的影响[J].干旱区资源与环境,2020,34(5):140-146.
- [4] 陈恩凤,关连珠,汪景宽,等.土壤特征微团聚体的组成比例与肥力评价[J].土壤学报,2001,38(1):49-53.
- [5] 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.
- [6] 赵鹏,史东梅,赵培,等.紫色土坡耕地土壤团聚体分形维数与有机碳关系[J].农业工程学报,2013,29(22):137-144.
- [7] 朱家琪,满秀玲,王飞.我国寒温带 4 种森林植被类型下土壤团聚体粒级组成及其稳定性比较研究[J].土壤通报,2020,306(3):108-115.
- [8] 姜莉莉,宫庆涛,武海斌,等.不同生草处理对苹果园土壤微生物群落的影响[J].应用生态学报,2019,30(10):3482-3490.
- [9] 闫文涛,仇贵生,张怀江,等.辽西苹果园 3 种地面管理模式对土壤理化性状和昆虫群落的影响[J].果树学报,

- 2014,31(5):801-808.
- [10] 付学琴,陈登云,杨星鹏,等.‘南丰蜜橘’园生草对土壤团聚体养分和微生物特性及果实品质的影响[J].果树学报,2020,37(11):1655-1666.
- [11] 闫涛宇.果园生草覆盖土壤团聚体和团聚体碳的变化特征[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [12] 邓家林,张全军,李文贵.新型覆盖材料:LS地布在果树节水抗旱上的应用效果[J].四川农业科技,2010(5):37-37.
- [13] 杨清华,黄俊,胡光灿,等.防草布在不同桔园应用试验初报[J].中国南方果树,2019,48(3):37-40.
- [14] 李宏建,王宏,于年文,等.地面覆盖对苹果树体生长和果实品质的影响[J].果树学报,2019,36(3):296-307.
- [15] 郑悦,李会科,张泰然,等.园艺地布微垄覆盖对渭北旱地矮化苹果根域土壤水分的影响[J].西北农业学报,2019,28(4):631-640.
- [16] 鲍士旦.土壤农业化学分析[M].3版.北京:中国农业出版社,1999:30-49.
- [17] 陈静,陈海,朱大运,等.石漠化地区林草复合治理对土壤团聚体稳定性和可蚀性的影响[J].水土保持研究,2020,27(4):1-7.
- [18] 王俊,李强,任禾,等.吉林省西部不同耕作模式下秸秆还田土壤团聚体特征[J].植物营养与肥料学报,2020,26(4):603-612.
- [19] 韩新生,马璠,郭永忠,等.土地利用方式对表层土壤水稳性团聚体的影响[J].干旱区资源与环境,2018,32(2):114-120.
- [20] 王艳廷,冀晓昊,吴玉森,等.我国果园生草的研究进展[J].应用生态学报,2015,26(6):1892-1900.
- [21] 王明亮,刘惠芬,王丽丽,等.不同覆盖作物模式对茶园土壤剖面物理性质的影响[J].天津师范大学学报:自然科学版,2020,40(2):56-62.
- [22] 郝淑英,刘蝴蝶,牛俊玲,等.黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状,水分及产量的影响[J].土壤肥料,2003(1):25-27.
- [23] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates in soils[J]. J Soil Sci, 1982,33(2):141-163.
- [24] 冯夕.地膜覆盖及施氮对菜地土壤团聚体及其碳氮组分的影响[D].重庆:西南大学,2019.
- [25] 王英俊,李同川,张道勇,等.间作白三叶对苹果/白三叶复合系统土壤团聚体及团聚体碳含量的影响[J].草地学报,2013,21(3):485-493.
- [26] 王义祥,翁伯琦,黄毅斌,等.生草栽培对果园土壤团聚体及其有机碳分布的影响[J].热带亚热带植物学报,2012,20(4):349-355.
- [27] Ramos M E, Benítez E, García P A, et al. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality[J]. Applied Soil Ecology, 2010,44(1):6-14.
- [28] 付学琴,杨星鹏,陈登云,等.南丰蜜橘果园生草栽培对土壤团聚体和有机碳特征及果实品质的影响[J].园艺学报,2020,47(10):1905-1916.
- [29] 何季,向仰州,张雪娇,等.生草栽培对刺梨园土壤团聚体分布及有机碳含量的影响[J].山地农业生物学报,2020,39(4):74-81.
- [30] Neilsen G, Forge T, Angers D, et al. Suitable orchard floor management strategies in organic apple orchards that augment soil organic matter and maintain tree performance[J]. Plant and Soil, 2014,378(1):325-335.
- [31] 张帆,王晨冰,赵秀梅,等.果园垄膜覆盖对土壤微生物量碳氮及土壤呼吸的影响[J].核农学报,2018,32(7):1448-1455.
- [32] 张少宏,付鑫,刘文清,等.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[J].水土保持学报,2020,34(1):236-241,248.
- [33] 毕明浩,梁斌,董静,等.果园生草对氮素表层累积及径流损失的影响[J].水土保持学报,2017,31(3):102-105.
- [34] Ball K R, Baldock J A, Penfold C, et al. Soil organic carbon and nitrogen pools are increased by mixed grass and legume cover crops in vineyard agroecosystems: Detecting short-term management effects using infrared spectroscopy[J]. Geoderma, 2020,379:114619.
- [35] Rodrigues MÂ, Correia C M, Claro A M, et al. Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues[J]. Scientia Horticulturae, 2013,158:45-51.