

石岩松,曹晶晶,李琳琳,等. 长期连作棉田土壤团聚体有机碳及氮磷钾含量的变化[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):270-275.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.061

长期连作棉田土壤团聚体有机碳及氮磷钾含量的变化

石岩松,曹晶晶,李琳琳,刘建国

(石河子大学/新疆兵团绿洲生态农业省部共建国家重点实验室培育基地,新疆石河子 832003)

摘要:依托棉花长期连作定位试验,设置秸秆还田条件下棉花连作5、10、15、20年及无秸秆还田处理下连作5、10、20年处理,对比分析不同连作年限棉田土壤水稳性团聚体中养分的变化特征,对深入认识连作棉田土壤肥力演变及对合理施肥均具有重要的理论价值。结果表明,无论是秸秆还田还是无秸秆还田土壤中有有机碳和全氮在水稳性团聚体总的分布规律是一致的,各个处理团聚体中的有机碳、全氮含量由高到低的顺序依次为: $>1\text{ mm}$, $<0.053\text{ mm}$, $0.25\leq\text{粒径}\leq 1\text{ mm}$, $0.053\leq\text{粒径}<0.25\text{ mm}$,且各个处理团聚体中有机碳、全氮含量随着粒径的不断增大呈现先降低后增加的趋势。在秸秆还田处理中,各个粒径水稳性团聚体中有机碳、全氮含量随着连作年限的增加而增加;而无秸秆还田处理中,各个粒径水稳性团聚体中有机碳、全氮含量随着连作年限的增加而降低。土壤中全磷、全钾含量较均匀地分布在各个粒径的团聚体中,表明团聚体中全磷、全钾含量受粒径变化的影响较小。不同粒级水稳性团聚体中的养分对土壤总体养分的贡献率从高到低依次为 $0.25\leq\text{粒径}\leq 1\text{ mm}$ 、 $\text{粒径}<0.053\text{ mm}$ 、 $0.053\leq\text{粒径}<0.25\text{ mm}$ 、 $\text{粒径}>1\text{ mm}$ 团聚体。秸秆还田处理下 $0.25\leq\text{粒径}\leq 1\text{ mm}$ 团聚体对土壤养分的贡献率总体随着连作年限的增加而增加; $0.053\leq\text{粒径}<0.25\text{ mm}$ 和 $\text{粒径}<0.053\text{ mm}$ 团聚体对土壤养分的贡献率随着连作年限的增加逐渐减低; $\text{粒径}>1\text{ mm}$ 团聚体对土壤养分的贡献率没有表现出明显的规律。无秸秆还田处理 $0.25\leq\text{粒径}\leq 1\text{ mm}$ 、 $0.053\leq\text{粒径}<0.25\text{ mm}$ 和 $\text{粒径}<0.053\text{ mm}$ 团聚体对土壤养分的贡献率与秸秆还田处理呈现相反的变化规律。

关键词:棉花;连作;秸秆还田;土壤团聚体;土壤养分

中图分类号:S152.4;S153.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)19-0270-05

土壤团聚体是土壤的基本结构单元,水稳性团聚体的数量和特征反映了土壤结构的稳定性并对于土壤结构具有重要影响^[1-2]。土壤有机碳和养分与土壤团聚体密切相关,是团聚体形成和保持稳定性的重要影响因素之一,不同粒径团聚体中养分含量对于土壤养分循环、团聚体的形成和破坏以及土壤肥力的保持具有重要的意义^[3-5]。不仅土壤类型、质地、成土矿物类型和气候类型会对土壤养分在团聚体中的分布状况产生影响,而且种植的植被、土地利用方式、开垦年限、肥力水平、施肥方式等也会影响团聚体的组成和养分分布情况^[6-8]。不同土地利用方式下,养分在不同粒径土壤团聚体中的分布不同,有机碳、氮含量随土壤团聚体粒径的增大均减小,而全磷、全钾、碱解氮含量则较均匀地分布在各粒径团聚体中,速效钾含量随土壤团聚体粒径的增大呈先增大后降低的趋势,不同粒径团聚体对土壤养分的贡献率主要取决于该粒径团聚体含量^[9]。长期连续施肥后不同粒径土壤团聚体中碳、氮、磷的含量均增加,施入土壤的养分主要进入2~10 μm 粒径的土壤颗粒中,说明该粒径对土壤养分的转运和保存起着重要作用^[10-11]。长期植茶有利于土壤团聚体中全

氮、碱解氮、全磷、有效磷的积累,但速效钾含量却逐年降低^[12];王双磊等研究认为,棉花连作3年及秸秆还田能增加大团聚体的百分含量,降低微团聚体含量,显著提高各粒径团聚体中有机碳、碱解氮和速效钾的含量,提高大团聚体对土壤养分的贡献率^[13]。

土壤团聚体深刻影响着土壤碳氮分布、养分迁移与转化^[14],因此,了解养分在土壤团聚体中的分布,对调控土壤肥力和增加土壤养分储量具有重要意义。国内外众多学者对土壤团聚体养分含量在不同土地利用方式、耕作方式和施肥处理下的分布进行了较多研究^[15-18],但关于作物长期固定种植模式下各粒径土壤团聚体中养分含量的动态演变特征的研究还鲜有报道。新疆绿洲棉花生产集约化、机械化程度高,在植棉区棉花种植比重占耕地面积的55%~80%,导致棉花常年连作,同时秸秆全量粉碎还田,成为绿洲农田有机培肥的主要方式。本试验以棉花长期连作定位试验土壤为研究对象,探讨连作年限对土壤团聚体养分含量变化的影响,旨在了解在棉花连作过程中土壤肥力的演变规律,为制订科学的土壤培肥措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于新疆石河子市石河子大学农学院试验站(86°03'E,45°19'N)长期连作定位试验田,地处天山北麓中段,属温带大陆性气候,光照资源丰富而降水稀少,一年一熟制,为典型的绿洲灌溉农业区。该区海拔443 m,年平均日照时数达2 865 h,大于10 $^{\circ}\text{C}$ 积温为3 480 $^{\circ}\text{C}$,无霜期165 d,年

收稿日期:2018-07-09

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201503120);国家自然科学基金(编号:31260307)。

作者简介:石岩松(1995—),男,湖北武汉人,硕士研究生,主要从事绿洲生态与农作制度研究。E-mail:shiyansong23@163.com。

通信作者:刘建国,博士,教授,主要从事农田生态环境与农作制度研究。E-mail:l-jianguo@126.com。

平均降水量 208 mm,年平均蒸发量 1 660 mm,温度日差较大,供试土壤为灌耕灰漠土。

1.2 田间试验设计

试验于 2015 年在石河子大学农学院试验站棉花长期连作定位试验田进行,选取秸秆还田模式下连作 5、10、15、20 年棉田小区(分别标记为 5、10、15、20 年),无秸秆还田模式下连作 5、10、20 年棉田小区(分别标记为 CK5、CK10 和 CK20)共计 7 个处理,每个处理 3 次重复。棉花秸秆还田连作模式是每年秋季棉花收获后将全部秸秆用铡刀切成 5~8 cm 小段,即模拟大田生产棉花秸秆机械还田方式,入冬前结合所施化肥翻入耕层,然后冬灌;棉花无秸秆还田连作模式是棉花收获后将全部秸秆带出农田,然后施化肥、翻耕、冬灌。棉花秸秆中 C、N、P、K 平均含量分别约为 41.3%、1.69%、0.43%、3.14% (均以干质量计),化肥施用量为氮(纯 N)肥 300 kg/hm²、磷(P₂O₅)肥 150 kg/hm²、钾(K₂O)肥 75 kg/hm²,氮肥的 30%,磷、钾肥的 100%作基肥,于棉花收获后结合翻耕施入,其余 70%氮肥作追肥随水滴施。棉花品种为新陆早 46 号,按 30 cm + 60 cm + 30 cm 宽窄行距配置,采用膜下滴灌,每年 4 月 20 日左右播种,留苗密度为 19.8 万株/hm²,每年 7 月上旬打顶。全生育期滴灌 11 次,滴灌总量 5 400 m³/hm²,其他管理措施与一般大田管理一致。

1.3 样品采集与测定

土样采集:在棉花播种前按照“S”形采样方式采集 3 个样点剖面 0~30 cm 土层原状土样,每个处理 3 次重复。土样采集后放入塑料盒内带回实验室,在运输过程中尽量减少对土样的扰动,以避免破坏土壤的团聚体结构。然后放于实验室内自然风干并沿着土壤结构的自然剖面掰开,同时防止土壤结构因外力作用而变形,去除土壤中的植株残体、石块等杂物,让土样自然风干,备用。

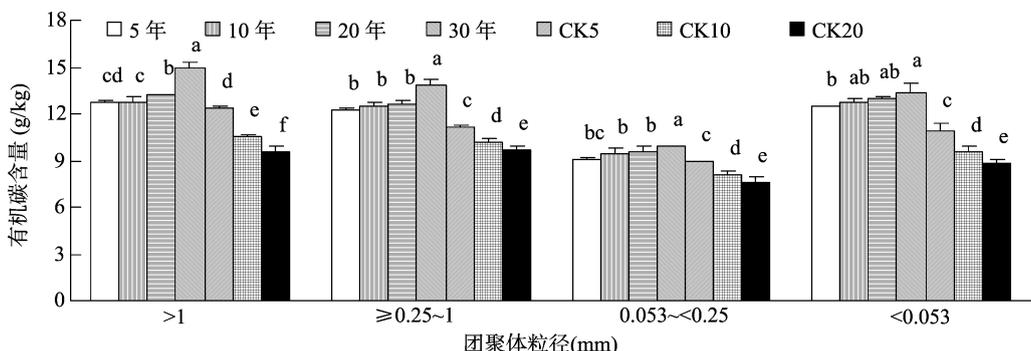
土样养分含量测定:水稳性团聚体百分含量的测定采用湿筛法,通过分离出 <0.053 mm,0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm,

0.25 ≤ 粒径 ≤ 1 mm, > 1 mm 粒级的团聚体进行测定。土壤团聚体中有有机碳、全氮、全磷、全钾含量的测定参照鲍士旦的方法^[19]进行。

2 结果与分析

2.1 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中有机碳的分布

如图 1 所示,土壤水稳性团聚体中的有机碳含量因粒径分布而异。团聚体中的有机碳主要分布在粒径 > 1 mm、0.25 ≤ 粒径 ≤ 1 mm 和粒径 < 0.053 mm 的团聚体中,而 0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm 土壤团聚体中含量相对最低。秸秆还田处理团聚体中有机碳含量在 9.02~14.99 g/kg 范围内,随着连作年限的增加,各个粒径团聚体内有机碳含量逐渐增加。在无秸秆还田处理下团聚体中有机碳含量随连作年限的增加呈现下降的趋势。秸秆还田处理团聚体中有机碳含量高于无秸秆还田处理。无论秸秆还田处理还是无秸秆还田处理,团聚体中有机碳的含量均随着粒径的增大呈现先降低后增加的趋势。与同一连作年限的无秸秆还田处理相比,秸秆还田处理下连作 20 年处理粒径 < 0.053 mm 团聚体有机碳含量增幅最大,达 47.4%;其次为秸秆还田连作 20 年处理粒径 > 1 mm 团聚体,其有机碳含量较 CK20 处理增加了 38.2%。秸秆还田连作 5 年处理 0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm 团聚体有机碳含量较 CK5 处理增幅最小,然后是秸秆还田连作 5 年处理粒径 > 1 mm 团聚体。秸秆还田可以提高各个粒径水稳性团聚体中有机碳的含量,且随着连作年限的增加,增幅不断增加,本试验中水稳性团聚体中有机碳的含量在连作 30 年达到最大。与同一连作年限的无秸秆还田处理相比,秸秆还田处理在各个粒径团聚体中有机碳含量增幅最大的是 < 0.053 mm 粒径,而增幅最小的是 0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm 的团聚体。秸秆还田处理中各级水稳性团聚体中有机碳含量大体由高到低的顺序依次为粒径 > 1 mm、< 0.053 mm,0.25 ≤ 粒径 ≤ 1 mm,0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm。



柱上不同小写字母表示同一粒径不同连作年限之间的差异显著水平($P < 0.05$)。下同

图1 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中有机碳含量

2.2 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全氮的分布

由图 2 可见,土壤中全氮主要分布在粒径 > 1 mm 和粒径 < 0.053 mm 水稳性团聚体中,0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm 团聚体中全氮含量最少。秸秆还田处理中团聚体的全氮含量为 0.58~0.82 g/kg,各个粒径团聚体中全氮含量随着连作年限的增加不断增加,其中 0.053 ≤ 粒径 < 0.25 mm 团聚体中全氮含量在各个处理间差异显著。无秸秆还田处理团聚体中全氮含量为 0.49~0.70 g/kg,随着连作年限的增加,团聚体中

全氮含量不断下降。秸秆还田处理的全氮含量均显著高于无秸秆还田处理。与同一连作年限的无秸秆还田处理相比,随着秸秆还田连作年限的增加,团聚体中全氮含量增加的幅度不断增大,连作 20 年处理中全氮含量增幅达到最大。与同一连作年限的无秸秆还田处理相比,秸秆还田处理下不同粒径团聚体中全氮含量增幅最大的为粒径 < 0.053 mm 的团聚体,秸秆还田 5、10、20 年与 CK5、CK10、CK20 相比团聚体全氮含量分别增加了 6.5%、29.4%、38.1%。秸秆还田处理中水稳

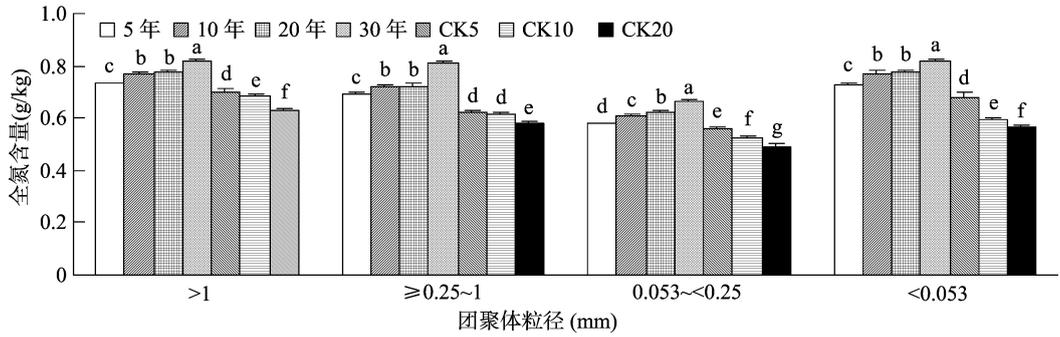


图2 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全氮含量

性团聚体中全氮含量总体由高到低的顺序依次为粒径 >1 mm、粒径 <0.053 mm、 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm、 $0.053 \leq$ 粒径 <0.25 mm。所有处理下团聚体全氮含量均随着粒径的逐渐增大呈现先降低后增加的趋势。这一变化趋势与团聚体中有机碳含量的变化趋势一致。

2.3 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全磷的分布

由图3可以看出,秸秆还田处理团聚体中全磷含量随着

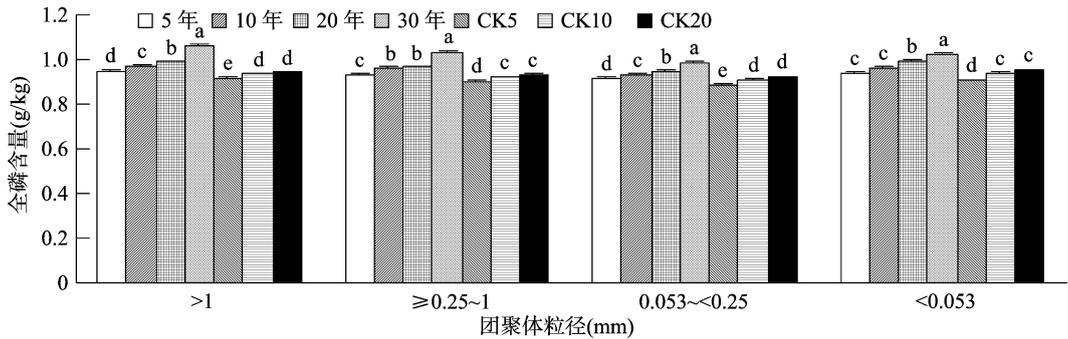


图3 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全磷含量

2.4 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全钾的分布

由图4可知,秸秆还田处理不同连作年限土壤水稳性团聚体中全钾含量为 $18.9 \sim 23.2$ g/kg,无秸秆还田处理全钾含量为 $18.1 \sim 21.6$ g/kg;所有处理各粒径团聚体的全钾含量分布比较均匀,表明土壤团聚体全钾含量受粒径变化的影响较小。在秸秆还田处理中,除粒径 >1 mm 团聚体外,各粒径土壤团聚体的全钾含量随着连作年限的增加总体呈现先降低后

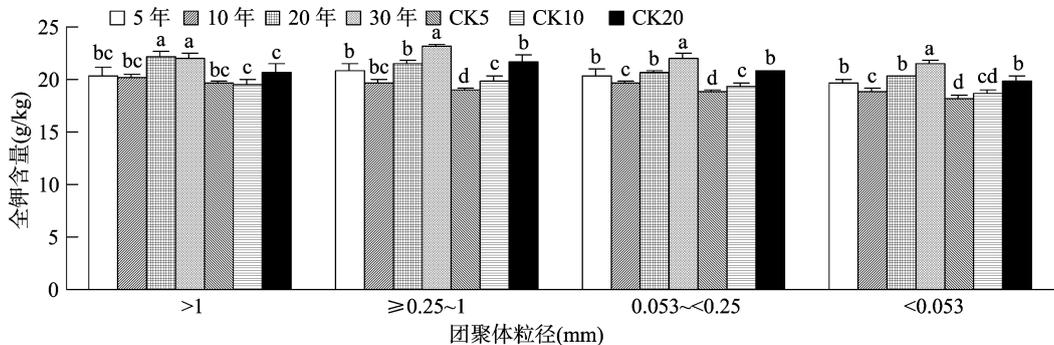


图4 长期连作棉田土壤水稳性团聚体中全钾含量

2.5 长期连作棉田土壤团聚体养分对土壤养分的贡献率

将各个粒径土壤团聚体含量与不同粒径团聚体中养分放在一起考虑,不仅能详细地反映团聚体对土壤的贡献率,也能全面和客观地反映秸秆还田对长期连作棉田的作用效果。如

连作年限的增加而增加,至连作30年时达到最大值。无秸秆还田处理团聚体中全磷含量随着连作年限的增加也呈现增长趋势。各个粒径团聚体中,秸秆还田处理全磷含量高于无秸秆还田处理。所有处理土壤中全磷含量较均匀地分布在各个粒径的团聚体中,表明团聚体全磷含量受粒径变化的影响较小。

增加的趋势。在无秸秆还田处理中,土壤团聚体的全钾含量随着连作年限的增加呈现增加趋势。与无秸秆还田处理相比,秸秆还田处理各个粒径团聚体中全钾含量较高,且随着连作年限的增加,增长幅度不断减小。秸秆还田处理大团聚体(粒径 ≥ 0.25 mm)中全钾含量高于微团聚体(粒径 <0.25 mm)中的含量,说明大团聚体对土壤全钾的储存及固定有着积极的作用。

表1所示,不同级团聚体养分对土壤养分的贡献率从高到低依次为 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm、粒径 <0.053 mm、 $0.053 \leq$ 粒径 <0.25 mm、粒径 >1 mm 的团聚体。其中,有机碳含量的 $37.6\% \sim 49.2\%$ 的贡献率来自于 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体,

其次是粒径 < 0.053 mm 团聚体;而粒径 > 1 mm 团聚体和 $0.053 \leq$ 粒径 < 0.25 mm 团聚体对土壤有机碳含量的贡献率较少,分别为 6.1% ~ 7.4% 和 5.3% ~ 15.2%。 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体对土壤全氮的贡献率最大,为 44.2% ~ 58.6%;粒径 > 1 mm 团聚体对全氮的贡献率最小,为 7.4% ~ 8.2%。在 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体中养分含量相对较高,而且土壤中该粒级的团聚体含量是最高的,因此它的贡献率

也相对较高。在粒径 > 1 mm 团聚体中养分含量较高,但土壤中该粒级的团聚体含量最低,因此其贡献率也是最低的。由此可见,土壤团聚体对土壤养分含量的贡献率与团聚体含量高度正相关。 > 1 mm 粒径的团聚体百分含量最低,但是该级团聚体的养分含量却是最高。如果想要提高土壤整体养分的含量,可通过提高土壤大团聚体养分含量或者提高大团聚体的含量实现。

表1 不同粒径团聚体对土壤养分含量的贡献率

土壤养分	处理	贡献率 (%)			
		粒径 > 1 mm	$0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm	$0.053 \leq$ 粒径 < 0.25 mm	粒径 < 0.053 mm
有机碳	5年	7.35a	47.25bc	10.03c	19.71c
	10年	6.90b	47.66ab	8.95d	17.91d
	20年	6.65c	48.24ab	6.53e	15.16e
	30年	7.04b	49.17a	5.30f	13.71f
	CK5	7.03b	45.73c	13.35b	22.65b
	CK10	6.18d	39.83d	13.69b	23.32b
	CK20	6.08d	37.61e	15.24a	23.32a
	全氮	5年	7.99a	48.42d	12.02c
10年		7.73a	49.90c	11.00cd	20.75c
20年		7.69a	54.09b	8.39d	17.85d
30年		7.86a	58.60a	7.23e	17.16d
CK5		7.37a	46.66e	15.40b	26.16b
CK10		7.35a	44.24f	16.16b	26.50b
CK20		8.21a	46.47e	20.38a	33.96a
全磷		5年	7.85a	51.61c	14.59d
	10年	7.62b	53.40b	12.81e	19.61e
	20年	7.50c	55.64a	9.75f	17.48f
	30年	7.47c	54.85a	7.89g	15.73g
	CK5	6.61d	46.58d	16.83c	23.92c
	CK10	6.47e	42.46e	18.16b	26.97b
	CK20	6.22f	37.46f	19.16a	28.75a
	全钾	5年	8.17a	55.79b	15.67d
10年		7.81b	53.47c	13.25e	18.90e
20年		8.38a	61.42a	10.64f	17.81f
30年		7.76b	61.92a	8.86g	16.61g
CK5		7.20c	49.55d	18.08c	24.25c
CK10		6.69d	45.33e	19.17b	26.59b
CK20		6.72d	43.12f	21.45a	29.66a

秸秆还田处理下 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体对土壤养分的贡献率总体随着连作年限的增加而增加; $0.053 \leq$ 粒径 < 0.25 mm 和粒径 < 0.053 mm 团聚体对土壤养分的贡献率随着连作年限的增加逐渐减低;粒径 > 1 mm 团聚体对土壤养分的贡献率没有表现出明显的规律。无秸秆还田处理下 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体对土壤养分的贡献率总体随着连作年限的增加而降低; $0.053 \leq$ 粒径 < 0.25 mm 和粒径 < 0.053 mm 团聚体对土壤养分的贡献率随着连作年限的增加逐渐增加。与无秸秆还田处理相比,在粒径 > 1 mm 和 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 团聚体中,秸秆还田处理团聚体对土壤养分的贡献率总体高于无秸秆还田处理;在 $0.053 \leq$ 粒径 < 0.25 mm 和 < 0.053 mm 团聚体中,秸秆还田团聚体对土壤养分的贡献率低于无秸秆还田处理。

3 讨论

土壤中的氮、磷、钾是植被生长和恢复生长的主要影响因

子,是土壤肥力的重要组成部分,不同粒径的团聚体对土壤中氮、磷、钾的保持、供应和转化能力不同^[20-21]。

本研究结果表明,不同连作年限土壤中的有机碳、全氮主要集中在粒径 > 1 mm、 $0.25 \leq$ 粒径 ≤ 1 mm 和粒径 < 0.053 mm 的团聚体中。这一结果与 Lee 等的研究结果^[22-23]一致,其中 Lee 等在长期施肥对水稻土壤有机碳变化及土壤物理性质影响的研究中表明,粒径 < 0.053 mm 团聚体中有机碳含量占土壤总有机碳含量的 75%。秸秆还田处理下各粒径团聚体中有机碳、全氮含量随着连作年限的增加而增加。无秸秆还田处理下各粒径团聚体中有机碳和全氮含量随着连作年限的增加而下降,且秸秆还田处理高于无秸秆还田处理。这主要是由于秸秆中含有植物所需的大量元素以及微量元素,而秸秆中的大部分养分也都归还到农田土壤中,提高农田土壤的养分和肥力^[24]。在粒径 ≥ 0.25 mm 团聚体中有机碳、全氮含量随着粒径的增大而增加,但在粒径 < 0.25 mm 微团聚体中情况相反,随着粒径的增大而减少,

且大团聚体中有机碳、全氮含量高于微团聚体,这与 Jastrow 等的研究结论^[25-26]一致。产生这种现象的原因可能有 2 种:一是各粒级团聚体中有机碳的矿化速度不同,二是秸秆还田后土壤中有机胶结物质增多,使得小粒级的团聚体向大粒级团聚体团聚,在这个过程中碳、氮随之迁移。而在粒径 <0.053 mm 团聚体中有机碳、全氮含量高的原因可能是在微团聚体中粒径越小,比表面积越大,对有机碳及全氮的吸附能力就越强^[27]。徐阳春等研究表明,土壤团聚体粒径越小,对 NH_4^+ 的吸附量就越多,因此小粒径团聚体全氮含量较高^[28]。当然也有与之相反的结论,李玮等认为,不同植茶年限土壤较小粒径团聚体中有机碳、全氮含量高于较大粒级的团聚体,粒径 <0.25 mm 团聚体中有机碳、全氮含量最高;这可能与种植的作物和土壤的类型不同有关^[29]。各个粒级团聚体中全磷、全钾含量分布较均匀,没有明显的差异,这与郑子成等的研究结果^[9,27]一致。这可能是因为土壤中的磷素本身性质稳定,易被固定、吸附,不易移动流失^[27]。因此,各个粒级团聚体中全磷含量无明显差异。

4 结论

秸秆还田处理下,不同粒径土壤团聚体中有机碳、全氮含量随着连作年限的增加而增加。而无秸秆还田处理下,团聚体中有机碳、全氮含量随着连作年限的增加而下降,且秸秆还田处理各粒级土壤水稳性团聚体中有机碳、全氮含量均高于无秸秆还田处理。土壤团聚体中全磷含量无论是否秸秆还田均随着连作年限的增加而增加。

连作棉田土壤团聚体中有机碳、全氮含量随粒径减小呈先下降后增加的趋势,主要分布在粒径 >1 mm 的大团聚体和粒径 <0.053 mm 的微团聚体中,全磷、全钾含量在不同粒级的团聚体中分布较均匀,受粒径变化的影响较小,表明不同粒径水稳性团聚体对土壤碳、氮、磷、钾的保持、供应和转化能力存在明显差异。

不同粒级团聚体对土壤养分的贡献率有 37% ~ 62% 来自 $0.25 \leq \text{粒径} \leq 1$ mm 团聚体,其次是粒径 <0.053 mm 团聚体,占 13.7% ~ 34.0%。秸秆还田处理下 $0.25 \text{ mm} \leq \text{粒径} \leq 1.00$ mm 团聚体对土壤养分的贡献率总体随着连作年限的增加而增加; $0.053 \leq \text{粒径} < 0.25$ mm 和粒径 <0.053 mm 团聚体对土壤养分的贡献率随着连作年限的增加逐渐减低,在无秸秆还田处理下变化相反。

参考文献:

[1] 曹晶晶,魏飞,马芳霞,等. 秸秆还田与长期连作棉田土壤水稳性团聚体特征[J]. 干旱地区农业研究,2017,35(1):26-32.

[2] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32(14): 2099-2103.

[3] 候晓静,杨劲松,王相平,等. 不同施肥方式下滩涂围垦农田土壤有机碳及团聚体有机碳的分布[J]. 土壤学报,2015,52(4):818-827.

[4] 毛霞丽,陆扣萍,何丽芝,等. 长期施肥对浙江稻田土壤团聚体及其有机碳分布的影响[J]. 土壤学报,2015,52(4):828-838.

[5] 刘晓东,尹国丽,武均,等. 氮素补充对高寒草甸土壤团聚体有

机碳、全氮分布的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(14):139-147.

[6] 吴雯,郑子成,李廷轩. 退耕植茶地土壤团聚体中有机磷组分分布特征[J]. 山地学报,2017,35(4):459-468.

[7] 黄金花,刘军,杨志兰,等. 秸秆还田下长期连作棉田土壤有机碳活性组分的变化特征[J]. 生态环境学报,2015,24(3):387-395.

[8] 冯春晓,艾应伟,王克秀,等. 恢复年限对裸露边坡土壤团聚体颗粒和碳、氮、磷分布的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(5):156-161.

[9] 郑子成,何淑勤,王永东,等. 不同土地利用方式下土壤团聚体中养分的分布特征[J]. 水土保持学报,2010,24(3):170-174.

[10] Bronick C J, Lai R. Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA[J]. Soil & Tillage Research, 2005, 81(2):239-252.

[11] Green V S, Cavlgelli M A, Dao T H, et al. Soil physical properties and aggregate-associated C, N and P distribution in organic and conventional crop systems[J]. Soil Science, 2005, 170(10):822-831.

[12] 王晟强,郑子成,李廷轩. 植茶年限对土壤团聚体氮、磷、钾含量变化的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(6):1393-1402.

[13] 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):3944-3952.

[14] 李欣雨,夏建国,田汶艳. 稻田植茶后土壤团聚体水稳性变化特征及影响因素分析[J]. 水土保持学报,2017,31(4):148-153.

[15] Gao L L, Beckera E, Liang G P, et al. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon[J]. Geoderma, 2017, 288(15):97-104.

[16] Hartley W, Riby P, Waterson J. Effects of three different biochars on aggregate stability, organic carbon mobility and micronutrient bioavailability[J]. Journal of Environmental Management, 2016, 181:770-778.

[17] 朱秋丽,王纯,严锦华,等. 施加秸秆与废弃物对茉莉园土壤团聚体及碳氮磷含量的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(4):191-197.

[18] 程乙,任昊,刘鹏,等. 不同栽培管理模式对农田土壤团聚体组成及其碳、氮分布的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(11):3521-3528.

[19] 鲍士旦. 土壤和农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[20] 石箭华,孟广涛,李品荣,等. 滇中不同植物群落土壤团聚体组成及养分特征[J]. 水土保持学报,2011,25(4):183-187.

[21] 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.

[22] Lee S B, Lee C H, Jung K Y, et al. Changes of soil organic carbon and its fractions in relation to soil physical properties in a long-term fertilized paddy[J]. Soil & Tillage Research, 2009, 104(2):227-232.

[23] 关松,窦森,胡永哲,等. 添加玉米秸秆对黑土团聚体碳氮分布的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(4):187-191.

[24] 曾研华,吴建富,潘晓华,等. 稻草原位还田对双季稻田土壤理化与生物学性状的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(3):150-155.

谭玉兰,曾庆飞,韦兴迪,等. 不同牧草品种与烤烟轮作对植烟土壤养分及物理性状的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):275-279.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.062

不同牧草品种与烤烟轮作对植烟土壤养分及物理性状的影响

谭玉兰¹, 曾庆飞², 韦兴迪¹, 陈超¹

(1. 贵州大学动物科学学院, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州省农业科学院草业研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要:为探明牧草轮作对烤烟地土壤养分及物理性状的改良效应,以贵州省晴隆县烤烟基地为研究对象,采取田间试验方法,以单作烤烟为对照,连续3年研究15种不同的豆科及禾本科牧草品种与烤烟轮作对土壤养分和物理性状的影响。结果表明,15个牧草品种轮作后都能增加土壤的有机质、全氮、速效氮、速效磷和速效钾含量。其中,土壤有机质的含量以轮作豆科牧草中的紫花苜蓿与紫云英、禾本科牧草中的多花黑麦草品种的增量较大,增量均在40 g/kg以上;轮作牧草后全氮含量的增量在0.05~0.65 g/kg之间,而且随着土壤有机质含量的增加而增加。与轮作前相比,15个牧草品种轮作后土壤中速效氮、速效磷、速效钾含量都有不同程度的增加,增量在不同牧草品种之间存在一定差异。经过3年烤烟—牧草的连续轮作,植烟地土壤平均容重从1.40 g/cm³降到了1.03 g/cm³,平均孔隙度从38.46%增加到了44.62%,随着轮作年限的增加,容重和孔隙度均不断朝着良性方向递变,不同牧草品种之间对土壤容重和孔隙度的改变量差异不显著。

关键词:烤烟;牧草;轮作;土壤肥力;土壤物理性状

中图分类号: S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0275-05

牧草是畜牧养殖过程中的重要饲料来源,而且由于其根系生长迅速,植株繁殖能力强,覆盖地面快,因而具有防风固沙、保持水土的作用^[1]。此外,主要被种植利用的豆科及禾本科牧草,它们发达的根系在土壤中能不断集聚有机物质,并在土壤微生物的作用下发挥胶结和团聚的作用,提高土壤腐殖质的含量,改善土壤团粒结构^[2]。豆科牧草根部形成的根瘤还具有共生固氮作用,能将空气中的游离氮分子转化成可被植物吸收利用的化合态氮,进而提高土壤的肥力^[3]。另有研究表明,在果园、茶园以及桉树林内间作牧草,不但能改善土壤理化性状,增加土壤养分含量,同时还能减少雨水冲刷及地面径流,改善园区生态环境。刘晨在库尔勒香梨果园间作

牧草后,经测定发现,0~60 cm土层土壤有机质含量得到有效提高,其中豆科牧草的效果优于禾本科牧草;种草区表层(0~30 cm)土壤全氮、全磷、全钾含量显著高于清耕区;牧草形成的地面覆盖可减少地表土壤水分蒸发,提高表层土壤含水量,调节果园气温和相对湿度,缓解生长季高温干旱对树体和果实造成的伤害,保持地温较平缓地变化^[4]。黄东风等在茶园套种百喜草、白三叶、平托花生,研究它们对土壤肥力的影响,结果表明,与没有套种牧草的茶园相比,套种牧草的茶园土壤的pH值与有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷含量都得到了有效提高,其中套种白三叶和平托花生对土壤全氮和碱解氮含量的提高幅度最为明显;套种牧草还使茶园的水土流失降低了25%~60%^[5]。王会利等在桉树林下套种牧草,以纯桉树林为对照,研究其对土壤肥力及地表径流量和土壤侵蚀量的影响^[6],也得到了相似的结论。因此近年来,牧草成为轮作、间套作种植模式中优选的作物种类。

贵州省是我国第二大烤烟生产基地,烟叶在国内烤烟生产中占有重要地位,但由于生产栽培条件等诸多原因,无轮作的烤烟种植制度普遍存在^[7]。研究证明,烤烟是一种忌连作的作物,长期连作,会使土壤理化性质恶化、养分失调、病虫害频发,从而使烟叶产质量下降,而且随着栽培年限的延长,烤

收稿日期:2018-06-28

基金项目:国家自然科学基金(编号:31560035,31560670)。

作者简介:谭玉兰(1991—),女,湖北武汉人,硕士研究生,主要从事牧草利用及草地肥力演变方面的研究。E-mail: tanyulan1991@163.com。

通信作者:曾庆飞,博士,副研究员,主要从事土壤微生物及草地利用方面的研究,E-mail: zengqingfei2008@163.com;陈超,博士,教授,主要从事草地草原及牧草综合利用方面的研究,E-mail: 690076748@qq.com。

[25] Jastrow J D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996, 28(4/5): 665-676.

[26] 董雪,王春燕,黄丽,等. 侵蚀程度对不同粒径团聚体中养分含量和土壤有机质稳定性的影响[J]. *土壤学报*, 2013, 50(3): 525-533.

[27] 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.

[28] 徐阳春,沈其荣. 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体中C、N、P含量与分配的影响[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(5): 65-71.

[29] 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.