

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.08.002

## “植烟土壤保育与修复技术”专题

土壤条件是优质烟系统工程的基础,是影响烟叶质量的首要环境因素.我国大部分植烟区人地矛盾突出,常年连作,用养结合不够,导致大部分烟区土壤退化严重,严重制约着我国烟草生产的可持续发展.近年来,科研人员对退化植烟土壤保育修复技术进行了较为系统的实用性和前瞻性研究,取得了一系列土壤保育与修复关键技术.本刊特以“植烟土壤保育与修复技术”专题形式刊出,力求反映国内植烟土壤保育与修复最新研究进展和实际应用,突出新颖性和实用性,以期为植烟土壤改良与修复提供参考.

# 有机物料对黄壤烟田土壤团聚体组成及土壤肥力的影响

金亚波<sup>1,2</sup>, 寇智瑞<sup>2</sup>, 韦建玉<sup>1</sup>,  
黄崇峻<sup>1</sup>, 李承荣<sup>1</sup>, 周鑫斌<sup>2</sup>

1. 广西中烟工业有限责任公司, 南宁 530001; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

**摘要:**为探究长期施用有机物料对连作烟田土壤团聚体组成特征及土壤肥力的影响,采用长期定位田间试验方法,以连作 20 年的黄壤烟田为研究对象,研究了施用腐熟鸡粪(JF)、猪粪(ZF)、烟杆(YG)和菌渣(JZ)4 种有机物料对连作烟田土壤团聚体组成、团聚体稳定性和土壤速效养分质量分数的影响.结果表明,与对照组(CK)相比,施用有机物料均能有效提升土壤速效养分质量分数,显著影响黄壤烟田土壤团聚体组成,土壤中 0.25~4 mm 大团聚体比例明显增加,团聚体水稳性明显增加.腐熟禽畜鸡粪提升土壤碱解氮质量分数效果最好,相比 CK 显著提升了 40.50%;菌渣提升土壤速效磷和速效钾质量分数效果最好,相比 CK 分别提升了 40.96% 和 23.65%;烟农传统采用的猪粪有机肥提升土壤团聚体机械稳定性最好;长期施用不同有机物料对改善土壤团聚体组成,增加 >0.25 mm 水稳性土壤团聚体效果均比较显著,对土壤水稳性团聚体的稳定性指数均有显著提高作用,其中烟杆提升效果最好,同时烟杆相比对照有机质提高了 13.31%.综上,长期施用有机物料相比于对照明显改善黄壤土壤团聚体结构和稳定性,其中,腐熟烟杆可显著提高土壤大团聚体比例,降低微团聚体比例,改善土壤结构,对于南方山地黄壤是一种较好的土壤改良物料.

**关键词:**有机物料;烟田;养分;团聚体

中图分类号: S572

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)08-0009-08

收稿日期: 2020-05-15

基金项目: 重庆市自然科学基金项目(cstc2017jcyjAx0425); 广西中烟工业有限责任公司项目(2019450000340021); 中国烟草总公司重点科技项目(110201902005).

作者简介: 金亚波(1974-),男,博士,高级农艺师,主要从事烟草栽培研究.

土壤团聚体被看作评价土壤质量最重要指标之一<sup>[1-2]</sup>。良好的土壤结构和稳定的团聚体对于提高土壤养分供给能力、促进土壤生产力恢复、提高孔隙度和降低可蚀性等方面都具有重要作用<sup>[3]</sup>。以往的研究表明,土壤团聚体的形成与稳定性受到人为活动的强烈影响,其中耕作方式<sup>[4]</sup>和施肥制度<sup>[5]</sup>的影响尤为显著。我国烟田土壤类型主要以黄壤为主,绝大部分以坡耕地为主,由于烟区人地矛盾突出,烟田常年连作,种养结合不够,致使土壤退化严重,诸如土壤板结、养分失衡和有机质质量分数降低等问题严重制约着黄壤烟田的可持续利用<sup>[6]</sup>。因此,如何提升烟田土壤结构稳定性和供肥能力,是实现黄壤烟田可持续生产的必要基础。

土壤有机碳对土壤团聚体的形成与稳定具有非常重要的作用,腐殖质与粘土矿物、铁氧化物间的复合反应是土壤团聚体主要的胶结机制<sup>[7]</sup>。鸡粪与化肥配合施用可显著提高褐土小麦/玉米轮作体系中土壤团聚体稳定性,同时还增强了土壤肥力<sup>[8]</sup>。关于这方面的研究主要集中在北方农作物上,且选用的有机肥物料不是根据当地实际情况生产的有机肥。重庆市烟叶产区烟秆随处堆放、坡地四处乱扔的现象较为普遍。已有研究证实,烟秆有机肥对提升烤烟品质,提高烤烟抗病性,促进烤烟生长等均有显著的效果<sup>[6]</sup>。为此本研究以当地普通有机物料腐熟有机肥为对象,探索各类腐熟有机物料与化肥配合长期施用对提高黄壤烟田土壤团聚体稳定性和土壤肥力的作用,以为黄壤烟田可持续利用提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验地位于重庆市彭水县润溪乡白果坪,经度 107°54'44",纬度 29°06'56",海拔为 1 213 m,为亚热带湿润季风气候,气候温和、雨量充沛、光照偏少。多年平均气温 17.50 °C,常年平均降雨量 1 104 mm,无霜期 312 d。

### 1.2 试验设计及田间管理

本试验为长期定位试验,2013 年开始试验,2018 年取样分析测定。烤烟品种选用云烟 87,试验进行 6 年,种植密度为 16 500 株/hm<sup>2</sup>,共设 5 个处理,分别为:(1) 仅施化肥(CK);(2) 化肥+鸡粪(JF),化肥施用量与 CK 相同,下同;(3) 化肥+猪粪(ZF),此处理为农民传统施肥习惯;(4) 化肥+烟秆(YG);(5) 化肥+菌渣(JZ)。每个处理设 3 次重复,共 15 个小区,每个小区面积为 40 m<sup>2</sup>,完全随机排列。试验所用有机肥均采用加腐熟剂进行单独腐熟堆制而成,各处理施肥量及方式均根据重庆市烤烟生产管理指南进行。具体施肥方案为:施氮总量 120 kg/hm<sup>2</sup>,N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:2.3;各有机肥的投入量按总氮量的 20%投入,有机肥和磷肥作为基肥一次性施入,氮肥和钾肥按 7:3 的比例用于基施和追施,氮肥追施在烟草移栽后的 7~10 d,钾肥追施在移栽后 30 d 左右。试前耕层土壤及各有机物料理化性质如表 1 和 2 所示。

表 1 供试土壤基础理化性质

材料	pH 值	有机质 OM/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 TN/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 TP/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 TK/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 AN/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 AP/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 AK/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
土壤	6.52	14.25	1.07	0.94	1.82	94.27	55.42	104.14

表 2 试验材料基础数据

材料	有机质 OM/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全氮 TN/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全磷 TP/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全钾 TK/ (g · kg <sup>-1</sup> )	C/N
腐熟鸡粪	267.14	16.23	14.18	11.93	9.55
腐熟猪粪	221.31	10.06	9.72	6.34	12.76
腐熟烟杆	421.66	9.21	1.76	9.82	26.56
菌渣堆肥	331.58	8.14	3.73	8.55	23.63

### 1.3 样品采集与测定

土壤样品的采集于当季烟草适时采收完全后(2018年11月)进行,每个小区以“五点取样法”取样 2 kg,去除动、植物残体后风干,一部分充分研磨后过 60 目筛用于测定土壤速效磷、速效钾、碱解氮和有机质等基本理化性质,另一部分沿土体自然结构剥成直径约 10 mm 的小块,称取 500 g 用于干筛试验,根据干筛试验的结果,各粒径按比例称取 50 g 用于湿筛试验.根据分级结果,计算土壤团聚体稳定性指数(Aggregate Stability Index, ASI).

### 1.4 研究方法

土壤理化指标的测定采用《土壤农化分析》方法<sup>[9]</sup>,其中,土壤有机质(SOM)使用重铬酸钾外加热法测定;土壤碱解氮(AN)采用扩散皿法测定;土壤速效磷(AP)采用 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾(AK)采用 NH<sub>4</sub>OAc 浸提-火焰光度法测定;

机械稳定团聚体是指在干燥的土壤结构体经过机械震荡后保持自身结构稳定性,不发生破裂.水稳性团聚体是指土壤结构体经水浸后不立即散开,保持土壤结构体形态不破碎.土壤团聚体破坏率(PAD)的计算公式为:

$$PAD(\%) = (W_d - W_w) / W_d \times 100\%$$

式中:  $W_d$  为干筛后,粒径大于 0.25 mm 的团聚体所占比例;  $W_w$  为湿筛后,粒径大于 0.25 mm 的团聚体所占比例.

土壤团聚体稳定性指数的计算参考 Niewczas 等<sup>[10]</sup>的研究结果.土壤团聚体在筛分过程中,依次破裂成下一粒径范围内的团聚体颗粒,任一粒径范围内的团聚体在筛分过程中,能够保存在当前粒径范围的概率分别为  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , 破裂进入下一粒径范围的概率为  $1 - P_1, 1 - P_2, 1 - P_3, \dots, 1 - P_n$ .

对于干筛而言,  $n$  个粒径范围内的团聚体比例可构成矩阵  $D_n$ :

$$D_n = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_n\} \quad (1)$$

对于湿筛而言,  $n$  个粒径范围内的团聚体比例可构成矩阵  $W_n$ :

$$W_n = \{W_1, W_2, W_3, \dots, W_n\} \quad (2)$$

干筛和湿筛团聚体矩阵满足以下关系:

$$\begin{cases} D_1 P_1 = W_1 \\ D_1(1 - P_1)P_2 + D_2 P_2 = W_2 \\ D_1(1 - P_1)(1 - P_2)P_3 + D_2(1 - P_2)P_3 + D_3 P_3 = W_3 \\ \dots \\ D_1(1 - P_1)(1 - P_2)\dots(1 - P_{n-1})P_n + D_2(1 - P_2)\dots(1 - P_{n-1})P_n + \dots + D_n P_n = W_n \end{cases} \quad (3)$$

即:

$$P_n = \frac{W_n}{(D_1 + D_2 + \dots + D_n) - (W_1 + W_2 + \dots + W_{n-1})} \quad (4)$$

各个粒径的土壤团聚体保存概率的总和即为土壤团聚体稳定性指数:

$$ASI = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (5)$$

## 1.5 数据分析

测定结果用 Excel2007 和 SPSS 18.0 进行统计分析.

## 2 结果与分析

由图 1 可知,施用鸡粪时,烟叶产量为  $2\ 232.0\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 相比对照提高了  $10.90\%$ ; 施用猪粪时,烟叶产量为  $2\ 289.1\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 相比对照提升了  $13.74\%$ ; 施用烟杆时,烟叶产量为  $2\ 124.0\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 相比对照提升了  $5.54\%$ ; 施用菌渣时烟叶产量为  $2\ 210.4\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 相比对照提升了  $9.83\%$ ; 研究表明,施用有机物料均能提高烟叶产量,提升效果由高到低依次为猪粪、鸡粪、菌渣、烟杆.

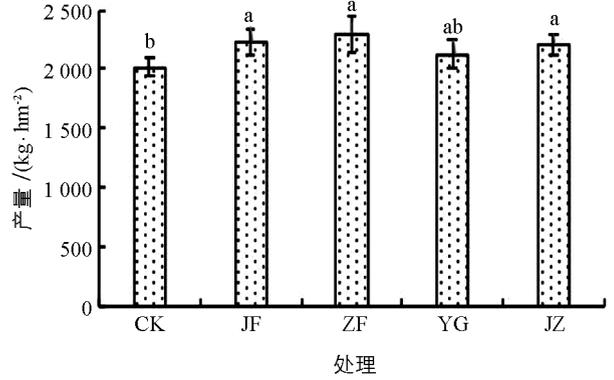
### 2.1 不同有机物料对土壤有机质质量分数的影响

不同有机物料对土壤有机质质量分数的影响

如图 2 所示,只施化肥时,土壤有机质质量分数为  $14.35\ \text{g}/\text{kg}$ ; 施用鸡粪时,土壤有机质质量分数为  $15.88\ \text{g}/\text{kg}$ , 相对对照提高了  $10.66\%$ ; 施用猪粪时,土壤有机质质量分数为  $14.72\ \text{g}/\text{kg}$ , 相比对照提高了  $2.59\%$ ; 施用烟杆对土壤有机质质量分数的提升最明显,达到  $16.26\ \text{g}/\text{kg}$ , 相比对照提高了  $13.31\%$ ; 施用菌渣时土壤有机质质量分数为  $15.12\ \text{g}/\text{kg}$ , 相比对照提高了  $5.37\%$ . 施用有机物料均能提高土壤有机质的质量分数,不同物料处理间存在一定差异,施用烟杆有机肥和鸡粪对土壤有机肥提升效果最为显著.

### 2.2 不同有机物料对土壤碱解氮质量分数的影响

由图 3 可知,施用鸡粪时,土壤碱解氮的质量分数为  $155.20\ \text{mg}/\text{kg}$ , 相比对照提高了  $40.50\%$ ; 施用猪粪时,土壤碱解氮的质量分数为  $137.60\ \text{mg}/\text{kg}$ , 相比对照提升了  $24.57\%$ , 施用菌渣时土壤碱解氮质量分数为  $132.42\ \text{mg}/\text{kg}$ , 相比对照提升了  $19.88\%$ ; 施用烟杆堆肥对土壤碱解氮的提升最小,相比对照提升了  $8.75\%$ , 也比较显著. 施用有机物料均能显著提高土壤中碱解氮的质量分数,提升效果由高到低依次为:鸡粪、猪粪、菌渣、烟杆.



不同字母表示差异有统计学意义( $p < 0.05$ ), 下同.

图 1 不同有机物料处理对烟叶产量的影响

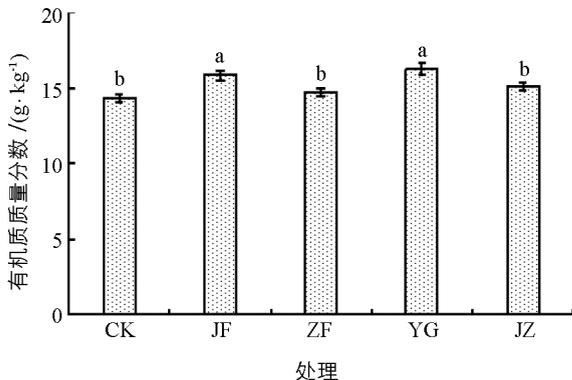


图 2 不同有机物料处理对土壤有机质的影响

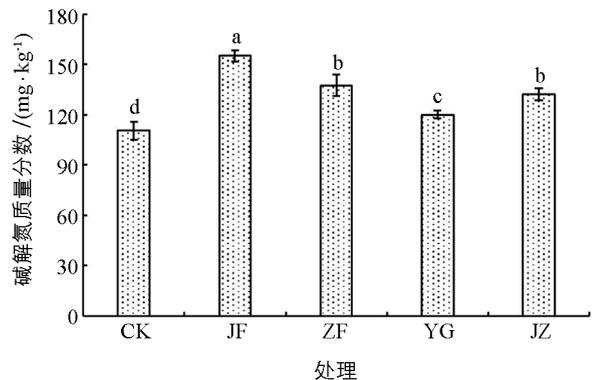


图 3 不同有机物料处理对土壤碱解氮的影响

图 4 为不同有机物料对土壤速效磷质量分数的影响, 由图可知, 施用有机肥均能显著提升土壤速效磷质量分数, 其中, 施用猪粪和菌渣的提升效果最明显, 相对于对照分别提升了  $35.47\%$  和  $40.96\%$ , 鸡粪和烟杆相对于对照分别提升了  $18.35\%$  和  $9.19\%$ . 提升效果由高到低依次为: 菌渣、猪粪、鸡粪、烟杆.

### 2.3 不同有机物料对土壤速效钾质量分数的影响

由图 5 可知, 施用鸡粪时, 土壤速效钾的质量分数为 162.78 mg/kg, 相比对照提高了 20.27%; 施用猪粪时, 土壤速效钾的质量分数为 141.39 mg/kg, 相比对照提升了 4.46%; 施用烟杆时土壤速效钾质量分数为 136.17 mg/kg, 相比对照提升了 0.60%, 提升效果不显著; 施用菌渣时土壤速效钾质量分数为 167.36 mg/kg, 相比对照提升了 23.65%; 研究表明, 施用有机物料均能提高土壤中速效钾的质量分数, 提升效果由高到低依次为: 菌渣、鸡粪、猪粪、烟杆。

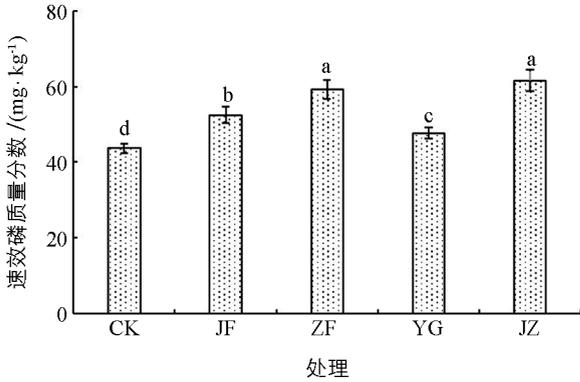


图 4 不同有机物料处理对土壤速效磷的影响

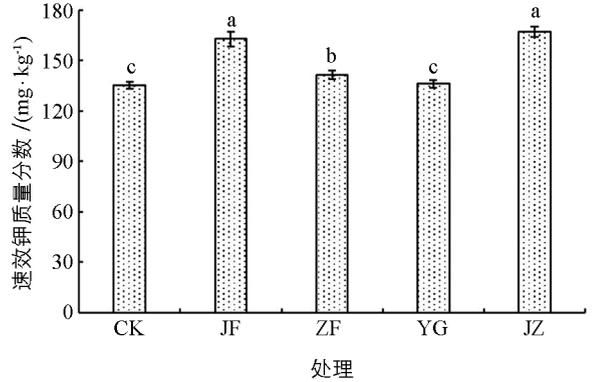


图 5 不同有机物料处理对土壤速效钾的影响

### 2.4 不同有机物料对土壤团聚体组成及稳定性的影响

干筛及湿筛处理后的土壤团聚体粒径分布情况如表 3 所示, 对于干筛结果而言, 相对于仅施化肥的处理, 施用有机物料均能使土壤中 1~2 mm 粒径的大团聚体比例显著增加(从 18.9%上升到了 22.9%), 并能显著降低粒径小于 0.25 mm 的微团聚体比例(从 7.0%下降到 2.3%)。其中, 施用猪粪后对团聚体机械稳定性的提升效果最好。从湿筛结果看, 相比仅施化肥, 施用有机物料均能使粒径大于 0.25 mm 的团聚体比例上升, 上升幅度主要集中在 0.5~4 mm 粒径的团聚体。施用有机物料均能使土壤团聚体的破碎率降低, 说明施用有机物料使土壤团聚体的稳定性提升。

表 3 不同有机物料处理土壤团聚体的组成

处理	方法	不同粒径土壤团聚体						PAD
		≤0.25 mm	(0.25, 0.5] mm	(0.5, 1] mm	(1, 2] mm	(2, 4] mm	>4 mm	
CK	干筛	0.070	0.074	0.094	0.189	0.191	0.382	47.88
	湿筛	0.515	0.223	0.167	0.062	0.031	0.003	
JF	干筛	0.040	0.072	0.100	0.227	0.169	0.393	37.12
	湿筛	0.396	0.261	0.207	0.082	0.050	0.004	
ZF	干筛	0.023	0.054	0.080	0.229	0.194	0.420	35.90
	湿筛	0.374	0.247	0.228	0.094	0.051	0.005	
YG	干筛	0.043	0.084	0.098	0.203	0.155	0.417	26.35
	湿筛	0.295	0.268	0.246	0.135	0.053	0.006	
JZ	干筛	0.042	0.082	0.100	0.227	0.167	0.381	28.50
	湿筛	0.315	0.215	0.197	0.231	0.039	0.002	

由表 4 可以看出, 施用有机物料后, 土壤团聚体稳定性指数均高于 CK, 稳定性指数从大到小依次为: YG(2.167), JZ(2.159), ZF(1.926), JF(1.909), CK(1.698)。施用有机物料可以明显提升土壤团聚体稳定性, 以施用烟杆有机肥的效果最好。

表 4 不同有机物料处理土壤团聚体的保存概率及稳定性指数

处理	土壤团聚体保存概率						团聚体稳定性 指数 ASI
	$\leq 0.25$ mm	(0.25, 0.5] mm	(0.5, 1] mm	(1, 2] mm	(2, 4] mm	$> 4$ mm	
CK	1.000	0.334	0.219	0.084	0.054	0.007	1.698
JF	1.000	0.423	0.275	0.112	0.089	0.011	1.909
ZF	1.000	0.413	0.296	0.120	0.084	0.013	1.926
YG	1.000	0.515	0.360	0.188	0.089	0.015	2.167
JZ	1.000	0.441	0.327	0.315	0.072	0.005	2.159

### 3 讨 论

#### 3.1 长期施用有机物料对连作烟田土壤养分状况的影响

试验结果表明,有机物料能显著增加土壤速效养分质量分数,不同种类的有机物料对黄壤烟田土壤养分的提升效果不同。例如烟杆和鸡粪对土壤有机质提升作用明显;鸡粪对土壤碱解氮和速效钾有较明显的提升效果;菌渣对速效磷和速效钾有较显著的提升效果。赵明等<sup>[11]</sup>的研究结果也表明,不同物料在土壤中不同养分的释放量不同,鸡粪、牛粪和猪粪等畜禽有机肥施入土壤 120 d,速效磷释放量分别为 24.6%, 61.3%, 34.8%。董志新等<sup>[12]</sup>的研究结果表明,鸡粪对土壤有机质、碱解氮和速效钾的提升效果最为显著,这与本研究结果一致。其原因可能是,一方面,鸡粪施入土壤增加了土壤有益微生物数量,增强土壤固氮、解钾等有益微生物活性,促进了土壤难溶性矿质养分的释放<sup>[13]</sup>,同时促进有机物腐解成有机质或腐殖质,从而提高了土壤肥力。另一方面,鸡粪本身含有丰富的有机质、氮和钾,施入土壤后能被土壤酶和土壤微生物大量转化成活性养分,虽然鸡粪中全磷质量分数很高,但对土壤速效磷的影响却不及施用猪粪和菌渣,这可能与鸡粪的腐解周期有关<sup>[14]</sup>。鸡粪的腐解周期短,所含的全磷转化成速效磷后易为土壤固定,导致转化效率低,而猪粪和菌渣的腐解周期较长,所含的磷营养可以较为充分地转化为有效磷,对土壤有效磷质量分数的提升较为显著。施用烟杆有机肥能显著提升土壤有机质质量分数,这与成臣等<sup>[15]</sup>,马超等<sup>[16]</sup>的研究结果一致,秸秆堆肥作为天然植物类肥料,富含丰富的木质素和纤维素,木质素和纤维素作为合成腐殖质的重要原料之一,施入后能显著提升土壤有机质质量分数。耿明明等<sup>[17]</sup>的研究也表明,烟梗(末)有机肥对于土壤有效磷和速效钾质量分数相比于对照有显著提高作用。烟杆发酵的高 C/N 有机肥对烤烟品质和烟叶协调性的提升作用较好,是一种经济、有效的施肥模式。

#### 3.2 长期施用有机物料对连作烟田土壤团聚体分级及稳定性的影响

长期施用有机物料能提升土壤团聚体的机械稳定性和水稳性,增加土壤中粒径大于 0.25 mm 的大团聚体,减少粒径小于 0.25 mm 的微团聚体比例,但不同种类的有机物料对团聚体粒径分布的影响存在差异。施用猪粪有机肥对提升土壤团聚体机械稳定性的效果最好,这与石纹碓等<sup>[18]</sup>的研究结果一致。从机械稳定性团聚体的粒径分布来看,施用有机物料对 1~2 mm 粒径的团聚体比例提升效果最为显著,但不同种类的有机肥提升团聚体比例的粒径范围略有差异。施用较低 C/N 的鸡粪、传统猪粪有机肥主要能提升大于 0.5 mm 的团聚体比例,施用较高 C/N 的烟杆、菌渣有机肥主要能提升 0.25~2 mm 的团聚体比例。因此,通过施用不同的有机物料,调整与改善土壤机械稳定性团聚体的组成是可行的。施用烟杆有机肥后,土壤团聚体的水稳性提升最为显著。田慎重等<sup>[19]</sup>研究发现,秸秆还田可以显著增加土壤有机碳质量分数,同时显著增加了土壤水稳性团聚体的稳定性。这是由于土壤有机质可作为微团聚体的主要胶结剂,增加了土壤团聚体稳定性<sup>[20]</sup>。此外,高 C/N 的烟杆有机肥施入烟田土壤后,提升烟田土壤 C/N 比,促进了土壤微生物活性特别是一些真菌及放线菌借助菌丝将土壤中的颗粒彼此缠绕形成团聚体;同时微生物的代谢产物如多糖和其他有机物可作为土壤颗粒胶结剂形成稳定团聚体<sup>[21]</sup>。施用高 C/N 比的腐熟烟杆有机肥对黄壤各个粒径的团聚体比例均有较为明显的提升作用。此外,腐熟烟杆有机肥原料获取便利,发酵方式简单,能

减少生产成本,保护生态环境,是较为理想的提升黄壤烟田土壤水稳性团聚体的有机物料。

## 4 结 论

长期施用有机物料均能提升连作烟田土壤速效养分质量分数,增加连作烟田大团聚体比例,提升团聚体稳定性。施用高 C/N 的烟杆对有机质质量分数的提升效果显著,同时对团聚体水稳性提升效果最好;施用鸡粪对碱解氮和速效钾提升效果显著,采用烟农传统施用的猪粪能显著提升土壤速效磷质量分数,同时对团聚体机械稳定性提升效果最好;施用菌渣对提升土壤速效磷和速效钾有显著效果。因此,长期施用有机物料对改善黄壤烟田土壤养分及团聚体结构和稳定性均有明显的效果,其中,腐熟烟杆是一种较好的黄壤改良物料。

## 参考文献:

- [1] TISDALL J M, OADES J M. Organic Matter and Water-stable Aggregates in Soils [J]. *Journal of Soil Science*, 1982, 33(2): 141-163.
- [2] 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.
- [3] 李 景,吴会军,武雪萍,等. 长期保护性耕作提高土壤大团聚体含量及团聚体有机碳的作用 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2015, 21(2): 378-386.
- [4] 杨如萍,郭贤仕,吕军峰,等. 不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响 [J]. *水土保持学报*, 2010, 24(1): 252-256.
- [5] 侯晓静,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.
- [6] 韦建玉,黄崇峻,金亚波,等. 重庆市主要烟区土壤肥力状况综合评价 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2019, 41(11): 30-36.
- [7] 张 章. 不同施肥方式对红壤团聚体稳定性及层级结构的影响 [D]. 武汉:华中农业大学, 2016.
- [8] 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.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000.
- [10] NIEWCZAS J, WITKOWSKA-WALCZAK B. Index of Soil Aggregates Stability as Linear Function Value of Transition Matrix Elements [J]. *Soil and Tillage Research*, 2003, 70(2): 121-130.
- [11] 赵 明,陈雪辉,赵征宇,等. 鸡粪等有机肥料的养分释放及对土壤有效铜、锌、铁、锰含量的影响 [J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(2): 47-50.
- [12] 董志新,卜玉山,刘秀珍,等. 不同有机物料对土壤养分和酶活性的影响 [J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2014, 34(3): 220-225.
- [13] BARBOUR E K, HUSSEINI S A, FARRAN M T, et al. Soil Solarization: a Sustainable Agriculture Approach to Reduce Microorganisms in Chicken Manure-Treated Soil [J]. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2002, 19(4): 95-104.
- [14] 王笃超,吴景贵. 不同有机物料对连作大豆土壤养分及团聚体组成的影响 [J]. *土壤学报*, 2018, 55(4): 825-834.
- [15] 成 臣,汪建军,程慧煌,等. 秸秆还田与耕作方式对双季稻产量及土壤肥力质量的影响 [J]. *土壤学报*, 2018, 55(1): 247-257.
- [16] 马 超,周 静,郑学博,等. 秸秆促腐还田对土壤养分和小麦产量的影响 [J]. *土壤*, 2012, 44(1): 30-41.
- [17] 耿明明,赵 建,贾瑞莲,等. 烟梗(末)有机肥对烟田土壤养分、病害发生及烟叶产质量的影响 [J]. *烟草科技*, 2016, 49(12): 28-34.
- [18] 石纹瑄,刘世亮,赵 颖,等. 猪粪有机肥施用对潮土速效养分含量及团聚体分布的影响 [J]. *农业资源与环境学报*, 2017, 34(5): 431-438.
- [19] 田慎重,王 瑜,李 娜,等. 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 [J]. *生态学报*, 2013, 33(22): 7116-7124.

- [20] 黄金花. 秸秆还田对长期连作棉田土壤团聚体结构及有机碳稳定性的影响 [D]. 石河子: 石河子大学, 2015.
- [21] LYNCH J M, BRAGG E. *Microorganisms and Soil Aggregate Stability* [M]. New York: *Advances in Soil Science*, 1985.

## Effects of Organic Materials on Soil Available Nutrients and Aggregate Composition in Continuous Cropping Tobacco Fields

JIN Ya-bo<sup>1,2</sup>, KOU Zhi-rui<sup>2</sup>, WEI Jian-yu<sup>1</sup>,  
HUANG Chong-jun<sup>1</sup>, LI Cheng-rong<sup>1</sup>, ZHOU Xin-bin<sup>2</sup>

1. *China Tobacco Guangxi Industry Corporation Limited, Nanning 530001, China;*

2. *School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China*

**Abstract:** The effects of long-term application of organic manure on composition characteristics of soil aggregates and soil available nutrients under yellow soil of mono-cropping tobacco were explored through a 20-year field experiment. Four organic manure treatments were made: JF (composted chicken droppings), ZF (pig manure), YG (composted tobacco stalk) and JZ (mushroom residues). Soil samples were collected and analyzed for composition and stability of soil aggregates, and soil available nutrient contents. The results showed that application of organic manure improved available nutrient contents in soil effectively, altered the composition of soil aggregates significantly by increasing the 0.2–4 mm fraction of aggregates obviously, and the water stability of aggregates significantly increased. All the treatments were higher than CK in content of alkaliyzable nitrogen (N), available phosphorus (P) and available potassium (K). Treatment JF had the most obvious effect on content of alkalyzable N, whose mass fraction being 40.50% higher than that of CK. JZ was the best treatment for increasing the contents of available P and K, the mass fraction being 40.96% and 23.65% higher than that of CK, respectively. Traditionally, the local farmers preferred to apply pig manure in tobacco cultivation. In this experiment, ZF was the best for improving the mechanical stability of soil aggregates. Long-term application of organic manure significantly improved the composition of soil aggregates, increasing the >0.25 mm fraction of water-stable aggregates and its mean weight diameter, preservation probability and stability index, of which Treatment YG had the best effect. Meanwhile the organic matter of YG increased by 13.31% compared with that of CK. In summary, the long-term application of organic manure can significantly improve soil nutrients, composition and water stability of the soil aggregates in the yellow soil of tobacco fields. YG is a good material for yellow soil improvement. Among them, composted tobacco stalk is a satisfactory organic manure for improving yellow soil.

**Key words:** organic material; tobacco field; nutrient; aggregate