

陆文龙,赵 标,五毛毛,等. 秸秆改良茶园土壤对氮磷吸附特性的研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):238-240.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.060

# 秸秆改良茶园土壤对氮磷吸附特性的研究

陆文龙<sup>1,2</sup>, 赵 标<sup>1</sup>, 五毛毛<sup>1</sup>, 郭景海<sup>1</sup>

(1. 吉林化工学院资源与环境学院, 吉林吉林 132022; 2. 吉林大学环境与资源学院, 吉林长春 130000)

**摘要:**为探讨秸秆不同处理方式对茶园土壤氮磷吸附特性,将破碎秸秆、腐熟秸秆和秸秆炭添加到茶园土壤中,研究了秸秆还田后对茶园土壤氮磷吸附特征的影响。结果表明,不同处理的秸秆添加茶园土壤对铵态氮吸附速率和吸附量大小均为秸秆炭 > 破碎秸秆 > 腐熟秸秆;对磷酸根吸附速率和吸附量大小均为秸秆炭 > 破碎秸秆,腐熟秸秆对磷酸根负吸附。Freundlich 方程能更好地描述铵态氮和磷酸根的吸附热力学过程,吸附动力学都符合伪二阶动力学方程。

**关键词:**秸秆;茶园;土壤;氮磷;吸附

**中图分类号:** S156      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0238-03

我国的秸秆资源丰富,但只有一少部分被有效利用,将秸秆作为废弃物还田,就可以使农田秸秆资源化,为创造良好的生态和经济效益提供新途径。秸秆还田不但增加土壤肥力,同时对土壤中氮、磷和钾的径流损失有不同程度的抑制作用<sup>[1]</sup>。本研究以小麦秸秆为原料,将秸秆分别处理为破碎秸秆、腐熟秸秆和秸秆炭,根据重庆北碚缙云山实际种茶情况,将3种秸秆添加到茶园土壤中,了解秸秆不同处理方式对茶园土壤氮磷吸附特征的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤和材料

试验用土壤采自重庆北碚缙云山茶园,属于暗棕壤,其基本理化性质见表1。

表1 土壤基本理化性质

pH 值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (mg/kg)	全钾含量 (mg/kg)	阳离子交换量 (cmol/kg)
5.56	4.36	2.56	504.95	163.08	7.21

### 1.2 试验设计

所用盆钵体积为0.1 m<sup>3</sup>,每钵装土4 kg,试验共设4个处理:(1)对照,不添加秸秆;(2)添加破碎秸秆;(3)添加腐熟秸秆;(4)添加秸秆炭。其中破碎秸秆、腐熟秸秆和秸秆炭均按等碳量(3 g/kg 土)添加,使土壤 C/N 比在20~30之间<sup>[2]</sup>。按表2用量将秸秆混入土壤,混匀,置于恒温培养箱中,在25℃恒温、相对湿度为65%的条件下,放置30 d,使土壤与秸秆在微生物作用下充分结合<sup>[3]</sup>,然后风干、过筛备用。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 吸附动力学试验

称取0.80 g土壤样品于体积

表2 土壤秸秆添加量

处理方式	秸秆施入量 (mg)
对照	0
破碎秸秆	648.8
腐熟秸秆	613.9
秸秆炭	736.3

100 mL 锥形瓶中,加入50 mL浓度为100 mg/L的KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>或NH<sub>4</sub>Cl溶液(以0.01 mol/L KCl溶液作背景电解质),在恒温振荡器内(200 r/min,25℃)振荡;在振荡时间为0.5、1、2、3、5、7、12、24、48 h时,取上清液,测定P或N的浓度<sup>[4]</sup>。每个处理设置3个平行。秸秆改良土壤对N或P吸附平衡浓度计算如下:

平衡浓度 = (投加量 - 上清液质量) / 溶液体积。

1.3.2 吸附热力学试验 称取0.20 g土壤样品(6个)于50 mL离心管中,分别加入10 mL浓度分别为1、5、10、20、50、100 mg/L的KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>或NH<sub>4</sub>Cl溶液(以0.01 mol/L KCl溶液作背景电解质),于恒温振荡器内(200 r/min,25℃)振荡24 h,测定P或N的浓度。每个处理设置3个平行。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆不同处理方式对茶园土壤铵态氮吸附特征的影响

图1是经不同方式处理的秸秆对茶园土壤铵态氮吸附影响的动力学曲线。由图1可见,对土壤铵态氮吸附平衡时间的影响顺序为秸秆炭 < 破碎秸秆 < 对照 < 腐熟秸秆。

采用伪一阶动力学方程和伪二阶动力学方程拟合秸秆不同处理方式条件下茶园土壤对铵态氮吸附动力学数据<sup>[5]</sup>,表3结果表明,伪二阶动力学方程能更好地描述添加不同方式处理秸秆的土壤对铵态氮的吸附动力学过程。伪二阶动力学方程中的速率常数K<sub>2</sub>与吸附速率有关<sup>[6]</sup>,因此,K<sub>2</sub>越大吸附速率越大,通过比较K<sub>2</sub>得到不同处理方式土壤对铵态氮的吸附速率大小为秸秆炭 > 破碎秸秆 > 对照 > 腐熟秸秆。

2.1.1 吸附热力学特征 图2是经不同方式处理的秸秆对茶园土壤铵态氮的吸附等温线的影响。由图2可见,当平衡

收稿日期:2016-07-25

基金项目:吉林省自然科学基金(编号:162372GG010130981)。

作者简介:陆文龙(1980—),男,吉林镇赓人,博士,副教授,主要从事环境污染与控制化学研究。E-mail:lw1800102@126.com。

通信作者:郭景海,教授,主要从事环境污染与控制化学研究。E-mail:13804419489@163.com。

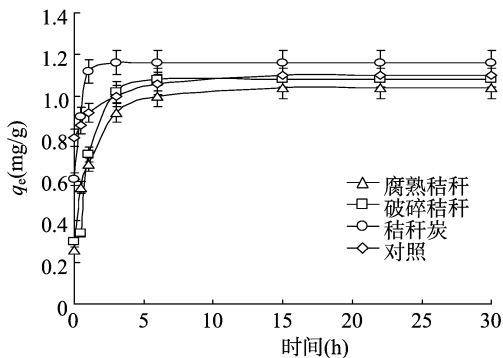


图1 秸秆不同处理方式条件下土壤对铵态氮的吸附动力学曲线

表 3 秸秆不同处理方式条件下土壤对铵态氮的  
吸附动力学模型拟合参数

秸秆种类	伪一阶动力学模型		伪二阶动力学模型	
	$K_1$ (min)	$r^2$	$K_2$ (g · mmol/min)	$r^2$
对照	$7.6 \times 10^{-3}$	0.761 0	$1.4 \times 10^{-2}$	0.988 4
破碎秸秆	$1.4 \times 10^{-2}$	0.952 1	$1.9 \times 10^{-2}$	0.997 8
腐熟秸秆	$8.9 \times 10^{-3}$	0.363 0	$1.2 \times 10^{-2}$	0.984 1
秸秆炭	$6.7 \times 10^{-2}$	0.846 5	$2.1 \times 10^{-1}$	0.990 3

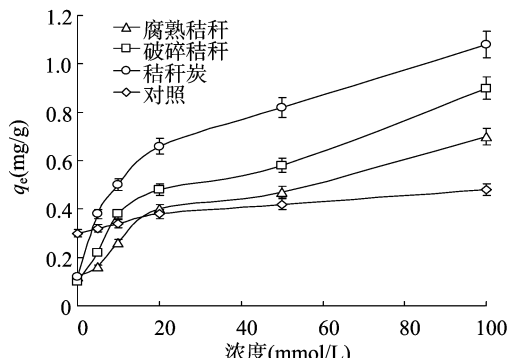


图2 秸秆不同处理方式条件下土壤对铵态氮的吸附等温线

浓度较低时,破碎秸秆和腐熟秸秆吸附性能差,随着平衡浓度升高,土壤对铵态氮的吸附量迅速增加。

采用 Langmuir 和 Freundlich 吸附等温式拟合经不同方式处理的秸秆对土壤铵态氮吸附热力学影响的数据,表 4 结果表明,Freundlich 方程能更好地描述不同秸秆处理条件下土壤对铵态氮的吸附热力学特征,表明添加了不同处理秸秆的土壤对铵态氮的吸附可能是多分子层吸附过程<sup>[7]</sup>。

表 4 秸秆不同处理条件下土壤对铵态氮的吸附热力学模型拟合参数

秸秆不同处理	Langmuir 模型			Freundlich 模型		
	$K_L$ (L/mmol)	$q_m$ (mmol/g)	$r^2$	$K_F$ [ ( mmol/g ) · ( L/mmol ) <sup>1/n</sup> ]	$n$	$r^2$
对照	$3.6 \times 10^{-3}$	0.112 3	0.573 8	$4.7 \times 10^{-2}$	1.683 1	0.992 4
破碎秸秆	$4.3 \times 10^{-3}$	0.141 2	0.805 7	$5.1 \times 10^{-2}$	1.967 5	0.994 3
腐熟秸秆	$2.5 \times 10^{-4}$	0.131 1	0.665 5	$5.9 \times 10^{-3}$	0.703 9	0.996 2
秸秆炭	$1.1 \times 10^{-3}$	0.150 4	0.913 8	$8.8 \times 10^{-1}$	5.062 0	0.995 4

2.2 秸秆不同处理方式对茶园土壤磷酸根吸附特征的影响

2.2.1 吸附动力学特征 图 3 是经不同方式处理的秸秆对茶园土壤磷酸根吸附动力学曲线的影响。由图 3 可见,不同方式处理的秸秆减弱了土壤对磷酸根的吸附,使吸附平衡时间延长,与铵态氮的吸附相似。

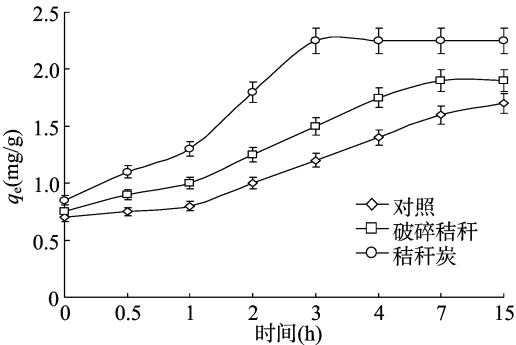


图3 秸秆不同处理方式条件下土壤对磷酸根的吸附动力学曲线

将试验所得数据分别用伪一阶动力学方程和伪二阶动力学方程进行拟合,表 5 结果表明,伪二阶动力学方程能更好地描述秸秆不同处理方式条件下土壤对磷酸根的吸附动力学过程。根据动力学方程中的速率常数  $K_2$ ,吸附速率大小为秸秆炭 > 破碎秸秆 > 对照。

2.2.2 吸附热力学特征 图 4 是经不同方式处理的秸秆对茶园土壤磷酸根的吸附等温线的影响。由图 4 可见,随磷酸根初始浓度的增加,经不同方式处理的秸秆存在时土壤对磷酸根的吸附量增大。

表 5 秸秆不同处理方式条件下土壤对磷酸根的  
吸附动力学模型拟合参数

秸秆不同处理	伪一阶动力学模型		伪二阶动力学模型	
	$K_1$ (min)	$r^2$	$K_2$ (g · mmol/min)	$r^2$
对照	$1.9 \times 10^{-2}$	0.327 1	$4.3 \times 10^{-2}$	0.988 3
破碎秸秆	$2.9 \times 10^{-2}$	0.587 4	$4.9 \times 10^{-2}$	0.995 0
腐熟秸秆	—	—	—	—
秸秆炭	$4.2 \times 10^{-2}$	0.857 4	$6.5 \times 10^{-2}$	0.992 9

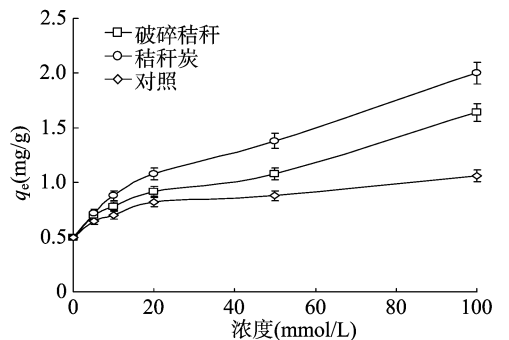


图4 秸秆不同处理方式条件下土壤对磷酸根的吸附等温线

将所得吸附热力学数据分别用 Langmuir 和 Freundlich 方程拟合,表 6 结果表明,Freundlich 方程能较好地描述秸秆存在时土壤磷酸根的吸附热力学过程,同铵态氮相似,磷酸根也是多分子层吸附。由图 4 和表 6 中的  $q_m$  和  $K_F$  可知,经不同方式处理的秸秆存在时土壤对磷酸根的吸附量为秸秆炭 > 破

表 6 秸秆不同处理方式条件下土壤对磷酸根的吸附热力学模型拟合参数

秸秆不同处理	Langmuir 模型			Freundlich 模型		
	$K_L$ (L/mmol)	$q_m$ (mmol/g)	$r^2$	$K_F$ [ ( mmol/g ) · ( L/mmol ) $^{1/n}$ ]	$n$	$r^2$
对照	$1.1 \times 10^{-2}$	1.56	0.624 1	$3.3 \times 10^{-2}$	1.659 7	0.998 4
破碎秸秆	$1.2 \times 10^{-2}$	2.03	0.839 7	$5.6 \times 10^{-2}$	1.865 1	0.965 5
腐熟秸秆	—	—	—	—	—	—
秸秆炭	$1.5 \times 10^{-2}$	2.33	0.869 0	$8.5 \times 10^{-2}$	3.912 4	0.988 9

碎秸秆。

由图 1 和图 3 可知,腐熟秸秆、破碎秸秆和秸秆炭对铵态氮的吸附平衡时间分别为 24、12、6 h,对磷酸根吸附平衡时间分别为 14、11、5 h。当有不同方式处理的秸秆存在时,土壤铵态氮的吸附平衡时间大于磷酸根吸附平衡时间,这可能由于多糖的糖苷键更容易与磷酸根结合<sup>[8]</sup>,土壤对磷酸根的吸附速率比铵态氮大。

### 3 讨论

秸秆炭处理的茶园土壤对铵态氮的吸附平衡时间缩短,这可能与秸秆炭表面粗糙、具有较大表面积而提高了秸秆炭的吸附性能有关,也可能秸秆炭具有较多的酚羟基或醇羟基,增加了秸秆炭的吸附<sup>[9]</sup>;破碎秸秆表面比较粗糙,比秸秆炭表面积小,吸附性能弱于秸秆炭;腐熟秸秆表面规则,不利于铵态氮吸附,吸附平衡时间延长。同样秸秆炭具有较大表面积,而破碎秸秆表面比较粗糙,比秸秆炭表面积小,减弱了对磷的吸附性能。腐熟秸秆对磷酸根出现显著负吸附,可能是由于腐熟秸秆中磷以活性较高的形态存在,有较强的释放作用<sup>[10]</sup>。

经不同方式处理的秸秆添加茶园土壤后对铵态氮和磷酸根的吸附指数  $n$  在 2~10 之间的吸附反应易于进行<sup>[11]</sup>,秸秆炭处理吸附指数  $n > 2$ ,表明对铵态氮和磷酸根的吸附易于进行;而对照、破碎秸秆和腐熟秸秆处理吸附指数  $n < 2$ ,表明对铵态氮和磷酸根的吸附不易进行,吸附量小。

Freundlich 方程都能更好地描述铵态氮和磷酸根的吸附热力学过程,Freundlich 模型描述的是多分子层吸附,在吸附质浓度较高时吸附量会持续增加。Ussiri 等研究了 4 种秸秆对水溶液中铵态氮的吸附过程,这些过程均可以用 Freundlich 模型描述,并认为其在秸秆表面的多分子层吸附可能与秸秆存在的纤维素有关<sup>[12]</sup>;West 等研究认为秸秆中纤维素的多糖与阳离子发生吸附反应<sup>[13]</sup>;戴静等认为多糖的糖苷键以共价键形式与铵态氮结合,而被固定在层间位置<sup>[14]</sup>。

### 4 结论

吸附试验表明,经不同方式处理的秸秆存在时,改良茶园土壤对铵态氮吸附速率和吸附量大小都为秸秆炭 > 破碎秸秆 > 腐熟秸秆;对磷酸根吸附速率和吸附量大小都为为秸秆炭 > 破碎秸秆,秸秆炭吸附效果好,且吸附过程是多分子层吸附。

### 参考文献:

- [1] 王建英,邢鹏远,袁海萍. 我国农业面源污染原因分析及防治对策[J]. 现代农业科技,2012(11):216-217,223.
- [2] Martens D A. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration[J]. Soil & Tillage Research,2000,32(3):361-369.
- [3] Hamdan R,El-Rirai H M,Cheesman A W,et al. Linking phosphorus sequestration to carbon humification in wetland soils by  $^{31}\text{P}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy[J]. Environmental Science & Technology,2012,46(9):4775-4782.
- [4] Steiner C,Das K C,Melear N,et al. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar[J]. Journal of Environmental Quality,2010,39(4):1236-1242.
- [5] 王立春,谢桂贵,秦裕波,等. 测土配方施肥方法研究[J]. 土壤通报,2008,39(4):865-870.
- [6] 何绪生,张树清,余雕,等. 生物炭对土壤肥料的作用及未来研究[J]. 中国农学通报,2011,27(15):16-25.
- [7] Taghizadeh-Toosi A,Clough T J,Sherlock R R,et al. Biochar adsorbed ammonia is bioavailable[J]. Plant and Soil,2012,350(1/2):57-69.
- [8] 李力,陆宇超. 玉米秸秆生物炭对 Cd(II) 的吸附机理研究[J]. 农业环境科学学报,2012,31(11):2277-2283.
- [9] 韩春丽,刘梅,张旺锋,等. 连作棉田土壤剖面钾含量变化特征及对不同耕作方式的响应[J]. 中国农业科学,2010,43(14):2913-2922.
- [10] 李玮,张佳宝,张丛志. 秸秆还田方式和氮肥类型对黄淮海平原夏玉米土壤呼吸的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(7):842-849.
- [11] Daum D,Schenk M K. Influence of nutrient solution pH on  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{N}_2$  emissions from a soilless culture system[J]. Plant and Soil,1998,203(2):279-288.
- [12] Ussiri D A,Lal R,Jarecki M K. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio[J]. Soil & Tillage Research,2009,104(2):247-255.
- [13] West T O,Marland G A. Synthesis of carbon sequestration,carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2002,91(1/3):217-232.
- [14] 戴静,刘阳生. 四种原料热解产生的生物炭的吸附特性研究[J]. 北京大学学报(自然科学版),2013,49(6):1075-1082.