

# 有机物料对强酸性茶园土壤的酸度调控研究<sup>①</sup>

王磊<sup>1,2</sup>, 汪玉<sup>1,2</sup>, 杨兴伦<sup>1</sup>, 张明<sup>3</sup>, 蒋新<sup>1\*</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042;

3 安徽林业职业技术学院, 合肥 230031)

**摘要:** 通过室内培养的方式, 研究了不同添加剂量下, 不同 C/N 与灰化碱含量的有机物料对酸性茶园土壤的改良能力。试验结果表明: 有机物料的添加可以有效地减少土壤交换性酸、铝饱和度, 增加土壤交换性碱基, 但是在调节土壤 pH 能力上并非一定有效。初始阶段, “灰化碱”的释放与有机氮的矿化提高了土壤的 pH, 随后 pH 由于硝化作用出现不同程度的下降。C/N 高的作物秸秆 (小麦和水稻秸秆) 能够有效地抑制硝化, 使 pH 下降幅度较小; 而 C/N 低的作物秸秆 (花生秸秆和菜籽饼) 促进硝化, 使 pH 大幅度下降。最终土壤 pH 与其 C/N 呈正相关性 ( $y = 0.00343x + 4.14$ ,  $r = 0.977$ ), 而与其灰化碱含量无关。并且随着秸秆添加剂量的加大, C/N 高的作物秸秆最终调节 pH 的能力是显著提高的 ( $P < 0.05$ ), 而 C/N 低的作物秸秆最终调节 pH 的能力没有显著提高 ( $P < 0.05$ )。因此, C/N 高的作物秸秆可能更适合土壤酸度的长期调节, 与其相关的田间试验需要进一步进行证实。

**关键词:** 有机物料; 酸化; 调控

**中图分类号:** S158

茶树是热带和亚热带地区的一种重要经济作物, 具有喜酸好铝 (Al) 的特性, 其最适宜生长的土壤 pH 范围为 5.0~5.5<sup>[1-2]</sup>, 强酸性土壤对茶树生长和茶叶品质会产生不利的影响。然而, 茶树生长对 Al 大量富集, 其代谢循环使茶树根区的 Al 不断在土壤表层富集, 从而造成了表层土壤的酸化<sup>[1]</sup>。另外, 氮肥的大量与不合理施用, 加剧了土壤硝化作用<sup>[3-4]</sup>, 进一步使茶园土壤酸化。因此, 为了提高茶叶的产量与品质, 对于酸化茶园土壤的修复是十分有必要的。

关于酸化茶园土壤的改良研究已有报道。撒施石灰和白云石粉等无机矿物<sup>[5-6]</sup>, 以及粉煤灰等工业副产品<sup>[7]</sup>可以有效地提高土壤 pH, 但是长期施用石灰等无机矿物会引起表层土壤板结和养分失衡<sup>[8]</sup>, 而且施用不当会导致对土壤酸度的矫正过正, 反而不利于茶树的生长, 另外粉煤灰等工业副产品富含重金属元素, 存在一定的环境风险。然而, 有机物料在一定程度上具有修复酸性土壤的能力<sup>[9-12]</sup>, 而且长期施用会增加土壤肥力, 被认为是廉价、无污染、温和的改良剂。有机物料改良酸化土壤的能力主要取决于有机物料化学组成以及被改良土壤的理化性质。培养过程

中, 有机阴离子的脱羧作用 (灰化碱的释放)、有机氮的矿化会消耗质子, 促使 pH 的升高; 而硝化作用释放质子, 促使 pH 降低。因此, 最终 pH 的变化主要是由有机物料灰化碱的含量与土壤中氮素的转化决定的<sup>[9-13]</sup>。另外, 有机物与土壤矿物对离子的吸附与解析对土壤 pH 的变化也起到一定作用<sup>[14]</sup>。对于强酸性茶园土壤, 已有研究发现有机物料的添加可以不同程度地提高土壤 pH<sup>[15-17]</sup>, 但其酸度调控机理有待于进一步研究: 灰化碱含量高的作物秸秆是否具有更高的酸度调控能力; 作物秸秆添加剂量的提高是否增加其调控能力。

针对以上的不确定性, 本文拟采用 4 种不同 C/N 与灰化碱含量的有机物料, 验证其对酸性土壤的改良能力, 以期对酸化茶园土的修复起到一定的参考作用。

## 1 材料和方法

### 1.1 土壤和作物秸秆

供试土壤为安徽省宣城市茶园土壤 (119°8'E, 31°8'N), 土壤类型为红壤, 采样深度为 0~10 cm,

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BAD6B02)、高校省级优秀青年人才基金项目 (2012SQRL272)、国家环境保护部公益性行业科研专项 (2013467036) 资助。

\* 通讯作者 (jiangxin@issas.ac.cn)

作者简介: 王磊 (1984—), 男, 山东济阳人, 博士研究生, 主要从事农业废弃物对土壤改良研究。E-mail: wanglei@issas.ac.cn

土壤样品自然风干, 根据试验需要分别研磨过 1 mm 和 2 mm 筛备用, 土壤基本理化性质: 有机质 17.24 g/kg; 总氮 0.94 g/kg; 总磷 0.052 g/kg; 黏粒、粉粒、砂粒含量分别为 178、745、77 g/kg; 交换性  $H^+$ 、 $Al^{3+}$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$  分别为 0.10、3.40、1.26、3.61、0.18、0.27 cmol/kg; 土壤 pH ( $H_2O$ ) 4.38。4 种秸秆分别为小麦秸秆 (*Triticum aestivum* L.)、水稻秸秆(*Oryza sativa* L.)、菜籽饼(*Brassica napus* L.) 与花生秸秆(*Arachis hypogaea* L.), 采自宣城农耕地, 80℃ 下干燥 12 h, 磨细过 2 mm 筛, 作物秸秆的理化性质如表 1 所示。

1.2 培养试验设计

作物秸秆的添加量分别为 0、10 与 20 g/kg, 相当于田间用量分别为 0、12.7 与 25.4 t/hm<sup>2</sup>。每种处理重复 3 次, 将 350 g 风干土壤与秸秆充分混匀于塑料杯中, 并用去离子水将土壤含水量调节至土壤田间持水量的 70%, 塑料杯用铝箔封口, 并在铝箔中间留一个小孔, 以便气体交换并减少水分损失。然后将塑料杯置于 25℃ 的恒温培养箱中培养, 每隔 3 天称重 1 次并补充水分, 以保持土壤含水量恒定。在培养开始后的第 1、7、14、28、40、65 天取新鲜土样测定 pH 与无机氮含量。

1.3 秸秆与土壤理化性质分析测定

作物秸秆灰化碱用马弗炉灰化-酸溶解-NaOH 反滴定法测定<sup>[18]</sup>: 将 2.0 g 植物样品置于 50 ml 的陶瓷坩埚中, 在马弗炉中慢慢加热至 200℃ 并维持 1 h, 然后再加热至 500℃ 并维持 4 h, 将灰化的样品溶于 25 ml 1.0 mol/L 的标准 HCl 溶液中, 取 5 ml 酸溶溶液用 0.25 mol/L 的 NaOH 滴定至中性, 根据酸碱滴定的结果计算灰化碱的量。另取 10 ml 植物物料灰化样品的酸溶溶液, 采用等离子发射光谱仪 (ICP-AES, IRIS Advantage) 测试 K、Na、Ca、Mg 含量。植物物料的总碳和总氮含量通过碳/氮分析仪 (LECO Corp., St. Joseph. MI, USA) 在 1 200 测定。

土壤有机质含量通过水合热重铬酸钾氧化-比色法测定<sup>[18]</sup>。总碳、总氮如上述所示。土壤总磷含量通

过硝酸/高氯酸(4:1)消煮后, 钼锑抗比色法测定<sup>[19]</sup>。交换性酸 (交换性酸+ 交换性铝) 采用滴定法测定<sup>[18]</sup>: 取 4 g 土壤, 50 ml 1 mol/L 的 KCl 提取, 取 25 ml 过滤液用 0.01 mol/L 的 NaOH 滴定。交换性氢的含量除在滴定前加入 1 ml 1.0 mol/L NaF 外, 与交换性酸的测定方法相同。交换性铝的含量为交换性酸与交换性氢的差值。交换性盐基的量用 1 mol/L 的醋酸铵提取, ICP-AES 测量。土壤 pH 为土水比 1:2.5 条件下, 复合电极测定。铵态氮与硝态氮通过 2 mol/L KCl 提取, 采用流动分析仪 (San++, Skalar, Netherlands), 比色法测定。

1.4 数据、图形处理

数据分析采用 SPSS 15.0 软件处理, 不同处理之间的差异性显著分析采用单因素方差分析; 图形由 Origin 8.0 处理。

2 试验结果

2.1 添加作物秸秆对土壤 pH 的调节

添加不同植物物料后, 土壤 pH 随时间的变化如图 1 所示。CK 处理 pH 略有下降, 40 天后基本不变。而加入植物物料的土壤出现不同程度的 pH 值变化。初始阶段(21 天), 土壤 pH 不同程度地提高, 添加 C/N 较低的作物秸秆(菜籽饼与花生秸秆), 土壤 pH 显著性地提高( $P<0.05$ ); 相反, 添加 C/N 较高的作物秸秆(小麦与水稻秸秆), 土壤 pH 只分别增加了 0.35 与 0.38 个单位。而且随着秸秆添加剂量的增大, C/N 较低秸秆处理, 其 pH 增幅要大于 C/N 较高的作物秸秆处理。

经过 21 天之后, 土壤 pH 开始下降, 添加 C/N 较高的作物秸秆(小麦与水稻秸秆), 土壤 pH 没有显著性的下降; 相反, 添加 C/N 较低的作物秸秆(菜籽饼与花生秸秆), 土壤 pH 显著性地下降( $P<0.05$ )。下降幅度顺序为: 菜籽饼>花生>水稻>小麦。最终, 当秸秆的添加量为 10 g/kg 时, 土壤 pH 大小顺序为: 小麦>花生>水稻>菜籽饼(图 1a)。相对于 CK, 小麦秸秆处理的土壤 pH 提高了 0.28 个单位, 水稻秸秆

表 1 秸秆化学性质  
Table 1 Chemical composition of crop residues

| 秸秆类型 | 灰化碱     | Ca         | Mg      | K       | Na     | 总碳(g/kg) | 总氮(g/kg) | C/N     |
|------|---------|------------|---------|---------|--------|----------|----------|---------|
|      |         | (cmol/ kg) |         |         |        |          |          |         |
| 小麦秸秆 | 20.90 b | 7.86 b     | 4.07 c  | 12.37 b | 0.58 b | 421.0 a  | 4.5 d    | 93.56 a |
| 水稻秸秆 | 29.30 b | 8.44 b     | 6.43 c  | 29.10 a | 0.97 a | 417.5 a  | 8.6 c    | 48.55 b |
| 花生秸秆 | 76.19 a | 23.56 a    | 11.97 b | 35.57 a | 0.68 b | 418.8 a  | 15.5 b   | 27.02 c |
| 菜籽饼  | 77.82 a | 19.87 a    | 17.18 a | 30.13 a | 0.69 b | 408.4 a  | 53.8 a   | 7.60 d  |

注: 同列数据字母不同表示差异达到  $P<0.05$  显著水平。

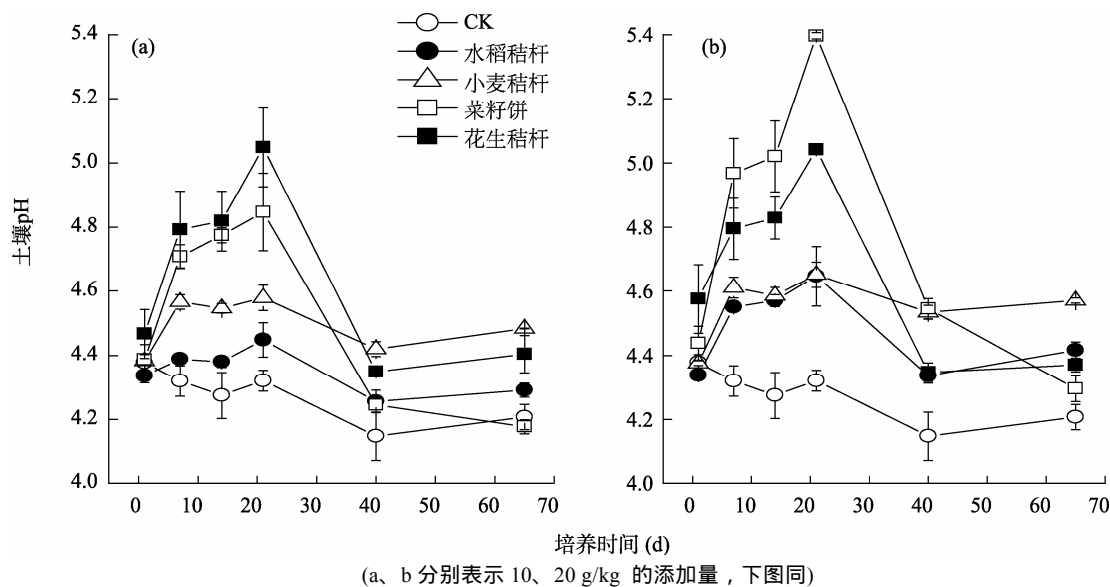


图 1 添加作物秸秆后土壤 pH 随时间的变化趋势

Fig. 1 Soil pH changes during the incubation time with rice straw, wheat straw, rapeseed cake or peanut straw at 10 g/kg (a) and 20 g/kg (b)

为 0.10 个单位,花生秸秆为 0.20 个单位,而菜籽饼处理下降了 0.03 个单位。当秸秆的添加量为 20 g/kg 时,土壤 pH 大小顺序为:小麦>水稻>花生>菜籽饼,其值分别为:4.57, 4.42, 4.37 和 4.30。

## 2.2 土壤中无机氮含量变化

土壤  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的动态变化如图 2 所示。对于 CK 处理,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的含量逐渐增高至 36.1 mg/kg 后,逐渐下降至培养结束时 <2 mg/kg。添加秸秆后,土壤  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  呈现不同的动态趋势。当低水平处理时(10 g/kg 添加量),添加高 C/N 的秸秆(小麦秸秆),  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  迅速下降至最低值(<2 mg/kg)。与此相反,当添加其

他 C/N 比的秸秆(<50, 水稻、花生和菜籽饼),  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的含量显著性地增大( $P<0.05$ ), 并在 28 天达到峰值。水稻与花生秸秆处理,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  呈逐渐减少的趋势; 小麦秸秆土壤  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  含量一直处于最低值状态, 而菜籽饼处理一直保持最大值至培养结束。当添加量增至 20 g/kg 时, 土壤中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的动态与低水平处理表现出相似的变化趋势。

土壤中  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的动态变化趋势如图 3 所示, 低水平处理时, 即添加量为 10 g/kg 时, 21 天后, 土壤  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的含量逐渐增大。随着植物物料添加量的增大, 这种趋势变的愈加明显, 而且  $\text{NO}_3^- +$

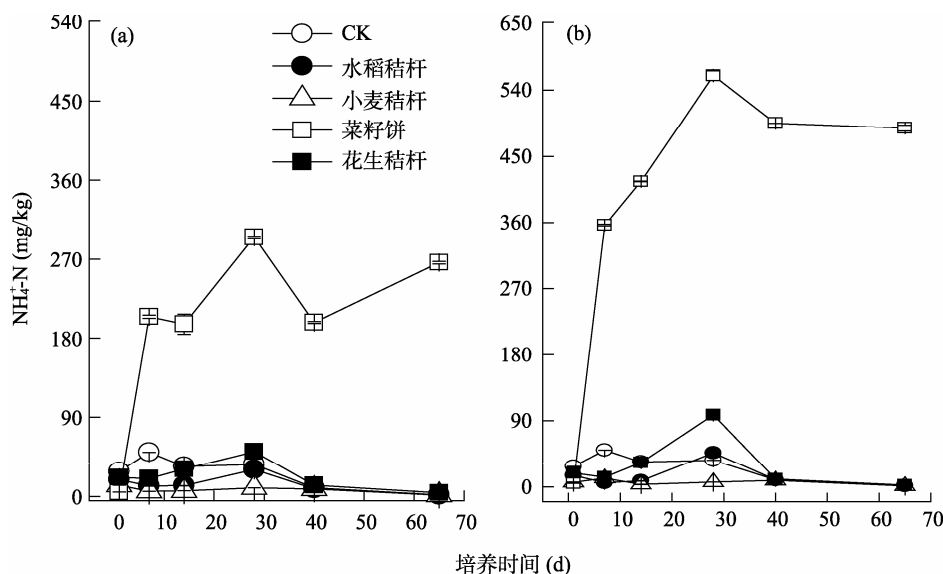


图 2 土壤中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  培养过程中的动态变化

Fig. 2 Concentrations of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  during incubation time with rice straw, wheat straw, rapeseed cake or peanut straw at 10 g/kg (a) and 20 g/kg (b)

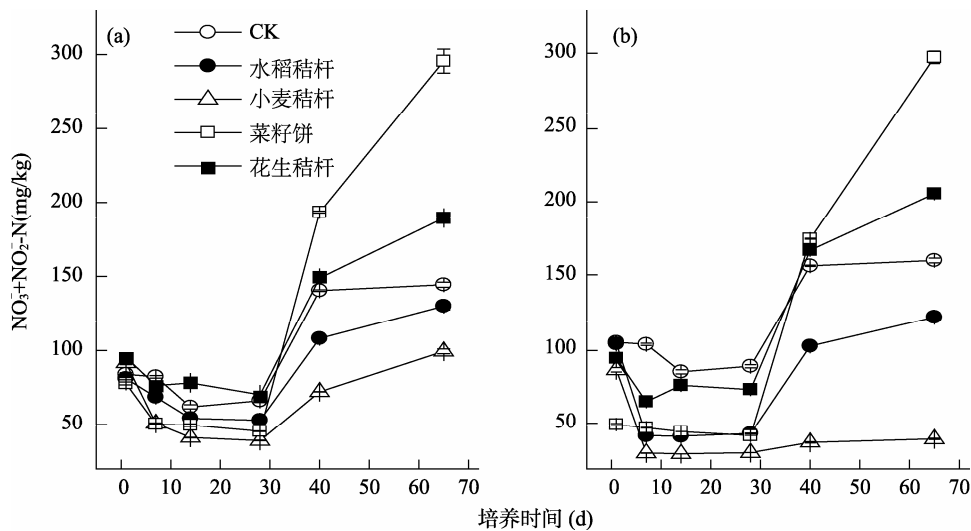


图 3 土壤中  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的动态变化趋势

Fig. 3 Concentrations of  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  during incubation time with rice straw, wheat straw, rapeseed cake or peanut straw at 10 g/kg (a) and 20 g/kg (b)

$\text{NO}_2^- \text{-N}$  的动态变化差异性也越大。相对于 CK 处理, 添加低 C/N 的秸秆(花生、菜籽饼),  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的含量是显著增大的( $P<0.05$ ), 而添加高 C/N 的秸秆(小麦、水稻秸秆),  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的含量是显著减少的( $P<0.05$ ), 特别是小麦秸秆处理, 土壤  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{-N}$  的含量 $<2 \text{ mg/kg}$ 。

2.3 土壤交换性酸与交换性碱基的变化

培养结束后, 交换性酸与交换性碱基的含量如表 2 所示。植物物料富含  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  等盐基离子, 施入土壤中的植物物料经微生物分解释放出盐基离子, 进入土壤溶液后, 与交换性酸进行置换反应, 可以增加土壤的交换性盐基。茶园土壤加入植物物料后土壤交换性盐基比对照处理增加  $0.31 \sim 2.68 \text{ cmol/kg}$ , 交换性酸与交换性碱基都显著地减少( $P<0.05$ )。铝饱和度

因交换性碱基的增大、交换性铝的减少而同样显著地减少( $P<0.05$ ), 但是交换性铝仍然是交换性酸的主要组成成分( $>50\%$ ), 其中, 菜籽饼处理使土壤交换性铝减少程度最大(减少  $1.6 \text{ cmol/kg}$ )。

3 讨论

作物秸秆添加后, 土壤 pH 的变化主要是由于作物秸秆碱性物质的释放以及土壤中的氮转化过程决定的。有机阴离子的脱羧作用消耗质子( $\text{R-CO-COO}^- + \text{H}^+ = \text{R-CHO} + \text{CO}_2$ ), 从而提高 pH。另外, 有机氮的矿化同样消耗质子( $\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{R-OH}$ ), 提高 pH。因此, 灰化碱含量与氮含量高的秸秆添加后, 土壤 pH 在初始阶段( $<21$  天) 显著性地提高( $P<0.05$ ); 之后,  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  发生硝化反应, 产生质子 ( $\text{NH}_4^+ +$

表 2 有机物料对茶园土壤交换性能的影响  
Table 2 Effects of crop residues on soil exchangeable properties

| 秸秆  | 添加量<br>(g/kg) | 交换性酸       | 交换性铝     | 交换性 $\text{H}^+$ | 交换性碱基    | 交换性铝/交换性酸 | 铝饱和度      |
|-----|---------------|------------|----------|------------------|----------|-----------|-----------|
|     |               | (cmol/ kg) |          |                  |          | (%)       | (%)       |
| CK  |               | 3.50 a A   | 2.50 a A | 1.00 a A         | 4.69 c C | 71.43 a A | 34.70 a A |
| 水稻  | 10            | 2.80 b     | 2.20 b   | 0.60 b           | 5.43 b   | 78.57 a   | 28.85 b   |
| 小麦  |               | 2.40 c     | 1.80 c   | 0.60 b           | 5.04 bc  | 75.00 a   | 26.31 b   |
| 菜籽饼 |               | 2.70 bc    | 2.00 bc  | 0.70 b           | 6.71 a   | 74.07 a   | 22.96 c   |
| 花生  |               | 2.90 b     | 2.20 bc  | 0.70 b           | 5.53 b   | 75.86 a   | 28.46 b   |
| 水稻  | 20            | 2.20 B     | 1.60 B   | 0.60 C           | 5.64 B   | 72.73 A   | 21.96 B   |
| 小麦  |               | 2.30 B     | 1.80 B   | 0.50 C           | 5.20 BC  | 78.26 A   | 25.71 B   |
| 菜籽饼 |               | 1.60 C     | 0.90 C   | 0.70 B           | 6.82 A   | 56.25 B   | 11.66 C   |
| 花生  |               | 2.50 B     | 1.90 B   | 0.60 C           | 7.37 A   | 76.00 A   | 20.50 B   |

注: 交换性酸等于  $\text{H}^+$  与交换性铝的和; 交换性铝/ECEC 等于该 pH 条件下土壤的铝饱和度, ECEC: 有效阳离子交换量, 为交换性铝与交换性酸的和; 同一列数据字母不同表示各处理间差异达到  $P<0.05$  显著水平(小写字母代表秸秆添加量为  $10 \text{ g/kg}$  各处理间, 大写字母代表秸秆添加量为  $20 \text{ g/kg}$  各处理间)。

$2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ ), 从而降低了土壤的 pH, 硝化反应是 pH 下降的主要原因, 这与已有报道相一致<sup>[9-13]</sup>。但是, 不同秸秆处理后,  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  的含量呈现不同的变化过程, 对于 C/N 较低的花生秸秆与菜籽饼处理,  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  的增加是随着  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的减少而逐渐增加的。而对于 C/N 较高的小麦、水稻秸秆处理,  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  是一直减少的。氮循环的差异性, 是由于氮的利用途径不同导致的。土壤中不同生物有效性碳与氮的比值可改变氮的利用方式, 当微生物可利用碳增加或减少时, 氮的利用量也会相应增大或减少, 另外, 土壤微生物可以利用包括有机氮和无机氮在内的一系列氮源<sup>[20-22]</sup>。当  $\text{NH}_4^+$  可以提供足够的氮源时,  $\text{NH}_4^+$  被微生物加以吸收固定, 而过量的  $\text{NH}_4^+$  发生硝化反应, 生成  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ; 当  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量不足时, 其他氮源, 如小分子有机氮、 $\text{NO}_3^-$  等氮源会被利用作为补充, 土壤中  $\text{NO}_3^-$  会发生还原作用。因此, C/N 值较高的水稻、小麦秸秆添加后, 特别是高剂量添加, 不仅减少了  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的含量, 而且减少了  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  的含量; 而 C/N 比较低的菜籽饼、花生秸秆处理, 增加了土壤  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  含量。

然而, 随着秸秆添加剂量的增大, 在前 21 天, 除了菜籽饼处理外, 其他处理土壤 pH 并没有显著增大 ( $P > 0.05$ ), 通过减少的交换性酸可以证实该部分释放的碱量被交换性酸所中和。当培养至 21 天时, 低水平处理 (10 g/kg) 下, 花生秸秆调节 pH 的能力最强; 而高水平处理时 (20 g/kg), 菜籽饼调节 pH 的能力最

强。菜籽饼含有较高的氮含量, 因此可以推测 pH 的上升除“灰化碱”作用外, 氮转化过程也是主要影响因素之一。土壤 pH 经过峰值后, 由于硝化作用开始下降。对于高 C/N 作物秸秆 (小麦、水稻秸秆) 处理, 减少了硝化作用从而降低了 pH 下降幅度; 相反, 对于低 C/N 作物秸秆 (菜籽饼、花生秸秆) 增大了净矿化与硝化作用, 从而导致 pH 大幅度下降。因此最终 pH 的大小顺序为小麦 > 水稻 > 花生 > 菜籽饼, 这与作物的 C/N 比是呈正相关的 (图 4), 而与秸秆灰化碱含量无关。并且, 高 C/N 作物秸秆 (>50, 小麦、水稻秸秆) 处理, 最终 pH (65 天) 随着添加剂量的增大而显著提高 ( $P < 0.05$ ); 而低 C/N 作物秸秆 (<30, 菜籽饼、花生秸秆) 处理不显著 ( $P > 0.05$ )。综上所述, C/N 较高的秸秆更有利于  $\text{NH}_4^+$  的固定, 抑制硝化反应, 有利于 pH 的长期调节。

秸秆的添加显著地减少了土壤交换性酸以及土壤铝饱和度 ( $P < 0.05$ ), 增加了土壤交换性碱基。其中, 菜籽饼比其他作物秸秆具有更低的 C/N, 因此容易降解, 更容易增加交换性碱基, 并且有机质与铝络合, 有效地降低了交换性铝的含量。因此, 施用有机物料可以有效地缓解红壤中铝对作物的毒害。

#### 4 结论

(1) 有机物料的添加可以有效地降低土壤交换性酸与铝饱和度, 增加土壤交换性碱基, 但是不一定能够有效调节土壤 pH。

(2) C/N 低的作物秸秆能够在短期内迅速提高土壤 pH, 但长时间后, 存在导致土壤酸化的风险; C/N

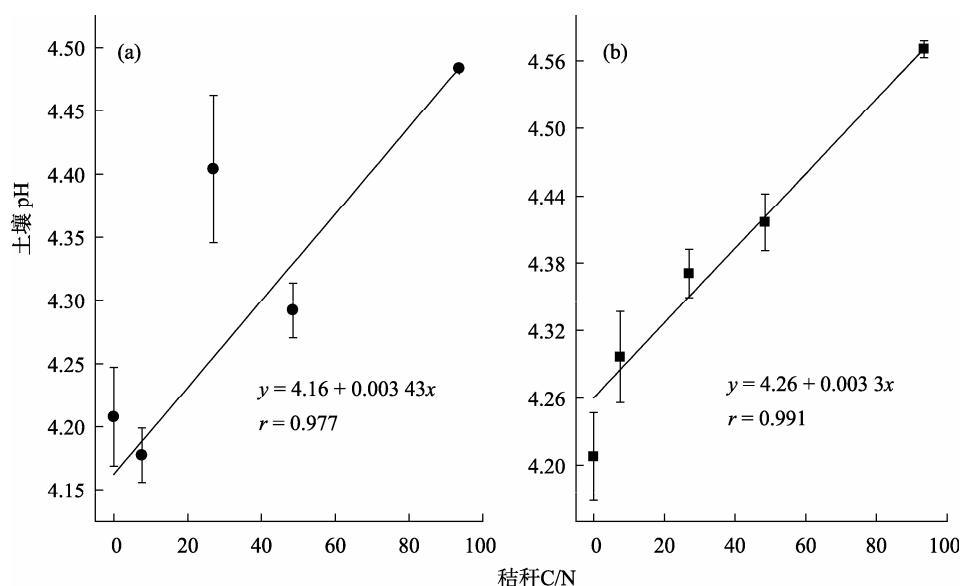


图 4 培养结束时, 土壤 pH 值与作物秸秆 C/N 相关性

Fig. 4 Correlations between soil pH and C/N ratios of crop residues applied at 10 g/kg (a) and 20 g/kg (b)

高的作物秸秆能更有效地控制土壤中氮的硝化,有利于酸化茶园土壤 pH 的长期调节。

(3) 以上研究是基于室内培养,有关田间试验需要进一步确认。

#### 参考文献:

- [1] Ruan JY, Gerendas J, Hardter R, Sattelmacher B. Effect of root zone pH and form and concentration of nitrogen on accumulation of quality-related components in green tea[J]. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, 87(8): 1 505-1 516
- [2] Han WY, Kemmitt SJ, Brookes PC. Soil microbial biomass and activity in Chinese tea gardens of varying stand age and productivity[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 2007, 39 (7): 1 468-1 478
- [3] Chien SH, Gearhart MM, Collamer DJ. The effect of different ammonical nitrogen sources on soil acidification [J]. *Soil Sci.*, 2008, 173 (8): 544-551
- [4] Guo JH, Liu XJ, Zhang Y, Shen JL, Han WX, Zhang WF, Christie P, Goulding KWT, Vitousek PM, Zhang FS. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. *Science*, 2010, 327, 5968: 1 008-1 010
- [5] 孟赐福, 傅庆林, 水建国, 吴益伟. 浙江中部红壤施用石灰对土壤交换性钙、镁及土壤酸度的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(2): 129-136
- [6] 王文军, 郭熙盛, 武际, 朱宏斌. 施用白云石对酸性黄红壤作物产量及化学性质的影响[J]. *土壤通报*, 2006, 37(4): 723-726
- [7] Li JY, Wang N, Xu RK, Tiwari D. Potential of industrial by products in ameliorating acidity and aluminum toxicity of soils under tea plantation[J]. *Pedosphere*, 2010, 20(5): 645-654
- [8] Carran RA. Calcium magnesium imbalance in clovers—A cause of negative yield response to liming[J]. *Plant Soil*, 1991, 134: 107-114
- [9] Tang C, Yu Q. Impact of chemical composition of legume residues and initial soil pH on pH change of a soil after residue incorporation[J]. *Plant Soil*, 1999, 215(1): 29-38
- [10] Marschner B, Noble AD. Chemical and biological processes leading to the neutralisation of acidity in soil incubated with litter materials[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 2000, 32: 805-813
- [11] Xu RK, Coventry DR. Soil pH changes associated with lupin and wheat plant materials incorporated in a red-brown earth soil[J]. *Plant Soil*, 2003, 250: 113-119
- [12] Yan F, Schubert S. Soil pH changes after application of plant shoot materials of faba bean and wheat[J]. *Plant Soil*, 2000, 220: 279-287
- [13] Pocknee S, Sumner ME. Cation and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential[J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1997, 61: 86-92
- [14] Xu JM, Tang C, Chen ZL. The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 2006, 38: 709-719
- [15] Wang N, Li JY, Xu RK. Use of agricultural by-products to study the pH effects in an acid tea garden soil[J]. *Soil Use Manage.*, 2009, 25: 128-132
- [16] 毛佳, 徐仁扣, 黎星辉. 豆科植物物料中氮的转化对其改良茶园土壤酸度的影响[J]. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(4): 42-45
- [17] 王宁, 李九玉, 徐仁扣. 三种植物物料对两种茶园土壤酸度的改良效果[J]. *土壤*, 2009, 41(5): 764-711
- [18] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [19] Van Veldhoven P, Manaerts G. Inorganic and organic phosphate measurements in the nanomolar range[J]. *Analytical Biochemical*, 1987, 161: 45-48
- [20] Cabrera ML, Kissel DE, Vigil MF. Nitrogen mineralization from organic residues: Research opportunities[J]. *J. Environ. Qual.*, 2005, 34: 75-79
- [21] Fioretto A, Di Nardo C, Papa S, Fuggi A. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 2005, 37: 1 083-1 091
- [22] Daniel G, Horwath WR, Joergensen RG, Ludwig B. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms—A review[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 2010, 42: 2 058-2 067

## Use of Crop Residues to Ameliorate Soil Acidity in A Tea Garden Soil

WANG Lei<sup>1,2</sup>, WANG Yu<sup>1,2</sup>, YANG Xing-lun<sup>1</sup>, ZHANG Ming<sup>3</sup>, JIANG Xin<sup>1\*</sup>

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 2 *Nanjing Institute of Environmental*

*Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China*;

3 *Anhui Vocational and Technology College of Forest, Hefei 230031, China*)

**Abstract:** A laboratory incubation study was conducted to investigate the application of crop residues with different C/N ratios and ash alkalinity content. Each component was added at 3 different rates and the potential to ameliorate soil acidity was assessed. Incorporation of crop residues was an effective method to reduce soil exchangeable acidity, Al saturation and increase base saturation, but not necessary for soil pH adjustment. The release of alkalinity from residues and the mineralization of organic nitrogen increased soil pH initially, and then decreased due to nitrifications. Various degrees of nitrification were correlated with the C/N ratios of residues. Crop residues with high C/N ratios (i.e. wheat and rice straw) repressed soil nitrification, which resulted in slight pH decrease, whereas crop residues with low C/N ratios (i.e. rapeseed cake and peanut straw) stimulated soil nitrification, and resulted in a sharp decrease in soil pH. Soil pH at the end of incubation was positively correlated with C/N ratios of residues ( $y = 0.003\ 43x + 4.14$ ,  $r = 0.977$ ). Further, a significant pH increase occurred as the rates of residues increased for residues high in C/N ratio ( $P < 0.05$ ), but not for residues low in C/N ratio ( $P > 0.05$ ). It is suggested that crop residues high in C/N ratio are preferred to ameliorate soil acidity. A further investigation is needed in the form of long-term field study on amendments variables.

**Key words:** Crop residues, Soil acidity, Amelioration