

# 不同生物炭对安徽宣城旱地红壤氮矿化的影响<sup>①</sup>

李 强, 庄舜尧\*, 王 晋, 季海宝, 曹志洪

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

**摘 要:** 采用连续间隙淋洗培养法, 研究了竹炭、烟草秸秆炭及棉花秸秆炭对安徽宣城旱地红壤氮素矿化作用的影响。结果表明: 3 种生物炭均可提高土壤 pH, 但 pH 增长幅度与生物炭用量相关, 最高可增加 2 个单位; 不同用量的生物炭添加都会导致土壤氮素硝化速率及矿化速率的降低, 竹炭、烟草秸秆炭及棉花秸秆炭分别使硝化速率最大降幅达 49.2%、72.3% 与 69.2%, 矿化速率最大降幅达 33.7%、61.9% 与 61.1%。因此, 生物炭实际施用需作谨慎的评估, 优化其使用方法。

**关键词:** 生物炭; 红壤; 硝化作用; 氮矿化作用

**中图分类号:** S143.1

根据 Lehmann 与 Joseph<sup>[1]</sup>给出的定义, 生物炭 (biochar) 是指生物有机质在完全或部分缺氧的条件下经热解炭化产生的难溶性固态物质。它的孔隙结构发达, 比表面积巨大, 具有很强的吸附特性和高度的稳定性。生物炭也是在环境中存在的一种十分稳定的碳形态, 其本身的降解转化速率十分缓慢, 在一定程度上可减缓陆地生态系统碳循环速率, 因而, 在某种意义上具有固碳减排的作用<sup>[2]</sup>。正是基于这样的特性, 目前生物炭开始被应用于农业生产, 因此, 生物炭对土壤性质和功能的影响已经成为当今一个研究热点。

然而, 由于生物炭在生产过程中的温度、气流速度、压力以及加热时间长短等参数以及生产原料的不同, 使其具有不同的理化性质和环境效应。Hamer 等<sup>[3]</sup>发现添加玉米秸秆和大麦秸秆制备的生物炭会促进易分解有机质分解。Wardle 等<sup>[4]</sup>认为生物炭施用促进微生物生长和易分解有机质的分解。Spokas 等<sup>[5]</sup>的试验证明添加木屑生物炭能显著降低土壤有机质的矿化速率。柯跃进等<sup>[6]</sup>发现添加水稻秸秆生物炭也会降低有机质的矿化速率。刘燕萍等<sup>[7]</sup>通过土壤培养实验发现, 添加水稻秸秆炭在培养前期促进土壤有机碳的矿化, 后期则产生抑制效果。由此可见, 生物炭施用对土壤的生态环境效用因生物炭种类、土壤类型等而变化。

毛竹、棉花及烟草是皖南红壤地区的主要农林作物, 种植面积大, 所产生物量大, 通过炭化处理制成生物炭还田, 对于降低环境污染、提高红壤旱地生产力有着不可低估的作用, 但是, 这 3 种生物炭在本地区还未推广使用。因此, 本研究的目的在于探究在相同条件下制成的竹炭、烟草秸秆炭及棉花秸秆炭添加到皖南旱地红壤后, 了解其对土壤氮素矿化的影响, 以为合理利用生物炭资源提供科学及理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试土壤是我国南方地区的典型旱地红壤, 取自安徽省宣城市杨柳镇双乐村旱地 (30°49'37.06"N, 118°31'55.46"E)。该地区年平均温度为 15.6℃, 最热月平均 28.1℃, 最冷月平均 2.7℃, 气温年较差 25.4℃, 气候变化温和; 干燥度在 0.68~0.90 之间, 即可能蒸发量小于实际降水量, 属湿润气候区; 雨量丰沛, 年降水量在 1 200~1 500 mm, 气候湿润温和, 无霜期长达 8 个月。试验土壤采集于 2013 年 10 月, 利用多点混合采样法采集表层 0~20 cm 的耕层土壤, 土壤风干后, 去除活体根系和可见有机物残体后, 过 20 目筛, 备用。供试土壤的基本理化性质见表 1。

基金项目: 上海烟草集团有限责任公司科技项目(CF56.1-ZJ1)资助。

\* 通讯作者(syzhuang@issas.ac.cn)

作者简介: 李强(1990—), 安徽太和人, 硕士研究生, 主要从事土壤化学方面研究。E-mail: qli@issas.ac.cn

## 1.2 生物炭的制备

本次试验所使用的生物炭原料均采自宣城当地,分别是竹材、稻草秸秆及烟草秸秆。其具体制备过程如下:植物样品先在 80℃条件下烘干 12 h,然后再转移到生物炭炉中加热。加热过程是一个逐渐升温的过程,起始温度为 200℃,加热

1.5 h 后,再分别加热到 250℃、300℃、350℃和 400℃,加热时间均维持在 1.5 h。在加热过程中,炉内不断通入 N<sub>2</sub> 以维持厌氧状态,在无明显黑烟产生 10 h 后,停止通入 N<sub>2</sub>。加热过程结束后,用粉碎机将生物炭粉碎。各生物炭的基本理化性质如表 1 所示。

表 1 供试土壤与生物炭的基本性质  
Table 1 Basic chemical properties of tested soil and biochars

试验材料	pH	全氮 (g/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (g/kg)
供试土壤	4.54	1.70	54.2	1.04	106	0.18
竹炭	9.22	15.3	13.9	19.9	15.2	2.00
烟草秸秆炭	10.27	25.8	72.1	4.00	127	17.7
棉花秸秆炭	10.27	23.0	56.5	9.10	86.3	13.6

## 1.3 培养实验

实验共设 13 个处理,制得的 3 种生物炭均以 0.5%、1%、2% 和 5% 的质量分数分别添加到供试土壤中,以不添加任何生物炭的土样做空白。每个处理设置 3 个重复。实验采用 Stanford 和 Smith<sup>[8]</sup> 的间歇淋洗好气培养法。由于土壤矿化速度较快,主要集中在前两周,故而本实验选择两周作为试验时间以比较不同生物炭在不同剂量条件下对土壤矿化的影响。

具体实验设计如下:在 50 ml 的塑料注射器底部铺上一层玻璃棉(约 2 mm),然后装入 20 g 石英砂,然后再铺上一层玻璃棉,再将 10 g 过 20 目筛的风干土样与 10 g 石英砂和一定比例的生物炭充分混匀,装入管中,最后在土样上铺上一层玻璃棉,装入 15 g 石英,以防淋洗时冲溅土壤,造成误差。将土样调整至田间持水量左右,用塑料膜封口,置于 25℃ 恒温箱中恒温培养。在第 0、3、6、9、12、15 天取出样品,用 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> 溶液分批次淋洗土样,每次 20 ml。由于淋洗出的无机氮含量逐渐减小,为减小测量误差,第 0、3 天时,所用浸提液体积为 100 ml,后面几次的淋洗液体积稳定在 40 ml。第 0 天的淋洗可去除土壤及生物炭本身所带 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的影响。结束后将注射器放入干燥器中在 8 kPa 负压下抽去多余水分,然后置于恒温箱中继续培养,直至下次淋洗。将各次淋洗液过滤、定容,分别测定其中矿化出的无机氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)及 pH。本实验中所用的石英砂和玻璃棉均用 1:1 的盐酸溶液浸泡 24 h,然后用去离子水不断地清洗,直至石英砂和玻璃棉的 pH 呈中性为止。

## 1.4 测定方法

土样经风干、研磨、过筛后,与生物炭一道用标准方法测定基本理化性质。全氮采用凯氏定氮法测

定;NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 运用双波长法,直接在 220 nm 和 275 nm 双波长下比色测定,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 经过靛酚蓝显色后在 625 nm 下比色测定;速效磷通过钼蓝比色法测定;速效钾通过火焰光度计测得。

对于每次收集的淋洗液,测定 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 运用双波长法,直接用 220 nm 和 275 nm 双波长比色测定;NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 经过靛酚蓝显色后在 625 nm 下比色测定;酸度用 pH 计测定。由于每次淋洗液中的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量即为此培养时间内土壤矿化的结果,故而土壤硝化速率和矿化速率的计算公式为<sup>[8]</sup>:土壤硝化速率=淋洗液 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量/培养时间;土壤矿化速率=淋洗液矿化氮含量/培养时间;硝化作用抑制率=(对照处理氮硝化量-生物炭处理氮硝化量)/对照处理氮硝化量;矿化作用抑制率=(对照处理氮矿化量-生物炭处理氮矿化量)/对照处理氮矿化量。

## 1.5 数据分析

数据采用 Excel 2003 处理制图,利用 SPSS 20.0 进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物炭对土壤淋洗液 pH 影响

不同生物炭添加到土壤后,土壤淋洗液 pH 表现出不同的变化(图 1)。其中,在不同竹炭添加量时,各处理土壤淋洗液 pH 无显著差异,均 4.5~5.5,且与对照处理也无显著差异,说明所用竹炭对土壤淋洗液 pH 影响不大。然而,烟草秸秆炭和棉花秸秆炭添加到土壤以后,在添加比例大于或等于 2% 时,与对照处理相比,土壤淋洗液 pH 则有显著提高,同时 5% 添加量的处理土壤淋洗液 pH 要显著高于 2% 添加量处理,说明烟草秸秆炭和棉花秸秆炭在添加量达到 2% 以上时可显著提高土壤淋洗液 pH,可起到酸

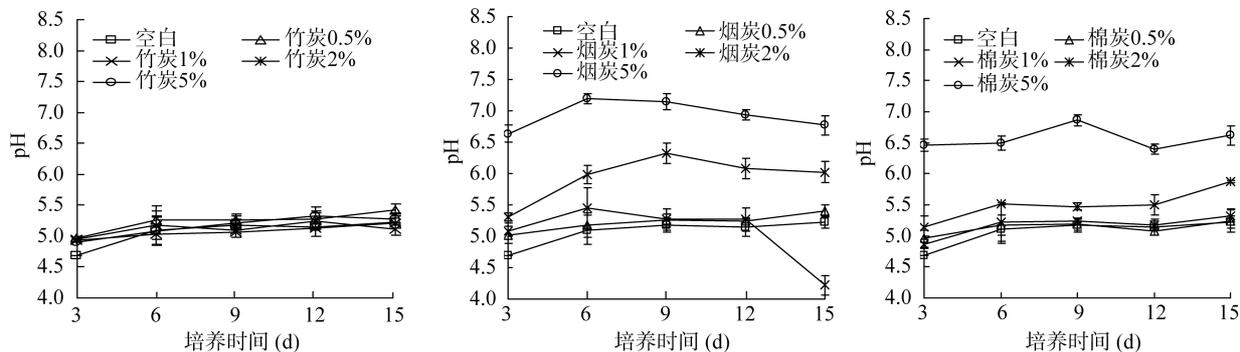


图 1 生物炭对土壤淋洗液 pH 的影响  
Fig. 1 Effects of biochars on soil pH

性土壤改良的效果。在 3 种生物炭中,竹炭 pH 最低,而烟草秸秆炭与棉花秸秆炭相近,显然,生物炭对土壤淋洗液 pH 改良除了用量外主要与其本身 pH 密切相关。

2.2 生物炭对土壤硝化作用的影响

本研究结果显示,土壤硝化作用速率随培养时间逐渐降低(图 2),对照土壤从初始的 2.57 mg/(kg·d)下降到 0.76 mg/(kg·d)。类似地,当添加生物炭后,硝化作用速率也是随时间下降,但不同生物炭种类及添加量有不同的表现。添加 0.5% 竹炭时,硝化作用速

率由 2.10 mg/(kg·d)下降到 0.53 mg/(kg·d);而添加 5% 竹炭时,则由 1.16 mg/(kg·d)下降到 0.12 mg/(kg·d)。同样,当添加 0.5% 烟草秸秆炭时,硝化作用速率由 1.81 mg/(kg·d)下降到 0.06 mg/(kg·d);添加 5% 烟草秸秆炭时,硝化作用速率由 0.71 mg/(kg·d)下降到 0.11 mg/(kg·d)。当添加 0.5% 棉花秸秆炭时,硝化作用速率由 2.86 mg/(kg·d)下降到 0.13 mg/(kg·d);添加 5% 棉花秸秆炭时,硝化作用速率由 0.54 mg/(kg·d)下降到 0.06 mg/(kg·d)。同时,本研究结果显示,随生物炭添加量的增加,土壤硝化作用受到显著抑制。

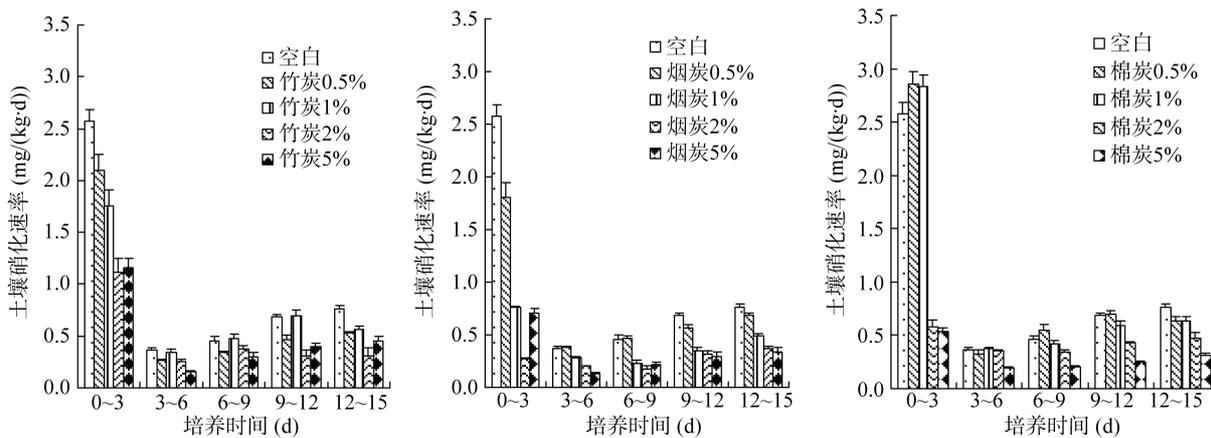


图 2 生物炭对土壤硝化作用的影响  
Fig. 2 Effects of biochars on soil nitrate leachate

2.3 生物炭对土壤氮矿化的影响

添加生物炭对土壤氮矿化的影响随生物质炭种类、添加量及时间而变化(图 3)。对照土壤的氮矿化速率,在初始 3 天内为 4.57 mg/(kg·d),在培养最后 3 天内为 1.05 mg/(kg·d)。添加 0.5% 竹炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 3.70 mg/(kg·d)降至最后 3 天的 0.53 mg/(kg·d);添加 5% 竹炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 2.93 mg/(kg·d)降至最后 3 天的 0.45 mg/(kg·d)。添加 0.5% 烟草秸秆炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 3.53 mg/(kg·d) 降至最后 3 天的 0.68 mg/(kg·d);

加 5% 烟草秸秆炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 1.61 mg/(kg·d) 降至最后 3 天的 0.34 mg/(kg·d)。添加 0.5% 棉花秸秆炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 4.94 mg/(kg·d)降至最后 3 天的 0.64 mg/(kg·d);加 5% 棉花秸秆炭时,土壤氮矿化速率由初始 3 天的 1.66 mg/(kg·d)降至最后 3 天的 0.32 mg/(kg·d)。通过比较可以发现,少量添加生物炭时,棉花秸秆炭对土壤氮矿化有低量的促进,而竹炭与烟草秸秆炭则没有此效果;当大量添加生物炭时,竹炭对土壤氮矿化的抑制作用最小,而烟草秸秆炭与棉花秸秆炭都有很强

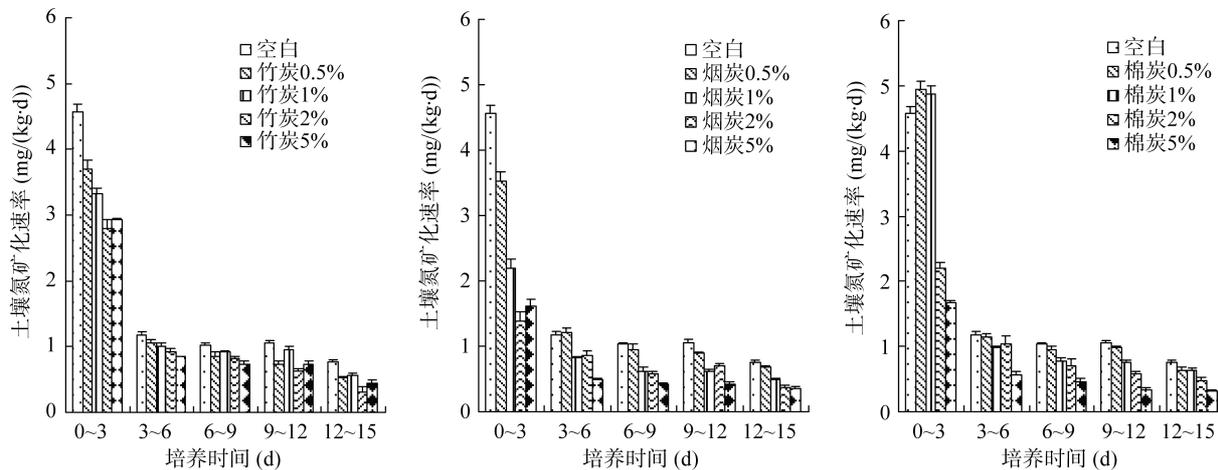


图 3 生物炭对土壤氮矿化速率的影响

Fig. 3 Effects of biochars on soil N mineralization rate

有的抑制作用。总体来说,添加生物炭在短期内不利用于土壤氮的矿化。

从土壤氮累积矿化量来看(图 4),不同竹炭添加量均导致氮累积矿化量下降,其中 0.5% 与 1% 添加量无显著差异,2% 与 5% 添加量无显著差异。而烟草秸秆炭对土壤氮累积矿化量的抑制随用量增加而

增加,也就是说烟草秸秆炭添加量越大,氮矿化抑制越严重。添加棉花秸秆炭 0.5% 与 1% 后,土壤氮累积矿化量与对照无显著差异,只有在 2% 及 5% 时才显著降低了土壤氮的累积矿化量。此结果进一步说明,生物炭种类及用量对土壤氮矿化的影响会存在很大差异,大致是添加量越大,氮矿化抑制的越明显。

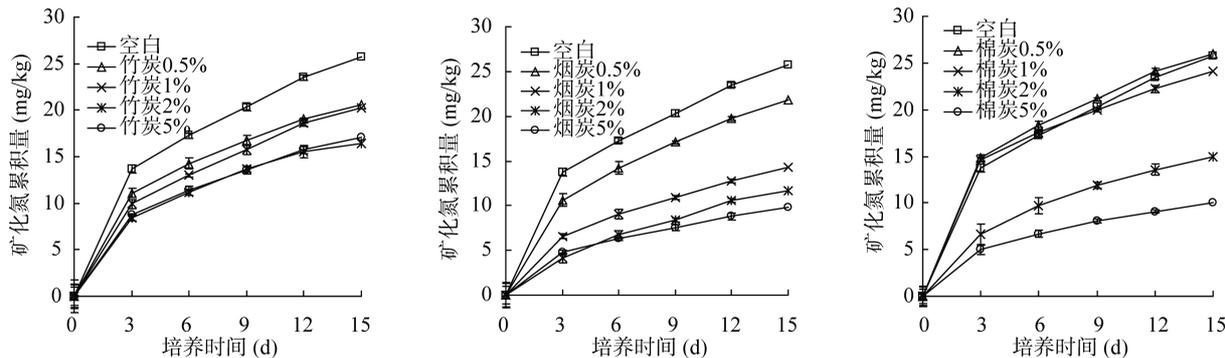


图 4 生物炭对土壤氮矿化累积量的影响

Fig. 4 Effects of biochars on soil mineralized N accumulation

上述结果表明,添加生物炭会抑制土壤氮的矿化,计算生物炭对土壤氮矿化作用的抑制率(与对照相比计得的百分数),进一步发现(表 2),不同生物炭及添加量会表现出不同的结果。就竹炭来看,硝化作用随添加量的增加抑制率从 23.7% 增加到 49.2%;添加烟草秸秆炭后,随添加量的增加硝化作用抑制率从 19.6% 增加到 65.1%;而添加棉花秸秆炭后,随添加量的增加硝化作用抑制率从 -4.48% 增加到

69.2%。对矿化作用的抑制率来看,添加竹炭后,随添加量的增加矿化作用抑制率从 20.0% 增加到 33.7%;添加烟草秸秆炭后,随添加量的增加矿化作用抑制率从 15.4% 增加到 61.9%;而添加棉花秸秆炭后,随添加量的增加硝化作用抑制率从 -0.78% 增加到 61.1%。可见,竹炭的抑制作用要小于烟草秸秆炭与棉花秸秆炭,少量的棉花秸秆炭有促进土壤氮素矿化的作用。

表 2 生物炭对土壤氮矿化的抑制率(%)

Table 2 Inhibition of biochars on soil N mineralization

抑制率	竹炭处理				烟草秸秆炭处理				棉花秸秆炭处理			
	0.5%	1%	2%	5%	0.5%	1%	2%	5%	0.5%	1%	2%	5%
硝化作用	23.7	20.8	50.8	49.2	19.6	56.3	72.3	65.1	-4.48	-0.09	55.1	69.2
矿化作用	20.0	21.3	36.1	33.7	15.4	44.8	54.6	61.9	-0.78	6.44	41.9	61.1

### 3 讨论

生物炭性质表明其有较高 pH,对于改良南方酸性土壤、提高土壤 pH 有重要意义。本研究结果验证了,添加生物炭可以提高土壤 pH,但其效用与生物炭种类有很大关系,相对来说烟草秸秆炭与棉花秸秆炭要比竹炭有更好的效果,这应该与生物炭本身 pH 相关。这与其他研究人员所得结果具有较高的一致性<sup>[9-11]</sup>。

土壤的硝化作用强度与很多因素有关,相对来说,在低 pH 土壤中,硝化作用对 pH 较为敏感,高的 pH 会有利于土壤硝化作用的进行<sup>[12]</sup>。添加生物炭后,土壤的 pH 随之上升(图 1),但实际土壤的硝化作用却是下降的(图 2,表 2),这说明生物炭的碱性或 pH 的提高对土壤硝化过程的影响较弱,而其他机制起着更为重要的作用。土壤氮素硝化作用强度还与  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度有关,当  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度不足时,就不会产生足够的  $\text{NO}_3^+\text{-N}$ ,表现出硝化作用低。在添加生物炭后,由于生物炭对  $\text{NH}_4^+$  有较强的吸附力<sup>[13]</sup>,可延缓  $\text{NH}_4^+$  向  $\text{NO}_3^-$  转化的速率;同时,高 pH 的生物炭也可能使  $\text{NH}_4^+$  通过  $\text{NH}_3$  挥发的过程而损失,从而降低了  $\text{NH}_4^+$  浓度<sup>[14]</sup>。另外,添加生物炭后,会改变土壤空隙大小,影响土壤溶液滞留时间及流程,改变土壤溶液移动,从而影响氮素的硝化作用<sup>[15]</sup>。

土壤氮素的矿化作用是土壤微生物活性与土壤肥力的有效指标,室内培养的结果也可以用于评价土壤氮素的矿化潜力<sup>[16]</sup>。有研究认为,生物炭施入土壤可以改变氮素循环提高氮素有效性,其机制主要是通过改变氮素的持留和转化来实现的。一方面利用其多孔特性和巨大的比表面积吸附持氮素物质,另一方面改变了土壤理化性质,直接或间接地影响氮素周转过程中微生物多样性、丰度及活性,继而影响土壤氮素循环<sup>[17]</sup>。然而,Deenik 等<sup>[18]</sup>研究认为生物炭含有的挥发性物质可以刺激微生物活动,从而导致土壤有效氮降低,同时降低植物氮素吸收,抑制作物生长,甚至施肥也会如此。Nelson 等<sup>[19]</sup>研究认为,以 20 g/kg 的用量向土壤中添加生物炭,则会使氮的可利用性降低 5~10 mg/kg。Streubela 等<sup>[20]</sup>研究表明在没有外源氮添加时,随生物炭量增加作物产量迅速降低。在高浓度的生物炭时,即使添加外源氮同样降低作物产量。只有在低生物炭量和外源氮同时施入,生物炭才增加了作物的产量。究其原因可能是生物炭含有的高挥发性物质(酚类)刺激了微生物活动,出现了氮固定,同作物竞争氮造成了作物的减产。本研究结果同样表明,在短期培养中,生物炭添加会显著抑

制土壤氮素矿化作用,且抑制效果与添加量相关(表 2),而其机制同样主要是由于生物炭所带入的有害物质抑制了微生物活性,降低了土壤氮素的矿化过程。本研究结果同时表明,不同生物炭种类对土壤氮素矿化的抑制作用也存在显著差异,相对来说竹炭的影响较小,而烟草秸秆炭与棉花秸秆炭影响较大。本研究仅是短期的培养结果,长期的田间效果还有待于进一步验证。在田间施用生物炭时,需要作出谨慎的考虑,一是选择生物炭种类,二是优化生物炭用量。

### 4 结论

本研究中所采用的竹炭、烟草秸秆炭及棉花秸秆炭均有较高的 pH,添加到土壤后都可以提高土壤 pH,但种类与用量所致效果差异较大,烟草秸秆炭与棉花秸秆炭本身 pH 较高,相对较易提高酸性土壤 pH。添加生物炭后,土壤的硝化作用及矿化作用均受到抑制,而其抑制率与生物炭种类及用量相关,在低用量时,竹炭抑制率较高,而在高用量时,烟草秸秆炭及棉花秸秆炭的抑制较高。比较而言,烟草秸秆炭与棉花秸秆炭对土壤氮素矿化有更强的抑制作用。总之,在实际田间使用生物炭时还需谨慎评估,合理使用。

#### 参考文献:

- [1] Lehmann J, Joseph S. Biochar For Environmental Management: Science And Technology[M]. London: Earthscan, 2009: 1-29, 107-157
- [2] Skjemstad JO, Reicosky DC, Wilts AR, McGowan JA. Charcoal carbon in US agricultural soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66: 1249-1255
- [3] Hamer U, Marschner B, Brodowski S, Amelung W. Interactive priming of black carbon and glucose mineralization[J]. Organic Geochemistry, 2004, 35: 823-830
- [4] Wardle DA, Nilsson M-C, Zackrisson O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus[J]. Science, 2008, 320: 629-635
- [5] Spokas K, Koskinen W, Baker J, Reicosky D. Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil[J]. Chemosphere, 2009, 77: 574-581
- [6] 柯跃进, 胡学玉, 易卿, 余忠. 水稻秸秆生物炭对耕地土壤有机碳及其  $\text{CO}_2$  释放的影响[J]. 环境科学, 2014, 35(1): 93-99
- [7] 刘燕萍, 高人, 杨玉盛, 尹云锋, 马红亮, 薛丽佳. 黑碳添加对土壤有机碳矿化的影响[J]. 土壤, 2011, 43(5): 763-768
- [8] Stanford G, Smith SJ. Nitrogen mineralization potentials of soils[J]. Soil Sci Soc. Am. Proc., 1972, 36: 465-472
- [9] Chintala R, Schumacher TE, McDonald LM, Clay DE, Malo DD, Papiernik SK, Clay SA, Julson JL. Phosphorus

- sorption and availability from biochars and soil/biochar mixtures[J]. *Clean- Soil, Air, Water*, 2013, 41: 1–9
- [10] Gaskin JW, Steiner C, Harris K, Das KC, Bibens B. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use[J]. *Transactions of the Asabe*, 2008, 51( 6) : 2 061–2 069
- [11] Hossain MK, Strezov V, Chan KY, Nelson PF. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*) [J]. *Chemosphere*, 2010, 78(9): 1 167–1 171
- [12] Curtin D, Campbell CA, Jalil A. Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1998, 30: 57–64
- [13] Lehmann J, da Silva JrJP, Steiner C, Nehls T, Zech W, Glaser B. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. *Plant and Soil*, 2003, 249(2): 343–357
- [14] Zheng H, Wang Z, Deng X, Herbert S, Xing B. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil[J]. *Geoderma*, 2013, 206(17): 32–39
- [15] Magrini-Bair KA, Czernik S, Pilath HM, Evans RJ, Maness PC, Leventhal J. Biomass derived, carbon sequestering, designed fertilizers[J]. *Annals of Environmental Science*, 2009, 3(1): 217–225
- [16] Robertson GP, Wedin D, Groffman PM, Blair JM, Holland EA, Nedelhoffer KJ, Harris D. Soil carbon and nitrogen availability. Nitrogen mineralization, nitrification and soil respiration potentials[J]. *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research*, 1999, 258–271
- [17] Spokas KA, Novak JM, Venterea RT. Biochar's role as an alternative N-fertilizer: Ammonia capture[J]. *Plant and Soil*, 2012, 350(1/2): 35–42
- [18] Deenik JL, McClellan T, Uehara G, Antal MJ, Campbell S. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2010, 74(4): 1 259–1 270
- [19] Nelson NO, Agudelo SC, Yuan W, Gan J. Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils[J]. *Soil Science*, 2011, 176(5): 218–226
- [20] Streubel JD, Collins HP, Garcia-Perez M, Tarara J, Granatstein D, Kruger CE. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2011, 75 (4): 1 402–1 413

## Effects of Various Biochars on Soil Nitrogen Mineralization in Red Soil of Upland

LI Qiang, ZHUANG Shun-yao\*, WANG Jin, JI Hai-bao, CAO Zhi-hong

(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

**Abstract:** The method of Standford and Smith was employed to study the effects of bamboo, tobacco and cotton biochars on soil nitrogen mineralization in a red soil of upland. The results showed that the three biochars increased soil pH value which was related to their application rates. The highest increase of pH was 2 units when biochar added. Various biochars in different application rates could result in the decline of soil nitrification and mineralization rates. The maximum decrease of nitrification rate was 49.2%, 72.3% and 69.2% by bamboo, tobacco and cotton biochars, respectively, and the greatest decrease of mineralization rate was 33.7%, 61.9% and 61.1%, respectively. Therefore, it is important to evaluate carefully the application of biochars and an optimization of use should be considered in practice.

**Key words:** Biochar; Red soil; Nitrification; Nitrogen mineralization