

文章编号: 1674-7054(2015)02-0173-07

生物质炭和秸秆对海南砖红壤 酸性及交换性能的影响

索 龙¹, 罗晨诚¹, 潘凤娥¹, 胡俊鹏¹, 孟 磊¹, 何秋香²

(1. 海南大学 农学院, 海南 海口 570228; 2. 海南大学 园艺园林学院, 海南 海口 570228)

摘 要: 选取海南地区典型玄武岩母质发育的砖红壤, 研究生物质炭和玉米秸秆对土壤 pH、交换性酸以及交换性能的影响。试验共设 4 个处理: 对照(CK)、生物质炭(B)、生物质炭和玉米秸秆联合(BCS)、玉米秸秆(CS)。结果表明, 添加生物质材料后, 土壤 pH 都有不同程度的提高, 而土壤的交换性酸却都显著降低; 同时, 土壤的阳离子交换量(CEC)、交换性盐基总量和盐基饱和度均显著提高, 不同生物质材料处理效果依次为 CS > BCS > B > CK。

关键词: 砖红壤; 生物质炭; 玉米秸秆; 土壤 pH; 交换性酸; CEC

中图分类号: S 156.6

文献标志码: A

我国农作物秸秆种类多, 数量大, 资源丰富, 每年产生各类秸秆约 7 亿 t, 约占世界秸秆产生量的 25%^[1]。近年来, 由于农村青壮年劳力外出、能源结构改变、畜禽饲养模式变化等原因, 导致大量秸秆被闲置在田间地头, 给土地耕作及下茬作物种植带来严重影响。就地焚烧秸秆不仅造成资源严重浪费, 而且对生态环境会产生不利影响。因此, 合理有效地利用秸秆是目前急需解决的问题。秸秆可通过直接、过腹或堆积腐熟等方式还田。秸秆还田可明显改善土壤的理化性质, 降低土壤容重, 增加土壤有效孔隙度, 提高土壤的田间持水量^[2-4], 同时, 还可增加土壤有机质的含量, 提高土壤养分水平^[1, 5]。以秸秆为原料制备的生物质炭, 因其具稳定性、碱性以及巨大的比表面积等特点, 对土壤肥力改善的潜力巨大。研究表明, 将生物质炭添加到土壤可增加土壤有机质含量, 延长碳在土壤中的封存时间^[6], 提高土壤中的 C/N, 进而提高土壤对氮素和其他养分的吸持能力^[7]。生物质炭施入土壤还能够增加土壤 pH 值、电导率等^[8], 提高土壤全氮、速效磷和钾的含量^[9]。与秸秆相比, 生物质炭经过热解后其比表面积增大, 可显著增加表面的含氧官能团, 从而提高阳离子交换量(CEC)^[10], 对土壤的盐基饱和度也有一定的影响。海南高温多雨, 土壤中物质循环速度快, 即使投入大量秸秆类物质, 其土壤有机质仍难以获得实质性提高。砖红壤是海南主要土壤类型, 其有机质含量、pH 以及 CEC 都较低, 从而导致其土壤供肥保肥能力低^[11], 因此, 砖红壤培肥目的是降低酸度和提高保肥能力。为了解生物质炭及其制备原料秸秆在改良砖红壤中所起的作用及两者改良效果的差异, 笔者研究了生物质炭及其制备原料秸秆对土壤酸度及保肥相关性能的影响, 旨在为砖红壤的改良和农业秸秆资源化的合理利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料 供试土壤为海南省儋州市新盈农场玄武岩母质发育的砖红壤, 采集深度为 0~20 cm。采集的土壤经室内风干, 去除植物根系以及石砾, 过 2 mm 筛后用于培养试验。另取部分风干土进行土壤基本理化性质分析(表 1)。

收稿日期: 2015-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目“生物质炭对海南可变电荷土壤 N 转化影响研究”(41261063); 海南省自然科学基金项目“生物质炭与有机物料联合施用修复生物退化土壤的机理研究”(314046)

作者简介: 索龙(1988-), 男, 海南大学农学院 2012 级硕士研究生, E-mail: suolong_18@163.com

通信作者: 何秋香(1972-), 女, 讲师, 研究方向: 土壤 N 循环及耕地土壤改良, E-mail: hqx888999@163.com

供试生物质炭(由玉米秸秆在 400 ℃ 下厌氧热解制备而成)由中国科学院南京土壤研究所谢祖彬研究员处提供。将生物质炭研磨过 2 mm 筛后备用,其物质组成见表 1。玉米秸秆剪成 2 cm 的小段,烘干粉碎过 2 mm 筛后备用,其氮磷钾含量分别为 0.63 %、0.16 % 和 2.11 %。

表 1 供试土壤理化性质及供试生物质炭物质组成

Tab. 1 Basic physicochemical properties of soil and Basic properties of biochar used

土壤理化性质									
physicochemical properties of soil									
pH	土壤有机质 / (g • kg ⁻¹) Soil organic mat- ter	全 N Total ni- trogen	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen	速效 K/ (mg • kg ⁻¹) Available potassi- um	速效 P Available phos- phorus	交换性酸 / (cmol • kg ⁻¹) Exchangeable a- cidity	CEC		
4.69	37.02	1.38	51.07	139.84	5.91	1.508	9.53		
生物质炭组成									
properties of biochar									
pH	CEC	碱性官能团	羧基官能团 /	弱 酸 官 能 团	酚羟基官能团	元素含量 /%			
		Alkalinity func- tional group	cmol • kg ⁻¹ carboxyl func- tional group	Weak acid func- tional group	Phenolic and hy- droxyl functional group	Content of elements			
9.21	51.50	0.557	0.164	0.150	0.034	2.12	49.31	3.31	45.26

1.2 试验设计 试验设 4 个处理,分别为:(1)对照(CK):不加生物质炭和玉米秸秆;(2)生物质炭(B):在风干土中加入生物质炭,其配比为 $W_{\text{风干土}}:W_{\text{生物质炭}}=100:1.5$;(3)生物质炭和玉米秸秆联合(BCS):在风干土中加入生物质炭和秸秆,其配比为 $W_{\text{风干土}}:W_{\text{生物质炭}}:W_{\text{玉米秸秆}}=100:0.75:2.25$;(4)玉米秸秆(CS):在风干土中加入玉米秸秆,其配比为 $W_{\text{风干土}}:W_{\text{玉米秸秆}}=100:4.5$ 。每处理重复 3 次。试验中秸秆用量为生物质炭的 3 倍。参考《生物质炭化材料制备及性能测试》制备生物质炭并计算炭化得率^[12]。

培养试验在直径 20 cm、高 25 cm 的塑料桶内进行:称取 4 kg 风干土装进桶里,根据处理称取相应的物料,将物料与土充分混匀,调节土壤水分达到田间持水量的 75%,在室温环境中进行培养。培养期间采用称质量法保持土壤含水量不变。

1.3 土壤样品采集与分析 培养到 67、155 和 270 d 时取土,桶内对称选取 4 个点,每点自上而下取土。采集土壤经室内风干后,研磨过筛。

土壤基本性质参照文献[13]进行:土壤 pH 值采用 pH 计测定,其水土比为 2.5:1;参照文献[14]测定土壤交换性酸和 CEC:土壤交换性酸采用氯化钾交换—中和滴定法,土壤阳离子交换量采用中性乙酸铵交换法。

1.4 数据处理 利用 Microsoft Excel 2010 进行试验基础数据整理。采取 SPSS19.0 软件进行数据方差分析,处理间差异分析采用 Duncan 多重比较方法,差异性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤活性酸的影响 添加秸秆或生物质炭可一定程度提高土壤 pH 值,但添加物质不同,其对土壤 pH 提升幅度有差异(图 1)。添加玉米秸秆的土壤 pH 值在整个培养期间显著高于其他处理;其次为秸秆与生物质炭混合添加的处理,其土壤 pH 值显著高于生物质炭和 CK;添加生物质炭的土壤,直到培养 270 d 时, pH 值才显著高于 CK。玉米秸秆对土壤 pH 的影响主要是由于秸秆中灰化碱的释放中和了土壤中的氢离子,而生物质炭对土壤活性酸的影响则是因为生物质炭所含的有机官能团以及生物质炭本身呈现碱性,添加到土壤后,中和了土壤活性酸,提高了土壤 pH 值。尽管处理不同,但各处理土壤 pH 随培养时间的变化趋势相同,呈先增后降的趋势,但不同处理土壤 pH 的变化幅度略有不同。

2.2 不同处理对土壤潜性酸的影响 添加生物材料显著降低土壤的交换性酸量(图 2),生物质炭、秸

秆、生物质炭和秸秆联合添加的土壤,其潜性酸显著低于 CK 土壤。培养至 67 d 时,秸秆和生物质炭联合添加处理与秸秆处理间没有差异,但均显著低于添加生物质炭处理;培养到 155 d 后,各处理间差异显著,添加秸秆土壤的交换性酸量最低,其次为秸秆与生物质炭联合添加土壤,再次为生物质炭处理土壤。没有添加物料的 CK 土壤,土壤潜性酸始终维持在较高的水平。

由于秸秆添加到土壤后,在土壤环境的作用下易分解,秸秆含有的盐基离子进入到土壤后,降低了土壤的交换性酸。添加生物质炭显著降低土壤酸性的原因可能是由于其表面大量电荷对土壤铝离子产生作用,从而显著降低土壤交换性酸。不同处理对土壤潜性酸的影响有差异,其中秸秆对土壤交换性酸影响较缓慢,但效果最明显,当培养到 155 d 后,表现出明显的差异性,土壤交换性酸随着培养的进行逐渐升高(图 2)。

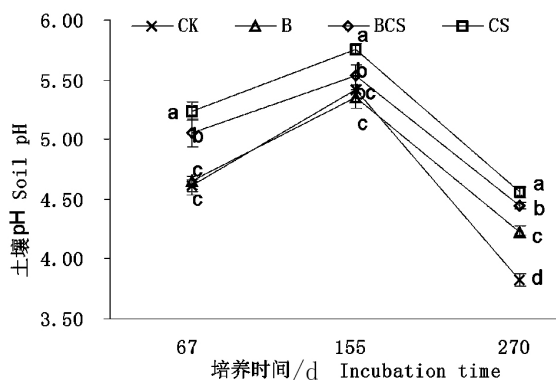


图 1 不同处理对土壤 pH 值的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on soil pH

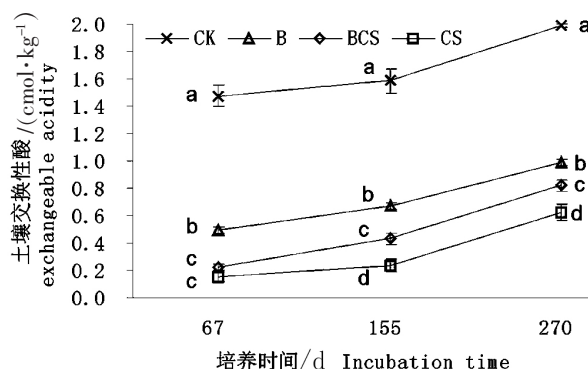


图 2 不同处理对土壤交换性酸的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on soil exchangeable acidity

土壤交换性酸由交换性铝和交换性氢组成,供试土壤的交换性酸则主要由土壤交换性铝组成(图 3)。加入生物材料可以降低交换性铝在土壤交换性酸中所占的百分比,但随着培养时间的延长,土壤中交换性铝所占百分比随之变化。生物质炭、生物质炭和秸秆及秸秆 3 个处理中,土壤交换性铝所占的百分比依次为 77.21% ~ 82.87%, 58.85% ~ 80.00% 和 37.06% ~ 69.61%。添加秸秆可减少土壤交换性铝所占的百分比,这与秸秆分解后进入到土壤溶液中的有机小分子可以和交换性铝形成复合物有关。添加生物质炭则土壤交换性铝变化幅度较小,相对比较稳定。可能是由于生物质炭本身性质相对比较稳定,因此使土壤交换性铝维持在一定水平。不同的生物质材料处理中,秸秆对土壤交换性酸组成改良作用最大,其次为生物质炭和秸秆处理,生物质炭的作用最小。

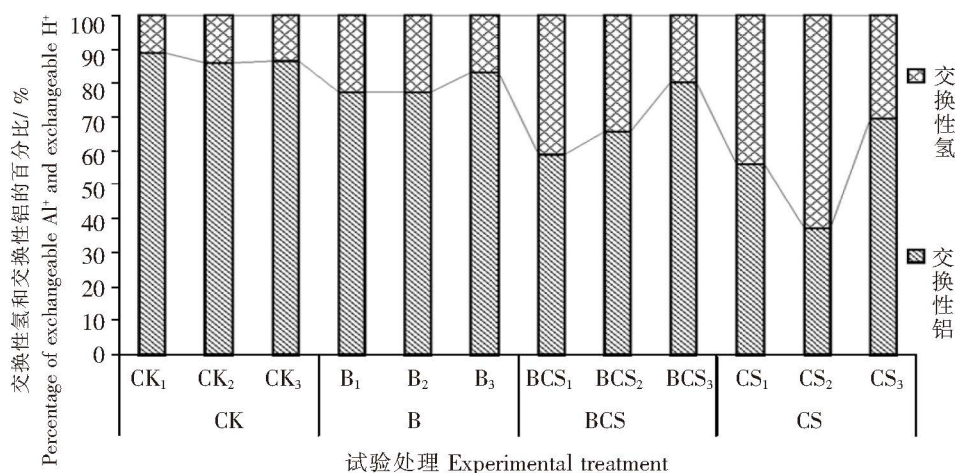


图 3 不同培养时间对各处理土壤交换性铝和交换性氢的影响

CK1, CK2, CK3 培养时间分别为 67, 155, 270 d, 其他处理培养时间与对照相同

Fig. 3 The percentage of different treatments time-varying on soil exchangeable Al^{3+} and exchangeable H^{+}

The incubation time of CK1, CK2, CK3 were 67, 155, 270 d respectively, that other treatments were the same as the control

2.3 不同处理对土壤交换性能的影响 添加生物材料显著提高土壤阳离子的交换量(图4)。不同阶段不同处理的土壤阳离子交换量的差异显著。培养 67 d 时,各处理间差异最大,土壤阳离子交换量的大小顺序依次为秸秆 > 生物质炭和秸秆联合 > 生物质炭 > CK; 培养到 155 d 时,添加生物材料的各处理间差异不显著,但均显著高于对照;培养到 270 d 时,秸秆处理的最高,其次为生物质炭和秸秆处理的,生物质炭处理的和对照之间没有差异。秸秆富含的盐基离子分解释放到土壤中可以作为土壤阳离子的一部分,提高了土壤的阳离子交换量,而生物质炭表面负电荷对土壤阳离子的吸附作用可能是造成土壤交换性阳离子后期下降的原因。

土壤阳离子交换量在培养期间均呈现出先增后降的趋势。各个生物质材料处理的土壤阳离子交换量变化幅度不同。相对而言,对照和生物质炭处理的变化幅度较大,生物质炭和秸秆混合与秸秆处理的变化幅度小,秸秆处理的相对比较稳定。

生物质材料添加后,土壤交换性盐基总量都显著高于 CK(图5),这可能是由于与玉米秸秆和生物质炭富含盐基离子,因此,添加到土壤后在土壤溶液的作用下进入到土壤中,成为了土壤盐基离子的一部分。不同生物质材料对土壤交换性盐基总量的影响不同,添加秸秆的土壤交换性盐基总量最高,添加生物质炭和秸秆的土壤培养到 67 d 时,土壤交换性盐基总量与添加生物质炭的土壤的差异不显著,但当培养到 155 d 及以后,添加生物质炭和秸秆的土壤交换性盐基总量显著高于添加生物质炭的土壤。各处理土壤的交换性盐基总量表现出相同的变化,均呈现先增后减的趋势,空白处理的土壤交换性盐基总量总是最低的。

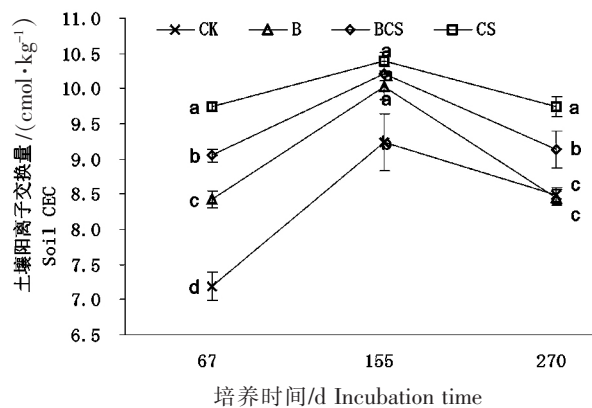


图4 不同处理对土壤阳离子交换量的影响
Fig. 4 Effects of different treatments on soil CEC

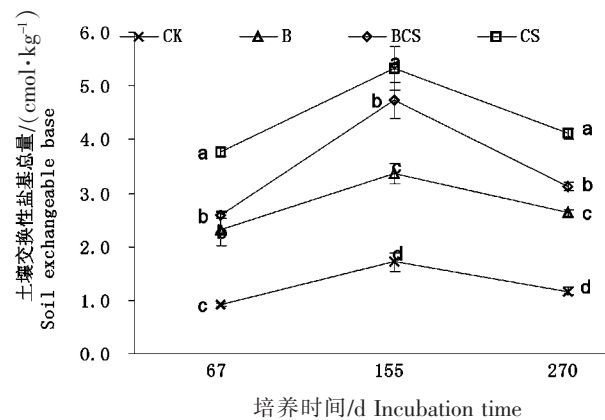


图5 不同处理对土壤交换性盐基总量的影响
Fig. 5 Effects of different treatments on soil exchangeable base

土壤的盐基饱和度由土壤的阳离子交换量和交换性盐基总量决定,外源生物材料对土壤交换性盐基总量的影响大于土壤的阳离子交换量,土壤盐基饱和度增加。随着培养时间的延长,两者之间的动态变化造成土壤盐基饱和度的变化。添加生物材料显著提高了土壤盐基饱和度,不同处理间的作用效果存在差异,但都显著高于对照(图6)。土壤培养到 67 d 时,秸秆处理显著高于其他处理,生物质炭和秸秆联合添加的处理与生物质炭处理间没有差异,但都显著高于对照;培养到 155 d 时,秸秆处理与生物质炭和秸秆联合处理间无差异,但都显著高于生物质炭和对照处理,生物质炭处理也显著高于 CK 处理;

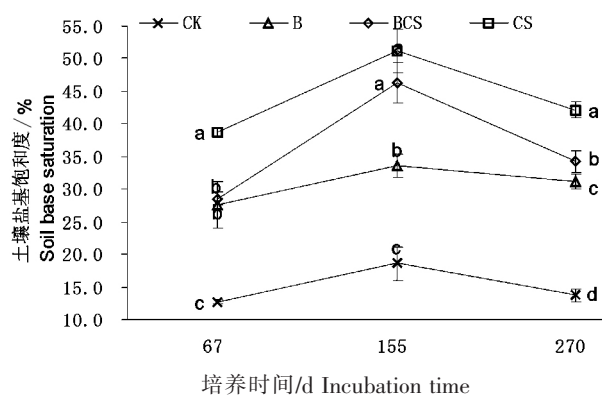


图6 不同处理对土壤盐基饱和度的影响
Fig. 6 Effects of different treatments on soil base saturation

培养 270 d 时,其盐基饱和度大小顺序为秸秆 > 生物质炭和秸秆混合 > 生物质炭 > CK。土壤盐基饱和度表现出先增后降的动态变化。

3 讨 论

3.1 添加生物材料对土壤 pH 的影响 土壤酸碱性是土壤的一个重要属性,影响养分的有效性及植物生长。生物材料添加到土壤中提高了土壤的 pH,其中玉米秸秆的添加对砖红壤 pH 的影响最显著(图 1)。植物物料对土壤酸度的影响因素首先是植物生长过程中体内的碱性物质,即灰化碱在土壤中释放,中和土壤酸度,其次为植物物料分解后,物料中的有机氮矿化作用消耗土壤中的质子,提高土壤 pH,最后为矿化作用产生的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的硝化作用过程释放 H^+ ,降低土壤的 pH^[15]。不同的有机物料对土壤 pH 的影响效果不同。豆科植物由于其固氮作用,植物体内含有一定量的有机氮,植物物料对土壤 pH 的影响是矿化作用、硝化作用和灰化碱共同作用的结果,而非豆科植物物料主要是由于灰化碱的影响来改变土壤 pH^[16]。本试验中玉米秸秆施入到土壤中对土壤 pH 的影响是由于灰化碱作用,中和土壤酸,提高土壤 pH,随着培养的进行,灰化碱的消耗,其对土壤酸度的影响逐渐减弱。

添加生物质炭到土壤中提高土壤 pH 已被研究证实^[17-18],一方面与生物质炭本身呈现碱性有关,另一方面与生物炭形成过程中形成的碳酸盐(MgCO_3 , CaCO_3)和有机酸根($-\text{COO}^-$)等有关。对于未添加生物材料的对照处理而言,则由于在土壤水分的作用下各类微生物活动使土壤 pH 发生变化。

3.2 添加生物材料对土壤交换性酸的影响 土壤的交换性氢和交换性铝组成了土壤的交换性酸,而交换性铝是土壤交换性酸的主体(图 3)。土壤交换性酸是对作物最有害的一种土壤酸度形态,严重制约作物的生长,它的存在表明土壤中交换性盐基十分缺乏。土壤的自然酸化是由于土壤溶液中 H^+ 进入胶体,土壤中的交换性盐基发生置换性淋溶而逐步减少^[19],土壤胶体由盐基饱和向盐基不饱和转变,土壤酸性则由于其胶体表面 H^+ , Al^{3+} 的积累而逐渐加强^[20],是一个缓慢变化的过程^[21]。海南地区由于雨量充沛,同时水热同步,在这样的生物气候条件下,砖红壤的风化作用极为强烈,土壤中的原生矿物硅铝酸盐迅速分解,碱性金属大量淋失,加快了土壤酸化,土壤中交换性铝含量较高^[22]。

生物材料的添加,降低了土壤中的交换性氢和铝,从而显著降低了土壤交换性酸含量(图 2)。添加有机物料到土壤中,会增加土壤中水溶性有机质和有机小分子化合物的含量^[23],促进铝—有机物复合物的形成,减少交换性铝含量,从而降低了土壤的交换性酸量;生物质炭含有一定的碱性盐基离子,可以与土壤中的铝离子进行置换反应,同时,由于生物质炭大量的表面电荷以及孔隙,可以对置换出来的铝离子进行吸附,降低了土壤溶液中的铝离子含量,从而降低了土壤的交换性酸。谢国雄等^[18]的研究结果显示,生物质炭施入到土壤中,土壤交换性酸降低。

3.3 添加生物材料对土壤交换性能的影响 土壤的阳离子交换量(CEC)可代表土壤保持养分的能力,常被作为土壤资源质量的评价指标和土壤施肥、改良等的重要依据。热带地区,由于其高温高湿多雨的外界环境的影响,土壤的 CEC 通常很低。添加不同的生物质材料,土壤的阳离子交换量提高,秸秆效果最好,显著高于添加生物质炭以及其他处理。然而,葛顺峰等^[24]在秸秆和生物质炭对苹果园土壤容重、阳离子交换量和氮素利用的影响研究中发现添加生物质炭和秸秆都增加了土壤的阳离子交换量,但是添加生物质炭处理的显著大于秸秆处理的,这与本研究的结果不同。玉米秸秆作为有机物料,添加到土壤中,增加了土壤有机质含量,提高了土壤的络合能力,土壤的吸附性能加强,同时,植物物料本身富含盐基离子^[15],分解后释放到土壤中可以作为土壤阳离子的一部分,从而提高了土壤 CEC。在不同有机物料培肥对渭北旱塬土壤微生物学特性及土壤肥力的影响研究中发现,秸秆的添加可提高土壤阳离子交换量,这与本研究结果一致^[25]。土壤胶体的比较面积和表面负电荷共同决定了土壤 CEC 的大小^[26],而生物质炭具有较大的孔隙结构以及巨大的表面积,且表面带有大量的负电荷,吸附能力很强,可以吸附土壤溶液中的各种无机离子^[27],因此添加生物质炭到土壤中,可以作为土壤的一部分,从而提高了土壤对阳离子的吸附能力,增加了土壤的阳离子交换量。Glaser 等^[28]的研究表明,添加生物质炭到土壤中,芳香族碳的氧化

和羧基官能团的形成也可能是提高 CEC 值的原因。Liang 等^[29]的研究结果与本试验生物质炭对土壤 CEC 的影响一致。生物质材料的添加提高了土壤的阳离子交换量,各种盐基离子进入到土壤中,同时显著提高了土壤的交换性盐基总量和盐基饱和度(图 5、6)。本实验生物质炭对酸性土壤盐基饱和度的影响与张阿凤等^[30]的研究结论一致。

未添加生物材料的对照处理,由于微生物活动导致土壤酸度发生变化,从而引起土壤的其他指标发生相应的变化。基于本研究各生物材料添加到土壤中培养了 9 个月显示的作用效果,发现等量秸秆制备的生物质炭施入到土壤中对土壤的改良效果均弱于秸秆直接还田,可以认为短期内秸秆效果优于生物质炭对土壤的改良效果。生物质炭的制备需要外界各种条件,如设备以及人工的投入等,秸秆还田则只需要直接施入,因此,笔者推荐秸秆直接还田改良土壤。但考虑到本试验培养时间较短,生物质炭的稳定性尚未完全表现出来,同时,本研究各指标培养后期均表现出下降的趋势,因此,尚有待进一步的研究。

4 结 论

添加生物材料到土壤中,降低了土壤酸性,提高了土壤的交换能力。单施生物质炭,生物质炭和玉米秸秆混合施用,单施玉米秸秆,土壤 pH 分别提高了 0.39、0.61、0.73;而土壤的交换性酸则分别降低了 50.22%、58.95%、68.90%。

对于土壤阳离子交换量而言,培养结束时添加生物质炭与对照处理基本无差异,而添加玉米秸秆处理的土壤阳离子交换量增加了 $1.26 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。单施生物质炭或玉米秸秆,土壤的交换性盐基总量分别提高了 $1.46 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $2.95 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$,而土壤的盐基饱和度则分别提高了 17.35% 和 28.48%。因此,对于热带地区土壤改良,建议采用秸秆直接还田,但是考虑到生物材料在土壤中的稳定性,对于土壤肥力较好的土壤,可用生物质炭还田来培肥土壤。

参考文献:

- [1] 路文涛. 秸秆还田对宁南旱作农田土壤理化性状及作物产量的影响[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2011: 13, 15.
- [2] 李新举, 张志国. 秸秆覆盖与秸秆翻压还田效果比较[J]. 国土与自然资源研究, 1999(1): 43–45.
- [3] 蔡晓布, 钱成, 张永青, 等. 秸秆还田对西藏中部退化土壤环境的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003(4): 411–415.
- [4] 孙皓, 王礼焦, 高云等. 推广测土配方施肥技术 加快耕地质量建设步伐[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2009(5): 72–74.
- [5] 徐国伟, 段骅, 王志琴, 等. 麦秸还田对土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 934–942.
- [6] 张文玲, 李桂花, 高卫东. 生物质炭对土壤性状和作物产量的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 17: 153–157.
- [7] 周志红, 李心清, 邢英, 等. 生物炭对土壤氮素淋失的抑制作用[J]. 地球与环境, 2011(2): 278–284.
- [8] GLASER B. Manioc peel and charcoal: A potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics[J]. Biol Fertil Soils, 2005, 41(3): 15–21.
- [9] 惠锦卓, 张爱平, 刘汝亮, 等. 添加生物炭对灌淤土壤养分含量和氮素淋失的影响[J]. 中国农业气象, 2014, 35(2): 156–161.
- [10] LAIRD D A, FLEMING P, DAVIS D D et al. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil [J]. Geoderma, 2010, 158: 443–449.
- [11] 张华, 张甘霖, 漆智平, 等. 热带地区农场尺度土壤质量现状的系统评价[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 186–193.
- [12] 刘志坤, 叶黎佳. 生物质炭化材料制备及性能测试[J]. 生物质化学工程, 2007, 41(5): 28–32.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 12, 30–34, 49–56, 76–79, 83–86, 101–102, 106–108, 169–172.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 16–17, 24–34.
- [15] 王宁, 李九玉, 徐仁扣, 等. 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): 764–771.
- [16] 姜军, 徐仁扣, 李九玉, 等. 两种植物物料改良酸化茶园土壤的初步研究[J]. 土壤, 2007, 39(2): 322–324.
- [17] 陈心想, 何绪生, 耿增超, 等. 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(20): 6534–6542.

- [18] 谢国雄,王道泽,吴耀,等. 生物质炭对退化蔬菜地土壤的改良效果[J]. 南方农业学报, 2014, 45(1): 67–71.
- [19] FAW W F, SHIH S C, JUNG G A. Extractant influence on the relationship between extractable proteins and cold tolerance of alfalfa, *Plant Physiol*, 1976, 57(5): 720–723.
- [20] 刘世全, 张宗锦, 王昌全, 等. 西藏酸性土壤的酸度特征[J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 211–218.
- [21] 范庆峰, 虞娜, 张玉玲, 等. 设施蔬菜栽培对土壤阳离子交换性能的影响[J]. 土壤学报, 2014(5): 1132–1137.
- [22] 林清火, 罗微, 林钊沐, 等. 砖红壤地区旱地土壤肥料养分淋失研究进展[J]. 热带农业科学, 2003, 23(1): 61–66.
- [23] XU J M, TANG C, CHEN Z L. Chemical composition controls residue decomposition in soils differing in initial pH[J]. *Soil Biol. Biochem.* 2006, 38: 544–552.
- [24] 葛顺峰, 彭玲, 任怡华, 等. 秸秆和生物质炭对苹果园土壤容重、阳离子交换量和氮素利用的影响[J]. 中国农业科学, 2014(2): 366–373.
- [25] 王芳, 张金水, 高鹏程, 等. 不同有机物料培肥对渭北旱塬土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011(3): 702–709.
- [26] 于天仁, 陈志诚. 土壤发生中的化学过程[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [27] 宋延静, 龚骏. 施用生物质炭对土壤生态系统功能的影响[J]. 鲁东大学学报(自然科学版), 2010, 26(4): 361–365.
- [28] GLASER B, HAUMAIER L, GUGGENBERGER G, et al. The Terra Preta' phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics [J]. *Naturwissenschaften*, 2001, 88(1): 37–41.
- [29] LIANG B, LEHMANN J, SOLOMON D, et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2006, 70(5): 1719–1730.
- [30] 张阿凤, 潘根兴, 李恋卿, 等. 生物黑炭及其增汇减排与改良土壤意义[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2459–2463.

Effect of Biochar and Corn Straw on Acidify and Exchangeable Capacity in the Basalt-derived Latosol in Hainan

SUO Long, LUO Chencheng, PAN Fenge, HU Junpeng, Meng Lei, HE Qiuxiang

(College of Agronomy, Hainan University, Haikou 570228, China;

College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: The typical basalt-derived latosol was selected from Hainan area to study the influence of biochar and straw on soil pH, exchangeable acid and exchange performance. The trial consisted of 4 treatments: control (CK), biochar (B), biochar and corn straw mixture (BCS), corn straw (CS). The trial results showed addition of biomass materials improved the soil pH to some extents, reduced obviously the soil exchangeable acid and improved significantly the soil cation capacity (CEL), exchangeable base and base saturation with the treatment effect in the order of CS > BCS > B > CK.

Key words: latosol; biochar; corn straw; soil pH; exchangeable acid; CEC