

# 生物炭施用量对烟叶生长、产量和品质的影响

刘新源, 刘国顺\*, 刘宏恩, 田晶晶

(河南农业大学 国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为探讨施用生物炭对烟草的影响, 以不施用生物炭处理作为对照(CK), 设置 1 125、1 575、2 025、2 475 kg/hm<sup>2</sup> 4 个生物炭施用量, 研究了生物炭施用量对烟株干质量、烟叶产量和品质的影响。结果表明: 生物炭对豫中许昌地区烟叶生长的影响表现为前期抑制、旺长期后促进的作用; 随生物炭施用量的增加, 烤后烟叶的产量和产值逐渐提高, 2 475 kg/hm<sup>2</sup> 处理的产量和产值分别较 CK 提高 12.80%、13.54%; 上等烟和中上等烟的比例先升高后降低。烟叶品质随着生物炭施用量的增加呈先上升后下降的趋势, 1 575 kg/hm<sup>2</sup> 处理的烤烟评吸得分最高(79.5), 品质最好。可见, 施用生物炭可以促进烟叶生长和产量的提高, 并且随着生物炭施用量的增加, 烟株干质量和产量总体表现为增加, 但当生物炭施用量达到一定量(2 025 kg/hm<sup>2</sup>)时, 烟叶的品质开始下降。

**关键词:** 生物炭; 烟草; 产量; 品质

中图分类号: S572 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)02-0058-05

## Effect of Biochar Application Amount on Growth, Yield and Quality of Tobacco

LIU Xin-yuan, LIU Guo-shun\*, LIU Hong-en, TIAN Jing-jing

(National Tobacco Physiology & Biochemistry Research Centre, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** To investigate effect of applying biochar on tobacco, with no application of biochar as control, four biochar application amounts, 1 125, 1 575, 2 025, 2 475 kg/ha, were set up, to study the effect of biochar on plant dry weight, tobacco production and chemical quality. The results showed that the impact of biochar on the growth of Xuchang tobacco represented suppression in early stage and promotion after vigorous growing period. With the increase of biochar application amount, the yield and value of roasted tobacco increased gradually, increasing by 12.80% and 13.54% respectively for the treatment of 2 475 kg/ha compared to CK. The proportion of upper-middle-tobacco and upper-tobacco first increased and then decreased. The quality of tobacco first increased and then decreased with the increase of the amount of biochar application, and the tobacco score of the treatment of 1 575 kg/ha was the highest, reaching 79.5 and had the best quality. In a word, biochar application can promote leaf growth and yield increase, and with the increase of biochar application rate, tobacco dry matter weight and yield both increase, however, when biochar application rate reaches a certain amount (2 025 kg/ha), the quality of tobacco leaves begins to fall.

**Key words:** biochar; tobacco; yield; quality

收稿日期: 2013-08-12

基金项目: 国家烟草专卖局浓香型特色优质烟叶开发项目[110201101001(TS-01)]

作者简介: 刘新源(1988-), 男, 河南叶县人, 在读硕士研究生, 研究方向: 土壤修复和肥料配方。

E-mail: kujingxiaoquan@163.com

\* 通讯作者: 刘国顺(1954-), 男, 河南叶县人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培生理生化研究。

E-mail: liugsh1851@163.com

近年来,随着节能减排的提出,保护环境成为世界的焦点,人们对生物炭的研究也越来越重视。生物炭是生物质在无氧或微氧条件下低温热转化后的固体副产物,是有机碳含量高、多孔性、碱性、吸附能力强、多用途的生物质能源材料<sup>[1]</sup>。研究表明,生物炭中含有 Na、K、Mg、Ca 等矿质元素,可以促进土壤养分的循环和植物的生长<sup>[2]</sup>;施用生物炭可以降低土壤的 pH 值<sup>[3]</sup>;生物炭表面含有丰富的羧基、醛基和羟基等含氧官能团<sup>[4]</sup>,其进入土壤后产生的表面负电荷使生物炭具有较高的阳离子交换量(CEC)<sup>[5]</sup>,施用后可以提高土壤的 CEC;生物炭对农药等有机污染物和重金属等有很强的吸附能力,可用于污染土壤的修复<sup>[6]</sup>;生物炭具有高度的孔隙结构,可以增加土壤的空隙度和保水能力,降低土壤容重<sup>[7]</sup>,有利植物根系生长;生物炭是一种含碳的聚合物,主要由单环和多环的芳香族化合物组成,这种结构特点决定了生物炭具有较高的化学、生物学稳定性和较强的抵抗微生物分解能力,可增强土壤的固碳作用,减少碳向大气的再释放<sup>[8]</sup>。国外在生物炭的性质和特征及其对土壤物理性质、化学性质、微生物的影响等方面开展了广泛的研究,并取得较多进展<sup>[9-12]</sup>。而国内对生物炭的研究才刚刚开始,目前关注较多的是其对小麦、棉花、玉米等粮食作物的影响,对烟草的影响研究较少。鉴于此,探讨了生物炭施用量对烟草生长、产量及品质的影响,以期为促进烟叶生长、提高烟叶产量和品质提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况与供试材料

试验于 2012 年在河南农业大学许昌校区烟草实习基地进行。供试土壤采自许昌县良田,土壤类型为潮土,质地为壤土,含有机质 10.3 g/kg、碱解氮 73.7 mg/kg、速效磷 18.7 mg/kg、速效钾 155.1 mg/kg,pH 值 7.1。供试烤烟品种为中烟 100;生物炭以花生壳为原料,在 400 °C 厌氧条件下制备。

### 1.2 试验设计

试验设置 5 个生物炭施用量处理,分别为 0、1 125、1 575、2 025、2 475 kg/hm<sup>2</sup>,分别用 CK、T1、T2、T3、T4 表示。各处理施纯氮 45 kg/hm<sup>2</sup>,磷、钾肥按 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1.5:3 配施,其中各处理的生物炭与氮、磷、钾化肥混合均匀,80%在起垄前条施,20%在起垄后穴施。每个处理 200 m<sup>2</sup>,重复 3 次,其他各项管理措施与当地最优措施保持一致。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 烟株干质量 分别在移栽后 30、45、60、75 d 以小区为单位选取有代表性烟株 2 株,分根、茎、叶三部分于 105 °C 杀青 30 min,然后在 65 °C 条件下烘干至恒质量,称量计算。

1.3.2 经济性性状 按照 GB 2635—1992《烤烟》分级方法对烟叶进行分级,调查各小区烤后烟叶的产量、产值、均价、上等烟比例、中上等烟比例等经济性性状。

1.3.3 烟叶化学成分 烤后烟叶中总糖、还原糖、总氮、烟碱、淀粉、钾含量采用王瑞新等<sup>[13]</sup>的方法测定。

1.3.4 感官质量 选取烤后烟叶中部橘黄 3 级(C3F)进行烟叶感官质量分析,由河南烟草(集团)公司技术中心完成。

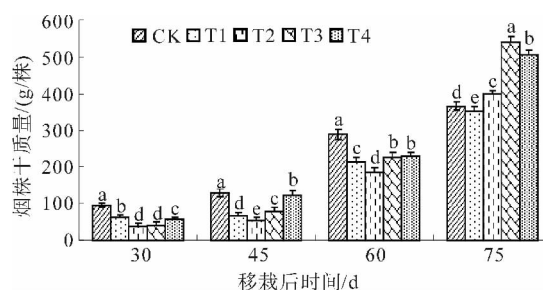
### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件对试验数据进行统计处理,采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生物炭施用量对烟株干质量的影响

从图 1 中可以看出,生物炭对烟株干质量的影响表现为前期抑制作用,但移栽后 60 d,这种抑制作用逐渐减小,移栽后 75 d,总体表现为促进作用,各处理间烟株干质量的差异显著,表现为 T3>T4>T2>CK>T1。这可能与生物炭的多孔性及巨大的阳离子交换量有关,生物炭与肥料混合均匀后施入土壤,生物炭对肥料起到了吸附的作用,随着烟株的生长,生物炭中的肥料逐渐释放出来,促进了烟株干质量的增加,提高了肥料利用率。生物炭的这种肥效机制为提高肥料利用率提供了新思路。



同一时期不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

图 1 不同生物炭施用量对不同时期烟株干质量的影响

### 2.2 不同生物炭施用量对烟叶主要经济性性状的影响

由表 1 可见,烟叶的产量和产值随生物炭施用量的增加呈逐渐提高的趋势。其中,T4 处理的产量

和产值分别较 CK 提高 12.80%、13.54%。上等烟和中上等烟的比例随生物炭施用量的增加呈先升高后降低的趋势。

表 1 不同生物炭施用量处理烟叶的主要经济性状

处理	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	产值/ (元/hm <sup>2</sup> )	均价/ (元/kg)	上等烟 比例/%	中上等烟 比例/%
CK	2 948.9c	58 211.28c	19.74	30.25	85.67
T1	3 071.1b	60 930.62b	19.84	31.33	87.45
T2	3 081.1b	61 467.94b	19.95	33.28	89.87
T3	3 103.2b	61 718.67b	19.89	32.19	88.65
T4	3 326.3a	66 093.58a	19.87	31.88	86.65

注:同列不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著,下同。

### 2.3 不同生物炭施用量对烟叶品质的影响

从表 2 可以看出,与 CK 相比,T1、T2 处理烟叶还原糖、总糖、淀粉含量以及糖碱比增加,而 T3、T4 处理下降;T1、T3 处理的烟碱含量与 CK 无显著差异,T2、T4 处理均与 CK 差异显著,但生物炭对烟碱

含量的影响无明显规律;T1、T2、T3、T4 处理的总氮含量与 CK 相比差异达到了显著水平,但生物炭对烟叶总氮含量的影响也无明显规律;生物炭对烟叶钾含量的影响总体上是一种负效应,造成烟叶钾含量下降,但是 T3 处理与 CK 无明显差异。可见,随着生物炭施用量的增加,烟叶糖含量先增加后降低,但对烟碱、总氮含量的影响规律不明显,而烟叶钾含量总体上呈下降趋势。综合品质表现而言,T2 处理最好,T4 处理最差。说明烟叶品质在烟叶产量增加到一定程度后,表现出下降的趋势。

### 2.4 不同生物炭施用量处理烤烟中部烟叶(C3F)评吸结果

从表 3 可以看出,CK 烟叶的香气质较差、香气量小、杂气和刺激性大,总分最低(72.0)。与 CK 相比,施用生物炭处理烟叶的香气质好、香气量大、香气柔和、杂气小、烟气净、劲头适中。其中以 T2 处理总分最高,为 79.5。

表 2 不同处理中部烟叶(C3F)的化学成分

处理	还原糖/%	总糖/%	烟碱/%	总氮/%	淀粉/%	钾/%	两糖比	糖碱比	氮碱比
CK	15.21c	17.73c	2.12b	2.62b	1.34d	1.73a	0.85a	8.36b	1.23a
T1	15.67b	18.11b	2.11b	2.45d	1.56b	1.65b	0.86a	8.57b	1.2b
T2	18.77a	22.19a	1.86c	2.45d	2.15a	1.58c	0.84a	10.32a	1.23a
T3	13.11e	15.49e	2.20b	2.68a	1.45c	1.72a	0.84a	7.03c	1.18b
T4	13.92d	16.47d	2.43a	2.50c	1.3d	1.43d	0.84a	7.55c	1.18b

表 3 不同处理中部烟叶(C3F)评吸结果

处理	香气质(20)	香气量(20)	杂气(10)	刺激性(10)	劲头(10)	浓度(10)	余味(10)	燃烧性(5)	灰分(5)	总分(100)
CK	13.5	13.0	7.5	7.5	8.0	7.5	7.0	4.0	4.0	72.0
T1	13.8	13.5	8.3	8.0	8.5	8.0	8.3	4.5	4.5	77.4
T2	14.4	15.0	8.0	8.5	8.5	8.0	8.3	4.5	4.3	79.5
T3	14.3	14.0	8.3	8.5	8.3	8.0	7.5	4.0	4.0	76.9
T4	14.4	13.5	8.4	8.5	8.0	8.0	7.0	4.0	4.0	75.8

注:各项指标后括号内数值代表该项的满分值。

## 3 结论与讨论

作物秸秆在高温炉中可热解成疏松多孔、吸附能力强<sup>[12]</sup>的生物炭。生物炭的这种特点决定了其与肥料混合后可以对肥料起到吸附和缓释的作用。目前,人们将生物炭理解为一种土壤调理剂<sup>[14]</sup>而不是一种肥料。生物炭本身是一种炭化的状态,碳含量基本上都在 60%以上,虽然它含有较高的有机物质,但是较难降解<sup>[15]</sup>,能被作物直接利用的部分比较少,而且生物炭(特别是作物秸秆制作的)含有的

矿质元素也比较少。因此,生物炭不是通过自身的矿化直接为作物提供养分来促进作物生长,而是利用其本身的多孔性和巨大的阳离子交换量,在与肥料混合以后对肥料起到包衣的效果,让肥料在土壤中慢慢释放,减少了肥料的淋失,提高了肥料利用率。同时,生物炭的多孔性为微生物提供了栖息繁衍的场所,生物炭吸附的肥料又为微生物提供了养分<sup>[15]</sup>,从而促进微生物生长,但生物炭中的有机碳因为结构比较稳定,需要特殊种类的微生物去分解,因此,生物炭并不能为微生物提供大量碳源。但也

有研究表明,当连续几年在同一土壤中施入生物炭时,可以促进分解生物炭的微生物种群增加<sup>[16]</sup>。

目前,关于生物炭对作物生长和产量的影响,国内外尚无明确的说法,大部分研究表明,生物炭可以促进作物生长和产量的增加,但也有一部分研究认为,生物炭对作物有抑制生长和减产的影响<sup>[17]</sup>。在不施肥的情况下,单施生物炭对作物产量的影响与土壤肥力有很大关系,在肥沃的土壤上一般表现为增产,但是在贫瘠的土壤上则表现为减产<sup>[18]</sup>,这可能还与生物炭巨大的吸附能力和阳离子交换量有关。但当生物炭与肥料混合施入土壤中后,几乎均表现为促进作物的生长和产量的增加。一般认为,生物炭对作物生长和产量的影响与生物炭材料、热解温度、施用量、施用年限、土壤性质、施肥状况和作物品种等诸多因素有关。唐光木等<sup>[19]</sup>研究表明,施入 20 t/hm<sup>2</sup> 和 40 t/hm<sup>2</sup> 生物炭均能显著提高土壤有机质含量,与基础土壤相比,土壤有机质含量分别提高 22.77% 和 49.80%,明显高于秸秆还田、羊粪和腐植酸有机肥等对土壤有机质含量的提升效果。施用生物炭提高了玉米单穗质量、千粒重、产量以及生物量,降低了玉米的根冠比,促进玉米根系生长。马莉等<sup>[20]</sup>研究表明,施用生物炭对小麦生长具有一定的促进作用,可显著提高小麦地上部干质量、氮素吸收量、土壤中氮素残留量,减少土壤小麦体系氮素表现损失。600 °C 热裂解处理的生物炭施用量由 0.5% 增加到 1.0% (占土壤比例),其第 2 茬小麦生物量提高了 18%;但继续增加用量(2.0%),其小麦干质量增加不显著。450 °C 热裂解的生物炭和 750 °C 热裂解生物炭不同施用量间的小麦干质量差异不显著。Major 等<sup>[21]</sup>连续 4 a 对玉米施用生物炭,结果表明,第 1 年玉米产量与不施生物炭的对照处理差异不显著,而随后几年玉米产量均显著高于对照。曲晶晶等<sup>[22]</sup>研究表明,在酸性土壤上施用生物炭可以提高肥料利用率,保持水稻产量稳定或有一定增产效果。但是生物炭的产量效应受生物炭本身的特性、施用时间、作物和土壤的类型、土壤肥力特征以及农田施肥管理措施等多方面因素的综合影响。Asai 等<sup>[23]</sup>研究发现,生物炭与氮肥配合施用,水稻产量随其用量的增加而增加,但当生物炭施用量达 16 t/hm<sup>2</sup> 时,水稻因氮素缺乏而使产量不再增加。Vaccari 等<sup>[24]</sup>进行的砂壤土盆栽试验结果表明,生物炭施用量为 30 t/hm<sup>2</sup> 和 60 t/hm<sup>2</sup> 时,黑麦草的生物量分别较不施生物炭的对照处理增加了 20% 和 52%,但继续增加生物炭施用量到

100 t/hm<sup>2</sup> 和 200 t/hm<sup>2</sup> 时,其生物量反而较对照降低 8% 和 30%。张晗芝等<sup>[25]</sup>研究表明,在玉米生长初期,生物炭在一定程度上抑制了玉米的生长,并且随着生物炭的施用量增加,抑制程度逐渐加深;但随着玉米生长,抑制作用逐渐消失,不同生物炭水平下的株高差异也逐渐减少。黄超等<sup>[26]</sup>的研究表明,在有机碳含量低的土壤中,施用生物炭的黑麦草生物量高于不施生物炭的对照处理;而对于有机碳含量高的土壤,施用生物炭对黑麦草生物量的影响不明显,施用高量生物炭时甚至对黑麦草生长产生轻微的抑制作用,生物量出现一定程度的下降。

本研究结果表明,在豫中许昌县北部良田,生物炭对烟叶生长表现出前期抑制、后期促进的作用,这与生物炭对肥料的吸附和缓释有关,由于生物炭是在高温条件下裂解形成的,其巨大的表面积和阳离子交换量可以吸附肥料并且起到缓释作用,因此后期可以促进烟叶产量的提高,同时还提高了肥料利用率。但是从烟叶化学成分分析和呼吸结果上来看,随着生物炭施用量的增加,烟叶品质呈先提高后降低的趋势。

#### 参考文献:

- [1] 何绪生,张树清,余雕. 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.
- [2] Khan M A, Kim K W, Wang M Z, *et al.* Nutrient-impregnated charcoal: An environmentally friendly slow-release fertilizer [J]. Environmentalist, 2008, 28 (3): 231-236.
- [3] 赵晓丹,史宏志,钱华. 不同类型烟草常规化学成分与中性致香物质含量分析[J]. 华北农学报,2012,27(3): 234-238.
- [4] 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):29-32.
- [5] Cheng C H, Lehmann J, Thies J E, *et al.* Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes[J]. Organic Geochemistry, 2006, 37: 1477-1488.
- [6] 甘文君,何跃,张孝飞. 秸秆生物炭修复电镀厂污染土壤的效果和作用机理初探[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(3): 305-309.
- [7] Glaser B, Lehmann J, Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review[J]. Biology and Fertility of Soils, 2002, 35: 219-230.
- [8] 袁金华,徐仁扣. 生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J]. 生态环境学报, 2011, 20(4): 779-785.

- [9] 赵铭钦,陈红华,刘国顺. 增施不同有机物质对烤烟烟叶香气质量的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 51-55.
- [10] Ogawa M, Okimori Y. Pioneering works in biochar research, Japan[J]. Australian Journal of Soil Research, 2010, 48: 489-500.
- [11] Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, *et al.* Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility[J]. Plant and Soil, 2010, 327: 235-246.
- [12] Glaser B, Lehmann J, Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-review[J]. Biol Fertil Soils, 2002, 35: 219-230.
- [13] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟草化学品质分析方法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990: 156-174.
- [14] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, *et al.* Long term effects of manure charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil[J]. Plant and Soil, 2007, 291(1): 275-290.
- [15] 杨秋云, 王国峰, 黄向东. 氮素形态和氮水平对烟草氮、磷、钾、氯积累分配的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(8): 104-109.
- [16] Morley J. Compost and charcoal[J]. The National Greenkeeper, 1929, 3(9): 8-26.
- [17] 孙大荃, 孟军, 张伟明. 生物炭对棕壤大豆根际微生物的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2011, 42(5): 521-524.
- [18] Yah G Z, Xhima K, Fujiwara S. The effects of bamboo charcoal and phosphorus fertilization on mixed planting with grasses and soil improving species under the nutrients poor condition[J]. J Japn Soc Reveget Tech, 2004, 300: 33-38.
- [19] 唐光木, 葛春辉, 徐万里. 施用生物黑炭对新疆灰漠土肥力与玉米生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1797-1802.
- [20] 马莉, 侯振安, 吕宁. 生物炭对小麦生长和氮素平衡的影响[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(4): 589-594.
- [21] Major J, Rondon M, Molina D, *et al.* Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol[J]. Plant Soil, 2010, 333: 117-128.
- [22] 曲晶晶, 郑金伟, 郑聚锋. 小麦秸秆生物炭对水稻产量及晚稻氮素利用率的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(3): 288-291.
- [23] Asai H, Samson B K, Stephan H M, *et al.* Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos; 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field Crops Research, 2009, 111(1/2): 81-84.
- [24] Vaccari F P, Baronti S, Lugato E. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat[J]. International Biochar Initiative, 2011, 34(4): 231-238.
- [25] 张晗芝, 黄云, 刘钢. 生物炭对玉米苗期生、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2713-2727.
- [26] 黄超, 刘丽君, 章明奎. 生物质炭对红壤性质和黑麦草生长的影响[J]. 浙江大学学报, 2011, 37(4): 439-445.