

# 生物质炭施用对马铃薯产量和品质的影响<sup>①</sup>

王贺东, 吕泽先, 刘成, 刘晓雨\*, 潘根兴

(南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 南京 210095)

**摘要:**通过田间试验,观测分析不同生物质炭用量(0、20 和 40 t/hm<sup>2</sup>)下马铃薯产量、品质和土壤肥力的变化及其年际效应,为生物质炭在马铃薯生产过程中的应用提供理论依据。结果表明,低剂量生物质炭施用(20 t/hm<sup>2</sup>)显著提高了马铃薯总产量和商品率,生物质炭施用后第一年马铃薯总产量比对照提高了 41.08%。当生物质炭用量为 40 t/hm<sup>2</sup>时,马铃薯产量与对照没有显著差异但降低了一些品质指标,其中 2016 年干物质和淀粉含量比对照降低了 18.47% 和 24.03%。生物质炭施用显著提高了土壤有机碳、有效磷和速效钾含量,并增加了土壤 C/N 和电导率;而对土壤 pH 和全氮含量的影响与生物质炭施用年限有关。生物质炭施用量和施用年限显著影响马铃薯产量和品质。低剂量生物质炭施用能显著提高马铃薯产量,但第二年无增产效果;随着生物质炭用量增加马铃薯增产效果消失,还可能会降低马铃薯品质。生物质炭施用后马铃薯产量变化与土壤紧实度改善无必然联系。

**关键词:** 生物质炭; 田间试验; 雨养旱地; 马铃薯; 产量; 品质

**中图分类号:** S158.3      **文献标识码:** A

2015 年初,随着农业部启动马铃薯主粮化重大项目,马铃薯被确认为中国第四大粮食作物<sup>[1]</sup>。我国是马铃薯生产和消费的第一大国<sup>[2]</sup>。据统计,2014 年我国马铃薯种植面积达 557 万 hm<sup>2</sup>,鲜薯产量为 1 910 多万 t<sup>[3]</sup>。然而,联合国粮农组织(FAO)统计数据显示我国马铃薯单产还不及世界平均水平<sup>[4]</sup>。在我国粮食安全存在着潜在危机的情况下,提高马铃薯产量在一定程度上可以缓解我国粮食供应压力<sup>[5]</sup>。但随着我国集约化农业的发展,在马铃薯生产过程中存在化肥过量使用、有机肥使用比例过低等现象。这不仅导致作物肥料利用率降低,还造成土壤养分失衡、土壤酸化及板结<sup>[6]</sup>,不利于马铃薯生产。

生物质炭是作物秸秆、林业废弃物、畜禽粪便等生物质在限氧的条件下不完全燃烧的产物<sup>[7-8]</sup>。生物质炭还田被认为是一种快速提高土壤有机碳储量、减缓气候变化的有效措施<sup>[9-10]</sup>;同时,生物质炭还能够改良酸化土壤<sup>[11]</sup>、提高土壤肥力和作物产量<sup>[12]</sup>。生物质炭是一种疏松多孔粉末状物质,其本身富含大量稳定性的有机碳和一部分养分元素。因此,生物质炭施用于土壤,不仅可以改善土壤结构,还能够为作物生长提供一定的养分。近年来,有关生物质炭在小麦、

玉米、水稻等主要粮食作物上的应用效果已有较多研究。Liu 等<sup>[12]</sup>通过整合全球已发表的文献资料发现,生物质炭施用于农田土壤中平均增产 8%,其中小麦、玉米和水稻的增产幅度分别为 11.3%、8.4% 和 6.6%。而生物质炭施用对马铃薯产量和品质影响的研究鲜有报道。与其他粮食作物不同,生物质炭在土壤中与马铃薯等块茎类作物的果实部分直接接触。因此,施用生物质炭后土壤紧实度降低可能更有利于增加作物产量。Chan 等<sup>[13]</sup>报道,土壤施入园林废弃物生物质炭后萝卜产量大幅提高,增产幅度高达 91% ~ 113%。在我国江西红壤地区,Liu 等<sup>[14]</sup>也发现生物质炭施用于油菜-甘薯轮作系统中,甘薯增产率显著高于油菜。此外,生物质炭中含有一定量微量元素,施用到土壤中还可以改善马铃薯的品质。李华等<sup>[15]</sup>研究表明,钾、锌、锰肥配施可显著增加块茎中的淀粉、粗蛋白含量,降低果实中硝酸盐含量。

本试验以马铃薯为研究对象,通过两年的田间试验研究生物质炭施用对马铃薯产量和品质的影响。本研究假设生物质炭施用通过改善土壤紧实度、增加养分输入提高马铃薯产量并改善品质,且随着生物质炭用量增加,马铃薯增产和品质改善的效果越明显。

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2015BAC02B00)和联合国生物质炭与土壤可持续管理项目(B4SS)资助。

\* 通讯作者(xiaoyuli@njau.edu.cn)

作者简介: 王贺东(1992—),男,河北唐山人,硕士研究生,主要研究农业与环境生物质炭。E-mail: 951630556@qq.com

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015 年 5 月至 2016 年 10 月在河北省涿源县 (39.47°N, 114.78°E) 进行, 该地区处于太行山麓, 属暖温带半湿润季风气候, 山地气候特点显著。夏季平均气温 21.7℃, 年平均降雨量 550 mm, 全年

无灌溉。试验地土壤为褐土, 质地为砂壤。一年一熟制。表层土壤基本性质见表 1。

### 1.2 试验设计

试验用马铃薯品种为冀张薯 8 号(大白花), 生物质炭由南京勤丰秸秆科技公司生产。生物质炭生产原料为水稻秸秆, 裂解温度为 550~650℃。生物质炭基本性质见表 1。

表 1 土壤和生物质炭基本性质  
Table 1 Basic properties of tested soil and biochar

供试材料	pH	有机碳(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	EC( $\mu$ S/cm)	CEC(cmol/kg)	灰分(%)
土壤	8.07	8.93	0.91	0.45	9.58	136.78	6.54	-
水稻秸秆炭	10.17	575.83	4.46	51.33	26.61	145.85	2.52	37.4

试验共设置 3 个处理: 分别为不施生物质炭对照 (C0)、施用生物质炭 20 t/hm<sup>2</sup> (C20) 和 40 t/hm<sup>2</sup> (C40)。每个处理重复 4 次, 小区面积为 20 m<sup>2</sup> (4 m × 5 m)。相邻小区间以 20 cm 宽的田埂隔开, 各小区采用随机区组排列。生物质炭于 2015 年 4 月 27 日一次性施入相应小区内。首先将生物质炭均匀铺撒在土壤表面, 然后人工将生物质炭翻耕到表层土壤中, 使其与土壤充分混合 (深度约为 0~10 cm)。肥料施用量与当地农民管理方式相同, 即播种时施用底肥, 开花时追肥。底肥为磷酸二铵(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 18-46-0), 施用量为 450 kg/hm<sup>2</sup>; 追肥为史丹利 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 24-5-0), 施用量为 450 kg/hm<sup>2</sup>, 整个作物生长季氮肥和磷肥用量分别为 N 189 kg/hm<sup>2</sup> 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 230 kg/hm<sup>2</sup>。整个作物生长季无灌溉。

### 1.3 样品采集与分析

马铃薯于每年 5 月播种, 10 月收获。收获时, 每个小区单独称重测产, 同时计算直径大于 5 cm 的马铃薯产量(经济产量)。每小区随机选取 2 个马铃薯样品, 用于品质分析。马铃薯干物质、淀粉、粗蛋白质测定方法参照韩黎明等<sup>[16]</sup>; 还原糖和维生素 C 含量测定方法参照王学奎等<sup>[17]</sup>。干物质含量采用烘干前后称重法测定, 淀粉含量采用碘比色法测定, 蛋白质含量采用总氮量法测定, 还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定, 维生素 C 含量采用 2, 6-二氯酚靛酚滴定法测定。

收获后, 采集各小区土壤表层 (0~20 cm) 样品, 用于土壤理化特性分析。每个小区随机采集 3 个土壤样品, 然后混合成为一个样品。土壤样品分析方法参考鲍士旦等<sup>[18]</sup>。土壤 pH 采用 2.5:1 水土比, pH 计测定; 有机碳采用重铬酸钾容量法测定; 全氮采用半微量开氏法测定; 有效磷采用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提-

比色法测定; 速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定。生物质炭测定方法参照 IBI 生物质炭测定标准<sup>[19]</sup>。

### 1.4 数据处理

所有试验数据和图表采用 Excel 2010 处理和绘制。采用 SPSS19.0 进行方差分析和多重比较 (Duncan,  $P < 0.05$ )。数据均以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物质炭施用对土壤性质的影响

生物质炭施用显著提高了土壤有机碳、有效磷和速效钾含量, 并增加了土壤 C/N 和电导率; 而对土壤 pH 和全氮含量的影响与生物质炭施用年限有关 (表 2)。两年分析结果表明, C20 和 C40 处理下土壤有机碳和速效钾含量分别比对照增加了 71.9%、159.2% 和 209.6%、512.7%; C/N 提高了 68% 和 125%。生物质炭施用量为 40 t/hm<sup>2</sup> 时, 土壤有效磷含量较对照增加了 47% (2015 年) 和 45% (2016 年); 电导率较对照增加了 16% (2015 年) 和 43% (2016 年)。与对照相比, 生物质炭施用后第一年土壤 pH 显著增加而第二年无显著变化; 而全氮含量在生物质炭施用后第一年后无显著变化, 第二年显著增加。生物质炭施用后第一年土壤 pH 增加了 0.16~0.31 个单位。生物质炭施用后第二年, C40 处理下土壤全氮含量比对照增加了 19%。

### 2.2 生物质炭施用对马铃薯产量的影响

生物质炭施用对马铃薯产量影响与生物质炭施用年限和施用量密切相关 (图 1)。生物质炭施用后第一年 (2015 年), C20 处理下马铃薯总产量和经济产量 (直径>5 cm 马铃薯产量) 分别较对照增加 41.08% 和 51.24%, C20 处理提高了中大薯比例。当生物质炭用量增加至 40 t/hm<sup>2</sup> 时, 对马铃薯无增产效果, 且马铃薯产量显著低于 C20 处理。生物质炭施用后第

二年 (2016 年) 对马铃薯产量无显著影响, 不同施用量间也无显著差异。

表 2 生物质炭施用对马铃薯收获后土壤性质的影响  
Table 2 Soil properties under biochar amendment after potato harvest

年份	处理	pH	有机碳(g/kg)	全氮(g/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	电导率( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	C/N
2015	C0	7.94 $\pm$ 0.07 c	11.41 $\pm$ 0.35 c	0.91 $\pm$ 0.06 a	23.38 $\pm$ 2.01 b	60.28 $\pm$ 16.53 c	174.80 $\pm$ 17.4 b	12.44 $\pm$ 0.10 c
	C20	8.10 $\pm$ 0.03 b	19.18 $\pm$ 1.90 b	0.96 $\pm$ 0.08 a	27.50 $\pm$ 2.12 ab	246.83 $\pm$ 64.41 b	176.25 $\pm$ 14.7 b	21.13 $\pm$ 2.57 b
	C40	8.25 $\pm$ 0.08 a	31.02 $\pm$ 2.86 a	1.11 $\pm$ 0.13 a	32.50 $\pm$ 3.54 a	461.96 $\pm$ 125.5 a	203.83 $\pm$ 15.4 a	30.11 $\pm$ 2.67 a
2016	C0	8.22 $\pm$ 0.07 a	10.5 $\pm$ 1.80 c	1.07 $\pm$ 0.11 b	20.20 $\pm$ 2.63 b	111.48 $\pm$ 24.04 c	160.34 $\pm$ 19.16 b	9.77 $\pm$ 0.80 c
	C20	8.23 $\pm$ 0.14 a	18.45 $\pm$ 1.87 b	1.14 $\pm$ 0.07 ab	17.92 $\pm$ 1.66 b	215.41 $\pm$ 56.16 b	183.56 $\pm$ 16.54 ab	16.24 $\pm$ 1.57 b
	C40	8.26 $\pm$ 0.08 a	25.89 $\pm$ 4.20 a	1.27 $\pm$ 0.09 a	29.38 $\pm$ 0.97 a	511.82 $\pm$ 23.53 a	229.19 $\pm$ 24.25 a	20.34 $\pm$ 2.57 a

注: C0、C20 和 C40 表示生物质炭施用量分别为 0、20 和 40 t/hm<sup>2</sup>; 小写字母不同表示同一年份不同处理间差异达  $P < 0.05$  显著水平, 下同。

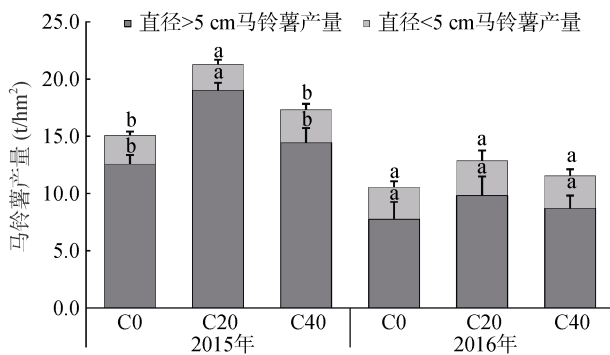


图 1 生物质炭施用对马铃薯产量的影响  
Fig. 1 Effects of biochar on potato yields

### 2.3 生物质炭施用对马铃薯品质的影响

生物质炭施用对马铃薯品质的影响与年限有关。施炭第一年, C20 处理下马铃薯还原糖含量较对照降低了 31.65%; 但 C40 处理下马铃薯还原糖含量与 C0 没有显著差异。施炭后第二年, 马铃薯干物质和淀粉

含量显著降低; 当生物质炭施用量为 40 t/hm<sup>2</sup> 时, 干物质和淀粉含量比对照分别降低了 18.47% 和 24.03%。

### 3 讨论

本研究假设生物质炭能通过增加养分输入, 提高土壤肥力, 从而提高马铃薯产量并改善块茎品质, 且随着用量增加, 生物质炭增产和品质改善越明显。本试验结果只证实了部分假说, 即生物质炭施用增加了马铃薯产量, 但随着生物质炭用量增加, 马铃薯产量并未增加; 在施用后的第二年, 生物质炭的增产效果消失。生物质炭施用并没有显著改善马铃薯品质, 反而在一些年份降低了马铃薯品质; 在施用后第一年生物质炭 (20 t/hm<sup>2</sup> 用量) 降低了还原糖含量, 第二年生物质炭 (40 t/hm<sup>2</sup> 用量) 降低了干物质和淀粉含量。

表 3 生物质炭施用对马铃薯品质的影响  
Table 3 Effects of biochar on potato qualities

年份	处理	干物质(g/kg)	淀粉(g/kg)	蛋白质(g/kg)	维生素 C(g/kg)	还原糖(g/kg)
2015	C0	223.03 $\pm$ 24.40 a	203.95 $\pm$ 25.81 a	21.23 $\pm$ 1.96 a	0.20 $\pm$ 0.03 a	2.78 $\pm$ 1.12 a
	C20	196.60 $\pm$ 19.94 a	176.86 $\pm$ 23.70 a	19.07 $\pm$ 3.53 a	0.21 $\pm$ 0.04 a	1.90 $\pm$ 1.03 b
	C40	212.28 $\pm$ 31.85 a	193.07 $\pm$ 32.36 a	20.00 $\pm$ 3.33 a	0.19 $\pm$ 0.04 a	2.86 $\pm$ 1.00 a
2016	C0	232.09 $\pm$ 15.34 a	202.52 $\pm$ 16.69 a	39.03 $\pm$ 7.05 a	2.05 $\pm$ 0.57 a	0.44 $\pm$ 0.28 a
	C20	218.23 $\pm$ 22.64 ab	177.84 $\pm$ 22.77 ab	43.79 $\pm$ 6.87 a	1.80 $\pm$ 0.79 a	0.17 $\pm$ 0.07 a
	C40	189.22 $\pm$ 24.48 b	153.85 $\pm$ 21.53 b	50.39 $\pm$ 13.93 a	2.18 $\pm$ 0.96 a	0.33 $\pm$ 0.28 a

### 3.1 马铃薯产量变化与土壤紧实度的关系

与水稻、玉米和小麦等作物不同, 马铃薯等块茎类作物与土壤直接接触, 土壤紧实度的改善有助于块茎的生长和增产。之前研究也表明, 生物质炭施用显著增加了甘薯<sup>[14,20]</sup>、萝卜<sup>[13,21]</sup>等作物产量; 且在油菜-甘薯轮作系统中, Liu 等<sup>[14]</sup>发现甘薯产量增产幅度显著高于油菜, 并且土壤结构得到改善。付春娜等<sup>[22]</sup>

研究发现施用生物质炭后, 马铃薯增产的同时伴随着土壤体积质量降低、土壤孔隙增大, 表明土壤紧实度改善对块茎、块根类作物增产有很大的促进作用。有研究表明, 施用生物质炭土壤体积质量降低 9%, 总孔隙率由 45.7% 提高到 50.6%<sup>[23]</sup>。土壤孔隙度改善还能够协调土壤水、气、热状况和养分。本研究发现低用量生物质炭 (20 t/hm<sup>2</sup>) 提高了第一年马铃薯产

量,但随着生物质炭用量增加马铃薯产量并没有相应增加。说明,在本研究系统中生物质炭施用后土壤紧实度改善不是影响马铃薯产量的原因。

### 3.2 马铃薯产量变化与土壤肥力变化的关系

已有研究表明生物质炭施入能显著提高作物产量<sup>[12]</sup>,尤其是块根、块茎类作物<sup>[13-14,20-22]</sup>,土壤肥力的改善可能是作物增产的主要原因<sup>[24-25]</sup>。本研究得到相似的结果,即低剂量生物质炭提高了马铃薯块茎产量。Chan 等<sup>[13,21]</sup>发现,施用生物质炭提高萝卜产量并提高氮有效性;Dou 等<sup>[20]</sup>通过田间试验发现,甘薯产量提高的同时,伴随着 pH、速效钾以及硝态氮含量的提高。施用生物质炭对土壤养分含量有显著的促进作用,这会有助于马铃薯生长以及对养分的吸收<sup>[26]</sup>,特别是速效钾含量的提高,对马铃薯产量和大中薯率的提高有很好的效果<sup>[27-28]</sup>。在本研究中,当施用量为 40 t/hm<sup>2</sup>时,马铃薯增产不明显(2015 年)。其原因一方面可能是由于过量的施入生物质炭,造成土壤 pH 升高(表 2),从而降低一些元素的生物有效性<sup>[13]</sup>。Rondon 等<sup>[29]</sup>、张文玲等<sup>[30]</sup>、Kishimoto 和 Sugiura<sup>[31]</sup>认为生物质炭施入提高土壤 pH,从而引起微量元素缺乏症<sup>[32-34]</sup>,影响作物正常生长。另一方面,过量碳施入显著提高土壤 C/N 从而导致微生物与植物争氮,植物氮素供应相对不足。Akhtar 等<sup>[35]</sup>研究表明,当生物质炭施用量为 100 t/hm<sup>2</sup>时会使番茄叶片氮素吸收显著降低。

### 3.3 马铃薯品质变化与土壤肥力的关系

生物质炭施入第一年,马铃薯还原糖含量降低可能是由于生物质炭提高了淀粉合成酶的活性,从而促进了马铃薯块茎可溶性糖向淀粉的转化<sup>[36]</sup>。本研究并未观测到生物质炭施用改善马铃薯品质,相反,在一些年份还观测到某些品质降低。这与生物质炭施用对土壤肥力的改善是互相矛盾的,因此本研究表明生物质炭施用后土壤磷和钾素供应能力提高并不能改善马铃薯的品质。生物质炭对马铃薯品质的影响可能是施用生物质炭降低了土壤中微量元素有效性所致,但其机理还需要进一步研究。

## 4 结论

生物质炭施用量和施用年限影响马铃薯产量和品质。低剂量生物质炭施用能显著提高马铃薯产量,但生物质炭施用后第二年无增产效果;随着生物质炭用量增加,马铃薯增产效果消失,还可能会降低马铃薯品质。生物质炭施用后马铃薯产量变化与土壤紧实度改善及土壤氮、磷和钾等养分供应无必然联系。

## 参考文献：

- [1] 中国将启动土豆主粮化战略 土豆或成第四主粮[DB/OL]. 2015-08-15. <http://news.qq.com/a/20150106/052536.htm>
- [2] 任少勇,王姣,黄美华,等. 炭基肥对马铃薯品质和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(6): 233-237
- [3] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计局, 2014
- [4] 谢开云,屈冬玉,金黎平. 中国马铃薯生产与世界先进国家的比较[J]. 世界农业, 2008, 349(5): 35-41
- [5] 中国国际工程咨询公司《保障食品安全》课题组. 关于保障中国食品安全问题的对策建议[J]. 中国粮食经济, 2003(4): 4-7
- [6] 张桃林,李忠佩,王兴祥. 高度集约农业利用导致的土壤退化及其生态环境效应[J]. 土壤学报, 2006, 43(5): 843-850
- [7] Lehmann J, Joseph S. Biochar for environmental management: An introduction // Lehmann J, Joseph S. Biochar for environmental management: Science and technology[M]. London: Earthscan Press, 2009: 1-10
- [8] 潘根兴,李恋卿,刘晓雨. 热裂解生物质炭产业化: 秸秆禁烧与绿色农业新途径[J]. 科技导报, 2015, 33(13): 92-101
- [9] Smith P. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies[J]. Global Change Biology, 2016, 22: 1315-1324
- [10] 尹云锋,高人,马红亮. 稻草及其制备的生物质炭对土壤团聚体有机碳的影响[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 909-914
- [11] 索龙,潘凤娥,胡俊鹏,等. 秸秆及生物质炭对砖红壤酸度及交换性能的影响[J]. 土壤, 2015, 47(6): 1157-1162
- [12] Liu X Y, Zhang A F, Ji C Y. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—A meta-analysis of literature data[J]. Plant Soil, 2013, 373: 583-594
- [13] Chan K Y, Van Zwieten L, Meszaros I, et al. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment[J]. Australian Journal of Soil Research, 2007, 45: 629-634
- [14] Liu Z X, Chen X M, Jing Y. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil[J]. Catena, 2014, 123: 45-51
- [15] 李华,毕如田,程芳琴,等. 钾锌锰配合施用对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2006(4): 46-50
- [16] 韩黎明,童丹,安志刚,等. 马铃薯质量检测技术[M]. 湖北: 武汉大学出版社, 2015: 160-182
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 122-123
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-177
- [19] International Biochar Initiative (IBI). Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil[S]. International Biochar Initiative, 2013
- [20] Dou L, Komatsuzaki M, Nakagawa M. Effects of biochar, mokusakueki and bokashi application on soil nutrients,

- yields and qualities of sweet potato[J]. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 2012, 2(8): 318–327
- [21] Chan K Y, Van Zwieten L, Meszaros I, et al. Using poultry litter biochars as soil amendments[J]. *Australian Journal of Soil Research*, 2008, 46: 437–444
- [22] 付春娜. 生物炭对不同马铃薯品种生长及产量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016: 24–30
- [23] Oguntunde P G, Abiodun B J, Ajayi A E, et al. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 2008, 171: 591–596
- [24] Major J, Rondon M, Molina D, et al. Maize yield and nutrition during 4 years biochar application to a Colombian savanna oxisol[J]. *Plant Soil*, 2010, 333: 117–128
- [25] Lehmann J, Joseph S. Biochar for environmental management: An introduction // Lehmann J, Joseph S. *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation*[M]. London: Earthscan from Routledge, 2015: 1–12
- [26] Isobe K, Fujii H, Tsuboki Y. Effect of charcoal on the yield of sweet potato[J]. *Japanese Journal of Crop Science*, 1996, 65(3): 453–459
- [27] 毕诗婷, 孙磊, 田静僊, 等. 不同钾肥及配施方式对马铃薯产量和品质的影响[J]. *作物杂志*, 2016(1): 115–119
- [28] 龚成文, 冯守疆, 赵欣楠, 等. 不同钾肥品种对甘肃中部地区马铃薯产量及品质的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(3): 112–117
- [29] Rondon M A, Lehmann J, Ramirez J, et al. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions[J]. *Biol. Ferti. Soils*, 2007, 43: 699–708
- [30] 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, 25(17): 153–157
- [31] Kishimoto S, Sugiura G. Charcoal as a soil conditioner[J]. *Int Achieve Future*, 1985, 5: 12–23
- [32] Isobe K, Fujii H, Tsuboki Y. Effect of charcoal on the yield of sweet potato[J]. *Japanese Journal of Crop Science*, 1996, 65(3): 453–459
- [33] Maier N A, McLaughlin M J, Heap M. Effect of current-season application of calcite lime on soil pH, yield and cadmium concentration in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1997, 47: 29–40
- [34] De Ruijter F J, Haverkort A J. Effects of potato-cyst nematodes (*Globodera pallida*) and soil pH on root growth, nutrient uptake and crop growth of potato[J]. *European Journal of Plant Pathology*, 1999, 105: 61–76
- [35] Akhtar S S, Li G, Andersen M N, et al. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation[J]. *Agric. Water Manag.* 2014, 138: 37–44
- [36] 杨华, 郑顺林, 李佩华, 等. 氮营养水平对秋马铃薯块茎发育中淀粉合成关键酶的影响[J]. *四川农业大学学报*, 2013, 31(1): 9–14

## Effects of Biochar Amendment on Yield and Quality of Potato

WANG Hedong, LV Zexian, LIU Cheng, LIU Xiaoyu\*, PAN Genxing

(*Institute of Resource, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

**Abstract:** A field experiment was conducted for two years to investigate the effect of biochar amendment on the yield and quality of potato and to provide a scientific basis for biochar application in potato productivity, there were three treatments in terms of biochar amendment rates of 0, 20 and 40 t/hm<sup>2</sup>, termed as C0, C20 and C40, respectively, and each treatment was replicated four times. The yield and quality of potato and soil properties were analyzed. The results showed potato yield under C20 increased by 41.08% compared with the CK (C0), and the increase in proportion of large-size potato contribution to the total yield increased by 51.24%. However, potato yield was not affected by biochar amendment under C40, whereas potato quality decreased. The dry matter and starch content of potato decreased by 18.47% and 24.03% respectively under C40 in 2016. Biochar amendment increased soil pH, the contents of organic carbon, available phosphorus and potassium significantly, C/N ration and soil conductivity. The above results proved that the effects of biochar on soil pH and total N content depended on experimental duration, the responses of potato yield and quality to biochar amendment were influenced by biochar application rate and experimental duration, biochar amendment could significantly increase potato yield at low application rate, whereas had no effect on potato yield but decreased potato quality under high application rate. No direct evidence was found between potato yield change with soil compaction improvement by biochar application.

**Key words:** Biochar; Field experiment; Rainfed cropland; Potato; Crop yield; Fruit quality