

# 生物炭对马铃薯生长发育和土壤环境影响的研究进展

张正艳, 胡海军, 吴亚男, 郑城钦, 王前菊, 颜 碧, 杨 飞

(遵义师范学院, 贵州 遵义 563002)

**摘要:**我国已经成为马铃薯生产第一大国,与玉米、水稻相比,马铃薯具有较强的耐寒、耐旱、耐瘠薄等特点。从南到北、从高海拔到低海拔、从春到冬一年四季均有种植,特别是南方地区开发冬闲田发展马铃薯种植具有较大的空间。我国有十分丰富的生物炭资源,农业产生的大量动植物废料、生活垃圾等都是生物炭的广泛来源。为探明生物炭在马铃薯种植方面的应用状况,根据国内外的研究成果,就生物炭的施用对马铃薯的生长发育、产量形成和对土壤环境等方面的研究进展做了概述。

**关键词:**生物炭;马铃薯;生长;土壤环境

**中图分类号:**S532 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)11-0101-04 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2017.11.0101

生物炭(Biochar)又称生物质炭或生物焦,是指在缺氧的条件下把生物质进行高温处理,将生物质中的气和油燃烧掉,剩下的物质称为生物炭。生物炭富含微孔结构,不仅可以有效的保存土壤中的水分和养料,提高土壤保水保肥能力,还可以补充土壤中有机的含量,提高土壤的养分供应能力<sup>[1]</sup>。许多研究表明,生物炭对植物生长、发育及产量等方面具有间接促进作用,但国内外的学者对这一研究结果持有很大的争议<sup>[2]</sup>。本文结合国内外有关生物炭对马铃薯的生长、发育及产量等方面影响的最新研究成果,阐述了生物炭在改良土壤理化性质方面的重要作用,以期生物炭应用于马铃薯耕作的相关研究提供一定的参考依据。

## 1 生物炭的特性

生物炭除了含碳量很高外,其氮、磷、钙、镁的含量也比较高,这些营养元素都是作物生长发育必不可少的。研究认为,生物炭的元素组成与制炭温度密切相关,一般随温度的增高,碳的比重相

对增加,其它成分相对降低。生物炭具有疏松多孔的结构,其比表面积的大小会受到裂解温度、原料种类的影响而有所不同。研究表明,当农作物秸秆在 300 ℃ 条件下处理时,其制备的生物炭的比表面积为 116 m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>;当温度升到 700 ℃ 时,生物炭的比表面积为 363 m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>,由此可以看出,裂解温度越高,生物炭的孔隙率越高,比表面积越大,理论上具有更强的吸附能力和离子交换能力。此外,由于生物炭中含有一些碱性物质,其 pH 通常为 7~10,对改良酸性土壤具有重要的作用<sup>[3]</sup>。生物炭的主要特性及环境功能主要取决于其理化性质,诸如如多孔性、丰富的羧基、极高的电荷密度和巨大的表面积等。

## 2 生物炭对马铃薯生长发育的影响

近年来,国内外学者关于生物炭对水稻、玉米、烟草等不同作物生长发育的影响均有研究,但生物炭对马铃薯生长发育影响的研究相对较少。相关研究表明,生物炭的施用能够有效促进马铃薯的生长发育。付春娜等<sup>[4]</sup>研究表明,马铃薯在受到干旱胁迫时,马铃薯植株的光合系统相关指标、叶片中叶绿素含量和各器官中干物质的累积量都会下降,此时施用生物炭不仅能够提高马铃薯叶片的净光合速率,还能有效提高马铃薯叶片的蒸腾速率和气孔开度,降低细胞间的二氧化碳浓度,从而使马铃薯初花期叶片的光合能力增强,并提高马铃薯植株、主茎数等各器官对干物质的积累,促进马铃薯的生长与发育。Jeffery 等<sup>[5]</sup>研究表明,生炭能够有效缓解沙壤土的水分胁迫,对

收稿日期:2017-09-17

**基金项目:**贵州省科技厅计划资助项目(黔科合基础[2017]1204);贵州省“千层次”创新型人才培养资助项目(遵市科合人才<2016>6号);遵义师范学院大学生科研训练计划资助项目(2016L11);大学生创新创业训练计划资助项目(201610664021);贵州省教育厅创新群体重大研究资助项目(黔教合KY字[2016]047)

**第一作者简介:**张正艳(1993-),女,贵州省黔西南布依族苗族自治州人,学士,从事生物炭对马铃薯等农作物生长发育影响的研究。E-mail: 1838891426@qq.com。

**通讯作者:**胡海军(1983-),男,辽宁省朝阳市人,博士,副教授,从事山地农业、植物营养等研究。E-mail: huhaijun234@126.com。

植物的生长发育具有积极的作用,同时生物炭能够促进甘薯地上部分的生长速度和干物质的累积,对叶片的衰老具有一定的延缓作用。李阳等<sup>[6]</sup>在研究生物炭对小麦种子萌发及幼苗生长的试验中,得到了类似的结论。刘卉等<sup>[7]</sup>人的研究表明,生物炭在一定范围内施用,能够改善烟草的源、库、流的关系,促进烟草根系的生长发育。生物炭在一定程度上,能够有效增加作物对养分的吸收,对生物量的增加具有积极的促进作用<sup>[4]</sup>。但 Joseph、Guerena 等<sup>[8-9]</sup>研究发现,生物炭对植物的生长发育没有明显的促进作用,甚至大剂量的生物炭对作物的生长具有明显的抑制作用。因此,生物炭对马铃薯的生长发育是否具有积极的促进作用,可能与土壤的性质、生物炭的种类和施用量、施用时期等具有一定的关系,具体还有待于进一步的研究。

### 3 生物炭对马铃薯产量及其品质的影响

生物炭的施用,对马铃薯的产量及产量构成因子具有积极的影响。任少勇等<sup>[10]</sup>以马铃薯作为试验材料,通过研究炭基肥及等量氮磷钾肥对马铃薯干物质积累、分配及产量影响的研究表明,在马铃薯发芽出苗后 15~75 d,随着炭基肥施用量的增加,马铃薯中的干物质积累量和产量均呈不断增加的趋势。Major 等<sup>[11]</sup>研究表明,生物炭能够促进作物对土壤中钙镁等营养元素的吸收,从而提高作物的产量。王宁等<sup>[12]</sup>研究表明,炭基肥能够提高高粱的穗数和千粒重,从而能够提高高粱的产量。王建超等<sup>[13]</sup>通过研究炭基肥对花生的影响,发现炭基肥能够显著增加花生的单株果穗数,但对百粒种重的作用效果不明显。Van Zwieten 等<sup>[14]</sup>研究发现,生物炭可以增加作物对氮的吸收,对小麦、大豆和萝卜的产量均有积极的作用;而将生物炭与化肥混合施用于碱性土壤中,只能提高大豆的产量,对小麦和玉米的产量表现出不同程度的抑制作用。因此,生物炭的增产作用还应考虑到土壤的质地、性质、施肥状况以及作物品种属性等。此外,付春娜等<sup>[4]</sup>研究表明,生物炭与马铃薯的产量和品质密切相关,适宜用量的生物炭能够有效增加马铃薯块茎中粗蛋白和维生素 C 的含量,同时显著降低还原糖含量。综上所述,合理适宜的施用生物炭能够有效改善土壤的肥力水平、提高养分的利用效率,对提高马铃薯的产量及商品薯率具有重要的作用。

## 4 生物炭对土壤环境的影响

植物的生长发育有赖于良好的土壤环境。在自然界中,土壤的环境条件受到多种因素的制约,从而使植物的生长发育、产量形成及品质的优劣受到一定的影响。Jeffery 等<sup>[5]</sup>研究表明,合理的施用生物炭可以在一定程度上改良土壤障碍因子,有助于改善土壤的理化性质及土壤养分的有效性,对提高植物养分吸收与利用具有积极的促进作用。

### 4.1 生物炭对土壤物理性质的影响

生物炭作为一种新型的环境友好型肥料,在土壤质地改良及环境修复等方面均有潜在的功能,这为全球粮食安全和环境保护提供了新思路。目前,关于生物炭对土壤的性质的研究多集中于土壤的物理性质,诸如土壤保水性、团聚体、孔隙度、容重等。研究表明,在土壤中施用生物炭不仅能够增加土壤的透气性和团聚性,还能有效改善土壤的结构、容重及孔隙度,增加土壤中的养分含量。Keiluweit 等<sup>[15]</sup>研究表明:生物炭的施用能降低土壤容重,同时伴随着植物根系格局、土壤水分关系、土壤动物群落等的变化。引起这些变化的原因有两个方面,一为生物炭具有多孔结构,这些大小孔隙能够贮存空气和水分;另外就是生物炭的容重本来就小于土壤的容重。随着生物炭的施入,土壤的表面积和孔隙体积也会发生变化,由于生物炭对土壤矿物及土壤有机质的吸附,生物炭的表面积与孔隙度减小,当生物炭中的易分解物质矿化后,土壤的总表面积和孔隙度可能增加<sup>[16]</sup>。因此,生物炭的施入能够有效降低粘质土壤的粘性和硬度,增加土壤的表面积和孔隙度,对土壤温度提升具有促进作用;然而,对于生物炭对土壤含水量是否有直接或间接影响观点不一,仍需要进一步的试验研究证明。

### 4.2 生物炭对土壤化学性质的影响

生物炭不仅能够有效改善土壤的物理性质,也能有效改变土壤的化学性质。生物炭的施用势必会改变土壤的 pH。Glaser 等<sup>[17]</sup>研究表明,生物炭能够调节土壤的 pH 和盐基饱和度,主要原因是生物炭含有大量的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等阳离子,通过与土壤中的  $\text{H}^{+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  交换作用,从而有效降低其在土壤中的浓度。此外,生物炭能够提高土壤阳离子的交换程度,Chintala 等<sup>[18]</sup>研究表明,生物炭无论施用在酸性还是碱性土壤环境中,均能显著提高阳离子的交换能力,这可能与生物炭

表面附着大量的阳离子有关。Glaser 等<sup>[17]</sup> 研究认为,生物炭能够使土壤中阳离子的交换量提高 20%,并随生物炭的增加呈上升的变化趋势。而 Schulz<sup>[19]</sup> 和 Glaser<sup>[17]</sup> 等研究表明,当生物炭施入到有机质含量较高的土壤中,其土壤阳离子交换量未发生明显变化。由此可以看出,生物炭对土壤中阳离子的交换量的影响与土壤类型、生物炭种类及生物炭在土壤中时间的长短密切相关。

#### 4.3 生物炭对土壤养分的影响

生物炭对土壤养分的影响,主要取决于生物炭的性质、施用量及土壤质地等。大量研究表明,生物炭的施用会使土壤中养分增加,从而解除贫瘠土壤对作物生长发育及产量形成的限制。Laird 等<sup>[20]</sup> 研究表明,生物炭的施用能够延缓土壤中肥料养分的释放速率,降低土壤养分淋洗损失,从而提高肥料利用率。傅秋华等<sup>[21]</sup> 研究表明,竹炭颗粒的施用能改善土壤的理化性质,并增加速效钾、水解氮、交换性钙、有效磷和镁等元素的含量。然而,任少勇<sup>[10]</sup> 研究炭基肥对马铃薯田的影响,认为炭基肥的施用能显著降低土壤中速效磷、速效氮的含量及作用。高海英、刘志华等<sup>[22-23]</sup> 通过试验研究发现,生物炭在一定程度上会降低土壤速效氮、钾、磷的利用效率。Spokas 等<sup>[24]</sup> 研究认为,生物炭的挥发物对土壤中微生物具有促进或抑制作用,对革兰氏阳性菌等自养微生物的生长具有积极的促进作用,有利于碳水化合物、氨基酸等有机物的分解与利用。综上所述,生物炭对土壤养分的影响是十分复杂的、多方面的,但总的来说可能主要与生物炭自身的多孔性、吸附性物理结构, pH 和营养成分等化学性质有关。

#### 4.4 生物炭对土壤病虫害的影响

大多数研究认为,生物炭一般能够促进植物根系丛枝菌根(AM)和外生菌根(EM)的繁殖。施用生物炭后,松树苗的 EM 浸染率明显提高;Solaiman 等<sup>[25]</sup> 研究认为,生物炭处理会提高小麦根部 AM 的侵染率。Steiner<sup>[26]</sup> 研究发现,在玉米根际与非根际环境中,微生物群落的复杂程度随生物炭施用量的增加而加重。因此,生物炭能够通过改变土壤的理化性质及微生物群落结构,在一定程度上抑制病原菌的长,对破除连作障碍具有积极的作用。

## 5 结论

中国每年产出的秸秆达 7.4 亿 t,发展生物炭

技术及产业将是一种新型的环境友好型功能材料,对农业废弃物的资源化利用具有重要的意义。生物炭对土壤理化性质的改良,土壤养分利用效率的提高,农田生态环境的改善等均具有潜在的效应。生物炭对马铃薯的生长发育及产量形成的影响是十分复杂的,主要表现在对植物本身形态、生理代谢等方面的直接作用,土壤理化性质、养分固持和病虫害等方面的间接作用。但现有研究结果多数都是短期的试验结论,且大部分结果均是直接作用和间接作用相互关联,加之生物炭原料来源广泛、制备条件差异较大等原因,所以仅从某一个方面断定生物炭对马铃薯的影响是不够科学的。因此,如何促进“炭-碳”转化,实现“丰馈自然、物境和谐”的“炭索”马铃薯产业,还需进一步开展大量长期的田间试验研究。

#### 参考文献:

- [1] Harder B. Smoldered-Earth policy: Created by ancient amazonian natives, fertile, dark soils retain abundant carbon[J]. Science News, 2006, 169(9): 133.
- [2] Lehmann J. A handful of carbon [J]. Nature, 2007, 447(7141): 143-144.
- [3] 才吉卓玛. 生物炭对不同类型土壤中磷有效性的影响研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2013.
- [4] 付春娜, 张丽莉, 石瑛, 等. 生物炭与干旱对马铃薯初花期生长特性的影响[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(10): 18-21.
- [5] Jeffery S, Verheijen F G A, Velde M, et al. A quantitative review of the effects of biochar application to soil on crop productivity using meta-analysis [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2011, 144(1): 175-187.
- [6] 李阳, 黄梅, 沈飞, 等. 生物炭对小麦种子萌发与幼苗生长的植物毒理效应[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(1): 234-242.
- [7] 刘卉, 周清明, 黎娟, 等. 生物炭施用量对土壤改良及烤烟生长的影响[J]. 核农学报, 2016, 37(2): 36-41.
- [8] Joseph S, Camps-Arbestain M, Lin Y, et al. An investigation into the reactions of biochar in soil [J]. Australian Journal of Soil Research, 2010, 48(7): 501-515.
- [9] Guerena D, Lehmann J, et al. Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system[J]. Plant and Soil, 2013, 365: 239-254.
- [10] 任少勇. 炭基肥对马铃薯产量及其品质的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2014.
- [11] Major J, Steiner C, et al. Biochar effects on nutrient leaching[J]. Biochar for Environmental Management Science and Technology, 2009(7): 271-287.
- [12] 王宁, 焦晓燕, 武爱莲, 等. 生物炭及施肥对土壤环境和高粱产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2016, 44(11): 1633-1637.
- [13] 王建超, 饶潇潇, 周震峰. 施用生物炭对花生产量及吸收累积邻苯二甲酸酯的影响[J]. 华中农学报, 2016, 31(S1):

- 323-327.
- [14] Van Zwieten L, Kimber S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agromomic performance and soil fertility [J]. Plant and Soil, 2010, 327: 235-246.
- [15] Keiluweit M, Nico P S, Johnson M G, et al. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon(biochar)[J]. Environmental Science and Technology. 2010, 44 (4): 1247-1253.
- [16] 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.
- [17] Glaser B, Lehmann J, et al. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review [J]. Biology and Fertility of Soils, 2002, 35(4): 219-230.
- [18] Chintala R, Schumacher T, et al. Molecular characterization of biochar and their influence on microbiological properties of Soil [J]. Journal of Hazardous Materials, 2014, 279: 244-256.
- [19] Schulz H, Glaser B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizer on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2012, 175: 410-442.
- [20] Laird D, Flenning P, Baqun Wang, et al. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil[J]. Geoderma, 2010, 158(3-4): 436-442.
- [21] 傅秋华, 张文标, 钟泰林, 等. 竹炭对土壤性质和高羊茅生长的影响[J]. 浙江林学院学报, 2004(2): 43-47.
- [22] 高海英, 陈心想, 张雯, 等. 生物炭和生物炭基肥的理化特征及其作物肥效评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(4): 69-79.
- [23] 刘志华, 李晓梅, 盖兆雪, 等. 生物炭对马铃薯块茎形成期根际物理性状及速效养分的影响[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(3): 159-165.
- [24] Spokas A, Baker J, et al. Ethylene: potential key for biochar amendment impacts [J]. Plant and Soil, 2010, 333: 443-452.
- [25] Solaiman Z M, Blackwell P, et al. Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonization, growth and nutrition of wheat [J]. Australian Journal of Soil Research, 2010, 48: 546-554.
- [26] Steiner C, Garcia M, Zech W. Effects of charcoal as slow release nutrient on N-P-K dynamics and soil microbial population: Pot experiments with ferralsol sub-strate[M]. Netherlands: Springer, 2009, 325-338.

## Review About Effect of Biochar on Potato Growth and Soil Environment

ZHANG Zheng-yan, HU Hai-jun, WU Ya-nan, ZHENG Cheng-qin, WANG Qian-ju, YAN Bi, YANG Fei

(Zunyi Normal University, Zunyi, Guizhou 563006)

**Abstract:** China has been the largest potato production country in the world. The potato has a better tolerance to cold, drought and barren than maize and rice. Compared with corn and rice, potatoes have strong resistance to cold, drought and barren etc. It can be planted from south to north, high to low altitude and spring to winter. In particular, the development of winter idle fields in the southern region has a great space for potato planting. Our country is rich in biological carbon resources, and the large amount of animal and plant waste and domestic waste produced by agriculture are the widespread sources of biological carbon. In order to explore the application of biological carbon in potato planting, the research progress of biochar application on potato growth, yield formation and soil environment was summarized according to the research results at home and abroad.

**Keywords:** biochar; potato; growth; soil environment

### 致 读 者

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊现被《中国学术期刊网  
络出版总库》及CNKI等系列数据库收录,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。  
如作者不同意文章被收录,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《黑龙江农业科学》编辑部