

DOI:10.11937/bfyy.201601049

炭基肥料在低碳农业种植中的技术应用

许允定¹, 侯平¹, 黄勇², 张金梦³

(1. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 杭州 311300; 2. 上海崇明低碳农业科技有限公司, 上海 202163; 3. 上海多利农业发展有限公司, 上海 201311)

摘要:炭基肥料是由生物炭与有机肥料结合制成, 可以稳定土壤环境、改良土壤理化环境。该研究综述了炭基肥料在 21 世纪应用初现规模, 指出了它可用于无公害、绿色、有机种植, 并能减少环境污染, 增加土壤碳汇, 减少农业温室气体排放。同时指出了炭基肥料使农业生产回归有机农业, 符合低碳农业发展方向, 为其将来取代传统化肥提供依据。

关键词:炭基肥料; 低碳农业; 生物炭质; 土壤增汇

中图分类号:S 141 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0192-04

生物质炭(biochar)是指植物或动物生物质在缺氧的条件下进行高温处理, 其中的部分有机质中的油和可燃物质燃烧掉后剩余的高碳物质。生物质炭含碳量很高, 具有很高的稳定性, 若被埋到地下后可以在土壤中封存很长时间, 有助于减缓全球变暖, 因而引起国内外学者的广泛兴趣^[1-2]。农业种植中有机废弃物短时间内将经土壤排放到大气中, 而这些有机废弃物经高温热解后, 成为性质稳定的生物炭质, 由于生物炭的化学和微生物惰性以及土壤团聚体的物理保护使得其成为土壤的惰性碳库, 只有 5% 的碳经过土壤微生物的作用重新释放到大气, 将减少 95% 的碳排放^[3]。

低碳农业是针对传统高排放的农业而言, 是指农业生产按照低碳的方式进行。主要方式有保持多样性的农业生态系统、农业废弃物的资源化利用和农业生产的低碳排放。走有机、生态、高效农业的新路子。在低碳

理念的指导下, 农民可以利用联合耕作、有机农业、土壤改良等新型的农业生产方式来应对气候变化, 提高农民利润率和农业能源效率并改进大气和土壤的质量。其中, 将生物炭研碎与化肥混合造粒后形成一种混合肥料, 可以很好的保持土壤肥力, 实现土地的碳元素平衡。这将是低碳农业种植中肥料发展的方向。

1 炭基肥料

1.1 生物炭质来源

农业废弃物秸秆、稻壳、食用菌渣等, 林业的木材、竹类等, 都是生物炭质的来源。来源丰富, 我国传统的农业种植中, 秸秆占一半以上, 以玉米秸秆、棉花秸秆、小麦秸秆和水稻秸秆为主。秸秆的利用率并不高, 北方有些直接焚烧, 还有简单沤制或者直接还田, 秸秆的利用现状极大地浪费了生物质炭资源。人类最早发现南美洲一种含有机质高于 35% 的黑色土壤, 称为黑色碳(black carbon)^[4]。它是土壤有机物中最古老的部分, 可在土壤中中长期存在上千年, 难以被氧化释放成为 CO₂ 而排放。20 世纪 90 年代中后期以来, 以热裂解生物质生产生物炭, 科学界探索将生物质炭转化成难以被氧化的高炭状态, 以减缓有机质快速的氧化带来的 CO₂ 排放。生物炭就是有机物在有限氧气供应条件下, 并且在相对较低温度下(<700℃)热解后得到的富碳产物。制备生物炭的温度越高孔隙度越大, 吸附能力也越强, 同时有机质的损失也越大。

1.2 制备工艺

现在的商品炭基肥料, 包括炭基复合肥、生物肥、有机肥, 混合肥等。炭基化学肥料以木炭(35%~45%)为载体, 添加尿素、氯化钾、硝酸铵、氯化铵等化学肥料, 占 50%, 其余为粘合剂、木醋液。

生物炭有机肥主要利用有机肥进行绿色有机种植,

第一作者简介:许允定(1989-), 男, 浙江温州人, 硕士研究生, 研究方向为环境监测与区域碳收支评估。E-mail:236506595@qq.com.

责任作者:侯平(1961-), 男, 博士, 教授, 现主要从事环境监测与区域碳收支评估及森林生态和森林火灾预防等研究工作。E-mail:942927511@qq.com.

基金项目:2012 年上海市科技兴农推广资助项目(沪农科推字 2012 第 1-4 号); 2011 年上海市科委生态崇明重点科技攻关专项资助项目(11dz1960101); 2012 年上海市科委生态崇明科技攻关专项资助项目(12231205101, 12231205102); 2013 年上海市科委生态崇明重点支撑资助项目(13231204400); 上海市农委 2012 年科技兴农攻关资助项目(沪农科攻字 2012 第 2-2); 上海市科委 2013 年度“创新行动计划”上海工程技术研究中心建设资助项目(13DZ2250900); 上海市战略性新兴产业重大资助项目(重大 2013-14 号)。

收稿日期:2015-09-22

利用堆置的有机肥和木炭混合造粒。炭基有机肥料产品技术要求如下,有机质含量 $\geq 30\%$;总养分 $\geq 4.0\%$;水分(游离水) $\leq 15\%$ (颗粒) $\leq 20\%$ (粉剂);pH 5.5~8.0;蛔虫卵死亡率 $\geq 95\%$ 。以炭基有机肥为例:1)有机肥好氧发酵堆肥工艺。将有机固体废弃物混合物料按照一定的高度和宽度分层铺成条垛状,条垛平行排列在露天或室内平坦的堆肥场上,采用高效率的专业翻堆机骑跨在料堆上连续翻堆作业。2)炭基有机肥料制肥工艺。首先将发酵后的堆肥产物粉碎,然后和秸秆炭粉分别装入电子配料秤进行配料,二者一起在搅拌机中连续混合后,再进入打散机粉碎混合,混合后的物料输送至造粒机。对颗粒物料进行筛分使最终产品颗粒一致,若筛分出的颗粒过大或过小,需返回前面工序重新造粒。最后使用滚筒烘干机和冷却器使筛分后的物料水分降低,温度降低,合格成品最终计量包装、入库^[5]。

生物炭制备技术已经相当成熟。生物炭制备技术的瓶颈由中国工程院院士沈阳农业大学教授陈温福率领的团队打破,该团队发明了“可移动组合式半封闭炭化炉和亚高温缺氧干馏制炭新工艺”,该工艺使得农林废弃物收集储运异地集中炭化和深加工大规模炭化利用成为可能^[6]。

在低碳农业领域应用也有大量研究。南京农业大学潘根兴教授主要从事农业应对气候变化及生物质碳与农业低碳技术研究,积累了不同生物质制备生物炭的大量数据,探讨不同来源的生物废弃物生产的生物炭用于农田固碳减排和低产土壤改良的可行性,并探索形成生物炭温室气体减排、提高氮肥利用率而减少氮肥损失、盐碱土和低劣地土壤改良和污染土地处置等相应农业技术。

2 炭基肥料应用现状

20世纪90年代开始,炭基肥逐步推广应用,在粮食作物、果蔬、花卉和林业方面都得到了很好的成效。1996年辽宁省农业科学院积极推广应用炭基肥。在东北4地试验田的试验显示,施炭基肥的玉米、高粱增产634.5~804.0 kg/hm²,水稻增产1 012 kg/hm²左右。炭基肥可增产优质大扁杏核28.3%~32.2%,提高日本落叶松苗高20.5%~23.2%,地径42.85%~61.90%。

2008年以来,南京农业大学、商丘三利新能源有限公司及中储粮三方合作,在河南、天津等多地推广应用炭基肥,连续5年的试验和实践结果表明,施炭基肥的玉米、小麦、烟草等作物,不仅苗壮、个大、叶绿,连年保持10%~30%的增产,而且病虫害明显减少,有的基本没有病虫害。

大量研究表明,不同肥料含量的炭基肥料,对花生^[7]、大豆^[8]、玉米^[9]、高粱^[10]、水稻^[11]等主要粮油作物在提高土壤透气保水性、提高作物产量上效果明显。

2.1 炭基肥料优势

2.1.1 环保缓释 生物炭具有高度稳定性和较强的养分吸附持留特性,具备作为缓释肥包膜材料的基本要求。生物炭延缓肥料在土壤中的养分释放,降低养分损失,提高肥料养分利用率,生物炭是肥料的增效载体。同时采用植物秸秆和农业有机废弃物作肥料载体,既是农业废弃物资源化利用,又避免了工业化学肥料合成的环境污染。

2.1.2 改良土壤 生物炭能够提高土壤有机碳含量,改善土壤保水、保肥性能,减少养分损失,有益于土壤微生物栖息和活动,特别是菌根真菌,是良好的土壤改良剂。果园里施用生物炭肥,可以形成比较大的土壤团粒。这些团粒空隙比较大,保肥保水,改善微生物系统,促进吸收根生长。单施生物炭就能够促进作物生长或增产,但是生物炭与肥料混施,或复合后对作物生长及产量几乎都表现为正效应,这缘于肥料消除了生物炭养分低的缺陷,而生物炭赋予肥料养分缓释性能的互补和协同作用。施用炭基肥料可以调节土壤pH值向中性靠近,提高疏松土壤的容重从而改善其通气透水性能,且这种调节作用均随炭粉施用量的增加而加大,可见生物炭质对土壤的改良作用十分明显。

2.1.3 增汇减排 李传章^[12]通过测定有机碳的残留量分析不同有机肥料在土壤中的分解状况,从而研究有机肥碳素分解特性及对土壤有机碳库的影响。不同有机肥料施入土壤近1年后的分解速率相差较大:玉米稻秆分解最快,分解率达到74.53%;草炭的分解速率最低,年分解率仅为28.31%;鸡粪的分解率低于玉米稻秆的但是高于菌渣的分解率(47.77%)。有机肥未分解部分参与土壤有机质的积累。分解趋势为玉米稻秆>鸡粪>菌渣>草炭。说明草炭对提高土壤有机质含量效果较优,更有利于培肥土壤,有机碳分解最慢,更有效增加土壤碳库。KAUFFMAN等^[13]的研究表明,在土壤中添加生物炭后,作物的CH₄、N₂O排放通量减少,但确切的原因仍需进一步验证。现认为由于生物黑炭施入后土壤容重降低,通气性改善,加上生物黑炭的高C/N比,限制了氮素的微生物转化和反硝化。也可能是生物黑炭施进土壤后影响土壤pH值导致的^[14]。

2.1.4 元素丰富 生物质炭中含有多种植物生产必需的硫、钙、镁、铁、锰、锌等中量元素,这些中量元素在传统的有机肥和化学肥料的含量不全或者较低。中量元素的施用可以促进植物中特定色素和酶的形成,进而催化和增加植物蛋白质合成和糖分积累。从生产效果上讲,可以提高果实耐储性、果实品质,特别是提高果实中的芳香物质和可溶性糖含量。施用生物炭基氮肥可显著提高土壤有机碳含量,提高土壤pH值、阳离子交换量、土壤速效磷、速效钾和矿质态氮含量,增强土壤保肥能力,促进作物增产^[15]。

2.1.5 稳定性高 生物炭的固碳效果取决于生物炭的稳定性。生物炭的稳定性主要表现为化学稳定性、热稳定性和生物稳定性,因高度碳化且主要由芳香环结构和烷基成分组成,在一定条件下可以在土壤中稳定存在上千年,平均停留时间约为2 000年,半衰期为1 400年^[16-18]。

2.2 炭基肥料使用技术

2.2.1 拌土施肥 生物炭质是天然的土壤改良剂,炭基肥料的使用最好是拌土施肥。将炭基肥料与土壤充分混合,作为基肥施用。种植蔬菜用量在10~20 t/hm²,肥料施散在土壤表面,充分旋耕混合,使得炭基肥料分布在根系活动层。果树的施用不同于传统挖穴施用,在新生根发生区域,在树冠边沿刨4条深10~30 cm的沟,一棵成年树施有机肥25~30 kg。总之,炭基肥料要充分与土壤混合,根系施用,才能起到疏松土壤,改良土壤保水透气性的作用。

2.2.2 加入微生物菌种 炭基肥料的稳定特性可以改良微生物生存环境,以炭基为载体,混合微生物菌种。炭基生物肥料中的微生物菌种具有更强的抗逆性。有报道,施用有机肥和生物炭的土壤比施用传统化学肥料的土壤的微生物群落数量更多、微生物活力也更强。

2.2.3 采用有机种植 炭基有机肥和炭基生物肥的最佳用途是进行有机农业种植,充分发挥其环保缓释、低碳有机的意义。同时炭基肥料的土壤改良作用和肥效是缓慢释放的过程,在短期内效果不显著,但在连续施用后土壤将有质的变化。有机农业的种植规范和种植环境,更有利于炭基肥料缓慢的逐步的改良土壤的理化环境。

3 展望

根据联合国粮农组织公布的数据,耕地释放出的温室气体超过全球人为温室气体排放总量的30%,相当于150亿t的二氧化碳。而生态农业系统在降低因农业导致的全球温室气体排放量方面具有重要的作用,使化肥施用量大大减低,降低30%的农业排放^[19],炭基肥料使农业生产回归有机农业,符合低碳农业发展方向。同时我国农林业生产和农村生活产生大量生物质废弃物,资源化处理压力日益增大。我国农作物秸秆数量大、种类多、分布广。据统计,2010年各类秸秆可收集量约为7亿t,综合利用率70.6%,其中13个粮食主产区约为5亿t,约占全国总量的73%。农林废弃生物质炭化技术在农业上的推广应用能够极大提高陆地生态系统固碳减排的潜力,改良土壤和肥料增效,净化水体,修复污染土壤,解决粮食安全和能源危机等^[20]。

目前,我国在生物炭研究与开发领域,特别是利用农林废弃生物质制备生物炭技术创新及其产业化开发应用方面也已积累了先进的技术基础^[6]。但对生物炭在环境、能源、农业等领域作用机理方面的基础和基础研究,特别是生物炭在土壤碳循环、大气碳循环中

的地位与作用方面的研究才刚刚起步,应加强相关基础理论与技术创新研究,拓宽研究领域,探索生物炭作用规律,丰富和完善生物炭理论与技术体系,创新应用技术,加大成果转化力度,促进生物炭产业的健康发展^[21]。

因此,在农业的生产上实现“低碳”运行极为必要,传统化肥的使用弊端很多,不仅污染环境,而且利用效率极低。炭基肥料就不同,不仅不对环境造成污染,而且能充分利用农业废弃生物质资源,在减排的同时增加农作物的产量。

参考文献

- [1] LEHMANN J, GAUNT J, RONDON M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems: A review[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006(11): 403-427.
- [2] ASAI H, SAMSON B K, STEPHAN H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos, I. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field Crops Research, 2009, 111(1/2): 81-84.
- [3] LEHMAN J. A handful of carbon[J]. Nature, 2007, 447(10): 143-144.
- [4] CAMBARDELLA C A, ELLIOTT E T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence[J]. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56: 777-783.
- [5] 孙长征. 生物有机肥生产工艺及关键设备[C]. 农业微生物资源开发与利用交流研讨会, 2010: 21-25.
- [6] 吕豪豪, 刘玉学, 杨生茂. 生物质炭化技术及其在农林废弃物资源化利用中的应用[J]. 浙江农业科学, 2015, 1(1): 19.
- [7] 朱爱军. 不同炭基肥料对花生农艺性状与产量的影响[J]. 现代农业科技, 2012(8): 58-59.
- [8] 任卫东. 施用炭基肥料对大豆农艺性状和产量性状的影响[J]. 农业科技通讯, 2012(7): 90-92.
- [9] 卢广远, 张艳, 王祥福, 等. 炭基肥料种类对土壤物理性质及玉米产量的影响[J]. 河北农业科学, 2011, 15(5): 50-53.
- [10] 王素贞. 不同炭基肥料对高粱产量与品质的影响[J]. 现代农业科技, 2012(8): 63-65.
- [11] 陈琳, 乔志刚, 李恋卿, 等. 施用生物质炭基肥对水稻产量及氮素利用的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(5): 671-675.
- [12] 李传章. 不同有机肥分解转化特性及土壤培肥效果的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012: 61-65.
- [13] KAUFFMAN J B, CUMMINGS D L, WARD D E, et al. Fire in the Brazilian Amazon. 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests[J]. Oecologia, 1995, 104: 397-408.
- [14] LEHMANN J, SILVA J P, RONDON M, et al. Slash and chara feasible tentative for soil fertility management in the central Amazon[C]. Soil Science: Confronting New Realities in the 21st Century. 7th World Congress of Soil Science, Bangkok, 2002.
- [15] 高海英, 何绪生, 陈心想, 等. 生物炭及炭基硝酸铵肥料对土壤化学性质及作物产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(10): 1948-1955.
- [16] 张旭东, 梁超, 诸葛玉平, 等. 黑炭在土壤有机碳生物地球化学循环中的作用[J]. 土壤通报, 2003, 34(4): 349-355.
- [17] 陈小红, 段争虎. 土壤碳素固定及其稳定性对土壤生产力和气候变化的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 765-772.
- [18] KUZUYAKOV Y, SUBBOTINA I, CHEN H Q, et al. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ¹⁴C labeling[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41: 210-219.
- [19] 范平, 黄东风, 李卫华, 等. 低碳经济模式下农村环境保护问题探讨[J]. 广东化工, 2011, 32(6): 65-72.

设施草莓组培快繁研究现状分析

吴鹏飞¹, 王丽娟^{1,2}, 切岩祥和³, 马 钊¹, 吕思宇²

(1. 天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384; 2. 沈阳农业大学 农业工程博士后流动站, 辽宁 沈阳 110866; 3. 静冈大学 农学部, 日本 静冈 4228529)

摘 要:草莓作为多年生小浆果,具有较高的食用价值和经济价值,在巨大的市场需求和设施栽培方式的刺激下,草莓的栽培面积不断扩大,通过草莓组织培养不仅可以为生产上提供大量的脱毒草莓植株,而且对草莓新品种的繁育和草莓种质资源的保存具有重要意义。现从国内外草莓组织培养研究现状、草莓组织培养的主要方式等进行了论述,对草莓组织培养过程中出现的问题及解决方法提出了意见,减少组织培养过程中造成的不必要损失,提高设施草莓种植的经济价值和社会价值。

关键词:设施草莓;组培快繁;研究进展

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0195-05

草莓(*Fragaria ananassa* Duchesne.)属蔷薇科草莓属多年生草本植物,原产美洲,后被世界各地广泛引种,草莓果实内含有丰富的氨基酸、胡萝卜素、维生素,尤其

维生素 C 含量高出苹果和葡萄数倍,同时还含有丰富的铁、钙、磷、锌等矿物质。据统计,草莓果实内锌含量大约是香蕉的 4 倍,柑橘的 6 倍,比苹果高约 40 倍^[1]。另据医学记载,常食用草莓有利于肠胃消化而且对促进大脑智力发育有重要作用。2003 年底,根据中国园艺学会草莓分会统计,我国草莓种植面积和总产量超过美国和日本,跃居世界第 1 位^[2],另据农业部统计,2006 年全国草莓栽培面积 7.93 万 hm²,产量占国内果树种植总面积的 0.79%,占国内水果总产量的 1.95%^[3]。栽培面积的不断扩大大对草莓繁殖方式也有了更高的要求,传统的栽培方式主要靠匍匐茎进行无性繁殖,这种生产方式下草

第一作者简介:吴鹏飞(1992-),男,硕士研究生,研究方向为设施草莓组培快繁技术。E-mail:13022251550@163.com

责任作者:王丽娟(1971-),女,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为设施园艺。

基金项目:天津市中青年骨干教师资助项目(J010070207);天津市“千人计划”资助项目(津 2012-77);大学生创新创业训练计划资助项目(201410061009)。

收稿日期:2015-09-24

[20] 张阿凤,潘根兴,李恋卿.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.

[21] 陈温福,张伟明,孟军,等.生物炭应用技术研究[J].中国工程科学,2011,13(2):83-89.

Application of Carbon-based Fertilizers in Low-carbon Farming

XU Yunding¹, HOU Ping¹, HUANG Yong², ZHANG Jinmeng³

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Hangzhou, Zhejiang 311300; 2. Shanghai Chongming Low Carbon Agriculture Technology Co. Ltd., Shanghai 202163; 3. Shanghai Tony Agriculture Development Co. Ltd., Shanghai 201311)

Abstract: Biochar and organic fertilizer made into charcoal-based fertilizer, it could stabilize soil environment, improve soil physical and chemical environment. This paper summarized the application of carbon-based fertilizer was becoming popular in this century, this paper pointed out it could be used for pollution-free, green, organic farming, reducing environmental pollution and increasing soil carbon sequestration, reducing agricultural emissions. It also discussed the agricultural production to organic agriculture and in line with the development direction of low-carbon agriculture, provided the basis for the future to replace traditional fertilizers.

Keywords: charcoal-based fertilizer; low-carbon agriculture; biological carbonaceous; soil carbon sequestration