

# 不同用量生物炭对连作土壤改良及黄瓜生长的影响

武春成, 王彩云, 曹霞, 张慎好, 罗晓飞, 姜涛

(河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600)

**摘要:**以黄瓜为试材,采用桶栽的方法,研究了不同用量生物炭(按连作土壤质量比1%、3%、5%、7%、9%施入)对连作土壤性状、微生物数量及黄瓜生长的影响。结果表明:连作土壤施用适量的生物炭可以显著降低土壤容重和电导率,提高田间持水量,pH和速效钾含量,降低土壤真菌和尖孢镰刀菌数量,提高细菌和细菌/真菌比值,从而改善了黄瓜根区土壤微生态环境,促进了黄瓜生长和产量的提高。综合分析认为,施用5%用量较为适宜,在实际生产中可作为改良连作土壤的措施加以利用。

**关键词:**生物炭;连作土壤改良;黄瓜;生长

**中图分类号:**S 642.206<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)19-0150-05

设施蔬菜生产是一项高投入高产出的产业,连作栽培现象普遍,一些老的蔬菜产区连作障碍日益严重,不仅是减产问题,甚至已经到了绝产的地步,这种设施内的土壤不采取修复措施已难以利用<sup>[1-2]</sup>。围绕解决土壤连作障碍问题也已开展许多研究,其研究的重点包括连作土壤健康保持和连作障碍土壤高效利用两大类,其中土壤健康保持研究主要是科学增施肥料和生物质技术,连作障碍土壤高效利用研究主要是采用抗性品种或砧木、土壤消毒、有机质施入、轮作等技术。

生物炭是有机物质在缺氧环境下热降解的固体产物,具有较大的孔隙度和比表面积,吸附能力强,具有减缓土壤酸化、减少土壤无机态氮的淋溶及为土壤微生物提供营养元素和栖息场所的潜能,被广泛应用于土壤改良方面<sup>[3]</sup>。许多研究表明生物炭在改善土壤理化性状、提高肥料利用率

及作物产量方面表现出较好的效果<sup>[4-5]</sup>。目前许多研究主要集中在大田土壤改良上,但针对生物炭对设施蔬菜连作土壤改良的研究较少,而生物炭的用量是影响改良效果的重要因素。通过研究不同用量下生物炭对黄瓜连作土壤理化性状、微生物种群结构及黄瓜生长的影响,进而为评价生物炭施用对连作土壤改良作用提供参考依据和生产实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种‘津优35’由天津科润黄瓜研究所培育。供试连作土壤为连续栽培5年10茬黄瓜的日光温室连作土壤,其理化性质为:有机质 38.18 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 290.50 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 216.20 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 440.85 mg·kg<sup>-1</sup>,pH 5.59,EC值 976.67 μS·cm<sup>-1</sup>。供试生物炭为玉米秸秆炭,由辽宁省生物炭工程技术中心提供,碳化温度 500℃,基本理化性质为平均孔径 16.27 nm,粒径 1.5~2.0 mm,全碳 70.38%,全氮 1.53%,全磷 0.78%,全钾 1.68%,pH 8.97。

**第一作者简介:**武春成(1979-),男,河北怀来人,博士,副教授,现主要从事设施蔬菜连作障碍等研究工作。E-mail:wuchuncheng1979@126.com。

**基金项目:**河北省自然科学基金资助项目(C2016407101);河北省现代农业产业体系资助项目(HBCT2013050205)。

**收稿日期:**2017-04-11

## 1.2 试验方法

试验于 2016 年 6—9 月在河北科技师范学院园艺实验站 1 号日光温室内进行。采用塑料桶(上口直径 30 cm,下口直径 20 cm,高 25 cm)栽培,随机区组设计,共设 7 个处理。T0,连作土空白对照,生物炭施用量为 0%;T1,连作土生物炭施用量为 1%;T2,连作土生物炭施用量为 3%;T3,连作土生物炭施用量为 5%;T4,连作土生物炭施用量为 7%;T5,连作土生物炭施用量为 9%;Tw0,温室外未栽培过蔬菜的健康土壤,不施用生物炭。生物炭按质量比加入土壤并混匀装桶,每桶装鲜土 12.5 kg,添加 NPK 复合肥 10 g。每处理重复 3 次,每个重复 10 桶。于 2016 年 6 月 19 日,黄瓜幼苗两叶一心时定植,每桶 1 株,常规管理。

于黄瓜拉秧后(9 月 20 日)采集土样,每个区组随机选取 3 个点,采集黄瓜根区土壤,混合均匀后,一部分保存于 4℃冰箱中,1 周内测定土壤微生物数量;另一部分在室内自然风干过筛后测定土壤理化性状。

## 1.3 项目测定

### 1.3.1 土壤指标

土壤含水量采用烘干法测定;土壤容重采用环刀法测定;土壤 pH 和电导率按土水比 1:5 用上海雷磁多参数水质分析仪 DZS-708 测定;土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定;土壤速效磷含量采用钼蓝比色法测定;土壤速效钾含量采用火焰光度法测定。

土壤微生物数量采用稀释平板法测定,其中细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,真菌采用马

丁氏培养基,放线菌采用改良高氏 1 号培养基,尖孢镰刀菌采用 PDA 培养基。

### 1.3.2 黄瓜生长指标、产量

定植后 50 d 测定黄瓜植株的株高、茎粗;采用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶片 SPAD 值;采用 GFS3000 光合仪测定叶片净光合速率和蒸腾速率;黄瓜拉秧后按小区进行单株计产。

## 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 软件对试验数据进行整理,采用 DPS 软件的新复极差法进行显著差异性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同用量生物炭对土壤理化性状的影响

由表 1 可知,不同用量生物炭施用对连作土壤理化性状产生了不同的影响。施用生物炭降低了土壤容重,除 T5 处理外,随着施用量的增加,容重呈逐渐下降趋势,其中 T3、T4 处理与 T0 差异达显著水平。5%~9%的高用量生物炭处理有利于提高土壤持水量,T5 处理显著高于 T0。各处理对土壤碱解氮含量影响较小,除 T5 处理显著低于其它处理外,各生物炭处理间无显著差异。生物炭处理相对降低了土壤速效磷含量,除 T3 处理显著低于 T0 外,其它处理间无显著差异。与 T0 相比,T2、T3 和 T4 处理相对提高了土壤速效钾含量,其中 T4 处理显著高于 T0。各生物炭处理显著提高了土壤 pH,降低了土壤 EC 值,使 pH 达到 6.70~6.90,EC 值下降到 433.00~524.67  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

表 1 不同处理对土壤理化性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on soil physical and chemical properties

处理 Treatment	容重 Bulk density /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	含水量 Water content /%	碱解氮 Alkali-hydrolyzale /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷 Available P /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾 Available K /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	pH	EC /( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )
T0	1.32ab	13.13bcd	185.50b	172.99ab	271.05bc	6.14f	916.67a
T1	1.29bc	10.79d	192.50b	159.24ab	240.80c	6.79cd	515.33b
T2	1.20bcd	11.24cd	189.00b	142.21b	273.04bc	6.84bc	433.00c
T3	1.15cd	15.10b	178.50bc	104.89c	294.37ab	6.70e	515.33b
T4	1.12d	13.69bc	189.00b	154.00ab	331.07a	6.90b	524.67b
T5	1.29bcd	22.02a	161.00c	144.83b	245.76c	6.74de	498.33b
Tw0	1.47a	14.25b	231.00a	188.05a	278.99bc	7.62a	336.00d

注:同列数字后小写字母表示显著差异( $P<0.05$ ),下同。

Note: Different lowercase letters following the values mean significantly different ( $P<0.05$ ). The same below.

## 2.2 不同用量生物炭对土壤微生物数量的影响

由表2可知,连作土壤施用生物炭明显改变了土壤微生物的数量及种群结构。生物炭处理显著提高了土壤细菌数量,降低了真菌数量,其中以T3细菌数量最高,T1真菌数量最低。细菌/真菌比值以T0最低,依次表现为Tw0>T1>T3>

T4>T2>T5>T0。各处理对放线菌数量影响较小,除T3处理显著高于其它处理外,各处理间无显著差异。生物炭处理降低了土壤尖孢镰刀菌数量,其中T1、T3、T4处理显著低于T0。综上,生物炭施用显著改善了连作土壤微生物环境,使其更接近健康土壤Tw0处理。

表2 不同处理对土壤微生物数量的影响

Table 2 Effects of different treatments on soil microbial quantity

处理 Treatment	细菌 Bacteria /( $\times 10^5$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ )	真菌 Fungus /( $\times 10^3$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ )	放线菌 Actinomycetes /( $\times 10^4$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ )	尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i> /( $\times 10^2$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ )	细菌/真菌 B/F
T0	3.07d	3.66a	3.66bc	8.85a	83.87
T1	12.67ab	0.51de	3.82bc	2.85c	2 466.67
T2	6.82cd	0.89cd	2.55c	6.10ab	768.75
T3	14.75ab	1.13c	6.40a	5.33bc	1 310.53
T4	12.84ab	1.07c	3.03bc	5.95b	1 200.00
T5	11.13bc	2.08b	4.39b	7.08ab	536.32
Tw0	16.70a	0.35e	3.98bc	2.77c	4 829.65

## 2.3 不同用量生物炭对黄瓜生长的影响

由表3可知,生物炭处理降低了黄瓜植株株高,增加了茎粗,除T2处理外,各处理的株高均显著低于T0;除T5处理外,各处理的茎粗均显著高于T0。叶片叶绿素含量除T2处理显著高于T0外,各处理间无显著差异。叶片净光合速

率和蒸腾速率以T3最高,显著高于其它处理,T2、T5处理的净光合速率显著高于T0,各处理蒸腾速率显著高于T0。综上,生物炭在一定用量范围内,相对改善了黄瓜植株形态特征,提高了叶片光合能力。

表3 不同处理对黄瓜植株生长状况的影响

Table 3 Effects of different treatments on cucumber plant growth conditions

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /mm	叶绿素含量 Chlorophyll content /SPAD	净光合速率 Net photosynthetic rate /( $\mu$ mol $\cdot$ m $^{-2}$ $\cdot$ s $^{-1}$ )	蒸腾速率 Transpiration rate /( $\mu$ mol $\cdot$ m $^{-2}$ $\cdot$ s $^{-1}$ )
T0	274.5a	11.04d	48.90bc	13.52d	8.15e
T1	213.0bc	13.50a	50.50ab	12.50e	8.96c
T2	260.0a	12.32b	52.65a	14.40c	8.70d
T3	221.5b	12.33b	48.30bc	18.92a	9.92a
T4	194.5c	12.69b	48.15bc	12.18e	7.42f
T5	221.0b	11.38cd	46.50c	15.83b	9.49b
Tw0	206.0bc	11.57c	47.80bc	15.87b	8.95c

## 2.4 不同用量生物炭对黄瓜产量的影响

由图1可以看出,不同用量生物炭对黄瓜单株产量影响不同。T3处理最高,显著高于除T2处理外的其它处理,其次为T2,T4处理最低,显著低于其它处理,T0与T1、T2、T5、Tw0处理间无显著差异。

## 3 结论与讨论

根区环境是作物生长赖以生存的根本,随着蔬菜连作障碍的发生,导致根区土壤容重增加,土壤酸化、含盐量增加,土壤营养条件及微生物种群结构遭到破坏。防治作物连作障碍,改善作物根区环境至关重要。已有研究表明,通过施用生物

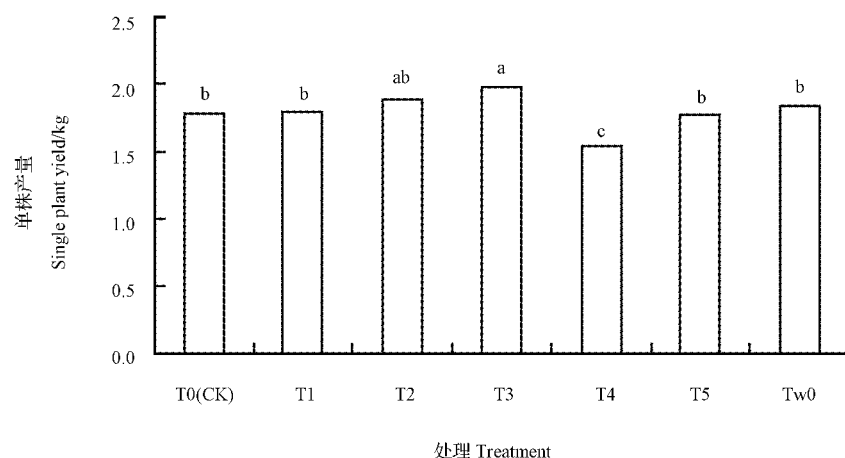


图 1 不同处理对黄瓜单株产量

Fig. 1 Effect of different treatments on cucumber single plant yield

炭可以降低土壤容重,提高田间持水量<sup>[4-6]</sup>。该试验得到了相同的结果,各生物炭处理均降低了土壤容重,5%~9%的高用量生物炭处理提高土壤持水量。这可能与生物炭具有一定的空隙结构,比表面积大,施入土壤后增加了土壤的空隙有关。同时生物炭又具有较强的吸附作用,从而使高用量处理的含水量增加。多数研究表明,生物炭富含多种矿质元素,施入土壤后能明显提高土壤 pH,防止酸化,降低含盐量,提高土壤有机质含量,改善土壤养分状况<sup>[7]</sup>。与之相符,该试验中施用生物炭后,显著提高了连作土壤 pH,降低了 EC 值,高用量处理增加了速效钾含量。土壤 pH 提高可能与生物炭自身碱性较强有直接关系,土壤 EC 值的降低可能与生物炭表面粗糙,空隙大,对土壤水分及盐分吸附能力强有关<sup>[8]</sup>。而该试验中施用生物炭对土壤碱解氮含量无明显影响,但相对降低了速效磷含量,这与多数研究结果不同,分析原因可能是连作土壤由于连续多年施入大量的速效肥料,尤其是氮磷肥,致使其氮和磷元素富集,生物炭施入能够活化土壤 FDA 酶、蔗糖酶等水解酶,增强微生物活动,从而促进了肥料的分解利用。

土壤微生物是表征土壤环境质量的标志之一,土壤中细菌/真菌比值越高,土壤生态系统的稳定性越高,土壤抑制病害能力越强,反之真菌数量增多会打破微生物的生态平衡<sup>[9]</sup>。黄瓜连作后

土壤细菌数量减少,真菌数量增多,说明连作后根际土壤由细菌型向真菌型转化<sup>[10-11]</sup>。生物炭的孔隙结构及水肥吸附作用使其成为土壤微生物的良好栖息环境,为土壤有益微生物提供保护。许多研究表明,施用生物炭后能够影响土壤微生物群落结构,增加细菌数量,改变细菌丰度,提高细菌/真菌比值,加速有机质的降解<sup>[12-13]</sup>。该研究发现连作土壤施入生物炭后,显著降低了土壤真菌数量,增加了细菌数量,细菌/真菌比值明显提高,从而改变了微生物群体结构,改善了作物根区微生态环境。尖孢镰刀菌作为温室黄瓜土传病害枯萎病的主要致病菌,随着连作茬次增加,其数量急剧增加,成为优势真菌生理类群,导致黄瓜病害的发生<sup>[10]</sup>。该试验中,生物炭的施用明显降低了尖孢镰刀菌的数量,究其原因可能由于土壤在弱酸性,相对湿度高的条件下有利于尖孢镰刀菌分生孢子的萌发<sup>[14]</sup>,而生物炭施入降低了土壤容重,提高了土壤 pH,改变了其赖以生存的环境,从而降低了其数量。

施用生物炭能够促进作物生长,提高产量<sup>[6,15]</sup>。该研究中,生物炭在一定施用量范围内,处理增加了黄瓜茎粗,提高了叶片叶绿素含量,促进了叶片净光合速率和蒸腾速率,从而提高了黄瓜单株产量。分析原因可能主要是适量的生物炭施用,改善了土壤理化性状,净化了根区微生物环境,使其更接近健康土壤的原因。

综上,连作土壤施用适量的生物炭可以降低土壤容重和 EC 值,提高田间持水量, pH 和速效钾含量,降低土壤真菌和尖孢镰刀菌数量,提高细菌和细菌/真菌比值,从而改善黄瓜根区土壤微生态环境,促进了黄瓜生长和产量的提高。综合分析认为,该试验中施用 5% 用量时土壤状况和黄瓜生长、产量等指标达到或接近最佳值,在实际生产中可作为改良连作土壤的措施加以利用。

### 参考文献

- [1] 耿士均,刘刊,商海燕,等. 园艺作物连作障碍的研究进展[J]. 北方园艺,2012(7):190-195.
- [2] 陈天祥,孙权,顾欣,等. 设施蔬菜连作障碍及其调控措施研究进展[J]. 北方园艺,2016(10):193-197.
- [3] 翁福军,卢树昌. 生物炭在农业领域应用的研究进展与前景[J]. 北方园艺,2015(8):199-203.
- [4] 张伟明,孟军,王嘉宇,等. 生物炭对水稻根系形态与生理特性及产量的影响[J]. 作物学报,2013,39(8):1445-1451.
- [5] 张晗芝,黄云,刘钢,等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报,2010,19(11):2713-2717.
- [6] 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,2016,30(7):1411-1419.
- [7] 顾美英,刘洪亮,李志强,等. 新疆连作棉田施用生物炭对土壤养分及微生物群落多样性的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(20):4128-4138.
- [8] 张祥,王典,姜存仓,等. 生物炭及其对酸性土壤改良的研究进展[J]. 湖北农业科学,2013,52(5):997-1000.
- [9] 胡元森,吴坤,李翠香,等. 黄瓜连作对土壤微生物区系影响 II:基于 DGGE 方法对微生物种群的变化分析[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2267-2273.
- [10] 马云华,魏珉,王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区土壤微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报,2004,15(6):1005-1008.
- [11] 徐宁,张方圆,王闯,等. 不同蔬菜轮作对设施连作黄瓜根际土壤微生态的影响[J]. 北方园艺,2017(1):48-52.
- [12] 丁艳丽,刘杰,王莹莹. 生物炭对农田土壤微生物生态的影响研究进展[J]. 应用生态学报,2013,24(11):3311-3317.
- [13] 王晓辉,郭光霞,郑瑞伦,等. 生物炭对设施退化土壤氮相关功能微生物群落丰度的影响[J]. 土壤学报,2013,50(3):624-631.
- [14] 张彩玲,陆宗芳,王永全. 环境因素对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的影响[J]. 甘肃农业科技,2008(2):5-8.
- [15] 武春成,李天来,曹霞,等. 添加生物炭对连作营养基质理化性质及黄瓜生长的影响[J]. 核农学报,2014,28(8):1534-1539.

## Effects of Different Biochar Application Rate on Improvement of Continuous Cropping Soil and Cucumber Growth

WU Chuncheng, WANG Caiyun, CAO Xia, ZHANG Shenhao, LUO Xiaofei, JIANG Tao

(College of Horticulture, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli, Hebei 066600)

**Abstract:** Cucumber was used as test materials, a pot experiment was conducted to study the effects of different biochar application rate (according to the continuous cropping soil mass ratio of 1%, 3%, 5%, 7%, 9%) on soil properties, microbial quantity and cucumber growth. The results showed that the moderate biochar could significantly reduce soil bulk density and EC value, increase field capacity, pH and rapidly-available potassium content, reduce soil fungi and fusarium oxysporum quantity, but improve bacteria quantity and B/F (bacteria/fungus) ratio, thus the cucumber root zone soil micro ecological environment was improved, promoting the cucumber growth and yield. Therefore, the biochar dosage at a level of 5% was more appropriate in this experiment by comprehensive analysis, which could be used as measures to improve continuous cropping soil in the actual production.

**Keywords:** biochar; continuous cropping soil improvement; cucumber; growth