

生物炭对砂壤土节水保肥及番茄产量的影响研究*

勾芒芒^{1,2} 屈忠义¹ 杨晓¹ 张栋梁¹

(1. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古自治区水利科学研究院, 呼和浩特 010020)

摘要: 采用室内盆栽试验定量分析方法,研究了砂壤土中施加不同含量生物炭对土壤节水保肥及提高番茄产量的影响。试验共设5个处理:不添加生物炭(CK),每1 kg干土加生物炭10 g(C10)、20 g(C20)、40 g(C40)和60 g(C60)。结果表明:施加生物炭处理有利于提高土壤肥力,其中较高施用量的处理增幅明显。与CK相比,C60处理的有机质含量增加560%;C60和C40的碱解氮含量分别增加110%和130%,速效磷含量增加410%和290%,速效钾含量增加290%和150%。随着生物炭施用量的增大土壤含水率呈现递增趋势,其中C60较CK提高170%。较高生物炭施用量可以有效增加番茄产量,C60和C40处理分别比CK提高98%和170%,其中C40处理的产量增幅最大。相关分析可知,水、肥因素对番茄产量影响显著,相关性超过80%,通过在砂壤土中施加生物炭可有效提高肥水利用效率,提高番茄产量。

关键词: 生物炭 节水 保肥 番茄产量 砂壤土

中图分类号: S156.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)01-0137-06

引言

内蒙古干旱半干旱地区是我国水资源匮乏、水土流失比较严重的区域。砂壤土是这个地区主要的土壤类型,其持水性差、土壤肥力贫瘠等缺点制约着当地农业的发展^[1-3]。长期以来,为了单纯提高作物产量,大量的化肥施用致使土壤板结,耕地质量下降;同时,较低的作物利用率导致大量的肥料渗流、淋洗,造成地下水面源污染,严重影响农业土壤水环境^[4]。近年来,随着生物炭在土壤改良和大气碳汇等方面的研究应用^[5-7],在农业土壤中施加生物炭可能是解决上述问题的重要途径。

生物炭是指农林废弃物等生物有机材料在缺氧或低氧条件下缓慢高温裂解获得的富含碳的有机质^[8]。生物炭主要的组分是碳、氢、氧,其中碳元素的质量分数在70%左右。由于生物炭是由许多紧密堆积且高度扭曲的芳香环片层组成,所以具有多孔性、比表面积大等特点。同时,生物炭含有的羟基、羧基、苯环等官能团赋予了其特有的强大吸附能力和较大的离子交换量,这为改良土壤、提高水肥利用效率提供了可能。

对生物炭提高土壤肥力和作物产量的报道可追溯到1879年,赫伯特·史密斯阐述了亚马逊河流域

的黑土使当地种植的甘蔗和烟草产量很高的原因是这种黑土中含有丰富的生物炭^[9]。Van等^[10-11]通过试验发现,施加生物炭(10 t/hm²)后番茄的产量增幅均已超过50%。无土栽培条件下^[12],生物炭和灰岩混合可使番茄生物量提高28.4%~228.9%,果实产量提高16.1%~25.8%;唐光木等^[13]在新疆灰漠土中添加生物炭种植玉米,结果显示施入40 t/hm²的生物炭,玉米产量提高近50%,增产效果显著。我国每年产出农业秸秆高达7亿t,生物炭技术的发展有助于实现废弃物资源化,为发展低碳经济、实现节能减排和环境保护提供技术支撑^[13-17]。利用现有资源改善土壤肥力,节约、高效利用水资源,达到农作物稳产、增产,修复农田生态环境,实现农业可持续发展,应用生物炭技术是一个新的思路。因此,本文旨在砂壤土中施加不同比例的生物炭,通过研究土壤性质以及肥水特征的变化,为进一步研究生物炭对砂壤土节水保肥机理的影响、改善土壤结构及提高作物产量等方面提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤取自呼和浩特市和林试验示范基地的

收稿日期:2013-05-03 修回日期:2013-08-06

*国家自然科学基金资助项目(41161038)、教育部留学回国人员科研启动基金资助项目((2012)940号)和内蒙古自治区科技厅2013年科技创新项目(20130425)

作者简介:勾芒芒,博士生,内蒙古自治区水利科学研究院工程师,主要从事节水灌溉与生物炭应用研究,E-mail: goumm2525@sohu.com

通讯作者:屈忠义,教授,博士生导师,主要从事区域土壤水土环境与节水灌溉理论与技术研究,E-mail: quzhongyi68@sohu.com

砂壤土。土壤的基本性质:砂粒质量分数 64.15%、粉粒 16.49%、粘粒 19.36%,土壤容重 1.39 g/cm^3 ,孔隙度 43.52%,田间持水率(体积分数)31%,pH 值 7.85,电导率 $141.8 \mu\text{S/cm}$,有机质质量比为 6.66 g/kg ,碱解氮 48.07 mg/kg ,速效磷 12.06 mg/kg ,速效钾为 146.98 mg/kg 。供试生物炭为花生壳炭,购于辽宁金和福农业开发有限公司,生物炭的主要性质:C 的质量分数为 47.17%、N 为 0.71%、H 为 3.83%、C/N 比 67.03%,pH 值 9.04,有机质质量比为 925.74 g/kg ,碱解氮为 159.15 mg/kg ,速效磷为 394.18 mg/kg ,速效钾为 783.98 mg/kg 。供试作物为番茄,品种为上海合作 918。

1.2 试验方法

采用盆栽试验方法,秧苗移栽前砂壤土和生物炭全部过 2 mm 筛,均匀混合后装入直径 24 cm、高 22 cm 的塑料桶,沉淀 7 d 后作为基质土壤。本试验土样分 5 个处理:处理 1 为对照(CK),即不添加生物炭;处理 2(C10)为每 1 kg 干土加生物炭 10 g;处理 3(C20)为每 1 kg 干土加生物炭 20 g;处理 4(C40)为每 1 kg 干土加生物炭 40 g;处理 5(C60)为每 1 kg 干土加生物炭 60 g。每个处理 3 次重复。

番茄生育期内,各处理水肥管理制度保持一致。化肥施用复合肥,其中氮质量分数 15%,有效磷质量分数 5%,黄腐酸钾质量分数 30%,有机质质量分数 10%。苗期—开花着果期施肥量 225 kg/hm^2 ,灌水量为 $1050 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;开花着果—结果盛期施肥量为 150 kg/hm^2 ,灌水量为 $1950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,结果盛期—后期施肥量为 75 kg/hm^2 ,灌水量为 $450 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。试验于 2012 年 5 月 10 日至 8 月 20 日在内蒙古农业大学日光温室内进行。

1.3 数据分析

试验数据应用 EXCEL 作图,使用 SAS 9.0 软件

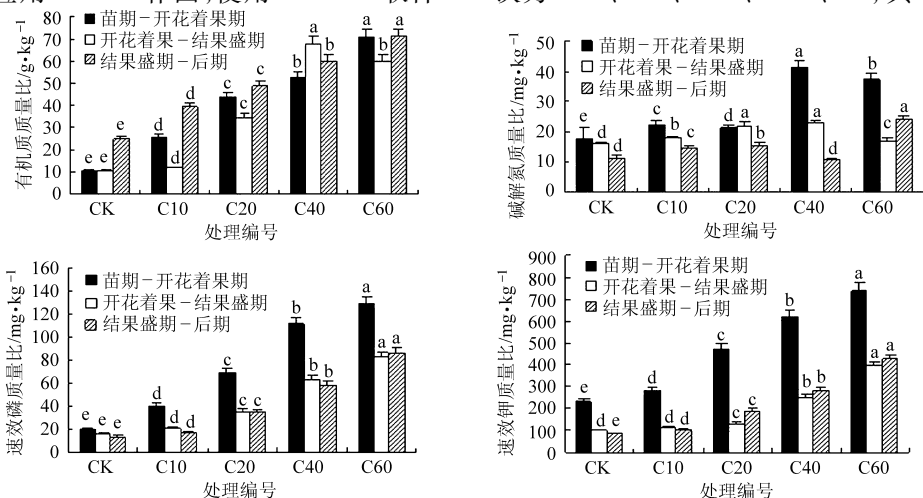


图 1 生物炭对土壤肥力的影响

Fig. 1 Effects of biochar on soil fertility

进行方差分析、相关分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 生物炭对节水保肥和番茄产量的影响

通过分析可知,施用生物炭可以有效提高砂壤土的有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的含量。由于生物炭本身有机质含量较高,施入后可增加土壤肥力;同时,生物炭具有比表面积大、多孔及吸附能力强等特点,具有很好的持水、保水性能且对化肥起到了吸附和缓释释放的作用,能够有效地改善作物的水土环境。

在苗期—开花着果期(图 1,不同字母表示差异显著),与 CK 相比,C60、C40、C20 和 C10 有机质含量分别增加 560%、390%、310% 和 140%;土壤碱解氮含量从大到小依次为 C40、C60、C10、C20、CK,其中,C40 和 C60 增幅分别为 130% 和 110%;生物炭处理的土壤速效磷和速效钾含量均高于对照,并随着含炭量的增加而提高,较大施炭量(C60、C40)增幅效果明显,C60 和 C40 速效磷增幅均超过 500%,速效钾增幅均超过 300%;与 CK 相比施入生物炭的各处理土壤 pH 值呈现下降趋势,其中 C20 处理差异明显,比 CK 降低 5% (图 2)。

在开花着果—结果盛期(图 1),与 CK 相比,C40 有机质和碱解氮含量增幅最大,分别为 560% 和 140%。土壤中速效磷和速效钾的含量随生物炭含量的增加而提高,其中 C60、C40 速效磷的含量增幅为 410% 和 290%,速效钾增幅为 290% 和 150%。各处理的土壤 pH 值差异不明显(图 2)。

在结果盛期—后期(图 1),C60、C40、C20 和 C10 处理的有机质含量分别比 CK 增加 190%、140%、100% 和 60%。土壤碱解氮含量从大到小依次为 C60、C20、C10、C40、CK,其中,C60 增幅为

110%。与 CK 相比,随着生物炭含量的增加土壤速效磷和速效钾含量呈递增趋势,C60、C40 处理含量明显提高,速效磷增幅均超过 300%,速效钾超过 200%。与 CK 相比,C40 土壤 pH 值略有增加,增幅为 5% (图 2)。

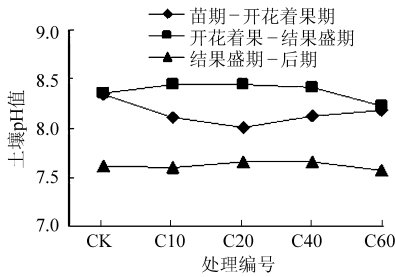


图 2 生物炭对土壤 pH 值的影响

Fig.2 Effects of biochar on soil pH value

从图 3 可知,全生育期内随着生物炭含量的增加土壤含水率呈现递增的趋势。与 CK 相比,高生物炭量对提高土壤含水率效果明显,含水率从大到小依次为 C60、C40、C20、C10、CK。各处理与对照相比,土壤含水率提高 110%、60%、30% 和 10%。图 4 表明,与 CK 相比施加生物炭处理的番茄产量显著提高,产量从大到小依次为 C40、C60、C20、C10、CK。各处理的番茄每公顷产量分别比对照增加 170%、98%、40% 和 10%。表明较高生物炭 (C60、C40) 处理能够有效增加番茄产量。

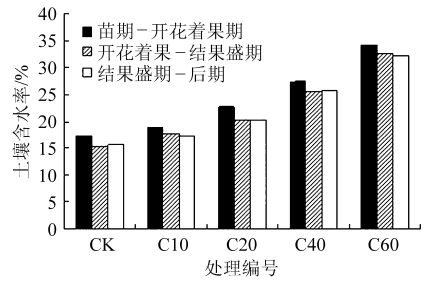


图 3 生物炭对土壤含水率的影响

Fig.3 Effects of biochar on soil moisture content

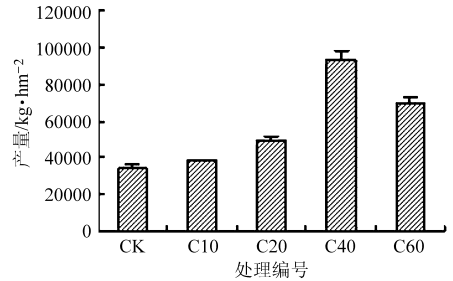


图 4 生物炭对番茄产量的影响

Fig.4 Effects of biochar on tomato yield

2.2 影响产量的各因素统计分析

2.2.1 相关分析

番茄产量受多种因素共同影响,其中与有机质质量比、碱解氮质量比、速效磷质量比、速效钾质量比和土壤含水率的相关性都超过 80%,其中速效钾最高,相关系数为 0.832 0。各影响因素之间的相关性也较高,具体相关系数分析见表 1。

表 1 产量与其影响因素的相关系数分析

Tab.1 Correlation coefficient analysis table of yield and its influence factors

	产量	有机质质量比	碱解氮质量比	速效磷质量比	速效钾质量比	pH 值	土壤含水率
有机质质量比	0.804 7 *	1					
碱解氮质量比	0.824 3 *	0.703 2	1				
速效磷质量比	0.801 3 *	0.882 9 *	0.758 8 *	1			
速效钾质量比	0.832 0 *	0.871 3 *	0.792 5 *	0.990 3 *	1		
pH 值	0.388 5	0.004 7	-0.395 8	-0.057 1	-0.000 4	1	
土壤含水率	0.807 0 *	0.910 5 *	0.763 2 *	0.990 2 *	0.967 2 *	-0.142 6	1

注: * 表示显著水平 $p < 0.05$ 。

2.2.2 主成分分析

主成分分析是设法将原来众多具有一定相关性的指标,重新组合成一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标^[18]。产量是由诸多因子决定的,每个因子从某个方面反映出对产量的影响程度是不同的。众多的影响因子之间存在着线性或非线性的相关性,使得它们提供的整体信息发生重叠,不易得出简明的规律,主成分分析就是研究如何将多指标转化为较少的综合指标问题,以此来简化数据和提高分析结果的精度和信度。本文在影响产量的 6 个因子之间进行主成分分析,结果见表 2。

表 2 主成分分析结果

Tab.2 Principal component's analysis results

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	5.432 9	67.91	67.91
2	1.863 4	23.29	91.20
3	0.455 9	5.70	96.90

由表中可以看出前 3 个主成分的累计方差贡献率超过了 95%,表明这 3 个主成分基本包含了这 6 个影响因子的所有变异信息,其中第 1 个主成分方差贡献率达到 67.91%,它综合了最多最重要的变异信息。具体表达式如下:

第 1 主成分的表达式为

$$P_1 = 0.3773x_1 + 0.3819x_2 + 0.4149x_3 + 0.4134x_4 - 0.1012x_5 + 0.1174x_6 \quad (1)$$

其中, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 分别表示有机质质量比、碱解氮质量比、速效磷质量比、速效钾质量比、pH 值、土壤含水率。 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 的系数最大, 表明第 1 主成分值大时, 有机质、碱解氮、速效磷、速效钾质量比最大, 可以称第 1 主成分为肥分因子, 表明土壤中的肥力直接影响作物产量^[19]。

第 2 主成分的表达式为

$$P_2 = 0.2812x_1 - 0.1949x_2 + 0.1309x_3 + 0.1399x_4 + 0.6172x_5 + 0.1073x_6 \quad (2)$$

其中, x_5 系数最大, 土壤 pH 值最大, 第 2 主成分可以称为土壤性质因子, 表明土壤的基本理化性质是影响产量的必要因素。

第 3 主成分的表达式为

$$P_3 = -0.3818x_1 + 0.0055x_2 + 0.1204x_3 + 0.2340x_4 + 0.0591x_5 + 0.6982x_6 \quad (3)$$

其中, x_6 系数最大, 超过了 0.6, 可以称第 3 主成分为水分因子, 表明土壤中的水分是影响产量的重要因素, 适度和有效的土壤含水率将直接影响作物产量。

3 讨论

本研究表明, 通过在砂壤土中施加生物炭可有效保持土壤中的有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量, 这与 Lehmann 等^[20] 和 Laird 等^[21] 的研究结果相吻合, 生物炭表面具有丰富的官能团和较大的比表面积, 提高了土壤阳离子交换量, 吸附更多养分离子, 避免养分流失, 有效提高土壤肥力和肥料利用效率。研究表明了施用生物炭能够显著提高砂壤土的

持水性, 这与其他相关研究成果相似, Piccolo 等^[22] 和 Laird 等^[21] 基于室内试验结果表明生物炭可以使土壤保持更多的水分, Chen 等^[23] 研究表明应用生物炭可有效提高砂壤土土壤含水率。唐光木等^[13] 在大田应用生物炭种植玉米, 施入 40 t/hm² 的生物黑炭玉米增产效果明显。Glaser 等^[11-12] 应用生物炭进行室内盆栽试验, 番茄产量增幅为 16.1% ~ 25.8%。张伟明等^[24] 研究表明, 以不同标准在砂壤土中施入生物炭 (0 g/kg、10 g/kg、20 g/kg、40 g/kg), 其中, 以每 1 kg 干土加 20 g 生物炭处理的水稻产量最高, 比对照提高了 33.21%。可见, 生物炭对作物产量的影响趋势与本研究是一致的。

4 结论

(1) 随着生物炭施用量的增加土壤含水率呈现递增的趋势。与对照 (CK) 相比, C60、C40、C20 和 C10 分别增加了 170%、98%、40% 和 10%。

(2) 施加生物炭可提高土壤肥力, 尤其在作物生长初期, 与 CK 相比, C60 处理的有机质含量增加 560%。在开花结果—结果盛期, C60、C40 速效磷的含量分别比 CK 增加 410% 和 290%, 速效钾增加 290% 和 150%。在结果盛期一后期, C60、C40 处理含量较 CK 明显提高, 速效磷增幅均超过 300%, 速效钾超过 200%。

(3) 与 CK 相比, 施加生物炭处理的番茄产量显著提高。C60、C40、C20 和 C10 处理的番茄产量分别比 CK 增加 98%、170%、40% 和 10%。其中, C40 处理的产量增幅最大, 这是比较合适的生物炭施用量。

参 考 文 献

- 易湘生, 李国胜, 尹衍雨, 等. 黄河源区草地退化对土壤持水性影响的初步研究[J]. 自然资源学报, 2012, 27(10): 1708 ~ 1719.
Yi Xiangsheng, Li Guosheng, Yin Yanyu, et al. Preliminary study for the influences of grassland degradation on soil water retention in the source region of the Yellow River[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(10): 1708 ~ 1719. (in Chinese)
- 于健, 雷廷武, Isaac Shainberg, 等. PAM 特性对砂壤土入渗及土壤侵蚀的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(1): 21 ~ 27.
Yu Jian, Lei Tingwu, Isaac Shainberg, et al. Effects of molecular weight and degree of hydrolysis of pam on infiltration and erosion of sandy soil[J]. Acta Pedologica Sinica, 2011, 48(1): 21 ~ 27. (in Chinese)
- 王燕, 郑健, 冀宏, 等. 植物混掺物对甘肃景泰砂壤土入渗过程的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(1): 63 ~ 67.
Wang Yan, Zheng Jian, Ji Hong, et al. Impacts of plant additive on the infiltration with sandy loam[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(1): 63 ~ 67. (in Chinese)
- 周志红, 李心清, 邢英, 等. 生物炭对土壤氮素淋失的抑制作用[J]. 地球与环境, 2011, 39(2): 278 ~ 284.
Zhou Zhihong, Li Xinqing, Xing Ying, et al. Effect of biochar amendment on nitrogen leaching in soil[J]. Earth and Environment, 2011, 39(2): 278 ~ 284. (in Chinese)
- 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物炭生产与农用的意义及国内外动态[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 1 ~ 7.
He Xusheng, Geng Zengchao, She Diao, et al. Implications of production and agricultural utilization of biochar and its international dynamic[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(2): 1 ~ 7. (in Chinese)
- 吴创之, 周肇秋, 阴秀丽, 等. 我国生物质能源发展现状与思考[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 91 ~ 99.
Wu Chuangzhi, Zhou Zhaoqiu, Yin Xiuli, et al. Current status of biomass energy development in China[J]. Transactions of the

- Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(1): 91 ~ 99. (in Chinese)
- 7 王典, 张祥, 姜存仓, 等. 生物质炭改良土壤及对作物效应的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 963 ~ 967.
Wang Dian, Zhang Xiang, Jiang Cuncang, et al. Biochar research advances regarding soil improvement and crop response [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(8): 963 ~ 967. (in Chinese)
- 8 Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, et al. Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers [J]. Organic Geochemistry, 1998, 29(4): 811 ~ 819.
- 9 Emma M. Black is the new green [J]. Nature, 2006, 442: 624 ~ 626.
- 10 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 Soil, 2010, 327(1 ~ 2): 235 ~ 246.
- 11 Hossain M K, Strezov V, Chan K Y, et al. Nelsona agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*) [J]. Chemosphere, 2010, 78(9): 1 167 ~ 1 171.
- 12 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(4): 219 ~ 230.
- 13 唐光木, 葛春辉, 徐万里, 等. 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): 1 797 ~ 1 802.
Tang Guangmu, Ge Chunhui, Xu Wanli, et al. Effect of applying biochar on the quality of grey desert soil and maize cropping in Xinjiang, China [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(9): 1 797 ~ 1 802. (in Chinese)
- 14 谢光辉, 王晓玉, 任兰天. 中国作物秸秆资源评估研究现状 [J]. 生物工程学报, 2010, 26(7): 855 ~ 863.
Xie Guanghui, Wang Xiaoyu, Ren Lantian. China's crop residues resources evaluation [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2010, 26(7): 855 ~ 863. (in Chinese)
- 15 董绪燕, 魏芳, 刘亮, 等. 农作物生物炼制的发展现状与展望 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 488 ~ 493.
Dong Xuyan, Wei Fang, Liu Liang, et al. Current status and expectation of whole crop biorefinery [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(7): 488 ~ 493. (in Chinese)
- 16 刘瑾, 郭建国. 生物燃料的发展现状和前景 [J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1 339 ~ 1 353.
Liu Jin, Wu Jianguo. Perspectives and prospects of biofuels [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1 339 ~ 1 353. (in Chinese)
- 17 周中仁, 吴文良. 生物质能研究现状及展望 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 12 ~ 15.
Zhou Zhongren, Wu Wenliang. Status quo and prospects of biomass energy [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(12): 12 ~ 15. (in Chinese)
- 18 孟第尧, 张先炼. 普通甜荞产量的主成分分析 [J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 1998, 27(4): 50 ~ 53.
Meng Diyao, Zhang Xianlian. Analysis of principal components of yield in common buckwheat [J]. J. of Shanghai Teachers Univ.: Natural Sciences, 1998, 27(4): 50 ~ 53. (in Chinese)
- 19 吴树彪, 崔畅, 张笑千, 等. 农田施用沼液增产提质效应及水土环境影响 [J]. 农业机械学报, 2013, 44(8): 119 ~ 125, 179.
Wu Shubiao, Cui Chang, Zhang Xiaoqian, et al. Effect of biogas slurry on yield increase, quality improvement, water and soil environment [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(8): 119 ~ 125, 179. (in Chinese)
- 20 Lehmann J, da Silva Jr J P, Steiner C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: fertilizer, manure and charcoal amendments [J]. Plant and Soil, 2003, 249(2): 343 ~ 357.
- 21 Laird D A, Fleming P, Davis D D, et al. Impact of biochar amendment on the quality of a typical midwestern agricultural soil [J]. Geoderma, 2010, 158(3 ~ 4): 443 ~ 449.
- 22 Piccolo A, Pietramellara G, Mbagwu J. Effects of coal derived humic substances on water retention and structural stability of Mediterranean soils [J]. Soil Use and Management, 1996, 12(4): 209 ~ 213.
- 23 Chen Y, Shinogi Y, Taira M. Influence of biochar use on sugarcane growth, soil parameters, and groundwater quality [J]. Aust. J. Soil Res., 2010, 48(6 ~ 7): 526 ~ 530.
- 24 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): 1 445 ~ 1 451.
Zhang Weiming, Meng Jun, Wang Jiayu, et al. Effect of biochar on root morphological and physiological characteristics and yield in rice [J]. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(8): 1 445 ~ 1 451. (in Chinese)

Study on the Effects of Biochar on Saving Water, Preserving Fertility and Tomato Yield

Gou Mangmang^{1,2} Qu Zhongyi¹ Yang Xiao¹ Zhang Dongliang¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China

2. Institute of Water Conservancy Science of Inner Mongolia Municipality, Huhhot 010020, China)

Abstract: Study on modified sandy loam soil and increased tomato yield by using biochar was conducted through the pot experiment. There were five installed treatments that sandy loam soil (CK), per kilogram sandy loam soil plus 10 g of biochar (C10), per kilogram sandy loam soil plus 20 g biochar (C20), per kilogram sandy loam soil plus 40 g of biochar (C40), and per kilogram sandy loam soil plus 60 g of biochar (C60). Results show that biochar can improve soil fertility and the effect of higher biochar application is remarkable. Compared with CK, the content of organic matter in treatment C60 increased by 560%. In treatments C60 and C40, both available N increases by 290% and 150% respectively; both available P increases by 410% and 290%, and both available K increases by 290% and 150% respectively. Soil water content in treatment C60 is 170% higher than CK. Using biochar can effectively improve tomato yield. Comparing with CK treatment, tomato yield increases 98% and 170% in treatments C60 and C40, respectively, and the largest increase is in treatment C40. Through correlation analysis, water and fertilizer are important factors affecting tomato yield, and correlation is more than 80%. In order to make full use of existing resources, reduce the use of chemical fertilizers, save water resources, improve agricultural land, water and ecological environment, application of biochar technology is a new idea.

Key words: Biochar Saving water Preserving fertility Tomato yields Sandy loam soil

(上接第 136 页)

Effect of Above-and Below-Ground Interactions on Maize/Soybean Intercropping Advantage

Lü Yue¹ Wu Pute² Chen Xiaoli³ Wang Yubao² Zhao Xining²

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Institute of Water Saving Agriculture in Arid regions of China, Yangling, Shaanxi 712100, China

3. College of Architecture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The nutrient uptake, photosynthesis and yield of different separation methods were measured to analyze resource competition from above-and below-ground interaction. The treatments included no shoot or root separation (T1), shoot and root separation (T2), root separation (T3), shoot separation (T4), sole maize (T5) and soybean (T6). The land equivalent ratios of grain yield and biomass were 1.23 and 1.20 for T1, 0.97 and 0.91 for T2, 1.01 and 1.02 for T3, 1.10 and 1.08 for T4, respectively. Competitiveness of maize relative to soybean was 0.79 for T1, -0.08 for T2, 0.14 for T3 and 0.39 for T4, respectively. The nutrient competitive ratios of maize relative to soybean were 1.63, 1.92 and 1.50 for T1; 1.05, 1.03 and 1.06 for T2; 1.28, 1.32 and 1.27 for T3; 1.47, 1.43 and 1.36 for T4, respectively. Except the jointing stage, the P_n , T_r , G_s and C_i of maize were the highest for T1; and the values for T4 were the second; and the values for T2 and T3 were remarkable lower than that for T1. Except the branching stage, the parameters of soybean were the lowest for T1, and the values for T2 and T3 were significantly higher than that for T1. In summary, as for maize/soybean intercropping advantages, the interactions of above- and below-ground parts was greater than that under the action of a single factor, and there was greater role from below-ground part than above-ground part.

Key words: Maize/soybean intercropping Shoot interaction Root interaction