

生物质炭基肥对玉米生长发育及产量的影响

王 粟,张 楠,钟 鹏,史风梅,裴占江,刘 杰,孙 彬

(黑龙江省农业科学院 农村能源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进作物生长,提高土壤保水保肥能力和肥料利用率,采用生物质炭与化肥配合制备生物质炭基肥,以常规施肥为对照,通过田间多重比较试验,研究不同处理的生物质炭基肥对玉米生长发育及产量的影响。结果表明:施用生物质炭基肥可有效促进玉米的生长发育,缩短生育周期,改善玉米产量性状,进而达到增加产量的目的。其中,A5处理试验效果最佳,生育周期缩短了7 d、株高增加9.0 cm、穗位高度提升2.6 cm、穗长增加0.7 cm、行粒数增加2.2粒、百粒重增加4.0 g、玉米产量达14 924 kg·hm⁻²,增产率为8.48%。

关键词:生物质炭基肥;玉米;生长发育;产量

中图分类号:S513.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)03-0041-04 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2017.03.0041

黑龙江省是我国农业大省,玉米作为全省最主要的粮食作物,2015年产量已达3 486万t,占全省粮食产量的55%。但长期以来,化肥的大量施用带来玉米粮食高产的同时,土壤性质恶化,环境污染问题也愈加严重^[1-3]。大量施用化肥会引起土壤的酸化和板结^[4],破坏土壤结构^[5],降低土壤肥力^[6],还可能造成土壤重金属、有机污染物及放射性物质的污染,从而影响作物生长^[7],甚至危害人类健康。所以,科学合理施用肥料,改善土壤环境,提高土壤肥力,对保证我国粮食安全和农业可持续发展,都具有重要意义。

生物质炭基肥,即以生物炭作为肥料增效载

体,在有效缓解肥料养分在土壤中释放速率、降低养分淋洗损失、提高肥料利用率的同时^[8],还可有效利用秸秆、畜禽粪便等农业废弃物,改善土壤环境,降低常规肥料或生物质炭单独施肥的投入成本^[9]。已有研究表明,施用生物质炭基肥可快速提升土壤稳定性碳库,改善土壤质量和提升作物生产力^[10-11];对玉米的研究结果显示,施用生物质炭基肥对提高玉米籽粒产量效果明显,增产率在5%以上,土壤有机碳增加了44.93%,土壤含水率增加了40%左右^[12-13];李大伟等研究了生物质炭基肥对蔬菜产量和品质的影响,番茄等蔬菜产量提高近20%,氮素利用率提高了200%以上^[14];乔志刚等,研究了对水稻生长的影响,成穗率提高14.6%,氮素吸收率提高10%^[15]。

本文选用以稻壳原料制备的生物质炭基肥,田间统一管理,通过小区试验,研究不同处理的生物质炭基肥对玉米生长发育、产量及其性状的影响,得到生物质炭基肥施用的适宜比例,以期为黑龙江省玉米生产,及生物质炭基肥的应用推广提供技术支撑和科学依据。

收稿日期:2017-02-07

基金项目:2016年基层农技推广项目体系改革与建设补助资助项目;哈尔滨市科技创新人才资助项目(2016 RAQYJ070);黑龙江省青年科学基金资助项目(QC 2014C031)

第一作者简介:王粟(1984-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,助理研究员,从事可再生能源利用研究。E-mail: wang-su1688@126.com。

通讯作者:孙彬(1972-),男,黑龙江省延寿县人,硕士,副研究员,从事土壤肥料研究。E-mail: sunbina1000@126.com。

Abstract: In order to promote the standardization production of *Zephyranthes grandiflora*, ecological soilless cultivation substrates were screened out by comparing the effect of 5 recipes of organic wastes on the soluble protein of *Zephyranthes grandiflora* and the urease activities of soil. The cultivation matrix were the combinations of dregs of a decoction, mushroom compost, straw, cow dung and wormcast. The results showed that the content of soluble protein in *Zephyranthes grandiflora* leaf and soil urease activity were first reduced after rised, which was consistent with the growth of plants. The trend of soluble protein content of *Zephyranthes grandiflora* and the soil urease activity in the five recipes of organic wastes were exhibited adding cow dung or wormcast organic ecological soil>single adding cow dung or wormcast garden soil>normal garden soil.

Keywords: organic wastes; the leek orchid(*Zephyranthes grandiflora*); soluble protein; urease

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米品种鑫鑫 1 号由黑龙江省龙科种业公司提供。试验地点位于黑龙江省哈尔滨市兰西县榆林镇,土壤类型为黑土,基本理化性质见表 1。

供试生物质炭基肥料采用水稻稻壳,在 400 ℃乏氧条件下炭化所得,并利用褐煤、氯化钾(K₂O含量 60%,俄罗斯生产)、尿素(N 含量 46%,鲁西化工公司生产)、磷酸二铵(N 含量 18%、P₂O₅含量 46%,四川翁福集团公司生产),以及微量元素,调节生物质炭基肥料中氮—磷—钾元素的比例,使其分别达到 25%-10%-10%。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用随机区组设计,每个小区面积为 42 m²,共设 6 组处理,分别为施加生物质炭基肥 150 (A1)、300 (A2)、450 (A3)、600(A4)、750(A5)、900 kg·hm⁻² (A6),另设常规对照 1 组(A),施加常规化肥 750 kg·hm⁻²,氮—磷—钾元素比例同样为 25%-10%-10%。每个处理设 3 次重复。

各处理统一于 4 月 25 日播种,供试肥料均作

基肥,一次性施入耕层,于玉米生长大喇叭口期,所有处理均追施尿素 150 kg·hm⁻²。

1.2.2 测定项目及方法 监测玉米生长发育物候期:通过对玉米生育进程的监测,记录玉米达到各生长时期的时间;在玉米成熟期,分别测定不同处理下的株高、穗位、茎粗、穗长、穗粗、秃尖、穗行数、行粒数、百粒重等产量因子;采用田间调查和室内考种相结合,全区测产,计算增产率。

1.2.3 数据统计分析 数据采用 Excel 2007 和 SPSS 22.0 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 生物质炭基肥对玉米生长发育的影响

由表 2 可知,生物质炭基肥能够促进玉米的生长发育,与常规施肥处理(A)相比,施加生物质炭基肥各处理(A1~A6),出苗期均提前 3 d,拔节期提前 1~2 d,大喇叭口期提前了 3~7 d,抽雄期提前 2~5 d,灌浆期提前 12~15 d,缩短生育周期 2~7 d。其中,处理 A5 效果最好,生育周期缩短了 7 d。同时,各试验处理灌浆期至成熟期与常规对照组相比,延长了 5~10 d,较长的灌浆期有助于增加颗粒干物质含量,从而提高玉米产量。

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 Physical and chemical characters of tested soil

全 N/ (g·kg ⁻¹) Total N	全 P/ (g·kg ⁻¹) Total P	全 K/ (g·kg ⁻¹) Total K	速效 N/ (mg·kg ⁻¹) Available N	速效 P / (mg·kg ⁻¹) Available P	速效 K/ (mg·kg ⁻¹) Available K	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	pH
1. 65	35. 2	26. 4	207. 4	86. 3	187. 6	39. 6	6. 51

表 2 不同处理对玉米生育进程的影响(月-日)

Table 2 Effect of different treatments on maize growth process

处理 Treatment	播种期 Seeding period	出苗期 Seedling period	拔节期 Jointing period	大喇叭口期 Huge bellbottom period	抽雄期 Tasseling period	灌浆期 Filling period	成熟期 Maturity period
A	04-25	05-08	07-03	07-18	07-21	08-10	09-18
A1	04-25	05-05	07-02	07-15	07-19	07-29	09-12
A2	04-25	05-05	07-01	07-12	07-18	07-28	09-12
A3	04-25	05-05	07-01	07-12	07-18	07-28	09-14
A4	04-25	05-05	07-01	07-11	07-16	07-28	09-13
A5	04-25	05-05	07-01	07-11	07-16	07-26	09-11
A6	04-25	05-05	07-01	07-12	07-18	07-29	09-16

2.2 生物质炭基肥对玉米主要产量性状的影响

通过对玉米生育期各产量影响因子的监测调查(见表3)结果表明,施入一定量的生物质炭基肥能够明显促进玉米的生长,达到增加产量的效果。但相对于常规处理组A,不同试验处理对玉米产量性状影响仍有所差异,其中,处理A4、A5、A6对玉米植物学和经济性状影响均优于常规对照处理,出苗整齐、健壮。而处理A5产量性状表现最佳,株高增加了9.0 cm,穗位高度提升2.6 cm,茎粗增加0.08 cm,穗长增加0.7 cm,穗粗增加0.05 cm,秃尖减少0.33 cm,行粒数增加2.2粒,百粒重增加4 g,这些指标的增长决定着

玉米产量的提高。

2.3 生物质炭基肥对玉米产量的影响

玉米成熟后的小区测产结果表明(见表4),随着生物质炭基肥施入量的增加,玉米产量也逐渐提高,当施入量达到A3(450 kg·hm⁻²)处理时,平均玉米产量明显高于常规对照组A的57.75 kg,增产率达3.84%;其次为A6、A4处理,折合单产量分别达14 674 kg·hm⁻²和14 774 kg·hm⁻²,增产率为6.69%和7.42%;当生物质炭基肥施入量达A5处理(750 kg·hm⁻²),玉米产量最高,产量达到14 924 kg·hm⁻²,增产量达1 167 kg·hm⁻²,增产率为8.48%。

表3 不同处理对玉米主要产量性状的影响

Table 3 Effect of different treatments on maize yield component traits

处理 Treatments	株高/cm Plant height	穗位高/cm Ear height	茎粗/cm Stem diameter	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear width	秃尖/cm Bald tip	穗行数 Ear rows	行粒数 Line grain number	百粒重/g 100-grain weight
A	262.0	115.5	2.42	23.4	5.44	1.65	16	36.6	38
A1	261.0	115.8	2.40	23.7	5.42	1.70	16	36.7	39
A2	269.2	115.3	2.41	23.1	5.45	1.63	16	36.7	40
A3	269.5	117.6	2.43	23.1	5.47	1.43	16	37.5	40
A4	270.4	118.4	2.48	23.9	5.49	1.41	16	38.1	41
A5	271.0	118.1	2.50	24.1	5.49	1.32	16	38.8	42
A6	271.5	118.3	2.47	23.8	5.47	1.54	16	38.4	40

表4 不同处理对玉米产量的影响

Table 4 Effect of different treatments on maize yield and the variance analysis

处理 Treatments	小区平均 产量/kg Plot average yield	折合单产/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产率/% Increase production rate
A	57.75 aA	13757	
A1	56.28 aAB	13407	-350
A2	57.33 aAB	13657	-100
A3	59.92 abABC	14274	517
A4	62.02 bcBC	14774	1017
A5	62.65 bcBC	14924	1167
A6	61.60 cC	14674	917

由表4可知,施加生物质炭基肥对玉米产量影响较大。其中,A4~A6处理与常规施肥对照处理A在0.05和0.01水平上均达到显著差异。

3 结论与讨论

利用生物质炭与化肥配合使用,以常规施肥为对照,通过田间多重比较试验,系统研究了生物质炭基肥对黑龙江省玉米生产的影响及其应用效果。结果表明,施用生物质炭基肥可有效促进玉米的生长发育,改善玉米产量性状,并提高产量。

施加生物质炭基肥有效促进了玉米的生长发育,与常规施肥对照相比,各处理组的玉米生长出苗期、拔节期、大喇叭口、抽雄期与灌浆期均有所提前,而灌浆期则延长了5~10 d,更有助于增加玉米颗粒的干物质含量,最终玉米整个生育周期可缩短2~7 d。其中A5处理效果最好,生育周期缩短了7 d。

另外,由于生物质炭基肥不同处理的施加量

不同大小写字母分别表示在0.01和0.05水平差异显著性。
The different capital letters and lowercases mean significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

存在一定差异,在玉米产量性状和产量方面,与常规施肥对照相比($750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),A1($150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)、A2($300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)和 A3($450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)处理的穗位高、穗长、茎粗和秃尖等产量性状没有显著优势,且 A1 和 A2 处理玉米产量存在 2.54% 和 0.74% 的小幅减产。但是当生物质炭基肥用量达到 $600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (A4)、 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (A5)、 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (A6)时,玉米增产率均达 5% 以上,其中 A5 处理玉米产量达 $14\,924 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,增产率为 8.48%。

生物质炭基肥可有效缓解肥料养分在土壤中的释放速率、提高肥料利用率,促进作物生长发育,提高作物产量,经济效益十分显著;同时生物质炭基肥的生产应用,是对农业废弃物的有效利用途径,还可以有效保护和改善土壤环境,具有良好的环境效益。尽管我国生物质炭基肥的应用与研究起步较晚,但随着研究与开发的不断深入,加之其具备的良好社会、环境和经济效益,生物质炭基肥将得到更为广泛的认可和大面积的应用推广。

参考文献:

- [1] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968): 1008.
- [2] 曲贵伟. 生物有机肥料对土壤物理性质及玉米产量影响的试验初报[J]. 丹东纺专学报, 2004, 11(2): 45-47.
- [3] 奚振邦, 黄培钟, 段继贤. 现代化学肥料学[M]. 北京: 中国

农业出版社, 2013.

- [4] 赵其国. 中国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [5] 孙铁珩, 周启星, 李培军. 污染生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008(5): 778-783.
- [7] 徐瑞薇, 蒋德勤, 钱文恒, 等. 磷肥污染事故及磷肥忠三氯乙醚、三氯乙酸限量量的研究[J]. 环境科学丛刊, 1988, 9(6): 1-43.
- [8] Day D, Evans R J, Lee J W, et al. Valuable and stable carbon co-product from fossil fuel exhaust scrubbing[J]. Preprint Papers-American Chemical Society, Division of Petroleum Chemistry, 2004, 49(1): 352-355.
- [9] 钱力. 生物质炭基肥料的试验与改性探索[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [10] 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.
- [11] Lehmann J. A handful of carbon[J]. Nature, 2007, 447(10): 143-144.
- [12] 李晓. 施用生物质炭及炭基肥对温室气体排放、玉米生长及土壤性质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [13] 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.
- [14] 李大伟, 周加顺, 潘根兴, 等. 生物质炭基肥施用对蔬菜产量和品质以及氮素农学利用率的影响[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(3): 433-440.
- [15] 乔志刚, 陈琳, 李恋卿, 等. 生物质炭基肥对水稻生长及氮素利用率的影响[J]. 中国农业学报, 2014, 30(5): 175-180.

Effects of Biochar Base Fertilizers on Maize Growth and Yield

WANG Su, ZHANG Nan, ZHONG Peng, SHI Feng-mei, PEI Zhan-jiang, LIU Jie, SUN Bin
(Rural Energy Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: The biochar base fertilizers were prepared with chemical fertilizer and biochar to promote the growth of plant, improve the efficiency of the fertilizer and enhance the ability of water and nutrient conservation. Comparing to routine fertilization, the effects of biochar base fertilizers with different treatments on the growth and yield of maize were studied in plot experiments. The results showed that the biochar base fertilizers could promote the growth, shorten the growth cycle, better the yield characters and increase the yield of maize. The effects of A5 were the best of all traits. For A5 trait, the growth cycle was shortened by 7 days. The plant height, ear position height, ear length, kernel numbers per row and 100-grain weight of maize increased by 9.0 cm, 2.6 cm, 0.7 cm, 2.2 and 4.0 g, respectively. The yield of maize attained $14\,924 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, which increased by 8.48%.

Keywords: biochar base fertilizers; maize; growth; yield