

生物炭对玉米茎秆性状及产量的影响

唐春双, 杨克军*, 李佐同*, 王智慧, 赵长江, 王玉凤, 张翼飞, 徐晶宇, 王聪, 付健, 张发明, 杨系玲, 张文超, 张静, 陈天宇, 吴琼, 张鹏飞, 范博文
(寒地作物种质改良与栽培重点实验室/黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要: 通过田间试验研究了生物炭不同施用量 (0、10、20、40、80 t/hm²) 对玉米茎秆中的钾含量、茎秆形态特征、茎秆质量性状及产量的影响。结果表明: 土壤中施加生物炭能够促进玉米茎秆各节的钾含量, 并且生物炭的施入矮化了蜡熟期玉米茎基部3~5节的节间长, 增大了玉米茎粗, 增强了茎秆弹力和茎秆外皮穿刺力, 增加了茎秆干物质积累, 使茎秆粗壮、坚韧。随着生物炭施用量增加对玉米茎秆钾含量、茎秆性状及产量的影响均表现出先增大后降低的趋势。施炭量40 t/hm²为最优施用量, 产量达13 261 kg/hm², 较对照提高了25.99%。当施炭量为80 t/hm²时茎秆中的钾含量、茎秆形态特征、茎秆质量性状及产量的提高幅度略有下降。

关键词: 生物炭; 玉米; 茎秆性状; 产量

中图分类号: S147.5; S158.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2016) 03-0093-06

生物炭 (Biochar) 是指生物质在缺氧或少氧的情况下高温热裂解产生的一类高度芳香化、稳定性强的固态物质^[1-2]。生物炭主要由碳、氢、氧、氮、灰分组成, 灰分中钾含量较高, 在土壤中以可溶态形式存在, 易被作物吸收利用^[3]。生物炭还具有较大的比表面积和多孔隙结构^[4]。可作为土壤改良剂, 提高土壤质量, 促进作物生长, 增加生物量, 提高作物产量及品质^[5]。

茎是玉米生长重要的营养器官之一, 不仅是玉米的生长支柱, 更是其体内水分、养分、光合产物的输导系统, 对植株生长及产量形成十分重要。影响玉米茎秆特性的因素包括: 茎秆形态特征和茎秆质量性状。茎秆形态特征主要指茎粗、茎秆节间长度、株高等; 茎秆质量性状主要指茎秆弹力、茎秆外皮穿刺强度等。国内外对生物炭的研究主要集中在

在改良土壤性质及提高作物产量、品质等方面。然而生物炭对玉米茎秆中钾的积累及茎秆特性影响的研究还鲜有报道。因此本文探讨生物炭不同施用量对玉米茎秆中钾含量、茎秆形态特征、茎秆质量性状及产量等方面的变化规律, 旨在为生物炭的更深入研究及农业生产上的应用提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 试验条件

试验于2014年在黑龙江八一农垦大学农学院试验基地进行。供试土壤性质为pH值7.84, 有机质27.59 g/kg、碱解氮120 mg/kg、有效磷(P) 12.25 mg/kg、速效钾(K) 132.93 mg/kg。供试材料生物炭为玉米秸秆炭, 基本理化性质为pH值7.94, 含碳(C) 44.06%、氮(N) 1.53%、磷(P) 0.78%、钾(K) 1.68%。

1.2 试验设计

供试玉米品种为郑单958。试验采用随机区组设计, 设5个不同生物炭施用量处理, 分别为10 t/hm² (C10)、20 t/hm² (C20)、40 t/hm² (C40)、80 t/hm² (C80) 及不施炭对照CK (C0)。每个处理3次重复, 共15个处理。每小区6行, 行长15 m, 行距0.65 m, 面积58.5 m²。种植密度7.5万株/hm²。区组两边各设4行保护行。施肥总量360 kg/hm², 所用肥料为尿素(N 46%), 磷酸二铵(P₂O₅ 46%), 硫酸钾(K₂O 50%), 氮磷钾比例

收稿日期: 2015-08-08; 最后修订日期: 2015-09-26

基金项目: 黑龙江省应用技术与开发计划项目 (GZ13B018); 大庆市创新能力建设项目 (SJH-2013-35); 大庆市指导性科技计划项目 (szdfy-2015-18); 黑龙江八一农垦大学研究生创新项目 (YJSCX2015-Y04); 国家科技支撑计划 (2015BAD23B05-04; 2013BAD07B01-02); 农垦总局科技公关课题 (HNK125B-07-12)。
作者简介: 唐春双 (1990-), 男, 黑龙江省富裕县人, 在读硕士, 研究方向为玉米高产理论与技术, E-mail: 15045877376@139.com。

通讯作者: 杨克军, E-mail: byndykj@163.com; 李佐同, E-mail: lxx6401999@163.com。

为 1.5:1:0.7, 其中 60% 尿素用做底肥, 40% 尿素在大喇叭口期作为追肥施入。按照常规大田试验进行田间管理。

1.3 测定项目与方法

于玉米蜡熟期取 5 株植株测定株高, 带回室内测定茎秆第 3~9 节的节间长度及茎粗。将茎秆测定鲜重后装袋, 用烘箱于 105℃ 条件下杀青 30 min 后, 80℃ 烘干至恒重, 以测定植株茎秆干重。茎秆全钾含量采用 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮, 用 AFG 型原子吸收分光光度计测定。茎秆弹力测定: 取植株剥除叶鞘, 将茎秆置于 YYD-I 型茎秆强度测定仪上, 并把测定弹力的压头与茎秆垂直匀速加压, 茎秆强度测定仪上显示的峰值即为玉米茎秆节间弹力。茎秆外皮穿刺强度测定: 用 YYD-I 型茎秆强度测定仪, 将 1 mm² 的测头在茎节中间垂直于茎秆方向匀速缓慢插入, 读取茎秆节间穿刺强度值。成熟期每小区实收考种并测产。

1.4 数据分析

采用 Excel 和 Spss21.0 对数据进行统计与分析。用 Duncan 新复极差法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施炭量对玉米茎秆各节钾含量的影响

由图 1 可知, 生物炭不同施用量对玉米茎秆钾含量均有不同程度促进作用, 随着施炭量的增加茎秆钾含量呈先增加后降低的趋势。生物炭对玉米茎秆各节钾的积累都有一定促进, 尤其茎秆基部第 3~6 节施入生物炭较未施炭对照 (CK) 茎秆各节钾含量大幅增加, 其中第 3 节 C10、C20、C40、C80 处理较对照分别增加了 33.28%、67.35%、69.99%、66.28%。

2.2 不同施炭量对玉米株高的影响

由图 2 可知, 不同施炭量对玉米株高均有促进

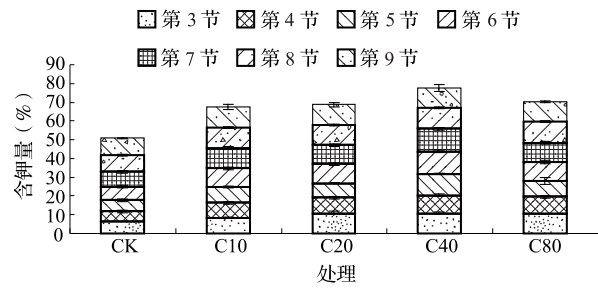


图 1 不同施炭量对玉米茎秆各节钾含量的影响

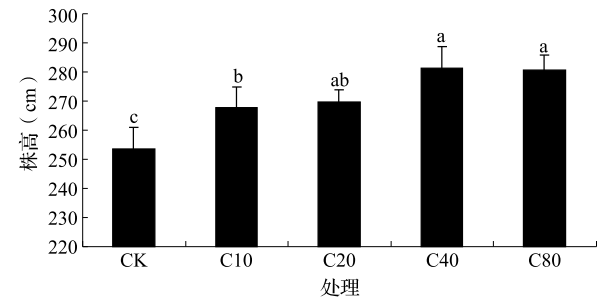


图 2 不同施炭量对玉米株高的影响

注: 不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平, 下同。

作用, 且随着生物炭施用量的增加玉米株高呈增加趋势。C10、C20、C40、C80 处理显著高于对照, 分别提高了 5.67%、6.35%、10.94%、10.78%。但 C20、C40、C80 处理间株高无显著性差异, 由此可见, 施入生物炭对玉米株高有一定的促进作用, 不同施用量对株高的影响不尽相同。

2.3 不同施炭量对玉米茎粗的影响

由表 1 可知, 施入生物炭对玉米茎秆各节茎粗均有促进作用, 且随着生物炭施用量的增加呈先增大后略下降的趋势。C10 处理对玉米茎秆各节茎粗均略有促进但差异不显著。C20 和 C40 处理各节茎粗均显著高于对照, 其中对第 3 节和第 4 节茎粗的影响分别提高了 11.40%、15.05% 和 13.61%、16.47%。C80 处理对玉米茎秆各节直径有促进作用, 但与对照相比差异不显著。

表 1 不同施炭量对玉米茎粗的影响

(mm)

处理	第 3 节	第 4 节	第 5 节	第 6 节	第 7 节	第 8 节	第 9 节
CK	27.37 ± 1.56b	25.93 ± 1.00b	24.73 ± 0.96c	24.13 ± 0.59c	22.95 ± 0.17b	21.70 ± 0.51b	18.99 ± 0.40c
C10	28.61 ± 0.94ab	27.58 ± 1.35ab	26.05 ± 1.09bc	24.74 ± 0.80bc	23.18 ± 0.91b	21.78 ± 0.90b	20.52 ± 1.49bc
C20	30.49 ± 1.45a	29.46 ± 0.93a	27.71 ± 0.60ab	26.96 ± 0.63a	25.64 ± 0.21a	24.79 ± 0.93a	22.45 ± 0.17ab
C40	31.49 ± 1.30a	30.20 ± 1.44a	28.50 ± 0.98a	28.12 ± 1.41a	26.40 ± 0.78a	25.80 ± 0.99a	23.44 ± 0.78a
C80	29.84 ± 1.33ab	28.80 ± 1.58ab	27.42 ± 1.50ab	26.54 ± 1.56ab	25.42 ± 1.46ab	24.49 ± 0.68ab	22.14 ± 1.61ab

注: 同列数据不同字母表示差异达到 0.05 显著水平, 下同。

2.4 不同施炭量对玉米茎秆节间长度的影响

由表 2 可知, 不同施炭量对玉米茎秆基部第 3

节至第 5 节节间长均有矮化作用, 但各处理间无显著性差异。且仅 C40 处理对玉米茎秆第 6 节节间长

仍表现显著的矮化作用。C10、C20、C80 处理对玉米茎秆节间长的影响从第 6 节开始出现增长趋势,且这种促进作用持续至玉米茎秆第 9 节节间长,但各处理促进程度不尽相同,其中, C80 处理较对照

显著提高了玉米茎秆第 7~9 节节间长度。C40 处理对玉米茎秆节间长增长在第 7~9 节,且表现出显著促进作用。

表 2 不同施炭量对玉米茎秆节间长的影响

(cm)

处理	第 3 节	第 4 节	第 5 节	第 6 节	第 7 节	第 8 节	第 9 节
CK	8.73 ± 0.06a	11.47 ± 0.12a	12.67 ± 0.25a	13.43 ± 0.25a	14.60 ± 0.10b	16.63 ± 0.23b	16.66 ± 0.15b
C10	8.23 ± 0.25c	11.03 ± 0.15ab	11.86 ± 0.42b	13.57 ± 0.12a	14.76 ± 0.15ab	16.90 ± 0.30ab	16.96 ± 0.15b
C20	8.26 ± 0.25bc	10.67 ± 0.15b	12.16 ± 0.40ab	13.58 ± 0.19a	14.50 ± 0.10b	17.00 ± 0.10ab	18.03 ± 0.55a
C40	8.57 ± 0.06ab	11.07 ± 0.40ab	12.20 ± 0.20ab	12.93 ± 0.29b	14.90 ± 0.10a	17.23 ± 0.21a	18.50 ± 0.30a
C80	8.50 ± 0.10abc	11.20 ± 0.26a	12.40 ± 0.20ab	13.50 ± 0.20a	14.93 ± 0.23a	17.13 ± 0.12a	18.06 ± 0.15a

2.5 不同施炭量对玉米茎秆弹力的影响

由表 3 可知, C10、C20、C40、C80 处理对玉米茎秆弹力的影响均有显著促进作用,且随着节位的上升,茎秆弹力呈下降趋势。不同处理对同一节位的作用均表现为 C40 处理玉米茎秆弹力最大,分别比对照增加了 37.69% (第 3 节)、

53.27% (第 4 节)、67.88% (第 5 节)、44.65% (第 6 节)、76.67% (第 7 节)、95.31% (第 8 节)、61.90% (第 9 节)。施入生物炭不仅能够提高玉米茎秆的弹力强度,而且随着节位的增加能够减缓各节间弹力值下降幅度,提高植株茎秆的坚韧性。

表 3 不同施炭量对玉米茎秆弹力的影响

(kg)

处理	第 3 节	第 4 节	第 5 节	第 6 节	第 7 节	第 8 节	第 9 节
CK	37.91 ± 1.29c	28.78 ± 1.13d	20.86 ± 0.95e	17.58 ± 1.18c	12.26 ± 0.40c	7.67 ± 0.95c	5.80 ± 0.52b
C10	47.37 ± 1.04b	38.29 ± 0.28c	26.92 ± 0.90d	25.85 ± 0.23a	19.26 ± 0.35b	11.53 ± 1.08b	8.40 ± 0.26a
C20	47.56 ± 0.73b	41.78 ± 0.93b	32.50 ± 1.39b	25.44 ± 1.23ab	21.60 ± 0.79a	14.10 ± 0.85a	9.41 ± 0.49a
C40	52.20 ± 0.40a	44.11 ± 1.35a	35.02 ± 0.63a	25.43 ± 1.30ab	21.66 ± 0.54a	14.98 ± 0.88a	9.39 ± 0.20a
C80	46.05 ± 0.76b	39.22 ± 0.11c	29.60 ± 1.68c	23.74 ± 0.90b	18.85 ± 1.25b	14.05 ± 1.20a	8.19 ± 1.23a

2.6 不同施炭量对玉米茎秆外皮穿刺强度的影响

由表 4 可知,同一处理对玉米茎秆不同节位外皮穿刺力的影响均表现为随着节位的升高穿刺强度下降。生物炭不同施用量对玉米茎秆外皮穿刺强度均有不同程度的促进作用。C10、C20、C80 处理与对照比较各节茎秆外皮穿刺强度虽有所增大但均无

显著性差异。仅 C40 处理在第 3~5 节较对照和 C10 处理对玉米茎秆外皮穿刺强度有显著促进作用,分别提高了 17.04%、17.54%、24.52% 和 13.68%、14.80%、19.48%。这表明土壤中适量施入生物炭显著改善茎秆基部 3~5 节的力学特性,但对茎秆中上部位影响较弱。

表 4 不同施炭量对玉米茎秆外皮穿刺强度的影响

(kg/mm²)

处理	第 3 节	第 4 节	第 5 节	第 6 节	第 7 节	第 8 节	第 9 节
CK	11.15 ± 0.67b	10.89 ± 0.20c	9.95 ± 0.77b	8.43 ± 0.36a	7.53 ± 0.86a	7.24 ± 0.59a	6.88 ± 0.74a
C10	11.48 ± 0.94b	11.15 ± 0.99bc	10.37 ± 1.07b	8.53 ± 0.24a	7.56 ± 0.43a	7.36 ± 0.88a	6.98 ± 0.65a
C20	12.43 ± 0.25ab	12.21 ± 0.04ab	11.39 ± 1.00ab	8.82 ± 0.54a	8.23 ± 0.38a	7.81 ± 0.24a	7.42 ± 0.35a
C40	13.05 ± 0.59a	12.80 ± 0.74a	12.39 ± 0.40a	9.12 ± 0.74a	8.41 ± 0.51a	7.88 ± 0.76a	7.49 ± 0.46a
C80	11.55 ± 0.73ab	12.18 ± 0.29ab	11.68 ± 0.21ab	8.45 ± 0.25a	7.77 ± 0.37a	7.28 ± 1.06a	6.93 ± 0.75a

2.7 不同施炭量对玉米茎秆干物质积累的影响

由图3可知,生物炭不同施用量对玉米茎秆干物质积累均有促进作用。C40处理植株干物质积累最为明显,较对照提高了30.41%。其次是C20、C80、C10处理,分别较对照提高了22.73%、22.03%、18.39%。

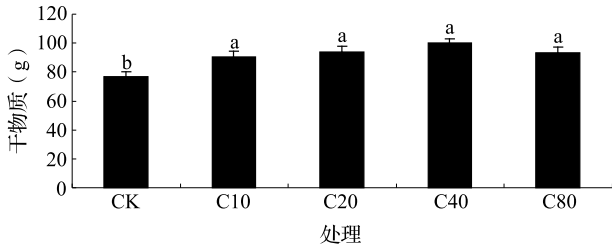


图3 不同施炭量对玉米茎秆干物质积累的影响

2.8 不同施炭量对玉米产量的影响

由图4可知,生物炭不同施用量对玉米产量均有促进作用。C40处理增产效果最好,产量为13261 kg/hm²,较对照提高了25.99%。C80、C20处理也显著提高了玉米产量,分别较对照提高了22.39%、16.78%,但二者无显著性差异。

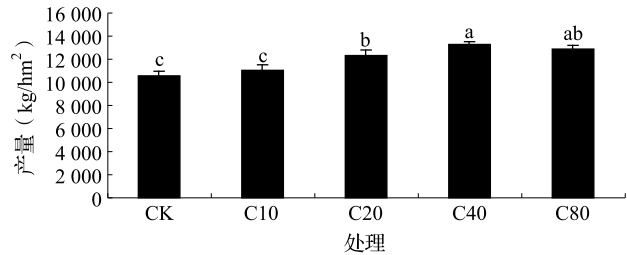


图4 不同施炭量对玉米产量的影响

2.9 不同施炭量下玉米茎秆中钾含量与产量及茎秆相关性状的相关性分析

将玉米茎秆钾含量、茎秆形态特征、茎秆质量性状与产量进行相关性分析。结果表明,茎秆钾含量、茎秆力学特征与产量的关系因节间而不同。玉米茎秆力学性质以基部节第3节相关性最强,茎秆钾含量在第3节中差异最为显著。如表5所示,以茎秆第3节作相关性分析,产量与茎秆干物质积累、茎秆钾含量、茎粗、株高、茎秆弹力呈极显著正相关,与茎秆穿刺力呈显著正相关,而与茎秆节间长呈负相关,这说明玉米茎秆株高、干物质积累、弹力、茎粗、茎秆钾含量都是影响产量的重要因素。

表5 不同施炭量玉米茎秆钾含量与产量及茎秆相关性状的相关性分析

	钾含量	产量	株高	干物质	节间长	穿刺力	弹力	茎粗
钾含量	1	0.873 **	0.785 **	0.861 **	-0.389	0.569 *	0.816 **	0.685 **
产量		1	0.797 **	0.895 **	-0.049	0.620 *	0.750 **	0.792 **
株高			1	0.769 **	-0.107	0.474	0.743 **	0.544 *
干物质				1	-0.046	0.598 *	0.775 **	0.842 **
节间长					1	-0.175	-0.420	-0.210
穿刺力						1	0.654 **	0.563 *
弹力							1	0.727 **
茎粗								1

注: *表示在0.05水平(双侧)上显著相关; **表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

3 讨论

3.1 生物炭对玉米茎秆相关指标的影响

生物炭自身有良好的结构和理化特性,能够提高土壤有机质含量,增强土壤保水保肥性能,增加土壤微生物数量,改善土壤理化性质^[6],为植株的生长发育提供有利环境。土壤中施入生物炭能促进植株对营养元素的吸收。本研究表明,施入生物炭提高了玉米茎秆钾含量,产生这一现象的原因可能是:(1)生物炭的施用改善了土壤性质,提高了土壤养分元素的循环能力,导致植物对土壤中水溶性

钾有较强的吸附^[7]; (2)生物炭自身含有较高的供作物生长所需的钾,施入土壤增加了土壤含钾量,从而促使植株对钾的大量吸收。植物体中钾可参与许多重要的生理代谢反应,能够增强作物的光合作用,加快养分的运输。钾素能提高茎秆中纤维素含量,促进细胞壁木质化,增加细胞壁强度,进而促进机械组织和厚角组织发育,提高茎秆抗倒伏特性^[8-9]。本研究结果发现,土壤中施入生物炭增加了玉米茎秆钾含量,同时矮化了玉米茎基部3~5节的节间长,增大了玉米茎粗,增强了茎秆弹力和茎秆外皮穿刺力,增加了茎秆干物质积累,使茎秆

更粗壮、坚韧。前人研究结果也表明,钾能促使玉米相应的节间直径增粗,降低节间长/粗值,茎秆基部第3、第4节间茎长与茎粗比值与玉米茎折有关,比值越小,植株抗茎折能力越强^[10]。施加生物炭促进了玉米茎秆对钾的吸收及茎秆生长发育,为进一步研究玉米植株性状提供了参考。

3.2 生物炭对玉米产量的影响

土壤中施加生物炭能促进根系生长及养分吸收,增强茎秆发育及运输能力,保证“流”的畅通,进而不断向叶片运输水分、养分,向果穗输送光合产物,促进作物生长,增加干物质,提高产量“库”的积累。生物炭富含植物生长发育所需的钾,而植株中钾含量的高低不仅影响茎秆的形态特征和茎秆质量性状,而且影响玉米产量^[11]。有研究表明,适量的钾素可增加玉米产量,但过量施入会导致产量下降^[12]。本研究发现,生物炭施用量为0、10、20、40、80 t/hm²的5个处理,随着施炭量的增加对产量的影响表现为先增大后略降低的趋势。施炭量为40 t/hm²具有显著提高玉米茎秆钾含量、茎秆性状的作用,同时增产效果明显,产量达13 261 kg/hm²,较未施生物炭提高了25.99%。而施炭量为80 t/hm²处理较40 t/hm²处理的玉米茎秆钾含量、茎秆的形态特征、质量性状、干物质积累量均下降,产量也有所降低。施炭量过高对作物产量有一定的抑制作用,这与许多学者^[13-16]的研究结论相似,Baronti等^[13]研究发现,生物炭施用量较低时黑麦草的生物量提高50%左右,当用量超过100 t/hm²时,黑麦草的生物量显著降低;张娜等^[14]研究认为,较低量的生物炭施用更有利于夏玉米植株后期叶片光合性能的维持和光合产物向籽粒的转运,而较高量的生物炭施用在生育后期植株出现早衰迹象,影响产量积累。因此生物炭的合理施用,不仅提高了农业废弃生物质资源的利用率,更为农业生产培肥地力、节本增效提供了一条有意义的新途径^[17]。生物炭对玉米茎秆钾含量、茎秆性状及产量的影响因生物炭性质、土壤状况、玉米品种、肥料施用等因素而存在一定的差异,对此还有待进一步深入研究。

4 结论

施用生物炭能够促进玉米茎秆对钾的积累,施炭量为40 t/hm²时第3~9节茎秆中钾的总含量最高,比对照提高了52.89%。

土壤中施入生物炭对玉米的株高、干物质积累均起到促进作用,矮化了玉米茎基部第3~5节的节间长,增大了玉米茎粗,使节间长与茎粗比值降低。同时施加生物炭能够增强玉米茎秆第3~5节外皮穿刺力,增强茎秆弹力,并且随着节位的增加能够减缓各节间弹力值下降幅度,从而增强玉米茎秆的韧性。

施用生物炭提高了玉米产量,当生物炭施用量为40 t/hm²时产量最高,可达13 261 kg/hm²,较未施生物炭提高了25.99%。

参考文献:

- [1] Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - a review [J]. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 2006, 11 (2): 395-419.
- [2] Luke B, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles J L, et al. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils [J]. *Environmental Pollution*, 2011, 159 (12): 3269-3282.
- [3] 张明月. 生物炭对土壤性质及作物生长的影响研究 [D]. 山东: 山东农业大学, 2012.
- [4] 陈温福, 张伟明, 孟军, 等. 生物炭应用技术研究 [J]. 2011, 13 (2): 6-9.
- [5] 金梁, 魏丹, 郭文义, 等. 化肥单施及生物炭与化肥配施对土壤物理性质、大豆形态学指标及产量影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2015, (2): 29-32.
- [6] 康日峰, 张乃明, 史静, 等. 生物炭基肥料对小麦生长、养分吸收及土壤肥力的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2014, (6): 33-38.
- [7] Steiner C. Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish a carbon sink - research and prospects [J]. *Soil Ecology Research Developments*, 2007. 1-6.
- [8] 勾玲, 黄建军, 张宾, 等. 群体密度对玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究 [J]. *作物学报*, 2008, 34 (4): 653-661.
- [9] 刘淑霞, 吴海燕, 赵兰坡, 等. 不同施钾量对玉米钾素吸收利用的影响研究 [J]. *玉米科学*, 2008, 16 (4): 172-175.
- [10] 程富丽, 杜雄, 刘梦星, 等. 玉米倒伏及其对产量的影响 [J]. *玉米科学*, 2011, 19 (1): 105-108.
- [11] 常莹, 闫伟平, 孙宁, 等. 不同钾肥施用量对玉米抗倒性能及产量的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2014, (5): 47-52.
- [12] 李文娟, 何萍, 金继运. 钾素营养对玉米生育后期干物质和养分积累与转运的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2009, 15 (4): 799-807.
- [13] Baronti S, Alberti G, Genesio L, et al. The Italian Biochar Initiative: Effects on soil fertility and on crops production [C]. Newcastle - Gateshead, UK: 2nd International Biochar Conference - IBI, 2008.

[下转第133页]

Effects of sorghum continuous cropping on the growth of sorghum and soil environment

FAN Fang-fang¹, WANG Jin-song², DONG Er-wei², JIAO Xiao-yan^{2*}, DING Yu-chuan², WU Ai-lian², GUO Jun², WANG Li-ge² (1. School of Biological Engineering, Shanxi University, Taiyuan Shanxi 030006; 2. Institute of Agricultural Environment and Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan Shanxi 030031)

Abstract: To study the effect of continuous cropping on sorghum growth, yield, the variation of soil enzyme activity and micro-organism, the corn-sorghum rotation was employed as control. The results showed that a significant inhibition on growth and yield was observed when the sorghum was continuous cropping for 3 years. The sorghum continuous cropped for 3 years significantly decreased the plant height, stem diameter, leaf area and biomass, the difference was more obvious in 4 years. Sorghum continuous cropping for 4 years also had a severe influence on the root growth. Particularly, in the depth between 0 ~ 40 cm, compared with the index of corn-sorghum rotation, the root biomass, root length, root surface area and root volume collected for sorghum continuous cropping were 61.5%, 84.4%, 73.8% respectively of those of the corn-sorghum rotation. Meanwhile, The number of fungi in continuous cropping soil was 1.9 times and 1.3 times of that in rotation at jointing stage, and at the filling stage. There was no apparent pattern for the change of bacteria and actinomyces with continuous cropping for 4 years. Besides, the catalase activities and invertase activities of continuous cropping for 4 years was increased by 14.7%, 17.2% than that of the rotation cropping. It included that the sorghum continuous cropping restrained the growth of sorghum, and significantly impacted the soil microflora and enzyme activity.

Key words: obstacles of sorghum continuous cropping; growth of sorghum; yield; root morphology; soil enzyme activity; soil microbe

[上接第 97 页]

- [14] 张娜, 李佳, 刘学欢, 等. 生物炭对夏玉米生长和产量的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2014, 33 (8): 1569-1574.
- [15] 张伟明, 张庆忠, 陈温福. 镉污染土壤中施用秸秆炭对水稻生长发育的影响 [J]. 北方水稻, 2009, 39 (2): 4-8.
- [16] 陈心想. 生物炭对土壤性质、作物产量及养分吸收的影响 [D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2014.
- [17] 任军, 郭金瑞, 边秀芝, 等. 土壤有机碳研究进展 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, (6): 1-7.

Effects of biochar on stalk characters and yield of maize

TANG Chun-shuang, YANG Ke-jun*, LI Zuo-tong*, WANG Zhi-hui, ZHAO Chang-jiang, WANG Yu-feng, ZHANG Yi-fei, XU Jing-yu, WANG Cong, FU Jian, ZHANG Fa-ming, YANG Xi-ling, ZHANG Wen-Chao, ZHANG Jing, CHEN Tian-yu, WU Qiong, ZHANG Peng-fei, FAN Bo-wen (Key Lab of Crop Germplasm Improvement and Cultivation in Cold Regions/College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing Heilongjiang 163319)

Abstract: Field experiments were conducted to study the effects of different amount of biochar application (0, 10, 20, 40, 80 t/hm²) on potassium content, stalk morphological characteristics, stalk quality and yield of maize. The results showed that soil applying biochar increased potassium content in each internode of maize stalk, and biochar application resulted in dwarfing of the 3rd ~ 5th internodes at the lower part of maize stalk, increased stalk diameter, enhanced stalk elasticity and rind puncture force, increased dry matter accumulation, and strengthened stalks. With the increase of the amount of biochar application, the effects on potassium content, stalk characters and yield of maize all showed the trend of first increased and then decreased. Biochar applied at 40 t/hm² was the optimal application rate, leading to a yield of 13 261 kg/hm², which was 25.99% higher than that of the control. When biochar application was at 80 t/hm², its improving effects on potassium content, stalk morphological characteristics, stalk quality and yield of maize slightly declined.

Key words: biochar; maize; stalk characters; yield