

施用生物质炭对黄淮海地区玉米生长和土壤性质的影响^①

李 晓¹, 张吉旺², 李恋卿¹, 潘根兴¹, 张旭辉¹, 郑聚锋¹,
郑金伟^{1*}, 俞欣妍¹, 王家芳¹

(1 南京农业大学农业资源与环境生态研究所, 南京 210095; 2 山东农业大学作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘 要: 本文通过大田试验研究了施用生物质炭对玉米的生长性状、产量以及土壤性质的影响。生物质炭是小麦秸秆在 350℃ ~ 450℃ 下限氧热裂解制成。田间设置了 20 t/hm² 和 40 t/hm² 两个生物质炭施用水平。结果表明: 施用生物质炭在玉米拔节期抑制了植株生长, 其株高、地上部生物量和叶片叶绿素含量均显著低于对照; 在生育后期施用生物质炭 20 t/hm² 处理的玉米生物量、叶面积指数和叶绿素含量显著高于对照, 40 t/hm² 处理则没有显著性差异。

施用生物质炭显著影响土壤特性, 在施用量为 20 t/hm² 和 40 t/hm² 时, 土壤有机碳含量较对照分别提高 34.79% 和 44.93%, 土壤全氮含量在 40 t/hm² 水平下显著增加 12.2%, 同时还显著提高了土壤的 pH 和土壤含水量, 显著降低土壤体积质量; 施用生物质炭玉米产量的提高范围为 2.2% ~ 4.8%, 但不同施用量间差异不显著。本研究结果为生物质炭改良和培肥土壤、提高作物生产效率、促进土壤可持续利用及作物增产提供了一定的理论依据。

关键词: 生物质炭; 玉米; 土壤; 农学性状; 产量

中图分类号: S158.3

我国农业生产每年产生 7 亿多吨秸秆, 其中约有 23% 被露天焚烧^[1], 这不仅造成了资源的浪费, 同时也带来了严重的环境污染, 农业秸秆的合理利用成为协调农业资源、环境以及可持续发展的重大问题。近年来, 将农业生物质废弃物低温热裂解制成生物质炭, 将其用于农业生产的秸秆利用措施受到了广泛的关注^[2]。研究表明, 农田土壤中添加生物质炭可以增加土壤有机碳、改善土壤结构、提高土壤养分利用率^[3-4]; 也有研究表明, 施用生物质炭可提高作物产量^[5-6]。因此, 生物质炭可作为改良和培肥土壤、提高作物生产效率、促进作物增产的农业可持续发展有效措施^[7-8]。

我国农业化肥投入量不断增加, 但长期过量的化肥施用引起的土壤质量退化问题成为制约我国农业发展的严峻问题^[9]。黄淮海地区是我国第二大玉米主产区, 夏玉米种植面积约占全国总产量的 36%^[10], 因此, 改善土壤质量、保持作物稳产高产是该区域农业生产的重要目标。因此, 本研究通过田间试验分析生物质炭对玉米植株生长、收获时的产量构成因素以及土壤肥力特性的影响, 以期为我国秸秆资源化循环利用、提高土壤生产力以促进我国农业的可持续发展

提供重要的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2011 年在山东省泰安市山东农业大学农场进行(36°10'N, 117°09'E), 该地区在玉米生长季降水量为 504.3 mm, 平均气温 23.70℃, 日照时数 643.6 h。供试土壤类型为棕壤。生物质炭购于河南三利公司, 是小麦秸秆在 350℃ ~ 450℃ 下限氧热裂解制成的。生物质炭用量为 0、20、40 t/hm² (分别用 C0、C1、C2 表示) 共 3 个水平, 在玉米播种前施入土表, 翻耕使之与土壤充分混合, 翻耕深度为 20 cm, 然后耙平。小区面积 24 m², 每处理 3 次重复, 随机区组排列。供试土壤及生物质炭的基本特性见表 1。

各处理的化肥施用与当地农民相同, 即纯氮 225 kg/hm², P₂O₅ 90 kg/hm², K₂O 180 kg/hm²。其中, 磷肥和钾肥作为基肥一次性施入, 氮肥为追肥, 40% 施用于拔节期, 60% 施用于大喇叭口期。试验选用玉米品种为郑单 958, 种植密度 4 000 株/亩, 行距 60 cm, 2011 年 6 月 17 日播种, 足墒播种, 全生育期无人工灌溉, 田间管理一致, 10 月 9 日收获。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903003)资助。

* 通讯作者(zhengjw@njau.edu.cn)

作者简介: 李晓(1988—), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事土壤碳氮循环研究。E-mail: lixiao5212006@163.com

表 1 供试土壤及生物质炭的基本特性
Table 1 Basic properties of biochar and soil used

材料	pH (H ₂ O)	有机碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	体积质量 (g/cm ³)	速效磷 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)	表面积 (m ² /g)
生物质炭	10.4	467	5.9	0.65	55.18	11.97	8.92
土壤	5.93	14.55	0.83	1.56	89.21	60.29	-

注：pH 测定采用水土比 1：5。

1.2 样品采集和测定方法

在玉米收获时采集 0~20 cm 土壤样品。土壤有机质、pH、全氮、速效磷和碱解氮的测定参考文献 [11]。植株采样时期为：苗期：V3(6 月 27 日)；拔节期：V6(7 月 14 日)；大喇叭口期：V12(8 月 1 日)；吐丝期：R1(8 月 10 日)；乳熟期：R3(8 月 25 日)；蜡熟期：R5(9 月 19 日)；成熟期：R6(10 月 1 日)。

叶面积的测定：参考叶面积指数法^[12]，叶面积采用长宽系数法。

叶绿素的测定：叶绿素测定在苗期-大喇叭口期取其功能叶，抽雄后采穗位叶鲜样测定，参照 Arnon^[13]的方法。

株高、茎粗测定：每个小区取 10 株，田间测定。

生物量测定：每个小区采 6 株植株样，105℃ 杀青 30 min，80℃ 烘干，称重。

产量测定：成熟时每处理小区收获玉米 3 行，共 30 个果穗，考种，测定产量(按 14% 折算含水率)。

1.3 相关参数计算

叶面积 = 0.75 × 长 × 宽；

经济系数 = 经济产量/生物产量。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理，采用 SPSS 13.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 生物质炭对玉米株高和地上部分生物量的影响

生物质炭对玉米生长的影响见表 2、3。从玉米株高来看，除苗期 C2 处理玉米株高显著低于 C0 处理外，其他生育期生物质炭处理下玉米株高与对照相比均没有显著性差异。从地上部分的生物量来看，在拔节期 C1、C2 处理的地上部分生物量显著低于 C0，C2 处理在大喇叭口期仍显著低于 C0，而 C1 和 C0 处理之间已没有明显差异；而到玉米生长后期的吐丝、乳熟和蜡熟期，C1 处理生物量显著高于 C0，C2 和 C0 处理间差异不显著。由此可知，土壤中施加 20 t/hm² 和 40 t/hm² 的生物质炭会对玉米前期生长产生一定的抑制作用，施加量 40 t/hm² 比 20 t/hm² 表现出的抑制作用更大，但是在生长中后期，玉米植株生物量在生物质炭低施用量条件下显著高于对照。

表 2 生物质炭对不同生育阶段玉米株高的影响
Table 2 Effects of biochar on maize plant heights in different growth stages

处理	苗期	拔节期	大口期	吐丝期
C0	41.3 ± 0.9 a	67.2 ± 3.3 a	208.3 ± 8.5 a	270.3 ± 5.7 a
C1	39.8 ± 0.4 a	63.5 ± 1.3 a	205.8 ± 4.5 a	260.3 ± 6.1 a
C2	37.1 ± 0.2 b	61.8 ± 3.7 a	199.7 ± 14.6 a	263.5 ± 9.2 a

注：同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下表同。

表 3 生物质炭对玉米不同生育时期地上部分生物量的影响
Table 3 Effects of biochar on biomass of maize in different growth stages

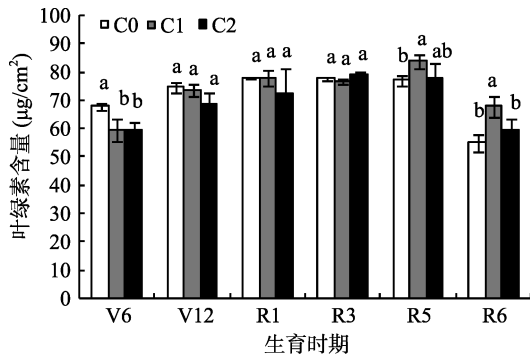
处理	拔节期	大口期	吐丝期	乳熟期	蜡熟期	成熟期
C0	8.67 ± 0.8 a	70.5 ± 9.54 a	118.5 ± 2.46 b	168.32 ± 9.88 b	371.33 ± 12.44 b	443.26 ± 19.23 a
C1	7.19 ± 0.52 b	65.7 ± 2.93 ab	141.37 ± 2.20 a	188.12 ± 6.53 a	426.00 ± 16.31 a	458.67 ± 5.62 a
C2	7.13 ± 0.83 b	59.89 ± 8.55 b	117.3 ± 2.93 b	159.80 ± 4.01 b	395.25 ± 11.68 b	435.32 ± 13.68 a

2.2 生物质炭对玉米植株叶绿素含量的影响

由图 1 可以看出，不同处理的玉米植株叶片叶绿素含量在生育期内基本上呈现先增加后降低的趋势，在吐丝-乳熟期达到最大值。在拔节期，C1、C2 处理的叶绿素含量显著低于 C0；在大喇叭口期-吐丝期

-蜡熟期，不同处理间差异不显著；在成熟期，C1 显著高于 C0，C2 与 C0 没有差异。以上结果表明，施用生物质炭对拔节期玉米叶绿素的合成有明显的抑制作用，这和其他农艺性状的反映一致；而在大喇叭口期以后这种抑制作用逐渐消除，直到收获时 C1 处

理一直保持较高的叶绿素含量, 这为植株功能叶片的光合作用提供了物质基础。



(图中小写字母不同表示同一生育时期处理间差异显著($P < 0.05$), 下同)

图 1 生物质炭对玉米不同生育时期叶绿素含量的影响
Fig. 1 Effects of biochar on chlorophyll contents of maize in different growth stages

2.3 生物质炭对玉米叶面积指数的影响

从图 2 可以看出, 在拔节期和大喇叭口期, C1、C2 处理叶面积指数(LAI)与对照相比没有明显差异; 在吐丝期-乳熟期, C1 处理的叶面积指数显著高于 C0, 而 C2 与 C0 处理间无显著性差异; 在成熟期, C1、C2 的叶面积指数显著高于 C0, 分别增加 13.4%、11.6%。

2.4 生物质炭对玉米产量和产量构成因子的影响

由表 4 可以看出, 与 C0 相比, C1 处理穗长、穗粗、穗粒数、千粒重和有效穗数都有所增加, 只有 C1 处理的穗粒数的增加达到显著水平; C2 处理的穗长、穗粗和有效穗数增加, 但千粒重显著降低; 与

C0 相比, C1、C2 处理的生物产量和经济产量没有显著性差异, 不同处理间的经济系数在 0.425 ~ 0.444 变化, 处理间差异不显著。

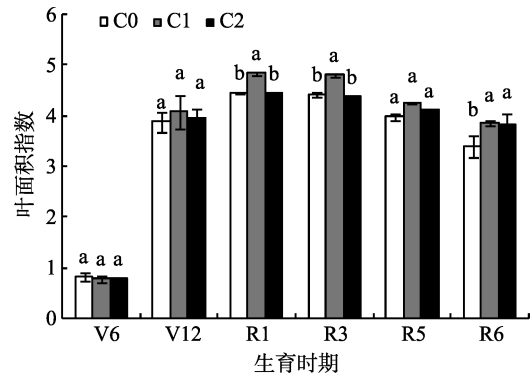


图 2 生物质炭对玉米不同生育时期叶面积指数的影响
Fig. 2 Effects of biochar on leaf area index of maize in different growth stages

2.5 生物质炭对农田土壤理化性质和含水量的影响

从表 5 可以看出, 玉米农田施入 20 t/hm² 和 40 t/hm² 的生物质炭会提高土壤 pH, 显著降低土壤体积质量。同时, 土壤有机碳含量显著提高了 34.79% 和 44.93%, 土壤全氮在 C2 处理下显著增加了 12.20%, 但施用生物质炭对土壤碱解氮和速效磷的影响不明显。施用生物质炭可显著提高土壤保水性能(图 3), 与 C0 相比, C1 处理的土壤含水量在大喇叭口期显著提高 36%, 在其他生育时期内增幅在 7% ~ 20%; C2 处理除了乳熟期外, 其余生育期的土壤含水量均显著提高, 增幅在 10% ~ 44%。由此可知, 土壤含水量随着生物质炭施入量的增加而提高幅度更大。

表 4 生物质炭对玉米产量及产量构成因子的影响
Table 4 Effects of biochar on maize yield and its components

处理	穗长 (cm)	穗直径 (cm)	穗粒数	千粒重 (g)	有效穗数	生物产量 (kg/hm ²)	经济产量 (kg/hm ²)	经济系数
C0	17.3 ± 0.4 a	5.40 ± 0.04 a	543 ± 7 b	285.5 ± 5.4 a	4 136 ± 130 a	26 413 ± 1 490 a	11 216 ± 617 a	0.425 ± 0.044 a
C1	17.9 ± 0.5 a	5.49 ± 0.05 a	573 ± 8 a	292.6 ± 6.3 a	4 157 ± 112 a	26 796 ± 331 a	11 753 ± 70 a	0.439 ± 0.005 a
C2	17.8 ± 0.2 a	5.46 ± 0.03 a	545 ± 1 b	276.3 ± 1.7 b	4 276 ± 195 a	25 800 ± 811 a	11 462 ± 178 a	0.444 ± 0.026 a

表 5 生物质炭对土壤理化性质的影响
Table 5 Effects of biochar on soil properties

处理	pH (H ₂ O)	体积质量 (g/cm ³)	有机碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)
C0	5.93 ± 0.35 b	1.56 ± 0.01 a	7.99 ± 0.14 c	0.82 ± 0.04 b	64.54 ± 0.48 a	98.72 ± 10.84 a
C1	6.11 ± 0.09 ab	1.46 ± 0.06 b	10.77 ± 0.51 b	0.86 ± 0.03 b	66.09 ± 3.77 a	109.00 ± 7.83 a
C2	6.46 ± 0.02 a	1.47 ± 0.02 b	11.58 ± 0.51 a	0.92 ± 0.02 a	63.61 ± 5.95 a	100.51 ± 10.66 a

3 讨论

生物质炭在农业生产上的应用效应已经引起越

来越多的关注, 生物质炭对作物产量的影响具有不确定性。一些研究表明生物质炭能促进玉米、水稻等作物增产, 但对小麦和大豆无显著增产作用^[14-17]。Baronti 等^[18]

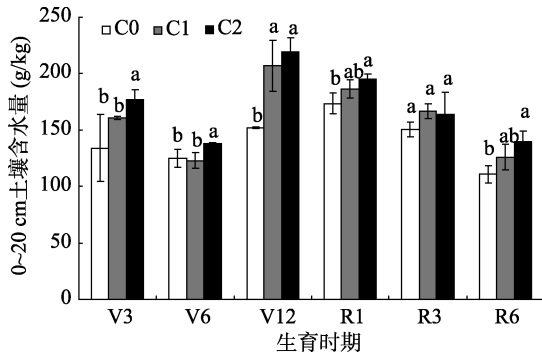


图 3 生物质炭对土壤含水量的影响

Fig. 3 Effects of biochar on soil moisture content

通过沙壤土的盆栽试验指出,当生物质炭施用量为 30、60 t/hm² 时,黑麦草的生物量比对照增加 20%、52%,当施用量增加到 100 t/hm² 和 200 t/hm² 时,黑麦草的生物量反而比对照降低 8% 和 30%。张晗芝等^[19]通过盆栽试验得出,在玉米苗期,生物质炭对玉米生长及养分吸收随施炭量的增加其抑制作用增加。本研究也表明,生物质炭对玉米苗期的生长产生一定的抑制作用。这可能是因为生物质炭本身 C/N 较高,大量施入后可能会引起微生物与植物争氮,造成土壤有效氮降低,从而对玉米植株的生长产生一定的抑制作用。但此作用仅仅表现在苗期,在灌浆-成熟期,生物质炭处理下的玉米叶片的叶绿素含量较高,并且保持较高的叶面积指数,增加玉米后期的保绿度,这可能是因为生物质炭吸附土壤中有效态的氮素降低土壤养分的淋溶,延长氮素的释放期^[20]。虽然上述现象都表明施入土壤的生物质炭调控了土壤氮素供应,但其对前期植物生长的抑制作用以及对后期的促进作用的形成机制还需要得到更多证据的支持。此外,土壤本身的肥力特性也是影响生物质炭效应的重要因素。Asai 等^[6]研究也表明,土壤含氮量较低的情况下,不配施氮肥的生物质炭处理降低作物叶片中叶绿素的含量,降低水稻的产量,这种减产效应易出现在有效养分低或低氮土壤上,这与生物质炭矿质养分含量低及土壤高的 C/N,易降低土壤有效养分有关。本研究的供试土壤属高产田,土壤肥力较高,虽然生物质炭对玉米苗期生长产生了一定的抑制作用,但对玉米产量未造成明显影响。因此,生物质炭对作物生长和产量的效应需从土壤肥力、作物类型、施炭水平以及管理措施等多方面因素加以综合考虑^[21]。

农田土壤中施入生物质炭可以提高土壤碳库容量、改善土壤质量和提高养分有效性已经在一些研究结果中得到体现^[22-24]。本研究结果表明,施入生物质炭可以提高土壤有机碳和全氮含量,且张晗芝等^[18]

盆栽试验结果也显示,土壤中的有机碳、全氮随着生物质炭用量的增加逐渐增加并达到了显著线性相关 ($n=12, P<0.01$)。生物质炭增加土壤有机碳一方面是由于生物质炭能吸附土壤有机分子,通过表面催化活性促进小的有机分子聚合形成土壤有机质^[25];另一方面生物质炭具有多芳香环和非芳香环的复杂结构,使其表现出高度的化学和微生物惰性,施入土壤后难以被微生物利用^[2],因此生物质炭的施用可显著增加土壤有机碳的含量。此外,施入生物质炭可降低土壤体积质量,有效改善土壤通气状况,Zhang 等^[15]在太湖地区的试验研究表明,在施用氮肥的情况下,连续两年的水稻生长季内,生物质炭对提高土壤有机碳、全氮并降低土壤体积质量具有稳定的持续效应。施用生物质炭后土壤体积质量降低,其原因除了生物质炭的多孔性,且密度较低对土壤体积质量有一定稀释作用外,还与施用生物质炭后可能导致土壤微生物活性增加、团聚性增强,从而使土壤结构得到改善有关^[26]。

同时,本研究表明,生物质炭可提高旱地土壤的保水能力。Asai 等^[6]认为,新鲜生物质炭一般表现较强的疏水性,新鲜生物质炭施入土壤后,随着生物质炭颗粒表面在土壤中的氧化及羧基基团增多,生物质炭的亲水性会逐渐增强,其吸水能力和土壤持水量逐渐提高^[27]。由此可见,农田生物质炭施用技术是改善土壤肥力、提高土壤生产力的重要措施。当然,本研究仅反映施用生物质炭后第一年的结果,还需深入研究生物质炭对作物的长效影响。

4 结论

生物质炭的施入对玉米生长初期具有一定的抑制作用,表现在玉米株高、干物质积累量和叶片内叶绿素含量低等方面,添加生物质炭 40 t/hm² 时的抑制作用比 20 t/hm² 明显,但是随着氮肥施入和玉米植株生长该抑制作用随之消除。玉米生长后期,施用生物质炭的玉米植株具有高的叶面积指数和叶绿素含量,收获时施用了生物质炭的处理玉米产量提高范围为 2.2% ~ 4.8%,但不同处理间差异不显著。生物质炭施入土壤后,显著提高了土壤的有机碳含量、全氮含量及 pH,降低了土壤的体积质量,改善土壤的孔隙度,提高了玉米田间水分含量,显著增加了土壤的保水性能。但基于本研究中出现的土壤中施加生物质炭对玉米植株生长和土壤性质的长期影响,还有待进一步的试验研究。

参考文献：

- [1] 曹国良, 张小曳, 王亚强, 郑方成. 中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算[J]. 科学通报, 2007, 52(15): 1 826-1 831
- [2] 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): 2 459-2 463
- [3] 何绪生, 耿增超, 余雕, 张保健, 高海英. 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
- [4] Lemann J. Bio-energy in the black[J]. *Frontiers Ecology and the Environment*, 2007, 5(7): 381-387
- [5] Fowles M. Black Carbon sequestration as an alternative to bioenergy[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2007, 31(6): 426-432
- [6] Asai H, Samson BK, Stephan HM, Suthord KS, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T, Horie T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. *Field Crops Research*, 2009, 111: 81-84
- [7] Chan KY, Zwieten LV, Meszaros I, Downie A, Joseph S. Agronomic value of greenwaste biochar as a soil amendment[J]. *Soil Research*, 2007, 45(8): 629-634
- [8] 袁金华, 徐仁扣. 生物炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(4): 779-785
- [9] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 李春俭, 陈新平. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. *植物学通报*, 2007, 24(6): 687-694
- [10] 王敏, 徐萍, 刘新江, 张正斌, 杨引福. 黄淮海地区夏玉米农艺性状与产量的通径分析[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(5): 1 229-1 236
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [12] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 10-15
- [13] Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in beta vulgaris[J]. *Plant Physiology*, 1949, 24(1): 1-15
- [14] 唐光木, 葛春辉, 徐万里, 王西和, 郑金伟, 李恋卿, 潘根兴. 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
- [15] Zhang AF, Liu YM, Pan GX, Hussain Q, Li LQ, Zheng JW, Zhang XH. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic Carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain[J]. *Plant and Soil*, 2012, 351(1/2): 263-275
- [16] Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, Chan KY, Downie A, Rust J, Joseph S, Cowie A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility[J]. *Plant and Soil*, 2010, 327(1/2): 235-246
- [17] Zhao YC, Shi XZ, Weindorf DC, Yu DS, Sun WX, Wang HJ. Map scale effects on soil organic carbon stock estimation in North China[J]. *Soil Science Society of America Journal-Abstract*, 2006, 70(4): 1 377-1 386
- [18] Baroti S, Alberti G, Vedove GD, Gennaro FD, Fellet G, Genesio L, Miglietta F, Peressotti A, Vaccari FP. The biochar option to improve plant yields: First results from some field and pot experiments in Italy[J]. *Italian Journal of Agronomy*, 2010, 5(1): 3-11
- [19] 张晗芝, 黄云, 刘钢, 许燕萍, 刘金山, 卑其诚, 蔺兴武, 朱建国, 谢祖彬. 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): 2 713-2 717
- [20] Khan MA, Kim KW, Mingzhi W, Lim BK, Lee WH, Lee JY. Nutrient-impregnated charcoal: An environmentally friendly slow-release fertilizer[J]. *The Environmentalist*, 2008, 28(3): 231-235
- [21] 何绪生, 张树清, 余雕, 耿增超, 高海英. 生物炭对土壤肥料的作用及未来研究[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(15): 16-25
- [22] Kimetu JM, Lehmann J. Stability and stabilisation of biochar and green manure in soil with different organic carbon contents[J]. *Soil Research, Soil research*. 2010, 48(7): 577-585
- [23] Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—A review[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, 11(2): 395-419
- [24] Steiner C, Glaser B, Teixeira WG, Lehmann J, Blum WH, Zech W. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferrasol amended with compost and charcoal[J]. *Plant Nutrition and Soil Science*, 2008, 171(6): 893-899
- [25] Liang B, Lehmann J, Sohi SP, Thies SP. Black carbon affects the cycling of non black carbon in soil[J]. *Organic Geochemistry*, 2010, 41(2): 206-213
- [26] Woods WI, Teixeira WG, Lehmann J, Steiner C, Winklerprins A, Rebellato L. Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision[M]. Berlin: Springer, 2009: 209-324
- [27] Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hips NA. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review[J]. *Plant and Soil*, 2010, 337(1/2): 1-18

Effects of Biochar Amendment on Maize Growth and Soil Properties in Huang-Huai-Hai Plain

LI Xiao¹, ZHANG Ji-wang², LI Lian-qing¹, PAN Gen-xing¹, ZHANG Xu-hui¹, ZHENG Ju-feng¹,
ZHENG Jin-wei^{1*}, YU Xin-yan¹, WANG Jia-fang¹

(1 *Institute of Resource, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;*
2 *Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China*)

Abstract: This paper investigated and analyzed the effects of biochar on maize plant growth, yield and soil properties in field experiment, with the biochar addition at the rates of 0, 20 t/hm² and 40 t/hm². The results showed that, compared with the control (no biochar used), biochar amendment with 20 t/hm² and 40 t/hm² biochar inhibited the maize growth at the beginning growth, showed in lower plant height, less biomass and leaf chlorophyll content. With biochar addition at the rates of 20 t/hm², the maize plant maintained higher biomass, leaf area index and chlorophyll content in the late growth stage, but no significantly difference with 40 t/hm². With the biochar addition at the rates of 20 and 40 t/hm², soil organic carbon were increased by 34.79% and 44.93%, soil total nitrogen increased by 4.88% and 12.20%, respectively. Biochar amendments significantly increased soil pH and soil volumetric water content, but decreased soil bulk density. Compared with conventional treatment, the maize yield were increased by 4.80% and 2.20%, with the biochar addition at the rates of 20 t/hm² and 40 t/hm², but no significantly difference with control. The results above provided a theoretical basis for biochar on improving soil fertility and enriching the efficiency of crop production in the Huang-huai-hai Plain.

Key words: Biochar, Maize, Soil, Agriculture character, Yield