

生物炭和氮肥互作对盐渍化土壤氨挥发的影响

何 帅^{1,2}, 王国栋^{1,2}, 张 磊^{3*}

(1.新疆农垦科学院 农田水利与土壤肥料研究所, 新疆 石河子 832000;

2.农业农村部西北绿洲节水农业重点实验室, 新疆 石河子 832000;

3.塔里木大学 农学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:【目的】探明生物炭和氮肥互作对盐渍化土壤氨挥发的影响。【方法】基于室内土壤培养试验,研究了仅施用生物炭、仅施用氮肥、同时施用生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤的氨挥发速率与矿质态氮量的影响。【结果】添加生物炭可提升非盐渍化和中度盐渍化土壤 pH 值,但对重度盐渍化土壤 pH 值的影响不显著。施氮条件下,添加生物炭对非盐渍化土壤和中度盐渍化土壤的氨挥发速率产生了明显的抑制作用,氨挥发总量分别相比仅施氮处理降低了 18.06%和 50.88%,氨挥发速率分别降低了 14.57%和 43.68%。【结论】添加生物炭可显著降低非盐渍化土壤与中度盐渍化土壤的氨挥发损失。

关 键 词: 生物炭; 氮肥; 盐渍化土壤; 氨挥发速率

中图分类号: S156.4

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2023170

OSID: 

何帅, 王国栋, 张磊. 生物炭和氮肥互作对盐渍化土壤氨挥发的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(9): 87-91, 144.

HE Shuai, WANG Guodong, ZHANG Lei. The Effect of Interaction between Biochar and Nitrogen Fertilizer on Ammonia Volatilization in Salinized Soil[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(9): 87-91, 144.

0 引 言

【研究意义】土壤盐渍化是土壤质量退化的主要表现形式之一。新疆生产建设兵团分布于山前平原和沙漠边缘,盐渍化耕地面积占总耕地面积的 51.52%,土壤当中的过量盐分严重影响土壤物理、化学性质,制约土壤微生物活性,影响土壤养分转化^[1]。研究表明,新疆干旱区土壤氨挥发速率与土壤盐渍化程度密切相关^[2]。随着土壤盐渍化程度的提高,氨挥发速率与含盐量呈极显著正相关^[3],氨挥发已成为新疆农田土壤氮肥损失的主要途径。如何降低盐渍化土壤氮素损失是亟待解决的关键问题之一。

【研究进展】生物炭是生物质原料在无氧或限氧条件下经高温热解后的产物,被广泛用于改良农田土壤^[4]。研究表明,在盐渍化土壤中添加生物炭可明显改善土壤理化性质,促进作物生长^[5]。施用生物炭可提高 0~20 cm 土层的土壤田间持水率,降低土壤体积分质量^[6]。施用生物炭可抑制盐渍化土壤氮素的硝化和矿化作用,同时可固定铵态氮,减少有机态氮的

损失量^[7]。连续施用生物炭可降低土壤氮素的释放速率,提高氮肥利用率^[8]。综上所述,施用生物炭对盐渍化土壤改良与氮肥高效利用具有显著的促进作用。

【切入点】以生物炭为核心的秸秆炭还田是实现废弃生物质资源化利用的重要途径,可改良盐渍化土壤质量,但针对生物炭和氮肥施用对不同盐渍化程度土壤氨挥发速率与矿质态氮量的影响较少。

【拟解决的关键问题】鉴于此,本研究基于室内土壤培养试验,针对不同盐渍化程度的土壤,通过设置不同的生物炭和氮肥施用处理,探明仅施用生物炭、仅施用氮肥、同时施用生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤的氨挥发速率与矿质态氮量的影响,以期降低盐渍化土壤养分损失提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

室内土壤培养试验在新疆阿拉尔市塔里木大学开展。

1.2 试验材料

试验用氮肥为尿素(纯 N≥46%),生物炭为棉花秸秆在裂解炉限氧环境下(700~800 ℃)加工产出,产出率为 35%;非盐渍化和重度盐渍化土壤采集于新疆农垦科学院灌溉实验站,按照 1:4 的比例混合制备中度盐渍化土壤。供试土壤及生物炭性质见表 1。

收稿日期: 2023-04-19 修回日期: 2023-07-11 网络出版日期: 2023-09-18
基金项目: 兵团财政科技计划资助项目(2021AB009); 塔里木大学校长基金项目(TDZKYB201901); 国家自然科学基金项目(41561071)
作者简介: 何帅(1976-),男,山东文登人。副研究员,主要从事节水农业与土壤改良研究。E-mail: xjshzhs@163.com
通信作者: 张磊(1982-),男,陕西三原人。副研究员,主要从事水肥一体化及盐渍化土壤改良研究。E-mail: zhanglei3127@163.com
©《灌溉排水学报》编辑部,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

表 1 供试土壤及生物炭性质

Table 1 Properties of soil and biochar

指标	棉杆炭 (Bc)	非盐渍化 (N)	中度盐渍化 (M)	重度盐渍化 (S)
电导率(EC)/($\mu\text{S cm}^{-1}$)	5 400	281	508	1 200
pH 值	10.2	7.89	9.4	10.29

1.3 试验设计

室内土壤培养试验方案详见表 2。本研究考虑土壤盐渍化程度、生物炭和氮肥 3 个因素,共设计 9 个处理,每个处理设置 3 个重复。土壤培养试验在棕色广口瓶内(直径 9.5 cm,高 13 cm)进行,在每个广口瓶内添加烘干土壤 0.3 kg,并按照 0.23 g/kg 和 25 g/kg 的比例分别添加氮肥和生物炭。于试验前调节土壤体积含水率至 35%,置于 4 ℃ 冰箱密闭 7 d 以激活土壤微生物活性;然后按照试验方案在土壤中分别添加氮肥和生物炭,采用去离子水调节土壤含水率至 40%后开始培养,分别于第 1、第 3、第 9、第 17、第 27、第 40 天测定土壤氮挥发量,同时采集土壤样品,采用鲜土样测定土壤含水率、铵态氮量和硝态氮量;采用烘干土样测定 pH 值和电导率。

1.4 测定项目及测试方法

采用密闭法测定土壤氮挥发量;采用上海雷磁 PHSJ-4F 型 pH 计和 DDSJ-308H 电导仪测定土壤 pH 值和 EC;采用 CleverChem 380 全自动间断化学分析仪测定土壤铵态氮量和硝态氮量。

1.5 数据处理方法

采用 WPS 2019 和 Origin 9.0 软件进行数据处理和统计分析。

表 2 试验方案

Table 2 Experimental scheme

处理	土壤盐渍化程度	生物炭量/(g kg ⁻¹)	氮肥量/(g kg ⁻¹)
NU	非盐渍化土壤	0	0.23
NBc		25	0
NUBc		25	0.23
MU	中度盐渍化土壤	0	0.23
MBc		25	0
MUBc		25	0.23
SU	重度盐渍化土壤	0	0.23
SBc		25	0
SUBc		25	0.23

2 结果与分析

2.1 添加生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤 pH 值和 EC 的影响

由表 3 可知,添加生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤 pH 值的影响显著。相比初始土壤 pH 值,非盐渍化土壤 pH 值平均增幅介于 18.67%~19.35%之间;中度渍化土壤 pH 值平均增幅度介于 2.85%~3.55%之间;重度盐渍化土壤 pH 值呈轻微降低趋势,平均降幅介于 1.55%~3.45%之间。可见,在非盐渍化和中度渍化土壤中添加生物炭和氮肥均可提高土壤 pH 值。

表 3 添加生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤 pH 值的影响

Table 3 Effects of biochar and nitrogen addition on soil pH in different salinized soil

处理	初始 pH 值	1 d	3 d	9 d	17 d	27 d	40 d
NU	7.89	9.42 ±0.08d	9.53 ±0.06c	9.26 ±0.02c	9.19 ±0.13d	9.62 ±0.09bc	9.41 ±0.14d
NBc	7.89	9.25 ±0.08d	9.74 ±0.03b	9.32 ±0.03c	9.07 ±0.11d	9.32 ±0.94abc	9.80 ±0.14c
NUBc	7.89	9.23 ±0.07d	9.32 ±0.08d	9.38 ±0.08c	9.08 ±0.12d	9.49 ±0.13c	9.68 ±0.10c
MU	9.4	9.84 ±0.22c	9.93 ±0.10b	9.67 ±0.06b	9.70 ±0.09bc	9.75 ±0.04abc	9.51 ±0.16c
MBc	9.4	9.78 ±0.16c	9.62 ±0.10c	9.60 ±0.03b	9.78 ±0.08b	9.56 ±0.06bc	9.79 ±0.21c
MUBc	9.4	10.11 ±0.07b	9.87 ±0.12b	9.38 ±0.08c	9.41 ±0.08c	9.68 ±0.10bc	9.56 ±0.14c
SU	10.29	10.05 ±0.14ab	10.11 ±0.08a	10.13 ±0.10a	10.05 ±0.07a	9.94 ±0.12ab	9.95 ±0.10a
SBc	10.29	10.26 ±0.06a	10.13 ±0.05a	10.28 ±0.06a	10.08 ±0.10a	10.28 ±0.05a	9.75 ±0.18ab
SUBc	10.29	10.22 ±0.02ab	10.19 ±0.04a	9.90 ±0.25a	9.82 ±0.19a	9.79 ±0.23ab	9.69 ±0.08bc

注 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p<0.05$)。

由表 4 可知,与初始土壤 EC 相比,NU、MU 和 SU 处理下的平均土壤 EC 分别增加了 44.25%、8.96%和-30.56%;NBc、MBc 处理和 SBc 处理下的平均土

壤 EC 分别增加了 21.06%、3.41%和-24.65%;NUBc、MUBc 处理和 SUBc 处理下的平均土壤 EC 分别增加了 69.15%、-30.15%和-7.833%。

表 4 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤 EC 的影响

Table 4 Effects of biochar and nitrogen addition on soil EC of different salinized soil

处理	初始 EC	1 d	3 d	9 d	17 d	27 d	40 d
NU	281	217±15g	218±7e	397±6g	517±13e	551±17e	532±9ef
NBc	281	239±12f	248±6e	322±11h	409±39f	337±49g	486±144f
NUBc	281	284±10e	322±6d	484±9f	530±18e	640±16d	592±7de
MU	508	396±9d	360±18d	541±11e	648±13d	724±8c	652±20d
MBc	508	416±7c	432±6c	518±14ef	537±31e	497±15f	544±67ef
MUBc	508	431±6c	442±11c	745±7d	752±15c	743±11c	854±26c
SU	1 200	611±8b	785±7b	867±6c	950±19b	942±19b	845±11c
SBc	1 200	755±6a	836±6b	982±5b	988±9b	904±27b	960±18b
SUBc	1 200	751±8a	752±4a	1 237±21a	1 266±34a	1 307±15a	1 323±36a

注 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p<0.05$)。

2.2 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤氨挥发量、氨挥发速率的影响

由表 5 可知,在非盐渍化土壤条件下,与 NU 处理相比,NUBc 处理下的土壤氨挥发量降低了 18.07%;在中度盐渍化土壤条件下,与 MU 处理相比,MUBc 处理下的土壤氨挥发量降低了 50.88%;在重度盐渍化土壤条件下,与 SU 处理相比,SUBc 处理下的土壤氨挥发量则提高了 156.75%。在非盐渍化土壤条件下,与 NU 处理相比,NUBc 处理下的土壤平均氨挥发速率降低了 14.57%;在中度盐渍化土壤条件下,与 MU 处理相比,MUBc 处理下的土壤平均氨挥发速率降低了 43.68%;在重度盐渍化土壤条件下,与 SU 处理相比,SUBc 处理下的土壤平均氨挥发速率则提高了 96.02%。

2.3 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤矿质态氮的影响

由表 6 可知,随着培养时间的延长,非盐渍化和中度盐渍化土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量的变化规律基本一致,土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量峰值均出现在试验后的第 3 天,NU、NUBc、MU 处理和 MUBc 处理下土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量的峰值分别为 132.01、199.86、137.05 mg/kg 和 161.28 mg/kg;在试验后 3~40 d,与试验初期(第 1 天)相

比,NU、NUBc、MU 处理和 MUBc 处理下的土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量的平均降幅介于 30.74%~47.30%之间,MUBc 处理下的土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量降低幅度最小,为 30.74%;在重度盐渍化土壤条件下,与试验初期相比,SU 处理下的土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量平均增加了 122.71%,而 SUBc 处理下的土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量则平均降低了 50.94%。

表 5 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤氨挥发量和挥发速率的影响

Table 5 Effects of biochar and nitrogen fertilizer on total amount and rate of ammonia volatilization in salinized soil

处理	氨挥发量/mg	平均氨挥发速率/(mg m ⁻² d ⁻¹)
NU	4.76±0.14	17.16±8.02bc
NBc	1.06±0.07	5.75±4.38e
NUBc	3.90±0.06	14.66±6.16c
MU	6.23±0.08	20.90±11.86b
MBc	1.14±0.13	7.30±8.64de
MUBc	3.06±0.10	11.77±4.74cd
SU	3.33±0.08	14.31±9.44c
SBc	0.87±0.11	3.93±8.02bc
SUBc	8.55±0.20	28.05±4.38e

注 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p<0.05$)。

表 6 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤铵态氮量的影响

Table 6 Effects of biochar and nitrogen fertilizer on ammonium nitrogen in salinized soil

mg/kg

处理	1 d	3 d	9 d	17 d	27 d	40 d
NU	115.38±10.44b	132.01±14.09c	62.38±6.99de	53.76±7.04ef	28.88±3.46f	27.00±3.15e
NUBc	149.91±8.87a	199.86±21.33a	103.96±11.63b	64.83±8.49de	45.08±5.41de	40.00±4.66cd
MU	121.01±9.07b	137.05±14.63c	99.60±11.15bc	93.84±12.28bc	38.67±4.64ef	47.85±5.59c
MUBc	125.00±9.97b	161.28±17.21b	92.60±10.37bc	99.47±13.02b	43.13±5.17ef	36.40±4.25cde
SU	58.30±3.42c	97.96±10.46d	143.94±16.11a	134.12±17.56a	149.19±17.88a	123.98±14.47a
SUBc	107.42±6.29d	103.64±11.06d	87.01±9.74c	50.35±6.59ef	65.04±7.80c	61.12±7.14b

注 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p<0.05$)。

由表 7 可知, 添加生物炭和氮肥对不同盐渍化程度土壤 NO_3^- -N 量的影响显著。在试验开始后第 3~40 d, 与试验初期(第 1 天)相比, NU、MU、SU 处理下土壤 NO_3^- -N 量的平均增加幅度介于 54.41%~171.46% 之间。其中, SU 处理土壤 NO_3^- -N 量的平均增加幅度

最小, 为 54.41%; NUBc、MUBc 处理和 SUBc 处理下土壤 NO_3^- -N 量的平均增加幅度介于 85.77%~161.40% 之间, MUBc 处理土壤 NO_3^- -N 量的平均增加幅度最小, 为 85.77%。

表 7 添加生物炭和氮肥对不同程度盐渍化土壤硝态氮量的影响

处理	1 d	3 d	9 d	17 d	27 d	40 d
NU	96.94±5.48c	104.56±11.16b	260.36±29.14b	313.39±41.02a	24.85±2.98c	148.33±17.32cd
NUBc	81.33±4.48de	123.28±13.15a	352.45±39.45a	350.15±45.84a	57.72±6.92c	179.37±20.94bc
MU	78.81±4.63ef	95.70±10.21bcd	356.51±39.91a	320.11±41.90a	89.17±10.69b	208.14±24.30b
MUBc	108.20±4.90b	86.70±9.25cde	286.11±32.03b	333.39±43.64a	34.43±4.13c	264.39±30.86a
SU	66.12±3.66g	103.03±10.99bc	96.11±10.76c	121.95±15.97b	104.63±12.55b	84.77±9.89f
SUBc	70.10±5.20fg	61.34±6.55f	126.22±14.13c	163.71±21.43b	247.20±29.64a	170.54±19.91c

注 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p<0.05$)。

3 讨论

生物炭作为一种土壤改良产品, 对土壤物理、化学性质均具有一定影响^[9]。施用生物炭可改善盐渍化土壤的理化性质, 并促进作物生长^[10]。秦蓓等^[6]指出, 生物炭在盐渍化土壤中的施用量不宜过多, 过量施用可能会增加中度盐渍化土壤的含盐量。本研究中, 施用生物炭导致了非盐渍化土壤和轻度盐渍化土壤的总盐量升高, 这可能是因为生物炭的吸附作用引起土壤盐分量增加。另有研究表明, 由于生物炭具备高比表面积和多孔结构, 因此会降低土壤体积质量, 改善土壤孔隙结构, 进而促进土壤盐分离子的淋洗^[11]。在非盐渍化和轻度盐渍化土壤中添加生物炭和氮肥可提高土壤 pH 值, 这与以往研究结果一致^[12-13]。由于生物炭本身含有 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} 等交换性阳离子, 施入土壤后会与土壤中的 H^{+} 、 Al^{3+} 等离子进行交换, 从而降低其浓度^[14], 提高盐基饱和度并调节土壤 pH 值^[15]。施加生物炭可提高土壤养分量, 降低氮素淋失量, 这与生物炭强烈的吸附性能有关。同时, 生物炭可增加耕层土壤持水性能^[16]。

生物炭具有降低土壤呼吸速率的作用, 可减少土壤二氧化碳释放量^[17]。土壤碳和氮是衡量土壤质量的关键指标^[18], 施用生物炭对土壤硝态氮量有显著影响^[19]。张军等^[20]指出应当关注生物炭的最佳施用量。生物炭可能会激发施入氮肥后土壤的硝化作用, 从而促进土壤铵态氮向硝态氮的转化^[21], 与以往研究结论一致^[22]。以往研究指出, 施用生物炭可显著提高土壤 C/N 比^[23], 主要是因为生物炭具有强大的表面吸附性能, 对 NH_4^+ 具有吸附作用^[24], 另外生物炭表面存在带有负电荷的官能团, 能吸附土壤中的 NH_4^+ ,

从而减少土壤中 NH_4^+ 的损失^[25]。生物炭本身具有较大的孔隙结构, 施入土壤后可降低土壤体积质量, 改善土壤结构, 增加土壤通气性和氧气量, 减少厌氧细菌的数量, 从而抑制反硝化作用^[26]。施用生物炭后, 土壤 pH 值的升高也会削弱矿化作用并增强硝化作用, 从而使土壤中铵态氮量减少^[27]。

4 结论

1) 施用生物炭可提高非盐渍化和轻度盐渍化土壤的 pH 值。

2) 施用生物炭可显著降低非盐渍化和轻度盐渍化土壤的氨挥发损失量。

3) 生物炭可降低非盐渍化和轻度盐渍化土壤 NH_4^+ -N 量, 增加 NO_3^- -N 量。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献:

- [1] MAVI M S, MARSCHNER P. Salinity affects the response of soil microbial activity and biomass to addition of carbon and nitrogen[J]. Soil Research, 2013, 51(1): 68-75.
- [2] 徐万里, 张云舒, 刘骅. 新疆盐渍化土壤氮肥氨挥发损失特征初步研究[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 176-179.
XU Wanli, ZHANG Yunshu, LIU Hua. Preliminary study on the characteristics of ammonia volatilization from salinized soils in Xinjiang[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(1): 176-179.
- [3] 申书伟, 张丹丹, 王敏鸽, 等. 木醋液酸化生物炭与氮素配施对盐渍土壤活性氮及氨挥发的影响[J]. 环境科学, 2022, 43(5): 2 779-2 787.
SHEN Shuwei, ZHANG Dandan, WANG Min'ge, et al. Effects of combined application of wood vinegar-acidified biochar and nitrogen on active nitrogen and ammonia volatilization in saline soil[J]. Environmental Science, 2022, 43(5): 2 779-2 787.
- [4] PALANSOORIYA K N, OK Y S, AWAD Y M, et al. Impacts of biochar application on upland agriculture: A review[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 234: 52-64.

- [5] 张进红, 吴波, 王国良, 等. 生物炭对盐渍土理化性质和紫花苜蓿生长的影响[J]. 农业机械学报, 2020, 51(8): 285-294.
ZHANG Jinhong, WU Bo, WANG Guoliang, et al. Effects and evaluation of biochar on physical-chemical properties of coastal saline soil and alfalfa growth[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(8): 285-294.
- [6] 秦蓓, 王雅琴, 唐光木, 等. 施用棉秆炭对新疆盐渍化土壤理化性质及作物产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(12): 2 290-2 298.
QIN Bei, WANG Yaqin, TANG Guangmu, et al. Effects of applying cotton stalk biochar to Xinjiang saline soil on the physical and chemical properties and crop yield[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(12): 2 290-2 298.
- [7] 胡立煌, 史文竹, 项剑, 等. 生物炭、秸秆和粪肥对滨海盐碱土氮矿化和硝化作用的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(8): 1 089-1 096.
HU Lihuang, SHI Wenzhu, XIANG Jian, et al. Effects of biochar, straw and manure fertilizer on nitrogen mineralization and nitrification of coastal saline-alkali soil[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(8): 1 089-1 096.
- [8] 韩晓日, 葛银凤, 李娜, 等. 连续施用生物炭对土壤理化性质及氮肥利用率的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(4): 392-398.
HAN Xiaori, GE Yinfeng, LI Na, et al. Effects of continuous application of biochar on soil physic-chemical properties and nitrogen use efficiency[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2017, 48(4): 392-398.
- [9] 张志龙, 陈效民, 李小萌, 等. 生物质炭与化肥配施对连作黄瓜产量及肥料利用率的影响[J]. 土壤, 2021, 53(1): 47-54.
ZHANG Zhilong, CHEN Xiaomin, LI Xiaomeng, et al. Effects of biochar combined with fertilizer on cucumber yield and fertilizer use efficiency under continuous cropping[J]. Soils, 2021, 53(1): 47-54.
- [10] 王凡, 屈忠义. 生物炭对盐渍化农田土壤的改良效果研究进展[J]. 北方农业学报, 2018, 46(5): 68-75.
WANG Fan, QU Zhongyi. Progress research on the improvement effect of biochar on salinized farmland soil[J]. Journal of Northern Agriculture, 2018, 46(5): 68-75.
- [11] 岳燕, 林启美, 郭维娜, 等. 不同土层加入生物质炭对盐分淋洗的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 62-67.
YUE Yan, LIN Qimei, GUO Weina, et al. Effect of biochar on salt leaching in different soil layers[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(3): 62-67.
- [12] 王凡, 屈忠义, 李昌见, 等. 生物炭对砂壤土氮素淋失的影响试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(7): 71-74.
WANG Fan, QU Zhongyi, LI Changjian, et al. Effect of biochar on nitrogen leaching in a sandy loam soil[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2017, 36(7): 71-74.
- [13] LAIRD D, FLEMING P, WANG B Q, et al. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil[J]. Geoderma, 2010, 158(3/4): 436-442.
- [14] 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 and Soil, 2010, 327: 235-246.
- [15] TOPOLIANZ S, PONGE J F, BALLOF S. Manioc peel and charcoal: A potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics[J]. Biology and Fertility of Soils, 2005, 41(1): 15-21.
- [16] 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): 4 128-4 138.
GU Meiyong, LIU Hongliang, LI Zhiqiang, et al. Impact of biochar application on soil nutrients and microbial diversities in continuous cultivated cotton fields in Xinjiang[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(20): 4 128-4 138.
- [17] 张芙蓉, 赵丽娜, 张瑞, 等. 生物炭对盐渍化土壤改良及甜瓜生长的影响[J]. 上海农业学报, 2015, 31(1): 54-58.
ZHANG Furong, ZHAO Lina, ZHANG Rui, et al. Effects of biochar on saline soil improvement and melon growth[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2015, 31(1): 54-58.
- [18] 尚杰, 耿增超, 陈心想, 等. 施用生物炭对旱作农田土壤有机碳、氮及其组分的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(3): 509-517.
SHANG Jie, GENG Zengchao, CHEN Xinxiang, et al. Effects of biochar on soil organic carbon and nitrogen and their fractions in a rainfed farmland[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2015, 34(3): 509-517.
- [19] 蔡九茂, 刘杰云, 邱虎森, 等. 滴灌方式和生物质炭对温室土壤矿质态氮及其微生物调控的影响[J]. 环境科学, 2020, 41(8): 3 836-3 845.
CAI Jiumao, LIU Jieyun, QIU Husen, et al. Effects of drip irrigation patterns and biochar addition on soil mineral nitrogen and microbial regulation of greenhouse[J]. Environmental Science, 2020, 41(8): 3 836-3 845.
- [20] 张军, 周丹丹, 吴敏, 等. 生物炭对土壤硝化反硝化微生物群落的影响研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(5): 993-999.
ZHANG Jun, ZHOU Dandan, WU Min, et al. Advances in the study of the effects of biochar on soil nitrifying and denitrifying microbial communities[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2018, 24(5): 993-999.
- [21] GUL S, WHALEN J K. Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2016, 103: 1-15.
- [22] 李娜, 范树茂, 陈梦凡, 等. 生物炭与秸秆还田对水稻土碳氮转化及相关酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(4): 431-438.
LI Na, FAN Shumao, CHEN Mengfan, et al. Effects of biochar and straw returning on paddy soil carbon and nitrogen transformation and soil enzyme activities[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2017, 48(4): 431-438.
- [23] 樊鹏飞, 任天宝, 刘文, 等. 滴灌条件下施用生物炭对土壤改良效果及氮肥利用率的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(10): 8-14.
FAN Pengfei, REN Tianbao, LIU Wen, et al. Influence of biochar application on soil amendment and nitrogen utilization efficiency under drip irrigation[J]. Tobacco Science & Technology, 2018, 51(10): 8-14.
- [24] 邢英, 李心清, 周志红, 等. 生物炭对水体中铵氮的吸附特征及其动力学研究[J]. 地球与环境, 2011, 39(4): 511-516.
XING Ying, LI Xinqing, ZHOU Zhihong, et al. Adsorption and kinetics of ammonium from aqueous medium onto biochar[J]. Earth and Environment, 2011, 39(4): 511-516.
- [25] KASTNER J R, MILLER J, DAS K C. Pyrolysis conditions and ozone oxidation effects on ammonia adsorption in biomass generated chars[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 164(2/3): 1 420-1 427.
- [26] CAVIGELLI M A, ROBERTSON G P. Role of denitrifier diversity in rates of nitrous oxide consumption in a terrestrial ecosystem[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(3): 297-310.
- [27] 刘杰云, 邱虎森, 王聪, 等. 生物质炭对双季稻田土壤反硝化功能微生物的影响[J]. 环境科学, 2019, 40(5): 2 394-2 403.
LIU Jieyun, QIU Husen, WANG Cong, et al. Influence of biochar amendment on soil denitrifying microorganisms in double rice cropping system[J]. Environmental Science, 2019, 40(5): 2 394-2 403.

valve section. We analyzed the simulation results to determine the effect of these methods in alleviating water hammer at specific locations in the pipelines. **【Result】** Without the water hammer protection measure, when the control valve at the end of the pipeline is turn off quickly, there is no noticeable negative pressure along the pipeline; the maximum negative pressure head reaches - 20.06 m, and the maximum positive pressure at the section of the control valve at the end of the pipeline reaches 87.58 m. Installation of the water hammer protection measures eliminates the occurrence of negative pressure in the pipeline and reduces the maximum positive pressure head in the pipeline to 70.88 m, which is lower than the critical pressure for occurrence of water hammer in the pipelines. **【Conclusion】** For the gravity-driven water transmission pipeline in hilly areas, combination of inlet and exhaust valve and an over-pressure relief valve can effectively alleviate the occurrence of water hammer and ensure that the pressure in the pipeline is less than the critical pressure required in the design of the pipelines.

Key words: hilly area; gravity flow pipeline water conveyance; water hammer protection; numerical simulation; inlet and exhaust valve; over-pressure relief valve

责任编辑: 赵宇龙

(上接第 91 页)

The Effect of Interaction between Biochar and Nitrogen Fertilizer on Ammonia Volatilization in Salinized Soil

HE Shuai^{1,2}, WANG Guodong^{1,2}, ZHANG Lei^{3*}

(1. Research Institute of Farmland Water Conservancy and Soil-fertilizer, Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences, Shihezi 832000, China; 2. Key Laboratory of Northwest Oasis Water-saving Agricultural of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shihezi 832000, China; 3. College of Agriculture, Tarim University, Alaer 843300, China)

Abstract: **【Objective】** Investigating the Interactive Effects of Biochar and Nitrogen Fertilizer on Ammonia Volatilization in Saline Soils. **【Method】** We investigated the effects of applying biochar, nitrogen fertilizer, and their combination on ammonia volatilization rates and mineral nitrogen content in soils with varying degrees of salinity through indoor soil incubation experiments. **【Result】** The addition of biochar led to pH enhancement in non-saline and moderately saline soils, while its effect on heavily saline soil pH was not statistically significant. Moreover, in the presence of nitrogen application, the inclusion of biochar significantly suppressed ammonia volatilization rates in non-saline and moderately saline soils, resulting in reductions of 18.06% and 50.88%, respectively, in total ammonia volatilization compared to the sole nitrogen application. The ammonia volatilization rates were also decreased by 14.57% and 43.68% in non-saline and moderately saline soils, respectively. These findings underscore the potential of biochar to ameliorate ammonia losses in non-saline and moderately saline soils when combined with nitrogen application. **【Conclusion】** The addition of biochar has been shown to have a significant impact on reducing ammonia volatilization losses in both non-saline and moderately saline soils.

Key words: biochar; nitrogen fertilizer; salinized soil; the rate of ammonia volatilization

责任编辑: 韩 洋