

塑料大棚盐渍化土壤灌水洗盐对水环境污染负荷的研究

沈根祥¹, 杨建军², 黄沈发¹, 姚政², 唐浩¹

(1. 上海市环境科学研究院, 上海 200233; 2. 上海市农业科学院, 上海 201106)

摘要: 针对塑料大棚盐渍化土壤常用的灌水洗盐方式, 通过小区和原状土柱模拟灌水洗盐试验, 研究了灌水洗盐降低土壤盐渍化的效果及其通过径流和渗漏流失对水环境的氮磷污染负荷。结果表明: 灌水洗盐能降低表层土壤盐分 53%~64%、土壤硝态氮 55%~60%, 但使表层土壤速效磷增加了 1.0~1.5 倍; 洗盐过程中通过径流和渗漏流失进入水环境的氮磷污染负荷为硝态氮 7.66 kg/hm²、铵态氮 0.77 kg/hm²、总氮 12.71 kg/hm² 和总磷 1.27 kg/hm²。

关键词: 塑料大棚; 土壤盐渍化; 灌水洗盐; 面源污染; 氮磷

中图分类号: S625.5⁺1; S156.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)01-0124-04

0 引言

由于塑料大棚设施农业生产化肥施用水平较常规大田生产高, 且长期处于封闭的环境, 无自然降雨, 温度高, 蒸发量大, 因此土壤中的盐分随土壤毛管水上升聚集在土壤表层, 经 2~3 年的累积, 耕作层土壤很容易发生土壤次生盐渍化^[1]。塑料大棚内土壤一旦发生盐渍化, 土壤结构板结, 通气和透水能力降低, 土壤剖面硝态氮含量升高^[2,3], 耕层土壤磷明显富集^[4,5], 使得蔬菜生长不良, 导致产量下降, 也使蔬菜硝酸盐含量大幅度升高, 亚硝酸盐超标严重^[3,6]。为了减轻塑料大棚土壤盐渍化对蔬菜生产的影响, 需采取灌水洗盐、客土、有机物料阻盐、施用有机肥等措施进行治理, 灌水洗盐由于见效快、操作简便, 是目前国内应用最为广泛的盐渍化土壤治理方式。

所谓灌水洗盐, 就是对发生盐渍化的土壤进行大水量的灌溉, 使土壤中的盐分溶解于水, 并随灌溉后产生的径流水和渗漏水流动离开土壤, 使土壤盐渍化程度降低。在洗盐过程中, 除了土壤盐分和养分发生变化外, 还有氮磷养分随径流和渗漏水流失而进入水环境。

本文针对上述现状, 通过塑料大棚盐渍化土壤小区和原状土柱模拟灌水洗盐试验, 研究灌水洗盐措施降低土壤盐渍化的效果和洗盐过程中氮磷随径流和渗漏流失对水环境的污染贡献, 为国内塑料大棚设施农业面源污染负荷的估算和选择防治土壤盐渍化措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

采用上海农科院连续使用 5 年的塑料大棚典型盐渍化土壤为供试土壤, 其基本理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Physical and chemical properties of test soil

pH 值	电导率 EC /mS · cm ⁻¹	有机质 O · M /g · kg ⁻¹	氮 素			磷 素	
			硝态氮 NO ₃ ⁻ -N /mg · kg ⁻¹	铵态氮 NH ₄ ⁺ -N /mg · kg ⁻¹	总氮 TN /g · kg ⁻¹	速效磷 Avail-P /mg · kg ⁻¹	总磷 TP /g · kg ⁻¹
6.37	1.23	29.4	232.5	12.7	2.03	196.2	2.10

1.2 径流试验

设 3 个面积各为 3 m² 的小区, 小区四周用深度为 30 cm 的塑料薄膜隔离层防止侧渗, 并在四周筑高约 10 cm 用塑料薄膜内衬的土堤。参照常规灌水洗盐方式, 对小区进行计量灌水, 灌水量为 833 m³/hm², 使土壤表层积水约 3 cm。经 20~24 h 土壤浸泡, 待土壤吸水饱和且表层还余少许水时, 释放和收集径流水, 并分析其 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、TN 和 TP 含量。根据常规灌水洗盐步骤, 次日再灌一次水, 灌水量为 333 m³/hm², 操作方

式同前。分析灌水前后小区土壤表层(0~20 cm)电导率(EC)和 NO₃⁻-N、速效磷(Avail-P)的变化。

1.3 渗漏试验

在径流试验现场挖掘 3 个原状土柱, 土柱高 80 cm, 直径 27.6 cm, 土柱外围用铁桶套严后运至实验室, 削平土柱底部土壤, 并安装带有出水口的铁桶底盘。为防止土柱与桶壁间缝隙过大而造成边缘渗漏, 在试验前沿桶壁灌入用底层土壤做成的泥浆, 并使之平衡一段时间。

根据小区径流试验单位面积灌水量和径流排水量, 按土柱表面积确定原状土柱 2 次灌水洗盐的灌水量和与小区试验相同土壤浸泡时间后的径流水收集量, 并待桶底出水口有水流时开始收集渗漏水, 并分析渗漏水中 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、TN 和 TP 含量。采集灌水前后不同层(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm)的土壤样品, 分析土壤电导率和 NO₃⁻-N、速效磷(Avail-

收稿日期: 2004-03-16 修订日期: 2004-08-12

基金项目: 上海市环境保护科学技术发展基金科研项目(沪环科攻关-02-03)

作者简介: 沈根祥, 博士, 副研究员, 美国农业工程学会会员, 主要从事农业环境保护研究。上海市钦州路 508 号 上海市环境科学研究院, 200233。Email: shen-gx@sina.com



P) 变化情况。

1.4 分析方法

土壤电导率(EC)采用蒸馏水浸提后电导仪测定; 土壤 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 采用 CaCl_2 浸提后蒸馏-紫外分光光度计测定; 速效磷用 NaHCO_3 浸提-钼蓝比色法测定。

水样 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 用紫外分光光度计测定; $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 采用蒸馏法测定; TN、TP采用过硫酸钾氧化后, TN用紫外分光光度计测定, TP用钼蓝比色法测定。

2 结果与分析

2.1 灌水洗盐对土壤电导率的变化影响

在一定浓度范围内, 土壤浸出液的含盐量与电导率呈正相关, 电导率的大小能反映土壤含盐量的高低。图 1 为灌水洗盐前后 4 个土壤层次电导率的变化情况, 其中 0~20 cm 层为综合小区与土柱试验的结果, 其它土壤层次仅为土柱试验结果(下同)。从图中可以看出: 代表土壤含盐量大小的电导率随土壤深度的增加而下降, 盐渍化土壤的盐分主要聚集在土壤表层(0~20 cm); 经 2 次灌水洗盐, 各层次土壤电导率均有下降, 其中表层土壤下降最为迅速, 降低幅度达 53~64%, 从而有效地减轻了耕作层土壤盐渍化的危害。

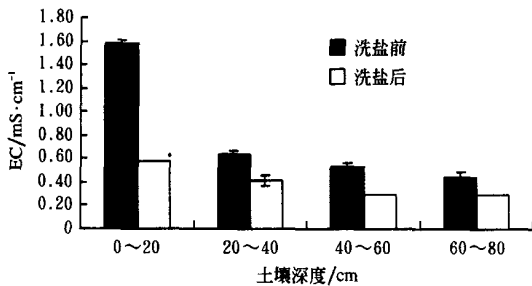


图 1 灌水洗盐前后土壤电导率(EC)的变化

Fig 1 Changes of EC at different depths of soils before and after saliferous soil washed by water

盐渍化土壤洗盐后电导率下降的原因是, 土壤中的盐分经淹水灌溉溶解于水, 并随径流水和渗漏水离开土壤。具体表现为, 径流和渗漏水中的电导率与灌溉水相比明显上升, 其中渗漏水上升幅度最大, 为灌溉水的 11.53 倍(表 2)。由此也说明灌水洗盐过程中, 盐分离子主要是通过垂直下渗运动离开土壤。

表 2 灌溉水、径流水和渗漏水中的电导率(EC)

Table 2 Values of EC in irrigation, runoff and leakage water

水 类	灌溉水	径流水	渗漏水
EC/mS·cm ⁻¹	0.45	1.60±0.43	5.64±1.20
占灌溉水的比例/%	—	256	1153

2.2 灌水洗盐对土壤硝态氮和速效磷含量的影响

1) 土壤硝态氮含量的变化

试验结果表明, 在连续使用 5 年的塑料大棚土壤中硝酸盐已有明显积累, 洗盐前耕作层土壤硝态氮含量高达 207 mg/kg 左右, 而其它层也在 100 mg/kg 左右; 经灌水洗盐, 各土壤层硝态氮含量均有所降低, 其中表层土壤降低幅度达 55%~60%, 说明灌水洗盐对降低耕作层土壤硝酸盐含量作用相当明显(图 2)。

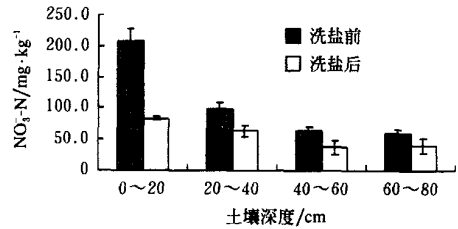


图 2 灌水洗盐前后土壤硝态氮含量的变化

Fig 2 Changes of nitrate nitrogen at different depths of soils before and after saliferous soil washed by water

2) 土壤速效磷含量的变化

与土壤硝态氮含量变化不同, 灌水洗盐后各土壤层速效磷含量呈上升趋势(图 3), 其中土壤表层速效磷含量增加最为显著, 其增加幅度达 100%~150%。灌水洗盐后土壤速效磷含量增加, 一方面与塑料大棚蔬菜栽培中磷肥施用量过高, 造成土壤磷素大量积累有关; 另一方面, 当灌水洗盐时, 由于土壤干湿交替, 氧化还原条件发生变化, 致使土壤中一些不溶的含磷化合物溶解后释放出磷, 从而增加了土壤磷随径流和渗漏流失量^[7-9]。

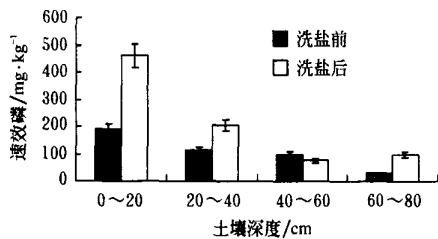


图 3 洗盐对土壤速效磷的影响

Fig 3 Changes of available phosphorus at different depths of soils before and after saliferous soil washed by water

2.3 灌水洗盐对水环境氮磷污染负荷的影响

1) 灌水洗盐径流量及其氮磷浓度

在 3 个小区径流试验中, 2 次灌水洗盐合计灌水量为 1166 m³/hm², 累计排出径流量为 116.0 m³/hm², 约占灌溉水量的 10%。测定结果表明, 2 次洗盐径流水中的 3 种氮和总磷浓度无明显差异, 总氮和总磷的平均值分别为 13.8 mg/L 和 3.34 mg/L(表 3)。

表 3 灌水洗盐径流量及其氮磷浓度

Table 3 Amounts of runoff water and their concentrations of nitrogen and phosphorus after saliferous soil washed

	灌水量/m ³ ·hm ⁻²	径流量/m ³ ·hm ⁻²	NO ₃ ⁻ -N/mg·L ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N/mg·L ⁻¹	TN/mg·L ⁻¹	TP/mg·L ⁻¹
第 1 次	833	51.03±1.92	6.88±0.41	5.66±0.34	13.76±0.17	3.33±0.30
第 2 次	333	65.00±5.58	6.95±0.41	5.60±0.37	13.85±0.30	3.36±0.16

2) 灌水洗盐渗漏水量及其氮磷浓度

在 3 个土柱渗漏试验中, 合计灌水量也为 $1166 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 经收集与径流试验相同土壤浸泡时间后的等比例径流量, 2 次洗盐收集到的排出渗漏水量累计为 $958.3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 渗漏水量约占灌溉水量的 80%。各次洗盐产生的渗漏水氮磷浓度见表 4, 由表 4 可见, 第 2 次排出的渗漏水中除总磷浓度较第 1 次有明显的下降外,

其它均无显著差异。渗漏水中的氮素明显以硝态氮为主 (54.5%), 而铵态氮只占极少部分 (6.4%), 这与土壤中硝态氮易向下迁移, 而铵态氮不易向下移动有关^[10]。第 2 次洗盐渗漏水中的总磷浓度比第 1 次洗盐时低, 与磷素在土壤中的难移动性有关^[8,9]。渗漏水总氮浓度与径流水基本一致, 总磷浓度明显低于径流水。

表 4 灌水洗盐渗漏水量及其氮磷浓度

Table 4 Amounts of leakage water and their concentrations of nitrogen and phosphorus after saliferous soil washed

	灌水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$	径流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$	$\text{NO}_3\text{-N}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{NH}_4\text{-N}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{TN}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{TP}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
第 1 次	833	666.67 ± 56.65	7.67 ± 0.52	0.96 ± 0.16	14.25 ± 0.12	1.44 ± 0.38
第 2 次	333	291.67 ± 41.34	7.87 ± 0.70	0.87 ± 0.25	14.24 ± 0.13	0.93 ± 0.11

3) 灌水洗盐流失进入水环境的氮磷污染负荷

根据试验得到的径流和渗漏水量及其氮磷浓度, 计算了塑料大棚盐渍化土壤灌水洗盐的氮磷流失污染负荷。表 5 数据说明, 2 次洗盐进入水环境的总氮为 $12.71 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 总磷为 $1.27 \text{ kg}/\text{hm}^2$; 流失以渗漏为主, 总氮渗漏流失量占 92.7%, 总磷渗漏流失量占 69.2%; 氮流失以硝态氮为主, 占总氮流失的 60.3%, 铵态氮仅占 6.1%。虽然塑料大棚盐渍化土壤一般每 2 年灌水洗盐 1 次, 以降低土壤盐渍化程度, 但是如此高的氮磷污染负荷集中在 3~4 d 内排放, 在洗盐期对水环境的污染影响将超过常规大田农业。

表 5 灌水洗盐每 hm^2 土地进入水环境的氮磷污染负荷

Table 5 Water pollution load of nitrogen and phosphorus after saliferous soil washed / $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	TN	TP
径流	0.72 ± 0.04	0.49 ± 0.06	1.18 ± 0.02	0.39 ± 0.01
渗漏	6.94 ± 0.94	0.28 ± 0.11	11.53 ± 0.71	0.88 ± 0.20
合计	7.66	0.77	12.71	1.27

3 结 论

灌水洗盐是目前国内塑料大棚土壤次生盐渍化发生后通常采取的一种治理方式, 在减轻土壤盐渍化程度、降低土壤硝态氮和农产品硝酸盐积累等方面具有明显的效果。但是, 本试验研究同时表明, 盐渍化土壤灌水洗盐过程中, 土壤中的氮磷随径流和渗漏水流失进入地表水和地下水, 对水环境的污染一者负荷高, 二者为集中排放, 从而在洗盐期比常规大田面源污染的危害性可能更大。因此, 塑料大棚盐渍化土壤的防治, 应更多地采

取减少化肥施用量、增施有机肥和有机物料(如农作物秸秆)阻盐等其它综合性措施, 以防止塑料大棚生产高强度的面源污染对水环境的污染危害。

[参 考 文 献]

- [1] 龚宪成 自控温室内土壤盐渍化防治措施[J] 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 75-76
- [2] 李文庆, 张民, 李海峰, 等 大棚土壤硝态氮状况研究[J] 土壤学报, 2002, 39(2): 283-287
- [3] 王朝辉, 宗志强, 李生秀, 等 蔬菜的硝态氮累积及菜地土壤的硝态氮残留[J] 环境科学, 2002, 23(3): 79-83
- [4] 沈汉 京郊菜园土壤元素积累与转化特征[J] 土壤学报, 1990, 27(1): 104-112
- [5] 刘远金, 卢瑛, 陈俊林, 等 广州城郊菜地土壤磷素特征及流失风险分析[J] 土壤与环境, 2002, 11(3): 237-240
- [6] 沈根祥, 柯福源, 袁大伟, 等 上海设施蔬菜主要品种污染物含量调查评估[J] 上海环境科学, 2002, 21(8): 475-477
- [7] 高超, 张桃林, 吴蔚东 农田土壤中的磷向水体释放的风险评价[J] 环境科学学报, 2001, 21(3): 344-348
- [8] Daniel T C, Sharpley A N, Lenyon J L. Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview [J] J Environ Qual, 1998, 27: 251-257
- [9] Pote D H, Daniel T C, Sharpley A N, et al Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff [J] Soil Sci Am J, 1996, 60: 855-859
- [10] 杨建军, 冉炜, 沈其荣 小麦生长季节太湖地区土壤溶液中氮磷浓度的变化[J] 南京农业大学学报, 2002, 25(2): 66-70

Water pollution load of saliferous soil washed by water in plastic greenhouse

Shen Genxiang¹, Yang Jianjun², Huang Shenfa¹, Yao Zheng², Tang Hao¹

(1. *Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233, China;*

2. *Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China*)

Abstract: According to typical method of saliferous soil washed by water in protected agriculture, the reduction of saline matter in soil and the water pollution load of nitrogen and phosphorus by runoff and leakage were studied with plot scale experiments and indoor soil column experiments. The results showed that 53% ~ 64% of saline matter and 55% ~ 60% of nitrate nitrogen were reduced, respectively, while 1.0 ~ 1.5 times of available phosphorus was increased in top soil after saliferous soil was washed; the total water pollution loads of nitrogen and phosphorus by runoff and leakage were 7.66 kg/hm² of nitrate nitrogen, 0.77 kg/hm² of ammonium nitrogen, 12.71 kg/hm² of total nitrogen and 1.27 kg/hm² of total phosphorus, respectively.

Key words: plastic greenhouse; saliferous soil; water-washed; non-point source pollution; nitrogen and phosphorus

沈根祥, 杨建军, 黄沈发, 等. 塑料大棚盐渍化土壤灌水洗盐对水环境污染负荷的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 124- 127.

Shen Genxiang, Yang Jianjun, Huang Shenfa, et al. Water pollution load of saliferous soil washed by water in plastic greenhouse[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 124- 127. (in Chinese with English abstract)