

246-250

5686(4)

第16卷第3期
1996年6月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 16, No. 3
Jun., 1996设施栽培下土壤中硝化、
反硝化作用的研究

殷永娴

刘鸿雁

(南京农业大学资环系微生物教研组, 南京, 210095)

S181

A

摘要 利用温室、大棚等园艺设施栽种蔬菜, 是当今蔬菜生产的有效措施之一, 但由于温室、大棚是一个特殊的环境, 加上连作, 致使温室、大棚的土壤逐渐产生障碍, 导致作物产量逐渐下降。本文着重从温室、大棚土壤中硝化、反硝化作用进行深入一步探讨。其结果为: 温室、大棚中有强烈的硝化作用和较多的 NO_2^- 、 NO_3^- 盐积累, 这是温室、大棚作物产量下降的重要原因之一; 温室、大棚中反硝化作用强度与土壤中的 NO_3^- 盐含量有关, 与反硝化菌数量呈正相关; 反硝化作用的中间产物 N_2O 的含量对大气造成污染也可能危害作物。

关键词: 设施土壤, 硝化作用, 反硝化作用。

农业生态学

INVESTIGATION ON NITRIFICATION AND
DENITRIFICATION OF SOIL UNDER
INSTALLING CULTIVATION CONDITIONS

Yin Yongxian Liu Hongyan

(Nanjing Agriculture University, Nanjing, China, 210014)

Abstract It is one of the effective measures to use installing cultivation for culturing vegetables at present. However, owing to successive cropping in the special ecological environment, i. e., in greenhouse and plastic shed, an obstacle would be produced in the soils, gradually resulting in a decrease in crop yield. The obstacle was investigated through dealing with nitrification and denitrification. The results show that there were stronger nitrifying activities in soils under greenhouse and plastic shed conditions, and hence an excessive amount of NO_2^- and NO_3^- was accumulated in the same soils. Their concentrations reduced up to $0.13 \sim 0.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.72 \sim 4.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively, while their soil concentrations in open-field were only $0.04 \sim 0.40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.51 \sim 0.78 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. It was one of the reasons why the crop yield decreased in greenhouse and plastic shed. The results also show that the denitrifying activity in the soils in greenhouse was stronger than in plastic shed and that the denitrifying activity in the soils in greenhouse was stronger than that in the open field shed which in turn was

* 国家自然科学基金资助项目, 编号 3880598, 已通过鉴定。

收稿日期: 1994 02 01; 修改稿收到日期: 1996 01 10。

stronger than that in the open field. The denitrifying activity was related to the concentration of nitrate in soils and was well positively correlated with the number of denitrifiers.

Key words: nitrification, denitrification, installation soil.

利用温室、大棚等园艺设施栽种蔬菜,既能提高蔬菜产量,满足人们对蔬菜的需求;又能提高其经济效益,是当今蔬菜生产的有效措施之一。但是,由于温室、大棚是一个特殊的生态环境,其温度、湿度、光照、通气条件和水肥管理等均不同于一般大田,再加上连作,致使温室、大棚的土壤逐渐变坏,产生明显的返盐现象。随着使用年限的增长,在温室、大棚等设施栽培下出现了产量下降的问题。本文从微生物学因素,特别是从温室、大棚土壤中亚硝酸细菌、硝酸细菌的数量以及硝化、反硝化作用强度等方面探讨其障碍因素,为解决这些问题提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 土样取自南京东郊紫金山乡农科站的温室土、大棚土,以温室之间的露地土壤作为对照。采用多点混合法,取表层 0~5 cm 土壤作供试土壤。

1.1.2 采样时间 1991 年 3、4、5、6 月上旬。

1.1.3 样品 ①紫农温室土;②紫农大棚土;③紫农露地土。

1.1.4 试剂 ①格利斯试剂 1,2;②奈氏试剂;③二苯胺试剂;④ 10 mg/L NO_3^- -N 液, 0.02 mol, CuSO_4 , 10% H_2O_2 , 1:1 NH_4OH 液, 酚二磺酸显色剂, ⑤ 650 mg/L NO_3^- -N, 乙炔;⑥ 0.02 mg/L NaOH , 0.02% 二盐酸盐, 1% 磺胺。

1.1.5 仪器 ①分光光度计;② SP-501 型气相色谱仪。

1.1.6 培养基

序号	名称	供分析的微生物种类
①	硝化(一)培养基 ^[5]	亚硝酸细菌
②	硝化(二)培养基 ^[3]	硝酸细菌
③	硝酸柠檬酸培养基 ^[4]	反硝化细菌

1.2 方法

1.2.1 MPN 法测亚硝酸细菌、硝酸细菌、反硝化细菌的菌数^[2]。

1.2.2 105℃下烘干称重法测土壤水分含量。

1.2.3 酚二磺酸显色法测定硝酸盐的含量^[3]。

1.2.4 N_2O 的测定用气相色谱法,见参考文献^[4]。

1.2.5 比色法测定亚硝酸含量

称新鲜土 10 g→加 0.02 mol NaOH 20 ml→研磨→4000 rpm 离心 5 min→取上清液 5 ml→稀释 10 倍→取 5 ml→加 1% 磺胺→加 0.02% 二盐酸盐(溶于 1.5 mol HCl 中)→放置 15 min→4000 rpm 离心 5 min→540 nm 721 分光光度计比色。

2 结果与讨论

2.1 温室、大棚土壤中的硝化作用

在温室和大棚土壤的 0~5 cm 土层中,有不同程度的盐分积累,其中对蔬菜的生长和质量影响较大的是可溶性亚硝酸盐和硝酸盐,它们的存在与变化极易受土壤中硝化细菌(包括亚硝酸细菌和硝酸细菌)及反硝化细菌活动的影响。3 种不同处理土壤中亚硝酸细菌和硝酸细菌的数量分析表明(图 1),以温室土壤的含量高于大棚土壤又高于露地土壤;且 3 种土壤中该两种菌的含量都随温度的升高而增多^[4]。由于温室土壤的菌数高于其它两种土壤,其硝化活性亦最强,表现在累积的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量亦最多,而且随温度的上升呈现逐渐增多的趋势(表 1)。由于在 NH_4^+ 和 NO_2^- 的氧化过程都释出 H^+ ^[1],导致环境变酸,所以温室土壤表现出 pH 值随硝化活性的增强和 NO_3^- 积累量的增多而下降(表 1),这可能也不利于植物根系的发育。

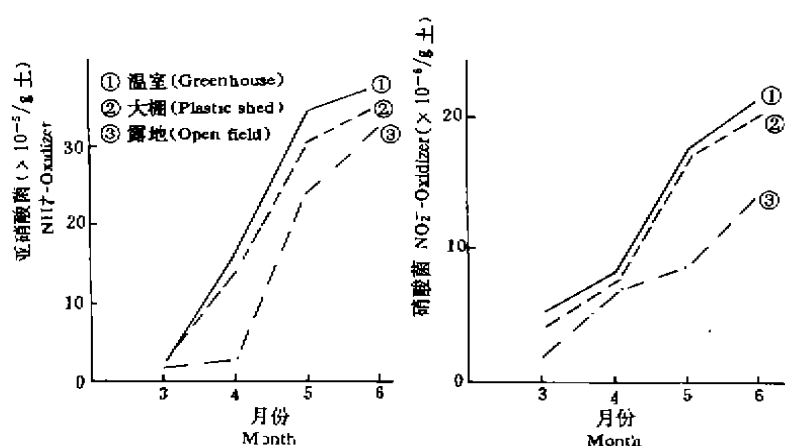


图 1 3 种处理土壤中亚硝酸细菌和硝酸细菌数量的比较

Fig. 1 Comparison of number of NH_4^+ -Oxidizer and NO_2^- -Oxidizer among three treatment of soils

表 1 3 种土壤中总盐量 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量, pH 和含水量的变化

Table 1 Change in total salt, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ content, pH and moisture content in three treatment of soils

土 壤 Soil	采样时间 Sampling time (month)	总盐量 Total salt (g/kg)	$\text{NO}_3^- \text{-N}$ (g/kg)	pH	含水量 (%) Moisture content	温度 (°C) Temperature
温室土壤 Green house soil	3	5.1	2.74	6.93	11.5	9.6
	4	5.9	3.16	6.54	19.4	25
	5	6.1	3.96	6.52	19.7	28
	6	6.3	4.42	6.48	20.4	29.5
大棚土壤 Plastic shed soil	3	3.1	1.07	6.53	11.8	8.6
	4	3.6	1.92	6.21	18.1	23.5
	5	1.3	0.75	6.00	10.7	26.6
	6	1.26	0.72	5.96	18.6	27.6
露地土壤 Open field soil	3	0.79	0.51	7.72	20.0	6
	4	0.81	0.63	8.02	17.4	16
	5	1.1	0.78	8.06	17.7	25
	6	1.3	0.76	8.09	17.9	28

值得提出的是,在一般土壤中是很少积累 NO_2^- 的,因为氧化 NO_2^- 的亚硝酸细菌和氧化 NO_2^- 的硝酸细菌总是相伴而生,且硝酸细菌一般比亚硝酸细菌为多,但是,研究表明,在温室、大棚土壤中却积累了相当数量的 NO_2^- -N (图 2)。虽然其量随时间而呈逐渐下降的趋势,但是含量大大超过了 Chapman^[7] 指出的“旱田 0~6 英寸表土内含有高达 0.09 g/kg 的 NO_2^- 数量”。而且 Champan 与 Bingham^[7] 用水培法确认了 NO_2^- 对大麦、蚕豆与番茄均有显著毒害^[7]。同时根据周燮教授的研究,当 NO_2^- 含量达 0.01 g/kg 时,稻苗即出现烂根等毒害^[7]。因此,可以说明温室、大棚土壤中有含量较多的 NO_2^- 积累,是造成温室、大棚植物生长受抑制的原因之一。

2.2 温室、大棚土壤的反硝化作用

表 2 是温室、大棚、露地 3 种处理土壤中反硝化细菌数量的动态变化,由表 2 看出以温室土壤中的反硝化菌数多于大棚又多于露地土壤;而且数量变化随温度升高而增加,可能温室土壤高温高湿(图 1 和表 1)有利于反硝化细菌。

表 2 3 种土壤中反硝化细菌数量的动态变化(个/g 干土)

Table 2 Dynamics of denitrifiers number in three treatments of soils (Ind./g. D. S)

土 壤 Soil	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June
温室土壤 Green house soil	4.38×10^7	4.19×10^8	6.33×10^8	4.32×10^8
大棚土壤 Plastic shed soil	2.03×10^7	1.83×10^8	2.06×10^8	2.14×10^8
露地土壤 Open field soil	1.25×10^7	0.63×10^8	1.87×10^8	0.47×10^8

在反硝化细菌数量多,又适于反硝化作用的条件下,其反硝化活性亦较强,如表 3 所示,以温室土壤的反硝化活性高于大棚土壤又大于露地土壤。而且经相关分析,土壤中反硝化菌数与反硝化活性呈正相关,相关系数 $r=0.5794^*$, $y=2.7457+0.0431x$ ($n=12$)

表 3 3 种土壤的反硝化活性*

Table 3 Denitrifying potential in three treatments of soil

土壤 Soil	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June
温室土壤	2.47	4.90	2.83	4.65
大棚土壤	1.94	3.46	2.67	3.22
露地土壤	1.90	3.20	2.28	3.18

* 释出的 N_2O 量, 10^{-5} g/g 干土, 培育 3 d

Release N_2O amount, 10^{-5} g/g D. S, culture 3 days

为了进一步观察 NO_3^- 浓度对植物的影响,进行了一组模拟试验,在钵钵中施用不同浓度的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,采用了 0 g/kg, 1.25 g/kg, 2.5 g/kg, 5.0 g/kg, 7.5 g/kg, 10 g/kg 6 个浓度,5 个重复,供试植物为辣椒。实验结果是 NO_3^- -N 浓度为 0 g/kg 的长势良好,浓度从 2.5 g/kg 到 5 g/kg 的植株逐渐矮小,僵缩甚至枯黄,产量下降,浓度增加至 7.5 g/kg 和

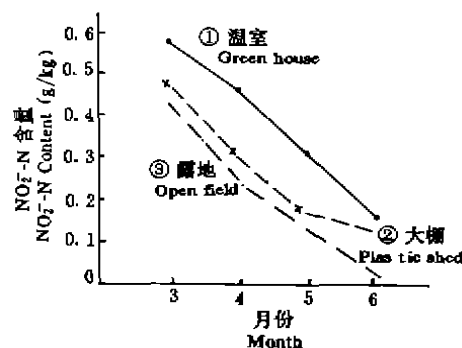


图 2 3 种处理土壤中 NO_2^- -N 含量的动态

Fig. 2 Dynamics of NO_2^- -N content in three treatments of soil

10 g/kg 时, 植株已不能立苗。试验过程分别测定了各处理的 pH、 NO_3^- 、 N_2O 以及反硝化细菌数量, 测定结果见表 4。

表 4 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 浓度对反硝化菌数、活性及 pH 的影响

Table 4 Effect of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ concentration on count of denitrifiers, denitrifying potential and pH

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (g/kg)	0	1.25	2.5	5.0	7.5	10.0
NO_3^- (g/kg)	0	0.47	0.95	1.89	2.84	3.78
pH	5.67	5.38	5.33	5.27	5.22	5.19
反硝化菌数						
Count of denitrifiers (10^3 Ind/g, D.S)	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0	5.5
反硝化活性						
Denitrifying potential (N_2O 10^{-6} g/g, S)	0.156	0.51	0.70	0.80	0.99	0.96
NO_3^- (g/kg)	0.44	0.91	1.4	2.3	3.3	4.2

由表 4 看出, 随着 NO_3^- 盐浓度的增高, 由于提供了较多的电子受体, 反硝化细菌数量随之增加, 反硝化活性也随之增强, 与温室和大棚土壤结果相似。当 NO_3^- 盐含量达到 1.4 g/kg 时, 作物生长出现抑制的现象。除了 NO_3^- 的影响外, 一定浓度的 NO_3^- 对植物有何影响以及温室、大棚、露地土样中反硝化活性为何比盆栽试验高, 还有待进一步研究。

综上所述, 作物受害的主要原因有二: ① 土壤中 NO_3^- 盐含量过高造成植株生理障碍所致。因温室 3~6 月份, 大棚 3~4 月份土壤中的 NO_3^- 盐含量都远远大于 0.95 g/kg (见表 4), 根据有关材料分析: “盐分过多使土壤溶液的渗透势提高, 作物吸水困难, 当土壤中盐分的浓度超过 2~2.5 g/kg 时, 作物就不能正常生长^[5,6], 甚至会出现盐害, 如蛋白质合成被抑制, 叶绿素被破坏”^[13]。这就是温室、大棚作物不能正常生长, 产量下降的重要原因, 当 5 月上、中旬塑料大棚被拆除后, 由于雨水的淋洗冲刷, 大棚土壤中的盐分浓度便大幅度下降, 此时植株的生理障碍就得到缓解, 植株生长逐渐恢复正常。可是, 温室土壤中的盐分, 由于玻璃温室的遮挡, 使温室中的温度高于大棚和露地, 因而温室土壤的蒸发量较大棚和露地大, 故温室土壤返盐现象随着使用年限的增长而不断加剧, 甚至使植株达到无法立苗的程度。② 温室、大棚土壤中有较高浓度的 NO_3^- 积累, 毒害植株正常生长。

3 小结

3.1 温室、大棚中有强烈的硝化作用和较多的 NO_2^- 、 NO_3^- 盐积累, 这是温室、大棚作物产量下降的重要原因之一。

3.2 温室、大棚中反硝化作用强度与土壤中的 NO_3^- 盐含量有关, 与反硝化菌数量呈正相关, 反硝化作用的中间产物 N_2O 的含量也随着反硝化作用强度的增强而增多, 所释放的 N_2O 对大气造成污染。

参 考 文 献

- [美] M. 亚历山大著, 土壤微生物学导论, 北京: 科学出版社, 1983, 162
- 中国科学院南京土壤研究所微生物室编, 土壤微生物研究法, 北京: 科学出版社, 1985, 58
- [日] 土壤微生物研究会编, 土壤微生物实验法, 北京: 科学出版社, 1983, 295~398
- 李良谟著, 硝化-反硝化作用与土壤氮素损失, 南京: 中国科学院南京土壤研究所出版, 1985, 58~64, 163
- 北京农业大学主编, 全国统用教材“植物生理学”, 北京: 农业出版社, 1980, 400
- 涂大正主编, 全国统用教材“植物生理学”, 长春: 东北师范大学出版社, 1989, 313
- 周堃等编著, 早稻烂秧及其防治, 上海: 上海科技出版社, 1978, 44, 47