

张翠丽, 卜东升, 迟春明, 等. 基于 BaPS 系统的南疆膜下滴灌土壤硝化-反硝化[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 574-578.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.03.017

## 基于 BaPS 系统的南疆膜下滴灌土壤硝化-反硝化

张翠丽<sup>1</sup>, 卜东升<sup>2</sup>, 迟春明<sup>1</sup>, 郑德明<sup>1</sup>

(1. 塔里木大学植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:** 为了解膜下滴灌土壤硝化、反硝化作用的变化规律, 应用气压过程分离 (Barometric process separation, BaPS) 方法, 研究了施氮肥、有机肥与氮肥配施和不施肥 3 种不同施肥处理的土壤硝化、反硝化速率在覆膜与裸地条件下的动态变化。结果显示, 不同处理下土壤硝化、反硝化作用随着玉米生育期的推移有明显的变化。相同栽培措施不同施肥处理间土壤硝化、反硝化速率差异均达极显著水平, 且大小顺序为氮+有机肥配施处理>施氮肥处理>不施肥处理(对照); 相同施肥处理不同栽培措施间土壤硝化、反硝化速率大小顺序均为覆膜处理>裸地处理。

**关键词:** BaPS 系统; 硝化速率; 反硝化速率; 覆膜

**中图分类号:** S143.1<sup>+</sup>3; S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)03-0574-05

## Nitrification-denitrification of soil under plastic film mulched drip irrigation in south Xinjiang based on BaPS system

ZHANG Cui-li<sup>1</sup>, BU Dong-sheng<sup>2</sup>, CHI Chun-ming<sup>1</sup>, ZHENG De-ming<sup>1</sup>

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alar 843300, China; 2. The First Agricultural Division of Institute of Agricultural Sciences, Production and Construction Corps in Xinjiang, Alar 843300, China)

**Abstract:** To study soil nitrification and denitrification under plastic film drip irrigation, the barometric process separation (BaPS) method was introduced to measure dynamic change of gross nitrification and denitrification rates in three different fertilization treatments, nitrogen(N) application, organic fertilizer combining nitrogen(N+OF) application and no fertilization(CK) with or without mulching. The results showed that soil nitrification-denitrification changed greatly over maize growth periods. Nitrification rate and denitrification rate differed in three fertilization treatments with or without mulching. The soil with treatment of N+OF exhibited the fastest nitrification and denitrification rates, followed by N treatment. The nitrification and denitrification rates were higher in plastic film-mulched soil than those in non-mulched soil in the same fertilization treatment.

**Key words:** barometric process separation (BaPS) system; nitrification rate; denitrification rate; plastic film mulching

收稿日期: 2015-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41161037、31371582); 新疆维吾尔自治区高校科研重点项目(XJEDU2007142)

作者简介: 张翠丽(1979-), 女, 新疆塔城人, 硕士, 讲师, 研究方向为循环农业与生态农业。(E-mail) zclzky@163.com

通讯作者: 卜东升, (E-mail) bds1108@sohu.com

硝化、反硝化作用在农田生态系统中不但造成氮肥损失, 其形成的  $N_2O$  也是重要的温室气体之一<sup>[1]</sup>。硝化作用为硝酸细菌和亚硝酸细菌将氨转化成亚硝酸和硝酸的 2 个连续过程, 这不仅与土壤氮素能否被有效利用有关, 同时该过程还可能产生环境污染; 反硝化作用将  $NO_3^-$  和  $NO_2^-$  还原释放出

NO、N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>的过程,造成了生物氮素循环中氮的损失,且其产物为大气污染的重要物质<sup>[2-6]</sup>。国内外在土壤中氮的转化、生物有效性、形态及施肥对土壤氮的影响等方面研究较多<sup>[7]</sup>,对土壤硝化、反硝化作用及温室气体排放的研究也有不少报道<sup>[8-11]</sup>。气压过程分离(BaPS)系统是研究旱地土壤硝化作用与反硝化作用的一种新方法,其应用还不广泛,还有很大的发挥潜力。应用 BaPS 方法对土壤硝化速率和呼吸速率的相关研究已有报道<sup>[12-17]</sup>,但基于此方法对南疆膜下滴灌土壤不同施肥处理的硝化、反硝化作用的研究尚少。本试验应用 BaPS 系统研究膜下滴灌土壤不同施肥处理的硝化、反硝化变化规律,试图了解氮在干旱区滴灌土壤中的循环机理,为促进农业生产的持续高效发展奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

本试验在位于南疆的塔里木大学农业试验站进行。试验站位于塔里木河上游,塔克拉玛干沙漠的西北缘,平均海拔 1 100 m,北纬 81°03′,东经 40°33′。≥10℃积温 4 113℃,无霜期 220 d,年日照 2 900 h,年降水量 50 mm 左右。为典型的荒漠绿洲带,属暖温带极端干旱气候类型<sup>[18]</sup>。试验地土壤质地为壤土,0~30 cm 耕层土壤理化性状为:有机质 9.29 g/kg,全氮 0.56 g/kg,碱解氮 71.00 g/kg,速效磷 36.80 mg/kg,速效钾 139.30 mg/kg,土壤容质量 1.447 g/cm<sup>3</sup>,pH 8.12。

### 1.2 试验方法

试验地种植玉米,品种为新玉 9 号,株行距 30 cm×50 cm。采取裂区试验设计,主区为不同施肥方式,分别为施氮肥、氮肥+有机肥配施和不施肥(CK);副区为覆膜(FM)和裸地(LD)2种不同耕作措施,重复3次。施氮肥与氮肥+有机肥配施2个处理在等氮量条件下进行,氮肥+有机肥配施按照总氮 50% 为尿素、总氮 50% 为有机肥进行配比施入(按纯氮计)。全生育期施纯氮 250.0 kg/hm<sup>2</sup>、五氧化二磷 92.3 kg/hm<sup>2</sup>和氧化钾 160.5 kg/hm<sup>2</sup>。50% 氮肥(尿素含氮 46%)、磷肥(重过磷酸钙含五氧化二磷 44%)和钾肥(硫酸钾含氧化钾 40%)全部作基肥一次性施用;20%和30%氮肥分别在苗期(5月20日)和孕穗期(6月18日)随水滴灌施入土壤。

试验运用 BaPS 技术对土壤硝化、反硝化速率进

行测定。BaPS 仪器由德国公司 UMS GrmbH 生产。

### 1.3 样品的采集与测定

土样从 5 月 7 日开始在试验地采集,之后每 15 d 左右取 1 次土样,截止到 8 月 6 日玉米收获,全生育期共取土样 6 次。取样时用环刀采取土壤表层原位 0~20 cm 深度样品,取样后用塑料盖迅速密封环刀,并立即带回实验室测定,以防止水分散失,对不能立刻检测的样品,将其放入 0~4℃冰箱保存,保存时间不超过 7 d。

样品监测分析按照 3 个重复为 1 组,将样品放在 BaPS 容器中,密闭后将容器放入恒温水浴(设定为采样时的土壤温度)进行测定,等系统平衡 1 h 后,用注射器抽气检查容器的密封性,启动 BaPS 系统,输入样品鲜质量、含水量、pH 值等样品参数,设置收集数据的时间为 12 h,由系统自动分析得到土壤硝化速率和反硝化速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理下土壤硝化速率的动态变化

由图 1 可以看出,3 种不同施肥处理下土壤的硝化速率随着时间的推进变化明显且趋势相似。在玉米苗期,随着气温的上升,硝化速率逐步升高,到 7 月中旬达到最大。随着玉米的成熟,到了后期,土壤中的速效氮降低,硝化速率逐渐下降。有机肥与氮肥配施处理下,前期(5 月中上旬)和后期(8 月上旬)裸地土壤硝化速率均大于覆膜土壤。这是由于裸地土壤通气性强于覆膜土壤引起的。

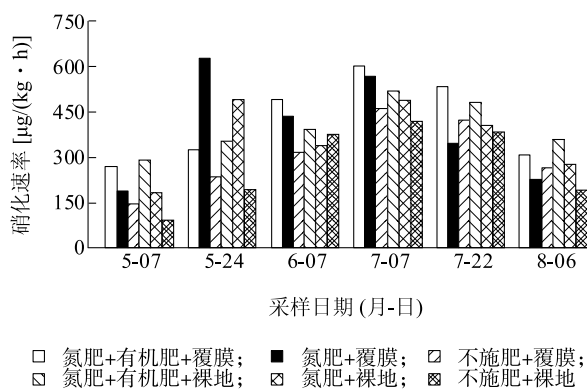


图 1 不同处理下土壤硝化速率的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of soil nitrification rate in different treatments

整个试验期间,氮肥+有机肥+覆膜处理的土壤硝

化速率为 266.67 ~ 602.25  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 平均为 420.73  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 比氮肥+覆膜处理平均高 5.55%, 比不施肥+覆膜处理平均高 26.93%; 氮肥+有机肥+裸地处理的土壤硝化速率为 290.28 ~ 520.15  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 平均为 399.83  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 比氮肥+裸地处理平均高 9.34%, 比不施肥+裸地处理平均高 31.05%。

## 2.2 不同处理下土壤反硝化速率的动态变化

从图 2 可以看出, 3 种不同施肥处理下土壤反硝化速率随着时间的推进变化明显且趋势相似。土壤反硝化速率随着 5 月温度的升高而逐渐升高, 到 7 月上旬氮肥+有机肥+覆膜处理与氮肥+有机肥+裸地处理均达到最大, 分别为 291.08  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$  与 260.89  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 除了这个时期温度高的原因以外, 还与此前追肥有关。到了后期(8 月上旬), 随着玉米的成熟, 土壤中的速效氮降低, 反硝化速率降低。后期(8 月上旬)裸地土壤反硝化速率大于覆膜土壤硝化速率, 这可能是由于膜下土壤的温度、湿度高于裸地土壤, 有利于土壤有机质的分解, 速效氮提前被消耗, 反硝化作用底物浓度降低, 从而使反硝化速率降低。

整个生育期, 氮肥+有机肥+覆膜处理反硝化速率较高, 为 72.66 ~ 291.1  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 平均为 170.35  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 比氮肥+覆膜处理平均高 16.24%, 比不施肥+覆膜处理平均高 37.68%。氮肥+有机肥+裸地处理反硝化速率为 48.66 ~ 255.89  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 平均为 154.2  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 比氮肥+裸地处理平均高 28.64%, 比不施肥+裸地处理平均高 42.17%。土壤反硝化速率大小顺序为: 施氮肥处理+有机肥处理>施氮肥处理>不施肥处理。

表 1 不同处理下土壤硝化速率

Table 1 The nitrification rate of soil in different treatments

处 理	硝化速率[ $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ]			
	重复 I	重复 II	重复 III	平均值
氮肥+有机肥+覆膜	425.00	418.00	419.19	420.73aA
氮肥+有机肥+裸地	405.15	401.24	393.10	399.83bAB
氮肥+覆膜	405.05	399.12	388.00	397.39bB
氮肥+裸地	357.21	366.03	364.20	362.48cC
不施肥+覆膜	303.12	307.20	312.00	307.44dD
不施肥+裸地	282.01	277.00	268.00	275.67eE

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达 0.05 显著水平, 不同大写字母表示不同处理间差异达 0.01 显著水平。

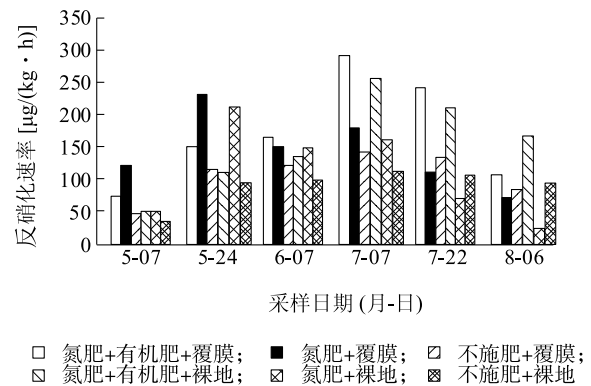


图 2 不同处理下土壤反硝化速率的动态变化

Fig. 2 Dynamic change of soil denitrification rate in different treatments

## 2.3 不同处理对土壤硝化速率的影响

根据二裂式裂区试验方差分析模式<sup>[19]</sup>, 对不同处理的硝化速率平均值的差异显著性分析结果(表 1)表明, 覆膜与裸地 2 种不同栽培措施的硝化速率间差异极显著, 这与有关研究结果<sup>[20]</sup>相一致。同一栽培措施不同施肥处理下的硝化速率均达极显著水平。在相同施肥处理下, 覆膜与裸地间硝化速率也达极显著差异。不同施肥处理的硝化速率大小顺序为: 施氮肥处理+有机肥处理>施氮肥处理>不施肥处理。

不同栽培措施与不同施肥处理对土壤硝化速率都有一定的影响, 由本研究结果可得, 氮肥与有机肥配施的土壤硝化速率最高, 施氮肥(尿素)的土壤硝化速率次之, 不施肥处理最低。据相关研究报

道<sup>[21-22]</sup>, 有机-无机肥配施的土壤中碱解氮含量均高

于施化肥, 有机肥除具有抑制硝态氮的淋失作用以

外,其自身还有提高土壤碱解氮的作用,从而增加了硝化、反硝化作用的氮素底物浓度,使其速率增大。这与本研究结论一致,无论覆膜与否,氮肥+有机肥处理的土壤硝化速率最高,不施氮肥(对照)的土壤硝化速率最低。覆膜与裸地处理间土壤硝化速率差异达极显著水平。可见,施肥和覆膜处理对硝化速率影响大。

2.4 不同处理对土壤反硝化速率的影响

由表 2 可以看出,覆膜与裸地 2 种不同栽培措

施的反硝化速率差异极显著。在同一栽培措施不同施肥处理间反硝化速率达极显著差异。在同一施肥处理下覆膜与裸地间反硝化速率差异显著。不同施肥处理的反硝化速率大小顺序为:氮肥+有机肥处理>施氮肥处理>不施肥处理,这与一些研究结果<sup>[23-24]</sup>相一致。

表 2 不同处理下土壤反硝化速率

Table 2 The denitrification rate of soil in different treatments

处 理	反硝化速率[ $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ]			
	重复 I	重复 II	重复 III	平均值
氮肥+有机肥+覆膜	170.00	175.00	166.05	170.35aA
氮肥+有机肥+裸地	151.20	154.10	157.30	154.20bAB
施氮肥+覆膜	149.07	142.00	137.00	142.69bB
施氮肥+裸地	112.00	103.00	115.12	110.04cC
不施肥+覆膜	107.00	101.00	110.48	106.16cCD
不施肥+裸地	85.00	93.00	89.51	89.17dD

竖栏不同小写字母表示不同处理间差异达 0.05 显著水平;竖栏不同大写字母表示不同处理间差异达 0.01 显著水平。

3 讨 论

不同处理的土壤硝化、反硝化速率随着时间的变化而变化。在玉米生长期,随着 2 次膜下滴肥和土壤温度的升高,不同处理土壤硝化、反硝化速率都有增加。在玉米成熟后期,由于土壤速效氮底物浓度降低,从而使硝化速率有所下降。

在不同栽培措施下,土壤硝化、反硝化速率均是覆膜土壤大于裸地土壤。不同施肥处理下,土壤硝化、反硝化速率大小顺序均为:氮+有机肥处理>氮肥处理>不施肥(对照),这与有关研究结论<sup>[25]</sup>相一致。但也有研究报道,有机肥在分解转化过程中,排放的  $\text{N}_2\text{O}$  主要产生在硝化阶段,而纯化肥处理在硝化、反硝化作用过程中都能产生  $\text{N}_2\text{O}$ ,化肥处理排放的  $\text{N}_2\text{O}$  量比有机肥处理更大<sup>[26]</sup>。

参考文献:

[1] 熊正琴,邢光熹,沈光裕,等.太湖地区湖水与河水中溶解  $\text{N}_2\text{O}$  及其排放[J].环境科学,2002,23(6):26-30.

[2] 梁文艳,梁洋洋,谭洪新,等.用响应曲面法预测生物活性炭填料反应器的硝化效果[J].江苏农业科学,2013,41(6):362-364.

[3] 于克伟,STRU S.丹麦森林土壤反硝化作用的动力学分析[J].应用生态学报,1998,9(2):163-167.

[4] DANA D S K, BRUESH R J, SAMSON M L. Direct measurement of ammonia and denitrification fluxes from urea applied to rice[J]. Soil Sci Soc Am J, 1991, 55: 543-548.

[5] BRUESH R J, DE DATTA S K. Denitrification losses from puddled rice soils in the tropics[J]. Bio Fertil Soils, 1990, 9: 1-13.

[6] 俞 慎,李振高.稻田生态系统生物硝化-反硝化作用与氮素损失[J].应用生态学报,1999,10(5):630-634.

[7] 国秀丽.温度和水分对土壤碳、氮转化影响的研究[D].长春:吉林农业大学,2003.

[8] CONEN F, DOBBIE K E, SMITH K A. Predicting  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural land through related soil parameters[J]. Global Change Biology, 2000, 6: 417-426.

[9] 刘方平,柳根水,许亚群,等.基于 BaPS 系统的棉花土壤硝化和反硝化作用分析[J].江西农业学报,2011,23(12):121-123.

[10] 高永恒,罗 鹏,吴 宁,等.基于 BaPS 技术的高山草甸土硝化和反硝化季节变化[J].生态环境,2008,17(1):384-387.

- [11] 韩晓盈,王宏燕,于洪艳,等. 黑土生态系统氮循环研究进展[J]. 东北农业大学学报,2009,40(2):140-144.
- [12] INGWERSEN J K, BUTTERBACH-BAH L R, GASCHÉ O, et al. Barometric process separation: New method for quantifying nitrification, denitrification, and nitrous oxide sources in soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1999,63: 117-128.
- [13] BREUER L, KIESE R, BUTTERBACH-BAHL K. Temperature and moisture effects on nitrification rates in tropical rain-forest soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 2002, 66: 834-844.
- [14] 刘巧辉,黄耀,郑循华. 基于 BaPS 系统的旱地土壤呼吸作用及其分量确定探讨[J]. 环境科学学报,2005,25(8):1105-1111.
- [15] 东升,郑德明,姜益娟,等. 荒漠绿洲带膜下滴灌土壤硝化-反硝化和呼吸作用的研究[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1):12-15.
- [16] 刘方平,柳根水,许亚群,等. 基于 BaPS 系统的棉花土壤硝化和反硝化作用分析[J]. 江西农业学报,2011,23(12):121-123.
- [17] 杨靖民,姜旭,张忠庆,等. 基于 BaPS 系统黑土硝化、反硝化和呼吸作用研究[J]. 江西农业学报,2014,36(1):71-76.
- [18] 新疆生产建设兵团. 农一师土壤[R]. 新疆:新疆生产建设兵团农一师土壤普查办公室,1985.
- [19] 毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京:中国农业大学出版社,2001.
- [20] 汪景宽,刘顺国,李双异. 长期地膜覆盖及不同施肥处理对棕壤无机氮和氮素矿化率的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(6):107-110.
- [21] 郭胜利,余存祖,戴鸣钧. 有机肥对土壤剖面硝态氮淋失影响的模拟研究[J]. 水土保持研究,2000,7(4):123-126.
- [22] 刘金城,杨晶秋. 地膜覆盖下土壤有机质的分解与积累[J]. 华北农学报,1991,6(1):99-104.
- [23] 刘方春,聂俊华,刘春生,等. 不同施肥措施对土壤硝态氮垂直分布的特征影响[J]. 土壤通报,2005,36(1):50-53.
- [24] 朱咏莉,吴金水,韩建刚. 地膜覆盖对土壤中  $N_2O$  释放的影响[J]. 农业工程学报,2004,20(3):222-225.
- [25] 曾江海,王智平,张玉铭,等. 小麦-玉米轮作期土壤排放  $N_2O$  通量及总量估算[J]. 环境科学,1995,16(1):32-35.
- [26] 郑循华,王明星,王跃思. 华东稻田  $CH_4$  和  $N_2O$  排放[J]. 大气科学,1997,21(2):231-237.

(责任编辑:袁伟)