

# 原位模拟氮沉降对盐渍化土壤氮素矿化的影响

莫治新, 杜海燕, 刘彩婷, 梁 滢, 叶尔克·古丽, 冯 源

(喀什大学 化学与环境科学学院, 新疆 喀什 844006)

**摘 要:**以喀什地区疏附县尔库萨克乡盐渍化土壤为试材,采用原位模拟方法,研究了不同氮素沉降水平对土壤氮素矿化的影响。结果表明:氮素的沉降量达到  $1.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  时,是土壤铵态氮含量的最佳阈值;氮素的氨化率达到  $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  时,是土壤氨化率的最佳阈值;当氮素的沉降量达到  $3.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  时为土壤硝化及矿化的最佳阈值。盐渍化土壤铵态氮含量及土壤氮素氨化率均是在 20~40 cm 土层达到最大值,而硝态氮含量、硝化率、矿质氮含量、矿化率均是在表层(0~20 cm)达到最大值,由此说明,土壤表层(0~20 cm)矿化及硝化作用更快。

**关键词:**氮沉降;盐渍化土壤;氮素矿化

**中图分类号:**S 156.4<sup>+</sup>1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0157-04

土壤盐渍化是由自然或人类活动引起的一种主要的环境风险,全球大约有 8.31 亿  $\text{hm}^2$  的土壤受到盐渍

**第一作者简介:**莫治新(1978-),女,安徽六安人,硕士,副教授,现主要从事土壤与环境方面的教学与科研工作。E-mail:mzxzky@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(41161037);国家级大学生创新资助项目(201510763024);喀什大学重点课程建设资助项目(KSA2014011)。

**收稿日期:**2016-09-05

化的威胁<sup>[1]</sup>。新疆是我国重要的农垦地区,占新疆土地总面积的 4.27%的绿洲承载着全疆 95%以上的人口,其盐碱土总面积 847.6 万  $\text{km}^2$ ,现有耕地中 31.1%的面积受到盐碱的危害<sup>[2]</sup>。随着人口的增加,耕地面积不断扩大和水资源严重短缺,盐渍化问题日益突出,对绿洲农业的可持续发展已构成严重威胁。因此,在新疆对盐渍化土壤进行研究是十分必要的<sup>[3]</sup>。

20 世纪中叶以来,随着矿物燃料燃烧、化学氮肥的生产和使用以及畜牧业的迅猛发展等人类活动向大气

## Effect of Exogenous Low Molecular Weight Organic Acids on Soil Calcium, Phosphorus Release Kinetics Characteristics

LIU Hui, LI Jie, HE Yunlong, WANG Jiqiong, ZHANG Dageng

(Institute of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

**Abstract:** Cinnamon soil with relatively high calcium was used as material, using batch method of constant temperature oscillation, the effect of two kinds of exogenous low molecular weight organic acids (oxalic acid and citric acid) on soil calcium, phosphorus release kinetics characteristics was studied. The results showed that adding oxalic acid and citric acid could promote the release of calcium element in the soil. With the increase of organic acid concentration, calcium releasing quantity in the soil increased gradually. The activation capacity of exogenous low molecular weight organic acids to calcium element in the soil was oxalic acid < citric acid. Adding oxalic acid promoted the release of phosphorus in the soil. As the concentration of citric acid was low, it inhibited the release of phosphorus. But with the increase of the oxalic acid and citric acid concentration, releasing quantity of phosphorus increased gradually. The activation capacity of exogenous low molecular weight organic acids to phosphorus element in the soil was citric acid < oxalic acid. If it promoted the release of calcium in the soil by adding oxalic acid and citric acid, it could inhibit the release of phosphorus. Conversely it could promote the release of phosphorus in the soil. Effect of exogenous low molecular weight organic acids on the release process of calcium and phosphorus in the soil was available langmiur equation for better fitting.

**Keywords:** low molecular weight organic acids; calcium; phosphorus; kinetics

中排放的活性氮化合物激增,大气氮素沉降也呈迅猛增加的趋势<sup>[4]</sup>。国内外学者对此进行了许多研究<sup>[4-9]</sup>,但是这些工作大都来自氮沉降较高的区域。而专门针对受水分和氮素营养限制的干旱半干旱地区的氮沉降效应尚缺乏深入的研究<sup>[10]</sup>。现集中研究氮沉降对受干旱胁迫而形成的盐渍化土壤氮素矿化的影响,对提高盐渍化土壤供氮能力和合理科学调配氮肥施用具有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

该研究区位于新疆喀什地区疏附县吾库萨克乡。

表 1

研究区土壤性质

Table 1

Soil properties of the study area

土层厚度 Soil thickness/cm	总盐 Total salt/(g·kg <sup>-1</sup> )	有机质 Organic matter/(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 Total nitrogen/(g·kg <sup>-1</sup> )	含水量 Water content/%	容重 Volume weight/(g·cm <sup>-3</sup> )	田间持水量 Field water capacity/%
0~20	13.79	8.32	0.49	0.16	31.7	15.9
20~40	3.89	10.07	0.60	0.21	32.7	15.6
40~60	2.38	9.50	0.57	0.22	39.0	15.1

### 1.3 试验方法

1.3.1 土壤的处理 采用埋管法估测氮素的矿化速率。在试验样地内分别建立一条 60 m 长的样线,每 10 m 选取一个样带,共 6 个样带。每个样带埋入 5 个 PVC 管(每隔 1 mL 1 个管且成一条直线),取样时,先把 PVC 管垂直打入土中(以土壤装满 PVC 管为准),然后小心取出装满土样的 PVC 管(以免土样从管的底部漏出),再把 PVC 管底部分别用尼龙网和塑料布封住(这样既可以保证 PVC 管中的土壤可接纳降尘及降水,又可以使土壤中矿化的氮素保留在 PVC 管中),编号后放回原处,埋管后 1 个月取管测定。

1.3.2 试验设计 将 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0、2.08、4.17、12.5、25.0、100.0 g 溶于水,配置成 0(N<sub>0</sub>,CK)、0.5(N<sub>0.5</sub>)、1(N<sub>1</sub>)、3(N<sub>3</sub>)、6(N<sub>6</sub>)、24(N<sub>24</sub>)g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 6 个模拟 N 浓度。每处理 5 次重复,随机区组排列,施氮时将药液均匀洒于样地表面。1 个月后进行采样,采样深度为 0~20、20~40、40~60 cm。

### 1.4 项目测定

土壤总盐采用电导法,土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸外加热法,土壤全氮采用凯氏定氮法,土壤含水量采用重量法,土壤容重及田间持水量采用环刀法,土壤铵态氮测定采用靛酚蓝比色法,硝态氮测定采用酚二磺酸比色法。

土壤矿质氮含量/(mg·kg<sup>-1</sup>) = 铵态氮含量(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) + 硝态氮含量(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N); 土壤氮素矿化率(%) = (土壤矿质氮含量/土壤全氮) × 100; 土壤氮素氨化率(%) = (土壤施肥培养后氨态氮含量/土壤矿质氮含量) × 100; 土壤氮素硝化率(%) = (土壤施肥培养后硝

态氮含量/土壤矿质氮含量) × 100。

新疆喀什地区疏附县吾库萨克乡位于喀什市至疏附县城中段,东北距喀什市 6 km,西南离疏附县城 8 km。吾库萨克乡地处塔克拉玛干大沙漠边缘,属温带大陆性干旱沙漠气候。全年平均气温一般在 9~12℃,年平均最高气温 13~18℃,最高气温 39~42℃(7 月),最低气温 -26~-23℃,年平均降水量 50~200 mm,年蒸发量为 2 300~3 100 mm。全年日照为 2 500~2 900 h,常年无霜期 177~240 d<sup>[11]</sup>。土壤属于棕漠土。其土壤性质如表 1。

### 1.2 试验材料

以喀什地区疏附县尔库萨克乡盐渍化土壤为试材。

态氮含量/土壤矿质氮含量) × 100。

### 1.5 数据分析

采用 SPSS 11.0 软件分析数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮沉降对盐渍化土壤铵态氮含量及氨化率的影响

图 1 表明,在各土层中,当氮素的沉降量达到 1 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,土壤铵态氮含量达到最大值;而氮素沉降量 < 1 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,土壤铵态氮含量随着氮素沉降量的增加而增加。当氮素沉降量 > 1 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,随着氮素沉降量的增加,土壤铵态氮含量均小于沉降量为 1 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时的含量,即氮素的沉降量达到 1 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,是土壤铵态氮含量的最佳阈值。

在各土层中,当氮素的沉降量达到 0.5 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,土壤氨化率含量达到最大值;当氮素沉降量 > 0.5 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,随着氮素沉降量的增加,土壤氨化率均小于沉降量为 0.5 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时的含量,即氮素的沉降量达到 0.5 g·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时,是土壤氨化率的最佳阈值。

土壤氮素沉降各处理中,20~40 cm 土壤铵态氮平均含量(31.51 mg·kg<sup>-1</sup>) > 0~20 cm 土壤铵态氮平均含量(30.19 mg·kg<sup>-1</sup>) > 40~60 cm 土壤铵态氮平均含量(28.35 mg·kg<sup>-1</sup>); 20~40 cm 土壤氮素平均氨化率(57.03%) > 0~20 cm 土壤氮素平均氨化率(56.46%) > 40~60 cm 土壤氮素平均氨化率(54.99%),即盐渍化土壤铵态氮含量及土壤氮素氨化率均是在 20~40 cm 土层达到最大值。

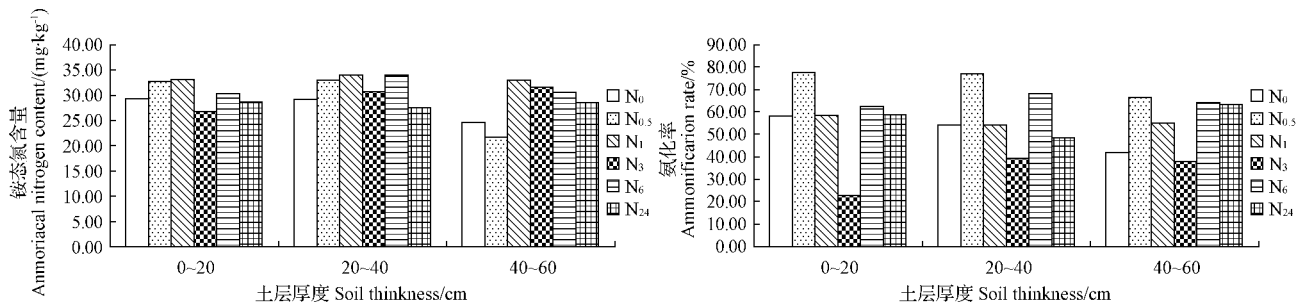


图1 不同氮沉降水平对盐渍化土壤氮素氨化的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen deposition levels on ammonification of saline soil nitrogen

## 2.2 氮沉降对盐渍化土壤氮素硝态氮含量及硝化率的影响

从图2可以看出,在各土层中,当氮素沉降量为 $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤硝态氮含量及硝化率小于无氮素沉降时的水平( $N_0$ ),即氮素沉降量不足对盐渍化土壤氮素硝化有一定抑制作用;当氮素沉降量 $>3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤硝态氮含量及硝化率均下降,即氮素沉降量过大时,对盐渍化土壤氮素硝化也起到抑制作用。当氮素的沉降量达到 $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤硝态氮含量及硝化率均达到最大值,即此时氮素水平为土壤硝化的最佳

阈值。

土壤氮素沉降各处理中,0~20 cm 土壤硝态氮平均含量( $30.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) $>40\sim60 \text{ cm}$  土壤硝态氮平均含量( $26.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) $>20\sim40 \text{ cm}$  土壤硝态氮平均含量( $25.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),0~20 cm 土层氮素平均硝化率( $43.54\%$ ) $>20\sim40 \text{ cm}$  土层氮素平均硝化率( $42.09\%$ ) $>40\sim60 \text{ cm}$  土层氮素平均硝化率( $42.04\%$ )。即盐渍化土壤硝态氮含量及硝化率均是在表层(0~20 cm)达到最大值。

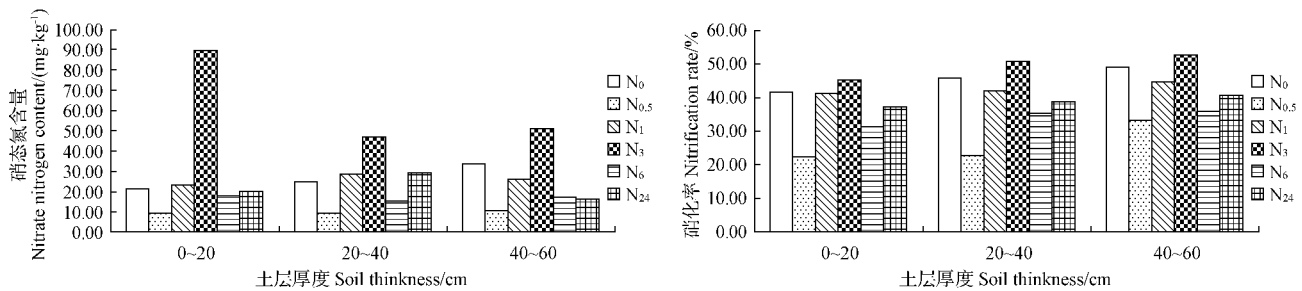


图2 不同氮沉降水平对盐渍化土壤氮素硝化的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen deposition levels on nitrification of saline soil nitrogen

## 2.3 氮沉降对盐渍化土壤氮素矿化量及矿化率的影响

从图3可以看出,在各土层中,当氮素沉降量为 $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤氮素的矿化量及矿化率小于无氮素沉降时的水平( $N_0$ ),即氮素沉降量不足对盐渍化土壤氮素矿化有一定抑制作用。当氮素沉降

量 $>3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤氮素矿化量及矿化率均下降,即氮素沉降量过大时,对盐渍化土壤氮素矿化也起到抑制作用。当氮素的沉降量达到 $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤氮素矿化量及矿化率均达到最大值,即此时氮素水平为土壤氮素矿化的最佳阈值。

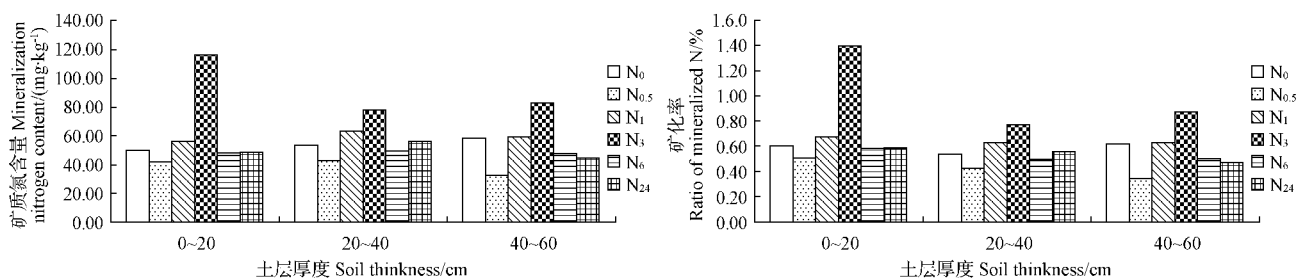


图3 不同氮沉降水平对盐渍化土壤氮素矿化的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen deposition levels on miner alization of saline soil nitrogen

土壤氮素沉降各处理中,0~20 cm 土壤矿质氮平均含量( $60.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )>20~40 cm 土壤矿质氮平均含量( $57.41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )>40~60 cm 土壤矿质氮平均含量( $54.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ );0~20 cm 土壤氮素平均矿化率(0.73%)>20~40 cm 土壤氮素平均矿化率(0.61%)>40~60 cm 土壤氮素平均矿化率(0.54%);即盐渍化土壤矿质氮含量及土壤氮素矿化率均是在表层(0~20 cm)达到最大值。

### 3 结论与讨论

在土壤全氮中,仅有一小部分能被植物直接吸收利用,这部分氮是矿质态氮。矿质氮一般低于土壤全氮的5%,而结合与土壤有机质中的有机态氮占95%以上,矿质态氮以硝态氮和铵态氮为主<sup>[12]</sup>。该研究通过模拟氮沉降(外源氮素的加入)得出,氮素的沉降量达到 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,是土壤铵态氮含量的最佳阈值;氮素的沉降量达到 $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,是土壤氨化率的最佳阈值;当氮素的沉降量达到 $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤硝态氮含量、硝化率、矿质氮含量及矿化率均达到最大值,即此时氮素水平为土壤硝化及矿化的最佳阈值。由此说明,一定量的氮素沉降,能促进土壤氮素矿化,提高盐渍化土壤的肥力水平。

旱地硝化作用快,铵态氮和亚硝态氮能很快转化为硝态氮,所以,在旱地,土壤剖面中硝态氮能反映土壤供氮能力<sup>[13]</sup>。该研究表明,盐渍化土壤铵态氮含量及土壤氮素氨化率均是在20~40 cm土层达到最大值,而硝态氮含量、硝化率、矿质氮含量、矿化率均是在表层(0~20 cm)达到最大值。由此说明,土壤表层(0~20 cm)的物理、化学及生物性质更好,其矿化及硝化作用更快,即氮沉降后,可增加盐渍化土壤表层的供氮能力。

### 参考文献

- [1] 李健国,濮励杰,朱明,等.土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J].地理学报,2012,67(9):1233-1245.
- [2] 关欣,张凤荣,李巧云,等.新疆平原典型荒漠样区耕种土壤基层分类的探讨[J].土壤,2003,35(1):53.
- [3] 任加国,郑西来,徐模,等.新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究[J].土壤,2005,37(6):635-639.
- [4] HOLLAND E A, DENTENE F J R, BRASWELL B H, et al. Contemporary and pre-industrial global reactive nitrogen budgets[J]. Biogeochemistry, 1999, 46: 7-43.
- [5] FENN M E, BARON J S, ALLEN E B, et al. Ecological effects of nitrogen deposition in the western United States[J]. Bioscience, 2003, 53(4): 404-420.
- [6] LID J, MOJ M, FANG Y T, et al. Ecophysiological responses of wood plants to elevated nitrogen deposition[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2004, 12(5): 482-488.
- [7] LU C Q, TIAN H Q, HUANG Y. Ecological effects of increased nitrogen deposition in terrestrial ecosystems[J]. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(2): 205-218.
- [8] ZHANG N L, GUO J X, WANG X Y, et al. Soil microbial feedbacks to climate warming and atmospheric N deposition[J]. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(2): 252-261.
- [9] FANG Y T, MO J M, PER GUDDERSEN, et al. Nitrogen transformations in forest and its responses to atmospheric nitrogen deposition: A review[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(7): 1523-1531.
- [10] 周晓兵,张元明.干旱半干旱区氮沉降生态效应研究进展[J].生态学报,2009,29(7):3837-3845.
- [11] 新疆维吾尔自治区统计局.2015新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2015.
- [12] 李生秀.关于土壤供氮指标的研究 I.对几种测定土壤供氮能力方法的评价[J].土壤学报,1990,27(3):233-240.
- [13] 史蒂文森 F J.农业土壤中的氮素[M].北京:科学出版社,1982.

## In Situ Simulated Nitrogen Deposition on the Impact of Salinization of Soil Nitrogen Mineralization

MO Zhixin, DU Haiyan, LIU Caiting, LIANG Ying, Guli YE'Er'KE, FENG Yuan

(College of Chemistry and Environmental Science, Kashgar University, Kashgar, Xinjiang 844006)

**Abstract:** Shufu county in Kashgar, Cusack salinized soil was used as materials by in-situ method, different nitrogen deposition effects on soil nitrogen mineralization was studied. The results showed that the settlement of nitrogen amount reached  $1.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  was the best threshold value of soil ammonium nitrogen content; N of ammonification rate of  $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  was the best threshold value of soil ammonifying rate; the settlement of nitrogen amount reached  $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  was the best threshold value of soil nitrification and mineralization. Salinization of soil ammonium nitrogen content and soil nitrogen ammonification rate was in reach maximum 20—40 cm soil layer, and nitrate content, nitrification rate and mineral nitrogen content, mineralization rate were all in the surface layer reach maximum (0—20 cm), it indicated that the soil surface (0—20 cm) mineralization and nitrification faster.

**Keywords:** nitrogen deposition; salinization of soil; nitrogen mineralization