

三种氨态氮肥在石灰性土壤中硝化作用的模拟研究

张国桢^{1,2}, 李世清^{1,3*}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 新鲜干润均腐土采用室内培养的方法, 在同一肥土比条件下, 分析不同氮源对硝化作用过程中 pH 和 N_{min} 的影响, 并分别建立了 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的硝化动力方程。试验结果和模拟结果均表明, ① NH_4^+-N 消耗速率和 NO_3^--N 增加速率均呈抛物线状变化。 NH_4^+-N 消耗速率高于 NO_3^--N 的增加速率。 NH_4^+-N 消耗起始速率高于 NO_3^--N 的增加起始速率。② NH_4Cl 的起始 NH_4^+-N 消耗和 NO_3^--N 增加速率在较长时间内(一周)维持在一个低水平, 随后升至与 $(NH_4)_2SO_4$ 相当。 Cl^- 能够抑制 NH_4^+-N 的转化。③ 钙积干润均腐土 NO_3^--N 增加最大速率 $[5.8\sim 8.8\text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})]$ 接近于一固定值与肥料种类无关。 NH_4^+-N 的消耗最大速率 $[7.8\sim 23.5\text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})]$ 变幅较大与肥料的性质和土壤生物性质有关。

关键词: 伴随离子; 硝化速率; 硝化模型

中图分类号: S147.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0177-06

硝化一反硝化作用过程中的氮素损失, 不仅导致氮肥利用效率下降, 而且也会产生很多环境问题^[1~3]。国内外对硝化作用及其影响因子已进行了大量的研究^[4~8], 取得了许多重要的进展。 NH_4^+-N 施入土壤后会使得土壤局部微环境 pH 发生改变, 随硝化作用的进行, 土壤 pH 会出现不同程度下降。在实际生产活动中, NH_4^+-N 的施用必然会有伴随离子进入土壤, 由于伴随离子对土壤 pH 变化所具有的缓冲作用。不同的伴随离子对 NH_4^+-N 施肥点因硝化作用所引起的 pH 变化的影响也不尽相同。我国北方半干旱地区石灰性土壤硝化作用强烈^[9~11], NO_3^--N 是土壤中主要矿质氮素及植物吸收的主要氮素形式, 硝化作用一方面促进了 NH_4^+-N 向 NO_3^--N 转化; 另一方面也加速了氮素损失和对环境的影响^[1, 12~14], 如在硝化过程氮素的损失, 硝化产物 NO_3^--N 的反硝化损失及其 NO_3^--N 的淋溶。过去大量研究表明, Cl^- 能抑制硝化作用^[15~17], SO_4^{2-} 能促进硝化作用^[18], 伴随离子对硝化作用影响机理有待于进一步的探讨和研究。本文通过室内培养试验, 研究了伴随离子和不同施肥量对半干旱地区典型钙积干润均腐土 (Cal-Ustic Isohumasols) 硝化作用的影响, 以期改善土壤一植物氮素营养、减少氮素损失提供一定的实验资料。

1 方法与材料

1.1 供试土壤

以采取于中国科学院水利部西北水土保持研究所所长武农业生态试验站的钙积干润均腐土为供试土样, 供试土壤基本性质见表 1。土样分别采集于苜蓿地 (苜蓿栽培 10 年以上) 及休闲农田 0~20 cm 和 20~40 cm 土层。在每田块多点采样, 将相同土层土样混合, 组成混合样。采样区海拔 1226 m, 年平均气温 9.1℃, 1 月份平均气温 -5.0℃, 7 月份平均气温 22.1℃, 年平均降水量 584.1 mm, 干燥度 1.41, 属典型温带半干旱气候区。

1.2 培养方法

试验以 NH_4HCO_3 (含 N 量为 17%)、 $(NH_4)_2SO_4$ (含 N 量为 20%)、 NH_4Cl (含 N 量为 25%) 为不同的氮源, 施肥量为 100 mg 纯 N/kg 干土。以 NH_4HCO_3 为氮源, 施肥量分别为 0、25、50、75 和 100 mg 纯 N/kg 干土, 以不加养分为对照 (CK), 共 8 个处理。将表 1 中各土样按公式: 补水体积 = (土样田间持水量 × 60% - 土样含水量) × 土样重量。将肥料分别配制成对应体积的肥料溶液, 加入土壤后, 与土壤充分混匀。培养时, 称取相当于 10.0 g 烘干土的新鲜土样, 用对应的肥料溶液将土样含水量调至田间持水量的 60% (土壤含水量

收稿日期: 2007-05-28
基金项目: 国家自然科学基金 (30571116, 30230230); 西北农林科技大学创新团队项目
作者简介: 张国桢 (1965—), 男, 硕士研究生, 主要从事土壤—植物氮素营养方面的研究工作。E-mail: gzhzhang2005@126.com。
通讯作者: 李世清, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤—植物氮素营养方面的研究和教学工作。E-mail: sqli@ms.iswc.ac.cn。

表 1 供试土壤主要理化性质

Table 1 Basic properties of soils used in experiment

编号 No.	植被 Veg.	土层 Depth (cm)	含水量 Moisture content	持水量 Moisture holding capacity	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	起始矿质 N Original mineral N (mg/kg)			全 P Total P (g/kg)	有效磷 Olsen-P (mg/kg)	pH
							NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	∑			
1	苜蓿	0~20	8.0	21.0	11.92	0.70	5.48	6.58	12.05	1.32	18.89	8.18
	Lucerne	20~40	14.0	21.0	10.17	0.66	6.28	6.60	12.88	1.06	15.56	8.21
2	休闲地	0~20	9.0	21.0	11.37	0.74	5.82	6.93	12.75	1.21	10.60	8.26
	Fallow	20~40	15.0	21.0	10.56	0.70	7.35	7.56	14.91	1.13	10.59	8.35

18%),搅拌均匀后,装入 100 mL 塑料瓶中,瓶口用聚乙烯保鲜膜(通气,但不透水)封口,在 25℃~26℃的恒温箱中培养。分别在 0、1、3、5、7、9、11、13、15 d 取样测定 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 和 pH,每次取 3 瓶,即重复 3 次,如考虑 2 个区组,相当于重复 6 次。同时并按照上述方法培养土样,同步 pH 测定。每个土样装 8(处理)×9(取样次数)×3(重复)×2(区组)×2(pH 测定培养土样)=864 瓶。

1.3 化学分析

土壤有机质测定用 K₂Cr₂O₇—容量法,全氮用开氏法,全磷用碱熔钼锑抗比色法,有效磷用 Olsen 法;pH 值用 0.01 mol CaCl₂ 溶液(1:5)浸提,酸度计测定,矿质氮用 Bremner 法浸取(用 2 mol KCl 溶液在土水比为 1:5 条件下浸提)后,浸提溶液中的 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 用连续流动分析仪测定^[19]。

1.4 数据处理

硝化动力学方程的非线性回归统计应用 DPS 软件^[20],回归方程的微分及其制图应用 Matlab 软件^[21]。

2 结果与分析

2.1 农田和苜蓿土壤的硝化作用及特征函数

硝化作用是由硝化微生物作用进行的。土壤中硝化菌的数量相对较少,但当铵态氮施入土壤后硝化菌迅速增加。硝化作用的速率形成“S”形曲线,分为延缓阶段—硝化菌数量的生长时期;最大速率阶段和停滞阶段—土壤中铵态氮衰退引起^[22]。从农田和苜蓿土壤中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 随时间变化的拟合函数效果图中(图 1 和 2)可看出农田和苜蓿土壤中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 的变化均呈“S”形,因此 Logistic 函数能较好地描述土壤中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 随时间变化的规律。

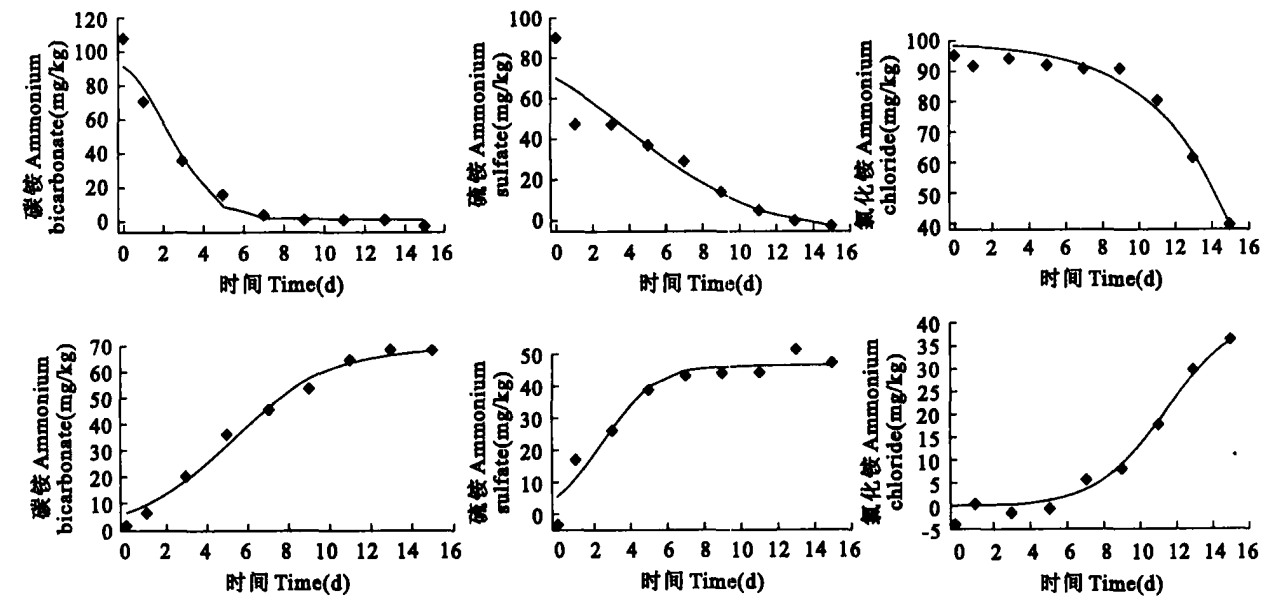


图 1 不同阴离子对土壤硝化作用的影响(苜蓿)

Fig. 1 Effect of different anion on nitrification(Lucerne)

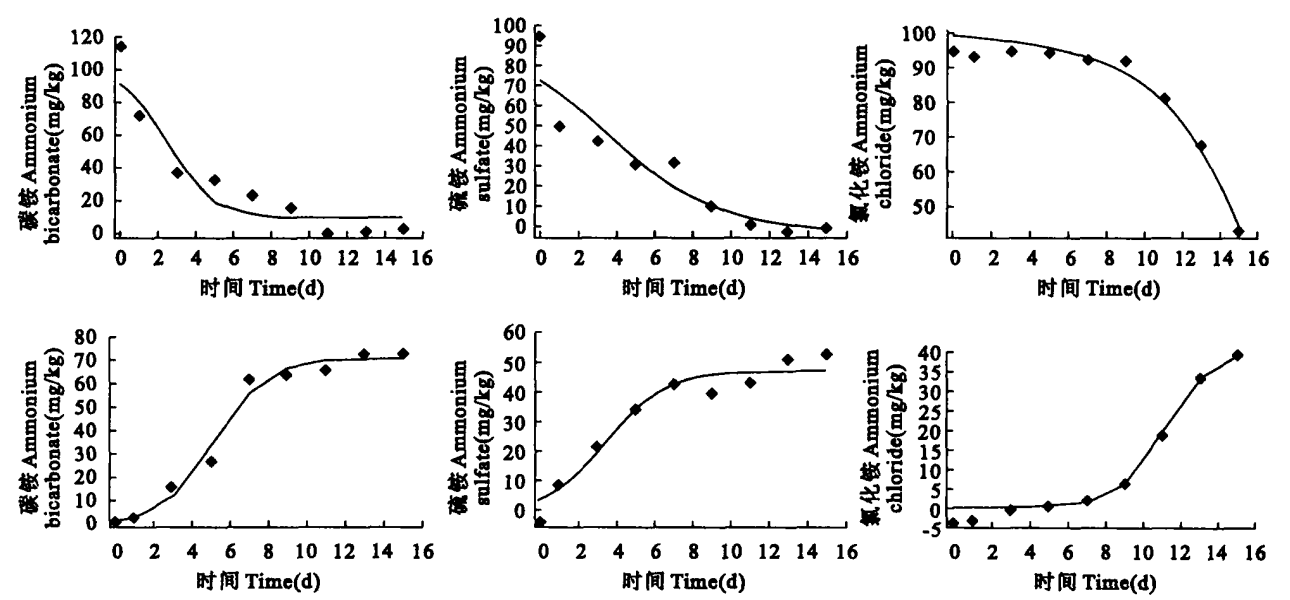


图 2 不同阴离子对土壤硝化作用的影响(农田)
Fig. 2 Effect of different anion on nitrification(Fallow)

为了定量描述 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量随时间的变化规律,引用 $N_{t_{\text{NH}}} = S_0 - \frac{S_{\text{NH}}}{1 + e^{(a-bt)}}$ 和 $N_{t_{\text{NO}}} = \frac{S_{\text{NO}}}{1 + e^{(a-bt)}}$ 方程,其积分表示“S”形曲线。式中: $N_{t_{\text{NH}}}$ 为 NH_4^+-N 瞬时消耗浓度; S_0 为 NH_4^+-N 的施肥量; S_{NH} 为 NH_4^+-N 的总消耗量的渐进值; $N_{t_{\text{NO}}}$ 为 NO_3^--N 瞬时增加浓度; S_{NO} 为 NO_3^--N 的增加量的渐进值; a, b 为积分常数。

由此分别计算出各处理土壤中 NH_4^+-N 含量和 NO_3^--N 含量的回归方程、最大硝化速率 ($\frac{dN_{t_{\text{NO}}}}{dt} = \frac{S_{\text{NO}b}}{4}$; $\frac{dN_{t_{\text{NH}}}}{dt} = -\frac{S_{\text{NO}b}}{4}$) 和最大硝化速率对应的时间 ($t_0 = \frac{a}{b}$) 以及模型的诊断参数(表 2)。通过对回归模型求导得到 NH_4^+-N 消耗速率和 NO_3^--N 增加速率定量描述不同氮源对土壤硝化作用的影响。

表 2 硝化方程及其诊断值
Table 2 The model and significance values of nitrification

植被 Veg.	肥料 Fertilizer	类型 Type	R	S	方程 Model	$\frac{dN_{t_0}}{dt}$	t_0
农田 Fallow	NH_4HCO_3	NH_4^+-N	0.9439	13.3962	$N_{\text{NH}}=100-90.4154/[1+\text{EXP}(2.1812-0.8612t)]$	-19.4663	2.5240
		NO_3^--N	0.9914	4.2554	$N_{\text{NO}}=70.1321/[1+\text{EXP}(3.9440-0.7573t)]$	13.2778	5.2080
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4^+-N	0.9385	0.5229	$N_{\text{NH}}=100-103.9924/[1+\text{EXP}(1.0520-0.3239t)]$	-8.5534	3.2479
		NO_3^--N	0.9710	4.9963	$N_{\text{NO}}=46.9501/[1+\text{EXP}(2.4784-0.7006t)]$	8.2233	3.5375
	NH_4Cl	NH_4^+-N	0.9746	0.1033	$N_{\text{NH}}=100-92.6249/[1+\text{EXP}(6.0549-0.4260t)]$	-9.8646	14.2133
		NO_3^--N	0.9939	0.2743	$N_{\text{NO}}=41.3576/[1+\text{EXP}(8.8965-0.7937t)]$	8.2064	11.2089
苜蓿 Lucerne	NH_4HCO_3	NH_4^+-N	0.9825	7.7506	$N_{\text{NH}}=100-99.1010/[1+\text{EXP}(2.2960-0.9497t)]$	-23.5291	2.4176
		NO_3^--N	0.9936	3.1721	$N_{\text{NO}}=68.5518/[1+\text{EXP}(2.4008-0.4521t)]$	7.7481	5.3103
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4^+-N	0.9478	10.7946	$N_{\text{NH}}=100-107.2790/[1+\text{EXP}(1.1586-0.2849t)]$	-7.7609	4.0667
		NO_3^--N	0.9687	4.7590	$N_{\text{NO}}=46.5423/[1+\text{EXP}(2.0241-0.7560t)]$	8.7965	2.6673
	NH_4Cl	NH_4^+-N	0.9708	4.89920	$N_{\text{NH}}=100-83.5430/[1+\text{EXP}(5.6612-0.4270t)]$	-8.9182	13.2576
		NO_3^--N	0.9916	2.0190	$N_{\text{NO}}=41.4432/[1+\text{EXP}(6.3923-0.5607t)]$	5.8093	11.4006

注:拟合剩余方差 $S = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$; 相关系数 $R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$; 最大硝化速率 $\frac{dN_{t_0}}{dt}$; t_0 达到最大硝化速率的时间。

中国知网 <https://www.cnki.net>

2.2 伴随离子对土壤中 NH_4^+-N 变化规律

从表 2 可知, NH_4HCO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4Cl 处理的 NH_4^+-N 最大消耗速率分别为 19.4663(农田)、23.5291(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$, 8.5534(农田)、7.7609(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 和 9.8646(农田)、8.9182(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 。从图 3 可看出, 农田和苜蓿土壤的各个处理 NH_4^+-N 消耗速率变化趋势是相一致的。 NH_4HCO_3 处理, 在 0~2.5240(农田)、2.4176(苜蓿) d 内 NH_4^+-N 消耗速率为递增的

[即在 2.5240(农田)、2.4176(苜蓿) d 消耗速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 处理, 0~3.2479(农田)、4.0667(苜蓿) d NH_4^+-N 消耗速率为递增的 [即在 3.2479(农田)、4.0667(苜蓿) d 消耗速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0; NH_4Cl 处理, 0~14.2133(农田)、13.2576(苜蓿) d NH_4^+-N 消耗速率为递增的 [即在 14.2133(农田)、13.2576(苜蓿) d 消耗速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0。

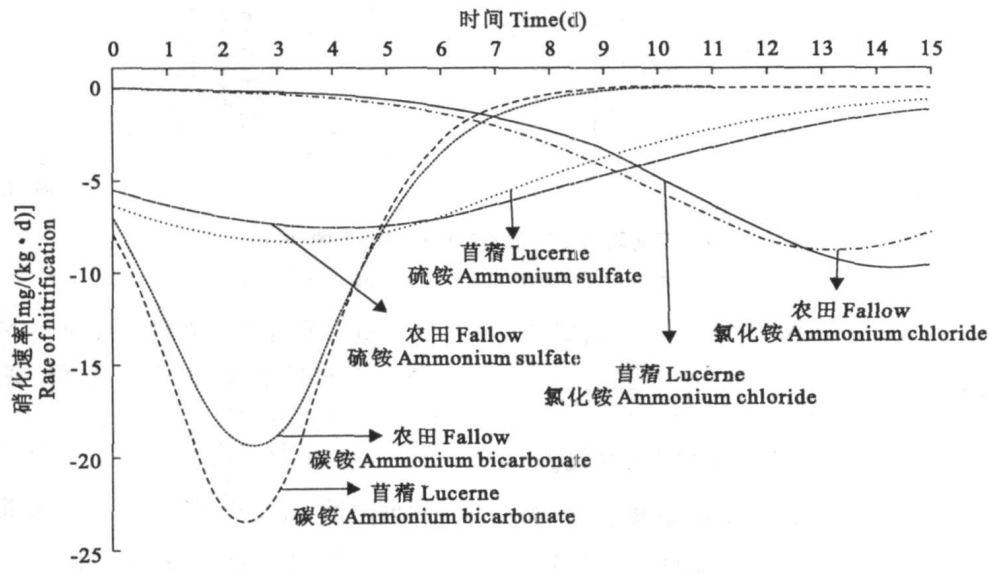


图 3 氨态氮硝化速率
Fig. 3 Rate nitrification of the ammonium nitrate

NH_4HCO_3 处理的 NH_4^+-N 起始消耗速率最高, 且以较高的增加速率达到最大速率, 并以较高的递减速率递减, 最终 $\frac{dN_{t_{NH}}}{dt}$ (NH_4^+-N 的消耗速率) 趋近于 0; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 处理的 NH_4^+-N 起始消耗速率次之, 且以缓慢增加速率增加达到最大速率, 又以缓慢的速率递减, $\frac{dN_{t_{NH}}}{dt}$ 趋近于 0; NH_4Cl 处理的 NH_4^+-N 起始消耗速率最低, 以微弱的增加速率增加, 一周(约 6.0 d)后增加速率与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 处理相当, 预测模型和实测结果均无法反映 NH_4^+-N 消耗结束时间。从试验结果上看, 植被类型之间土壤中 NH_4^+-N 的转化(硝化及其他)没有差异。

2.3 伴随离子对土壤中 NO_3^--N 变化规律

从表 2 可知, NH_4HCO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4Cl 处理 NO_3^--N 的最大增加速率分别为 13.2778(农

田)、7.7481(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$, 8.2233(农田)、8.7965(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 和 8.2064(农田)、5.8093(苜蓿) $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 。从图 4 可看出, 农田和苜蓿土壤的各个处理 NO_3^--N 增加速率变化趋势是相一致的。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 处理, 0~3.5375(农田)、2.6673(苜蓿) d NO_3^--N 增加速率为递增的 [即在 3.5375(农田)、2.6673(苜蓿) d NO_3^--N 的增加速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0; NH_4HCO_3 处理, 0~5.2080(农田)、5.3103(苜蓿) d NO_3^--N 增加速率为递增的 [即在 5.2080(农田)、5.3103(苜蓿) d NO_3^--N 的增加速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0; NH_4Cl 处理, 0~11.2089(农田)、11.4006(苜蓿) d NO_3^--N 增加速率为递增的 [即在 11.2089(农田)、11.4006(苜蓿) d NO_3^--N 的增加速率达到最大], 随后开始下降最终趋近于 0。

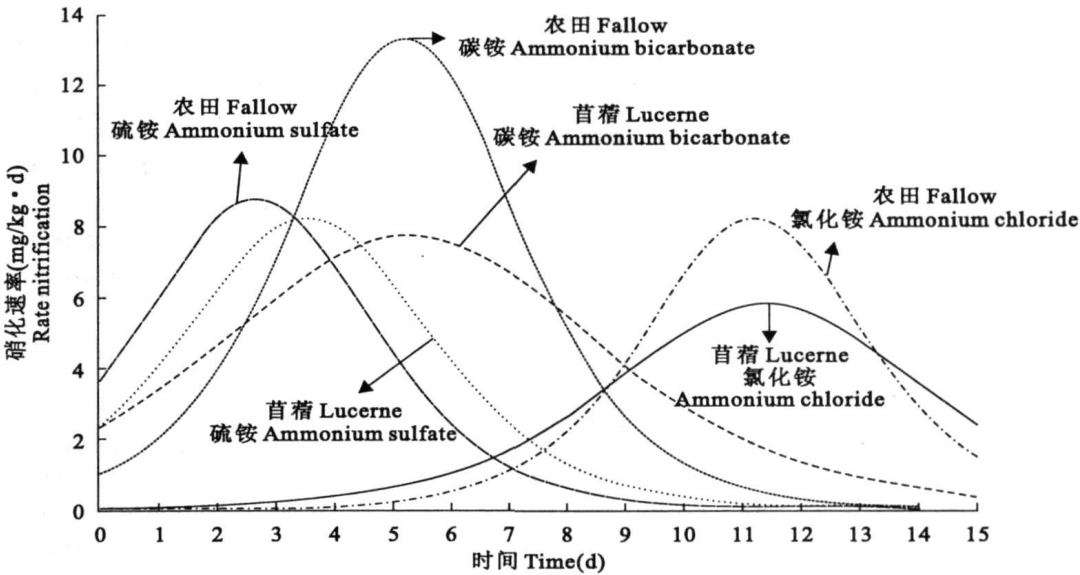


图 4 硝态氮硝化速率

Fig.4 The rate nitrification of the nitrogen nitrate

(NH₄)₂SO₄ 处理的 NO₃⁻-N 增加起始速率最高,且以较高的增加速率达到最大速率,以较为缓慢递减速率, $\frac{dN_{t_{NO}}}{dt}$ 趋近于 0; NH₄HCO₃ 处理的 NO₃⁻-N 增加起始速率次之,开始以较为平缓的增加速率硝化 NH₄⁺-N,随后(约 1.5 d)硝化增加速率加快,达到最大速率后以较高的递减速率, $\frac{dN_{t_{NO}}}{dt}$ 趋近于 0; NH₄Cl 处理的 NO₃⁻-N 增加起始速率最低,以微弱的增加速率增加,一周后(约 8.0 d)增加速率与(NH₄)₂SO₄ 处理相当,预测模型和实测结果均无法反映硝化作用结束时间。从试验结果上看,植被类型对土壤中 NO₃⁻-N 的积累没有影响。

3 结 论

3 种不同氮源氮土壤的培养试验结果和回归模型的模拟结果均表明:

- 1) NH₄⁺-N 消耗速率和 NO₃⁻-N 增加速均呈抛物线状变化。NH₄⁺-N 消耗速率高于 NO₃⁻-N 的增加速率。NH₄⁺-N 消耗起始速率高于 NO₃⁻-N 的增加起始速率。
- 2) NH₄Cl 的起始 NH₄⁺-N 消耗和 NO₃⁻-N 增加速率在较长时间内(一周)维持在一个低水平,随后升至与(NH₄)₂SO₄ 相当。Cl⁻ 能够抑制 NH₄⁺-N 的转化。

3) 钙积干润均腐土 NO₃⁻-N 增加最大速率 [5.8~8.8 mg/(kg·d)] 接近于一固定值与肥料种类无关。NH₄⁺-N 的消耗最大速率 [7.8~23.5 mg/(kg·d)] 变幅较大与肥料的性质和土壤生物性质有关。

4 讨 论

硝化作用进行过程中 NO₃⁻-N 达到稳定需要的时间,通常称为硝化持续时间,这时加入 NH₄⁺-N 土壤中的 NO₃⁻-N 含量与不加 NH₄⁺-N 土壤(CK)中 NO₃⁻-N 含量的差值占加入 NH₄⁺-N 的百分数被定义为硝化回收率(实测值)。NO₃⁻-N 积累的渐进值与 NH₄⁺-N 总消耗量渐进值的百分数称为硝化回收率的模拟值。硝化回收率在一定程度上能够反映硝化过程的氮素损失,硝化回收率越小,氮素损失量越高。从实测和模拟结果来看, NH₄⁺-N 消耗和 NO₃⁻-N 增加的渐进值(表 2), 硝化回收率模拟值高于实测值(表 3), NH₄⁺-N 消耗速率(图 3)高于 NO₃⁻-N 增加速率(图 4),说明氨态氮的其他转化形式的存在,如硝化过程中,氨挥发^[23], NH₄⁺-N 的其它生物利用, NH₄⁺-N 在土壤中矿物吸附和固定等,该动力学方程存在着较大的误差(-11%~28%)。在进一步研究的过程中,应将 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 其他转化形式考虑进去,以求得更为精确硝化动力学方程。

表 3 土壤硝化回收率
Table 3 The recovery of nitrification

编号 No	土壤 Soils	NH ₄ HCO ₃		(NH ₄) ₂ SO ₄		NH ₄ Cl	
		实测值 Measure data	模拟值 Imitate data	实测值 Measure data	模拟值 Imitate data	实测值 Measure data	模拟值 Imitate data
1	农田 Fallow	0.6302	0.7757	0.5580	0.4515	0.4143	0.4465
2	苜蓿 Lucerne	0.6349	0.6917	0.4992	0.7787	0.3818	0.4961
	平均 Average	0.6325	0.7337	0.5286	0.6151	0.3980	0.4713

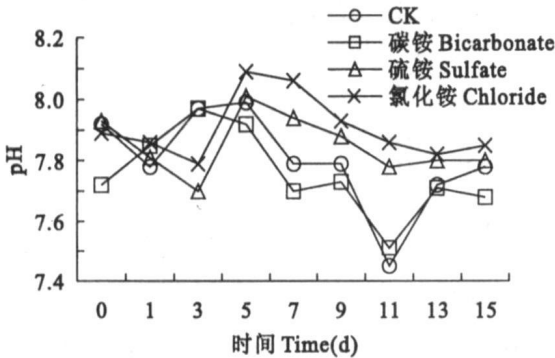


图 5 不同伴随粒子对土壤 pH 的影响
Fig. 5 pH Variety in different anion

从图 5 可看出, NH₄Cl 处理土壤 pH 处于较高的波动范围, (NH₄)₂SO₄ 处理次之, NH₄HCO₃ 处理最低。这可能与伴随离子在土壤的化学行为有关, Cl⁻ 可与土壤中多种离子形成络合物且能结合相当数量的氨, 从而减缓了 H⁺ 的释放; SO₄²⁻ 则为多方面的, 如氧化-还原、化学沉淀等均对 H⁺ 的释放存在较为复杂的影响; CO₃²⁻ 进入土壤绝大多数与 CaCO₃ 反应释放出 H⁺。土壤作为一个开放系统, 其间的物质的构成不尽相同。伴随离子与土壤中离子的化学反应也不尽相同。因此, 伴随离子在土壤中的化学行为对硝化作用的影响程度还需大量实验来证明。

参考文献:

[1] 张维理, 田哲旭, 张 宁, 等. 中国北部的施氮肥对地下水中的硝酸盐污染调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80—87.

[2] Freney J R, Frevit A C F, De Datta S K, et al. The interdependence of ammonia volatilization and denitrification as nitrogen loss processes in flood rice fields in Philippine[J]. Bio Soils, 1990, 9: 31—36.

[3] Maede M, Zhao B Z, O zaki Y, et al. Nitrate leaching in an anisole treated with different types of fertilizers[J]. Environ Pollution, 2003, 121: 477—487.

[4] 李世清, 李生秀. 影响土壤尿素水解速率的一些因子[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(2): 156—162.

[5] 李生秀, 王子华, 王喜庆. 不同水分及施肥对土壤 N、P 变化的影

响土壤[J]. 干旱地区农业研究, 1993, (增刊): 93—98.

[6] 黄绍文, 金继运. 土壤特性空间变异研究进展[J]. 土壤肥料, 2002, (1): 8—14.

[7] 张树兰, 杨学云, 吕殿青等. 温度、水分及不同氮源对土壤硝化作用的影响[J]. 生态学报, 2002, (12): 2147—2153.

[8] 王曙光, 侯彦林, 郭 伟. 不同肥土比对 NO₃⁻-N 浓度变化的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 2(10): 148—151.

[9] 李振高, 俞 慎. 土壤硝作用—反硝化作用研究进展[J]. 土壤, 1997, (6): 281—286.

[10] 樊 军, 郝明德, 党廷辉. 旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 23—26.

[11] 刘晓宏, 田梅霞, 郝明德. 黄土旱塬长期轮作施肥土壤剖面硝态氮的分布与累积[J]. 土壤肥料, 2001, (1): 9—12.

[12] 冉 炜, 沈其荣, 郑金伟, 等. 土壤硝化过程中亚硝酸盐的累积研究[J]. 土壤学报, 2000, (4): 474—481.

[13] 朱兆良, 文启孝. 硝化作用[M]. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科技出版社, 1992.

[14] 李良谟, 潘映华, 周秀如, 等. 太湖地区主要类型土壤的硝化作用及其影响[J]. 土壤, 1987, 19: 289—293.

[15] Jingchang Fu, Woodard H J, Hossener L R. Nitrification in high chloride zones near fertilizer brads in a calcareous soil[J]. J of Plant Nutr, 1994, 17(4): 607—629.

[16] H mlstead E H. 氯—重要植物营养元素研究新进展[A]. 胡思农. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会[C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 4783—4793.

[17] 崔玉珍, 金安世, 张玉龙, 等. 微量元素氯的硝化抑制效应及对作物品质的影响[A]. 胡思农. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会[C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 500—503.

[18] 张树兰, 杨学云, 吕殿青, 等. 温度、水分及不同氮源对土壤硝化作用的影响[J]. 生态学报, 2002, 25(12): 2146—2153.

[19] 鲁如坤. 土壤和农业化学分析法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000.

[20] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[21] 孙兆林. MATLAB6.X 图象处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

[22] Hadas A S, Feigenbaum A F, Portnoy K. Nitrification rates in profiles of differently managed soil types[J]. Soil Sci Soc Am J, 1986, 50: 633—639.

[23] 同延安, 张文孝, 韩稳社, 等. 不同氮肥种类在塿土及黄绵土中的转化[J]. 土壤通报, 1994, 25(3): 107—108.

Effects of the conservation tillage on the physicochemical characteristics of soil surface in the semi-arid areas of the Loess plateau

SUN Li-jun^{1,2}, ZHANG Ren-zhi¹, HUANG Gao-bao³

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Department of Pharmacy, Wan'nan Medical College, Wuhu, Anhui 240001, China;
3. Agronomy Faculty, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Basing on the research of conservation tillage experiment in the semi-arid areas of the Loess plateau from 2001 to 2005, different tillage methods influent to the physical and chemical characters of the soil surface were compared and evaluated. Results showed that the treatment NTS can decrease the soil bulk density, increase the soil porosity and the soil saturated hydraulic conductivity, and enhance the soil organic matter. The NTS has the best effect for holding capacity of water and fertilizer, can create a comfortable condition for the crops.

Keywords: conservation tillage; soil bulk density; soil porosity; soil saturated hydraulic conductivity; soil organic matter

(上接第 182 页)

Three kinds of ammonium nitrogen fertilizer on nitrification and model analysis

ZHANG Guo-zhen^{1,2}, LI Shi-qing^{1,3*}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Fresh Cal-Ustic Isohumasols is used for indoor fostering in this experiment. In the same fatty soil condition, study is made on the influence of different kinds of nitrogen fertilizer to the nitrification of pH and Nmin. And kinetic model of nitrification is established. The results of the experiment and imitation show that: ① The velocity of the loss of ammonium nitrogen and the accumulation of nitric nitrogen is like a parabolic flight. The rate of the ammonium nitrogen loss is higher than the accumulation of nitric nitrogen. The original rate of the ammonium nitrogen loss is also higher than the accumulation of nitric nitrogen. ② The loss of ammonium nitrogen and the accumulation of nitric nitrogen of the ammonium chloride remain in a low rate of in the first stage (about one week). They rise as high as the rate of ammonium sulfate after the first stage. The chloride can restrain the loss of ammonium nitrogen. ③ The constant volume of maximal rate of the nitric nitrogen accumulation $[5.8\sim8.8\text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})]$ has nothing to do with the type of fertilizer, while the constant maximal rate of the loss of ammonium nitrogen is possibly affected by the fertilizer's characters and the soil's bio-characters.

Keywords: anion; rate of nitrification; model of nitrification