

磷酸二氢钙和氯化钾对氯化铵处理黄泥土 水溶性铵态氮和硝态氮的影响^①

李寿田^{1,2}, 周健民^{2*}, 王火焰², 杜昌文², 陈小琴², 单迎东¹, 黄翠林¹

(1 苏州农业职业技术学院, 江苏苏州 215008; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 氮磷钾是农业生产中大量施用并且经常共同施用的肥料, 三者在土壤中的相互作用对养分的迁移转化、吸收和代谢有着深远影响。本文模拟生产中氮磷钾肥料同施, 研究了田间持水量条件下磷酸二氢钙、氯化钾对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响。结果表明, 铵态氮施入土壤后, 随着培养时间的延长, 土壤中水溶性铵态氮含量下降, 硝态氮含量升高, 两者之间存在着显著相关性。磷酸二氢钙延缓了铵态氮向其他形态氮的转变, 使培养中期土壤水溶性铵态氮显著高于氯化铵处理土壤, 并对培养中后期硝态氮的增加有抑制作用。氯化钾增加了培养前中期氯化铵处理土壤铵态含量, 但显著抑制了氯化铵处理土壤培养后期硝态氮的含量。因此, 农业生产中氯化铵和氯化钾共施, 氯化铵和磷酸二氢钙共施, 氯化铵、氯化钾和磷酸二氢钙共施, 对提高氮肥利用率, 降低硝态氮淋失损失均有重要作用。

关键词: 氯化铵; 磷酸二氢钙; 氯化钾; 铵态氮; 硝态氮

中图分类号: S143.1

多种养分间的交互作用可发生于土壤、根际和植物体内, 对养分的迁移转化、吸收和代谢有着深远的影响^[1-5]。水溶性养分是植物可直接利用的养分形态, 水溶性养分的多少决定着土壤对植物养分的供应强度。氮磷钾是农业生产中大量施用并且经常共同施用的肥料, 三者在土壤中的相互作用对土壤养分供应强度的影响对植物的生长具有更为直接的作用, 并影响着养分向环境的迁移^[6]。因此, 研究多养分同时存在时氮磷钾相互作用对土壤水溶性养分的影响, 对养分的植物有效性、肥料的合理使用和生态环境保护具有重要意义。本文研究了磷酸二氢钙和氯化钾对氯化铵处理黄泥土中水溶性铵态氮和硝态氮变化的影响, 为自然条件下氮磷钾肥料共施对氮肥有效性和环境影响提供一些理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

所用土壤为江苏常熟黄泥土, 属水稻土类。土壤采自耕层(0~15 cm), 采集后的土样放在实验室内自然风干, 经研磨, 过 2 mm 筛备用。供试土壤的基本理化性状均用常规方法测定^[7], 结果见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Basic properties of soil tested

指标	指标	指标	指标
pH (土:水=1:2.5)	6.98	游离 Fe ₂ O ₃ (g/kg)	18.99
CaCO ₃ (mg/kg)	10.87	游离 Al ₂ O ₃ (g/kg)	25.09
CEC (cmol/kg)	18.56	有机质 (g/kg)	39.1
络合 Al ₂ O ₃ (g/kg)	1.99	非晶质 Al ₂ O ₃ (g/kg)	8.48
非晶质 Fe ₂ O ₃ (g/kg)	6.42	络合 Fe ₂ O ₃ (g/kg)	1.50
全磷 (g/kg)	0.43	有效磷 (mg/kg)	20
全氮 (g/kg)	2.13	碱解氮 (mg/kg)	126
全钾 (g/kg)	15.52	速效钾 (mg/kg)	152

1.2 试验处理

试验设置 5 种施肥方式, 分别为: CK (对照, 不施肥)、N (只施氯化铵)、NP (施用氯化铵和磷酸二氢钙)、NK (施用氯化铵和氯化钾)、NPK (施用氯化铵、磷酸二氢钙和氯化钾)。其中, 氮的施入量分别为 N 110 mg/kg 和 220 mg/kg, 分别用 1N 和 2N 表示; 钾的施入量分别为 K 310 mg/kg 和 620 mg/kg, 分别用 1K 和 2K 表示; 磷的施入量为 P 200 mg/kg。各处理均 4 次重复。试验中 110 mg/kg N 与 310 mg/kg K 的摩尔数是相同的, 而 220 mg/kg N 和 620 mg/kg K 的摩尔数也

^①基金项目: 国家重点基础研究发展计划 973 项目 (2013CB127401)、国际植物营养研究所 (IPNI) 中国项目和江苏省高等学校大学生实践创新训练计划项目资助。

* 通讯作者 (jmzhou@issas.ac.cn)

作者简介: 李寿田 (1973—), 男, 安徽省六安市人, 博士, 副教授, 主要从事园艺植物营养方面的研究。E-mail: shtli2008@yahoo.com.cn

是相同的。将不同肥料按不同处理溶解在蒸馏水中，然后用称重法将不同肥料加入土壤中进行培养。

1.3 方法

称取 2.500 g 土壤于小药瓶中，用称重法加入不同肥料配比溶液，并使土壤含水量达到 27.5% (0.3bar)，然后用橡皮塞塞紧，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下分别培养 2、15、36、66 和 107 天，其中，15、36、66 和 107 天的土壤，每隔 7 天用称重法加入一定量的去离子水，使其保持在田间持水量的状态下。到时间后，将小药瓶放入塑料瓶中，按水土比 20:1 加入 50 ml 蒸馏水，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下振荡 30 min，然后用定量滤纸过滤，上清液用来测定水溶性铵态氮和硝态氮的含量，铵态氮含量用靛酚蓝比色法测定，硝态氮用紫外分光光度法测定^[7]。

2 结果与分析

2.1 磷酸二氢钙对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响

磷酸二氢钙对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响见图 1。从图 1a 可看出，对照处理土壤，

随着培养时间的延长，铵态氮逐渐升高，但在整个培养期间，土壤水溶性铵态氮的变化并不大，只是由培养 2 天的 4.73 mg/kg 增加到培养 107 天的 8.58 mg/kg。而向土壤中加入氯化铵后，均显著增加了培养前期土壤溶液中铵态氮的含量，并且加入的铵态氮量越高，土壤溶液中铵态氮含量也越高。培养 2 天后，1N 和 2N 处理土壤水溶性铵态氮含量分别达到 38.11 mg/kg 和 81.53 mg/kg，分别约占施入铵态氮量的 34.65% 和 37.06%，这说明，当铵态氮施入土壤后，大量的铵态氮迅速转变成其他形态的氮。随着培养时间的增加，氯化铵处理土壤溶液中的铵态氮含量出现急剧下降，并在培养后期与对照无显著差异。

磷酸二氢钙可显著降低氯化铵处理土壤培养 2 天后溶液中铵态氮的含量，1NP 和 2NP 处理水溶性铵态氮分别为 29.22 mg/kg 和 62.47 mg/kg，与 1N 和 2N 相比，分别下降了 23.33% 和 23.39%。而在培养 15 天后，1NP 处理土壤水溶性铵态氮含量显著高于 1N 处理土壤，而 2NP 处理土壤在培养 36 天后，显著高于 2N 处理土壤，但在培养后期，磷酸二氢钙对土壤水溶性铵态氮含量无显著影响。

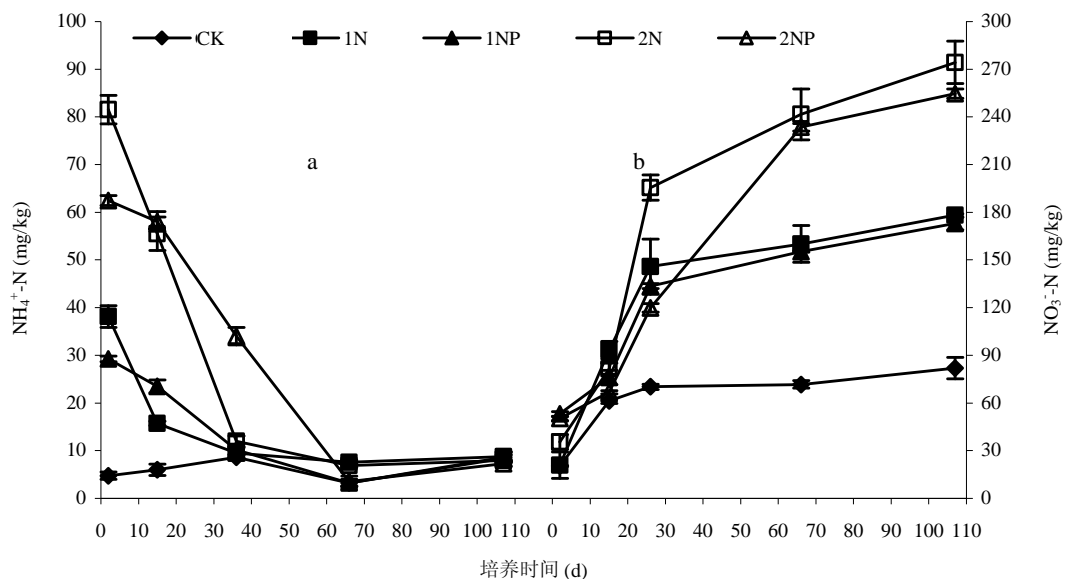


图 1 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 对 NH_4Cl 处理土壤水溶性铵态氮 (a) 和硝态氮 (b) 的影响

Fig. 1 Effects of $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ on water-soluble $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (a) and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (b) of soil treated with NH_4Cl

从图 1b 可看出，随着培养时间的延长，不同处理硝态氮含量均显著升高，对照处理硝态氮含量增加幅度相对较小，由培养 2 天的 20.33 mg/kg 增加到培养 107 天的 81.91 mg/kg。加入氯化铵后，土壤中硝态氮的含量在培养前期与对照处理差异不大，这说明，加

入土壤中的铵态氮短期内并没有大量被硝化细菌利用而转化成硝态氮。但在随后的培养期间内，氯化铵处理土壤硝态氮的含量显著高于对照处理土壤。在培养的前 2 个时期，1N 和 2N 处理土壤硝态氮含量并无显著差异，但在培养后 3 个时期，1N 处理土壤硝态氮含量显

著低于 2N 处理。在培养 107 天后, 1N 和 2N 处理土壤硝态氮含量分别达到 178.08 mg/kg 和 274.30 mg/kg, 与对照相比, 硝态氮含量分别增长了 117.42% 和 234.88%。

磷酸二氢钙可显著提高处理初期土壤硝态氮含量, 使施磷处理土壤硝态氮含量显著高于不施磷处理, 但在处理中后期, 磷酸二氢钙对土壤硝态氮的增加有抑制作用, 其中, 1NP 处理 15 天后, 土壤硝态氮含量显著低于 1N 处理, 但在随后的处理期间, 1NP 处理土壤硝态氮含量低于 1N 处理土壤, 但没有达到显著差异。2NP 培养 15、36 和 107 天后, 土壤硝态氮含量显著低于 2N 处理。

2.2 氯化钾对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响

氯化钾对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响见图 2。从图 2a 可看出, 在培养 2 天后, 氯化钾对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮的影响与氯化铵处理土壤并无显著差异, 但在培养 15 天后, 1N1K、2N2K 处理土壤水溶性铵态氮含量显著高于相应的 1N、2N 处理土壤, 但在随后的培养阶段, 相应处理间差异不显著。另外, 1N1K、2N2K 处理在培养第 2、66 和 107 天后, 其水溶性铵态氮显著高于相应的 1NP、2NP 处理。

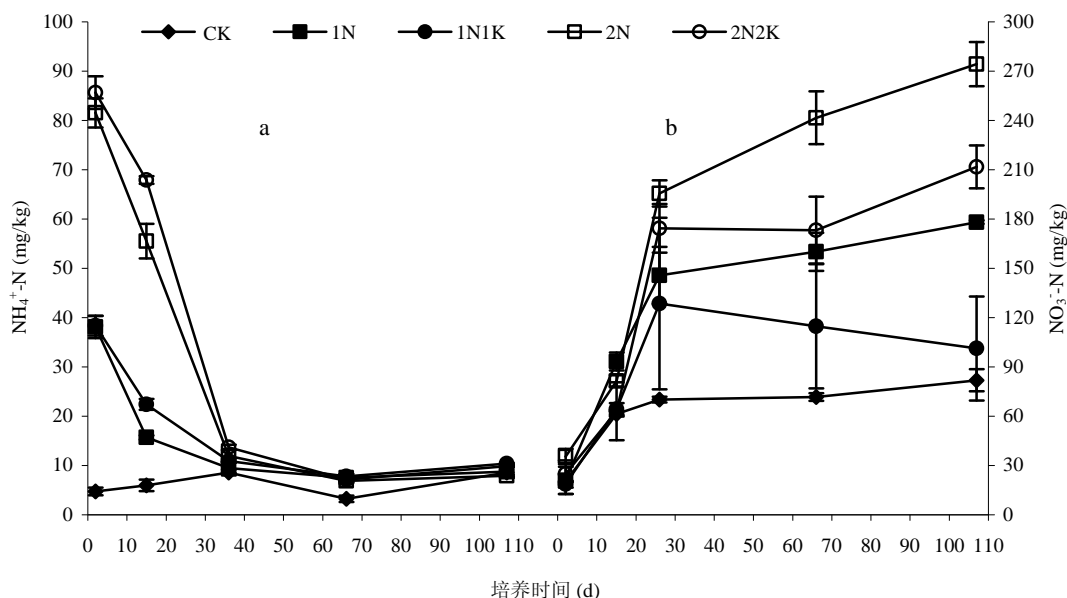


图 2 KCl 对 NH₄Cl 处理土壤水溶性铵态氮 (a) 和硝态氮 (b) 的影响

Fig. 2 Effects of KCl on water-soluble NH₄⁺-N(a) and NO₃⁻-N(b) of soil treated with NH₄Cl

从图 2b 可看出, 在培养前期, 氯化钾对土壤硝态氮含量的影响并不显著, 但到了培养中后期, 氯化钾的加入抑制了土壤硝态氮含量的增加, 培养 107 天后, 1N1K 和 2N2K 处理土壤硝态氮含量分别为 101.27 mg/kg 和 211.82 mg/kg, 与 1N 和 2N 处理相比, 硝态氮含量分别显著下降了 43.13% 和 22.78%。这说明, 氯化钾的施入对土壤的硝化作用具有显著的抑制作用。1NP、2NP 处理在培养初期和培养末期土壤硝态氮含量均显著高于相应的 1N1K、2N2K 处理。

2.3 磷酸二氢钙和氯化钾共处理对氯化铵处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮的影响

磷酸二氢钙和氯化钾对氯化铵处理土壤水溶性铵

态氮和硝态氮的影响见图 3。从图 3a 可看出, 当氯化铵、磷酸二氢钾和氯化钾共施时, 土壤中水溶性铵态氮的变化与氯化铵和磷酸二氢钙共施处理土壤中水溶性铵态氮的变化是一致的, 主要表现出磷酸二氢钙的影响。在培养 2 天后, 1N1KP 和 2N2KP 处理土壤水溶性铵态氮含量分别为 30.78 mg/kg 和 85.62 mg/kg, 与 1N 和 2N 处理相比, 铵态氮分别下降了 19.22% 和 11.60%, 均显著低于氯化铵处理土壤。在培养中期, 氯化铵、磷酸二氢钙和氯化钾共处理土壤水溶性铵态氮含量又显著高于相应氯化铵处理土壤, 而在培养后期, 与其他处理无显著差异。另外, 2N2KP 处理在培养前 3 个时期, 土壤水溶性铵态氮含量显著高于 2NP

处理,但在培养前 2 个时期,土壤水溶性铵态氮则显著低于 2N2K 处理,但在培养第 3 个时期,则显著高于 2N2K 处理。1N1KP 处理则在整个培养时期与 1NP

处理无显著差异,但在培养 2 天时,显著低于 1N1K 处理,而培养 15 天时,显著高于 1N1K 处理,而在培养后 2 个时期,水溶性态氮又显著低于 1N1K 处理。

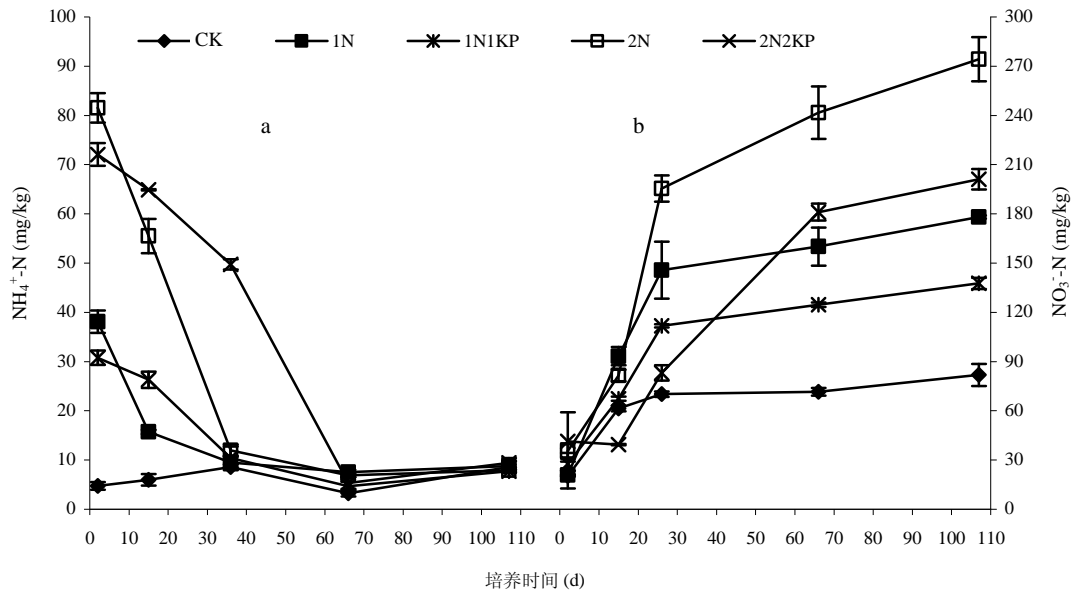


图 3 KCl 和 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 对 NH_4Cl 处理土壤水溶性铵态氮 (a) 和硝态氮 (b) 的影响

Fig. 3 Effects of KCl and $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ on water-soluble $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (a) and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (b) of soil treated with NH_4Cl

从图 3b 可看出,当氯化铵、磷酸二氢钙和氯化钾共施时,在培养初期,土壤硝态氮含量与相应的 1N、2N 处理并无显著差异,但在培养中后期,其硝态氮含量显著低于相应的 1N、2N 处理,培养 107 天后,1N1KP 和 2N2KP 处理硝态氮含量分别为 137.62 mg/kg 和 201.09 mg/kg,与 1N 和 2N 处理相比,土壤中硝态氮含量分别下降了 22.72% 和 26.69%。1N1KP 处理在整个处理期间,其硝态氮含量均显著低于 1NP 处理,而与 1N1K 处理无显著差异。2N2KP 处理除培养初期与 2NP 处理无差异外,其他培养时期均显著低于 2NP 处理。另外,2N2KP 处理除第 2、第 3 次取样时硝态氮含量显著低于 2N2K 处理外,其他取样时间与 2N2K

处理无差异。

2.4 不同处理土壤水溶性铵态氮和硝态氮变化的相关性分析

将不同处理水溶性铵态氮的变化与相应处理硝态氮的变化进行相关性分析,结果见表 2。由表 2 可看出,对照处理土壤水溶性铵态氮与硝态氮的相关系数为 0.443 ($P = 0.4547$),两者之间并无显著的相关性。而其他处理水溶性铵态氮与硝态氮之间存在着显著的负相关(相关系数在 $-0.986 \sim 0.939$ 之间,均值为 -0.968 , P 值在 $0.0019 \sim 0.0178$,均值为 0.0074)。这说明,除对照处理外,不同处理土壤水溶性铵态氮含量的下降与硝态氮的上升具有很好的相关性。

表 2 相应处理土壤水溶性铵态氮与硝态氮相关性分析

Table 2 Correlation between water-soluble ammonium nitrogen and nitrate nitrogen under corresponding treatments

处理	对照	1N	1NP	1N1K	1N1KP	2N	2NP	2N2K	2N2KP
相关系数	0.443	-0.956	-0.939	-0.965	-0.965	-0.967	-0.983	-0.980	-0.986
	(0.4547)	(0.0112)	(0.0178)	(0.0078)	(0.0079)	(0.0070)	(0.0026)	(0.0033)	(0.0019)

注:括号里是相关分析显著性检验的 P 值。

3 讨论

氯化钾能够提高氯化铵处理土壤前期水溶性铵的含量,有研究指出,土壤中的交换位点对 K^+ 的亲性和大于对 NH_4^+ 的亲性和,而非交换性位点对 NH_4^+ 的亲性和大于对 K^+ 的亲性和^[8-9]。因此,当氯化铵加入土壤后,大量的 NH_4^+ 被吸附到交换位点和非交换性位点上,使土壤溶液中水溶性铵显著下降。而当同时加入氯化钾时,加入的 K^+ 能够与 NH_4^+ 竞争交换性位点和非交换性位点,使被吸附的 NH_4^+ 减少,从而使水溶性 NH_4^+ 含量高于无钾处理。另外,氯化钾对氯化铵处理土壤后期硝态氮含量起到显著的抑制作用,这与钾促进铵的固定^[10]和抑制固定态铵的释放^[11]有关。另外,施入钾时所带入的伴随离子如 Cl^- 对硝化细菌的活性有一定的影响,也能使硝化作用下降^[12-13]。

磷酸二氢钙能够显著降低培养前期氯化铵处理水溶性铵态氮的含量,但在随后的培养时间内,磷酸二氢钙能够显著抑制铵态氮向其他形态氮的转化,使水溶性铵态氮一直保持相对较高的水平,只是在培养后期,其抑制作用才消失。前人研究表明,伴随铵态氮肥而施入土壤中的阴离子能够显著影响土壤中铵的固定,磷二铵处理的土壤,固定铵含量显著高于硫酸铵和尿素,其机制可能是铵磷钾铝石的形成^[14]。土壤中,钾铵可与磷发生反应产生磷钾铝石($K_3Al_5H_6(PO_4)_8 \cdot 18H_2O$)和磷铵铝石($(NH_4)_3Al_5H_6(PO_4)_8 \cdot 18H_2O$)以及其他多种不溶性铵钾和磷的化合物^[15-18],从而造成土壤溶液中铵态氮含量的下降。同时,因施用磷酸根而带入的钙离子能引起晶层间距扩大,从而有利于土壤对铵离子的固定^[19]。另外,在本实验中,磷酸二氢钙可显著提高培养前期氯化铵处理土壤溶液中硝态氮含量,而这也是造成铵态氮含量下降的原因之一。铵、钾和磷形成的铁、铝和钙的化合物后,使这些氮、磷、钾速效性养分向缓效态养分转变,而这些化合物对植物有相当高的肥效,可作为养分来源而缓慢释放出来^[16,20-21],从而使铵态氮含量保持较高水平。而伴随磷的施入而带入的钙离子也有利于土壤固定铵的释放^[22]。这一点对于氯化铵和磷酸二氢钙共施具有重要的生产意义。而在培养中后期,磷酸二氢钙可使培养中后期硝态氮的含量下降,前人研究表明,磷酸二氢钙可造成土壤pH的显著下降^[23],而土壤硝化速率与pH呈正相关关系^[24-25]。磷酸二氢钙对硝化作用的抑制,对提高肥料利用率、减少硝态氮的淋失是有益的。

4 结论

铵态氮施入土壤后,土壤水溶性铵态氮的下降与硝态氮含量的升高存在着很好的相关性。氯化钾增加了培养前中期铵态氮的含量,但抑制了培养后期硝态氮含量的增加。磷酸二氢钙能够延缓铵态氮向其他形态氮的转变,使培养中期铵态氮的含量保持较高水平,并在一定程度上抑制了硝态氮的增加。磷酸二氢钙和氯化钾共施对铵态氮和硝态氮的影响主要表现为磷酸二氢钙的作用。因此,氯化钾和氯化铵、磷酸二氢钙和氯化铵、氯化钾和磷酸二氢钙和氯化铵共施,对提高氮肥利用率,减少硝态氮的淋失均具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 苏同庆,王火焰,周健民,陈小琴,杜昌文. 水稻土肥力微域铵对钾形态转化与迁移的影响. 土壤, 2011, 43(3): 367-373
- [2] 陈小琴,周健民,王火焰,杜昌文. 铵钾施用次序和比例对油菜生长和氮钾养分吸收的影响. 土壤, 2008, 40(4): 571-574
- [3] Teng Y, Timmer VR. Nitrogen and phosphorus interactions in intensively managed nursery soil-plant system. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58(1): 232-238
- [4] 于飞,周健民,王火焰,陈小琴,杜昌文. 不同氮肥对潮土中磷肥转化的动态影响. 中国土壤与肥料, 2006(5): 39-42
- [5] 杜振宇,周健民,王火焰,陈小琴,杜昌文,王清华. 氮钾肥对磷在红壤肥力微域中迁移转化的影响. 土壤学报, 2010, 47(3): 497-502
- [6] 马茂桐. 钾氮配施对土壤氮钾渗漏损失的影响. 土壤, 1999, 31(3): 136-139
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [8] Shen S, Tu SI, Kemper WD. Equilibrium and kinetic study of ammonium adsorption and fixation in sodium-treated vermiculite. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61(6): 1 611-1 618
- [9] Chappell MA, Evangelou VP. Influence of added K^+ on inducing ammonium fixation and inhibiting nitrification. J. Soil Sci., 2000, 165(5): 420-426
- [10] 王火焰,周健民,陈小琴,杜昌文,李寿田,董彩霞. 氮磷钾肥料在土壤转化过程的交互作用 II. 硫酸铵在水稻土中的转化. 土壤学报, 2005, 42(1): 70-77
- [11] 钱晓晴,汤炎,封克,殷士学. 作物吸氮过程中 NH_4^+ 、 K^+ 颀颀现象的土壤因素研究. 土壤通报, 1994, 25(6): 256-258
- [12] 周丕东,石孝均,毛知耘. 氯化铵中氯的硝化抑制效应研究. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 397-403
- [13] McClung G, Frankenberger WTJ. Soil nitrogen transformation as

- affected by salinity. *Soil Sci.*, 1985, 139(5): 405-411
- [14] Mandal B, Mukhopadhyay AK. Ammonium fixation in soils from application of NH_4^+ -producing fertilizers. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 1984, 32(3): 486-487
- [15] Lindsay WL, Frazier AW, Stephense HF. Identification of reaction products from phosphate fertilizers in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1962, 26(5): 446-452
- [16] Taylor AW, Lindsay WL, Huffman EO, Gurney EL. Potassium and ammonium taranakites, amorphous aluminum phosphate, and variscite as sources of phosphate for plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1963, 27(2):148-151
- [17] Tamimi YN, Kanehiro Y, Sherman GD. Reactions of ammonium phosphate with gibbsite and with montmorillonitic and kaolinitic soils. *Soil Sci.*, 1964, 98(4): 249-255
- [18] Sarkar D, Sarkar MC, Ghosh SK. Phosphate reaction products in red soils of West Bengal. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 1977, 25(2):141-149
- [19] 封克, 钱晓晴, 汤炎, 郇德喜, 彭兰华. 矿物固铵能力对铵离子在土壤中转化的影响: (2) 旱作条件下不同阳离子对矿物固铵与释铵的影响. *江苏农学院学报*, 1994, 15(3): 1-5
- [20] Taylor AW, Gurney EL, Lindsay WL. An evaluation of some iron and aluminum phosphate as sources of phosphate for plants. *Soil Sci.*, 1960, 90(1): 25-31
- [21] Lindsay WL, Dement JD. Effectiveness of some iron phosphate as sources of phosphorus for plants. *Plant and Soil*, 1961, 14(2): 118-126
- [22] 钱晓晴, 封克, 汤炎, 程传敏, 徐灏. 作物 NH_4^+ 和 K^+ 营养关系的土壤及矿物因素研究. *土壤*, 1996, 28(1): 24-29
- [23] Wang HY, Zhou JM, Chen XQ, Li ST, Du CW. Interaction of NPK fertilizers during their transformation in soils I. Dynamic changes of soil pH. *Pedosphere*, 2003, 13(3): 257-262
- [24] 王小治, 孙伟, 尹微琴, 封克. pH 升高对红壤硝化过程产生 N_2O 的影响. *土壤*, 2009, 41(6): 962-967
- [25] 李良谟, 潘映华, 周秀如, 伍期途, 李振高. 太湖地区主要类型土壤的硝化作用及其影响因素. *土壤*, 1987, 19(2): 289-293

Effects of Monocalcium Phosphate and Potassium Chloride on Water-soluble Ammonium Nitrogen and Nitrate Nitrogen in Paddy Soil Treated with Ammonium Chloride

LI Shou-tian^{1,2}, ZHOU Jian-ming², WANG Huo-yan², DU Chang-wen², CHEN Xiao-qin², SHAN Ying-dong¹, HUANG Cui-lin¹

(1 *Suzhou Polytechnic Institute of Agriculture, Suzhou 215008, China;*

2 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract: In agriculture production, it is very common to apply considerable quantities of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers by compounding or apply compound fertilizers, thus nutrients translocation, transformation, uptake and metabolism will be influenced profoundly by interaction of nitrogen, phosphorus and potassium in soils. In this article, the effects of monocalcium phosphate and potassium chloride on water-soluble ammonium nitrogen and nitrate nitrogen in paddy soil treated with ammonium chloride were studied. The results showed that content of water-soluble ammonium nitrogen decreased and that of nitrate nitrogen increased with the extension of culture time, and there was significant correlation between the decrease of water-soluble ammonium nitrogen content and the increase of nitrate nitrogen content. The content of water-soluble ammonium nitrogen in soil treated with monocalcium phosphate and ammonium chloride was significantly higher than that of soil treated with ammonium chloride at the middle culture time, because the transformation of ammonium nitrogen to other forms of nitrogen was retarded by monocalcium phosphate, the content of nitrate nitrogen was inhibited by monocalcium phosphate at the middle and late culture time. The content of water-soluble ammonium nitrogen in soil treated with potassium chloride and ammonium chloride at the early and middle culture time increased compared with that of soil treated ammonium chloride, and the content of nitrate nitrogen was inhibited by potassium chloride at the late culture time. Thus, application of ammonium chloride and potassium chloride, or ammonium chloride and monocalcium phosphate, or ammonium chloride and monocalcium phosphate and potassium chloride together play important roles in improving nitrogen use efficiency and reducing nitrate leaching loss.

Key words: Ammonium chloride, Monocalcium phosphate, Potassium chloride, Ammonium chloride, Ammonium nitrogen, Nitrate nitrogen