

洞庭湖平原冲积性菜园土无机氮形态及剖面分布

黄运湘¹, 张杨珠¹, 曾艳², 廖超林¹

(1.湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2.株洲市农业局, 湖南 株洲 412011)

摘要: 采用野外调查取样和室内分析相结合的方法, 研究了洞庭湖平原冲积性菜园土无机氮形态及剖面分布规律. 结果表明, 耕层土壤全N平均含量为 1.25 g/kg, 变化范围为 0.65~1.67 g/kg, 变异系数为 15.54%; 固定态铵平均含量为 295 mg/kg, 占土壤全氮含量的 23.2%, NO_3^- -N和 NH_4^+ -N平均含量分别为 46.00、1.91 mg/kg. 土壤全N、铵态氮、固定态铵含量在 0~80 cm土层中随剖面深度的增加而降低, 硝态氮的剖面分布表现有淋洗下移的现象.

关键词: 土壤无机氮形态; 剖面分布特征; 菜园土; 洞庭湖平原

中图分类号: S158.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)06-0700-05

Inorganic nitrogen fractions and profile distribution characteristic in vegetable soil derived from river alluvial in Dongting Lake plain

HUANG Yun-xiang¹, ZHANG Yang-zhu¹, ZENG Yan², LIAO Chao-lin¹

(1.College of Resources and Environment, HNAU, Changsha 410128, China;2. Agricultural Bureau of Zhuzhou City, Zhuzhou, Hunan 412011, China)

Abstract: By means of both field investigation samples and indoor analysis, The inorganic nitrogen fractions and profile distribution characteristic in vegetable soil derived from river alluvial in dongting lake plain were researched. The result indicated that the content of total nitrogen varies from 0.65~1.67 g/kg, the average value and coefficient of variation is respectively 1.25 g/kg and 15.54%. The average value of fixed ammonium is 290 mg/kg, accounting for 23.2% of total nitrogen. The content of NO_3^- -N and NH_4^+ -N is respectively 46.00 mg/kg and 1.91 mg/kg. The content of total N, NH_4^+ -N, and fixed ammonium decreased with the increasing of soil profile depth in 0~80 cm. NO_3^- -N display leaching phenomenon from surface soil to subsoil.

Key words: fractions of inorganic nitrogen; distribution characteristic of soil nitrogen in profile; vegetable soil; Dongting Lake plain

蔬菜作物对氮素养分需求量大, 土壤氮素供应不足或施肥不合理均会影响其产量和品质. 土壤中的氮绝大部分(约占全氮量的92%~98%^[1])以有机形态存在, 不能被植物吸收利用. 无机态氮所占比例虽小, 但它是植物吸氮的主要形态, 特别是硝态氮和铵态氮. 固定态铵是20世纪50年代以来逐步公认的土壤无机氮组分, 其固定机理和影响其含量的因素已有诸多的研究^[2-5]. 固定态铵的生物有效性虽然不高, 但对减少农田氮素损失、保持氮素平衡、防止水体富营养化具有重要的意义. 笔者对湖南岳阳市君山区广兴洲镇蔬菜生产基地土壤无机氮的形态及其剖面分布进行研究, 旨在为蔬菜种植区的合理施肥及养分资源

的有效管理提供科学依据.

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况及土壤基本理化性质

研究区位于岳阳市君山区广兴洲合兴村, 地理位置为 $\text{E}112^{\circ}50'36''\sim112^{\circ}53'53''$, $\text{N}29^{\circ}29'30''\sim29^{\circ}30'48''$. 区内年平均气温 17°C , 无霜期273~280 d, 雨量充沛, 年降水量1400 mm左右. 土壤类型为由长江冲积物发育而成的冲积性菜园土, 土壤质地以粉质砂壤土和粉砂质黏壤土为主, 土壤容重 $1.19\sim1.42\text{ g/cm}^3$, 平均 1.34 g/cm^3 , pH值7.47~8.70, 平均8.16; 耕层土壤有机质含量 $14.53\sim26.22\text{ g/kg}$,

收稿日期: 2010-09-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD17B08-03)

作者简介: 黄运湘(1963—), 女, 湖南邵东人, 博士, 教授, 主要从事土壤肥力与环境土壤研究, yxhuang63@163.com

平均 19.92 g/kg；土壤全磷 0.85~1.31 g/kg，平均 1.17 g/kg；土壤全钾含量 13.0~47.6 g/kg，平均 18.1 g/kg。土地利用方式以蔬菜种植为主，春季主要种植辣椒、南瓜等作物，冬季则以大白菜、包心菜等叶菜类作物为主。

1.2 土样采集方法

2007 年 8 月按地统计学方法采用网格法^[6]进行系统采样，网格大小 50 m×40 m，采样区面积约 18 hm²，按东西方向分 4 个区域进行采样，每区域采集耕层混合土壤样品 22 个，共计 88 个，采样深度 0~20 cm，采样方法为 5 点采样法。每区域采集剖面分层样品 1 个，共计 4 个，按土壤发生层分层取样(表 1)。土壤样品经风干、磨碎，过孔径 2 mm 和 0.149 mm 筛，分别装于广口瓶中，待测。

表 1 土壤剖面深度

剖面编号	剖面层次	深度/cm	剖面编号	剖面层次	深度/cm
V0701	A	0~18	V0703	A ₁	0~17
	B ₁	19~42		A ₂	18~36
	B ₂	43~56		B ₁	37~62
	B ₃	57~80	B ₂	63~87	
	C ₁	81~93	C	>87	
	C ₂	>93	V0704	A ₁	0~15
V0702	A ₁	0~16		A ₂	16~28
	A ₂	17~23		B ₁	29~45
	B	24~43		B ₂	46~68
	BC	44~70		B ₃	69~100
	C	>70	C	>100	

1.3 土样分析方法

土壤质地按国际制分类标准确定；pH 值用电位法测定；土壤全氮用 H₂SO₄-HClO₄ 消化，全自动定

氮仪测定；全磷用 NaOH 熔融-钼锑抗显色法测定；全钾用 NaOH 熔融-火焰光度法测定；NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N 采用氧化镁-代氏合金蒸馏法和比色法测定^[7]；固定态铵采用 Silva-Bremner 法^[8]测定。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 Excel 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤全 N 含量

2.1.1 耕层土壤全 N 含量

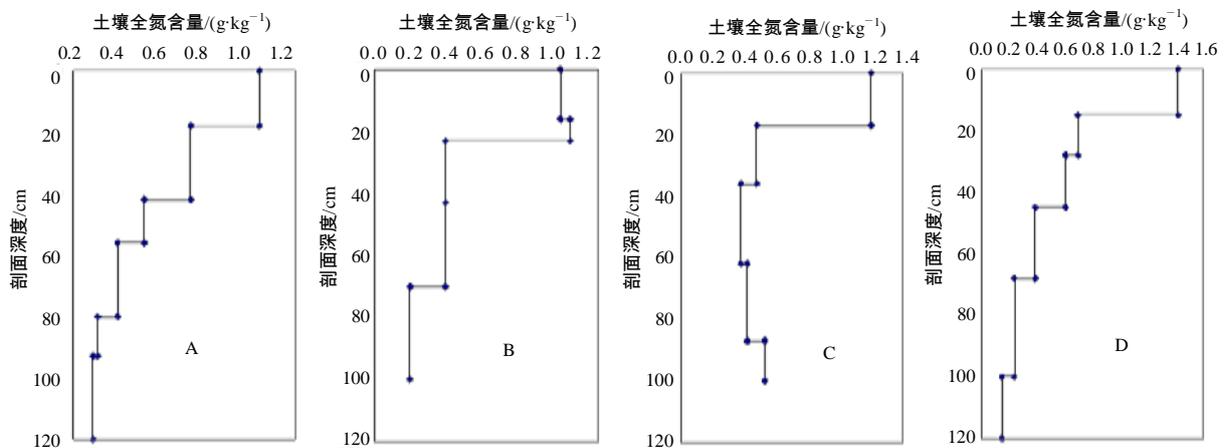
研究区土壤全 N 平均含量 1.25 g/kg，变化范围 0.65~1.67 g/kg，总变异系数 15.54%。从表 2 可知，第 3、4 采样区全 N 含量稍高于第 1、2 采样区，变异系数则以第 1、3 采样区高于第 2、4 采样区。将土壤有机质与全 N 含量进行相关分析，相关系数为 0.424** (n = 88)，相关极显著。

表 2 研究区耕层土壤全 N 含量

采样区域	样品数/个	全 N 含量范围/(g·kg ⁻¹)	平均值/(g·kg ⁻¹)	标准差/(g·kg ⁻¹)	变异系数/%
1	22	0.83~1.60	1.17	0.20	17.09
2	22	0.96~1.42	1.20	0.14	11.67
3	22	0.65~1.67	1.32	0.23	17.42
4	22	1.09~1.59	1.32	0.15	11.36

2.1.2 全 N 在土壤剖面中的分布

从图 1 可知，土壤全 N 含量均随土壤剖面深度的增加而降低，在 0~20 cm 土层中，全 N 含量为



A、B、C、D 分别为第 1、2、3、4 采样区，下同。

图 1 全 N 在土壤剖面中的分布
Fig.1 The distribution of total N in soil profiles

1.00~1.42 g/kg, 20~40 cm 土层为 0.48~1.05 g/kg, 80~100 cm 土层, 全 N 含量降至 0.19~0.53 g/kg. 从不同剖面看, 第 1、4 采样区土壤剖面全 N 含量有相似的变化规律, 随着土壤剖面深度的增加, 全 N 含量逐渐减少. 第 2 采样区土壤全 N 含量在 0~40 cm 土层中较高, 向下急剧降低; 第 3 采样区全 N 含量则以 0~20 cm 土层最高, 向下急剧减少, 至 80~100 cm 土层时又有增加的趋势, 但增加的幅度较小.

2.2 土壤NH₄⁺-N和NO₃⁻-N含量

2.2.1 耕层土壤NH₄⁺-N和NO₃⁻-N含量

研究区耕层土壤NH₄⁺-N含量较低, 平均 1.91

mg/kg, 变化范围 0.75~4.33 mg/kg, 变异系数较大, 为 35.11%. 从表 3 可知, 不同采样区域, NH₄⁺-N 含量以第 4 采样区最高, 第 1 采样区最低; 变异系数则以第 2 采样区最高, 第 1 采样区最低. NO₃⁻-N 含量明显高于NH₄⁺-N含量, 88 个耕层混合土壤样品平均 46.00 mg/kg, 变化范围 0.40~183.52 mg/kg, 变异系数较NH₄⁺-N更高, 为 115.3%. 这与蔬菜土壤通气性能好, NH₄⁺-N在硝化细菌作用下易转化成 NO₃⁻-N, 同时大多数蔬菜为喜NO₃⁻-N作物有关. 不同采样区域土壤NH₄⁺-N和NO₃⁻-N含量的差异可能与当季作物的施肥水平及施用方法等有关.

表 3 研究区耕层土壤NH₄⁺-N和 NO₃⁻-N含量

Table 3 Contents of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N in plough layer (0~20 cm) of vegetable soils

采样区域	样品数/个	NH ₄ ⁺ -N含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	NO ₃ ⁻ -N含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%
		平均值±标准差	范围		平均值±标准差	范围	
1	22	1.38±0.30	0.89~1.98	21.74	92.39±56.52	11.26~183.52	61.18
2	22	2.11±0.79	1.23~4.33	37.44	46.38±52.53	4.91~163.53	113.26
3	22	1.90±0.51	0.75~2.84	26.84	26.98±34.93	0.75~163.69	129.47
4	22	2.26±0.64	1.07~3.49	28.31	18.25±32.12	0.40~119.84	176.00

2.2.2 NH₄⁺-N在土壤剖面中的分布

从图 2 可知, 在 0~80 cm 土层中, NH₄⁺-N 含量随土壤剖面深度的增加而逐渐降低, 0~20 cm 土层NH₄⁺-N含量为 0.95~1.54 mg/kg, 60~80 cm 土层降至 0.23~0.56 mg/kg. 随着土壤剖面深度的进一步增加, NH₄⁺-N含量又有增高的趋势(剖面C除外).

但均低于 0~40 cm 土层的 NH₄⁺-N 含量. 这与土壤对 NH₄⁺有较强的吸附作用, 减少其在土壤剖面中的下行淋失有关. 至于 80 cm 以下土层中NH₄⁺-N含量有升高的现象可能与NH₄⁺随地下水的上行运动有关.

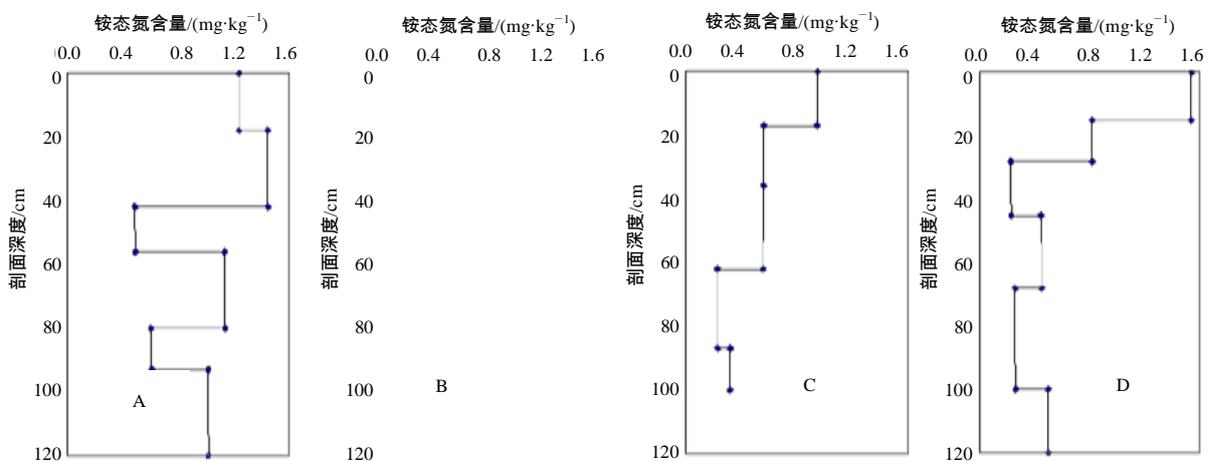
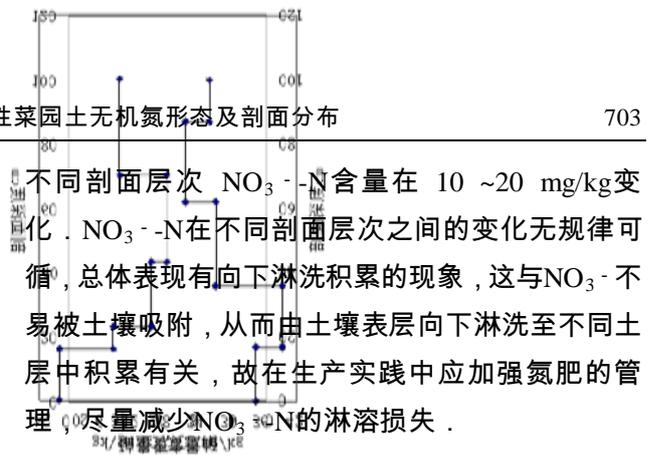


图 2 NH₄⁺-N在土壤剖面中的分布

Fig.2 The distribution of NH₄⁺-N in soil profiles

2.2.3 NO₃⁻-N在土壤剖面中的分布

从图3可知,NO₃⁻-N在不同采样区土壤剖面中的含量及分布有一定的差异.第1采样区,全剖面NO₃⁻-N含量均较低(低于10 mg/kg),第3采样区NO₃⁻-N含量最高,20~40 cm土层高达39.45 mg/kg,60~80 cm土层最低,为22 mg/kg.第2、4采样区



不同剖面层次 NO₃⁻-N含量在 10 ~20 mg/kg变化. NO₃⁻-N在不同剖面层次之间的变化无规律可循,总体表现有向下淋洗积累的现象,这与NO₃⁻不易被土壤吸附,从而由土壤表层向下淋洗至不同土层中积累有关,故在生产实践中应加强氮肥的管理,尽量减少NO₃⁻-N的淋溶损失.

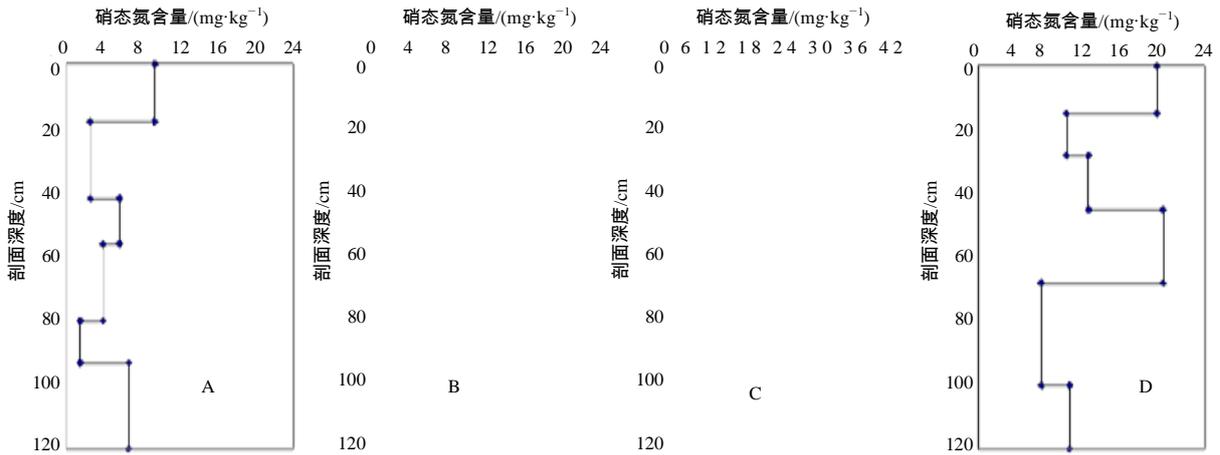


图3 NO₃⁻-N在土壤剖面中的分布

Fig.3 The distribution of NO₃⁻-N in soil profiles

2.3 土壤固定态NH₄⁺含量

2.3.1 耕层土壤固定态NH₄⁺含量

固定态铵是土壤无机氮的主要组分之一.中国土壤固定态铵含量 35~573 mg/kg,平均为 198 mg/kg,约占土壤全N含量的 17.6%^[9].影响铵态氮固定的因素很多,如黏土矿物类型、有机质含量、土壤水分状况、土壤酸碱性等^[10-11].笔者从每个采样区选取 7 个土样进行土壤固定态铵含量分析,结果(表 4)表明,研究区土壤固定态铵含量

变化范围 230~340 mg/kg,平均 295 mg/kg,占土壤全N含量的 23.2%.变异系数 8.75%,明显低于NH₄⁺-N和NO₃⁻-N.研究区土壤固定态铵含量高于中国土壤的平均含量与其成土母质类型有关,供试菜园土壤是由长江冲积物发育而成,土壤中 2:1 型黏土矿物含量较高,有利于NH₄⁺的晶格固定.

2.3.2 固定态NH₄⁺在土壤剖面中的分布

从图4可知,土壤固定态铵含量以耕层土壤最高,达320~330 mg/kg,随着土壤剖面深度的增加其含量逐渐降低,至100~120 cm土层,固定态铵含量降为250~270 mg/kg.土壤固定态铵在剖面上的分布与NH₄⁺-N的分布有其相似性.有研究^[12]表明,在自然条件下,固定态铵与土壤交换态NH₄⁺和溶液中的NH₄⁺保持着动态平衡,当溶液中NH₄⁺浓度高时,有更多的NH₄⁺进入2:1型黏土矿物晶层被固定,成为固定态铵.

表 4 研究区耕层土壤固定态NH₄⁺含量

Table 4 Contents of fixed NH₄⁺ in plough layer (0~20 cm) of vegetable soils

采样区域	样品数/ 个	固定态NH ₄ ⁺ 含 量范围/(mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	标准差/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数 /%
1	7	260~320	290	20	6.90
2	7	230~310	270	30	11.11
3	7	280~340	310	20	6.45
4	7	280~340	310	20	6.45

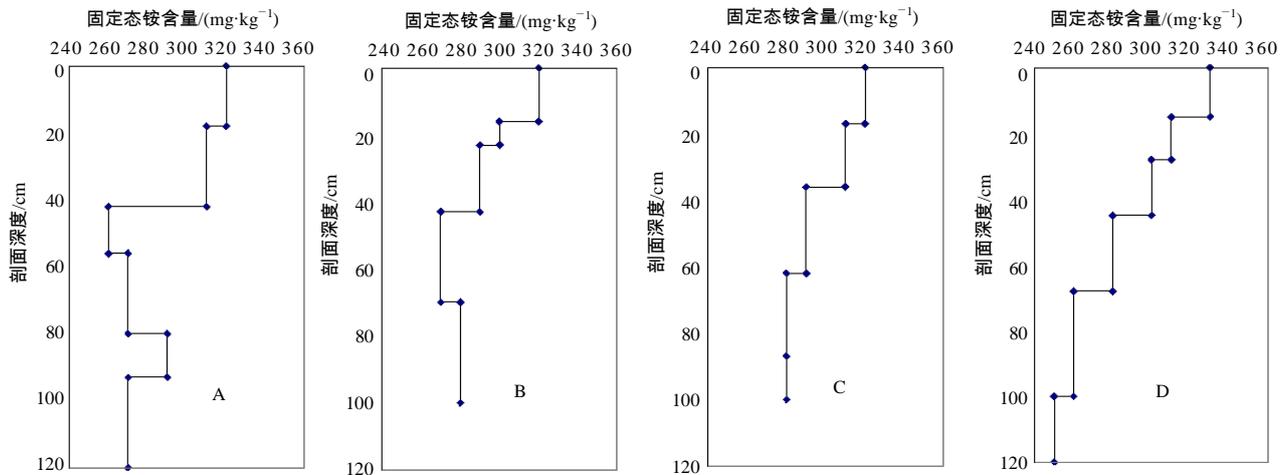


图4 固定态铵在土壤剖面中的分布

Fig.4 The distribution of fixed NH_4^+ in soil profiles

3 小结

岳阳市君山区广兴洲合兴村蔬菜基地耕层土壤全N平均含量 1.25 g/kg,处于中等水平,这与土壤质地为粉砂质壤土,不利于有机质的积累有关.研究区土壤全N与有机质含量呈极显著的正相关.耕层土壤 NO_3^- -N平均含量为 46 mg/kg,远远高于 NH_4^+ -N 1.91 mg/kg的平均水平,菜园土壤无机氮的这种形态分布有利于蔬菜对氮素的吸收利用,但应注意土壤中 NO_3^- -N的淋溶损失.耕层土壤固定态铵平均含量为 295 mg/kg,占土壤全氮含量的 23.2%,是土壤中主要的无机氮形态, NH_4^+ 的矿物固定对减少土壤中氮的硝化及淋溶损失有极其重要的作用.同时,固定态铵与交换态铵和溶液中的铵离子保持着动态平衡,对土壤供氮也有积极的意义.

土壤全N、铵态氮、固定态铵在剖面中有极其相似的分布规律,与它们之间有极显著的相关性有关.耕层土壤全N和铵态氮、土壤全N和固定态铵、铵态氮和固定态铵之间的相关系数分别为 0.413**, 0.398**和 0.373**(n=88).从 NO_3^- -N在土壤剖面中的分布情况看,存在着向下淋洗迁移的现象,向下淋洗迁移的数量与氮肥的施用及硝态氮在耕层中的含量密切相关.

参考文献:

[1] 郭大应, 谢成春, 熊清瑞, 等. 喷灌条件下土壤中的氮素分布研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19(2): 76-77.

- [2] 张杨珠, 廖继佩, 李法云, 等. 湖南主要类型稻田土壤固定态铵含量及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 693-697.
- [3] 万大娟, 张杨珠, 冯跃华, 等. 湖南省主要旱耕地土壤的固定态铵含量及其影响因素[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 480-483.
- [4] 张杨珠, 万大娟, 王顺红, 等. 湖南几种耕地土壤固定态铵释放的动力学研究[J]. 生态环境, 2007, 16(3): 994-999.
- [5] 许超, 吴良欢, 冯涓, 等. 硝化抑制剂DMPP对菜园土壤铵态氮与硝态氮含量的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(5): 388-390.
- [6] 廖超林, 曾艳, 侯金权, 等. 洞庭湖区典型菜园土壤主要养分的空间变异——以岳阳广兴洲为例[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(4): 420-422.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [8] Silva J A, Bremner J M. Determination and isotope-ratio analysis of different form of nitrogen in soils: Fixed ammonium[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1966, 30: 587-594.
- [9] 朱维琴, 章永松, 林咸永. 土壤矿物固定态铵研究进展[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 333-335.
- [10] Wen Q X, Chen L L. Fixed ammonium contents and NH_4^+ fixation capacities of some cultivated soils in China[J]. Pedosphere, 1995, 5(4): 315-323.
- [11] 文启孝, 程励励, 陈碧云. 我国土壤中的固定态铵[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 145-146.
- [12] 韩晓日, 郭鹏程, 陈恩风, 等. 长期施肥对土壤固定态铵及其有效性影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 29-36.

责任编辑: 刘目前

英文编辑: 罗文翠