

李 聪,赵伟男,杨用钊,等. 洪泽湖南岸近 30 年来土壤酸化趋势分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):329-332.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.118

# 洪泽湖南岸近 30 年来土壤酸化趋势分析

李 聪<sup>1</sup>,赵伟男<sup>1</sup>,杨用钊<sup>2</sup>,张 杰<sup>2</sup>,徐建明<sup>1</sup>,罗玉明<sup>1</sup>,刘廷武<sup>1</sup>

(1. 淮阴师范学院生命科学院/江苏省环洪泽湖生态农业生物技术重点实验室,江苏淮安 223300;

2. 江苏省淮安市土壤肥料技术指导站,江苏淮安 223300)

**摘要:**利用洪泽湖南岸的金湖、盱眙和洪泽 3 县的 9 个土壤监测点近 30 年土壤相关监测数据,分析土壤 pH 值、土壤全氮含量、有效磷含量、有机质含量及阳离子交换量等指标变化。结果表明,由于过量化肥的施用,30 年来洪泽湖南岸地区土壤 pH 值普遍下降 2 左右,土壤中全氮含量增加了 1 倍以上,有效磷含量增加了 2 倍,个别地区甚至达到 3 倍以上,农业生产导致的土壤酸化问题十分明显。低 pH 值导致该地区土壤阳离子流失严重,其阳离子交换量不足原来的 50%,已对作物的矿质营养代谢带来危害,应在本地区重视钙肥、钾肥及其他微量元素肥料的投入使用。

**关键词:**洪泽湖;土壤酸化;氮磷含量;阳离子

**中图分类号:** S153 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0329-03

近几十年来,土壤酸化已经成为一个严重的世界性生态环境问题<sup>[1]</sup>。有研究发现,我国耕作区高达 90% 的农田发生不同程度的酸化现象,土壤 pH 值平均下降约 0.5,相当于土壤酸量在原有基础上增加了 2.2 倍<sup>[2]</sup>。

土壤酸化的成因,一般认为主要来自 2 个方面,一是大气中酸性物质的沉降作用;一是高氮肥的过量使用。此前,人们更多地关注酸沉降导致的土壤酸化,全球氮肥大量施用所引发的土壤酸化一直未引起重视。但近期的统计数字表明,氮肥过度使用引起的土壤酸化问题更加严重。肥料施用产生的单位面积酸性物质的量远大于单位面积的酸沉降量,过量使用化肥引起的土壤酸化作用较酸沉降的影响大 25 倍<sup>[3]</sup>。20 世纪 80 年代以来,中国化肥用量相当惊人,在占世界 7% 的耕地上消耗了全球 35% 的氮肥。我国的粮食产量从 1981 年的 3.25 亿 t 增加到 2008 年的 5.29 亿 t,增长率为 63%,而氮肥的使用量却增加了 2 倍。盲目使用化肥已成一种掠夺性的开发方式,其结果不仅难以增加农作物产量,反而加速了土壤酸化,已成为限制农业产业发展的重要因子<sup>[4]</sup>。

2009 年江苏省环保厅的调查数据显示,江苏省内大部分地区存在土壤酸化问题,其中以太湖流域最为严重,里下河一带、洪泽湖南侧也呈现了较快的酸化趋势<sup>[5]</sup>。针对目前的形势,笔者根据近 30 年来在洪泽湖南岸金湖县、盱眙县、洪泽县 3 县 9 个耕作区监测点土壤监测数据,分析了区域内近 30 年来的酸化趋势及土壤理化性状的变化,为洪泽湖南岸区域内的农业生产及土壤酸化控制等提供必要的基础数据及指导。

## 1 数据来源与分析方法

### 1.1 数据来源

在洪泽湖南岸区域的金湖县(前锋镇淮村、金北乡马岗、农技中心)、盱眙县(官滩镇合山村、河桥镇河桥村、观音寺龙墩口)、洪泽县(高涧镇浔河村、东双沟镇青云、岔河镇施汤村)3 县 9 个江苏省淮安市土壤肥料技术指导站监测站点 1982 年、2007 年、2011 年和 2013 年监测数据,包括土壤 pH 值、全氮含量、有机磷含量、有机质含量、速效钾含量等指标,其中 1982 年各指标数据为全国第 2 次土壤普查各县数据。

### 1.2 统计分析

用 SPSS 软件进行数据处理和统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要监测点土壤 pH 值变化情况

由图 1 可知,自 1982 年以来,各地土壤的 pH 值均呈现明显的下降趋势,9 个监测点平均下降 1.5,其中洪泽县高涧镇下降了 2,酸化趋势最严重。参照 Guo 等在全国范围内的土壤酸化分析结果可知,我国耕地 pH 值平均下降 0.5~0.8,可见洪泽湖南岸区域内的酸化程度远大于全国平均值,酸化趋势极明显。王志刚等分析了江苏省范围内 1980—2003 年土壤 pH 值变化情况,结果发现,在该区域内 pH 值明显下降<sup>[5]</sup>,与本研究的结果一致。比较 2011 年和 2013 年的 pH 值可知,在这 2 年内除盱眙县的 3 个监测点土壤 pH 值小幅下降外,其他 6 个点 pH 值较稳定,变化不大。这可能是由于近年来酸化问题日益引起广泛关注,各地均采取了必要措施,控制土壤 pH 值进一步降低<sup>[6]</sup>。

### 2.2 各监测点土壤氮磷含量的变化

长期以来由于农田化肥的过量使用,远远超过作物生长所需,造成土壤中氮素过量积累<sup>[7]</sup>。比较 9 个监测点土壤全氮含量(图 2)可知,近 30 年来各监测点土壤全氮含量普遍比 1982 年增加了 1 倍以上,其中尤其以 1982—2007 年变化最明显,盱眙及洪泽 2 县的 6 个监测点土壤全氮含量急剧增加。

收稿日期:2014-04-24

基金项目:江苏省高校自然科学研究面上项目(编号:13KJB210001);江苏省高等学校大学生创新训练计划(编号:201310323040Y);江苏省淮安市科技支撑计划(编号:SN13049)。

作者简介:李 聪(1994—),男,江苏徐州人,研究方向为作物营养与环境响应。Tel: (0517)83525990;E-mail: licongbio@163.com。

通信作者:刘廷武,博士,讲师,研究方向为作物生理生化及土壤肥料。E-mail: liutw@hytc.edu.cn。

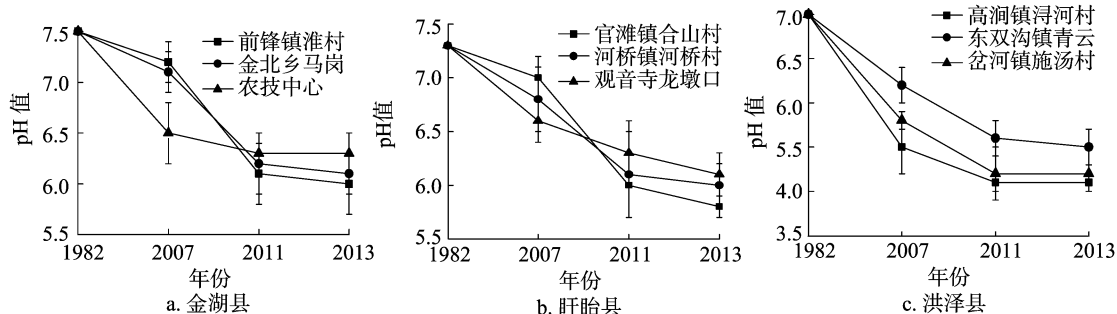


图1 洪泽湖南岸 3 县监测点土壤 pH 值变化情况

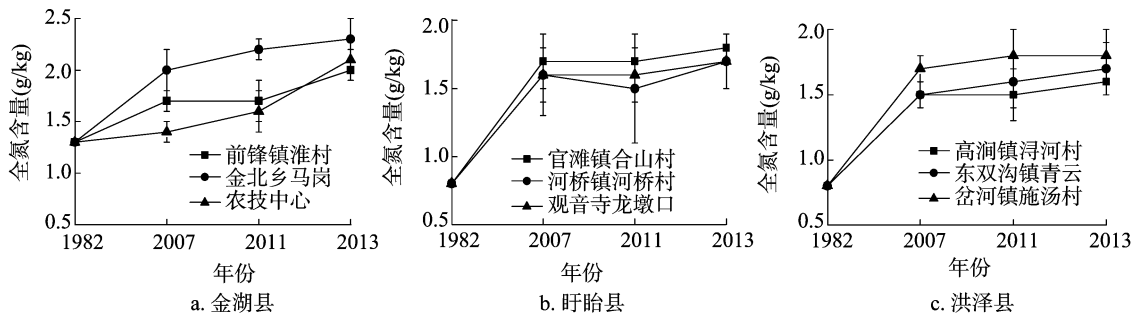


图2 洪泽湖南岸 3 县监测点土壤全氮含量变化情况

2007—2013 年,土壤氮含量变化不大,这与土壤酸化问题被重视后氮肥投入量有所控制有关<sup>[8]</sup>。金湖县 3 个监测点土壤全氮含量呈逐年增加的趋势,调查发现前锋镇淮村及农技中心监测点在 2007 年以前为非耕作区,后期开发为粮食种植区,其土壤中的氮含量还未达到阈值,因此土壤的含氮在近几年显著上升。

与土壤全氮含量类似,30 年间土壤有效磷含量也呈现较

为明显的增加趋势(图 3),多个监测点土壤有效磷含量在 2007 年达到最大值,比 1982 年升高了 2 倍以上,其中在个别地区(金湖县农机中心、盱眙县观音寺龙墩口、洪泽)的增幅甚至达到 3~5 倍。与氮含量变化类似,有效磷含量在 2007 年以后增长趋势有所放缓,甚至在几个监测点出现短暂下降,但由于土壤中其他形态磷酸的残留,通过化学转化等方式,短期内土壤有效磷的含量仍处于较高水平<sup>[4]</sup>。

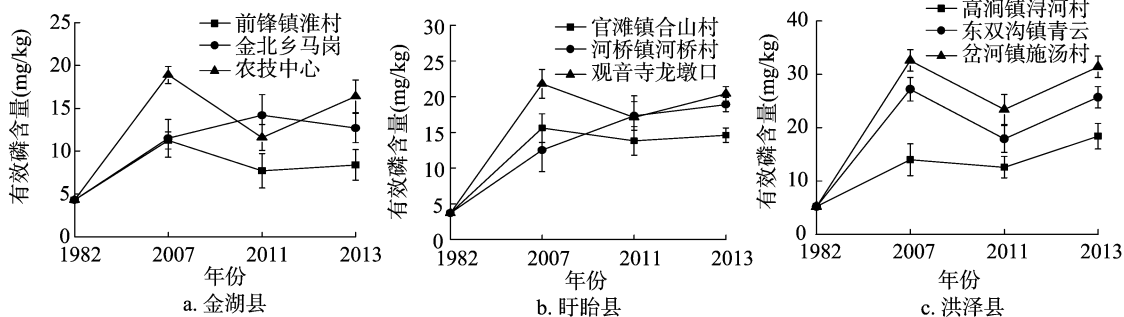


图3 洪泽湖南岸 3 县监测点土壤有效磷含量变化情况

### 2.3 各监测点土壤有机质含量的变化

土壤有机质是土壤中各种营养元素重要来源,一般来说土壤有机质含量是土壤肥力的一个重要指标<sup>[9]</sup>。如图 4 所示,各监测点土壤有机质含量在 30 年间增加明显,普遍升高 1 倍以上。1982—2007 年,土壤的有机质含量提升极快,但 2007—2011 年,增长速度普遍放缓,在盱眙县河桥镇及洪泽县等 4 个监测点甚至出现有机质含量明显下降的情况。可见,当土壤有机质含量提升到一定阈值后,过度耕作或营养失衡会导致肥力的丧失。

### 2.4 各监测点土壤可交换性阳离子含量的变化

各监测点的可交换阳离子(CEC)的含量如图 5 所示,土壤可交换性阳离子含量在 30 年间明显减少,普遍降低到

1982 年的 40%~51%,这与土壤 pH 值的变化趋势是高度一致的。可见,土壤酸化导致土壤中的阳离子被置换,并随着地表径流等方式流失到农田生态系统之外<sup>[10]</sup>。

## 3 讨论

由于农业生产所造成的土壤酸化一直缺乏足够关注,近来越来越多的结果表明,盲目施用化肥会使土壤有机质含量下降,土壤板结等情况时有发生。有研究表明,我国化肥的平均利用率仅 35% 左右,每年农田中投入的化肥绝大部分残留到土壤中。本研究结果显示,1982 年以来,洪泽湖南岸 3 县 9 个监测点的全氮含量升高 1 倍以上,有效磷含量增加 2~5 倍。

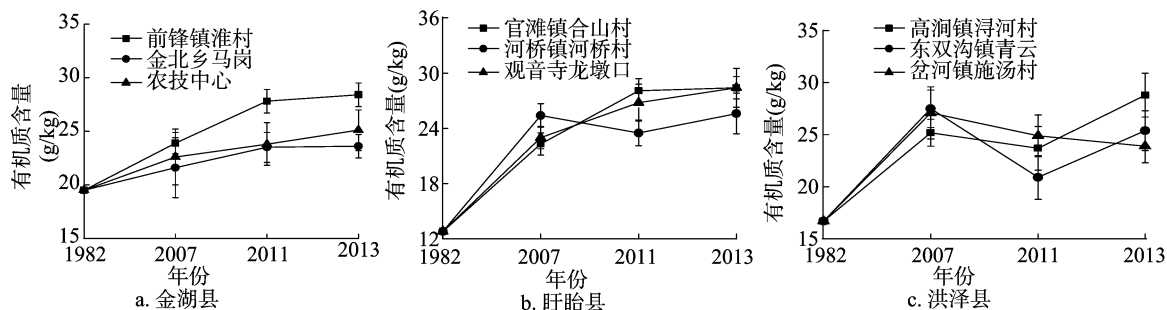


图4 洪泽湖南岸 3 县监测点土壤有机质含量变化情况

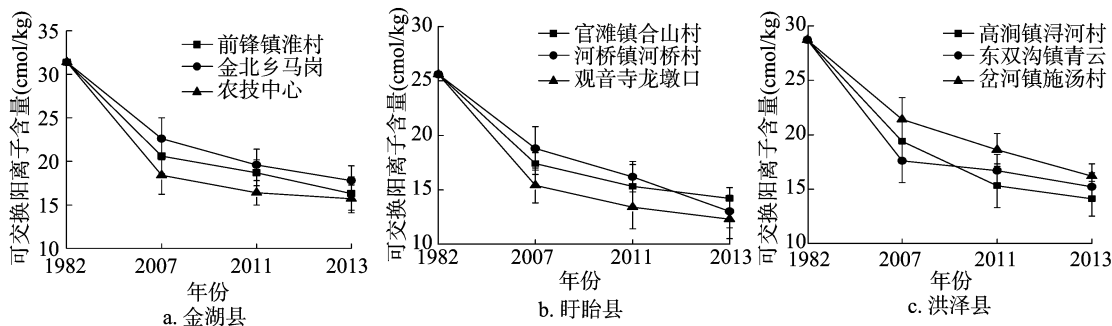


图5 洪泽湖南岸 3 县监测点土壤阳离子交换量变化情况

由于消化、反硝化等作用,氮肥在土壤中产生硝酸盐,尤其是一些氨态氮肥和有机氮肥在转变成硝酸盐时会释放出质子,排放到土壤中引起土壤酸化<sup>[11]</sup>,此外一些生理酸性肥料如磷酸钙、硫酸铵、氯化铵等在植物吸收  $\text{NH}_4^+$  的同时,根系交换出质子,土壤中过多质子的存在导致土壤 pH 值下降明显<sup>[8,12]</sup>。本研究结果显示,9 个检查点土壤 pH 值从 7.0 降到 5.0 左右,降幅达 2,可见在本地区内酸化程度十分严重,必须引起重视。

酸化的土壤一方面通过其较低的 pH 值引起作物生长不适,另一方面通过质子交换,改变土壤中阳离子的含量及组成。根据本调查结果可知,9 个监测点内土壤 CEC 的含量从 35 cmol/kg 降至 12 cmol/kg,个别监测点甚至降到 10 cmol/kg 以下,降幅超过 50%。可见,酸化土壤导致的阳离子大量流失,进一步影响作物生长的矿质代谢,导致作物营养缺乏、生长不良。已有研究表明,过量施肥的土壤常常导致钙、镁、钾及其他微量元素的缺乏<sup>[2,7,13-15]</sup>。在以后的农业生产过程中,肥料使用应更多注重钙肥、钾肥和微量元素肥料的应用。

本研究还发现,无论是土壤 pH 值,还是土壤氮磷含量,在 2007 年以后,其变化趋势均趋于缓和,表明经过前一阶段农业生产方式过度粗放,已带来一些恶劣后果,已经引起了政府等相关部门的关注。另一方面,经过 20 多年的发展,农业生产技术有了普遍提高,政府同时采取了必要的措施,如大量的秸秆在作物收割过程中直接归还土壤<sup>[16]</sup>、减少化学肥料的用量、取而代之多使用有机肥等方式<sup>[6]</sup>,对本地区土壤酸化的进一步恶化起到了有效的遏制作用<sup>[17]</sup>,但同时从土壤 CEC 的变化中还可以看出,由于 pH 值已经降到较低水平,在短期内阳离子等营养元素仍处于流失状态,恢复可能需要更长的时间<sup>[18]</sup>。

#### 4 结论

本研究通过比较洪泽湖南岸金湖、盱眙和洪泽 3 县 9 个监测点的土壤数据,分析 30 年土壤 pH 值及其他理化性质的

变化,主要取得以下几个结论:(1)30 年间,各监测点 pH 值均明显下降,平均下降 2,表明该地区内土壤酸化情况严重,应高度重视;(2)土壤氮磷含量在 30 年间明显增加,其中氮含量增加 1 倍以上,有效磷含量增加 2~5 倍,说明在农业生产过程中过量使用氮磷化肥,在土壤中累积明显;(3)土壤中的阳离子含量从 1982 年开始明显下降,普遍低至原始值的 50% 以下,已经影响到了作物的吸收利用,在以后的农业生产过程中应当注意钙、镁及其他微量元素肥料的投入。

#### 参考文献:

- [1]李潇潇,夏强,任立,等.我国土壤的酸化及改良[J].现代园艺,2011(9):156.
- [2]Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968): 1008-1010.
- [3]文星,吴海勇,刘琼峰,等.农业生产中防治土壤酸化的研究进展[J].湖南农业科学,2012(9):64-67.
- [4]杨学云,孙本华,古巧珍,等.长期施肥对壤土磷素状况的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(4):837-842.
- [5]王志刚,赵永存,廖启林,等.近 20 年来江苏省土壤 pH 值时空变化及其驱动力[J].生态学报,2008,28(2):720-727.
- [6]谢忠谊,赵苏海,汪国莲,等.环洪泽湖地区的生态农业发展现状与对策思考[J].江苏农业科学,2009(6):29-30.
- [7]Liu X M, Zhou J, Li W L, et al. The combined effects of urea application and simulated acid rain on soil acidification and microbial community structure[J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2014, 21(10): 6623-6631.
- [8]张永春,汪吉东,沈明星,等.长期不同施肥对太湖地区典型土壤酸化的影响[J].土壤学报,2010,47(3):465-472.
- [9]Zhao Yu, McElroy M B, Xing Jia, et al. Multiple effects and uncertainties of emission control policies in China: implications for public health, soil acidification, and global temperature[J]. The Science of the Total Environment, 2011, 409(24): 5177-5187.

代 玉,张天汉,王智慧,等. 黔滇石漠区苔藓植物物种多样性及其水土保持作用[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):332-337.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.119

# 黔滇石漠区苔藓植物物种多样性及其水土保持作用

代 玉<sup>1</sup>, 张天汉<sup>1</sup>, 王智慧<sup>1</sup>, 张朝晖<sup>2</sup>

(1. 贵州师范大学生命科学学院, 贵州贵阳 550001; 2. 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**研究了贵州省泥凼石林、万峰林和云南省乃古石林苔藓植物的物种多样性,并对研究区苔藓植物在水土保持中的作用做了多因素方差分析。结果显示:在 3 个石漠区中,苔藓植物的物种丰富度: $S_{\text{泥凼石林}}(0.203\ 5) > S_{\text{乃古石林}}(0.048\ 1) > S_{\text{万峰林}}(-0.252\ 0)$ ;苔藓植物的生活型:万峰林(7 种) > 泥凼石林(6 种) > 乃古石林(5 种),其中 3 个石漠区的共有生活型是:矮丛集型、高丛集型、交织型和平铺型;对 3 个石漠区 2 种优势苔藓植物的多因素方差分析显示:影响苔藓植物水土保持的因素是:“饱和吸水量、成土量” > “苔藓种类” > “石漠区” > “苔藓种类”与“饱和吸水量、成土量”的交互作用 > “石漠区”与“苔藓种类”的交互作用;灰白青藓的水土保持作用均明显高于小牛舌藓,且 2 种苔藓的水土保持作用在各石漠区也是依次降低的:万峰林 > 泥凼石林 > 乃古石林;万峰林苔藓植物 5 项指标平均值均明显高于其他 2 个石漠区。说明苔藓植物对黔滇石漠区治理和水土保持具有十分重要的现实意义。

**关键词:**苔藓;物种丰富度;相似性系数;方差分析;石漠区;黔滇

**中图分类号:** Q948;S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0332-06

黔滇两省地处中国的西南部,介于  $97^{\circ}31' \sim 109^{\circ}36'E$ ,  $21^{\circ}09' \sim 29^{\circ}15'N$ ,是我国喀斯特分布面积最大的地区,也是世界喀斯特景观的重要地带<sup>[1]</sup>。贵州地处该区的腹心地带,境内碳酸盐岩出露面积达 13 万  $\text{km}^2$ ,占全省土地总面积的 73%<sup>[2]</sup>。云南是我国喀斯特的主要分布省区之一,喀斯特面积约 110 875.7  $\text{km}^2$ ,约占全省面积的 28.1%。在滇东地区,碳酸盐岩的出露面积就占了 58%<sup>[3]</sup>。

泥凼石林和万峰林属于贵州省兴义国家地质公园的重要组成部分。泥凼石林的剑状喀斯特地貌和万峰林的锥状喀斯特地貌构建了兴义市典型的岩溶地貌。兴义国家地质公园正在申报世界自然遗产地。乃古石林是世界自然遗产地——云南石林的重要组成部分之一。近年来,随着旅游产业的迅猛发展,一方面给这 3 个石漠景区赢得了声誉,创造了经济价值,

另一方面也给该区域带来了相当大的生态压力:景区资源过度消耗、生态失衡,导致景区生态系统退化,进而破坏了景区自然景观的多样性,直接影响了地区的可持续发展。现有苔藓植物的生存状况、在景观建成中的作用及其保护也必将引起人们的关注。然而,对黔滇石漠区苔藓植物的专一研究却仅见零星报道<sup>[4-8]</sup>。作为世界遗产地和即将申报世界遗产地的公园而言,该现状显得极不和谐。因此,研究黔滇石漠区苔藓植物的物种多样性和水土保持作用具有重要的现实价值。

## 1 研究区域概况

### 1.1 贵州省泥凼石林

泥凼石林是兴义国家地质公园的重要组成部分之一,是兴义市典型岩溶地貌的组成部分,在我国的石林中享有盛名。泥凼石林位于兴义市西南部的万峰湖畔,距兴义市区 42  $\text{km}^2$ <sup>[9]</sup>。东西长 4  $\text{km}$ 、南北宽 2  $\text{km}$ 、面积达 200  $\text{hm}^2$  的泥凼石林,密集林立于一海拔在 1150 ~ 1400  $\text{m}$  的峰丛洼地之中,高低不等,高的达 20  $\text{m}$  甚至 30  $\text{m}$ ,低的仅为 5  $\text{m}$ <sup>[10]</sup>。兴义地区地形西北高东南低,泥凼石林正处于云贵高原向广西盆地的斜坡地带,优厚的地势条件加剧了水的岩溶作用。在

收稿日期:2014-05-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:31160042)。

作者简介:代 玉(1984—),女,湖北天门人,硕士研究生,主要从事系统与进化植物学研究。E-mail:daiyu1019@126.com。

通信作者:张朝晖,博士,教授,主要从事植物学和生态学研究。E-mail:academiclife@126.com。

[10]钱晓晴,张学农,程传敏,等. 洪泽湖地区土壤钾素供应状况的研究[J]. 土壤肥料,1996(6):23-26.

[11]佟德利,徐仁扣,顾天夏. 施用尿素和硫酸铵对红壤硝化和酸化作用的影响[J]. 生态与农村环境学报,2012,28(4):404-409.

[12]张 飞,孔 伟. 洪泽湖周边地区农业面源污染负荷变化分析[J]. 农业环境与发展,2012,29(2):65-68.

[13]Szillery J E, Fernandez I J, Norton S A, et al. Using ion-exchange resins to study soil response to experimental watershed acidification[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 116(1/2/3):383-398.

[14]Sullivan T J, Lawrence G B, Bailey S W, et al. Effects of acidic deposition and soil acidification on sugar maple trees in the adiron-

dack mountains, New York[J]. Environmental Science & Technology, 2013, 47(22):12687-12694.

[15]段 雷,周 益,杨永森,等. 酸化及化学修复剂对森林土壤有机物淋溶的影响[J]. 环境科学,2008,29(2):440-445.

[16]庄秀琴. 洪泽湖湿地生态农业发展模式研究[J]. 中国农机化,2004,4(3):17-19.

[17]娄 庭,龙怀玉,杨丽娟,等. 在过量施氮农田中减氮和有机无机配施对土壤质量及作物产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2010(2):11-15,34.

[18]Jobbágy E. Jackson R. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests[J]. Biogeochemistry, 2003, 64:205-229.