

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第4期 Vol.33 No.4 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 4 期 2013 年 2 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法 王晓学,沈会涛,李叙勇,等 (1019)
- 植物叶片水稳定同位素研究进展 罗伦,余武生,万诗敏,等 (1031)
- 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展 陈利顶,孙然好,刘海莲 (1042)
- 城市生物多样性分布格局研究进展 毛齐正,马克明,邬建国,等 (1051)
- 基于福祉视角的生态补偿研究 李惠梅,张安录 (1065)

个体与基础生态

- 土著菌根真菌和混生植物对羊草生长和磷营养的影响 雷垚,郝志鹏,陈保冬 (1071)
- 干旱条件下 AM 真菌对植物生长和土壤水稳定性团聚体的影响 叶佳舒,李涛,胡亚军,等 (1080)
- 转 *mapk* 双链 RNA 干扰表达载体黄瓜对根际土壤细菌多样性的影响 ... 陈国华,弭宝彬,李莹,等 (1091)
- 北京远郊区臭氧污染及其对敏感植物叶片的伤害 万五星,夏亚军,张红星,等 (1098)
- 茅苍术叶片可培养内生细菌多样性及其促生潜力 周佳宇,贾永,王宏伟,等 (1106)
- 低温对蝶蛹金小蜂卵成熟及其数量动态的影响 夏诗洋,孟玲,李保平 (1118)
- 六星黑点豹蠹蛾求偶行为与性信息素产生和释放的时辰节律 刘金龙,荆小院,杨美红,等 (1126)
- 氟化物对家蚕血液羧酸酯酶及全酯酶活性的影响 米智,阮成龙,李姣蓉,等 (1134)
- 不同温度对脊尾白虾胚胎发育与幼体变态存活的影响 梁俊平,李健,李吉涛,等 (1142)

种群、群落和生态系统

- 生态系统服务多样性与景观多功能性——从科学理念到综合评估 吕一河,马志敏,傅伯杰,等 (1153)
- 不同端元模型下湿地植被覆盖度的提取方法——以北京市野鸭湖湿地自然保护区为例 崔天翔,官兆宁,赵文吉,等 (1160)
- 基于光谱特征变量的湿地典型植物生态类型识别方法——以北京野鸭湖湿地为例 林川,官兆宁,赵文吉,等 (1172)
- 浮游植物群落对海南小水电建设的响应 林彰文,林生,顾继光,等 (1186)
- 菹草种群内外水质日变化 王锦旗,郑有飞,王国祥 (1195)
- 南方红壤区 3 种典型森林恢复方式对植物群落多样性的影响 王芸,欧阳志云,郑华,等 (1204)
- 人工油松林恢复过程中土壤理化性质及有机碳含量的变化特征 胡会峰,刘国华 (1212)
- 不同区域森林火灾对生态因子的响应及其概率模型 李晓炜,赵刚,于秀波,等 (1219)

景观、区域和全球生态

- 快速城市化地区景观生态安全时空演化过程分析——以东莞市为例 杨青生,乔纪纲,艾彬 (1230)
- 海岸带生态系统健康评价中能质和生物多样性的差异——以江苏海岸带为例 唐得昊,邹欣庆,刘兴健 (1240)
- 干湿交替频率对不同土壤 CO₂ 和 N₂O 释放的影响 欧阳扬,李叙勇 (1251)

西部地区低碳竞争力评价..... 金小琴,杜受祜 (1260)

基于 HEC-HMS 模型的八一水库流域洪水重现期研究 郑 鹏,林 韵,潘文斌,等 (1268)

基于修正的 Gash 模型模拟小兴安岭原始红松林降雨截留过程 柴汝杉,蔡体久,满秀玲,等 (1276)

长白山北坡不同林型内红松年表特征及其与气候因子的关系..... 陈 列,高露双,张 赞,等 (1285)

资源与产业生态

河西走廊绿洲灌区循环模式“农田-食用菌”生产系统氮素流动特征 李瑞琴,于安芬,赵有彪,等 (1292)

施肥对旱地花生主要土壤肥力指标及产量的影响..... 王才斌,郑亚萍,梁晓艳,等 (1300)

耕作措施对土壤水热特性和微生物生物量碳的影响..... 庞 绪,何文清,严昌荣,等 (1308)

基于改进 SPA 法的耕地占补平衡生态安全评价 施开放,刁承泰,孙秀锋,等 (1317)

学术争鸣

基于生态-产业共生关系的林业生态安全测度方法构想 张智光 (1326)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿须知 (I)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 318 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-02



封面图说: 石羊河——石羊河流域属大陆性温带干旱气候,气候特点是:日照充足、温差大、降水少、蒸发强、空气干燥。石羊河源出祁连山东段,河系以雨水补给为主,兼有冰雪融水成分。上游的祁连山区降水丰富,有雪山冰川和残留林木,是河流的水源补给地。中游流经河西走廊平地,形成武威和永昌等绿洲,下游是民勤,石羊河最后消失在腾格里沙漠中。随着石羊河流域人水矛盾的不断加剧,水资源开发利用严重过度,荒漠化日趋严重,民勤县的生态环境已经相当恶化,继续下去将有可能变成第二个“罗布泊”。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201205240770

李瑞琴, 于安芬, 赵有彪, 车宗贤, 苏永生. 河西走廊绿洲灌区循环模式“农田-食用菌”生产系统氮素流动特征. 生态学报, 2013, 33(4): 1292-1299.

Li R Q, Yu A F, Zhao Y B, Che Z X, Su Y S. Nitrogen flows in “crop -edible mushroom” production systems in Hexi Corridor Oasis Irrigation Area. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(4): 1292-1299.

河西走廊绿洲灌区循环模式“农田-食用菌” 生产系统氮素流动特征

李瑞琴^{1,2}, 于安芬^{1,2,*}, 赵有彪¹, 车宗贤², 苏永生^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 兰州 730070;

3. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 兰州 730070)

摘要:河西走廊绿洲灌区在农业产业化进程加快的同时,也带来了水资源和生态环境的压力。本文利用养分流动和模型分析的方法,分析河西走廊绿洲灌区典型“农田-食用菌”生产系统(农田-食用菌集约生产模式、农田-食用菌单户生产模式、农田单作)的氮元素流动特征。结果表明:农田作物秸秆通过食用菌体系还田使氮素利用率提高了 10% 左右,秸秆还田氮输入量($165.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)占农田氮素总输入量的 37.1%,使化肥氮输入量减少,因此秸秆氮的合理循环利用可作为减少化肥投入的有效途径。但农田氮素仍有盈余,单位面积氮盈余量高达 $217.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,未能实现循环模式内养分平衡的理想效果,因此优化氮素管理、确定合理的大田作物和食用菌面积、调整农业产业结构是解决该问题的关键。

关键词:绿洲灌区;循环模式;“农田-食用菌”生产系统;氮素流动

Nitrogen flows in “crop -edible mushroom” production systems in Hexi Corridor Oasis Irrigation Area

LI Ruiqin^{1,2}, YU Anfen^{1,2,*}, ZHAO Youbiao¹, CHE Zongxian², SU Yongsheng^{1,2}

1 Gansu Academy of Agricultural Sciences, Institute of Green Agricultural and Animal & Pasture Improvement, Lanzhou 730070, China

2 Gansu Academy of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology Research, Lanzhou 730070, China

3 Gansu Academy of Agricultural Sciences, Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agricultural, Lanzhou 730070, China

Abstract: With the rapid development of agricultural industrialization process, has resulted in greatly negative effects on the water resources and ecological environment in the Hexi corridor oasis irrigation area. In this study, three types of “crop-edible mushroom” production systems in the Oasis Irrigation Area of Hexi Corridor were selected. The first type was an “crop-edible mushroom intensive production mode”, which included edible mushroom and crop production consisting of 100 hm^{-2} farmland holders; the second type was so called “crop-edible mushroom single peasant production mode; the third one was a “single cropping region which had no edible mushroom production. The characteristics of nitrogen (N) flows in these three systems were analyzed using the nutrient flows method. The results showed that it is increased by 10% of nitrogen use efficiencies through the “crop-edible mushroom” systems for crop straw returning to field. The N application rate of chemical fertilizers was $165.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, which accounted for 37.1% of total N input. Consequently, this confirmed that the recycling of straw N is an efficient way to reduce the application rate of chemical N fertilizer. Positive cropland N balances resulted across all three types of “crop-edible mushroom” systems, the cropland nitrogen surplus reached $217.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,

基金项目:财政部国家社会公益项目绿色农业科学研究示范项目(2007-04);暨甘肃省科技重大专项(1102NKDJ031)

收稿日期:2012-05-24; 修订日期:2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gsyuanfen@126.com

indicating that the purpose of nutrient balance in circulation mode was not achieved as planned. It is concluded that a proper area of crop and edible mushroom with the optimization of N management and adjustment of the agricultural industrial structure are the keys to solve this issue.

Key Words: Hexi Corridor Oasis Irrigation Area; cycle mode; “crop-edible mushroom” production systems; Nitrogen Flows.

河西走廊绿洲灌区在农业产业化进程加快的同时,也带来了水资源和生态环境的压力。物质循环是农业生态系统内相对稳定的因素,物质循环的研究有助于调节整个系统养分的平衡,掌握生产中养分的投入效率^[1-3]。翁伯琦^[4]探讨了如何在农业领域内开发高效循环生产体系,涉及了绿色农业、循环农业、生态文明、可持续发展理念,提出低碳农业是一个复合技术体系、发展低碳农业是实现低碳经济的目标之一、发展低碳经济是解决气候变化与经济发展矛盾的有效途径。我国 20 世纪 80 年代以来,各地以沼气为纽带的生态农业得到了较大发展,如南方出现了以广西恭城、江西赣州和广东梅州为代表的“猪-沼-果”生态农业循环模式,取得了良好的经济、社会与环境效益,大大提高了农业生产系统的生产力和资源综合利用率^[5-6]。氮、磷、钾是物质的基本组成元素,目前国内外对土壤-植物单一系统中物质循环研究较多。孟庆岩等^[7]研究了海南省文昌市胶-茶-鸡农林复合系统模式的 N 循环规律,系统 N 循环率为 43%,N 输出量为 196.5 kg/hm²,土壤 N 盈余量为 237.6 kg/hm²。吴珊眉等^[8]对有机-无机态氮肥在微型农业生态系统的转移和循环进行了研究,认为在“土壤-黑麦草-兔”亚系统中,农业生态系统的生态稳定性和发育程度优于单一种植系统,有机肥能明显地促进无机态肥料 N 从稻秆向稻谷运输,同时有机肥使无机态肥 N 在土壤中的固化作用增加,从而使无机肥料 N 向环境转移量下降。陈金湘等^[9]研究表明在棉田生态系统 N 循环中,低、中、高、超高产棉田 N 素的输入与输出不平衡,其棉田产物 N 输出,分别为棉田生态系统总输出 N 的 54.4%、46.5%、44.9% 和 43.4%,若将 80% 的棉铃壳还田,则能大体保持棉田生态系统 N 素的平衡。杜会英等^[10]研究了化肥氮在保护地土壤—蔬菜系统中的当季利用与损失,在保护地莴苣种植系统中,施入土壤中的化肥氮有 18.98%—42.5% 损失。在保护地西芹种植系统中,有 11.7%—18.9% 损失。在保护地生菜种植系统中,施入土壤中的化肥氮有 16.0% 损失。曹兵等^[11]研究发现小青菜生长期间有氮素淋溶,大白菜和番茄分别有 9.2%—10.9% 和 10%—10.2% 的标记氮素被淋溶到 40cm 以下土层。对于农业复合生态系统的研究多集中在能流及效益分析上^[12-16]。Velthof^[17] 和 Oenema^[18] 等研究结果表明,通过综合评价农业复合生产系统的养分流动状况,阐明养分流动特征,对于解决其养分损失和环境污染问题具有重要指导作用。然而,我国农业生态系统养分管理的研究仅局限于农田等各体系内,针对循环农业模式生产系统养分流动的综合评价尚不多见。阐明河西走廊典型农业生产模式生产系统的养分流动规律,对于优化区域养分资源配置、协调农业各产业发展与生态环境之间的关系有着重要的指导意义。本文以甘肃省河西走廊绿色农业示范区凉州区谢河村集约经营户和单一经营示范户为例,研究分析农田单作、“农田-食用菌”单户模式及集约模式 3 个生产系统的氮素流动特征,探讨氮素资源优化管理策略,从而为研究区域农业产业集约化发展的合理规划、降低环境压力以及实现农业生态系统的良性循环提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

本研究选择甘肃省武威市凉州区谢河绿色农业试验站为试验点。该区域地处河西走廊沿山冷凉灌区,海拔 1 720 m,年均降水量 161 mm,年蒸发量 2020 mm,年平均气温 7.9 ℃,日温差 15 ℃,年无霜期 155 d,年日照时数 2968 h。耕地面积年配水量 4800 m³/hm²。属温带大陆性干旱气候,太阳辐射强,日照充足,夏季炎热,冬季严寒,空气干燥,昼夜温差悬殊。

根据产业类型和经营方式的差异将试验点农业生产系统划分为以下 3 种类型:农田、食用菌单作及“农

田-食用菌”集约循环模式 3 个生产系统。一是农户单一种植粮食作物生产系统,其特点是仅种植粮食作物。单一种植区主要包括两个种植基地,分别为小麦种植基地和玉米良种培育基地,单一种植区农田耕地面积 240 hm²。二是单户型“农田-食用菌”生产系统,其特点是单个农户承包日光温室栽培食用菌,还包括少量以设施辣椒、番茄栽培为主的小型农户,食用菌生产面积 6.7 万 m²,设施果菜生产面积 3.8 hm²。三是集约型“农田-食用菌”循环模式生产系统,其特点是生产经营大户承包日光温室栽培食用菌及葡萄,同时还种植小麦、玉米等大田作物。试验点循环模式小麦种植 60 hm²,双孢菇生产面积 6.7 万 m²,红提葡萄栽培面积 35 hm²。

1.2 系统的界定

本研究通过文献资料分析、实地调研和专家建议构建了“农田-食用菌-果”生产系统氮素养分流动模式(图 1)。化肥、购买有机肥、大气沉降、灌溉、生物固氮和购买双孢菇培养基配料为该系统的外源输入项,作物产品、出售或运出的农业生产废弃物以及在储藏处理过程中的损失为该系统的输出项。“农田-食用菌”生产系统包括农田和食用菌两个子体系。子体系内和子体系间也存在氮素的循环流动,将其视为“农田-食用菌”生产系统内部循环。子体系内氮素循环如农田收获副产品的还田,子体系间氮素循环如农田收获主副产品作培养基配料以及培养基废料返还农田。

1.3 模型算法和数据来源

1.3.1 农田体系氮素流动模型算法和数据来源

(1) 输入项

化肥输入氮量 = 化肥施入量 × 化肥含氮量

购买有机肥输入氮量 = 购买粪肥施入量 × 有机肥含氮量

灌溉输入氮量 = 灌溉量 × 灌溉水含氮量

作物副产品还田氮量 = 作物副产品收获氮量 × 还田比例

(2) 输出项

作物主产品收获氮量 = 主产品产量 × 主产品含氮量

作物副产品收获氮量 = 主产品产量 × 副产品与主产品质量比值 × 副产品含氮量

化肥施入量、化肥含氮量、购买有机肥施入量、还田比例、灌溉量、作物主产品产量和副产品还田比例通过实地调查获得;购买有机肥含氮量参考《中国有机肥料养分数据集》^[19];灌溉水含氮量参考刘宏斌^[20]和刘培财^[21]等研究成果;大气沉降输入氮量参照崔健等^[22]和 Shen^[23];生物固氮量参考王平等研究结果^[24];氮素损失参照王家玉等人的研究^[25,26]。根据以上数据来源,淋溶、渗漏、挥发等氮损失量与降雨、灌溉水携入、生物固氮等基本可以互相抵消。

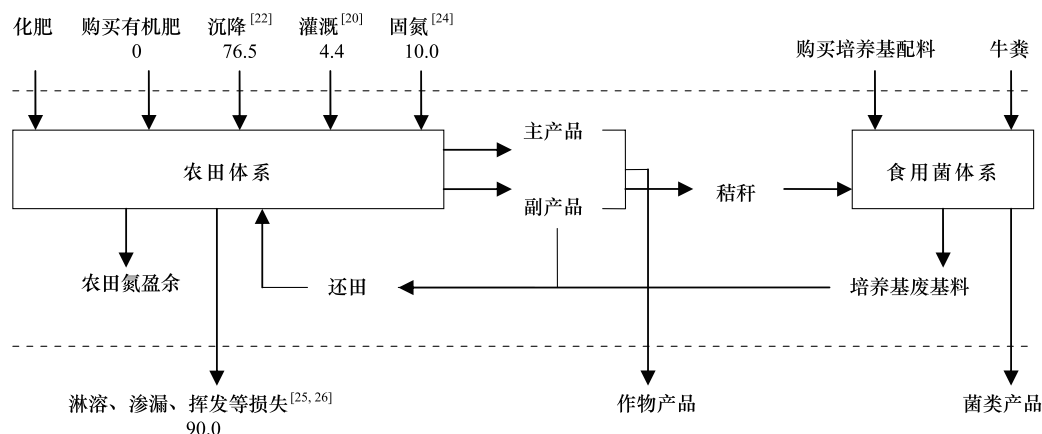


图 1 “农田-食用菌”生产系统氮素流动模式($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 1 Demonstration of nitrogen flow in the “grain fields-edible mushroom” production system

小麦籽粒、秸秆含氮量通过实验室测定值得。小麦秸秆籽粒比采用 1.1:1.2^[27]。

1.3.2 食用菌体系氮素流动模型算法和数据来源

(1) 输入项

小麦秸秆输入氮量 = 小麦秸秆施入量 × 小麦秸秆含氮量

购买培养基配料输入氮量 = 购买培养基配料粪肥施入量 × 培养基配料含氮量

灌溉输入氮量 = 灌溉量 × 灌溉水含氮量

培养基废基料还田氮量 = 培养基废基料收获氮量 × 还田比例

(2) 输出项

食用菌主产品收获氮量 = 食用菌主产品产量 × 食用菌主产品含氮量

作物副产品收获氮量 = 主产品产量 × 副产品与主产品质量比值 × 副产品含氮量

小麦秸秆施入量、小麦秸秆含氮量、购买培养基配料施入量、培养基废基料还田比例、灌溉量、食用菌主产品产量通过实地调查、实验室测定获得。

1.4 氮、磷元素流动评价指标

本研究选用流量指标来描述“农田-食用菌”生产系统各流动项之间氮、磷素的转移和交换状况。此外,选择效率指标描述各养分库中氮、磷素产出数量和投入数量的关系。在生产体系中,氮素利用效率是指作物主产品收获带走氮量占总输入氮量的比率。废弃物养分循环利用是减少系统养分环境排放的有效途径,因此,本研究选用循环模式体系氮素循环效率,即循环到农田的氮量占体系总输入氮量的比率来描述系统氮素的循环利用状况。

2 结果与分析

2.1 各生产系统氮素流动分析

3 种类型“农田-食用菌”生产系统单位面积(农田面积)氮素流动情况见图 2—图 4 所示。

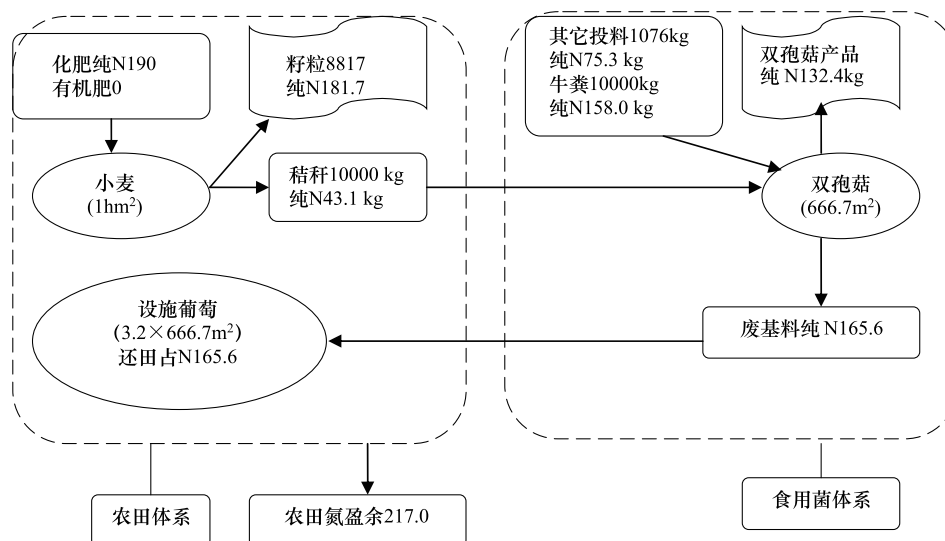


图 2 “农田-食用菌”集约生产系统氮素流动模式 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 2 Demonstration of nitrogen flow in the “grain fields-edible mushroom” production system

2.1.1 “农田-食用菌”集约生产系统氮素流动

“农田-食用菌”集约生产模式中农田体系氮素输入量 $446.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 化肥氮贡献率仅为 42.3%; 食用菌体系氮素输入量 $281.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 主要来源于购买的培养基配料及基料牛粪、秸秆, 添加的秸秆全部来源于农田体系的副产品, 秸秆氮占基料氮素输入量的 17.0%。与单户模式不同的是农田体系产生的全部秸秆氮素进入食用菌体系中, 食用菌体系的培养基废料氮素全部进入农田体系中, 还田氮占总输入氮的 37.1%。

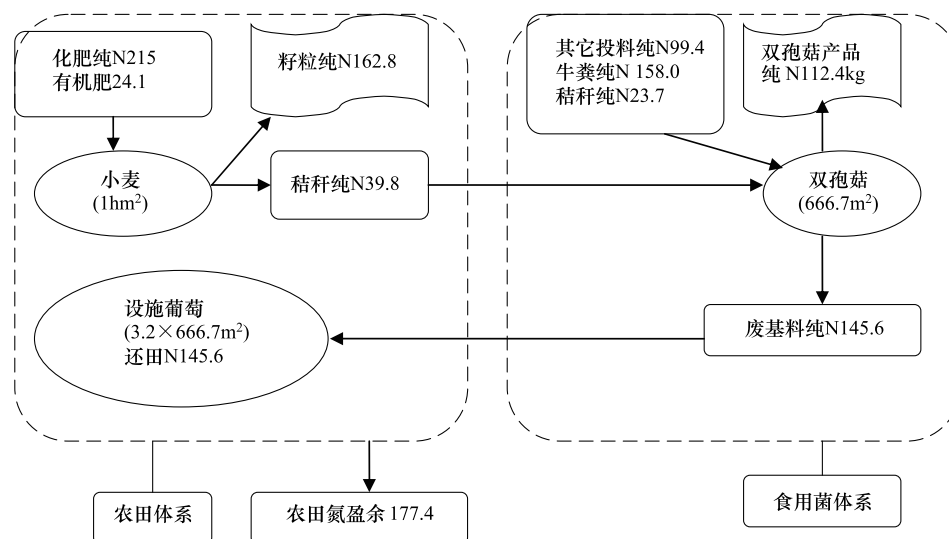
图3 “农田-食用菌”单户生产系统氮素流动模式 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 3 Demonstration of nitrogen flow in the “grain fields-edible mushroom” production system

2.1.2 “农田-食用菌”单户生产系统氮素流动

“农田-食用菌”单户生产模式中农田体系氮素输入量 $380.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 化肥氮贡献率达到 56.58%; 食用菌体系氮素输入量 $246.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 主要来源于购买的培养基配料及基料牛粪、秸秆, 秸秆氮占基料氮素输入量的 9.6%; 子体系间除少部分秸秆进入食用菌子体系外, 没有其它的养分循环。

2.1.3 农田单一体系生产系统氮素流动

农田单一种植区农田体系氮素输入量为 $330.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 化肥作为主要氮素输入项其贡献率高达 72.53%; 在输出项中, 作物主副产品收获氮量占农田氮素输入量的 54.5%。

2.2 各生产系统氮素利用效率的分析

由表 1 可见, “农田-食用菌”集约模式的农田体系氮素利用效率最低, 但也在 30% 以上, 远远大于文献所报道的氮素利用率, 主要原因是本研究未计算土壤淋失、渗漏及氮的挥发等各种生产过程中氮的损失。由于“农田-食用菌”集约模式中秸秆的再循环利用使得食用菌体系氮素利用效率最高。

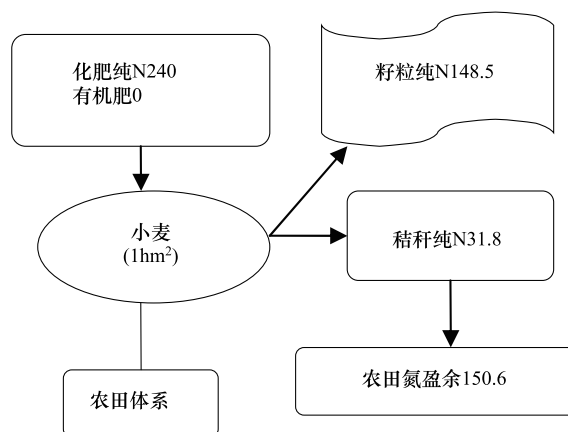
图4 农田单一生产系统氮素流动模式 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 4 Demonstration of nitrogen flow in the single grain fields production system

表1 各生产系统氮素利用效率

Table 1 Nitrogen use efficiencies of different production systems in the study area

农业生产系统 Agricultural production system	氮素利用效率 Nitrogen use efficiencies		
	农田体系 Cropping system	食用菌体系 Edible mushroom system	“农田-食用菌”生产系统 “Cropping -edible mushroom” system
“农田-食用菌”集约模式 “Cropping -edible mushroom” Intensive mode	31.3	47.1	37.4
“农田-食用菌”单户模式 “Cropping -edible mushroom” Single mode	32.5	45.7	37.7
单一种植模式 Single cropping region	32.6	—	32.6

2.3 各生产系统中氮素产投比

由表 2 可见,“农田-食用菌”集约模式的农田体系氮素产投比最低,仅在 0.50 左右。食用菌体系氮素产投比最高,大于 1.0。“农田-食用菌”生产系统氮素产投比在 0.7 左右。由此可见,在循环模式中,投入和产出处于一个相对较均衡的水平。

表 2 各生产系统氮的产投比

Table 2 Nitrogen use efficiencies of different production systems in the study area

农业生产系统 Agricultural production system	农田体系 Cropping system	食用菌体系 Edible mushroom system	“农田-食用菌”生产系统 “Cropping -edible mushroom” system
“农田-食用菌”集约模式 “Cropping -edible mushroom” Intensive mode	0.51	1.06	0.72
“农田-食用菌”单户模式 “Cropping -edible mushroom” Single mode	0.53	1.05	0.74
农田单作模式 Single cropping region	0.54	—	0.54

2.4 各生产系统氮素盈余造成的环境压力

本研究区域各生产系统均出现农田氮盈余现象,其中集约型“农田-食用菌”循环模式农田单位面积氮盈余量高达 $217.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,分别高出单户型和粮田体系 1.2 倍和 1.4 倍。由此可见,集约型“农田-食用菌”循环模式由于系统内和系统间的物质循环利用,虽然化肥氮减少了使用量,但农田氮素仍有盈余,循环模式的氮素投入产出尚需进一步研究。

3 讨论

3.1 单户型“农田-食用菌”生产系统氮素流量与流向分析结果表明,粮田子体系和食用菌子体系之间生产脱节。食用菌生产后产生的废基料等有机资源未能得到循环利用,致使农田体系氮素输入全部依靠外源氮的投入,其中 56.58% 的氮素来源于化肥,不必要的化肥投入增加了作物生产的成本,而且大量有机资源未能被利用也加剧了周围环境的污染潜力。相比之下,集约型“粮田-食用菌”生产体系结合较紧密,食用菌废基料氮还田比例达到 37.1%,这也大大降低了农田单位面积化肥氮输入量。

3.2 本研究区域 3 种生产体系均存在不同程度的农田氮素盈余,虽然原因各不相同,但主要原因均为肥料氮(化肥和粪肥)投入量超过了作物生长的需求量。一般认为,农田盈余的氮素去向有两种可能,一是残留在土壤中供下一季作物利用,二是排入大气和水体造成环境污染。Sun^[28] 等研究建议采用农田氮素年盈余量 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,分别作为中国农田评价潜在环境污染和高风险环境污染的指标。从本研究结果看,有两种生产体系氮盈余量超过了上述限量标准,粮田单作体系也接近这个限量指标,研究区域均存在比较高的环境污染风险。因此,研究区域应将氮素优化管理放到重要位置,以降低氮素盈余量以及由此带来的环境污染风险。

3.3 “农田-食用菌”循环模式建设的最初目的是建立一个“大田作物-秸秆-食用菌-大田”的生态循环农业生产模式,以提高秸秆资源的综合利用,促进养分的良性循环,实现农业生产系统的协调发展。然而本研究发现食用菌生产规模是整个系统的关键因子,而同时,食用菌生产规模又受制于研究区的秸秆量,目前示范区最佳资源配置量为: 1 hm^2 小麦产出的秸秆约 1 万 kg,全部用于栽培双孢菇,可栽培双孢菇 666.7 m^2 ,产生的培养基废料全部还田,可栽培设施红提葡萄 $3.2 \times 666.7 \text{ m}^2$ 。如此配置,不但可以减少种植区化肥投入量,而且还能缓解化肥投入带来的环境压力问题。

References:

[1] Wang Z Q. Agricultural ecological system management. Beijing: China agricultural university press, 1995.
[2] Sun H L. The theory and method of ecological agriculture. Jinan: Shandong science and technology publishing house, 1993.

- [3] Wang Z H, Shao W L. Nutrient cycle in agricultural ecosystem of Shanyi Village. *Rural Eco-Environment*. 1994, 10(2) : 57-60.
- [4] Wang B Q, Lei J Q, Hu X B, Jiang Z H. Develop low-carbon agriculture by relying on scientific and technological progress. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(6) : 1495-1501.
- [5] CHEN R J. Livestock-Bio—s. Fruit Systems in South China. *Ecological Engineering*, 1997, 8(1) : 19-29.
- [6] Zhou Y, Xie Z H, Liu Y. Economic evaluation on household-scaled “pig-biogas-fruit” ecological mode. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(4) : 201-203.
- [7] Meng QY, Wang Z Q, Song L L. Ncycle of rubber-tea-chicken agro-forestry model in tropical area of China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(5) : 707-709.
- [8] Wu S M, Ni M J. Transferring and cycling of organic and inorganic nitrogen in micro-agroecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1990(1) : 67-74.
- [9] Chen J X, Li H H. Studies on nitroger cycling in cotton field ecosystems. *Acta ecologica sinica*. 1998, 18(4) : 348-352
- [10] Du H Y, Ji H J, Xu A G, Zhang R L, Cheng B, Zhang W L. Fate of nitrogen fertilizer applied to vegetables cultivated in taihu and dianchi Watersheds, China, *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(7) : 1410-1416.
- [11] Cao B, He F Y, Xu Q M, Cai G X. Nitrogen use efficiency and fate of N fertilizers applied to open field vegetables. *Journal Nuclear Agricultural Sciences*, 2008, 22(3) : 343-347.
- [12] Liu Y, Liu Y S, Chen Y F, Guo L Y. Urban-rural agriculture development strategy of urban circle around beijin-tianjin-hebei, *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2010, 31(4) : 1-6.
- [13] Lan Y P, Wang R P, Zhou L D, Yao Y W. Economic Benefit Analysis of Circular Agriculture Mode of Chestnut Industry in Beijing Mountainous Areas, *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2010, 31(5) : 66-70.
- [14] Yang J, Chen B, Liu G Y. Emergy evaluation for sustainability of Biogas-linked agriculture ecosystem; a case study of Gongcheng county. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(13) : 4007-4016.
- [15] Yang X B, Ying G G, Kookana R S. Rapid Muhiresidue Determination for Currently Used Pesticides in Agricultural Drain-age Waters and Soils Using Gas Chromatography-Mass Spectrome. *Journal of Environmental Science and Health: Part B*, 2010, 45(2) : 152-161.
- [16] Huang D H. Shallow discuss the mode of ecological agriculture for Pig-methane-orchard Ecological Economy. 2001(11) : 73-74.
- [17] Velthof G L, Oudendag D, Witzke H P, Asman W A H, Klimont Z, Oenema O. Integrated assessment of nitrogen losses from agriculture in EU-27 using MITERRA-EUROPE. *Journal of Environmental Quality*, 2009, 38(2) : 402-417.
- [18] Oenema O, Witzke H P, Klimont Z, Lesschen J P, Velthof G L. Integrated assessment of promising measures to decrease nitrogen losses from agriculture in EU-27. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 133(3/4) : 280-288.
- [19] Service Centre of National Agricultural Technological Popularization. Data Base of Nutrients in Organic Fertilizer in China. Beijing: China Agricultural Press, 1999: 1-156.
- [20] Liu H B, Lei B k, Zhang Y G, Zhang W L, Lin B. Investigation and evaluation on nitrate pollution in groundwater of Shunyi District. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2001, 7(4) : 385-390.
- [21] Liu P C, Lei B K, Zhai L M, Ni X Y, Luo X H, Hu W L, Liu H B. Effects of Nitrogen M anagements on Growth of Garlic and Risk of Nitrogen Loss in Field of Erhai Lake Basin, China. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(7) : 1364-137.
- [22] Cui J, ZHOU J, YANG H. Observations of the input for atmospheric wet-deposition of nitrogen and sulfur into Agro-ecosystem. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(6) : 2243-2248.
- [23] Shen J L, Tang A H, Liu X J, Fangmeier A, Goulding K T W, Zhang F S. High concentrations and dry deposition of reactive nitrogen species at two sites in the North China Plain. *Environmental Pollution*, 2009, 157(11) : 3106-3113.
- [24] Wang P, Zhou D W, JIANG S C. Research on biological nitrogen fixation of grass- legume mixtures in a semi-arid area of China. *Acta Pratacui Turae Sinica*, 2010, 19(6) : 276-280.
- [25] Wang J Y, Wang S J, Chen Y, Zhen J C. Leaching loss of nitrogen in rice field. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6(Sup.) : 62-66.
- [26] Wang J Y, Wang S J, Chen Y, Zhen J C, Li C Y, Ji X J. Study on Nitrogen Leaching of Paddy Soil in the Field Experiments. *Acta Pedologica Sinica*, 1996, 33(1) : 28-36.
- [27] Bi Y Y, Wang D L, Gao C Y, Wang Y J. Outputs and constitution of straw resources in China//Straw resources evaluation and utilization in China. Beijing: Chinese agricultural science and technology Publishing House, 2008: 17-18.
- [28] Sun B, Shen R P, Bouwman A F. Surface N balances in agricultural crop production systems in China for the period 1980—2015. *Pedosphere*, 2008, 18(3) : 304-315.

参考文献:

- [1] 王兆骞. 农业生态系统管理. 北京: 中国农业出版社, 1995.

- [2] 孙鸿良. 生态农业的理论与方法. 济南:山东科学技术出版社,1993.
- [3] 王正花,邵文亮. 山一村农业生态系统营养物质循环. 农村生态环境(学报),1994,10(2):57-60.
- [4] 翁伯琦,雷锦桂,胡习斌,等. 依靠科技进步发展低碳农业. 生态环境学报,2010,19(6):1495-1501.
- [6] 周昱,谢振华,刘英苓. 户用“猪-沼-果”生态模式经济评价. 中国生态农业学报,2004,12(4):201-203.
- [7] 孟庆岩,王兆骞,宋莉莉. 我国热带地区胶-茶-鸡农林复合系统氮循环研究. 应用生态学报,2000,11(5):707-709.
- [8] 吴珊眉,倪苗娟. 有机-无机态氮肥在微型农业生态系统的转移和循环研究. 应用生态学报,1990(1):67-74.
- [9] 陈金湘,刘海荷. 棉田生态系统氮营养元素循环的研究. 生态学报,1998,18(4):348-352.
- [10] 杜会英,冀宏杰,徐爱国,等. 太湖和滇池流域保护地蔬菜氮肥去向研究. 农业环境科学学报,2010,29(7):1410-1416.
- [11] 曹兵,贺发云,徐秋明,等. 露地蔬菜的氮肥效应与氮素去向. 核农学报,2008,22(3):343-347.
- [12] 刘玉,刘彦随,陈玉福等. 京津冀都市圈城乡复合型农业发展战略. 中国农业资源与区划,2010,31(4):1-6.
- [13] 兰彦平,王瑞波,周连第,等. 北京山区板栗产业循环农业模式经济效益分析. 中国农业资源与区划,2010,31(5):66-70.
- [14] 杨谨,陈彬,刘耕源. 基于能值的沼气农业生态系统可持续发展水平综合评价——以恭城县为例. 生态学报,2012,32(13):4007-4016.
- [16] 黄德辉. 浅议猪-沼-果生态农业模式. 生态经济,2001(11):73-74.
- [19] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分数据集. 北京:中国科学技术出版社,1999.
- [20] 刘宏斌,雷宝坤,张云贵,等. 北京顺义区地下水硝态氮污染现状与评价. 植物营养与肥料学报,2001,7(4):385-390.
- [21] 刘培财,雷宝坤,翟丽梅,等. 农田氮素管理模式对洱海流域大蒜生长和氮素流失风险的影响. 农业环境科学学报,2011,30(7):1364-137.
- [22] 崔键,周静,杨浩. 农田生态系统大气氮、硫湿沉降通量的观测研究. 生态环境学报,2009,18(6):2243-2248.
- [24] 王平,周道玮,姜世成. 半干旱地区禾-豆混播草地生物固氮作用研究. 草业学报,2010,19(6):276-280.
- [25] 王家玉,王胜佳,陈义,等. 稻田土壤中N素淋失的研究. 土壤学报,1996,33(1):28-36.
- [26] 王家玉,王胜佳,陈义,等. 稻田土壤中N的渗漏损失研究. 应用生态学报,1995,6(增刊):62-66.
- [27] 毕于运,王道龙,高春雨,等. 中国秸秆资源数量及其构成//中国秸秆资源评价与利用. 北京:中国农业科学技术出版社,2008:17-18.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 4 February, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Concepts, processes and quantification methods of the forest water conservation at the multiple scales WANG Xiaoxue, SHEN Huitao, LI Xuyong, et al (1019)
- Advances in the study of stable isotope composition of leaf water in plants LUO Lun, YU Wusheng, WAN Shimin, et al (1031)
- Eco-environmental effects of urban landscape pattern changes: progresses, problems, and perspectives CHEN Liding, SUN Ranhao, LIU Hailian (1042)
- An overview of advances in distributional pattern of urban biodiversity MAO Qizheng, MA Keming, WU Jianguo, et al (1051)
- Ecological compensation boosted ecological protection and human well-being improvement LI Huimei, ZHANG Anlu (1065)

Autecology & Fundamentals

- Effects of indigenous AM fungi and neighboring plants on the growth and phosphorus nutrition of *Leymus chinensis* LEI Yao, HAO Zhipeng, CHEN Baodong (1071)
- Influences of AM fungi on plant growth and water-stable soil aggregates under drought stresses YE Jiashu, LI Tao, HU Yajun, et al (1080)
- The effect of transgenic cucumber with double strands RNA of *mapk* on diversity of rhizosphere bacteria CHEN Guohua, MI Baobin, LI Ying, et al (1091)
- The ambient ozone pollution and foliar injury of the sensitive woody plants in Beijing exurban region WAN Wuxing, XIA Yajun, ZHANG Hongxing, et al (1098)
- Diversity and plant growth-promoting potential of culturable endophytic bacteria isolated from the leaves of *Atractylodes lancea* ZHOU Jiayu, JIA Yong, WANG Hongwei, et al (1106)
- Effects of the low temperature treatment on egg maturation and its numerical dynamics in the parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) XIA Shiyang, MENG Ling, LI Baoping (1118)
- Circadian rhythm of calling behavior and sexual pheromone production and release of the female *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae) LIU Jinlong, JING Xiaoyuan, YANG Meihong, et al (1126)
- Influence of fluoride on activity of carboxylesterase and esterase in hemolymph of *Bombyx mori* MI Zhi, RUAN Chenglong, LI Jiaorong, et al (1134)
- Effects of water temperature on the embryonic development, survival and development period of larvae of ridgetail white prawn (*Exopalaemon carinicauda*) reared in the laboratory LIANG Junping, LI Jian, LI Jitao, et al (1142)

Population, Community and Ecosystem

- Diversity of ecosystem services and landscape multi-functionality: from scientific concepts to integrative assessment LÜ Yihe, MA Zhimin, FU Bojie, et al (1153)
- Research on estimating wetland vegetation abundance based on spectral mixture analysis with different endmember model: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing CUI Tianxiang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1160)
- Identifying typical plant ecological types based on spectral characteristic variables: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing LIN Chuan, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1172)
- Responses of phytoplankton community to the construction of small hydropower stations in Hainan Province LIN Zhangwen, LIN Sheng, GU Jiguang, et al (1186)
- Diurnal variation of water quality around *Potamogeton crispus* population WANG Jinqi, ZHENG Youfei, WANG Guoxiang (1195)
- Effects of three forest restoration approaches on plant diversity in red soil region, southern China WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1204)
- Dynamics of soil physical-chemical properties and organic carbon content along a restoration chronosequence in *Pinus tabulaeformis* plantations HU Huifeng, LIU Guohua (1212)
- Probability models of forest fire risk based on ecology factors in different vegetation regions over China LI Xiaowei, ZHAO Gang, YU Xiubo, et al (1219)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape ecological security dynamics in a fast growing urban district: the case of Dongguan City YANG Qingsheng, QIAO Jigang, AI Bin (1230)
- The difference between exergy and biodiversity in ecosystem health assessment: a case study of Jiangsu coastal zone TANG Dehao, ZOU Xinqing, LIU Xingjian (1240)
- Impacts of drying-wetting cycles on CO₂ and N₂O emissions from soils in different ecosystems OUYANG Yang, LI Xuyong (1251)
- Evaluation of low-carbon competitiveness in Western China JIN Xiaoqin, DU Shouhu (1260)
- Flood return period analysis of the Bayi Reservoir Watershed based on HEC-HMS Model ZHENG Peng, LIN Yun, PAN Wenbin, et al (1268)
- Simulation of rainfall interception process of primary korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains by using the modified Gash model CHAI Rushan, CAI Tiju, MAN Xiuling, et al (1276)
- Characteristics of tree-ring chronology of *Pinus koraiensis* and its relationship with climate factors on the northern slope of Changbai Mountain CHEN Lie, GAO Lushuang, ZHANG Yun, et al (1285)

Resource and Industrial Ecology

- Nitrogen flows in "crop -edible mushroom" production systems in Hexi Corridor Oasis Irrigation Area LI Ruiqin, YU Anfen, ZHAO Youbiao, et al (1292)
- Effects of fertilization on soil fertility indices and yield of dry-land peanut WANG Caibin, ZHENG Yaping, LIANG Xiaoyan, et al (1300)
- Effect of tillage and residue management on dynamic of soil microbial biomass carbon PANG Xu, HE Wenqing, YAN Changrong, et al (1308)
- Evaluation of eco-security of cultivated land requisition-compensation balance based on improved set pair analysis SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1317)

Opinions

- Methodology for measuring forestry ecological security based on ecology-industry symbiosis: a research framework ZHANG Zhiguang (1326)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 4 期 (2013 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 4 (February, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元