

紫色土集水区氮素收支状况与平衡分析

彭奎¹, 朱波¹, Kazuko Abe², 游翔¹

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 中国成都 610041; 2. 东京大学农学生命科学研究科绿地研究室, 日本东京)

摘 要 通过 1999—2000 年间定位观测和模拟实验, 研究了紫色土丘陵集水区生态系统氮素养分的收入与支出参数及系统氮素平衡。结果表明 本区农田氮素略有盈余, 平均为 42 kg/hm², 其中氮肥施用量较大, 平均达到 358 kg/hm²; 而林地系统氮素循环和平衡中发挥了重要作用, 是系统氮素从亏缺转变为盈余驱动因素之一; 系统中有有机厩肥和化肥是主要的氮素来源 但损失严重, 利用率不高, 应注意由此引起的对大气和水体的农业非点源污染问题。

关键词 氮素平衡; 农业生态系统; 紫色土

中图分类号: S152 **文件标识码**: A

养分循环是生态系统最基本的功能之一。农业生态系统与自然生态系统最大的区别在它是一个人工控制系统, 需要不断的人为补给和控制才能持续地发展。所以, 人为控制下的农业养分循环是建立持续农业的基础^[1], 了解农业生态系统中养分的循环和平衡特征, 合理调控养分的输入与输出, 是实现农业持续稳步发展必须的。氮素是农业生态系统中最活跃的元素之一, 它积极参与各子系统间的转化和循环, 在农业生态系统中占有无可非议的重要地位。四川紫色土区农田的氮素养分经历了从亏缺—平衡—盈余的转变, 化肥的大量投入使粮食生产得到了巨大的发展, 土壤肥力有了很大提高。但是, 氮肥的过多或不合理使用所引起的肥效降低, 作物品质下降, 以及环境污染等问题却日益突出^[2]。农田氮素的收支计算是研究农业生态系统中氮素平衡的基本依据, 也能为指导平衡施肥和防止农业氮素非点源污染提供数据基础。本研究选择了紫色土丘陵区的一典型集水区生态系统, 对其造林绿化后氮素的收支进行了初步探讨。

1 材料与方法

1.1 集水区概况

本集水区位于四川盆地中北部的盐亭县林山乡, 中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站区 (105°27'E, 31°16'N), 地处涪江支流弥江、湍江的分水岭上, 海拔高程 400 m ~600 m。属于中亚热带湿润季风气候, 年均气温 17.3 °C, > 10 °C的积温 5 000 °C~6 000 °C, 多年平均降雨 836 mm, 无霜期 297 d。本区土壤类型为钙质紫色土, 质地为中壤至重壤, 自然植被类型为桉木 (*alder cremastogyne*) 和柏木 (*cypresses fineries*) 混交林, 主要农作物有水稻、玉米、小麦、甘薯、油菜等。

历史上, 林山乡土地覆被发生过重大变化。据 1965 年航片解译, 当时林山乡大部为荒山草坡, 其上生长着稀疏灌丛, 林地很少。1972 年开始了大规模造林绿化, 1974 年基本完成。造林后的林山乡土地利用大为改变, 森林覆盖率达到 44.6 %, 生态系统结构和功能发生了根本性转变。表 1 是 2000 年本集水区土地利用情况。

表 1 盐亭站集水区土地利用现状(2000 年)
Table 1 The watershed landuse in Yanting station Watershed(2000)

土地类型	林地	旱地	两季田	水田	道路	水塘	堤坝	居民地	荒地	总面积
面积 hm ²	12. 14	15.64	2. 39	1. 54	0. 63	0. 21	0. 11	1. 71	0. 27	34. 64

收稿日期: 2000-07-29.
基金项目: 中国科学院“九五”重大(KZ951-A1-301)和特别支持项目(KZ95-04)
作者简介: 彭奎(1975-), 男(汉族), 重庆长寿人, 在读硕士生.

1.2 研究内容

在集水区内不同台位的农地选择 11 个定位监测点, 本区土壤含 CaCO_3 $13.16 \pm 0.48\%$, 有机质 $0.78 \pm 0.07\%$, 全 N $0.059 \pm 0.03\%$, 速效 N、P、K 分别为 $44.72 \pm 4.44 \text{ mg/kg}$ 、 $102.64 \pm 5.91 \text{ mg/kg}$ 、 $6.94 \pm 1.02 \text{ mg/kg}$ 。记录农地定位观测点上养分的投入和产出, 有机肥和化肥氮的施入量, 作物籽粒和秸秆产量, 并对有机肥、籽粒和秸秆采样, 计算草籽比。同时, 在林地和农地设置了 18 个径流池和母岩自然风化池, 并进行母岩钵钵模拟风化试验; 另在集水区池塘、水田、水井等地选择 18 个水体监测点, 不定期采样, 以估算径流、淋洗、侵蚀和风化的氮素。测定以上样品中氮素养分含量, 结合对本区居民的问卷调查, 分析和评价生态系统中氮素收支状况。

1.3 样品分析方法

土壤和植物(包括籽粒)中全氮用凯氏法(硒粉—硫酸铜—浓硫酸)消煮, 消煮液用蒸馏定氮法测定; 水体中氮用碱性过硫酸钾消解—紫外分光光度法测定; 厩肥、堆肥中全氮用铬粒—重铬酸钾—硫酸消煮, 蒸馏滴定法测定。

1.4 DNDC 模型的应用

DNDC (Denitrification-Decomposition) 是一个农业生

态系统的碳和氮生物地球化学计算机模拟模型。它是基于某地农田气候、土壤物理化学特性、植被和人类活动等条件, 来计算土壤温度、湿度、pH、Eh、酶化特性, 进而预测一系列控制土壤 N 的生物化学和地球化学反应方向和速率, 包括从土壤释放的 N_2 、 NH_3 、 N_2O 和 NO 等。在热带和温带农业生态系统的大量农田研究中, DNDC 得到了广泛的运用和校正^[3~6]。本研究将运行 DNDC 模型的农田/草地版——DNDC67a 来计算农田 N 的淋失、挥发、硝化和反硝化等损失。

2 结果与分析

2.1 养分的支出参数

2.1.1 作物氮素养分的含量

作物养分的吸收是养分循环中的主要特征之一, 它是决定养分循环速度的主要因素, 也是养分支出的主要内容, 作物养分的吸收量直接和作物养分含量有关。研究业已表明^[7], 作物养分含量是受施肥、土壤养分含量、水分、气候等多种因素的影响, 所以变幅也相当大。一般说来, 随着化肥氮使用量的增加, 粮食产量也会增加, 但氮肥的增产效果却逐渐降低^[8]。表 2 的数据是各监测点的平均结果。

表 2 集水区作物种植及产量(1999~2000 年)

Table 2 Plant area and yields of the different crops in the watershed(1999~2000)

项目	小麦	玉米	油菜	水稻	甘薯	花生	绿豆
种植面积(hm^2)	13.47	14.7	4.8	3.9	15.5	0.14	0.02
播种量(kg/hm^2)	187.5	45	1.05	180	300	187.5	105
单产(kg/hm^2)	4005	4569	1600.5	8610	3855	2130	2100
总产(kg)	53947.4	67164.3	7682.4	33579	59752.5	298.2	42

在川中丘陵区农业生态系统中, 农田普遍施用 N、P 肥, 而 K 肥施用较少, 但仍能获得较稳定的产量。这是因为川中丘陵紫色母岩含有较丰富的 K,

且母岩易于风化释放养分, 能源源不断地补充作物所需^[9]。本区农田的施肥状况后面另有说明。各作物养分平均含量列于表 3。

表 3 各作物氮素养分平均含量(%)

Table 3 Nitrogen content of the different crops(%)

项目	小麦	玉米	油菜	水稻	甘薯 ¹⁾	花生 ¹⁾	绿豆
籽粒	1.54	1.40	1.69	1.15	0.32	3.49	4.25
副产物 ²⁾	0.33	1.27(叶) 0.21(茎) 0.35(芯)	0.35	0.56	2.13	2.65 1.00(壳)	1.00

1) 甘薯、花生样品为新鲜状态时测定(下同); 2) 除特别注明外, 副产物指茎叶混合样(下同)。

2.1.2 作物养分消耗量

作物养分消耗量是指每生产 100 kg 经济产品需要消耗的养分数量,是农田养分支出的主要方面。根据作物的养分含量和草/籽,利用以下公式,即可算出各作物养分消耗量

$$C_N=100\text{ kg}\times (N_A+\sum (N/M\times N_B))$$

式中 C_N 为作物氮素养分消耗量(kg/100 kg); N_A 为作物籽粒含氮量(%); N/M 为作物草籽比; N_B 为作物各副产物含氮量(%)。根据表 2、表 3 及作物草籽比可算出本区作物氮素吸收总量,结果列于表 4。

表 4 作物草籽比及其氮素养分吸收量*

Table 4 Byproduct/products and total nitrogen outputs of the different crops

项目	小麦	玉米	油菜	水稻	甘薯	花生	绿豆
草/籽	1.39	0.55(叶) 0.65(茎) 1.00(芯)	3.4	1.60	2.13	2.65 0.25(壳)	1.00
氮素养分消耗量(kg/100kg)	2.00	2.59	2.88	2.05	0.87	6.23	5.01
氮素养分吸收量(kg)	1078.2	1736.2	221.2	687.1	522.1	17.8	2.12

*1. 花生按脱壳率 25% 计算; 2. 蔬菜种植面积很少, 不作计算; 3. 计算中既不将根茬记入支出, 也不将之记入收入(还田)

2.1.3 肥料氮的损失

此处肥料氮的损失包括化学氮肥在农田中的反硝化和挥发等,以及有机肥(主要是厩肥)的氮素损失。肥料氮的损失较为复杂,国内运用¹⁵N 进行了为数不多的田间定位跟踪实验,总的来说,我国化肥氮的利用率很低,只有 30 % ~ 35 %^[8]。本区土壤为钙质紫色土(pH ≈ 8.3),而农田施用的氮肥主要是 NH₄HCO₃,因此损失较大。DNDC 模型计算结果为旱地损失为 3464.6 kg,水田为 367.7 kg,两者合计占农田化肥氮施入量的 54.7 %。化肥气态氮的损失是本区农田氮素的主要损失途径。

对于有机肥(厩肥和还田秸秆),其在堆积、运移、使用等各个环节都有损失,精确计算比较困难。根据前人试验结果,考虑到紫色土实际情况,本文以施入厩肥氮的 25 % 作为损失计算(全国平均为约 30 %^[7])。由于本区化肥和有机肥使用量较大(平均为 490 kgN·hm⁻²)由此损失的氮素养分可成为环境污染的重要因素。

2.1.4 土壤氮的损失

农田土壤养分的淋洗、径流和土壤侵蚀等,是农田养分支出的重要组成部分。余贵芬等人研究表明^[10],紫色土旱作中 NH₄-N 易被土壤吸持,移动性小,但易发生硝化作用变成 NO₃⁻-N 随水流失,因此旱作 N 素在土壤中的淋洗主要是 NO₃⁻-N 的移动。根据 DNDC 模型计算得到的本区旱地氮素淋洗为 148.7 kgN,水田为 19.3 kgN。试验表明^[11],地表径流相当于氮肥施用量的 8.4 %,算得本区旱地径流氮为 520.4 kg,水田为 68.2 kg。

紫色土区由于土层浅薄,降雨集中,母岩易于风化等特点,使其土壤侵蚀较为严重,由此带走的养分不容忽视。对本区农田标准径流场 1998 ~ 2000 年观测,测得耕地侵蚀模数分别为:传统平作 242.4 t/km²,横坡种植为 169.0 t/km²,聚土免耕 93.2 t/km²。可见,采取聚土免耕的保全耕作制度,是防治紫色土区土壤侵蚀和氮素流失的重要手段。测得传统平作的耕地土壤(表土 0 cm ~ 15 cm,下同)平均含氮量 0.80 g/kg;采用聚土免耕土壤平均含氮量为 0.89 g/kg。本区农民仍习惯采用传统平作,算得集水区农田土壤年侵蚀 N 总量为 151.6 kg。

2.2 养分的收入参数

与养分的支出参数相比,农田养分的收入参数较为简单且易于计算。氮素养分收入包括化肥和有机肥(包括作物秸秆还田)的使用,降雨的带入,播种以及母岩的风化等。

2.2.1 化肥和厩肥肥料氮

调查显示,本集水区农田在 1960 年代主要为少量有机肥(平均为 95 kgN/hm²),未施化肥。而目前农田中主要作物小麦平均施用碳铵达 696 kg/hm²,尿素 37.5 kg/hm²,磷肥 531 kg/hm² 油菜平均施用碳铵 576 kg/hm²,磷肥 600 kg/hm²;大春玉米(套种甘薯)平均施碳铵 1341 kg/hm²,磷肥 388.5 kg/hm²,水稻施用碳铵 375 kg/hm²,磷肥 625 kg/hm²;未使用任何钾肥。其余旱地各作物施肥量参照同季主要作物施肥计算。

本区饲养的家畜主要有猪、牛、羊;饲草来源除作物籽粒和秸秆外,主要由林地提供,其粪便是主要的厩肥;家禽较少,其厩肥可忽略不计。各厩肥粪便

氮素养分含量见表 5。根据统计资料和表 5, 可得到农田平均施有机肥氮为 132.1 kg。

2.2.2 秸秆还田和种子带入氮

1970 年代, 川中丘陵区开展了大规模的植树造

林活动, 使本区森林覆盖率大幅度提高。林地为农村提供了大部分薪柴, 同时也使作物秸秆更多地还田而不是作燃料, 由此大大增加了物质的再循环速率^[12]。作物秸秆还田和播种带入的总氮见表 6。

表 5 厩肥粪便氮素养分含量%(鲜基)*
Table 5 Nitrogen contest of man and animals dung%(fresh samples)

项目	猪	牛	羊	禽	人
排泄物氮含量(%)	0.59	0.30	0.70	1.46	
排泄物带入氮 ^[7] (kg/头·年)	4.9	40	2.3	0.62	5.4

*1. 家禽带入氮是各家禽的平均值估算结果; 3. 人口按总人口的 2/3 折算为成人; 4. 林地提供的饲草氮素以牲畜排泄物记入。

表 6 作物秸秆还田和种子带入氮*
Table 6 Total nitrogen of straw returns and seeds of crops

项目	小麦	玉米	油菜	水稻	甘薯	花生	绿豆
副产品还田率%	100	78	100	27	5	75	100
还田总氮(kg)	247.4	620.8	94.1	81.2	165.5	22.4	1.28
播种量(kg/hm ²)	187.5	45	10.5	180	300	187.5	105
种子总氮(kg)	38.9	9.26	0.9	38.5	14.9	3.64	0.36

*1. 秸秆作饲料的部分记入家畜排泄物中, 此处扣除; 2. 种子中氮素含量按收获子粒中氮含量计算; 3. 副产品还田率指副产品还田部分与其总量之比, 通过调查得到。

2.2.3 母岩风化、降雨和生物固氮

紫色土是初育土, 紫色母岩风化成土速率极快, 成土模数达 15 800 t/km²·a⁻¹~25 500 t/km²·a⁻¹^[8], 紫色土养分循环中最具特色的就是紫色母岩的养分输入。试验地研究表明^[13], 采用聚土免耕改土 10 cm, 可向土壤提供氮素 7.50 kg/hm², 传统平作也可得到 0.8 kg/hm², 成为紫色土区氮素养分的又一重要来源, 在农业生产中尤其应该注意。

本区生物固氮主要为豆科作物花生和绿豆, 由于播种面积小, 固氮量也少, 估算全年仅为 2.26 kg。

测定全年 9 次降雨全氮含量, 得其平均为 0.115

mg/l, 全年降雨 868 mm, 带入氮素为 19.53 kg。

2.3 集水区氮素收支状况及平衡分析

2.3.1 氮素收支状况

根据以上参数和数据, 可进行本区农田生态系统的氮素总体平衡计算, 结果列于表 7。从表中可以看出, 本区 N 盈余为 825.1 kg, 实际盈余率为+8.2%, 按耕地 19.57 hm² 计算, 平均盈余为 42 kg/hm²。而据资料计算^[14], 在 1970 年代造林以前, 本区 N 平衡为负值, 平均为-103.6 kg·hm⁻², 实际盈余率为-54%, 农田氮素出现严重亏缺。养分平衡的这种结果是由多种因素引起的, 也使生态系统结构和功能发生了诸多转变。

表 7 紫色土集水区农田氮素养分平衡
Table 7 Nitrogen balance in the purple soil watershed

收入	N(kg)	占收入比例(%)	支出	N(kg)	占支出比例(%)
化肥	7006.0	64.53	作物养分消耗	4324.8	43.12
厩肥	2584.9	23.81	化肥反硝化、挥发	3832.3	38.21
秸秆还田	1064.5	9.81	厩肥的损失	646.2	6.44
种子	105.6	0.97	秸秆氮损失	319.3	3.18
生物固氮	62.4	0.57	淋失	167.5	1.67
降雨	19.5	0.18	水土流失	740.2	7.38
母岩风化	12.5	0.12			
收入合计	10855.4	100	支出合计	10030.3	100
平衡	+825.1				

2.3.2 集水区养分平衡分析

首先,化肥和厩肥仍然是农田氮素来源的主体,对于农田氮素平衡有决定性影响。在农田氮素的收入中,厩肥和化肥占绝大部分,二者之和约占氮素总投入的 90 %。目前,本区农田化肥平均使用较高,达 358 kgN/hm^2 (农田平均盈余为 42.2 kgN/hm^2),若完全不施化肥氮,农田将出现严重的亏缺。根据不同作物和土壤,适当增加化肥的施用量,可以大幅度提高作物产量。根据盐亭县资料总结,六十年代初期,只施有限的有机肥,粮食亩产还不足 100 kg ;随着氮肥施入量的增加和化学氮肥的配合使用,粮食产量也逐年增加,到九十年代亩产已超过 300 kg 人均生产粮食也从 200 kg 上升到 500 kg 以上,化肥的施用对农田生产力的提高无疑发挥了重要作用。本区尽管化肥施用和比例逐年增加,但有机厩肥仍然是农田氮素的重要来源^[6,7],每公顷施用量达到 132.1 kgN 。在旱地占氮素总量的 22.23 %,在水田达到了 33.21 %,如果加上秸秆带入的养分($54.4\text{ kg/hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$),有机肥占有比例会更高。

本区六十年代几乎不施任何化肥,但目前化肥与厩肥氮素之比已达 2.7 :1,可见肥料结已发生了根本性变化,化肥氮已超过有机肥占据农田氮的支配地位,农田对化肥的依赖性增加了。

其次,大规模造林绿化引起了养分循环和平衡

的根本性改变。造林以后,本区森林覆盖率从 11.4 % 提高到 44.6 %,单一的农业生态系统成为了农林复合生态系统。森林为农村提供了绝大部分薪柴和饲草,因此农民能将大量作物秸秆作为有机肥还田或动物饲料(见图 1, 2),系统养分再循环率(指作物收获物中的氮,通过各种途径后又重新以肥料的形式返回到农田的比例)大大提高了。从表 6 可知,几种主要作物秸秆(小麦、油菜 100 %,玉米 78 %)的还田比率都达到很高的水平,而稻草和林地饲草也大部分作为动物饲料,以排泄物的方式还田。经计算得养分的再循环率约为 55 %,大大高于全国平均的 38 %^[15]。造林促进了农田收获物氮素的合理分配,增加了物质循环的内容,对系统氮素平衡从亏缺到盈余起了重要作用。

最后,本区旱地和水田中氮的总损失量大,且主要是肥料氮素气态损失。从表中可见,在氮素的支出项中,除了作物养分消耗带走的氮素外,其余氮素均通过不同途径损失了。本区农田损失总氮高达 $291.5\text{ kg/hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$,占农田总支出的 57 %;单位面积的氮素损失量均达当年化肥氮的施入量 81 %,且都超过厩肥施入量($132.1\text{ kg/hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$)。其中,大部分是通过化肥和厩肥的硝化—反硝化和挥发以气态形式进入大气,二者之和占总损失的 78 %,是温室气体的重要来源。

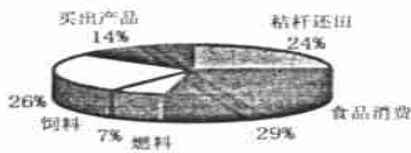


图 1 2000 收获物氮素分配(总 N4324.88kg)
Fig. 1 Distribution of gaining nitrogen
(total nitrogen 4324.8kg, 2000)

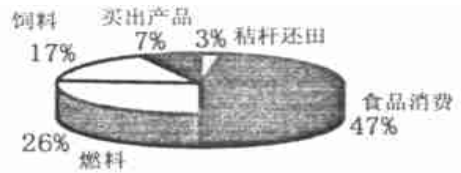


图 2 1960 收获物氮素分配(总 N1171.50kg)
Fig. 2 Distribute of gaining nitrogen
(total nitrogen 1171.5kg, 1960s)

而农田通过径流、淋洗和土壤侵蚀等途径损失的氮素 46 kg/hm^2 ,这部分氮素往往是引起地下水和地表水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度增加的主要原因之一。本区地下水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量已达 10 mg/L 以上,远高于区内地表径流平均的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量 0.16 mg/L 。而径流池 2000 年 7 月 15 日与 7 月 5 日比较,耕地氮素流失也较为严重(见图 3)。所以,在保证粮食稳产的情况下,应适当减少化肥氮的使用和损失;同时,

必须努力减少化肥和厩肥中氮素的各种损失,防止农业非点源污染的发生^[19]。

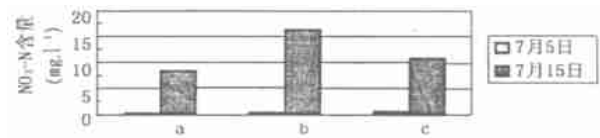


图 3 降雨前后水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量(降雨 120.7mm)
Fig. 3 The $\text{NO}_3^- - \text{N}$ contrast of water in different runoff ponds

3 小结

1. 在紫色土丘陵区生态系统中, 化肥、厩肥、作物秸秆和母岩风化是氮素养分的主要收入, 而作物养分消耗、厩肥和化肥的损失以及土壤侵蚀是主要的支出。其中化肥和厩肥是农田氮素来源的主体, 决定了农田氮素的盈亏状况。化肥施用量达到 $358 \text{ kg} / \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 而厩肥为 $132.1 \text{ kg} / \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 二者之和约占氮素总投入的 90 %。也是农田氮素损失的主体。占氮素总损失的 78 %。

2. 紫色土丘陵区大规模植树造林, 引起了生态系统养分循环的根本性改变, 使厩肥总量和作物秸秆还田率大幅度增加, 从而促进了本区氮素的合理分配, 为维持系统氮素平衡发挥了重要作用。因此, 保全森林和自然植被免遭破坏, 是维持氮素养分平衡和农田高产稳产的重要保障。

3. 必须采取多种措施, 减少和避免农田氮素养分, 尤其是厩肥和化肥中氮的损失及其对环境的污染, 以保证生态系统的安全, 实现农业的可持续发展。

参考文献:

- [1] Diest A. V Agricultural sustainability and soil nutrient cycling with emphasis on tropical soil[C] . Trans. 15th Intn. Cong. Soil Sci, 1994. 5a
- [2] 彭奎, 朱波. 试论农业养分的非点源污染与管理. 环境保护[J] . 2001(1): 15 ~ 17.
- [3] Li, C. S., F. Steve., A. F. Tod. A model of oxide evolution from soil driven by rainfall events; 1. Model structure and sensitivity[J] .

Journal of geophysical research, Vol. 97, No. D9: 9759 ~ 9776.

- [4] Li, C. S., F. Steve., A. F. Tod. A model of oxide evolution from soil driven by rainfall events; 2. Model applications[J] . Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No. D9: 9777 ~ 9783.
- [5] Li, C. S., Steve, F., Robert C. H. Modeling nitrous oxide emissions from agriculture: a Florida case study[J] . Chemosphere, Vol. 28, No. 7: 1401 ~ 1415.
- [6] Li, C. S., N. Vijay, C. H. Robert. Model estimates of nitrous oxide emissions from agricultural lands in the United States[J] . Global biogeochemical cycles, Vol. 10, No. 2: 297 ~ 306.
- [7] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大钟等. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究[J] . 土壤通报, 1996, 27(4): 145 ~ 151.
- [8] 沈善敏主编. 中国土壤肥力[M] . 北京: 农业出版社, 1998. 160 ~ 206.
- [9] 朱波等. 紫色土肥力要素的剖面分异与肥力潜力[J] . 西南农业学报, 2000, 4, 50.
- [10] 余贵芬, 毛知耘, 石孝均. 氮素在紫色土中的移动和淋失研究[J] . 西南农业大学学报, 1999, 21(3): 228 ~ 230.
- [11] Wang J. Y, Wang S. L, Chen Y. Study on leaching loss of nitrogen in rice fields by using large undisturbed monolith lysimeters[J] . Pedosphere, 1994, 4: 87 ~ 92.
- [12] 川中丘陵区农田生态研究协作组. 川中丘陵区农田生态系统研究[C] . 1983: 217 ~ 226
- [13] 朱波, 李同阳, 张先婉. 耕作制度对紫色土养分循环的影响[J] . 山地研究, 1996, 14(增刊): 51 ~ 54.
- [14] 彭奎. 紫色土区农林复合生态系统的氮素平衡与管理研究[D] . 2001.
- [15] 朱兆良, 文启孝主编. 中国土壤氮素[M] . 南京: 江苏科学出版社, 1992: 293.
- [16] Barrington S F and Moreno C R. Swine manure nitrogen conservation in storage using sphagnum moss[J] . J. Environ. Qual. 1994. 24(4).

Study on the Input and Output Parameters and the Balance of Nitrogen in the Eco-system of Purple Soil Watershed

PENG Kui¹, ZHU Bo¹, KAZUKO Abe², YOU Xiang

(1 Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

2 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, Tokyo, Japan)

Abstract: This paper discusses the nitrogen input and output parameters, and at the same time reviews the nitrogen balance by the way of inspection and model experiments in the purple soil watershed at Yanting station during 1999 ~ 2000. The results show that there is a little nitrogen surplus with average $42 \text{ kgN} / \text{hm}^2$ in the watershed field, and chemical fertilizer nitrogen applied to the field is relatively much with average $358 \text{ kgN} / \text{hm}^2$. Moreover, the forest lands plays a very important pole, and they result in the great changes of the eco-system nitrogen cycle and balance. Forest lands are also motivating factors to turn nitrogen deficit into surplus. In the watershed dung and chemical fertilizers are the main nitrogen sources. However, we must pay much attention to the agricultural non-point source pollution which is resulted by the nitrogen overplus and the low rate of fertilizers utilization.

Key words: Nitrogen balance, agricultural eco-system, purple soil