

甘肃省县域农田氮素投入产出平衡研究*

封志明^{1,2}, 方玉东^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院 北京 100039)

摘要: 盆栽或田块尺度上土壤养分的试验研究, 难以阐明区域尺度上农田养分的平衡问题。本研究通过分析影响农田氮素平衡的投入与产出因素, 确立了6个投入项、5个产出项, 建立了县域农田氮素平衡模型, 根据模型研究了甘肃省2000年县域农田氮素平衡特征及其空间规律性。结果表明, 甘肃省2000年农田氮素共投入 48.52×10^4 t, 产出 59.87×10^4 t, 亏缺 11×10^4 t, 亏缺率为23.4%, 农业生产以过度消耗地力为特征; 在县域水平上, 甘肃省西部河西走廊及其以北地带、祁连山地等地区农田氮素存在盈余, 盈余量大体在 $0.002 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}) \sim 0.4 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 变化; 甘肃东中部地区农田氮素普遍亏缺, 亏缺量大体在 $0.006 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}) \sim 0.4 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 变化。2000年甘肃省农田氮素投入化肥比重最大, 其次是有机肥, 化肥、有机肥与其它来源的氮素比例大体为65:30:5。在农田氮素的产出结构中, 土壤侵蚀对农田氮素的输出影响最大, 农田氮素的生物产出次之, 农田氮素的生物有效产出率为34.15%。

关键词: 氮素平衡; 平衡模型; 县域; 甘肃

中图分类号: S143.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0152-07

所谓农田养分投入产出平衡是指农田养分投入与产出之间的平衡差额。当差额接近或者等于零时, 说明投入的各种肥料与作物需要是基本匹配的; 当差额为正值时说明投入大于产出, 当差额为负值时说明产出大于投入。了解区域农田养分平衡变化的趋势和特点, 对于合理调控肥料的施用以及建立高产稳产的农田生态系统具有重要的理论价值和现实意义。

甘肃省地处我国西北部, 位于黄河上游黄土高原、内蒙古高原与青藏高原的交汇地区, 分属黄河、长江、黑河三大水系。甘肃东南部重峦叠嶂, 山高谷深, 山地森林植被较好, 但流水侵蚀强烈; 东中部多为黄土覆盖, 形成独特的黄土高原地形, 沟壑纵横, 植被覆盖较差, 水土流失严重。河西走廊地势平坦, 绿洲与沙漠、戈壁交叉分布, 沙漠、戈壁植被稀疏, 土壤风蚀严重。西南部地势高耸, 气候寒冷, 有现代冰川分布。本文对甘肃省县域农田氮素投入产出进行研究, 旨在了解西北干旱区农田氮素的投入产出状况。

本研究所用的作物产量、牲畜年末存栏量、化肥施用量、耕地面积、实际灌溉面积、农村人口等数据主要由“中国自然资源数据库”提供, 部分数据由《2001年甘肃省农业统计年鉴》补充; 1:100万土壤

图、1:25万土壤侵蚀图由中国科学院南京土壤研究所提供; 1:10万甘肃省土地利用现状图由中国科学院地理科学与资源研究所提供; 降水数据来源于国家气象局; 各项参数参照公开发表的相关文献^[1~4]。

本研究立足于中观层面, 以县为基本研究单元, 借鉴Stoorvogel等从中观角度研究农田养分平衡的思路, 建立县域农田氮素平衡模型, 并应用该模型对甘肃省2000年农田氮素的投入与产出特征进行研究, 揭示其农田氮素投入产出平衡的空间规律性。

1 农田氮素平衡模型的建立

1.1 概念模型的建立

各种来源的养分施入农田后会发生复杂的土壤动力学过程, 农田养分的输出也受很多因素的影响, 因此准确地描述农田氮素平衡的影响机制是比较困难的。为了研究的方便, 可以把整个农田生态系统看作一个“黑箱”, 只考虑影响“黑箱”氮素平衡的投入与产出两个因素, 而不去考虑“黑箱”内发生的复杂的土壤动力学过程。据此, 可建立一个简单的概念模型以阐释县域农田-作物系统氮素的平衡特征:

$$SD_{tn} = \bullet (AR_{\text{输入}} - RM_{\text{输出}} - L_{\text{输出}}) \quad (1)$$

模型中, SD_{tn} 为在时点 tn 处(本研究中指年末)投入

* 收稿日期: 2005-08-30

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-sw-333)

作者简介: 封志明(1963-), 男, 河北平山人, 研究员, 博士生导师, 主要从事国土资源优化配置与区域可持续发展研究, 旁及资源科学研究的理论与方法。E-mail: Fengzm@igsrr.ac.cn

产出氮素的平衡情况,可正可负; $AR_{\text{辆}}$ 为在时间间隔 t 内各种途径输入到农田内的氮素量; $RM_{\text{辆}}$ 为在时间间隔 t 内由作物产品收获和秸秆移走所带走的氮素量; $L_{\text{辆}}$ 为在时间间隔 t 内损失也就是流出农田系统的氮素量。

1.2 影响农田氮素平衡的因素分析

影响农田氮素平衡的因素很多,农田氮素输入的主要途径有:化肥、有机肥(厩肥、秸秆等)、生物固氮、降水、灌溉、种子带入以及农田土壤有机质的矿化等;支出途径主要有:农产品收获、作物秸秆、气体损失(硝化反硝化,氮的氨挥发、植株直接排放含氮气体等)、淋溶渗漏径流以及土壤侵蚀等。在影响农田氮素平衡的因素中,化肥、有机肥、作物收获与秸秆以及氮肥各种形式的损失对氮素平衡结果影响最大。在农田氮素循环过程中,气体损失、淋溶、土壤侵蚀所携带的氮素流出系统后几乎是不可逆的,很难重新回到农田当中。另外,农产品收获以及作物秸秆移走所携带的养分也有很大一部分不能回到农田中去,这种循环的结果势必导致农田-作物系统中的氮素越来越少,因此为了维持农田肥力的持续稳定,对农田不断进行外源物质的投入是非常必要的。经过分析初步确定了6个氮素输入项6个氮素输出项。

1.2.1 输入因素的数据处理及参数确定

(1) 输入因素1——化肥(IN_1)

指在本年度内实际用于农业生产的氮肥数量,包括化肥和复合肥。每个县化肥氮的投入数据相对来说比较容易获得,该数据由“中国自然资源数据库”提供,在此不多赘言。复合肥贡献的氮量按照《农业技术经济手册》上描述的各类氮素含量的算术平均值(11%)乘复合肥总量计算得到^[5]。

(2) 输入因素2——有机氮肥(IN_2)

有机肥来源主要有牲畜、家禽(鸡、鸭、鹅等)、人的排泄物以及秸秆还田、绿肥等。牲畜分为猪、羊以及大牲畜(包括牛、马、骡、驴等),在数量计算时主要考虑这些牲畜的年末存栏量。为了计算的方便,根据统计年鉴的分类将所有的大牲畜列为一类,以马为代表计算年排泄量。由于无法直接获得家禽年末存栏的数量,根据统计年鉴上给出的年内禽肉的产量来反推家禽的饲养量,本研究以鸡为代表进行计算。近年来,随着城市规模的扩大,城市近郊农地越来越多地转为非农业用地,城市粪便运到农村的距离越来越远,加之现在城市人口粪尿的处理采用新技术以及出于环卫的考虑,人粪尿用于农业的量越来越少^[6,7],在此忽略不计。本研究中只计算农村年末人口的排泄量。

其中

A 人粪尿氮素量=成年人口数×每人每年排

泄量所含氮量×收集利用率。

B 大牲畜粪尿氮素含量=大牲畜年末存栏头数×每头大牲畜每年排泄量所含氮素×收集利用率。

C 家禽粪便氮素量=家禽数量×每只家禽每年排泄量所含氮素×收集利用率。

氮的收集利用率按大牲畜28%,猪36%,羊14%,鸡36%^[4]。对于纯牧区县牛、羊粪尿无法收集提供农区利用,故不计算在内,对于半农半牧区的县,牛、羊粪尿的收集利用率用其他农区收集利用率的70%折算^[4]。

农作物秸秆还田量按稻秆30%,麦秸45%,玉米20%计算^[4]。考虑到秸秆还田有一定比例是通过草木灰的方式还田,在这一过程中有相当部分的氮素散失掉。同时厩肥在积制过程中也会损失氮素。因此本研究中计算有机肥投入时在毕于运推荐的基础上再乘0.7的系数,作物根茬不计入投入也不计入产出。

有机肥输入的氮素总量用公式表示为:

$$IN_2 = 0.7 \times \sum (ILQ_i \times IR_1 + IPQ_i \times IR_2 + IPEQ \times IR_3 + ISO_i \times IR_4) \quad (i = 1, 2, 3, \dots)$$

其中, ILQ_i :牲畜的排泄物数量; IR_1 :牲畜排泄物的氮素含量; IPQ_i :家禽排泄物的量; IR_2 :家禽排泄物的氮素含量; $IPEQ$:农村人口排泄物的量; IR_3 :人排泄物的氮素含量; ISO_i :秸秆还田部分的数量; IR_4 :秸秆的氮素含量。

(3) 输入因素3——生物固氮(IN_3)

甘肃省豆科作物和绿肥的种植也有很大比例,豆科作物的生物固氮量也是农田氮素补充的重要来源之一。由于数据获取的缘故,绿肥部分不记入投入也不记入产出。农田氮素输入的途径主要包括共生固氮和非共生固氮。本研究中生物固氮主要考虑大豆的生物固氮,按照鲁如坤等的研究,生物固氮量=0.043×经济产量^[3]。在本研究中由于数据源的问题生物固氮的数量没有考虑蚕豆、豌豆、绿豆、赤豆、豇豆等豆科杂粮的固氮量,因而该值应该偏低。

(4) 输入因素4——降水携入(IN_4)

干湿沉降主要指由降水带进农田的养分和空气灰尘的降落而带进农田的养分,另外还包括露、霜以及雾等沉降带进农田的养分。由于干沉降所携入养分的数据难以获取,此处只考虑湿沉降也就是降水带进农田的氮素。应用FAO推荐的湿沉降携入氮素模型^[8]: $IPR = 0.14 \times \overline{RF}$,此处: IPR 的单位为 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; RF 为年均降水量(mm)。

根据国家气象局提供的站点数据在Arcinfo下插值得到甘肃省降水分布图,然后与甘肃省土壤图叠加,得到发生在耕地上的降水分布图,然后再用甘

肃省县界图对降水分布图进行区域运算,即可得到各个县的年均降水量,然后计算得到 IPR ,用 IPR 乘各个县的耕地面积即可得到由于降水而带进的氮素量。

(5) 输入因素5——灌溉携入(IN_5)

在灌溉耕作区,由灌溉水所携入到农田中的氮素对氮素的投入产出平衡也是一个重要影响因素。相关研究表明,由灌溉进入农田的氮素为 $2.52 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [9]。

(6) 输入因素6——种子携入(IN_6)

根据杨学云在西北地区的调查研究,由种子携入的氮素为 $2.5 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [10]。根据调查,本研究中,按照水稻 $7.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$, $60 \text{ kg}/\text{hm}^2$, $15 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 计算携入的氮素数量。

1.2.2 输出因素的数据处理及参数确定

(1) 输出因素1——作物产品收获(OUT_1)

作物品种不同,在作物产品收获时从农田中所携走的养分数量也不相同,关于各类作物产品养分含量的参数在文献中报道的比较多。本研究中计算 OUT_1 的公式为:

$$OUT_1 = \sum OP_i \times OR_{1i} \quad (i=1, 2, 3, \dots)$$

其中, OP_i 为各类农产品产量; OR_{1i} 为各农产品的养分含量。

(2) 输出因素2——作物秸秆移走(OUT_2)

从农田中移走的作物秸秆(秸秆)的数量可以根据文献中推荐的作物的籽实与茎秆的比例大体估算得到,然后再用秸秆的量乘上其养分含量即可。计算 OUT_2 的公式可以表示为:

$$OUT_2 = \sum OS_i \times OR_{2i} \quad (i=1, 2, 3, \dots)$$

其中: OS_i 为作物秸秆的产量; OR_{2i} 为秸秆的养分含量。

(3) 输出因素3——淋溶渗漏(OUT_3)

对氮素来说,淋溶渗漏是一个重要的损失途径。但是氮素渗漏淋溶的区域尺度上的数据很难获得,因此人们在研究氮素的损失部分时将淋溶渗漏损失与其它损失项合并在一起计算 [11]。为了计算氮素的渗漏淋溶损失,结合专家意见我们综合了近年来在试验点上得到的试验数据取其值为 $11.75 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [11~13]。

(4) 输出因素4——气体损失(OUT_4)

氮素的气体损失主要经过两个过程:反硝化和挥发。反硝化主要发生在厌氧条件下,但是所谓的厌氧条件不是绝对的没有氧,而是在相对缺少氧的条件下就会发生氮的反硝化反应。在潮湿的气候环境中,高施肥量和粘性土壤里,氮素的反硝化反应会比较严重。氮素的挥发主要是指氨水的挥发。在一般情况下,在研究氮素的气体损失时很少将反硝化和

氨水的挥发两个损失途径分开来考虑。在国内的研究认为,氨挥发所损失的氮量一般占施氮量的10%以下,但在有利于氨挥发的情况下,其损失量可达40%~50%,为氮肥损失的主要途径 [14]。

FAO在计算农田养分平衡时对氮素气体损失回归模型 [10] 为:

$$OUT_4 = 0.025 + 0.000855 \times P + 0.117 \times O + 0.13025 \times F$$

式中, OUT_4 单位为 kg/hm^2 ; P 为年均降水量(mm); F 为农田中化肥氮和有机肥氮的施入总量($IN_1 + IN_2$) (kg/hm^2); O 为土壤有机碳含量(%)。

一般情况下土壤有机质和有机碳的换算关系为,有机碳=有机质 $\times 58\%$ [15],土壤有机质的本底含量来源于全国1:100万土壤图。

(5) 输出因素5——土壤侵蚀(OUT_5)

土壤侵蚀主要包括风蚀、水蚀、冻融侵蚀和重力侵蚀等。甘肃省西部地区主要的侵蚀类型为风力侵蚀,东部主要为水力侵蚀,另外在东部极少数地区也存在冻融侵蚀。根据1:100万土壤图得到研究区域的氮素本底含量;将1:25万土壤侵蚀图与耕地图以及县界图依次叠加,得到发生在耕地上的土壤侵蚀,然后ArcGIS下进行运算,即可得到由土壤侵蚀所带走的氮素数量。

需要说明的是土壤侵蚀的过程是连续的,土壤氮素的投入从多年时间序列上来说也是连续的,根据土壤氮素的值计算氮素侵蚀量是偏低的。此处计算土壤侵蚀携走氮素时,只是考虑了发生在山地水田、丘陵水田以及旱地(山地、丘陵以及大于25度的坡地)上的侵蚀。甘肃西部地区主要以未利用土地为主,土地类型主要为戈壁、沙地、裸土地、盐碱地及裸岩石砾地等,耕地极少。受数据的限制,没有考虑在这些地区由土壤风力侵蚀所带走的氮素。

(6) 输出因素6——径流损失(OUT_6)

径流损失主要指的是在灌溉过程中养分随水流走的部分,在西部地区灌溉量低,土壤侵蚀量大,因此在本研究中不考虑径流损失,在理论上径流损失部分合并到土壤侵蚀部分中去。

1.3 县域农田养分投入产出平衡模型的建立

综合以上分析,得到县域农田氮素投入产出平衡模型:

$$SD_m = (IN_1 + IN_2 + IN_3 + IN_4 + IN_5 + IN_6) - (OUT_1 + OUT_2 + OUT_3 + OUT_4 + OUT_5)$$

根据上述模型,以县为单元,系统评价了甘肃省农田氮素的投入与产出结构及其产投水平,进而揭示了甘肃省农田氮素平衡的空间规律性。

2 甘肃省县域农田氮素平衡特征及其空间规律性

2.1 甘肃省农田氮素投入结构与空间特征

研究表明,2000年甘肃农田养分投入以化肥为主,有机肥次之。化肥、有机肥与其它投入对农田氮素投入的贡献比例大致是65:30:5(表1)。这种肥料的投入结构特点说明,虽然化肥在整个甘肃省肥料投入结构中所占比重最大,但是也不能忽视有机肥投入对于改善肥料投入结构的影响。

进一步讲,在县域水平上有15个县域单元的有机肥投入占氮肥总投入的比重超过了50%(图1a),其中有机氮肥比重过2/3的县域单元有10个。有机氮肥比重超过50%的县域单元主要分布在祁连山地南侧一线和甘南地区,另外甘肃北部蒙古族自治县以

及陇北的环县有机肥比重也超过50%。有56个县域单元的化肥投入占氮肥总投入的比重超过50%(图1b)。其中化肥比重超过2/3的县域单元有31个,集中分布在河西走廊地区,另外在陇中黄土高原区也有零星分布。

表1 农田氮素的投入量与比例关系
Table 2 The input quantity and proportion of nitrogen in cropland

项目 Item	化肥 Chemical N	有机肥 Organic N	其它 Others	总量 Total
数量(10^4 t) Quantity	31.5	14.5	2.5	48.5
比例(%) Proportion	64.8	29.8	5.4	100

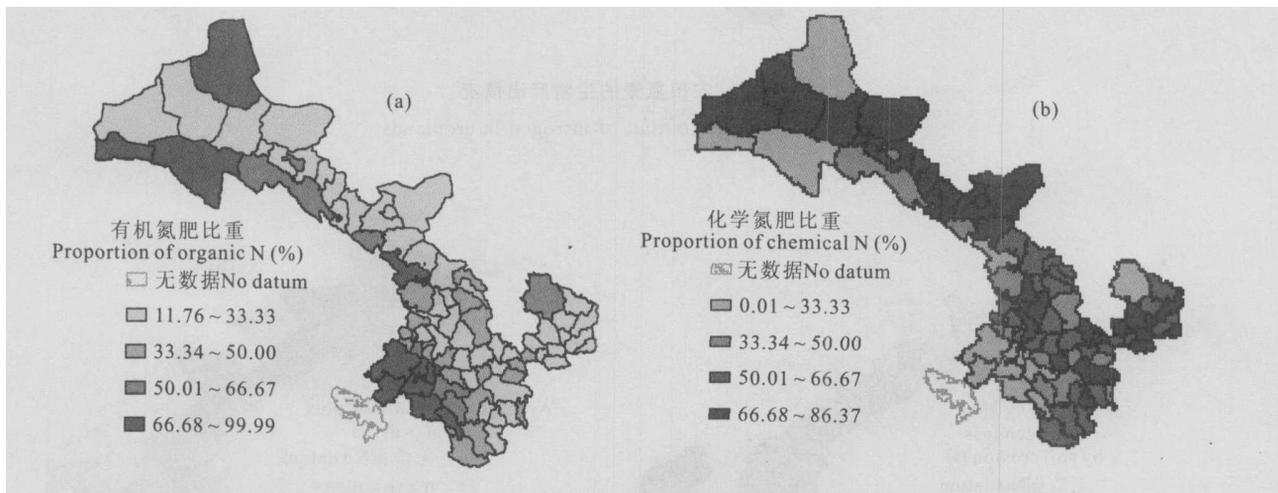


图1 有机氮肥和化肥氮的投入占氮肥总投入的比重

Fig. 1 Proportion of organic nitrogen and chemical nitrogen

2.2 甘肃省农田氮素产出结构与空间特征

研究表明,2000年甘肃省农田氮素总产出以土壤侵蚀为主,生物产出次之(表2),可见在甘肃省农田土壤养分由于土壤侵蚀而导致的损失是非常巨大的,应该引起足够重视。

土壤侵蚀、生物产出、气体损失、淋溶渗漏对氮素产出的贡献比例大致是49:34:10:7(表2)。

表2 农田氮素的输出量与比例关系

Table 2 The output quantity and proportion of cropland nitrogen

项目 Item	土壤侵蚀 Soil erosion	生物产出 Biomass output	气体损失 Gas loss	淋溶渗漏 Leakage	总量 Total
数量(10^4 t) Quantity	29.4	20.4	6.1	3.9	60
比例(%) Proportion	49.13	34.15	10.12	6.59	100

在氮素的所有产出中,生物产出是有效的,我们称之为氮素的有效产出。有效产出率可以由氮素的生物产出/氮素总产出 $\times 100\%$ 计算。据此,2000年甘肃省农田氮素的生物有效产出率为34.15%,总的生物产出趋势是东部地区高于西部地区(图2a),但是单位生物产出却是西部地区高于东部地区(图2b)。造成这种情况的原因估计是由于甘肃省东中部地区土壤侵蚀严重,造成大量氮素损失所致(图3)。

甘肃西部地区耕地稀少,多为戈壁、沙漠、盐碱地等,侵蚀类型以风力侵蚀为主,受资料的限制,本文没有计算风力侵蚀对土壤氮素平衡的影响。

2.3 甘肃省农田氮素平衡特征与空间规律性

研究表明,甘肃省2000年农田氮素总投入为 48.52×10^4 t,氮素总输出为 59.87×10^4 t,亏缺 11.35×10^4 t,亏缺率为23.4%,其地力的维持是以损耗

农田土壤氮素为代价进行的。但是在县域水平上却不是每个县域单元农田氮素都处于亏缺状态,在县域尺度上,氮素平衡的整体盈亏趋势是东部亏缺,亏

缺率大体在10%~200%之间,西部盈余(图4),盈余率大体在10%~60%之间。

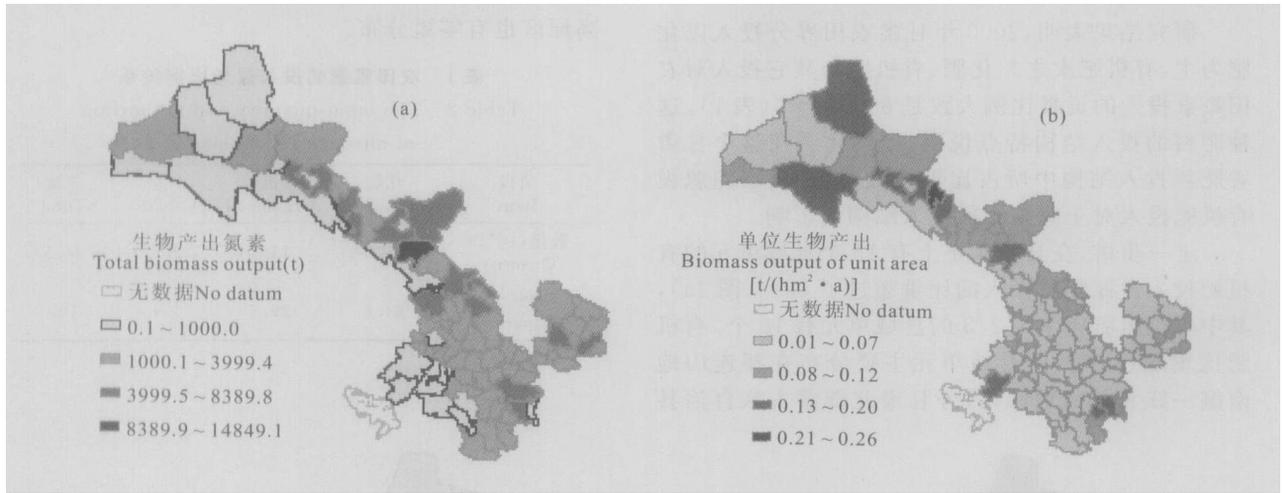


图2 农田氮素的生物产出情况

Fig. 2 Biomass output of nitrogen in croplands

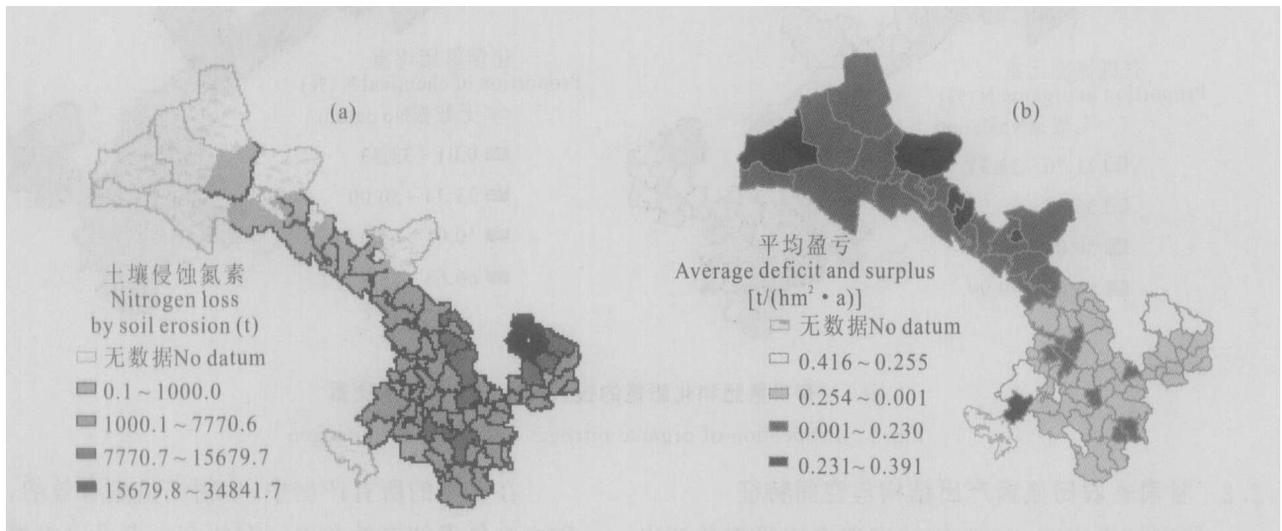


图3 土壤氮素侵蚀情况

Fig. 3 Nitrogen loss by soil erosion

图4 县域农田氮素平均盈亏情况

Fig. 4 Average deficit and surplus of nitrogen

研究认为甘肃东部氮素亏缺的主要原因不是氮素投入不足(图5a),投入量一般为 450 kg/hm^2 ,而是由于甘肃东中部地区大都为黄土覆盖,沟壑纵横,植被覆盖较差,水土流失严重,导致了大量土壤养分的损耗(图3)。据估算,仅由于水土流失,甘肃省每年携带走的氮素就达 $29.4 \times 10^4 \text{ t}$,主要发生在甘肃东中部地区。甘肃西部地区耕地稀少,多为戈壁、沙漠、盐碱地等,在化肥尤其是有机肥投入数量一定的情况下,单位耕地面积上分摊的肥料数量多。这种现状导致甘肃西部氮素投入普遍盈余。

3 结论与讨论

通过分析影响农田氮素平衡的因素,确定了6个投入项,5个输出项,建立了甘肃省县域农田氮素平衡模型。根据建立的县域农田氮素平衡模型,研究了2000年甘肃省县域农田氮素的平衡情况,结果表明:

- (1) 在省域水平上,甘肃省农田氮素总投入为 $48.52 \times 10^4 \text{ t}$,投入以化肥为主,有机肥次之。化肥、有机肥与其它来源的氮素比例大体为 65 : 30 : 5。
- (2) 在省域水平上,甘肃省农田氮素总产出为 $59.87 \times 10^4 \text{ t}$,以土壤侵蚀携带走的氮素为主,其次为

生物产出、气体损失和淋溶渗漏损失,氮素的有效产出为 $20.4 \times 10^4 \text{ t}$,有效产出率为34.15%。土壤侵蚀、生物产出、气体损失与淋溶渗漏对氮素产出的贡献,其比例大致为49:34:10:7。

(3) 在省域水平上,甘肃省农田氮素处于严重的

亏缺状态,亏缺量达 $11 \times 10^4 \text{ t}$ 。但在县域水平上,甘肃西部的祁连山地、河西走廊以及河西走廊以北地带农田氮素普遍盈余,甘肃东中部地区土壤氮素处于损耗状态。

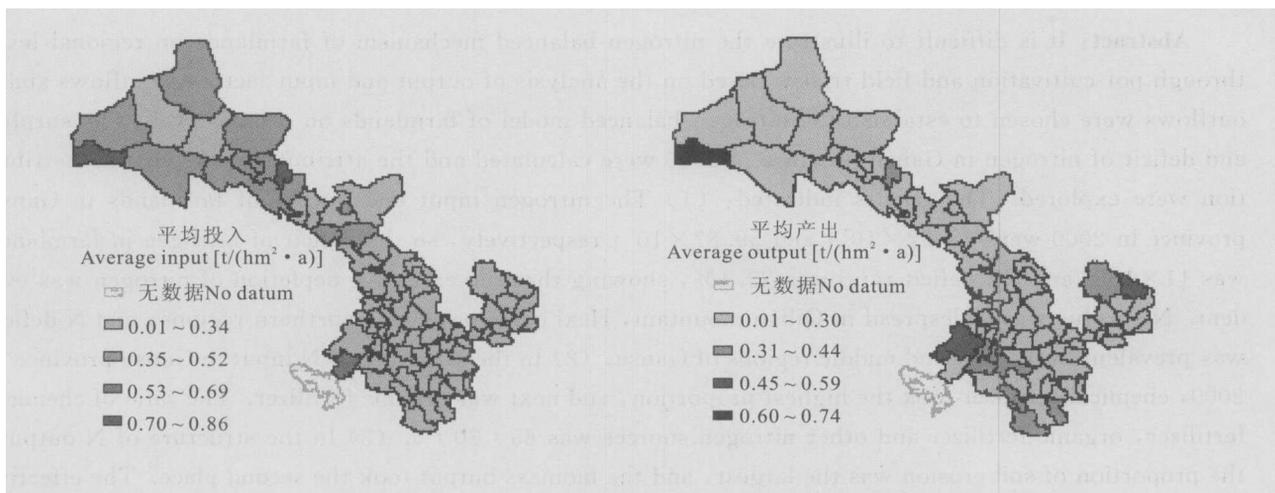


图5 县域农田氮素的平均投入与平均产出情况

Fig. 6 Average input and output of nitrogen of cropland on county level

(4) 虽然有越来越多的证据显示化肥对作物增产有巨大作用,但是也不能忽视有机肥对于改善甘肃省县域农田氮素的平衡关系所起的重要影响,应该加强有机肥尤其是厩肥和秸秆还田的数量,这对培肥地力、改善农产品品质、节约农民购买化肥的开支以及减少农田生态系统养分循环对外源物质的依赖意义重大。

农田氮素平衡研究是从宏观上研究农田氮素投入与产出之间的差额,属于养分资源综合管理的范畴。过去人们更多的注重养分资源的微观研究,试图通过田间试验来模拟或揭示养分在土壤内部复杂的动力学过程。但是这种点上的试验很难解决区域尺度上的养分变化机制。本研究从农田氮素投入与产出之间的平衡关系入手,研究县域农田氮素的平衡盈亏问题,为养分资源的宏观研究提供了一个思路。存在的主要问题是,宏观研究涉及的数据项比较多,资料的获取较为困难,需要多个部门与专业的协作。

参考文献:

[1] 骆志明. 农业生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
 [2] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
 [3] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出

版社, 1998.

[4] 毕于运. 中国耕地[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
 [5] 《农业技术经济手册》编委会. 农业技术经济手册[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
 [6] 陈朱蕾, 唐赢中. 中国城市粪便处理系统发展与问题研究[J]. 环境卫生工程, 1998, 6(3): 125~131.
 [7] 金维继. 粪便农业利用及对策[A]. 中国粪便处理适宜技术研讨会论文集[C]. 1993.
 [8] R N Roy, R V Misra. Review on assessment of soil nutrient depletion and requirements—approach and methodology. <http://www-fao.org>. 2003
 [9] 辛德惠. 浅层咸水型盐渍化低产地区综合治理与发展[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990.
 [10] 杨学云, 张树兰. 陕西省农田生态系统养分循环与平衡研究[A]. 周建民. 农田养分平衡与管理[C]. 南京: 河海大学出版社, 2000.
 [11] 彭奎, 欧阳华, 朱波. 农林复合生态系统氮素平衡及其评价——以中国科学院盐亭农业生态实验站为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 252~257.
 [12] 王兴祥, 张桃林, 张斌. 红壤旱坡地农田生态系统养分循环和平衡[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 335~341.
 [13] 谭宏伟, 周柳强, 谢如林. 广西农田养分循环与平衡分析[J]. 广西科学院学报, 2000, 16(2): 82~86, 91.
 [14] 蔡贵信, 范晓晖. 土壤氮素和氮肥的有效施用[A]. 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998. 112~151.
 [15] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

Analysis on nitrogen input/output balance in croplands on county level in Gansu province

FENG Zhi-ming^{1,2}, FANG Yu-dong^{1,2}

(¹. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

². Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: It is difficult to illustrate the nitrogen-balanced mechanism of farmlands on regional level through pot-cultivation and field trials. Based on the analysis of output and input factors, 6 inflows and 5 outflows were chosen to establish the nitrogen-balanced model of farmlands on county level. The surplus and deficit of nitrogen in Gansu province in 2000 were calculated and the attributes of its spatial distribution were explored. The results indicated: (1) The nitrogen input and output of farmlands in Gansu province in 2000 were 48.52×10^4 t and 59.87×10^4 t respectively, so the deficit of nitrogen in farmlands was 11×10^4 t and the deficit ratio was 23.4%, showing that the excessive depletion of nitrogen was evident. N surplus was widespread in Qilian mountain, Hexi corridor and its northern regions, and N deficit was prevalent in the east and middle regions of Gansu. (2) In the structure of N input in Gansu province in 2000, chemical fertilizer took the highest proportion, and next was organic fertilizer. The ratio of chemical fertilizer, organic fertilizer and other nitrogen sources was 65 : 30 : 5. (3) In the structure of N output, the proportion of soil erosion was the largest, and the biomass output took the second place. The effective output rate of biomass N in farmlands was 34.15%.

Key words: Gansu province; county level; nitrogen balance; balance model

(上接第147页)

Analysis on land-use/coverage change process and its driving forces on Loess Plateau of east Gansu

ZHANG Xi-biao

(Department of Life Science, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract: By dint of RS and GIS technology, this paper analyzed the quantities, inner structure, types and spatial distribution features of land-use/coverage change (LUCC) on Loess Plateau of east Gansu in the last fifteen years in 20th century, and the driving forces of LUCC were discussed in detail. It was discovered that all types of land-use were decreased to some extent, except for the construction land and grassland. The cultivated land area was decreased by 20691 hm^2 , which was generally fertile land with high quality in plain location and was mainly changed into construction land; the woodland area was decreased by 12269.1 hm^2 , which was mainly changed into grassland, farmland and construction land; the grassland area was increased by 33488 hm^2 , which was mainly derive from the conversion of woodland and farmland; the construction land area was increased by 9278.8 hm^2 in fifteen years. The main driving forces of LUCC on Loess Plateau of east Gansu were the natural factors, the economic development, the population pressure, the adjustment of macro policies, and so on.

Key words: land-use/coverage change (LUCC); GIS; driving force; Loess Plateau of east Gansu