

周健民 主编

农田养分 平衡与管理

Nutrient Cycling
and Management
in Agro-ecosystems

中国科学院南京土壤研究所

 国际钾肥研究所(瑞士)

第九次钾素讨论会论文集



河海大学出版社

中国科学院南京土壤研究所 第九次钾素讨论会论文集
国际钾肥研究所(瑞士)

农田养分平衡与管理

周健民 范钦桢 谢建昌 R.Härdter 编

河海大学出版社

· 南 京 ·

内 容 简 介

本论文集汇集了“中国主要农业生态区农田养分循环、平衡与管理”国际学术讨论会的论文共 75 篇。主要内容有：国内外农田养分循环、平衡与管理对策的综合论述；我国北方、南方地区农田养分平衡与肥料需求的宏观研究；农田养分平衡的定位研究与合理施肥；多年生和经济作物农田的养分平衡状况等。农田养分平衡状况与肥力发展趋势是与农业持续发展密切相关的一个重要方面，本论文集反映了近年来上述方面的研究成果，还提出土壤肥力管理对策，并对今后肥料需求作了预测。这些文章具有一定的理论水平和生产实践意义，可供有关科研、教育、推广和生产管理工作参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

农田养分平衡与管理/周健民主编；范钦桢
等编著. —南京：河海大学出版社，2000.12
ISBN 7-5630-1553-1

I. 农… II. ①周…②范… III. 土壤有效养分-国际学
术会议-文集 IV. S158.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 77211 号

书 名/农田养分平衡与管理
书 号/ISBN 7-5630-1553-1/S·25
责任编辑/朱宪卿 于振江
责任校对/朱 昀 邵 群
封面设计/郭宝林
出 版/河海大学出版社
地 址/南京西康路 1 号 (邮编：210098)
电 话/(025) 3737852 (总编室) (025) 3722833 (发行部)
经 销/江苏省新华书店
印 刷/河海大学印刷厂
开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16 27.375 印张 683 千字
版 次/2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷
印 数/1-800 册
定 价/55.00 元 (册)

前 言

农业是中国国民经济的基础。尽管目前我国粮食供过于求，但从我国的资源现状和人口增长的趋势来看，食物安全仍会是我们在 21 世纪要关注的首要问题。肥料一直是粮食增产的主要因素，要在有限的耕地面积上实现 21 世纪 16 亿人口的粮食安全目标，增加肥料投入以维持高产是必不可少的。然而不当的肥料投入也导致了肥料养分损失增加、增产效率降低、农产品品质下降和环境污染等一系列问题。

这些问题的出现，引发我们去思考现有的施肥模式是否符合农田的养分循环特点？在长期的肥料施用条件下，土壤肥力到底发生了什么样的变化？怎样的施肥模式才能保持农业高产高效和优质生产，又能维持土壤肥力而不破坏生态环境？

要回答这些问题，就要了解现在中国主要农业生态区的养分循环特点和土壤肥力的平衡状况，以便提出更佳的管理措施。正是在这样的背景下，中国科学院南京土壤研究所和国际钾肥研究所合作组织了部分省的有关土壤肥料科技工作者对中国各主要农业生态区的典型地区作了调查与研究，取得了一些第一手的资料。为了在更大的范围内了解全国农田养分的平衡和管理情况，我们两个所又于 1999 年 12 月在海口联合主持召开了“中国主要农业生态区农田养分循环、平衡和管理”的国际学术讨论会，一方面交流项目的调查研究结果，另一方面，也请世界上一些国家和中国的土壤肥料工作者们介绍他们各自的研究成果，会议取得了圆满成功。

为了让更多的土壤肥料工作者和农业决策者们了解中国农田养分的平衡和管理现状，我们又将会议的论文编辑出版，以期对关注这一领域的科研工作者们有所裨益，同时也希望这些论文能引发大家更深层次的思考，以促进我们在这一领域的研究工作，同时又可为中国的农业可持续发展和生态环境建设提供一些参考依据。但限于我们的水平，再加上编辑时间仓促，错误在所难免，敬请读者指正。

编者

2000. 12. 1.

目 录

I 综 合 论 述

全球范围的养分循环和迁移	Adolf Krauss(1)
中东欧转轨时期耕作体系中养分平衡展望	Uebel, E.(10)
多年生植物的养分循环与需求(以油棕为例)	Rolf Härdter(17)
温室生产中营养液的再循环利用	Hillel Magen(27)
硫肥在中国农业持续发展中的作用	D. L. Messick(33)
中国农田生态系统养分平衡状况及管理对策	周健民 陈小琴 谢建昌等(42)
对我国化肥使用前景的剖析	李家康 林 葆 梁国庆等(53)
北方主要种植制度下土壤-作物系统钾素循环与平衡调控	金继运 刘荣乐(61)
中国化肥资源区域优化配置	陈同斌 林忠辉 曹希柏(73)

II 北方地区农田养分平衡与肥料需求的宏观研究

黑龙江省农田养分循环与平衡初探	吴 英 王 英 孙 彬(77)
吉林省农田土壤养分状况分析及化肥需求预测	黄 健 张江潭 刘志文(82)
吉林省6种主要耕作土壤养分状况及探讨	刘振刚 关玉岩(87)
河北省农田养分变化趋势及改善途径	吕英华 秦双月 冯洪恩(90)
山东省肥料使用现状与展望	刘兆辉 江丽华 张玉兰(93)
山东省肥料养分的作物分配去向	马文奇 毛达如 张福锁(98)
山东省农田土壤氮磷钾平衡状况与未来施肥管理运筹	阎 鹏 弭尔禄(103)
山东桓台县肥料投入及土壤养分资源的演变趋势——以小麦、玉米两熟系统为例	张新明 吴文良 崔若立等(108)
河南省农田养分平衡现状与21世纪化肥需求预测	焦 有 李贵宝 段广印等(112)
陕西省农田生态系统养分循环与平衡研究	杨学云 张树兰 王西芳等(117)
甘肃省化肥使用状况及肥料需求预测	李 敏 张树清 秦来寿(124)
河西灌区小麦玉米带田的养分消耗特点与平衡施肥研究	金绍龄(129)
平凉地区农田施肥现状及对土壤养分平衡的影响	周广业 丁宁平 王宏凯等(134)
干旱区绿洲农业中钾素平衡与施肥	王周琼 李述刚(140)
西藏主要农田土壤养分含量与施肥建议	关树森 林大武(143)

III 南方地区农田养分平衡与肥料需求的宏观研究

江苏省稻田养分循环的时空变异	董元华 徐 琪(146)
江苏省农田的养分平衡状况	杜承林 张中一(151)

江苏省“九五”期间土壤肥力动态变化与“十五”期间肥料需求预测	殷广德 刘林旺 许学宏等(156)
上海农田养分平衡的现状与对策	田吉林 汪寅虎(165)
安徽肥料使用、农田养分平衡现状与展望	叶世娟 曹树钦(168)
不同农区和种植制度下施肥的作物产量与土壤肥力效应	叶舒娅 郭熙盛 朱宏斌等(173)
湖北省农田钾素循环、平衡与管理对策	徐能海 李剑夫 张德才(180)
湖南省不同生态区农田养分循环与平衡调查研究	戴平安 聂 军 刘向华等(186)
湖南省土壤监测网点的养分变化状况及成果应用	蒋 平 危长宽 刘子勇等(192)
江西农田氮、磷、钾养分平衡与管理	李祖章 陶其骧 刘光荣等(196)
广东省农田养分平衡的基本状况、改善对策和今后肥料需求预测	张育灿 郑惠典(203)
四川省农田养分循环与平衡的调查研究	冯文强 涂仕华 傅 涛等(208)
重庆主要土壤类型和复种轮作方式的养分平衡状况研究	陈智勇 李 伟(214)
广西农田养分循环与平衡研究	谭宏伟 周柳强 谢如林(220)
广西水稻土主要养分变化趋势及合理施肥研究	李少泉 张皆禄 黄绍富(226)
广西柳江县肥料结构调整与农田养分平衡的研究	覃海斌 陶 胜 韦洁诚等(232)
海南省农田养分状况变化趋势及改善途径	陈 理(236)

IV 农田养分平衡的定位研究与合理施肥

“阶梯式”肥效试验与养分平衡	奚振邦(242)
潮土的施肥效应与养分平衡	钦绳武 顾益初 朱兆良(250)
连续施肥对农田养分平衡的影响	曹一平 王兴仁(258)
高寒半干旱低投入农田养分平衡及合理施肥	刘建玲 李仁岗(264)
长期定位施肥对作物产量与土壤养分平衡的影响	姚源喜 刘树堂 李俊良(272)
旱地农田集约种植及养分管理	郭智芬 曾汉庭 黄 敏等(278)
红壤性稻田养分平衡的定位研究	赖庆旺 李茶苟 赖 涛等(284)
施肥对红壤稻田氮磷钾硫平衡的影响	姜丽娜 詹长庚 符建荣等(289)
长期施用化肥和有机肥的后效及其对土壤养分的影响	孙庚寅(296)
优化肥料结构促进稻田土壤生态良性循环	任祖淦 陈玉水 唐福钦等(300)
在农业持续发展中对秸秆还田的新认识	阎 飞 韩丽梅 杨振明(306)
有机肥料的合理使用与发展对策	周德兴(309)
秸秆还田对土壤理化性状及产量的影响	衣桂花 耿新高 于诗江等(315)
玉米秸秆不同还田方式培肥机理研究	秦双月 冯洪恩 孙育强(318)
降水和灌水中养分及其在农业中意义的研究——以白银市兴堡子川干旱区为例	芦满济 霍 琳 水 蓉等(325)
绿肥-猪-沼肥-水稻复合生态系统中氮的循环与转化	张美良 刘经荣 吴建富等(329)

黄土高原沟壑区不同施肥条件下土壤剖面中矿质氮的分布特征	郭胜利 党廷辉 郝明德(335)
纸坊沟小流域土壤氮素分布、流失及其防治途径	郑剑英 张兴昌 吴瑞浚等(341)
连续施肥对土壤磷钾组分变化的影响	张漱茗 于淑芳 刘光栋等(347)
河北省农田轮作中钾素循环与平衡的定位研究	刘宗蕻 邢 竹 郭建华等(355)
山西省晋南麦区土壤钾素状况与小麦施钾效应	刘银忠 张藕珠 贺玉柱等(358)
长期施钾对稻麦油产量和土壤肥力的影响	何才富 孙锡发 邱古彬(362)
启东市土壤速效钾的下降与对策研究	朱裕超 陈雪平 朱建生等(368)
浙江省红壤地区耕地土壤硫素平衡以及施硫对油菜的增产效应	孟赐福 马军伟 李超英等(372)
大豆连作胁迫下微量元素的营养障碍及其调控	韩丽梅 鞠会艳 阎 飞等(378)
黄土丘陵区施钼与作物产品品质关系的研究	李芳亭 鲁 强 杜文才等(385)
冬小麦优化施肥模型研究	武雪萍 吴俊兰(388)
河南省某些土壤上小麦施用钼肥的效应	陈万勋 孙笑梅 江新社等(392)

V 多年生和经济作物农田的养分平衡状况

中国典型茶区养分循环与施肥效应评价	阮建云 吴 洵(395)
天津市菜园土壤养分平衡及施肥调控	周艺敏 张金盛 黄 峰等(401)
我国热带土壤植胶后肥力变化与胶树平衡施肥	林钊沐 黎仕聪 茶正早等(407)
海南岛热带果树作物的养分状况与管理	谢良商 潘顺秋 张 文(414)
海南芒果园土壤肥力、树体养分状况评价及施肥对策	韦家少 张如莲 邹冬梅(421)
热带牧草与草地可持续利用研究	漆智平 唐树梅(426)

I 综合论述

全球范围的养分循环与迁移

Adolf Krauss

摘要 在农业生态系统的不同层次中都发生着养分的循环与迁移,也就是说养分循环可以发生在植株中、土壤中,发生在农田系统中,养分的迁移可以跨越地区的界限、国家的边界。养分循环中一个重要的方面就是养分的输入与输出之间的平衡。不同地区之间、地区的不同发展阶段之间、不同的经济状况下,养分的平衡状况有着很大的不同。钾的供应通常较为短缺,一般处于负平衡状况,因而对产量的形成和粮食的安全保障有一定的影响。

在生命发展初期、农业的早期阶段,养分循环就已经发生了。从规模和影响力方面可以将养分循环区分为好几类(图 1):从微观水平的植株或根际范围内的养分循环,到一个农田系统的养分循环,直到跨越国界的养分的迁移。接下来将对农业生态系统中不同类别的养分的流动作一番探讨。

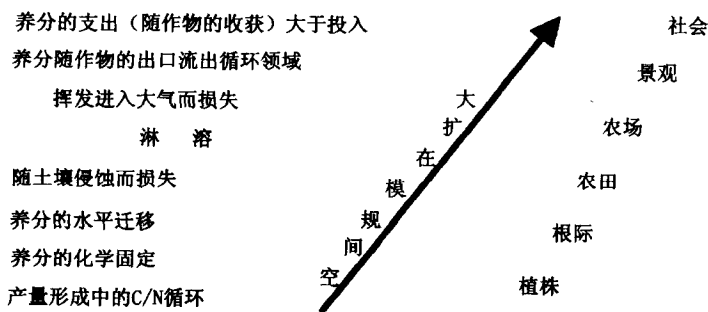


图 1 不同规模的农业生态系统中养分有效流动过程中存在的几类问题

(资料来源:据 van Noordwijk, 1999)

1 植株及根际的养分循环

除细胞水平的养分交换外,C、N 循环还对产量的形成有着直接的影响。如同 Marschner 等(1996)所指出的那样,N 由根系吸收后运移到幼嫩部位并进行代谢。作为交换,同化作用产生的 C 由上往下又运移至根部及贮藏器官,如块茎、籽实等。K 在 C/N 循环中起着“泵”的作用。如图 2 所示,K 作为反离子伴随 NO_3^- 由木质部向幼嫩部位迁移, NO_3^- 在幼嫩部位将进行代谢。同时,在幼嫩部位将产生碳架结构的苹果酸盐,部分苹果酸盐将和 K —

起移向根部,苹果酸盐将氧化,从而产生 KHCO_3 ,以代换 KNO_3 。缺 K 会抑制 NO_3^- 的迁移,导致根部硝酸盐的减少和氨基酸的积累,这些信息的反馈就会使根系对 N 的进一步吸收受到抑制。此外,根部积累的 C 同化物会对产量的形成有一定的限制。缺 K 引起的 N 的吸收减少降低了 N 肥的利用率,从而降低了 N 肥使用的经济效益。根际多余的 N 可能会淋失或挥发,增加环境负担。供 K 不足时植物并不会迫于无奈而增加对 N 的吸收。

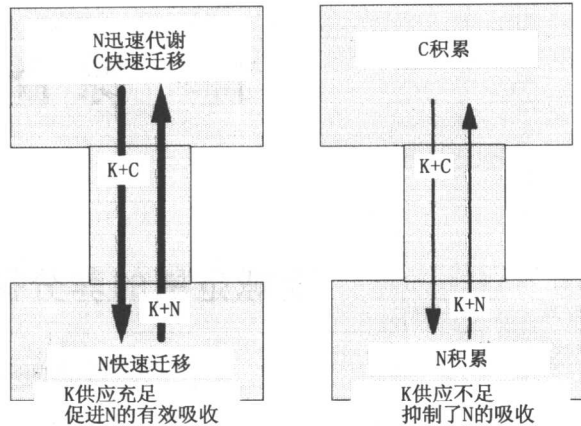
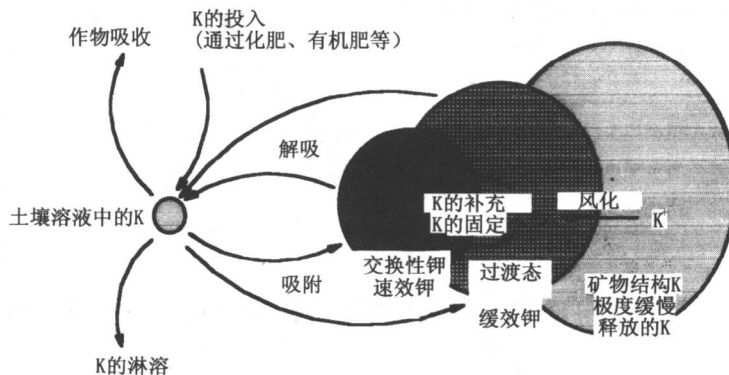


图2 植株的钾素营养与养分循环

(资料来源:据 Marschner 等,1996)

不同形态的土壤钾之间的转换过程是土壤微观水平下的养分循环的一个典型例子。土壤中的 K 可分为溶液中的 K、交换态 K(也称“速效性 K”或“可交换性 K”)、缓效性 K(或非交换性 K)、矿物结构 K(如图 3)。

在动态变化过程中各部分是互相关联的。因吸收或淋溶而从溶液中移走的 K 可以由可交换性钾进行补充。钾素供应充足的土壤释钾速率较大,可以使溶液中 K 的损失很快得到缓冲。随着可交换性钾的减少,溶液中钾的补充更多地依赖于缓效钾也即非交换性钾的释放。但非交换性钾库中释出的钾只占交换性钾位提供的钾的一小部分。因而随着土壤钾的耗竭及由此引起的需要由非交换性部分提供的钾的增多,作物的产量在下降,这是由于非交换性钾的释放强度不能满足作物的高产对钾的需求,矿物结构钾的释入是由风化作用引起的,几乎不能对当季作物的生长有任何贡献。



- 土壤 K 可以分为 4 个主要部分;
- 不同部分之间通过动态过程而互相联系;
- 与 N、P 不同的是土壤中没有长期缓慢释放的有机 K 源

图3 土壤 K 的流动取决于动态的过程

钾肥和(或)有机肥的施用可以促使该反应向相反的方向进行,即土壤溶液中钾的浓度增加,钾浓度的增加则促进了作物对钾的吸收,在钾极为缺乏的土壤中甚至会出现钾的固定。在较为缺钾的土壤上发生钾的固定时,施用一定量钾肥后作物往往并不表现出任何增

产,这常会使人们对这类田间试验产生疑惑。要使土壤极为缺钾的状况得以改变,需要付出的代价是极大的。印度的一些田间试验表明,相对只需 1.2 个单位的钾肥就足以提高土壤钾素水平的钾素肥力状况较好的土壤来说,要使较为缺钾的土壤钾素肥力提高 1 个单位,需要 5 倍多的钾肥(Srinivasa Rao 和 Khera, 1995)。

2 农田系统中的养分循环

农田系统中的养分循环受到一些输入和输出因子的影响(图 4)。养分随化肥、有机肥、沉降作用及生物固氮等进入农田。当用浓缩饲料喂养牲畜时,可以从外源增加养分,此时有机肥作为农田养分的输入因子尤为重要。在灌溉农业区,沉降作用是养分携入的一个重要因子。每 100 mm 含 1 mg/kg 养分的灌溉水可以给每公顷农田增加 1 kg 养分,例如,600 mm 含 1 mg/kg K 的灌溉水可以使每公顷农田增加 30 kg K。

养分的输出主要通过作物的收获、残留物的移走、养分的淋溶、挥发及侵蚀等。侵蚀和淋溶引起的养分损失在很大程度上取决于气候条件。比如在气候潮湿的热带国家马拉维,因侵蚀和淋溶而损失的 K 可达 K 损失总量的 69%。相反,在干旱的非洲撒海尔地带的马里,K 的损失主要由于作物及其残留物的移出。干旱气候条件下侵蚀和淋溶自然不太重要。

一般,当养分的输入多于输出时,养分平衡表现为正值。这表明土壤养分的积累和土壤肥力水平的提高。另一方面,当养分的输出多于输入时,养分平衡就表现为负值,表明土壤养分在减少、土壤肥力水平在下降。

作物的经济价值也对土壤的养分收支平稳有着一定的影响。在肯尼亚,种植茶之类经济作物的农田的养分收支基本达到平衡,每年的毛利超过 120 000 KSh/hm²;玉米之类常规作物的利润相对较小,每年毛利只有 34 000 KSh/hm²,种植这类作物的农田的养分收支呈现较大的负平衡(图 5)。同样,印度旁遮普的农民在种植与小麦和水稻相比利润大得多的马铃薯上投入的钾肥和有机肥也多得多,种植马铃薯的田块上钾的收支为正平衡,而种植谷类的田块上钾的投入则远远低于支出(Tandon 和 Sekhon, 1988)。此外,当收获物的价格要以品质作为基准时,钾素的平衡状况也会好转。印度北部大多种植水稻、小麦之类的常规作物,N、K 肥的施用比可达 27:1。肥料施用的不平衡预示着钾素收支负平衡状况的出现,就像上面所举的例子那样。印度南部多种植品质决定价格的茶、咖啡、胡椒、小豆蔻等经济作物,N、K 肥的施用比为 3:1,表明钾的收支接近平衡。

如前所述,当养分伴随浓缩饲料的使用而从外部进入农田时,农家肥就将在农田养分循环中起着非常重要的作用。例如在德国,养分的收支状况就随牲畜数目的增加而有所改善(图 6)。只长庄稼没养牲畜的耕作农场的养分收支基本平衡,但 P 和 K 的供应已有所不足,也即已出现一定的负平衡。农产品的卖出是这类农场养分流失的重要因素。种庄稼又养牲畜的复合型农场靠内部循环来维持,由于随动物产品的卖出而移走的养分要比作物产品提供的养分少得多,因而这样的农场中养分的收支已表现为正平衡。在典型的饲养动物

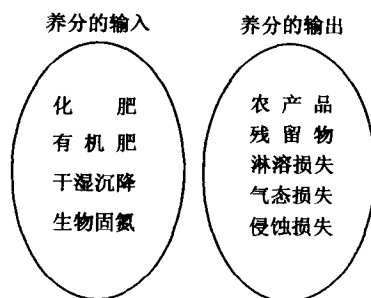


图 4 养分循环过程中控制养分平衡的因素

(资料来源:Stoorvogel 和 Smaling, 1990)

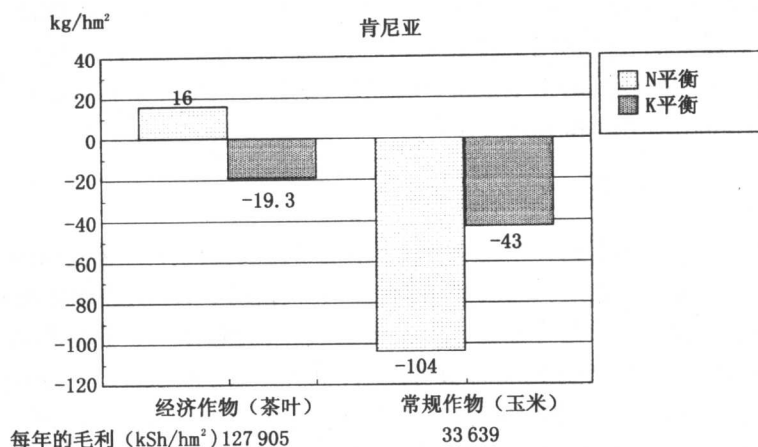


图5 作物的经济价值对农田生态系统中养分平衡的影响(资料来源:Gitari等,1999)

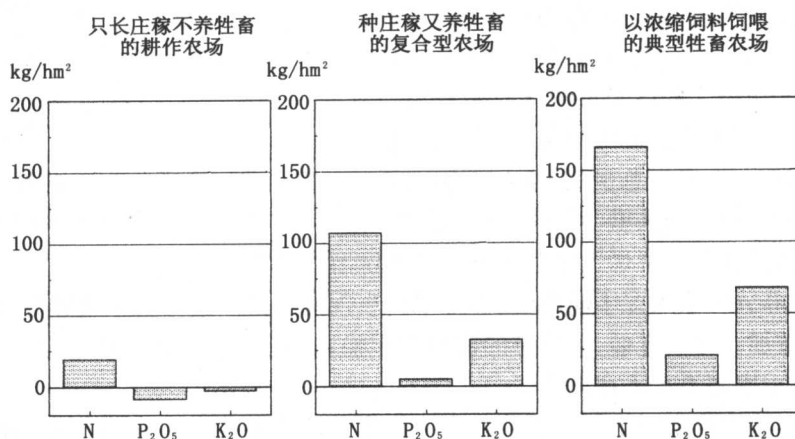


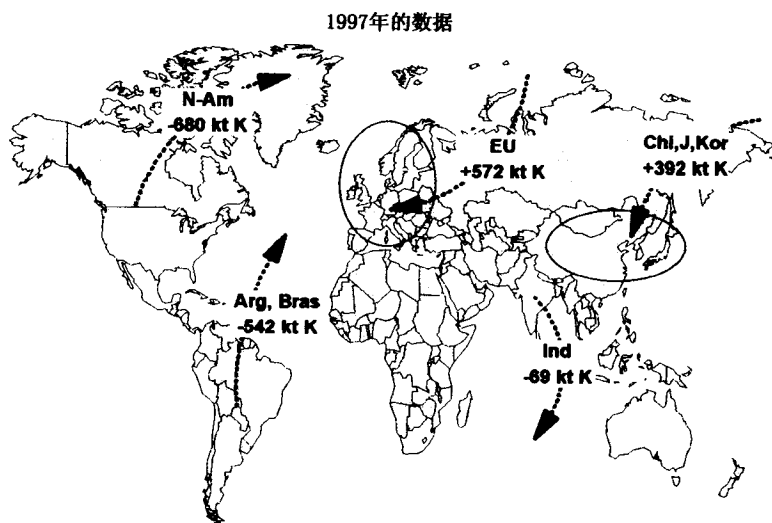
图6 农场体系对养分平衡的影响(以德国为例)(资料来源:Bach等,1997)

的牲畜农场中养分收支正平衡的状况更为明显。浓缩饲料的使用是这样的农场养分输入的主要来源。在典型的比利时奶牛场中就有这样的状况。在那里养分的盈余量相当高,虽由于浓缩饲料的使用而大大减少了化肥的施用(Michiels等,1997)。另一方面,有机肥的使用只是农田自身养分的再循环,也就是说没有从外部得到额外的养分补充,因而不能维持养分的收支平衡。以中东欧国家来说,这些国家的农民们几乎买不起浓缩饲料。牲畜的数量在减少,有机肥中养分的含量也在下降。目前所施用的化肥量只有80年代末改革前的1/3。以捷克共和国为例,该国农田养分的收支不平衡状况已相当严重(Klir等,1999)。

3 全环范围的养分循环

随商品在国际上的流通而发生迁移的养分也是极为可观的。如图7所示,北美洲及阿根廷、巴西通过油籽和油籽饼(即浓缩饲料)的出口,输出了大约120万t的K,相当于250万t的钾肥。甚至印度也通过油籽和油籽饼的出口,输出了将近7万t K,大约相当于15万t的钾肥。以阿根廷为例,这个国家在近10年内通过出口油籽输出了大约300万t的K,与此同

时,对整个国家和所有的作物来说,其输入的 K 比失去的 K 的 1/10 还少,只有 20 万 t(ifc No.3)。随油籽和油籽饼的流通而发生的 K 在全球范围内迁移的最大受益者是欧洲联盟,这些国家输入了大约 57 万 t 的 K,或者说是 120 万 t 的钾肥。中国、日本和朝鲜共输入了 39.2 万 t 的 K。粮食的贸易也可以带来相当可观的养分迁移。阿根廷、澳大利亚、加拿大、美国及欧洲联盟等粮食的主要出口国,随谷类的出口输出了大约 100 万 t 的 K_2O ,大多数都输入了发展中国家。



注: N-Am—北美洲; EU—欧洲; Chi—中国; J—日本; Kor—朝鲜; Arg—阿根廷; Bras—巴西; Ind—印度

图7 K随油菜籽/饼在地区间的迁移网(资料来源:FAOSTAT98)

城市化的过程是养分跨越地区和国家界限进行迁移的一个驱动力。当前,发达国家有超过 3/4 的人生活在城市中。在发展中国家也有同样的趋势,在最近 10 年内,已有一半人进驻城市(图 8)。通常,由于担心污水污泥中重金属和其他有毒物质的污染,随食物流入城市的养分不再回流到农田中,从而就会从养分循环中损失掉。

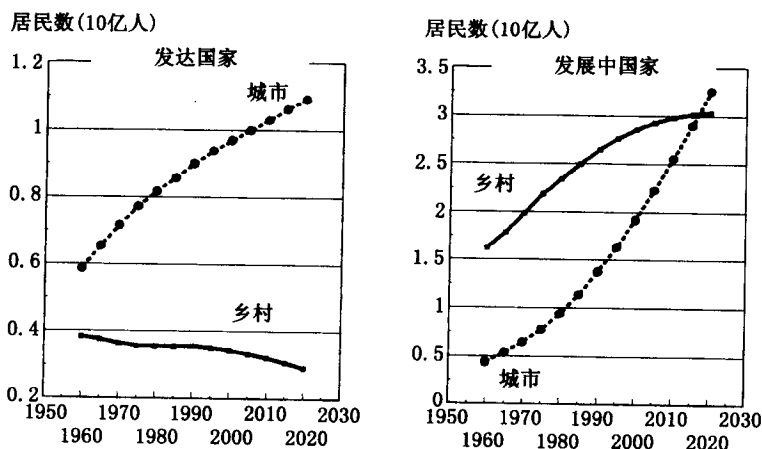


图8 全球人口的发展情况

城市居民吃的肉类、水果和蔬菜都要比农村的人们多。水果、蔬菜及刺激物的输出意味

着约有 40 万 t 的 K_2O 的移出,其中很大部分是运往城里,从而移出循环。

4 地区养分平衡状况的演变

就养分本身和地区而言,养分平衡状况的变化有着显著的区别。在七八十年代,发达国家施肥带入土壤的养分比作物收获而携走的要多(图 9)。就象前面所说的那样,由此而来的养分循环的正平衡意味着土壤肥力水平的提高。但是到 80 年代末,这种状况发生了彻底的改变。发达国家肥料消费急剧下降的原因有如下一些:

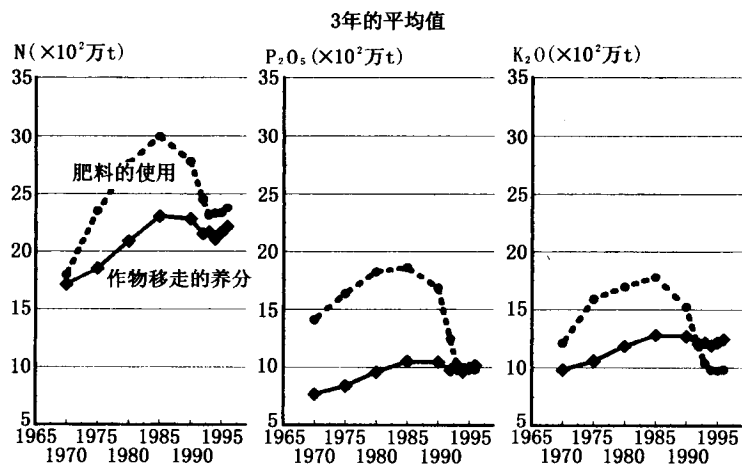


图 9 发达国家肥料使用与作物移走的养分间的关系(资料来源:FAO 年报)

(1) 基于经济学及生态学上考虑的闲置计划,美国或者欧洲联盟之类的“西方”国家农产品价格的低廉;

(2) 中东欧、前苏联的经济变革及由此而导致的购买肥料和其他农用物资的资金缺乏、土地权益的不明确、集体土地重新划分后新土地所有者知识的贫乏。

氮肥的施用似乎已经复苏,而磷肥特别是钾肥的施用带入的养分却抵不上被作物移走的 P、K 的量。

发展中国家养分平衡状况的变化趋势与之完全不同(图 10)。施入 N 的量与作物携走的 N 量相当甚或超出移走的量。以中国为例,大约 1 700 万 t 由作物携走的 N 与 2 360 万 t 的由化肥带入的 N“相当”(1996—1998 年的平均值)。P 的趋势与 N 相似,只是投入输出之间的差距不如 N 明显。P 肥的施用可以促进由作物的收获造成的投入与输出之间的差距的缩小。在中国,施入的 P_2O_5 大约有 900 万 t,随作物的收获移走的约有 800 万 t。

K 的状况则与 N、P 完全不同。被作物携走的 K 比施入的 K 多上若干倍。K 素收支不平衡的状况极为严重。下面列举了一些这方面的例子(其中的数字代表 1996—1998 年的平均值:)

在中国,随钾肥施入的 K_2O 有 310 万 t,但随作物携走的则有 1 700 万 t(如图 11);

在印度,施入的 K_2O 有 120 万 t,随作物移走的有 880 万 t;

在非洲南撒哈拉,钾肥带入的钾有 20 万 t,作物带走的钾有 430 万 t;

在西亚北非地区,施入的钾有 30 万 t,作物移走的钾有 410 万 t。

在中国,钾的表观亏缺每年以大约 25 万 t K_2O 的速率增加,在南亚增加速率为 18 万 t

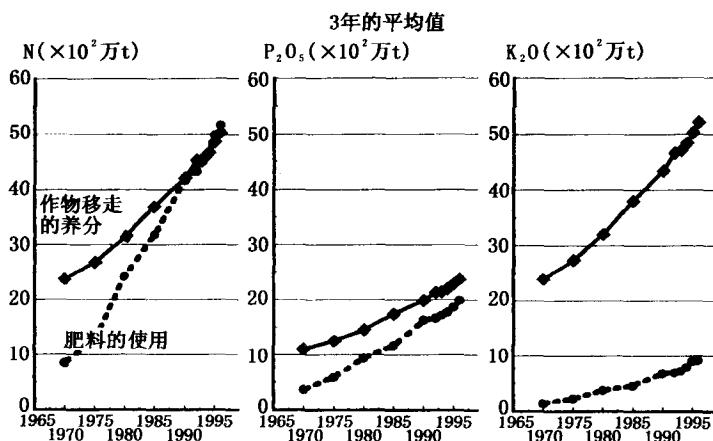


图 10 发展中国家肥料使用与作物移走的养分间的关系

(资料来源:FAO 年报)

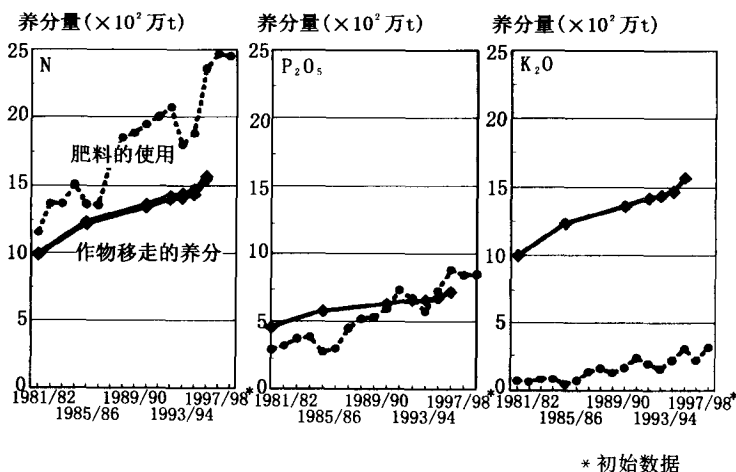


图 11 中国肥料使用与作物移走的养分间的关系(资料来源:FAO/IFA FAO 年报)

 K_2O/a 。

施用有机肥是一种传统做法,特别是在中国。但有机肥的施用并不能补偿由作物的收获造成的土壤钾的巨大损失。假定在中国,由化肥提供的钾占总钾量的 30%,那么有机肥和化肥所能提供的总钾量大约有 1 000 万 t,这仍然比作物携出的总钾量 1 700 万 t 低得多。印度的情况也是如此。Singh 和 Biswas(2000)估计,即使采取一种非常好的方法,所有的有机肥料如农家肥、城市与乡村的废弃物等全都用上也只能满足未来印度农业养分需求的 25%。况且,在发展中国家还普遍流行着将农家肥用作燃料或建材的错误做法。此外,有机肥的养分含量低,其运输、处理和施用也需要花费大量的人力。而且即使在发展中国家,劳动力的代价也越来越让农民负担不起。

5 结果与讨论

通常,从一个封闭的循环系统中移走一些支项要么就会使循环能力削弱,要么就需要一些相应的补偿以维持系统的能量。在养分循环系统中也是如此。与 N、P 相比,K 的状况似

乎更差。钾的缺乏在全球都越来越严重,尽管在不同地区有一定的差别。发展中国家受此影响更为严重。

在发展中国家为什么重施氮肥的不平衡施肥如此普遍呢?这是受氮肥所具有的直接、明显的效应的影响所致。在经济萧条时期,农民资金来源有限,土地的使用权限不明确、使用期限不能得到保障,等等,这些是公认的促使人们首选氮肥的因素。与之相反,钾肥的施用通常并不能对作物的产量产生很了不起的影响。钾肥的作用更为内一些,与品质、抗逆性及其他一些特性有关。但作物高产所需要的钾量往往与对氮的需求量差不多,甚至还会高出对氮的需求量。

钾素循环的负平衡致使土壤钾不断释出,其结果会怎样呢?德国的长期定位试验结果表明,随着土壤钾的不断释出及由此导致的土壤钾素水平的下降,作物的潜在产量与可获得的产量之间的差距越来越大(图 12)。农民们失去了潜在的增产机会。英国的长期田间试验表明,同样施用 144 kg/hm^2 的 N,在钾含量只有 68 mg/kg 的钾耗竭土壤上,大麦的产量只有 2 t/hm^2 ,而在含钾 329 mg/kg 的肥沃土壤上,大麦产量为 5 t/hm^2 (Johnston, 1994)。施肥的不平衡对肥料使用的经济效益及生态环境方面的影响是显而易见的。此外,缺钾作物的品质差,抵抗环境胁迫的能力弱,由此也造成了农业生产中的风险。

这样做的后果是很明显的。我们必须说服农民为土壤钾投资,其经济回报是不错的。举例来说,在印度,农民在钾肥上投资 1 个卢比,水稻的高产可以使他们获得大约 5 个卢比的回报,在大豆上可以有 8~10 个卢比的回报,在马铃薯上则可以超过 15 个卢比。在作物的品质和产量的安全性方面也可以得到实实在在的保证。

我们也必须说服那些地方部门的指导者,请他们为农民及时提供信息,说服那些供肥部门为农民及时提供足量的钾肥,最后但并不是最不重要的一点就是,我们还必须说服那些决策者们去制定出平衡施肥的相关政策和经济框架。

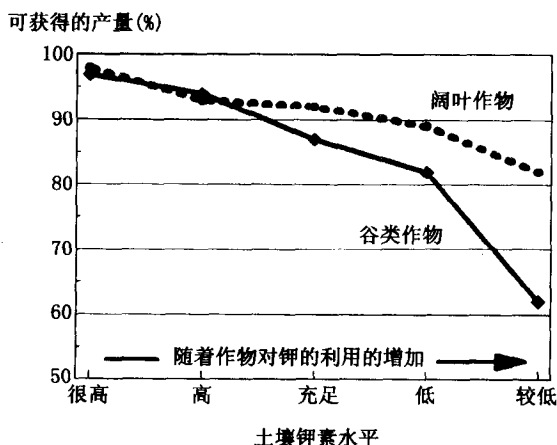


图 12 不同土壤钾素水平下作物潜在产量的损失
(资料来源:据 Kerschberger 和 Richter 年)

参 考 文 献

- [1] Bach, M., Frede, H. G. and Lang, G. (1997): Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanz der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Gesellschaft für Boden- und Gewässerschutz eV, Wittenberg, Germany
- [2] Gitari, J. N., Matiri, F. M., Kariuki, I. W., Muriithi, C. W. and Gachanja, S. P. (1999): Nutrient and cash flow monitoring in farming systems on the Eastern slope of Mount Kenya. In: Nutrient disequilibria in agroecosystems (ed. E. M. A. Smaling et al.), CABI Publishing, pp. 211 ~ 228
- [3] Johnston, A. E. (1994): The Rothamsted classical experiments. In: Long-term experiments in agriculture and ecological sciences (ed. R. A. Leigh and A. E. Johnston), CAB International, pp. 9 ~ 37

- [4] Kerschberger, M. and Richter, D. (1987): Neue Versorgungsstufen (VST) für den pflanzenverfügbaren K-Gehalt (DL-Methode) auf Ackerböden. Richtlinien der Düngung 11, 14 ~ 18
- [5] Klir, J., Vostal, J. and Lipavsky, J. (1998): Plant nutrient balances in Czech agriculture. In: Proceedings of the 11th Int. Symposium on Codes of good fertilizer practice and balanced fertilization, September 27 ~ 29, 1998, Pulawy, Poland, pp. 428 ~ 434
- [6] Marschner, H., Kirkby, E. A. and Cakmak, I. (1996): Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Botany 47: 1255 ~ 1263
- [7] Michiels, J., Verbruggen, I., Carlier, L. and van Bockstaele, E. (1997): In-and output of minerals in Flemish dairy farming: the mineral balance. In: Proc. 11th Intern. World Fertilizer Congress of CIEC on Fertilization for sustainable plant production and soil fertility, September 7 ~ 13, 1997, Gent, Belgium, pp. 695 ~ 702
- [8] Noordwijk van, M. (1999): Nutrient cycling in ecosystems versus nutrient budgets of agricultural systems. In: Nutrient disequilibria in agroecosystems (ed. E. M. A. Smaling et al.), CABI Publishing
- [9] Singh, G. B. and Biswas, P. P. (2000): Balanced and integrated nutrient management for sustainable crop production. Fertilizer News Vol. 45(5), pp. 55 ~ 60
- [10] Srinivasa Rao Ch. and Khera, M. S. (1995): Consequences of potassium depletion under intensive cropping. Better Crops, Vol. 79, pp. 24 ~ 27
- [11] Stoorvogel, J. J. and Smaling, E. M. A. (1990): Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa: 1983—2000. Report 28, The Winand Staring Centre Wageningen, The Netherlands
- [12] Tandon, H. L. S. and Sekhon, G. S. (1988): Potassium research and agricultural production in India. FDCO New Delhi, 144p

(陈小琴译, 谢建昌校)

中东欧转轨时期耕作体系中养分平衡展望

Uebel, E.

(国际钾肥研究所)

摘要 中东欧有约 6.6 亿 hm^2 的耕地面积,需要养活 12.2 亿的人口,还要供应出口。80 年代末之前,在中央计划经济体制下,绝大部分中东欧国家所用的肥料均由政府资助。结果在高施肥条件下,农业生产赶上了西欧国家的水平,农田养分循环呈现正平衡。自 90 年代初以来,随着计划经济向市场经济的转变,化肥与有机肥的投入均显著减少,化肥中 N 肥的施用减少了 55%,磷钾肥的施用各减少 80%,有机肥的施用减少了 30%~50%。农业生产以依赖土壤库存养分的消耗而进行。农田养分循环的负平衡导致土壤养分含量和土壤肥力水平的下降。作物产量下降了约 20%~30%。但在 1993 年、1994 年,由于肥料投入的增加,农作物产量再次出现轻微增长。有利的农业政策、常规的土壤监测及有关的经济、生态和平衡施肥的策略能避免农户更大的损失,并能加速这刚刚开始农业发展。

1 前言

中东欧肥料消费的特点是:60 年代初至 80 年代末,肥料消费急速增长,但自 90 年代初以来,不论是化肥还是有机肥的消费均显著下降。在前一阶段,肥料消费的增长伴随着作物产量和计划经济体制下政府资助肥的巨大增长。在大多数中东欧国家,到 60 年代末养分平衡状况已经从负值变为正值,自 70 年代初开始呈现出增加的趋势。低养分农田的比例在减少,土壤肥力水平在提高。但就那些年看来,有一些土壤养分含量过高,到了令人不满意的程度。

在 90 年代初以来的第二阶段,随着中东欧国家计划经济向市场经济的转变,农民们不得不为生计而奋争,几乎被迫放弃靠增产特别是靠使用肥料获得增产的途径。农业生产依靠对土壤养分库的消耗而进行。农田养分循环的负平衡导致土壤养分含量和土壤肥力水平的下降。自 1993 年、1994 年来,肥料消费重新有了轻微增加。

本文根据一些典型实例,对不同肥料消费水平下的农田养分平衡、土壤肥力水平及作物产量等作了分析,还对未来与肥料有关的经济和生态策略作了一些概括。

2 方法

有关肥料消费的发展,养分的平衡状况,所选中东欧国家的土壤养分供应状况及作物产量状况等的分析均赖于 FAO 官方统计资料和高等院校学者的出版物及其他一些资料。文中还对养分发展的典型趋势及未来需求等进行了讨论。

3 结果与讨论

3.1 农业在中东欧国家的重要地位

农业在中东欧国家国民经济中的地位要比在西欧国家中的地位重要得多。在中东欧国