



YANGFEN ZIYUAN ZONGHESHIGUANLI

养分资源综合管理

张福锁 主 编

马文奇 江荣风 副主编

中国农业大学出版社

养分资源综合管理

张福锁 主编
马文奇 江荣风 副主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

养分资源综合管理/张福锁主编. —北京:中国农业
大学出版社, 2003. 3

ISBN 7-81066-549-9/S · 406

I. 养… II. 张… III. 肥料学 IV. S14

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第107038号

出 版 行 中国农业大学出版社
经 销 新华书店
印 刷 涿州市星河印刷厂
版 次 2003年3月第1版
印 次 2003年3月第1次印刷
开 本 16 印张 15.75 千字 288
规 格 787×980
印 数 1~1 050
定 价: 18.50 元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路2号 邮政编码 100094

电话 010-62892633 网址 www.cau.edu.cn/caup/

编者名单

(按姓氏笔画排序)

马文奇	河北农业大学资源与环境学院	保定	071001
毛达如	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
王圣瑞	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
王兴仁	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
王秋杰	河南农业科学院土壤肥料研究所	郑州	450002
包雪梅	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
巨晓棠	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
申建波	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
刘全清	河北省农林科学院资源与环境研究所	石家庄	050051
刘宏斌	北京市土肥工作站	北京	100101
刘学军	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
危常州	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
同延安	西北农林科技大学资环学院	杨凌	712100
吕世华	四川省农业科学院土壤肥料研究所	成都	610066
江荣凤	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
张福锁	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
李志宏	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
李国学	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
李秋梅	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
李燕婷	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
苏德纯	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
陈伦寿	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
陈范骏	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
陈新平	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
周殿玺	中国农业大学农学与生物技术学院	北京	100094
宝德俊	河南省农业科学院土壤肥料研究所	郑州	450002
范明生	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094

赵同科	河北省农林科学院资源与环境研究所	石家庄	050051
贾小红	北京市土肥工作站	北京	100101
贾良良	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
高 强	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
寇长林	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
曹一平	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
黄生斌	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094
曾长立	中国农业大学资源与环境学院	北京	100094

前 言

这是一本关于肥料与施肥的论文集。其中不仅讨论了我国肥料与施肥研究的一些问题,而且更重要的是把传统的肥料与施肥研究提升到养分资源综合管理的高度进行了讨论。参加本书写作的各位都试图从思路和有关技术上尽可能地向前迈一步,走出单一的施肥,走向综合,就像农业生产本身一样。

营养万物的养分既简单又复杂,简单的是大家天天都在利用它,用它来维持生命,维持生物圈的运行,一切都那么自然,那么顺理成章,似乎没有多少需要研究的;复杂的是如果你想弄清养分在环境中的迁移转化以及生物体吸收利用的各个过程并试图把它的来龙去脉定量化,问题可就不那么简单了。过去大家只知道吃饱了不饿,现在发现吃得太饱了也是一种病;过去我们常笑话西方人虽然生活水平比我们高些,但营养过剩(overeating)给他们生活带来了不少麻烦,而今天我们也为此发愁。提出问题往往是简单的,但要找出解决问题的办法可不那么容易了。本书就是要尝试着理一理这些问题,提出一些解决问题的办法,或者最少也要提出一些思路,希望能对大家有参考价值。

出版这本论文集的想法几年前就有了,但一直觉得不够成熟,因此一拖再拖。有些文章几年前就完稿了,今年不得不重写。即使如此,现在拿出来的还是不甚满意,只能抛砖引玉,欢迎大家提出批评意见。

最后,我们要感谢中国农业大学植物营养系毛达如、陈伦寿、曹一平和李春俭等教授以及米国华、冯固等副教授,他们参与了许多问题的讨论并在论文集修改过程中都给予了帮助。我们要特别感谢王兴仁教授花费了不少时间和心血帮助组织有关讨论和写作工作,刘全清同志一如既往地文字修改和本书编辑工作中做了大量工作,项小菊女士在录入和编辑过程中也做出了自己的贡献,一并表示感谢。也感谢北京市自然科学基金委员会自1994年以来持续不断的资助以及国家自然科学基金委员会多年的资助。感谢国家十五攻关项目“生态农业技术体系的研究与示范”的资助。

编 者

2002. 10. 20

目 录

我国养分资源综合管理研究的意义及重点

..... 张福锁 马文奇 江荣风 王兴仁(1)

养分资源的概念及其综合管理的理论基础与技术途径

..... 张福锁 马文奇 江荣风 王兴仁 巨晓棠(4)

养分资源的宏观管理 马文奇 张福锁 江荣风 王兴仁(15)

养分资源综合管理发展概况

..... 范明生 张福锁 江荣风 马文奇 王兴仁(30)

我国和世界肥料发展概况 马文奇 刘全清 张福锁(40)

中国有机肥资源与利用状况研究进展 包雪梅 张福锁 马文奇(56)

我国粮食作物化肥肥效的演变 王圣瑞 马文奇 张福锁(67)

农田氮、磷、钾养分时空变异和施肥调控

..... 张福锁 王兴仁 巨晓棠 马文奇 王秋杰 寇长林(79)

中、微量元素养分监测矫正施肥技术

..... 江荣风 张福锁 苏德纯 王兴仁(88)

节水型吨粮田动态平衡施肥理论和技术

..... 王兴仁 张福锁 曹一平 陈新平 周殿玺(100)

合理施肥要诀浅析..... 陈伦寿(113)

推荐施肥量的参数校正——再论施肥模型在我国推荐施肥中的应用

..... 王兴仁 张福锁 陈新平 马文奇 申建波 毛达如(121)

精准施肥技术及其在我国的应用前景..... 危常州 张福锁 马文奇(135)

根际生态调控与根际施肥技术..... 李燕婷 江荣风 张福锁(145)

山东省作物施肥现状及其评价..... 马文奇 毛达如 张福锁(156)

东北地区春玉米施肥研究进展..... 陈范骏 高 强 张福锁(168)

我国氮肥施用状况与环境问题..... 巨晓棠 张福锁(179)

土壤、植株快速测试推荐施肥技术体系的研究

.....
黄生斌 李秋梅 刘宏斌 贾小红 赵同科 同延安 宝德俊 吕世华(187)

典型污染物在土壤-作物系统中的迁移积累规律与调控机制

..... 张福锁 江荣风 马文奇 巨晓棠 申建波 刘学军 李国学(205)

附录

我国北方石灰性潮土养分变化趋势和施肥对策

..... 王兴仁 毛达如 陈伦寿 曹一平 张福锁(222)

提高作物养分资源利用效率的生物学途径..... 张福锁 王兴仁 王敬国(237)

我国养分资源综合管理研究的意义及重点

1 研究的必要性

在我国人口继续增加而耕地面积持续减少的形势下,如何在确保农产品数量的同时,提高农产品品质、减少农业环境污染、实现农业由资源消耗型向资源高效型的可持续发展方向转变,增强我国农产品的出口创汇能力及加入 WTO 后的国际竞争力,已成为我国政府和科学家高度关注的重大课题。

养分作为维持植物生长的重要物质,也具有资源的属性。从资源管理的角度来看,养分资源包括了土壤、化肥、有机肥和环境所提供的所有养分,但是近年来,人们只重视化肥的投入,而忽视了其他养分资源的利用。20 世纪 70 年代以前我国农田的养分供给主要依靠有机肥,但随着经济的发展,化肥投入水平迅速提高,70 年代中期化肥的供氮量超过了有机肥,从 80 年代初期开始,化肥的供磷量也超过了有机肥。1999 年,我国化肥生产和消费量分别达到 3 001.3 万 t 和 4 124 万 t,分别占世界 20% 和 30% 左右,是世界第一的化肥生产和消费大国。

我国由于对养分资源综合管理缺乏深入系统的研究,致使资源利用效益不高,环境风险增大。化肥使用方面存在着用量过大、肥效偏低、养分配比和肥料品种结构不合理、地区和作物之间分配不均衡等问题,严重制约了养分资源的高效利用,同时也对生态环境产生了不利的影响。我国每年损失的氮素相当于 4 000 多万吨硫酸铵,价值 300 多亿元(朱兆良,1998),并且单位面积氮素施用量高达 317 kg/hm^2 ,已比发达国家为防止化肥对水体造成污染而设置的安全上限 (225 kg/hm^2) 高出近 45%。据最近估算,我国农田生态系统中仅化肥氮的淋洗和径流损失量每年就约 174 万 t,长江、黄河和珠江每年输出的溶解态无机氮 ($\text{NO}_3^- - \text{N} > 80\%$) 达到 97.48 万 t,成了近海赤潮形成的重要根源。20 世纪 90 年代对全国 131 个湖泊的调查结果表明,67 个湖泊出现富营养化现象,占 51.2%;太湖流域和京津唐地区地下水中硝酸盐含量的超标率分别为 38% 和 50%。

我国每年有大量的有机养分资源没有得到充分利用。据农业部 2000 年统计资料,我国每年秸秆资源总量达 5.5 亿 t,含 N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 493.9 万 t、156.7 万 t、982.5 万 t,总养分为 1 633.2 万 t,其中 N 素养分还田率仅为 47.3%;同时,城

市废弃物、畜牧生产的废弃物等数量巨大,也没有得到有效利用。这些,都进一步增加了污染环境的风险。

此外,土壤作为最大的养分资源库,不仅能提供各种营养,而且还可缓冲养分供应的强度,其养分资源潜力巨大,有待于进一步开发利用。

因此,以土壤——作物相互作用机理及其调控途径研究为基础,以提高养分资源利用效率为目标,以建立我国典型种植体系中的作物营养诊断推荐施肥技术体系为突破口,建立农田养分资源综合管理技术体系,是实现我国农业可持续发展的一条必由之路。

2 国际上的进展

植物养分综合管理(IPNM)是由FAO和一些西方国家于20世纪90年代首先提出的,然而在养分资源管理技术研究方面我国并不落后。中国农业大学植物营养系于1994年就提出了在综合考虑有机肥和作物秸秆管理的基础上,进行化肥养分优化管理的观点。IRRI的Dobermann和White于1999年提出了同样的策略并被美国、德国和IRRI等广泛采用。目前,国际上对养分资源综合管理又提出了一些新的思想,如IRRI的SSNM(Site-Specific Nutrient Management)、FS-NM(Field-Specific Nutrient Management)和能够对水稻生长期氮素营养状况实时监控的SRNM(Season-based Real-time Nutrient Management)法,Rothamsted建立了用于氮素推荐施肥的系统SUNDIAL-FRS并成功地在东南亚、非洲和欧洲推广应用。德国Hohenheim大学开发了作物氮素管理专家系统N-Expert II,亦被广泛应用于蔬菜等作物上,这些技术为氮素的精确管理提供了有力工具。由此可见,我国急需在引进国外先进技术的基础上,通过对农田—农户—区域—全国不同层次的系统研究,建立我国自己的养分资源综合管理技术体系。

3 研究的意义及应解决的关键问题

养分资源综合管理是适应农业可持续发展的需要提出的,是对传统施肥技术的综合、改进和发展,技术本身具有国际先进性,代表了植物营养和肥料科学的发展方向。进一步开展这方面的研究,不但可使我国养分资源管理理论和技术的研究进展跟上国际先进水平,而且也能通过组织全国性协作,建立健全我国养分资源综合管理队伍,培养高水平的年轻学术骨干;也能充分利用我国地大物

博、土壤气候资源多样的特点,将小型农户小规模集约化经营的养分资源循环规律与优化管理方法、农田层次兼顾作物优质高产和资源高效及环境保护的养分综合管理技术以及区域和国家养分管理策略等多个层次上的理论和技术进行综合,以取得国际领先的研究成果并形成能反映中国自然和经济状况且有自己特色的技术体系;同时对于挖掘我国养分资源潜力、提高养分资源利用效率、保证粮食产量、改善农产品品质、实现农业可持续发展具有重要的现实意义和广阔的应用前景。

应解决的关键问题包括:①我国典型农业生产系统中作物—土壤相互作用的机制及提高养分利用率的调控技术;②我国典型土壤——作物系统中养分持续供应能力、养分投入水平和损失状况、环境友好和优质高效的农田养分综合管理技术;③典型区域养分资源利用状况和平衡特征,区域养分资源综合管理技术及推广服务模式;④我国养分资源利用状况和存在的问题,政策、法规和市场调控的机制;建立我国养分资源信息与管理决策支持系统等。

养分资源的概念及其综合管理的 理论基础与技术途径

植物生长发育需要的 17 种必需营养元素,绝大多数也是动物和人类生长发育所必需的。农业生产的根本目的就是通过优化这些养分的循环及能量转化过程来满足人类社会的需求。因此,保持养分的合理循环是农业可持续发展的基础^[1]。单靠农业生态系统中养分的自然循环不仅不能进一步提高系统生产力,还会导致土壤养分的耗竭和肥力下降。对此,李比希(Liebig)在 100 多年前提出了矿质营养学说和养分归还学说,奠定了施用化肥的理论基础^[2]。化肥工业的兴起,使世界农业生产得到了飞跃性发展^[3,4]。随着农业生产对化肥依赖性的不断增强,化肥施用量越来越高,施肥不合理引起的各种不良作用也越来越大^[3,5,6,7,8,9,10],迫使人们对过量施用化肥的弊端及其兴利除弊的技术措施进行深入研究。因此,寻求更好地解决养分投入、作物生产和环境风险之间尖锐矛盾的技术途径,已成为当前国民经济的重大问题和植物营养研究的热点^[11]。基于上述问题,本文提出养分资源的概念与特征,养分资源综合管理的含义、理论基础及技术途径。

1 养分资源的概念与特征

1.1 养分资源的概念

植物生产所需要的养分都具有资源的属性,因此我们把植物生产系统中,土壤、肥料和环境中各种来源的养分统称为养分资源^[12]。在各种养分来源中,土壤是植物最直接的养分资源库,植物需要的各种矿质养分都能或多或少地从土壤中得到;以各种方式进入土壤的养分,都会成为土壤养分资源库的一部分。肥料是用于人工补充植物养分的物质,按来源分为有机肥料和无机肥料。有机肥料主要来源于动植物及其残体,无机肥料主要为天然矿物、盐类或大气中通过物理或化学方法获得的能为植物提供养分的物质。另外,环境中的一些养分能通过大气干湿沉降、灌溉水、生物固氮等途径进入植物生产系统,它们也是养分资源的重要组成部分。

1.2 养分资源的特征

养分资源既具有自然资源的属性,又具有社会经济资源的属性。土壤养分资源是土地资源的组成部分,它和环境中以其他形式自然存在的养分同属于自然资源;而肥料养分加入了人类劳动的成果,具有社会经济资源的属性^[13]。总之,养分资源具有以下特征:

1.2.1 共生性和整体性

土壤养分资源和制造肥料的天然矿物资源,与其他自然资源相互联系、相互制约,是构成自然资源整体的一部分。其中一种养分资源的利用,必然会对其他资源的利用和环境产生影响,通过肥料的过多投入能使矿物或大气形态的养分资源转化为土壤养分资源,导致土壤养分积累,土壤养分的过量积累又常常会对环境产生污染威胁。可见,养分资源具有共生性和整体性,由此决定了养分资源管理与利用的综合性。

1.2.2 多样性和时空变异性

养分资源的多样性表现为养分资源在来源上有土壤养分、化肥养分、有机肥养分和环境中的养分等;在每种来源的养分资源中,各种养分元素还呈多种形态存在,在土壤养分资源中,许多养分元素都有水溶态、交换态、难溶态、矿物态和有机态等。养分资源的时空变异性表现在养分总量和生物有效性两个方面。养分总量的空间变异宏观上表现为区域之间存在很大差异,微观上则表现为田块内不同位置 and 不同深度也具有明显的差异;养分总量的时间变异则表现于养分元素各形态间不断地进行着动态的转化,可供植物利用的养分资源量也随时间的变化而变化。养分资源的生物有效性决定了养分被作物利用的程度和循环强度,它在时间和空间上的变异性主要表现为养分的形态、数量和转化速率等指标的差异。

1.2.3 循环性

在生物圈地球化学大循环中,各种生态系统中不同的生命必需元素均沿着一些独特的路线进行着循环运动。这些循环将各种元素随生物体的生长引入有机体,继而又随有机体的消亡回归自然。生物体生生死死,养分循环不已,成为大自然不断的动力,也构成了生态系统中生物长期生存、繁衍和进化的基础。在农业生态系统中,人类的许多农业措施都能有效调节养分资源循环的强度。从而表现了养分资源的循环性。

1.2.4 有限性

制造肥料的天然矿物往往是不可再生的。随着人们不断开发利用,资源将不断被消耗,而通过地球化学循环返还的比例却很低,因此有关资源将逐渐表现出稀缺

性。在植物生产中,土壤养分资源在不断地被利用,如果得不到有效地补充,也会逐渐耗竭,导致土壤养分缺乏。化肥养分虽然能补充土壤养分的消耗,但其生产过程又会引起矿产养分资源的耗竭。由此可见,养分资源的有限性是十分明显的。

1.2.5 双重性

许多养分元素不但是植物的生命物质,而且也是人类、动物和微生物的营养物质,具有自然资源的多用性;同时,它们又是潜在的环境污染因子,如果其含量超过环境承载量时,会增大环境污染的风险。可见,养分的作用具有明显的双重性,利用合理时有益,否则有害。

1.2.6 层次性

养分资源的管理与利用具有明显的层次性,其对象可以是一个地块、一种作物,也可以是一个农户、一个农场或一个地区,有时还可以是一个国家。特别是肥料养分资源,它的生产和消费在地域、国家之间明显不平衡,需要通过地区贸易和国际贸易来调节,因此需要从国家层次上来进行管理。此外,养分资源不合理利用导致的环境问题也需要从宏观层次上来解决。

2 养分资源综合管理的含义与理论基础

2.1 养分资源综合管理概念产生的背景

以绿色革命为特征的现代农业中,施肥一直被认为是作物增产的重要手段。但施肥技术的发展经历了不同的阶段,有人根据技术水平将作物的施肥发展历程分为经验施肥、土壤测试指导施肥、自动分析施肥咨询服务系统指导施肥和应用电子计算机建立施肥咨询系统指导施肥^[14];也有人根据施肥量水平把它分为启蒙阶段、起飞阶段和成熟阶段^[15];还有人按施用的养分元素数目和考虑的因子多少把它分为部分施肥、完全施肥和综合施肥^[16]。

部分施肥阶段,施用的主要养分为N、P、K等大量元素,目的是补充缺乏的元素或改良土壤,实现低产变中产,但在施肥量较高时其他养分可能会成为限制因子,从而导致营养不平衡、产量和品质达不到预期目标;完全施肥阶段,施肥中考虑了全部的作物必需营养元素,特别是中、微量元素,以期通过不同生长阶段适宜的养分供应,充分利用高产作物的光合潜力,为其高产、优质和增强抗逆性打下基础,实现中产变高产并进一步改善农产品品质,这一阶段往往由于其他非营养因子限制而不能完全利用作物自身的高产潜力,同时也会由于目标产量超过实际产量而造成过量施肥并引起水体污染的风险增大和作物抗病性减弱等问

题;综合施肥阶段,在适当采用灌溉、耕作和植物保护等农艺措施的基础上实行完全施肥,以便更有效地利用肥料养分并使其损失量最小,它是现阶段和今后一个时期理想的施肥方案——高产又高效的施肥方案,这一阶段仍有可能进一步增产,但需要更高水平的管理技术^[16]以适应不同地区、不同作物和不同农户间对施肥水平的不同要求。

而在现实生产中,即使在同一地区和同一时期不同的农户和不同作物的施肥发展阶段也会不同,特别是随着施肥量的增加,现代作物施肥的各种弊端也显露出来。例如我国山东省在不同作物施肥上处于不同的施肥发展阶段,按施肥技术水平,大部分农户作物施肥的技术水平仍处于经验施肥阶段,但主要作物按施肥量水平已达到成熟阶段,增施化肥的增产作用已很小,而过量施肥问题却逐渐出现;按施用的养分数目及所考虑的因素分,粮食作物属部分施肥,所以产量只处于中产到高产的水平,由于施肥量很高而施肥技术水平和综合农艺水平较低,难免对环境造成不良影响^[17]。

大量研究表明,现代作物施肥的现状为:①过多依赖于化学肥料特别是氮肥的施用,在许多高产地区往往氮肥施用过量。②施肥仍然靠经验,这在全国各地很普遍。③可避免的养分损失仍很高,特别是在肥料与产品价格比较小的大棚蔬菜生产等施肥中更是如此。④不平衡施肥现象依然存在,既降低了肥效,也降低了作物的抗逆性^[16]。⑤过高强调化肥的投入,致使化肥对环境的不良影响愈来愈严重。

为了适应农业可持续发展的要求,不能再把施肥简单地看做是补充作物生长所需要养分的措施,其概念内涵需要扩展,观念应向下列方向转变:①从单一的满足作物养分需求向养分资源的合理利用转变;②从静态的养分平衡向养分循环的动态管理转变;③更加注意预防不合理施肥导致的降低作物抗逆性、养分元素污染水源和大气等各种不良后果;④从只注意当年的养分增产效应向注意肥料养分的残效、未利用养分的去向等长期环境生态效应转变;⑤充分利用作物对干旱、寒冷、盐碱、毒害、污染、药害等胁迫条件的适应性和抗性;⑥充分认识一些不能或难以控制的限制因素和生产风险;⑦强调保持和提高土壤肥力;⑧重视对有风险或毒害元素施用的限制^[16]。基于上述看法,我们于1995年提出了养分资源的概念并对其综合管理技术进行了探讨。

2.2 养分资源综合管理的含义

养分综合管理(INM)和植物养分综合管理(IPNM)的含义相同,最早由FAO提出,近几年已经成为国际上研究的热点^[11]。综合各种观点和我们近几年

来研究的结果,我们认为,养分资源综合管理是在农业生态系统中综合利用所有自然和化工合成的植物养分资源,通过合理使用有机肥和化肥等有关技术的综合运用,挖掘土壤和环境养分资源的潜力、协调系统养分投入与产出平衡、调节养分循环与利用强度,实现养分资源的高效利用,使经济效益、生态效益和社会效益相互协调的理论与技术体系。

其基本含义包括:①以可持续发展理论为指导,在充分挖掘自然养分资源潜力的基础上,高效利用人为补充的有机和无机养分。②重视养分作用的双重性,兴利除弊,把养分投入量限制在生态环境可承受的范围内,避免养分盲目过量的投入。③以协调养分投入与产出平衡、调节养分循环与利用强度为基本内容;以有机肥和无机肥的合理投入、土壤培肥与土壤保护、生物固氮、植物改良和农艺措施等技术的综合运用为基本手段。④它是一种理论,也是一种综合技术,更是一种理念;合理施肥仍然是其主要手段,但不是惟一的手段。⑤以地块、农场(户)、区域和全国等不同层次的生产系统为对象,以生产单元中养分资源种类、数量以及养分平衡与循环参数等背景资料的测试和估算结果为依据,制定并实施详细的管理计划。

2.3 养分资源综合管理的理论基础

传统的作物施肥模式以李比希(Liebig)的矿质营养学说和养分归还学说为理论依据,把施肥作为补充作物生长所需养分的惟一措施,把作物生长状况作为评价施肥效果的主要指标。这一施肥模式在农业发展中发挥了巨大的推动作用。20世纪末,由于人口不断增长的需要,提高粮食单产成了我国农业生产的主要目标,通过大量施用化肥来实现高产也就成了我国农业生产的一大特征。

近年来,化肥肥效降低、农业生产的成本增加和效益下降、过量施用化肥造成的农产品品质下降和环境污染等有关作物施肥问题日益突出,也引起了社会的关注。因此,改进传统施肥模式,使之成为以高产、优质、环境友好和资源高效利用为目标、以合理施肥与相关技术集成为手段的养分资源综合管理模式并指导施肥实践,是解决当前有关作物施肥问题的根本途径。管理途径也已不仅仅停留在以施肥来补充作物所需养分的阶段,还应包括养分宏观管理、养分资源再利用、土壤养分的高效利用等。其理论基础主要是农业生态系统中养分的平衡和循环理论。

养分循环包括土壤养分循环、植物体内养分循环、土壤-植物系统养分循环和农业生态系统养分循环等。在植物-动物生产体系中,土壤养分被直接(植物)或间接(动物)利用并成为获得农产品的物质基础。这些农产品一部分满足农业

生态系统内(如农民)的消费,另一部分通过市场交易走出系统(图1)。当土壤养分仅靠有机肥不能满足作物生长需要时,就必然从系统外以化肥的形式带入;而当肥料投入超过作物吸收能力和土壤对残留养分的保持能力时,就会经过各种途径走出系统进入到环境中。在有机肥的积制和存贮过程中,如果管理不善,也会有相当一部分养分损失,释放到系统之外。因此,协调各养分库和养分循环中各种养分形态之间的关系就成为养分资源综合管理的重要内容。

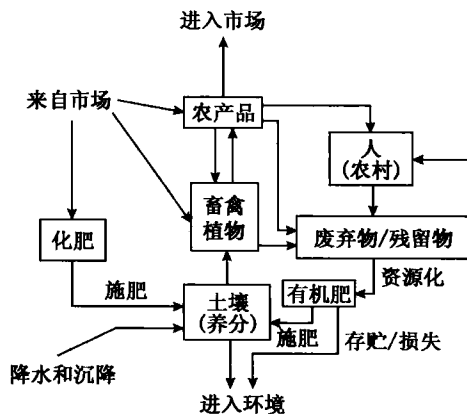


图1 农业生态系统中养分循环的示意

3 养分资源综合管理的技术途径

3.1 养分资源宏观管理

在农业生态系统中,养分资源的地域特征很明显。针对各区域养分资源特征,以总体效益(经济效益、生态效益和社会效益)最佳为原则,制定并实施区域养分资源高效利用的管理策略就是养分资源的宏观管理。

宏观管理的对象,小可到乡、县,大可到全国乃至全球,不同层次对象的复杂程度不同、强调的重点也有所不同。从理论上讲,实现整体效益最佳,需要对养分资源包括品种、结构、比例和数量等进行优化配置。品种和结构的优化需要根据各地的资源特点和条件来进行,数量和比例的优化就要根据不同区域养分资源的效益来进行。制定优化方案和管理策略需要依据区域养分资源的数量、特征及利用现状等基础数据。可见,养分资源数据的收集、利用现状的评价及养分资源的需求预测和优化配置是养分资源宏观管理的重要内容^[18]。