

## 生态农业区 N 循环特征

杨居荣 薛兵 陈海

(北京师范大学环境科学研究所 北京 100875)

**摘要** 根据我国生态农业试点的成功经验,分析了生态农业区 N 循环的特征,从物质良性循环角度,阐明了生态农业的优越性。

**关键词** 生态农业 物质循环 N 循环

**Characters of nitrogen circulation in eco-agriculture.** Yang Jurong, Xue Bing and Chen Hai (Environmental Institute of Beijing Normal University, Beijing 100875), *EAR*, 1997, 5(2): 25~29.

**Abstract** Based on the successful pilot tests of eco-agriculture in China, characters of N circulation in eco-agricultural areas are analysed, and the advantage of eco-agriculture is discussed from the view of its improved material circulation.

**Key words** Eco-agriculture, Material circulation, Nitrogen circulation

80年代以来,我国生态农业建设试点逐步在户、村、乡、县等不同层次开展,取得了不少成功经验,显示出强大的生命力。其中,建立 N 循环合理调控机制和技术体系是生态农业建设的重要环节。尽管各地区生态农业系统的适宜结构不尽相同,但 N 循环特征呈现出共同特点。本文归纳了一些试点成功经验,从物质良性循环角度阐述了生态农业优越性。

### 1 提高 N 输入水平,改善 N 肥结构

与发达国家不同,我国生态农业是在人多地少和经济不发达的背景下提出的,要求既要有高产出,又要兼顾合理利用和保护土地资源,改善农业环境,最终实现生态、经济和社会三大效益的统一。因此,在优化农业生态结构的同时还应重视合理投入化肥和农药,使农田生产力水平逐步提高。表 1 列出 7 个生态农业试点 N 素投入和产出情况<sup>[1]</sup>,由此可知,各试点均依其特点,采取不同方式增加农田 N 素输入水平。如农牧结合模式改单一农田种植为种植与养殖业相结合,增加畜肥,丘陵山区采取退耕还林还草,粮草轮作,粮草间作,发展豆科牧草,提供饲料和绿肥;平原地区大力发展畜牧业,扩大畜肥来源等。

在提高农田 N 素输入水平的同时,生态农业建设还十分重视改善 N 肥施入结构,合理配施有机和无机肥,采用科学施肥技术。从表 1 对比可知,试点有机 N 肥比例增加尤为明显。如北京市房山区窦店村建设生态农业后,主要依赖畜牧养殖业提供有机肥源,向农田提供厩肥量高达 3.7t/hm<sup>2</sup>,其中畜肥占 30%。河北省曲周县张庄试验区<sup>[2]</sup>通过发展肉

兔、肉猪生产,改饲养少量役畜的单一种植系统为粮、棉、肉结合的农牧系统,农田厩肥施用量增加了2倍,有机物还田量由4500kg/hm<sup>2</sup>增加到6000~6750kg/hm<sup>2</sup>。四川省大足县系低山丘陵区,自1984年建设生态农业以来,N肥投入结构明显改善,化肥用量从110.0kg/hm<sup>2</sup>减至8.5kg/hm<sup>2</sup>,有机N肥施用量从60.22kg/hm<sup>2</sup>增为118.2kg/hm<sup>2</sup>。多数生态农业试点都开展了沼气建设,减少了秸秆作燃料造成的N素损失,同时沼渣废水提供了大量有机肥。

表1 生态农业试点N肥投入及其效率

Tab.1 Input and efficiency of N fertilizer at eco-agricultural testing sites

地点 Sites	年份 Year	化肥N投入 (kg/hm <sup>2</sup> ) Chemical nitrogen input	有机N肥投入 (kg/hm <sup>2</sup> ) Organic nitrogen input	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	化肥N/有机N肥 Chemical N/organic N	工业N效益 (kg籽粒/kgN) Efficiency of industrial N
北京市窦店村 Doudian Village in Beijing	1985	286.5	103.5	11160.0	2.8	39.5
	1987	294.5	132.0	11197.0	2.2	40.8
黑龙江省庆安县六合村 Liube Village in Heilongjiang	1984	51.0	19.5	1050.0	2.6	39.6
	1987	54.0	25.5	3626.0	2.1	62.3
内蒙古科右前旗大坝沟乡 Dabagou in Inner Mongolia	1984	9.6	28.8	1695.0	0.3	—
	1988	55.8	97.0	1499.7	0.6	83.3
湖北省蕲圻县严家湾村 Yanjawan Village in Hubei	1983	129.0	40.0	5679.0	3.7	51.2
	1987	148.5	54.0	6012.0	2.4	65.1
四川省大足县西北山区 Dazu county in Sichuan	1987	129.0	—	7605.0	—	49.5
	1988	—	—	8370.0	—	—
宁夏固原县陶庄村 Taozhuang Village in Ningxia	1985	18.0	20.0	1632.0	0.9	92.4
	1986	22.5	24.0	1774.0	0.9	74.7
山东省陵县张西楼村 Zhangxilou Village in Shandong	1985	465.0	81.0	5273.0	6.7	18.6
	1987	544.5	88.5	5618.0	5.3	23.1

生态农业区N肥利用率明显提高,N素产投比较生态农业建设前有所改进。北京市大兴县留民营村建设生态农业后,1983、1984和1985年种植业N素产投比平均为0.46,是建设前的1.84倍,且高于世界平均水平(据统计<sup>[3]</sup>,世界65个不同类型农业生态系统的平均N素产投比为0.25~0.28)。山东省成武县康集生态农场自80年代开展生态农业建设以来,生产效率逐年提高,N素产投比由1988年的0.161增加到1991年的0.553。

生态农业区单位化肥N产出也明显高于一般农业区。据报道<sup>[2]</sup>我国单位N素谷物产量为20.95kg/kg,与世界相比居较低水平(全世界平均49.19kg/kg),而生态农业试点一般都高于全国平均水平。表1表明,除山东省陵县张西楼村外,其余各点工业N素效益都明显高于全国平均水平。

## 2 物质多层次循环利用

据有关统计资料<sup>[4]</sup>30余年来我国农业生产中N素再循环率趋于逐年下降,1952年全国为54.5%,1987年则降至36%,这表明资源利用率在下降,N素损失量则逐渐增加,且导致环境污染。因此,尽可能提高N素再循环率是农业生产中不容忽视的重要问题。生态农业主要目的之一是通过物质多层次、多途径循环利用,通过生产与生态的良性循环,提高资源利用率。这种多层次循环利用的生态农业模式多种多样,各地区根据其自然地理条件和农业生产特点,选择了适宜的循环利用形式,主要有3种类型<sup>[5]</sup>:

### 2.1 种植业内部物质循环利用型

该类型是林木、农作物及食用菌等生产体系中的物质循环利用。如作物-食用菌循环模式是将大田作物秸秆、谷物糠麸、棉籽壳和甘蔗渣等用作培养食用菌的原料,而食用菌菌渣和菌床废弃物可作为大田作物肥料;林木-食用菌循环模式是利用适合食用菌生产的树木或木屑作原料培养食用菌,菌渣和菌床废弃物则可作为促进这些树木生长的肥料。

### 2.2 养殖业内部物质循环利用型

该类型主要是利用家禽生产中的粪便及废弃物作为畜牧生产饲料,而畜牧生产废弃物再作为培养某些特种动物的营养饲料。如天津市蓟县在发展畜牧生产中,为解决禽畜养殖饲料紧张和禽畜粪便污染的难题,采用人工养蝇蛆为主体的猪粪养蛆-蝇蛆喂鸡-鸡粪养猪的循环体系,利用 2kg 干猪粪可生产 1kg 蝇蛆,饲喂 60 只鸡,鸡粪可饲喂 2 头猪。江苏省泰县河横村利用猪粪渣培养蚯蚓,蚯蚓喂鸡,鸡粪作猪饲料,即猪-蚯蚓-鸡模式,取得了良好的经济效益。

### 2.3 种植与养殖业相结合物质循环利用型

该类型物质循环不仅局限于养殖业或种植业内部,而是在二者间进行复杂循环,充分利用种植和养殖业在能量与物质转化中的相互依赖关系,采用现代科学技术使种植和养殖业紧密结合。如在作物秸秆过腹还田多层次循环利用中,为提高粗蛋白含量,采用氨化技术处理麦秸,使粗蛋白含量由 4% 提高到 8%~10%。根据种植作物或养殖动物的种类、营养级数还可将该类模式划分为禽-渔-作物循环模式、畜-渔-作物循环模式、禽-畜-渔-作物循环模式、禽-畜-渔-食用菌循环模式、禽-畜-渔-林(果、菜、饲料作物等)循环模式等。在生态系统中生物之间以营养为纽带的物质循环,构成了以生产者、消费者和分解者为中心的三大功能类群,该系统中农作物和青饲料可作为鸡、鸭、猪、牛等动物养殖饲料;农作物秸秆可作为食用菌生产培养材料;牲畜粪便可供养鱼和其他水产养殖的生物饲料,并可直接施入农田,经微生物分解而成为有机肥料;鱼池中塘泥亦可作为农作物肥料;食用菌菌渣及菌床废弃物可用于畜禽动物、鱼饲料和农田肥料等,由此形成多级循环利用,该模式在全国各地均有实施。在我国南部珠江三角洲和太湖流域采用的基塘系统,是农作物、鱼和桑相结合的鱼桑共存、循环利用废弃物的典范,构成“桑茂、蚕壮、鱼大、泥肥”良性循环的人工生态系统,使资源得以充分利用。

上述各种物质多层次循环利用类型改变了过去 N 循环单靠系统外投入、强烈依赖外部供给的状况,使系统内循环利用量超过了系统外投入量,充分显示了优越性。如湖北省蒲圻县严家湾生态村<sup>[6]</sup>的山地以林-果-草,耕地以肥-稻-稻,水面以草基鱼塘,加上粮食加工-猪-沼气为主体的生产模式,使养分循环明显改善,系统内循环利用量已超过了系统外投入量。在生态农业建设前,农田 N 素损失率为 34.89%,1987 年建设生态农业后则下降到 18.3%,利用率提高了 1.04 倍。

总之,各生态农业试点因地制宜协调大农业结构,使系统内外有限的 N 素资源形成良性循环并获得更有效利用。

## 3 维持和提高土壤库中 N 素积累

在当今农业高投入、高产出条件下,如何保持土壤库输入、输出的平衡,使土壤有机库水平稳定,有效 M、P、K 供应充分,是现代农业技术体系的重大问题。生态农业吸收了传

统农业精耕细作、地力不衰以及石油农业集约化、高效生产的优点,从而克服了环境污染,资源浪费的弊端。生态农业区另一特点是保持土壤养分库成正平衡趋势。如北京市房山区窦店村建设生态农业后,由于注重合理施肥,土壤库中 N 素呈现盈余(见表 2)。位于河西走廊水热资源丰富但水土流失较严重的甘肃省武威市双城镇的生态农业户<sup>[7]</sup>,因地制宜采取种植和畜牧业相结合的方法,扩大肥源,使农田土壤中 N 盈余约 74.65kg/hm<sup>2</sup>,提高了土壤肥力及其持久性。这些生态农业试点的成功主要得益于合理搭配有机和无机肥,特别是投入大量有机肥对改善土壤理化性状,增加土壤肥力的持久性,防止流失起了重要作用。此外,无机肥适量搭配有助于有机农家肥肥效增长。随着农田产量的提高,化肥在满足作物需要和保持养分平衡方面的重要性日益增强,特别是在土壤贫瘠、农田产量低下的地区,适当加大化肥投入量使一些生态农业区保持土壤养分库正平衡,从而提高农田产量。

表 2 北京市房山区窦店村农田子系统 N 素流平衡

Tab. 2 The balance of N flux at Doudian Village in Beijing

年 份 Year	输入(kg/hm <sup>2</sup> ) Input					输出(kg/hm <sup>2</sup> ) Output			盈余(kg/hm <sup>2</sup> ) Balance	
	化 肥 Chemical fertilizer	根 茬 草 Straw	灌 溉 Irrigation	有 机 肥 Organic fertilizer	合 计 作 物 Total Crop	反 硝 化 Denitri- fication	NH <sub>3</sub> 挥 发 NH <sub>3</sub> volatilization	合 计 Total		
1985	95.32	21.75	4.22	6.88	128.17	86.86	20.22	9.70	116.78	11.39
1986	120.80	21.90	4.22	8.10	155.02	89.57	25.29	11.90	126.76	28.26
1987	101.86	22.90	4.22	10.70	139.78	93.25	22.20	10.27	125.72	14.06

生态农业在减少化肥流失,防止环境污染方面也表现出明显优势。近年来随着农业的发展,我国化肥施用量逐年增加,1990年全国化肥 N 施用量为 1592 万 t(折纯),居世界第一位,平均单位面积施 N 肥 191.6kg/hm<sup>2</sup>,是世界平均水平(53.9kg/hm<sup>2</sup>)的 3.55 倍。但化肥 N 增产效果却较差,流失和浪费严重,造成一些地区水体严重污染。而生态农业区则有较大缓解,其主要原因除调整用肥结构、重视有机肥投入外,还具有以下优势:

丘陵、山区等生态农业区实施生态农业前,山林砍伐严重,将坡林地改田,以林草作燃料,使林草植被遭受严重破坏。建设生态农业后,农林牧副综合发展,采取坡地治理、退耕还林、恢复植被等措施,使水土流失得到改善,肥料流失相应减少。如地处渭北高原台塬沟壑区的下丁家生态农业村<sup>[8]</sup>,在生态农业实施前区域土壤侵蚀严重,侵蚀模数平均为 1859t/km<sup>2</sup>,最高达 4120t/km<sup>2</sup>,侵蚀面积近 30hm<sup>2</sup>(全村耕地 77.9hm<sup>2</sup>,荒坡地 46.9hm<sup>2</sup>),相当于每年因水土流失而直接损失 N 素 332.8kg。自 1988 年建设生态农业以来,采取了坡地退耕,调整坡地生产结构等措施,治理效果十分显著,水土流失基本得到控制。

由于燃料不足,我国北方农村将农作物秸秆作燃料十分普遍。仍以下丁家村为例,据 1987 年统计,烧掉秸秆达 13.4 万 kg,相当于损失纯 N 170kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 268kg 和 K<sub>2</sub>O 804 kg。1988 年以来,下丁家村建成 10 个沼气池、太阳能灶,解决了燃料问题,年可节约秸秆 2.6 万 kg,减少了纯 N 损失。

#### 4 结 语

当前,无论是发展中国家还是发达国家,尽管起点不同,条件差别很大,但都在寻找未

来农业发展途径。生态农业正是持续农业在我国的具体模式。生态农业N循环特点是吸收了传统农业精耕细作、增肥土壤、使地力不衰等优点,摒弃了传统农业低生产力的缺点,吸收了石油农业集约化、高效生产的优点,克服了环境污染、资源耗竭的缺点,是实现高产、高效、优质农业的有效途径,具有广阔的发展前景。

### 参 考 文 献

- 1 张壬午等.我国部分地区生态农业建设综合发展研究.西南农业大学学报,1984,11(6):520~530.
- 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 胡春胜等.京郊密云县农业生态系统N循环的数量特征研究.生态学杂志,1992,11(2):1~3.
- 4 朱兆良等.中国土壤N素.南京:江苏科学技术出版社,1992.
- 5 国家环境保护局.中国的生态农业.北京:中国环境科学出版社,1991.
- 6 董维荣等.湖北省蒲圻县严家湾村农业生态系统功能的分析评价.西南农业大学学报,1989,11(6):577~581.
- 7 李发弟.河西走廊农户生态系统农田能流和物流数量特征的研究.生态学杂志,1993,12(6):41~45.
- 8 卢兵友.农业生态系统物质循环的系统分析.生态学杂志,1990,9(3):38~41.

### · 动 态 ·

## 全球环境保护状况不容乐观

世界环境观察所近期发布的第14次年度世界环境状况报告指出,世界各国政府在履行里约大会协议方面既没有明确的目标任务,又缺乏切实可行的政策措施。里约会议以来,世界人口增加了4.5亿。在此期间,大面积森林被砍伐,大量CO<sub>2</sub>被排放到大气层中,对地球大气构成产生巨大影响。当今世界“污染大户”是印度、美国、印尼、巴西、俄罗斯、日本和德国等国家,而全球56%人口和53%森林分布在以上国度,向地球大气层排放大量CO<sub>2</sub>,占整个世界CO<sub>2</sub>排放量的58%。

1992年以来,德国及其他欧洲国家在贯彻实施国际环境保护条约方面做了大量工作,成为国际环境保护领袖。90年代以来,欧洲国家人均CO<sub>2</sub>释放量呈持续下降。1992年以后,在农业开垦、新的人口定居点、河流改向和环境污染影响下,热带森林及其他自然生态系统大规模地消失或遭到破坏,世界3/4的鸟类灭绝,4800多种哺乳动物中的1/4面临灭绝。1996年,非政府组织正越来越多地参与全球环境保护,并发挥越来越大的作用。为了响应里约宣言,51个国家的1500多个城市已经制定了详实可行的地方环境保护计划。巴西、中国和印尼等发展中国家人口增长速度已被有效降低,人口增加对资源的压力有所减轻。世界大公司大企业参与环境保护也使全球环境状况得到一定改善。

(李 丽文)