

生物低碳农业是中国农业实现可持续发展的根本道路

中国社会科学院财经战略研究院 白旻

中国是一个农业大国，粮食产量居世界首位，广大农村地区生活着 6 亿 8 千万农民。同时，中国也是世界上使用化肥、农药最多的国家，中国农业温室气体排放量居世界首位，农业源也是总氮、总磷排放的主要来源，农田已成为水源的最主要污染源。中国农业过分依赖农用化学品，带给中国和世界的都将是灾难。

中国大多数低碳研究机构的研究重点都在能源和工业领域的低碳发展上，对于农业低碳发展的问题关注不够。为此，我们必须以科学发展观为指导，大力发展低碳经济，拯救地球环境！不仅要在我国城市、工业、能源、建筑等方面发展低碳经济，更要在农业方面加大力度全面发展和推广低碳农业。

一、现代化学农业是全球主要污染源之一

1、现代化学农业是高碳、高污染农业

(1) 农业与温室气体排放

农业系统是主要的温室气体排放源之一，农业系统排放的温室气体主要包括 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 。 CO_2 主要由微生物的腐烂、农业废弃物燃烧、土壤呼吸以及土地利用变化等过程释放； CH_4 主要通过土壤和粪肥储存中厌氧过程以及牲畜，特别是反刍动物的肠道发酵过程产生； N_2O 主要是作为硝化和反硝化作用的副产物从生态系统中释放出来。

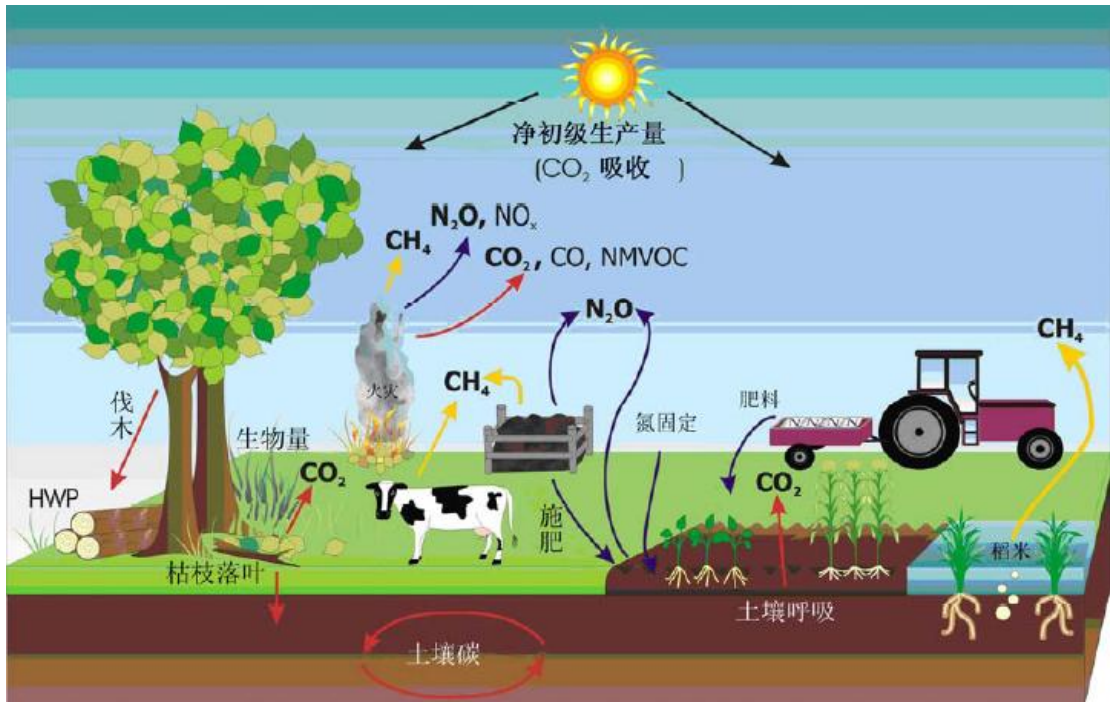


图 1：管理生态系统中的主要温室气体排放源/清除和过程

资料来源：《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》

(2) 农业与环境污染

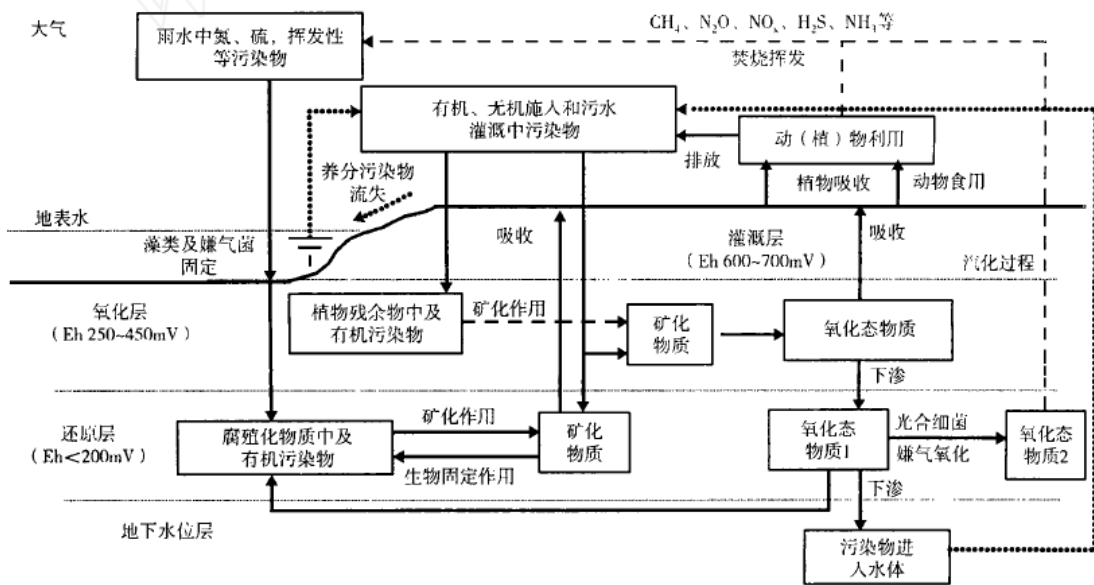


图 2：农业系统内部立体污染循环链框图

资料来源：章力建、侯向阳《我国农业立体污染防治研究进展》，载《作物》2005.5

农业生产过程中不合理的农药和化肥施用、畜禽粪便排放、农田废弃物的处置等，会造成农业系统中水体、土壤、生物、大气的立体交叉污染。

不合理的施肥制度使化肥中营养元素经地表径流和淋溶作用进入水体，导致藻类等水生生物的大量繁殖，水中溶解氧急剧下降，鱼虾大量死亡，水质恶化，此外，化肥还造成土壤、地下水及作物中硝酸盐的积累，长期饮用含硝酸盐的水会产生人体慢性中毒，化肥（主要是磷肥）中所含的重金属、放射性物质及其它有害物，也会对农业环境造成污染和危害；农药施用由于有效利用率很低，一般仅 20%-30%，大部分漂浮在空气中或降落在地面，一部分进入土壤、水体、生物体内，通过食物链形成危害；农膜不能自行分解，滞留于田间会对深层土壤造成污染危害，土壤中废膜多时会破坏土壤结构而使土壤保水保肥能力下降；畜禽粪便处置不当或未经处置，会对水源、空气和区域环境造成严重污染。

（3）现代化学农业是高碳、高污染农业

现代农业是建立在对化石能源依赖的基础之上，化肥和农药是现代农业发展的支柱，然而依赖化肥和农药的现代农业所带来的高能耗、高污染的弊端已经显现。它不仅严重破坏了生态资源，带来了农作物的农药残留和食品安全问题，而且化肥和农药的生产过程，本身消耗大量的化石能源、产生大量的二氧化碳的排放。现代农业可以称之为“高碳、高污染农业”。

2、全球农业温室气体排放现状

2005 年，农业系统的温室气体排放量占全球人为温室气体排放总量的 10%-12%，其中农业排放的 CH_4 和 N_2O 分别占全球人为排放量的 47%和 58%。土壤排放 N_2O 和肠胃发酵排放 CH_4 是最大的排放源，分别占农业非二氧化碳排放量的 38%和 32%，其余，生物质燃烧占 12%，稻田 CH_4 排放占 11%，粪便管理占 7%。

农业土壤 CO_2 排放主要包括土地利用、土地利用变化以及森林部门，农用土地从大气中吸收和排放大量的 CO_2 ，但净流量很小，在 2000 年，农业土地排放的 CO_2 占全球人为 CO_2 排放量的不到 1%。

3、全球农业面源污染现状

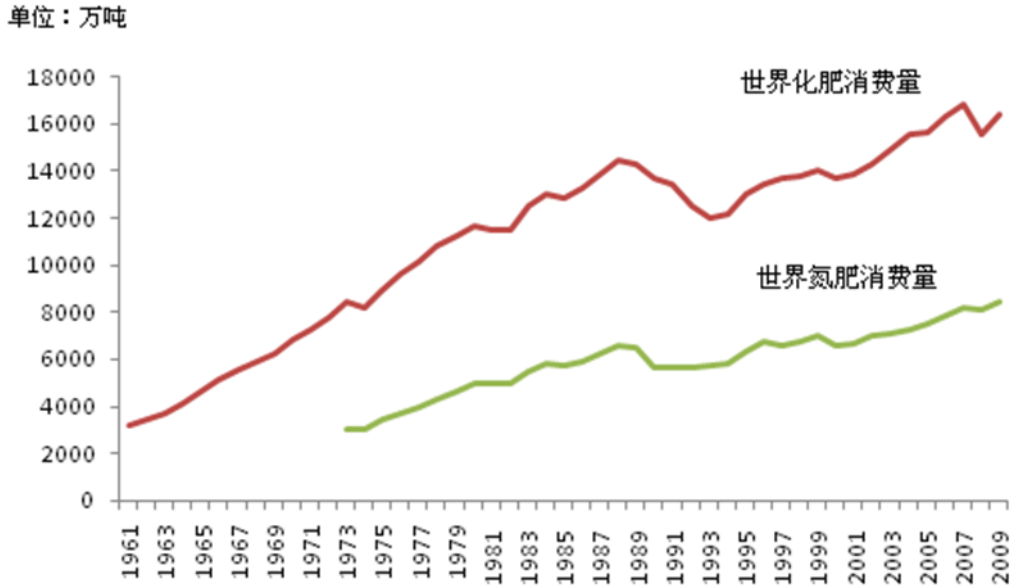


图 3：世界化肥、氮肥消费量趋势图 1961-2009

数据来源：国际化肥协会（IFA）数据库

农业面源污染是指由沉积物、农药、废料、致病菌等分散污染源引起的对水层、湖泊、河岸、滨岸、大气等生态系统的污染。1961 年，全球化肥消费量为 3166 万吨，到 2009 年，增长为 16386 万吨，50 年间增长了 4 倍，其中，氮肥消费量（折纯氮量）由 960 万吨增长为 8481 万吨，50 年间增长了近 8 倍。这些过量的养分通过挥发（氮元素以氨气的形式挥发）、地表径流和淋溶作用渗入地下水。平均来讲，有 20%的氮肥会通过地表径流和淋溶作用渗入地下水中，40%的氮肥会以氨气的形式挥发到大气中，部分氮元素再通过大气沉降沉积到地表水中。在 19 世纪，全世界 30%-50%的地表水污染来自面源污染，而到 20 世纪末期，这一比例上升到 50%-70%，在所有面源污染中，农业面源污染占据主要地位（张劲，2009）。

二、现代化学农业是中国最大的污染源之一

1、中国农业生产过度依赖化肥

由图 4 可以看出，中国农业的发展在过去的 30 年间取得了巨大的成就。中国的粮食产量从上世纪 80 年代中期之后就一直位居世界首位，中国用占世界 7%的耕地，养活了占世界 22%的人口。

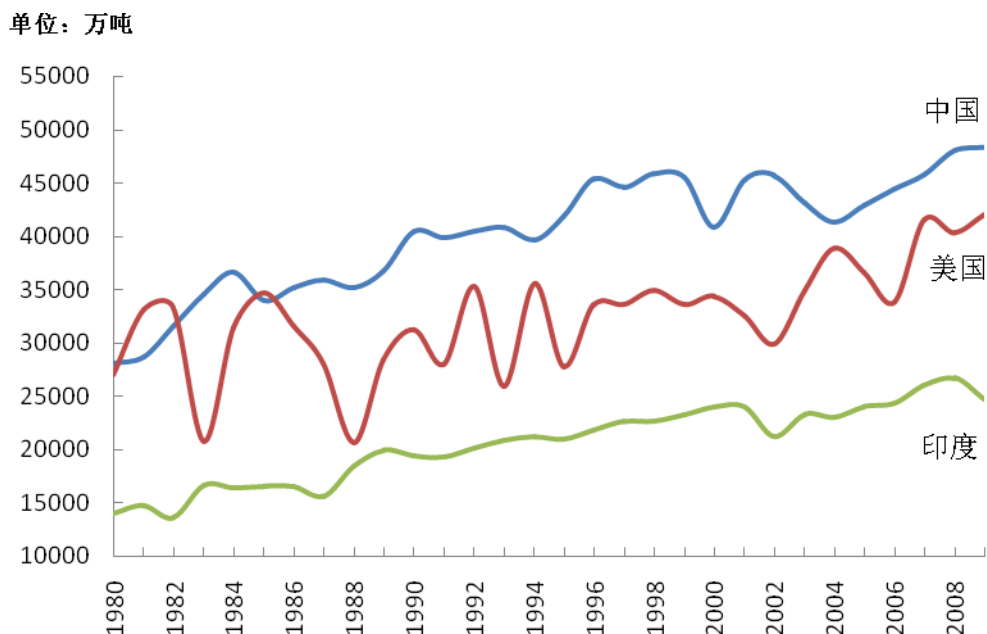


图 4：中国、美国、印度粮食产量（1980-2009）

数据来源：联合国粮农组织数据库

但从图 5-图 7 中可以看出，中国农业发展所取得的成就是建立在不断增加化肥等农用化学品施用量基础上的。1980-2009 年，中国单位面积粮食产量年均增长率为 2.01%，同期单位面积化肥施用量年均增长率为 4.83%。1980-2009 年，中国粮食总产量的年均增长率为 1.75%，同期，中国化肥施用量的年均增长率为 5.12%。

目前我国化肥的平均施用量是发达国家化肥安全施用上限的 2 倍，但平均利用率仅 40%左右；我国农药年产约 170 万吨，平均 18 亿亩农田每亩需要近两斤；我国每年约有 50 万吨农膜残留于土壤中，残膜率达 40%，这些化学合成物质不仅污染了耕地、水等农业之本，还严重威胁到食品安全（蒋高明，2011）。

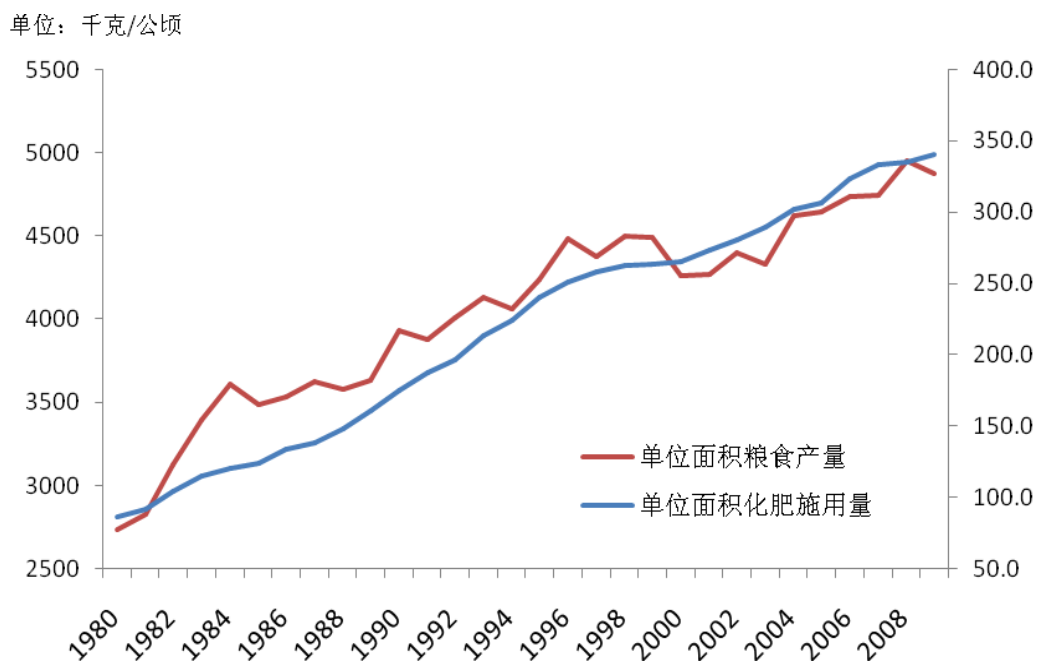


图 5：中国单位面积粮食产量与化肥施用量趋势图（1980-2009）

数据来源：《中国农村统计年鉴》1981-2010

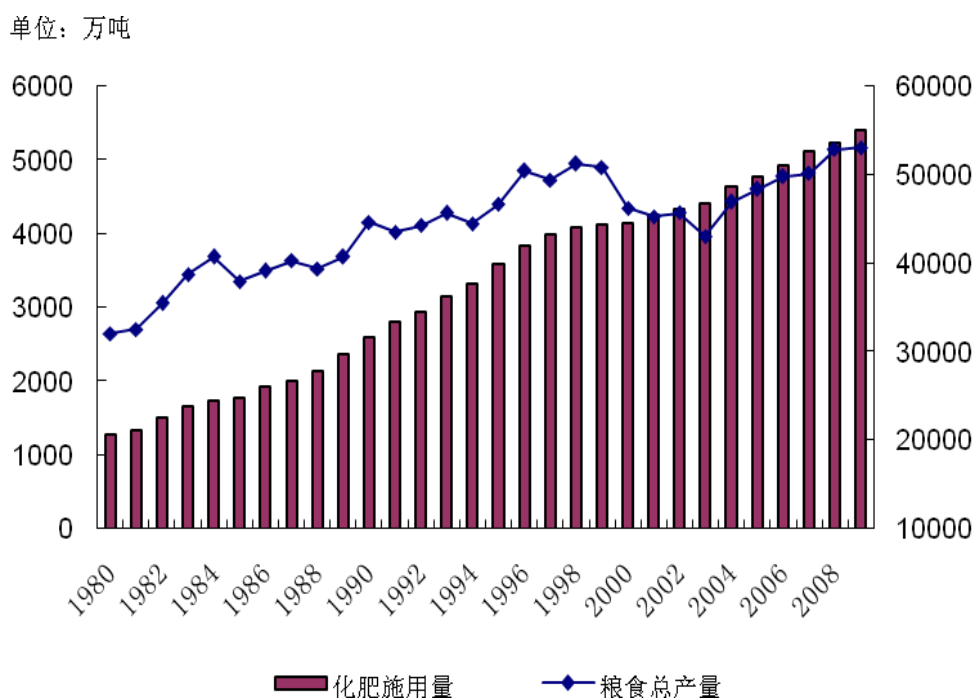


图 6：中国粮食产量与化肥施用量趋势图（1980-2009）

数据来源：《中国农村统计年鉴》1981-2010

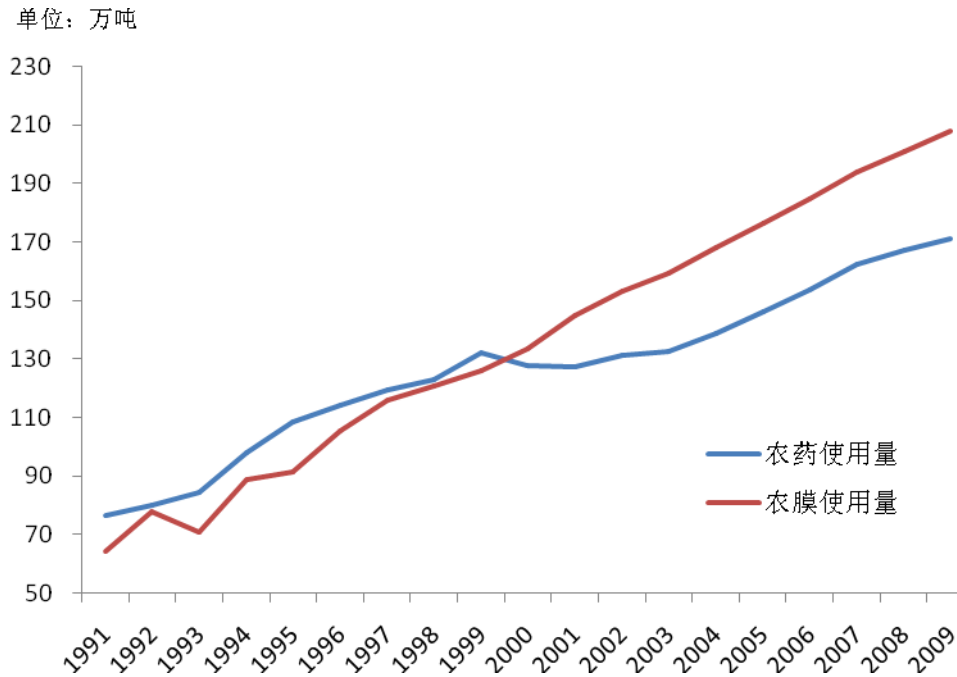


图 7：中国农药、农膜使用量趋势图（1991-2009）

数据来源：《中国农村统计年鉴》1981-2010

2、中国农业碳排放现状

2009 年，中国农业碳排放量达到 14.57 万吨二氧化碳当量，占当年全国二氧化碳排放总量的 18%，仅低于火电厂排放量，居第二位。同时，农用化学品的生产也消耗了大量的化石能源，特别是氮肥的原料是优质无烟煤或天然气，目前，我国生产 1 吨氮肥平均需要标准煤 2 吨。2009 年，我国氮肥产量达到 4864 万吨，依据该产量计算，消耗标准煤近 1 亿吨，占当年全国能源消耗总量的 3%。由此可以看出，农业的低碳发展对于我国实现 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放量比 2005 年降低 40%-45% 意义重大。

表 1：2009 年中国农业温室气体排放量一览表

排放源		温室气体类别	温室气体排放量(万 t)	CO ₂ 当量 (万 t)
农用地	耕地	CO ₂	22403.03	22403.03
		N ₂ O	106.97	33160.7
	草原	CO ₂	23138.36	23138.36
	稻田	CH ₄	800	16800
牲畜	粪便	CH ₄	88.11	1850.27
		N ₂ O	26.74	8289.4
	肠道	CH ₄	741.49	15571.29
农用化学 品	化肥	CO ₂	16800	16800
	农药	CO ₂	3760.56	3760.56
	农膜	CO ₂	3948	3948
中国农业温室气			-	145721.61

说明：以上数据系笔者根据以下资料自行计算得出，The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas;《中国农村统计年鉴 2010》;《中国土地利用的碳排放效应研究(赖力 2006)》，南京大学博士论文;《应用修正的 IPCC2006 方法对中国农田 N₂O 排放量的估算(张强，巨晓棠，张福锁 2010)》，《中国生态农业学报》2010 年 1 月 第 18 卷 第 1 期;《中国农业土地利用管理对土壤固碳减排潜力的影响(王小彬，武雪萍，赵全胜，邓祥征，蔡典雄)》，《中国农业科学》2011, 44(11):2284-2293。

全球变暖潜能值 (GWP): CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310。

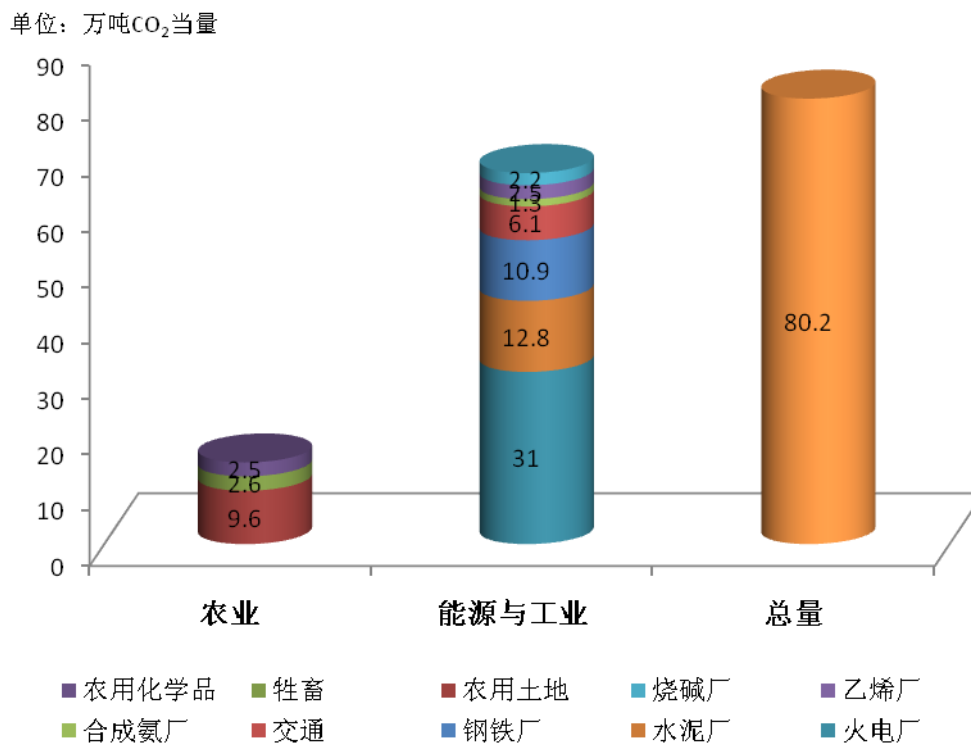


图 8:2009 年中国温室气体排放量

说明：以上数据系笔者根据《中国统计年鉴 2010》和 “The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas” 计算得出。

3、中国农业环境污染现状

根据中国环保部、统计局和农业部 2010 年 2 月 6 日联合发布的《第一次全国污染源普查公报》，农业污染源化学需氧量排放 1324.09 万吨，占全国化学需氧量排放总量的 42%；磷排放 26.47 万吨，占全国排放总量的 67%；氮排放量 270.46 万吨，占全国排放总量的 57%。同时，农用化学品生产行业也是环境污染的重点行业，根据中国氮肥工业协会 2011 年发布的《氮肥行业“十二五”发展思路》，2010 年全国氮肥行业水资源消耗量为 11.5 亿立方米，氨氮、化学需氧量排放分别占全国工业排放量的 25.5%和 3.2%。

目前我国农业生态环境污染状况非常严峻，不容乐观，而且农业自身污染的潜力和风险还很大。我国已有 2/3 的水域和 1/6 以上的土地受到不同程度的污染。我国是目前世界上肥料(主要是化肥)、配合饲料和地膜等用量最多的国家,有机废弃物产出量也最大，每年大约有 40 亿吨；6 万 5 千吨秸秆中约有 2/3 被焚烧

或变成有机污染物；肥药的利用率仅为 30%-40%，施用肥料的 50%左右、农药的 60%-70%仍流失于环境中，污染土壤、大气、地下水和农产品，近年来我国 3 湖(巢湖、滇池和太湖)水域污染物中，农业与城乡结合部的“贡献”一般占到 50%以上；每年农田的农膜残留量高达 45kg/公顷左右。加入 WTO 后，我国产地环境质量与农产品安全等问题逐渐显露，农产品出口屡遭限制、退货或拒收（黄凯丰，2009）。

三、生物低碳农业是中国农业实现可持续发展的根本道路

面对日益加强的国际减排压力、面对日益脆弱的国内生态环境、面对日益恶化的食品安全问题，越来越多的人认识到，依靠不断增加化肥投入而保持粮食产量的做法已不可持续，我们亟需一种能够不依赖于农用化学品而保持持续的供应能力的，高效率、低能耗、低排放、高碳汇的农业经济模式。

1、中国农业发展的目标模式是实现可持续发展的农业

中国农业发展的目标模式是可持续发展的农业。根据美国农学会（American Society of Agronomy）的定义，可持续发展的农业是指这样一种农业生产模式，其在较长的时期内，首先能够提高农业生产赖以生存的资源和环境的质量，其次能够提供给人类基本的食物和膳食纤维，再次是这种农业生产模式在经济上是可行的，最后是这种农业生产模式能够同时提高农民和社会其他人员的生活水平。

2、中国农业实现可持续发展的途径是有计划有部署地全面发展生物低碳农业

（1）生物低碳农业的内涵

中国农业实现可持续发展的途径是有计划有部署地全面发展生物低碳农业。生物低碳农业模式是应用生物技术对农业产地环境的土壤、水（灌溉水、雨水）全面进行净化和对污染物的降解，在养殖、种植的生产过程中应用系列生物制剂替代各种农用化学品。可以有效解决现代化学农业带来的环境污染、能源消耗及温室气体排放等问题，同时生产出无毒、无害、零残留的超有机食品、畜禽肉类（张令玉，2010）。

生物低碳农业的要求是：不使用化肥、不使用合成农药、不使用生长激素、不使用抗生素、不使用任何转基因技术。

生物低碳农业的主要操作方法为：使用生物低碳有机肥料、生物低碳植物保

护剂、生物添加剂。使用这些方法的目的是要使用大自然的力量来保证农业的产量。对生物低碳畜牧而言，畜禽必须只使用有机的饲料，但可同时给以维生素和矿物质。

（2）中国发展生物低碳农业的可行性

目前，国内对于放弃化肥等农用化学品的使用，发展生物低碳农业的最大质疑在于，中国人多地少，放弃使用农药、化肥，中国的粮食产量将大大降低，这会引发中国的粮食安全问题。但事实恰恰相反，多所著名大学和联合国的长期深入研究均纷纷显示生物低碳农业的产量远远高过“现代化学农业”。一个由联合国贸易和发展会议（UNCTAD）及联合国环境计划（UNEP）实施的研究发现：生物低碳种植对非洲（发展中国家）是一个很好的选择。小农户的耕作可在增产的同时避免工业化农业所带来的环境和社会破坏。研究分析在非洲 24 个国家，合共 114 个项目中发现：使用生物低碳种植方法耕种产量的平均增幅为 116%，而东非的产量增幅更是高达 128%，比“现代化学农业”的产量多了一倍多。与此同时，有许多著名大学所作的科研均显示生物低碳农业的产量足够供应全球所需或超出全球所需。例如，一份由美国密西根大学巴杰利（Badgley）教授研究小组所作的调查报告显示：一些在发展中国家的小型农场的有机作物的产量比“现代化学农业”高 3 倍（陈树祯，2011）。所以，在中国全面发展生物低碳农业不但非常必要，而且也是切实可行的。

（3）中国发展生物低碳农业的优点

此外，生物低碳农业还有多种“现代化学农业”所不具备的优点。首先，生物低碳农作物节约化石能源，减少温室气体排放；其次，生物低碳农业有利于保护环境（土壤、水、空气和生态多样性等）；再次，研究证明，生物低碳农业产品的营养明显优于“现代化学农业”产品。同时，其抗癌变、肿瘤疾病的营养成份也比“现代化学农业”食品高，生物低碳农业产品明显有利于增进人类健康；最后，生物低碳农业的化肥、农药残余量比现代化学农业低 3 至 5 倍。

四、探讨中国发展生物低碳农业的政策与措施

（1）利用政策杠杆改变施肥结构，降低化肥农药使用

长期以来，我国政府为了提高粮食产量，对农民购买化肥及生产、经营、流通企业都采取相应的财政补贴和税收优惠。为了减少农用化学产品的使用，促进

生物低碳农业发展，建议有部署地减少对化肥使用的财政补贴，加大力度对生物低碳农产品的生产给予更优惠的财政补贴，把生物低碳农业县区列入中国现代农业发展国家示范县区内，给予更适合绿色农业发展的优惠政策。

(2) 制定安全优质农产品标准

绿色食品是生物低碳农业的终端产品，要保证绿色农产品品质，必须加快制定和完善绿色食品生产标准、管理标准和加工操作规程，以标准化管理来强化绿色产品的质量保障体系。

(3) 提高农民生态意识的关键是要提高广大农村基层干部的生态农业环境保护意识

现代化学农业模式下，农民生态意识淡薄，他们所认识到的是，只有高投入，才有高收益，只有不断增加化肥、农药的施用量，才能保证土地的产量。这种情况下，农民缺乏动力去调整自己的经营行为，以改善农村日渐严重的资源退化和环境污染等问题，提高农产品的品质。发展生物低碳农业，要加强对农民生态知识和耕种技术的培训，让低碳生产、低碳生活成为农民的共识，并转变为自觉行动，让广大农民在农业生产与环境保护协调发展的同时，实现增产增收。解决以上问题的关键是我国各级地方政府要努力提高广大农村基层干部的生态农业环境保护意识。

(4) 积极开展试点建设，以点带面推动生物低碳农业发展

中央和地方政府要选择条件比较好的市县，积极开展生物低碳农业的试点工作，通过制定土地、税收等方面的优惠政策，吸引外部投资者在本地建立种植、养殖基地，开展农产品深加工并创立产品品牌，打造一批名副其实的生物低碳农业示范县。在此基础上，再将试点地区的成功经验向全省以致全国推广，以点带面，逐步推进生物低碳农业的发展。

参考文献

- 1、陈树祯（2011）：《开展生态农业与有机农业的重要性》，
- 2、蒋高明（2011）：《中国生态环境危急》，海南出版社；
- 3、金玲、王文杰（2008）：《农业环境污染问题及解决对策》，载《农业经济》2008年第4期；

- 4、黄凯丰、马红、陈庆富（2009）：《农业立体污染及其生态学防治进展》，载《河北农业科学》2009，13（1）：41-43；
- 5、赖力（2006）：《中国土地利用的碳排放效应研究》，南京大学博士论文；
- 6、王小彬、武雪萍等（2011）：《中国农业土地利用管理对土壤固碳减排潜力的影响》，载《中国农业科学》2011，44（11）：2284-2293；
- 7、章力建、侯向阳（2005）：《我国农业立体污染防治研究进展》，载《作物》：2005年第5期；
- 8、张劲、李兆华等（2009）：《农业面源污染现状及其控制对策的研究进展》，载《农业环境与发展》2009年第3期；
- 9、张强，巨晓棠，张福锁（2010）：《应用修正的IPCC2006方法对中国农田N₂O排放量的估算》，载《中国生态农业学报》2010年1月第18卷第1期；
- 10、张令玉（2010）：《生物低碳农业》，中国经济出版社2010年版。
- 11、政府间气候变化专门委员会（2006）：《2006年IPCC国家温室气体清单指南》；
- 12、中国国家环保部、统计局、农业部（2010）：《第一次全国污染源普查公报》。