

生态农业概论

薛德榕

华南农学院科技情报室

一九八三年九月

前 言

近年来，笔者在农牧渔业部干部培训班华南农学院班讲课，广泛接触一批批来自华南地区（福建、广西、广东）的农业实际经验丰富的基层领导干部，深刻体会到这些实践经验丰富的学员，在农业科学范围内，能从宏观的、综合的、预测的角度，掌握一些同农业生产密切关系的生态学和经济学基本知识，是多么必要，同时又是多么重要。

去年以来，在农学系吴灼年教授的主持下，笔者参与编写《农业生态学》教材，乘此机会，结合近年在福建、广东以及广西部分地区的实地调查和考察，针对干部专修班的实际需要，利用整个暑期的时间，写出《生态农业概论》这份教材，以供农牧渔业部干部专修班华南农学院班的课内外学习参考。

本教材按授课时间为20学时编写，共分四章。第一、三、四章各4学时，第二章为8学时。课堂讲授时，只扼要讲述教材中的重点内容，阐明基本原理及它们彼此之间的相互联系，至于教材中的大部分内容、事实和数据，只供课余自学参考。为了使课堂教学不致枯燥无味、照本宣科，我们拟补充一些比较突出的、带普遍性的典型材料和结合放映幻灯片，组织课外参观考察，就地议论，互教互学，教学相长。

目前，我国的农业为多极结构的农业生产方式，但从总体来看，多属生态型的集约化农业生产类型。深入研究我国长期演化至今的生态农业，总结、提炼其基本规律，对于指导我国今后的农业现代化建设，具有十分重大的意义，特别是人口急剧增长与资源迅速消耗的今天，研究生态农业的基本原理和基本规律，更有必要。

笔者长期从事农业情报的收集和综合分析研究，对农业生态学的接触和研究日浅，因此，本教材不免带有相当程度的农业情报的彩色。故此，盼望干部专修班的全体学员以及使用本教材的读者，多多提出批评指正，以便补充修改后待机出版。

薛德榕 1983、8、20，写于汕头海滨

第一章 绪 论

随着现代科学技术的迅速发展,世界人口的急剧增长以及人们对物质生活欲望的不断提高,人类对自然资源的消耗急速增大。最近三十多年来,人类对自然界的认识随科学技术的发展而不断深化,对工农业生产水平的要求不断提高,现代科学技术对人类带来巨大的物质文明和社会进步,有目共睹,无容置疑。然而人类对自然界的认识,毕竟是有一定限度,而且由于社会、政治、经济以及其他因素,人类又为其本身的生存和发展带来一系列麻烦。大家知道,工农业生产技术的迅速发展,加速了人类提高物质文明水平的步伐,但同时又造成不同程度的环境污染以及破坏了生态环境的稳定;机械化、自动化、电气化、系列化的发展,能够大幅度提高农业生产率和产品商品率,但同时又使自然资源尤其是能源的消耗急剧增长,供应日益紧张,且有日趋亏缺枯竭之虞。这就充分说明,人类的活动不仅要受社会规律的限制,而且也要受自然规律的约束。人类对于自然资源的合理开发、利用和保护,是维护人类本身生存和发展以至社会进步的必须遵循的基本法则之一。

一、人口、资源与环境污染

随着现代科学技术的进步,人类的前景比历史上任何时候将表现出更加灿烂美好的前程。但是,必须看到,当前人类面临着三个严重的实际问题,这就是人口急剧增长,资源迅速消耗以及环境不断恶化。国际上,人们称之为三“p”危机,即Population(人口)危

机、Poverty (贫穷) 危机和Pollution(污染) 危机。人口、贫穷和污染三者之间有着密切的相互关系，而人口是其主要关键。人口多，对资源的消耗急剧增大，人均资源减少就意味着贫穷；资源消耗量不断增加，人们日常生活以及工农业排出的各种废弃物又往往超出现有净化工厂的处理水平和自然环境能够自我净化的能力，终致出现污染。为此，控制人口的急剧增长，节约资源和减少污染，是长久地维持人类物质文明和社会进步的基础。

二、世界人口增长的历史和趋势

人口增长一方面遵循着社会科学的基本规律，另一方面又必须遵循着生态科学的基本规律。人口问题既是社会科学研究范畴，同时又是生态科学的分支学科，如人类生态学、城市生态学。

据说人类历史上有过三次较大的人口增长。第一次是距今二万多年以前，原始人类开始群居，直立行走和使用工具，过着采集渔猎的生活方式，食物生产来源基本上有了保障，于是为人类迅速繁殖提供一定的生态环境条件，因而出现人口迅速增长。第二次是人类由采集渔猎社会过渡到定居的原始农业社会，人类开始从事农耕和饲养，出现了原始的种植业和畜牧业。这样，人类赖以生存和发展的食物生产系统，业已初步形成。食物生产系统的形成和发展，使人类日常生活和生存有了保障，生活稳定，人口也随之增殖。这个时期，相当于公元前8000年，当时人类已增加到500万人，而在我国，大约5万人左右。西安半坡博物馆，展示我国原始人类定居的农业社会的生活方式。第三次是在十七世纪中叶，由于当时科学技术的进步，尤其是医学的发展，婴儿的死亡率大幅度减少，地球上又出现一次人口的大增长，达到5亿人口水平（表1）。

表 1. 世界人口和我国人口增长趋势

世界人口增长		我国人口增长	
公元前8000年	500万	公元前8000	5万
公元1650年	5亿	公元1578年（明，万历）	0.6亿
公元1800年	8.5亿	公元1764年（清，乾隆）	2.0亿
公元1850年	11亿	公元1849年（清，道光）	4.1亿
公元1900年	16亿	公元1928年	4.7亿
公元1930年	20亿	公元1949年	5.4亿
公元1950年	25亿	公元1978年	9.5亿
公元1968年	35亿	公元1980年	9.9亿
公元1975年	40亿		
公元1980年	45亿		

（引自孙儒咏，1981）

人口的自然增长率可按“种群几何级数增长”的理论计算。如表 1 所示，1949年，我国人口为5.4亿，1978年为9.5亿，29年共增加4.1亿，人口年平均自然增长率（ r ）是：

$$r = (\ln 9.5 - \ln 5.4) / 29 = 0.0198 / \text{年}$$

即一年人口平均增长率为1.98%。

同样，根据上述的种群几何级数增长的理论，也可以估算人口加倍所需的时间（ t ）：

$$t = 0.6913 / r = 0.6913 / 0.0198 = 35 \text{年}。$$

人口基数越大，加倍所需的时间越短（表 2），同时也与人口增长率有着直接关系（表 3）。

表 2. 世界人口加倍的时间

时 间	估计的世界人口	加倍所需的时间
公元前8000年	500万	
公元 1650年	50000万(5亿)	1500年
公元 1850年	100000万(10亿)	200年
公元 1930年	200000万(20亿)	80年
公元 1975年	400000万(40亿)	45年
公元 2010年	800000万(80亿) *	35年
公元 2040年	1600000万(160亿) *	30年
* 预测值 (引自Ehrlich P.R.等, 1973)		

表 3. 世界若干国家人口增长率及其加倍时间

人口增长率(%)	人口加倍时间 (年)	按1971年数据计算
0.1	700	德意志民主共和国
0.5	140	丹麦, 麦
1.0	70	日本, 美国
1.5	47	阿根廷
2.0	35	世界平均, 中国, 纳米比亚
2.5	28	阿富汗
3.0	24	加纳, 伊朗
4.0	17.5	哥斯达黎加
8.2	9	科威特

(引自孙儒咏, 1981)

我国的人口自然增长率如果按照1.98%计算，抑或按照2.0%计算，大概是隔35年，人口将增加1倍。若1980年以10亿人口计算，那么2015年，我国人口将会达到20亿，到那时我国人口又将占地球上人口总数的四分之一左右。这是值得高度重视的数字。人口的急剧增长，不仅带来粮食及其他食物的供应问题，而且还带来居住、交通、运输、教育、就业等一系列社会问题。因此，在我国，目前大力实行人口控制政策，是一项关系到四个现代化能否实现的重要国策。

我国今后的人口自然增长率再也不能按照建国三十多年来的平均增长率继续发展了，必须严格控制人口的自然增长。最近三年来，我国大抓计划生育政策，全国少生了6000多万小孩（相当于目前广东的人口）。这项政策还必须长期坚持抓下去，不能放松。根据我国科学工作者的预测，我国今后人口增长有下列几种情况（表4）。

表4. 我国今后20年和100年人口增长的预测*

每对夫妇平均生育	公元2000年	公元2080年
3个小孩	14亿1400万	42亿6000
2个小孩	12亿1700万	14亿8000
1.5个小孩	11亿2500万	7亿7000
1个小孩	10亿5000万	3亿

* 按1975年生育水平计算，自1980年算起（根据报道数字整理）

如果从1980年起全国人口平均生育率开始下降，而且到1985年全部能育妇女实行“一胎化”，那么，我国人口到2000年达到10亿5000万之后才会下降。我国人口的最适数量应该是多少？根据我国

960万平方公里的国土面积，我国的自然资源和土地资源所能承受的人口压力，以及我国人口占全世界人口的比例等等方面来考虑，我们认为控制到6—7亿左右最恰当。最多不能超过目前10人口的水平，最少也不能低于5亿人口，就是说，不能少于1949年的人口数量。我们在严格控制人口数量增长的同时，也要大力提高人口的素质，包括健康水平，教育水平和教养水平，使精神文明和物质文明的建设能够实现。

三、人口爆炸和人口爆聚

表2的数据说明，世界人口的迅速增长，只是最近200多年，尤其是本世纪以来的80年，才显得特别突出。人口急剧增长所带来的一种新趋势，是人口不断流入城市。于是，外国人称这两种现象为“人口爆炸”（population explosion）和“人口爆聚”（population inpllosion）。人口爆聚，就是城市人口急剧增长以至导致城市化的发展。

距今大约5000年前，中东地区的幼发拉底河和底格里斯河一带已经出现了原始的城市，可是直至十九世纪，居住在城市的人口仍然占着很小的比例（表5）。

表5 世界人口都市化的过去和未来的趋势 (估计数)

	1850		1950		1970		2000	
	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%
世界人口	1262		2502		3628		6335	
农村人口	1181	93.6	1796	71.8	2229	61.4	2797	44.2
都市人口	81	6.4	706	28.2	1399	38.6	3538	55.8
城市(> 10万)人口	29	2.3	406	16.2	864	23.8	2399	37.9
城市(> 100万)人口	13	1.0	182	7.3	448	12.4	1497	23.6

* 单位: 100万

(引自Cox G.W.等, 1979)

从表5数据, 可以看出, 1850年城市人口只有8100万, 分布于全世界1万多个城市, 5000居民以上的城市人口只占人口总数的6.4%, 而93.6%的人口居住在农村, 依靠农业生产, 为自己及其家庭以至为城市人口提供必要的食物。可是, 随着十九世纪的工业革命, 北美和西欧开始出现城市化。英国当时工业革命处于领先地位, 因而成为第一个城市化的国家。1800年, 英国大约只有19%的人口居住在10万居民以上的城市, 可是到1900年, 由于工业的迅速发展, 以及劳动力的实际需要, 农村人口大批大批地流入城市, 于是城市人口增加到占英国人口总数的40%, 而居住在5000人以上的城市人口则超过70%。英国这种大批农村人口流入城市的现象, 在二次大战前的美国和西欧, 以及二次大战后, 尤其是五十年代和六十年代的西德和日本, 都相继重演。现在, 当城市化发展到一定的水平而且由于资源急剧消耗和环境恶化不断加剧, 于是, 这些发达国家的人口爆聚现象, 趋于缓和, 而且有向农村回流的趋势。人口爆聚和都市化发展, 将转移到发展中国家, 而发达国家则趋于

发展联合城市或卫星城市（表6）。

根据表6数字，可以看出，发展中国家在今后20年其城市化速度显著加快，特别是墨西哥城，到本世纪末将发展到3160万人口的世界第一号大城市。在发达国家中，除了东京——横滨和纽约有较快发展以外，其余城市如伦敦、巴黎、莫斯科等，其城市化速度显著减慢，几乎达到饱和程度。

表6、世界若干主要城市的发展趋势及其预测（100万人口）

城市名称	1960	1970	1975	1980	1990	2000
纽 约	14.2	16.3	17.0	17.9	20.1	22.2
洛杉机—长滩	6.5	8.4	9.5	10.7	13.0	14.8
伦敦	10.8	10.5	10.7	11.0	11.7	12.7
巴黎	7.4	8.4	9.2	9.9	11.2	12.3
莫斯科	6.3	7.1	7.6	8.2	9.4	10.6
莱因—鲁尔	8.7	9.3	9.7	9.9	10.6	11.3
东京—横滨	10.7	14.9	17.3	19.7	23.5	26.1
墨西哥城	4.9	8.6	10.9	13.9	21.6	31.6
圣保罗	4.4	7.8	10.0	12.5	18.7	26.0
加尔各答	5.5	6.9	8.1	9.6	13.7	19.7
里约热内卢	4.4	6.9	8.3	10.0	14.1	19.4
上海	7.4	10.0	10.9	12.0	14.9	19.2
北京	4.5	7.0	8.5	10.2	14.2	19.1
汉城	—	5.4	7.3	9.4	14.3	18.7
雅加达	2.7	4.3	5.6	7.2	11.5	16.9
马尼拉	—	—	4.4	5.6	8.6	12.7

（根据G.Tapinos等的数据整理）

据G. Tapinos等预测,我国上海和北京,到本世纪末将分别发展到1920万和1910万人口的大城市。到那时,天津将会发展到750万,广州将达到600万,武汉将接近580万人口的次级大城市。我们通过预测城市化发展趋势,使有可能事先在交通、运输、城市建设、物资供应、教育卫生、文娱体育等方面做好准备,以迎接这种必然到来的趋势。

四、人口增长与食物需要

人口增长与食物需要之间的平衡关系,是任何国家必须经常研究的重大政策性问题。人口增长的速度常常超过食物生产的速度,而有些国家和大城市,人口增长速度又常常超过食物供应的速度,所以,人口增长与食物需要的不平衡,始终成为人类社会中最大的矛盾之一,特别是人口暴增而食物生产不足的国家 and 人口急剧暴增的大城市,这种矛盾将越来越突出。

一个成年人每天到底需要多少食物呢?据研究,一个成年人每天需要消耗含有2000—3000大卡热量的食物。一克碳水化合物和蛋白质约含4大卡热能,一克脂肪则含有9大卡热能。人们每天的食物中,脂肪数量不多,为了计算方便起见,现按一克固态食物(碳水化合物、蛋白质和脂肪)可产生4大卡热能。

人体1公斤体重,每天需要消耗热量40大卡。现平均按60公斤计算,一个成年人每天需要消耗热量2400大卡,换言之,需要消耗600克固态食物,即1斤2两。按粮食来说,每人每年需要438斤。可是,人们每天的食物构成之中,假定有1两肉(即50克),每克

* 水在15°C时每升高1度所需要的热量为1卡,1大卡等于1000卡(千卡)

肉按6大卡计算，可产生热量300大卡。这样，人们每天可从植物性产品（包括粮食、食油、食糖、豆类、果蔬等）获得2100大卡热能，而从动物性产品（肉类、蛋类或奶类）获得300大卡热能，当然，随着食物构成的变化，动物性产品将会增多，而植物性产品（尤其是直接食用的米、麦、玉米、薯类等）将会逐步减少。

食物构成的差异，反映不同国家和地区的经济发达程度。现今世界，发达国家生产的粮食，只是少量作为直接食用，而大部分则作为饲料，或制造加工成其他食品，可是发展中国家恰好相反，主要作为直接食用，而作为饲料只是少量（表7）。

表7、各国谷物消费量与生活水平的差异（1974）

国家和地区	每人谷物消费量（公斤／年）			
	直接食用	饲料用粮	其他用粮	总量*
发达国家	90	350	60	500
发展中国家	132	18	35	185
苏联东欧国家	142	80	94	316
世界（平均）	128	102	63	293

那么，我国今后的食物构成中，植物性和动物性热能的比重到底如何呢？根据中国农科院农业现代化研究组（1981）的估计，至本世纪末，我国人民的食物构成和每人每年每月的主要食物摄取量，如表8所示。

表 8、我国食物构成及每人每年每月主要食物摄取量的预测

食物构成	1985—1990年		2000年	
	一个月	一年	一个月	一年
粮食(加工)	30	360	22	264
豆 类	2	24	3	36
薯 类	6	72	6	72
食用植物油	0.5	6	1	12
食 糖	0.5	6	1	12
肉 类	2	24	4	48
蛋 类	1	12	2	24
鱼 类	0.5	6	1	12
奶 类	1.2	14	4	48
蔬 菜	24	288	20	240
水 果	3	36	8	96

按照上述表 8 的食物构成, 1985 至 1990 年全国平均每人每天可摄取热能 2370 大卡, 其中含有蛋白质(植物性和动物性, 下同) 68 克, 脂肪 45 克, 谷类食物占热量的 79%, 动物性食物占总蛋白质摄取量的 10%。到 2000 年, 每人每天可获得 2400 大卡热能, 其中含有蛋白质 72 克, 脂肪 73 克。谷类食物占总热量的 55%, 动物性食物占总蛋白质摄取量的 23%。这样的食物构成, 既提高膳食的营养质量, 也基本上满足人体生理上的营养需要。

那么, 到 2000 年, 我国若干主要大城市的食物需要量到底应该多少呢? 根据前面所述(包括表 6 和表 8 的数据), 我们可以作表 9 所示的初步推算。

表 9 公元2000年我国若干大城市的食物需要量预测

	人口 (万)	粮 (万吨)	食肉 (万吨)	类鱼 (万吨)	类蛋 (万吨)	类奶 (万吨)	蔬 菜 (万吨)	水 果 (万吨)
上海	1920	253.44	46.08	11.52	23.04	46.08	230.4	92.16
北京	1910	252.12	45.84	11.46	22.92	45.84	229.2	91.68
天津	750	99.00	18.00	4.50	9.00	18.00	90.00	36.00
广州	600	79.20	14.40	3.60	7.20	14.40	72.00	28.80
武汉	580	76.56	13.92	3.48	6.96	13.92	69.60	27.84
全国	12000	1584.00	288.00	72.00	144.00	288.00	1440.00	576.00

根据表 9 的预测数字，大城市的食物供应，从粮食来看，问题不大，可是从肉类以及果蔬来看，并不乐观。例如，广州市的肉类供应，经常短缺。按目前广州市肉类消费水平，每年大约150万担（7.25万吨），自给大约50万担，而从外省运入冻猪肉超过100万担。广州居民普遍不喜欢吃冻猪肉和肥猪肉，可是，吃冻猪肉肯定是免不了，而肥猪肉可能会因发展瘦肉型猪种而有所改善。到2000年，广州市每年肉类消费量至少达到300万担（14.5万吨），如果要满足广州居民的肉食需要，非大力提高肉类自给率不可，就是说，要积极发展养猪业，尤其是大型的现代化养猪业、养禽业和养兔业，否则，广州的鲜肉价格，至本世纪末，不可能有明显下降的趋势，甚至会高出兄弟省市同等肉类1倍价格以上。

由此，可以看出，城市化的发展，必然带来食物需要量和供应量的不平衡问题。这个问题的解决，有赖于城市对郊区农业的大力支援，有赖于城市对现代化技术密集型饲养业的大力投资，有赖于城市同农村形成经济综合体事业即城郊型经济体系的发展。

五、结 束 语

本章叙述的要点，就是目前世界上人口急剧增长，并由此而引起的资源消耗迅速增加和自然环境污染不断恶化。人口爆炸必然导致人口爆聚。人口爆聚遂促进城市化的发展，于是农村为城市提供的食物数量也不断增多。

人口的增长表现为指数增长。指数增长是指某种事物或某种现象按加速度方式不断递增，也即是以连续加倍的方式迅速增长。

例如 2^n ， n 是指数，当 2 连续加倍，就是 $2 (n=1)$ 、 $4 (n=2)$ 、 $8 (n=3)$ 、 $16 (n=4)$ 、 $32 (n=5)$ 、 $64 (n=6)$ 、 $128 (n=7)$ ……，如此连续加倍，可达到无限大数字。指数增长的特点是：最后一项的数值比前面各项之总和还要大。另外，这种连续加倍的增长速度，当 n 是 10 以下的数字时，一般增长不甚显著，可是当 n 大于 20，30 或 40 以上，其增长量极其庞大。这里以一张纸的厚度连续加倍为例，以资说明。

1 页纸厚度大约 0.1 毫米 ($1/254$ 英寸)；

1 页纸对折厚度为 0.2 毫米；

1 页纸再对折厚度为 0.4 毫米；

1 页纸三次对折厚度为 0.8 毫米；

1 页纸 8 次折叠厚度约为 1 英寸；

1 页纸 12 次折叠后其厚度达 1 英尺；

如果实际上可能做到的话，那么：

20 次折叠后其厚度可达 256 英尺；

37 次折叠后其厚度约达 3000 英里，相当于纽约到洛杉矶的距离。

43次折叠后其厚度为240,000英里,相当于地球到月球的距离; 52次折叠后其厚度为93,000,000英里,相当于地球到太阳的距离。

可以看出,薄薄的一张纸,经过反复多次折叠,其厚度可达到惊人的程度。

指数增长是一个抽象的概念,同时又是不以人们意志为转移的客观自然规律。作为一个地区、一个部门、一个单位的领导人员或行政管理人员,掌握“指数增长”这个抽象概念,到底有什么实际意义呢?应该肯定:具有极大的实际意义。

1、扩大时空眼界

掌握指数增长的概念,可以帮助人们扩大时间上和空间上的眼界。就是说,人们不仅要看到近期的效益,更要看到长期的后果。1949年,我国人口为5.4亿,到1978年便达到9.5亿。如果五十年代中期能够应用指数增长的概念来分析我国人口增长的趋势和预测其带来的后果,那么及时加强计划生育工作,严格控制人口增长,就不会达到目前的10亿左右的水平。在空间上,人们不仅要看到本地区、本部门、本单位,更要看到外地区、外部门、外单位,甚至全国、全世界。有了时间和空间的眼界,在处理问题时便容易联系到历史观点、辩证观点、总体观点和发展观点。

2、预测未来发展趋势

预测未来的发展趋势,已成为当前国际上蓬勃发展的“未来学”研究的主要内容。一个政治家、经济学家、科学家、管理专家或教授,如果对于自己本行专业的未来发展趋势一无所知,那么他们将会在其专业活动领域内(政界、经济界、理论界、教育界)只能随波逐流,人云亦云,毫无主见,不能把握未来。长此以往,终

归会受到“未来”的淘汰。

3、加深对自然界和人类社会的认识

随着地球上出现的人口指数增长、资源消耗指数增长以及环境污染指数增长的现象，人们估计，今后人类的生存和发展有赖于科学家和政治家对发展着的事态的预测能力，而不仅仅是对危机已经到来的反应能力和处理能力。一个地区、一个部门、一个单位的领导管理人员，比如市长、县长、局长、乡长等等，如果只会处理已经发生的事态，这已经不够了。他们还必须预测未来，必须看到未来可能发生的事情。这就是学习本章的目的所在。