

# 现代农业技术体系中 几个关键因素的研究

陈红卫 著



西安地图出版社



图书在版编目(C I P)数据

现代农业技术体系中几个关键因素的研究 / 陈红卫著.  
西安:西安地图出版社,2009. 11  
ISBN 978-7-80748-524-7

I. 现… II. 陈… III. 农业技术 IV. S

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 207297 号

现代农业技术体系中几个关键因素的研究

陈红卫 著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 新乡市商务快印印刷

850 毫米×1168 毫米·1/32 开本 印张 字数

2009 年 12 月第 11 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

印数 0001~1000

ISBN978-7-80748-524-7

定价:23.00 元

# 前 言

现代农业是世界农业发展趋势之一。但是随着现代农业水平的不断提高,粮食总产得到了大幅度提高的同时,也带来了诸如资源耗竭、水土流失、土地沙漠化、水土污染、生物多样性的减少等重大生态问题,使人类面临环境、资源、能源、人口和食物的多重压力。如何养活养好未来中国 13 亿乃至 15 亿、16 亿人口,是我国面临的重大问题,也是我国农业实施可持续发展战略的重大问题。为此,作者对我国现代农业体系中几个关键因素进行了探索与研究。

现代农业是以科学技术不断进步为前提的新型农业发展方式,它以提高土地生产率和劳动生产率途径,以增加农业经济效益和社会效益为目的,同时又避免因不断扩大耕地面积而带来的生态问题和社会问题。因此现代农业体系中耕地、水资源、肥料资源、还有科学技术、政策等因素是如何相互作用相互影响的,都是需要回答的问题。作者深入到生产实际,对广东省高州市,江西省赣县、余江县,河南省确山县、浚县和河北省景县等不同县域调查,获得了大量的第一手资料,在此基础上撰写成书。

本书全面系统地论述了现代农业发展过程中农业集约化、水资源、耕地资源、肥料资源以及生态系统等的相互关系。全书共有七章,第一章现代农业概述主要介绍了世界农业的起源、发展、轨迹和现代世界农业面临的挑战;第二章现代农业的集约化研究,介绍了农业集约化的内涵、特征、分类、评价等;第三章现代农业的水资源因素,探讨了水资源的利用和现代农业存在的水资源危机;第四章现代农业中的化学化因素,研究了化肥、农药、农用薄膜的作用、贡献和存在问题;第五章现代农业中的土壤因素,研究了土地在现代农业发展过程中的作用、变化和现代农业水平不断提高对我国日益

减少的耕地面积的补偿;第六章现代农业中的科技与政策因素,探讨了科技和政策对现代农业发展水平提高的保障和引导作用;第七章现代农业对农业生态系统的影响,现代农业水平的提高使得农业生态系统物质流、能量流和金钱流加大,同时提出控制负面影响的措施。

本书在资料收集过程中,得到了余江县统计局、余江县农业局、余江县农委、确山县统计局和农业局、浚县人民政府、景县农业局和统计局、赣县科技局、高州市土地局的大力支持和帮助。编写过程中得到了吴大付教授的鼎力支持,在此谨表示衷心的感谢。

限于作者水平以及时间仓促,书中错误和不足在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2009年9月

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一章 现代农业概述 .....             | 1   |
| 第一节 世界农业的起源与发展 .....         | 1   |
| 第二节 世界农业发展的轨迹 .....          | 9   |
| 第二章 现代农业的集约化研究 .....         | 28  |
| 第一节 中国农业发展 .....             | 28  |
| 第二节 农业集约化的内涵与内容 .....        | 34  |
| 第三节 农业集约化特征分析 .....          | 46  |
| 第三章 现代农业的水资源因素 .....         | 70  |
| 第一节 水资源概述 .....              | 70  |
| 第二节 水资源对现代农业的作用 .....        | 75  |
| 第三节 现代农业的节水对策 .....          | 96  |
| 第四章 现代农业中的化学化因素 .....        | 102 |
| 第一节 我国现代农业化学化概述 .....        | 102 |
| 第二节 不同农业施肥制度下的肥料结构特点 .....   | 129 |
| 第三节 我国现代农业中化学化存在的问题与对策 ..... | 141 |
| 第五章 现代农业中的土壤因素 .....         | 161 |
| 第一节 我国土壤资源概述 .....           | 161 |
| 第二节 集约利用下对土壤肥力的影响 .....      | 173 |
| 第三节 集约利用下土壤因子对粮食生产的贡献 .....  | 200 |
| 第四节 现代农业中的土壤资源存在的问题与对策 ..... | 200 |
| 第六章 现代农业中的科技与政策因素 .....      | 219 |
| 第一节 科学技术是我国现代农业发展的推动力 .....  | 219 |
| 第二节 我国农业政策对现代农业的影响 .....     | 233 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第七章 现代农业对农业生态系统的影响.....         | 254 |
| 第一节 农业生态系统概述.....               | 254 |
| 第二节 现代农业对农业生态系统中自然资源潜力的影响 ..... | 265 |
| 第三节 现代农业对农业生态系统影响的评价 .....      | 299 |
| 参考文献.....                       | 310 |

# 第一章 现代农业概述

## 第一节 世界农业的起源与发展

根据古人类学家的研究,人类的历史大约可追溯到 300 万年前,而农业诞生于距今 1 万年左右的全新世纪初。它的产生是人类文明史的光辉起点。在出现农耕以前的数百年的漫长岁月里,人类的祖先依赖采集和渔猎为生。在采集和渔猎过程中学会了用人工方法改善野生植物的生长环境或者模仿自然的生长过程以增加采集物的数量。以后进一步学会了人工驯化野生动物和人工培育野生植物并加以饲养和种植,从而逐渐掌握了畜牧和农耕技术,农业随之产生和发展。

当人类有意识地圈养动物并采取措施促进其生长繁衍以增加食物,当人类开始播种并力图为禾苗的生长提供好的环境以期获得收成,农业就发生了。人类最早从采集和渔猎过渡到开始种植和养殖,是人类历史发展到一定阶段的产物。大量的证据表明,大约在旧石器时代至新石器时代初,长期从事采集和渔猎的原始人类的认识水平已有了一定的提高,开始了对自然力的自觉利用,生产工具有了一定的改进,原始农业就这样诞生了。

但是,农业的出现并没有完全停止人类对野生植物的采集。坚果、浆果、蘑菇等,甚至在一些最先进的农业国家,依然有不少采自野生(W.休斯,1989)。

迄今为止,全球农业经历了原始农业、传统农业和现代农业三个基本历史发展阶段。

## 1.1 原始农业

原始农业起源最早的是西南亚的伞形地带。公元前 9000 年到公元前 8 000 年,开始从野营到定居,种大小麦,养畜。以农耕为主要特征的原始农业历时六七千年。原始农业是在西亚、东亚和中美洲的特定区域的特定条件下先后独立产生的(胡跃高,2000)。当时人们主要利用天然动植物资源和土壤自然肥力,借助于骨、木、石等材质做成的器具,过着采食渔猎的生活。原始农业阶段人类在大自然面前无能为力,只能刀耕火种,逐水、草而居,听从大自然的摆布。

## 1.2 传统农业

传统农业是人类农业史上的又一个重要阶段,在欧洲从罗马帝国灭亡到 18 世纪的农业革命,在中国从秦汉以后到清末民初,是世界传统农业的发展时期。传统农业是一个低污染、低社会承载力的农业阶段。其主要生产工具是铁木制农具,以人畜力为动力,实行手工劳作,生产者根据累世相承的经验操作和封闭式的物资循环来维持简单的再生产。传统农业生产力水平低,只能维持自给自足或半自给自足的发展水平。但是与原始农业相比,传统农业阶段的生产有了质的飞跃。铁器工具、人畜力及其他自然力的使用精耕细作传统农业技术的建立和应用,大大提高了生产力和生产率。传统农业的发展为农业最终迈向现代农业积累了经验并奠定了坚实的基础。

## 1.3 现代农业

世界农业在经历了几百乃至几千年的传统农业阶段之后,伴随着工业革命,拉开了从传统农业向现代农业转变的序幕。现代农业的出现有两方面的准备:一是工业革命,二是现代农业科学。

1769 年瓦特发明蒸汽机,1815~1870 年欧洲兴起工业革命高潮。1892 年第一台拖拉机问世,1903 年美国出现了第一个拖拉机厂,到 1920 年已经有 20 多万台拖拉机投入到农业生产中。1840 年李比西发表“有机化学在农学和生理学上的应用”,提出了矿质营养

和养分归还学说,为农业化学工业奠定了理论基础。19世纪中叶,英国、德国相继开始使用化肥,但当时仍以磷肥和钾肥为主。二战以后,欧洲、美国、日本形成了化学工业体系,使得化肥用量猛增。

19世纪达尔文的进化论和孟德尔的植物遗传学理论为生物科学发展奠定了基础。20世纪初约翰森的纯系理论和摩尔根的基因学说,为杂交优势利用开创了新纪元。高效农业生物育种技术的建立并促使了农业生产的三次大突破。第一次突破是20世纪30年代美国杂交玉米的成功并开始推广,使玉米每公顷产量从1500千克提高到5250千克;第二次突破是20世纪40年代的墨西哥选育出矮秆、高产、抗病、耐肥、抗倒伏并具有广泛适应性的小麦品种,推广后墨西哥小麦产量从每公顷750千克增加到3750千克,并由此掀起了一场“绿色革命”;第三次突破是20世纪60年代菲律宾国际水稻研究所选育出矮秆、早熟高产品系,首先在东南亚推广,一季水稻每公顷产量高达9000~9750千克,被誉为“奇迹稻”。

经过半个多世纪的努力,一些工业化起步早、发展快的欧美等发达国家大体于20世纪六七十年代完成了传统农业向现代农业的转变,较早地实现了以现代工业、现代物资、现代技术和现代管理为核心内容的农业现代化。用机械代替人畜力,用化学化、水利化代替有机化、雨养农业,用高产良种和现代耕作技术代替旧品种、旧耕法,用市场商品经济替代自给自足封闭式经济。与此同时,不少发展中国家在60年代以来的“绿色革命”的冲击下也加快了其传统农业改造的进程,向现代农业迈进。总之,现代农业就是应用机械、化肥等现代工业、现代科学技术与管理方法武装的农业,又是工业化以来高资本、高能量、高技术以及商品生产为主要特征的农业生产体系。其实质是资金和能源的集约利用,替代传统的对土地与劳力的集约使用;向农业投入大量的商品辅助能,以提供农机燃油、化肥、农药、灌溉等。

## 1.2 不同农业发展阶段特点

### 1.2.1 原始农业

原始农业属于生态或接近生态系统,当地人利用天然植物和用原始方法繁殖家畜。刀耕火种是比较传统的耕作习惯和方法。工具是刀、斧。用火清理土地,接着就播种,种后也无任何中耕管理措施,连续种植三年,随着地力的下降作物产量下降(表 2-1)(骆世明等,1987),不得不放弃使之休闲,靠自然植被再生来保持土地肥力,因此,原始农业阶段生产力水平十分低下。但已基本完成了农作物的驯化且积累了重要的农业生产经验,其发生发展为以后传统农业的发展乃至当今现代农业的发展奠定了重要的基础(胡跃高,2000)。总之,原始农业是一个人与自然在极其低下的水平上处于一个和谐阶段。

### 1.2.2 传统农业

舒尔茨曾指出:“传统农业是一种特殊类型的经济均衡状态。”主要特点有(1)农业是经济的主要成分,多数农民是自给农民,其主要生产是供家庭所需,仅有少数产品出售,农产品商品率极低;(2)生产方法是传统的,技术状态长期保持不变;(3)外界系统投入很少,且输入的主要是劳力和土地。地多人少的以输入土地为主,地少人多的依赖于劳力优势,输入较多的劳力;(4)产品、劳动生产率和土地生产率均低(舒尔茨,1987),一个农民只能养活 1~3 人。因传统农业人力和畜力是主要农业动力,肥料也只有农家肥和厩肥,因此作物产量的提高极其有限。施用有机肥料因其养分含量少,在土壤中释放量又与作物各生育时期的需要不同步,所以增产幅度十分有限,每 10 年平均小麦仅增产 3 千克/公顷,水稻 11 千克/公顷(表 1-1)(孙曦,1987)。传统农业的主要特点见表 1-2。

表 1-1 中国历代稻、麦产量的变化

| 朝代    | 北方麦 / 千克 / 公顷 | 南方稻 / 千克 / 公顷 |
|-------|---------------|---------------|
| 先秦    | 823.5         |               |
| 西汉    | 904.5         | 580.5         |
| 魏、西晋  | 889.5         | 889.5         |
| 东晋、南朝 | —             | 1 249.5       |
| 北朝    | 772.5         | —             |
| 隋、唐   | 852.0         | 1 278.0       |
| 宋朝    | 781.5         | 1 560.0       |
| 元朝    | 1 084.5       | 2 167.0       |
| 明、清   | 1 465.5       | 2 929.5       |

### 1.2.3 现代农业

现代农业主要是由传统农业转变而来的,是广泛采用现代生产工具、现代科学技术和现代管理经营方法的农业生产体系,现代农业与传统农业的区别见表 1-3,现代农业的主要特点见表 1-2。农业现代农业的发展使得世界农业也一反过去几千年老牛破车的步伐,铸就了现代农业的辉煌(表 1-4)。20 世纪 40 年代美国率先实现了以机械为主要特征的农业现代化,到 60 年代,占世界耕地面积 40%,人口 24%的工业化国家先后实现了传统农业向现代农业的转变。

表 1-2 传统农业、现代农业的特征

|             | 传统农业         | 现代农业     |
|-------------|--------------|----------|
| 农产品商品率 / %  | 0 ~ 40       | 50 ~ 100 |
| 商业性投入 / %   | 0 ~ 30       | 30 ~ 90  |
| 农业劳动力投入 / % | > 50         | < 20     |
| 肥料来源        | 厩肥、绿肥、豆科植物   | 化学肥料     |
| 病虫草害防治      | 轮作、间作、休闲、人工等 | 农药       |
| 单位耕地面积投入    | 多            | 少        |
| 人均耕地面积      | 少            | 多        |
| 农业劳动力       | 人力、畜力        | 拖拉机等     |

续表 1-2 传统农业、现代农业的特征

|       |       |    |
|-------|-------|----|
| 专业化程度 | 低     | 高  |
| 主要投入  | 土地、劳动 | 资本 |

表 1-3 传统农业与现代农业的比较

|           | 传统农业         | 现代农业            |
|-----------|--------------|-----------------|
| 生产工具      | 铁器           | 机械、电器           |
| 农业劳力      | 人力、畜力        | 动力机、电动机         |
| 劳动方式      | 手工、畜力、畜力机械   | 机械化、电器化、自动化     |
| 生产规模、社会分工 | 生产规模小、社会分工不明 | 生产规模大、社会分工精细    |
| 栽培技术      | 传统技术         | 现代科学技术          |
| 经营管理      | 传统经验         | 现代科学管理手段        |
| 经济形态      | 自给自足,商品经济不发达 | 商品经济高度发展,社会化大生产 |

表 1-4 1913~1987 年世界农业发展状况

|                       |                                 |      | 世界    | DC    | 美国    | 西欧    | LDC   | 中国    | 其他    |
|-----------------------|---------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 世界<br>农业<br>产值        | 总<br>产<br>值<br>—<br>亿<br>美<br>元 | 1913 | 4600  | 3069  | 700   | 1400  | 1531  | 465   | 1066  |
|                       |                                 | 1950 | 7350  | 4515  | 1180  | 1800  | 2835  | 710   | 2125  |
|                       |                                 | 1987 | 15900 | 8420  | 1770  | 3165  | 7480  | 2300  | 5180  |
|                       | 人<br>均<br>产<br>值<br>—<br>万<br>人 | 1913 | 270   | 480   | 720   | 610   | 145   | 110   | 160   |
|                       |                                 | 1950 | 285   | 545   | 775   | 630   | 167   | 115   | 190   |
|                       |                                 | 1987 | 320   | 720   | 730   | 890   | 195   | 220   | 185   |
| 劳<br>动<br>生<br>产<br>率 | 劳<br>动<br>力<br>—<br>万<br>人      | 1913 | 47000 | 12400 | 1150  | 3850  | 34600 | 13500 | 21100 |
|                       |                                 | 1950 | 65500 | 11250 | 880   | 3250  | 54250 | 17500 | 36750 |
|                       |                                 | 1987 | 87500 | 5850  | 320   | 1115  | 81650 | 30000 | 51650 |
|                       | 劳<br>均<br>产<br>值<br>—<br>美<br>元 | 1913 | 980   | 2475  | 6100  | 3625  | 440   | 340   | 505   |
|                       |                                 | 1950 | 1125  | 6535  | 19650 | 5550  | 525   | 405   | 580   |
|                       |                                 | 1987 | 1815  | 14395 | 55300 | 28400 | 915   | 765   | 1005  |

引自:张善余,《世界农业》;1989.2;

注:DC——发达国家;LDC——发展中国家。

### 世界农业取得了巨大的成就

农业产值增长:从20世纪初到80年代中期,农业产值增加了2.45倍,由1913年的4600亿美元增加到1987年的15900亿美元,同期内年平均递增率为1.7%,其中,1913~1950年间为1.3%,1950~1987年间是2.1%。

人均产值增长:尽管世界人口有了爆炸性的增长,人口由1913年的16亿人增加到1987年的50亿人,人均农业产值由1913年的270美元提高到1987年的320美元。

世界粮食由短缺变为剩余:1982~1987年比1909~1913年世界谷物总产增加2.3倍,同期人口增加不到2倍。从二次大战后的1946年到1985年,谷物总产由5.33亿吨增加到18.4亿吨。1985年世界粮食库存4.15亿吨,安全系数达到25%,远远超过FAO规定的安全线(17%)。随着粮食的增加,肉类增加也较大,1950~1986年间,粮食增加了1.7倍,肉类则增加了2.9倍。世界粮食、肉类由不足转变为剩余,导致粮食价格下跌,1980年较1950年下降25%。同期内,人均谷物占有量却由1946年的246千克提高到380千克。1960~1986年间的近1/4世纪,粮食增长率为2.6%,同期内人口增长率只有1.9%。雄辩的事实否定了马尔萨斯关于人口增长快于粮食增长的悲观预测。

生产条件的改善促使谷物单产水平提高途径的变化:过去农业生产的发展主要依靠耕地和谷物播种面积的双重扩大,如美国1895~1899年与1866~1870年间相比,小麦种植面积扩大了157%,而平均单产只不过提高了微不足道的3%。在20世纪的前50年,这种格局依然存在。1901~1950年间,世界谷物总种植面积扩大了0.42倍,平均单产只增加了6%。50年代以后,情况发生了深刻的变化。1950~1986年间,世界谷物总种植面积仅增加了21%,而平均单产却陡增了123%,与前期形成了鲜明的对比。从本世纪初到80年代中期的80多年间,世界耕地面积由不足9亿公顷增加到14.8亿公

顷,增幅仅为 0.7 倍,而农业生产总量却扩大了 2.5 倍以上。粮食单产也得到了极大的提高(表 1-5)。

表 1-5 部分国家谷物单产比较(单位:千克/公顷)

|      | 1970  | 1975  | 1980  | 1985  | 2002  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 世界平均 | 1 734 | 1 856 | 2 158 | 2 557 | 3 083 |
| 中国   | 1 769 | 2 074 | 2 947 | 3 337 | 4 963 |
| 美国   | 3 157 | 3 461 | 3 774 | 4 768 | 5 570 |
| 日本   | 5 123 | 5 932 | 4 841 | 5 847 | 6 090 |
| 英国   | 3 369 | 3 812 | 4 944 | 5 592 | 7 122 |
| 印度   | 1 135 | 1 261 | 1 350 | 1 606 | 2 340 |
| 韩国   | 3 311 | 4 086 | 3 880 | 5 652 | 6 089 |

农业劳动生产率提高:农业劳动生产率随着生产条件的改善和先进科技成果的推广应用而逐步提高,1913 年一个农民除本人外,只供养 2.6 人,而 80 年代中期,供养人数达到 4.7 人,1913 年每个劳动力平均创产值 980 美元,1987 年则为 1 815 美元,增长了 0.85 倍。同期内,从事农业的劳动力增加量却从 1913 年的 4.7 亿人增加到 1987 年的 8.75 亿人,增加了 0.87 倍。农业机械化水平的提高,使得目前美国一个劳动力生产的农产品可以养活 130 人。与此同时,在世界人口总数和劳动力总数中,农民所占份额一直下降。

在农业从传统农业向现代农业转变过程中,劳力、土地和资本在农业总投入中比例发生了很大的变化(表 1-6)(王思明,1999)。在 1910 年到 1960 年 50 年间,土地投入在总投入中变化不大,但劳动投入减少了 45%,资本上升了 44%。

表 1-6 美国劳动、土地、资本在总投入中的相对重要性变化(单位:%)

| 时间   | 劳动 | 土地 | 资本 |
|------|----|----|----|
| 1910 | 75 | 8  | 17 |
| 1960 | 30 | 9  | 61 |

农业的巨大发展也带来了社会经济结构的变化(表 1-7)。首先是非农人口的增加和农民人数的减少,完成了传统农业社会向现代

工业社会的转变;工业的发展改变了以往农业生产仅仅为满足人口基本生物需要的局限,为农产品开辟了更加广阔的市场,从而推动农业的商业性生产朝向全方位发展。

表 1-7 结构变化、市场规模和农业生产力

| 农业就业<br>人口 /% | 每个农民应供养<br>的非农人口数 | 每个农民供养<br>人口数 | 农业人口每下降 10%<br>人均需增加产量 /% | 农业就业每下降 10%<br>非农就业增加 /% |
|---------------|-------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| 80            | 0.25              | 1.25          | —                         | —                        |
| 70            | 0.42              | 1.42          | 13.6                      | 68                       |
| 60            | 0.66              | 1.66          | 16.9                      | 57                       |
| 50            | 1.0               | 2.0           | 20.4                      | —                        |
| 40            | 1.5               | 2.5           | 25.0                      | 50                       |
| 30            | 2.3               | 3.3           | 32.0                      | 53                       |
| 20            | 4.0               | 5.0           | 52.0                      | 74                       |
| 10            | 9.0               | 10.1          | 100.0                     | 125                      |
| 5             | 19.5              | 20.0          | 100.0                     | 111                      |

来自: B.F.Jonston, S.T. Nielson. Agriculture and structural transformation in a developing economy. Economic Development and Cultural Change. 1966, Vol. 14.283.

## 第二节 世界农业发展的轨迹

在整个人类历史中,人口的不断增长和变化的饮食结构,导致越来越多的土地从森林或牧场用于农业生产。过去几十年来,大量增加化肥和农药的使用,加上灌溉方式的改变和改良的种子品系,使得已经耕种的土地的能够更加精耕细作(世界资源研究所,联合国环境规划署,联合国开发计划署等,2000)。自 20 世纪 50 年代以来,发达国家现代农业水平发展很快,已经达到相当高的程度,如联邦德国,1950 年每个劳动力拥有的固定资产为 8 783 马克,到 1988 年提高到了 249 335 马克,已经大大高于制造业(中国大百科全书,农业卷,1990)。

### 2.1 集约化是世界农业发展趋势

现代农业是在一定面积的土地上投入较多的劳动、资金和技

术,以期取得较多的单位面积产量,又能减少单位产品劳动耗费的一种农业经营形式,它是以科学技术不断进步为前提。现代农业可以提高土地生产率和劳动生产率,增加农业经济效益,而同时避免因不断扩大耕地面积而带来的生态问题和社会问题。

人类为了获得某种食物,人类最初依靠狩猎、采集和捕鱼。在该时期主要采取游牧制和刀耕火种两种形式。即使在今天,人少地多的地方,大约有 2 亿人,占世界 23% 的农业耕地上实行着不同类型的游耕制(农业部农业政策研究室,1992)。以后随着人口的增加,生产空间有限性日益凸现。因此有限的天然食物储存和有限的人、畜活动范围,以及扩大空间所受限制,都迫使人类或迟或早地向垦殖经济形式过度。这样就进入了锄耕阶段,以后为犁耕阶段。随着人们对同一块土地利用年限增加,人们已相对定居下来,加上人口增加,可供选择的土地面积逐渐缩小,游耕被定耕所替代。在土地固定的基础上实行轮流耕作和休闲,一般土地利用时间长于休闲,土地利用率先于 50%。随着人口的继续增加,最终使得垦殖的经营形式所能提供的食物难以维持生计,农业就进入了粗放集约农业阶段。游牧制为牧场制体系代替,粗放自给性雨养农业得到发展。粗放自给性雨养农业主要是种植业占主要地位,粮食占农产品 80%-90%,畜牧业是副业,灌溉只是少量补充性的,生产水平低,抗御自然灾害能力低。人口继续膨胀,食物压力进一步增加,农业发展为常年耕作制,经济的增长,技术的进一步完善,使得灌溉、排水、施肥、植物保护、作物品种的选育等进一步提高适应自然的能力,因此现代农业水平得到提高。据估计(Cox, et. al, 1979),世界上 40% 的作物栽培系统,现在是采用比较集约的机械化技术,其余的 60% 大约是非机械化的永久栽培系统和烧垦系统各占一半。在不久的将来会不断发展集约的机械化栽培,这是历史的必然,这种发展将取代集约程度较低的系统 and 现在被永久牧场和自然植被占据的可耕地。总之,农业发展的轨迹可以归结为:采集式→开垦式→栽培式(安德烈埃,1991)。因