

• NONGXUE GAILUN •

# 农学概论

梁秀兰 陈建军 梁计南 编著



华南理工大学出版社

华南农业大学“九五”规划教材

# 农学概论

梁秀兰 陈建军 梁计南 编著

华南理工大学出版社

·广州·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

农学概论/梁秀兰, 陈建军, 梁计南编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2001.8  
ISBN 7-5623-1731-3

I. 农… II. ①梁… ②陈… ③梁… III. 农学-概论-高等学校-教材 IV. S3  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 053122 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: [scut202@scut.edu.cn](mailto:scut202@scut.edu.cn)

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 欧建岸

印刷者: 华南理工大学印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 9.75 字数: 234 千

版次: 2001 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1—3100 册

定价: 16.50 元

版权所有 盗版必究

# 前 言

《农学概论》是一本论述作物生产一般理论与技术的教材，全书分为五章，内容包括：作物生产的实质和特点，作物生长发育规律，作物产量与品质形成的环境条件及调控途径，作物高产、优质、高效生产的技术原理。同时，还结合南方作物分布的特点，重点阐述了南方种植面积大、分布广和有发展潜力的水稻、甘蔗、玉米、花生等作物的高产、优质、高效栽培理论与技术。

本书既引入了本学科发展的新理论，又能结合生产实践，适合于农科各类本科专业使用，也可作为有关专业专科生的参考教材。

本书第二章、第四章的第一节及第五章的第一、三节由梁秀兰编写，第三章及第五章的第四节由陈建军编写，第一章、第四章的第二节及第五章的第二节由梁计南编写。在编写过程中，编者参考了很多相关文献，在此对这些文献的作者致以诚挚的谢意。本书编写人员虽认真编写，并经过多次讨论、修改，仍难免有错漏之处，希望读者在使用过程中多提宝贵意见，以便再版时修正和补充。

本书为华南农业大学“九五”规划教材。

编著者

2001年5月30日

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	( 1 )
第一节 农学与作物生产 .....	( 1 )
第二节 作物生产与粮食危机 .....	( 4 )
第三节 农业现代化与作物生产展望 .....	( 7 )
<b>第二章 作物的生长发育</b> .....	(14)
第一节 作物的分类 .....	(14)
第二节 作物的生长发育 .....	(17)
第三节 作物的产量和品质 .....	(25)
<b>第三章 作物生产的基本条件</b> .....	(34)
第一节 光 照 .....	(34)
第二节 温 度 .....	(40)
第三节 水 分 .....	(45)
第四节 养 分 .....	(50)
第五节 空 气 .....	(54)
第六节 土 壤 .....	(58)
第七节 作物生产基本要素的相互关系 .....	(63)
<b>第四章 作物栽培制度和技术措施</b> .....	(65)
第一节 作物栽培制度 .....	(65)
第二节 作物栽培技术 .....	(72)
<b>第五章 作物生产技术</b> .....	(94)
第一节 水稻栽培 .....	(94)
第二节 甘蔗栽培 .....	(112)
第三节 玉米栽培技术 .....	(125)
第四节 花生栽培 .....	(137)

# 第一章 绪 论

## 第一节 农学与作物生产

### 一、农学的概念、地位和特点

#### 1. 农学的概念和范畴

自农业起源以来，人类从未停止过对农业技术的探索和农业经验的积累。从这一意义上来说，农学作为农业科学中的一个分支，可以说是一门最古老的学科。我国农业历史悠久，素有农业古国之称。

虽然农学知识的积累可以追溯到农业起源之初，但农学作为一门学科诞生至今尚不足 200 年的历史。一般认为，英国的泰尔（A.B. Thaer, 1752—1828）是倡导把农学作为一门学科的始祖。他在《合理农业的原理》（1815）一书中，提出了现代农学的概念。

在农学的概念形成之前和形成初期，农业科学（agricultural science）的知识积累主要集中在农学方面。随着近代科学特别是生物科学的飞速发展，传统的农业科学也在 20 世纪初开始逐步发展成了一个门类齐全的科学技术体系。随着各个农业科学分支的丰富和发展，农学的范畴也由农业科学的整体演变成了农业科学的一个分支。

一般认为，现代农学（agronomy）通常指的是大田作物生产的理论与技术，即基本上局限于作物栽培学与耕作学的研究领域。但实际上，作物生产还涉及到作物品种、植物营养、农田生态、植物保护、农产品加工与贸易和市场营销等众多学科领域。简言之，农学是研究作物生产理论提高作物生产技术的一门综合性学科。

#### 2. 农学的地位与作用

##### ① 农业在国民经济中的地位与作用

农业是国民经济的基础。这是由农产品具有特殊的使用价值，即是人类生存最基本、最必需的生活资料所决定的。农业的基础地位和作用表现在以下几个方面。

第一，农业是人民生活资料的重要来源。目前，我国所消费的粮食、副食品几乎都是由国内农业提供的，衣着原料的 80% 也直接来源于农产品。

第二，农业是工业原料的重要来源。目前，我国工业原料约40%、轻工业原料约70%来源于农业。

第三，农产品是出口换汇的重要物资。在解放初期，农副产品的出口额曾占到总出口额的80%以上，目前仍在30%左右。

#### ②农业生产结构及其在农学中的地位与作用

就世界范围来说，一般认为农业包括种植业和养殖业两大部分。在我国，狭义的农业是指农作物种植业，广义的农业包括种植业、林业、畜牧业、农村副业和渔业，即农、林、牧、副、渔5业。

农业内部的组成及其比重称为农业生产结构。在我国，种植业占的比重最大，是农业生产的基础，在农业生产中具有举足轻重的地位。在国家列入统计指标的种植业中，包括了粮、棉、油、糖、麻、烟等大田作物和茶、桑、果、菜、药等园艺植物两大类。农学的研究对象主要是大田作物，大田作物是种植业的主体，因此农学的进步对于种植业、农业乃至国民经济的发展都具有积极的推动作用。

### 3. 农学的性质和特点

#### ①农学的性质

农学的研究对象是以大田作物为主的种植业，因此农学的性质很大程度上受制于种植业的性质。概括起来包括以下三个方面。

第一，农学是为发展种植业服务的一门综合学科。作物生产是一个“环境—生物—人类社会”相互交织在一起的复杂系统，因此必须系统科学地认识农学，把各个相关学科的研究成果汇集在农学研究中加以合理应用和综合协调。

第二，农学是介于自然科学和社会科学间的一门交叉学科。农业生产是经济再生产和自然再生产相结合的过程。农业生产的经济再生产，指的是构成一定生产关系的人，使用一定的劳动工具，生产人类生活所需产品的过程；农业生产的自然再生产，指的是通过作物利用太阳能，把无机物转化为有机物、把太阳能转化为化学能的过程。

第三，农学是必须兼顾作物生产和环境安全的一门应用生态学科。从农业和环境的关系来看，一方面农业在环境保护方面起着极大的、不可估量的作用；另一方面，农业的发展和农业现代化也会引起生态失衡和环境污染的问题。因此，农业生产必须兼顾生态系统的平衡和环境的安全。

#### ②农学的特点

农学作为农业科学的一个分支，与其他学科一样也是一种复杂的以脑力劳动为主的社会劳动成果，具有探索性、创造性和精确性等特点。此外，还有它自身的几个特点。

第一，生物性。农学的研究对象是农作物，是生物有机体，农作物通过将环境中的无机物质转变成有机物，将太阳能转变成化学能的过程，完成其有机体的生命活动。

第二，复杂性。作物生产是一个有序列、有结构的复杂系统，受多种因子的影响和制约，农学必须研究如何处理和协调各种因子的相关性。

第三，实用性。农学是把自然科学的基础理论转化为实际的生产技术和生产力的科学，主要研究解决生产中的具体问题和实用技术。

## 二、作物生产分析

### 1. 作物生产的实质

人类离不开农业的根本原因是人的生命活动所必需的能量，目前还只能从粮食或其他食物中获得，而食物中的能量说到底就是绿色植物转化太阳能的结果。绿色植物依靠本身的叶绿素，利用太阳光能通过光合作用吸收大气中的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，合成有机化合物，与此同时把光能转化为化学能贮存在有机物质中，这些有机物质被人类或动物食用消化后，贮存其中的化学能又被重新释放出来，以满足人类或动物生命活动对能量的需要。从这一意义上说，作物生产的实质就是人类栽培利用绿色植物来转化和贮存太阳能，从而获得自身所需能量的过程。因此，我们在研究作物的栽培方法时，都要从最大限度地利用太阳光能这个角度来考虑问题。正因为如此，我们一般将以绿色植物为生产对象的种植业称为第一性生产，而将不能直接利用太阳光能为生命活动能源的养殖业称为第二性生产。换句话说，养殖业必须以种植业为基础，这是由作物生产的本质所决定的。

### 2. 作物生产的特点

#### ①严格的地域性

由于不同的地区所处的地理位置不同，其气候资源、水资源、土壤资源等自然条件就有所不同，作物的种类以及品种就有所不同；再加上不同地区的社会经济、生产条件及生产力发展水平等都有所不同，所有这些都构成了作物生产的地域性。这点与工业很不相同。在工业上，同一条生产线在 A 地适用，在 B 地也适用。但在作物生产上就有所不同，无论是作物的种类或品种、栽培措施等，不同的地区都有很大的不同，在 A 地区适宜的作物种类、品种或栽培措施，在 B 地区就不一定适宜。如北方的春小麦蛋白质含量高、品质好，但引入南方种植时，则表现为成熟延迟，产量低、品质差；又如北方的冬小麦品种，引入南方种植时，就有可能不抽穗成熟。因此，在作物生产上特别强调因地制宜。

#### ②明显的季节性

因作物生产的周期较长，目前主要是露天生产，因此，不可避免地受到春、夏、秋、冬不同季节的光、温、水、热等不同气候条件的强烈影响。因此，在作物生产上就必须掌握好农时季节，否则，轻则减产、重则颗粒无收。如浙江省慈溪大白蚕（蚕豆）10月13日适时播种，产量可达  $2370\text{kg}/\text{hm}^2$ ，而11月17日播种，其产量则降至  $375\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

#### ③生产的连续性

作物生产一个生产周期接着另一个生产周期，一造物接着另一造物，每造物之间，都是紧密相连、互相影响的。因此，在作物生产上，要有全面、长远的观点，对土壤要做到合理使用，这样才能持续地高产、稳产。



#### ④作物生产的综合性

作物连续丰收，是生物体、外界环境、人工劳动三者综合的结果，而生物体、外界环境、人工劳动各自包含着不同的层次和因素，各种不同的因素组成了一个有机联系的整体，其中某一个因素发生变化，都会影响到其他因素，从而影响到整个作物生产。如施用杀虫药，可以杀死害虫，对保护作物的生长起到良好的效果，但如果施用不当的话，就可能同时杀死某些害虫的天敌，助长了某些害虫的增长，而且，还可能污染土壤和水体，影响渔业生产。因此，在作物生产中，采用任何技术措施时，不仅要考虑当前的增产效果，更要综合考虑其对整个作物生产，甚至整个农业生态系统的影响。

## 第二节 作物生产与粮食危机

### 一、作物生产的发展概况

解放以来，我国的作物生产和其他各行各业一样，取得了举世瞩目的成绩，扭转了粮、棉、油等主要农产品供给长期短缺的局面，实现了供求基本平衡。1992—1994年与1949—1953年相比，全国主要作物的产量均有明显的增加。其中，粮食作物小麦和玉米分别增长5.3倍和4.9倍，经济作物中棉花增加3.5倍，油料增加4.3倍，糖类和烤烟增加了10倍以上。从作物总播种面积来看，1992—1994年与1949—1952年相比增加仅4%。从单产来看，粮食作物、经济作物都有显著的提高。粮食作物中，小麦增产3.9倍，幅度最大，其次是玉米增产2.6倍，稻谷增产1.6倍，大豆和薯类增产1倍左右。经济作物中，棉花增产2.6倍，幅度最大，其次是油料增产1.2倍，其他作物均在1倍以下。

解放以来作物生产的迅速发展，与农业科技的进步和作物生产条件的改善有密切关系。具体说来，包括作物品种的改良、间套作多熟制种植技术的发展、作物栽培技术的发展、病虫草害防治技术的发展和作物生产条件的改善等。

### 二、粮食需求与危机

#### 1. 人均粮食需求

据研究，一个体重60kg的成年人，每天需要消耗热量10000kJ左右。按1g固体食物产生17kJ热量计算，一个成年人每天需要590g，每年需要215kg的固体食物。如果换算成粮食（原粮），由于其含有10%~13%的水分和糠、麸、谷壳等不能食用的部分（20%左右），因此一个成年人每年需要消耗粮食300kg左右。虽然有25%~30%的人口（包括婴幼儿、儿童和老人）的粮食消耗量要低于成年人的水平，但如果考虑到人

均粮食中还必须扣除种子、牲畜饲料和工业原料等因素，人均粮食 300kg 左右几乎很少剩余。特别是随着生活水平的提高，动物食品消耗量的增加，对粮食需求的压力也越来越大。因此说，人均粮食 300kg 只能算是温饱低限的水平，400kg 可算是温饱有余的水平，500kg 以上才能算是充足富裕的水平。

## 2. 我国粮食需求现状与预测

从我国人均粮食占有量的变化来看，大致可分为 4 个阶段。1949—1958 年是快速增长阶段：1949 年仅为 209kg，到 1951 年就超过了 250kg，1955 年达到了 299kg 之后，至 1958 年一直稳定在 300kg 以上。1959—1977 年是滑坡恢复阶段，由于受“大跃进”和自然灾害的影响，1959 年和 1960 年直线下降，1960 年仅为 217kg，之后虽然逐步得到恢复和发展，但直到 1974 年才达到了 1955—1958 年的 300kg 水平。1978—1984 年是再次飞跃阶段，实行改革开放政策后，农业得到了全面发展，人均粮食也有了新的飞跃，从 1977 年的 297kg 迅速增长到了 1983 年的 376kg，1984 年达到了 390kg。1985 年至今是维持徘徊阶段，自 1983 年突破 350kg 之后，至今一直在 350~400kg 之间徘徊，虽然进入 90 年代之后基本稳定在 375kg 水平上，但始终未能超过 1984 年达到人均 400kg 的水平。

不考虑人均消费量增长的影响，单就满足人均 400kg 的基本温饱需求，那么到 21 世纪中叶我国粮食总需求也将达到 6.4 亿吨。通过对饮食结构基本一致的大陆和台湾消费结构情况的比较发现，目前大陆人均粮食直接消费量比台湾高 136kg 左右，而动物食品消费量要低 50kg 左右。要生产 50kg 的动物性食物，估计至少需要消耗饲料粮 250kg。因此，如果 21 世纪中叶大陆人均收入达到台湾的水平时，每人每年就需要多消耗 114kg 粮食，这样届时我国的粮食总需求量就将达到  $8.2 \times 10^8 \text{t}$  以上，也就是说未来 40~50 年间粮食的增长速度要基本达到 1949—1995 年的增长速度。显然，没有切实可靠的有效措施，很难实现上述目标。

## 3. 粮食危机的解决途径

怎样避免将来可能出现的世界性或局部性的粮食危机，是非常引人关注的问题。由于各国的具体情况差异悬殊，因此解决粮食危机的途径不能追求千篇一律。但控制人口增长速度，政府重视农业可以说是避免粮食危机最基本的条件。总结几十年以来的经验和教训，可以认为农业发展依赖于完善农业政策、加大农业投入和发展农业科技三个方面。具体到我国当前实际，避免粮食危机的主要途径可分述如下。

### ①保护和合理利用农业资源

第一，耕地资源。有资料显示，由于耕地的减少和人口的增加，我国人均耕地已由建国初期的  $0.18 \text{hm}^2$  降至 1995 年的  $7.84 \times 10^{-2} \text{hm}^2$ 。联合国规定了一个人均耕地的危险点“ $5.3 \times 10^{-2} \text{hm}^2$ ”，即养活 1 个人必须有不少于  $5.3 \times 10^{-2} \text{hm}^2$  的耕地。目前，我国已有 1/3 的省（自治区、直辖市）人均耕地已不足  $6.67 \times 10^{-2} \text{hm}^2$ ，上海、福建、浙江、广东人均耕地已接近或低于联合国规定的危险点。预计今后几十年内，因工业化、城市化和交通网络建设而占用大量耕地仍是一个不可避免的事实。因此，在强化耕地保

护法规、建立农田保护政策的同时，开发开垦宜农荒地和减少耕地损失也是一项刻不容缓的任务。

第二，水资源。我国是一个淡水资源紧缺的人口大国，水资源人均占有  $2627\text{m}^3$ ，耕地（1公顷）均占有  $20670\text{m}^3$ ，分别为世界平均水平的  $1/5$  和  $1/3$ 。据统计，我国每年有  $4.67 \times 10^7\text{hm}^2$  农田受到旱灾威胁，北方旱灾面积每年都有  $1.333 \times 10^7 \sim 2.667 \times 10^7\text{hm}^2$ ，其中成灾面积为  $6.667 \times 10^6\text{hm}^2$  左右。发展灌溉是旱区增加粮食生产和减少旱灾危害的最有效方法，但由于我国水资源不足，必须在保护水资源的前提下发展灌溉，因此只能走节水农业的路子。

#### ②提高单位面积产量

提高单位面积产量可包括提高复种指数和提高作物单产两个方面。我国目前的复种指数为  $156\%$  左右，理论值为  $198\%$ ，尚有  $42\%$  的潜力可挖。复种指数每提高  $1\%$ ，可增加作物播种面积  $1 \times 10^6\text{hm}^2$ 。在提高作物单产方面，要进一步发挥科学技术的增产潜力。我国每年有  $6000$  多项科技成果问世，但转化率只有  $30\% \sim 40\%$ ，远远落后于发达国家  $60\% \sim 80\%$  的水平。目前，全国粮食作物单产虽然高于世界平均水平，但与先进国家相比还有很大差距，水稻平均每亩低  $60 \sim 80\text{kg}$ ，小麦低  $100 \sim 200\text{kg}$ ，玉米低  $200 \sim 300\text{kg}$ 。因此，提高作物单产的潜力还相当巨大。

#### ③减少产后损失

对于产后损失的估计在  $20\%$  左右，或更多一些。被引用较多的水稻收获后的损失数字是：收获  $1\% \sim 3\%$ ；搬运  $2\% \sim 7\%$ ；脱粒  $2\% \sim 5\%$ ；晒干  $1\% \sim 5\%$ ；贮藏  $2\% \sim 5\%$ ；碾米  $2\% \sim 10\%$ 。粮食部门的统计数据显示，如果将收获至消费过程中的损失降至最低点，每年可节约粮食  $2 \times 10^7\text{t}$ 。另外，提高白酒酿造技术，可每年减少粮食损耗  $5.4 \times 10^6\text{t}$ ；采用精量播种技术，用种量减少  $1/5$ ，每年可节约粮食  $6 \times 10^6\text{t}$ 。

#### ④调整粮食发展战略

预计到  $2000$  年以后，在  $5 \times 10^8\text{t}$  多粮食中，将近有  $33\%$  的粮食用作饲料。即，在现有  $1 \times 10^8\text{hm}^2$  左右的粮食作物播种面积中，将有  $3.333 \times 10^7\text{hm}^2$  实际上生产的是饲料粮。因此，作物生产必须由“粮食—经济作物”二元结构转向“粮食—经济作物—饲料作物”三元结构，建立新型的作物种植制度，发展高产、优质的饲料作物，变“人畜共粮”为“人畜分粮”，提高粮食作物的综合利用效益。

#### ⑤开发新的食物源

利用微生物发酵工业生产单细胞蛋白，已是国际科技界公认的解决蛋白质资源匮乏的重要途径。据测算，用世界石油年产量的  $2\%$ ，就能生产出  $20$  亿人口一年所需的单细胞蛋白。再如，我国每年有农作物秸秆  $5 \times 10^8\text{t}$  左右，假如其中  $20\%$  的秸秆即  $1 \times 10^8\text{t}$  通过微生物发酵变为饲料，则可获得相当于  $4 \times 10^7\text{t}$  的饲料粮。

海洋是巨大的生物宝库。例如，可加工成人类食物的近海领域自然生长的藻类植物，年产量相当于目前世界小麦总产量的  $16$  倍以上。我国有  $1.8 \times 10^4\text{km}$  多的大陆海岸线，因此充分利用浅海资源，发展海水养殖业，具有广阔的前景。

#### ⑥立足自给，适当进口

我国是一个人口大国，粮食必须立足于自给。但在此基础上，适当的进口也不失为

缓和我国粮食紧缺的一个途径。根据有关专家的研究，目前只要我国的粮食进口量维持在我国粮食总产量的5%左右，不超过10%，也即年进口量不超过 $5 \times 10^7$ t，世界粮食市场的波动和政治因素的变化就不会构成对我国的威胁和冲击。有关专家预测，按正常情况2050年世界粮食生产量为 $2.8 \times 10^9$ t，按15%的贸易量，农产品出口量为 $4.2 \times 10^8$ t，可供我国进口的贸易量约为 $8.4 \times 10^7$ t。

## 第三节 农业现代化与作物生产展望

### 一、现代农业

#### 1. 现代农业的基本特征

现代农业是现代社会发展的产物，也将随着时代的发展而发展，因此对于现代农业的描述通常见仁见智。从当代农业发达国家的实践来看，现代农业具有以下特征。

##### ①技术科学化

现代农业科学已成为门类齐全、日益完善的科学体系。农业技术已不再是传统农业的简单生产经验，而是先进的科学技术了。这可从以下几个方面来加以说明。第一，在农作物品种改良方面，由于遗传学的发展和育种技术的进步，已培育出许多高产、优质、抗逆、适宜于机械化作业的新品种。特别是杂交优势的利用，矮秆耐肥品种的培育和推广为提高粮食作物产量做出了巨大的贡献。第二，在化肥生产方面，复合肥料、高效浓缩肥料和长效肥料已成为一种趋势，有些国家还开发出了农药化肥，即在肥料中加入除草剂和杀虫剂，使化肥变成了农药的载体，这样可以节约成本，也可增加农药的安全性。第三，在其他方面，农药正在向高效低毒、广谱低残留的方向发展；栽培技术正在向集约化、模式化、定量化的方向发展；灌溉技术也正在向节水、高效的方向发展。另外，高新技术在农业中的应用也日益增多，如计算机、人造卫星、生物固氮、遗传工程、微生物利用等等。

##### ②操作机械化

传统农业中的大量手工劳动，在现代农业中已为机械所代替。在一些西方发达国家，已形成了农业机械体系，从作物的种、管、收到农产品的运输、贮藏全部机械化，连园艺作物如蔬菜、果茶等的栽苗、收获也都使用机械。特别是畜牧业的机械化程度很高，如养鸡业中的给水给料、收蛋装箱、除粪等作业全部为计算机管理的机械所代替。

从机械化的类型来看，一些人少地多的发达国家，如美国、加拿大、澳大利亚等，农业机械向大型、宽幅、高速联合作业方向发展。在人多地少的国家，如日本等，拖拉机向小型发展，用以适应不同条件和多种作业要求。另外，农用飞机的发展也很快，广泛用于水稻播种、造林、种草和喷施农药等。

### ③产销社会化

根据不同地区的自然条件和经济条件，把各种作物的种植地相对集中在一起，形成专业化、商品化生产基地。如美国北部的衣阿华、伊利诺斯等5个州，成了举世闻名的玉米生产带，这几个州的猪肉产量占全美产量的1/2，牛肉占1/3。

农业生产社会化的发展，使农业生产成为一个包括产、供、销紧密联系的经济实体。种子、化肥、农药和农业机械等生产资料均有专业公司经销，农产品的收购、贮存、加工等也有专门机构负责。因此，有关各方均能做到规模经营，提高了生产效率。

### ④生产高效化

衡量农业现代化水平的重要标志是农业劳动生产率和土地生产率。劳动生产率是指一个农业劳动力能种多少地，能生产多少农产品。世界上农业劳动生产率最高的国家是加拿大、美国和澳大利亚，每个农业劳力可负担耕地66.7hm<sup>2</sup>以上，生产粮食可达70000kg以上。关于土地生产率的情况，因各国土地资源、气候资源等差异悬殊，因此很难直接用单产高低来加以比较。但一般而言，现代农业发达的国家土地生产率较高。

### ⑤农民知识化

随着现代农业的发展，农业生产过程中的科学技术含量越来越高，因此，只有农民理解和掌握了现代科学技术，才能使科学技术转化为生产力；同时由于现代农业的生产规模大，农作物的商品率高，也要求农民掌握高效的企业化管理方法，不断提高经营水平。在现代农业发达的国家，农民大多完成了义务教育或接受过中等职业教育，不少是大学毕业后去经营农场的。西欧许多国家规定，年轻农民必须获得“绿色证书”才有资格从事农业，获得继承权和优惠贷款。美国的农场主大多有高中以上文化水平，约有1/4是大学毕业生，有的农场甚至是由大学教授兼营。

## 2. 现代农业的弊端

现代农业的高度工业化，化肥、农药、机械等大量的物质投入，也带来了众多的弊端，可以概括如下。

### ①增加资源消耗

由于现代农业的特征之一是操作机械化，再加上化肥、农药等的投入，需要消耗大量的化石能源，因此有人把现代农业称为“石油农业”。从本质上讲，农业是一种利用太阳能的产业。但现代农业使食物生产过程变成了由石油等化学能换取食物能的过程，因此是背离农业的本质的。同时，由于世界上石油、煤、天然气等能源资源，磷、钾等肥料资源都是一些不可再生的资源，因此大量的消耗势必会加速这些资源枯竭的进程。

### ②加速环境退化

在作物的生态环境方面：第一，由于现代农业过多地依赖机械，使得土壤变得坚实、结构遭到破坏；第二，化肥、农药的大量使用，导致土壤养分失衡，土壤微生物减少，肥力不断下降；第三，受生物体富集作用的影响，天敌通常比害虫更易被药物所害，从而使得某些虫害反而更易发生。

在人类的生存环境方面，主要表现为对水体的污染。化肥的大量使用，大型养殖场

的废弃物等会导致周围湖泊、水库等水体的富营养化。而一些有毒农药、除草剂的使用，可能造成土壤内和周围水体中有毒物质的增加和积累。

### ③导致食物污染

农药、除草剂等通常都对人畜具有一定的毒害作用，其中尤其是化学性质稳定、不易分解的物质，如有机氯农药，毒性大，在土壤中残留时间长，通过食物链的富集作用，最终影响农作物的品质和危害人体健康。

## 二、可持续农业

### 1. 可持续农业的背景及意义

现代农业的高度工业化和化学化所引起的资源短缺、环境恶化等问题，在 20 世纪 70 年代就已引起国际社会的许多国家的高度重视。在一些农业发达的国家，便开始寻求所谓的替代农业，提出了有机农业、生态农业等概念和发展模式，倡导应用生态上合理的管理技术，使农业实现持续高产。近年来国际社会已普遍接受“可持续发展”战略，因而可持续农业（sustainable agriculture）成了现代农业进一步发展的主要方向。

美国是最早倡导可持续农业的国家，1985 年加利福尼亚州议会通过了“可持续农业教育法”，1986 年明尼苏达州议会通过了“可持续农业”法案；1988 年 10 月和 11 月分别在美国俄亥俄州和阿肯色州召开了国际“可持续农业”研讨会。后来于 1991 年 4 月，在荷兰召开了一次由 124 个国家专家出席的国际农业与环境会议，提出了“可持续农业和农村发展”的新概念。

关于可持续农业的提法较多，但目前尚无统一的概念，其基本思想是：既追求现代农业的高产、高效的目标，又吸收生态农业重视和保护环境的各项技术措施；既不同于石油农业那样投入大量的化石资源，又不同于生态农业那样排斥化石资源的使用。可以说，可持续农业是一种综合兼顾了产量、质量、效益和环境等因素的农业生产模式，是在不破坏环境和资源、不损害后代利益的前提下，实现当代人对农产品供需平衡的农业发展模式。因此，可持续农业并不是对石油农业或生态农业的否定，而是它们的继承和发展，是一种新型的现代农业发展模式。

### 2. 国外可持续农业的道路及其模式

#### ①减少消耗型

美国现代农业是机械化程度最高、最为发达的国家，可以说是石油农业的典型代表，农业的发展很大程度上依赖于消耗大量的购买性资源，如机械、燃油、化肥、农药、除草剂等等。在 20 世纪 70—80 年代，随着购买性资源投入的增加，造成农场主的生产性支出增加，国家财政负担加重，而且严重污染了农业生态环境。为改变这种局面，美国农业部提出了一种减少购买性资源投入的可持续农业发展道路，其主要目标是建立一种能保护农业生态环境的农业生产体系。

为探索这种发展道路及其模式，美国农业部委托了 4 所大学负责 4 个地区的研究和

推广问题。经过几年的试验，目前已初步探索出若干具体的模式：包括农作物合理轮作模式、种植业与养殖业综合经营模式、有机肥培肥地力模式、以生物防治为主的病虫害防治模式、利用轮作与机耕防治杂草模式等等。上述模式的效果良好，受到了广大农场主的欢迎。

### ②保护环境型

日本和西欧发达国家为人多地少国家，人均拥有资源相对较少，因此在发展现代农业的过程中，十分重视环境的有效保护和资源的合理利用。在这一发展道路上，日本试行的是一种“自然农业”模式，其基本思路是：利用有机物、天敌等自然的力量来提高作物生产，获得足够的农产品。

德国、法国和英国等西欧发达国家试行的则是一种“生物农业”模式，主要技术措施包括：开发需要投入较少的高产品种，合理轮作，推行生产与环保并重的耕作栽培法，增施有机肥、充分利用土壤微生物的作用、发展生物防治技术等。

### ③减轻负担型

印度和墨西哥都属于发展中国家，随着农业生产的发展，两国都不同程度地出现了资源承载力不断加重和环境恶化的问题。印度政府于1986年颁布了《环境保护法》，1992年又提出了“印度可持续农业的发展途径”，提倡走一条以减轻资源承载力为前提的低成本、高能效的可持续发展道路，具体措施包括：开发和推广生物肥料和生物农药，制定和实施合理的综合能源计划和能源科技先进的“模范村”计划，开展以生物技术为主导的第二次绿色革命，提高干旱和半干旱地区的农业生产力。

墨西哥的情形与印度基本类似，目前正在试行一种“开发资源、保护环境、加速发展和消灭贫困”的模式，采取的具体措施有加强立法、保护资源与环境、促进农村综合发展、重视农业科技、控制人口等。

## 三、作物生产的发展趋势

作物生产或种植业作为农业的主体，也必须走可持续发展的道路。就我国的情况而言，随着农业现代化水平的提高，作物生产的规模化、集约化和商品化水平等都将有显著的提高；而随着人民生活水平的提高，作物生产的内部结构也将做进一步的调整。就作物生产技术来说，由于土地资源、水资源、能源等农业资源的限制，今后作物生产的发展只能依赖于在提高资源利用效率的同时，不断提高作物单位面积的产量。提高作物产量的具体途径，可分为良田、良制、良种、良法4个方面。

### 1. 建设高产农田

#### ①分期改造低产田

根据全国第二次土壤普查的资料，我国低产田约占总耕地面积的21.5%。这些低产田大多存在严重的障碍因子，又主要分布在边远地区，交通不便，环境恶劣，生产条件差，经济水平低，因而改造的难度大，投资要求高，而见效又慢得多。所以，低产田的改造是一项长期的任务，应该有计划、分期分批地实施。

## ②重点改良中产田

我国中产田面积占总耕地的 56.8%。这些中产田大多只存在轻度的障碍因子，都有较好的光热条件，只是投入偏少，土壤贫瘠，耕作粗放，所以产量没能达到应有的水平。据统计，全国约有  $2 \times 10^7 \text{hm}^2$  的中产田有灌溉条件，只要能够增加物质投入，培肥地力，调整作物布局，针对性地推广和普及先进技术，都能在短期内变为高产田或吨粮田。

## ③大力建设高产田

高产田约占我国总耕地面积的 21.5%。高产田的特征是自然条件 and 生产条件优越，种植水平高，只要合理增加物质投入，选用优良品种，推广适用技术，充分利用光热资源，即可持续获得高产。高产田的开发和建设，是土地集约化经营的典型，也是农业现代化的具体体现，更是我国种植业发展的方向。

## 2. 改革耕作制度

### ①提高复种指数

预计在未来的 20~30 年内，我国的耕作制度改革仍将以合理利用耕地资源、增加复种指数为中心。提高复种指数的潜力主要在自然条件较好的南方。具体途径为：开发冬季农业，发展冬闲田的种植业，在南方丘陵地区，发展旱地多熟制种植，发展再生稻。

### ②增加间套作面积

间套作是提高复种指数、增产稳产的有效方法。近几年，北方冬小麦与玉米、花生、大豆等的套作发展迅速，在一年一熟麦区和一年一熟玉米区，实行小麦间作玉米也获得成功。将来的发展趋势是：间套作畦式逐步规格化，为农业机械作业创造条件；间套作物中增加经济作物的比重；农作物与畜牧业的发展相结合，促进生态环境的良性循环。

## 3. 普及优良品种

### ①育种技术高新化

第一，杂种优势利用。由于集约化生产和规模化农业的发展，种子生产将会纳入专业化的轨道，以及新的不育种质的发现和遗传研究的发展，都有利于杂种优势利用在生产上的进一步发展。

第二，杂交育种。当前生产上应用的作物新品种大都源于杂交育种。杂种优势利用中用以生产杂种的亲本品种多数也是通过杂交育种选育而成。因此，杂交育种在今后仍将是最重要的育种方法之一。

第三，生物技术育种。由于遗传物质 DNA 及控制性状遗传的结构单位——基因在生物性状表达中的作用过程已不再是个秘密，而且人类已经可以在实验室内对基因进行分离、切割、加工，并可重新组合到生物基因组在体内表达，因此，以遗传工程为核心的生物技术必将对未来的作物育种产生重大的影响，并逐步发展为选育新品种的重要手段。



## ②育种目标多样化

第一，高产育种。随着人口与资源压力的不断增大，预计高产育种仍将是今后遗传育种研究的重要内容。

第二，品质育种。随着人民生活水平的提高，改良作物品质已经显得越来越重要，特别在经济发达的地区。

第三，抗性育种。作物的抗性可能直接影响到品种的产量和品质，也将决定品种的优劣程度。随着种质资源的发掘，预计抗性育种方面的研究将获得更快的发展。

第四，抗逆育种。是指提高作物对不同土壤环境和气候环境抗性或耐性的育种研究。随着生态环境的恶化，抗逆育种具有越来越重要的意义。

## ③实施种子产业化工程

种子产业化工程是种子科研、生产、加工、销售、使用各个环节有机联系、相互促进、共同发展的一项系统工程。在种子产业化的过程中，逐步使种子管理法制化、生产专业化、加工机械化、质量标准化、经营集团化、育繁加推销一体化、生产用种良种化。

## 4. 发展适用技术

所谓适用技术，就是在一定的自然条件和社会经济条件下，生产者能获得作物高产、经济高效的技术。

### ①单项技术

第一，节水灌溉技术。节水灌溉技术包括工程节水和农艺节水两种途径，前者依赖于建设水利设施和改善灌溉设备，需要较大的资金投入；后者依赖于节水栽培技术的发展，一般不需很大的资金投入。

第二，优化施肥技术。包括两个方面：一是研制新型高效肥料，减少施肥过程中的流失、挥发或土壤固定，增加作物吸收的比例；二是改进施肥方法，提高肥料利用率。

第三，施栽培技术。包括温室栽培和地膜覆盖栽培等。在光热资源不足的地区，设施栽培可以增加作物生长所需的有效积温，延长生长季长度，从而提高作物产量。

第四，病虫害防治技术。今后的重点是调整农药结构，发展新品种、新剂型农药，注意与生物防治、物理防治和农田管理相结合，提高防治水平和效果。

第五，机械化作业。根据我国的自然条件和农业生产条件，发展农业机械化的原则应是先平原后丘陵，先北方后南方，大小型结合，简单和复杂机械并举。

### ②综合配套技术体系

作物生产实际上是一个庞大的系统工程，支撑这一系统工程的技术也必须是综合的配套的技术。

第一，模式化栽培技术。模式化栽培技术的主要特点可以归纳如下：一是目标明确；二是技术规范；三是操作简便；四是增产增收。模式化栽培技术，是在优化和综合各项适用技术的基础上形成的配套技术体系，是传统经验和现代科技相结合的产物，具有合理性、先进性、综合性和实用性，是未来作物栽培技术发展的方向。

第二，智能化栽培技术。未来的种植业将成为一个知识密集、技术密集、横跨自然