

普通高等教育“十一五”规划教材

# 农 学 概 论

李存东 主编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书内容主要包括绪论,作物的起源、分类和分布,作物的遗传改良,作物生长发育与产量形成,作物与生态环境,作物生产技术,作物病、虫、草害与防治,农副产品贮藏与加工,农田生态系统和种植制度等方面的内容。

为了更好地了解和掌握本书的知识与理论,要求读者具备基本的植物学、土壤学、植物生理学、生物化学等理论知识。同时,本书所涉及的作物生产实践性很强,建议读者或学生注重理论联系实际,灵活学习和运用本书所包含的理论知识与技能。

本书涉及的领域较广,与作物生产结合紧密,适合农业院校非农专业学生选作教材,同时也可供农业工作者和大专院校教师与研究生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农学概论/李存东主编. —北京:科学出版社,2007

(普通高等教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-019832-7

I. 农… II. 李… III. 农学—高等学校—教材 IV. S3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 134947 号

责任编辑:甄文全 卜 新 /责任校对:朱光光

责任印制:张克忠 /封面设计:科地亚盟

**科 学 出 版 社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 8 月第一次印刷 印张:17 1/2

印数:1—5 000 字数:394 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换( ))

## 编 审 人 员

**主 编** 李存东(河北农业大学)

**副主编** 戴廷波(南京农业大学)

杨武德(山西农业大学)

张凤路(河北农业大学)

赵全志(河南农业大学)

**编写人员**(按姓氏拼音排序)

戴廷波(南京农业大学)

杜金哲(青岛农业大学)

李存东(河北农业大学)

李绍长(石河子大学)

刘铁梅(华中农业大学)

马富裕(石河子大学)

孙红春(河北农业大学)

王睿辉(河北农业大学)

谢国生(华中农业大学)

杨武德(山西农业大学)

张凤路(河北农业大学)

张丽娟(青岛农业大学)

张永丽(山东农业大学)

赵全志(河南农业大学)

**主 审** 冯光明(河北农业大学)

# 前 言

农学是一门服务于种植业的综合性很强、涵盖范围很广的应用学科。本书依据编者多年的教学实践经验和授课对象的特点,主要述及与大田作物生长发育密切相关的作物遗传规律、生育规律、环境效应、栽培技术、种植制度、病虫害害等方面的内容,旨在使读者从总体概貌对农学有一个较全面系统的认识和了解。与以往同类型的教材相比,本书增加了“农田生态系统”和“农产品收获、贮藏与利用”两章,以突出农作物与环境之间的相互作用和作物生产的生态效应,加强农学与其他学科的衔接和交叉,拓展农业科技工作者的视野。

农学的研究对象是大田作物,具有生物性特点。影响作物生长发育的因素很多,且关系复杂。我国幅员辽阔,作物类型丰富,生态气候多样,决定了本书内容广泛,其编写与学习具有较大的难度和灵活性。要求读者具备基本的植物学、土壤学、植物生理学、生物化学等学科的理论知识,以利于对本书所涉及内容的理解和掌握。

《农学概论》可作为农业院校非农专业学生的主要选修课程之一。在学习过程中,可根据学生的具体情况对授课内容进行精心选择,重点介绍基本概念、共性理论和关键技术原理,注意提高学生对主要作物生物学规律的理性认识,增强其举一反三的能力。同时,应结合各地大田作物生产实践,在教学过程中及时补充鲜活的案例,增强农学课程的生动性和实用性。

本书共分10章,第1章由李存东编写,第2章由杨武德编写,第3章由谢国生、王睿辉编写,第4章由张永丽、孙红春编写,第5章由杜金哲、张丽娟编写,第6章由马富裕、李绍长编写,第7章由张凤路编写,第8章由赵全志编写,第9章由刘铁梅编写,第10章由戴廷波编写。

河北农业大学教授冯光明先生对全部书稿进行了认真审阅并提出了许多宝贵意见。

本书由8所大学中多年主讲《农学概论》课程的教师通力合作编写而成。因编者水平所限,错误或不妥之处难免,敬请专家、读者批评指正。

在本书的编写和出版发行过程中,承蒙科学出版社甄文全博士大力协助,在此谨表衷心感谢。

编 者

2007年6月

# 目 录

## 前言

第 1 章 绪论	1
1.1 农业的基本概念	1
1.1.1 农业的含义	1
1.1.2 农业的组成	1
1.1.3 农业的地位和作用	2
1.1.4 农业系统观	3
1.1.5 我国农业发展历程	3
1.1.6 我国传统农学思想	5
1.1.7 西方现代农业的优点和问题	5
1.1.8 我国发展现代农业的基本战略	5
1.2 农学概况	7
1.2.1 农学的概念与范畴	7
1.2.2 农学的地位与作用	8
1.2.3 农学的性质	8
1.2.4 农学的特点	9
1.2.5 作物学与农学的关系	10
1.2.6 作物生产特点	11
1.2.7 作物生产与粮食安全	12
1.3 农学发展前景展望	17
1.3.1 农学与农业信息技术	17
1.3.2 农学与生态农业	17
1.3.3 农学与可持续农业	18
1.3.4 农学与生物技术	18
1.3.5 农学与农业机械化	19
1.4 《农学概论》的教学特点	19
第 2 章 作物的起源、分类和分布	20
2.1 作物的起源和传播	20
2.1.1 作物的概念	20
2.1.2 作物的起源	20
2.1.3 作物的起源中心	20
2.1.4 作物的传播	23
2.2 作物的分类	24
2.2.1 根据作物用途和植物学系统相结合分类	24

2.2.2	根据作物的生物学特性分类 .....	25
2.2.3	按植物科、属、种分类 .....	25
2.3	作物的分布与生产 .....	28
2.3.1	作物分布与环境条件 .....	28
2.3.2	世界作物分布与生产及粮食贸易 .....	29
2.3.3	中国作物分布与生产 .....	34
<b>第3章</b>	<b>作物的遗传改良 .....</b>	<b>41</b>
3.1	作物的遗传改良 .....	41
3.1.1	作物品种概念与类型 .....	41
3.1.2	作物遗传改良的任务 .....	43
3.1.3	作物育种目标的内容及制定原则 .....	43
3.1.4	种质资源 .....	44
3.2	作物遗传改良的遗传学基础 .....	46
3.2.1	遗传学的基本概念 .....	46
3.2.2	生物性状遗传的基本规律 .....	47
3.2.3	数量性状及其遗传 .....	49
3.3	作物的繁殖方式与育种特点 .....	50
3.3.1	作物的繁殖方法 .....	50
3.3.2	不同繁殖方式作物的育种特点 .....	52
3.4	传统作物育种的方法 .....	53
3.4.1	作物育种方法相关性 .....	53
3.4.2	引种 .....	54
3.4.3	选择育种 .....	56
3.4.4	杂交育种 .....	58
3.4.5	杂种优势利用 .....	62
3.5	作物育种的基本方法 .....	67
3.5.1	细胞工程与作物育种 .....	67
3.5.2	基因工程在作物改良中的应用 .....	68
3.6	作物种子生产与管理 .....	68
3.6.1	作物品种审定与推广 .....	68
3.6.2	种子繁育与生产体系 .....	69
3.6.3	种子检验的主要技术 .....	70
<b>第4章</b>	<b>作物生长发育与产量形成 .....</b>	<b>72</b>
4.1	作物的发育特性与生育期 .....	72
4.1.1	作物的发育特性与发育阶段 .....	72
4.1.2	作物的生育期 .....	73
4.1.3	作物的生育时期 .....	74
4.2	作物的器官建成 .....	75
4.2.1	种子形态和萌发 .....	75
4.2.2	营养器官的建成 .....	77

4.2.3 生殖器官的建成 .....	80
4.2.4 器官生长的相关性 .....	81
4.3 作物的群体特征 .....	83
4.3.1 作物群体的基本概念 .....	83
4.3.2 作物群体结构与指标体系 .....	83
4.3.3 作物群体的源、库、流概念及其关系 .....	84
4.4 作物产量形成 .....	86
4.4.1 生物产量、经济产量与经济系数 .....	86
4.4.2 作物产量构成因素 .....	87
4.4.3 作物产量形成过程及影响条件 .....	89
4.4.4 作物产量潜力及增产途径 .....	90
4.5 作物品质形成 .....	91
4.5.1 作物产品品质及影响因素 .....	91
4.5.2 提高作物产品品质的途径 .....	94
<b>第5章 作物与生态环境 .....</b>	<b>97</b>
5.1 作物的生态因子与生长调节 .....	97
5.1.1 作物的生态因子及生态适应性 .....	97
5.1.2 作物生长的环境调节 .....	100
5.2 作物与光照 .....	101
5.2.1 光照强度对作物的影响 .....	101
5.2.2 日照长度对作物的影响 .....	105
5.2.3 光谱成分对作物的影响 .....	107
5.3 作物与温度 .....	108
5.3.1 温度变化规律对作物的影响 .....	109
5.3.2 温度对作物的影响 .....	111
5.3.3 积温及无霜期对作物的影响 .....	113
5.3.4 温度逆境对作物的危害及防御措施 .....	114
5.4 作物与水分 .....	117
5.4.1 作物对水分的需求特点 .....	117
5.4.2 水分逆境对作物的影响 .....	119
5.5 作物与空气 .....	121
5.5.1 作物与二氧化碳的关系 .....	121
5.5.2 作物与氧气的关系 .....	122
5.5.3 风速对作物的影响 .....	123
5.5.4 空气中其他气体与作物的关系 .....	123
5.6 作物与肥料 .....	124
5.6.1 作物必需的营养元素 .....	124
5.6.2 矿质元素的生理作用 .....	124
5.6.3 作物的需肥规律 .....	126
5.7 作物与土壤 .....	127

5.7.1	土壤和土壤肥力 .....	127
5.7.2	土壤的主要性质及其对作物的影响 .....	128
5.7.3	我国主要低产田土壤的改良 .....	131
<b>第6章</b>	<b>作物生产技术 .....</b>	<b>133</b>
6.1	土壤耕作技术 .....	133
6.1.1	土壤耕作的作用、意义 .....	133
6.1.2	土壤耕作的类型 .....	134
6.2	播种技术 .....	137
6.2.1	播前技术 .....	137
6.2.2	播种技术 .....	139
6.2.3	播后技术 .....	141
6.3	育苗移栽技术 .....	142
6.3.1	育苗移栽的意义 .....	142
6.3.2	育苗方式 .....	143
6.3.3	苗床管理 .....	144
6.3.4	移栽技术 .....	145
6.4	地膜覆盖栽培技术 .....	146
6.4.1	地膜覆盖技术的作用 .....	146
6.4.2	地膜的种类与性能 .....	147
6.4.3	地膜覆盖的效应及增产机理 .....	148
6.4.4	地膜覆盖栽培管理 .....	149
6.5	施肥技术 .....	151
6.5.1	施肥的意义 .....	151
6.5.2	影响肥效的因素及施肥原则 .....	152
6.5.3	提高肥效的途径 .....	153
6.5.4	养分作用规律 .....	154
6.5.5	推荐施肥技术 .....	155
6.5.6	肥料种类和施肥方法 .....	157
6.6	水分管理技术 .....	158
6.6.1	作物的需水规律 .....	158
6.6.2	合理灌溉指标 .....	159
6.6.3	节水灌溉方法 .....	160
6.7	化学调控技术 .....	163
6.7.1	化学调控的原理 .....	163
6.7.2	激素的种类 .....	163
6.7.3	植物生长调节剂的分类及其在生产上的应用 .....	166
<b>第7章</b>	<b>作物病、虫、草害与防治 .....</b>	<b>169</b>
7.1	病害 .....	169
7.1.1	作物病害的种类和症状 .....	169
7.1.2	病原生物 .....	170



7.1.3 侵染性病害的发生与流行 .....	172
7.2 虫害 .....	174
7.2.1 昆虫的特征与发育 .....	174
7.2.2 昆虫的主要习性和对环境的适应性 .....	177
7.2.3 害虫发生与自然环境的关系 .....	178
7.3 草害 .....	179
7.3.1 农田杂草的危害 .....	180
7.3.2 杂草的类型 .....	180
7.3.3 杂草的主要特性 .....	181
7.4 植物病、虫、草害的防治 .....	182
7.4.1 植物检疫 .....	182
7.4.2 农业防治 .....	182
7.4.3 化学防治 .....	184
7.4.4 生物防治 .....	186
7.4.5 物理机械防治 .....	186
7.5 专家系统在作物病、虫、草害防治中的应用 .....	187
7.5.1 农业专家系统 .....	187
7.5.2 专家系统在作物病、虫、草害防治中的应用 .....	189
<b>第8章 农副产品贮藏与加工 .....</b>	<b>190</b>
8.1 概述 .....	190
8.1.1 农副产品及农副产品贮藏与加工 .....	190
8.1.2 农副产品贮藏与加工在国民经济中的地位 .....	190
8.2 粮食产品的贮藏与加工 .....	192
8.2.1 小麦的贮藏与加工 .....	192
8.2.2 稻谷加工与贮藏 .....	197
8.3 油料纤维产品的贮藏加工 .....	202
8.3.1 油料产品的贮藏加工 .....	202
8.3.2 纤维产品的贮藏加工 .....	205
8.4 生物质能源产品贮藏与加工 .....	207
8.4.1 生物质能源 .....	207
8.4.2 典型生物质能源 .....	208
<b>第9章 农田生态系统 .....</b>	<b>214</b>
9.1 农田生态系统的起源和结构 .....	214
9.1.1 农业的起源与农田生态系统的发展 .....	214
9.1.2 农田生态系统的基本结构 .....	215
9.2 农田生态系统的能量流动 .....	216
9.2.1 农田生态系统的能源 .....	216
9.2.2 能量流动遵循的热力学定律 .....	217
9.2.3 农田生态系统的光能利用率 .....	218
9.2.4 农田生态系统的人工辅助能及能量效率 .....	219

9.2.5 提高作物产量的途径 .....	220
9.3 农田生态系统中的物质循环 .....	222
9.3.1 农田生态系统的生命与元素 .....	222
9.3.2 物质循环的库与流 .....	222
9.3.3 农业生态系统中几种重要循环的概述 .....	223
9.4 农田生态系统的信息传递与调控 .....	229
9.4.1 信息传递 .....	229
9.4.2 农田生态系统的调控机制 .....	231
第 10 章 种植制度 .....	234
10.1 种植制度与作物布局 .....	234
10.1.1 种植制度的概念和特点 .....	234
10.1.2 资源与种植制度 .....	234
10.1.3 作物布局的含义与生产意义 .....	236
10.1.4 作物布局的影响因素 .....	237
10.1.5 作物布局的原则 .....	243
10.1.6 我国的作物布局 .....	244
10.2 复种 .....	245
10.2.1 复种的概念与意义 .....	245
10.2.2 复种的条件 .....	248
10.2.3 复种技术 .....	248
10.2.4 我国主要复种方式 .....	250
10.3 间、套作 .....	252
10.3.1 间、套作的概念与意义 .....	252
10.3.2 间、套作效益原理 .....	254
10.3.3 间、套作技术特点 .....	255
10.3.4 间、套作主要类型与方式 .....	257
10.4 轮作与连作 .....	259
10.4.1 轮作 .....	259
10.4.2 连作 .....	262
主要参考文献 .....	264

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 农业的基本概念

### 1.1.1 农业的含义

农业是人类社会最古老,也是最基本的物质生产部门。农业发展的历史,也是人类利用自然、改造自然的历史。没有农业的发展就没有人类社会的发展。

关于农业的概念,最初是专指耕耘土地、栽培农作物的生产活动,这是农业最狭义的含义,也是几千年来传统农业的基础形态与基本概念。随着社会的发展,人类需求日趋复杂,使得农业的范围也日渐广泛。就现代而言,农业是指人类通过农业技术措施,充分利用自然和经济条件,调控农业生物的生命活动过程,以取得人类生活所需产品的生产活动以及附属于这种生产的各个部门的总称。概括地讲,农业就是人类利用生物生长发育过程来取得动植物产品的社会生产部门。

由于农业生产的对象是农业生物,包括动植物和微生物,因此实践中就形成了包括种植业、林业、畜牧业和渔业在内的广义的农业概念。又由于农业劳动者通常附带从事一些简单的农副产品加工,以往多将这些活动与采集、狩猎一道作为副业,并将其视为农业的一个组成部分,形成人们通常所说的广义农业,包括“农(种植)、林、牧、副、渔”五业。然而,中国改革开放以来,随着乡村工业和其他非农产业的迅速发展,农副产品加工已远远超出副业(即附带生产活动)的范围,成为某些地方的主导产业。于是,我国农业的统计分类自 1993 年起不再包括副业。由此可见,农业的范围和所包含的部门,在不同的时代是不同的,在一定程度上反映着社会发展的进程。

### 1.1.2 农业的组成

农业是由农业生物、农业生物赖以生长发育、繁殖及发生遗传变异的自然环境和人类的生产劳动三部分组成。其中,农业生物是经过自然选择、人工驯化和培育的动植物和微生物有机体,是农业三个组成部分的主体。它们既是人类认识的对象,也是人类利用和改造的对象,是人类长期劳动的结晶。农业生物所生存的环境,既是农业的生产环境,又是制造农产品的场所。人类的劳动则是通过培育、选择农业生物和调控农业生产环境,促进农业生物与环境之间的物质循环和能量转化,力求实现农业高产、优质、高效的生产活动。理想的农业生产是高效的农产品生产与和谐、平衡的生态环境的有机结合,两者缺一不可。就是要通过农业生物、外界环境和人类生产劳动的相互协调和综合作用,以合理的物质和能量投入,在不破坏生态环境的前提下最大量地获取人们所需要的产品,从而获得理想的物质和经济效益。任何以破坏环境为代价来谋取短期经济效益的生产活动都是不可

取的。

### 1.1.3 农业的地位和作用

国民经济是由多部门构成的庞大、复杂的系统,农业则是整个国民经济的基础。农业具有基础地位的根本原因,在于它是提供人类基本生存物质的一个特殊生产部门,具有不可替代性。此外,农业既为国民经济的其他部门提供原料,又从其他部门获得生产资料和农村人口消费的非农生产物资。因此,农业和国民经济其他部门是相辅相成的关系。近年来,随着我国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,农业在生态环境优化及创造优美生活环境方面的作用日益受到人们的重视。农业的地位和作用具体体现在如下几个方面。

#### 1. 农业是人类赖以生存的基础

衣、食、住、行是人类生存和生活的基本要素,而农业是解决人类衣、食问题的主要部门。人类历史发展至今,维持人体机能所必需的生活物资,如粮、油、糖、肉、蛋、奶、果、药、茶等只能来源于农业。目前,虽然化纤工业已高度发达,但是世界上还没有任何一个国家完全用化纤取代农业所生产的棉、麻和毛等天然纤维。并且,随着世界能源日趋短缺,化纤工业的原料——石油供应不足或价格居高不下将成为这一产业的限制因素,以天然纤维为原料的纺织业将具有广阔的发展前景。总之,没有农业提供食物和衣物原料这些基本生活物资,人类就难以生存,社会再生产也不可能进行。

#### 2. 农业是国民经济各部门独立与发展的基础

农业曾经是人类社会的唯一生产部门,国民经济其他部门的产生都是以农业生产的发展、劳动生产率的提高和剩余产品的增加为前提的。只有当农业生产率提高,剩余农产品大大超过农业劳动者个人需要的时候,其他部门才能够从农业中独立出来。农业劳动生产率越高,为社会创造的剩余产品及剩余价值越多,才利于其他部门或产业的更快发展。就世界范围而言,农业的发展水平、速度和规模,在一定程度上决定着其他产业的发展速度和规模。虽然某些发达国家的农业相对薄弱,主要依靠出口工业产品换取进口大量的农产品,以维持其国民经济快速发展对农产品的大量需求,但是如果没有其他国家农业的高度发展,这种国际贸易是不可能实现的。随着农业的发展,农业生产以外的经济、文化活动加强,科学技术不断进步,生产工具日益改良,从而进一步增加了农业剩余产品的数量和种类,解放了更多的农业劳动力,为其他部门的发展提供了必要条件。正是由于农业和其他部门的相互合作与促进,才形成了当今丰富多彩的世界。

归纳农业在国民经济发展过程中的主要作用为:①提供了人类生存最必要的生活资料;②提供了其他部门发展所需要的部分原料;③提供了其他部门发展必不可少的劳动力;④农业、农村的市场需求成为其他部门发展的强大动力;⑤农业资金、土地等向非农部门的转移成为这些部门发展的重要因素。对于许多发展中国家而言,出口农产品是获取

外汇、进口本国工业化所必需的机械设备和技术的主要途径。

### 3. 农业对改善人们生活环境具有重要作用

随着经济的发展、人民生活水平的不断提高,生活质量的改善越来越受到人们的重视,优美的生活环境是反映人们生活质量的重要方面。植树造林、建立自然保护区、城市绿化等对创造优美生活环境具有重要作用。中国农村近年来兴起的休闲农业、旅游农业或观光农业,就是通过保护或创造优美的环境给人们提供身心享受,成为农业生产部门的重要组成部分,其在国民经济发展中的作用已为当今发达国家的成功做法所证实。

#### 1.1.4 农业系统观

由于农业是经济再生产过程和自然再生产过程的统一体,因此农业既是国民经济系统的一个组成部分,也是自然生态系统的一个组成部分。农业的发展与科技进步密切相关,因而农业还是科学技术系统中的组成部分。与此同时,农业自身分为种植业、林业、畜牧业和渔业等部门,并且各部门均包含着社会、政治和文化等方面的内容,说明农业本身也是一个结构、规模、功能复杂的大系统。同时,不仅农业大系统内部各产业、各部门之间互相联系,而且它们与外部系统相联系,具有复杂的结构,并可进一步细分为更小的子系统。可见,农业系统具有高度复杂性,农业问题涉及许多学科。因此,我们必须学会用系统论的观点看待农业,学会综合利用多学科的理论、知识或开展跨学科合作的方法,从各种角度全面认识、分析、解决农业问题,以促进农业健康、快速发展。

#### 1.1.5 我国农业发展历程

##### 1. 农业技术的萌芽时期

处于距今 10 000 至距今 4 000 年的新石器时代。当时农业刚开始出现,农业技术才开始萌芽,使用的是木、石、骨等材料制成的工具,采用的是刀耕火种技术和撂荒耕作,生产上只重视种和收两个环节,农业技术相当原始粗放。我国北方栽培的主要农作物是耐旱的黍和粟(谷子),在南方是耐涝的水稻。

##### 2. 农业技术的初步发展时期

处于公元前 21 世纪至前 771 年的夏商西周时期。这时奴隶社会已开始,农具材料已由木、石、骨发展到青铜,开创了使用金属农具的新纪元。在农业技术上,出现了除草、除虫、灌溉等措施,形成了作物类型和良种概念以及作为农业技术基本内容的耕作、栽培、育种措施。土地使用已由撂荒耕作制发展为休闲耕作制,蔬菜、果树和经济林已开始人工栽培种植,反映我国的农业技术已开始脱离原始状态,进入一个新的发展时期。

### 3. 精耕细作技术的发生时期

处于公元前 771 至前 221 年的春秋战国时期。这时,奴隶制开始没落,地主经济有了很大发展。表现为,土地所有权日趋集中,经营单位不断分散,形成了小农经济。由于经营范围非常狭小,我国的农业生产走上了以提高单位面积产量为主要的道路,从而形成了以精耕细作为特点的农业技术。这一时期,铁农具和畜力在农业中的应用为提高耕作效率和耕作质量创造了条件,使精耕细作技术的形成成为可能,其特点为深耕熟耨、多粪肥田、不违农时、连年种植等,在保持和提高地力的基础上使土地得到更好地利用。

### 4. 北方旱地精耕细作技术的形成时期

处于公元前 221 至公元 589 年的秦汉至南北朝时期。这一时期,我国的政治、经济、文化中心主要在地势平坦、土壤疏松、适宜开垦经营农业的黄河中下游,所以,黄河中下游成为我国最早进行农业开发的地区。由于这一地区比较干旱,降雨少而主要集中在夏秋季,春季因干旱多风难于正常播种。尽管这时期进行了大规模农田水利建设,但不能从根本上缓解整个北方农田的干旱问题,由此逐步发展了耕作保墒技术,形成了以耕、耙、耨、锄为中心的抗旱耕作法 and 区田、代田等抗旱栽培技术。

### 5. 南方水田精耕细作技术的形成时期

处于公元 589 至 1368 年的隋唐至宋元时期。在这期间,由于北方战乱,人口大量南移,加速了南方的开发,江南逐渐成了全国经济的中心。我国南方高温多雨,灌溉方便,适宜种植水稻,水田耕作栽培技术相应发展起来,包括以耕、耙、耨为中心的耕作技术,以培育壮秧为中心的栽培技术和以耘、耨为中心的田间管理技术,形成了以水田精耕细作为特色的历史时期。同时,由于人口的增加,出现了耕地不足的矛盾,促进了梯田和一年二熟制的形成。

### 6. 精耕细作技术的深入发展时期

为公元 1368 年至 1840 年的明清时期。这期间我国的人口急剧增加,人多地少成了全国性矛盾。为此,大力推广多熟种植,发展间作、套作和轮作,提高复种指数;为了提高单位面积产量,一些精细化程度较高的技术,如套犁深耕、看苗施肥、小麦移栽、砂田栽培等都先后在这一时期形成;采用多种经营的办法缓解耕地的不足,从而形成了我国最早的人工生态农业;这时期还大力从国外引进一些高产作物,如玉米、甘薯、马铃薯等,来缓解粮食不足。至此,我国精耕细作的农业技术已基本定型,其特点是以劳动集约和技术集约为手段,以提高土地利用率和单位面积产量为中心的系统化耕作栽培技术。

### 1.1.6 我国传统农学思想

我国传统的农学思想以“天时、地利、人和”的统一为核心,这在许多著名的古代著作中都有精辟论述。如《吕氏春秋·审时篇》指出:“夫稼,为之者人也,生之者地也,养之者天也。”《淮南子》强调:“上因天时,下尽地财,中用人力,是以群生遂长,五谷蕃殖。”《孟子·公孙丑第四》认为:“天时不如地利,地利不如人和。”《汜胜之书》总结为:“凡耕之者本,在于趋时、和土、务粪泽,早锄、早获。”《齐民要术》则有“顺天时,量地力,则用力少而成功多”“任情返道,劳而无获”的著名论述……这些论述和观念将农学理论和辩证唯物主义的哲学思想有机结合,反映了作物生产的客观规律,具有永恒的指导意义。

在上述农学思想指导下,形成了我国的传统农艺技术,其核心内容为:①精耕细作,粪多力勤,少种多收;②因地制宜,轮作、复种和间套作相结合,以盗天地之时利,提高光热水土资源的利用率;③辨土施肥,用养结合,地力常新壮;④以粮为纲,多种经营,农牧结合。这是基于我国地少人多、农业资源相对缺乏、自然灾害频繁的国情,通过精耕细作,提高复种指数,进而提高单位面积土地生产力,以满足人们日常生活对农产品的基本需求,从而维护社会稳定。因为“民以食为天”,“无农不稳,无粮则乱”,所以我国传统农学思想、农艺技术的形成,既是农业生产者自身生存的需求,也顺应了历代当政者维护自身统治地位的要求。同时,我国传统农业注重对农业资源的有效利用和合理保护,利于实现农业的可持续发展和生态环境的平衡。

### 1.1.7 西方现代农业的优点和问题

当今世界,西方发达国家农业的现代化程度已很高,主要表现在土地产出率、资源利用率和劳动生产率均达到了相当高的水平。特别是由于遗传育种、矿物质营养和动力机械三大农业技术的推动,大大加快了其由传统农业向现代农业的转变。然而,这种现代农业是以大量消耗石油资源为前提的,又被称之为“石油农业”,其结果是对石油这种不可再生资源的大量消耗以及对生态平衡的严重影响,因此是和持续农业发展道路相悖的。目前,西方发达国家也在反思和矫正这种现代农业模式的缺陷。

### 1.1.8 我国发展现代农业的基本战略

我国早在20世纪60年代就提出农业现代化包括良种化、水利化、机械化和化学化四个目标。农业“四化”目标的提出与实施,在我国由传统农业向现代化农业转变的过程中发挥了积极作用,为提高农业科技水平,促进生产发展做出了重要贡献,但也产生了一定的负面影响,尤其是化学化成为农业生态环境不断恶化的重要原因之一。当今的现代农业定义为:用现代物质条件装备农业,用现代科学技术改造农业,用现代产业体系提升农业,用现代经营形式推进农业,用现代发展理念引领农业,用培养新型农民发展农业,提高农业水利化、机械化和信息化水平,提高土地产出率、资源利用率、农业劳动生产率和生产效益,提高农民素质和竞争力。在我国人口压力巨大、人均资源极为短缺、农业生态环境

日益恶化的情况下,实现可持续发展的现代农业尤为重要。为此目标的实现,应达成如下战略性共识。

### 1. 增加农业投入是发展现代农业的关键

加大对“三农”投入力度,建立促进现代农业的投入保障机制具有重要的战略意义。2006年,我国财政用于“三农”的支出达到3397亿元,为历史最高水平,与2005年相比,增幅为14.2%。增加对农业的投入,能否体现工业反哺农业、城市支持农村的方针,要看投入的增量与总量,更重要的是要看在财政收入大幅度增加的情况下,用于农业的支出占财政总支出的比重是否增加。此外,为增加对发展现代农业的投入,应强调投资主体多元化,特别应强调各级政府的投资主体。多年来,我们强调农民是投入的主体,忽视政府的投入,这是导致目前农业仍是国民经济薄弱环节的重要原因。固然,现代农业的简单再生产与一部分扩大再生产的投入可以靠农民,而基础设施与公共服务建设以及根据WTO规定的“绿箱”政策为农业提供的必要补贴,则是各级政府的应尽义务。

### 2. 发展现代农业的根本出路在于扩大经营规模

提高土地产出率、资源利用率、农业劳动生产率是现代农业的基本特征,其根本出路在于扩大经营规模,即适度规模的种植与养殖,机械化作业替代人畜力作业。在我国目前仍然以规模狭小的小农经济为主体的情况下,一方面通过建立健全农业合作组织、政府及民间的服务组织,为农民提供全方位的社会化服务,增加规模效益;另一方面则需要转移农业多余劳动力到非农产业,为扩大经营规模创造条件。逐步扩大农村社会保障覆盖面,是依法有序地促进农村土地使用权流转、形成适度经营规模的重要条件。

### 3. 用现代技术改造农业是发展现代农业的重要环节

我国几千年的传统农业积累了丰富的农艺技术,十分宝贵;在由传统农业向现代化农业转变过程中,工程技术、化学技术、信息技术等现代技术发挥了巨大作用。然而,实现可持续发展的现代农业,应突出生物技术。农业本身就是生物性产业,大力开发、使用生物技术可以为人们提供优质安全的农产品,可以充分利用农业的副产品或废弃物,可以发展可再生的生物质能源,可以改造中低产田以及沙荒地、盐碱地等,可以改善农村生态与生活环境,可以促进农业功能的多元化,包括经济功能、生态功能、能源功能、保健功能、文化功能等,使我国悠久的传统农业文明与现代农业文明有机结合,产生新的农业文明。



## 1.2 农学概况

### 1.2.1 农学的概念与范畴

农学是农业科学中的一个重要分支,其萌芽于农业起源之初,伴随着人类对农业技术的探索和生产经验的积累过程而成长,因而可以说农学是一门最古老的学科。在我国出土的距今 10 000 至距今 4000 年前的新石器时代文物中,已有石制和骨制的斧、铲、刀、镰等生产工具和石碾盘等加工工具,并发现了炭化的黍、稷、粟、稻等农作物,标志着当时已有农耕文化的存在。西汉时期的《淮南子》(公元前 139)一书中就有二十四节气的描述,而用农历的节气指示农时以适时耕种是我国的首创,在生产中发挥了重要的作用,至今已有 2000 余年的沿用历史。战国时期(公元前 475 年至前 221 年)的《吕氏春秋》是我国现存最古老的农学文献,其中的《上农》篇大力倡导重农思想,《任地》篇提出了利用土地的原则,《辩土》篇主张根据土壤特性进行耕作,《审时》篇则论述了适时耕作对土壤的影响。世界现存最完整的古农书——《齐民要术》(533—544),系统总结了西汉末年至北魏时期 500 余年黄河流域的农业生产经验,提出了一条农业生产中必须遵循的基本原则:“顺天时,量地力,则用力少而成功多,任情返道,劳而无获。”可见,我国古代劳动人民从生产实践中总结、积累了科学、丰富的农学理论和知识,不仅在指导后人的农业生产中发挥了巨大作用,也成为全人类的宝贵文化遗产。

尽管农学知识积累几乎和农业起源同步,但农学作为一门学科的诞生至今尚不足 200 年的历史。通常认为,英国的泰尔(A. B. Thear, 1752—1828)是倡导把农学作为一门以农业为研究对象的学科的始祖。他在《合理农业的原理》(1815)一书中,提倡把传统的冬粮—夏粮—休闲的一年一熟轮作休闲制,改为冬粮—芜菁—夏粮—苜蓿的复种轮作制度,以发展饲料生产和畜牧业,为农田提供厩肥,保证作物养分的供给,其中包含着重要的耕作学原理。从我国古农书记述的内容来看,其中农业生产的技术和经验也与现代农学的范畴相近。因此在农学的概念形成之前和形成初期,农业科学的知识、理论积累主要集中在农学方面。

以细胞学说(T. Schwann, 1839)、矿质营养学说(Von Liebig, 1840)、进化论(C. R. Darwin, 1859)、孟德尔遗传规律(G. J. Mendel, 1865)为代表的近代生物科学的飞速发展,使得传统的农业科学也在 20 世纪初逐步分化、发展成为一个门类齐全的科学技术体系。随着该体系中各分支学科的独立与完善,农学的范畴也由原来代表农业科学的整体演变为农业科学的一个分支。目前而言,农学(agronomy)通常是指农作物生产理论与技术,其核心学科是作物栽培学与耕作学。但是作物生产是一个复杂的系统工程,涉及多学科领域,除作物种植制度和作物栽培技术外,还应涵盖有关作物品种改良、植物营养、农田生态和植物保护等学科的基础知识。概括地讲,农学是在分析作物与环境关系并综合相关学科基础理论知识前提下,研究作物生产理论,提高作物生产技术的一门综合性学科。

### 1.2.2 农学的地位与作用

农业是国民经济的基础部门,种植业是农业中直接把光能转化为化学能并贮存到作物产品的初级产业,也是畜牧业和渔业的原料生产部门,在一定程度上决定着农业的整体发展水平。因此,种植业是农业的核心,一般在各国农业中占的比重较大,在我国人多耕地少的国情下更是如此。农学的研究对象即是种植业的对象——作物,研究的成果能够直接用来指导作物生产,以促进作物生产的高产、高效以及作物与生态环境的协调,因此,农业在国民经济中的重要地位和作用在一定程度上反映了农学的重要性。农学就学科而言具有综合性特征,就农业科学体系而言具有基础性地位,并且应用于国民经济中的重要部门,因此,农学学科的发展对于种植业,乃至整个国民经济的发展将具有重要的促进作用。

### 1.2.3 农学的性质

从宏观角度讲,农学的研究对象是整个种植业,因此农学的学科性质由种植业的性质所决定,主要体现在下列方面。

#### 1. 农学是以自然科学为主,并与社会科学密切联系的一门应用学科

农学是研究、指导农业生产的核心学科之一。农业生产是人类利用作物有机体的生命活动来取得产品的生产部门的总称,其生产水平不仅取决于生产的自然条件,如土壤、温、光、水、肥等因素,也取决于生产的社会条件,如生产规模、工具、方法和劳动质量等。因此,农业生产是自然再生产和经济再生产相结合的过程。这就决定了,农学应借助于化学、数学、物理学、生物学、遗传学、生态学等自然科学的基本原理和方法,研究作物如何通过利用太阳能,把无机物转化为有机物,把太阳能转化为化学能并贮藏在作物产品中的生物学规律。同时,农学中用来改变作物生长发育环境的技术措施的确定,还受到劳动者的素质、生产规模、经济水平、劳动工具等社会、经济因素的影响。农业生产的这种性质,决定了农学研究必然受自然科学和社会科学双重影响。

#### 2. 农学是服务于种植业的一门综合性学科

鉴于我国人多耕地少的国情,如何在有限的耕地上不断提高作物产量和品质是种植业面临的首要任务,而种植业的效益高低则是决定能否实现农业可持续发展的重要因素。因此,高产、优质和高效是我国种植业的唯一选择,也是农学研究的主要目标。种植业是一个由环境-作物-社会相互交织的复杂系统,涉及多学科的原理与知识。而作物高产、优质、高效三方面通常又难于统一,并且其主次关系也会随社会经济的发展水平而发生变化。因此,只有从系统科学的观点来分析作物生产及农学学科,综合运用和集成各个相关学科的研究成果,才能使农学的研究与发展符合种植业的发展方向,发挥其促进国民经济

的作用。

### 3. 农学也是以可持续农业发展为目标的一门生态学科

粮食不足、能源短缺与环境污染是我国乃至世界面临的严峻挑战,成为目前和今后长时期内经济发展和人们生活水平提高的制约因素。从农业尤其是种植业和环境的关系来看,一方面种植业在环境保护和生态平衡方面发挥着重大和不可代替的作用。因为植物在光合作用过程中吸收了大气中的二氧化碳,放出了氧气,使大气成分得以更新、净化,还能防风固沙、涵养水源、调节气候,从而既改善了人们的生活环境,又保护了农业资源。另一方面,在农业的发展和农业现代化进程中也会引起生态失衡和环境污染的问题,其中农药、除草剂和化肥的过量投入是主要诱因。另外,虽然农业所需的自然资源大部分都是可再生的,但由于我国北方半干旱地区过于依赖灌溉而导致地下水资源超量开采,地下水位逐年降低,生态平衡受到威胁。因此,在农业生产和农学研究中要牢固树立生态保护意识,力争在维持生态系统平衡和环境安全的前提下发展作物生产,实现农业的可持续发展。

#### 1.2.4 农学的特点

农学是农业科学的分支学科,其学科特点与所研究的对象、学科性质和农业生产的环境条件特征具有密切联系,体现在如下方面。

##### 1. 生物性

由于农学的研究对象是农作物,而农作物是生物有机体,具有复杂的器官、组织结构和各种各样的生物习性,应作为一个开放的系统进行研究、分析。

农作物生产是大田条件下的群体生产,作物群体的特征特性、结构、生态及生理状况等是反映群体质量的重要方面,在较大程度上决定着作物生产的产量、品质和效益,从而成为农学研究的重要内容,并且随着作物生产集约化程度的提高,作物群落生态生理与栽培技术也将成为农学的热点研究领域。

作物群体是由个体组成,个体的器官分化与建成规律、营养生长与生殖生长的关系、地上部器官与地下器官的关系等既反映了个体的生长发育状况,也直接影响着群体质量的优劣。另外,不同作物种类具有不同的个体生命周期,如水稻、春小麦、玉米、棉花、大豆、花生等为一年生(annual),冬小麦、油菜等为两年生(biennial)。而作物的生命周期又有一定的阶段性变化(phasic change),如冬小麦的春化作用(vernalization)和光周期现象(photoperiod),不同发育阶段有不同的主导性影响因子和相应的分化器官。

作物的生长发育过程是在特定的生态条件下完成的,因此作物与环境的关系也是农学研究的主要内容。在与周围环境组成的生态系统中,农作物利用环境中的无机物和太阳能,通过光合作用和各种生理生化代谢活动,把太阳能转变为化学能贮存在作物产品中,这一过程除了受光照因子影响之外,也受到温度、水分、土壤、空气等因素的影响,并在

一系列生理生化过程中完成其有机体的生命活动。因此,作物群、个体在环境作用下的生命活动遵循着多样化的生物学规律,也决定了生物性是农学的本质特性。

## 2. 复杂性

由于作物是一个功能和结构复杂的系统,受多种因子的影响和制约,这就决定了以其作为研究对象的农学学科的复杂性。因此,要用整体的观念和系统方法进行农学研究,在研究得出作物生产的限制因子的同时,要注重协调处理各种因子的相互关系,充分发挥作物生产的总体效益。

总结以往农学研究成果和生产经验得出,在处理作物生产诸因素相互关系时应重点遵循两条基本规律,既“多因子共同作用律”和“限制因子律”。“多因子共同作用律”是指作物生产是多因素共同作用的结果,涉及气候、土壤、生物、耕作方式、栽培技术和经济条件等,应在统筹考虑上述因素的基础上安排作物生产,使各因素之间关系协调,同步改善。“限制因子律”是指在作物生产系统中整体效果是受其中最差的因子决定的。例如,作物需要氮、磷、钾等多种营养元素,这些元素在作物体内应维持一个合理的比例,当由于外界环境供应缺乏而使得某一元素不足时,该元素就成了“限制因子”,即作物生长发育的首要障碍因子,此时其他元素再丰富也难于发挥作用。因此,生产上应在抓主要矛盾,着重改善限制因子的基础上,综合考虑多因子效应,使作物的产量水平和生产效益在不断识别并克服限制因子的实践中得到提高。作物生产的复杂性决定了农学研究的复杂性及其多学科交叉的特点。

## 3. 应用性

农学的研究与服务对象决定了其属于应用技术科学,也就是在农业领域的自然科学理论和应用基础理论指导下,研究得出作物生产的实用技术,直接服务于作物生产。农学中的应用基础研究,如作物生长发育规律、产量与品质形成规律、作物与环境条件的关系等,是为制定栽培技术提供理论依据,或阐明有关技术原理,以增强生产中运用技术的灵活性。

农学的应用性体现在:生产技术的制定还应考虑到不同的国情、不同的农民素质和不同的生产发展阶段,力争做到简便易行、高产高效、环境安全,这是决定农业技术能否大面积推广、是否转化为真正生产力的关键。农业机械化将是我国农业发展的方向,因此,随着机械化程度的提高,新的农业技术可否用机械操作,也将是体现其应用性的重要方面。

### 1.2.5 作物学与农学的关系

广义的农学涵盖了作物学(crop science)、园艺学(horticulture)和植物保护学(plant protection),研究对象包括粮食作物、经济作物、饲料绿肥作物、药用作物及蔬菜、果树、花卉等园艺作物;研究内容侧重于作物生长发育的基本规律,作物与土壤、气候、生物等环境因子的共性关系,栽培技术与种植制度原理等。由于大田作物(指农田大面积栽培的农

作物,即通常所说的“庄稼”)是种植业的主体,在国民经济中意义重大,因而农学一般以大田作物(field crop)为研究对象,然而研究结果通常可以为园艺作物所借鉴,从这个意义上讲,农学(agronomy)和作物学概念和内涵是一致的,即两者都是关于研究大田作物生产与品种改良的科学理论与技术的学科。

现代作物学是与园艺学、植物保护学以及农业资源与环境科学等并列的一级学科,同属植物生产类学科群。作物学又分为作物栽培学与耕作学和作物遗传育种学两个二级学科。其中作物栽培学与耕作学主要研究作物生长发育和产量、品质形成规律及其与环境条件的关系、种植制度等,探索得出实现作物高产、优质、高效及其可持续发展的理论、方法与技术。作物遗传育种学主要研究作物品种选育和遗传改良及种子生产的理论、方法与技术。从服务农业产业角度出发,农学应涉及植物保护、农产品收获、贮藏与粗加工的基础知识与基本技术,因此就狭义的农学而言,其实际范畴也要宽于作物学,但作物学无论在何时、何地都是农学的核心学科,决定着农学的发展水平和方向。

### 1.2.6 作物生产特点

作物生产是农学或作物学的研究与服务对象,因此农学的生物性和复杂性特点也符合作物生产实践,并由此衍生出了以下几个鲜明的特点,成为制定作物生产发展策略、途径与措施的重要依据。

#### 1. 地域性

这是作物生产的首要特点。由于各种农业生态类型区的纬度、地形、地貌、气候、土壤、水资源等自然条件不同以及社会经济、生产条件、作物种类和技术水平的差异,作物生产具有较强的地域特点,各地都有各自适宜种植的作物类型、品种、种植制度及相应的栽培措施。因此,从作物生产的地域性特点出发,坚持因地制宜的原则,把作物种植制度和栽培管理方案、措施与当地具体生态条件、社会经济条件等相结合,加强区域性试验、示范工作,优化生产决策,实现作物生产的高产、优质、高效。如果忽视作物生产的地域性特点,采取“一刀切”的方法规划作物生产或推广农业技术,往往会导致失败。例如,若把我国北方高产、优质的冬小麦品种引到南方地区种植,则表现为成熟延迟、赤霉病重、产量低、品质差,有的甚至不能正常抽穗结实。

#### 2. 季节性

大田作物生产在露天条件下进行,时刻受气候、土壤、生物等环境条件的影响。由于一年中春、夏、秋、冬四季交替,而我国大部分地区受太平洋暖湿气流和西伯利亚寒流的交互影响,光、热、降水等气候条件在四季分布差别较大,并由此造成了土壤环境和生物环境的季节差异,使得作物生产不可避免地受季节的强烈影响。同一地区的不同季节,分别有不同的适宜生长的作物;同一作物在不同的生长季有不同的生育习性和生长中心,因此各季节都有内容不同的农事活动、管理措施。由此决定了作物生产中要坚持不违农时的原

则,及时根据农时季节进行适宜的生产管理,使作物的高效生长期与最佳环境条件同步。尤其是我国南方施行多熟制,各种作物生产的季节性很强,若贻误农时,轻则减产,重则颗粒无收。

3. 连续性

作物产品不仅是人类的食物,也是其他生物的食物。由于人类社会对作物产品的持续需求,加之当年或当季作物产品的产量有限,且难于长久保存,因此作物生产不可能一劳永逸,需要连年进行。

充分重视作物生产连续性(或称为永久性)特点并采取相应措施,是实现农业可持续发展的根本保证。据此,在生产中应处理好两种关系。一是生长季之间的关系:作物生产的上一个生长周期和下一个生长周期之间存在着互相联系、互相制约的关系。例如,在易春旱地区,为了获得下一年的作物丰收,在当年合理利用各种水资源的基础上,通过土壤耕作措施增加土壤中水分的贮量,使伏、秋雨变成春墒,有效补充下一年度春季作物的水分需求。因此,在规划作物生产时,不仅要考虑当年,同时要为下一个生长周期或下一年的生产打下基础。二是农业生产资源的利用与保护的关系。由于人类社会对于作物产品的需求是永恒的,而作物生产是在可更新和不可更新两类资源的支持下进行的。为了保证作物生产的持续、高效进行,应树立长远发展观念,在生产过程中对土地要用养结合。增施有机肥和平衡施肥使地力常新不衰。对于其他农业生产资源也要利用与保护相结合。相反,如果只为眼前利益考虑,采取“竭泽而渔”的生产策略,将会使农业生产资源数量减少、质量变劣,使生态环境遭到破坏,作物生产水平和人们生活质量下降。

1. 2. 7 作物生产与粮食安全

1. 作物产品的营养贡献

人类的食物来源可分为植物性食物和动物性食物两大类,前者包括粮食、植物油、食糖、蔬菜、瓜果和酒类等,后者包括肉类、蛋类、奶类、水产品 and 动物脂肪等。概括而言,这些动植物产品包含了人类所必需的几类营养成分,包括糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐或矿物质和水。由于动物性食物是由植物性食物转化而来,因此人类的营养都是直接或间接来自于植物生产,其中以大田作物生产为主体。

在上述六大类人体营养成分中,以糖类、脂肪和蛋白质消耗量最大,是提供人体热量和生命活动需求的基本物质;维生素和矿物质由于需求量较少,在食物提供充足热量和蛋白质的同时即已同时被人体充分摄入。因此,作为食物供应的营养指标主要以糖类、脂肪和蛋白质来衡量。目前从世界范围来看,人类消耗热量(包括糖和脂肪)的84%、蛋白质的65%是由植物直接提供,说明植物是人类食物营养的主要来源,种植业的发展状况直接关系到全人类的营养保障。食物营养来源在世界各地差异较大,主要由饮食习惯和经济发展水平所决定。

作物产品的营养成分在不同作物中差异较大。碳水化合物(糖类)在水稻、小麦、玉

米等主要粮食作物中,一般含量高达 72%—75%;甘薯、大豆、马铃薯的碳水化合物含量相当于上述作物的 30%左右;油菜、大豆、花生等油料作物则含有较多的脂肪和蛋白质。因此,不同作物产品因其所含化学成分不同而具有不同的营养价值。从科学饮食角度来讲,应提倡食物种类的多样化。

受农业资源和人们的饮食习惯所影响,目前世界上种植面积最大的作物是小麦和水稻。全球 1/3 以上的耕地用来种植这两种作物,每年总产量在  $3.5 \times 10^8$  t 左右。小麦是北美、欧洲、北非和近东地区的主要食粮,水稻是占世界人口一半以上的亚洲的主要食粮。小麦、水稻直接提供所需热量的 50%左右,根茎类作物(马铃薯、甘薯和木薯)提供人类所需的热量接近 10%,糖类作物提供 8%左右。玉米虽然作为直接食用的食物,只提供人类所需热量的 5%左右,但是其主要用途是为养殖业提供原料而间接为人类提供营养,并且玉米作为能源植物的发展前景也非常广阔。

食物中的糖与蛋白质的比例通常以每 420kJ 热量产物中所含蛋白质的克数来表示,其中花生约为 6,小麦为 3.5,水稻和玉米约为 3,马铃薯约为 1.5。由于一般成年人每天需要 60—80g 蛋白质和 10 500—12 000kJ 热量,相当于每 420kJ 热量消耗只需 2.8g 蛋白质相匹配,因此小麦、水稻和玉米中的蛋白质相对含量足以维持人体健康需要。在植物为人类提供的 65%蛋白质营养中,约有 45%来自小麦、水稻和玉米等主要农作物,10%来自豆类作物,5%来自根茎类作物。动物为人类提供了 30%以上的蛋白质,但主要消费在西方发达国家。

目前我国居民食物营养来自于动物性产品的比例还远低于西方发达国家,但略高于亚洲和发展中国家的平均水平。就全国平均水平来看,我国居民的热量来源,粮食作物占 70%以上,其他植物性食物和动物性食物分别占 16%和 13%左右;在蛋白质的来源中,植物性食物(主要是粮食)占 80%左右,动物性食物占 20%左右;在脂肪消费中,植物性食物所占比例维持在 50%—58%。随着我国经济的发展,植物性热量和蛋白质在人们食物消费中所占比例逐渐降低,动物性食品比例逐渐增加。由于动物产品是由植物产品转化而来,并且由于我国草场面积不足,载畜量有限,玉米和其他粮食作物秸秆和子粒仍然是动物饲料的主要来源,因此,以粮食作物为主的种植业无论是现在还是将来都是我国居民食物营养的主要来源,在整个农业产业中占有举足轻重的地位。

## 2. 粮食需求与粮食危机

世界粮食需求现状与预测 研究表明,人体每 1kg 体重每天要消耗 167kJ 热量,一个成年人平均体重按 60kg 计,每天需消耗 10 000kJ 热量。按 1g 固体食物(包括糖、脂肪和蛋白质)平均产生 17kJ 热量计算,一个成年人每天需要 600g,每年需要 219kg 固体食物,折合粮食(原粮,含 10%—13%水分及平均 20%的糠、麸、谷壳等)300kg 左右。虽然有 25%—30%的人口是婴幼儿、儿童和老人,其粮食消耗量远低于成年水平,但粮食消耗除食用外还包括种子、役畜饲料、工业原料(制药、酿酒、浆纱等)乃至宠物食物等,因此人均占有粮食 300kg 并不算充足。尤其是随着经济发展,人们生活水平不断改善,动物食品消耗量不断增加,反而给粮食需求造成了更大压力,因为多数动物食品是以粮食为原料转化而来,由于这种转化的能量效率较低,1t 动物食品需消耗数倍于动物食品能量的饲料。据此推断,人均粮食

300kg 为温饱的低限水平,400kg 为温饱有余水平,只有达到 500kg 以上才能称为富裕水平,才有足够粮食用于畜牧业和相关工业的发展,也才能显著改善人们的膳食结构。

### 3. 我国粮食安全的技术途径

避免世界性或地区性粮食危机,是联合国和各国政府都非常重视的问题,直接关系到政权的稳定和社会的安宁。由于不同国家在自然资源和社会、政治、经济等方面存在较大差异,因此解决粮食危机的途径应因地制宜,不能强求一致。2005 年我国人均占有粮食 370kg, 低于世界平均水平,该年度我国粮食缺口达 2000 余万吨。另据报道,近年来,世界粮食库存总量不断下降,已由 2001 年的 3.42 亿吨下降到 2006 年的 2.78 亿吨,降幅达 19%。因此,无论是在我国还是在世界范围内,粮食供求矛盾都非常尖锐。针对我国人口众多,农业自然资源相对缺乏等国情,应重点围绕完善农业政策、加大农业投入、发展农业科技来避免粮食危机,确保粮食安全。

#### 1) 保护和合理利用农业资源

**耕地资源:**据联合国规定,人均耕地危险点是  $530\text{m}^2/\text{人}$ ,即养活 1 个人必须有不少于  $530\text{m}^2$  的耕地。我国自建国初期至 2006 年人均耕地由  $1800\text{m}^2$  下降到  $927\text{m}^2$ ,并且  $1/3$  省区人均不足 1 亩,接近联合国规定的  $530\text{m}^2$  的危险点。预计今后几十年内,随着经济的发展,因工业化、城市化和交通网络的建设而占用大量耕地仍是不可避免的事实,土地资源短缺将是我国粮食生产长期面临的现实问题。因此,在完善耕地保护立法,加强耕地保护措施,减少现有耕地资源损失的同时,应重视开发利用宜农荒地资源,以保证具有足够的可耕地规模。根据各方资料,我国现有宜农荒地和沿海滩涂共  $3.5 \times 10^7 \text{hm}^2$ ,其中约 40% 即  $1.33 \times 10^7 \text{hm}^2$  能用于发展粮食作物生产。

除了耕地数量不足外,我国的耕地质量不良,其中高产田仅占 21.5%,中低产田比例高达 78.5%。据对全国 1403 个县(市)土壤普查结果分析,有机质含量低于 0.67% 的占 11%,约有 50% 的耕地缺磷,23% 的耕地缺钾,土壤肥力状况不容乐观。另外,全国已有 20 个省市出现酸雨,水土流失和受工业“三废”危害的耕地面积逐年增加,西北、东北和华北地区已有大量耕地沙漠化或处于沙漠化边缘,说明农业生态环境在逐步恶化。因此,合理利用和保护现有耕地资源、开垦宜农荒地和滩地、改造中低产田以及大力保护生态环境是改善耕地数量不足、质量不佳的状况,保证粮食作物的面积和产量,实现农业可持续发展的必由之路。

**水资源:**我国水资源短缺且分布不均,人均水资源和单位土地水资源分别为世界的  $1/5$  和  $1/3$ ,干旱是限制我国作物生产的主要因素之一。据统计,我国华北、东北和西北地区的旱区面积均在各区土地面积的 80% 以上,其中华北地区高达 94%。另外,由于受季风气候的影响,我国北方的降水主要集中于夏季,其中 6—8 月份降雨占年降水量的 70% 以上,从而进一步加剧了春、秋季水资源不足的状况,发展灌溉农业成为以往旱区解决作物水分供需矛盾的主要手段。然而,由于多年来对地下水资源的超量开采,导致地下水位逐年下降,华北地区地下“漏斗”现象严重,地下水资源日趋枯竭,而地上水资源受工业“三废”污染严重,今后灌溉农业的发展将会因可利用的水资源短缺而受到制约。因此,



对于水资源应保护、利用相结合,其中包括:通过培育耐旱品种、改进农艺措施、完善农田水利工程等提高水分利用效率,节约灌溉用水;通过法律法规治理工业污染,保护水资源;通过大型水利工程,统筹利用地区间水利资源;加强人工降雨的研究和应用等,力求实现良性的土壤—作物—大气水分循环。

## 2) 提高单位面积产量

提高单位土地面积的产量可以从提高作物复种指数和提高作物单产两方面着手。据有关资料,目前我国平均复种指数为 156% 左右,而从理论上推算可达 198%,因此尚有 42% 的潜力可挖。就我国耕地规模而言,每增加复种指数 1%,可增加作物播种面积  $9.33 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,表明增加复种指数对于增加单位土地面积的产量,保证粮食安全具有重要作用。

提高每季作物的单产应从改造中低产田,提高水分利用率,培育高产或超高产品种,加快种子工程建设,优化施肥技术,改善栽培管理技术以及加强已有技术成果的转化、推广等多方面入手。目前,我国粮食作物单产虽然高于世界平均水平,但是就全国平均水平而言与先进国家相比还有较大差距。从光能利用角度来看,理论上作物对太阳总辐射的最大利用率在 5% 左右。然而,作物的实际太阳利用率还很低。目前全球的植物(包括水、陆植物)光能利用率平均仅是 0.1%,农田为 0.2%;我国农田全年平均光能利用率为 0.4% 左右,并且世界上尚没有一个国家的平均值在 1% 以上。在最优的栽培管理条件下,一年生作物全生育期的光能利用率最高达 2% 左右。可见,作物单产还存在很大的增产潜力。

## 3) 改善作物产品品质

粮食作物的营养效能是其产量和品质的综合表现。我国是粮食生产大国,然而由于以往忽视粮食品质的改善,使得其综合利用价值未能充分发挥。目前,我国粮食无论在数量还是质量上都难以很好适应人们生活水平提高、食品加工业发展和外贸出口的要求,每年都需要从国外大量进口优质专用粮食产品,而我国自己生产的某些品质不良的粮食产品却大量积压。

优质、高产、高效是我国乃至世界农业发展的必然方向。尤其是我国加入世界贸易组织(WTO)后,粮食市场竞争日趋激烈,国内粮食生产受到冲击,优质高效生产的必要性进一步增强。通过改良粮食作物品种以及研究其品质形成规律和调控技术,提高粮食产品品质,从而提高粮食产品的营养效率和种植业的经济效益,是促进我国粮食作物生产,保障粮食安全的重要措施。

## 4) 加强产后加工与利用环节

实施粮食安全战略要从开源节流两方面入手,减少产后贮运损失,改革粮食产品加工工艺,提高粮食利用效率,是“节流”的重要环节。据估算,目前粮食产后损失大多在 20% 左右或更多。以水稻为例,收获损失 1%—3%,搬运损失 2%—7%,脱粒损失 2%—5%,晒干损失 1%—5%,贮藏损失 2%—5%,碾米损失 2%—10%。据我国粮食部门估算,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  $2 \times 10^7 \text{ t}$ ,相当于增加年单产

水平  $15\text{t}/\text{hm}^2$  的高产田 133 万公顷。

改进白酒生产工艺是粮食节流的另一重要措施。据统计,我国现有各种规模的白酒生产厂 3 万余家,年生产白酒  $6.0 \times 10^6\text{t}$  以上,消耗粮食  $1.56 \times 10^7\text{t}$ 。如生产加工过程中使用液态酿造技术,可使每吨白酒耗粮减少 0.9t,节约粮食  $5.4 \times 10^6\text{t}$ 。又如,我国每年种子用粮约  $3 \times 10^7\text{t}$ ,每公顷粮田用种量约 195kg,若推广精量播种技术,用种量可减少 1/5—1/3,每年可节约粮食  $6.0 \times 10^6$ — $1.0 \times 10^7\text{t}$ 。可见,粮食产后加工利用环节“节流”潜力巨大。

## 5. 调整种植业结构

随着我国经济的快速发展,人们生活水平不断提高,膳食结构相应改变,突出表现为动物性食品、蔬菜、瓜果的需求量快速增加。为了适应这种消费结构的变化,也应对种植业结构进行必要的调整,即改以往“粮食—经济作物”二元结构为主的种植业模式为“粮食—经济—饲料作物”三元结构为主,发展高产优质高效的饲料作物,变“人畜共粮”为“人畜分粮”,提高单位土地面积作物产品的综合营养效率。

## 6. 开发新的食物源

开发人类或动物新的食物源以替代粮食消费是实现粮食(食物)安全的又一战略措施。海洋是巨大的生物宝库,在防止海洋污染、保护海洋生物的前提下开发利用海洋食物资源,潜力巨大。例如,可加工成人类食物的近海领域自然生长的藻类植物,可比年产量相当于目前小麦总产量的 15 倍以上。海洋食物产品不仅营养丰富,而且味道鲜美,并具有保健或医用价值,是提高人类生活质量的重要食物源。我国是一个海洋大国,有 18 000km 的大陆海岸线,近海资源丰富,因此在利用保护并重的原则下,发展海水养殖业,增加、丰富人们食物来源的潜力巨大。

另外,微生物发酵工业在生产单细胞蛋白(SCP)饲料方面具有广阔前景,被认为是解决蛋白质资源匮乏的重要途径。据测算,如果利用世界石油年产量的 2% 生产单细胞蛋白,可满足 20 亿人 1 年的蛋白质消费。若把我国生产的农作物秸秆的 20% 通过微生物发酵变为饲料,可获得  $4.0 \times 10^5\text{t}$  单细胞蛋白,相当于  $1.47 \times 10^8\text{hm}^2$  耕地生产的大豆蛋白。因此,科学技术为开发新的食物源开辟了广阔前景。

## 7. 坚持以国内生产为主,适当进口为辅

我国人口预计在未来 20 年内将达到 16 亿,如此巨大的消费群体,其粮食供应必须主要依靠自给。在此前提下,适度进口一定数量的粮食,也不失为缓和我国粮食紧缺的一条途径。据专家研究,只要我国的常年粮食进口量维持在国内粮食总产量的 5% 左右(最多不超过 10%),即年进口量不超过  $5.0 \times 10^7\text{t}$ ,国际粮食市场的波动和政治因素的变化就不会对我国的粮食安全和社会稳定构成威胁,也不会引起国际市场粮食价格的上涨。因此,“立足自给,适当进口”将是我国长期坚持的粮食安全战略措施之一。

## 1.3 农学发展前景展望

进入21世纪,科学技术发展日益迅速,信息技术、计算机技术快速渗入到各个学科领域,并且农业生产中的环境保护意识、可持续发展意识、优质高效意识、规模经营意识等越来越强,这就决定了农学学科与农业信息技术、生物技术、生态农业、可持续农业以及机械化农业的结合日益紧密,农学未来的发展将以上述学科领域的快速发展为动力,同时,以农学为服务对象的农业生产中存在的问题也为各有关学科提供新的研究方向和课题,加快学科之间的渗透和融合。

### 1.3.1 农学与农业信息技术

信息技术是研究信息的产生、采集、存储、交换、传递、处理及利用的高新技术,已渗入到国民经济各个领域和与之相关的各个学科,农学类学科也不例外。当今世界,农业信息技术的研究与应用主要集中在6个方面,即农业数据处理、农业系统模拟、农业专家系统、农业计算机网络、农业决策支持和农业信息实时处理。随着今后计算机网络技术的普及,其在农业上的应用将沿着全方位、综合性、智能化的方向发展,对于农业科学技术的开发、推广与升级将发挥重要的推动作用。

### 1.3.2 农学与生态农业

运用生态学原理,遵循生态经济规律,用系统工程方法组织管理的新型农业称为生态农业。生态农业是农业生产水平与经济发展水平达到一定程度的产物,是现代农学的组成部分。生态农业的发展应立足于各国的国情,我国生态农业具有如下特点。

#### 1. 以生态效益、经济效益和社会效益统一为目标

我国在相当长时间内仍然是一个发展中国家,农民在得到温饱之后迫切渴望致富,这种迫切心情容易导致生产上的短期行为,即为了取得近期经济效益而浪费或破坏资源与环境,导致不易挽回的恶果。因此,我国未来农业一定要把上述三大效益有机结合,把生态效益看成是获取长久经济效益的保证,寓生态效益于经济效益和社会效益之中。

#### 2. 把现代农业科技成果与传统农业精华相结合

中国传统农业有精耕细作、培肥地力、因地制宜、集约生产、结构多样、农林牧渔良性循环等丰富经验和习惯,应将其与当今信息技术、生物技术、机械化水平等的农业科技成果相结合,在各地形成丰富多彩、经济高效的生态农业结构模式和技术体系。

### 3. 较强的地域性和多样性特征

我国幅员辽阔,地区间自然条件和社会经济条件差异性巨大,决定了我国的生态农业不可能具有统一模式。应在因地制宜原则下,建立与当地生态环境、资源条件和经济发展水平相适应的、具有地域特点的多类型生态农业模式,以充分发挥当地的社会、经济与资源优势,实现社会、经济与生态环境的协调统一。

#### 1.3.3 农学与可持续农业

可持续农业又称持久农业,其国际上形成一定的影响是在 20 世纪 80 年代后期,1993 年在北京召开的国际农业与农村发展研讨会上,人们把可持续农业定义为“是一种满足社会需要,不断发展而又不破坏环境的农业”。联合国粮农组织确定可持续农业的三个战略目标为:一是要积极增加农业生产;二是要促进农村综合发展,增加农民收入,消除农村贫困状况;三是合理利用保护与改善自然资源,保护生态环境。

我国科学家提出了在中国要实行“集约持续农业”的设想。其特点是:

(1)集约农作:把土地利用率放在首位,努力提高周年单产;力争有田皆绿,高度集约地多维(平面、空间、时间)利用每一块土地。

(2)高效增收:要将提高经济效益,增加农民收入放在重要位置。力争高产高效,努力提高劳动生产效率;因地制宜调整农业产业结构,适当增加园艺作物与养殖业比重;积极发展农村的农产品加工业与其他二、三产业;实行劳动力密集、科技密集与适当增加投入的有机结合。

(3)持久发展:强调自然生态与人工生态相结合,保护资源,改善生态环境,改善生产条件,提高农业综合持续生产能力;搞好水利与农田基本建设,提高防御旱涝病虫害的能力;保护、改善资源,减轻环境污染。

可见,集约持续农业兼顾了我国人口众多、资源相对贫乏、农民迫切需要增收以及环境质量恶化等国情,将农业眼前利益与长远利益紧密结合,代表了我国农业的发展方向,是农学的重要研究内容和重点发展领域。

#### 1.3.4 农学与生物技术

生物技术是以重组 DNA、细胞固定化、细胞和组织培养技术为核心,对生物有机体进行遗传操作的技术,包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵过程 4 个方面。植物生物技术主要包括细胞组织培养和基因工程两大类,它使人们能够在植物体外操作基因,并将外源基因导入植物细胞,再生出转基因植株,从而开创了用基因工程进行作物改良的新时代。

作物遗传育种与良种繁育是农学的重要组成部分,因此农业生物技术拓展了农学的研究内容和范围,是农学和高新技术领域相结合的范例。目前,该领域取得的成果已在科学研究和农业生产中广泛应用,包括植物快速繁殖和无病毒种苗的生产、花药培养与单倍

体育种、原生质体培养与细胞融合、雄性不育以及多种类型转基因抗性品种的培育等。

### 1.3.5 农学与农业机械化

只有劳动生产率的提高才能从根本上提高劳动者的收入,而农业机械化的根本作用在于提高农业的劳动生产率,在当今我国农产品已逐步进入国际市场的形势下,实现农业机械化更为迫切。农业机械化为农业科学技术的应用创造了条件,同时也提出了在规模化、机械化生产条件下,调整、改进农艺技术的新课题,从而促进了农学学科的不断进步。今后农业机械化的发展趋势表现在:

(1)农业机械向大功率、高速、宽幅、联合作业方向发展,自动化程度不断提高。

(2)农业工程学家对于农业环境保护和降低污染技术日益关注,农业生产条件与环境调控技术研究不断深入。

(3)遥感、计算机自动控制在农业机械化中的应用日益广泛。

## 1.4 《农学概论》的教学特点

《农学概论》的教学特点应与农学学科的性质、特点和授课对象相联系。就学科性质而言,首先,农学是一门服务于种植业的综合性很强、涵盖范围很广的应用学科,要求在学生具备基本的植物学、植物生理学、生物化学等理论知识的基础上开设此课程。在教学过程中,重视理论与实践相结合,适当安排一些实验、实习或生产考察内容;教学方法上重视多媒体等现代化教学手段以及案例教学的运用,使学生对作物的遗传规律、生育规律、环境效应、栽培技术、种植制度、病虫害害等获得深刻的感性和理性的双重认知。其次,农学是直接服务于“三农”(农业、农村、农民)的学科,在教授农学自然科学知识的同时,结合各章节教学内容穿插介绍我国有关“三农”的社会知识,加深学生对农学与农业关系的了解,增强其责任感和使命感。最后,农业生产与生态环境具有辩证统一的关系,在我国多数地区生态环境不断恶化的情况下,应在本课程教学中适当增加生态农业和可持续发展农业的内容,加强课程教学与生产、社会与经济联系的紧密关系。

农学的研究对象是大田作物,具有生物性和复杂性特点,而我国幅员辽阔,作物类型丰富,生态气候多样,决定了此门课程教学具有较大的难度和灵活性。教学过程中,既要注重作物共性生物学规律的介绍,又应兼顾不同类型作物的特点以及不同生态类型区的生产特点;既要借助于植物学、植物生理学等的基础知识,又要防止内容重复,或缺乏本课程自身的系统完整性;既要讲清楚已经定论的理论知识,又要充分客观正视研究对象的复杂性,指出未知领域和发展方向,培养学生探索作物科学的浓厚兴趣。

《农学概论》为面向农业院校非农学专业学生开设的选修课程,学时数通常在40—60。在较少的学时数下,讲授该门课程所包含的作物遗传育种、栽培耕作、植物保护等范围广、联系松散的众多理论知识,需要对授课内容进行精心选择,重点介绍基本概念、共性理论和关键技术原理,注意提高学生对主要作物生物学规律的理性认识,增强其举一反三的能力。

## 第2章 作物的起源、分类和分布

作物是农业生产系统的核心及作物学的主要研究对象,与人类食品的数量和质量密切相关。了解农作物的起源、传播、分类、分布和生产状况,有助于认识和把握作物进化特点、生态适应性及其在农业经济发展中的重要作用。

### 2.1 作物的起源和传播

#### 2.1.1 作物的概念

作物是指人类从野生植物中经过长期选择和培育而获得的栽培植物。广义的作物概念是指栽培植物。目前世界栽培种植的植物约1500种,包括粮、棉、油、糖、麻、烟、茶、桑、果、菜、药、杂等。狭义的作物概念主要指农田大面积栽培的植物,即农作物,又称大田作物,俗称庄稼。世界各地栽培的大田作物约90余种,我国常见的大田作物有60余种。

#### 2.1.2 作物的起源

栽培植物是以人类定居为前提的。在极其漫长的岁月里,原始人类依靠渔猎和采集天然动植物而生存。大约在1万年前,在亚洲、中东和欧洲的部分地区,由于最后冰河期的急剧溶化,湖泊增多了,鱼也增多了。于是,一直以狩猎和采集野果为生,过着游猎生活的人类,开始在湖边聚居,主要以捕鱼为生。这样便初步形成了定居式生活方式。定居的结果,使居住地及其周围产生了粪便、垃圾和食物残渣的积累。在这些富含营养的土壤上,人类目睹了“吃掉的植物”再生出“可食用的植物”的过程。这种现象无数次的重复出现,久而久之,在原始人类头脑中渐渐地萌生出种植植物的意识。

人类在从事种植野生植物的过程中,不断积累栽培经验,改善栽培技术,在此基础上通过长期的有意或无意的人工选择,适合于人类需要的那些变异类型被保留下来,使野生植物逐步驯化成为栽培作物。

人类从采集野生植物转变为自己动手种植植物,这是人类发展史上最伟大的变革,它标志着原始农业的诞生。原始农业为人类提供了较多的食物和其他用品,使原始人类得以更加稳定地定居下来,进行社会分工,促进了社会生产和文化的发展。人类文化的基础始于农业,这已为人类社会发史和考古学等方面所证实。

#### 2.1.3 作物的起源中心

法国拉马克(1744—1829)最先提出生物进化学说,提出用进废退获得性遗传。英国