根据农业部和省人事厅有关文件精神，结合山东省农业和农村经济发展的实际情况，为进一步规范晋升农业系列中高级专业技术职务考试内容，明确各专业对农技推广研究员、高级农艺师（含高级畜牧师、高级兽医师、高级农经师，下同）和农艺师（含畜牧师、兽医师，下同）等各层次农业技术职务在业务上的要求。

山东省农业专业技术职务资格业务考试(基础理论)读本

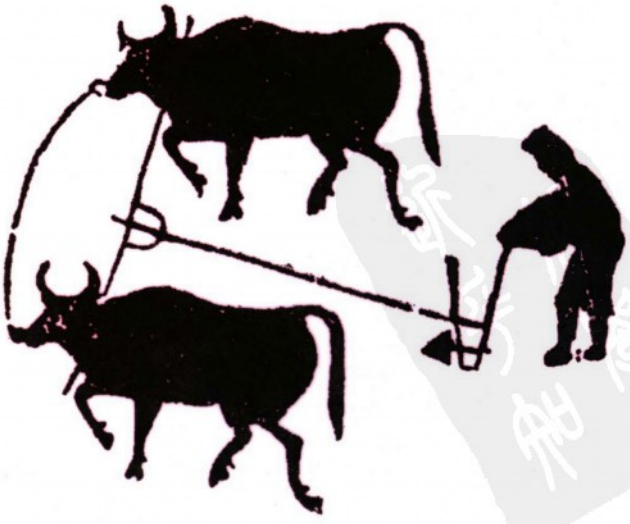
上册

SHANDONGSHENG NONGYE ZHUANYE JISHU ZHIWUZIGE YEWU KAOSHI DUBEN

主　编　董树亭
副主编　（按姓氏笔画为序）
王树迎　史建民　张晓辉　孟庆伟

AGRICULTURE

有些生物的细胞中除具有正常恒定数目的染色体以外，还常出现额外的染色体。通常把正常的染色体称为A染色体，把这种额外染色体统称为B染色体也称超数染色体或副染色体。B染色体在生物细胞内可有可无，可多可少，变化很大，产生机理不清。



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

山东省农业专业技术职务资格业务考试(基础理论)读本

ANDONGSHENG NONGYEZHUANYE JISHU ZHIWU ZIGEYEWU KAOSHI JICHULILUN D

上 册

主 编 董树亭

副主编 (按姓氏笔画为序)

王树迎 史建民 张晓辉 孟庆伟

山东科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

山东省农业专业技术职务资格业务考试（基础理论）读本/董树亭主编．济南：山东科学技术出版社，2006.6
ISBN 7-5331-4416-3

Ⅰ.山… Ⅱ.董… Ⅲ.农业技术-职称-资格考核-自学参考资料 Ⅳ.S

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 056773 号

山东省农业专业技术职务资格业务考试（基础理论）读本
（上、下册）

主　编　董树亭
副主编　王树迎　史建民
　　张晓辉　孟庆伟

出版者：山东科学技术出版社
地址：济南市玉函路 16 号
邮编：250002　电话：（0531）82098088
网址：www.lkj.com.cn
电子邮件：sdkj@sdpress.com.cn
发行者：山东科学技术出版社
地址：济南市玉函路 16 号
邮编：250002　电话：（0531）82098071
印刷者：莱芜市圣龙印务有限责任公司
地址：莱芜市凤城西大街 149 号
邮编：271100　电话：（0634）6113596

开本：880mm×1230mm　1/16
印张：54.75
字数：1500 千
版次：2006 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7-5331-4416-3　　**S·693**
定价：（上、下册）130.00 元

山东省农业专业技术职务资格业务考试（基础理论）读本
编写指导委员会

主　任　战树毅

副主任　郑忠德　董树亭

委　员　于书良　张敬荣　郭　鹏　冷振邦　杨武杰

编写说明

党的十六届五中全会提出了建设社会主义新农村的重大历史任务。新农村建设的关键和基础是推进现代农业建设。要建设现代农业，就必须大力提高农业科技自主创新能力，全面加强人才队伍建设，切实把农业发展转移到依靠科技进步和提高农村劳动者素质的轨道上来，坚定不移地走科教兴农、人才强农之路。

为了加强我省农业技术人员的继续教育工作，推进农业专业技术人才知识更新工程的实施，不断提高农业技术人员的业务综合素质和实践能力，省农业厅、人事厅组织山东农业大学专家编写了《山东省农业专业技术职务资格业务考试（基础理论）读本》。本《读本》规范了晋升农业系列中高级专业技术职务考试内容，明确了各专业对农业技术推广研究员、高级农艺师、高级畜牧师、高级兽医师、高级农业经济师和农艺师、畜牧师、兽医师等各层次农业技术职务在业务上的要求，既是高中级农业技术职务业务考试和继续教育的专用教材，又是广大农技人员宝贵的专业知识读物。本《读本》将对提高广大农业技术人员的综合素质，强化农业科技队伍建设发挥重要作用。

本《读本》分上册和下册。上册主要内容有：植物学基础、土壤学基础、生态学基础、农业政策法规、农学概论、农业经济概论和农业推广概论。

按照规定，农学、植保、土肥和园艺专业考试范围是植物学基础、土壤学基础、农学概论、农业推广概论和农业政策法规；农业环保和农村能源专业考试范围是生态学基础、农学概论、农业推广概论和农业政策法规；农业经济专业考试范围是农业政策法规、农业经济概论和农业推广概论。业务考试的题型主要有填空、选择、判断、简述、计算和综合论述题等。

本《读本》的编写人员为：植物学基础由孟庆伟、于元杰、彭卫东编写；土壤学基础由诸葛玉平、宋付朋编写；生态学基础由李增嘉、韩宾编写；农业政策法规由勒相木、王成艳、孔玲、王庆坤编写；农学概论由张吉旺、高东升、刘世琦、杨建平、诸葛玉平、刘玉升、高文胜、于国合、崔秀峰、许莉、齐连东编写；农业经济概论由史建民、陈胜伟、袁建华、刘戈编写；农业推广概论由赵龙群、李学年编写。陈向昕对本《读本》进行了整理。在此对所有参编人员表示衷心的感谢。

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，敬请大家批评指正。

编　者

目 录

第一部分 植物学基础 …… (1)

第一章 植物学 …… (1)
第一节 植物的细胞和组织 …… (1)
第二节 植物的营养器官 …… (6)
第三节 植物的生殖器官(被子植物) …… (9)
第四节 植物界的基本群类 …… (11)
第二章 遗传学 …… (12)
第一节 细胞的结构与功能 …… (12)
第二节 染色体 …… (13)
第三节 细胞分裂 …… (14)
第四节 孟德尔遗传定律及其发展 …… (16)
第五节 连锁与交换 …… (20)
第六节 染色体的变异 …… (24)
第七节 植物遗传工程 …… (27)
第八节 基因突变 …… (30)
第九节 细胞质遗传与雄性不育性 …… (32)
第十节 数量性状与杂种优势 …… (33)
第三章 植物生理学 …… (35)
第一节 植物的水分代谢 …… (36)
第二节 植物的矿质营养 …… (39)
第三节 植物的光合作用 …… (41)
第四节 植物的呼吸作用 …… (45)
第五节 植物体内同化物的运输分配 …… (47)
第六节 植物生长物质 …… (48)
第七节 植物的生长与生殖生理 …… (50)
第八节 种子和果实的成熟生理 …… (52)
第九节 植物的逆境生理 …… (54)

第二部分 土壤学基础 …… (58)

第四章 土壤形成与类别 …… (58)
第一节 土壤的概念、基本组成及其重要性 …… (58)
第二节 土壤固相物质 …… (61)
第三节 土壤形成因素和成土过程 …… (68)
第四节 土壤分类 …… (71)
第五节 土壤分布 …… (73)
第五章 土壤理化性质 …… (74)

第一节 土壤物理性质 …… (74)
第二节 土壤化学性质 …… (86)
第六章 土壤养分与生物 …… (90)
第一节 土壤养分的来源、形态和有效性 …… (90)
第二节 土壤中的大量元素 …… (91)
第三节 土壤中的中量元素 …… (95)
第四节 土壤中的微量元素 …… (97)
第五节 土壤生物 …… (98)
第三部分 生态学基础 …… (103)
第七章 生态学与农业生态学 …… (103)
第一节 生态学研究对象与分支学科 …… (103)
第二节 农业生态学及其发展 …… (104)
第八章 生态学原理 …… (106)
第一节 生态系统原理 …… (106)
第二节 生物与环境关系的基本定律 …… (109)
第三节 能量转化原理 …… (114)
第四节 物质循环原理 …… (119)
第五节 物种间相互关系的基本规律 …… (121)
第六节 生态位理论 …… (124)
第七节 生物多样性原理 …… (126)
第九章 生态农业 …… (132)
第一节 农业发展与生态农业兴起 …… (132)
第二节 中国生态农业 …… (134)
第三节 中国生态农业技术 …… (138)
第四节 中国生态农业典型模式 …… (142)
第四部分 农业政策法规 …… (147)
第十章 农业政策与法规概论 …… (147)
第一节 政策与法规 …… (147)
第二节 农业政策的概念、特征及作用 …… (149)
第三节 农业法规的概念、特征及作用 …… (150)
第四节 农业政策的制度化、法律化 …… (151)
第十一章 农业政策分论 …… (152)
第一节 促进农民收入增长政策 …… (152)
第二节 农业可持续发展能力建设政策 …… (160)
第三节 社会主义新农村建设政策 …… (166)
第十二章 农业法律分论 …… (173)
第一节 农业法 …… (173)
第二节 农村土地承包法 …… (181)
第三节 村民委员会组织法 …… (184)
第四节 农业技术推广法 …… (187)

第五节 农业生产资料管理法律制度 …… (191)

第五部分 农学概论 …… (196)

第十三章 作物生产 …… (196)
第一节 作物生产的特点、概况、地位及发展方向 …… (196)
第二节 作物的起源与分类 …… (202)
第三节 作物生长发育规律 …… (205)
第四节 作物品种改良 …… (209)
第五节 土壤耕作与田间管理 …… (212)
第六节 作物种植制度 …… (216)
第十四章 蔬菜生产 …… (220)
第一节 蔬菜栽培学基础 …… (220)
第二节 蔬菜保护栽培设施类型与环境调控 …… (223)
第三节 白菜类 …… (225)
第四节 根菜类(萝卜) …… (226)
第五节 葱蒜类 …… (227)
第六节 绿叶菜类 …… (229)
第七节 茄果类 …… (230)
第八节 瓜类 …… (231)
第九节 豆类 …… (233)
第十节 薯芋类 …… (234)
第十一节 多年生蔬菜 …… (236)
第十五章 果树生产 …… (237)
第一节 果树种类及分布 …… (237)
第二节 果树生物学基础 …… (238)
第三节 果树育苗 …… (240)
第四节 果园建立 …… (243)
第五节 果园土肥水管理 …… (243)
第六节 整形修剪 …… (246)
第七节 果树设施栽培 …… (250)
第十六章 肥料 …… (255)
第一节 化学肥料 …… (256)
第二节 有机肥料 …… (261)
第三节 微生物肥料 …… (264)
第四节 合理施肥 …… (264)
第十七章 植物保护 …… (266)
第一节 植物病理学 …… (266)
第二节 农业昆虫学 …… (271)
第三节 农田鼠害与草害 …… (280)
第四节 化学保护 …… (281)
第五节 农业有害生物预测预报 …… (285)
第六节 植物检疫 …… (288)

第七节　农业有害生物综合防治 …… (291)

第六部分　农业经济概论 …… (293)

第十八章　农业经济学 …… (293)
第一节　农业经济学导论 …… (293)
第二节　土地与水资源 …… (294)
第三节　农业劳动力 …… (296)
第四节　农业家庭经营 …… (299)
第五节　农业合作经济组织 …… (300)
第六节　农业产业化经营 …… (301)
第七节　农业产业结构 …… (302)
第八节　传统农业的改造与农业现代化 …… (303)
第九节　农业可持续发展 …… (304)
第十九章　农业企业经营管理 …… (306)
第一节　导论 …… (306)
第二节　农业企业经营战略 …… (308)
第三节　农业企业经营决策 …… (309)
第四节　农业企业经营计划 …… (310)
第五节　农业企业人力资源管理 …… (311)
第六节　农业企业资金资源管理 …… (312)
第七节　农业企业生产项目选择与组合 …… (314)
第八节　农产品加工业生产管理 …… (316)
第九节　农业企业成本与利润管理 …… (317)
第十节　农业企业经营效益评价 …… (319)
第二十章　农村会计与审计基础 …… (320)
第一节　农村会计 …… (320)
第二节　农村审计 …… (332)

第七部分　农业推广概论 …… (342)

第二十一章　农业推广概念与基本理论 …… (342)
第一节　农业推广活动的产生与演化 …… (342)
第二节　农业推广的基本概念 …… (346)
第三节　农民行为改变理论 …… (348)
第四节　农业创新扩散理论 …… (351)
第五节　农业推广沟通理论 …… (352)
第二十二章　农业推广方法与试验示范 …… (355)
第一节　农业推广程序 …… (355)
第二节　农业推广方式 …… (356)
第三节　农业推广方法 …… (358)
第四节　农业推广试验 …… (362)
第五节　农业推广成果示范 …… (364)
第六节　农业推广方法示范 …… (366)

第二十三章　农业推广组织与人员管理 …… (367)
第一节　农业推广组织概述 …… (367)
第二节　农业推广组织类型 …… (368)
第三节　国内外农业推广组织概况 …… (370)
第四节　农业推广组织的管理及职能 …… (373)
第五节　农业推广工作评价 …… (376)

第一部分　植物学基础

第一章　植物学

植物学是研究植物生命的科学。早期偏重于形态、分类的观察和描述。近代植物学的研究逐步向宏观和微观两方面发展，即从植物个体水平分别向群体和细胞、分子水平，去研究植物生命活动的规律及其发生和发展规律。研究植物学的目的，是阐明在人和自然环境的影响下植物的生长、发育规律，以利于控制和改造植物，满足人们生活的需求。植物学有许多分支学科，如植物形态学、植物分类学、植物解剖学、植物生态学、植物生理学、植物胚胎学等。目前，已知的植物种类有 50 余万种。植物在地球上的分布很广，具有多样性。其区别于动物的基本特征是：植物细胞具有细胞壁，具有比较稳定的形态；绿色植物和少部分非绿色植物能利用光能或化学能，把简单的无机物质制造成复杂的有机物质，进行自养生活；大多数植物个体发育时，在后天的生活过程中，能不断地产生新的植物体部分或新器官；对外界环境的变化一般不能迅速作出反应，只能在形态上出现长期适应的变化。

第一节　植物的细胞和组织

一、植物的细胞

细胞是植物体结构和功能的基本单位。所有的植物都是由细胞组成的，植物的生命活动也是通过细胞的生命活动来体现，单细胞植物如细菌、某些藻类等，一个细胞就是一个独立生存的个体，一切生命活动都是由一个细胞来完成的；多细胞植物如小麦、玉米等，一个个体要由许多形态、结构和大小都不尽相同的细胞组成，每个细胞担负着一种或几种特定的功能，与其他细胞一起完成植物的生长发育等一系列复杂的生命活动过程。

（一）细胞的形状和大小

植物细胞一般都比较小，直径大多在 20 ~ 50μm 之间，但也有少数例外，如一种球菌的直径只有 0.5μm，苎麻的纤维细胞可长达 600mm。

细胞的形状是多种多样的，有圆形、线形、棒形、球形等。不同的植物，同一植物中不同的组织，细胞形状都不尽相同。

细胞的形状和大小与其在植物体内的位置、遗传特性、环境条件以及执行的主要生理功能等都有关系。细胞的形状和大小虽然不同，但所有的生活细胞在化学组成和结构上都有很多相似之处。

（二）细胞的物质基础——原生质

原生质是构成生活细胞和生活有机体的基本物质。细胞的一切生命活动都是通过原生质来实现的，因此，它是细胞最主要部分。

1. 原生质的化学成分　主要分为有机物和无机物两大类。

有机物：组成原生质的有机物主要是蛋白质、核酸、脂类和碳水化合物。

蛋白质是组成原生质的主体成分，是活细胞和一切有机体不可缺少的，没有蛋白质就没有生命。在原生质的总干重中，蛋白质占60%～80%。它不仅是原生质的结构部分，而且也组成大量的、种类繁多的酶，还可以作为贮藏物质存在。

核酸也是原生质的一种重要的化学成分，在细胞的遗传和新陈代谢方面起重要的作用。组成核酸的基本单位是核苷酸，每个核苷酸分子由一个五碳糖、一个磷酸基团和一个含氮碱基组成。由于含氮碱基和五碳糖的不同，形成两大类核酸，一类叫脱氧核糖核酸（简称DNA），另一类叫核糖核酸（简称RNA）。在DNA分子中，储存着决定生物性状的遗传信息（密码），因此，DNA分子就是遗传物质，在细胞的生命活动中起着指令性的作用。细胞中的RNA分子主要有三种类型，即核糖体RNA（rRNA），约占全部RNA的80%，主要组成核糖体；信使RNA（mRNA），约占5%，主要用于传递遗传信息；转移RNA（tRNA），约占15%，在蛋白质合成时，起转移氨基酸的作用。

脂类为细胞内各种膜的骨架成分，如质膜、内质网膜、核膜、线粒体膜及叶绿体膜都含有大量的脂类。

植物细胞中的碳水化合物有糖类、淀粉和纤维素等。糖类在细胞的能量代谢、物质运输及细胞通讯方面起主要作用；淀粉在细胞中普遍存在；纤维素为细胞壁的主要成分。

上述四种物质，以其复杂的形式有序地结合在一起，组成了原生质以及细胞的各种组分和生理特化的部分。除这些有机物之外，原生质中还有维生素、激素和抗生素等。

无机物：主要包括水和无机盐。

生活细胞总重量的60%～90%都是水，没有水，细胞就不能生活。水一方面作为溶剂，改善和调节原生质的物理状态，另一方面也直接参与某些生化过程。

原生质中的无机盐多呈离子状态与蛋白质等结合在一起，如铁、铜、锌、锰、镁、钾、钙、钠等。

2. 原生质的胶体性质与新陈代谢　原生质的化学成分极其复杂，它们有序地组合成一种亲水胶体。这种胶体具有一定的黏性和弹性，也有一定的流动性，而且是半透明的、不均一的。随着水分含量、温度、代谢的强弱以及其他条件的变化，原生质随时可以改变其胶体状态，可以是溶胶状态、凝胶状态或介于两者之间。

原生质能够不断地进行活跃的新陈代谢、自我更新，在同化和异化两个过程中保存和发展自己。

（三）细胞壁

细胞壁是具有一定的弹性与硬度、包围于原生质之外的复杂结构。相邻两细胞的细胞壁由两细胞内的原生质体共同分泌而成。

1. 细胞壁的功能　细胞壁在很大程度上决定了细胞的形态，限制了原生质产生膨压，使细胞保持一定的形状；能够保护原生质体；参与植物体的吸收、分泌、蒸腾和细胞间运输等过程；在细胞生长调控、细胞识别等重要生理活动中亦起一定作用。

2. 细胞壁的结构和化学成分　细胞壁可分为胞间层、初生壁和次生壁。幼期的细胞之间，分隔两相邻原生质的壁极薄，以后新细胞壁的物质增加，使壁渐次增厚。最初形成的薄壁称为胞间层（或中层），主要由果胶质组成，它是一种高度亲水的胶体，使相邻细胞粘着在一起。果胶很容易被酸或酶等溶解，从而导致细胞的分离。有些真菌能分泌果胶酶，溶解植物细胞的胞间层而侵入植物体内。沤麻的过程就是利用细菌的活动产生果胶酶，分解纤维细胞的胞间层而使其相互分离。在胞间层的两侧，出现由原生质体活动而堆积的薄层，称为初生壁，它的主要成分是纤维素、半纤维素和果胶，还有少量结构蛋白。初生壁的厚度一般较薄，质地柔软，有较大的可塑性，能随着细胞的生长而延展。许多细胞在形成初生壁后，如不再有新壁层的积累，初生壁便成为它们永久的细胞壁。细胞停止生长后，在初生壁内侧继续积累的细胞壁层，称为次生壁。次生壁也是由纤维素和半纤维素组成，但常常含有木质素，从而大大增强细胞壁的硬度。

3. 初生纹孔场和胞间连丝　在细胞的初生壁上有一些明显凹陷的较薄区域称初生纹孔场。初生纹孔场中集中分布有一些小孔，其上有胞间连丝穿过。胞间连丝就是穿过细胞壁上的小孔、连接相邻细胞

的细胞质丝。

4. 纹孔　次生壁形成时，往往在原有的初生纹孔场处不形成次生壁，这种无次生壁的较薄区域称为纹孔。相邻细胞壁上的纹孔常成对形成，称纹孔对。若只有一侧的壁具有纹孔，这种纹孔就称为盲纹孔。

根据次生壁增厚情况的不同，纹孔分成单纹孔和具缘纹孔两种类型。它们的区别是具缘纹孔周围的次生壁突出于纹孔腔上，形成一个穹形的边缘，从而使纹孔口明显变小，而单纹孔的次生壁没有这种突出的边缘。胞间连丝较多地出现在纹孔内，有利于细胞间物质交换。

（四）质膜

质膜又称细胞膜，为包围着整个细胞质外的一层膜。细胞内还有构成各种细胞器的膜，称为细胞内膜。质膜和细胞内膜统称为生物膜。

质膜主要由脂类和蛋白质分子组成。质膜的骨架是磷脂类的双分子层（脂双层）。磷脂分子的亲水端分布在脂双层的表面，疏水的脂肪酸链则藏在脂双层的内部，蛋白质不同程度地嵌入脂双层的内部或表面，这称为膜的流动镶嵌模型。质膜具有流动性、选择透性，还具有自我组装和自我封闭功能。

（五）细胞质

真核细胞的质膜以内，细胞核以外的部分称为细胞质。又可分为具有一定形态和结构的细胞器，和细胞器之外无一定形态结构的细胞质基质。

1. 细胞质基质（胞基质）　细胞质中均匀半透明的液态胶状物质称为细胞质基质，细胞核、各种细胞器、细胞骨架分布于其中。它由半透明的原生质胶体组成，基本上是蛋白质的亲水胶体复合物，具有胶体性质和流动性。

2. 细胞器　分散在细胞质基质中，具有一定的形态结构，执行一定生理功能的微小器官称为细胞器。植物细胞内的细胞器有质体、线粒体、核糖体、内质网、高尔基复合体、液泡、溶酶体、微体、微丝和微管等。

质体是绿色植物细胞特有的一类细胞器，根据其颜色和功能不同又可分为白色体、有色体和叶绿体。白色体不含色素，多存于植物的表皮和内部一些不见光的组织中，具备贮藏物质的功能。有色体含有叶黄素和类胡萝卜素，呈红—橙—黄色，与部分植物的花、果实等的颜色有关。叶绿体是三种质体中最重要的一种，它含有叶绿素 a、b 和少量的叶黄素、胡萝卜素，其主要功能是进行光合作用。

线粒体是真核细胞共有的一个很重要的细胞器，在线粒体中将储藏在营养物质中的能量转化为细胞可利用形式的化学能——ATP，是细胞有氧呼吸的中心、能量的供应站。线粒体的形状多种多样，一般呈球形、杆状或粒状。直径一般为 0.5 ~ 1.0μm，长 2 ~ 3μm，也有小到 0.2μm 和大到 10μm 者。细胞内线粒体的数量变化很大，可从 1 到 50 万个。数量与细胞的代谢活动有密切关系，也是细胞代谢水平的一个标志。

核糖体的化学成分主要是蛋白质（占 40%）和核糖体 RNA（占 60%）。它的功能是合成蛋白质。

内质网是由一层膜围成的一个网状系统。比质膜要薄得多，内质网的膜与细胞核的外膜相连接，内质网内腔与核膜间的腔相通，也可与原生质体表面的质膜相连。构成了一个从细胞核到质膜，以及与相邻细胞直接相通的膜系统。它不仅是细胞内的通讯系统，而且还有把蛋白质、脂类等物质运送到细胞的各个部分的功能。

高尔基体是与植物细胞的分泌作用有关的细胞器。每个高尔基体一般由 4 ~ 8 个扁囊（或称潴泡）平行排列在一起成摞存在，每个扁囊由一层膜围成，中间是腔，边缘分支成许多小管，周围有很多囊泡。高尔基体常略呈弯曲状，一面凹，一面凸。高尔基体的主要功能是进行加工、浓缩、储存和运输蛋白质、脂类等，同时自己也可以合成一些物质，如纤维素、半纤维素等。

液泡主要有两部分组成，即液泡膜和膜内的细胞液。其功能除了维持细胞的正常渗透压、参与细胞内某些物质的积累与转移外，还能影响某些代谢活动。在必要时也可直接转移到细胞质中去，参与蛋白质等大分子的合成。许多肉质植物可在晚上贮存二氧化碳于液泡中，第二天白天再利用光能转化成糖。

溶酶体是由一些厚约 6nm 的单层膜围成的球形小颗粒，直径在 2.5 ~ 80μm 的范围内。溶酶体膜内

由无定形的物质所充满，主要是一些水解酶类。其主要功能是消化分解有机物，因而可视为细胞的消化系统。

微体是由单层膜包被的圆球形小体，直径 0.5 ~ 1.5 μm，有时含有蛋白质晶体。植物体内的微体有两种类型：过氧化物酶体和乙醛酸循环体。过氧化物酶体含有多种氧化酶，存在于绿色细胞中，与叶绿体和线粒体合作共同完成光呼吸作用。乙醛酸循环体含有乙醛酸循环酶系，存在于油料植物萌发的种子中，与圆球体和线粒体配合，通过乙醛酸循环的一系列反应把脂类物质转化成糖类以满足种子萌发之需。

3. 细胞骨架系统　细胞骨架是真核细胞的细胞质内普遍存在的与细胞运动和保持细胞形状有关的一些蛋白质纤维网架系统，包括微管、微丝和中间纤维。这些直径不同的纤维，相互连接形成具柔韧性及刚性的三维网架，把分散在细胞质中的各种细胞器及膜结构组织起来，相对固定在一定的位置，使细胞内的代谢活动有条不紊地进行。细胞骨架系统还是细胞内能量转换的主要场所。

（六）细胞核

细胞核由核被膜、染色质、核仁和核基质组成。

核被膜：包括核膜和核膜以内的核纤层两部分。核膜由内外两层膜组成。外膜表面附着有大量核糖体，内质网常与外膜相通连。内膜和染色质紧密接触。两层膜之间有膜间腔，与内质网腔连通。核被膜上规则地分布有核孔，是细胞核与细胞质间物质运输的通道。核膜的内膜内侧有一层蛋白质网络结构，称为核纤层。它与内膜紧密结合，其厚薄随细胞不同而异，由中间纤维网络组成。核纤层为核膜和染色质提供了结构支架，并介导核膜与染色质之间的相互作用。核纤层还参与细胞有丝分裂过程中核膜的解体和重组。

核仁：是间期的核内不用染色也能用光学显微镜看到的一种椭圆形或圆形的折光性强、发亮的小球体。一个核中可有一到几个，没有膜包围。细胞有丝分裂时，核仁消失，分裂完成后，两个子细胞核中分别产生新的核仁。其主要功能是合成核糖体的前体分子 rRNA 和装配核糖体的两个亚单位。核仁还影响蛋白质的合成，控制和保护 RNA 等。

染色质与染色体：是同一物质在细胞周期中不同时期所表现的不同存在状态，间期的染色质就是处于螺旋松散状态的染色体。它主要由 DNA、组蛋白、非组蛋白和少量的 RNA 四种成分组成。

核基质：核内充满着一个主要由纤维蛋白组成的网络状结构，称之为核基质。因为它的基本形态与细胞骨架相似又与其有一定的联系，所以也称为核骨架（广义的核骨架概念包括核纤层）。核基质为细胞核内组分提供了结构支架，使核内的各项活动得以有序地进行，可能在真核细胞的 DNA 复制、RNA 转录与加工、染色体构建等生命活动中具有重要作用。

（七）后含物

后含物是植物细胞代谢作用的产物，是无生命的，其中有贮藏物质和废物，也有代谢的中间产物和生理活性物质，常见的有淀粉、蛋白质和脂肪。

贮藏淀粉常呈颗粒状，称淀粉粒，位于细胞质中。不同植物的淀粉粒的形态、大小、结构是不同的。贮藏淀粉积累在植物的块茎、种子、果实等贮藏器官中。淀粉不溶于水，遇碘变蓝色。

贮藏蛋白质常以颗粒状存在细胞质中。蛋白质遇碘—碘化钾溶液呈黄色。

油和脂肪是一种高能量的贮藏物质，常温下脂肪是固体，油是液体。存在细胞质中，用苏丹Ⅲ或苏丹Ⅳ染色呈橙红色。

（八）细胞的分裂

植物的生长、发育，性状的遗传、变异和进化，都是通过细胞分裂来实现的。细胞的分裂方式主要有无丝分裂、有丝分裂和减数分裂。

1. 细胞的周期　细胞分生出来的子细胞，经生长后还可以继续分裂。从结束一次分裂到下一次分裂完成的整个过程称为细胞周期。细胞的周期包括分裂间期和分裂期。植物细胞的周期经历的时间一般在十几至几十小时之间。

2. 有丝分裂　有丝分裂是一个连续的过程，一般可分为四个时期：前期、中期、后期、末期。各时期的主要特征是：

前期：主要表现为染色体出现，纺锤丝开始形成和分裂极的确定，以及核仁、核膜解体。

中期：染色体排列到细胞中央的赤道面（或赤道板）上，纺锤体形成。

后期：在纺锤体的作用下，各染色体所含的染色单体从着丝点处分为两个新染色体（子染色体）。并从赤道面各向一极移动。

末期：两组染色体到达两极后，便是末期的开始。此期主要是新的子核形成以及随着新壁建成而进行胞质分裂。

3. 无丝分裂　无丝分裂是一种简单、快速的细胞分裂方式，分裂过程中不出现纺锤丝和染色体。这种分裂始于核的分裂，可分为横缢、出芽、破裂，或由先膨大的核所形成的突起分离成子核等方式。无丝分裂常见于低等植物，在高等植物中亦普遍存在。

4. 减数分裂　减数分裂是植物进行有性繁殖的一种特殊形式，发生在有性繁殖过程中的特定时期，种子植物在大孢子和小孢子形成之前。减数分裂是一种特殊的有丝分裂，在连续两次核分裂中，DNA只复制一次，因此，所形成的子细胞染色体较母细胞染色体数减少一半，由2n变成n。一次减数分裂产生四个子细胞。

二、植物的组织

植物的组织是由形态结构相似、功能相同的一种或数种类型细胞组成的结构和作用单位。根据组织的发育程度、生理功能和形态结构的不同，通常把植物组织分为分生组织和成熟组织两大类。分生组织具有分生新细胞的特性，是产生和分化其他各种组织的基础；成熟组织是由分生组织分裂、衍生的细胞，经过生长分化，渐失分生性能而形成的，成熟组织又可分为营养组织、保护组织、机械组织、输导组织和分泌结构。

（一）分生组织

植物体的特定部分具有持续性或周期性进行细胞分裂能力的组织，称为分生组织。

分生组织细胞代谢活跃、有旺盛的分裂能力；细胞排列紧密，一般无细胞间隙；细胞壁薄，不特化，由果胶质、纤维素组成；原生质分化程度低，质体处于前质体阶段。分生组织的活动直接关系到植物体的生长和发育，在植物体个体成长中起重要作用。

根据它们的来源和性质，分生组织可分为原分生组织、初生分生组织和次生分生组织。按照分生组织的分布位置，可分为顶端分生组织、侧生分生组织和居间分生组织。

（二）营养组织（薄壁组织）

营养组织在植物体中分布广泛，所占比例最大，具有与植物营养活动有关的主要生理功能。这类组织的细胞含有生活的原生质体，液泡发达，细胞排列疏松，胞间隙明显，细胞壁薄，一般仅由纤维素、果胶质构成的初生壁，又称为薄壁组织。

营养组织可分为同化组织、贮藏组织、吸收组织、通气组织和传递细胞等。

（三）保护组织

保护组织覆盖于植物体的外表，由一层至数层细胞所构成，主要起保护作用，可以防止水分的过度蒸腾，抵抗风雨、病虫害的侵袭以及某些机械的损害，维护植物体内的正常生理活动。根据保护组织的发生先后和形态结构的不同，可分为初生保护组织——表皮和次生保护组织——周皮。

（四）机械组织

细胞壁发生不同程度加厚，起机械支持作用的一类成熟组织，称为机械组织。根据细胞的形态和细胞壁的加厚方式不同，机械组织分为厚角组织和厚壁组织。

（五）输导组织

输导组织是植物体内长距离运输水分和溶于水中的各种物质的组织。它们的细胞分化成管状分子，并相互连接，形成贯穿全植物体的输导组织。根据它们运送的主要物质的不同分为两类，一类是运输水分和无机盐的组成分子——导管和管胞；另一类是运输同化产物组成分子——筛管和筛胞。

（六）分泌结构

分泌结构是指植物体中能产生特殊分泌物的细胞或细胞组合。分泌结构的种类很多，常见的分泌物有挥发油、树脂、乳汁、蜜汁、糖类、单宁、黏液、消化液、盐类、杀菌素等。

根据分泌结构发生的部位和分泌物溢排情况，可分为外分泌结构——包括腺毛、腺鳞、蜜腺、螯毛、排水器等；内分泌结构——包括分泌细胞、分泌腔、分泌道、乳汁管等。

（七）复合组织

植物体内由多种类型的细胞构成的组织称为复合组织，如周皮、木质部、韧皮部、维管束。

木质部和韧皮部是植物体主要起输导作用的复合组织。木质部一般包括导管（多数蕨类植物及裸子植物无导管）、管胞、木薄壁组织和木纤维等；韧皮部包括筛管、伴胞（蕨类植物及裸子植物为筛胞，无伴胞）、韧皮薄壁组织和韧皮纤维等。木质部和韧皮部的组成分子包含输导组织、薄壁组织和机械组织等几种组织，所以它们被认为是一种复合组织。由于木质部或韧皮部的主要组成分子都是管状结构，因此通常将木质部和韧皮部或者将其中之一称为维管组织。从蕨类植物开始，它们体内已有维管组织的分化出现。种子植物体内的维管组织则更为发达进化。蕨类植物和种子植物总称为维管植物。

第二节　植物的营养器官

种子植物具有一系列完善的适应陆地生活的器官，按功能可分为营养器官——根、茎、叶，主要生理功能是吸收和制造植物生存必需的营养物质；生殖器官——花、果实、种子，主要功能是产生新个体以繁衍种族。

一、根

根是植物适应陆地生活在进化过程中形成的器官。主要功能是固定植株，并从土壤中吸收水分和溶于水中的无机盐及氮素，供给植物生活所利用。根还有合成作用，能合成多种氨基酸、维生素、激素、植物碱和有机氮等物质。某些根还具有分泌、收缩、呼吸、寄生、攀援、繁殖等特殊作用。由此可见，根的生理功能对植物的生长、发育有着重大影响。

（一）根的种类

种子萌发时，胚根突破种皮向下生长形成主根。主根上产生的多次分枝，称为侧根。

主根和侧根通常称为定根。有些植物的茎、叶和胚轴上可以产生根，称为不定根。

（二）根的类型及其在土壤中的分布

通常把植物根的总体称为根系。按形态可将根系分为直根系和须根系。直根系具有明显的主根；须根系是主根不发达，主要由不定根组成的根系。

根系在土壤中的分布很大程度上取决于植物的遗传性，另一方面也受环境的控制。

一般具有发达的主根的直根系，常分布在较深的土层中，属于深根性；须根系往往分布在较浅的土层中，属于浅根性。根系的分布受环境条件特别是土壤中的水分、养分和空气影响。一般讲，当地下水位较低、通气良好、土壤肥沃时根系分布较深，反之则较浅。干旱地区根系较深，潮湿地区根系较浅。农业上的深耕改土、合理施肥，就是为根系发育创造良好的有利措施。

（三）根尖及其分区

通常把根顶端到着生根毛部位的这一段，称为根尖。根尖从根顶端起依次可分为根冠、分生区、伸长区和根毛区。

根冠：位于根尖的顶端，形似帽状，包在分生区外面，对分生区起保护作用。根冠由一群薄壁细胞构成，内部细胞较小、排列较紧密，外围细胞较大、排列较疏松。根冠可以感受重力，与根生长时的向地性有关。

分生区：位于根冠的上方，全长 1～3mm，大部分被根冠包围着，由顶端分生组织构成，是分裂产生新细胞的部位。

伸长区：位于分生区的上方，长 2～10mm。分生区产生的细胞经过伸长、分化，逐渐转变为伸长区。由于分生区不断产生新细胞和伸长区细胞同时显著的伸长，就成为根向土壤中生长的主要动力。

根毛区：位于伸长区之上，长约数毫米到数厘米。此区大部或全部表皮细胞的外壁向外突出，形成根毛。根毛的长度为 0.5～10mm，直径约 10μm。根毛的密度依植物种类和环境条件而有变化。

（四）根的结构

1. 根的初生结构　根的初期生长是由根尖的顶端分生组织经过分裂、生长、分化发展而来，称为根的初生生长。初生生长产生的各种组织，都属于初生组织，它们组成根的初生结构。在根毛区做横切面，可观察到根的初生结构由外到内包括表皮、皮层及中柱（维管柱）三部分。中柱又包括中柱鞘、初生韧皮部、初生木质部和原形成层等部分。

2. 根的次生结构　根的次生结构就是由次生分生组织——维管形成层和木栓形成层产生的。由根的初生结构中保留下来的一部分原形成层和一部分中柱鞘细胞恢复分裂能力而产生的细胞组成维管形成层。维管形成层主要进行平周分裂，向内分裂、分化形成次生木质部，加在初生木质部的外方，向外分裂、分化形成次生韧皮部，加在初生韧皮部的内方，两者合称为次生维管组织。形成层不断产生次生结构使中柱愈来愈粗，这时部分中柱鞘细胞可以通过脱分化，进行分裂而转变成木栓形成层。木栓形成层向外分裂产生多层木栓细胞，称为木栓层，向内产生少数几层薄壁细胞，称为栓内层。这三种组织组成了周皮，对老根起次生保护作用。在多年生的根中，木栓形成层不像形成层那样终生存在，而是每年重新发生，配合维管形成层的活动。其位置是在原有的木栓形成层内方，并逐年向内推移，最终可由次生韧皮部中的部分薄壁细胞发生。

大多数单子叶植物仅有初生结构，而双子叶植物和裸子植物，特别是多年生木本植物的根都兼有次生结构。

二、芽与枝条

通常将植物的地上部分称为枝系。枝系由枝条组成，枝条是着生叶和芽的茎；芽是枝条或花的原始体。

（一）芽的结构

芽是枝条、花或花序的原始体。将来发育为枝条的芽称为叶芽，在营养生长的早期即陆续出现。基本结构包括中央的生长锥、叶原基和幼叶，当植物体从营养生长转入生殖生长，开始形成花芽。花芽是花或花序的原始体，外观常较叶芽肥大，内含花或花序各部分的原基。

（二）芽的类型

根据芽的位置，芽分为定芽和不定芽。定芽又分顶芽和腋芽（侧芽）。

根据芽形成的器官不同分为叶芽、花芽、混合芽。

根据芽鳞的有无可分为鳞芽和裸芽。

根据芽的生理活动状况可分为活动芽和休眠芽。

（三）枝条

枝条的组成是以茎为主轴，其中生有多种侧生器官或结构，包括叶、枝、芽、花或果。通常将枝条看作生有叶和芽的茎。茎上着生叶的部位称为节，节与节之间的茎称为节间。

分枝有多种形式，种子植物常见的分枝方式有单轴分枝、合轴分枝、假二叉分枝和禾本科植物的分蘖。

三、茎

茎主要有支持、输导、贮藏等作用。茎支持叶、花和果实在适宜的空间，利于叶子的光合作用、花的传粉、果实的发育和种子的散布；茎是植物体光合产物、水分和无机盐的运输通道，将根吸收的水分、矿质元素和根合成的物质通过茎输送到地上部，叶制造的有机物通过茎输送到体内各部分被利用和贮藏；此外，利用茎还可以进行营养繁殖，有些茎还贮藏有大量营养物质，可供人们食用。

（一）茎的伸长

茎的伸长是通过茎尖的初生生长进行的，有的植物还有另一类初生生长——居间生长。

茎尖的分区：茎尖可以分为分生区、伸长区和成熟区。分生区：茎尖的顶端能够不断进行细胞分裂的一小段。分生区的细胞可以不断产生新细胞，使茎生长。伸长区：这一区的特点是细胞显著伸长，初生分生组织开始分化为初生组织。伸长区可视为分生组织和成熟组织的过渡区域。成熟区：细胞已分化成熟，具有一定形态、结构和功能，在此做横切面可观察茎的初生结构。

茎的初生生长：分为顶端生长与居间生长。顶端生长导致茎的伸长，还有一些植物，茎的伸长除以顶端生长方式进行外，还有居间生长。居间生长可以使茎伸长，如小麦拔节。

（二）茎的加粗

与根相同，茎的加粗也是由形成层和木栓形成层两种侧生分生组织进行次生生长形成的，是双子叶植物和裸子植物特有的生长方式。

（三）茎的结构（禾本科植物）

禾本科植物茎由表皮、机械组织、基本组织和维管束组成。

表皮：表皮由长细胞、短细胞和气孔器有规则排列而成。

机械组织：机械组织由厚壁细胞组成，常分布表皮下呈连续的环，或其中夹有少量的同化组织。

基本组织：基本组织主要由薄壁细胞组成，主要功能是贮藏。

维管束：维管束由木质部和韧皮部及维管束鞘组成。

四、叶

叶的主要生理功能包括光合作用和蒸腾作用。有些植物的叶上可以产生不定芽、不定根，还能进行营养繁殖。叶也具有一定的吸收和分泌能力。

（一）叶的基本形态

双子叶植物的叶可分为叶片、叶柄和托叶三部分。具有这三部分的叶称为完全叶。缺少任何一部分的叶称为不完全叶。

禾本科植物的叶可分为叶鞘、叶片、叶耳和叶舌四部分。不同植物的叶片、叶柄和托叶的形状不同；叶片呈片状，是光合作用和蒸腾作用的主要场所。叶片中分布有叶脉。叶柄是连接叶片和茎的部分，其主要功能是运输和支持叶片。托叶是叶柄基部的附属物，通常两个对生，其形状和作用因植物种类不同而不同。

（二）叶的发生和生长

叶由叶原基发育形成。下部发育为托叶，上部发育为叶片与叶柄，叶片由叶原基上部经顶端生长、边

缘生长和居间生长形成。

在叶片的发育过程中，其内部也像根、茎一样，由原分生组织过渡为初生分生组织，再逐渐分化为初生结构。此时，除一些双子叶植物主脉基部维管组织中，可能保留活动甚弱的形成层外，其他部分均为成熟组织，所以，叶的生长是有限生长。

（三）叶的结构

1. 双子叶植物叶片结构　双子叶的叶片可分为表皮、叶肉和叶脉三部分。表皮通常为一层细胞，表皮细胞内无叶绿体，外壁通常较厚，有角质层或蜡被，表皮上有气孔和表皮毛等附属物。叶肉在上下表皮之间，含有大量叶绿体，是光合作用的主要场所。叶脉主要由维管束和机械组织构成，主要功能是运输水分和养料。

2. 禾本科叶片的结构　禾本科植物叶片表皮细胞的外壁不仅角质化，而且有的细胞含有硅质，因此，禾本科叶一般较为坚硬。禾本科植物的气孔与双子叶植物不同，气孔除有两个保卫细胞外，还有两个副卫细胞。禾本科叶片的叶肉细胞间隙较小，维管束平行排列，在维管束的外围有维管束鞘。维管束鞘的结构在两类不同光合途径的植物（C_3、C_4 植物）中，有显著的区别。

（四）叶的衰老与脱落

叶的生活期一般都短于植株的寿命，叶在经历生活期而脱落之前，还要经历衰老的变化。随着叶内叶绿素减少和叶绿体蛋白质的分解，叶色逐渐变黄；叶内细胞间隙增大，使水分渐趋不足，叶片易萎蔫，光合效率下降；叶内可溶性蛋白质和同化产物向叶外运转量均逐渐降低。叶的衰老就整株而言，是向顶进行的。

叶经历衰老的变化后即死亡、脱落。大多数植物落叶的原因与叶柄中产生离层有关。

大多数单子叶植物和草本双子叶植物并无离层形成，凋萎叶的脱落只是机械性折断。

第三节　植物的生殖器官（被子植物）

一、花

植物经过一定时间的营养生长后，开始形成花芽，以后经过开花、传粉、受精，结出果实。在植物个体发育中，花的分化标志着植物从营养生长转入了生殖生长。花是被子植物所特有的有性生殖器官，是形成雌、雄性生殖细胞和进行有性生殖的场所。

（一）花的组成

被子植物的一朵典型花由花梗、花托、花萼、花冠、雄蕊群和雌蕊群等几个部分组成，花梗是花与枝条连接的部分，花托是花梗顶端稍膨大着生花萼、花冠、雄蕊群和雌蕊群的部位，一朵花实质上就是适应于生殖的变态枝条，花梗、花托相当于茎，组成花萼、花冠、雄蕊群和雌蕊群的基本单位——萼片、花瓣、雄蕊和雌蕊是适应生殖的变态叶。

（二）花的形态类型

花萼：是一朵花所有萼片的总称，常呈绿色，结构与叶相似。有的植物花萼外面还有一轮绿色的瓣片称为副萼，它们具有保护花蕾的作用。

花冠：花冠位于花萼的内方，由若干花瓣组成，一轮或多轮，一般具有鲜艳的颜色。花冠不仅具有保护雌蕊、雄蕊的作用，而且其色泽、芳香味、蜜汁可以招引昆虫传粉。花萼和花冠合称为花被。

雄蕊群：雄蕊群是一朵花中所有雄蕊的总称。位于花冠内方，由多数或一定数目的雄蕊组成。雄蕊由花丝和花药两部分组成。花丝细长，顶端与花药相连；花药是产生花粉粒的地方。

雌蕊群：花中所有的雌蕊总称为雌蕊群，位于花的中央。每个雌蕊由一至多个心皮组成。每个雌蕊

由柱头、花柱和子房三部分组成。柱头是花柱顶端接受花粉的地方，常膨大或扩展成各种形状。花柱位于子房和柱头之间，是花粉萌发后，花粉管进入子房的通道。子房是雌蕊基部膨大的部分，由子房壁、子房室、胎座和胚珠所组成。子房壁是子房外部由心皮构成的壁，子房壁以内的空腔是子房室，子房室数目一至多个，每个子房室内着生有胚珠（种子的前身），胚珠在子房室着生的部位称为胎座。

按照花中雌蕊、雄蕊的有无，可将花分为两性花和单性花。两性花：花中兼有雌蕊和雄蕊。单性花：花中有雌蕊而无雄蕊的花叫雌花，有雄蕊而无雌蕊的花叫雄花。

雌花和雄花生于同一植株上，称雌雄同株；雌花和雄花分别生于不同植株上，称为雌雄异株。

（三）花序

花可以单生或多数花依一定的方式和顺序排列于花序轴上形成花序。根据花序轴分枝的方式和开花的顺序，将花序分为无限花序和有限花序两大类。无限花序的开花顺序是花序轴基部的花先开，然后向顶依次开放。花序轴能较长时间保持顶端生长能力，能继续向上延伸，并不断产生苞片和花芽。有限花序的开花顺序是顶端花先开，基部花后开，或者是中心花先开，侧边花后开。有限花序花序轴顶较早丧失顶端生长能力，不能继续向上延伸。

（四）花芽分化

被子植物由营养生长进入生殖生长，包含一系列复杂的生理生化过程。在营养生长阶段，经过一定的光周期、低温及其他因素的作用，体内形成了许多与生殖生长有关的物质与激素，叶子首先感受这些作用的刺激，并将刺激传递给茎尖分生组织，茎的顶端发生一系列形态和细胞学上的变化，不再形成叶原基和腋芽原基，而产生花原基、花序原基，并依次分化出花或花序的各个组成部分，最后形成花或花序，包被在芽内，这一全过程称为花芽分化。

（五）雄蕊和雌蕊的发育

花芽分化过程中，雄蕊原基经细胞分裂分化，体积逐渐增长，以后顶端膨大发育为花药，基部伸长形成花丝，开花时花丝以居间生长的方式迅速伸长，将花药送出花外，以利花粉传播。花药是雄蕊的主要部分，花药的花粉囊是产生花粉粒的地方。花粉成熟时，花药开裂，花粉由花粉囊内散出而传粉。雌蕊由心皮原基分化而成，成熟的雌蕊可分为柱头、花柱和子房三个部分。柱头位于雌蕊的顶端，是承受花粉和花粉萌发的地方。花柱为柱头和子房之间连接部分，是花粉管送入子房的通道。子房为雌蕊基部的膨大部分，其外部分转化成子房壁，内部空间形成子房室。通常在子房壁的心皮腹缝处，向子房内生出胚珠，发生胚珠的位置称为胎座。

（六）开花与传粉

当花中雄蕊的花药及雌蕊中胚珠的胚囊达到成熟，或两者之一发育成熟，这时花被开放，露出雌蕊和雄蕊，称为开花。各种植物的开花习性各有不同，开花年龄、开花季节及开花期的长短都不一致。一般一、二年生植物生长几个月后就能开花，一生中仅开一次花，花后结实产生种子，整个植株就枯萎死亡。多年生植物达到开花年龄后，每年按时开花，连续多年。各种植物的开花习性与它们原产地生活条件有关，这是植物长期适应环境的结果。

由花粉囊散出的成熟花粉粒，借助外力传到雌蕊的柱头上，这一过程叫做传粉。传粉是受精的必要前提，是实现有性生殖的重要环节之一。传粉有自花传粉和异花传粉两种方式。自花传粉是指同一朵花中雄蕊的花粉传送到雌蕊柱头上的过程，但在实际应用中，常常将农作物的同株异花间的传粉和果树栽培上同品种异株间传粉，也称为自花传粉。异花传粉是指一朵花的花粉传到另一朵花的雌蕊柱头上的过程。在作物和果树栽培中，则认为异株间传粉甚至异品种间的传粉才是异花传粉。

（七）受精

受精是指雄配子（精细胞）和雌配子（卵细胞）的融合。在被子植物中，产生卵细胞的雌配子体（胚囊）深藏于雌蕊子房的胚珠内，含有精细胞的花粉粒（雄配子体）必须经过萌发，形成花粉管，并通过花粉

管将精细胞送入胚囊，才能使两性细胞相遇而结合，完成受精的全过程。

二、种子与果实

被子植物的花经过传粉、受精之后，雌蕊内的胚珠逐渐发育为种子。在此过程中，子房内新陈代谢活跃，子房壁生长迅速，连同其中所包含的胚珠，共同发育为果实。

（一）种子

种子通常由胚、胚乳和种皮三部分组成，它们分别由合子（受精卵）、初生胚乳核（受精极核）和珠被发育而来。成熟的胚，无论是双子叶植物或单子叶植物，它们种子的胚都分化出胚芽、胚轴、胚根和子叶四个组成部分。禾本科植物在胚芽和胚根之外还有胚芽鞘和胚根鞘的特殊结构。胚乳是一种营养组织，它为胚的生长发育或种子的萌发和出苗提供养料。不同植物种子的胚乳，在种子的发育和成熟过程中，有的已被耗尽，其中的养料多转贮于子叶之中，有的则保持到种子成熟时，供萌发之用。成熟种子的种皮外表一般可见到种脐、种孔和种脊等结构。

（二）果实

受精作用完成之后，雄蕊和雌蕊的柱头、花柱萎谢，仅子房连同其中的胚珠生长膨大，发育为果实。这种单纯由子房发育而成的果实称为真果，真果的外面为果皮，内含种子，如桃、梅、李等的果实。被子植物中，还有一些种类，它们的非心皮组织也与子房一起共同参与果实的形成和发育，这种果实称为假果。如苹果、梨的果实食用部分主要是由花筒（托杯）发育而成，由子房发育来的中央核心部分所占比例很少。

第四节　植物界的基本群类

一、植物分类的基本知识

为了建立自然分类系统，更好地认识植物，植物分类学家制定了植物分类的各级单位，即门、纲、目、科、属、种。种是分类学上的基本单位，由相近的种集合为属，由相近的属集合为科，依此类推。有时根据实际需要，划分更细的单位，如种以下还可以设立亚种、变种和变型。

根据植物的形态结构、生活习性和亲缘关系等，植物界又分为若干门，通常分为15门，即蓝藻门、眼虫藻门、绿藻门、金藻门、甲藻门、红藻门、褐藻门、细菌门、粘菌门、真菌门、地衣门（以上称为低等植物）、苔藓植物门、蕨类植物门、裸子植物门、被子植物门。藻类植物、菌类植物和地衣合称为低等植物。苔藓植物、蕨类植物、种子植物（裸子植物和被子植物）合称为高等植物。被子植物是植物界最高级的类群，它们最突出的特征是有真正的花，胚珠被心皮包被，传粉受精后，雌蕊的子房部分发育成果实。

植物的学名是以瑞典植物学家林奈所创用的“双名法”来给植物命名的名称，习惯上称其为拉丁名。如银杏的学名为：*Ginkgo biloba* L.

二、被子植物分科

被子植物通常分为双子叶植物纲和单子叶植物纲，两纲的主要区别如下：

双子叶植物纲：胚具有2枚子叶；茎内维管束呈环状排列，有形成层保持分裂能力，故茎能加粗；叶脉多为网状；花部五数或四数；主根常发达，少数不发达而为须根状。

单子叶植物纲：胚具有1枚子叶；茎内维管束散生，不呈环状排列，无形成层，故茎无加粗生长（或少数单子叶植物有特殊的次生生长）；叶脉多为平行脉或弧形脉；花部常为三数，稀为四数；主根常不发达，多为须根状。

（一）双子叶植物纲

藜科：单叶互生。花小，单被，雄蕊与萼片常同数而对生。果为胞果，胚环形。常见藜科植物有菠菜、甜菜和藜（灰菜）。

锦葵科：单叶互生，有托叶。单体雄蕊，花药单室，蒴果或分果。常见锦葵科植物有棉花、红麻和锦葵。

胡芦科：草质藤本，具卷须。叶掌状分裂。花单性，下位子房，花药折叠。瓠果。代表植物有西胡芦、黄瓜、冬瓜、西瓜和甜瓜等。

十字花科：十字形花冠，四强雄蕊，角果，侧膜胎座，有假隔膜。代表植物有卷心菜、大白菜、油菜等。

蔷薇科：托叶常附生于叶柄上；花5基数，雄蕊多数；有花筒，果实为核果、梨果、瘦果、蓇葖果。代表植物有苹果、梨、山楂等。

豆科：叶常为羽状或三出复叶，有叶枕。花冠多为蝶形或假蝶形，雄蕊为二体、单体或分离。荚果。代表植物有大豆、豌豆、草木樨等。

茄科：花萼宿存，合瓣花，雄蕊5个，着生于花冠基部并与之互生，花药常孔裂。代表植物有马铃薯、茄子、番茄、辣椒、烟草等。

旋花科：茎缠绕，有时具乳汁，花冠漏斗状，蒴果。代表植物有甘薯、圆叶牵牛等。

菊科：头状花序，萼片变态为毛状、刺毛状或鳞片状的冠毛，花冠管状或舌状，雄蕊5个，花药合生，雌蕊心皮2个、合生，柱头2裂，瘦果。代表植物有向日葵、菊花、莴苣、茼蒿等。

（二）单子叶植物纲

百合科：单叶。花被片6枚，排成2轮。雄蕊6枚，排成2轮；子房3室。蒴果或浆果。

代表植物有葱、蒜、百合等。

禾本科：秆圆柱形，节间常中空。叶二列，叶鞘边缘常分离。花序由小穗组成。颖果。代表植物有小麦、玉米、水稻、高粱、甘蔗等。

第二章　遗传学

第一节　细胞的结构与功能

细胞是生物的基本结构单位、生命活动的基本单位和生物繁殖的基础。

一、原核细胞与真核细胞的比较

	原核细胞	真核细胞
细胞核	拟核，无核膜核仁	有核膜核仁，真核
遗传信息	量小，裸露	量大，与蛋白质结合
DNA序列	无或少重复序列	有重复序列
转录翻译	同时同地	核内转录，质内翻译
细胞器	无	有
内膜系统	无	有
细胞骨架	无	有
性系统	供体单向转移到受体	雌雄配子结合
细胞增殖	无丝分裂	有丝分裂

二、真核细胞

膜体系：真核细胞具有质膜、核膜、内质网膜等膜体系，其功能是物质交流。动物细胞的骨架起支撑作用。

染色质与染色体：真核生物的大部分遗传物质在核内，核内的 DNA 又集中在染色体上。因此，染色体是真核生物遗传物质的主要载体。

染色质：指细胞分裂间期，细胞核内被碱性染料染色的纤细网状物质。染色体是细胞进入分裂期，间期的染色质经过盘旋折叠成具有明显形态、结构特点的物体。细胞分裂结束后染色体又解旋为染色质，所以染色质和染色体是同一物质在细胞周期中所表现的不同运动形态。

第二节　染色体

一、染色体的形态特征

细胞分裂间期，染色质随着 DNA 的复制而复制。细胞分裂前期的每条染色体都成双重结构，即含有两个染色单体分子，由着丝粒相连，其中的一个分子称为染色单体。

（一）形态

一条典型的染色体具有主缢痕、次缢痕、染色体臂、随体和端粒。每一生物细胞内至少有一对是典型染色体，其他是非典型染色体。非典型染色体缺少次缢痕。

主缢痕：由着丝粒和着丝点组成，所在区域着色浅，表现缢缩。着丝粒是连接染色体中的姊妹染色单体。着丝点是主缢痕处与纺锤丝连接的结构（纺锤丝附着的部位）。

次缢痕：一般在短臂上，除主缢痕外另一个染色浅的缢缩部位，与核仁的形成有关，也称核仁组织区，在染色体上的位置相对稳定，可作为识别染色体的标志。

随体：染色体末端圆形或圆柱形。经次缢痕与染色体主要部分相连的染色体片段。每种生物随体的大小和位置是一定的，故随体也是识别染色体的重要标志。

端粒：染色体臂末端特化的 DNA 序列。其作用是封闭染色体末端，防止染色体之间粘连，与生物的寿命有关。端粒每复制一次，减少一些碱基对，随着细胞分裂次数增加而变短，细胞随之衰老。

（二）染色体的类型

根据主缢痕在染色体中所处的位置，将细胞分裂后期的染色体分为四种类型。即：V 型，中间着丝粒染色体；L 型，近中间着丝粒染色体；棒状，近端着丝粒和端着丝粒染色体；粒状染色体两臂都极其短粗。

二、与染色体相关的概念

同源染色体：二倍体生物细胞内形态结构和功能相同的一对染色体。

非同源染色体：形态结构不同的染色体之间互称非同源染色体。

组型分析：对生物细胞核内全部染色体的数目、形态特征所进行的分析。

三、染色体数目

1. 染色体的数目特征

①恒定性：同一种生物物种细胞内染色体数目是恒定的。②染色体在体细胞中是成对存在，在性细胞中总是成单存在，分别用 2n 和 n 表示。如：水稻 2n = 24，n = 12；普通小麦 2n = 42，n = 21。③不同物种染色体数目差异很大。动物中最少的只有一对染色体（2n = 2）（一种马蛔虫）；而隐花植物中瓶尔小草属的一些物种含有 400 ~ 600 对的染色体。染色体数目多少与物种的进化无关。

2. A 染色体和 B 染色体　有些生物的细胞中除具有正常恒定数目的染色体以外，还常出现额外的染色体。通常把正常的染色体称为 A 染色体，把这种额外染色体统称为 B 染色体，也称超数染色体或副染色体。B 染色体在生物细胞内可有可无，可多可少，变化很大，产生机理不清。

四、真核生物染色体的分子结构

（一）常染色质与异染色质

常染色质：细胞分裂间期用碱性染料染色着色较浅的物质。特点是，处于分散状态，染色浅，基因有表达活性。

异染色质：细胞分裂间期用碱性染料染色着色较深的物质。以凝集态存在，染色深，转录不活跃，基因不表达。

异固缩现象：细胞分裂间期，异染色质与常染色质交替存在于一条染色质分子上的现象。

（二）染色质与染色体

染色质的基本组成单位是核小体。核小体是由核小体核心和 DNA 组成的。核心是由 H2A、H2B、H3、H4 各 2 分子组成的八聚体，核小体核心外部缠绕 1.75 圈（147bp）DNA，DNA 上结合 H1，两核小体之间的连接 DNA 约 60bp。染色质分子像串着珠子（核小体）的一根绳子（DNA 分子）。核小体经盘旋折叠形成螺线管，H1 在螺线管内部，对其的稳定性起重要作用，螺线管经盘旋折叠形成超螺线管，超螺旋管再经盘旋折叠形成染色体。

第三节　细胞分裂

在真核生物中，无论单细胞还是多细胞生物体，其繁殖都是以细胞为基础，而细胞的繁殖是通过细胞分裂来完成的，即使有性生殖生物的性细胞也是通过特殊形式的细胞分裂形成。

一、细胞周期

从一次细胞分裂完成到下一次细胞分裂完成的时期为一个细胞周期。细胞周期由分裂间期和分裂期组成。

分裂间期：从一次分裂结束到下一次分裂开始的一段时间。在光学显微镜下观察细胞核是均一的，只能看到染色质，实际上细胞处于活跃的生理生化代谢状态，为分裂准备条件。

根据间期 DNA 合成特点，又划分为三个时期：

G1 期：细胞体积增大，合成周期蛋白、起始有关酶系。

S 期：复制 DNA，合成组蛋白、非组蛋白，组装核小体。

G2 期：为细胞进入分裂期做准备。

S 期时间较长、且稳定。G1 和 G2 期时间短，变化较大。

分裂期：整个分裂期是一个连续的过程，为了便于描述，人为将其划分为四个时期，即前期、中期、后期和末期。

二、有丝分裂

（一）分裂过程

前期：染色质不断凝集（螺旋化、折叠、压缩），逐渐缩短变粗成为有形态特点的染色体；核膜、核仁逐渐解体消失。每条染色体都包含两个染色单体。

中期：核膜完全消失，来自两极的纺锤丝形成纺锤体，染色体的着丝点排在赤道面上，两臂自由伸向两侧。该期是染色体计数的好时期，每条染色体具有典型形态特征，可进行核型分析。

后期：每个染色体从着丝点处一分为二，在纺锤丝的牵引下移向两极直达极点。分裂后每一个染色单体成为一个染色体，细胞极端具有与原来细胞相同数量的染色体。

末期：到达细胞两极的染色体开始解旋，核膜核仁重新出现，随之胞质分裂。

（二）有丝分裂中的异常情况

多核细胞：核多次分裂，无细胞质分裂，每个细胞中有多个核。

核内有丝分裂：核内染色体复制分裂而核不分裂，导致核内染色体数目成倍增加。

多线染色体：DNA 复制而染色体不分裂，导致一条染色体中有多条 DNA 分子。

（三）有丝分裂的意义

1. 子细胞和母细胞在遗传组成上、染色体的数目和质量完全相同，保证了个体的正常生长发育。

2. 无性繁殖的生物，世代间遗传物质的稳定及其性状的遗传。

三、减数分裂

（一）概念和特点

概念：是性母细胞形成配子时的一种特殊分裂方式，染色体复制一次，细胞分裂两次，得到的子细胞内染色体数目较母细胞减少一半。

特点：一次 DNA 复制，两次细胞分裂，子细胞内的染色体数目是母细胞的一半。

（二）减数分裂的过程

减数分裂分为减数第一分裂和减数第二分裂。

1. 减数第一次分裂

（1）前期Ⅰ：

细线期：染色体螺旋化程度低，细长如丝，核体积增大（染色体在间期已经复制，每条染色体含 2 条染色单体）

偶线期：同源染色体联会配对形成二价体，二价体靠联会复合体连结

联会：两条同源染色体侧面同源部分紧密靠近进行配对的现象

二价体：联会的一对同源染色体，每个二价体含 4 条染色单体

粗线期：染色体逐渐缩短变粗，非姊妹染色单体间发生交换（同一染色体的两条染色单体称姊妹染色单体，同源染色体间的染色单体称非姊妹染色单体）

双线期：染色体继续缩短变粗，出现交叉（交换在先，交叉在后，因交换而出现交叉）

终变期：染色体高度浓缩，交叉端化，核膜、核仁逐渐解体（生物细胞染色体计数的最佳时期）

（2）中期Ⅰ：纺锤体形成，核膜、核仁消失，二价体排在赤道面上，同源染色体的着丝点朝向细胞不同的两极，染色体臂靠端化的交叉连在一起（两条同源染色体的着丝点究竟分向哪一极是随机的，染色体的排列方式有多种组合方式）

（3）后期Ⅰ：同源染色体在纺锤丝的牵引下分向不同的两极（每条染色体仍然具有两条染色单体）。

（4）末期Ⅰ：染色体解旋，核膜、核仁重新出现，细胞一分为二，称为二分体（有些生物此期细胞要一分为二，有的生物则到末期Ⅱ细胞质直接分裂为四）

2. 减数第二次分裂

（1）前期Ⅱ：染色体重新螺旋化，核膜、核仁开始消失（每个染色体含 2 个染色单体）。

（2）中期Ⅱ：染色体的着丝点排在赤道面上，两臂自由伸向两侧。

（3）后期Ⅱ：着丝点纵裂为二，每个染色单体成为一个独立的染色体，在纺锤丝的牵引下移向极端。

（4）末期Ⅱ：染色体解旋，每个子细胞又分裂为 2 个，至此一个母细胞分裂成 4 个子细胞，称四分体。

（三）减数分裂的意义

1. 保持生物世代间染色体数目的恒定，为生物的正常发育提供物质基础，保证了物种的稳定性。

2. 中期Ⅰ非同源染色体的自由组配，粗线期非姊妹染色单体的交换，为生物可遗传变异的产生提供了基础。

（四）有丝分裂和减数分裂的异同点

相同点：都有染色体复制、纺锤体出现、染色体解旋和螺旋、核膜与核仁的消失和重现、胞质分裂、子细胞形成。

不同点：有丝分裂发生在体细胞，分裂时间短，细胞分裂1次，子细胞与母细胞染色体数目相同，不产生遗传变异。减数分裂分裂时间长，细胞分裂2次，子细胞与母细胞染色体数目不同，易产生可遗传变异。

第四节　孟德尔遗传定律及其发展

一、基本概念

性状：生物所表现的形态和生理特征的总称。

单位性状：任何生物体的性状都可以分为很多单位，这些被区分开的每一个具体性状被称为单位性状，如花色、种子形状等，孟德尔研究的是7个单位形状。豌豆的花色、种子形状、子叶颜色、豆荚形状、豆荚（未成熟的）颜色、花序着生部位和株高等性状，就是7个不同的单位性状。

相对性状：同一单位性状在不同个体所表现出来的相对差异。如花色这个单位性状在不同个体有红色与白色的差别，红色与白色就是一对相对性状。

杂交：不同基因型个体之间交配，取得双亲基因重新组合的个体的方法。

显性性状：两个具有相对性状的纯合体杂交后，F_1 代表现出的那个亲本的性状。

隐性性状：两个具有相对性状的纯合体杂交后，F_1 代没有表现出的那个亲本的性状。

性状分离：F_2 代植株中一部分表现一个亲本的性状，一部分表现另一个亲本的性状。

基因型：生物个体的（整体）基因组成。

表现型：生物所表现出来的性状总和，包括外部形态和内部生理生化特征。

纯合体：同源染色体同一基因座位上具有相同等位基因的个体或细胞。

杂合体：同源染色体同一基因座位上具不同等位基因的个体或细胞。二者的差异在产生的配子和自交后代的遗传稳定性上。

等位基因：同源染色体上占据相同座位决定一对性状相对差异的基因。

二、孟德尔遗传定律

分离定律及其实质：在双倍体生物中，控制单位性状的遗传因子（基因）成对存在，在配子形成过程中成对的基因进入两个配子中。其实质染色体是基因的载体，控制单位性状的一对基因位于一对同源染色体上，在减数分裂过程中等位基因随同源染色体分离而分离，进入到不同配子中。

独立分配定律及其实质：在双倍体生物中，控制不同单位性状的遗传因子（基因）在配子形成过程中随机分配到配子中。其实质是控制两个或两个以上单位性状的等位基因，分布在不同的同源染色体上，同源染色体上的每对等位基因发生分离，而位于非同源染色体上的基因之间可自由组合。

孟德尔的遗传实验：豌豆是自花授粉植物。已知豌豆黄子叶（Y）对绿子叶（y）是显性，圆粒（R）对皱粒（r）是显性。孟德尔选用单位性状相对差异的两个亲本杂交，结果如下：

P　　黄圆 × 绿皱

↓

F_1　　黄圆⊗

↓

F_2	黄圆	绿圆	黄皱	绿皱
	315	108	101	32
	9	3	3	1

就一个单位性状来看，F_2 分离比符合 3∶1，遵循分离规律。但不同对的基因间究竟哪两个分配到一个配子中是随机的。具体解释如下：

P　　YYRR × yyrr

↓

F_1　　YyRr

↓

配子：YR　Yr　yR　yr

	YR	Yr	yR	yr
YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
yr	YyRr	Yyrr	yyRr	yyrr

F_2 基因型和表现型的比例如下：

表现型	基因型	基因型比例	表现型比例
Y－R－黄圆	YYRR	1	9
	YyRR	2	
	YYRr	2	
	YyRr	4	
Y－rr 黄皱	YYrr	1	3
	Yyrr	2	
yyR－绿圆	yyRR	1	
	yyRr	2	3
yyrr 绿皱	yyrr	1	1

F_2 群体有 9 种基因型，4 种表现型，表现型比例为 9∶3∶3∶1。

其遗传学实质是 Y 和 y 位于一对同源染色体的相对位点上，R 和 r 位于另一对同源染色体的相对位点上，即控制这两对性状的两对等位基因分布在不同的同源染色体上。

当杂种 F1 性母细胞进行减数分裂时，在后期Ⅰ，Y 与 y 一定分开进入不同的二分体，R 与 r 也一定分开进入不同的二分体。由于 Y 与 R、r，y 与 R、r 随机结合，所以可形成四种基因组合，即 YR、Yr、yR 和 Yr4 种类型 配子，比例是 1∶1∶1∶1。雌雄配子都一样，它们相互随机结合，出现 16 种组合，表现型为 9∶3∶3∶1 比例。

三、多对等位基因的遗传分析

上面介绍了一对、二对基因的遗传分析，对于多对基因的遗传分析见下表。

杂种杂合基因对数与 F2 表现型和基因型种类的关系

杂种杂合基因对数	显性完全时 F_2 表现型的种类	F_1 形成的不同配子的种类	F_2 基因型的种类	F_1 产生的雌雄配子的可能组合数	F_2 纯合基因型的种类	F_2 杂合基因型的种类	F_2 表现型分离比例
1	2	2	3	4	2	1	3:1
2	4	4	9	16	4	5	$(3:1)^2$
3	8	8	27	64	8	19	$(3:1)^3$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	2^n	2^n	3^n	4n	2^n	3^n-2^n	$(3:1)^n$

四、基因型鉴定

生物的表现型可以看到，但基因型只能经表现型进行判断。如上述表现黄子叶、圆粒的豌豆，其基因型可能是 YYRR、YYRr、YyRR、YyRr 的一种，怎样确定？需进行基因型鉴定。基因型鉴定常用的方法有两种：

测交法：测交是指被测个体与隐性纯合体杂交，测交子代用 Ft 表示。

注意：隐性纯合体只产生一种配子，所以测交子代的表现型种类比例直接反映了被测个体产生的配子种类和比例。如基因型为 YyRr 的豌豆可产生四种配子，即 YR，Yr，yR 和 yr，比例为1:1:1:1。隐性纯合体(yyrr)只产生一种配子，即 yr。因此，测交子代的表现型种类和比例，理论上能反映该个体所产生的配子类型和比例。

自交法：自交是指花粉授在同一植株的花柱上进行自体受精的过程。

①基因型中有一对基因杂合的植株，自交后代应出现单位性状 3:1 分离。控制分离性状的等位基因是杂合的。②基因型中有两对基因杂合的植株，自交后代将分离为 9:3:3:1 比例。③基因型纯合的植株，自交后代不再分离。

五、孟德尔定律的补充和发展

(一)等位基因之间的互作

完全显性：两个纯合亲本杂交后代只表现一个亲本的性状。

不完全显性：两个纯合亲本杂交后代表现两亲本中间性状。如紫茉莉花色遗传 RR(红花)×rr(白花)→Rr(粉红花)。

共显性：两个纯合亲本杂交后代两亲本性状都在后代个体表现出来。如人类 MN 血型 $L^ML^M \times L^NL^N \rightarrow L^ML^N$。

镶嵌显性：双亲性状在后代同一个体不同部位表现出来，成镶嵌图式。

如：瓢虫鞘翅色斑的遗传 $S^{Au}S^{Au}$(黑缘型)×S^ES^E(均色型)→$S^{Au}S^E$；

辣椒颜色：红色和白色杂交后代边缘红色，其余部分都是白色。

(二)基因显现与环境的关系

1. 基因的作用　显隐性基因都控制一定的代谢过程，从而影响性状的表现。如豌豆的圆粒与皱粒，后者缺乏一种淀粉分支酶，无法合成淀粉，导致蔗糖和水分积累，在成熟后迅速失水导致种子皱缩。

2. 环境对基因表现的影响

(1)外部环境：绿茎与紫茎的曼陀罗杂交后代在高于30℃时为紫茎，温度较低时为绿茎。

(2)内部代谢：等位基因杂合体的男性表现秃顶，而女性表现不秃顶。

(三)致死基因

概念：发挥作用时导致个体死亡的基因。

种类：显性致死，致死基因在杂合时导致个体死亡，如人类的结肠息肉症，多在30岁以后发病。隐性致死，致死基因纯合时导致个体死亡。如玉米的白化苗。伴性致死，致死基因位于性染色体上，易导致异配性别死亡。如人类的血友病。

（四）非等位基因之间的相互作用

非等位基因间的相互作用指不同对的基因之间相互作用现象。

1. 互补作用　两对独立遗传的基因控制同一种性状，当两对基因都为显性时为一种表现型，当两对基因中有一对含有显性基因或两对基因都为隐性时为另一种表现型，这种互作类型称为互补作用，发生互补作用的基因为互补基因。如香豌豆花色的遗传：

$$
\begin{aligned}
&P \quad CCpp(\text{白花}) \times ccPP(\text{白花})\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_1 \qquad\quad CcPp(\text{红花})\otimes\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_2 \quad 9C_P_ : (3C_pp + 3ccP_ + 1ccpp)\\
&\qquad\quad 9\text{红花}:7\text{白花}
\end{aligned}
$$

紫花表现的是其野生祖先的性状，两种显性基因在进化过程中，显性基因分别发生突变，产生白花品种，两个品种杂交出现了祖先的紫花。这种现象称返祖遗传。

2. 积加作用　两对基因共同控制一对相对性状，当两对显性基因都存在、分别存在和不存在时表现型不同。如南瓜果型的遗传：

$$
\begin{aligned}
&P \quad AAbb(\text{圆球形}) \times aaBB(\text{圆球形})\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_1 \qquad\quad AaBb(\text{扁盘形})\otimes\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_2 \quad 9A_B_ : b(3A_bb + 3aaB_) : 1(aabb)\\
&\qquad\quad 9\text{扁盘形}:6\text{圆球形}:1\text{长圆形}
\end{aligned}
$$

两个基因各自合成蛋白质，都部分影响瓜形，所以每一个基因的作用只有较小的一部分表型效应。

3. 重叠作用　两对基因决定一个单位性状，两对或一个显性基因存在时其表现型一样。如荠菜种子形状的遗传：

$$
\begin{aligned}
&P \quad T_1T_1T_2T_2(\text{三角形}) \times t_1t_1t_2t_2(\text{卵形})\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_1 \qquad\quad T_1t_1T_2t_2(\text{三角形})\otimes\\
&\qquad\qquad \downarrow\\
&F_2 \quad (9T_1_T_2_ + 3T_1_t_2t_2 + 3t_1t_1T_2_) : 1t_1t_1t_2t_2\\
&\qquad\quad 15\ \text{三角形}:1\ \text{卵形}
\end{aligned}
$$

4. 上位作用　两对独立遗传的基因共同决定一个单位性状，其中一对基因对另一对非等位基因的表现有遮盖作用，这种互作方式称上位作用，起遮盖作用的基因称上位基因，被遮盖的基因称下位基因。

（1）显性上位作用：起遮盖作用的是显性基因。上位基因处于显性纯合或杂合状态时，无论下位基因的组合如何都不能表现作用，只有当上位基因处于隐性纯合时，下位基因才能表现出作用。

如西葫芦皮色遗传，白皮基因W对黄皮基因Y有上位作用，W控制白色体的形成，Y控制黄色素的形成，两基因均为隐性时合成正常的叶绿素。

P　WWYY(白皮) × wwyy(绿皮)

↓

F_1　WwYy(白皮)⊗

↓

F_2　9W_Y_ + 3W_yy + 3wwY_ : 1wwyy)

12 白皮:3 黄皮:1 绿皮

↓

F_2　(9W_Y_ + 3W_yy) : 3wwY_ : 1wwyy

12 白皮:3 黄皮:1 绿皮

(2)隐性上位作用:隐性基因抑制另一对非等位基因的表型效应的现象。

如玉米糊分层颜色遗传。C 为基本色素原基因,当这一基因为显性,另一基因 Pr 为显性时表现紫色,若 pr 为隐性时表现红色。

P　CCprpr(红色) × ccPrPr(白色)

↓

F_1　CcPrpr(紫色)⊗

↓

F_2　9C_Pr_ : 3C_prpr : (3ccPr_ + 1ccprpr)

9 紫色:3 红色:4 白色

5. 抑制作用　两对非等位基因决定一单位性状,其中一对基因本身不表现性状,处于显性纯合或杂合态时能抑制另一对基因的表现。表现抑制作用的基因称为抑制基因。如玉米糊分层颜色遗传。C 为基本色素原基因,当这一基因为显性,另一基因 I 为显性时表现无色,若 i 为隐性时表现有色。

P　CCII(白色) × ccii(白色)

↓

F_1　CcIi(白色)⊗

↓

F_2　(9C_I_ + 3ccI_ + 1ccii) : 3C_ii

13 白色:3 有色

(五)多因一效和一因多效

1. 多因一效　一个性状的发育受多个基因影响。如玉米子粒糊粉层颜色受 7 对基因控制。

2. 一因多效　一个基因可影响若干性状,生物发育中各种生理生化过程相互联系相互制约,基因通过控制生理生化过程影响性状。如:翻毛鸡(ff) × 正常(FF) → 轻度翻毛(Ff)。

翻毛鸡羽毛保温差,散热多,故体温低,使心跳增加,心脏缓慢、变大,形状改变,血液量增加,代谢强,吃得多,消化器官变化,内分泌也受影响。

第五节　连锁与交换

生物体细胞内有很多基因,而染色体数目比较少,因而每一染色体上有许多基因。那么同一染色体上的基因如何向后代传递呢?这就是连锁遗传要解决的问题。

一、连锁遗传

位于一条同源染色体的两个基因联系在一起的遗传。

（一）相引组与相斥组

1. 相引组　杂交的双亲，一个亲本具有甲乙两种显性性状，另一个亲本具有对应的甲乙两种隐性性状，这种杂交组合方式称为相引组（偶相组合）。

2. 相斥组　杂交的双亲，一个亲本具有甲显性性状和乙隐性性状，另一个亲本具有甲隐性性状和乙显性性状，这种杂交组合方式称为相斥组（单相组合）。

如：相引组 AABB × aabb 相斥组 AAbb × aaBB

果蝇红眼（+）是紫眼（pr）的显性，长翅（+）是残翅（vg）的显性，用紫眼残翅（prprvgvg）与红眼长翅（+ + + + +）、红眼残翅（+ + vgvg）与紫眼长翅（prpr + +）杂交，所得后代 F_1 分别进行测交，结果如下：

P　+ + vgvg（红残）× prpr + +（紫长）

↓

F_1　pr + vg +

↓测交

F_t	+ +	pr +	+ vg	prvg
	157	1069	965	146

P　prprvgvg（紫眼残翅）× + + + +（红眼长翅）

↓

F_1　pr + vg +

↓测交

F_t	+ +	pr +	+ vg	prvg
	1339	154	151	1195

两组实验的共同特征：测交子代基因型比例不符合孟德尔分离比例，亲型配子多于重组型。其原因是控制不同单位性状的两对基因位于同一对同源染色体上，减数分裂形成配子时，大部分细胞中同源染色体之间没有发生交换，形成亲型配子，一部分细胞中同源染色体的非姊妹染色单体之间发生交换，产生了重组型配子。

（二）完全连锁和不完全连锁

1. 完全连锁　同一同源染色体上的非等位基因间不发生非姊妹染色单体的交换而一起传递到下一代的现象。其特点是杂合体只产生亲型配子，不产生重组型配子，测交子代表现型两种，比例为 1∶1。自交子代表现型也是两种，在完全显性条件下，比例是 3∶1。

2. 不完全连锁　同一同源染色体上的非等位基因间或多或少发生非姊妹染色单体的交换，形成的配子多数为亲型，少数为重组型。

二、连锁基因的交换

同源染色体上非姊妹染色单体之间对应片段的交换引起基因间交换与重组。

过程：交换发生在减数分裂的粗线期，大部分性母细胞没有发生交换，少数细胞发生交换，到了双线期，可看到交叉。

一般规律：①交换发生的频率较低。由于连锁遗传的交换只发生在同源染色体相靠近的非姊妹染色体之间，而另外的两条非姊妹单体不发生交换，即使 100% 的孢母细胞发生这种连锁区段之内的交换其重组型配子也只能是配子总数的一半，即 50%。但这种情况很难发生，通常是一部分交换发生在连锁基因之内，一部分发生在外。前者产生的配子一半是亲本型，一半是重组型，而后者全部产生亲型配子，所以就整个 F_1 植株而言，重组型配子自然就少于 50%。②交换发生在非姊妹染色单体之间。③交换的性母细胞百分率是重组型配子百分数的 2 倍。100 个性母细胞中如有 10 个细胞发生交换，交换的性母细胞百分率 = 10/100，而重组型配子百分数 = 20/400，即为 5%。④交换是对等的，故两种交换型配子间数量相同，两种亲型配子间数量也相同。

三、交换值及其测定

同源染色体的非姊妹染色单体间有关基因染色体片段发生交换的频率，为交换值。

（一）交换值的测定

1. 测交法　交换型个体数占总个体数的百分率。如果蝇实验：

P　prprvgvg（紫眼残翅）× + + + +（红眼长翅）　　P　+ + vgvg（紫残）× prpr + +（红长）

↓　　↓

F_1　pr + vg +　　F_1　pr + vg +

↓测交　　↓测交

F_1	+ +	pr +	+ vg	prvg	F_1	+ +	pr +	+ vg	prvg
	1339	154	151	1195		157	1069	965	146

其相引组重组率为：154 + 151/1339 + 154 + 151 + 1195 × 100% = 10.7%，相斥组重组率为：157 + 146/157 + 1069 + 965 + 146 × 100% = 13%。

2. 自交法　相引组计算步骤：

（1）求 F_2 代纯合隐性个体的百分率。

（2）以上百分率开方即得隐性配子的百分率 X。

（3）两个显性基因配子的百分率等于隐性配子。

（4）$1-2X$ 隐性配子百分率得重组配子，即得交换值。

相斥组重组值计算为 $2X$，方法同上。

（二）交换值的大小

基因间重组率若是50%，表明两基因间是独立遗传；若重组率小于50%，表明两基因间是不完全连锁。在0～50%之间，数值越小，表明两基因间连锁强度大，距离小；反之，则连锁强度小，距离大。交换值去掉百分号表示两个基因在同一染色体上的相对距离。1%的交换值代表一个遗传图距单位，或者用1cm表示。它是一个相对值。

四、基因定位与连锁遗传图

（一）基因定位

利用杂交、自交或测交，求出基因间的交换值和相对距离，确定其在染色体上的顺序和距离。

1. 两点测验　一次杂交、一次测交可以确定两个基因之间的遗传距离，要确定3个基因在染色体上排列顺序和位置，需要经过3次杂交，3次测交才能确定。确定的依据是两两比较基因间的重组率大小。

2. 三点测验　一次杂交、一次测交确定3个基因在染色体上的位置，用三杂合体与三隐性个体测交。下面是玉米三点测验的例子。

P（亲本表现型）　凹陷、非糯性、有色 × 饱满、糯性、无色

G（亲本基因型）　shsh　+ + + +　×　+ + wxwx　cc

测交　F_1 饱满、非糯性、有色 × 凹陷、糯性、无色

G　+ sh　+ wx　+ c　×　shsh　wxwx　cc

测交后代的表现型	据测交后代的表现型推知的 F_1 配子种类	粒　数	交换类别
饱满、糯性、无色	+ wx c	2 708	亲本型
凹陷、非糯性、有色	sh + +	2 538	
饱满、非糯性、无色	+ + c	626	单交换
凹陷、糯性、有色	sh wx +	601	
凹陷、非糯性、无色	sh + c	113	单交换
饱满、糯性、有色	+ wx +	116	

（续表）

测交后代的表现型	据测交后代的表现型推知的 F_1 配子种类	粒　数	交换类别
饱满、非糯、有色	+ + +	4	双交换
凹陷、糯性、无色	sh　wx　c	2	
总　数		6 708	

根据测交结果进行如下分析：

（1）找出亲本类型（数目最多的两种是亲本类型）。

（2）找出双交换型（数目最少的两种是双交换类型），求出双交换率。

双交换值：4 + 2/6708 × 100% = 0.09%

（3）确定 3 个基因的排列顺序（亲型与双交换型比较，不同的基因在中间）。即

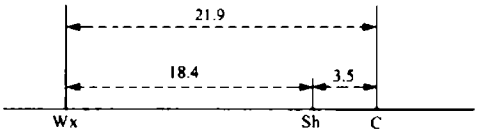
Wx——Sh——C

（4）找出单交换型，计算单交换值：

Wx 与 Sh 间的交换值 = 601 + 626/6708 + 0.09% = 18.4%

Sh 与 C 间的交换值 = 116 + 113/6708 + 0.09% = 3.5%

Wx 与 C 间的交换值 = 18.4% + 3.5% = 21.9%



（5）根据估算的交换值，确定基因在染色体上的相对位置。

3. 干扰和符合

（1）干扰：一个单交换的发生会影响到邻近基因发生交换的机会，干扰程度用符合系数表示。

（2）符合系数：衡量两次交换间相互影响的性质和程度。

符合系数 = 实际双交换率/理论双交换率

理论双交换率 = 单交换率Ⅰ × 单交换率Ⅱ

符合系数一般在 0 与 1 之间，若为 0，完全干扰；若为 1，无干扰；若为 0 ~ 1 之间，不完全干扰。

（二）连锁遗传图

连锁遗传图：通过两点测验或三点测验将一对同源染色体上各个基因位置确定下来，按照排列顺序和相对距离绘制成图。

连锁群：位于同一染色体上的所有基因构成一个连锁群。

连锁图的绘制方法：①以最先端基因作为 0 点，依次向下排列，距离逐渐累加。②发现新的基因，在图上进行补充，如果新基因位于原先 0 点基因的外端，0 点以新基因确定位点，其他基因相应变动。③连锁图上两基因间的相对距离可超过 50 个遗传单位，确定基因间的交换值时，只限于相邻基因间的距离。

五、性别决定与性连锁

生物的性别发育包括两方面的内容，即性别决定和性别分化。不过对于雌雄同花植物、雌雄同体动物，同一个体可以产生两种配子，它们只有性别分化的问题。

（一）性别决定

1. 性染色体　生物细胞内直接与性别决定有关的一个或一对染色体。

常染色体通常以 A 表示，成对存在，一般形态、结构、功能相同。

2. 性别决定方式

（1）雄异配性：雄性性染色体组成 XY，雌性的性染色体组成是 XX。所有哺乳动物、某些两栖类、某些鱼类、许多昆虫和雌雄异株植物，X、Y 染色体形态、内容都不相同，有同源部分，也有非同源部分，后者基因数目很少。有一些生物进化中 Y 染色体逐渐消失，如蝗虫，雌：同配性别 XX，雄：XO。

（2）雌异配性：雌性的性染色体组成是 ZW，雄性的性染色体组成是 ZZ。如鸟类、少数昆虫和两栖类、爬行类。

（3）染色体倍数与性别：蜜蜂每巢中只有一只蜂王、众多工蜂、少数雄蜂，蜂王与雄蜂交配后可得到一生所需精子。受精卵 2n = 32，幼虫吃蜂皇浆质量好，时间长（5 天），经 16 天成为皇储，发育成蜂王；幼虫吃蜂皇浆质量差，时间短（2 ~ 3 天），发育成工蜂。未受精卵 n = 16 发育成雄蜂。

3. 人类性别决定的畸形

（1）Klinefelter 综合征。性染色体组成为 XXY，表现男性，睾丸发育不全，不能产生精子。

（2）47，XYY。男性，智力低，有生育能力，有反社会行为。

（3）Turners 综合征。性染色体组成是 XO，表现女性，不能生育。

4. 植物的性别决定　植物雌雄异株属 XY 型，有时一些基因也可以改变它们的性别，如：玉米中的一对基因决定性别。Ba_Ts_正常雌雄同株，Ba_tsts 顶部、叶腋均长雌花序，babaTs_仅顶部长雄花序，babatsts 仅顶部长雌花序。

♀ babatsts × ♂ babaTsts⟶ ♂ babaTsts ♀ babatsts

（二）性连锁

性连锁又称伴性遗传，性染色体上基因控制的性状总是伴随性别遗传的现象。其特点是性状遗传与性别相联系。分离比在两性间不一致，正反交结果不同，表现交叉遗传，性状由外祖父通过女儿传给外孙。

X 染色体隐性遗传：人类红绿色盲、血友病，基因位于 X 染色体上，X^BY、X^BX^b、X^BX^B 正常，X^bX^b、X^bY 色盲。

X 染色体显性遗传：人类抗维生素 D 佝偻病，X^RY、X^RX'、X^RX^R抗维生素 D 佝偻病 X'X'、X'Y 正常。

Z 染色体基因遗传：如鸡芦花（B）对非芦花（b）是显性，该基因存在于 Z 染色体上。在适宜的组合中，根据雏鸡的性状表现可确定雌雄。

P　　芦花（♀）× 非芦花（♂）

（Z^BW）　　（Z^bZ^b）

↓

F_1　Z^bW　　Z^bZ^b

♀非芦花　　♂芦花

从性遗传：常染色体上基因控制的性状，因其性别不同表现不同的显隐性。如秃顶性状男性表现显性，女性则表现隐性。

第六节　染色体的变异

染色体变异可分为染色体结构变异和染色体数目变异两大类型。

一、染色体结构变异

（一）染色体的缺失

染色体丢失了自身的某一片段称为染色体缺失。

1. 染色体缺失的类型　染色体缺失包括顶端缺失和中间缺失。顶端缺失是指染色体的端部缺失，较

少见。中间缺失是缺失部分不包括染色体的端部,较常见。

2. 缺失的细胞学鉴定　细胞学鉴定选用缺失杂合体。缺失杂合体若为中间缺失,联会时形成缺失环,二价体长度变短。若为顶端缺失,细胞学鉴定比较困难,双线期注意交叉的染色单体末端长短是否有差异,有无较细的末端。

3. 缺失的遗传效应

(1)影响个体生活力:如人类 46,5p - 猫叫综合征,生活力差,智力迟钝,哭声似猫叫,常在婴幼儿期夭折。

(2)假显性现象:一条染色体上的显性基因缺失,使另一同源染色体上的隐性基因表现出来。

(二)染色体的重复

染色体增加了自身的某一片段称为染色体的重复。

1. 染色体重复的类别　染色体重复可分为顺接和反接重复。顺接重复指重复染色体片段的基因按正常顺序排列。反接重复 指重复染色体片段的基因按相反方向排列。

2. 重复的细胞学鉴定　细胞学鉴定选用重复杂合体。重复杂合体联会时形成重复环,二价体长度不变。

3. 重复的遗传效应

(1)剂量效应:同一基因对于表型的作用随基因数目的增多,表型效应越来越显著。

(2)位置效应:基因由于变换了在染色体上的位置导致表型效应改变的现象。

(三)染色体的倒位

染色体某一片段断裂后倒转 180°后再连接。

1. 染色体倒位的类别　染色体倒位可分为臂内和臂间倒位。臂内倒位指倒位区段发生在染色体某个臂之内,不涉及着丝粒。臂间倒位指倒位区段发生在染色体两臂之间,涉及到着丝粒。

2. 倒位的细胞学鉴定　细胞学鉴定选用倒位杂合体。若倒位区段短,到位杂合体形成倒位圈,倒位圈是由正常与倒位染色体共同形成。若倒位区段长,倒位染色体倒转 180°与正常染色体联会。

3. 倒位的遗传学效应　①倒位杂合体配子败育率上升,造成部分不育;②抑制或降低了倒位环内基因重组;③促进生物进化。

(四)染色体的易位

非同源染色体间片段的转移称之为易位。

1. 染色体易位的类型　染色体易位分为简单和相互易位。简单易位指一条染色体片段插入到另一非同源染色体上。相互易位指非同源染色体之间片段的相互交换。

2. 易位的细胞学鉴定　细胞学鉴定选用易位杂合体。相互易位杂合体减数分裂同源染色体联会"十字形"。

3. 易位的遗传效应　①易位杂合体半不育现象,减数分裂后期Ⅰ有两种随机分离方式,即相邻式分离及替式分离。相邻式分离不育,交替式分离可育;②易位降低了连锁基因间重组率;③改变基因间连锁关系;④导致染色体数目改变。

二、染色体数目变异

(一)染色体的倍数变异

1. 染色体组　在生物细胞内具有不同形态、结构、功能,又相互协调、共同控制生物生长发育,构成一个完整整体的一组染色体。一个染色体组中的染色体基数在很多属的不同物种中相同,用 x 来表示。x 表示一个染色体组的染色体数,表示真实的倍性。

二倍体:2n = 2x = 20(玉米),六倍体:2n = 6x = 42(普通小麦)。

2. 整倍体的分类

(1)一倍体 :细胞内含有一个染色体组的个体。如玉米 2n = 2x = 20 的一倍体 n = x = 10。

(2)二倍体:细胞内含有两个染色体组的个体。如动物。

(3)多倍体: 含 3 个或 3 个以上染色体组的个体。同源多倍体指细胞内含有同一类型染色体组的多倍体。异源多倍体 指细胞内含有 2 个或 2 个以上不同染色体组的多倍体。

(二)非整倍体

1. 基本概念

非整倍体:细胞内含有的染色体数目较正常合子(2n)多或少一至若干条的个体。非整倍体包括超倍体和亚倍体。

超倍体:细胞内含有的染色体数较正常合子(2n)多出 一至若干条的非整倍体。超倍体包括三体、双三体和四体。

三体:细胞内染色体数目在 2n 的基础上增加了一条自身染色体的个体。即 2n + 1 或 (n - 1)Ⅱ + Ⅲ。

双三体:细胞内的染色体数目在 2n 基础上增加了自身两条非同源染色体的个体。即 2n + 1 + 1 或 (n - 2) Ⅱ + 2Ⅲ。

四体:细胞内染色体数目在 2n 基础上增加了一对自身同源染色体的个体。即 2n + 2 或(n - 1)Ⅱ + Ⅳ。

亚倍体:细胞内染色体数在 2n 基础上少了一至若干条的非整倍体。亚倍体包括单体、双单体和缺体。

单体:细胞内的染色体数目在 2n 基础上少了其中一条的个体。即 2n - 1 或(n - 1) Ⅱ + Ⅲ。

双单体:细胞内的染色体数目在 2n 基础上少了其中两条非同源染色体的个体。即 2n - 1 - 1 或 (n - 2) Ⅱ + 2Ⅰ。

缺体:细胞内的染色体数目在 2n 基础上少了其中一对同源染色体的个体。即 2n - 2 或(n - 1) Ⅱ。

双体:细胞内含有 2n 染色体数目,同源染色体成对存在的个体。

2. 非整倍体的应用

(1)利用单体进行基因定位:

①原理:单体中因缺少一条染色体,所以位于该染色体上的显性和隐性基因均可得以表现。

②方法:表现某种性状的个体与单体杂交,据后代性状分离情况确定。

③要求:成套单体,否则只能确定基因与已知单体相应染色体的关系。

(2)利用三体测验:三体作母本与隐性突变体杂交,子一代三体自交,若所测基因不在三体染色体上,后代性状分离比例符合 3:1;若在三体染色体上,后代性状分离比例不符合 3:1。

(3)有目标地替换染色体:

①利用单体替换——普通小麦的抗病育种:

A 品种:抗病强,但农艺性状差。抗病基因为 RR,位于 6B 上。

B 品种:不抗病,农艺性状好。感病基因为 rr,位于 6B 上。将二者的优点集中在一起,创造抗病、农艺性状好的新品种。

创建 B 品种的 6B 单体(20Ⅱ + Ⅰ')

B 单体(20Ⅱ + Ⅰ') × A(20Ⅱ +6B Ⅱ^{RR})

↓

20Ⅱ +6B Ⅰ^{R} 20Ⅱ +6B Ⅱ^{Rr}(均抗病,淘汰双体)

↓⊗

20Ⅱ +6B Ⅱ^{RR} 20Ⅱ +6B Ⅰ^{R} 20Ⅱ(淘汰单体和缺体)

↓进一步选择

抗病 B 品种

②用单体与倍半二倍体替换：

小黑麦：有黑麦全套染色体，有优良性状，同时也有许多不利性状。

目标：利用黑麦中的个别优良性状，克服小麦中的的个别不利性状。

方法：用黑麦的染色体换取小麦中的个别染色体。

小黑麦（2n = 8X = AABBDDRR = 56 = 28 Ⅱ）× 普通小麦（2n = 6X = AABBDD = 42 = 21 Ⅱ）

↓

F_1（2n = 7X = AABBDDR = 49 = 2 Ⅱ + 7 Ⅰ）

↓⊗

$2n+1 = AABBDD + I_{1R}$，$2n+1 = AABBDD + I_{2R}$，……$AABBDD + I^{7R}$

↓ ↓ ↓与小麦单体杂交

$[(ABD + I_R) + (ABD - I_T)]$ 20 Ⅱ $+ {}_1T + I_R$

↓⊗

可出现用一对黑麦染色体替换了的小麦 2n = 20 Ⅱ$_T$ + Ⅱ R = 21 Ⅱ。

第七节　植物遗传工程

遗传工程是20世纪70年代发展起来的一门新技术，它是综合分子生物学与微生物学、分子遗传学等理论和技术建立起来的。

遗传工程包括基因工程、细胞工程、染色体工程和细胞器工程等。这里主要介绍基因工程和细胞工程。

一、基因工程

基因工程就是按预先设计的生物施工蓝图对基因进行操作，以达到定向改变生物性状的目的。具体说来，使用类似外科手术的办法把人们所需的甲种生物的基因经过修饰或直接转移到乙种生物的细胞里，让它在那里能够自我复制和正确表达，使乙种生物含有甲种生物基因控制的新性状，成为新的类型。

（一）基因工程技术改良植物的特点

基因工程技术改良植物具有如下特点：其一，可使生物的基因在人、动物、植物和微生物四大系统里进行交换，现已使人、动物和植物基因在微生物细胞里进行表达；使细菌、病毒的基因在植物体内表达，克服了远缘有性杂交的困难，打破物种分类的界限，为创造生物新类型开辟了新途径。其二，较常规育种方法获得新品种的速度要快。育种速度是衡量一种育种方法有效性的重要尺度。其三，可定向获得所需的可遗传变异。基因工程技术用于植物的品种改良，使人们梦寐以求的植物分子育种成为现实。

（二）基因工程的理论基础

基因的遗传信息是通过 mRNA 传递到蛋白质，蛋白质决定细胞代谢，代谢决定性状。所有蛋白质是由20种氨基酸按一定方式和顺序连接起来形成多肽链。DNA 转录产物 mRNA 上的核苷酸顺序与蛋白质上的氨基酸顺序间的关系通过遗传密码来体现。遗传密码是由核苷酸组成的三联体，即 mRNA 中每三个核苷酸碱基决定一种氨基酸，这种氨基酸的组合称为编码氨基酸的遗传密码子，简称三联体密码子。在生物界很大范围内遗传密码子具有普遍的意义，这是实施基因工程的遗传理论基础。

（三）植物基因工程操作的步骤

目的基因的获得（基因克隆）；目的基因与载体连接（DNA 分子重组）；重组 DNA 分子的遗传转化；转化子的筛选、鉴定；转化细胞的再生；获得转基因植株。

（四）植物的遗传转化

原生质体吸收法：植物原生质体具有吸收核酸及多种物质的能力，在聚乙二醇及高 pH 的条件下，可

大大提高原生质体对外源 DNA 的摄取。

脂质体：脂质体是一种由人造类脂或胆固醇与卵磷脂构成的小体，可用来转移 DNA 或 RNA 等大分子到植物或动物细胞。

质球介导：原生质球是除去细胞壁的细菌细胞。原生质球通过与植物原生质体的融合或吞噬作用将外源遗传物质引入植物细胞。

电激和电注射：电脉冲能改变细胞膜的透性，刺激植物原生质体对外源 DNA 的吸收。这种用电脉冲引入外源 DNA 的方法称电激法。用该法处理完整的植物细胞则称电注射。

叶盘法：将表面消毒的叶子或其他离体的外植体与农杆菌共培养，进行遗传转化的一种方法。

显微注射：在显微镜下，用微量吸管固定植物原生质体，将外源基因注射到细胞质或细胞核。

胚囊注射：植物授粉后，用微量注射器将外源基因注射到植物子房，使其子代幼胚发生转化。

微弹射击法：把直径 1.2μm 的钨粒或金粉微粒浸泡在 DNA 溶液中，外源 DNA 吸附在微粒表面，然后用粒子枪以 430m/s 的高速把这些微粒射进植物细胞或组织。

（五）基因工程技术在植物改良上取得的成就

1. 在植物品质改良上取得的成就

（1）改良植物的营养品质：

①提高大米的维生素含量。Ye. X，AL - babilis 等人把维生素 A 合成所需的 psy、Cntl 和 Lcy 基因转移到水稻中，水稻胚乳中合成了维生素 A，解决了因水稻不能合成维生素 A 而导致长期以大米为生的人群易患缺素症的难题。

②提高食物的含铁量。Goto 等人将大豆铁蛋白合成基因转移到水稻，使水稻胚乳中的有效铁的含量大大提高。日本科学家将大豆铁蛋白基因转移到生菜中，使转基因生菜中铁含量是一般生菜的 2 倍。

③提高油酸的含量。Kutzon 将硬脂酸去饱和酶反义基因转入油菜，使油菜硬脂酸含量提高了十多倍。Mazur 等人将该反义基因转移到大豆，获得油酸含量 85% 的大豆新品种，油酸含量较原来提高了 3.4 倍。

④改变氨基酸的成分。美国科学家人工合成富含人类必需赖氨酸的贮藏蛋白基因转移到甘薯中，得到的转基因甘薯中的蛋白质含量较对照增加 2.5 倍，人类必需氨基酸含量提高 5 倍。

（2）提高牧草的营养品质：

①提高饲料的营养品质。Tabe 等人将富含硫的向日葵清蛋白基因（SSA）转移到苜蓿中并得到表达。清蛋白在叶片中占可溶性蛋白的 0.01%。Khan 等人将 SSA 基因转移到白三叶草中，白三叶草新叶含清蛋白量占蛋白总量的 0.1%，老叶中高达 1.3%。

②提高饲料的消化率。肉桂酸脱氢酶（CAD）是催化木质素单糖合成的关键酶，将其反义基因转移到苜蓿中，降低了苜蓿中的木质素含量，提高了纤维素的含量，促进了苜蓿的消化和利用。

（3）改良植物的储藏和加工品质：

①改良番茄的贮藏品质。番茄放置时间长了会出现变软糜烂的现象，其原因是多聚半乳糖醛酸酶酶解果皮细胞壁所致。美国科学家将多聚半乳糖醛酸酶的反义基因转移到番茄，抑制了该酶的活性，获得耐贮藏的番茄。

②改变树木的木质素成分。针叶树木质素结构致密，属邻甲氧苯基木质素（G - 木质素），木纤维好，是造纸的好原料。但酸解成本高，易造成环境污染。阔叶树木质素由 G - 木质素与 S - 木质素（丁香醇基木质素）聚合而成，这种 G/S 木质素松软，易制浆。Tillman 等人将 S - 木质素基因转移到针叶林树木，获得了 G/S 木质素的针叶树。

③抑制木质素基因的表达。肉桂酸脱氢酶和 5 - 羟阿魏酸 - O - 甲基转移酶基因对木质素合成基因——漆酶基因（聚合成多聚体，形成木质素）有抑制作用。Tsai. O. J 等人将其反义基因转移到杨树、桉树和云杉，获得低木质素、高纤维素的转基因树。

2. 抗病基因工程

(1)抗病毒病:

①利用病毒的外壳蛋白基因。Abel 等人首次将烟草花叶病毒外壳蛋白基因转移到烟草,获得抗病毒病的转基因烟草。现已将黄瓜花叶病毒、马铃薯 X 病毒、马铃薯 Y 病毒、大豆花叶病毒等多种病毒外壳基因转移到植物,获得相关抗病毒植株。

②利用病毒的卫星 RNA。卫星 RNA 存在于某些 RNA 病毒内,与病毒基因 RNA 无同源性,但同病毒 RNA 一起被包装在病毒颗粒中。B. D. Harrison 等人将黄瓜花叶病毒的卫星 RNA 经反转录后转移到烟草,获得抗该病毒的烟草植株。

③利用反义 RNA。反义 RNA 是一种与 mRNA 互补的 RNA 分子。它是反义基因或基因反义链转录的产物。将病毒的反义基因转移到植物已获得抗病毒转基因植株。如烟草花叶病毒、马铃薯 X 病毒、马铃薯 Y 病毒等。

(2)抗真菌病:

①利用几丁质基因和 1,3 - 葡聚糖酶基因。Lin. W 等人将该基因转移到水稻,转基因水稻抗纹枯病。Karnosky. D. F. 等人将该基因转移到榆树和栗树,其后代表现抗枯萎病。Liang. X. L 将其转移到高粱,其后代表现抗茎腐病;转移到小麦,其后代抗纹枯病。

②天蚕素基因。Tasik. W 将天蚕素基因转移到马铃薯,其后代抗青枯病和软腐病。

(3)抗细菌病:

①利用抗菌肽 B 基因。Ju. J、黄大年、简玉瑜等均将该基因转移到水稻,其后代表现抗水稻白叶枯病。

②利用反义 RNA。阔叶树种如杨树、樱桃等极易感染冠瘿病,该病由农杆菌感染所致。Neale. D. B 将激素基因和细胞分裂素基因的反义 RNA 转移到杨树,获得抗冠瘿病的转基因树。

3. 抗虫基因工程

(1)利用 B. t 基因:B. t 基因来自苏云金杆菌,苏云金杆菌是家蚕的天敌。比利时科学家 M. Vaeck 将其转移到烟草,获得抗鳞翅目昆虫的植株。来自细菌的自然基因称为第一代抗虫基因,抗虫效果较差。经人工改造后的基因称为第二代抗虫基因,抗虫效果好。该基因现已转移到棉花、大豆、玉米、水稻、油菜等多种农作物中。

(2)利用蛋白酶抑制剂基因:V. A. Hilder 等人将该基因转移到烟草,获得抗虫转基因植株。双价抗虫棉含有胰蛋白抑制剂基因和 B. t 基因。

(3)利用淀粉酶抑制剂基因:将淀粉酶抑制剂基因转移到豇豆,获得抗豇豆象的转基因植株。

4. 创造抗除草剂植物　除草剂的作用机理是破坏氨基酸的合成,进而破坏植物光合作用电子传递链蛋白的功能,起到除草的目的。5 - 烯醇丙酮莽草酸 - 3 - 磷酸合成酶基因转移到植物,获得抗草甘膦(广谱除草剂)的转基因植株。将乙酰基转移酶基因转移到植物,获得抗磷酸麦黄酮为主要成分的除草剂。将来自龙葵叶绿体 PshA 基因转移到大豆,获得抗阿特拉津的转基因大豆。

5. 提高植物的抗逆性

(1)提高植物的抗冻性:Georges 把来自比目鱼的抗冻基因 AFPs(antifreeze proteins)转到番茄,并得到表达,这种转基因番茄果实冷冻后不坏死。Wallis 将该基因转移到马铃薯也获得同样结果。黄永芬等将该基因转移到番茄,获得在低温条件下生长旺盛的转基因番茄,致死温度较对照降低了 2℃。

(2)提高植物的耐旱和抗盐性:Overbaugh 等人将谷胱甘肽还原酶基因转移到杨树,获得抗干旱的转基因树。郭岩等人将甜菜碱醛脱氢酶基因转移到水稻,获得在含盐量 0.5% 的条件下生长的转基因水稻。

6. 利用转基因植物生产疫苗

(1)人类疫苗:利用植物生产动物疫苗是 20 世纪 90 年代后发展起来的一个新研究领域。1994 年,美国人将乙型肝炎病毒表面抗原基因(HBSAY)转移到烟草中,并得到表达。抗原蛋白占烟草可溶性蛋

白的0.01%，将该蛋白提纯后给老鼠注射，7天后老鼠体内产生了抗体。1995年，将不耐热的肠毒素B亚单位（LT-B）转移到马铃薯，并得到表达。老鼠吃了转基因马铃薯，7天后产生了相应的抗体。

目前在植物中已获得满意结果的疫苗有：乙肝病毒疫苗、霍乱弧菌疫苗、肺结核疫苗、产肠毒素大肠杆菌疫苗、呼吸合胞病毒疫苗、狂犬病毒疫苗、涎腺病毒疫苗、轮状病毒疫苗、麻疹病毒疫苗、牙龋疫苗。

上述抗原基因已转化的植物有：烟草、马铃薯、胡萝卜、番茄、香蕉、莴苣、羽扁豆、菠菜、玉米等。志愿者吃了生土豆片、莴苣、番茄、香蕉等均产生了良好的免疫反应。

（2）动物疫苗：1999年，Wigderovitz等人将动物口蹄疫抗原基因VP1转移到苜蓿，并在苜蓿中得到表达。该基因后又转移到白三叶草。老鼠、兔子、羊、牛等动物吃了转基因牧草后都产生了良好的免疫反应。除此之外，已将猪感性胃肠炎冠形病毒疫苗、兔出血病病毒疫苗、犬细小病毒疫苗等转移到牧草获得成功。

（六）基因工程安全性的问题

基因工程自诞生之日起，就受到人类的极大关注。特别是随着植物基因工程的不断发展，人们将食用大量的转基因食品，其安全性问题引起高度重视。转基因植物的安全性主要包括三方面：其一，转基因植物食品有无毒性物质及过敏性蛋白；其二，抗性标记基因的安全性评价，即人们食用大量转基因食品是否产生对抗生素的抗性；其三，生态环境的平衡，转基因植物栽到大田后，是否与野生近缘植物自然杂交，导致野生植物获得抗性，从而影响环境，导致产生新的杂草类型。

（七）植物基因工程与常规育种技术

植物基因工程技术实行DNA水平上的操作，可打破物种间有性杂交的障碍，创造出更丰富和更优越的新性状植物。但这只是育种程序中创造变异的一个环节革新，对其变异后代必须根据育种目标进行严格的选择，使其稳定。基因工程创造的变异后代是一些具有特定性状的种质材料，需通过常规杂交育种技术进行改良，故植物基因工程不能替代常规育种技术，只能与常规育种技术紧密结合，相互补充，长期共存，共同发展。

二、植物细胞工程

细胞全能性是指个体某个器官或组织已经分化的细胞在适宜的条件下再生成完整个体的遗传能力。克隆是指细胞的无性繁殖系。

（一）体细胞融合

体细胞融合是指人为地将生物体细胞直接融合，产生杂种细胞。其操作程序是，分离获得原生质体，原生质体融合获得杂种细胞，杂种细胞的选择和鉴定，杂种细胞再生形成植株。

（二）植物细胞和组织培养

将植物的细胞、组织或器官在离体的条件下经过脱分化和再分化形成植株的过程。

第八节　基因突变

基因突变是指染色体上某一基因座内部发生了化学性质的变化，与原基因形成对性关系。

显性突变：突变产生的新基因对原来的基因表现为显性。

隐性突变：突变产生的新基因对原来的基因表现为隐性。往往是原来有功能的基因丧失其功能。

一、基因突变的时期

在任何时期体细胞和性细胞都能发生突变。基因突变通常是独立发生的。性细胞的突变频率较体细胞高。

二、基因突变的一般特征

(一)突变的重演性和可逆性

重演性:同一突变可以在同一种生物的不同个体间多次发生。

可逆性:显性基因 A 可以突变为隐性基因 a,反之亦可。把 A→a 称为正突变,a→A 称为反突变。

(二)突变的多方向性和复等位基因

多方向性:基因突变的方向是不定的,可以多方向发生,即基因内部多个突变部位分别改变后会产生多种等位基因形式。

$A \rightarrow a_1$, $A \rightarrow a_2$, $A \rightarrow a_3$, …… $A \rightarrow a_n$

这些基因($a_1 - a_n$)的生理功能和性状表现都可能不同,但彼此之间以及与 A 之间均存在对性关系,纯合体杂交后代都可能呈 3∶1 或 1∶2∶1 分离。

复等位基因:由于基因突变多方向性而在同一基因位点上具有的多种等位基因形式。复等位基因的各种形式存在于生物群体的不同个体中。复等位基因的出现,增加了生物的多样性。如人的 ABO 血型遗传。

(三)突变的有害性和有利性

突变的有害性:生物野生型基因都具有正常功能,经过长期自然选择和进化,使其基因与环境达到某种相对平衡与协调状态。若原有基因功能丧失,就会破坏这种平衡与协调关系,影响生物的生存。

中性突变:指突变的性状对生物个体生活力与繁殖力没有明显的影响。如小麦有芒或无芒。

突变的有利性:经基因突变提高了生物的抗逆性和适应性。如经基因突变,植物抗病性提高、抗逆性增强等。

(四)突变的平行性

亲缘关系相近的物种可发生相似的基因突变。如小麦、玉米等禾本科植物经基因突变均可产生矮秆变异体等。

三、基因突变与性状表现

(一)显性突变和隐性突变的表现

显性突变性状表现早,获得显性纯合体慢。隐性突变性状表现晚,获得纯合体快。突变的表现与植物繁殖方式有关。自花授粉作物,只要自交即可分离出来;异花授粉作物,要进行人工自交或互交,否则长期保持异质。

(二)大突变和微突变的表现

大突变:突变基因的效应表现明显,容易识别。一般是控制质量性状的主效基因发生突变。

微突变:突变基因的表型变异微小,较难识别。主要是控制数量性状的微效基因发生突变。

四、基因突变的鉴定

(一)鉴定步骤(植物)

弄清变异的遗传真实性:把变异体连同原始亲本一起在相同的条件下种植观察,变异性状在后代重复表现为真实遗传。

显隐性突变鉴定:让突变体与原始亲本杂交,观察 F_1 代、F_2 代的表现。如矮秆突变体与原始亲本杂交,若 F_1 表现高秆,F_2 出现分离,则为隐性突变,且突变体为纯合体。

(二)突变率的测定

花粉直感(胚乳直感)法:估算配子的突变率 如测定玉米子粒由非甜(Su→su)突变为甜粒的频率。

以甜粒纯合体作母本，非甜纯合体作父本杂交，理论上调查 F_1 果穗上出现甜粒的概率。

植株测定法：根据 M_2 出现的突变体占观察总个体数的比例来估算。

五、基因突变的分子基础

（一）分子机制

1. 碱基替换　DNA 分子中嘌呤碱基被嘌呤碱基或嘧啶碱基被嘧啶碱基所替换称为转换。DNA 分子中嘌呤碱基被嘧啶碱基或嘧啶碱基被嘌呤碱基所替换称为颠换。

2. 移码突变　由于 DNA 分子某一位置核苷酸的缺失或插入导致遗传密码移位所引起的突变。

3. DNA 诱变剂　能够与 DNA 分子起化学反应改变其碱基氢键性质的物质。

（二）DNA 的修复

光修复：紫外线造成的胸腺嘧啶二聚体，在光激活酶作用下的解开过程。

暗修复：在内切酶、外切梅、聚合酶和连接酶的作用下切除胸腺嘧啶二聚体的过程。

重组修复：损伤 DNA 复制后，子链留下一缺口；经完整母链与缺口子链重组，以对其子链合成 DNA 片断弥补修复的过程。

六、转座子

转座子是指在染色体组中可转移位置的一段 DNA 分子。

（一）转座子的类型

1. 原核生物中的转座子

（1）插入序列（IS）：分子长度小于 2kb，两端有反向重复序列（IR）。

（2）转座子（Tn）：分子长度较大，两端有反向重复序列（IR）或插入序列（IS）。

2. 玉米中的 Ac－Ds

（1）Ac 是激活因子。具有转座酶基因和两端 11bp 的反向重复序列，可自主转座，又可使 Ds 转座。

（2）Ds 是解离因子。两端是 11bp 的反向重复序列，不具有转座酶，不能自主转座，只有 Ac 存在时可以转座。

（二）转座子的共同特点

①自身编码与转座有关的酶（转座酶），能够自主转座；②插入靶位点有随机性；③插入靶位点后产生重复序列；④转座频率较低；⑤转座子可切除，切除后可产生回复突变，也能引起染色体畸变。

第九节　细胞质遗传与雄性不育性

一、细胞质遗传的概念

核遗传：染色体基因组所控制的遗传现象和遗传规律。

细胞质遗传：由细胞质基因所决定的遗传现象和遗传规律，也称为非孟德尔遗传、核外遗传。

二、细胞质遗传的特点

细胞质遗传表现如下特点：① 正交和反交的遗传表现不同。由细胞质基因控制的性状，只能由母本传递给子代。后代没有一定的分离比例。②通过连续回交能把母本的核基因全部置换掉，但母本的细胞质基因及其控制的性状仍不消失。③由附加体或共生体决定性状，其表现往往类似病毒的转导或感染。如 F 因子、卡巴粒等。④性状遗传随细胞质基因的转移而改变。

三、母性影响

概念：母体基因型或产物对后代表现型产生影响，导致子代表现型与母本相同的现象。

表现形式：①正反交结果不同。②与细胞质遗传不同，受卵细胞内核基因产物积累决定，表现型分离比例较基因型延迟一代。

四、植物雄性不育性遗传

（一）植物雄性不育性概念

雄性不育：雄性个体不能产生正常可育配子的现象。当不育性是由于植株不能产生正常的花药、花粉或雄配子体时称为植物雄性不育。

（二）植物雄性不育的分类

1. 细胞核雄性不育　由细胞核基因决定的雄性不育现象，多数为自然发生。

（1）显性核不育：由显性核基因决定的不育现象。如太谷核不育小麦。♀Msms（不育）×♂msms 可育→1Msms（不育）：1msms（可育）。

（2）隐性核不育：由隐性核基因决定的不育现象。其特点是恢复系容易找到，保持系难找到。

♀msms（不育）×♂MsMs（可育）→ Msms（可育）。

2. 核质互作型雄性不育　由核－质基因共同作用决定的不育现象。

不育发生在雄配子体形成期，由核基因和胞质基因共同作用决定的育性。其中 S 是雄性不育的细胞质因子，N 是可育的细胞质因子，r 是隐性的核不育因子，R 是显性的核可育因子。胞质与核基因组合的结果是 S(rr)雄性不育（称不育系），S(Rr)、S(RR)、N(RR)、N(Rr) 和 N(rr)均可育。因♀S(rr)×♂N(rr)→S(rr)后代全部不育，故 N(rr)称保持系。因♀S(rr)×♂S(RR)或 N(RR)→S(Rr)后代全部可育，故 S(RR)和 N(RR)称恢复系。

第十节　数量性状与杂种优势

一、数量性状的概念和特征

（一）质量性状与数量性状

1. 质量性状　不易受环境条件的影响、在一个群体内表现为不连续性变异的性状称为质量性状，例如孟德尔所研究的豌豆子粒形状（圆满与皱缩）。

2. 数量性状　易受环境条件的影响、在一个群体内表现为连续性变异的性状称为数量性状，又称为计量性状。

（二）数量性状的主要特征

1. 在分离群体内数量性状表现为连续性变异，对于杂交后代分离群体的个体，不能明确地分组归类。如水稻、小麦、玉米等农作物的产量变化。

2. 数量性状易受环境条件影响而发生变异。如小麦、玉米等农作物同一品种不同地块施肥与不施肥、浇水与不浇水产量相差很大。

3. 控制数量性状的是微效多基因。即控制数量性状的基因数目多，每个基因的效应小。

二、遗传率及其估算

遗传率又称遗传力，是指一群体中某性状遗传方差与表现型总方差的比值，通常以百分数表示。

广义遗传率：指遗传方差占表现型总方差的比值，通常以百分数表示，记作 h_B^2。用公式表示如下：V_G/V_P

由此可知，遗传方差占表现型总方差的比重愈大，环境方差占表现型总方差的比重愈小，所求得的广义遗传率也就愈大，说明该性状受环境条件的影响小，传递给子代的能力就强。反之，若求得的广义遗传率较小，表明环境条件对该性状的影响较大，从亲代传递给子代的能力较小。

狭义遗传率：加性方差占表现型总方差的比值，通常用百分数表示，记为 h_N^2。

三、近亲繁殖及其遗传效应

（一）基本概念

杂交：指通过不同基因型个体间交配而产生后代的过程。

近交：指血统或亲缘关系相近的个体间交配，即基因型相似的个体间交配。

近亲系数（F）：一个合子中两个等位基因来自双亲共同祖先的某一基因的概率，即每一个体中某一位点上两个基因共同来源的概率。

（二）自交的遗传效应

1. 杂合体通过自交可以导致后代基因的分离，将使后代群体中的遗传组成迅速趋于纯合化。

2. 杂合体通过自交能够导致等位基因纯合，使隐性性状得以表现出来，从而可淘汰有害的隐性个体，改良群体遗传组成。

3. 通过自交能够导致遗传性状的稳定。

自交导致基因型纯合，同时也导致群体内个体性状稳定。自交后代中纯合体的类型是多种多样的。

（三）回交的遗传效应

1. 定义

回交：利用亲本之一与杂种后代杂交。其中第一次回交的后代称为回交一代，用 BC_1 表示。回交一代再回交，称为回交二代，用 BC_2 表示。回交 n－1 代再回交，称为回交 n 代，用 BC_n 表示。

轮回亲本：在回交中被用来与杂种后代连续回交的亲本。

非轮回亲本：在回交中未被用来连续回交的亲本。

2. 遗传效应

（1）回交后代的基因型定向纯合，连续回交可进行核替换。

（2）后代基因型纯合的速率同自交，但内容不同（单一基因型纯合）。

四、纯系学说

（一）纯系学说的概念

约翰生（Johannsen）于 1909 年根据菜豆试验提出纯系学说。其内容是自花授粉植物的天然混杂群体中，可分离出许多基因型纯合的纯系。因此，在一个混杂群体中选择是有效的。但在纯系内个体所表现的差异，则是环境的影响，是不能遗传的。所以，在纯系内继续选择是无效的。同时提出了基因型和表现型的概念。

纯系是一个基因型纯合个体自交产生的后代，其后代群体的基因型也是纯合的。

（二）纯系学说的意义

纯系学说是自花授粉作物单株选择育种的理论基础，影响很大，其主要贡献在于：

1. 区分了遗传变异和不遗传变异，指出选择遗传变异的重要性。并且说明了在自花授粉作物天然混杂群体中单株选择有效。在一个经过选择分离而基因型纯合的纯系里，继续选择无效。

2. 明确了基因型和表现型的概念。这对后人研究遗传基础、环境和个体发育间的相互关系起了很大

推动作用。

五、杂种优势

杂种优势是生物界的普通现象，它是指两个遗传组成不同的亲本杂交产生的杂种第一代，在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质等方面比其双亲优越的现象。

（一）杂种优势的表现类型

①营养体发育较旺的营养型；②生殖器官发育较旺的生殖型；③对外界不良环境适应能力较强的适应型。

（二）杂种优势的计算方法

平均杂种优势：F_1 与双亲平均值比较。

超亲杂种优势：与最优亲本比较。

竞争杂种优势：与当前当地的推广品种比较。

（三）杂种优势的遗传理论

1. 显性假说　早在 1910 年由 Bruce（布鲁斯）等人提出，后经 Jones（琼斯）补充为显性连锁基因假说。认为杂种优势是由于双亲显性基因全部聚集在杂种中所引起的互补作用。如以玉米两个自交系为例，假定它有 5 对基因互为显隐性关系，分别位于两对染色体上，设隐性纯合基因（aa）对性状发育的效应值是 1，而各显性纯合与杂合基因（AA 和 Aa）的效应值是 2，杂交后代表现如下：

$$\begin{aligned} &P \quad AAbbCCDDee \times aaBBccddEE \\ &(2+1+2+2+1=8) \downarrow (1+2+1+1+2=7) \\ &F_1 \quad AaBbCcDdEe \\ &(2+2+2+2+2=10) \end{aligned}$$

由此可见，F_1 较双亲表现了显著的优势。

2. 超显性假说　最初是 Shull 和 East 于 1908 年分别提出的，1936 年 East 作了进一步说明。

该假说认为等位基因间没有显隐性关系，杂种优势的产生是由于双亲基因型的异质结合而引起基因间的互作所致。如玉米自交系等位基因纯合（a_1a_1）的效应值是 1，等位基因异质结合（a_1a_2）的效应值是 2，杂交后代表现如下：

$$\begin{aligned} &P \quad a_1a_1b_1b_1c_1c_1d_1d_1e_1e_1 \times a_2a_2b_2b_2c_2c_2d_2d_2e_2e_2 \\ &(1+1+1+1+1+1+=5) \downarrow (1+1+1+1+1+1+=5) \\ &F_1 \quad a_1a_2b_1b_2c_1c_2d_1d_2e_1e_2 \\ &(2+2+2+2+2+=10) \end{aligned}$$

由此可见，F_1 的杂种优势可以显著地超过双亲。

六、杂种优势在作物育种上的利用

无性繁殖作物：如甘薯、马铃薯、甘蔗等。只要产生杂种一代，即可通过无性繁殖固定杂种优势。

有性繁殖作物：利用 F_1 种子，需年年配制杂交种，制种成本较高。

第三章　植物生理学

植物生理学是研究植物生命活动规律的科学，是生物科学主要学科之一，也是农学和生物学各专业的专业基础课，主要由细胞生理、代谢生理、生长发育和逆境生理四部分组成，其中包括信息传递与调控。

从四个研究组成也可反映植物生理学研究的不同水平：分子→亚细胞→细胞→组织→器官→个体→群体。植物生理学将在研究和阐明一些植物科学领域的重要基础问题的同时，不断地为植物生物技术、作物耕作栽培、作物和经济植物新品种的培育、生态和环境保护、以植物为材料或对象的药物生产和食品加工贮藏等应用科学研究提供强大的理论指导和技术支撑。

第一节　植物的水分代谢

一、植物体内的含水量和水分存在的状态

植物体内的含水量不是一成不变的，它与植物的种类、器官、年龄和生态环境等有关。水在植物体内通常以束缚水和自由水两种状态存在。靠近胶粒并被紧密吸附而不易流动的水分，称为束缚水；距胶粒较远，能自由移动的水分叫自由水。束缚水的含量与植物的抗逆性大小密切相关。通常以自由水/束缚水的比值作为衡量植物代谢强弱和植物抗逆性大小的指标之一。

二、植物细胞对水分的吸收

植物细胞吸水主要有渗透性吸水和吸胀性吸水两种形式。未形成液泡的细胞靠吸胀作用吸水；形成液泡以后，细胞主要靠渗透性吸水。

（一）植物细胞的渗透性吸水

1. 水势的概念　水势是指每偏摩尔体积水的化学势与纯水化学势之差。即

$$\psi_w = \frac{\mu_w - \mu^\circ_w}{V_w}$$

式中：V_w 是水的偏摩尔体积，它是在压力、温度及其他组分不变的条件下，在无限大体积中加入 1mol 水，对体系体积的增量。μ_w 为某含水体系中水的化学势，μ°_w 为纯水的化学势。

从上述公式可以得出纯水的水势为零，因为纯水的化学势与自身的化学势之差为零。任何溶液的化学势如果小于纯水的化学势，它们的水势便为负值。实际上在常温常压下，任何溶液中水的化学势都小于纯水的化学势。溶液中溶质的颗粒降低了水的自由能，因此，溶液的水势都为负值，溶液越浓，水势就越低。

把开放体系中溶液的水势称为溶质势或渗透势，用 ψ_S 来表示，ψ_S 是水中由于溶质的存在而降低的水势。它的大小可按下式计算：

$$\psi_S = -iCRT$$

式中：i 为等渗系数，它与解离度 α 和每一个分子解离产生的离子数目 N 有关，$i = 1 + \alpha(N-1)$，对非电解质来说，$i = 1$。C 为摩尔浓度，R 为普适气体常数，T 为绝对温度。

此外，如果水被亲水物质（如蛋白质、纤维素和其他多糖）的表面所吸附时，它的自由能也要降低，因而水势也是负值。我们把由于亲水物质存在而降低的水势称为衬质势 ψ_m。干种子含有大量未被水饱和的亲水物质，因而它的衬质势很低。土壤胶粒对水分也有吸附能力，因而土壤溶液也有一定的衬质势。

通过上面的分析可知，体系中水分的移动取决于水势的高低。如果体系中没有水分扩散的障碍，水分便会自发地从高水势处向低水势处移动。因此，供应水分的部位与接受水分部位的水势差便是水分移动的动力。

2. 渗透作用　水分通过选择透性膜从高水势向低水势移动的现象称为渗透作用。而把选择透性膜以及由它隔开的两侧溶液称为渗透系统。植物细胞是一个渗透系统。一个成长的植物细胞壁主要由纤维素分子组成，它对水分和溶质都是可以自由通透的。但细胞壁以内的质膜和液泡膜却是一种选择透性膜，这样我们可以把细胞的质膜、液泡膜以及介于它们二者之间的原生质一起看成一个选择透性膜，它把

液泡中的溶液与环境中的溶液隔开，如果液泡的水势与环境水势存在水势差，水分便会在环境和液泡之间发生渗透作用。如果液泡的水势低于环境的水势，水分便会由环境进入细胞，这就是成长细胞吸水的主要原因。如果液泡的水势高于环境的水势，细胞便会向环境排水。

可以通过植物细胞的质壁分离现象来证明水分进出成长的植物细胞主要是靠渗透作用。植物细胞由于液泡失水，使原生质体向内收缩与细胞壁分离的现象称为质壁分离，说明了生活细胞的原生质具有选择透性。细胞死后，原生质层的结构被破坏，丧失了选择透性，渗透系统不复存在，细胞不能再发生渗透作用，细胞也不能再发生质壁分离。所以可以用质壁分离现象来鉴定细胞的死活，还可用来测定细胞的渗透势等。

（二）植物细胞的吸胀作用

植物细胞的吸胀作用是指亲水胶体吸水膨胀的现象。不同物质吸胀能力的大小与它们的亲水性有关。蛋白质、淀粉和纤维素三者相比，蛋白质与水分子间有高度的亲和力，吸胀力最强；淀粉次之；纤维素分子的吸胀力最小。吸胀力实质就是一种水势，即前面讨论过的衬质势（ψ_m）。它是衬质中水的水势。干种子萌发前的吸水就是靠吸胀作用。分生组织中刚形成的幼嫩细胞，主要也是靠吸胀作用吸水。植物细胞蒸腾时，失水的细胞壁从原生质体中吸水也是靠吸胀作用。

细胞的水势：典型的植物细胞水势由渗透势 ψ_S、压力势 ψ_P 和衬质势 ψ_m 构成。即

$$\psi_W = \psi_S + \psi_P + \psi_m$$

ψ_S 是由于液泡中溶有各种矿质离子和其他可溶性物质而造成的。

ψ_P 是由于外界压力存在而使水势增加的值，它是正值。细胞的 ψ_P 是由于细胞壁对原生质体的压力造成的。

ψ_m 是由细胞内的亲水胶体对水分的吸附造成的。

成熟细胞的水势可以表示为：

$$\psi_W = \psi_S + \psi_P$$

三、植物根系对水分的吸收

（一）根系吸水的机理

1. 根压　根系是陆生植物吸收水分的主要器官。根吸水的主要部位是根的尖端。植物根系生理活动促使水分从根部上升的压力称为根压。根压把根部吸进的水分压到地上部，同时土壤中的水分不断补充到根部，这就形成了根系吸水过程。各种植物的根压大小不同，大多数植物的根压为 0.1 ~ 0.2MPa。根压的存在可以通过伤流和吐水现象证明。根压的产生是一个渗透过程，与呼吸速率密切相关。

2. 蒸腾拉力　当叶子进行蒸腾时，靠近气孔下腔的叶肉细胞水分减少，水势降低，就会向相邻的细胞吸水，导致相邻细胞水势下降，依次传递下去直到导管，把导管中的水柱拖着上升，结果引起根部的水分不足，水势降低，根部的细胞就从环境中吸收水分。这种由于蒸腾作用产生一系列水势梯度使导管中水分上升的力量称为蒸腾拉力。

（二）影响根系吸水的土壤条件

1. 土壤水分状况　土壤中的水分可以分为三大部分：一是束缚水，是与土壤颗粒或土壤胶体紧密结合的水　这部分的水势很低，植物不能利用这部分水。二是重力水，主要存在于较大的土壤空隙中，可以因重力作用而下降的水分。三是毛细管水，它是存在于土壤毛细管内的水分，并能沿毛细管不断上升，直至土壤表面。

2. 土壤通气状况　充足的 O_2 一方面能够促进根系发达，扩大吸水表面；另一方面能够促进根的正常呼吸，提高吸水能力。如果土壤通气差，会引起根细胞进行无氧呼吸，产生并积累酒精，根系中毒受伤。作物受涝反而表现出缺水现象，原因即在此。

3. 土壤温度状况　由于土壤温度影响到根系的生长、呼吸及其一系列的生理活动，因而对水分吸收

会产生明显的影响。在炎热的夏日中午，突然向植物浇以冷水，会严重地抑制根系的水分吸收，同时，又因为地上部分蒸腾强烈，使植物吸水速度低于水分散失速度，造成植物地上部分水分亏缺。所以我国农民有"午不浇园"的经验。温度过高可以导致根细胞中多种酶活性下降，甚至失活，引起代谢失调，还能加速根系的衰老，使根的木质化程度加重，这些对水分的吸收都是不利的。

4. 土壤溶液状况　土壤溶液浓度直接影响到土壤的水势，如果土壤溶液浓度过高，使其水势低于根细胞的水势，则植物便不能从土壤中吸水。盐碱地上植物不能正常生长的原因之一就在于此，因盐分过多使土壤的水势很低，植物吸水困难，形成一种生理干旱。施肥时，不能一次施用过多，否则造成土壤水势过低，严重时，还可以产生植物水分外渗而枯死，出现"烧苗"现象。

四、植物的蒸腾作用

（一）蒸腾作用的概念和指标

水分以气态形式通过植物体表面散失到体外的过程叫做蒸腾作用。蒸腾作用是一个生理过程，受植物本身的生理活动调控。植物的蒸腾作用包括皮孔蒸腾、角质层蒸腾和气孔蒸腾三个途径，通过气孔散失的水分是植物蒸腾的主要部分，可占蒸腾总量的80%～90%。

1. 蒸腾速率　植物在单位时间内，单位叶面积通过蒸腾作用所散失水分的量称为蒸腾速率，也可称为蒸腾强度。用 mmol/(m^2 · s)来表示蒸腾速率。

2. 蒸腾效率　植物在一定生长期内所积累的干物质与蒸腾失水量之比。常用 g/kg 表示。不同种类的植物蒸腾效率不同。一般植物的蒸腾效率为 1～8g/kg。

3. 蒸腾系数　植物在一定生长期内的蒸腾失水量与积累的干物质量之比。一般用每生产 1g 干物质所散失水量的克数 g 来表示，又称为需水量。

（二）蒸腾作用的气孔调节

因为气孔蒸腾的失水量占总蒸腾量的 80%～90%，所以气孔的开闭运动在很大程度上调节着植物的蒸腾。气孔不仅是植物水分散失的通道，而且还是 CO_2 进入植物体的门户。通过气孔来调节植物蒸腾的过程称为蒸腾作用的气孔调节。气孔是植物叶表皮组织上的小孔。气孔的数目很多，每平方厘米叶片上少则有几千个，多则达 10 万个以上。

气孔由两个保卫细胞组成。当保卫细胞吸水膨胀后，气孔便张开，反之则关闭。双子叶植物的保卫细胞呈新月状，在靠近气孔的一侧细胞壁较厚，其余部分的细胞壁较薄。而且组成细胞壁的纤维素微纤丝在保卫细胞径向环绕着细胞，好像是从气孔中央向外辐射状的排列。由于纤维素微纤丝伸缩有限，所以当保卫细胞吸水膨胀时，它们沿短轴方向膨胀很有限，但是它们却能沿纵轴方向进行很大程度的膨胀，且细胞的外壁膨胀要比内壁大得多，这样就使它们的外壁向外产生弯曲性膨胀，纤维素微纤丝便把内壁向外拉，使气孔张开。当保卫细胞失水时，膨压降低，体积收缩，气孔关闭。

禾本科植物的保卫细胞呈哑铃状，中间壁较厚，两边壁较薄，而在细胞两端的细胞壁中也辐射状环绕排列着纤维素微纤丝，当保卫细胞吸水时，细胞的两端膨胀，使气孔张开。当保卫细胞失水时，两端壁部分收缩，气孔即关闭。当气孔开放时，保卫细胞的渗透势下降。现已证明，这种渗透势的变化主要是 K^+、Cl^- 及苹果酸引起的。

五、合理灌溉的生理基础

（一）植物的需水规律

1. 需水量及水分利用效率　需水量就是指植物的蒸腾系数。不同类型的植物，以及同种植物的不同生育期，需水量是不同的。植物的需水量不等于灌水量。因为灌水不仅要满足生理用水，还要满足生态用水，尚要考虑土壤蒸发、水分流失和向深层渗漏等因素。因此，在农业生产上，灌水量常常是需水量的 2～3 倍。

水分利用效率笼统地讲是指植物每消耗单位水量生产干物质的量(或同化 CO_2 的量)。详细地划分可把植物水分利用效率分为三个层次:①植物瞬时水分利用效率:是某一时刻光合速率与蒸腾速率之比,也就是某一时刻的蒸腾效率。②植物长期水分利用效率:是指一定时间内植物积累干物质量与蒸腾失水量之比,是指较长一段时间的蒸腾效率。③农田水分利用效率:指一定时间内植物积累的干物质与植物蒸腾失水和田间蒸发失水量之和(蒸发蒸腾量)之比。因为农田水分利用效率考虑了田间蒸发失水量在内,它比植物的蒸腾效率要低,更符合植物实际耗水的情况。

2. 植物水分临界期 植物一生中对水分亏缺最敏感,最容易受水分亏缺伤害的时期称为水分临界期。在农业生产上,对以收获种子为对象的作物来说,水分临界期就是其生殖器官形成和发育时期,严格说就是花粉母细胞四分体形成时期,这时期缺水,就会造成性器官发育不正常,造成空粒、秕粒,使子粒产量下降。对收获营养器官为对象的作物(如叶菜类)来说,水分临界期应是它们营养生长最旺盛时期。

(二)合理灌溉的指标

所谓合理灌溉要看天、看地、看庄稼。实际上作物本身的生长情况已经客观地反映了天气和土壤的水分变化。根据作物的长势、长相进行灌溉。植物茎叶伸长对水分亏缺甚为敏感,在水分缺乏时,植物叶片的伸长会受到明显的抑制。在形态上也能反映出植物的水分状况,如缺水时,幼嫩茎叶发生凋萎;茎、叶颜色较为暗绿(可能是细胞生长缓慢、叶绿素积累所致)或变为红色(干旱时,碳水化合物分解大于合成,细胞液中积累较多的可溶性糖,这些糖转变成花青素所致)。

在植物形态上表现出水分亏缺症状之前,植物生理过程已经受到影响。要想植物生长良好,就要使植物在生理上保持水分平衡。所以植物一些生理指标也可以作为灌溉指标。如叶片的相对含水量、叶片水势、叶片渗透势、气孔导度均可灵敏地反映植物的水分状况。水分亏缺时,叶片含水量、渗透势、水势及气孔导度均下降。

第二节 植物的矿质营养

矿质元素一般存在于土壤中,植物主要通过根系吸收进入体内,运输到需要部位,加以同化利用。植物对矿质元素的吸收、运转和同化以及矿质元素在生命活动中的作用,称为矿质营养。

一、植物的必需元素

将干物质充分燃烧,有机体中的碳、氢、氧、氮及部分硫等元素以 CO_2、H_2O、N_2 或其氧化物、SO_2、H_2S 等形式跑掉,余下一些不能挥发的灰白色残渣称为灰分。灰分中的物质为各种矿质的氧化物、硫酸盐、磷酸盐、硅酸盐等,构成灰分的元素称为灰分元素。它们直接或间接地来自土壤矿质,故又称为矿质元素。

常用溶液培养法和砂基培养法来确定植物的必需元素。所谓必需元素是指植物生长发育必不可少的元素。包括氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、铜、硼、锌、锰、钼、氯、镍、碳、氢、氧共17种。

二、必需元素的生理功能

根据植物对这些元素的需要量,把它们分为大量元素和微量元素两大类。必需元素在植物体内主要有五方面的作用:一是细胞结构物质的组成成分;二是植物生命活动的调节者,如酶的成分和酶的活化剂、能量转换过程中的电子载体等;三是作为细胞电化学平衡的重要介质,如维持细胞的电荷平衡、维持适当的跨膜电位等;四是作为细胞重要的信号转导信使,如钙离子为信号转导中的重要第二信使;五是作为渗透调节物质调节细胞的膨压等。

氮:氮是蛋白质、核酸、磷脂的主要成分。氮肥供应充分时,植株生长加速,叶大而鲜绿,叶片功能期延长,分枝(分蘖)多,营养体健壮,花多,产量高。缺氮时,蛋白质、核酸、磷脂等物质的合成受阻,植株矮小,叶片小而薄,枝叶变黄,分枝少,花少,子实不饱满,产量低。氮肥过多则易导致营养体徒长,植株体内

含糖量相对不足，造成细胞质丰富而壁薄，茎部机械组织不发达，易倒伏，易受病虫侵害，植株抗逆性差。

磷：磷是核酸、核蛋白和磷脂的主要成分，它与蛋白质合成、细胞分裂、细胞生长、细胞信号转导、基因表达调控等过程关系密切；磷对分蘖、分枝以及根系生长都有良好作用。缺磷影响细胞分裂，使分蘖分枝减少，幼芽、幼叶生长停滞，茎、根纤细，植株矮小，花果脱落，成熟延迟；缺磷时叶子呈现不正常的暗绿色或紫红色，这是缺磷的病症。

钾：钾在细胞内呈离子态。钾作为多种酶的活化剂，能促进蛋白质的合成，钾充足时，形成的蛋白质较多，从而使可溶性氮减少。钾也能促进糖类运输到贮藏器官中，所以在富含糖类的贮藏器官（如马铃薯块茎、甜菜根和淀粉种子）中钾含量较多。缺钾时，植株茎秆柔弱，易倒伏，抗旱、抗寒性降低，叶片失水，蛋白质、叶绿素破坏，叶色变黄而逐渐坏死。农业上的施肥主要为了满足植物对三要素的需要。

三、植物对矿质元素的吸收及运转

（一）植物吸收矿质元素的特点

1. 矿质吸收与水分吸收的相对独立　植物对水分和矿质的吸收既相对独立，又相互关联。虽然两者的吸收比例和吸收机理不同，但盐分一定要溶于水中，才能被根系吸收，并随水流进入根部的质外体，且矿质的吸收降低了细胞的渗透势，促进了植物的吸水。

2. 对离子吸收具有选择性　所谓离子的选择吸收是指植物对环境中不同离子吸收的比例不同的现象。植物对同一种盐中的阴离子和阳离子的吸收也有选择性。

3. 单盐毒害和离子拮抗　如果把植物培养在单一盐类的溶液中，即便这种盐是植物的必需元素，而且浓度也适当，植物不久便呈现不正常状态，最后死亡，这种现象称单盐毒害。若在单盐溶液中加入少量其他盐类，这种毒害现象就会消除。这种离子间能够互相消除毒害的现象，称离子拮抗，也称离子对抗。植物只有在含有适当比例的多盐溶液中才能生长良好，这种溶液就是前面提到的平衡溶液。对于海藻来说，海水就是平衡溶液。对于陆生植物而言，土壤溶液一般也是平衡溶液，但并非理想的平衡溶液，施肥的目的就是使土壤中各种矿质元素达到平衡，以利于植物的正常生长发育。

（二）离子跨膜运转

细胞膜是一种流动的液晶结构，在细胞膜脂质双层中镶嵌着许多功能蛋白。其中大多数是执行离子跨膜运输的功能蛋白，它们统称为离子运输蛋白或离子运载体。根据跨膜离子运输蛋白的结构及离子运输的方式，将跨膜离子运输蛋白分为离子通道、离子载体和离子泵三类。

（三）影响根系吸收矿质元素的因素

1. 土壤温度　因为温度影响呼吸速率，从而影响根系对矿质元素的吸收。温度也影响到酶的活性，在适宜的温度下，各种代谢加强，需要矿质元素的量增加，根吸收也相应增多。高温使酶钝化，影响代谢，高温还导致根尖木栓化加快，减少吸收面积，高温也使细胞透性增大，矿质元素被动外流；低温下代谢弱，主动吸收慢，细胞质黏性也增大，离子进入困难。

2. 土壤通气状况　土壤通气状况直接影响到根系的呼吸作用。缺氧时，根系的生命活动受影响，从而会降低对矿质的吸收。因此，中耕及稻田落水晒田，增施有机肥，改善土壤结构，改善土壤通气状况等措施能增强植物根系对矿质元素的吸收。CO_2 过多会抑制根系呼吸，影响根对矿质的吸收和其他生命活动。

3. 土壤溶液浓度　在外界溶液浓度较低的情况下，根系吸收离子的数量随溶液浓度的增高而增多，而在外界溶液浓度较高时，离子吸收速率与溶液浓度便无紧密关系。生产上如果一次施用化肥过多，不仅易引起“烧苗”，同时根部也吸收不了，造成浪费。

4. 土壤 pH　在土壤溶液碱性较大时，Fe^{2+}、PO_4^{3-}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cu^{2+}、Zn^{2+} 等变为不溶解状态，不利于植物吸收；当土壤溶液酸性较强时，K^+、PO_4^{3-}、Ca^{2+}、Mg^{2+} 等离子易溶解，但植物来不及吸收就被雨水

淋溶掉，因而酸性土壤（如红壤）往往缺乏这几种元素。

（四）矿质元素在植物体内的运输和分配

根系吸收的矿质元素是通过木质部的导管向上运输的，在沿木质部向上运输的同时，也可横向运输。叶片吸收的矿质元素主要是通过韧皮部向下运输，也有横向运输。矿质元素运到生长部位后，一部分参与合成代谢，未形成有机化合物的矿质元素，有的作为酶的活化剂，参与生化反应；有的作为渗透物质，调节水分的吸收。有些已参加到生命活动中去的矿质元素，经过一个时期后也可被分解并运到其他部位被重复利用，这些元素便是可再利用元素。在可再利用元素中以氮、磷、钾最为典型。有些元素（如硫、钙、铁、锰、硼等），在细胞中呈难溶解的稳定化合物，它们不能重复利用。

四、合理施肥的生理基础

农业生产中，土壤中的养分不断被作物吸收，而农产品大部分被人们利用，土壤养分就逐渐不足。为满足作物生长发育的需要，施肥就成为提高作物产量和改善品质的一个重要手段。合理施肥，就是根据矿质元素对作物所起的生理功能，结合作物的需肥规律，适时适量地施肥，做到少肥高效。

不同作物需肥不同：不同作物对各种元素所要求的绝对量和相对比例都不一样。例如，小麦、水稻、玉米及棉花等作物需要氮肥较多，同时又要供给足够的 P、K 以使后期子粒饱满；烟草、马铃薯需 K 较多；豆科、茄科作物需钙较多，水稻需硅较多，油料作物需镁较多，油菜需硼较多等。

不同作物对肥料形态也常有特殊要求。如马铃薯、烟草用草木灰或硫酸钾作钾肥比氯化钾好，因氯会降低马铃薯的淀粉含量和烟草的燃烧性；甜菜喜硝态氮，尤其是硝酸钠，不宜用氨态氮，NH_4^+ 易使幼苗受害，Na^+ 对甜菜生长有良好作用；马铃薯可用氨态氮，且以硫酸铵为好；烟草则既需硝态氮又需氨态氮，以施硝酸铵为好，等等。

不同的栽培目的决定了收获的器官和时期的差异，需肥规律也必然不同。例如，栽培以子实为主要收获对象和禾谷类作物时，要多施一些磷肥，以利子粒饱满；栽培根茎类作物（如甘薯、马铃薯）时，则可多施钾肥，促进地下部分累积糖类；栽培叶菜类作物时，可多施氮肥，使叶片嫩而肥大。

不同生育期需肥不同：同一种作物在不同生育期对各种必需元素的需要量不同。作物在不同的生育期中，有不同的生长中心，生长中心代谢旺盛，生长快，养分一般优先分配到生长中心。所以，不同生育期施肥，对生长影响不同，增产的效果就有很大的差别，其中有一个时期施用肥料的营养效果最好，这个时期被称为最高生产效率期，又称植物营养最大效率期。

第三节　植物的光合作用

光合作用是指绿色植物吸收光能，把 CO_2 和 H_2O 同化成有机物，并放出氧气的过程。光合作用对整个生物界产生巨大作用，具有多方面的意义。一是把无机物转变成有机物。二是将光能转变成化学能，绿色植物在同化二氧化碳的过程中，把太阳光能转变为化学能，并蓄积在形成的有机化合物中。人类所利用的能源，如煤炭、天然气、木材等都是现在或过去的植物通过光合作用形成的。三是维持大气 O_2 和 CO_2 的相对平衡。目前人类面临着食物、能源、资源、环境和人口五大问题，这些问题的解决都和光合作用有着密切的关系。因此，深入探讨光合作用的规律，弄清光合作用的机理，研究同化物的运输和分配规律，对于有效利用太阳能，使之更好地服务于人类，具有重大的理论和实际意义。

一、叶绿体和叶绿体色素

（一）叶绿体

高等植物的叶绿体是由前质体发育而来的，它是光合作用的场所，叶绿体色素在光能的吸收、传递和转换中起着重要作用。叶绿体大多呈扁平椭圆形，每个细胞中叶绿体的大小和数目依植物种类、组织类

型和发育阶段而异。通常一个细胞中含有 10～100 个的叶绿体。叶绿体由叶绿体被膜、基质和类囊体三部分组成。叶绿体被膜由两层单位膜组成，主要成分是脂类和蛋白质。被膜上无叶绿素，其主要功能是控制物质进出叶绿体，维持光合作用的微环境。叶绿体被膜以内的基础物质称为基质，基质以水为主体，内含多种离子、低分子的有机物以及可溶性蛋白质等。基质是碳同化的场所，它含有还原 CO_2 与合成淀粉的全部酶系，其中 1,5－二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶（Rubisco）占基质总蛋白的一半以上。类囊体是由单层膜围起的扁平小囊。根据类囊体堆叠的情况，将类囊体分为两类：一类是基质类囊体，又称为基质片层，伸展在基质中彼此不重叠；另一类是基粒类囊体，或称基粒片层，可自身或与基质类囊体重叠，组成基粒。类囊体是光能吸收、传递与转换的场所，所以类囊体膜也称光合膜。

（二）叶绿体色素

植物叶绿体色素主要有三类：叶绿素、类胡萝卜素和藻胆素。高等植物叶绿体中含有前两类，藻胆素仅存在于藻类。

高等植物叶绿素包括叶绿素 a、b 两种。它们不溶于水，而溶于有机溶剂，如乙醇、丙酮、乙醚、氯仿等。叶绿素 a 呈蓝绿色，而叶绿素 b 呈黄绿色。类胡萝卜素是一类由 8 个异戊二烯单位组成的，含有 40 个碳原子的化合物，不溶于水而溶于有机溶剂。叶绿体中的类胡萝卜素包括胡萝卜素和叶黄素两种，前者呈橙黄色，后者呈黄色。

一般情况下，叶片中叶绿素与类胡萝卜素的比值约为 3∶1，所以正常的叶子呈现绿色。秋天，叶片中的叶绿素较易降解，数量减少，而类胡萝卜素比较稳定，所以叶片呈现黄色。

（三）影响叶绿素合成的环境条件

高等植物叶绿素的生物合成以谷氨酸与 α－酮戊二酸作为原料。

光：光是叶绿体发育和叶绿素合成的主要条件。如果没有光照，植物叶片会发黄，这种因缺乏光照条件而影响叶绿素形成使叶片发黄的现象，称为黄化现象。

温度：叶绿素生物合成是一系列酶促反应，因此受温度影响。叶绿素形成的最低温度为 2～4℃，最适温度是 20～30℃，最高温度为 40℃左右。温度过高或过低均降低合成速率，原有叶绿素也会遭到破坏。秋天叶子变黄和早春寒潮过后秧苗变白等现象，都与低温抑制叶绿素形成有关。

矿质元素：氮和镁是叶绿素的组成成分，铁、铜、锰、锌是叶绿素合成过程中酶促反应的辅助因子。缺乏这些元素时不能形成叶绿素，植物出现缺绿症，其中尤以氮素的影响最大。

水分：缺水抑制叶绿素的生物合成，且与蛋白质合成受阻有关。严重缺水时还会加速叶绿素的分解，而且是分解大于合成，所以干旱时叶片呈黄褐色。

二、光合作用的机理

从光合作用的总反应式看，似乎是一个简单的氧化还原过程，但实质上包括一系列复杂的光化学反应和酶促反应过程。整个光合作用过程可大致分为三个步骤：原初反应、电子传递与光合磷酸化、碳同化。

（一）原初反应

原初反应是指叶绿体色素分子对光能的吸收、传递与转换过程。根据功能来区分，叶绿体色素可分为两类：①反应中心色素，少数特殊状态的叶绿素 a 分子属于此类，它具有光化学活性，既能捕获光能，又能将光能转换为电能。②聚光色素，又称天线色素，它没有光化学活性，只能吸收光能，并把吸收的光能传递到反应中心色素，包括绝大部分叶绿素 a 和全部的叶绿素 b、胡萝卜素、叶黄素等都属于此类。光能通过天线色素吸收、传递到反应中心色素分子，并引起光化学反应。

（二）电子传递与光合磷酸化

反应中心色素受光能激发而发生电荷分离，产生的高能电子经过一系列电子传递体的传递，一方面

引起水的裂解释放出 O_2 和 $NADP^+$ 还原，另一方面建立跨类囊体膜的质子动力势，通过光合磷酸化形成 ATP，把电能转化为活跃的化学能。

叶绿体在光下把无机磷(Pi)与 ADP 合成 ATP 的过程称为光合磷酸化。它是与电子传递相偶联的反应，电子传递停止，光合磷酸化反应便很快停止。光合磷酸化与电子传递是通过 ATP 酶联系在一起的。

(三)碳同化

碳同化是指植物利用光反应中形成的同化力 ATP 和 NADPH，将 CO_2 转化为碳水化合物的过程。高等植物的碳同化途径有三条，即 C_3 途径、C_4 途径和 CAM(景天酸代谢)途径。

C_3 途径：这个途径中二氧化碳被固定形成的最初产物是一种三碳化合物，具有合成淀粉等产物的能力，是所有植物光合碳同化的基本途径。C_4 途径：固定 CO_2 的最初产物是含四个碳的二羧酸。现已知被子植物中有 20 多个科近 2 000 种植物按 C_4 途径固定 CO_2，这些植物被称为 C_4 植物。景天科等植物有一种特殊的 CO_2 同化方式，即夜间气孔开放，吸收 CO_2，在 PEPC 催化下形成草酰乙酸，进一步还原为苹果酸，积累于液胞中，pH 下降；白天气孔关闭，液胞中的苹果酸运至细胞质脱羧释放 CO_2，再由 C_3 途径同化。

三、C_3 植物和 C_4 植物的光合特征

(一) 解剖结构特点

结构与功能有密切关系　C_4 植物叶片的维管束鞘细胞发育良好，含有许多叶绿体，它比叶肉细胞的叶绿体大，没有基粒或没有发育良好的基粒；而在维管束鞘外面有排列紧密的叶肉细胞。维管束鞘细胞与其相邻的叶肉细胞之间有大量的胞间连丝相连。这种呈同心圆排列的维管束鞘细胞与周围的叶肉细胞层合称 Kranz 结构(花环结构)。C_3 植物的维管束细胞较小，不含叶绿体，周围的叶肉细胞排列较疏松。C_4 植物通过 PEPC 固定 CO_2 的反应是在叶肉细胞中进行的，生成的四碳双羧酸转移到维管束鞘细胞，脱羧放出 CO_2，参与卡尔文循环，形成碳水化合物，所以甘蔗、玉米等 C_4 植物进行光合作用时，只有维管束鞘细胞形成淀粉，在叶肉细胞中没有淀粉。鞘细胞中的光合产物可就近运入维管束，从而避免因光合产物的积累对光合产生抑制作用。水稻、小麦等 C_3 植物整个光合过程都是在叶肉细胞里进行，淀粉亦只是积累在叶肉细胞中

(二)生理特点

C_4 植物比 C_3 植物具有较高的光合作用强度，这与 C_4 植物的 PEP 羧化酶活性较高、光呼吸很弱有关。卡尔文循环中的 CO_2 固定是通过 Rubisco 催化来实现的，而 C_4 途径的 CO_2 固定是由 PEP 羧化酶催化来完成的　这两种酶都可固定 CO_2，但它们对 CO_2 的亲和力差异很大。C_4 植物的 PEP 羧化酶活性比 C_3 植物的 Rubisco 活性高 60 多倍，因此，C_4 植物的净光合速率比 C_3 植物高，CO_2 补偿点比 C_3 植物低，尤其是在低 CO_2 浓度的环境下相差更大。

四、外部因素对光合作用的影响

(一)光照

光是光合作用的能量来源，是形成叶绿体和叶绿素的必要条件。此外，光还调节着碳同化许多酶的活性和气孔开度，因而光是影响光合作用的重要因素。

在暗中叶片不能进行光合作用，只有呼吸作用释放 CO_2。随着光强的增高，光合速率相应提高，当达到某一光强时，叶片的光合速率与呼吸速率相等，净光合速率为零，这时的光强称为光补偿点。在一定范围内，光合速率随着光强的增加而呈直线增加；但超过一定光强后，光合速率增加转慢；当达到某一光强时，光合速率就不再随光强增加而增加，这种现象称为光饱和现象。光合速率开始达到最大值时的光强称为光饱和点。

（二）CO_2

在光下 CO_2 浓度为零时，叶片只有呼吸放出 CO_2。随着 CO_2 浓度增高光合速率增加，当光合速率与呼吸速率相等时，外界环境中的 CO_2 浓度即为 CO_2 补偿点。当 CO_2 浓度继续提高，光合速率随 CO_2 浓度的增加变慢，当 CO_2 浓度达到某一范围时，光合速率达到最大值（Pm），光合速率开始达到最大值时的 CO_2 浓度被称为 CO_2 饱和点。

在低 CO_2 浓度条件下，CO_2 浓度是光合作用的限制因子，直线的斜率受羧化酶活性和量的限制。因此，CE 被称为羧化效率。CE 值大，则表示在较低的 CO_2 浓度下有较高的光合速率，亦即 Rubisco 的羧化效率较高。C_4 植物的 CO_2 补偿点和 CO_2 饱和点均低于 C_3 植物。因为 C_4 植物 PEPC 的 Km 低，对 CO_2 亲和力高，并具有浓缩 CO_2 及抑制光呼吸的机制，所以 CO_2 补偿点低，即 C_4 植物可利用较低浓度的 CO_2。

（三）温度

光合作用的暗反应是由酶催化的化学反应，其反应速率受温度影响，因此温度也是影响光合速率的重要因素。光合作用存在温度三基点，即光合作用的最低、最适和最高温度。

昼夜温差对光合净同化率有很大的影响。白天温度较高，日光充足，有利于光合作用进行；夜间温度较低，可降低呼吸消耗。因此，在一定温度范围内，昼夜温差大有利于光合产物积累。

（四）水分

气孔运动对叶片缺水非常敏感，轻度水分亏缺就会引起气孔导度下降，导致进入叶内的 CO_2 减少；水分亏缺使光合产物输出变慢，光合产物在叶片中积累，对光合作用产生反馈抑制作用；中度的水分亏缺会影响 PSII、PSI 的天线色素蛋白复合体和反应中心，电子传递速率降低，光合磷酸化解偶联，同化力形成减少。严重缺水时，甚至造成叶绿体类囊体结构破坏，不仅使光合速率下降，而且供水后光合能力难以恢复。水分亏缺使叶片生长受抑，叶面积减小，作物群体的光合速率降低。

（五）矿质营养

N、P、S、Mg 是叶绿体结构中组成叶绿素、蛋白质和片层膜的成分；Cu、Fe 是电子传递体的重要成分；Mn 和 Cl 是光合放氧的必需因子；K 和 Ca 对气孔开闭和同化物运输具有调节作用。因此，农业生产中合理施肥的增产作用，是靠调节植物的光合作用而间接实现的。

五、提高作物产量的途径

作物的产量主要由光合产物转化而来。提高作物产量的根本途径是改善植物的光合性能。光合性能是指光合系统的生产性能，它是决定作物光能利用率高低及获得高产的关键。光合性能包括光合能力、光合面积、光合时间、光合产物的消耗和光合产物的分配利用。可具体表述为：

$$\text{经济产量} = [(\text{光合能力} \times \text{光合面积} \times \text{光合时间}) - \text{消耗}] \times \text{经济系数}$$

经济系数是指作物经济器官的产量与生物产量的比值。按照光合作用原理，要获得作物高产，就应采取适当措施，最大限度地提高光合能力，适当增加光合面积，延长光合时间，提高经济系数，减少干物质消耗。

提高光合能力：光合能力一般用光合速率表示。光合速率受作物本身光合特性和外界光、温、水、肥、气等因素的影响，合理调控这些因素才能提高光合速率。

增加光合面积：光合面积是指以叶片为主的植物绿色面积。通过合理密植、改变株型等措施，可增大光合面积。合理密植就是通过调节种植密度，使作物群体得到合理发展，达到最适的光合面积、最高的光能利用率。

表示密植程度的指标有多种，如播种量、基本苗、总茎蘖数、叶面积系数等。其中较为科学的是叶面积系数（作物叶面积与土地面积的比值，简称 LAI）。在一定范围内，作物 LAI 越大，光合产物积累越多，产量越高。但 LAI 也不是越大越好，不少研究认为，在目前生产水平下，水稻的最大 LAI 达 7 左右，小麦 6

左右，玉米 6～7，通常能获得较高产量。

延长光合时间：延长光合时间可通过提高复种指数、延长生育期及补充人工光照等措施来实现。在不影响耕作制度的前提下，适当延长作物的生育期也能提高产量。如育苗移栽、覆膜栽培等，均可有效地延长光合时间。

减少有机物质消耗：正常的呼吸消耗是植物生命活动所必需的，生产上应注意提高呼吸效率，尽量减少浪费型呼吸。

提高经济系数：经济系数又叫收获指数。提高收获指数应从选育优良品种，调控器官建成和有机物运输分配，协调"源、流、库"关系入手，使尽可能多的同化产物运往产品器官。

第四节　植物的呼吸作用

呼吸作用是指生活细胞在酶的参与下，逐步氧化分解有机物并释放能量的过程。根据是否需要氧气，分为有氧呼吸与无氧呼吸。有氧呼吸是指生活细胞吸收 O_2，把有机物进行彻底的氧化分解，形成 H_2O 和 CO_2，同时释放能量的过程；无氧呼吸是指生活细胞在无氧条件下，把有机物进行不彻底的氧化分解，同时释放出部分能量的过程。与有氧呼吸相比，无氧呼吸的特点是不吸收 O_2，底物分解不彻底，释放能量少。

呼吸作用为生命活动提供能量 ATP，生物体内的一切代谢过程都需要能量维持，生命活动所需的能量都依赖于呼吸作用。没有呼吸作用提供的 ATP，生命活动就会停止；呼吸作用为生物合成提供还原力，植物的生长发育过程以物质合成为基础，而这些合成过程常需要还原力；呼吸作用为其他物质合成提供原料，呼吸作用在分解有机物质的过程中产生了许多中间产物，其中有些中间产物的化学性质非常活跃，如丙酮酸、α－酮戊二酸、苹果酸等，它们是合成核酸、蛋白质、糖以及其他物质的原料。如 α－酮戊二酸是氨基酸、蛋白质合成的原料之一。呼吸作用在植物抗病免疫方面有重要作用，植物感病后，在与病原微生物相互作用过程中，依靠呼吸作用氧化分解病原微生物分泌的毒素，消除其毒害。同时通过旺盛的呼吸作用，促进伤口愈合，加速木质化或者栓质化，以减少病菌的浸染。其次，呼吸作用还可以加强绿原酸、咖啡酸等具有杀菌作用的物质的合成，增强植物的免疫力。

一、植物呼吸代谢的生化途径

高等植物中，存在着多条呼吸代谢的生化途径，这是植物在长期进化过程中对多变环境条件的适应。呼吸作用的生化过程主要是指糖的氧化降解过程，主要的途径有三条：糖酵解（EMP），三羧酸循环（TCA），磷酸戊糖途径（PPP）。糖酵解是在无氧条件下，淀粉、葡萄糖或果糖分解成丙酮酸的过程，亦称 EMP 途径。三羧酸循环是指糖酵解产生的丙酮酸在有氧条件下，经过一个包括三羧酸和二羧酸的循环完全氧化，产生 H_2O 和 CO_2 的过程。磷酸戊糖途径是一条不经过糖酵解，葡萄糖－6－磷酸直接被氧化的途径。

二、呼吸过程中能量的贮存和利用

（一）贮存能量

呼吸代谢中伴随着物质氧化释放能量。这些能量一部分以热量的形式散失，另一部分贮存于高能键中。生物体内的高能键主要是高能磷酸键，其次还有辅酶 A 中的硫脂键。

呼吸作用过程中生成 ATP 的方式有两种：一是氧化磷酸化，二是底物水平磷酸化，以前者为主。1 分子己糖经 EMP－TCA 环，总共产生 38 个 ATP，去掉消耗的 2 个，净得 36 个 ATP。

（二）能量利用效率

每分子呼吸底物氧化时的能量利用效率主要以产生 ATP 的数量来衡量。已知通过 EMP－TCA 环，1

分子葡萄糖氧化净得36个ATP，每合成一个ATP吸收能量30.56J，36个ATP所贮存的能量为30.56J×36=1 100.2J。在实验室条件下，每摩尔（180g）葡萄糖氧化可放出2 872.1J的自由能。这样，能量转化效率约为38.31%，还是比较高的。

三、影响呼吸作用的外部因素

温度：在呼吸最低温度和最高温度之间，随着温度上升，呼吸加快。能够持续地维持较快的呼吸速率的温度称呼吸最适温度。最高与最低温度都是呼吸的极限温度。呼吸的最低、最适和最高温度称温度三基点。高温在短时间内可以提高呼吸速率，但持续时间不长。这是由于呼吸酶和细胞质都不耐高温。

氧气和二氧化碳：O_2供应状况直接影响呼吸速率与呼吸性质。O_2供应不足，不仅引起呼吸速率下降，还会使无氧呼吸升高。长时间无氧呼吸致使植物受害死亡，其原因有三方面：一是无氧呼吸产生酒精，引起蛋白质变性；二是无氧呼吸产生能量少，物质消耗多；三是没有丙酮酸氧化过程，许多中间产物不能形成。作物受涝死亡就是无氧呼吸过久所致。生产上要经常中耕松土，增加土壤通气。提高CO_2浓度，呼吸减弱，甚至被抑制，高于5%的CO_2浓度就有抑制作用。在果实、种子贮藏过程中，常用降低温度和O_2浓度，提高CO_2浓度的方法来延长贮存期。

机械损伤：机械损伤会加快呼吸速率。其原因是：第一，机械损伤破坏了这种分隔，底物迅速被氧化；第二，机械损伤使某些细胞转变为分生组织状态，形成愈伤组织去修补伤口，这些生长旺盛的细胞呼吸提高。

四、呼吸作用与农业生产

（一）呼吸作用与作物栽培

作物栽培中的许多措施都是为了保证呼吸作用的正常进行。田间中耕松土，一方面增加土壤通气，另一方面还可以提高地温，保持水分，保证根系呼吸的正常进行和根系的健康生长。水稻的排水晒田，同样增加了土壤通气，提高了地温。涝害致死是由于土壤缺氧，根系长时间进行无氧呼吸所致。

（二）呼吸作用与粮食、种子贮藏

控制水分含量是保证安全贮藏的基本措施。保证种子或粮食安全贮藏的含水量称为安全含水量。达到安全含水量时，种子基本上处于风干状态，这时种子中的水大都是束缚水，自由水含量极少，呼吸很弱。随着种子含水量的提高，自由水含量增加，酶活性大大提高，呼吸加强。一方面引起有机物大量消耗，另一方面又会放出水分和热量，使粮堆的温度、湿度提高，反过来促进呼吸。最后导致微生物大量繁殖，发霉变质。

（三）呼吸作用与果蔬贮藏

许多果实在成熟过程中，呼吸首先降低，然后突然升高，而后又降低，这一过程称为呼吸跃变。通过呼吸跃变期，有机物质进行氧化分解，而后达到可食程度。呼吸跃变的出现与乙烯有关。与粮食贮存不同，果实贮存期间不能降低水分含量。因为干燥会造成果实皱缩，失去新鲜状态。通常采用降低温度和O_2浓度，提高CO_2浓度的方法。"自体保鲜法"是近年来常用的贮存方法，就是把果实放在密封的袋子中，利用自身呼吸释放CO_2和吸收O_2，使袋子中O_2浓度不断降低，CO_2浓度不断升高，再加上低温，可以达到良好的保鲜效果。

（四）呼吸作用与植物抗病

患病植株呼吸增强。通过呼吸可以产生抑制病原微生物的物质，分解毒素，进行伤口愈合，或者形成保护圈，抑制病斑的继续扩大。在病原菌侵入植物体时，体内产生某种对病原菌有毒的化合物（大多数是次生代谢产物），以防止病原菌侵染，这些化合物称为植保素，对侵入的病原菌有毒杀作用或防御反应。

第五节　植物体内同化物的运输分配

一、有机物运输概况

（一）有机物运输的形式

叶片制造的光合产物有糖类、脂肪、蛋白质和有机酸。蔗糖是有机物质运输的主要形式。蔗糖占筛管汁液干重的90%以上。除蔗糖以外，棉子糖、水苏糖、毛蕊花糖等，也是有机物的运输形式，它们都是蔗糖的衍生物，具有蔗糖的某些特点。近年来发现木本蔷薇科植物中，山梨醇也是有机物运输的形式。另外，筛管汁液中还含有微量的氨基酸、酰胺、生长素、有机酸等。

（二）有机物运输的途径

有机物质的运输不仅包括器官之间的运输，还包括细胞内和细胞间的运输。按照距离的长短，可分为短距离运输和长距离运输。短距离运输主要是指胞内与胞间运输，距离只有几个微米，主要靠扩散和原生质的吸收与分泌来完成；长距离运输指器官之间的运输，需要特化的组织，主要是韧皮部。

（三）代谢源与代谢库

1. 代谢源　指能够制造或输出有机物质的组织、器官或部位。绿色植物主要指叶片。种子萌发期间，主要是胚乳或子叶。二年生或多年生植物的块根、块茎在春季萌发时也属代谢源。

2. 代谢库　指接纳、消耗或贮藏有机物质的组织、器官或部位。如幼叶、根、茎、花、果实、种子等。

二、有机物分配的特点

（一）优先分配给生长中心

所谓生长中心是指生长旺盛、代谢强的部位或器官。作物的不同生育期各有明显的生长中心，这些生长中心既是矿质养分输入的中心，也是光合产物的分配中心。如水稻、小麦分蘖期的蘖节、根和新叶，抽穗期的穗子，都是当时的生长中心。不同的生育期有不同的生长中心。

（二）就近供应，同侧运输

叶片制造的光合产物首先分配给距离近的生长中心，且向同侧分配较多。大豆开花结荚时，叶片同化产物主要供应本身的花荚，很少运到相邻的节。只有该节花荚去掉或本节花荚养料有节余时，才运向别的花荚，这可能与维管束走向有关。

三、光合产物的分配与产量形成的关系

有机物质分配到哪里，分配多少，受源的供应能力、库的竞争能力和输导系统的运输能力三个因素的影响。供应能力是指源的同化产物能否输出以及输出的量。竞争能力常与需要相一致。生长旺盛、代谢强的部位，对养分竞争能力强，得到的同化物则多。库似乎有一种“拉力”来竞争光合产物。运输能力与源、库之间的输导系统的联系、畅通程度和距离远近有关，源、库之间联系直接、畅通，且距离又近，则库得到的同化物就多。

四、激素调节对有机物分配的调控

关于植物激素促进同化物运输的机理，可能有以下几个方面的解释：①IAA可能与质膜上的受体结合，产生去极化作用，降低膜势，并可能产生暂时的离子通道，有利于离子及同化物的运输；②植物激素能改变膜的理化性质，提高膜透性，如IAA、GA、CTK均有提高膜透性的功能；③植物激素能促进RNA和蛋白质的合成，合成某些与同化物运输有关的酶，如GA诱导α－淀粉酶合成，CTK诱导和活化硝酸还原酶

等。

第六节　植物生长物质

植物生长物质是指具有调节植物生长发育的一些生理活性物质，包括植物激素和植物生长调节剂。植物激素是指一些在植物体内合成，并经常从产生之处运送到别处，对生长发育产生显著作用的微量有机物质。植物生长调节剂是指人工合成的具有植物激素活性的化合物。目前公认的植物激素有五大类，即生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、乙烯和脱落酸。此外，油菜素甾体类、茉莉酸类、水杨酸和多胺类等对植物的生长发育具有多方面的调节作用。

一、生长素类

生长素类包括吲哚乙酸、吲哚乙醛、吲哚乙腈等。生长素在高等植物中分布很广，根、茎、叶、花、果实、种子及胚芽鞘中都有，但大多集中在生长旺盛的部位。IAA 具有极性运输的特点，即 IAA 只能从植物形态学的上端向下端运输，不能逆向运输。

通常认为色氨酸是植物体内生长素合成的前体。生长素的生物合成与矿质元素锌(Zn)有关。缺锌会阻碍吲哚与丝氨酸结合成色氨酸的过程。因此，缺锌会引起果树"小叶病"。生长素可以通过酶促氧化降解和光氧化降解。生长素的生理效应如下：

促进伸长生长：生长素对细胞分裂、伸长和分化都有作用，但最显著的作用是促进伸长生长。生长素对细胞伸长的作用与生长素浓度、细胞年龄和器官种类有关。一般来说生长素在低浓度时促进生长，浓度较高时则会转为抑制作用。不同器官对生长素的敏感程度不同，如根最敏感，茎最不敏感，芽的反应处于茎与根之间。

促进器官与组织分化：生长素可使一些难生根的植物插条生根，用生长素处理插条基部，引起薄壁细胞脱分化，形成愈伤组织，然后长出不定根。例如，在甘薯扦插前用萘乙酸水溶液浸泡，使插条生根多而快，提高成活率。

促进结实：受精后的雌蕊可产生大量的生长素，吸收营养器官的养分运到子房，形成果实，所以生长素有促进果实生长的作用。用 10mg/L 的 2,4－D 溶液喷洒番茄花簇，可以防止温室内光照不足或低温导致的早期落花，以提高坐果率，还使子房不受精即膨大提早结实，形成无子果实。

防止器官脱落：生长素能"征调"营养，延迟离层细胞的形成，因而生长素有防止脱落的作用。在生产上施用 10mg/L 萘乙酸或 1mg/L 2,4－D 可使棉花保蕾保铃。

影响性别分化：生长素促进黄瓜的雌花分化，这种效应是 IAA 提高诱导乙烯的产生而实现的。此外，生长素还有促进菠萝开花、维持顶端优势、疏花疏果、杀除杂草等生理作用。

二、赤霉素类

赤霉素是在化学结构上近似的一类化合物，属于类萜，这类化合物在植物体内占有重要地位，它是叶黄素、胡萝卜素、橡胶的基本结构单位。目前，已从真菌、藻类、蕨类、裸子植物、被子植物分离出的 GA 达 120 余种，分别命名为 GA_1、GA_2、GA_3、GA_4……其中，GA_3 叫赤霉酸，是生物活性最高的一种。

赤霉素在生长旺盛的部位含量较高，如茎端、根尖和果实种子。高等植物的赤霉素含量一般是 1～1 000ng/g(鲜重)。植物所含赤霉素的种类、数量和状态也因植物发育时期而异。赤霉素的生理效应如下：

促进茎的伸长生长：赤霉素显著促进茎叶生长，且节间数目不变。生产上使用赤霉素可促进蔬菜(芹菜、莴苣、韭菜)、牧草、茶、麻类的营养生长以获得高产。

打破休眠：赤霉素可有效地打破种子、块茎、芽等的休眠状态。刚收获的马铃薯处于休眠状态，用 1mg/L 赤霉素处理可促进其萌发。

促进抽薹开花：未经春化的二年生植物(如萝卜、大白菜、胡萝卜等)常呈莲座状生长而不抽薹开花，

使用赤霉素处理可使这些植物当年抽薹开花。对于有些长日照下才能开花的植物，赤霉素也可以代替长日照的作用，使这些植物在短日照条件下开花。

影响性别分化：生长素促进黄瓜雌花分化，而赤霉素促进黄瓜雄花分化。此外，GA 亦能诱导单性结实，促进细胞分裂与组织分化，促进坐果等。

三、细胞分裂素类

细胞分裂素是一类促进细胞分裂的植物激素。细胞分裂素是腺嘌呤（即 6－氨基嘌呤）的衍生物。现在已在多种植物中鉴定出几十种细胞分裂素，例如，玉米素、玉米素核苷、异戊烯基腺苷等。

细胞分裂素广泛地存在于高等植物中，在细菌、真菌、藻类中也有细胞分裂素。高等植物的细胞分裂素主要分布于进行细胞分裂的部位，如茎尖、根尖、未成熟的种子和生长的果实等。细胞分裂素是在根尖合成的，经木质部运到地上部分。细胞分裂素在植物体内的运输是非极性的。

细胞分裂素的生理效应如下：

促进细胞分裂和扩大：细胞分裂素的主要生理作用是促进细胞分裂。细胞分裂素也诱导细胞体积横向扩大（与 IAA 促进细胞纵向伸长不同）。例如，细胞分裂素可使萝卜子叶面积明显加大，但不增加干重。这可作为细胞分裂素生物鉴定的一种方法。

诱导芽的分化：愈伤组织产生根或产生芽，取决于 IAA 和激动素浓度的比值。当激动素/生长素的比值低时，诱导根的分化；两者比值处于中间水平时，愈伤组织只生长而不分化；两者比值高时，则诱导芽的分化。

延迟衰老：延迟叶片衰老是细胞分裂素特有的作用。离体叶片会逐渐衰老变黄。细胞分裂素还可以促进侧芽发育，解除顶端优势，刺激块茎的形成，延长蔬菜（如芹菜、甘蓝）的贮藏时间，防止果树生理落果等。

四、脱落酸

脱落酸（ABA）是以异戊二烯为基本单位的类倍半萜化合物。高等植物各器官和组织中都有脱落酸，其中以成熟、衰老组织或进入休眠的器官中含量较多，在干旱、水涝、高温、低温、盐渍等逆境条件下，植物体内脱落酸含量会迅速增多

脱落酸的生理效应如下：

促进脱落：叶片衰老和果实成熟时 ABA 含量增加，导致脱落。ABA 能抑制胚在成熟前的早萌即穗上发芽。ABA 促进胚发育后期积累大量蛋白质，即胚发育后期丰富蛋白。

促进休眠：脱落酸是促进树木的芽休眠和抑制萌发的物质。脱落酸是在短日照下形成的，而赤霉素是在长日照下形成的。植物的休眠和生长，是由脱落酸和赤霉素这两种激素调节的。在光敏素的作用下，秋季短日照条件下形成较多的脱落酸，促使芽休眠。

提高抗逆性：在干旱、水涝、高温、低温、盐渍等逆境条件下，脱落酸含量会迅速增加，调节植物的生理生化变化，以适应逆境，所以脱落酸又称为“应激激素”或“胁迫激素”

调节气孔运动：ABA 是植物根系传送“干旱信息”的主要物质。ABA 对气孔运动的调节已经成为人们研究信号感受和信号转导机制的模式系统。此外，脱落酸还有抑制生长、促进衰老、促进光合产物向发育种子运输等作用。

五、乙烯

乙烯（ETH）是简单的不饱和碳氢化合物，是各种植物激素中分子结构最简单的一种。乙烯在常温下是气体，在极低浓度时就对植物产生生理效应。乙烯广泛存在于植物的各种器官，正在成熟的果实和即将脱落的器官含量比较高。逆境条件下，例如干旱、水涝、低温、缺氧、机械损伤等均可诱导乙烯的合成，称之为逆境乙烯。

（一）乙烯生物合成

大多数植物以蛋氨酸为乙烯合成的前体。蛋氨酸转变为S－腺苷蛋氨酸（SAM），催化SAM成为1－氨基环丙烷－1－羧酸（ACC）的是ACC合成酶，ACC在有氧条件下，由乙烯合成酶催化，形成乙烯。在乙烯生物合成过程中，ACC合成是个限速步骤，ACC合成酶是关键酶。人们已通过反义RNA技术，抑制番茄ACC合成酶基因的表达，阻止乙烯的形成，生产出耐贮藏的番茄果实。

（二）乙烯的生理效应

三重反应：将黄化豌豆幼苗放在微量乙烯气体中，其上胚轴表现出“三重反应”，一是抑制茎的伸长生长，二是促进上胚轴的横向加粗，三是上胚轴失去负向地性而产生横向生长。这是乙烯所特有的反应，可用于乙烯的生物鉴定。

促进果实成熟：果实长到一定大小时乙烯合成加速，促进果实成熟。乙烯促进果实成熟的原因可能是：增强质膜透性，提高水解酶活性，加速呼吸氧化分解，果肉有机物急剧变化，最后达到可食程度。

促进脱落和衰老：乙烯的一个主要功能是对花衰老的调控，例如，康乃馨花衰老时产生大量的乙烯。乙烯可促进多种植物落叶落果。叶片脱落过程中，乙烯促进离层中纤维素酶和果胶酶形成，引起细胞壁分解。

促进开花和雌化分化：乙烯能促进菠萝开花，使其花期一致。与IAA一样，乙烯也可以诱导黄瓜雌花分化。此外，乙烯还有促进次生物质排出、打破顶端优势、促进向日葵产生不定根等生理作用。

随着乙烯释放剂（乙烯利）、吸收剂（$KMnO_4$等）和作用拮抗剂（$AgNO_3$、硫代硫酸银等）的发展与应用，乙烯已在农业生产及植物发育和果实、花卉的贮藏等方面发挥着重要作用。

六、植物生长调节剂

植物生长调节剂是指人工合成的具有植物激素活性的一类有机化合物。按其对生长的作用，可分为植物生长促进剂、植物生长抑制剂和植物生长延缓剂。另外，乙烯利——乙烯释放剂在生产上也有广泛应用。

植物生长促进剂是能够促进细胞伸长扩大，进而促进植物生长的人工合成的有机化合物。主要包括IAA类、GA类、CTK类、BR类和PA类。

植物生长抑制剂抑制茎部顶端分生组织，使茎丧失顶端优势，突出特点是外施GA不能逆转其抑制效应。天然生长抑制剂有ABA、肉桂酸、香豆素、水杨酸、绿原酸、咖啡酸和茉莉酸等。人工合成的生长抑制剂有三碘苯甲酸、整形素等。

植物生长延缓剂是抗赤霉素的，抑制茎部亚顶端分生组织，节间缩短，叶数和节数不变，株形紧凑、矮小，生殖器官不受影响或影响不大，外施赤霉素可逆转其效应。如CCC、B_9、PP_{333}等。

第七节　植物的生长与生殖生理

生长与发育贯穿于植物的一生。植物的生长是指植物在体积、重量等形态指标方面的变化，是一种量的不可逆增加。植物分化是指植物细胞在结构、功能和生理生化性质方面发生的变化，是一种反映不同细胞的质的变化。而所谓发育则是植物生长和分化的总和，从而形成执行各种不同功能的组织与器官，这种质的转变就是发育。生长为发育奠定基础，发育则是生长的必然结果，生长和发育相辅相成，密不可分。

一、植物组织培养

组织培养是指在无菌条件下，将离体的植物器官、组织、细胞以及原生质体和花药等，在人工控制的培养基上培养，使其生长、分化以及形成完整植株的技术。组织培养的理论依据是Haberlandt提出的细

胞全能性。从植物体上分离下来的被培养的植物器官、组织、细胞团等，叫做外植体。

（一）培养基

培养基一般由无机营养物、碳源、维生素、生长物质和有机附加物等几类物质组成。无机营养物包括大量元素和微量元素。碳源一般用蔗糖，浓度为2% ~4%。维生素中硫胺素是必需的，而烟酸、维生素B_6（吡哆胺）和肌醇对生长起促进作用。生长物质常用2,4 - D和NAA等生长素类，因其不易分解，加热灭菌时比较稳定。此外，还加激动素、玉米素或6 - 苄基腺嘌呤等细胞分裂素类。有机附加物是指氨基酸（如甘氨酸）、水解酪蛋白、酵母汁、椰子乳等，可促进分化。

（二）组织培养的应用

培育作物新品种；快速无性繁殖植物；获得无病毒植株：利用茎尖（生长点）培养获得无病毒植株，已在果树、马铃薯、甘薯等方面得到应用；保存和运输种质资源；用于生长、分化、遗传等方面的基础研究：可以研究特定培养条件下被培养材料的生长和分化规律，在细胞学、遗传学、育种学、生物化学、药物学等学科中都有研究价值。

二、地上部分与地下部分的相关

（一）相互协调

植物的地上部分与地下部分之间首先是互相支持、互相依赖的关系，“根深叶茂”、“本固枝荣”深刻地说明植物地上部分与地下部分相互促进、协调生长的关系。

（二）相互制约

在水分、养料供应不足的情况下，常常由于竞争而相互制约，这在植物的根冠比（R/T）上尤为明显。环境条件、内部因素、栽培措施均显著影响植物的根冠比。

1. 土壤水分状况　植物所需水分主要由根系供应，增加土壤有效水分促进地上部分的生长，这样消耗大量的光合产物，减少向根系的输入，削弱根系生长，R/T减小；干旱时根系的水分状况好于地上部分，而地上部分因缺水生长受阻严重，光合产物相对较多地输入根系，促使其生长，所以R/T增大。

2. 土壤营养状况　供氮充足，蛋白质合成旺盛，利于枝叶生长，同时减少光合产物向根系输入，使R/T下降；反之，供氮不足，明显抑制地上部生长，而根系受抑程度则较小，于是R/T变大。此外，土壤中其他营养元素供应状况也影响根冠比。

3. 光照　光照强度影响叶片的光合能力，进而影响产物输出水平。稻苗遮阴后枝叶与根系的生长均受抑制，但根系受抑程度更大，R/T减小；反之在自然光照下，光强相对增加，对根或冠均促进生长，对根的促进更大（夜间光合产物向根系运入量增加），因而R/T增大。

三、光形态建成

光在植物生长发育中的一个重要作用是为光合作用提供辐射能，而另一个重要作用是光作为环境信号调节整个生命周期的许多生理过程。由光所控制的植物生长、发育、分化的过程叫光形态建成，也称为光控发育或光范型作用。

植物的很多生长发育过程由光进行调控，包括种子萌发、子叶张开、弯钩伸直、叶分化和扩大、节间延长、小叶运动、花色素形成、块茎形成、质体形成、性别表现、花芽分化、膜透性、偏上性、根原基起始、向光敏感性、器官衰老、脱落和休眠、节律现象等。

四、光周期现象

自然界一昼夜间的光暗交替称为光周期。生长在地球上不同地区的植物在长期适应过程中表现出生长发育的周期性变化，植物对日照长度发生反应的现象称为光周期现象。

根据植物开花对光周期的反应，把植物分为长日植物、短日植物和日中性植物三种类型。光敏色素在光周期诱导中起重要作用。

（一）植物的地理起源和分布与光周期适应

植物对光周期反应的类型是对该地区自然光周期长期适应的结果。低纬度地区不具备长日条件，所以一般分布短日植物；高纬度地区的生长季节是长日条件，因此多分布长日植物；中纬度地区则长短日植物共存。由于自然选择和人工培育，同一种植物可以在不同纬度地区分布。例如短日植物大豆，在我国从东北到海南岛都有当地育成的品种，它们具有适应本地区日照长度的光周期特性。如果将我国不同纬度地区的大豆品种都在北京地区栽培，因日照条件的改变会引起它们的生育期随其原有的光周期特性而呈现出规律性的变化：南方的品种北移至北京时，由于得不到短日条件，致使开花推迟；相反，北方的品种南移至北京，因较早获得短日条件而使花期提前。这反映了植物与原产地光周期相适应的特点。

（二）引种、育种

在引种时首先应了解被引进品种的光周期反应特性，了解作物原产地与引种地生长季节的日照条件的差异，根据被引进作物的经济利用价值来确定引种的原则。短日植物从北方引种到南方，将提前开花，如需收获果实或种子，则应选择晚熟品种；而从南方引种到北方，则应选择早熟品种。长日植物从北方引种到南方时，将延迟开花，宜选择早熟品种；而从南方引种到北方时，应选择晚熟品种。同样，如是以收获营养器官为栽培目的时，短日植物南种北引可以推迟成花，延长营养生长期，增加产量。

通过人工光周期诱导，可以加速良种繁育、缩短育种年限。如甘薯杂交育种时，人为缩短光照，使甘薯开花整齐，以便进行有性杂交。根据我国气候多样的特点，可进行作物的南繁北育：短日植物水稻和玉米可在海南岛加快繁育种子；长日植物小麦夏季在黑龙江、冬季在云南种植，可满足作物发育的光温要求，一年内可繁殖2～3代，从而加速育种进程。

（三）控制花期

在园艺花卉栽培中，已广泛利用人工控制光周期的办法来提前或推迟花卉植物开花。例如，菊花是短日植物，在自然条件下秋季开花，若给予遮光缩短光照处理，则可提前至夏季开花。而某些长日的花卉植物，如杜鹃、山茶花等，进行人工延长光照处理，可提早开花。

（四）调节营养生长和生殖生长

对以收获营养体为主的作物，可通过控制光周期抑制其开花。如短日植物烟草，原产热带或亚热带，引种至温带时，可提前至春季播种，利用夏季的长日照及高温多雨的气候条件，促进营养生长，提高烟叶产量。短日植物麻类，南种北引可推迟开花，使麻秆生长较长，提高纤维产量和质量。此外，利用暗期光间断处理可抑制甘蔗开花，从而提高产量。

第八节　种子和果实的成熟生理

一、种子成熟时的生理生化变化

（一）主要有机物质的变化

1. 糖类的变化　以贮藏淀粉为主的种子（如小麦、玉米）称为淀粉种子，在其成熟过程中，可溶性碳水化合物含量逐渐降低，而不溶性化合物含量不断提高。淀粉种子在成熟时，碳水化合物的变化主要有两个特点：一是催化淀粉合成的酶类活性增强，如Q酶、淀粉磷酸化酶、腺苷（或尿苷）二磷酸淀粉转葡萄糖激酶；二是可溶性的小分子化合物转化为不溶性的高分子化合物，如淀粉、纤维素。

2. 蛋白质的变化　豆科植物种子积累蛋白质首先是叶片或其他器官的氮素以氨基酸或胺的形式运到荚果，然后荚皮中的氨基酸或酰胺合成蛋白质，暂时成为贮藏状态；再后，暂存的蛋白质分解，以酰胺态

运至种子转变为氨基酸，最后合成蛋白质，用于贮藏。

3. 脂肪的变化　油料种子在成熟过程中，脂肪是由碳水化合物转化而来。伴随着油料种子重量的不断增加，脂肪含量不断提高，碳水化合物含量相应降低。油料种子在成熟初期形成大量的游离脂肪酸，以后随着种子成熟，游离脂肪酸用于脂肪的合成。在种子成熟初期先合成饱和脂肪酸，以后在去饱和酶的作用下，再由饱和脂肪酸转化为不饱和脂肪酸。

（二）外界条件对种子成分及成熟过程的影响

1. 光照　光照强度直接影响种子内有机物质的积累，如水稻的子粒2/3干物质来源于抽穗后的叶片光合产物，此时光照强，同化物多，产量高。抽穗结实期的光照也影响子粒的蛋白质含量和含油率。

2. 温度　要影响有机物的运输和转化。温度过高时呼吸消耗大，子粒不饱满；温度过低不利于物质转化与运输，种子瘦小，成熟推迟；温度适宜时利于物质的积累，促进成熟。

3. 水分　阴雨多、湿度高会延迟种子成熟；若湿度较低则加速成熟，如空气湿度太低出现大气干旱，不但阻碍物质运输，且合成酶活性降低，水解酶活性增高，干物质积累减少，种子瘦小产量低。通常，小麦在温暖潮湿条件下淀粉含量较高，低温干旱蛋白质含量则较高。

4. 矿质营养　氮肥多（尤其是生育后期）引起贪青晚熟，油料种子则降低含油率；磷、钾肥可促进糖分向块根、块茎运输，促进膨大，增加产量。

二、果实成熟时的生理生化变化

（一）呼吸跃变

随着果实的成熟，呼吸速率发生规律性的变化：最初低，到成熟末期又急剧升高，然后又下降。某些果实在成熟过程中发生的呼吸速率骤然升高的现象叫果实的呼吸跃变。跃变型果实在成熟期产生大量乙烯，其乙烯产生高峰出现在呼吸跃变之前或同时。非跃变型果实在成熟期间乙烯含量变化不大。

（二）各种物质的转化

甜味增加：未成熟果实贮存许多淀粉，所以早期果实无甜味，到成熟末期，呼吸跃变出现后，使不溶性的淀粉转化为可溶性的葡萄糖、果糖、蔗糖等并积累在细胞液中，使果实变甜。

酸味减少：未成熟果实的果肉细胞液中积累大量有机酸，如苹果、桃中的苹果酸，葡萄中的酒石酸，柑橘中有柠檬酸，所以有酸味。随着果实的成熟，一些有机酸转变为糖，有些则由呼吸作用氧化为 CO_2 和 H_2O，还有些被 K^+、Ca^{2+} 等离子中和，因此酸味明显减少。

涩味消失：未成熟的柿、李等果实的液泡中含有单宁，所以有涩味。果实成熟过程中，单宁被过氧化物酶氧化成过氧化物或凝结成不溶性物质，从而使涩味消失。

香味产生：果实成熟时能产生一些具香味的物质，主要是酯类，如乙酸乙酯、乙酸戊酯、甲酸甲酯，还有醛类，如柠檬醛。香蕉的特殊香味是乙酸乙酯，橘子的香味是柠檬醛。

果实由硬变软：未成熟的果实因其初生细胞壁中沉积不溶于水的原果胶，尤其是苹果、梨中的原果胶含量很高，果实很硬。随着果实的成熟，果胶酶和原果胶酶活性增强，把原果胶水解为可溶性果胶、果胶酸和半乳糖醛酸，果肉细胞彼此分离，于是果肉变软。

色泽变艳：果实在未成熟前，果皮大多为绿色，是因为含有大量的叶绿素。但是，随着果实的成熟，果皮中的叶绿素逐渐破坏，而原有的类胡萝卜素仍较多，呈现黄色，或由于形成花色素呈现红色，如苹果、香蕉、柑橘等在成熟时，果皮颜色由绿逐渐转变为红、黄和橙色。光照可促进花色素苷的合成，因此果实向阳面较鲜艳。

三、植物休眠的原因和破除

休眠是植物的整体或某一部分（延存器官）生长暂时停滞的现象，是植物抵御不良自然环境的一种

自身保护性的生物学特性。通常把由于不利于生长的环境条件而引起的植物休眠称为强迫休眠；而把在适宜的环境条件下，植物本身内部的原因而造成的休眠称为生理休眠。一般所说的休眠主要是指生理休眠。

种皮限制：一些种子（如苜蓿、紫云英等种子）的种皮不能透水或透水性弱，这些种子称为硬实种子。另有一些种子（如椴树种子）的种皮不透气，外界氧气不能透进种子内，种子中的 CO_2 又累积在种子中，因此会抑制胚的生长。还有一些种子（如苋菜种子），虽能透水、透气，但因种皮太坚硬，胚不能突破种皮，也难以萌发。在生产上一般采用物理或化学方法来破坏种皮，使种皮透水透气。用氨水（1∶50）处理松树种子或用98%浓硫酸处理皂荚种子1小时，清水洗净，再用40℃温水浸泡86小时，等等，都可以破除休眠，提高发芽率。

种子未完成后熟：有些种子的胚已经发育完全，但在适宜条件下仍不能萌发，它们一定要经过休眠，在胚内部发生某些生理生化变化后，才能萌发。这些种子在休眠期内发生的生理生化过程，称为后熟。一些蔷薇科植物（如苹果、桃、梨、樱桃等）和松柏类植物的种子就是这样。这类种子必须经低温处理，即用湿沙将种子分层堆积在低温（5℃左右）的地方1～3个月，经过后熟才能萌发。这种催芽的技术称为层积处理。

胚未完全发育：有些植物，如欧洲白蜡树和银杏等的果实或种子虽完全成熟，并已脱离母体，但胚的发育尚未完成。欧洲白蜡树种子的胚在发育完全后，还要求低温（5℃左右）才能萌发。

抑制物质的存在：有些植物的果实或种子，存在抑制种子萌发的物质，以防止种子的萌发。这些物质存在于果肉（如梨、苹果、番茄、柑橘、甜瓜等）中，也可能存在于种皮（如苍耳、甘蓝）内，亦会存在于胚乳（如鸢尾）或子叶（如菜豆）中。生长抑制剂香豆素，可以抑制莴苣种子的萌发。洋白蜡树种子休眠是因种子和果皮内都有脱落酸，当种子脱落酸含量降低时，种子就破除休眠。

第九节　植物的逆境生理

对植物生命活动不利的环境条件统称为逆境。逆境生理就是研究植物在逆境条件下的生理反应及其适应与抵抗逆境的机理的科学。任何一种使植物体产生有害变化的环境因子均称胁迫，如温度胁迫、水分胁迫等。植物对逆境的适应与抵抗方式主要有：御性，即植物具有防御逆境的能力，以抵御逆境对植物的有害影响，使植物在逆境下仍维持正常生理状态，如植物御旱机理中的根系发达、叶片变小、蒸腾降低等都具有防御植物失水的作用。耐性，即植物可通过代谢反应，阻止、降低或修复由逆境造成的损伤，使其在逆境下仍保持正常的生理活动。

一、植物的抗寒性

低温对植物的危害可分为冻害和冷害。冻害，即冰点以下的低温使植物体内结冰，对植物造成的伤害。冷害，即冰点以上低温对植物造成的伤害。把植物对低温的适应与抵抗能力称为抗寒性。

（一）冻害与冻害生理

冻害在我国的南方和北方均有发生，尤以西北、东北的早春和晚秋以及江淮地区的冬季、早春危害严重。一般来说，植物遭受冻害的程度，除与降温幅度有关外，还与降温持续时间、化冻速度等有关。降温幅度大、结冰时间长、化冻速度快，植物受害严重；如果缓慢结冰与缓慢化冻，植物受害则轻。植物受冻害后，细胞失去膨压，组织疲软，叶片犹如烫伤，叶片变褐，最终干枯死亡。

结冰伤害的类型主要有细胞间结冰和细胞内结冰。

细胞间结冰伤害：通常温度缓慢下降时，细胞间隙中的水分结成冰，即所谓胞间结冰。细胞间结冰伤害的主要原因有：原生质发生过度脱水，造成蛋白质变性和原生质不可逆的凝胶化；冰晶体过大时对原生质造成机械压力，细胞变形；温度回升时，冰晶体迅速融化，细胞壁易恢复原状，而原生质却来不及吸水膨

胀，原生质有可能被撕破。一般来说，胞间结冰并不一定使植物受害，细胞受损伤的程度与胞间冰晶体大小有密切的关系，大多数经过抗寒锻炼的植物均能忍受胞间结冰。

细胞内结冰伤害：当温度骤然下降时，除了细胞间隙结冰以外，细胞内的水分也结冰，一般是原生质内先结冰，紧接着液泡内结冰，这就是胞内结冰。胞内结冰伤害的主要原因是机械损伤。原生质内形成的冰晶体体积比蛋白质等分子体积大得多，冰晶体直接破坏生物膜、细胞器和衬质的结构，从而影响代谢的正常进行。一般在显微镜下看到胞内结冰的细胞，大多数已发生致命的伤害。

（二）植物对冷冻的适应

1. 抗冻锻炼　所谓抗冻锻炼是指随着气温下降，植物体内发生一系列适应冷冻的生理生化变化，以提高植物抗冻能力的过程。抗冻锻炼首先要求植物必须具备抗冷冻的遗传特性，如水稻无论如何锻炼，也不可能像小麦那样抗冻。其二是环境条件，越冬植物抗冻锻炼要求两个阶段，一是光周期阶段，二是低温阶段。如我国北方秋季短日照条件是严冬即将到来的信号，越冬植物经过一定时期的短日照后，就开始进入冬眠状态，同时，提高了抗冻能力。如果人为地改短日照为长日照处理就影响抗冻锻炼，使植物抗冻能力下降。

2. 植物在适应冷冻过程中的生理生化变化

植物含水量下降：气温降低使植物吸水减少，含水量逐渐下降。随着抗冻锻炼的进行，细胞内亲水性胶体增加，束缚水含量相对稳定，而自由水含量则相对减少，利于植物抗冻能力的提高。

植物呼吸代谢减弱：植物的呼吸随着温度的下降逐渐减弱，其中抗冻性弱的植物减弱的很快，而抗冻性强的则减弱的较慢，比较平稳。细胞呼吸代谢减弱，代谢活动低，消耗糖分少，有利于糖分积累，从而有利于对冷冻环境的抵抗。

植物体内 ABA 含量增多：多年生树木的叶子，随着秋季日照缩短、气温下降，逐渐形成较多 ABA，到达生长点，抑制茎的生长，并开始形成休眠芽，叶子脱落，植株进入休眠阶段，抗冻性提高。现在已有许多试验证实，植物体内的 ABA 水平与其抗冻性呈正相关。

植物体内保护性物质积累：在温度逐渐下降的过程中，体内淀粉被逐渐水解为糖，使可溶性糖（葡萄糖、蔗糖等）含量增多。可溶性糖增多对抗冻有良好的效果，可提高细胞液浓度，使冰点降低；可缓冲细胞质过度脱水，保护细胞质胶体的稳定性。因此，可溶性糖是植物抗冻的主要保护性物质。

（三）冷害与冷害的生理

冷害最明显的症状是生长速度变慢、叶片变色，有时可出现伤斑。例如，水稻遇低温冷害后，幼苗叶片从尖端变黄，严重时全部变为黄白色，幼苗生长缓慢或出现“僵苗”；玉米遭受冷害后，幼苗呈紫红色；木本植物受冷害后出现芽枯、顶枯、破皮流胶及落叶等现象。

1. 冷害引起的生理生化变化

水分平衡失调：低温危害造成植物根系活力下降，吸收机能减弱，特别是吸水能力明显下降，蒸腾失水大于吸水，尤其是晴朗天气，叶温升高迅速，地温升高较慢，更加剧这一趋势，使植物水分平衡失调，导致萎蔫、干枯。同时，也影响到矿质元素的吸收。

原生质流动受阻：试验表明，番茄叶柄毛细胞在 10℃下停留 1～2 分钟，原生质流动明显变慢甚至停止。黄瓜根毛细胞在 12℃时原生质就停止流动。低温影响原生质流动的机理尚未完全搞清，但与低温下 ATP 供应减少、原生质黏滞增加有一定关系。

光合速率减慢：低温下叶绿素分解加强、合成受阻，叶片失绿；同时低温影响到光合环中的许多酶，限制了暗反应，使光合速率下降。如果低温伴有阴雨则会使冷害加重。

呼吸代谢失调：冷害使植物的呼吸速率先上升尔后下降，出现大起大落。冷害初期，呼吸速率上升是一种保护性反应，因为放热多对抵抗冷害有利；以后呼吸降低是伤害性反应，有氧呼吸受到抑制，无氧呼吸相对加强，会产生由无氧呼吸副作用引起的间接性伤害。

2. 冷害的机理　膜透性增加引起代谢紊乱，低温下质膜收缩出现裂缝，造成膜破坏，透性增加，细胞

内溶质渗漏。如时间过长还可引起酶促反应平衡失调，代谢紊乱。试验证实，不耐冷的植物在低温下细胞内电解质外渗量增加，这一现象已成为鉴定植物抗冷性的重要指标。

3. 提高植物抗冷性的途径

抗冷锻炼：抗冷锻炼也称低温锻炼，即将植物在低温条件下经过一定时间的适应，提高其抗冷能力的过程。

化学诱导：利用化学药物可诱导植物抗冷性的提高。例如，玉米、棉花的种子播前用福美双（TMTD）处理可提高幼苗的抗冷性。

合理的肥料配比：适当增施磷肥和钾肥，少施或不施速效氮肥，有明显地提高植物抗冷性的作用，这已在农业生产上广泛采用。有人利用 KCl、NH_4NO_3、H_3BO_3 的混合溶液喷施瓜类叶片，可减轻低温冷害的影响。

二、植物的抗旱性

旱害是指土壤水分缺乏或者大气相对湿度过低而对植物造成的伤害。旱害分为土壤干旱和大气干旱。土壤干旱是指土壤中可利用水不足或缺乏，使植物组织处于缺水状态，对植物造成的伤害。大气干旱是指大气相对湿度过低（一般 <20%），且常伴有高温，植物蒸腾过度而破坏体内水分平衡造成的伤害。“干热风”就是大气干旱的典型例子。把植物对干旱的适应与抵抗能力称为抗旱性。

（一）干旱对植物的伤害

1. 植物各部位间水分重新分布　当干旱发生时，植物不同器官或不同组织间的水分，按各部位的水势高低重新分配。水势高的部分的水分流向水势低的部分。如因干旱造成水分亏缺时，幼叶向老叶夺取水分，促使老叶死亡，这也是一种适应性表现。更为严重的是，成熟部位的细胞从胚胎组织夺取水分，使禾谷类作物穗分化的小穗数和小花数减少；灌浆期则影响籽子饱满度，造成减产。

2. 影响植物各种生理过程　植物的生长对干旱最为敏感，轻微的水分亏缺即可引起生长速率明显下降，植物生长矮小。水分不足，气孔开度变小或半闭，蒸腾减弱，影响矿质养分的运输；同时，使 CO_2 进入叶肉困难，增大光合作用的气孔限制。如严重缺水，则增大光合作用的非气孔限制，导致光合速率明显下降。缺水还可增强呼吸作用，但 P/O 比下降，氧化磷酸化解偶联。

3. 破坏正常代谢过程　细胞缺水对代谢过程最明显的影响是抑制合成代谢而加强分解代谢；水解酶活性加强，合成酶活性降低；蛋白质合成减弱而分解加强；叶绿素分解大于合成；促进生长发育的植物激素减少，抑制生长发育的激素则增加。由此，破坏了正常代谢过程，甚至发生代谢紊乱。

（二）植物对干旱的适应方式

根据植物对逆境适应的方式，将植物对干旱的适应分为御旱性和耐旱性。

御旱性是指植物具有防御干旱的能力，在干旱逆境下各种生理生化过程仍保持正常状态。御旱的机理有：发达的根系，扩大吸水面积，保持水分供应；发达的贮水组织，使植物本身不发生水分亏缺；发达的输导系统，有利于水分的及时运输；发达的保护组织，以减少水分消耗；叶片小而退化，减少蒸腾失水等。

耐旱性是指在干旱逆境下植物可通过代谢反应阻止、降低或者修复由于水分亏缺造成的损伤，使其保持较正常的生理状态。耐旱的机理有：细胞膜稳定，细胞内含物不易渗漏；原生质保水力强，原生质胶体稳定；水解酶活性变化小，保持稳定不易水解；细胞渗透调节能力强，能维持较强的吸水与保水能力；气孔调节灵敏，能减少蒸腾失水；能快速合成 ABA 和抗旱蛋白，促进抗旱能力提高等。

（三）提高植物抗旱性的途径与措施

1. 抗旱锻炼　抗旱锻炼是指人为地给予植物以亚致死剂量的干旱条件，使植物经受一定时间的干旱磨炼，提高其抗干旱能力的过程。

2. 合理使用矿质肥料　磷肥和钾肥均能提高植物抗旱性，其原因是磷能促进蛋白质合成和提高原生质胶体的水合度；钾能改善糖代谢和增加原生质含水量；硼在抗旱中的作用与钾类似。氮肥过多，枝叶徒

长，蒸腾失水过多，不利于抗旱。

3. 化学控制和使用生长调节剂　播种前用 0.25% $CaCl_2$ 溶液浸种 20 小时，或用 0.05% $ZnSO_4$ 喷洒叶面，都有提高抗旱性的效果。ABA 可促进气孔关闭，减少蒸腾失水，因价格太高，目前在农业上还不能实际应用。矮壮素（CCC）等有明显提高作物抗旱性的作用。一般旱地作物在干旱来临之前喷施 CCC 有利于抗旱增产。

4. 抗旱品种的选育　选育抗旱性强的作物品种是提高抗旱性的根本途径。这主要属于遗传育种学科的范畴，但植物生理学应为其提供理论依据和有效的筛选方法。也可学科间协作选育出抗旱高产优质的新品种。

三、植物的抗盐性

盐害是指土壤中盐分过多对植物造成的伤害。通常把含 NaCl 和 $NaSO_4$ 为主的土壤叫盐土，把含 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 为主的土壤叫碱土。但两者常常同时存在，故统称为盐碱土。一般土壤含盐分在 0.2% ~0.5% 时就不利于植物的生长，而盐碱土的含盐量却高达 10%，严重地伤害植物。把植物对盐渍的适应与抵抗能力称为抗盐性。

（一）盐分过多对植物的伤害

1. 渗透胁迫引起生理干旱　土壤中盐分过多使土壤溶液水势下降，导致植物吸水困难，甚至体内水分有外渗的危险，造成生理干旱。当土壤含盐量达 0.2% ~0.5% 时，植物发生吸水困难；当盐分高达 0.4% 时，细胞中的水分就外渗。当植物蒸腾量较大时，盐害更加严重。

2. 离子失调导致毒害作用　土壤中某种或某几种盐类过多形成不平衡溶液，植物由于过多地吸收某种盐类而排斥了对另一些矿质盐的吸收，导致营养缺乏或产生毒害作用。

3. 胁迫效应破坏正常代谢　土壤中盐分过多使植物净光合速率下降。其原因是抑制蛋白质合成，叶绿素与叶绿素蛋白联系减弱，叶绿素趋于分解，光合色素含量下降；同时，盐分过多还抑制 PEP 羧化酶和 RUBP 羧化酶的活性，却刺激乙醇酸途径。

（二）植物对盐渍的适应机理

1. 避盐的机理　避盐是指植物通过某种方式将细胞内盐分控制在伤害阈值之下，以避免盐分过多对细胞的伤害。避盐包括泌盐、稀盐和拒盐三种方式。泌盐是植物吸收大量盐分但并不在体内积累，而是主动地通过盐腺排泄到茎叶表面，再被冲刷掉；稀盐是植物通过吸收大量水分和加速生长，稀释细胞内盐分浓度，使其达不到伤害细胞的阈值；拒盐是植物根细胞对某些盐离子的透性低，当其周围介质盐分浓度增加时，能保持稳定的选择透性，将盐离子拒之门外。

2. 耐盐的机理　耐盐是指通过生理的或代谢的适应，忍受已进入细胞的盐分。主要通过渗透调节，以适应盐分过多而产生的水分胁迫，并能消除盐分对酶或代谢产生的毒害作用；通过代谢产物与盐类结合，减少盐离子对原生质的破坏作用。

（三）提高植物抗盐性的途径

抗盐锻炼：抗盐锻炼是指将种子按盐分梯度进行一定时间的处理，提高其抗盐能力的过程。

植物生长物质处理：利用生长物质促进植物迅速生长，稀释细胞内盐分，有利于稀盐植物抗盐性的提高。如大麦、小麦可喷施 5ml/L 溶液，促进快速生长，减轻盐分危害，增加产量。

选育抗盐品种：选育抗盐品种是提高作物抗盐性的根本途径。可以采用有效的抗盐生理生化指标，对现有品种进行筛选；利用组织培养技术选育抗盐突变体；利用基因工程技术转移抗盐基因等。

第二部分　土壤学基础

第四章　土壤形成与类别

第一节　土壤的概念、基本组成及其重要性

一、土壤的概念

土壤是指发育于地球陆地表面、能够生长绿色植物的疏松表层。这一概念包含了土壤所在的位置、功能和物理状态，也表明了土壤是一个独立的历史自然体，有它的形成和发育过程。就形成过程而言，土壤是经过自然的成土过程而形成的。未经人工开垦的土壤称为自然土壤；在自然土壤的基础上，经过人为的作用（如耕种、灌溉、施肥等）后，它的性状发生了改变，称为农业土壤或耕作土壤。

土壤发育于地球陆地的表层，以不完全连续的状态覆盖在地球风化壳的表面，处于大气圈、生物圈、水圈和岩石圈的交界面上，在生态系统，也把土壤这一不完全连续的圈层称为土壤圈。土壤圈与其他圈层间时刻进行着物质、能量的交流与转换，是连接其他圈层的桥梁，联系有机界和无机界的纽带，是地球陆地表面的圈层中最为活跃的圈层。

二、土壤肥力的概念

土壤肥力是指土壤能够连续不断地供应和协调植物生长发育所需要的水分、养分、空气、热量和其他条件的能力。水分、养分、空气、热量通常简称为水、肥、气、热，这四个因素又称为四大肥力因素。各肥力因素对作物是同等重要，不能相互替代，不可缺少，它们之间是相互联系、相互制约的矛盾对立的统一体。例如，水分和空气是一对矛盾，在土壤孔隙状况一定的条件下，水分多空气就少，水分少空气就多。养分和水分也存在着矛盾，养分的分解释放需要水分的参与，但过多或过少的水分又影响养分释放的难易程度。水分和热量间也存在着矛盾，水分少利于土壤升温，但不利于保温；水分多利于土壤保温，但不利于土壤升温。肥力的各因素间都存在着矛盾，所以，在农业生产中应分析各因素的状况，抓住主要矛盾，采取有效措施，协调各肥力因素之间的关系，充分发挥土壤肥力的作用。

土壤肥力根据成因与作用的不同，可以分为自然肥力和人工（人为）肥力、有效肥力和潜在肥力。自然肥力是指在没有人为因素的参与下，在自然成土过程中产生的肥力，如未开垦的草原和林地上的肥力；在自然肥力的基础上，经过人类耕作以后所获得的肥力，称为人工肥力。人工肥力是人类对土壤进行耕种、施肥、灌溉以及其他技术措施所产生的结果。自从人类从事农耕活动以来，自然植被为农作物所替代，土壤的发育过程就打上了人为因素的深刻烙印，自然土壤发育成为耕作土壤，自然肥力和人工肥力在生产上同时发挥着作用。由于受土壤性质、环境条件、技术水平和管理措施的限制，只有部分土壤肥力能在农业生产中反映出来，并产生经济效果，这部分土壤肥力称为有效肥力；而没有表现出来、暂时没发挥作用的称为潜在肥力。有效肥力和潜在肥力是相对的，在一定条件下可以相互转化。例如，同一土壤，在水分过多的时候，通气不良，限制了有效养分的释放，土壤温度上升慢，土壤有效养分低，有效肥力就低；

如果及时排水，调节水、肥、气、热的矛盾，有效肥力就会增高。

土壤肥力水平是不断变化的，尤其是在人为因素的影响下，这种变化就更强烈。经过长期的精耕细作，可以形成高产稳产的土壤，这是土壤肥力水平提高的例证；而掠夺式的耕种，粗放的管理会导致产量越来越低，土壤逐渐退化，土壤不断沙化、盐渍化、瘠薄化等，这是土壤肥力变差的结果。所以人们应当按照土壤的发生发展规律，科学地利用和管理土壤，因地制宜地改造环境条件，改良土壤，不断提高土壤肥力，达到高产稳产的目的。

三、土壤的基本物质组成

由于自然条件的差异和农业利用方式、强度和管理水平的不同，土壤的物质组成和含量都有所不同。但任何土壤都是由固体、液体和气体三相物质组成的多相分散体系。土壤固相物质包括土壤矿物质（通常以土粒的形式存在）和土壤有机质两部分。其中矿物质的含量最多，一般农业土壤的矿物质部分占总干重的95%～99%，约占总体积的38%，构成土壤的基本骨架；土壤有机质部分占总干重的1%～5%，约占总体积的12%，它的含量虽然不多，但对提供植物养分和改善土壤的理化性质起着多方面的重要作用。土壤固相部分约占土壤总体积的50%，其余部分是固体土粒之间的大大小小的孔隙。土壤水分和土壤空气就存在于这些土壤孔隙中，其含量通常在15%～35%的体积范围内变化，但二者相互消长，所占体积之和等于土壤孔隙的体积。土壤水分中溶有以离子、分子或胶体态的某些有机和无机物质，所以土壤水分实质上是土壤溶液；土壤空气与大气的成分基本相似，但由于土壤生物的活动消耗氧气，产生二氧化碳，所以，比大气含有较多的二氧化碳和较少的氧气，而且经常是水气饱和的。在土壤孔隙中或土粒的表面上，生存着许多土壤昆虫、蠕虫、原生动物和微生物等土壤生物，它们所占的质量比例很小，但个体数量很多，如每克土壤中微生物的数量可以达到几十亿个，它们对于有机质的分解、腐殖质的形成和养分的转化都起着十分重要的作用。

四、土壤剖面和土体构型

土壤以疏松的状态存在于地球陆地的表面，在土壤下面是岩石的风化残积物或其他堆积物，它们是形成土壤的原始物质，称为母质。从地表到母质之间的垂直纵断面叫土壤剖面。整个土壤剖面内的土壤叫土体，土体往往由若干近似水平的土层组成。自然土壤的土层通常称为发生层，是在母质、气候、地形、生物和时间等成土因素的共同作用下，经过一定的形成过程而形成的。土壤发生层是根据不同的形态特征来划分的，土壤的外部形态特征通常包括土壤颜色、质地、结构、紧实度、土壤新生体与侵入体、土壤孔隙状况、湿度状况、根系分布状况、盐酸反应（石灰反应）等。土体中土层的排列组合状况称为土体构造或土体构型，自然土壤和农业土壤都有其基本的土层以及由此构成的土体构型。

（一）自然土壤的土体构型

森林土壤或草原土壤等自然土壤通常包括以下几个土层：

枯枝落叶层：国际代号为O，传统代号为A_{00}或A_0，在矿质土壤表层的上面，是植物的残落物堆积的层次，有机质含量高，一般超过30%。

腐殖质层：国际代号为A，传统代号为A_1，在枯枝落叶层的下面，为颜色暗的腐殖质层。土壤腐殖质与矿质土粒结合在一起，使土壤颜色较暗，土质疏松多孔，一般团粒结构较多，有机质的含量因不同的地区、不同的土壤类型有较大的差异，一般在1%～10%之间。由于该层也是淋溶作用下物质迁移或损失的土层，因此也称为淋溶层，这与以往的淋溶层的含义（特指经过强烈的淋溶作用，物质发生强烈迁移或损失、颜色较淡的土层，如白浆层、灰化层等，传统代号为A_2）是有区别的。

淀积层：代号为B，在腐殖质层以下，是物质积累的层次。腐殖质层中淋洗下移的物质（如黏粒、碳酸盐、铁、锰等的氧化物、腐殖质等）在此层淀积，土质紧密，常具有柱状、棱柱状结构。

母质层和母岩层：代号分别为C和R（传统代号为D）。严格地讲不属于土壤发生层，因为它们的特

性并非由土壤形成所产生，这里仅作为土壤剖面的重要组成列出。

（二）农业土壤的土体构型

农业土壤是在自然土壤的基础上经过人为作用发展而成的，一般自上而下为耕作层、犁底层、心土层和底土层。

耕作层：又叫表土层或熟土层，是人类长期耕作的结果，一般厚度为经常耕翻的厚度，即20cm左右，土壤有机质含量较高，颜色较暗，疏松多孔，结构性较好，其厚度和熟化程度是评价土壤肥力的重要标志之一。

犁底层：在耕作层之下，厚度为5～10cm，由于经常受到耕作施加的压力，土层紧实，常呈片状、层状结构，影响作物扎根和通气透水性，所以，耕种一段时间后适当深耕深翻，打破犁底层，有利于作物增产。

心土层：也称生土层，在犁底层之下，厚度为30～50cm，土壤受自然因素和耕作的影响较少，熟化程度低，有机质含量很少，肥力差，作物根系分布一般较少，但在保水保肥和供水供肥方面起着重要作用。

底土层：在心土层之下，也称死土层，基本不受耕作的影响，有机质含量极少，对农业生产影响较小。

需要指出的是，由于自然条件和农业生产条件的多样性，导致土壤的层次以及土体构型复杂多变，有的土层不像基本层次那样典型，也有的土体构型中缺失某些土层，各土层的厚度差异也较大，在调查时需要认真分析鉴定。

五、土壤在农业和生态系统中的重要性

（一）土壤是植物生长繁育的自然基地，是农业的基本生产资料

农业生产的基本特点是生产具有生命的生物有机体，其中最基本的任务首先是发展绿色植物的生产。绿色植物生命活动所需要的五个基本因素（光、热、空气、水分、养料）中的养料和水分是通过植物根系从土壤中吸收的，还有部分热量和空气也是由土壤所提供的。同时，植物根系伸展在土壤之中，从而受到土壤的机械支撑作用，经受风雨的侵袭而不致倾倒。土壤在植物生长繁育中的作用表现在以下几方面：

1. 营养库的作用　植物需要的营养元素除CO_2主要来自空气外，氮、磷、钾及中量、微量营养元素和水分则主要来自土壤。

2. 养分转化和循环作用　土壤中存在一系列的物理、化学、生物和生物化学作用，在养分元素的转化中，既包括无机物的有机化，又包含有机物质的矿质化；既有营养元素的释放和散失，又有元素的结合、固定和归还。

3. 雨水涵养作用　土壤是地球陆地表面具有生物活性和多孔结构的介质，具有很强的吸水和持水能力。植物枝叶对雨水的截留和对地表径流的阻滞、根系的穿插和腐殖质层的形成，能大大增加雨水涵养、防止水土流失的能力。

4. 生物的支撑作用　绿色植物在土壤中生根发芽，根系在土壤中伸展和穿插，获得土壤的机械支撑。在土壤中还拥有种类繁多、数量巨大的生物群生活和繁育。

5. 稳定和缓冲环境变化的作用　土壤具有抗外界温度、湿度、酸碱性、氧化还原性变化的缓冲能力。对进入土壤的污染物能通过土壤生物，进行代谢、降解、转化、清除或降低毒性，起着“过滤器”和“净化器”的作用，为地上部分的植物和地下部分的微生物的生长繁衍提供一个相对稳定的环境。

所以，植物生长繁育必须以土壤为基础。

农业生产包括植物性生产和动物性生产，前者称为一级生产，后者称为次级生产。从食物链的关系来看，次级生产中又可分几级，但每一级的生产都以前一级生产的有机物质作为食料，整个动物界就是通过食物链繁育衍生而来的。所以，土壤不仅是植物生产的基地，也是动物生产的基地，两者都必须以土壤作为基本生产资料。

（二）土壤是珍贵的自然资源

土壤资源与光、热、水、气资源一样被称为可再生资源。土壤资源可以认为是具有农、林、牧业生产力的各种类型土壤的总称。在人类赖以生存的物质生活中，人类消耗的80%以上的热量、75%以上的蛋白质和大部分的纤维素都直接来自土壤。所以土壤是维持人类生存与发展的必要条件，是社会经济发展的最基本的物质基础。

土壤资源具有一系列的自然一经济特点：

1. 数量的有限性　土壤资源虽是再生资源，但从数量上看是不可再生的，是有限的自然资源。土壤资源的形成速度相当缓慢，地球表面形成1cm厚的土壤，需要300年以上的时间。我国耕地土壤短缺，后备土壤资源不足，土壤资源的有限性与人类对土壤的需求之间的矛盾，在一定程度上，制约着社会、经济的发展。

2. 质量的可变性　土壤中存在一系列的物理、化学和生物的反应，土壤的各项性质也随着这些反应的进行不断发生变化。只要对土壤用养结合，科学管理，合理保护，土壤肥力会不断得到发育和提高，可以实现土壤肥力的可持续利用。但如果违背自然规律，不合理地利用土壤，破坏生态环境，土壤肥力将逐渐下降和破坏，土壤质量退化。

3. 空间分布上的固定性　地球表面的各种不同类型的土壤，在地面空间位置上具有相对的固定性。土壤的分布与所处的生物气候带相适应，还受区域性的地形、母质、水文、地质等条件的影响，从而在总体上表现出地带性和区域性的分布规律。所以，为充分利用土壤资源，发挥土壤的生产潜力，应根据不同的地表空间的土壤特性，因地制宜地配置农、林、牧业。

（三）土壤是地球陆地生态系统的基础

土壤是陆地生态系统的一个结构组成部分，是其中的一个亚系统，同时又是一个可独立的生态系统。作为独立的土壤生态系统，它的结构有四个组分：一是生产者，主要指绿色植物和藻类，它们通过光合作用固定二氧化碳；二是消费者，是指直接或间接以生产者为食的食草动物和食肉动物；三是分解者，是指生存在土壤内部或地面的营腐生细菌、真菌等微生物和土壤小动物，它们分解生物残体的有机物质，使之变为无机状态，而它们从中获得养分和能量；四是非生物物质，是指土壤矿物质、腐殖质、水分、空气等，这些是土壤生物生命活动的物质基础，属于土壤生物的环境。从土壤生态系统的功能来看，这四种组分之间存在着密切的食物链关系，相互作用，相互制约，决定着土壤中物质和能量转化过程的速度与强度，决定着土壤肥力的高低。

土壤在陆地生态系统中起着极重要作用。主要包括：①保持生物活性、多样性和生产性；②对水体和溶质流动起调节作用；③对有机、无机污染物具有过滤、缓冲、降解、固定和解毒作用；④具有贮存并循环生物圈及地表的养分和其他元素的功能。

第二节　土壤固相物质

土壤是由固、液、气三相物质组成的。其中固相物质包括土壤矿物质和土壤有机质两部分，与土壤水分和空气相比，土壤固相物质组成和性质较稳定，它们是构成土壤的基础物质和骨架，对土壤的性质有极大的影响。

一、土壤矿物质

土壤作为自然界中的独立自然体，并不是地球一形成时就有的，它有自己的发生、发展历史。土壤的最初来源是在地球形成以后，由组成地壳的岩石、矿物在漫长的地质年代中，经过极其复杂的风化和成土作用而形成的。岩石的风化产物是土壤形成的母体物质，称为母质，与土壤形成有关的岩石，称为母岩。母质和母岩的矿物及化学组成、性质，直接影响其所发育的土壤的性质。

（一）土壤的化学组成

土壤矿物质的元素组成很复杂，元素周期表中几乎所有的元素都能从土壤中发现，主要的有20多种，包括氧、硅、铝、铁、钙、镁、钛、钾、钠、磷、硫以及一些微量元素，如锰、锌、铜、钼等。土壤矿物质是由地壳中的岩石、矿物经过各种风化作用演变而来的，土壤矿物的化学组成，一方面继承了地壳的化学组成的遗传特点；另一方面有的化学元素是在成土过程中增加了如氧、硅、碳、氮等，有的显著下降了，如钙、镁、钾、钠，反映了成土过程中元素的分散、富集特性和生物积聚作用。

（二）土壤的矿物组成

矿物是地壳中天然存在的具有一定的物理性质、化学成分和内部构造的化合物或单质。地壳中的矿物质有3 000多种，与成土有关的矿物叫做成土矿物。一般可按矿物的起源将几十种成土矿物分为原生矿物和次生矿物两大类。

1. 原生矿物　是指地球内部的岩浆冷凝时，在高温高压条件下，通过凝结和结晶过程所形成的矿物。原生矿物存在于岩浆岩（火成岩）中，常见的造岩矿物有石英（含二氧化硅，性质稳定、坚硬、抗风化能力强）、长石（含K、Na、Ca等元素，硬度和抗风化能力均次于石英）、云母（片状，分白云母和黑云母，含K、Mg等元素，其中黑云母较易风化）、角闪石（含K、Ca、Mg等元素，较易风化）、磷灰石（含磷元素）、方解石（含碳酸钙，易风化）等。此外还有辉石、橄榄石等矿物。

2. 次生矿物　指原生矿物在各种风化因素的影响下，在常温常压条件下，逐渐改变了形态、性质和化学成分而形成的新矿物。它的颗粒比较细，具有胶体的特性，也称为黏土矿物。普遍存在的有结晶层状铝硅酸盐黏粒矿物、二、三氧化物类黏粒矿物。

（1）结晶层状铝硅酸盐类矿物：是土壤中黏粒的主体，它们是微小的层状结晶矿物，每一层为一个结晶单元或晶片，是由不同数目的硅氧片和水铝片组成的。因此，具有很大的表面积，包括外表面和内表面。按照结晶构造和性质上的不同特点可分为蒙脱石组、高岭石组、水化云母组和绿泥石组。

蒙脱石组：以蒙脱石为代表，晶层间结合不甚牢固，水和阳离子可以自由进入，因而胀缩性较强，可塑性、黏着性、黏结性和保水保肥能力较强。在我国北方地区的土壤中较多。

高岭石组：以高岭石为代表，层间结合比较牢固，水和阳离子不易进入，因而可塑性、黏结性、黏着性、胀缩性和保水保肥能力也较弱。它广泛分布在我国南部热带与亚热带地区。

水化云母组：以伊利石为代表，晶层间常有被固定的钾离子，可塑性、黏结性、黏着性、胀缩性及保肥性均介于蒙脱石与高岭石之间。

绿泥石组：以绿泥石为代表，晶层间结合较牢固，不易膨胀，胀缩性及保肥性均介于蒙脱石与高岭石之间。黏粒中有大量绿泥石存在是土壤发育较差、风化程度较低的象征。

（2）二、三氧化物类黏粒矿物：含结晶水的二、三氧化物黏粒矿物有针铁矿（$Fe_2O_3 \cdot H_2O$）、褐铁矿（$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$）、赤铁矿（$2Fe_2O_3 \cdot H_2O$）、水铝石（$Al_2O_3 \cdot H_2O$）等；非结晶态的二、三氧化物类黏粒矿物有胶状二氧化硅（$SiO_2 \cdot nH_2O$）、二氧化锰（$MnO_2 \cdot nH_2O$）等。它们常呈胶状包被在土粒的表面。

另外，还有一些简单的盐类，如碳酸钙、重碳酸钙、碳酸钠、硫酸钙等。它们的溶解度不同，对土壤肥力和作物均有不同影响。

（三）成土岩石的性质

岩石是由一种矿物或多种矿物组成的集合体。自然界中岩石的种类很多，按其成因可以分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。很大一部分岩石与土壤的形成有关，形成土壤的母质主要是来自各种岩石的风化产物。

1. 岩浆岩　岩浆岩是由岩浆在地下或地表冷凝固化而成。根据其化学组成，通常可以分为超基性岩（SiO_2的含量<45%）、基性岩（SiO_2的含量为45%～52%）、中性岩（SiO_2的含量为52%～65%）和酸性岩（SiO_2的含量>65%）四类。随SiO_2含量增加，颜色由深变浅。所有岩浆岩都没有层次和化石。岩浆岩也可以按形成的深度分为喷出岩和侵入岩。其中侵入岩又分为浅成岩和深成岩。喷出岩是岩浆岩喷

出地表经冷凝固化而形成的。由于冷凝的速度比较快，所以一般多呈细粒结构。深成岩是在地下深处岩浆冷凝固化后所形成的岩石，由于冷凝速度比较缓慢，组成岩石的矿物颗粒比较粗大。岩浆岩占地壳岩石的95%，其中，分布较广、数量较多的主要有花岗岩、玄武岩、正长岩、安山岩、流纹岩、粗面岩、辉长岩等。

2. 沉积岩　沉积岩是在地表条件下，各种岩石（包括岩浆岩、变质岩及沉积岩本身）风化物经河流、风的搬运、沉积、压紧、胶结和硬化（成岩作用）而形成的岩石。沉积岩占地壳全重不过5%，但却覆盖地球表面的75%左右，对土壤形成具有重要意义。沉积岩具有层理构造，有些含有化石。常见的沉积岩主要有砾岩、砂岩、页岩及石灰岩和白云岩。数量最多的是页岩，占80%以上；其次为砂岩，约占15%；再次为石灰岩，约占5%，这3种沉积岩占全部沉积岩的99%。

3. 变质岩　由岩浆岩、沉积岩和原有的变质岩本身在高温、高压及化学活动性流体的作用下发生变质作用，结构、构造和化学成分发生改变而形成的岩石。其矿物成分与原来的岩石相似，但常含有变质过程中新形成的变质矿物，如红柱石、石榴石、十字石等。构造上的最大特征是具有定向排列，常呈片状、片麻状、板状等构造。分布较广、数量较多的变质岩主要有片麻岩、片岩、石英岩及大理岩等。

（四）岩石的风化作用

地表岩石、矿物在大气、水、温度及生物的影响下，所发生的一系列崩解和分解作用称为风化作用。地壳深处的岩石处于它生成时的热力条件，具有一定的稳定性。但是在各种地质作用下，岩石一旦露出地面，便会发生风化作用。按照风化作用的因素和特点，可将风化作用分为物理风化、化学风化和生物风化三种。这三者之间是相互联系，交织在一起，同时进行，难以截然分开的。

1. 物理风化　物理风化是指岩石在物理因素作用下，发生机械崩解破碎的过程。其风化特点是引起岩石的大小形状发生改变，而不改变其化学组成和成分。引起物理风化的因素主要是温度的变化。地表昼夜和四季之间都有显著的温度变化，使岩石表面和内部不断交替发生膨胀和收缩导致岩石产生裂隙和粉碎。除温度以外，流水的冲刷和磨蚀，水在裂隙中结冰膨胀，高寒地区冰川的磨蚀，旱地区风沙的磨蚀等都能导致矿物和岩石发生物理崩解和粉碎。物理风化的结果，使大块的岩石变成松散的碎屑，改变了岩石与水分、空气的关系，使水分和空气可以透过和流通，同时在岩石粉碎过程中，增大了表面积和接触面。

2. 化学风化　化学风化是指岩石在水、氧与二氧化碳等风化因素作用下，化学成分发生变化，产生新的物质的过程。化学风化的方式主要有溶解作用、水化作用、水解作用和氧化作用等。化学风化作用的结果是使风化产物变得更加微细，产生了一些黏土矿物，如高岭石、含水氧化硅、含水氧化铁、铝等胶体状态的微细颗粒，从而增加了母质的蓄水性能和吸收性能。矿物岩石中的养分元素也被释放出来，这些均是物理风化所不能达到的。

3. 生物风化　生物风化就是指生物在生命活动和新陈代谢过程中对岩石矿物产生的破碎和分解作用。生物风化作用主要表现在两个方面：生物的机械破坏作用和生物的化学分解作用。生物风化的结果，不仅促使岩石进一步破碎、分解和释放养分物质，更重要的是由于生物参与吸收了岩石中被释放出来的养分构成它自身的躯体，它们的生生死死积累了有机质，这就意味着土壤形成的开始。

（五）成土母质

地壳表面的岩石经过长期风化作用后，便形成了疏松、粗细不同的风化产物。这些风化产物有的被残留在原地，称为残积物。残积物经外力搬运和沉积，可以形成其他类型的堆积物。残积物和堆积物在岩石圈的上层构成一个薄薄的外壳，叫做风化壳。由于风化壳的上层是形成土壤的重要物质或母体物质，所以称为成土风化壳或成土母质。也就是说，岩石的风化过程就是成土母质的形成过程，岩石的风化结果便形成了成土母质。

母质具有它本身所特有的性质，它既不同于岩石，也不同于土壤。母质疏松多孔、透水通气，热的性质也有所发展，封闭在岩石矿物中的养分也逐渐被释放出来。同时由于黏粒和无机胶体的产生，比表面

积增大，对养料物质和水分具有微弱的保蓄能力，但是在母质中还没有植物生长所必需的氮素，水、气、热状况还不能很好地协调，因而母质尚不具备植物生长发育所需要的肥力条件。母质为土壤的形成创造了先决条件，因而母质是形成土壤的物质基础。

成土母质一般按风化物搬运动力和沉积的方式、特点不同，分为以下几个主要类型：

1. 残积母质　残积母质指岩石就地风化形成的风化物。多分布在山地顶部等较高且平的部位上。它的颗粒成分极不均匀，有岩石碎块，也有砂粒、黏粒，没有明显层次性。残积母质疏松，通透性好。由于此种母质来自其下的基岩，因此母质性质深受基岩的影响。由于地势较高，矿质元素和水分都易淋失，因而在这种母质上发育的土壤土层薄，其养分和水分都难以保持，肥力不高。

2. 坡积母质　坡积母质指山顶或山坡上部风化物，被流水搬运到山坡中、下部堆积起来形成的母质。其特点是颗粒成分不均，既有岩石碎块，又有砂粒和黏粒，无明显层次性。由于坡积母质经过搬运，其性质不一定与所覆盖的基岩的组成和性质相似，而是与当地较高地区的岩石有密切关系。在坡积母质上发育的土壤，土体疏松，通透性良好，因承受坡面上部冲下来的细土粒、养分物质和水分，所以土壤肥力较高。

3. 洪积母质　洪积母质指山上的各种岩石风化物被山洪携带至山前的坡麓、山口及平原沉积而形成的物质。洪积物往往形成洪积扇地形，它由山口向外围逐渐倾斜。有时相邻几个洪积扇连接起来，就形成了宽广平坦的山前平原。洪积物的颗粒磨圆度不佳，分选性差，粗细混杂。在山口处以砾石、粗砂为主，沉积层次不明显；向外逐渐过渡为细砂和黏土，沉积层次相对明显些。

4. 河流冲积母质　河流冲积母质是风化产物经河流搬运后在河流两岸和中、下游形成的沉积物。河流冲积物的颗粒分选性明显，一般是上游粗，下游细。山区河谷冲积物以卵石、砾石等物为主，平原河谷冲积物以较细颗粒为主。在同一河流两岸，贴近河床的沉积物较粗，远离河床的滩地沉积物较细，一般呈带状分布。不同时期河道的水流泛滥强度不同，沉积物性质不同，剖面呈现明显的层次性。河流冲积物的分布面积较广，特别是冲积平原和三角洲，地势平坦、土层深厚、养分丰富、水分充足，多形成肥沃的土壤。

5. 湖积母质　湖积母质是由湖水泛滥所携带的物质沉积而成的母质。湖积母质颗粒较细，层较厚。湖积母质的层次性一般不明显，养分物质丰富，形成的土壤较肥沃。

6. 风积母质　风积母质是由风力搬运和沉积而成的母质。特点是分选性好，颗粒粗细均匀，愈近风源，颗粒愈粗。这类母质在干旱地区分布较广。在砂质风积母质上形成的土壤，质地粗，易遭风蚀，漏水漏肥，养分极度缺乏，土壤肥力很低。

7. 黄土与黄土状母质　黄土与黄土状母质均属第四纪沉积物。典型的黄土呈黄色或棕黄色，质地均一，以粉砂颗粒为主，无沉积层理，有垂直节理，富含碳酸钙，土质疏松，通气性和透水性较好。黄土状母质和黄土母质的特征基本相同，但一般质地较细，碳酸钙含量变化较显著，常具有沉积层理，质地较黏，透水通气性较差。

二、土壤有机质

土壤有机质是指土壤中来源于生命的物质，包括动物、植物残体、微生物体及其分解和合成的有机物质。它是土壤固相物质主要组成之一，其含量在不同土壤中差异很大，高者达20%以上（如泥炭土），低者不足0.5%（如一些漠境土壤和矿质土壤）。在土壤学中，一般把表层含有机质20%以上的土壤称为有机土壤，含有机质20%以下的土壤称为矿质土壤。我国大多数农田土壤耕层有机质为1%～2%，很少超过5%；华北平原耕层土壤有机质含量一般为1%左右；山东省耕层土壤有机质含量大都在0.5%～0.6%之间。土壤中有机质含量虽少，但它是最活跃的成分，对肥力因素（水、肥、气、热）和作物生长影响很大，往往是评价土壤肥力水平的重要标志之一。

（一）土壤有机质的来源、类型及其成分

1. 土壤有机质的来源及类型　土壤有机质来源于死亡的动植物、微生物残体、植物的枯枝落叶和施

入土壤中的农家肥料，诸如厩肥、沤肥、堆肥、饼肥、河湖泥、人畜粪尿、还田的秸秆、绿肥以及城市居民生活垃圾、工矿企业"三废"物质中的有机物等。土壤有机质按形态特征可分为以下几类：一类是新鲜的有机物，即未分解的生物遗体；第二类是半分解的有机物，由于微生物的分解作用，已破坏了最初的结构，变成了分散的黑色小块或颗粒；第三类是经过微生物的分解和再合成而重新形成的一种褐色或暗褐色的大分子胶体物质，即腐殖质，它与矿物质土粒紧密结合，是土壤有机质主体部分，占有机质总量的85%～90%；第四类是生活在土内的小生物和微生物活体。

2. 土壤有机质化学组成　从化学元素看，土壤有机质的主要组成是：碳、氢、氧、氮以及磷、硫、钙、镁、钾、铁等灰分元素。由这些元素组成了动植物的各组织和器官的有机化合物，如蛋白质、淀粉、半纤维素、纤维素、果胶、脂肪、木质素和蜡质等。但这些普通的有机化合物在土壤有机质中所占的比例与在动、植物组织中的比例相比有很大变化，较易分解的淀粉、半纤维素和纤维素数量急剧减少，蛋白质和难分解的木质素含量明显增加。

（二）土壤有机质的转化过程

进入土壤中的有机质，在水分、空气、温度、pH等适宜的条件下，经过各种动物（特别是微生物）的作用和人类的活动而发生一系列复杂的转化过程。这种转化过程可归结为两个对立的过程，即有机质的矿（质）化过程和腐殖化过程。

1. 土壤有机质的矿（质）化过程　指土壤中有机残体在微生物的作用下，分解为简单的无机化合物，如无机盐、二氧化碳、水，并放出能量的过程。换句话说，有机质经过分解，把原来植物难以吸收的养分转变为植物可以吸收利用的有效养分，如碳、氮、磷、硫、钙、镁等。这一过程对释放养分和能量有利，不仅能为植物提供养分，而且能为微生物提供养分和能量；在矿化过程中还可能产生一些简单的有机物，为腐殖质的合成提供了原料。几乎所有的土壤有机质只有通过矿化过程，才能最终为作用吸收利用。但这个过程对有机质的积累不利，有机质经过矿化过程后，转变为无机物，有机质的含量减少。

土壤有机质的分解程度常用矿化率来表示，土壤有机质矿化率是指土壤中年消耗的有机质占土壤有机质总量的百分数。自然土壤中有机质的矿化率约为1%，耕作土壤为2%～5%。假设1hm^{2}耕地的表土重2 250 000 kg，土壤有机质的含量为1%，土壤有机质的矿化率为3%，则一年中土壤有机质矿化量为2 250 000×1%×3%=675 kg，即每年有675 kg的有机质彻底分解，如果有机质中含氮量为5%，则向土壤中提供氮素约34 kg。

2. 土壤有机质的腐殖化过程　指土壤中各种有机物质和矿化过程中所产生的中间产物在土壤微生物的作用下，合成组成和结构更为复杂的大分子有机化合物（即腐殖质）的过程。腐殖质的性质比进入土壤中的动、植物残体组分稳定，分解速度慢，所以，这一过程有利于土壤有机质的积累，即将易分解的有机质转化为较难分解的有机质，养分暂时贮存起来，然后逐渐缓慢分解供给植物吸收利用。

腐殖质形成的数量通常用腐殖化系数来表示。腐殖化系数是指一定周期内（通常是一年）单位重量有机物质在土壤中转化为腐殖质的重量。腐殖化系数因不同地区、不同的土壤、不同的有机物质而不同，在华北地区，各种还田的有机物料的腐化系数一般在1.5～4.0之间。

实际上，土壤中有机质的矿质化和腐殖化两个过程都不同程度地进行着，只是转化方向、速度和强度等因条件不同而异。土壤中有机残体的矿化过程是腐殖化过程的前提，腐殖化过程的产物又重新参与矿化过程。

（三）土壤有机质转化的影响因素

影响土壤有机质转化的因素有内因和外因两个方面。内因主要是有机物本身的种类、组成和老嫩程度等。一般草本植物比木本植物容易分解，鲜嫩组织比老化的组织容易分解；各种组织的化学成分不同，分解难易程度不同，一般有机残体的矿化顺序为：糖类、淀粉、简单蛋白质＞粗蛋白质＞半纤维素、纤维素＞木质素、脂肪、蜡质等。外因主要指影响有机质分解的外部条件，由于有机质的转化过程中微生物起着重大作用，所以凡是影响微生物活动的各种条件如水分、空气、温度、酸碱度和C/N（碳氮比）等都将影响

有机质的转化方向、强度和速度。

1. 水、气条件　最适宜生物残体矿质化的土壤含水量是土壤田间持水量的 70% ~80%，此时湿度适宜，通气良好，有利于好气微生物的活动，有机质分解快，释放养分多。在土壤湿度大、通气不良的缺氧情况下，有机残体分解速度变慢，有利于腐殖质化的进行，有机质分解不彻底，同时产生一些中间产物，如有机酸（乙酸、丙酸、丁酸）和一些还原性气体，如甲烷、硫化氢等。

2. 温度　土壤中生物残体在 25 ~30℃时，分解最迅速，过高、过低的温度均不利于微生物的活动，也不利于生物残体的分解。

3. pH　不同微生物对酸碱度的要求不同，大多数微生物和细菌适于中性（pH 为 6.5 ~7.5）条件下生活，过酸和过碱条件下都受抑制或死亡。

4. C/N 比　这是指有机质中的有机碳和有机氮的重量之比。一般来说，土壤微生物在分解土壤有机质时，每分解 25 份碳就需要吸收一份氮，当生物残体 C/N >25/1 时，则由于残体中的氮不能满足微生物同化的要求，致使生物体分解受阻。一般秸秆中 C/N 比值高达 60/1 ~100/1，为此，在秸秆还田和制作堆肥时应加入适量的人粪尿和速效氮肥，以调节植物残体的 C/N 比，防止微生物在分解时与高等植物争夺土壤中的有效氮，影响作物对速效氮素的吸收利用。

5. 土壤质地和结构　土壤黏粒含量高时，土壤有机质的分解较慢；土壤团聚体结构发育时，土壤有机质的分解也较慢，主要原因是黏粒和土壤团聚体结构对土壤有机质具有保护作用。

（四）土壤腐殖质的组成和性质

腐殖质是指土壤有机质在微生物的分解过程中，重新合成的一类成分和结构都比较复杂的，具有特殊性质的高分子含氮有机化合物。这类化合物具有三种基本成分，即芳核结构的环状化合物、含氮有机化合物和碳水化合物。分子结构上含有多种功能团（如羧基、羟基和酚羟基等），能与外界进行化学反应。有些腐殖质与黏粒矿物紧密结合在一起，所以难以完全分离。目前仍多采取分组方法，根据其颜色和在不同溶剂中的溶解情况分为三部分：胡敏酸、富里酸和胡敏素。腐殖质的主要成分是胡敏酸和富里酸，这二者统称腐殖酸。腐殖质各组分的特性如下：

1. 胡敏酸（褐腐酸）胡敏酸分子的元素组成：含碳 52% ~62%，氢 3% ~4.5%，氧 30% ~39%，氮 3.5% ~5%，此外还有磷和硫等；胡敏酸分子上含有各种功能团，一般认为有 4 个羟基和 3 个酚羟基，这些功能团上的氢解离出去，使胶体带负电荷，所以能吸附阳离子。胡敏酸的阳离子交换量比较高，一般在 300 ~500cmol/kg 之间（依不同土壤而异），具有较强的保肥能力；胡敏酸与一价盐基离子（如 Na^+、K^+）所形成的盐类能溶于水，与二价以上的盐基离子（如 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}）所形成的盐类则不溶于水。所以胡敏酸成为形成水稳性团粒结构不可缺少的物质。

2. 富里酸（黄腐酸）富里酸的分子组成与胡敏酸相同，但它是在多水和酸性条件下形成的，所以与胡敏酸又有所不同。富里酸为淡黄色溶液，在酸中不沉淀；含碳较胡敏酸分子低（44% ~48%），含氧高（45% ~48%）；具有较强的酸性，有强烈腐蚀矿物的能力；与一、二价盐基离子所形成的盐类都溶于水，所以它不利于水稳性团粒结构的形成。

3. 胡敏素（黑腐素）胡敏素是进入黏粒矿物晶格中与矿质土粒牢固结合的胡敏酸（同素异构体），两者在化学本性上无甚差异。此外还包括原植物残体所含的极其稳定的、不易用稀碱提取的某些化合物（如木栓质、角质等）。

不同地区、不同土壤的腐殖质有一定差异。例如，我国北方半干旱和干旱地区的土壤腐殖质中以胡敏酸为主（在草本植被、中性和碱性条件下形成的）；在南方温湿和酸性地区的土壤腐殖质中则以富里酸为主（在木本植被、多水和酸性条件下形成的）。在农业土壤中，熟化程度越高，胡敏酸比例越大，胡敏酸/富里酸比例增大，功能团增多，交换量增大，腐殖质的品质优良。

（五）土壤有机质在土壤肥力上的作用

在通常情况下，土壤有机质含量的高低可作为土壤肥力高低的重要指标之一。土壤有机质的含量多

少与植物生长发育期的养分供应密切相关，同时对于创造良好的土壤结构，调节土壤养分、水分、空气和热量状况具有重要意义。

1. 土壤有机质是植物和微生物营养物质的主要来源　土壤有机质含有极为丰富的植物生长所需的氮、磷、硫等大、中量元素和铁、锰、铜、锌、硼、钼、氯等微量元素，经过微生物的矿质化作用，释放营养元素，供给植物和微生物生活的需要。微生物在分解有机质的过程中，取得了生命活动所需要的能量，同时产生的二氧化碳供给植物的碳素营养。高等植物亦能直接吸收并同化某些土壤中的简单有机物质，作为直接养料来源。

2. 土壤腐殖质可促进植物和微生物的生理活性　研究表明，一定浓度下的腐殖酸能改变植物细胞糖的代谢，促进还原糖的积累，提高细胞的渗透压，有利于植物吸收土壤中的水分而提高抗旱能力；腐殖酸能提高过氧化酶的活性，加速种子发芽和种子对养分的吸收，增加生长速度；稀浓度的胡敏酸溶液，能加速植物的呼吸作用，增加细胞膜的透性，有利于细胞的分裂和根系的发育。

3. 土壤有机质可提高土壤的保蓄能力　土壤有机质疏松多孔，特别是腐殖质，具有巨大的比表面积和表面能，带有大量负电荷，能吸收大量的阳离子（如 K^+、NH_4^+、Ca^{2+}、Mg^{2+} 等）和水分（吸水能力超过本身重量的 5 倍），比矿质胶体大几倍至几十倍，所以有利于保水、保肥。

4. 有机质可改善土壤的物理性质　腐殖质本身疏松多孔，其黏性远小于黏粒的黏性，所以它能降低黏质土的黏性，减少耕作阻力，提高耕作质量。另一方面它可提高沙土的黏性，改善其过分松散的状态。腐殖质是良好的胶结剂，在有电解质，尤其是钙离子存在的条件下，与分散的土粒胶结成良好的水稳性团聚体，从而可调节土壤的养分、水分、空气和热量的矛盾。

5. 腐殖质调节土壤化学性质的作用　腐殖质巨大的吸收代换能力，提高了土壤对酸碱的缓冲性。因为土壤溶液中的 H^+ 可与腐殖质胶体上吸附的盐基离子进行交换，而降低了土壤溶液中的酸度；当土壤溶液中 OH^- 多时，腐殖质胶体上解离下来的 H^+ 可与 OH^- 结合成水，而使土壤碱度降低。

6. 有机质促进岩石和矿物的风化作用　有机质分解后产生各种酸类，对于矿物、岩石均有不同程度的分解能力，特别是富里酸对矿物、岩石分解能力很强，形成次生黏土矿物和释放出植物所需的营养元素。

7. 有机质对提高土壤温度的作用　有机质为暗色物质，一般由棕色至黑褐色，吸热能力很强，可提高土温，改善土壤热量状况，对作物苗期的发育、微生物活动均有明显作用。

8. 土壤腐殖质是土壤环境的净化剂　腐殖质能络合土壤中的金属离子，然后通过灌溉和降水淋洗，将有毒的重金属离子排出土体，起到了净化土壤的作用。同时还能消除土壤中的农药残毒，如胡敏酸吸收溶解三氮杂苯除莠剂，0.5% 的胡敏酸钠能溶解 DDT，其溶解度比水大 20 倍。

（六）土壤有机质的调节

调节土壤有机质的主要目的是培肥土壤。调节的途径主要有两种，一是通过作物的轮作和栽培进行；二是增施有机物料。

科学地施用有机物料要结合施用目的选用不同的有机物料。以供应养分为主要目的时，应选用鲜嫩绿肥、人粪尿等短期内易分解、C/N 比小的有机物料，对不易分解和 C/N 大的有机物料应堆腐，等到腐熟后再施用；以提高土壤基础肥力为主要目的时，应选用秸秆、厩肥等 C/N 大、腐殖化系数高的有机物料，且不宜堆腐。目前，农业生产中化肥用量的增加，但有机物料的施用不足，所以，施用有机物料应以提高基础肥力为主要目的，兼顾供应各种养分，特别是有机营养，以改善产品品质。

在农业生产中，要充分利用各种有机物来保持和提高土壤有机质的含量。在生产实践中增加土壤有机质含量的途径如下：

1. 种植绿肥　种植绿肥在我国有悠久的历史，绿肥是我国农业生产中有机肥料的重要来源，绿肥分解快，腐殖质的形成也较快。在长江中下游及其以南地区有大面积发展，北方地区对绿肥的种植也很重视，在粮食作物中播种绿肥，培肥土壤，效果较好。

2. 增施有机肥料　堆肥和沤肥是有效利用 C/N 高的有机物料的方法。作物茎秆的 C/N 一般在 40～60，不宜直接施入，经堆沤后肥效既稳又长，并有利于保护环境、减少污染。厩肥是土壤有机质的良好来源，如连续几年施用，可显著提高有机质含量。

3. 秸秆还田　我国具有丰富的秸秆资源，进行秸秆还田不仅能增加土壤有机质含量，而且可以减少资源的浪费，减少农业废弃物对环境的污染，是经济有效的培肥土壤的途径。

4. 调节土壤的环境条件　影响微生物活动的因素均影响矿化过程和腐殖化过程。因此，除了有机残体本身的化学组成外，控制影响微生物活动的土壤温度、湿度、通气状况和土壤酸碱反应等因素，也可以达到调节土壤有机质的矿化和积累的目的。要使土壤有机质分解既不能太快，也不能太慢，以适应作物生长发育的需要。要控制土壤有机质转化进程、方向和速度，注意处理好养分释放和腐殖质积累的关系，做到合理利用有机物来培肥土壤，保持地力常新。

第三节　土壤形成因素和成土过程

一、土壤形成因素学说

土壤形成因素又称成土因素，是影响土壤形成和发育的基本因素。土壤形成因素学说是现代土壤学最重要的部分之一。19 世纪末，俄国土壤学家 B·B·道库恰耶夫对俄罗斯大草原土壤进行了调查，提出了土壤是地理景观的一面镜子，是一个独立的历史自然体；土壤是在母质、气候、生物、地形和时间的综合作用下形成的，这五大成土因素始终是同时地、不可分割地影响着土壤的发生和发展，同等重要和不可相互代替地参加了土壤的形成过程，制约着土壤的形成和演化，土壤分布由于受成土因素、地理分布规律的影响而具有地理规律性。此后，土壤形成的学说得到了进一步的发展，如 20 世纪 40 年代，美国著名土壤学家詹尼补充和发展了道库恰耶夫的成土因素学说，提出了“土壤形成因素函数”的概念，认为土壤是生物、气候、地形、母质、时间以及其他未知因素的函数。

二、成土因素的作用

（一）气候

气候支配着成土过程的水热条件，水分和热量对土壤形成的影响主要表现在两个方面：一是直接参与母质的风化，水热状况直接影响矿物质的分解与合成及物质的淋失与积累过程；二是在很大程度上控制植物生长和微生物的活动，影响土壤有机质的积累和分解，决定营养物质的生物学循环的速度和范围。气候条件作为一个土壤外部综合地理环境要素，在风化和土壤形成过程中起着极其重要的作用，直接或间接地影响土壤形成过程的方向和强度，有时能决定着土壤的类型。在排水良好、地形比较平稳的条件下，区域的气候能充分地影响土壤的形成过程，并明显地显示在土壤的性质与外部形态上，这种条件下发育的土壤称为显域土。土壤的形成受地带性因素影响不明显时，称为隐域土。母质因素影响较强，而且成土时间较短的，称为泛域土。

（二）生物

生物因素是促进土壤发生发展最活跃的因素。土壤形成的生物因素包括植物、土壤动物和土壤微生物。由于生物的生命活动，把大量的太阳能引进成土过程中，使分散在岩石圈、水圈和大气圈中的营养元素向土壤表层富集，形成土壤腐殖质层和良好的疏松结构，使成土母质的物理、化学和生物学性质发生了根本的改变，使土壤具备肥力特征，推动了土壤的形成和演化。所以从一定的意义上说，没有生物因素的作用，就没有土壤的形成过程。

（三）母质

母质是形成土壤的物质基础，是土壤的“骨架”，是土壤中植物所需养分的最初来源，对土壤的形成

过程和土壤的属性都有很大的影响，母质的类型、组成和性质直接影响成土过程的速度、性质和方向，影响着土壤的物理、化学性质。年轻土壤的一些性质主要是继承母质的，即使最古老的土壤也残留着母质的影响。在生物、气候条件相同的情况下，母质在影响土壤性质、土壤肥力特征以及土壤类型的分异上起着决定性的作用。

（四）地形

地形因素并不向土壤中提供新的物质，但它是影响土壤和环境之间进行物质、能量交换的一个重要条件。其作用主要表现在：一方面地形使母质和其他物质在地表进行再分配；另一方面使母质及土壤在接受光、热、水分条件方面发生差异。

（五）时间

时间和空间是一切事物存在的基本形式。土壤不仅随着空间条件的不同而变化，而且随着时间的推移而演变。在其他因素相同的情况下，具有不同年龄或不同发生历史的土壤必然属于不同类型的土壤。土壤年龄分为绝对年龄和相对年龄两种。绝对年龄是指该土壤在当地新鲜风化层或新母质上开始发育时算起迄今所经历的时间，通常用年来表示。相对年龄是指土壤的发育阶段或土壤的发育程度，无具体年份，用土壤剖面分异程度加以确定。在一定区域内，土壤的发生土层分异越明显，剖面发育度越高，相对年龄就大；反之相对年龄小。通常所谓的“土壤年龄”是指相对年龄。

（六）人为因素

人为因素在土壤形成过程中具有独特的作用，它与其他五个因素有本质的区别，不能同等看待。人类活动对土壤的发生发育的影响十分强烈，在人类活动起主导作用时，土壤的发生发展过程进入了农业土壤的发生发展的阶段，有些过程的速度远远超过自然演化过程。人类活动既能定向培育土壤，提高土壤肥力，也能破坏土壤，造成土壤退化。

三、土壤形成过程

土壤是在一定的时间和空间条件下，在母质、气候、地形、时间等诸多成土因素的共同作用下，经过一定的土壤形成过程而产生的。土壤形成过程主要特点表现在：土壤形成过程是复杂的物质与能量迁移和转化的综合过程；土壤形成过程是随着时间进行的；土壤形成过程由一系列生物、物理、化学和物理化学的基本过程构成；土壤形成过程是在一定的地理位置、地形和地球重力场之下进行的。

不同的土壤有不同的主导成土过程，成土过程的多样性形成了众多的土壤类型。

（一）成土过程中的地质大循环与生物小循环

1. 地质大循环　物质的地质大循环是指地面岩石的风化、风化产物的淋溶与搬运、累积，进而再次成岩作用，这是地球表面恒定的周而复始的大循环。

2. 生物小循环　生物在大循环风化产物的基础上进行植物营养元素的富集、保蓄，使部分营养元素暂时脱离地质大循环的轨道，这就是营养元素的生物小循环。

地质大循环和生物小循环相互渗透，不可分割地同时进行着，土壤的形成是地质大循环和生物小循环矛盾统一的结果。

（二）基本成土过程

土壤是一个复杂的动力学系统，在这个系统中进行着无数的基本作用，成土过程是在一定的自然环境中这些作用的总和。土壤中的成土作用可分为物理的、化学的和生物学的，但它们之间并不存在绝对的界限。土壤中进行的物理作用主要有团聚作用、迁移与富集、侵蚀与堆积、冻融作用、干湿交替、膨胀收缩与剥落作用；化学作用主要有水化、水解、溶解、黏粒矿物形成、氧化还原和合成分解；生物学作用主要包括物质转化、有机质的形成分解及硝化固氮等。土壤发生中普遍存在的基本成土作用主要有有机质的形成和分解、原生矿物的分解和黏粒矿物的形成及物质的迁移等。

（三）形成主要土壤发生层的成土过程

1. 有机质积聚过程　有机质积聚过程是指在植物作用下，有机质在土体上部积累的过程。有机质积聚过程的结果是使土体发生分化，在土体上部形成一个暗色的腐殖质层。

2. 黏化过程　黏化过程是指土体中的矿质颗粒由粗变细而形成黏粒，以及黏粒在剖面中积累的过程，主要有残积黏化和淀积黏化两种。残积黏化过程是指土体内的原生矿物进行原地的土内风化而形成黏粒的过程。淀积黏化是指在湿润和半湿润的温暖地带，土体上层风化的黏粒分散于土壤下渗水形成悬液，并随渗漏水在土体内迁移，悬迁至一定深度发生淀积而该土层黏粒增加的过程。黏化过程的结果往往是在土体的中、下层形成一个相对黏重的土层，即黏化层。

3. 钙化过程　特指土壤剖面中钙的淋溶与淀积过程，包括脱钙和钙积过程。脱钙过程是指在水和二氧化碳存在的情况下，碳酸钙形成可溶的重碳酸盐，并随水分移动淋溶出某一土层或整个土体的过程。钙积过程是指当土壤脱水或二氧化碳分压降低的情况下，溶液中的重碳酸盐转化为难溶的碳酸盐在土壤中淀积的过程。钙积过程的结果往往在土体的中、下部形成钙积层，碳酸钙含量一般在10%～20%之间，碳酸钙淀积的形态有粉末状、假菌丝体、眼斑状、结核状或层状等。

4. 盐化与脱盐过程　盐化过程是指成土母质中的易溶、可溶盐被淋洗到地下水中，并随着地下水迁移到排水不畅的低洼地区，在蒸发量大于降水量的情况下，盐分又被上行水携带到土体表层集聚的过程，多发生于干旱、半干旱地区。脱盐过程是指土壤中的可溶盐分通过降水或人为灌溉洗盐而迁移到土体下层或排出土体的过程。

5. 碱化与脱碱过程　碱化过程指钠离子在土壤胶体上的累积，使土壤呈强碱性反应，并形成物理性质恶化的碱化层的过程。脱碱过程是指通过淋洗和化学改良，使土壤碱化层中钠离子及易溶盐减少，土壤胶体上的钠饱和度降低的过程。

6. 白浆化过程　白浆化过程是指在季节性还原淋溶条件下，土体中铁、锰和黏粒淋溶与淀积的过程。白浆化过程的结果往往在腐殖质层下形成一个粉沙含量高，铁、锰贫乏的白色淋溶层，即白浆层，在剖面中、下部形成铁、锰和黏粒的淀积层。

7. 潜育化过程　潜育化过程是指土壤长期渍水，有机质进行嫌气分解，铁、锰强烈还原形成灰蓝或灰绿土体的过程。主要发生在排水不良的水稻土或沼泽土的剖面下部。

8. 潴育化过程　潴育化过程又称潮化过程，是指土壤渍水带经常上下移动，土体干湿交替，使土壤中交替进行氧化还原反应的过程。该过程的结果往往是在土体中、下部出现含有锈纹、锈斑、铁锰结核和红色胶膜等物质的层次。

9. 熟化过程　熟化过程是指在耕作条件下，人类定向培育土壤，使土壤向有利于高产方向转化的过程。熟化过程是土壤兼受自然因素和人为因素的综合影响下进行的土壤发育过程。通常把旱作为主的培肥过程称为旱耕熟化过程，把淹水耕作的培肥过程称为水耕熟化过程。

四、土壤主要发生层

随着土壤形成过程的进行，原来均质的母质发生分异，形成不同的土壤发生层。

H层：在长期水分饱和的情况下，湿生性植物残体在表面累积形成的一种有机物质层，即泥炭层。

O层：在通气干燥条件下，植物残体不能分解而大量在地表累积形成的有机物层。新鲜或部分分解的有机物质，是枯枝落叶堆积过程。

A层：腐殖质表层或受耕作影响的表层。

E层：淋溶、灰化、漂白层。过去也用A_2层表示。

B层：物质淀积或聚积层，母质的特征已经消失或仅微弱可见。淀积的物质可能是硅酸盐黏粒，铁、铝或腐殖质，或以单独的形式，或以联合的形式淀积或累积。不同的物质淀积往往对应着不同的成土过程，因此，B层是各种各样的。常用后缀小写字母来限定B层，以便在剖面描述中代表不同的淀积物质。

C 层：母质层。C 层是风化过程的产物，风化是地质过程而非土壤过程。

R 层：基岩层。R 层的岩石即使在湿润时也不能用铁锹挖动，所以泥质岩并不是 R 层。允许根系在其中发育的砾石层被认为是 C 层，而不是 R 层。

第四节　土壤分类

一、土壤分类的基本概念和要求

土壤分类不仅是在不同的概括水平上认识和区分土壤的线索，也是进行土壤调查、土壤评价、土壤利用规划和交流有关土壤科学和农业生产实践研究成果，以及转移地方性土壤生产经营管理经验的依据。不同时期的土壤分类反映当时土壤科学发展的水平。

（一）基本概念

1. 土壤分类　土壤分类是根据土壤的发生发展规律，通过大量具体材料的对比，将外部形态和内在性质相近或相似的土壤归入相当的分类单位，并由此建立起一个符合逻辑，正确反映土壤之间、土壤与环境之间在发生学联系的多级系统。土壤分类是认识土壤的基础，是进行土地评价、土地利用规划和推广农业技术的依据，也是研究土壤的一种基础方法。

2. 土壤分类单元　是按照一定的分类目的，根据对客观存在的土壤实体的性质的认识，选择某些性质作为区分标准，按照在这些性质上的差异而人为划分的。对于同一土壤实体，采用不同的分类体系和分类标准对其分类，则会产生不同的分类单元。

（二）土壤分类的原则和依据

土壤分类要遵循发生学原则，把成土因素、成土过程和土壤性质结合起来考虑，主要根据土壤性质进行分类。分类的依据有三个方面：一是成土因素对土壤的影响和作用；二是成土过程的特征；三是土壤属性。

（三）土壤分类工作的内容

1. 类别的区分 按不同土壤的特征区分土壤。

2. 概括和归纳 根据土壤的主要特征（指标）进行比较、归纳，概括每一分类级别的分类指标。

3. 分级编排 根据土壤特性分级编排，构成多级分类单元体系，从低级到高级单元土壤性质差别增大。

4. 命名。

二、中国土壤分类系统

（一）现行中国土壤分类体系的分类思想

中国现行的即国家在土壤调查中统一使用的土壤系统属于地理发生学分类体系。其指导思想是：每一个土壤类型都是在各成土因素的综合作用下，由特定的主要成土过程所产生，且具有一定的土壤剖面形态和理化性状的土壤。在鉴定土壤和分类时，比较全面注重将成土条件、土壤剖面性状和成土过程相结合而进行研究，即将土壤属性和成土条件以及由两者推论的成土过程联系起来，这就是所谓的以成土条件－成土过程－土壤性质统一来鉴别和分类土壤的指导思想。

（二）分类系统

比较完整的中国土壤分类系统，是全国第二次土壤普查办公室于 1978 年为开展第二次土壤普查而制定的《中国土壤分类暂行草案》，1984 年经修改拟定为《中国土壤分类系统》，共包括 12 个土纲、28 个亚纲、61 个土类、233 个亚类。其高级分类自上而下是土纲、亚纲、土类、亚类，低级分类自上而下是土属、

土种和变种。

土纲　是土壤重大属性差异的归纳和概括，反映了土壤不同发育阶段中，土壤物质迁移积累所引起的重大属性差异。

亚纲　在同一土纲中，根据土壤形成的水热条件和岩性的重大差别划分。

土类　是高级分类的基本单元，它是根据成土条件、成土过程和由此形成的土壤属性三者的统一和综合进行划分的。同一土类的土壤、成土条件、主导成土过程和主要属性相同。而土类之间具有质的差别。

亚类　土类的续分，是根据代表土类的主导成土过程以外的附加成土过程而划分的。

土属　主要根据成土母质的成因类型与岩性，区域水文条件、盐分类型等地方性因素的差异划分。

土种　土壤基层分类的基本单元，根据土壤剖面构型和发育程度来划分，如土层厚度、腐殖质层厚度、盐分含量、淋溶深度、淀积深度等。

亚种　又称变种，是土种的辅助划分单元，一般根据耕层或表层性状的差异划分。

该分类系统的高级分类单元主要反映的是土壤在发生方面的差异，而低级分类单元则主要考虑到土壤在其生产利用方面的不同。高级分类用来指导小比例尺的土壤调查制图，反映土壤的发生分布规律；低级分类用来指导大、中比例尺的土壤调查制图，为土壤资源的合理开发利用提供依据。

（三）命名方法

中国土壤分类系统采用连续命名与分段命名相结合的方法。土纲和亚纲为一段，以土纲名称为基本词根，加形容词或副词前缀，构成亚纲名称，即亚纲名称是连续命名，如钙层土土纲中的半干旱温钙层土，含有土纲与亚纲名称；土类和亚类又成一段，以土类名称为基本词根，加形容词或副词前缀，构成亚类名称，如淋溶褐土。而土属名称不能自成一段，多与土类、亚类连用，如酸性岩洪积物潮棕壤是典型的连续命名法。土种和变种也不能自成一段，必须与土类、亚类、土属连用，如黏壤质（变种）厚层黄土性草甸黑土，但各地命名方法情况有所差别。

三、其他土壤分类系统

（一）美国土壤系统分类

1. 美国土壤系统分类的特点和影响　1960 年，美国土壤保持局推出了第七次土壤分类修订稿，1975 年正式出版了《土壤系统分类》。自 1983 年起，每两年修订出版一次《美国土壤系统分类检索》。美国土壤系统分类也遵循了土壤发生学思想，但是它将过去的发生学土层和土壤特征给予了定量化，建立了一系列的诊断层和诊断特征。这一分类系统的发展，对世界各国的土壤分类系统产生了很大影响，目前已有 45 个国家直接采用这一分类，80 多个国家将它作为本国的第一或第二分类。

2. 诊断层和诊断特征　诊断层和诊断特征是美国土壤系统分类中用来命名和鉴定土壤的主要依据。诊断层是指用于识别土壤分类单元，在性质上有一系列定量说明的土层。诊断特征是指作为分类目的的、具有定量指标的土壤性质（形态的、物理的、化学的），它们不体现或表现为特定的土层。

3. 系统分类的结构与命名　美国系统分类是包括土纲、亚纲、土类、亚类、土族和土系六级分类单元的土壤分类系统。该分类系统采用拉丁文与希腊文词根拼缀法，实际以土纲名称的字根为基础，累加一系列形容词和副词，分别顺次构成亚纲、土类、亚类、土族的名称，土系则按首先发现的地名命名。

（二）联合国世界土壤图的土壤单元

1961 年，联合国粮农组织和教科文组织共同提出了一个包括两级制的土壤分类体系，并确定了世界土壤图的单元。FAO－UNESCO 世界土壤图（1∶500 万）第一卷图例说明中，共有 26 个土壤单元。

四、中国土壤系统分类

随着国际交往的增加，土壤系统分类逐步传入中国。1985 年我国开始了中国土壤系统分类的研究。

（一）中国土壤系统分类的特点

以诊断层和诊断特性为基础的中国土壤系统分类既与国际接轨又有中国特色。除有分类原则、诊断层和诊断特性、分类系统外，还有一个检索系统，每一种土壤可以在这个系统中找到所处的分类位置，也只能找到一个分类位置。

①以诊断层和诊断特性为基础：诊断层是用以识别土壤类型，在性质上有一系列定量说明的土层。诊断层和诊断特性是现代土壤分类的核心，没有诊断层和诊断特性，就谈不上系统分类。②以发生学理论为指导，土壤发生学理论仍具有指导意义。③面向世界，与国际接轨。④充分注重我国特色。

（二）分类系统和命名原则

中国土壤系统分类为多级分类，包括土纲、亚纲、土类、亚类、土族和土系六个分类级别单元的分类系统。该系统把全国土壤分为14个土纲、39个亚纲、141个土类和495个亚类。

高级分类级别：土纲、亚纲、土类和亚类，主要供小比例尺土壤图确定制图单元用。

基层分类级别：土族和土系，主要供大比例尺土壤图确定制图单元用。

中国土壤系统分类的命名，土纲－亚类分类单元采用连续命名方法，土族在此基础上加上颗粒大小级别、矿物组成等，土系另列一段，单独命名。

五、山东土壤分类系统

山东省第二次土壤普查应用土壤发生分类系统进行土壤分类，共分为6个土纲（淋溶土、半淋溶土、初育土、半水成土、盐碱土、人为土）、9个亚纲、15个土类（棕壤、褐土、潮土、砂姜黑土、盐土、滨海盐土、碱土、水稻土、粗骨土、石质土、风沙土、红黏土、新积土、山地草甸土）、37个亚类、86个土属和258个土种。

第五节　土壤分布

土壤是在各种自然条件和人为因素综合作用下形成的，在一定的条件下，会形成一定的类型，并且占有一定的空间。随着自然条件和人为因素的变化，土壤类型及其在空间上也表现有规律的分布，这便是土壤分布规律。土壤在地理分布上可与生物、气候条件相适应，表现为广域的水平分布规律和垂直分布规律；和地方性的母质、地形、水文、成土年龄等条件相适应，表现为区域性分布规律；在耕作、灌溉和施肥的影响下，土壤分布又受到人类生产活动的影响。

一、土壤分布的水平地带性

在水平方向上，土壤随生物气候带而演替的规律称为土壤的水平地带性，包括土壤的纬度地带性和经度地带性。

土壤纬度地带性：是指土壤随纬度不同而呈现的规律性分布。它的形成与热量自赤道向两极逐渐递减有着密切的关系。

土壤经度地带性：是指土壤随经度不同而出现的变化，在类似的热量条件下，由于距离海洋远近，山脉的走向、风向等差异，引起土壤类型的地方性差异，从而使土壤分布出现经度地带性。

我国土壤的水平地带性分布，由东部湿润海洋地带谱与西部干旱内陆地带谱所构成，而在两者之间存在过渡性土壤地带谱。

二、土壤分布的垂直地带性

土壤分布的垂直地带性是指土壤随地势的增高而发生的土壤演替规律。土壤垂直地带性分布是山地生物伴随地势改变而造成的。随地形海拔高度的变化，水热条件发生有规律的变化，岩石风化、自然植被等也发生相应的变化，从而造成土壤分布有规律的变化。

山地土壤由基带土壤自下而上依次出现一系列不同的土壤类型，构成一个山地土壤垂直带谱。山体的大小与高低、山地所在的地理位置、坡向与坡度等都影响着土壤的发育和分布，因而土壤的垂直地带谱的类型和结构是复杂多样的。

三、土壤的区域性分布

土壤的水平地带性和垂直地带性是广域土壤的地理分布规律，它们主要受生物、气候因素制约。在此基础上，尚有一系列土壤的中域或微域分布。这种分布虽然因生物气候带不同而有所变化，但主要是由中小地形、水文地质条件、成土母质及人为改造地形而形成的。

（一）土壤的中域性分布

土壤的中域性分布，是由于中地形的影响，引起水热条件和土壤组成物质的重新分配，使土壤分布按不同地形部位呈有规律的组合。根据土壤组合的特点，土壤的中域性分布可分为枝形、扇形、盆形三种。

枝形土壤组合：在高原与低山丘陵地区，由于沟谷的发育，水系多呈树枝状伸展，各条水系分支间，自丘陵顶到谷底，反复出现类似的土壤分布规律，由此构成的土壤组合，称为枝形土壤组合。这种土壤组合由相应的地带性土壤、水成与半水成土壤组成，具体土壤组合的成分因所在地带不同而异。

扇形土壤组合：这种土壤组合见于山前洪积—冲积平原中，在山麓的扇形地上，从扇形地上部的粗骨性土壤，直到扇缘地区的草甸土、沼泽土或盐化土壤等组合。

盆形土壤组合：也称为同心圆状土壤组合，多见于内陆湖泊四周，随地形由四周向中心倾斜，水分状况也发生相应变化，以湖泊为中心向外扩展，依次出现沼泽土、草甸土与地带性土壤。

镶嵌土壤组合：主要是由山体的阳坡与阴坡交互出现而呈现出有规律的土壤组合。如果是一些小丘陵与谷地的重复出现，其土壤组合则称为土壤链。

（二）土壤的微域分布

土壤的微域分布，是指在较小的区域内，由于小地形、地下水或地表水、植被等的差异，而使土壤类型出现较为复杂的组合形式，多以土壤复区出现。归纳起来，可分为梯田式、棋盘式与云朵式复域分布。

第五章　土壤理化性质

第一节　土壤物理性质

一、土壤质地

（一）土粒和粒级

土粒（土壤颗粒）是构成土壤固相骨架的基本颗粒。根据土粒的成分，分为矿物质土粒和有机质土粒两种。土壤学中把土粒按粒径的大小是否相近、性质是否相似划分为若干等级，称为土壤粒级（粒组）。土粒分成多少个粒级（粒组），各粒级间的分界点定在哪里，各国的划分方法和标准有所不同，基本的粒级有石砾、砂粒、粉粒和黏粒等。

常见的土壤粒级制的分类标准

当量粒径（mm）	中国制（1987 年）	卡钦斯基制（1957 年）			美国农业部制（1951 年）	国际制（1930 年）
3 ~ 2	石砾	石砾			石砾	石砾
2 ~ 1					极粗砂粒	粗砂粒
1 ~ 0.5	粗砂粒	物理性砂粒	粗砂粒		粗砂粒	
0.5 ~ 0.25			中砂粒		中砂粒	
0.25 ~ 0.2	细砂粒		细砂粒		细砂粒	
0.2 ~ 0.1					极细砂粒	细砂粒
0.1 ~ 0.05						
0.05 ~ 0.02	粗粉粒		粗粉粒		粗粒	粉粒
0.02 ~ 0.01						
0.01 ~ 0.005	中粉粒	物理性黏粒	中粉粒			
0.005 ~ 0.002	细粉粒					
0.002 ~ 0.001	粗黏粒		细粉粒		黏粒	黏粒
0.001 ~ 0.0005	细黏粒		黏粒	粗黏粒		
0.0005 ~ 0.0001				细黏粒		
<0.0001				胶质黏粒		

不同粒级的理化性质不同，对土壤肥力的影响也不同。

1. 石块　为块状岩石，在山区土壤中含量较多，石块多的土壤不利于耕作和作物生长，一般适于植树种草。

2. 石砾　多为岩石碎块，通透性好，保蓄性差，养分贫缺，不利于作物生长，耕作损坏农具，应进行改良。

3. 砂粒　主要为原生矿物，以石英颗粒为主。因颗粒粗大，形成孔隙大，土壤通透性强，保水保肥能力差，养分含量低，毛管作用弱，无黏结性、黏着性、可塑性、胀缩性，作物易扎根，但扎根不稳。

4. 粉粒　与砂粒相比，其颗粒变小，比表面积较大，粒间孔隙变细，所以通透性较砂粒弱，毛管水上升高度高，保蓄性提高，胀缩性和可塑性明显增强，养分含量较高，但干时易发生板结。

5. 黏粒　主要为黏粒矿物，颗粒细小，比表面积巨大，具有胶体特性，保水保肥能力强，养分丰富。黏结性、黏着性、可塑性、胀缩性都很强，遇水膨胀易堵塞毛细管，故通透性差。毛管水上升高度不如粉砂，所以湿时黏韧，干时坚硬，不易耕作。

（二）土壤机械组成和土壤质地

土壤中各粒级的相对含量称为机械组成或颗粒组成。土壤质地是根据机械组成划分的土壤类型。土壤质地与土壤机械组成的含义不同，每种质地的机械组成都有一定的变化范围。机械组成基本相同的土壤具有相同相似的特性，通常将机械组成相近的一类土壤划为同一土壤质地类型。根据土壤的机械组成进行土壤分类，叫做土壤质地分类。与不同的粒级制相对应，不同国家采用不同的土壤质地分类制，即中国土壤质地分类、国际制土壤质地分类和卡钦斯基土壤质地分类。这三种质地分类制虽然分类方法不同，但有一个共同点，都是粗分为砂土、壤土和黏土三类，不同质地制的砂土（或壤土、黏土）之间，在农业利用和工程建设上大体相近。

中国土壤质地分类

质地名称		颗粒组成(%)(粒径:mm)		
		砂粒(1~0.05)	粗粉粒(0.05~0.01)	细粉粒(<0.001)
砂土	极重砂土	<80		<30
	重砂土	70~80		
	中砂土	60~70		
	轻砂土	50~60		
壤土	砂粉土	≥20	≥40	
	壤土	<20		
	砂粉土	≥20	<40	
	粉土	<20		
黏土	轻黏土			30~35
	中黏土			35~40
	重黏土			40~60
	极重黏土			>60

国际制土壤质地分类

质地分类		各粒组土粒含量(%)(粒径:mm)		
类别	质地级别名称	砂粒(2~0.02)	粉砂粒(0.02~0.002)	黏粒(<0.02)
砂土类	砂土、壤质砂土	85~100	0~15	0~15
壤土类	砂质壤土	55~85	0~45	0~15
	壤土	40~55	30~45	0~15
	粉砂质壤土	0~55	45~100	0~15
黏壤土类	砂质黏壤土	55~85	0~30	15~25
	黏壤土	30~55	20~45	15~25
	粉砂质黏壤土	0~40	45~85	15~25
黏土类	砂质黏土	55~75	0~20	25~45
	粉砂质黏土	0~30	45~75	25~45
	壤质黏土	10~55	0~45	25~45
	黏土	0~55	0~35	45~65
	重黏土	0~35	0~35	60~100

在实际工作中，通常应用国际制和卡钦斯基制两种质地分类方法。为了使两种表示方法能够进行较准确地转换，山东省第二次土壤普查汇总后，通过应用计算机对大量分析数据进行统计分析，并结合生产实践，初步摸索出两者之间的转换关系。

卡钦斯基土壤质地分类

质地分类		物理性黏粒(<0.01mm)含量(%)			物理性砂粒(>0.01mm)含量(%)		
类别	质地名称	灰化土类	草原土及红黄壤类	碱化土及碱土类	灰化土类	草原土及红黄壤类	碱化土及碱土类
砂土	松砂土	0~5	0~5	0~5	100~95	100~95	100~95
	紧砂土	5~10	5~10	5~10	95~90	95~90	95~90

（续表）

质地分类		物理性黏粒（<0.01mm）含量（%）			物理性砂粒（>0.01mm）含量（%）		
壤土	砂壤土	10～20	10～20	10～15	90～80	90～80	90～85
	轻壤土	20～30	20～30	15～20	80～70	80～70	85～80
	中壤土	30～40	30～45	20～30	70～60	70～55	80～70
	重壤土	40～50	45～60	30～40	60～50	55～40	70～60
黏土	轻黏土	50～65	60～75	40～50	50～35	40～25	60～50
	中黏土	65～80	75～85	50～65	35～20	25～15	50～35
	重黏土	>80	>85	>65	<20	<15	<35

注：我国多数土壤按草原土及红黄壤类土分类。

卡钦斯基制与国际制转换关系

卡钦斯基制	国际制	
	山地丘陵区	黄泛平原区
松砂土、紧砂土	砂土、壤质砂土	砂土、壤质砂土
砂壤土	砂质壤土	砂质壤土
轻壤土	砂质黏壤土	砂质壤土、壤土
中壤土	黏壤土	黏壤土、砂质黏壤土
重壤土、黏土	黏土类	黏土类

（三）不同质地土壤的肥力特点和利用改良

1. 不同质地土壤的肥力特点　土壤质地是土壤的一种十分稳定的自然属性，除反映母质来源及成土过程的某些特征外，对土壤肥力有很大影响，常常是决定土壤的通气性、蓄水、导水、保肥、供肥、保温、导温和耕性的重要因素。

（1）砂质土：砂粒含量占优势，通气透水性好，耕性好；保水保肥能力差，潜在养分低，但养分转化快，供肥性较强，发小苗不发老苗，作物后期易脱肥；土壤抗旱能力弱，适种耐瘠耐旱作物；土温变化快，昼夜温差大，有利于块茎、块根作物的生长。

（2）黏质土：黏粒含量高，通气透水性差，水分入渗慢，在雨水多的地方易出现地表径流或造成积水内涝；耕性不良，适耕期短，耕后质量差；蓄水多，保水能力强，但不能利用的水也多；土温上升慢，昼夜温差小；含有丰富的矿质养分和较多的有机质，转化较慢，保肥供肥能力强，发老苗不发小苗，适种耐水耐肥的禾本科作物，只要能保住苗，一般能获得较高产量。

（3）壤质土：砂粒和黏粒比例适中，兼有砂质土和黏质土的优点，大小孔隙分布适宜，通气透水性好，保水保肥及供水供肥能力强，适耕期长，耕后质量好，肥力水平较高，适种各种作物，是农业上较为理想的土壤质地。

2. 不同质地土壤的改良

（1）客土法：即“砂掺黏”或“黏掺砂”。对表层过砂或过黏的土壤，可利用他处运来的砂土掺入黏土地或黏土掺入砂土地，以改变砂黏比例达到改良的目的。一般砂、黏比例7∶3为好，即逐年改良达到三成黏七成砂的范围。这种方法简单、有效，但必须有砂土或黏土来源、运输和人力物力条件。

（2）增施有机肥料：如施用堆肥、土杂肥、河湖泥等有机肥料，以及秸秆还田、种植绿肥等措施，增加

土壤有机质，可以降低黏土的黏性，减少砂土的松散性，增加土壤良好的结构，改善其通气性，提高其保蓄性和养分含量等。

（3）翻淤压砂，翻砂压淤：砂土表层下不深处有夹黏层，黏土表层下不深处有夹砂层的土壤，可采取表土"大揭盖"的办法，把表土翻到一边，然后把下层的黏土或砂土翻到表层来，上下砂黏层搅混掺和，或采用逐年深耕的办法，达到调节土质的目的。

（4）引洪放淤或引洪漫淤：利用雨季把洪水（如黄河）引入事先设有围埝的田块中，使淤积下来的泥或砂掺入土壤中，达到改良砂土或黏土的目的。此法要根据洪水中"急出砂，慢出淤"的规律和改土所淤厚度要求等调引洪水量。

质地对于土壤性质和肥力有极为重要的作用，而土壤质地主要是继承母质的性质，很难改变。但是质地不是决定土壤肥力的惟一因素，因为质地不良的土壤可通过增加土壤腐殖质和改变土壤结构性得到补偿。改良质地的方法和经验很多，各地要因地制宜，就地取材，不断总结经验和逐步推广提高。

二、土壤水分

（一）土壤水分的类型和性质

根据土壤水分所受的各种作用力，把土壤水分分为吸附水（束缚水）、毛管水和重力水。

1. 吸附水　指受土壤吸附力作用而保持在土粒表面的水分。吸附水又分为吸湿水和膜状水。吸湿水是土壤靠分子引力从大气或土壤空气中吸附水气分子，而保持在土粒表面的水分。土壤所吸附的吸湿水的数量叫做土壤吸湿量。土壤吸湿量的大小主要取决于土粒表面的大小和大气湿度的高低。一般土壤质地愈黏重，有机质含量愈高，其比表面愈大，吸湿量愈大；大气相对湿度愈高，则土壤吸湿量愈高。当大气相对湿度为100%（即饱和湿度）时，土壤吸湿量达到最大值，称为最大吸湿量（吸湿系数）。水分含量不高时，且因质地而异，砂质土为1%～2%，壤质土为2%～4%，黏质土为4%～6%。这部分水因所受的引力很大，远超过作物根细胞的平均吸水力，对作物是无效的。

膜状水是当土壤水分含量达到最大吸湿量以后，土壤表面还有一定的分子引力，可以吸附动能较小的液态分子，在吸湿水层外围定向排成较厚的水膜，这部分吸附在吸湿水外面的液态水膜称为膜状水。膜状水达到最大厚度时的土壤含水量称为最大分子含水量。膜状水的内层其吸水力大于根的吸水力，作物无法吸收。外层的水当根毛与其接触时，才能被吸收，但有效性很低，往往由于它不能及时补给，供不应求，使作物因缺水而萎蔫。当作物出现永久萎蔫时的土壤含水量称为萎蔫系数（凋萎系数），萎蔫系数因土壤质地、作物和气候等差异而不同，其中土壤质地的影响尤为突出。

不同土壤质地的各种含水量（%）

土壤质地	砂土	砂壤土	轻壤土	中壤土	重壤土	黏土
田间持水量	12	18	22	24	26	30
萎蔫系数	3	5	6	9	11	15
有效水最大含量	9	13	16	15	15	15

2. 毛管水　指靠毛管力作用保持在土壤毛管孔隙中的水分。根据毛管水与地下水是否有连接的情况，分为毛管悬着水和毛管上升水。毛管悬着水是指地势较高、地下水位较深的土壤中，降水和灌溉后，由上层土壤借毛管力所保持的水分。当土壤中毛管悬着水达到最大值时的土壤含水量称为田间持水量。在数量上田间持水量包括吸湿水、膜状水和毛管悬着水。

田间持水量的大小取决于土壤的质地、有机质含量、结构性和松紧状况等，在有机质含量低时，土壤质地是影响田间持水量的最重要的因素。由于土壤蒸发和作物吸收等因素影响，土壤含水量从田间持水量开始逐渐降低，当降低到一定限度时，即毛管悬着水的连续状态出现断裂，但细毛管孔隙中的水分还是

连续的，这时的含水量称为毛管断裂含水量。对壤质土来讲，毛管断裂含水量相当于田间持水量的70%～75%。此时水分运动明显变慢，虽然作物还能从中吸收一定水分，但因水分补给缓慢，作物吸水开始发生困难。

毛管上升水是指在地势较低的地方，地下水借毛管引力上升，进入并保持在土壤中的水分。毛管上升水达到最大值时的土壤含水量称为毛管持水量。从地下水面到毛管上升水所能达到的最大高度称为毛管上升高度。其中在一定的高度内毛管水上升速度快，含水量较高，即在短期内（几天）大量毛管上升水所能到达的高度，称为毛管强烈上升高度。毛管水上升高度和速度与毛管孔隙的大小有关，且因质地不同而异。其上升高度是：壤土＞黏土＞砂土，上升速度是：砂土＞壤土＞黏土。毛管上升水如能到达根系活动层，则是作物需水的重要补充来源。但在地下水矿化度较高时，毛管水上升高度特别是毛管水强烈上升高度往往是引起土壤盐渍化的重要原因之一。当有害盐分随地下水借毛管水上升作用到达作物根系活动层时，作物就有遭受盐害的危险，土壤易盐渍化。生产中主要的防止方法就是开沟排水，把地下水位控制在临界深度以下。临界深度是指含盐地下水能够上升到达根系活动并开始危害作物时的埋藏深度，即由地下水面至地表的垂直距离。在计算临界深度时，一般把毛管水强烈上升高度（或毛管水上升高度）加上超高（安全系数30～50cm），一般土壤的地下水临界深度为1.5～2.5m。

3. 重力水　土壤含水量超过田间持水量后，不能为毛管吸力所保持，在重力作用下，沿着土壤大孔隙自由向下移动，这种水分称为重力水。重力水的性质与自由水的性质相近，它与土壤颗粒间的作用力已接近于零，虽然能为植物吸收，但很快渗漏到根层以下，不能持续供作物利用，因此对旱地作物的用处不大。当土壤所有孔隙都充满水分时的含水量称为土壤全持水量或饱和含水量，一般可实际测定，也可按土壤总孔隙度换算求得。

（二）土壤水分的有效性

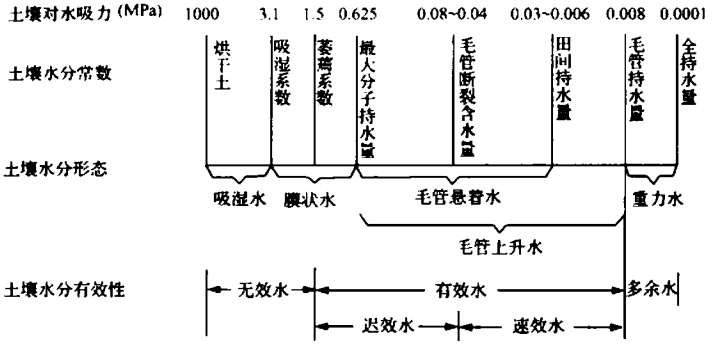
土壤水分的有效性是指土壤水分能否被植物吸收利用以及难易程度。土壤中的水分并不是全部能被植物吸收利用。不能被植物直接吸收利用的水称为“无效水”，能被植物直接吸收利用的水称为“有效水”。土壤无效水虽然不能被植物直接吸收利用，但也是土壤水分的重要组成部分，是有效水能被作物吸收利用的基础。一般把土壤萎蔫系数作为土壤有效水的下限含水量，当土壤含水量低于萎蔫系数时，土壤水分为无效水，植物会因吸收不到水分而萎蔫。一般把田间持水量作为土壤有效水的上限含水量。因此，可以根据萎蔫系数、田间持水量、土壤的自然含水量推算土壤有效水的最大含量和实际含量：

$$\text{土壤有效水的最大含量}(\%) = \text{田间持水量}(\%) - \text{萎蔫系数}(\%)$$

$$\text{土壤有效水的实际含量}(\%) = \text{土壤自然含水量}(\%) - \text{萎蔫系数}(\%)$$

土壤有效水的最大含量受土壤因素和作物因素的影响。如果作物的根系吸水力强，在同等条件下，最大有效水含量的范围加大，所以选用根系优良的作物品种，培育健壮的根系，对于增强作物的抗旱性，提高土壤水分的利用率有重要意义。不同质地的土壤，有效水的最大含量不同。砂质土萎蔫系数的值较低，但保持的水分少（田间持水量低）；黏质土虽然保持的水分多，但萎蔫系数高；而壤质土保持的水分量多，无效水的量又较少，所以壤质土最大有效水含量最多。

在土壤有效水范围内，不同形态水分由于含量不同，所受土壤的作用力不同，与植物根系吸水力的对比关系不同，因此，对植物的有效程度不同。根据水分被植物吸收的难易程度可以分为速效水（易效水）和迟效水（难效水）。不同土壤水分形态与土壤水分常数、土壤对水的吸力以及有效性之间的关系如下：在田间持水量至毛管断裂含水量之间，水分所受土壤的吸力小，水分运动速度快，植物吸收容易，所以这部分水分是速效水；当土壤含水量低于毛管断裂含水量时，水分所受的吸力增加，土壤毛管孔隙中的水分已不再呈连续状态，水分运动缓慢，植物吸收较为困难，因此，这部分水分是迟效水。



土壤水分形态与土壤水分常数、能量和有效性的划分

（三）土壤含水量的表示方法

1. 质量含水量　也称重量含水量，指单位质量土壤中水分所占的比例，无量纲，常用 θ_m 表示。在自然条件下，土壤含水量的变化范围较大，为便于比较，常采用烘干土作为基数。质量含水量可以用小数的形式表示，也可以用百分数表示，若用百分数表示，计算公式如下：

$$\text{土壤质量含水量}(\%) = \frac{\text{土壤水的质量}}{\text{烘干土质量}} \times 100$$

目前，有的资料中也用每千克土壤中水的克数来表示质量含水量，即单位为 g/kg，表明是土壤水分与土壤的质量比，无需再单独注明质量含水量。

2. 容（体）积含水量　指单位容积土壤中水分所占的比例，无量纲，常用 θ_v 表示。容积含水量可以表示土壤水分占据土壤，尤其是土壤孔隙的容积比例，克服了质量含水量的不便之处。孔隙容积含水量也可以用小数或百分数形式表示，若用百分数表示，计算公式如下：

$$\text{土壤容积含水量}(\%) = \frac{\text{土壤水的容积}}{\text{土壤总体积}} \times 100$$

$$= \text{土壤质量含水量}(\%) \times \text{容重}$$

土壤总体积是土壤颗粒、土壤水和土壤空气的体积之和。从式中可见，容积含水量和质量含水量的数值可以通过土壤容重互相转化，通过实验测定土壤容重、比重（也可以取平均值 2.65）和土壤质量含水量，可以计算土壤孔隙和土壤三相比，公式如下：

$$\text{土壤固相率}(\%) = \text{土壤容重} / \text{土壤比重} \times 100$$

$$\text{土壤孔隙度}(\%) = (1 - \text{土壤容重} / \text{土壤比重}) \times 100$$

$$\text{土壤液相率}(\%) = \text{容积含水量} = \text{质量含水量} \times \text{土壤容重}$$

$$\text{土壤气相率}(\%) = \text{土壤孔隙度} - \text{土壤液相率}$$

$$\text{土壤三相比} = \text{土壤固相率} : \text{土壤液相率} : \text{土壤气相率}$$

容积含水量也可以用数值后面附加单位 cm^3、cm^{-3} 的形式表示，而无需再单独注明容积含水量。

3. 相对含水量　指土壤的自然含水量占田间持水量或土壤饱和含水量的百分数。在农业生产中多以田间持水量为基数，即

$$\text{相对含水量}(\%) = \frac{\text{土壤自然含水量}}{\text{田间持水量}} \times 100$$

一般认为，田间持水量是土壤保持作物有效水分的上限，因此，相对含水量可以反映土壤水分的有效程度。一般农作物适宜的相对含水量为田间持水量的 70% ~80%，水分过多、过少对作物生长都不利。如果测得土壤实际质量含水量为 18%，仅从这一含水量很难确定水分的多少，但如果同时测得该土壤的

田间持水量为24%，则相对含水量为75%，就可以判断土壤的实际含水量比较适于作物生长。

4. 水层厚度　为了使土壤实际含水量与降雨量、蒸发量进行比较，将一定厚度土层中所含的水分换算成水层厚度来表示，单位多采用mm。若土层厚度单位为cm，换算公式为：

$$\text{水层厚度(mm)} = \frac{\text{土层厚度(cm)} \times \text{土壤面积(cm}^2\text{)} \times \text{容重} \times \text{质量含水量(\%)}}{\text{土壤面积(cm}^2\text{)}} \times 10$$

$$= \text{土层厚度(cm)} \times \text{质量含水量(\%)} \times \text{容重} \times 10$$

5. 土壤水分贮量　指一定面积一定厚度土层水分的总贮量，可用体积或重量表示，为和灌水量、排水量相一致，多采用m^3/亩或m^3/hm^2（米^3/公顷）表示，换算公式为：

土壤水分贮量(m^3/亩) = 水层厚度(mm) × 1/1 000 × 2 000/3(m^2) = 2/3 × 水层厚度(mm)

土壤水分贮量(m^3/hm^2) = 水层厚度(mm) × 1/1 000 × 10 000(m^2) = 10 × 水层厚度(mm)

在换算时要注意土层厚度、水层厚度和土壤面积的单位。

6. 墒情表示法　旱作区农民常把土壤水分状况简称为墒情。根据土壤湿润程度、土色深浅和可塑与否等，将土壤墒情分为五种。一是汪水，指大雨或灌水后，土壤过湿而土表汪水，其含水量在田间持水量以上。二是黑墒，土壤含水量丰富，为田间持水量的75%以上，土色发暗，手拢土易成团（砂土除外），手上有湿印和凉感。三是黄墒，含水量为田间持水量的50%～70%，土色发黄，手拢土成团，自由落地时约有一半散开，手上稍有湿痕，微有凉感。四是灰墒，含水量为田间持水量的一半以下，手拢土不成团，易散开。五是干土，指风干土，含水量在萎蔫系数以下。

三、土壤孔性

土壤孔性即土壤的孔隙状况，是指土壤孔隙的多少、大小、比例及其有关性质。土壤孔隙度一般不直接测定而是由土壤容重、比重计算而来。

（一）土壤比重

单位体积土壤固体土粒的重量（不包括孔隙）与同体积水（4℃时）的重量之比，称为土壤比重。土壤比重的数值大小，决定于土壤矿物质组成和有机质含量的多少，一般土壤有机质含量较少，所以矿物质土粒对比重起着决定性作用。多数土壤矿物质的比重在2.6～2.7之间，通常土壤比重取其平均值2.65，一般土壤有机质的比重为1.25～1.40，故土壤有机质的含量愈高，它的比重愈小。

（二）土壤容重

土壤容重是指在自然状态下，单位体积土壤的烘干（105～110℃条件下）重量，单位是克/厘米^3（g/cm^3）或吨/米^3（t/m^3）。影响土壤容重大小的因素主要有质地、有机质、结构和松紧状况等。砂土中的孔隙粗大，但数目少，总的孔隙容积小、容重较大，一般在1.2～1.8g/cm^3之间；反之，黏土的孔隙容积较大，容重较小，一般在1.0～1.6g/cm^3之间；壤土介于两者之间。土壤愈疏松（耕翻后），或是土壤中存在大量的根孔、团粒结构、小动物穴和裂隙，则孔隙度大而容重小；如降雨、灌水或随时间延长，受重力作用使土壤塌实，容重则大。所以，表土层的容重往往小于心土层和底土层。土壤容重在实际工作中的用处较多，它除了可以计算土壤孔隙度外，还可以计算一定面积与厚度的土壤重量，以及其中的水分、养分含量等，为挖填土方、施肥、灌溉、排水等提供依据。

（三）土壤孔隙的数量指标

1. 土壤孔隙度　指土壤中所有孔隙体积占整个土壤体积的比例，又称土壤总孔隙度，以百分数表示。土壤孔隙度较难实测，一般是通过土壤容重和密度计算获得。计算公式为：

$$\text{土壤孔隙度(\%)} = (1 - \text{土壤容重}/\text{土壤比重}) \times 100$$

土壤孔隙主要受土壤质地、有机质、结构、松紧状况等因素影响。一般土壤孔隙度变幅在30%～60%之间，对于农业土壤而言，土壤孔隙度应等于或稍大于50%为好，过大或过小都对作物生长不利。

2. 土壤孔隙比　土壤中孔隙容积与土粒容积的比值。

$$土壤孔隙比=\frac{孔隙容积}{土粒容积}=\frac{孔隙度}{1-孔隙度}$$

一般农业生产中要求土壤的孔隙比大于或等于1为好。

（四）土壤孔隙的质量指标

指土壤孔隙的大小、比例及其性质，由于它更能说明土壤孔隙大小的性质和作用，所以这一特征在农业生产中更为重要。

1. 当量孔径　由于土壤孔隙的大小、形状和连通情况极其复杂，使得孔径大小无法直接按真实孔径来划分。在土壤学中所说的孔径（或实效孔径），是指与一定土壤吸水力有关的孔径。关系式是：

$$d=3/T$$

式中：d 为当量孔径（mm）；T 为土壤吸水力（豪巴，mbar）。当量孔径与土壤吸水力成反比，孔径越小，土壤吸水力越大，保水力越强；反之亦然。

若土壤吸水力为10mbar时，当量孔径为0.3mm，说明此时土壤水是保持在孔径小于0.3mm的孔径中，而大于0.3mm的孔径中无水。

2. 土壤孔隙的类型　按孔隙的大小和孔隙中保持的水分对作物的有效性不同，将土壤孔隙分为通气孔隙、毛管孔隙和无效孔隙三种类型。

通气孔隙是土壤中当量孔径为0.02mm以上较粗的孔隙。其主要作用是通气透水，使多余水分渗排出土体，同时补充空气，有利于土壤空气交换和更新，旱作土壤通气孔隙在10%～20%为好，一般砂土较高，而黏土较低。

毛管孔隙是当量孔径为0.02～0.0002mm的孔隙。毛管孔隙具有毛管作用，能把相当一部分水分保持在这种孔隙中，免受重力作用而排出土体，所保持的这部分水分是植物可利用的有效水的重要来源。毛管孔隙较大，植物根毛和土壤微生物可以进入该孔隙活动。

无效孔隙（非活性孔隙）是土壤中最细小的一类孔隙，当量孔隙小于0.0002mm，所保持的水分受吸力很大，对植物无效，根毛和较大的土壤微生物也无法进入活动。无效孔隙度在黏土中比例较高，无效水分的含量较大；在砂土中较低，无效水分含量少。

生产上要求各类孔隙要有较好的比例，一般旱田土壤总孔隙度要大于50%，通气孔隙度要大于10%，无效孔隙度要尽量少。

四、土壤结构

（一）土壤结构的概念

土粒很少以单粒存在，而常常是在各种因素作用下，相互黏结成大小、形状各异的土团或团聚体，土壤学中把这些团聚体称为土壤结构。通常所说的土壤结构包含着两层含义：一是作为各种团聚体的土壤结构体，二是作为土壤物理性质之一的土壤结构性。

土壤结构体是土粒（单粒和复粒）相互排列和团聚成为一定形状和大小的土块或土团。

土壤结构性是由土壤结构体的种类、数量（尤其是团粒结构的数量）及结构体内外的孔隙状况等产生的综合性质。

不同的土壤有不同的结构体类型，即使是同一土壤的不同土层，其结构类型也不相同。土壤结构的好坏，往往影响土壤的孔隙状况、松紧度、水、肥、气、热状况和耕性等。良好的土壤结构性，实质上是具有良好的孔隙性，即孔隙的数量（总孔隙度）大，而且大、小孔隙的比例分配和分布适当，有利于土壤水、肥、气、热状况的调节和植物根系的活动。

（二）土壤结构体的种类

土壤结构体分类是依据它的形态、大小和特性等进行的。最常用的是根据形态和大小等外部形状来分类，较为精细的是外部形状和内部特性（主要是稳定性、多孔性）的结合。通常是按照结构体的长、宽、

高三轴的比例来划分。

1. 块状结构和核状结构　土粒相互黏结成为不规则的土块，内部紧实，三轴的比例相当，称为块状结构，俗称"坷垃"。轴长 >10cm 为大块状结构，10 ~5cm 之间为小块状结构，5 ~0.5cm 为碎块状结构，更小的则为碎粒结构。碎块小且边角明显的则叫核状结构，分为大(>1cm)、中、小(0.7 ~0.5cm)三等。块状结构多出现在有机质缺乏而土质偏黏的表层土中，常常是由于耕作管理不当造成的，其结构致密，影响土壤的通气透水性，影响播种质量和出苗，生产中应尽量减少大坷垃的形成，出现大坷垃时要及时消除。

2. 棱柱状结构和柱状结构　土粒黏结成柱状体，纵轴大于横轴。边角明显的柱状体叫做棱柱状体结构，边角不明显的柱状体叫做柱状结构。这两种结构体按横轴长度分为大(>5cm)、中和小(<3cm)三级，多出现在土质黏重的心土层。结构体内坚硬致密，表面常被胶膜包被，干时收缩形成裂缝，易拉断根系和透风跑墒，湿时膨胀泥泞，影响土壤通透性和作物生长。

3. 片状结构(板状结构)　土粒排列成薄片状，结构体的横轴大于纵轴。根据厚度可分为板状(>5cm)、片状、叶状(<1cm)结构，还有一种鳞片状结构。多出现于犁底层，比较紧实，影响通气透水，妨碍作物根系生长。土壤表层形成的"结皮"或"板结"也属于片状结构，影响土壤通透性和种子出苗。

4. 团粒结构　土粒胶结成粒状和小团块状团聚体，大体成球状，称为团粒，直径为 10 ~0.25mm。按照团粒的形态和大小也可分为团粒和小团块两种。这种结构存在于有机质含量较高的壤质土的表土中，具有良好的物理性质，如水稳性、力稳性和多孔性等，是肥沃土壤的结构形态。 <0.25mm的微团聚体称为微团粒，是形成团粒结构的基础，在生产上也有一定的意义。

块状、柱状和片状结构体通常由单粒和复粒直接黏结而成。团粒结构是在腐殖质(或其他有机胶体)参与下发生的多级团聚过程。以上所有结构体的形成还有一个同时发生或间接发生的切割造型过程，如根系的切割、干湿交替、耕作等。

团粒结构是农业上最宝贵的土壤结构，含有大量的团粒结构可以协调土壤中水、气之间的矛盾，土壤养分的消耗和积累之间的矛盾，有利于创造作物根系和土壤微生物活动的良好条件，具有良好的结构性和耕层构造，耕作管理省力而易获作物高产，对土壤肥力的影响很大。但是，非团粒结构土壤也可通过适当的耕作、施肥和土壤改良而改善它们，使之适合植物生长，因而也可获得高产。

块状、片状、柱状等结构都是不良的结构体类型，生产中应注意避免和克服。

在生产上调节土壤结构的措施主要有：增施有机肥料，增加土壤有机质；精耕细作；合理轮作倒茬；合理灌溉，避免大水漫灌破坏土壤结构；改良土壤质地；应用土壤结构改良剂等。

五、土壤耕性

土壤耕性是指由耕作所表现出来的土壤力学性状。土壤耕性的好坏可以从三个方面衡量：

一是耕作的难易程度，即耕作时土壤对农具操作的机械阻力。砂质土和结构好的壤质土耕作阻力小，容易耕作；土壤有机质含量少、结构不良的黏质土耕作阻力大，耕作困难。

二是耕作质量的好坏，即耕作后与植物生长有关的土壤物理性状。耕性差的土壤，耕作阻力大，易起坷垃，地表不平，影响播种和幼苗生长；耕性好的土壤，耕作阻力小，耕后疏松，地表平整，便于播种和作物生长。

三是适耕期的长短。耕性好的土壤适耕期长，耕性差的土壤适耕期短。一般来说，砂质土适耕期最长，壤质土次之，黏质土最短。土壤有机质含量高，具有良好土壤结构的土壤适耕期长；土壤有机质含量低，结构不良的土壤适耕期短。

农业生产中调节土壤耕性的措施有：改良土壤质地；增加有机质含量；促进良好的土壤结构的形成；选择适耕期和免耕(或少耕)法。

六、土壤空气

（一）土壤空气的组成

在土壤固、液、气三相体系中，土壤空气存在于土体内未被水分占据的孔隙中，在一定容积的土体中，如果孔隙度不变，土壤含水量多了，空气含量必然减少，反之亦然，土壤空气含量随土壤含水量而变化。一般愈接近地表的土壤空气与大气组成愈相近，土壤深度越大，土壤空气组成与大气差异也愈大。

土壤空气与近地表大气的组成相比，其差别主要有以下几点：①土壤空气中的 CO_2 含量高于大气；②土壤空气中的 O_2 含量低于大气；③土壤空气中水气含量高于大气（处于近饱和状态）；④土壤空气中有时含有较多的还原性气体。

土壤空气的组成不是固定不变的，影响土壤空气变化的因素很多，如土壤水分、土壤生物活性、土壤深度、土壤温度、pH、季节变化及栽培措施等。

（二）土壤空气的交换机制

土壤是一个开放的耗散体系，时时刻刻与外界进行着物质和能量的交换。土壤空气并不是静止的，它在土体内部不停地运动，并不断地与大气进行交换。土壤空气交换的机制有两种：对流和扩散。影响土壤空气交换的因素有气象因素、土壤性质及农业措施，气象因素主要有气温、气压、风力和降雨等。

1. 土壤空气的对流　土壤空气的对流是指土壤与大气间由总压力梯度推动的气体的整体流动，也称为质流。土壤与大气间的对流总是由高压区流向低压区。

大气中的气压变化，温度梯度、地表表面的风力、降雨、灌溉、地面风力及土壤空气的更新可引起土壤与大气间的压力差，从而引起土壤空气与大气的对流，导致土壤空气的整体流动。

2. 土壤空气的扩散　在土壤空气的组成中，CO_2 的浓度高于大气，而 O_2 的浓度低于大气，这样就分别产生了土壤和大气之间的 CO_2 分压差。在分压梯度的作用下，驱使 CO_2 气体分子不断从土壤中向大气扩散，同时使 O_2 分子不断从大气向土壤空气扩散，这种土壤从大气中吸收 O_2，同时排出 CO_2 的气体扩散作用，称为土壤呼吸。一般情况下，扩散作用是土壤与大气交换的主要机制。

在结构良好的土壤中，气体扩散是在团聚体间的大孔隙中迅速进行的。

（三）土壤空气在农业生产中的作用

第一，充足的土壤空气可以促进种子萌发、植物根系生长和吸收能力；第二，影响微生物的活性和养分的释放速度、数量及存在形态；第三，影响土壤的抗病性。

调节土壤通气性的主要措施有：一是改良土壤质地和结构，改善土壤的孔隙状况。二是加强土壤耕锄管理，改善土壤结构，调节土壤通透性。三是排除土壤内部过多积水，增加土壤通气量。

七、土壤热量和土壤热性质

（一）土壤热量来源

土壤热量是土壤重要的物理性质和肥力因素，主要来源于太阳辐射能，其次是微生物分解有机质所放出的热、地球内热等。

（二）土壤热性质

土壤热状况常体现在土壤温度的变化。土壤热量的传递以及土温的变化受土壤热容量、土壤导热率和土壤的热扩散率影响。

1. 土壤热容量　土壤热容量是指单位质量（重量）或容积的土壤每升高或降低1℃所需要或放出的热量。在土壤三相物质组成中，水的热容量最大，气体的热容量最小，矿物质和有机质的热容量介于两者之间，腐殖质热容量大于矿物质，所以土壤热容量大小主要取决于土壤水分多少和腐殖质含量。

2. 土壤导热率　土壤吸收一定热量后，一部分用于它本身升温，一部分传递给邻近土层。土壤具有

对所吸热量传导到邻近土层的性质，称为导热性，其大小用导热率表示。土壤导热率的大小表示土壤导热速度的高低，热量的传递总是由高温处向低温处。不同物质的导热率不同，一般是固相 > 液相 > 气相。因土壤中固相物质相对稳定不易变化，而水、气总是处于变动状态，所以，土壤导热率的大小主要决定于土壤孔隙的多少和含水量的多少。干燥缺水的土壤导热率小，而湿润多水的土壤导热率大。

3. 土壤导温性　土壤导温性是指土壤吸热后，其温度升高的快慢和难易的一种性能，常用热扩散率表示。土壤水分热扩散率最小，土壤空气的热扩散率最大，土粒的热扩散率因其成分和粗细不同有很大差异。所以，土壤热扩散率的大小主要取决于水、气的比例。一般含水量少、空气多、比较干燥的土壤如砂质土，热扩散率大，易于升温或降温，土温变化大。反之，含水量多、空气少、比较湿润的土壤如黏质土，热扩散率小，不易升温或降温，土温变化小。

土壤温度对植物生长和土壤肥力有重要影响，适宜的温度下，种子才能萌发，植物生长旺盛，微生物活跃，养分转化快、释放多，供肥强度大。所以，在农业生产中，根据土壤热性质，通常采用灌溉排水、增施有机肥料、中耕与镇压、地膜及秸秆覆盖、向阳做畦、设置风障、喷洒地面保墒增温剂等措施调节土壤温度。

八、土壤水分、空气、热量间的关系及综合调节

（一）土壤水、气、热的关系及其相互影响

土壤水、气、热是土壤肥力的重要组成要素，三者相互矛盾，又相互联系、相互制约。首先，土壤水分和空气共同处于土壤孔隙中，水多气少，水少气多，二者互为消长。土壤水分的变化是引起土壤空气状况变化的主要原因，农田的灌溉过程中，土壤水分不断占据土壤孔隙，土壤空气的比例逐渐减少。如果大量灌水或长时间大量降雨会导致土壤积水，水分达到饱和状态而使土壤空气的比例过小，造成通气不良，影响作物根系和土壤微生物呼吸。第二，土壤水、气状况和二者的比例关系在一定程度上决定着土壤的热性质，影响土壤温度的变化。含水量较多的土壤，土壤热容量和土壤导热率都较大，土壤温度比较稳定，温度变幅小，不同深度土层间的温差也较小；相反，含水量少、比较干燥的土壤，土壤热容量和土壤导热率都较小，土壤温度变幅大，表土和深层土壤的温差较大。第三，土壤热量状况反过来也影响土壤的水、气状况。土壤温度较高时，水分通过土面蒸发的蒸发量大，土壤很快失水变干，土壤空气的比例增加，通气性很快得到改善。而在冬春季节，土壤温度较低时，如果土壤水分含量较高，空气比例较少，土壤通气不良，而且水分蒸发较慢，这种不良状况在短时间之内较难得到改善。

（二）土壤水、气、热的综合调节

在农业生产中，除个别特殊情况外，土壤水、气、热状况的调节通常是以土壤水分调控为核心的，通过土壤水分调控，达到“以水调温”、“以水调气”、“以水促肥”、“综合调控”的目的。

农业生产中的综合调节措施有：

1. 加强农田基本建设，改善土壤水、气、热状况　农田基本建设主要包括改造地表条件，平整土地，改良土壤，培肥地力，加强山、水、林、田、路的综合治理等。加强农田基本建设的目的就是从根本上改善土壤的水、气、热状况，创造良好的作物生长环境，提高土壤抗御旱涝等自然灾害的能力，实现持续高产稳产。

2. 合理灌排，调控水分，调节气热　合理灌排就是根据土壤、作物、气候等因素制定科学的灌排制度，确定科学的灌排方法，并组织实施。合理灌溉要灵活采用不同的灌溉方式。对大田作物和果园采用沟灌、漫灌时，要尽量平整地面，减少水量的浪费，在有条件时尽量采用改进的地面灌溉方式，如波涌灌、膜上灌、膜下灌等，减少灌溉对土壤结构的破坏。在菜田和设施栽培中，尽量采用先进的灌溉方式，如滴灌、渗灌等，既节水，又高效。

3. 加强田间管理，精耕细作　包括合理耕翻耙耱、及时中耕、镇压等。

4. 重视有机肥施用，提高土壤自身调节能力　施用有机肥不仅可以直接为作物提供各种养分，而且

对改善土壤的多项理化性质有重要作用，能更好地协调土壤的水、气、热状况。

5. 重视地面覆盖和保护性耕作　地面覆盖对协调水、肥、气、热等方面都具有明显的效果。另外，采用温室、塑料大棚栽培，设置温床，利用风障等措施，对调节土壤水、气、热状况都有较好的效果。

第二节　土壤化学性质

一、土壤的吸附（收）性

土壤的吸附（收）性就是土壤吸附（收）并保持溶液或气体中的离子、分子以及一些悬浮物质的性能。土壤的这种性能与土壤胶体的性质有密切的关系。

（一）土壤胶体特征

土壤胶体是指分散在土壤溶液中的细微固体颗粒，一般认为土壤胶体的大小范围是 1 ~ 1 000nm（$1nm = 10^{-9}$ cm）。土壤胶体有三种类型：一是有机胶体，主要是指土壤腐殖质及其组分。此外，还有少量的氨基酸、多糖类等。二是无机胶体，主要是指极微细的黏粒，包括成分简单的非晶体氧化物。三是有机无机复合胶体。

土壤胶体的性质表现在很多方面，但最能表征胶体物质并对土壤形状产生巨大影响的主要有三个方面：一是具有巨大的表面积和表面能。表面积通常以比表面（单位质量土壤或土壤胶体的表面积）来表示。表面能即胶体界面上的物质分子所具有的多余的不饱和的能。巨大的表面积和表面能能给胶体在其他物质发生作用时，提供宽广的场所和反应所需要的巨大能量。二是土壤胶体一般带负电荷。在一般条件下，土壤胶体总的表现为带负电荷，也就必然能以静电引力的方式把数量相同的阳离子，如 NH_4^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+} 等聚集在自己的表面，相对牢固地保持着，使其不至溶解于水，但可被作物吸收利用。三是土壤胶体可以改变自身存在的状态——凝聚与分散。土壤胶体在大多数情况下都呈凝胶（胶粒聚集在一起）状态，而在溶液（介质）中一价阳离子，特别是 Na^+ 很多，二价以上的阳离子很少时，则呈分散状态。土壤胶体所处的状态可直接影响土壤的结构性和其他物质形状，如黏性、胀缩性和可塑性等。

（二）土壤的吸附（收）性

土壤吸附（收）性分为五种类型。

一是机械吸附，即土壤对固体物质的阻留作用。实际上主要是土壤中一些孔隙对大于孔径的固体悬浮物，如有机残体、未溶解的肥料颗粒、废渣以至黏粒的阻留作用。

二是物理吸附，即土壤可以吸附分子态物质的作用。吸附的动力是表面能，吸附的物质有氨基酸、尿酸、尿素、氨、二氧化碳等。

三是化学吸附，即土壤溶液中的可溶性物质与某些成分进行化学反应后，生成难溶性化学物而沉淀（也称固定），并存在于土壤中的现象。被固定的部分主要是阴离子，所以化学吸收是阴离子吸收的重要方式，是提高磷肥和其他养分物质肥效的重大障碍，应尽量避免发生。

四是物理化学吸附，即土壤胶粒扩散层中的阳离子，在一定条件下和溶液中的某些阳离子交换位置的现象。因为它是土壤胶体所特有的一类吸附作用，也称为交换吸附。交换吸附作用既能使原来保存在胶粒上且对植物有效的阳离子，如 NH_4^+、K^+、Ca^{2+} 等释放到溶液中供植物吸收利用，又能使溶液中暂时未被吸收利用的有效离子，以静电引力的方式被吸附在胶粒表面，而不至流失。所以土壤胶体对土壤保持离子态养分有重要作用，并在很大程度上制约着土壤的酸碱性和缓冲性。

五是生物吸附，即生活在土壤中的动植物和微生物，把土壤中的有效养分吸收并保存于躯体中的作用。生物体死亡后，经微生物的分解，这些养分又可作为作物和微生物的有效养分。在农业实践中，可以利用生物吸收的特点去改造和利用一些性状不良的土壤，如利用先锋作物活化土壤；轮作倒茬，可以合理利用土壤中的潜在养分；施用菌肥，可以提高土壤中氮、磷、钾等养分的有效性。

（三）土壤中的阳离子交换作用

在土壤中，被胶体静电吸附的阳离子，一般都可以被溶液中另一种阳离子交换而从胶体表面解析，这种能相互交换的阳离子叫做交换性阳离子，把发生在土壤胶体表面的交换性反应称为阳离子交换作用。阳离子交换作用是一种可逆反应，遵循等价离子交换的原则，符合质量作用定律。常见的几种交换性阳离子的交换能力是：Fe^{3+}、Al^{3+} > H^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^+ > K^+ > Na^+。

在中性条件下，土壤所能吸附的阳离子最大数量，称为土壤阳离子交换量（CEC），也称为吸收容量。土壤阳离子交换量是评价土壤肥沃性的一个具体指标，它表明土壤可保存养分的能力和土壤能向植物提供各种速效养分的数量。一般认为，土壤阳离子交换量 < 10cmol/kg 时，土壤保肥力较差，10 ~ 20cmol/kg 时中等，> 20cmol/kg 时较强。山东省的土壤中湿潮土、砂姜黑土和水稻土属于保肥能力强的土壤，棕壤、褐土属于保肥能力中等的土壤，潮土、盐土、风砂土、石质土、粗骨土属于保肥能力低的土壤。

不同的土壤，阳离子交换量也不同，主要受胶体含量和类型、土壤质地、土壤 pH 等的影响。

（四）盐基饱和度

当土壤胶体上吸附的阳离子全部是盐基离子（K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^+）时，土壤呈盐基饱和状态，称为盐基饱和的土壤。当土壤胶体上吸附的阳离子仅部分为盐基离子，而其余部分为致酸离子（H^+、Al^{3+}）时，土壤呈盐基不饱和状态，称为盐基不饱和的土壤。土壤盐基饱和程度通常用盐基饱和度来表示，盐基饱和度是交换性盐基离子占阳离子交换量的百分数，即

$$\text{盐基饱和度}(\%) = \frac{\text{交换性盐基[cmol/kg]}}{\text{阳离子交换量[cmol/kg]}} \times 100$$

盐基饱和度与土壤酸碱反应密切相关，盐基饱和的土壤呈中性或碱性反应，盐基不饱和的土壤则呈酸性反应。从土壤肥力角度看，盐基饱和度在 70% ~ 90% 较好。

二、土壤酸碱性

自然条件下，土壤的酸碱性主要受土壤盐基状况决定，而土壤的盐基状况又决定于淋溶过程和复盐基过程的相对强度。所以，土壤酸碱性实际上是由母质、生物、气候以及人为作用等因素控制的。

（一）土壤酸性的形成

1. 土壤酸化过程

（1）土壤中 H^+ 离子的来源：在多雨的自然条件下，降水量大大超过蒸发量，土壤及其母质的淋溶作用非常强烈，土壤溶液中的盐基离子易随渗滤水向下移动，使土壤中易溶性成分减少。这时溶液中 H^+ 离子取代土壤吸收性复合体上的金属离子，被土壤所吸附，使土壤盐基饱和度下降、氢饱和度增加，引起土壤酸化。在交换过程中土壤溶液中 H^+ 离子可以由下述途径补给：①水的解离。②碳酸解离。③有机酸的解离。④酸雨：pH < 5.6 的酸性大气化学物质主要有两种途径降落到地面：一是通过气体扩散，将固体物降落到达地面称之为干降落；另一种是随降水，夹带大气酸性物质到达地面称之为湿沉降，习惯上称为酸雨。大气中的酸性物质最终都进入土壤，成为土壤氢离子的重要来源之一。⑤其他无机酸：土壤中有各种各样的无机酸，例如 $(NH_4)_2SO_4$、KCl 和 NH_4Cl 等生理酸性肥料施到土壤中，因为阳离子 NH_4^+、K^+ 被植物吸收而留下酸根，由于硝化细菌的活动也可产生硝酸。

（2）土壤中铝的活化：氢离子进入土壤吸收复合体后，随着阳离子交换作用的进行，土壤盐基饱和度逐渐下降，而氢饱和度逐渐提高，使铝离子脱离了八面体晶格的束缚，变成活性铝离子，被吸附在带负电的黏粒表面，转变成交换性铝离子。

由上可知，土壤酸化过程始于土壤溶液中活性氢离子，土壤溶液中氢离子和土壤胶体被吸附的盐基离子交换，盐基离子进入溶液，然后遭雨水的淋失，使土壤胶体上交换性氢离子不断增加，并随之出现交换性铝，形成酸性土壤。

2. 土壤酸度的类型　土壤酸度分为活性酸和潜性酸两种。

土壤活性酸是指与土壤固相处于平衡状态的土壤溶液中的氢离子；土壤潜性酸是指吸附在土壤胶体表面的交换性致酸离子氢离子和铝离子，交换性氢离子和铝离子只有转移到溶液中，转变成溶液中的氢离子时，才会显示酸性。土壤潜性酸是活性酸的主要来源和后备，它们始终处于动态平衡中，是属于一个体系中的两种酸。

（二）土壤碱性的形成

1. 土壤碱性的形成机理　土壤碱性反应及碱性土壤形成是自然成土条件和土壤内在因素综合作用的结果。碱性土壤的碱性物质主要是钙、镁、钠的碳酸盐和重碳酸盐，以及胶体表面吸附的交换性钠。形成碱性反应的机理主要是碱性物质的水解反应，包括：①碳酸钙水解：在石灰性土壤和交换性钙占优势土壤中，碳酸钙－土壤空气中的 CO_2 分压和土壤水处于同一平衡体系，碳酸钙可通过水解作用产生 OH^- 离子。②碳酸钠的水解：碳酸钠在水中能发生碱性水解，使土壤呈强碱性反应。③ 交换性钠的水解：交换性钠的水解呈强碱性反应，是碱化土的重要特征。

土壤碱化过程是在盐土积累和脱盐频繁交替发生时，促进钠离子取代胶体上吸附的钙、镁离子，而演变为碱化土壤。

2. 影响土壤碱化的因素

（1）气候因素：碱土都分布在干旱、半干旱和漠境土壤地区。这些地区的年降水量远远小于蒸发量。土壤具有明显的季节性积盐和脱盐交替的特点，是土壤碱化的重要条件。

（2）生物因素：由于高等植物的选择性吸收，富集了钾、钠、钙、镁等盐基离子，不同植被类型的选择性吸收不同影响着碱土形成。

（3）母质的影响：母质是碱性物质的来源，如基性岩和超基性岩富含钙、镁、钾、钠等碱性物质，风化体含较多的碱性成分。

此外，土壤不同质地和不同质地在剖面中的排列影响土壤水分的运动和盐分的运移，从而影响土壤碱化程度。

（三）土壤酸度的指标

1. 土壤酸度的强度指标　土壤酸度的强度常用 pH 表示，土壤 pH 代表与土壤固相处于平衡的溶液中的 H^+ 离子浓度的负对数。pH = 7 时，溶液的 H^+ 和 OH^- 离子的浓度相等，等于 1×10^{-7} mol/L。土壤 pH 的表示方法有 pH_{H_2O} 和 pH_{KCl} 两种，pH_{H_2O} 代表水浸提所得的 pH，而 pH_{KCl} 即用 1 molKCl 溶液浸提土壤所得的 pH。

2. 土壤酸度的数量指标　土壤胶体上吸附的氢、铝离子所反映的潜性酸量，可用交换性酸或水解性酸表示。

（1）交换性酸：交换性酸是用中性盐溶液所提取出来的氢离子浓度。所测得交换性酸量，只是土壤潜性酸量的大部分，而不是它的全部。交换性酸量在进行调节土壤酸度、估算石灰用量方面有重要参考价值。

（2）水解性酸：水解性酸是用碱性盐溶液所提取出来的氢离子浓度。土壤水解性酸度大于交换性酸度，土壤水解性酸度可作为酸性土壤改良时计算石灰需要量的参考数据。

（四）土壤碱性的指标

在土壤溶液中，当 OH^- 离子浓度超过 H^+ 离子浓度时表现为碱性反应。土壤碱性反应除常用 pH 表示外，总碱度和碱化度是另外两个反映碱性强弱的指标。

总碱度是指土壤溶液或灌溉水中 CO_3^{2-}、HCO_3^- 总量。

碱化度（EPS）是指土壤胶体吸附的交换性钠离子占阳离子交换量的百分数。当碱化度达到一定程度，可溶盐含量较低时，土壤就呈极强的碱性反应，pH > 8.5，甚至超过 10.0。这种土壤土粒高度分散，湿时泥泞，干时硬结，耕性极差。土壤理化性质发生的这些恶劣变化，称为土壤的“碱化作用”。土壤碱化

度常被用来作为碱化土壤分类及改良利用的指标和依据。

（五）影响土壤酸度的因素

1. 盐基饱和度　盐基饱和度和土壤酸度关系密切，在一定范围内土壤 pH 随盐基饱和度增加而增高。

2. 土壤空气中的 CO_2 分压　石灰性土壤空气中的 CO_2 分压影响 $CaCO_3$ 的溶解度和土壤溶液的 pH，CO_2 分压愈大，pH 愈低。

3. 土壤水分含量　土壤含水量影响离子在固相、液相之间的分配，$CaCO_3$ 等盐类的溶解和解离，以及胶粒上吸附离子的溶解度，从而影响土壤 pH。

4. 土壤氧化还原条件　土壤酸碱反应直接影响植物的生长，影响矿物的风化、黏粒矿物的形成、土壤养分的有效性和土壤的理化性质，对土壤肥力的影响很大。对于酸性土壤，生产上常用石灰进行调节。对于碱性土壤，主要采用以施用石膏为核心的综合措施来改良。

三、土壤氧化还原反应

氧化还原反应存在于岩石风化和母质成土的整个土壤形成发育过程中，对物质在土壤剖面中的移动和剖面分异、养分的生物有效性、污染物质的缓冲性等有深刻影响。氧化还原反应中氧化剂（电子接受体）和还原剂（电子给予体）构成了氧化还原体系。

常见的氧化还原体系主要有氧体系、锰体系、铁体系、氮体系、硫体系、有机碳体系、氢体系。主要的氧化剂是大气中的氧，主要的还原剂物质是土壤中的有机质，尤其是新鲜未分解的有机质。

（一）土壤氧化还原指标

土壤氧化还原状况常用氧化还原电位（Eh）表示。土壤溶液中氧化态物质和还原态物质的相对比例，决定着土壤的氧化还原状况，当土壤中某一氧化态物质向还原态物质转化时，土壤溶液中这种氧化态物质减少，而对应的还原态物质的浓度增加，随着这种浓度的变化，溶液电位也随之改变，产生的这种电位称为氧化还原电位，用 Eh 表示，单位为伏或毫伏。

（二）影响土壤氧化还原状况的因素

1. 土壤通气性　土壤通气状况决定土壤空气中的氧浓度，通气良好的土壤与大气间气体交换迅速，土壤浓度较高，Eh 可作为土壤通气性的指标。

2. 微生物活动　微生物活动愈强烈，耗氧愈多，使土壤溶液中的氧压减低，或使还原物质的浓度相对增加，因此氧化还原电位降低。

3. 易分解有机质的含量　在一定的通气条件下，土壤易分解的有机质愈多，耗氧愈多，氧化还原电位降低。

4. 植物根系的代谢作用　植物根系分泌物可直接或间接影响根际土壤氧化还原电位。植物根系分泌多种有机酸，造成特殊的根际微生物的活动条件，有一部分分泌物能直接参与根系土壤的氧化还原反应。

5. 土壤的 pH　土壤中的氧化还原反应总有氢离子参与，质子活度对氧化还原平衡有直接的影响。

旱田土壤以氧化态为主，氧化还原电位在 200mV 以上，多数在 400 ~ 700mV 之间，养分供应正常，作物根系发育较好。当氧化还原电位过高时，有机质分解迅速，营养物质趋于贫乏；当氧化还原电位过低时，氧气缺乏，植物根系呼吸受阻。旱田土壤的氧化还原电位可以通过灌溉、排水、中耕等措施调节。水田土壤一般以还原状态为主，氧化还原电位往往在 200 ~ 300mV，这对水稻生长利多于弊，但当还原物质危害到水稻的生长时，应排水落干，改善土壤通透性。

四、土壤缓冲性

土壤是一个巨大的缓冲体系，对营养元素、污染物质、氧化还原等同样具有缓冲性，具有抗衡外界环

境变化的能力。这主要是因为土壤是一个包含固、液、气三相组成的多组分开放的生物地球化学系统，包含了众多的、以多样化方式进行相互作用的不同化合物。土壤在固液界面、气液界面发生的各种化学、生物化学过程，常常具有一定的自身调节能力。所以，从某种意义上讲，土壤缓冲性不只是局限于对酸碱变化的一种抵御能力，而可以看作一个能表征土壤质量及土壤肥力的指标。

缓冲体系必须具有缓冲对，而不同土壤组成形成不同的缓冲体系，各缓冲体系又有一定的缓冲范围。土壤的酸碱缓冲主要有：碳酸盐体系、硅酸盐体系、交换性阳离子体系、铝体系和有机酸体系。

土壤酸碱缓冲容量是指单位土壤改变一个单位 pH 所需的酸或碱量，是土壤酸碱缓冲能力强弱的指标。土壤缓冲容量可用酸、碱滴定获得，即在土壤悬着液中连续加入标准酸或碱液，测定 pH 的变化，以纵坐标表示 pH，横坐标表示加的酸或碱量，绘制滴定曲线，又称缓冲曲线。不同性质酸的滴定曲线具有不同的特征。

影响土壤酸碱缓冲性的因素主要有以下几方面：

土壤无机胶体：土壤的无机胶体种类不同，其阳离子交换量不同，缓冲性不同。土壤胶体的阳离子交换量愈大，缓冲性也愈强。

土壤质地：从不同土壤的质地来看，黏土 > 壤土 > 砂土，这是因为前者黏粒含量高，相应的阳离子交换量亦大。

土壤有机质：土壤有机质中腐殖质含有大量的负电荷，对阳离子交换量贡献大。

第六章　土壤养分与生物

第一节　土壤养分的来源、形态和有效性

一、土壤养分的来源

土壤养分主要是指由土壤提供的植物生长所必需的营养元素，是土壤肥力的重要物质基础。目前已知的植物体内的化学元素有 40 多种，按植物体内的化学元素的含量可分为大量元素、中量元素和微量元素，大量元素包括 C、H、O、N、P、K 等，中量元素有 Ca、Mg、S 等，微量元素有 Fe、Mn、B、Zn、Cu、Mo、Cl 等。

植物生长所必需的营养元素中，除碳、氢、氧主要来自大气和水外，其余营养元素氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰、硼、铜、锌、钼、氯等主要来自土壤。土壤中养分的来源大致包括六个方面。一是土壤矿物质的风化作用提供除氮素外的其他矿质养分。二是土壤微生物的固氮作用为土壤提供氮素。三是植物根系的积聚作用将土壤深层的养分积聚到上层土壤中。四是通过有机质的分解作用，将由生物体所积累下来的各种养分重新释放出来。五是养分随降水或灌溉水进入土壤中。六是施肥显著地补充土壤养分，肥料是土壤中养分的重要来源。

二、土壤养分的形态与有效性

土壤中养分存在的形态是多种多样的，各种养分对植物的有效程度也有差异。从养分的形态来看，有效态养分可分为水溶态养分、难溶态养分等。从养分的有效程度来看，有效性养分可分为速效性养分、迟效性养分等。通常按养分对植物的有效性，划分为五种。

（一）水溶态养分

凡是能溶于水的养分，均称为水溶态养分，它们存在于土壤溶液中。水溶态养分对植物高度有效，易被吸收。包括大部分无机盐类的离子和一些分子量小、结构简单的有机化合物。如 NH_4^+、NO_3^-、

$H_2PO_4^-$、HPO_4^{2-}、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-}、Fe^{2+}、$H_2BO_3^-$、Mn^{2+}、Cu^{2+}、Zn^{2+}、MoO_4^{3-}、Cl^-、尿素、葡萄糖、磷酸酯和简单的氨基酸等。水溶态养分来自土壤矿物的风化和有机残体的分解，也来自所施用的各种化学肥料。

（二）交换态养分

指被土壤胶粒吸附的那部分阳离子。由于它们经常与溶液中的阳离子发生交换反应，所以称为交换态养分。一般情况下，土壤胶粒所吸附的多是阳离子，有时也有阴离子。这部分养分包括交换态的NH_4^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NO_3^-、$H_2PO_4^-$、HPO_4^{2-}等，它们是植物可以通过交换而立即吸收的养分。水溶态养分与交换态养分经常处于动态平衡之中，所以这两部分养分很难截然分开，同时它们都是可以被植物立即吸收的形式，因而统称为速效性养分。

（三）缓效态养分

主要是指某些矿物中较易释放的那部分养分。如黏粒矿物水化云母晶格中所固定的钾和矿物黑云母中的钾。这部分养分为非速效性养分，既不溶于水，也不能被其他阳离子交换出来而为当季作物吸收。但它们不同于迟效性养分，常作为速效性养分的后备与补充，其有效性介于速效态与迟效态之间。

（四）难溶态养分

指存在于矿物中不易释放的养分，即使植物根系所分泌的弱酸也不能使之溶解，亦称迟效态养分。这些矿物态养分有：磷灰石中的磷、长石中的钾以及矿物中的某些微量元素等。它们必须经过长期的风化作用，才可能释放出来。

（五）有机态养分

指存在于土壤有机质或微生物体内的养分。这些养分不能直接被植物吸收利用，属难溶性养分的范畴。它只有分解后才能释放出养分，但比难溶性矿质养分容易释放。

不同形态的土壤养分之间没有严格的界限，它们之间相互联系，相互转化，经常处于动态平衡中。由作物易于吸收利用的速效性养分转化为作物难以利用或不易吸收的缓效态或迟效态养分的过程，称为养分的无效化过程，事实上是养分的固定过程。与此相反的过程称为养分的有效化过程，它是养分的释放过程。

第二节　土壤中的大量元素

一、土壤氮

（一）土壤氮的来源、含量和存在形态

地壳中氮元素含量极低，土壤氮素主要来源于六个方面：一是通过微生物的固氮作用将大气和土壤空气中分子态氮固定为有机氮化合物，直接或间接地进入土壤；二是大气降水中的氮；三是施用有机肥料和化学肥料；四是以尘埃形式回到地面的氮；五是土壤从空气中吸附的NH_3；六是灌溉水和地下水带入的氮。

地壳和母质中氮的含量极少，由于风化成土过程中生物积累和农业施肥，土壤氮素得以增加，但多数土壤含氮量不高，不能满足作物生长的需要。我国农业土壤的含氮量一般在0.5～5g/kg，除黑土、高山土、草甸土、沼泽土和南方的某些土壤外，多在2g/kg以下。山东省大部分耕地全氮含量在0.5g/kg，属于低量或中量偏低的范围，所以在培肥土壤时应注意增加有机质和氮素的含量。

土壤含氮量与有机质含量之间具有较好的相关性，土壤有机质一般含氮5%左右，所以可以根据土壤有机质含量估算土壤全氮含量。

土壤氮素的存在形态分有机态氮和无机态氮两类。无机态氮也称矿质氮，包括铵态氮、硝态氮、亚硝

态氮和游离氮，它们均为速效性养分，植物可以直接吸收利用。除施肥外，无机态氮都是由有机态氮化合物分解转化而来。无机态氮含量很少，每千克只有几十至百毫克，一般占全氮量的1%～2%。有机态氮占全氮量的绝大部分，多达98%以上，主要以多肽、蛋白质、核酸、尿素、胺化物等形态存在，还有少量可溶性酰胺类化合物和简单的氨基酸等。由于土壤氮主要以有机态为主，所以土壤有机质含量越高，氮素的含量也越高，通常随土层深度加深，有机质含量减少，氮素含量也减少。

（二）土壤氮的转化

1. 有机氮的矿化过程　土壤有机氮中5%～30%是蛋白质态的，50%～80%是腐殖质态的，作物不能立即吸收，必须经微生物的矿化作用，才能转化为无机氮（NH_4^+、NO_3^-）。矿化过程主要分两个阶段，第一阶段先把复杂的含氮化合物，如蛋白质、核酸、氨基糖及其多聚体等，经过微生物酶的一系列作用，逐级分解而形成简单的氨基化合物，称为氨基化阶段（氨基化作用）。第二阶段在微生物作用下，各种简单的氨基化合物分解成氨，称为氨化阶段（氨化作用）。有机氮的矿化是在多种微生物作用下完成的，包括细菌、真菌和放线菌等，它们都以有机质中的碳素作为能源，在好气或嫌气条件下进行。在通气良好，温度、湿度和酸碱度适中的砂质土壤中，矿化速率较大，且积累的中间产物有机酸较少；在通气较差的黏质土壤中，矿化速率较小，中间产物有机酸的积累较多。大多数矿质土壤有机氮的年矿化率一般为1%～3%。

2. 硝化作用　有机氮矿化释放的氨在土壤中转化为铵（NH_4^+）离子，部分被带负电荷的土壤黏粒表面和有机质表面功能基吸附，另一部分被植物直接吸收。最后，土壤中大部分铵离子通过微生物的作用氧化成亚硝酸盐和硝酸盐。反应式为：

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{亚硝化微生物}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + 660kJ$$

第二步再把亚硝态氮转化成为硝态氮，这一作用称硝化作用，反应式为：

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{硝化微生物}} 2NO_3^- + 167kJ$$

3. 无机态氮的生物固定　矿化作用生成的铵态氮、硝态氮和某些简单的氨基态氮（$-NH_2$），通过微生物和植物的吸收同化，成为生物有机体组成部分，称为无机氮的生物固定或生物固持。

4. 铵离子的矿物固定　指离子直径大小与2∶1型黏粒矿物晶架表面孔穴大小接近的铵离子（NH_4^+），陷入晶架表面的孔穴内，暂时失去了它的生物有效性，转变为固定态铵的过程。这种固定作用在蛭石、半风化的伊利石和蒙脱石黏粒为主的土壤中尤其多见。

（三）土壤氮的损失

1. 氮素的淋失　铵离子（NH_4^+）和硝酸根离子（NO_3^-）易溶于水中。NH_4^+离子因带正电荷，易被带负电荷的土壤胶体表面所吸附。硝酸根（NO_3^-）带负电荷，不能被带负电荷的土壤胶体表面所吸附，易被淋洗损失。另外，土壤氮素包括硝酸盐、土壤黏粒表面铵离子和部分有机氮，还可以随地表径流进入河流、湖泊等水体中，引起水体富营养化。

2. 气体损失　土壤氮可通过两种机制形成气体氮逸出，进入大气而损失，它们是反硝化作用和氨挥发。

反硝化作用是指在厌氧条件下，硝酸根（NO_3^-）在反硝化微生物作用下，还原为N_2、N_2O、NO的过程。反应式如下：

$$2HNO_3 \xrightarrow[-2H_2O]{+4H^+} 2HNO \xrightarrow[-2H_2O]{+2H^+} 2NO \xrightarrow[-H_2O]{+2H^+} N_2O \xrightarrow[-H_2O]{+2H^+} N_2$$

反硝化作用实质上是硝化作用的逆过程，其条件需要较严格的土壤嫌气环境。反硝化作用损失的土壤氮取决于土壤中硝酸根（NO_3^-）的含量、易分解有机质的含量、土壤通气、水分状况及温度、酸碱度等因素。研究表明，反硝化作用的临界氧化还原电位约为334mV，适宜pH为7.0～8.2。

氨挥发易发生在石灰性土壤上，特别当施铵态氮和尿素等化学氮肥时，氨挥发损失率可高达施氮量

的30%以上。氨的挥发还与土壤性质和施用化肥种类有关，石灰性土壤上施用硫酸铵比施用氯化铵和硝酸铵的氨挥发损失要大得多。在阳离子交换量低的砂质土上施铵态氮，氨的挥发损失比黏质土大。化学氮肥改表施为深施、粉施为粒施，都可减少氨的挥发损失。

土壤氮素的淋失和气态氮的逸失，不仅造成土壤氮的损失，而且可能造成环境污染，所以应尽量避免或减少到最低限度。

（四）土壤氮的调控

指人为的调节管理，即通过科学合理施肥、耕作、灌溉等措施，发挥土壤氮素的潜在作物营养功能，以满足作物高产量、高效益和优良品质的需要。如在生产中要注意调节土壤氮矿化量，主要措施是调节有机质C/N、科学施肥和灌水。一般认为，如有机质C/N大于30:1，则在其矿化作用的最初阶段就不可能对植物产生供氮的效果，反而有可能与植物争夺速效氮，使植物的缺氮现象更为严重。但如有机质的C/N小于15:1时，在其矿化作用一开始，它所提供的有效氮量就会超过微生物同化量，使植物有可能从有机质矿化过程中获得有效氮的供给。所以在实施秸秆还田时，应注意速效氮肥的补充，否则易造成土壤缺氮。施肥能明显促进土壤有机质的矿化作用，施用新鲜有机质如秸秆、绿肥等和施用矿质氮肥都能激发土壤原有有机质的分解、释放，这一现象称为激发效应或起爆效应。

二、土壤磷

（一）土壤磷的含量

地壳含磷（P）量约为1.2g/kg，我国土壤表土层全磷含量一般在0.2～1.1g/kg之间，有明显的地域分布趋势，即从南向北逐渐增加。北方的石灰性土壤比南方的酸性土壤含磷量要高。由于土壤有效磷含量与全磷量并不存在着相关性，所以土壤全磷量不能作为土壤供磷水平的确切指标，但土壤全磷量低者，磷素供应往往不足。

山东省土壤全磷量（P）多数在0.3～0.6g/kg，高者可达1.5g/kg，低的只有0.2g/kg。土壤速效磷多在2.5～10mg/kg，高者可达65mg/kg，低的一般在1mg/kg以下。土壤全磷量的区域分布是：鲁东丘陵区、鲁中南山丘区低，鲁西北黄河冲积平原区高。

山东省主要土壤类型的全磷量大小顺序是：潮土＞风砂土、草甸土、滨海盐土、砂姜黑土＞黑土＞褐土＞棕壤＞石质土、粗骨土。速效磷含量的大小顺序是：滨海盐土＞棕壤＞褐土＞砂姜黑土＞草甸盐土＞石质土＞粗骨土＞风砂土。

磷酸盐在土壤中移动性很小，常因母质、地形部位、生物积累情况、土地利用方式和局部情况的不同，而土壤磷素含量有明显的局部差异。

（二）土壤磷素的形态

土壤磷通常分为无机态磷和有机态磷两大类。无机态磷种类较多，成分较复杂，大致可分为水溶态、吸附态和矿物态三种形态。水溶态磷主要是解离或络合的磷酸盐，还有部分聚合态磷酸盐，含量低，一般在0.003～0.3mg/L，且极不稳定，在酸性或碱性条件下易转化为其他形式，使有效性降低。吸附态磷指通过各种作用力（库仑力、分子引力、化学键能等）被土壤固相表面吸附的磷酸或磷酸根阴离子。矿物态磷是土壤无机磷的主要存在形态，含量几乎占土壤无机磷总量的99%以上。石灰性土壤中主要是磷酸钙盐（磷灰石），酸性土壤以磷酸铁和磷酸铝盐为主。有机态磷含量变动幅度较大，一般占表层土壤全磷量的20%～80%，所占比例与土壤有机质含量呈正相关。有机磷化合物主要有植素类、核酸类、磷脂类等。

土壤中可被植物吸收的磷称为土壤的有效磷，又称为活性磷，它包括水溶态磷、部分或全部吸附态磷及有机态磷，有的土壤中还包括某些沉淀态磷。有效磷的化学定义为能与^{32}P进行同位素交换的或容易被某些化学试剂提取的磷及土壤溶液中的磷酸盐。不溶性磷化合物和保持在黏粒或有机质中的固持态磷称为固定态磷，这部分磷占土壤全磷量的95%以上，又称为非活性磷。土壤中的活性磷与非活性磷处

于相互转化的平衡中。

（三）土壤磷的转化

土壤磷的转化包括一系列复杂的化学和生物化学反应，归纳起来主要是沉淀与溶解反应、吸附与解吸反应，以及有机磷的矿化和无机磷的生物固定等。土壤中有机态含磷化合物和难溶性磷酸盐类，在一定条件下可转化为能被植物吸收利用的水溶性一代磷酸盐（$H_2PO_4^-$）和弱酸溶性二代磷酸盐（HPO_4^{2-}），这是磷酸盐有效性提高的过程，通常称为磷的释放。有机态磷如植素，在植素酶的作用下，可水解出磷酸，供植物吸收。石灰性土壤中的难溶性磷酸盐，在长期风化和成土过程中，与土壤中有机酸、无机酸作用后，逐渐脱钙，最后转化成水溶性磷酸盐。酸性土在淹水条件下，Eh 降低，pH 升高，三价铁还原为二价铁，使粉红磷铁矿进行水解释放出磷酸，闭蓄态磷酸盐膜内的磷酸盐也释放出来。

土壤中有效性磷酸盐转化为难溶性磷酸盐的过程，称为磷的固定。在土壤各种 pH 条件下，都不同程度地存在着磷的固定，这严重影响了磷肥的利用率。在强酸（pH < 5.5）条件下，由于铝硅酸盐风化释放出的游离 Fe^{3+}（Al^{3+}）很多，它们与 $H_2PO_4^-$ 非常容易发生反应，形成作物几乎完全不能利用的粉红磷铁矿。在酸性（pH5.5 ~ 6.5）条件下，$H_2PO_4^-$ 与土壤矿物表面上的 OH^- 可进行交换，使其固定在土壤固相或胶粒表面上。在碱性（pH > 7.5）条件下，土壤溶液中或土壤胶粒上都有大量的 Ca^{2+}，Ca^{2+} 与溶液中的 $H_2PO_4^-$ 可形成弱酸溶性的磷酸二钙，磷酸二钙和土中的 Ca^{2+} 反应，逐渐形成磷酸八钙、磷酸十钙。此外，还有一部分有效磷被微生物吸收固定在其躯体中，称为生物固磷作用。一般认为磷的生物固定比其他的固定方式要好一些，因为生物固定作用的固定时间短，也比较容易释放。

由此可见，磷的有效性与土壤 pH、氧化还原状况及有机质含量有密切关系。提高土壤磷的有效性应采取如下几项措施：一是调节土壤酸碱度，使土壤 pH 至中性附近，可减少磷的固定作用。二是增施有机肥料，实行秸秆还田，提高有机质含量。在土壤有机质含量较高的情况下，磷的固定较少，有效性较高。三是施用速效磷化肥，以增加水溶性磷的含量。四是改善土壤中固磷条件，如酸性土施用石灰，有机质与磷肥结合施用，水溶性磷肥集中施用（条施、穴施）等。五是土壤淹水，淹水后土壤磷的有效性可明显提高。

三、土壤钾

（一）土壤钾的含量

地壳平均含钾量远比氮、磷多，整个岩石圈含钾平均为 24.5g/kg。在风化和成土过程中，钾素因淋失而趋于减少。我国土壤钾的含量变幅较大，一般在 25g/kg 以下，高者可达 40 ~ 50g/kg，低者仅千分之几。总的分布趋势是从南到北逐渐升高。

山东省主要土壤类型土壤全钾量的平均值大部分在 16.8 ~ 23.9g/kg，属于一般量和较高量，只有粗骨土的含量为 13.3g/kg，属于较低含量。区域分布状况是：鲁北平原属于一般含量（15 ~ 20g/kg），并且比较稳定；鲁东区也属一般含量，但即墨、莱西等地有局部含量较低的区域，而文登、牟平境内又出现较高的区域；鲁中和鲁西南地区含量高低起伏较大，巨野县以西大面积土壤全钾量较低（稍低的：10 ~ 15g/kg，低的：< 10g/kg）。

（二）土壤钾的形态

土壤钾按化学组成可分为矿物钾、非交换性钾、交换性钾和水溶性钾。按植物营养有效性可分为无效性钾、缓效性钾和速效性钾。矿物钾是土壤中含钾原生矿物和含钾次生矿物所含钾的总称。这些矿物主要包括钾长石、微斜长石、白云母、黑云母等原生矿物和伊利石、蛭石等含钾次生矿物。土壤矿物钾一般占全钾量的 92% ~ 98%，不能为植物吸收利用，属无效钾。非交换性钾是指存在于膨胀性层状硅酸盐矿物层间和颗粒边缘上的一部分钾。主要包括两类，一类是天然层状矿物层间固有的钾，如黑云母和伊利石中的层间钾。另一类是由吸附在矿物表面的交换性钾或溶液钾转化来的。非交换性钾一般占全钾

量的2%～8%，在一定条件下可以逐渐释放供植物吸收利用，所以又称缓效性钾。交换性钾指吸附在带负电荷胶体表面的钾离子，含量一般为40～600mg/kg，占全钾量的1%～2%，是土壤速效钾的主要部分。水溶性钾是以离子形态存在于土壤溶液中的钾，浓度一般为2～5mg/L。土壤交换性钾和水溶性钾总称为速效钾。

（二）土壤钾的固定和释放

土壤钾的固定作用主要是交换性钾转变成非交换性钾的过程。土壤钾的释放是土壤中非交换性钾转变为交换性钾和水溶性钾的过程。交换性钾、水溶性钾和非交换性钾之间处于动态平衡之中，当土壤中速效性钾被植物吸收利用后，非交换性钾可以缓慢地释放补充速效性钾，当土壤速效钾含量较高、钾离子饱和度较大时，交换性钾可以进入黏粒矿物层间晶穴中，变为非交换性钾。

固定和释放过程首先是由自然因素引起的，但也可用人为措施来调节。影响土壤固定和释放的因素主要有：

1. 黏粒矿物的类型　2∶1型黏粒矿物的特殊晶格结构引起钾固定，固钾能力大小依次为蛭石＞拜来石＞伊利石＞蒙脱石。

2. 土壤质地　含量2∶1型黏粒矿物的土壤，质地愈黏重，固钾能力愈大。

3. 土壤水分条件　土壤干湿变化对钾的固定因土壤速效钾含量不同而不同，速效钾含量丰富的土壤，频繁的干湿交替有利于钾的固定，而速效钾含量低的土壤可能发生释钾现象。

4. 土壤供钾状况　当土壤交换性钾减少时，非交换性钾才释放为交换性钾，释放量随交换性钾含量下降而增加，土壤的释钾能力主要决定于土壤中非交换性钾的含量水平。

5. 人为措施　高温灼烧如烧土、熏泥等，能成倍地增加土壤速效钾含量，冷冻、冻融交替也能促进钾的释放。

第三节　土壤中的中量元素

一、土壤钙

（一）土壤中钙的含量

我国土壤全钙含量因成土母质、风化淋溶强度等的不同而差异明显，高温多雨湿润地区，钙含量很低，如红壤、黄壤的全钙量在4g/kg以下，甚至仅为痕迹。酸性－微酸性土壤往往缺钙。而在淋溶作用弱的干旱、半干旱地区，土壤钙含量通常在10g/kg，有的达100g/kg。含碳酸钙的土壤称石灰性土壤，不含碳酸钙的土壤称非石灰性土壤。

（二）土壤中钙的形态

土壤中钙的存在形态，可分为矿物态钙、交换性钙和水溶性钙三种。矿物态钙是存在于土壤矿物晶格中，不溶于水，也不易为溶液中其他阳离子所代换的钙，占全钙量的40%～90%。交换性钙是吸附在土壤胶体表面的钙离子，是土壤中主要的代换性盐基之一，是植物可利用的钙，占土壤全钙量的5%～60%，一般在20%～30%。在酸性土壤中，钙离子饱和度低于5%，而碱性土的钙离子饱和度大多在60%以上。水溶性钙是存在于土壤溶液中的钙离子，含量因土壤而异，一般在每千克数十毫克至数百毫克，是土壤溶液中含量最高的离子。交换性钙和水溶性钙之和称有效态钙，占土壤全钙量的5%～60%，一般在20%～30%，水溶性钙一般只占有效态钙的2%。

（三）土壤中钙的转化

矿物态钙经化学风化以后，以钙离子进入土壤溶液。其中一部分为胶体所吸附成为交换态离子。钙的另一部分以较简单的碳酸盐（方解石及白云石）、硫酸盐（石膏）等形态存在。含钙矿物风化以后，进入

溶液中的钙离子可能随排水而淋失或为生物所吸收，或吸附在颗粒周围。交换性钙与溶液钙呈平衡状态，后者随前者的饱和度增加而增加，也随 pH 的升高而增加。溶液态钙因植物吸收或淋失浓度降低时，交换性钙即释放到溶液中，土壤交换性钙的释放取决于交换性钙的总量、交换性钙的饱和度、土壤黏粒的类型、吸附在黏粒上的其他阳离子的数量和性质。

二、土壤镁

（一）土壤中镁的含量

土壤全镁含量为 1～40g/kg 之间，平均为 5g/kg，其含量主要受成土母质和风化条件等的影响。我国南方热带和亚热带地区，土壤全镁（Mg）含量低，平均只有 3.3g/kg。北方土壤全镁含量为 5～20g/kg。

（二）土壤中镁的形态

土壤中的镁分为水溶性镁、交换性镁、非交换性镁、矿物态镁和有机镁。水溶性镁是存在于土壤溶液中的镁离子，其含量一般为每千克几毫克至几十毫克。交换性镁是指被土壤胶体吸附的镁，是植物可以利用的镁，一般占交换性盐基的 10%～40%，多数在 30% 左右。非交换性镁，或称酸溶性镁、缓效性镁，可作为植物能利用的潜在有效态镁，占全镁的 10% 以下。矿物态镁是存在于原生矿物和次生黏土矿物中的镁，它是土壤中镁的主要来源，占全镁含量的 70%～90%。有机镁主要以非交换态存在，占全镁的 0.5%～2.8%。

（三）土壤中镁的转化

土壤中各种形态镁之间可以相互转化。矿物态镁在化学和物理风化作用下逐渐发生破碎和分解，分解产物则参加土壤中各种形态镁之间的转化和平衡。交换性镁和非交换性镁之间存在着平衡关系，非交换性镁可以释放为交换性镁，交换性镁也可以固定为非交换性镁，土壤溶液中的镁和交换性镁之间也是一个平衡关系，其平衡速度较快。

三、土壤硫

（一）土壤中硫的含量

我国土壤全硫含量在 100～500mg/kg 之间。滨海盐渍土和沼泽土一般比内陆土壤的含硫量高，人口密度大的城市工矿区附近土壤较远离工矿区土壤含硫量高，滨海酸性硫酸盐土的含硫量可达 10g/kg 以上。

（二）土壤硫的形态

土壤中的硫可分为无机态硫和有机态硫两类。土壤中无机态硫包括：①难溶态硫（固体矿物硫），如黄铁矿（FeS_2）、闪锌矿（ZnS）等金属硫化物和石膏等硫酸盐矿物。②水溶性硫，主要为硫酸根（SO_4^{2-}）及游离的硫化物（S^{2-}）等。③吸附态硫，土壤矿物胶体吸附的 SO_4^{2-} 与溶液中的 SO_4^{2-} 保持平衡，吸附态硫容易被其他阴离子交换。土壤有机态硫主要存在于动植物残体和腐殖质中，以及一些经微生物分解形成的较简单的有机化合物中。硫和碳结合形成半胱氨酸，以 R－SH 基团存在。此外硫也可以磺酸、R－SO_3H 基团存在。

（三）土壤硫的转化

土壤硫的转化主要包括：①有机硫的矿化和固定，与有机氮磷的矿化和固定作用一样，有机硫的矿化和固定是一个可逆反应，受土壤 pH、湿度、温度、通气状况等因素影响。其中，有机质本身的 C/S 是一个重要指标，据报道，有机质的 C/S 为 300～400 则有利于有机硫的矿化，而 C/S 为 300～400 则有可能产生生物固硫。②矿物质的吸附和解吸，在富含铁铝氧化物和水化氧化物、水铝英石及 1∶1 型黏粒矿物为主的土壤中，硫酸根（SO_4^{2-}）有可能被带正电荷的土壤胶体所吸附，但吸附的 SO_4^{2-} 容易被其他阴离子交

换。③硫化物和元素硫的氧化，土壤中的原始硫化物的溶解度虽然小，但在酸性条件下，仍有极少量的硫化物可溶解出来，这些硫化物一旦进入溶液中，只要土壤有一定的通气性，S^{2-} 就会迅速氧化成 SO_4^{2-}。土壤中硫化物和元素硫主要由微生物作用而氧化，土壤 Eh 值和 pH 是影响硫化物氧化的重要因素。

第四节　土壤中的微量元素

微量元素指自然界广泛存在的含量很低的化学元素。现已证明植物必需的微量元素有铁、锰、铜、锌、硼、钼和氯。微量元素在植物体中多为酶、辅酶的组成成分和活化剂，它们的作用有很强的专一性，一旦缺乏，植物便不能正常生长，有时成为作物产量和品质的限制因子。

一、土壤中微量元素的含量

土壤中微量元素主要来自岩石和矿物，母质不同的土壤，微量元素种类和含量也不同。此外，还来自大气及各种有机无机肥料、农药等。土壤微量元素中铁的含量最高，可以百分数计，其余元素大多以 mg/kg 计，其中尤以钼最低。土壤中微量元素含量的多少，大体与母质类型、质地轻重、有机质含量、pH 以及淋溶程度等有关。

土壤中微量元素的含量及其主要来源

元素	含量范围(mg/kg)	平均(mg/kg)	土壤中主要矿质来源	主要有效形态
Fe	变幅很大	-	氧化物、硫化物、铁镁硅酸盐类	Fe^{3+}、Fe^{2+}及其水解离子
Mn	92～3 000	710	氧化物、碳酸盐、硅酸盐	Mn^{2+}及其水解离子
Zn	<3～790	100	硫化物、氧化物、硅酸盐	Zn^{2+}
Cu	3～300	22	硫化物、碳酸盐	Cu^{2+}、$Cu(OH)^+$及Cu^+
B	0～500	64	含硼硅酸盐、硼酸盐	$B(OH)_4^-$（即H_3BO_3的水合离子）
Mo	0.1～6	1.7	硫化物、钼酸盐	MoO_4^{2-}、$HMoO_4^-$

二、土壤中微量元素的存在形态

微量元素大部分存在于矿物晶格中，不能被植物吸收利用，在生物学意义上是无效的。全量只是土壤中微量元素的贮量指标，不能反映其有效性。因此，一定要对其形态进行区分。一般根据工作目的的不同，将微量元素区分为三、四、六级不等。六级常分为水溶态、交换态、专性吸附态、有机态、铁锰氧化物包被态和矿物态。

水溶态：存在于土壤溶液中或可用水提取的微量元素离子或分子，含量一般在5mg/L以下，多数为离子形态，也有相当数量呈分子态，如H_3BO_3等。

交换态：吸附于胶体表面可被其他离子交换出来的微量元素。土壤交换态微量元素含量，少的不足1mg/L，多的不过10 mg/L。交换态阳离子有Fe^{3+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}、Zn^{2+}、Cu^{2+}，以及它们的水解离子$Fe(OH)^{2+}$、$Mn(OH)^+$、$Zn(OH)^+$、$Cu(OH)^+$等。交换态钼和硼以$HMoO_4^-$、MoO_4^{2-}、$H_4BO_4^-$等形式存在，它们可以为其他阴离子所交换，黏粒矿物表面吸附的硼很容易被水浸提。

专性吸附态：在有机或无机胶体双电层内层通过共价键结合被吸附的微量元素。不能和另一种交换性离子发生交换，但比晶格中矿物态的离子易释放。层状硅酸盐、铁锰铝氧化物和有机质表面的羟基是主要专性吸附位置。Cu^{2+}、Zn^{2+}阳离子或MoO_4^{2-}、$H_4BO_4^-$阴离子较易产生专性吸附。

有机态：存在于动植物残体、微生物体、土壤腐殖质中。在分组测定中，通常不包括水溶性有机态部

分。有机态微量元素以络合或吸附状态存在，当有机体分解时，较容易释放出，因此有效性较高。

铁锰氧化物包被态：包裹在铁、锰氧化物中，如亲铁元素的钼常与铁同存。包裹态微量元素只有在包膜破坏后才得以释放，实际上近于矿物态。

矿物态：存在于固体矿物中不能为其他离子交换出来的微量元素的存在形态，称为矿物态。土壤原生矿物、次生黏粒矿物中含有一定数量的微量元素。这些矿物很难溶解，其中的微量元素不能被植物吸收利用。但多数矿物的溶解度在酸性条件下有所增加，少数矿物在碱性条件下较易溶解。

三、土壤中微量元素有效性的影响因素

土壤中微量元素供给不足有两种情况：一是微量元素全量低；二是总量高，但有效量低。影响微量元素有效性的因素很多，主要有：

酸碱度：土壤矿物的溶解度，胶体表面的电性，某些有机、无机配位体的性质，都随酸碱度变化而影响微量元素的有效性。在一般土壤 pH 范围内，阳离子型微量元素铁、锰、铜、锌溶解度都随 pH 的下降而增大，有效性也随之提高。硼在酸性土壤中有效性比石灰性土壤高，而钼则相反。

氧化还原电位：除锌外，铁、锰、铜都是变价元素，一般而言，在同样 pH 条件下，还原态（低价）的溶解度远较氧化态（高价）大，有效性也高。

有机质：微量元素能与有机化合物，如氨基酸、蛋白质、腐殖酸及羟基多元酸等络合。简单的络合态微量元素（分子量小，呈离子态）可直接被植物吸收，还可避免被磷酸根等阴离子沉淀。但复杂的微量元素络合物一般不能被植物吸收，有机质特别高的泥炭土，铜、锌几乎都转化成了复杂的络合态。

土壤质地：微量元素被带电的黏粒所吸附，而不失其有效性，因此黏质土所含的有效微量元素一般都比较多，作物微量元素缺乏症状在砂质土中比黏质土中更常见。

第五节　土壤生物

土壤生物是土壤具有生命力的主要成分，在土壤形成和发育过程中起主导作用，也是评价土壤肥力的重要指标之一。

一、土壤生物类型

（一）土壤生物的种类

土壤生物有多细胞的后生动物，单细胞的原生动物，真核细胞的真菌（酵母菌、霉菌）和藻类，原核细胞的细菌、放线菌和蓝细菌及没有细胞结构的分子生物（如病毒）等。

1. 后生动物　后生动物是小的土居性的多细胞动物，主要包括线虫、蛛虫、蚯蚓、蛞蝓、蜗牛、千足虫、蜈蚣、轮虫、蚂蚁、螨、环节动物、蜘蛛和昆虫等。线虫又称圆虫、丝线虫或发状虫，在土壤后生动物中种类最多，许多种寄生于高等植物和动物体上，常常引起多种植物根部的线虫病。土壤中线虫取食微生物和其他动物。蚯蚓是土壤中主要的无脊椎动物，能分解枯枝落叶和有机质。蚯蚓、蚂蚁、白蚁可破碎并转移有机质使其进入深层土壤。千足虫、螨等足目动物及弹尾目动物也参与枯枝落叶的破碎过程。后生动物对植物残体的破碎作用，使得这些物质有利于原生动物的取食和微生物的进一步分解。

2. 原生动物　原生动物是单细胞真核生物，简称原虫。细胞结构简单，数量多，分布广。海洋、各种淡水水体和潮湿土壤都是它们的主要生活环境。各地土壤中均有原生动物，但不同地区和不同类型土壤的原生动物的种类和数量有差异，数量一般为 104～105 个/g（土），表土中最多，下层土壤中少。原生动物在土壤中的作用是：调节细菌数量、增进某些土壤的生物活性、参与土壤植物残体的分解。

3. 微生物　土壤中微生物分布广、数量大、种类多，1kg 土壤可含 5 亿个细菌、100 亿个放线菌和近 10 亿个真菌、5 亿个微小动物，是土壤生物中最活跃的部分。它们参与土壤有机质分解、腐殖质合成、养

分转化和推动土壤的发育和形成。土壤中微生物是一个庞大的类群，经典的方法只能检测微生物数量的10%左右。

(1)原核微生物：

古细菌：包括甲烷产生菌、极端嗜酸热菌和极端嗜盐菌。它们都生活在特殊的极端环境，如水稻土、沼泽土、盐碱地、盐水湖和矿井等，在物质转化中担负着重要的角色。

细菌：土壤细菌占土壤微生物总数的70%～90%，主要是能分解各种有机质的种类。其数量很大，但生物量并不很高。因为细菌个体小、代谢强、繁殖快，与土壤接触的表面积大，所以是土壤中最活跃的因素。土壤细菌常见的主要属有：节杆菌属、芽孢杆菌属、假单孢菌属、土壤杆菌属、产碱杆菌属、黄杆菌属。土壤中存在着各种细菌生理群，其中，纤维分解细菌、固氮细菌、硝化细菌、亚硝化细菌、硫化细菌、氨化细菌等在土壤碳、氮、磷、硫循环中担当重要的角色。

放线菌：放线菌广泛分布在土壤、堆肥、淤泥、淡水水体等各种自然环境中，土壤中数量及种类最多。一般肥土比瘦土多，农田土壤比森林土壤多，春季、秋季比夏季、冬季多。栖居在土壤中的放线菌大部分为链霉菌属，其次为诺卡氏菌属和小单胞菌属。它们中的大部分均属好氧腐生菌。放线菌最适宜生长在中性、偏碱性、通气良好的土壤中，能转化土壤有机质，产生抗生素，对其他有害菌能起拮抗作用。高温型的放线菌在堆肥中对养分转化起着重要作用。

蓝细菌：是光合微生物，分布很广泛，自热带到两极都有，但以热带和温带较多，淡水、海水和土壤是它们生活的主要场所，在潮湿的土壤和稻田中常常大量繁殖。

黏细菌：黏细菌在土壤中的数量不多，但在施有机肥料的土壤中常见。

(2)真核微生物：

真菌：真菌是常见的土壤微生物之一，尤其在森林土壤和酸性土壤中，往往是真菌占优势或起主要作用。真菌种类繁多，分布最广的是青霉属、曲霉属、镰刀菌属、木霉属、毛霉属、根霉属。

藻类：土壤中藻类的数量很多，是构成土壤生物群落的重要成分，土壤藻类主要由硅藻、绿藻和黄藻组成。藻类是土壤生物的先行者，对土壤的形成和熟化起重要作用，它们凭借光能自养的能力，成为土壤有机质的最先制造者。

地衣：地衣是真菌和藻类形成的不可分离的共生体。地衣广泛分布在荒凉的岩石、土壤和其他物体表面，地衣通常是裸露岩石和土壤母质的最早定居者。因此，地衣在土壤发生的早期起重要作用。

(3)病毒：病毒是一类超显微的非细胞生物，每一种病毒只有一种核酸，它们只能在活细胞内专性寄生，靠宿主代谢系统的协助复制核酸，合成蛋白质等组分，然后再装配而得以增殖。在离体条件下，它们能以无生命的化学大分子状态长期存在并保持其侵染活性。病毒是一种活细胞内的寄生物，凡有生物生存之处，都有相应的病毒存在。病毒在控制杂草及有害昆虫的生物防治方面已显示出良好的应用前景。

(二)土壤微生物的营养类型

1. 化能有机营养型　化能有机营养型又称为化能异养型，需要有机化合物作为碳源，并从氧化有机化合物的过程中获得能量。土壤中该类型微生物的数量和种类是最多的，包括绝大多数细菌、几乎全部真菌和原生动物，是土壤中起重要作用的微生物。化能异养微生物又分为腐生和寄生两类。前者利用无生命的有机物，包括死亡的动植物残体。后者寄生于其他生物，从寄主中吸收营养物质，离开寄主便不能生长繁殖。此外，还有一种中间类型，既能腐生又能寄生，称为兼性腐生微生物或兼性寄生微生物。

2. 化能无机营养型　化能无机营养型又称化能自养型，以CO_2作为碳源，从氧化无机化合物中取得能量。这种类型微生物数量、种类不多，但在土壤物质转化中起重要作用。根据它们氧化不同底物的能力，可分为五种主要类群，它们是亚硝酸细菌、硝酸细菌、硫氧化细菌、铁细菌和氢细菌。

3. 光能有机营养型　光能有机营养型又称光能异养型，其能源来自光，但需要有机化合物作为供氢体以还原CO_2，并合成细胞物质。

4. 光能无机营养型　光能无机营养型又称光能自养型，利用光能进行光合作用，以无机物作供氢体

以还原 CO_2，合成细胞物质。藻类和大多数光合细菌都属于光能自养微生物。

（三）土壤微生物的呼吸类型

微生物的呼吸作用，由于对氧的要求不同，可分为有氧呼吸（也称需氧呼吸）和无氧呼吸（也称发酵）。进行有氧呼吸的称为好氧性微生物，进行无氧呼吸的称为厌氧性微生物，既能进行有氧呼吸又能进行无氧呼吸的称为兼厌氧性微生物。

1. 好氧性微生物的有氧呼吸　土壤中大多数细菌如芽孢杆菌、假单胞菌、根瘤菌、固氮菌、硝酸化细菌、硫化细菌等以及霉菌、放线菌、藻类和原生动物等属好氧性微生物。它们以氧气为呼吸基质氧化时的最终受氢体，由于来自空气中的氧能不断供应，故能使基质彻底氧化，释放出全部能量。在通气良好的土壤中，或有氧的土壤微环境里（如大孔隙中、团粒体外等），好氧微生物共同负担有氧呼吸，它们转化着土壤中的有机质，获得能量、构建细胞物质，各自行使生理功能，如固氮菌的固氮作用。好氧性化能自养型细菌，以还原态无机化合物为呼吸基质，依赖它特殊的氧化酶系，活化分子态氧去氧化相应的无机物质而获得能量。如亚硝酸菌以 NH_4^+ 为呼吸基质氧化成 NO_2^-（亚硝化作用），硝酸菌以 NO_2^- 为基质氧化成 NO_3^-（硝化作用），氧化硫化杆菌以 S 为基质氧化成 SO_4^{2-}（硫化作用）。

2. 厌氧性微生物的无氧呼吸　厌氧性微生物如梭菌、产甲烷细菌和脱硫弧菌等，在缺氧的环境中生长发育，进行不需氧的呼吸过程，基质的氧化不彻底，产生一些比基质更为还原的终产物，释放的能量也少。长期淹水的水稻土、沼泽地、人工沼气池等环境中，产甲烷细菌进行沼气发酵产生甲烷。脱硫弧菌可使硫酸盐还原产生 H_2S。

3. 兼厌氧性微生物兼性呼吸　兼厌氧性微生物能在有氧和无氧环境中生长发育，但在两种环境中呼吸产物不同。典型的例子就是酵母菌和大肠杆菌。土壤中存在的反硝化假单胞菌、某些硝酸还原细菌、硫酸还原细菌是一类特殊类型的兼厌氧性细菌。在有氧环境中，与其他好氧性细菌一样进行有氧呼吸。在缺氧环境中，能将呼吸基质彻底氧化，以硝酸或硝酸中的氧作为受氢体，使硝酸还原为亚硝酸或分子氮，使硫酸还原为硫或硫化氢。

二、土壤微生物区系

土壤是微生物生活和繁殖的良好的栖息地。土壤中普遍分布着数量众多的微生物，重要的类群有细菌、放线菌、真菌、藻类和原生动物。它们与土壤肥力的演变、营养元素的转化、土传性病害的发生均有密切的关系。它们的活性受土壤温度、土壤湿度、酸碱度、通气状况、生物因素和人为的土壤管理措施的影响。

（一）不同类型土壤中微生物的分布

土壤是微生物的大本营，各类微生物在土壤中生长、繁殖。不同土壤类型、肥力水平，土壤微生物的数量和分布有很大差异。我国不同土壤微生物总数的变化趋势是：黑钙土 > 棕壤 > 灰壤 > 水稻土 > 砖红壤。土壤有机质含量与微生物数量关系特别密切，同一类型土壤中，1g 腐殖质的菌数比 1g 土壤的菌数高 1～2 个数量级。

（二）土壤剖面中微生物的分布

在土壤的不同层次中，由于水分、养分、通气、温度、pH 等因素的差异及不同微生物的特异性，致使微生物在土壤剖面中的分布不均。一般来说，表土层微生物数量最多，随层次加深，数量减少。但也有的土壤类型与此不同。

（三）土壤团聚体中微生物的分布

各种团聚体是微生物在土壤中生活的微环境。在团聚体中，微生物不均匀分散，而形成微菌落，与土壤黏粒紧密结合在一起。

（四）微生物与植物根的联合

1. 根圈微生物　根圈或根际泛指植物根系及其影响所及的范围。植物具有明显的根圈微生物效应，用根/土(R/S)表示，即根圈土壤微生物与邻近的非根圈土壤微生物数量之比，根土比一般在50～20之间。土壤类型对根土比有很大影响，有机质含量少的贫瘠土壤中，植物的根圈效应更大。根圈微生物数量的增加是由于根系分泌物提供营养、富集的结果，有益根圈微生物对植物生长有促进作用，有害根圈微生物能加重植物病害。实行作物轮作，改变根圈微生物种群，有减轻或消除病害的作用。

2. 菌根　存在于一些树木根的活性部分的真菌菌丝，是真菌和植物根的共生联合体，称菌根，其真菌称为菌根真菌。自然界大部分植物都具有菌根，菌根对于改善植物营养、调节植物代谢、增强植物抗逆性有一定作用。

3. 共生固氮　①根瘤菌与豆科植物共生，这是最重要的共生体系。根瘤菌一旦进入豆科植物内，在其中繁殖，形成根瘤，根瘤具有很强的固氮能力。②弗兰克放线菌和非豆科植物共生、结瘤和固氮。③蓝细菌同真菌、苔藓植物、水生蕨类植物以及高等植物共生固氮。

4. 联合固氮菌　有些固氮微生物在植物根系中生活，这时的固氮作用比在土壤中单独生活时强得多，这种类型称为联合固氮。联合固氮不同于共生固氮，因为它不形成根瘤这种特殊形态结构，也不同于自生固氮，因为它有较大的寄生专一性。

三、土壤生物活性及其表征

土壤中各种生化反应除受微生物本身活动的影响外，实际上是在各种相应的酶参与下完成的。因此，检测酶活性比检测微生物数量更能直接表达土壤的生物活性。土壤微生物合成的代谢产物——生物活性物质直接影响植物的生长、产品数量和质量。

（一）土壤酶

1. 土壤酶种类和功能　土壤酶主要来自微生物、土壤动物和植物根，土壤微小动物对土壤酶的贡献十分有限。植物根与许多微生物一样能分泌胞外酶，并能刺激微生物分泌酶。在土壤中已发现50～60种酶，研究较多的有氧化还原酶、转化酶和水解酶等。

2. 酶在土壤中存在状态及特征　土壤酶较少游离在土壤溶液中，主要是吸附在土壤有机质和矿质胶体上，并以复合物状态存在。土壤有机质吸附酶的能力大于矿物质，土壤微团聚体中酶比大团聚体中含量高，土壤细粒级部分比粗粒部分吸附的酶多。酶与土壤有机质或黏粒结合，一方面对酶的动力学性质有影响，另一方面也因此受到保护，增强它的稳定性，防止被蛋白酶或钝化剂降解。

3. 环境条件对土壤酶活性的影响

(1)土壤质地：质地黏重的土壤比质地轻的土壤酶活性强。

(2)土壤结构：小团聚体的土壤酶活性较大团聚体强。

(3)土壤水分：渍水条件降低转化酶的活性，但能提高脱氢酶的活性。

(4)温度：适宜温度下各种酶活性均随温度升高而升高。

(5)土壤有机质：土壤有机质的含量和组成及有机矿质复合体组成、特性决定着土壤酶的稳定性。

(6)土壤pH：各种酶均有一定的适宜pH范围。

(7)化学物质的抑制作用：某些化学物质如重金属、非金属离子、有机化合物包括杀虫剂、杀菌剂等均对土壤酶活性有抑制作用。

(8)耕作管理措施：如耕翻、灌水、施肥、喷药等生产活动影响土壤酶活性。

（二）生物活性物质

1. 植物激素　很多微生物都能合成各种不同的植物激素，并分泌于体外或在微生物死亡后释放到土壤中。固氮菌属产生吲哚－3－乙酸；假单胞菌属细菌许多菌株能合成赤霉酸和类似赤霉素的物质以及各类吲哚衍生物、生命素和泛酸等；在节杆菌属和芽孢杆菌属的一些种也广泛发现了植物激素(吲哚乙

酸、赤霉素）；许多腐生真菌和病原真菌也都能转化色氨酸为吲哚乙酸。乙烯是土壤空气中的常见成分，是一种生长调节剂，无论在缺氧或有氧条件下，许多微生物都可以产生这种物质，浓度高时足以影响其他生物。

2. 植物毒素　产生植物毒素的细菌多为假单胞菌属的细菌，它们的代谢产物能抑制植物生长。青霉、曲霉和根霉的某些种都能产生棒曲霉素，除对植物有强烈抑制作用外，还能抑制某些 G－细菌及许多放线菌、真菌和原生动物。青霉和曲霉的某些种能产生青霉酸，能强烈抑制植物，抗菌谱很广。

3. 维生素和氨基酸　许多土壤微生物都能合成维生素并分泌到周围环境中。固氮菌不同菌株能产生维生素 B_1、维生素 B_6、维生素 B_7、维生素 B_3、维生素 B_5、维生素 B_{12} 等 B 族维生素。根圈土壤中微生物产生氨基酸，供作物根系吸收，参与植物营养。

4. 多糖　土壤微生物产生的多糖约占土壤有机质的 0.1%，这种物质与植物黏液、矿物胶体和有机胶体结合在一起，可在幼龄、尚未木栓化的根表面形成不连续的膜，保护根免受锐利的土粒的损伤和病原微生物的入侵。

第三部分　生态学基础

第七章　生态学与农业生态学

第一节　生态学研究对象与分支学科

一、生态学的意义

生态学(ecology)一词源于希腊文 oikos(家庭、住所)和 logos(学科)。从字义上来看,生态学研究"生活所在地"的生物,即研究生物和它所在地关系的一门科学。

生态学作为一个学科名词,德国生物学家 E. Haeckel 于 1866 年首先对生态学作了如下的定义:生态学是研究生物有机体与其周围环境(包括生物环境和非生物环境)相互关系的科学。此后,由于研究背景和研究对象的不同,不同学者对生态学提出了不同的定义。美国生态学家E. P. Odum(1956)认为"生态学是研究生态系统的机构和功能的科学",在其后来的《生态学》(1977)一书中提出,生态学是"综合研究有机体、物理环境与人类社会的科学",并以"科学与社会的桥梁"作为该书的副标题,以强调人类在生态学过程中的作用。我国著名的生态学家马世骏先生根据系统科学的思想指出:生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学。综上所述,尽管生态学这个名词的提出已有 100 多年的历史,然而"生态学是研究生物及其环境关系的科学"的论断,是普遍被科学家们所接受的。

二、研究对象与分支学科

生态学起源于生物学,是生物科学的一个分支学科,其研究对象与生物学有很大的关联。生物是呈等级组织存在的,由生物大分子 - 基因 - 细胞 - 个体 - 种群 - 群落 - 生态系统 - 景观直到生物圈。传统的生态学认为,"生态学是研究以种群、群落、生态系统为中心的宏观生物学"。但近年来生态学除继续向宏观方向发展外,同时还向个体以下的层次渗透。20 世纪 90 年代初期出现了"分子生态学",并由 Harry Smith 于 1992 年创办了《Molecular Ecology》杂志,标志着生态学已进入分子水平。因此,现代生态学研究的范畴,按生物组织水平划分,可从分子、个体、种群、群落、生态系统、景观,直到全球。生态学涉及的环境也非常复杂,从无机环境(岩石圈、大气圈、水圈)、生物环境(植物、动物、微生物)到人与人类社会,以及由人类活动所导致的环境问题。因此,生态学的研究范围异常广泛。

由于生态学研究对象的复杂性,它已发展成一个庞大的学科体系,具有许多分支学科。

以研究对象的生物类群划分,有植物生态学、动物生态学、微生物生态学、人类生态学等。在各大类中又可分为一些小类群(如陆生植物、水生植物、哺乳动物、啮齿动物、鸟类、昆虫、藻类、真菌、细菌等),形成相应的生态学分支学科,如昆虫生态学、脊椎动物生态学、地衣生态学等。

以生物栖息地类型划分,又可分为森林生态学、草地生态学、海洋生态学、淡水生态学、山地生态学、沙漠生态学等。

以研究对象的组织层次划分,即生物组织层次从分子到生物圈,相应划分出分子生态学、进化生态

学、个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学、景观生态学与全球生态学等。

生态学的原理与人类生产活动相结合，形成了许多应用学科，如农田生态学、农业生态学、野生动物生态学、渔业生态学、污染生态学、放射生态学、自然资源保护生态学等。

随着科学的发展，生态学与其他学科相互交叉、相互渗透形成了新的边缘学科，如数学生态学、化学生态学、经济生态学、城市生态学、行为生态学等，这也是生态学新的增长点，发展非常迅速。

第二节　农业生态学及其发展

一、农业生态学的概念及研究对象

农业生产的本质是人类利用生物群体转化环境资源而形成各种农业产品的过程。农业生产本身就是调节生物与环境关系的一个生态过程。诸如作物栽培学、耕作学、土壤与肥料学、园艺学、动物饲养学等相关的农业科学中的许多分支学科，都是从不同角度或侧面研究调节管理生物与环境之间关系的学科。

随着生态学理论与方法的不断成熟和完善，尤其是生态系统理论的提出，使生态学在农业领域的运用更为普遍和深入。人们有意识地运用生态学基本理论及系统生态学的方法研究农业问题，逐步得到深入和发展。进入20世纪以来，生态学在农业领域的分支——农业生态学应运而生，并不断受到重视而逐渐形成一门独立的学科。

农业生态学是运用生态学和系统论的原理和方法，把农业生物与其自然和社会环境作为一个整体，研究其中的相互关系、协调演变、调节控制和持续发展规律的学科。农业生态学是生态学在农业领域的分支，属应用生态学的范畴。

农业生态学研究的对象是农业生态系统。农业生态系统是人类为满足社会需要，在一定边界内通过干预，利用生物与生物、生物与环境之间的能量和物质联系建立起来的功能整体。作为一种被驯化的生态系统，农业生态系统不仅受自然的制约，还受人类活动的影响；不仅受自然生态规律的支配，还受社会经济规律的支配。和一般生态系统一样，物质循环、能量流动和信息传递是农业生态系统的基本功能。

二、农业生态学的发展

早期的农业生态学研究的重点集中在农作物与农田土壤、气候、杂草等相互关系，以及影响作物分布和生态适应能力等方面，多数局限于个体生态学或作物生态学的研究范畴。如意大利的G. Azzi教授于1929年在大学开设了农业生态学课程。他在1956年出版的《农业生态学》一书中定义农业生态学是研究环境、气候和土壤对农作物遗传、发育、产量和质量关系的科学，基本上是分析农作物与生态环境的相互关系及调节途径，重点阐述的是作物生态学的一些内容。

进入20世纪70年代以后，以研究农业生态系统为重点的农业生态学开始发展，对生态系统物质循环、能量流动及系统分析的理论与方法不断被采用，并注意研究系统整体内组分之间的相互关系，使农业生态学研究领域和层次不断拓宽，以生态系统水平为特征的农业生态学逐步建立起来。1972年，日本的小田桂三郎出版了《农田生态学》，用系统分析的方法分析农田生态系统中的各种关系。1976年，在荷兰召开的国际环境专题讨论会上，农业生态系统的物质循环是一个热点，会后由M. J. 福里赛尔主编出版了《农业生态系统中的矿质循环》一书。1979年，G. W. Cox 和 M. D. Akins 合著《农业生态学－世界粮食生产系统的分析》及 R. Lowrance 主编的《农业生态系统》等，都把研究重点从个别作物的生理生态、种群生态及群落生态问题，扩展到农田生态系统和农业生态系统的生产力、资源利用潜力、能量和养分流动与转化，同时剖析农业发展的生态基础、农业生态系统的组分以及农业的未来发展趋势。在各类生态学国际会议上，农业生态学的内容越来越多，其地位也越来越突出。

中国从20世纪70年代后期，随着农业发展中的生态失调问题开始受到广泛的注意，作为研究农业

生态系统的农业生态学得到了重视与发展，在随之以后的多次国内有关农业生态学术研讨会上，对农业生态学的理论、内容体系等进行了研讨，确立了我国农业生态学的学科体系。特别是进入20世纪80年代以后，随着人类社会的不断发展、人口持续增长和对农产品需求的不断提高，全球性的资源和生态环境日趋恶化，引起了国际社会的高度重视。如何协调人类社会经济发展与生态保护的矛盾，已逐步成为可持续发展的焦点问题。作为直接以生物和自然资源环境进行再生产的农业，可持续发展的问题显得更为重要，而以研究农业生态系统生物与环境关系的农业生态学，也随之受到更普遍的重视，农业生态学的研究和应用也越来越活跃。

三、农业生态学的内容与任务

（一）农业生态学的内容

农业生态学的研究对象主要是农业生态系统，即研究农业生物之间、环境之间及生物与环境之间的相互关系及调控途径。利用生态学及系统学的理论与方法对农业系统各组成成分及其相互关系进行研究，以提高整体效益。

农业生态学的主要内容包括农业生态系统的组成、结构、功能及其调控的原理和技术途径。

1. 农业生态系统的组分结构　包括农业生物组分（农作物、畜禽等）、环境组分（自然环境与社会经济环境）；农业生态系统的层次结构，如不同生产层次结构的相互关系；农业生态系统的空间结构，如在自然与社会经济条件影响下的地域分布特点、水平及垂直上的结构配置；农业生态系统的时间结构、系统的演化规律、随时间的变化趋势等；农业生态系统的营养结构，如农业生态系统中的食物营养关系、食物链等。

2. 农业生态系统的能量流动及物质循环　包括农业生态系统中各组分之间的能量和物质的流动、转化的途径与通量强度，物质和能量转化利用的效率与效益，以及伴随物流、能流转化过程的信息传递和价值转移的途径及规律等。

3. 农业生态系统的生产力　包括农业生态系统的初级生产力（植物性生产）和次级生产力（动物性生产），协调各级生产及提高农业系统总体生产力的途径及调控措施等。

4. 农业生态系统的人工调控与优化　包括对农业生态系统调控机制分析及利用生态工程技术对农业系统进行人工调节和优化，生态农业建设的原理及技术等。

5. 农业资源的合理利用与生态环境保护　包括农业生产对资源合理利用的原则及途径；农业生产对生态环境的不利影响与防治途径，以及资源环境对农业生产的反作用等。

（二）农业生态学的特点

1. 应用性　农业生态学是一门应用基础性学科，具有较强的实用性。其研究内容与农业生产密切结合，立足于农业生产实践进行理论分析和研究。其研究成果在农业区划、区域综合开发和治理、农业资源利用、生态工程建设等多方面都有广泛应用。

2. 综合性　农业生态学是介于农学与生态学之间的交叉学科，综合性很强。从知识内容上，它涉及土壤学、作物学、动物学、微生物学、经济学、林学、水产学、园艺学等诸多领域的学科知识；从研究对象上，既包括自然生态内容，也包括人工生态，涉及农业、经济、技术等多方面的内容，而且农业生态系统本身就是一个社会—经济—自然复合系统。

3. 统一性　农业生态学强调适用于不同学科的共同思想和共同语言，强调适用于生态系统不同组分的通用方法。能量、物质、信息、价值等是联系生态系统各种组分的共同媒介，利用它来分析系统的结构、功能，有较强的统一性。尤其随系统分析及计算机技术的发展，其优势愈来愈突出。

4. 宏观性　农业生态学区别于一般的个体生态学、作物生态学及动物生态学等有明确界限的微观生态，它的宏观性及伸缩范围很大。因为农业生态系统本身，其边界范围小的可以是一块农田、一个农户，但大的可以是一个地区、一个国家甚至全世界。所以，以研究农业生态系统为核心的农业生态学基本

上是以研究宏观性的农业问题为重点。

（三）农业生态学的任务

运用农业生态学的理论和方法，分析研究农业领域中的生态问题，探讨协调农业生态系统组分结构及其功能，促进农业生产的持续高效发展，是农业生态学的根本任务。可见，农业生态学不仅要进行基础性的理论研究，更要为发展农业生产提出切实可行的技术途径，要理论与实践紧密结合。

农业生态学不同于自然生态学，它更多地要涉及社会、经济与技术问题，因为农业生产本身就是一个自然再生产与经济再生产结合在一起的过程。所以，从这一角度出发，应把握农业生态与自然生态的不同，注重社会经济因素及技术条件对农业生态系统的作用，不能简单地用纯生态的理论和思想来分析和解释农业及经济发展问题，更不能把生态问题绝对化。例如，从自然生态观点看，森林、草原等是最美观和合理的生物植被，破坏这些植被就意味着生态平衡的破坏；但从农业发展角度看，人类为了生存和发展，必然要通过“刀耕火种”毁掉森林、草原，开发为农田，并逐步增加人工投入以提高生产力。因此，从农业生态观点看，这种“生态平衡破坏”在农业发展的初级阶段并非绝对的不合理，在某种意义上看它反映出人类的进步。

人类社会的发展一定程度上必然要以牺牲自然资源为代价，如何尽可能减少经济发展对生态环境的压力和降低资源成本，走可持续发展之路，是生态学面临的重大问题。同样，这也是农业生态学要探索的问题。把握农业生产的“生态—技术—经济”复合系统的相互作用关系与特点，从整体结构优化和提高系统功能上进行合理调控，以促进农业生产持续高效发展，是农业生态学未来发展中面临的重要任务。

第八章　生态学原理

科学技术发展的生态趋势已成为新技术革命的一个重要特征。随着生态学的发展，人们对生态学原理认识的广度和深度日益增加，而这些基本原理或多或少都会在不同侧面渗透到地学、经济学等多个学科，以及农、林、牧、渔、医药、卫生、环境保护、建筑等多个部门。本章我们将从生态系统、生物与环境关系、能量与能量流动、物质与物质循环、物种的相互作用、生态位、生物多样性等几方面来论述生态学的基本原理。

第一节　生态系统原理

一、生态系统的概念

生态系统这一概念是由英国植物生态学家 A. G. Tansley 于 1935 年首先提出来的，作为一种理论提出，受到广泛的重视。半个多世纪以来，许多生态学家对生态系统理论和实践作出了巨大的贡献。生态系统的含义也经过了一个逐步完善的过程，它可以表述为：在一定的空间范围内，各种生物成分（包括人类在内）和非生物成分（环境中的物理和化学因子），通过能量流动和物质循环而相互作用、相互依存所形成的一个功能单位。当然，有关的新概念、新理论还会随着时代的发展，不断增加。正如 G. C. Evans（1976）在英国植物生态学年会上的开幕词中所指出的那样：生态系统概念的优越之处就是它全面包括了生物有机体的全部物理的、化学的和生物的要素，全部的科学知识……是一袋未经雕琢的金刚石。

地球上的生态系统多种多样，而且尺度可大可小，它们都具有一系列共同特征。一般人提到生态系统概念时，对其范围和大小并没有严格的限制，但把特定的生态系统作为研究对象时，首先应根据研究目的进行严格界定。

二、结构和功能特征

任何系统都有其自身的结构与功能，对生态系统的研究，实质上就是研究生态系统的结构与功能。

(一)生态系统的结构

生态系统结构是指生态系统构成要素在时间、空间上的配置和联系方式与特点。生态系统一般有下列四种结构。

1. 环境与物种结构　这种结构是指不同环境因子组合和相应生物种类的特定数量和比例排列而成的结构。在一定的环境条件下，生物种群是构成生态系统的基本单元，不同的物种(或类群)以及它们之间不同的量比关系，构成了生态系统的基本特征。

2. 空间结构　生态系统中各生物种群在空间上的配置，包括水平上和垂直上的分布格局，构成了生态系统形态结构上的特征。大多数自然生态系统的形态结构都具有水平空间上的镶嵌性和垂直空间上的成层性。

3. 时间结构　生态系统结构随时间的变动也反映出时间上的动态。一般有三个时间度量，即一是长时间度量，以生态系统进化为主要内容；二是中等时间度量，以群落演替为主要内容；三是以昼夜、季节等短时间的变化。生态系统短时间的变化，反映了植物、动物等为适应环境因素的周期性变化，而引起整个生态系统外貌上的变化。这种短时间的变化往往反映了环境质量的变化。

4. 营养结构　生态系统中由生产者、消费者、分解者三大功能类群以食物关系所组成的食物链、食物网是生态系统的营养结构。它是生态系统中物质循环、能量流动和信息传递的重要路径。

生态系统中的各种生物通过它们之间的营养关系结合在一起，形成的链状结构，称为食物链。生态系统中的物质循环和能量流动都是通过食物链来完成的。食物链的存在，说明在生态系统中，能量和物质依存关系具有高度的有序性。生态系统中主要存在四种类型的食物链。

(1)捕食食物链：又称植食食物链或牧食食物链。指以活的绿色植物为基础，到食草动物，再到食肉动物这样一条以活有机体为营养源的食物链。如小麦—蚜虫—瓢虫—食虫小鸟。

(2)腐食食物链：又称碎屑食物链或分解链。指以死亡动植物残体为基础，从真菌、细菌和某些土壤动物开始的食物链。如动植物残体—蚯蚓—动物—微生物—土壤动物。

(3)寄生食物链：以活的动植物有机体为基础，从某些专门营寄生生活的动植物开始的食物链，如鸟类—跳蚤—鼠疫细菌。

(4)混合食物链：指构成食物链的各个环节中，既有活食生物成分，又有腐食性生物成分而构成的食物链。如农业生态系统中，稻草养牛，牛粪养蚯蚓，蚯蚓养鸡，鸡粪加工后可作为添加料养猪，猪粪又可以投到池塘养鱼，构成了一条效率很高的混合食物链。

在生态系统中，一种生物不可能固定在一条食物链上，而往往同时属于数条食物链。生产者如此，消费者也如此。实际上，生态系统中的食物链很少是单条、孤立地出现(除非食性是专一的)，它们往往是交叉连锁，形成复杂的网络式结构，即食物网。它形象地反映了生态系统内各生物有机体间的营养位置和相互关系。生物正是通过食物网发生直接和间接的联系，保持着生态系统结构和功能的相对稳定。

(二)生态系统的功能

生态系统的功能，主要反映在生态系统的物质循环及能量流动和信息传递上，其中信息传递主要是对物质和能量流动起调节作用。物质和能量流动是紧密结合在一起的，二者不可分割，成为生态系统的动力核心。

1. 能量流动　能量以光能状态进入生态系统后，就不能再以光的形式存在，能量沿着生产者—消费者—分解者单向流动，是不可逆的，驱动着生态系统中的一切生命活动。

2. 物质循环　在能量的推动下，环境中的无机物质经光合作用形成生物有机体物质，并通过食物链而加以转化，最后被微生物还原为无机物质，归还给环境，重新被吸收利用，这就是所谓的物质循环。

各类生态系统，尽管营养方式各不相同，但总的来说，生态系统的物质是处于经常不断的循环之中，生态系统中各类物质的循环效率是评价系统的指标。

3. 信息传递　生态系统中生物种类成千上万，它们包含的信息量非常大。信息可来自植物、动物、微生物和人等生物类群；也有非生物信息，包括物理的、化学的和生物的不同性质的信息。有液相、气相和固相三种不同状态的信息。这些信息在生物之间、生物与环境之间的传递，把生态系统的各组分联系成为一个整体，具有调节系统稳定性的功能。

三、整体性特征

整体性是生态系统最重要的一个特征。整体性是指系统的有机整体，其存在的方式、目标、功能都表现出统一的整体性。

生态系统是由多个要素紧密结合形成的一个有机整体，各要素之间相互作用、相互依存。其中任一成分的改变必然会影响其他成分的变化，并且可能进一步影响整个生态系统的结构和功能。整体性是生态系统要素与结构的综合体现，主要有三个论点：①整体大于它的各部分之和。组成生态系统的各要素之间有一定的数量比例关系和空间位置排列关系，为了完成系统某一特定功能，各要素必须分工协作，相互耦联。一般而言，系统的整体功能不等于各组成要素功能的简单相加和堆积，而是一种集合效应，既有各要素的具体功能，又有各要素间交互作用产生的新功能。②一旦形成了系统，各要素不能再分解成独立要素存在。如果要硬性分开的话，那么，分解出去的要素就不再具有系统整体性的特点和功能。③各个要素的性质和行为对系统的整体性是有作用的，这种作用是在各要素相互作用过程中表现出来的。各要素是整体性的基础。系统整体如果失去其中一些关键性要素，那么，也难以成为完整的形态而发挥作用。

人类正面临着严峻的全球性挑战，生态环境遭受了一系列的损害。局部的行动已不能彻底扭转，迫切要以整体性原则来处理，它标志着人类认识自然界有了革命性的进步。采用整体性原则使生态系统某些特征会变得更明显，一些行为变成可见，否则，这些行为是不易被发现的。

四、自然调节及稳态机制特征

自然生态系统是一个相当和谐、协调、有序的大系统，其发展过程总是趋向于内部保持着一定平衡关系，使系统内各成分间处于一种相互协调的稳定状态。了解生态系统的自我调节和稳态机制，是对生态系统进行科学调控的基础。

（一）生态系统的稳定性

无论是自然生态系统还是人工生态系统，都存在着系统与环境之间的物质和能量交换与信息传递，是一种动态的开放系统。生态系统中的生物之间、生物与环境之间进行物质、能量交换和信息传递过程中，会不断受到外界环境的干扰和负影响。然而，一切生态系统对于外界环境的干扰和破坏都有一种自我调节、自我修复和自我延续的能力，如森林的适当采伐、草原合理放牧、海洋适当捕捞，都会通过自我修复能力来保持木材、饲草和鱼虾产品产量的相对稳定。生态系统这种抵抗变化和保持相对平衡状的倾向称为生态系统的稳定性或“稳态”。

生态系统稳定性可分为两类：一类是抗变稳定性，指的是生态系统抵抗干扰和保护自身的结构和功能不受损伤的能力；另一类是弹性稳定性，是指生态系统被干扰、破坏后恢复的能力。很多证据表明，这两类稳定性是相互对立的，它们之间存在着相反的关系，同一个系统一般不易同时发生这两类稳定性。当然，生态系统的稳定性有一定的作用范围。在一定范围内，稳定性有可能保持，超越范围，稳定性就会受到影响。即生态系统可以忍受一定程度的外界压力，并通过自我调控机制而恢复其相对平衡，超出此限度，生态系统的自我调控机制就降低或消失，这种相对平衡就遭到破坏甚至使系统崩溃，这个限度称为“生态阈值”。阈值的大小取决于生态系统的成熟性，系统越成熟，阈值越高；反之，系统结构越简单，功

能效率不高，对外界压力的反应越敏感，抵御剧烈生态变化的能力较脆弱，阈值就越低。不同生态系统在其发展进化的不同阶段有多种不同的生态阈值，了解这些阈值，才能合理调控、利用和保护生态系统。

（二）自然生态系统的稳态调控机制

自然生态系统有一种在发展过程中趋于稳定，在干扰中维持稳定，偏移后恢复原态的能力，这种稳态受到多种机制的调控。

1. 组织层次与稳态　自然生态系统总是由有垂直分离特性的层次构成，大系统套小系统，小系统套更小的系统。在同一层次内，系统又由相互联系，但又彼此相对独立的组分构成，形成系统的水平分离特征。

垂直分离和水平分离的层次结构有利于大系统的生存、进化和稳定。一般说来，含 K 个组分的复杂大系统若能组成 S 个稳定的亚系统，通过自然选择发展为一定结构水平所需的时间与log KS成正比　因此，组分数目(K)一定时，随着稳定亚系统数目(S)的增加，所需时间缩短　同时，由于层次的存在，当低层次受到干扰时，高层次仍能正常发挥作用；当某一组分受到干扰时，另一组分仍可运行　这些都有利于系统稳态的维持。

2. 结构上的功能组分冗余与稳定　自然生态系统中功能组分冗余是很常见的　一株植物有许多叶片，一片叶有多层叶绿细胞，一个叶绿细胞有多个叶绿体　群落的光能为各个层次的各种绿色植物利用。植物的种子和动物的排卵数大大超过环境可能容纳的下一代数目　同一种植物常为众多的食草动物所消费。同一种生物残体为数以百计的各种大小生物所分解利用。这类功能组分的冗余使得生态系统在遇到干扰之后，能维持正常的能量和物质转化功能。生态系统中的物种多样性也是功能组分冗余的一种表现。如热带雨林中，生物的种类极为丰富，彼此在功能上有若干重叠或近似，因而具有一定的互补性。在这样的生态系统中，不会因为一个或几个物种的消失而使总体功能发生明显的变化。

3. 自然生态系统中的反馈关系与稳态　生态系统是一个具有稳态机制的自动控制系统，它的稳定性是通过系统的反馈来实现的。当生态系统中某一成分发生变化时，必然会引起其他成分出现一系列的相应变化，这些变化最终又反过来影响起初发生变化的那个成分，这个过程便称为反馈。反馈可分为正反馈和负反馈。

正反馈是指使系统输出的变动在原变动方向上被加速的反馈。正反馈导致系统偏离稳态，种群数量不断扩增，并最终使其崩溃。如一个湖泊生态系统受到了污染，鱼类会死亡而数量减少，鱼体死亡后又会进一步加重污染，并引起更多鱼类死亡。因此，由于正反馈的作用，污染会越来越重，鱼类死亡速度也会越来越快。

负反馈是指使系统输出的变动在原变化方向上减速或逆转的反馈。负反馈是通过组分间、生物组分间与环境间的相互作用产生的，能巧妙地维持系统的稳定　负反馈在生态系统内部维持系统稳定性方面发挥着决定性的作用　例如，草原上的食草动物因为迁入而数量增加，植物则受到过度啃食而减少，植物生产量减少以后，反过来又会抑制食草动物的数量。

生态系统之所以能够保持生态平衡，就是依靠这类反馈机制。当人类处于生产的目的将自然生态系统转为人工生态系统后，这类机制受到很大的制约或基本丧失，不得不依赖于人工建立高耗能的中央控制系统，不但对能源的可持续利用带来问题，而且反馈的灵敏度也远不如自然生态系统，这就要求在农业生态系统的管理过程中，尽可能地模拟和恢复自然生态系统的反馈机制。

第二节　生物与环境关系的基本定律

生物与环境关系是生态系统中的一种基本关系，二者是不可分割的统一体　生态学的研究目的不仅在于探讨生物自身的生物特征和生态特征，更重要的是研究环境变化对生物的作用及其生物存在对环境的影响。了解生物与环境之间的关系及其规律，对提高生态系统的生产力和改善环境质量都有重要意

义。

一、环境的概念与类型

(一)环境的概念

环境是指某一特定生物体或生物群体以外的空间,以及直接或间接影响该生物体或生物群体生存的一切事物的总和。环境总是针对某一特定主体或中心而言的,是一个相对的概念,离开了这个主体或中心也就无所谓环境,因而环境只具有相对的意义。在生态学中,环境是指生物的栖息地,以及直接或间接影响生物生存和发展的各种因素。在环境科学中,人类是主体,环境是指围绕着人群的空间以及其中可以直接或间接影响人类生活和发展的各种因素的总体。

环境有大小之别,大到整个宇宙,小至基本粒子。例如,对太阳系中的地球而言,整个太阳系就是地球生存和运动的环境;对栖息于地球表面的动植物而言,整个地球表面就是它们生存和发展的环境;对某个具体生物群落来讲,环境是指所在地段上影响该群落发生发展的全部无机因素(光、热、水、土壤、大气、地形等)和有机因素(动物、植物、微生物及人类)的总和。总之,环境这个概念既是具体的,又是相对的。讨论环境时,要包含着特定的主体,离开了主体的环境是没有内容的,同时也是毫无意义的。主体的不同或不明确,往往是造成对环境分类及环境因素分类不同的一个重要原因。

(二)环境的类型

环境是一个非常复杂的体系,至今尚未形成统一的分类系统。一般可按环境的主体、环境性质、环境的范围等进行分类。按环境的主体分,目前有两种体系,一种是以人为主体,其他的生命物质和非生命物质都被视为环境要素,这类环境称为人类环境。在环境科学中,多数学者都采用这种分类方法。另一种是以生物为主体,生物体以外的所有自然条件称为环境,这是一般生态学书刊上所采用的分类方法。

按环境的性质可将环境分成自然环境、半自然环境(被人类破坏后的自然环境)和社会环境三类。

按环境的范围大小可将环境分为宇宙环境(或称星际环境)、地球环境、区域环境、微环境和内环境。

宇宙环境指大气层以外的宇宙空间,是人类活动进入大气层以外的空间和地球邻近天体的过程中提出的新概念,也有人称之为空间环境。宇宙环境由广阔的空间和存在其中的各种天体及弥漫物质组成,它对地球环境产生了深刻的影响。太阳辐射是地球的主要光源和热源,为地球生物有机体带来了生机,推动了生物圈这个庞大生态系统的正常运转,因而它是地球上一切能量的源泉。太阳辐射能的变化影响着地球环境。例如,太阳黑子出现的数量同地球上的降雨量有明显的相关关系。月球和太阳对地球的引力作用产生潮汐现象,并可引发风暴、海啸等自然灾害。

地球环境指大气圈中的对流层、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈,又称为全球环境,也有人称为地理环境。地球环境与人类及生物的关系尤为密切。其中生物圈中的生物把地球上各个圈层的关系密切地联系在一起,并推动各种物质循环和能量转换。

区域环境指占有某一特定地域空间的自然环境,它是由地球表面不同地区的5个自然圈层相互配合而形成的。不同地区,形成各不相同的区域环境特点,分布着不同的生物群落。

微环境指区域环境中,由于某一个(或几个)圈层的细微变化而产生的环境差异所形成的小环境。例如,生物群落的镶嵌性就是微环境作用的结果。

内环境指生物体内组织或细胞间的环境,对生物体的生长和繁育具有直接的影响。例如,叶片内部,直接和叶肉细胞接触的气腔、气室、通气系统,都是形成内环境的场所。内环境对植物有直接的影响,且不能为外环境所代替。

二、生态因子作用的一般特征

构成环境的各要素通称环境因子。环境因子中对生物的生长、发育、生殖、行为和分布有直接或间接影响的因子称为生态因子。生态因子中生物生存不可缺少的因子称为生物的生存因子(或生存条件、生

活条件)。所有生态因子构成生物的生态环境。具体的生物个体和群体的生活地段上的生态环境称为生境,其中包括生物本身对环境的影响。生态因子和环境因子是两个既有联系又有区别的概念。环境因子指生物有机体以外的所有环境要素,是构成环境的基本成分。生态因子则指环境要素中对生物起作用的部分。

任何一种自然生态环境中都包含着许多种生态因子,各种生态因子不是孤立存在的,对生物产生作用也不是孤立的,而是互相关联作为一个整体综合发挥作用。生态因子作用的一般特征包括生态因子间彼此联系、互相作用,生态因子的不可替代性,作用的主次关系和直接与间接作用关系,以及它们的作用地位在一定条件下的互相转化等主要内容。

生态因子的综合作用:生态环境是由许多生态因子组合而成的综合体,组成生态环境的生态因子不是单独地发挥作用,而是相互联系、相互制约、相互配合,任何一个单因子的变化,必将引起其他因子不同程度的变化及其反作用。生态因子所发生的作用虽然有直接和间接作用、主要和次要作用之分,但它们在一定条件下又可以相互转化。如光和温度的关系密不可分,温度的高低不仅影响空气的温度和湿度,同时也会影响土壤的温度和湿度的变化。这是由于生物对某一限制因子的耐受限度会因其他因子的改变而改变,所以生态因子对生物的作用不是单一的而是综合的。

主导因子作用:在一定条件下起综合作用的诸多生态因子中,有一个或少数几个对生物起决定性的作用因子,称为主导因子。其他因子为次要因子。如光合作用时,光强是主导因子,温度和 CO_2 浓度为次要因子。又如,以土壤为主导因子,可将植物分成多种生态类型,有喜钙植物、嫌钙植物、盐生植物、沙生植物;以生物为主导因子,表现在动物食性方面可分为草食动物、肉食动物、腐食动物、杂食动物等。

生态因子的主次在一定条件下可以发生转化,处于不同生长时期和条件下的生物对生态因子的要求和反应不同,某特定条件下的主导生态因子在另一条件下会降为次要因子。

生态因子的直接作用和间接作用:生态因子对生物的作用有的是直接的,有的是间接的。直接影响或直接参与生物新陈代谢的生态因子为直接因子,如光、温、水、气、土等。不直接影响生物,而是通过影响直接因子而影响生物的生态因子为间接因子,如地形、地势、海拔高度等。间接因子对生物的作用虽然是间接的,但往往是非常重要的,它一般支配着直接因子,而且作用范围广,作用强度大,有时甚至构成地区性影响及小气候环境的差异。了解直接因子和间接因子之间的关系,有利于通过对间接因子的改造而影响直接因子,从而创造良好的生态环境。

生态因子的阶段性作用:由于生物生长发育不同阶段对生态因子的需求不同,因此生态因子对生物的作用也具阶段性,这种阶段性是由生态环境的规律性变化所造成的。如小麦的春化阶段要求有相应的低温作保证,而一旦通过春化阶段,低温对小麦的生长发育就显得不很重要,有时,低温会对小麦产生有害的影响。

生态因子的不可代替性和补偿作用:环境中各种生态因子的存在都有其必要性,尤其是作为主导作用的因子,如果缺少便会影响生物的正常生长发育,甚至生病或死亡。所以生态因子是不能代替,但却是可局部补偿的。如在一定条件下,多个生态因子的综合作用过程中,由于某一因子在量上的不足,可以由其他因子来补偿,同样可以获得相似的生态效应。以植物进行光合作用来说,如果光照不足,可以增加 CO_2 的量来补偿;软体动物在锶多的地方,能利用锶来补偿壳中钙的不足。

三、生态因子的限制作用规律

在众多的生态因子中,任何接近或超过某种生物的耐性极限,且阻止其生长、繁殖和扩散,甚至生存的因子,称为该生物的限制因子。在自然界中,各种有机体和环境的相互关系是极其复杂的,环境因子对生物的作用也各不相同,有的显得特别重要(主导作用),有的则相对次要。在诸类环境因子中,任何一个因子只要超过或接近生物忍受程度的极限时,就可能成为一个限制因子。同时,环境中的生态因子也有一定的量,这就形成了对生物的限制作用。生态因子的限制作用主要表现为最小因子定律和耐性定律。

（一）最小因子定律

最小因子定律也称李比希定律，它是由德国著名化学家李比希（J. Liebig，1840）首先提出的。在分析土壤与植物生长关系时，他认为植物生长环境中的水和 CO_2 数量较多，容易满足植物的需要，作物的产量往往取决于最少量矿质营养元素的供应状况；作物的增产和减产与作物从土壤中所能获得的矿物营养的多少呈正相关；每一种植物都需要一定种类和一定数量的营养物质，如果其中有一种营养物质完全缺乏，植物就不能生存，如果这种营养物质数量极微，植物的生长就会受到不良影响。后来人们把这种思想称为“李比希最小因子定律”。

Liebig 之后，不少学者对此定律进行了补充。如 E. P. Odum（1993）对此作了两点补充：①这一定律只有在相对稳定状态下才能运用。在不稳定状态下，许多因子的量和作用处于激烈的变动中，很难确定哪个单因子是限制因子。②要考虑因子间的相互作用。例如，由于某些营养物质间的互补作用，生物有时能以一个化学上很接近的物质来部分代替环境中的某一限制因子。

（二）耐性定律

在最小因子定律的基础上，人们发现某些因子的过量也会成为限制因子。也就是说，在生物的生长和繁殖所需要的众多生态因子中，任何一个生态因子在数量上的过多、过少或质量不足，都会成为限制因子。1913 年，美国生态学家谢尔福德（V. E. Shelford）在最小因子定律的基础上提出了耐性定律，并试图用这个定律来解释生物的自然分布现象。他认为生物的存在与繁殖，要依赖于某种综合环境因子的存在，只要其中某一因子的量（或质）不足或过多，超过了某种生物的耐性限度，则使该物种不能生存，甚至灭绝。这一概念被称之为 Shelford 耐性定律。在这一定律中，把最低和最大因子合并，把如何接近或超过耐性下限或上限的因子都称为限制因子，把耐受下限和上限之间的范围称之为生态幅。

在谢尔福德的基础上，1973 年，E. P. Odum 对耐性定律作了如下补充：①同一种生物对各种生态因子的耐性范围不同，对一个因子耐性范围很广，而对另一因子的耐性范围可能很窄。②不同种生物对同一生态因子的耐性范围不同。对主要生态因子耐性范围广的生物种，其分布也广。仅对个别生态因子耐性范围广的生物，可能受其他生态因子的制约，其分布不一定广。③当某种生物对于某一个生态因子不是处于最适状态时，对其他生态因子的耐性限度可能随之下降。④同一生物在不同的生长发育阶段对生态因子的耐性范围不同。通常在生殖生长期对生态条件的要求最严格，繁殖的个体、种子、卵、胚胎、种苗和幼体的耐性范围一般都要比非繁殖期的窄。⑤同一生物种内的不同品种，长期生活在不同的生态环境条件下，对多个生态因子会形成有差异的耐性范围，即产生生态型的分化。

任何一种生物，对自然环境中的各种理化生态因子都有一定的耐性范围，耐性范围越广的生物，适应性越广。据此，可将生物大体划分为广适性生物和窄适性生物。

四、生物的生态适应性

生物的生态适应性是生物在生存竞争中为适合环境形成的特定性状的一种表现。生物对环境中各生态因子的综合作用，最终表现出趋同和趋异的生态适应。所谓趋同适应，是指亲缘关系相当疏远的生物，由于长期生活在相同的环境之中，通过变异、选择和适应，在器官形态方面出现很相似的现象，其结果使不同种的生物在形态、生理和发育上表现出很强的一致性和相似性。趋异适应，则是指同种生物的不同个体群，由于分布地区的差异，长期接受不同环境条件的综合影响，不同的个体群之间在形态、生理等方面产生的相应的生态变异。

（一）生态型

同种生物不同个体群，长期生存在不同的生态环境和人工培育条件下，发生趋异适应，并经自然和人工选择而分化形成的生态、形态和生理特性不同的基因型类群，称为生态型。生态型是分类学上种以下的分类单位。

生态型的划分是根据形成生态型的主导因子进行的。就植物来说，其生态型包括：

1. 气候生态型　这是依据植物对光周期、气温和降水等气候因子的不同适应而形成的，例如水稻品种中的不同光温生态型以及耐热性、抗寒性和抗旱性等不同的类型。对一般作物而言，春播秋收的作物多为高温短日生态型，秋冬播春收的作物多为耐寒长日生态型。同为春播秋收的作物品种，则南方品种对于短日的要求比北方品种要严格。而春播夏收的作物品种，一般对光周期要求不严格。

2. 土壤生态型　在不同土壤水分、温度和土壤肥力等自然和栽培条件下，形成不同的生态型。例如水稻和陆稻主要是由于土壤水分条件不同而分化形成的土壤生态型。又如作物的耐肥品种或耐瘠品种，是与一定的土壤肥力相适应的土壤生态型。

3. 生物生态型　同种生物的不同个体群，长期生活在不同的生态条件下也会分化形成不同的生态型。例如作物对病、虫具有不同抗性的品种，可看作不同的生态型。

对动物而言，同样存在生态型的分化。据郑丕留研究，在不同的生态区域，我国的黄牛分别形成了北部地区草地黄牛、中部华北农区黄牛和西南与南部亚热带及热带地区黄牛等生态型。其中，北部地区草地黄牛具有体小，适应性强，抗寒，可终年放牧，抓膘力强，肉、乳、役兼用和生产力较低的特性；中部华北农区黄牛则体大膘肥，公牛肩峰稍突，前躯发达，役、肉兼用，肉质好；西南与南部亚热带及热带地区黄牛体小灵活，能爬陡坡，公牛具有明显肩峰，终年放牧，耐粗饲，抗性强。我国猪的品种，按照地理及生态条件大致分为华北、华中、江海、华南、西南和高原6个主要生态型。自北向南，猪种在形态和生态特性方面的变化趋势是：体形由大而小；鬃毛由密而疏，绒毛由多而稀或无；背腰由平直逐渐凹陷；脂肪比重逐渐增加；繁殖力以江海型、华中型较强；毛色由黑而花；大多耐粗饲，抗性强，生产力不高，特别是高原型的藏猪。

（二）生活型

不同种生物，由于长期生存在相同的自然生态和人为培育环境条件下，发生趋同适应，并经自然选择和人工选择后形成的，具有类似形态、生理和生态特性的物种类群，称为生活型。生活型是着重从外部形态、外貌上进行划分的，是种以上的分类单位。

生活型的划分具有多种方法，亲缘关系相距很远的生物种可能属于同一生活型，而亲缘关系相距很近的生物种则可能属于不同的生活型。蝙蝠和大多数鸟类一样靠飞行来捕食空中的昆虫为生，属哺乳动物，但是它的前肢不同于一般的兽类，而像鸟类的翅膀。鲸、海豚、海象、海狮、海豹则长期生活在水生环境之中，形成类似鲨鱼的身躯和鱼类胸鳍的前肢，也均属于哺乳动物。

在地球上相似的环境中，同时生活着具有相似生活型的动物。

在不同地区相似土壤中生活着具有相似生活方式和形态的生物

动物类型	北美洲	南美洲	亚洲	非洲	澳洲
跳跃行走的动物	长耳大野兔		沙漠跳鼠	跳兔	大袋鼠
穴居地上寻食的哺乳兽	长尾草原大鼠、小囊鼠	鼯、豚鼠	仓鼠	松鼠	袋熊
穴居地下寻食的哺乳兽	囊鼠	栉鼠	鼹鼠、滨鼠	金毛鼠	袋鼹
不能飞的鸟		美洲鸵鸟		鸵鸟	鹊
奔跑的食草动物	叉角羚、美洲野牛	大羊驼、南美大草原鹿	草原羚羊	斑马、跳羚	
奔跑的食肉动物	丛林狼	狼	兔	狮、猪、豹	袋狼

另外，根据动物栖息活动地的不同，也可分为水生动物、两栖动物、陆生地面动物、陆生地下动物、飞

行动物等生活型。

植物也不例外，生活于沙漠干旱区的仙人掌科植物与生活在相同环境条件下的菊科、大戟科和萝摩科植物形成了相似的外部形态。

对植物生活型的划分，一般按照布朗—布朗喀（Braun－Blanguet）的分类系统把植物生活型分为10种类型。

1. 浮游植物　包括：①大气浮游植物；②水中浮游植物；③冰雪浮游植物。

2. 土壤微生物　包括：①好气土壤微生物；②嫌气土壤微生物。

3. 内生植物　包括：①石内植物（生活在岩石里的地衣、藻类和蕨类）；②植物体内植物；③动物体内植物（主要是体内病原性微生物）。

4. 一年生植物　包括：①叶状体一年生植物（黏菌和霉菌）；②苔藓一年生植物；③蕨类一年生植物；④真一年生植物（一年生种子植物），包括匍匐一年生植物、攀援一年生植物、直立一年生植物。

5. 水生植物　包括：①漂浮水生植物；②固着水生植物（如藻类、真菌、藓类、苔类）；③生根水生植物（如水土地下芽植物、水生地面芽植物和水生一年生植物）。

6. 地下芽植物　包括：①真菌地下芽植物，包括根菌（子实体在地下）、气生菌（子实体在地上）；②寄生的地下芽植物（根寄生）；③真地下芽植物（如鳞茎地下芽植物、根茎地下芽植物和根地下芽植物）。

7. 地面芽植物　包括：①叶状体地面芽植物，包括固着地藻类（固定在地上、树皮上、石上）、壳状地衣、叶状体苔藓植物；②生根的地面芽植物，包括草丛地面芽植物、莲座状地面芽植物、直茎地面芽植物、攀援地面芽植物。

8. 地上芽植物　包括：①匍匐苔藓地上芽植物；②地衣地上芽植物（枝状地衣）；③匍匐地上芽植物；④肉叶地上芽植物（叶肉植物）；⑤垫状地上芽植物；⑥泥炭藓型地上芽植物；⑦禾本型地上芽植物；⑧蔓生灌木和半灌木地上芽植物；⑨半灌木地上芽植物。

9. 高位芽植物　包括：①矮高位芽植物（灌木，0.25～2m）；②大高位芽植物（乔木，2m以上）；③肉茎高位芽植物；④草本高位芽植物；⑤攀援藤本高位芽植物。

10. 树上的附生植物。

在不同的气候生态区域，生活型的类别组成是不同的。例如，在潮湿的热带地区，以高位芽植物为主，乔木和灌木占大多数，附生植物也较多；在干燥炎热的沙漠地区和草原地区，以一年生植物占的比重最大；在温带和北极地区，则以地面芽植物占的比重最大。

（三）生境和生态位

某一生物种群或生物群落，由于生态环境的约束，只能在某一特定区域中生存，则把该区域称为某生物种群或生物群落的生境（habitate）。例如，蚯蚓在有机质丰富的泥土中生存，这种泥土就是蚯蚓的生境；鳙鱼在含氮丰富、浮游动物多的鱼塘上层生活，鱼塘上层就是鳙鱼的生境。生境的分化，与其他种生物的生命活动有密切关系。生境是从生物生存的小区域方面来考虑生物与环境相互关系的概念。

生态位（niche）是生物物种在完成其正常生活周期时所表现出的对环境综合适应的特性，即一个物种在生物群落和生态系统中的功能与地位。生态位理论已在种间关系、生物多样性、群落结构和种群进化等研究方面广泛应用，生态位理论成为近20年来生态学研究的热点之一。有关生态位理论及其应用等问题将在第六节中详细讨论。

第三节　能量转化原理

能量是地球上一切生命活动的原动力，在生态系统中，能量作为最活跃的基本要素，在各个组分之间进行着有秩序的、不断变换存在形式的传递、流动和转化，维系着整个生态系统的生命力。没有能量的流动与转化，就没有生命，没有生态系统。能量转化是生态系统最重要也是最基本的功能之一。

一、能量传递规律的热力学定律

能量，在物理学上指的是物质具有做功的能力。能是物质运动的量度，对于不同的运动形式，有不同形态的能量，如机械能、化学能、辐射能、势能、电能、动能、核能、热能等。一般又把能分为两种存在形式：潜能和动能。潜能是静态能量，它是存在于物体内部的化学能量，具有做功的潜在能力，生态系统中有机物质的化学结合能是潜能的一种。动能则与物体本身的质量、运动速度和相对位置有关。

太阳能是生态系统中能量的最主要来源，除太阳能外，生态系统还有其他形式的自然能量，如风能、潮汐能、地热能、水流能、降雨能等，这些能量对生态系统的食物链能量转化与传递起辅助作用，称生态系统的自然辅助能。在农业生态系统等人工和人工驯化的生态系统中，人们还通过投入人力、畜力、燃料、电力、机械和肥(饲)料、农(兽)药、农用薄膜等，辅助生态系统以太阳能为起点的食物链能量转化，成为生态系统的人工辅助能。进入生态系统各种活动中的能量途径，是以能量流动方式进行的。生态系统中能量流动是严格遵循热力学第一定律和第二定律的。

(一)热力学第一定律

热力学第一定律也称能量守恒定律，即“在自然界发生的所有现象中，能量既不能消失也不能凭空产生，它只能以严格的当量比例由一种形式转变为另一种形式”。这个定律可用下列公式表示：

$$\Delta E = \Delta H - \Delta W$$

式中：ΔE 为系统内能的改变；ΔH 为系统从外界吸收的热量；ΔW 为系统对外所做的功。

依据这个定律可以看出，一个体系的能量发生变化，环境的能量也必定发生相应的变化。如果体系的能量增加，环境的能量就要减少，反之亦然。对生态系统来说也是如此。例如，光合作用生成物所含有的能量多于光合作用反应物所含有的能量，生态系统通过光合作用所增加的能量等于环境中太阳辐射能所减少的能量，但总能量不变，所不同的是太阳能转化为潜能输入了生态系统，表现为生态系统对太阳能的固定。

(二)热力学第二定律

热力学第二定律也称为能量衰变定律或熵定律，是指系统中一切过程都伴随着能量的改变，在能量的传递和转化过程中，伴随着一部分能量以热的形式散失掉，使自由能减少而使熵(entropy)增加。一个封闭系统总是倾向于使自由能减少，最后导致一切过程的终止。这一定律可以用下式表达：

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

式中：ΔG 为有用能(又称自有能)的数量；ΔH 为系统从外界吸收的能；ΔS 为熵的变化；T 为过程发生的热力学温度。

对生态系统来说，当能量以食物的形式在生物之间传递时，食物中相当一部分能量转化为热而消散掉(使熵增加)，其余则用于合成新的组织而作为潜能贮存下来。所以动物在利用食物中的潜能时常把大部分转化成了热，只把一小部分转化为新的潜能。因此，能量在生物之间每传递一次，一大部分的能量就被转化为热而损失掉，这也就是食物链的环节和营养级一般不会多于6个以及能量金字塔必定是尖塔形的热力学解释。

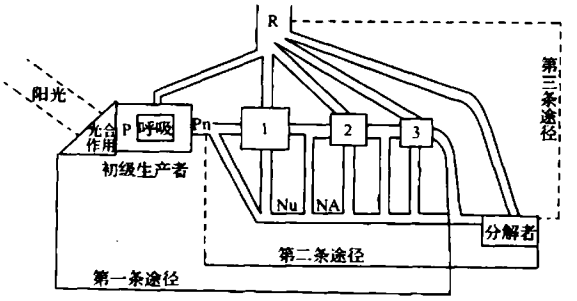
二、生态系统能量流动路径与转化效率

生态系统的能量流动就是指能量由非生物环境经生物有机体，再到外界环境所进行的一系列转换过程。实质上这个过程是能量的生产积累与分解消耗这一矛盾体的对立统一过程。由于能量流动是生态学特有的能量运动方式，因此，了解与掌握其流动途径与转化效率，在分析生态系统的结构与功能时有重要意义。

(一)能量流动的路径

绿色植物通过光合作用把太阳辐射能固定为有机物质中的化学潜能后，就进入了生态系统能量流动

的“渠道”，在组成生态系统的各生物成员之间转化的过程中，能量被分为三股支流，形成了生态系统能量流动的三条途径。



生态系统能量流动途径（据 E. P. Odum 图改画）

P. 总初级生产　Pn. 净初级生产　1. 食草动物　2. 食肉动物　3. 顶级食肉动物

R. 呼吸消耗　Nu. 储存或输出的能量　NA. 排泄、残体中能量

1. 第一条途径　植物有机体被一级消费者（食草动物）取食消化，称为二级生产者，二级生产者又被二级消费者（食肉动物）所取食消化，称为三级生产者，还有四级、五级生产者等。能量沿食物链各营养级流动，每一营养级都将上一级转化而来的部分能量固定在本营养级的生物有机体中，但最终随着生物体的衰老死亡，经微生物分解将全部能量散逸归还于非生物环境。

2. 第二条途径　在各个营养级中都有一部分死亡的生物有机体、排泄物和残体进入到腐食食物链，在分解者的作用下，这些复杂的有机化合物被还原为简单的 CO_2、H_2O 和无机物质。有机物中的能量也以热能的形式消散于非生物环境。

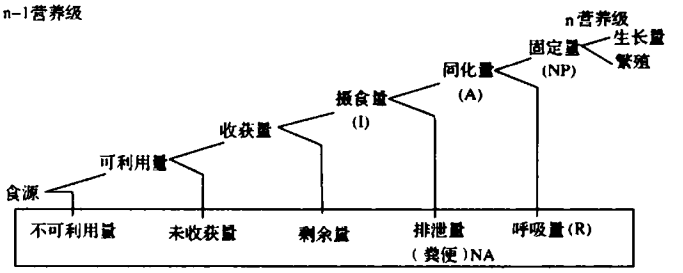
3. 第三条途径　无论哪一级生物有机体在其生命代谢过程中都要呼吸消耗掉大量的能量，这部分能量也以热能形式消散于非生物环境。

以上三条路径是所有生态系统能量流动的共同路径，对于开放的生态系统而言，如农业生态系统，其能量流动的路径将变得更为多样和复杂。从能量来源上讲，除了太阳辐射能之外，还有大量的辅助能投入。人工辅助能的投入并不能直接转化为生物有机体内的化学潜能，大多数在做功之后以热能的形式散失，它们的作用是强大、扩大，提高生态系统能量流动的速率和转化率，间接地促进了生态系统的能量流动与转化。从能量输出来看，随着人类从生态系统内取走大量的农副产品，大量的能量与物质流向系统之外，形成一股强大的输出能流，这是农业生态系统区别于自然生态系统的一条能流路径。

（二）能量转化效率

能量在食物链上流动过程中，不同点上的转化比率关系，称为能量转化效率。它可以是营养级之间的，也可以是营养级之内的。在生态学上，一般将各类能量转化效率称为生态效率。

经过任一营养级的能流，都可被分解为几个不同去向的支流，一部分可沿食物链流动，另一部分则以各种形式被损失。营养级内的能量损失包括不可利用、未收获利用、未被取食、未被同化以及呼吸消耗等。分析与研究这些支流的数量比例关系，实际上就是能量转化效率的基本内容。因此，首先必须确定有关基本去向参数：



能量在营养级内和营养级间的去向

摄食量(ingestion ,I):被一个消费者吃进的食物能数量,或被一个生产者吸收的光能数量;

同化量(assimilation ,A):为一个消费者吸收的食物能数量,或一个分解者吸收的胞外产物,或一个生产者在光合作用中固定的能量;

呼吸量(respiration ,R):在呼吸等代谢活动中损失的全部能量;

排泄量(excretion ,NA):排泄物中损失的能量;

净生产量(net production ,NP):生物体内积累下来的能量,它形成新的组织,可以为下一营养级所利用。

最早研究生态系统中能量在营养级之间定量关系的是美国著名的生态学家林德曼(Lindman),他在20世纪30年代对Cedar Bog湖中的生态学研究中发现,食物链的各营养级之间的能量转化效率为5% ~ 20%,平均为10%左右。也就是说,能量在转化过程中,大致有10%的能量转化为下一营养级的生物量,其余90%消耗于采食者的选择浪费和呼吸、排泄,这就是著名的"十分之一"定律,亦称"林德曼效率"。事实上后来大量的研究表明,各类生态系统的能量转化效率差别很大,林德曼效率的变化范围通常在4.5% ~20%之间。

按照能量在营养级内外的转化效率,可将生态系统的能量转化效率分为两类:

1. 营养级之间的转化效率

摄食效率(林德曼效率):即该营养级摄食量(I_n)与上一营养级摄食量(I_{n-1})之比,用I_n/I_{n-1}表示。

同化效率:该营养级同化量(A_n)与上一营养级同化量(A_{n-1})之比,用A_n/A_{n-1}表示。

生产效率:该营养级生产量(NP_n)与上一营养级生产量(NP_{n-1})之比,用NP_n/NP_{n-1}表示。

利用效率:也称消费效率。即该营养级摄入量(I_n)与前一营养级生产量(NP_{n-1})之比,或者该营养级同化量与前一营养级生产量之比。反映了食物链的下一营养级对上一营养级的采食比例的大小,用I_n/NP_{n-1}表示或A_n/NP_{n-1}表示。

2. 营养级内的能量转化效率

组织生产效率:生产量(NP_n)与同化量(A_n)之比,用NP_n/A_n表示。

生态生长效率:也称生产效率,生产量(NP_n)与摄食量(I_n)之比,用NP_n/I_n表示。

同化效率:同化量(A_n)与摄食量(I_n)之比,用A_n/I_n表示。

维持价:生产量(NP_n)与呼吸量(R_n)之比,用NP_n/R_n表示。

三、能流与生态系统生产力

生态系统中绿色植物通过光合作用,吸收和固定太阳能,将无机物转化为复杂的有机物。由于这种过程是生态系统能量贮存的基础阶段,因此,绿色植物的这种生产过程称为初级生产,或第一性生产。初级生产以外的生态系统的生物生产,即消费者利用初级生产的产品进行新陈代谢,称为次级生产,或第二性生产。

（一）初级生产力

即初级生产效率，是指单位面积和时间内初级生产者生产的干物质或积累的能量，其单位可表示为：g/（m^2 · d），或 t/（hm^2 · a）或 kJ/（m^2 · d）。

净初级生产力，即单位面积和时间内总生产力减去植物呼吸消耗量所剩下的数量。

初级生产力是表达生态系统生产力的一个重要指标，也是衡量地球对人类容纳量的一个重要指标。据 R. H. whittaker（1975）计算，地球的初级生产量为 172×10^9t 有机质，其中农田为 9.1×10^9t，温带草原为 5.4×10^9t，热带稀树草原为 10.5×10^9t，海洋为 55×10^9t，其余湖泊、河流、沼泽、荒原、高山和沙漠等合计为 7.47×10^9t。但是，由于人类对生物圈的干预和利用，造成植被破坏、生态系统退化，地球的初级生产力和初级生产量在逐渐下降。全球的森林曾多达 $7.6 \times 10^9 hm^2$，19 世纪减少到 $5.5 \times 10^9 hm^2$，到 20 世纪 80 年代中期减少到 $4.1 \times 10^9 hm^2$，现在仍以每年 $1.6 \times 10^7 hm^2$ 的速度在消失，其中相当部分是高生物量的热带雨林。据联合国（1999）资料，地球干旱土地的 70% 正面临荒漠化的威胁，约占地球陆地面积的 1/4，受影响的人口多达 10 亿，其中沙漠化土地正以每年 5 万～7 万 hm^2 的速度迅速扩展，盐渍化土地面积也在逐年扩大，造成了地球生产力的不断下降。

不同生态系统类型的初级生产量差异很大，主要受光照、温度、水分、养分等生态因子和生态系统利用这些因子的能力制约，特别受水分（降雨及其时空分布）的限制。对于全球范围的各种生态系统，初级生产量主要受热量和水分条件制约。但是，对于水热条件相近的某一区域同类型生态系统，初级生产主要受养分条件的限制，如我国黄淮海地区不同单位农田作物产量的差异，主要受土壤养分供给状况的影响。

（二）次级生产

次级生产是指异养生物的生产，也就是生态系统消费者、分解者利用初级生产量进行同化、生长发育、繁殖后代的过程。动物的肉、蛋、奶、毛皮、体壁、骨骼等都是次级生产的产物。

牛羊等取食牧草，为一级消费者。由于二级、三级消费者取食都是有机物，其能量流动及其加工过程与一级消费者基本相同，源于同一类型——动物性生产，都通称为次级生产或次级生产力。生态学中一般不再划分三级、四级生产力。

从理论上讲，净初级生产量可以全部被异养动物所利用，转化为次级生产量。然而，任何一个生态系统中的净初级生产量总有相当一部分不能被利用，在转化过程中要丢失一部分能量。因此，各级消费者所利用能量仅仅是被食者生产量中的一部分。次级生产可以用下式表示：

$$PS = C - Fu - R$$

式中：PS 为次级生产量；C 为摄入的能量；Fu 为排泄物、分泌物、粪便和未同化食物中的能量；R 呼吸中丢失的能量。

据 H · 沃尔特（1979）估算，地球上消费者和分解者的干重约 23×10^9t，其中陆地 20×10^9t，海洋 3×10^9t。而到 1999 年 10 月，地球人口达 60 亿，生物量约 0.4×10^9t。由于生态破坏、环境污染、气候变化和人为干预，不少次级生产者栖息环境变劣、变窄甚至丧失，种群衰退，生产力和生物量下降，造成全球自然生态系统次级生产力下降。但是，与自然生态系统相比，随着人类文明及科技发展，农业生态系统的次级生产力却不断在提高。

动物、微生物等在农业生态系统中具有多种功能，作为消费者、分解者可以分解转化有机物，提供畜（动）力，还可以生产奶、肉、蛋、皮毛等营养丰富、经济价值高的产品。农业动物和微生物能够将人们不能直接利用的物质如草、秸秆等转变为人们可以利用的产品，能够富集分散的营养物质。次级生产的这种作用在农业生态系统中是不可取代的。次级生产最终是以初级生产为基础，初级生产的质和量对次级生产具有直接或间接影响，而合理的次级生产对初级生产起促进作用，但不合理的次级生产也会影响初级生产，如过度放牧会导致草地退化；在城郊局部区域密布的集约化养殖场，也能带来有机污染严重等一系列环境问题。

第四节　物质循环原理

生物有机体和生态系统为了自己的生存和发展，不仅要不断地输入能量，而且还要不断地完成物质循环。物质在有机体和生态系统中起着双重作用，既是用于维持生命活动的物质基础，又是能量的载体。生态系统是一个物质实体，包含着许多生命必需的无机和有机物质，这些必需物质包括：碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)等生命所必需的能量元素和钙(Ca)、镁(Mg)、钾(K)、钠(Na)、硫(S)等生命活动需要量较大的营养元素，以及铜(Cu)、锌(Zn)、硼(B)、锰(Mn)、钼(Mo)、钴(Co)、铁(Fe)、铝(Al)、氟(F)、碘(I)、硅(Si)等各种微量元素。在生态系统的物质转移流动过程中，被生物有机体丢失的部分返回环境后，可以重新被生物再吸收利用。因此，物质能够在生态系统中被反复利用而进行循环。

一、物质循环的库与流

物质在生态系统中不是静止的，它们在生态系统内的流动，具有自身的流动路径规律，即具有不断地吸收、贮存和转化的流动状态，这种状态就表现为物质流的特征。

(一)库

物质在运动过程中暂时被固定、贮存的场所称为库。生态系统中的各个组分都是物质循环的库，可分为植物库、动物库、大气库、土壤库和水体库。各库又可分为许多亚库，如植物库可以分为作物、林木、牧草等亚库。库的作用是为物质循环提供贮存和交换场所。根据物质停留时间的长短和数量的多少，库又可分为贮存库和交换库两类。

贮存库一般属于非生物成分，主要指大气库和水体库，另外还有岩石和矿物库，它们只有通过物理、化学和人为的作用，才能使物质释放被生物利用。贮存库的库容量大，物质运动较慢。交换库一般是植物库、动物库和土壤库，它们的容积小，较活跃。如水体是磷素养分的一个贮存库，浮游植物将水中的磷吸收，植物体将成为磷的一个交换库，浮游动物也是磷的另一个交换库。

(二)流

物质在库与库之间转移运动的状态称为流。生态系统中有能量流、物质流和信息流等，使生态系统各组分密切联系起来，并使系统与外界环境联系起来。

生态系统中的流和库相互依存、密不可分。没有库，物质和能量就不可能被吸收、贮存，也就没有流。没有流，库与库之间就不可能发生任何关系，库的存在也就毫无意义，生命无以维持，生态系统必将瓦解。

二、物质循环的基本形式和类型

物质的不断循环是实现物质平衡的基础，生物地球化学循环根据物质循环的范围不同，可分为地球化学循环和生物循环两种基本形式。根据物质循环的路径不同，从整个生物圈的观点出发，又可分为气相型循环和沉积型循环。

(一)物质循环的基本形式

1. 地球化学循环　又称地质大循环，是指物质或元素经生物体的吸收作用，从环境进入生物有机体内，生物有机体再以死体、残体或排泄物形式将物质或元素返回环境，进入大气、水、岩石、土壤和生物五大自然圈层的循环。地质大循环时间长、范围广，是闭合式循环。

2. 生物小循环　是指环境中的元素经生物体吸收，在生态系统中被多层次利用，然后经过分解者的作用，再为生产者吸收、利用。生物小循环的时间短、范围小，是开放式的循环。

地质大循环是物质通过五大自然圈层的循环，具有全球性质，循环周期较长。如整个大气圈中的CO_2，通过生物圈中生物的光合作用和呼吸作用，约300年循环一次，CO_2通过生物代谢约2000年循环一次；水圈中的水(包括占地球表面71%的海洋)，通过生物圈的吸收、排泄、蒸发、蒸腾，约200万年循环一

次；至于由岩石、土壤风化出来的矿物元素，循环一次则需要更长时间，有的可长达几亿年。而生物小循环则要快得多，如水 10 天就可以循环一次。

（二）气相型循环和沉积型循环

1. 气相型循环　贮存库在大气圈或水圈（海洋）中，即元素或化合物可以转化为气体形式，通过大气进行扩散，弥漫陆地或海洋上空。在很短的时间内可以为植物更新利用，循环比较迅速。例如碳、氮、氧、水蒸气、氯、溴、氟等。巨大的大气贮存库，对于干扰可相当快地进行自我调节（但大气的自我调节也不是无限的），因此，从全球意义上看，这类循环是比较完全的循环。

2. 沉积型循环　许多矿物元素贮存库在地壳里，经过自然风化和人类的开采冶炼，从陆地岩石中释放出来，为植物所吸收，参与生命物质的形成，并沿食物链转移。然后动植物残体或排泄物经微生物的分解作用，将元素返回环境。除一部分保留在土壤中供植物吸收利用外，一部分以溶液或沉积物状态随流水进入江河，汇入海洋，经过沉降、淀积和成岩作用变成岩石，当岩石被抬升并遭受风化作用时，该循环才算完成。如磷、硫、碘、钙、钾、镁、铁、锰、铜、硅等元素属于此类循环。这类循环是缓慢的、非全球性的，并且容易受到干扰，成为“不完全”的循环，受到生物作用的负反馈调节，变化较小。

三、物质流动的特征

（一）生物量与现存量

在某一特定观察时刻，单位面积或体积内积存的有机物质总量称为生物量。它可以是特指的某种生物的生物量，也可以指全部植物、动物和微生物的生物量。多数人又将生物量称为现存量。生产量是现存量与减少量之和。减少量是指由于被取食、寄生或死亡、脱毛、产茧等损失的量，不包括呼吸损失量。生产量高的生态系统，生物现存量不一定大，例如，某生态系统的生产量为 500kg，由于减少量为零，则现存量为 500kg；另一生态系统的生产量为 5 000kg，由于减少量为 4 500kg，现存量也只有 500kg。在生态研究中通常测定的是现存量及由其推算的净生产量。

（二）周转率与周转期

周转率和周转期是衡量物质流动（或交换）效率高低的两个重要指标。周转率（R）是指系统达到稳定状态后，某一个组分（库）中的物质在单位时间内所流出的量（F_0）或流入的量（F_i）占库存总量（S）的份额。

周转期是周转率的倒数，表示该组分的物质全部更换平均需要的时间。物质在运动过程中，周转速率越高，则周转一次所需时间越短。

$$\text{周转率}(R) = F_i/S = F_0/S$$

$$\text{周转期}(T) = 1/\text{周转率} = 1/R$$

物质的周转率用于生物的生长称为更新率。某段时期末期，生物的现存量相当于库存量（S），在该段时间内，生物的生长量（P）相当于物质的输出量（F_0）。不同生物的更新率相差悬殊，一年生植物当生育期结束时，生物的最大现存量与年生长量大体相等，更新率接近 1，更新期为 1 年。森林的现存量是经过几十年甚至几百年积累起来的，所以比年净生产量大很多，如某一森林的现存量为 324t/hm^2，年净生产量为 28.6 t/hm^2，更新率为 28.6/324 = 0.088，更新期约为 11.3 年。至于浮游生物，由于代谢率高，现存生物量常常是很低的但却有着较高的年生产量，如某一水体中浮游生物的现存量为 0.07 t/hm^2，年净生产量为 4.1t/hm^2，更新率为 59，更新期只有 6.23 天。

（三）循环效率

当生态系统中某一组分的库存物质，一部分或全部流出该组分，但并未离开系统，并最终返回该组分时，系统内发生了物质循环。物质循环（F_c）占总输出物质（F_i）的比例，称为物质的循环效率（E_c）。

$$E_c = F_c / F_i$$

物质循环效率是衡量生态系统功能强弱的重要标志，一般地 E_c 值高，表示该系统的机能强。

四、物质循环中的环境问题

随着工农业的发展、矿山的开发，各种工业生产中的废渣、废液、废气等“三废”的排放；农业生产中的各种杀虫剂、杀菌剂、除草剂以及化肥的施用；现代生活中某些洗涤剂等多种物品的应用，都在生态系统中引入了许多生物正常生活的非必要物质，这些物质达到一定剂量，将会对生物产生毒害，引起多种奇病异症。在这些非必要物质中，有一部分是化学性能稳定，多为人工合成的化学物质，在生态系统中比较难以分解，如农药六六六、DDT、多氯联苯等；另一部分是随着矿山的开发，工业生产过程中所产生的某些重金属如镉、铅、锌……，以及有毒物质大量流经生态系统，参与物质循环过程。

这些物质的共同特点：一是循环过程中物质比较稳定，很不容易被光、温、生物因素分解或降解解毒；其次是生物体对它们不需要或需要很微小；三是这些物质很容易被生物吸收、积累，沿食物链运动，它们在数量很少时不表现出对生物体的危害，但当积累到一定数量的时候就能表现出很强的毒性，对生物体造成危害。

当这些物质一旦进入生态系统，便立即参与物质循环，沿食物链传递。在食物链的传递过程中，使生物体的单位体重内所含的浓度或含量逐级增加，这种过程称生物链的富集作用或称生物放大作用。

第五节　物种间相互关系的基本规律

生物种与种之间有着相互依存和相互制约的关系，且这一关系是极其复杂的。如果用符号“+”“-”“0”分别表示某一物种对另一物种的生长和存活产生有利的、抑制的或没有产生影响或作用，则物种间的基本关系可归纳为9种类型。

两个物种间的种群相互作用类型

作用类型	物种		相互作用的一般特征
	1	2	
1. 中性作用	0	0	两个种群彼此都不受影响
2. 竞争：直接干涉型	-	-	两个种群直接相互抑制
3. 竞争：资源利用型	-	-	资源缺乏时的间接抑制
4. 偏害作用	-	0	种群1受抑制，种群2不受影响
5. 寄生作用	+	-	种群1寄生者得利，种群2寄主者受抑制
6. 捕食关系	+	-	种群1捕食者得利，种群2猎物者受抑制
7. 偏利共生	+	0	种群1共栖者得利，种群2宿主不受影响
8. 原始协作	+	+	对种群1、2都有利，但不发生依赖关系
9. 互利共生	+	+	对双方都有利，并彼此依赖

种群间以上9种基本关系，如果从性质上归纳，可得到两个极端类型，即正相互作用和负相互作用。应当指出，生物之间相互作用的性质在不同的环境条件下，或在不同时期（生长发育不同阶段）是可以变化的。在某些条件或某些时期，它们是互利的；在另一种条件或时期，可能是斗争的；在第三种条件，可能又是无关的。至于植物间的相互作用更是多种多样，有各种形式的直接作用，但更多的是通过环境而发生间接作用。

一、正相互作用

互利共生：是指两个物种长期共同生活在一起，彼此相互依赖，相互依存，并能直接进行物质交流的

一种相互关系。常见于需求极不相同的生物之间，如豆科作物和根瘤菌共生形成的根瘤是典型的互利共生的例子。真菌和高等植物根系共生形成的菌根，菌根包括内生菌根和外生菌根，前者是菌丝在根表面或在根表皮层细胞进行繁殖。真菌与根形成"有机体"能增加植物从土壤中吸收矿质元素的能力，同时植物也为真菌提供了光合作用的某些产物。另外，动物与微生物间互利共生的例子也很多，例如，反刍动物与其胃中的微生物，微生物既帮助了反刍动物消化食物，而自身又得到了生存。

偏利共生：指种间相互作用仅对一方有利，对另一方无影响，二者并不存在依赖关系。附生植物与被附生植物之间是一种典型的偏利共生关系。如地衣、苔藓、某些蕨类等附生在树皮上。在热带森林中还有很多高等的附生植物，这些附生植物借助于被附生植物支撑自己，以获得更多的资源（如光、空间），但对被附生种群则无多大影响。

原始协作：是指两种群相互作用，双方获利，但协作是松散的，分离后，双方仍能独立生存。如寄居蟹和某些腔肠动物的共生关系，腔肠动物附着在寄居蟹背上，当寄居蟹在海底爬行时，扩大了腔肠动物的觅食范围，同时，腔肠动物的刺细胞又对蟹起着伪装和保护作用。另如，某些鸟类啄食有蹄类动物身上体外寄生虫，当食肉动物来临之际，又能为其报警；驼鸟与马的协作也很默契，前者视觉敏锐，后者嗅觉出众，对共同防御天敌十分有利。

二、负相互作用

负相互作用包括竞争、捕食和寄生等。负相互作用使受影响的种群增长率降低，但并不意味着有害。从生态角度看，负相互作用能增加自然选择能力，有利于新的适应性状的发展。捕食与寄生作用对于缺乏自我调节能力的种群常常是有利的，它能防止种群过大，使种群免遭自我毁灭。

（一）竞争

生物种群的竞争通常包括种间竞争和种内竞争。发生在两个或更多物种个体之间的竞争称为种间竞争，生物种群愈丰富，种间竞争越激烈；发生在同种个体之间的竞争称为种内竞争。种内竞争有两种形式：一为直接干涉型，如动物之间的格斗；二为资源利用型，例如，与水稻一起生长的稗草对阳光、水和养分的竞争。竞争者双方都力求抑制对方，其结果使双方的增长和存活都受到抑制。

种间竞争不论其作用基础如何，竞争的结果可向两个方向发展：第一是一个物种完全挤掉另一物种；第二是不同物种占有不同的空间，捕食不同食物，或其他生态习性上的分离，即生态分离，也可能使两种间形成平衡而生存。

为了对种间竞争程度进行量比，1925 年和 1926 年，由美国数学家 Lotka 和意大利数学家 Volterra 分别提出了生物种间的竞争模型——Lotka—Volterra 模型。其基础是两个相互发生竞争的物种的生长均服从于 Logistic 增长方程。表达式为：

$$dN_1/dt = r_1N_1[(K_1 - N_1 - a_{12}N_2)/K_1] \quad \text{种群 1 的竞争方程}$$

$$dN_2/dt = r_2N_2[(K_2 - N_2 - a_{21}N_1)/K_2] \quad \text{种群 2 的竞争方程}$$

式中：K_1、K_2 分别为种群 1 和种群 2 的环境容纳量；r_1、r_2 分别为种群 1 和种群 2 的内禀增长率；a_{12}是在物种 1 的环境中，每存在一个物种 2 的个体对物种 1 的效应值；a_{21}是在物种 2 的环境中，每存在一个物种 1 的个体对物种 2 的效应值。

在农业生产中，家畜家禽对饲料、饲草的竞争，农作物对水、肥和阳光的竞争，间作套种需求相同的作物之间的竞争，水生生物对水体中养分和溶解氧的竞争都是普遍存在的。人们可通过栽培和耕作方法，促使作物种子迅速发芽并健壮生长，从而增强其与杂草的竞争能力。选用具有种间互补作用的作物进行间作套种并采用合理的配置方式，以及调整畜、禽、鱼的种类和数量等都可调节农业生产中的竞争关系。

（二）捕食与寄生

不同生物种群之间存在着捕食与被捕食关系。捕食包含广义和狭义两种含义，广义的捕食是指高一营养级动物取食或伤害低一营养级的动物和植物的种间关系。如食草动物吃食植物，植物诱食动物以及

寄生。狭义的捕食是指肉食动物捕食食草动物。广义的捕食概念包括四种类型：①食肉动物捕食草食动物或其他食肉动物；②食草动物食绿色植物；③昆虫的拟寄生者，如寄生蜂，它们与寄生者的区别是：拟寄生者总是杀死其宿主，而真寄生者不杀死其宿主；④同类相食，捕食现象的特例，捕食者与被捕食者为同一物种。

在一个正常的生态系统中，捕食者与被捕食者之间由于相互制约的结果，保持着相对平衡的状态。同时，由于共同进化的结果，捕食者与被捕食者、寄生者与被寄生者之间的负相互作用倾向于减弱。如在农业生态系统中，常常见到迁飞性害虫所造成的较大灾害，就是因为新的环境中缺乏较合适的调节机制，或调节机制表现很弱，对新的种群无相应的天敌进行自然控制。

捕食作用 Lotka—Volterra 模型是在满足一系列假设，如捕食与被捕食者种群增长为世代连续；在没有捕食者情况下，被捕食者呈几何级数增长；在没有被捕食者情况下，捕食者呈几何级数减少等条件下而建立的，模型表示如下：

$$dN/dt = (r_1 - aP)N \qquad \text{被捕食者种群方程}$$

$$dP/dt = (r_2 - N)P \qquad \text{捕食者种群方程}$$

式中：N、P 分别为被捕食和捕食者种群密度；r_1 为被食者的内禀增长率；a 为捕食压力系数，反映每一个捕食者的存在使被捕食者增长率下降的比例；r_2 为捕食者的内在死亡率，反映捕食者在缺乏被捕食对象时，由于饥饿引起的死亡率；a' 为捕食效率系数，反映每一个被食者的存在，通过捕食者的捕捉、消化，对捕食者生长率增加的贡献。因此，该模型的生物学意义在于：如果捕食压力常数 a 为零时，即 a 项为零，表示被捕食者完全逃脱了捕食者的捕食。a 值越大，表示捕食者对被捕食者的压力越大，对捕食者种群增长的效率也越大。

在自然环境中，捕食者种群和被捕食者种群是受多种因素影响的，往往是多种捕食者和多种被食者交叉着发生联系。就捕食者而言，如果它是多食性的，那它就可以选择不同的食物，这对于阻止被食者种群进一步下降具有重要作用。相反，就被捕食者而言，当它的密度上升较高时，可能引来更多的捕食者，从而阻止其数量继续上升。例如，在农田，猫头鹰多以鹌鹑为食，当鹌鹑变少时，猫头鹰即转化为吃啮齿类动物；在草原上，鼠类多的年份，黄鼠、狐狸、鹰等就有了充足的食物，各种食鼠动物的"协同作战"可有效地阻止鼠类种群数目的持续上升。

寄生与捕食作用相似，寄生物以寄主身体为定居空间，靠吸取寄主的营养而生活。农田中的列当、菟丝子为全寄生，云参科的小米草、马先蒿、疗齿草和檀香科的一些植物为半寄生，许多病菌为全寄生。动物体中的鞭毛虫、蛔虫、钩虫均靠寄生生活。寄生者的密度越大，对寄主的影响亦越大，但寄生者不一定有害，也有有益的和中性的，一般寄生昆虫多是有严格的选择性。农业生产上广泛利用某些寄生虫来防治害虫，如利用赤眼蜂防治棉铃虫，利用金小蜂防治红铃虫，都收到很好的效果。

寄生者的寿命及繁殖力问题曾得到人们的观察与研究。对寄生植物而言，它有非常高的繁殖力和很强的生命力。在没有碰到寄主时，它们能长期保持生活力；一旦碰到寄主植物又能立即恢复生长，营寄生生活。如寄生在很多禾本科植物上的玄参科植物独脚金，每株约产生 50 万粒种子，这些种子可保持生命力 20 年，一旦遇到寄主，种子就开始发芽生长，并侵入和寄生在寄主的根中。

一般说来，寄生者营寄生生活之初，其有害作用最强，当寄生者长期与它们对应的寄主伴生在一起后，其影响就缓和下来。例如，把家蝇和寄生蜂一起培养在有限的空间中，最初出现剧烈波动，将在剧烈波动中存活 2 年的个体在新的培养中再建种群时，结果出现了生态内稳态，每一种群都受压下降，并能在相当稳定的平衡中共存。

（三）化感作用

指由植物体分泌的化学物质对自身或其他种群发生影响的现象，植物的这种分泌物叫做化感作用物质。主要是植物界种间竞争的一种表现形式。例如，冬黑麦对小麦、向日葵对蓖麻、番茄对黄瓜都有抑制作用。美国加利福尼亚州有一种具有芳香味的灌木群落，能分泌出挥发性萜，使灌丛边缘数米内形成无

草带，如同微生物培养中常见的抑制圈。

植物分泌物对种间组合的这种促进或抑制作用，对于作物的间混套作和造林树种的选择、搭配、组合上都有重要的实践意义。据研究，榆树与栎树、白桦与松树、松树与云杉是互相抑制，相互对抗的，所以不能种在一起。又如胡桃不能和苹果种在一起，因胡桃叶能分泌大量胡桃醌对苹果起毒害作用，胡桃树周围也不能播种番茄、马铃薯；苹果树旁边不要种玉米，因为玉米对苹果根的分布也产生不利的作用。其他如葱和菜豆、芜菁和番茄、番茄和黄瓜、冬黑麦和小麦之间也有抑制作用。而洋葱和食用甜菜、马铃薯和菜豆、小麦和豌豆种在一起则有相互促进作用。此外，由于某些植物种的分泌物还具有杀菌作用，所以当这些植物种群与另一些植物种群生长在一起时有防治病虫害的功效，如柠檬、葱、蒜就有这种杀菌作用。

第六节　生态位理论

生态位是一个既抽象，而又内涵丰富的生态学名词。生态位理论已在种间关系、生物多样性、群落结构及演替和种群进化等研究方面广泛应用，而且已经渗透至现代生态学研究的诸多领域，在现代生态学中占有愈来愈重要的地位，成为生态学中最重要的基础理论之一。

一、生态位的定义

在生态位概念的形成过程中，Grinnell，Elton 和 Hutchinson 的影响较大。生态位的定义最早是由 Grinnell(1917)给出的，他认为生态位是指“恰好被一个种或一个亚种所占据的最后分布单位”，所以也称为空间生态位。Elton(1927)给生态位下的定义是：一个动物的生态位表明它在环境中的地位及其与食物和天敌的关系，也就是所谓的营养生态位或功能生态位。应该说 Hutchinson 对现代生态位研究的影响最大，他利用数学上的点集理论，把生态位看成是一个生物单位(个体、种群或物种)生存条件的总集合，并提出了多维超体积生态位概念。因为资源和环境变量是多维的，所以 Hutchinson 的生态位概念实际上是指种群在以环境资源或环境条件梯度为坐标而建立起来的多维空间所占据的位置，称为多维超体积生态位。

Whittaker(1975)认为，生态位是指每个物种在群落中的时间、空间位置及其机能关系，或者说群落内一个物种与其他物种的相对位置。这个定义既考虑了生态位的时空结构和功能关联，也包含了生态位的相对性，是目前被认为比较科学而广为接受的一种生态位概念。

二、生态位宽度

生态位宽度也称生态位广度或生态位大小。简单来说，生态位宽度就是被一个有机体单位所利用的各种各样不同资源的总和。在没有任何竞争者或其他敌害的情况下，一个有机体所利用的整体资源，或生物群落中能够为某一物种所栖息的理论最大空间，即为物种的基础生态位。而一个群落中任何实际的有机体单位或物种并不可能利用它的全部基础生态位。因为它的活动往往被它的竞争者和它的捕食者所削弱，使它的实际生态位通常是基础生态位的一个子集。基础的和实际的生态位之间的差别，或者由于竞争者引起的生态位的改变，反映了种间竞争(以及捕食)的结果。

生态位宽度可以由 Levin(1978)的公式进行定量计算：

$$B(\text{生态位宽度}) = 1/\sum(P_i(S))$$

式中：P_i 是物种在一个资源序列的 i 单位中所占的比例；S 是每个资源序列的总单位数。

如果某个物种占据资源序列的全部梯度单位，并且在每个梯度单位上物种的数量相等，则该物种占据的生态位最大，$B\max = 1.0$；如果某个物种仅占某资源序列的一个梯度单位，则该物种的生态位宽度最小，B 在 0～1 的范围内，这样就能够比较一个物种在具有不同数量单位的资源序列上的分布。

三、生态位的重叠和竞争

（一）竞争排斥

在自然界常常见到对环境要求很相似的两个物种大都不能长期共存。因为，为食物或生活资源而竞争迟早会导致竞争力弱的物种部分灭亡或被取代，这种现象被称为竞争排斥原理。Grinnell（1904）指出，每种动物都趋向于几何级数增长，并只受到有限食物的限制，如果要使一个以上的物种占有同一地域，则必须适应于取食不同种类的食物和不同的取食方式。后来（1917）又进一步提出“当然这是肯定的，在同一区系内，没有两个物种具有完全一样的生态位关系”。Gause（1934）发现，原生动物为共同食物而竞争可导致一个物种完全取代另一个物种。Hutchinson 和 Deevey（1949）指出，具有同样生态位需求的两个物种，在同一区域内，不能形成稳定的种群。Macarthur（1958）认为，为了生存，每个物种看来必须在它们很繁盛时，对自身增长的抑制超过对其他物种的抑制。这充分表明，在一个群落内，竞争是普遍存在的，既存在种间的竞争，也存在种内的竞争。

（二）生态位分异

对环境资源的不同利用使得不同物种同时存在于同一区域，这种现象称为生态位分异，生态位的占据是处于连续演替系列中的群落对环境不断适应和不断改进的进程。

（三）生态位重叠

生态位重叠指的是生态位之间的重叠现象，它涉及资源分享的数量，关系到两个物种的生态位可以相似到多大程度而仍然允许共同生存，或相互竞争的物种能有多么相似才能稳定地共同生活在一起。因而生态位重叠是两个物种在与其生态因子联系的相似性。一般来说，竞争物种的数目增加时，最大允许重叠生态位应该减低，这种重叠的减低是接近于一种衰减指数；然而，成对的物种常沿着两个或多个生态位维度显示出中等的生态位重叠。

生态位重叠并不一定导致竞争，除非资源供应不足。事实上，生态位重叠和竞争之间经常可能是一种相反的关系，广泛的重叠实际上可能与减低竞争相关联。在群落的同一生境中，某物种的生态位很少与别的物种生态位完全孤立开来，生态位之间通常会发生不同程度的重叠现象，这表明一部分资源和空间是被共同利用的，在这一重叠部分，必然发生生态位的竞争和排斥作用，根据种的竞争力的强弱，形成全面的实际生态位。

四、生态位理论的应用

生态位与生物的生态适应相联系，与生物对资源的利用及生物群落中的种间竞争密切关联。生态位的理论表明：第一，在同一生境中，不存在两个生态位完全相同的物种；第二，在一个稳定的群落中，没有任何两个物种是直接竞争者，不同或相似物种必然进行某种空间、时间、营养或年龄等生态位的分异和分离；第三，群落是一个生态位分化了的系统，物种的生态位之间通常会发生不同程度的重叠现象，只有生态位上差异较大的物种，竞争才比较缓和，物种之间才趋向于相互补充，而不是直接竞争。因此，由多个物种组成的群落比单一物种组成的群落更能有效地利用环境资源，维持较高的生产力，并且有较高的稳定性。

在农业生产中，人类应从分布、形态、行为、年龄、营养、时间、空间等多方面对农业生物的物种组成进行合理的组配，以期获得较高的生态效能，提高整个农业生态系统的生产力。例如，利用不同作物种间在形态上、生态习性上、生理特性上和时间上的差异性，通过间套复种组建合理的复合群体；在水域进行立体养殖；利用林果下面的空间种植药材，培育食用菌等，都可以大大提高生态位的利用率。同时，人类在努力去除农田中的病、虫、草以及水体中的有害生物等，以控制其对生态位的争夺，充分提高资源的利用率。

在庞大的农业生态系统中，生态位的丰富和充实有利于系统组分多样化，促使稳定性增强、生产力提

高。在实际的农业生产中，人类可通过生态位的改变和开拓，以改变基础生态位或拓展潜在的生态位，而这种改变与拓展是否成功，取决于人们对生态位的生态条件及其周围关系认识的程度。例如，引进美国籽粒苋填补青饲料营养生态位的不足，促进了一些地区畜牧业的发展。用籽粒苋茎叶日喂猪1.3kg，可取代粮食33%；用21%苋粉取代鸡配合饲料中17%的玉米、2%的鱼粉的豆饼喂鸡，结果产蛋率及蛋的质量皆提高15%左右，配合饲料消耗率下降13%等。说明了广大农村缺乏优质的饲料，特别是优质的青饲料，当拓展了优质饲料生态位时，对农牧结合具有明显的促进作用。

第七节　生物多样性原理

地球上生物的极端多样性常使人惊奇。经过无数生物学家多年的努力，证明这种多样性是生物进化的产物。自从光合自养生物诞生以来，经过30多亿年的漫长进化过程，目前地球上至少有1 000万种生物。形形色色的生物，组成了地球上最大的功能单元——生物圈。掌握生物多样性的概念，理解与分析生态系统多样性的特征、原则和规律，对于生物多样性的保护与开发利用具有重要的意义。

一、生物多样性的概念

（一）生物多样性的定义

生物多样性是生物与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。即指在一定空间范围内植物、动物和微生物及其从属的生态过程多度和频度。它包括数以万计的植物、动物和微生物和它们所拥有的基因，以及它们与生存环境形成的复杂的生态系统。因此，生物多样性是一个内涵十分广泛的重要概念，包括多个层次和水平。其中研究较多、意义重大的主要有遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性三个层次。在这里我们着重从物种和生态系统层次上加以讨论。

（二）物种和生态系统多样性特征

1. 物种多样性　物种多样性是指物种水平的生物多样性，是从分类学、系统学和生物地理学角度研究一定区域内物种的状况。物种多样性又可分为物种丰富性和均匀性。丰富性主要指一个群落中或一定面积上种数的多少。均匀性指不同物种所含个体数量的分布情况。具有大量个体（或生物量、生产力等主要指标）的少数普通种或优势种与具有少数个体（具有较小重要价值）的稀有种类的结合是一切群落的特征，各个种的数量丰度有很大差别。群落的物种多样性是物种丰富度和均匀度的结合。物种数量相同的两个群落，均匀性高的群落物种多样性高。物种多样性的现状（包括受威胁现状）、物种多样性的形成、演化及维持机制等是物种多样性的主要研究内容。此外，物种的濒危状况、灭绝速率及原因，生物区系的特有性，如何对物种进行有效保护与持续利用等也是当今需要重点研究的内容。

2. 结构多样性　指生态系统的分层性和空间异质性，物种多样性受营养层次间的功能关系影响。例如，放牧和捕食的强度大大影响食草动物和捕获物的种群多样性。据哈帕（Harper）报道，在英国，凡放养兔子已成为禾草群落中一种固定压力因子的地方，草本植物种的数量增加了。这是因为经常性的啃食压力排除了生存高的植物的竞争，并使留存的植株形体变小，从而可以有更多的个体或物种出现。在演替过程中，物种多样性是否继续增加，决定于生物量增加时潜在生态位是否增加，如果分层现象的效果超过了由于大小和竞争增加产生的反效应，物种多样性就随着结构多样性的增加而增加。

3. 生态系统多样性　生态系统多样性是指生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样化以及生态系统内生境差异、生态过程变化的多样性。此处的生境主要是指无机环境，如地貌、气候、土壤、水文等。生境的多样性主要指群落的组成、结构和动态（包括演替和波动）方面的多样化。生态系统的多样性也包括生态系统构成的景观水平的多样性。景观多样性就是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化或变异性。

多样性的物种、生态系统本身就是一种资源，自然界高度的生物多样性为人类带来了巨大的财富，可

以说，人类今天的文明在很大程度上依赖于生物多样性。然而由于人类活动对物种生活环境的破坏，地球上的生物多样性正在以惊人的速度减少，很多物种甚至在人类认识之前就消失了，生物多样性的减少必将阻碍人类文明的维持与发展。保护生物多样性已成为人类的当务之急。

二、生物多样性的价值

生物多样性也就是生物资源，有的生物已被人们作为资源所利用，另有更多生物，人们尚未知其利用价值，是一种潜在的生物资源。生物多样性的价值往往不被人们所重视，一般人们利用生物资源时，没有经过市场流通而直接消费，只能取而用之。因此，必须设计和构建一种评价方法和指标体系，来计算与衡量生物多样性对国民经济的贡献，这样才能更有利于人们对生物多样性的保护与合理利用。

（一）生物多样性的直接价值

生物多样性为人类提供了基本食物，全世界估计有30多万种陆生植物，现在仅有150余种被大面积种植作为食品。世界上90%的食物来源于20个物种。目前人类所需粮食的75%，是来自小麦、水稻、玉米、马铃薯、大麦、甘薯和木薯7种作物，前三种又占总产量的70%以上。各种家禽、家畜、鱼类、海产品为人类提供必要的蛋白质，各种蔬菜、水果、菌类均为人类日常生活所必需。随着人口增长，人民生活改善，需要大力发展粮食作物和各类经济植物。开发新的食品和改良作物及家畜、家禽和鱼类等的品种，更是势在必行。无论是作物还是家畜等品种的改良，都需要抗性强的野生种或野生亲缘种与它们杂交，以提高它们抗病、抗虫、抗旱以及抗逆境的能力。药物也是与人类生存有关的物品，大部分是依靠植物、动物和微生物入药，而且一直沿用至医药事业发达的今天。时至今日，科学家还不断在生物中筛选药物的有效成分。世界卫生组织统计表明，发展中国家有80%的人口依靠传统的药物进行治疗，发达国家有40%的药物来源于生物，或依靠从生物体内发现的化合物，进行化学合成。在全世界25万种显花植物中，科学家仅对具有潜在药物学属性的5 000种进行过分析，还有庞大数量的物种其潜在医疗价值仍不清楚。中国有记载的药用植物约有5 000种，常用的约有1 000种。相当多的动物已经作为主要的药物，如水蛭素是珍贵的抗凝剂，蜂毒治疗关节炎，某些蛇毒能控制高血压。动物对医药业发展的另一重要贡献是作为医药研究的实验动物，如猴类对小儿麻痹疫苗研制起过重要作用。已知和待开发的各种实验动物，对人类医疗事业将起到不可估量的作用。

微生物与人类生活和健康关系极为密切，目前开发利用的微生物仅是很少一部分，尚有更多微生物种有待研究和开发。我国是栽培真菌的大国，很早就应用茯苓、猴头、灵芝、冬虫夏草等入药。抗生素就是由微生物产生的药物，在医药上起到不可估量的作用；此外，微生物还可以用来大规模生产酶制剂、有机溶剂、酒及酒精、氨基酸、维生素、菌肥等。

此外生物多样性还为人类提供多种多样的工业原料，如木材、纤维、橡胶、造纸原料、天然淀粉、油脂等。甚至煤、原油、天然气也都是由森林储藏了几百万年前的太阳能所供给。现代工业生产还需要开发更多可更新的生物资源，提供各种工业生产中必需的原材料和新型的能源。

（二）生物多样性的间接价值

生物资源的间接价值与生态系统功能有关；它并不表现在国家的核算体制上，但它们的价值可能大大超过直接价值，而且直接价值常常源于间接价值。因为收获的动、植物物种，必须有它们的生存环境，它们是生态系统的组成成分。没有消费或使用价值的物种，可能在生态系统中起着重要作用，并供养那些有使用和消费价值的物种。生物多样性的间接价值也可看作环境资源的价值，其意义可归纳为以下几个方面。

1. 遗传库。一种生物就是一个遗传库，其中遗传物质的保存有利于动植物品种改良等，并且是提供新医药、新食品的来源。

2. 生态平衡。动植物自然种群保障了生态系统的稳态，例如可以避免有害生物的大暴发。野生生物和人类都是生物圈的组分，休戚与共。

3. 教育价值　通过直接或有趣的方式，让人们知道生物世界是如何产生功能的，使人们从中得到教育。

4. 科学研究　生物多样性是人们研究生物学问题的材料，并且有益于科研工作者的训练。

5. 满足自然爱好　生物多样性为一些业余的自然爱好者提供兴趣基础，也为摄影家、艺术家、诗人等提供题材。

此外，生物多样性在自然环境的娱乐——美学、社会文化、科学、教育、精神及历史方面均有重要价值。

三、生态系统多样性原则和规律

多样性是资源生态系统特有的可测定的生物学特征，它包括了可更新生物资源所特有的全部特征。现将生态系统多样性的有关原则和规律归纳如下。

（一）物种多样性和生态因子稳定性的关系

生态因子稳定性越大，生态系统的多样性越大；处在稳定环境或仅经历有规律的和可预测的波动的生物群落，显示出最大的物种多样性。如珊瑚礁和热带雨林就是这类生物群落的例子。相反，在自然生态系统中所有人类的活动往往是不可预测的，并几乎总是非周期的，不可避免地导致物种多样性的降低。一方面，是对不受欢迎的物种有意识地干扰限制，如使用农药、机械砍伐等；另一方面，还有大量非本意的破坏活动，如污染和破坏环境等，同样导致了物种多样性的降低。

（二）物种多样性与时间的关系

这种影响可由一个基本的生态现象——演替来证实。一个生态系统的物种多样性，作为时间的函数，在初级阶段最小，发展到顶极群落时达到最大。这一原则的应用可在人类停止对某一生态系统的干扰后若干年观察到，如果人类停止对一片草场的过度放牧，或对清除或火烧的森林重新造林，就可以看到生态系统向物种多样性不断增加的方向发展，逐渐趋向于一个拥有最大物种多样性的顶极群落。

（三）物种多样性与能流的关系

多样性是对生态系统结构复杂程度的测量，或者是生态系统负熵程度的测度。因此，它明显地与储存在生物量中的能量 B 和单位时间流经生态系统的能量 P（生产力）相关联。

生态系统中的能量周转时间 t 可以用下式表示：

$$t = K \cdot B/P$$

式中：K 为常数；B 表示的单位是 kJ / hm^2；P 表示的单位是 kJ /（hm^2 · a）。

同样，也相当清楚的是大量能量流往生态系统所需的时间，随多样性的增加而增加。多样性是食物网复杂程度的一个标志。在一个由大量网结组成的食物网中，从生产者到最高捕食者的能流途径十分明显地长于那种从生产者到食草动物的直线型食物链的能流途径，所以我们可以用下面的公式将多样性 H 和 B/P 比率联系起来：

$$H = K \cdot B/P$$

式中：K 是常数。

作为多样性或时间的线性函数，B/P 比率的增长逐步趋向一个极限值。将上式改写为：

$$B/P = H/K$$

所以 B/P 和 H 是成比例的。

经验表明这个原则是正确的。一块农田或人工草地的 B/P 比率是低的，而在原始热带森林中达到最大。并且，在生态演替过程中，作为时间的函数，多样性从初始阶段到顶极阶段的增加是伴随着 B/P 比率的增长的。

（四）物种多样性与生态系统稳定性的关系

对于多样性与稳定性的关系，当前学术界尚存在着争论。一般来说，大多数研究者都认为一个群落

的自动平衡能力随着多样性的增加而增长。多样性的增加，使食物网上有更多的环节和更多的丰富功能的有机体。生物群落的复杂性越大，则所具有的自动调节功能越大。高多样性伴随着低的浪费（包括物质和能量），因为它是由占据着不同生态位的大量物种所组成的群落。在成熟的和高度多样化的生态系统中具有高效率的能量利用，很少形成资源废物。因此，没有大量的剩余物使生物种群产生大的波动。

多样性低的生态系统，含有生物种类少，利用r型能量策略（r对策），当环境条件变化时将经历大的种群波动。由于具有平衡功能的物种缺少或稀有，使得整个群落自动调节平衡机制成为不确定或不可能。这种复杂性和稳定性的关系可以通过食物网得到非常简单的阐述。假设在一个生态系统中，一个食草动物种群受到同一生态系统中6个捕食者的控制，而另一生态系统中的食草动物仅受到1种捕食者的控制，在第一种情况，任何一个捕食者效率的减少，将从其他5个捕食者那里得到补偿；第二种情况，捕食者的减少意味着食草动物种群的指数增长，直到其他限制因子发挥作用并引起生态系统的衰退。从第一种情况可以看出，食物网越复杂，生态系统的稳定性越好。

在农田或单一的人工森林群落中，由于生物种类单一，危害作物或树木的害虫缺乏天敌控制，害虫种群常常爆发性地增长，形成灾害。所以农田等种类单纯的人工生态系统是很不稳定的生态系统。要维持产量，只好借助于人工施用农药。害虫与天敌的制约关系，可以用一个简单的食物链来表示：庄稼—害虫—天敌。当施用农药时，不仅杀死了害虫，而且也杀死了害虫的天敌，有时对天敌的杀伤率更高。因为：首先，害虫的数量要大大超过天敌的数量，有些害虫在环境中容易隐蔽起来，因此害虫活下来的可能性比天敌大。其次，由于生物的富集作用，使得处在食物链中较高位置的种群受到更大毒害。所以在建设人工生态系统时，注意采取间作、混种、轮作和立体农业等措施，增加物种多样性，引进天敌，开展综合的生物防治，是防治病虫草害、维持生态系统稳定性的重要措施。

生态农业多利用生物多样性原理，来实现少用（或不用）化学合成农药防治病虫草害。如我国云南农业大学的学者朱有勇等在2000年发现，采用按一定行数比间作糯稻和杂交稻（如1:6），由于糯稻的茎秆高，能有效地抑制极易感稻瘟病的杂交稻的稻瘟病孢子，在田间通过风媒传播扩展；同时，又由于糯稻分蘖少，加上间作改善了杂交稻行间光照及空气流动，显著降低了稻田冠层的郁闭度和湿度，以及露水发生量。这些对稻瘟病菌的生长特别是孢子的萌发都非常不利，从而使得原来靠“稻瘟净”、“三磺唑”等化学合成农药仍不能有效防治的稻瘟病得以控制。现已在云南全省大面积推广。

（五）物种多样性与生态系统间的能量和物质交换

可以观察到成熟生态系统（顶极群落）从它周围不成熟的或多样性小的生态系统中转移物质、能量和多样性。一个典型的例子是在热带地区的森林—稀树草原交接带，森林动物主要到邻近的草本植物占优势的开阔地寻找食物。在这种活动中，它们阻止了稀树草原向多样性更高的阶段发展；鸟类移走种子，毁坏幼树，阻止了演替向更高阶段发展，限制了稀树草原向树木覆盖土地方面转化，使稀树草原保持在不成熟阶段。

在蓝色热带水流和冷水流的不成熟生态系统交汇带的水生环境中可以观察到类似的例子。热带地区的捕食者到具有高生产力的冷水流中寻找食物，使后者的生态系统处在较低级的演替阶段。

以上各条有关生物多样性的原理大都可以应用于生态农业的经营中。生态农业强调多物种复合经营，它的多样性要高于单作系统，生物多样性的提高保证了复合系统的稳定性。生产力要高于单作系统。同时，由于生态农业经营注重生态环境的改善，所以也有助于与其相邻的生态系统提高生物多样性。另外，有些生态农业经营模式，如农林复合经营系统，通常以名贵、稀少的植物作为其组分，例如林参复合经营系统，野生人参已濒临绝迹，通过林参复合系统这种形式进行人参的人工栽培，帮助保存了人参的基因，因而也为维护物种多样性做出了贡献。

四、中国农业生物多样性受威胁的因素与保护和开发利用

（一）威胁中国生物多样性的因素

1. 土地过度开发和利用不合理　土地过度开发的不良后果之一是自然生境缩减，农区生态系统更

趋单一化。在我国东南部的集中农区，由于不合理开发，大部分土地城市化和园田化，少量山地和湿地成为受人类影响很大的残留野生生境“岛屿”，单一化的种植系统带来了生态系统的单调、不平衡和物种缩减。不良后果之二是蚕食了原先的森林、草地和湿地生态系统，使永久绿地面积比例过小，带来了一系列严重生态后果。自20世纪50年代以来，全国累计开垦荒地约0.34亿 hm^2，约等于国土面积的3.5%，部分地区因土地加速开垦，不良生态后果特别严重。如长江流域一带围湖造田，使大量湖区湿地转变为农田，缩减了鸟类和水生生物生境，同时带来洪水调节能力下降问题。草原盲目垦殖的后果也相当严重，不适当垦殖使地力迅速下降，加重土地侵蚀，使沙化面积扩大。现在内蒙古东部草原上的农田面积比例达24%～50%，鄂尔多斯高原为10%左右，东北草原达30%以上。

2. 土地集约化利用加重了农区生态系统单调化　为了增加粮食产量，农用土地正在采用一切可能的技术措施加以集约利用，包括加强土地整理以减少非目标生物的生长，用化学手段加速目标生物生长和控制非目标生物生长，普遍推广高产良种等。后果之一是促进野生生物加速从农区消失；后果之二是因投入不足和不合理利用带来农业生态系统退化，例如土地侵蚀、土地沙化、地力下降、病虫害增加等。全国水土流失面积达150万 hm^2，1/3耕地受水土流失威胁。生态系统退化又反过来直接威胁农业系统野生物种和管理物种的生存，加重农业生产的困难，使农业综合生产力下降。草原的强化利用已使草地生产力普遍下降。20世纪70年代全国草场退化面积比例为15%，至80年代中期已达30%以上。内蒙古草原退化面积比例达35%，鄂尔多斯草原退化则达68%。

3. 污染使生态系统改变　自20世纪50年代后期以来，由于工业和城市的迅速发展，人口迅速增加，工业“三废”和城市污水、垃圾排放量日益增加，同时农业化学化发展迅速，农药、化肥大量使用，再加上污灌和农田施用污泥、垃圾、固体废物等，造成了农业环境污染并逐年加重。虽然我国农业大面积受污染的历史不长，但由于经济发展快，污染治理不足，造成局部地区农业污染严重。据调查统计，我国已受工业废弃物明显污染的农田面积达0.1亿 hm^2，约占农田总面积的10%，受农用化学物污染的面积达0.23亿 hm^2，两项相加造成的经济损失每年150亿元以上。环境污染造成局部地方生态环境质量下降，农产品质量下降，同时造成农用生态系统中益虫（如蜜蜂类、寄生蜂类等）和益鸟减少。除过度捕捞外，环境污染是我国水域系统中许多经济鱼种减少和消失的重要原因。

4. 普遍推广高产品种导致人工管理物种消失　由于人口剧增，集中推广高产品种是不可避免的趋势。目前，我国主要推广的水稻、大豆和小麦各50多个品种，玉米、果树、甘薯和花生各30多个品种，棉花18个品种，猪20多个品种，黄牛、绵羊、鸡等各10个品种左右。而我国有记载或有保存的地方品种和类型数本来是极丰富的，如水稻保存有4.8万个种质材料，小麦保存有2万个材料。目前面临的严重问题是有些种质资源材料来不及收集就消失了。上海1959年统计有蔬菜品种318个，到1991年仅剩下178个。估计自20世纪50年代以来我国蔬菜品种丢失率达40%。

5. 土地开发和过量采集导致野生遗传资源受威胁　起源于中国的农作物种类，以往在自然生态系统中它们的野生亲缘种分布广泛，现在分布区域已大大减少。例如云南景洪县1964年发现普通和疣粒野生稻24处，分布于不同海拔和生境，由于土地开发和种植橡胶，现野生稻分布区仅存1处。山东垦利县原有野大豆分布面积达数千公顷，每年农民采集种子1 000 kg以上，由于土地开垦和油田发展，传统的野生大豆生长区如今只有零星分布了。当然，由于黄河三角洲每年都新增淤积土地0.2万 hm^2，又会有新的野生大豆繁衍、分布，但采取有效措施予以保护仍是很有必要的。

（二）中国农业生物多样性的保护与开发利用

农业生物多样性保护的重点是农业（含畜牧、渔业）生态系统内的重要野生生境和珍稀濒危物种。农业生态系统主要包括：①农田及种植园系统；②畜牧、草地系统；③湿地及农区和其他残留野生生境系统；④自然保护区内和周边的农牧区系统；⑤内陆及海洋渔业系统。农业生态类型和分布具有多样性。

1. 就地保护措施　中国农业系统生物多样性保护的就地保护措施已经列入行动计划，有意识地生态系统保护工作是从20世纪50年代以后开始的，在恢复生态系统和保护物种方面取得明显的效果。由

于农业系统物种存在较分散，已划定的林地、湿地保护区在农区都有分布，所以在农业系统的就地保护措施中，广泛的保护措施很重要。主要的就地保护措施有如下几点：

（1）加强自然保护区建设。农业部已将35处地方列入本部陆地系统自然保护区建设计划，保护当地特殊物种或有典型意义的生态系统。其中，黑龙江宁安天蚕保护区、内蒙古锡林郭勒草原保护区和五台山草地保护区已由农业部投资建立，锡林郭勒保护区已于1986年上升为国家保护区。有些省（市、区）已开始计划建立某些作物保护区，如北京建设基本菜地保护区、全国大部分省已划定基本农田保护区等。国家在"六五"和"七五"期间连续投资建设的171个商品粮生产基地县（分布于19个省、区、市）和600多个大小农副产品出口基地，也已受到一定程度的保护。农业部已建和计划建水域系统自然保护区共43个，其中已建的有广东惠东县海龟保护区等9个。

（2）开展生态农业建设。生态农业是20世纪80年代初在我国兴起的一种新型农业方式，强调在保护生态系统的前提下发展农业生产，注意保护和建设植被，控制水土流失；实行病虫害综合防治，控制化学污染；推广省柴灶，利用沼气、风能、畜力、小水电等可再生能源，进行薪炭林建设；充分利用农家肥和种植绿肥作物，培肥地力；进行产业结构调整，根据资源条件实行农林牧副渔结合、种养加相结合的物质循环利用模式进行经营等，即在发展农业经济的同时恢复和保护农业生态系统，是一种持续发展的农业新方式。国家从1984年鼓励生态农业试验，1993年农业部等国家七部委在全国开展51个生态农业试点县建设，取得了显著成效。现又提出"大力发展生态农业"的战略措施，2 000多个试点分布在全国各地，已受到全社会的广泛重视，并正在迅速普及。

（3）治理、改善农业生态环境。自20世纪80年代以来，中国普遍认识到农业生态环境质量退化问题是农业再发展的重要障碍。中央十分重视农业生态环境条件的建设，着重强调种树种草、绿化全国，并有计划地将原先不适当开垦的草地、山坡地逐步退耕还林、还牧，从1984年至1991年累计退耕约200万hm^2。广大农民在土地承包经营责任合同的保障下，积极开展农田生态环境建设，搞坡地绿化、小流域治理等，且都取得了一些成就。

2. 迁地保护措施　主要有以下几个方面

（1）建立种质资源库、圃　中国农业部门从20世纪50年代中期开始重视农作物品种资源收集工作，前后9次组织全国和地方性农作物、蔬菜、果树和作物野生资源的考察和品种的收集，共收集各类栽培植物及野生亲缘种质资源23万多份，在此基础上建立了国家长期种质资源保存库（1986年），所有收集到的品种资料登记入库保存。在省、市（自治区）和中国农业科学院的棉花所、草原所、水稻所、烟草所、原子能所内还建立了中期保存库，在全国15个果树研究所内建立了果树资源保存圃，共保存遗传资源6 789份。在10个作物研究所内建立了多年生作物资源保存圃，保存资源1 474份。

（2）野生植物引种栽培。有些珍稀植物已开始作为绿化植物引进栽培，如作为"活化石"的银杏、水杉；农业上还引进种植了花卉和观赏植物、药用植物、食用植物和其他经济价值大的植物种类。栽培野生植物包括药用和观赏用在内达1 000种以上。

（3）野生动物驯养。野生动物驯养主要解决了人工条件下繁殖和大量生产问题，在客观上人为地保存了物种，减少了因经济需要而滥肆捕杀的风险。中国在此方面进行了有益的工作，取得了显著成效，如东北虎、梅花鹿等的驯养和繁殖。

（4）人工繁殖与放养　1958年通过研究解决了"四大家鱼"的人工繁殖技术问题，20世纪70年代又解决了对虾的人工繁殖技术问题。近十年来，为了加强珍稀水生动物的保护工作，对扬子鳄、"长江三鲟"、白鳖豚等的人工繁殖研究也都取得了进展。为了保护水产资源，每年各水产研究所有计划地向海洋和江河释放大量人工培育的鱼、虾幼苗，起到补充资源的作用。

（5）人工生态库建设。"八五"计划期间已开始实施生态计划，利用长江故道封闭水域引入或放养"四大家鱼"、"长江三鲟"等水生动物，达到保存水生物种的目的。

（6）异地放养。大鲵等生活在我国中部地带的现存珍稀动物，现已引入生境与之相似的武夷山保护区溪流中，生长良好。在充分调查研究的基础上，也可考虑其他珍稀动物迁至生境相似的保护区生长，以

利集中保护。

（7）离体人工保存动物精液。动物精液的冷冻保存是一种常用保存技术，我国已研究出保存1～2年和回暖后受精率达75%以上的技术。

第九章　生态农业

第一节　农业发展与生态农业兴起

一、生态农业的兴起与产生背景

在人类近万年的农耕历史中，经历了刀耕火种的原始农业、自给自足封闭式的传统农业以及伴随着工业社会发展形成的，以机械化与化学化为特征的现代农业发展阶段。西方现代农业在20世纪三四十年代，特别是第二次世界大战以后，一方面由于人口迅速增加引起对农产品需求增长的拉动，一方面是积聚了近百年的农业科学成果的效应集中迸发，加上在化学和机械工业推动下，得到了迅速发展。它依靠向农业投入大量石油资源换来的化学品和机械，维持着较高的生产效率，俗称“石油农业”。以化肥为例，全球施用量从几十万吨猛增到1960年的$2\ 740\times10^4$t，1989年的$14\ 360\times10^4$t。石油农业在一段时间内确实大幅度提高了土地生产力和劳动生产率。以美国玉米生产为例，化石能使用量增加了4倍多，其中化肥占30%，农机和燃料占22%，玉米单产从20世纪50年代的每公顷不到3 000kg增至7 500kg。发达国家在20～30年间，相继完成了常规农业现代化，农产品供不应求的局面彻底逆转。一个时期内“石油农业”似乎成为世界农业发展的惟一途径，不仅发达国家，就连广大发展中国家也纷纷把发达国家的石油浇灌出来的常规农业现代化视作发展的样板。

现代农业在近一个世纪的发展过程中，取得的成绩是巨大的，对缓解人类人口压力和摆脱饥饿与营养不良做出了巨大的贡献。1950～1985年期间，谷物生产从7亿t增至18亿t；世界肉类贸易量从200万t增至1 100万t。与此同时，全球拖拉机总台数增加了3.6倍，化肥施用量增加了9倍，农药用量增加了32倍，灌溉面积增加了2.5倍。人类通过现代石油农业取得巨大成就的同时，所付出的资源和环境的代价也是巨大的。大量研究表明，无论是发达国家还是发展中国家，农业生产力的提高都与化石能源投入增长普遍相关。现代农业要获得高额生产力，都不可避免地要付出一定数量的化石能源为代价，这个代价正随着水土资源的退化和生态功能失调而日益增大。“石油农业”对农业发展过分强调机械的物理、化学过程，一味向农业投入化学品和机械，以此换取更多的产品和利润，忽视了农业中最根本的生物与环境相互作用的关系。因此，在不断取得成功的同时，也带来许多难以克服的生态和环境问题，并且愈演愈烈，引起世人的不安和困惑，其中最主要的问题是能量消耗大。20世纪70年代发达国家每生产1kg粮食需直接和间接消耗化石能源达80～120g石油当量。1985年世界农业耗能总量达到19亿桶石油当量，相当于每生产1t谷物及相应比例农产品需消耗1.14桶石油。对化石能源的高度依赖及其投入产出效率的下降，使农业生产传统的稳定性优势因能源短缺和石油危机而逐渐丧失。据Pimentel（1975）估计，如果世界各国都达到美国目前的生活水平并按美国的方式从事农业，则世界所储蓄的全部燃油和天然气至多只够维持30年。显然石油农业只能是农业发展历史长河中短暂的篇章。与此同时，掠夺式的经营，不合理的开发，使农业资源遭受严重破坏，如耕地锐减、土地退化、森林草原和生物资源濒危；不合理的盲目投入，使物质、能量生产效率下降，不仅生产成本增高，还污染产品和环境。这些生态、环境问题再加上人口增长，相互交织，互相作用，使农业陷入难以自拔的恶性循环之中。为摆脱困难，国内外纷纷探索新的替代农业模式，其中的生物农业、生态农业和有机农业最具代表性。

二、国外替代农业的发展

“石油农业”的种种困扰及其隐患，在西方一些发达国家早已引起一批有识之士的关注。以欧美等发达国家为主的世界许多地区都开始寻求一种新的农业模式，以取代高能耗、高投入的“石油农业”。于是在西方掀起了一场“替代农业”（alternative agriculture）运动，并逐渐波及到东方国家和地区。“替代农业”模式有许多种，包括“有机农业”、“自然农业”、“生物农业”、“生态农业”、“综合农业”、“低投入持久农业”等，它们各有所长，但大同小异，均对持续性十分重视，加上“持续农业和农村发展计划”研究，很快形成了农业持续发展的大趋势。

（一）有机农业

有机农业是指在植物生产过程中不使用化学合成的农药、化肥、生长调节剂、饲料添加剂等物质，以及基因工程生物及其产物，而是遵循自然规律和生态学原理，采取一系列可持续发展的农业技术，协调种植业和养殖业的平衡，维持农业生态系统持续稳定的一种农业生产方式。

20 世纪 30 年代英国的霍华德爵士（Sir Albert Howard）总结了在印度长达 25 年的研究结果，1935 年出版了《农业圣典》一书，论述了土壤健康与植物、动物健康的关系，奠定了堆肥的科学基础，倡导有机农业。1940 年，美国的罗代尔（J. I. Rodle）受霍华德的影响，开始了有机园艺的实践，1942 年出版了《有机园艺》一书。这一时期的有机农业尚处于试验研究时期，有机农业在规模和数量上与常规农业相比非常弱小，尽管一些学者和生产实践者在部分地区实践、操作有机农业，但由于现代农业体系的建立及运作的惯性，以及有机农业自身存在的一些问题，人们对有机农业尚处于观望、验证阶段。同时由于有机农业过分强调传统农业，实行自我封闭式的生物循环生产模式，排斥现代农业科学技术，并未能得到广大农民与政府的支持，发展极为缓慢。到了 20 世纪 70 年代后，一些发达国家伴随着工业高度发展，使污染导致的环境恶化达到了前所未有的程度，尤其美、欧、日一些国家和地区工业污染已直接危及人类的生命与健康，这些国家感到有必要全世界共同行动，加强环境保护以拯救人类赖以生存的地球，确保人类生活质量和经济健康发展，从而促进了以保护农业生态环境为主的各种替代农业思潮，使有机农业的发展得到了空前的促进与提高。1922 年 11 月 5 日，国际有机农业运动联盟在法国成立。随后除上述国家外，瑞士、日本、德国等国也相继建立了有关有机农业的研究组织。美国农业部于 1980 年对美国 23 个州的 69 个有机农场进行了大规模的调查，发表了调查报告，对美国有机农业现状、存在的问题、发展潜力和研究方向进行了分析，定义了有机农业，指出了有机农业生产标准和行动建议。IFOAM 成立之初只有英国、瑞典、南非、美国和法国 5 个国家的代表，经过 20 多年的发展，目前 IFOAM 已成为当今世界最广泛、最庞大、最权威的一个拥有 115 个国家会员的国际有机农业组织，中国质量认证中心（CQC）于 2003 年 2 月被正式接纳为 IFOAM 正式会员。

根据生态和农业基金会统计，目前有机农业遍布世界 100 多个国家和地区。2002 年，世界有机农业面积达 $2\ 300 \times 10^4 hm^2$，有机农业面积占世界耕地面积的比例小于 1%，从事有机农业的主要地区为大洋洲、欧洲和拉丁美洲。

与常规农业生产方式相比，有机农业生产方式有 3 个显著特点，一是在技术路线上，强调传统农艺技术的应用，如尽可能地依靠有机肥料、作物轮作、种植豆科作物培养地力，运用生物技术控制作物病虫害，保持生态系统内的生物多样性；二是生产、加工过程有一系列的准则标准，以此约束和规范生产者行为，并为检查、认证、监督提供基本依据，也为产品进入市场创造必要的条件；三是按照一定的程序开展认证活动，一方面为了使生产者建立与消费者相互依赖的关系，另一方面也是为了标识这种生产方式及其产品的内在价值和品质。

（二）生物农业

生物农业最早由 Rudolf Steiner 在德国发起，1950 年后逐步发展到西欧和北欧一些国家。主要强调农事和园艺操作中，生物、技术、经济和社会诸方面的协调，在 1980 年 8 月召开的第一届国际生物农业会

议上指出：生物农业是根据生物学原理建立起来的一种保持和改进土地生产力的农业系统，它通过促进自然过程和循环来保持自然土地生产力和防治病虫害，从而提高平衡的环境，并以传统的方法为基础与许多新的农业科学技术结合起来，避免过分利用资源和需能的化学制品，仅适当投入能源而保持最适的生产力。

生物农业强调土壤、植物、动物和人的健康与营养物质循环有关；整个生物圈的健康都将由于土壤肥力的丧失而降低，或由于不适当的管理措施导致土壤发生任何的不平衡而降低整个生物圈的健康水平；生物学土壤肥力与发展和保持最高水平的有机物直接有关等。因此，生物农业的主要原理在于建立土壤的生物学肥力，使作物从土壤的稳定转变中获得它所需要的全部营养，养分的释放和作物的需要量是和谐一致的，并在任何时间都不出现过量的养分。其主要技术是：①以腐烂慢的有机物用作农田土壤改良剂；②种植豆科植物，增加土壤中的有机氮；③施用菌肥促进生物固氮和利用菌根促进矿物质营养的吸收，特别是磷的吸收；④利用有机氮和无机氮的有效化；⑤生物激素利用；⑥废弃物再循环和利用等。生物农业是科学家运用生物学理论及技术设计的一种依靠农业生态系统自身过程维持的农业生产体系，在欧美一些国家和地区应用于生产实践，但是总体进展缓慢，而且规模也较小。

（三）生态农业

生态农业是1971年首先由美国密苏里大学土壤学家William Albrecht提出，他认为通过增加土壤腐殖质，建立良好土壤条件，就会有良好的健康的植株，可用铜制剂波尔多液和轻油防病，少量施用化肥，禁止施用农药，避免环境污染。1976年，英国Sussex大学的M．K. Worthington对生态农业提出新的认识，认为生态农业是生态上能自我维持的、低投入的、经济上有生命力的小型农业系统，这一系统的目标在于环境或伦理、审美方向不产生大的、长远的且能被接受的变化，并经过多年的实践后，于1981年发表了《生态农业及有关农业技术》一文，再次对生态农业及有关农业技术进行了系统的研究和归纳，认为生态农业应具备以下几个必要的条件：①必须是一个自我维持的系统。设法使能量减少到最低的程度，并且一切副产物都要通过再循环，提倡使用降解生物及固氮植物，通过施用腐殖质、作物轮作以及正确处理和施用农家肥料等技术来保持土壤肥力。②必须是多种经营的，使农业生态系统增加稳定性和最大的生物量的生产，动物（包括人）与植物的构成比例也必须是适当的。③单位面积的净生产量必须是高的。④生态农业的农场规模应当是小的，应控制投资和增加雇佣人员，提供更多的就业机会。⑤生态农业在经济上必须是可行的，目标是要在没有政府补贴的情况下获得真正的经济效益。⑥农产品应当在农场中加工并直接提供给消费者。⑦在美学及道德上必须能够被人们所接受。从总体上来看，国外替代农业的名称各异，如有机农业、生物农业、生物有机农业、生物动力农业、自然农业、生态农业、再生农业……其做法也不尽相同，但共同的特征是一致的，即针对常规农业高投入、高能耗的种种弊端，尽可能减少工业产品为外部物质能量的投入，通过生物措施保持土壤肥力，利用自然的调控机制，维持农业生态系统稳定，生产多样的安全产品。但从发展上来看，进展相当缓慢，规模也是相当有限的。据报道，2000年全球194个国家中有141个国家开始和已经开始发展生态农业，全球生态农业生产面积占农业生产总面积的2%左右。

第二节　中国生态农业

中国生态农业的实践有着非常悠久的历史，几千年的农业生产实践蕴藏着极其丰富的生态学思想，在正确处理当前和长远、局部与整体关系的系统思想方面尤为突出，传统农业中的生态学精髓推动着中国生态农业的兴起，同时也是把最新的生态学、生态经济学、环境科学和农学等知识综合应用到农业和农村发展中的一种系统工程。中国生态农业是在适应中国国情特点下产生的农业可持续发展模式，它体现了生态与经济协调的可持续发展战略，又是一项农民自发创造、政府积极支持、科技人员主动参与的伟大实践。

一、中国生态农业的产生与发展

（一）产生的背景

中国的生态农业既不是人们标新立异，更不是西方生态农业的简单抄袭，而是有其自身发展的背景和特点。

20 世纪 70 年代末 80 年代初，学术界围绕对我国农业发展道路进行了广泛的讨论。很多科学家达成共识，一致认为：我国农业发展在相当长的时期内必将面临三大挑战，一是如何满足日益增长的巨额农产品的需求；二是如何保持和进一步提高经济效益；三是如何阻止自然资源耗竭和生态环境日益恶化的趋势，其中自然资源和生态环境的改善与保护具有基础性决定作用。同时认为我国农产品增长和农业开发长期以来主要依靠的是常规农业技术策略，由于人均资源量减少，生态经济基础“先天不足后天失调”，其效益日减，后劲不足，承受不起重蹈发达国家“先污染、破坏，后治理”覆辙的沉重代价，我国不可能、也不具有发达国家在实现常规农业现代化中所拥有的极廉价能源供应条件，加上特有的劳力过剩和农业难以得到大量政府补贴等问题。显然，仿照西方现代农业的道路既不可能更不可取。另一方面，继续沿袭常规农业技术，由于其封闭式的小农经济对生产力的束缚，低输出、低水平的内部循环以及由于人口压力对资源掠夺式的利用和破坏，难以适应现代化商品经济的发展，加上国内许多“发达的”和“中等发达的”地区，已在重演一些发达国家农业工业化进程中出现的生态经济恶性循环的历史。面对世界范围内“第二次绿色革命”、“持续性农业”日益强烈的趋势，中国农业如何走出“常规发展模式”的低谷，探索一种适合中国国情的现代化新型农业就成为时代的必须发展的需要。这种新型农业既要有作为现代化农业特点的高生产效能和高转化效率，又能改善农业环境和实现农业资源永续利用，使农业得到持续发展。中国生态农业正是适应了这一迫切需要应运而生的。

（二）发展历程

与国外相比，中国生态农业发展速度和规模是相当快的，从发展的历程看，大致可分为三个阶段。

1. 第一阶段　从 20 世纪 70 年代末至 80 年代初，为生态农业起步阶段。这一阶段，人们对生态农业的理解和认识还很不够。一部分高等农业院校和科研单位以及一些县、市（区），开始了生态农业的探索起步，出现了一批“生态农业户”、“沼气生态户”、“生态示范户”等。北京市环境保护研究所在北京大兴县留民营村建立了生态农业试点，成为中国第一个生态农业村。为了使生态农业的探索工作能正常有序的地进行下去，农业部拨出经费，立项开展科学研究，选择了不同类型的 6 个典型进行试点，为生态农业的大规模发展积累了经验。

2. 第二阶段　从 20 世纪 80 年代中至 90 年代初为生态农业探索阶段。在小规模的探索取得一定的成绩之后，1984 年开始进入了生态农业较大规模的探索发展阶段。这一时期，国内相关部门召开了多次生态农业学术会议，出版了一大批有关生态农业研究与实践的专著。中国生态农业的理论探索也取得了很大成绩，初步形成了具有中国特色的生态农业理论体系。我国的学者从广泛的生态农业实践中，总结出带有普遍性的经验，并把它上升到理性认识，初步形成了中国的生态农业理论。1993 年是中国生态农业发展史上具有里程碑意义的一年。为了推动全国生态农业县建设，由农业部等七部委局组成了“全国生态农业县建设领导小组”，重点部署 51 个县开展县域生态农业建设作为生态农业建设典型，使生态农业建设从试验探索开始向有计划示范推广阶段发展。

3. 第三阶段　从 20 世纪 90 年代初到现在，为生态农业稳定发展阶段。随着生态农业建设的深入开展，生态农业建设范围日益扩大，全国开展生态农业建设的县、乡、村已达 2 000 多个，遍布全国 30 个省、市、自治区，生态农业建设面积 670 多万公顷，占全国耕地面积 7% 左右。生态农业建设取得了显著的社会、经济和生态效益，受到国内外高度评价，已有 7 个生态农业示范点被联合国环境规划署授予“全球 500 强”称号。据对 35 个国家级生态农业示范县的不完全统计，通过近 5 年建设，粮食总产年均增长 8.42%，总产值年均增长 7.9%，农民人均纯收入年均增长 18.4%。同时农业生态环境明显改善，森林覆

盖率普遍提高，草坡得到保护，水土流失得到初步控制。与1990年相比，示范县水土流失面积减少了49%，土壤沙化面积减少了21%，提高了农业抗灾能力和持续发展的后劲。2000年3月，国家七部委在北京召开第二次全国生态农业县建设工作会议，对第一批51个县试点工作进行了总结，并对第二批50个示范县的工作进行了部署。同时提出了在全国大力推广和发展生态农业的任务。从中央到地方已把生态农业建设作为农业和农村经济可持续发展中的一项战略任务。

中国生态农业，从无到有，起步于农户，试点示范于村、乡、镇、县，重点发展县域生态农业建设，走出了一条快速、健康发展的道路。这是广大科技工作者、基层干部和农民在改革开放中大胆探索、努力创新的伟大成果。中国生态农业的发展历程表明，中国的生态农业是顺应自然、经济和社会发展的客观规律，其指导思想、理论基础、技术路线和工程模式是经得起考验的，是实现农业可持续发展的成功模式。

二、中国生态农业的内涵与特点

（一）定义与内涵

中国生态农业与西方生态农业有着本质的不同。中国生态农业是继传统农业、石油农业之后，在中国背景条件下产生的一种人与自然协调发展的新型农业模式，它既吸收了我国传统农业和现代农业的精华，也不拒绝化肥、农药的适度投入，它合理利用和保护自然资源，使生态系统保持适度的物质循环强度和能流通量，高产出、高效益、少污染；它强调经济效益、生态效益、社会效益的综合协调提高，使农业生产与资源的永续利用和环境的有效保护紧密结合起来，从而使我国农业和农村纳入持续、稳定、协调发展的轨道。

农业部颁布的《生态农业示范区建设技术规范》中，将中国生态农业定义为："因地制宜利用现代科学技术，并与传统农业精华相结合，充分发挥区域资源优势，依据经济发展水平及'整体、协调、循环、再生'的原理，运用系统工程方法，全面规划、合理组织农业生产，实现高产、优质、高效、可持续发展，达到生态与经济两个系统的良性循环和经济、生态、社会三大效益的统一。"简言之，中国的生态农业是农业生产、农村经济发展和生态环境治理与保护、资源培育与高效融为一体的现代农业生产体系。其科学内涵表现为：①从发展目标看，它以协调人与自然关系为基础，要求多目标综合决策。②从科学理论和方法看，要求运用生态学理论与生态经济规律和系统科学方法，遵循"整体、协调、循环、再生"的基本原理，建立起生态优化的农业体系。③从技术特点看，注重把我国传统的农业精华和现代科技相结合，采取系统工程手段，合理组装，发挥系统整合功能。④从生产结构体系看，特别强调农林牧副渔大系统的结构优化和"接口"强化。⑤从生产管理特点看，它要求把农业可持续发展的战略目标与农户微观经营、农民脱贫致富结合起来。

（二）主要特点

1. 生态农业是一种具有多种生产功能的复合系统　生态农业是一种整体性农业，它的结构十分复杂，具有层次多、目标多、联系多的特点，构成复杂的立体网络。它强调系统组分之间的相互作用，并将它们以一种较为和谐的方式联系起来，也可以说它是以生物组分为核心的生物—社会—经济复合系统。它按生态规律要求进行调控，把农、林、牧、副、渔、工、商、运输等各业组成综合经营体系，实现整体发展。生态农业的根本目的是提高整个系统的效益，并不是某一单一成分的效益。

2. 以追求高产、优质、高效为目的　中国的生态农业强调必须产量最高、质量最好、效益最佳，这一点和国外的各种替代农业不同。发达国家的农业现代化水平很高，农产品大量过剩，增产粮食不再是主要目标，现在的主要矛盾是如何控制粮食生产，所以重点不是增产，而是将注意力集中在资源与环境的保护上。我国的农业生产，必须坚持高产、优质、高效，这是由我国的国情决定的。①人多地少且人口增加较快，耕地减少迅速，地力下降，农副产品人均占有量较低。国家统计局测算数据表明，2005年1月6日，中国人口总数多达13亿，预计2030年人口还将持续增长，达到15亿～16亿，而我国耕地面积只有1.3亿hm^2。目前，全国人均耕地0.1061 hm^2，有超过666个县的人均耕地不足0.0534hm^2，其中463个县的

耕地不足0.033 hm^2，耕地人均水平只及世界水平的43%。再就是土地质量下降，现有耕地中有2/3为中低产田，耕地单产水平低，粮食总产量多，但人均水平低，不足400kg。②现代化建设的需要，现代化农业必须是高产、高效的农业，人民物质生活水平的提高需要更多的农副产品，这一点在有限的土地资源上，只有提高产量才能达到。③农业发展现状的需求，我国的农业正处在由传统农业向现代农业的转型期，既需要较高的生产力，同时又需要避开资源衰退、环境污染的老路。

3. 生态农业强调物质的适当投入　在一般情况下，一个生产过程中所产生的废弃物（或副产品），可以作为另一生产过程的原料。在一个生态农业系统中，人们施用更多的是可更新能源，如节能技术的广泛应用，可以弥补传统能源利用上的不足。但是，生态农业是一个复杂的、开放的、经人工驯化的生态系统，生态农业系统仅仅依靠其自身的物质和能量转化，循环过程中往往难以维持整个高产出系统的持续发展，特别是在系统受到巨大干扰的时候，如病虫害大规模发生时，仅仅依靠系统自身的防御能力是难以维持的，必须由外界输入必要的物质能量，即中国的生态农业并不完全排斥化学物质的投入，而是将这种投入控制在一定范围内，避免过量投入的副作用。

4. 劳动密集和技术密集型相结合　我国人多地少，资源相对紧缺，通过劳力与农业生态工程技术的双重集约投入，在较小的生产规模上获得较多的农产品，并通过循环再生利用及深度开发提高产品附加值。这种做法适合我国农业现状和发展趋势，我国能以占世界7%的耕地养活占世界22%的人口，这种集约经营起到了巨大作用，我国不少地区在人均耕地较少的情况下能维持食物要求的平衡，也正是这种农业特色的体现。

5. 具有明显的区域性及整体优化功能　目前，中国的生态农业系统既有农户、农田水平上的，也有流域、区域水平上的，而不同层次水平上的生态农业都具有明显的地域性特点，即按照当地自然资源特点及社会经济、技术水平，合理组织生产，做到因地制宜，发挥地域优势。同时，我国生态农业强调硬技术与软科学的有机结合，强调整体结构的系统优化，发挥农业生态系统的总体功能，兼顾经济、生态、社会效益的统一。

三、生态农业发展趋势与展望

根据中国生态农业发展历程、取得成绩与存在问题，可以认为，在今后相当长的一段时间内，中国生态农业发展在促进农业增产、农民增收及农村经济发展中起到重大作用，在改善农业生态环境中，控制水土流失、环境污染及资源保护等方面做出突出贡献。

（一）进一步强化与完善生态农业基本概念和基本理论研究

从中国农业发展总体来看，生态农业只是初具规模，覆盖只有10%左右，在整个农业产值中所占比重不大，因而它还没有成为农业与农村经济发展的主导战略与基本模式。从理论上分析，我们既要看到中国生态农业的观点比国外还要高明一些，更要看到我国生态农业理论研究存在一些不足之处。这主要表现在：一是以往的研究还未真正将重点转向农业生态环境保护和建设及社会可持续发展的研究；二是以往大部分学者尤其是经济科学研究者偏重于研究生态农业的本质特征及其发展规律，尚未注重生态农业运行及生态与经济互动协调；三是过去的大多数生态农业论著只是注重把农业生态环境治理与保护纳入生态农业理论体系，基本上没有把生态建设和发展知识经济纳入生态农业的理论框架；四是对现有的多样化生态农业模式进行多门类的自然科学与社会科学的交叉与综合研究显得比较薄弱；五是理论研究尚滞后于生产实践。而生态农业不仅是新的农业技术与传统经验的结合，更应当是在生态经济学基础上，实现多种组分在时间与空间上综合的一种工程技艺。整体的概念、系统的方法、能量流动和物质循环的观点、生态位理论、多样性理论、稳定性理论和可持续理论，以及环境经济效益等，许多方面还需要深化系统加以研究和进一步发展。应当进一步开展不同生态农业类型的结构与功能的研究，利用定量分析和模拟手段，将研究结果在精心挑选的试验站点上，通过长期生态定位观测进行论证；应当对现有生态农业的类型进行全面的调查和综合评价，并在此基础上，建立生态农业的科学分类体系，提出适应不同地区特

点的优化设计方案；在尽可能的情况下，应用地理信息系统、计算机等现代技术，逐步实现生态农业的合理布局；有必要进一步探索生态农业的评价方法，着重从经济效益、生态效益和社会效益的综合角度进行分析，把生态农业的研究推向新的高潮。

（二）不断丰富、完善生态农业的技术体系

生态农业技术体系应包括环境友好技术、不同组分的时空优化组合技术、适宜物种（树木、灌丛、粮食作物、经济作物、饲料作物、牲畜、家禽、水产养殖等）的挑选与改良技术、基因工程技术、组织培养技术，以及嫁接技术等各个方面。物种的选择应充分体现更高的生产力、更宽的适应性、更强的抗逆力和更多的用途等。农业耕作方法也是一个值得研究的方面。也就是说，应当在生态农业的实践中，逐步实现常规技术的普及、高新技术的引进和传统技术的改良。从经济效益上，生态农业技术应当力求实现单位面积、单位水体、单位时间、单位劳动力数量能够获得最大收益。

（三）建立面向“两个市场”的新型生态农业生产方式

逐步实现生态农业的结构调整，建立既符合国情与地区特点、又适应国际市场需要的新型生态农业生产方式。未来生态农业结构的调整与发展方向，应当面向世界经济的全球化特点，立足“两种资源”，面向“两个市场”。应当打破学科界限和区域界限，充分利用不同学科知识的嫁接与融合，着力发展优质高效、具有国际环境保护特点，并且面向国际市场，独具特色的生态农业模式。

（四）建立促进生态农业发展的政策激励与监督机制

从政策上帮扶、资金上支持、技术上指导、价格上倾斜，以提高农民发展生态农业的积极性。建立生态农业发展的监督机制，真正实现生态农业产品的无害化。应当积极倡导“自助餐式”的生态农业发展模式，使农民能够根据自己的能力和需要，确定生态农业的发展方向和经营策略。必要的监督也是十分必要的，因为在一些地方，并没有提供“绿色产品”。在一些生态农业模式中，还存在着不同形式的污染，距离生态农业的内涵还有很大的差距。

（五）强化发展生态农业的能力建设

生态农业的能力建设应当从四个层次上进行：一是决策层的能力建设，需要提高生态农业在促进区域可持续发展重要性的认识，以制定促进生态农业发展的适宜政策；二是业务人员的能力建设，使得生态农业的管理人员逐步成为掌握生态农业基本理论、方法，并具有管理技能和所涉及各门学科的通才；三是技术人员的能力建设，通过脱产与不脱产培训，使广大技术人员迅速获得生态农业发展中的最新技术和知识；四是农民的能力建设，要始终牢记农民是生态农业建设的主体，应当对各种类型的农民给予适当的支持。通过示范、培训和经验交流，促进生态农业知识和技术的传播。在可能的情况下，充分发挥公共媒体的作用，例如电台、电视、报纸、网络等，都将对能力建设起到积极的作用。

总之，生态农业作为一种促进生态良性循环和有利于资源环境保护的农业生态体系，在实践中已显示出合理性和科学性，并且已得到中央和地方各级政府的重视。我国政府不仅把发展生态农业正式列入“中国环境与发展十大对策”，而且将生态农业技术研究与示范列入国家重点科技攻关计划，并在全国范围鼓励开发和推广应用生态农业技术和生产体系。从发展趋势看，中国生态农业将与当今国际社会普遍接受和发展的“农业可持续发展”接轨，在促进农业增产、农民增收及农村经济发展中起到重大作用，在改善农业生态环境中，控制水土流失、环境污染及资源保护等方面做出贡献。从具体发展方向看，生态农业体系中，投入更加高效和谐，产出更加稳定持续，尤其无公害农产品或绿色食品的生产将显示巨大潜力。

第三节　中国生态农业技术

生态农业主要应用生态工程技术及传统农作技术，对农业生态系统的不同层次进行设计和管理，并

结合相应的配套技术，运用系统工程的最优化方法，设计分层次多级利用资源的生产工艺系统。只有建立生态合理的新型农业生产体系和相应的技术体系，才能促进生态农业健康与可持续发展，才能适应当前所面临的结构调整、产业升级、农民增收、农业增效、食物安全、生态环境治理、农产品国际市场竞争力提高等艰巨任务。从国外农业生态工程技术及我国生态农业发展看，生态农业的主要技术包括以下几个方面。

一、高效立体种养技术

高效立体种养技术是指在单位土地面积上、一定的区域范围内或不同海拔高度的地形区内，根据各种植物、动物、微生物的特性和生长繁殖特点，充分利用空间、时间、光照、热量、水分、土壤、大气等自然资源和物资、资金、劳力的投入，运用现代科学技术，把种植业、养殖业及相关的加工业科学地结合起来，建立多物种共生、多层次配置、多级生物质能循环利用转化的立体种植、立体养殖、立体种养以及庭院立体种养的高产高效生产技术配置方式，在不断增强区域农业的综合生产力和综合效益的同时，提高土壤肥力，减少环境污染，促使农业生产处于良性循环之中，达到经济、社会、生态效益的统一。

高效立体种养技术是一种劳动密集型技术，是我国传统农业的精华，是农业增长方式由粗放经营向集约经营、由传统农业向现代农业转变的必然产物。在生产实践中，立体种养已不仅在大田作物之间开展间套作多熟种植，而且包括利用木本果树、林木、热带作物、牧草甚至食用菌；立体种养也不限于植物，还包括动物，如畜禽鱼类等。林地间人参、林地间药材、稻田养鱼、果园养菇、蔗地养菇、多层养鱼等都是立体种养的例子。因此，立体种养既要按照农业科学范围广、门类多和相互渗透交叉的特点，实现立体组合的最优化，又要充分利用农业新技术，尤其是农业高新技术，以丰富和优化农业生物之间的组合，使其成为先进科学的综合体。

随着农业结构调整力度不断增大，近年来高效立体种养在全国推广面积不断扩大，对增加农民收入产生了巨大的推动作用，全国不少省、市、区高效立体种养已由单一模式向区域立体农业开发方向发展。据不完全统计，2000 年全国以粮食为主的农田立体种植面积为 $0.39\times10^{8}hm^{2}$，达到总面积的 32% 以上。粮食、果树、蔬菜、食用菌、渔业养殖等高效立体种养技术已发展至上千种，有力地促进了生态农业的发展。

二、物质、能量多层次利用技术

通过利用生态系统的食物链结构原理，采用食物链加环的办法组建新的食物链，将物质和能量多层次、多途径循环利用，实现生产与生态的良性循环，提高资源利用效率，这是生态农业中最具代表性的技术手段。其技术主要通过种植业、养殖业的动植物种群、食物链及生产加工链的组装优化加以实现。

一般农作物产品中，人们可以直接利用的仅占 20% ~30%，其余人们不能直接利用的部分，仍含有大量的营养物质和生物潜能，如将它们直接作燃料，则大部分营养物质被挥发掉，能量效率也不高；如用作畜禽饲料，则可提高转化效率，提供动物产品。畜禽的粪便不是直接作为肥料，而是加入新的食物链环节，进行综合利用，使有机质经过多级利用和转化，则利用率可大大提高。归纳农业生态系统中物质多级利用技术主要有：

1. 畜禽粪便综合利用　这种生态技术已受到普遍重视，在美国、欧洲等许多国家都利用干燥膨化鸡粪替代粗饲料和粗蛋白饲料，在我国一些地区也已采用。这是由于鸡的消化道短，饲料未被充分吸收利用就被排出体外，鸡粪中有 70% 左右的营养成分未被消化吸收，经过适当处理后可作为猪、鱼等动物的优质饲料。畜禽粪便另一种利用途径是作为沼气原料，可以作为能源利用，而沼渣液不仅可作为优质的有机肥料供作物利用，而且可作为食用菌培养料，猪、鱼饲料等。

2. 秸秆综合利用　农作物的秸秆产量是相当多的，能占到生物量的 60% 左右，我国每年产出的作物秸秆在 5 亿 t 以上，如何加以利用是相当关键的问题。目前的秸秆有相当一部分烧掉了，不仅污染大气，而且把所含的粗蛋白、纤维素及大量微量元素浪费掉。因此，加强对秸秆的综合利用是生态农业一项重

要的技术和任务。

秸秆利用途径目前除部分直接用作有机质补充农田外，还有一部分作饲料供牛、羊等草食动物食用。秸秆还可通过氨化处理、微生物发酵及添加剂等处理，使营养价值和适口性大大提高，并可替代部分粮食。秸秆还可作为食用菌的培养料、沼气原料等。

三、有害生物综合防治技术

病、虫、草等农业有害生物是造成作物减产的主要原因，不能单纯依赖化学制剂。利用生物措施及生态技术有效控制病、虫、草危害的潜力很大，不仅无毒性残留，不污染环境，而且可以保护生物多样性和生态系统自我调节机制。生态农业利用生物、生态防治为主的综合防治措施，防治有害生物技术有以下几个方面。

利用间混作等种植方式控制病、虫、草害：根据生物与环境关系原理、种间相互作用原理、食物链结构原理等，通过合理轮作，利用不同作物茬口特性的不同，减轻土壤传播的病害，寄生性或伴生性虫害、草害等，其效果甚至是农药不能达到的。间作及混作是通过增加生物种群数目，控制病、虫、草害，如玉米与大豆间作造成小环境，因透光通风性好可减轻玉米大小叶斑病、黏虫、玉米螟等虫害；又能减轻大豆蚜虫的发生。

调整作物播种期可防止或减轻病、虫、草害：各种病、虫、草都有其特定的生活周期，通过调整作物种植和收获时间，打乱病害发生时间和害虫食性时间或错开季节，可有效地减少危害。此外，利用抗病虫草的品种也是一种有效的途径。

利用天敌防治农业有害生物：这是一种行之有效的生物防治技术，它是利用捕食性天敌的捕食、寄生性天敌对寄主的寄生，或有些病原微生物及某些生物的代谢产物进行防治，这种以虫治虫、以菌治虫、以菌治菌的方法，具有安全有效、便于广泛利用的优点。如稻田养草食性鱼类治草、治虫，棉田放鸡食虫，利用七星瓢虫、食蚜虻等捕食蚜虫，利用白僵菌防治松毛虫，利用春雷霉素防治稻瘟病等，都取得较好的效果。

从生物有机体中提取生物制剂替代农药：利用自然界生物分泌物之间的相互作用，运用生物化学、生态学技术和方法开发新型生物农药制剂，防治农业有害生物，将会成为未来发展的新趋势。

四、物质良性循环技术

物质良性循环是保持地力、促进农业持续发展的基础，也是生态农业建设的基本技术，主要包括以下几个方面。

生物养地技术：土地用养结合是保持土壤肥力的基础，所谓生物养地，即利用生物及其遗体培养地力或改良土壤。它的主要作用是：固定大气中的氮素，增加土壤氮素含量；增加土壤中有机质，改良土壤结构并为土壤生物提供能源；增加土壤中营养物质含量；生物排盐除碱；保持水土等。

生物养地的主要措施有：①种植豆科固氮植物；②种植物质归还率较高的作物，增加土壤养分的返还；③建立合理的轮作制度，均衡土壤养分、水分的供应；④农产品的就地加工，副产品返还农田；⑤非耕地养分向农田的富集，如利用荒坡、荒山、荒滩等种植牧草，割草养畜，禽粪还田等。

建立农、林、牧结合的物质多层次转化利用技术：农、林、牧之间通过环境的改善，供求、连锁、限制关系等，维持着能量、物质错综复杂的转化循环关系，根据资源特点，组建农、林、牧合理结构、农村生活能源结构、多级利用的食物链结构，并将它们组合成物质、能量多层次转化利用技术体系，是维持农业生态系统物质良性循环的基本措施。

水土保持技术：通过扩大绿色植被（造林种草），增加有机质，改良土壤结构，增强土壤保肥、保土及抗蚀能力，以及改造局部地形条件，修梯田等生物措施为主、生物与工程措施相结合的办法，综合防治水土流失，以减少养分的非生产性输出。

节水农业技术：节水农业技术一般包括输配水节水技术、灌溉节水技术、农艺节水技术、管理节水技

术等。

发展节水农业是保障生态农业快速发展和水资源可持续利用的一项重大战略措施，是构建节约型社会的重要组成部分。农业是用水大户，其用水量占全国用水量的70%，为了应对日趋严重的缺水形势，发展节水农业是一种必然选择。随着生态农业的广泛开展，节水农业技术不断取得新的进展。早在20世纪50～60年代，我国就开展了节水农业技术研究，如自流灌区大力推广的渠道衬砌技术；田间平整土地，划小畦块，推广短沟和细流沟灌技术等。20世纪70年代，机电泵站和机井渠灌区进行节水节能技术改造，在水源不足的北方地区和南方经济作物区，推广喷、微灌等先进灌溉技术。20世纪80年代在全国范围内推广低压管道输水技术。20世纪90年代以来，面对日益严峻的干旱缺水局面，我国节水灌溉技术发展加快，如小麦优化灌溉、水稻浅湿灌溉、膜上灌、旱作覆盖、旱作坐水种、集雨灌溉等田间节水技术获得大面积应用。与此同时，各地还十分重视生物节水技术，培育节水耐旱新品种；在农业抗旱节水中化学制剂的作用已引起广泛的关注，被认为是一种很有前景的新型节水增产技术等。

五、再生资源开发技术

合理开发利用生物能（薪炭林、沼气）、生态能（太阳能、风能、水能、地热能）等新能源，对于满足农村生活能源、改善生态环境、维持生态平衡有重要作用，同时也是生态农业中替代部分化工商品能源的一项重要技术。

因地制宜发展薪炭林：因地制宜利用荒山荒坡种植薪炭林，既可改善生态环境，减少水土流失，又是解决我国农村生活能源的重要途径之一。以我国北方的刺槐为例，它是一种根蘖型速生树种，生长快，再生力强，每2～3年可平茬利用一次，每户若有0.14～2hm^{2}刺槐，可解决5口之家全年生活能源，且可年复一年的使用。

沼气发酵技术：沼气发酵是通过微生物在厌氧条件下，把淀粉、蛋白质、脂肪、纤维等有机大分子降解为可溶性碳、氮等小分子化合物，同时产生甲烷（CH_4）等可燃性气体的有机化学反应过程。从生态系统角度看，将作物秸秆、动物粪尿、有机废弃物等通过沼气发酵产生可利用能源，不仅解决了环境污染问题，同时强化了生态系统的自净能力，实现无污染生产。

太阳能利用技术：太阳能是恒定的、可再生的、清洁的巨大能源，是实现农业生产过程中的基本能源。目前所采用的常规技术包括地膜覆盖、塑料大棚、太阳能温室、太阳灶等，它们都可有效地增强太阳光能的吸收利用，解决作物生长过程中的热量需求和生活用能。

风能、地热能、电磁能利用技术：在一些海拔较高、风力强大的地区，利用风力发电、照明、取暖，有相当大的利用潜力。一些地区利用地热能开展的蔬菜、瓜果、高价值植物栽培和鱼类养殖，取得了十分显著的效果。

我国生态农业的实践多是以发展沼气为纽带，根据条件综合利用其他能源，形成多能互补的生活能源结构，解决农村生活能源。

六、生物措施与工程措施配合的生态治理技术

长期以来，由于人们不认识甚至违背生态学规律，对于农业环境进行不适当的、过度的开发，引起了生态环境的破坏，如水土流失、土地沙化、盐渍化、草场退化、土地退化等，使一些地区农业生态系统难以达到良性循环，给农业生产带来了严重的影响和危害。实施生物措施与工程措施结合的综合治理技术对改善生态环境、消除不利影响的效果显著。通过种草种树提高地表覆盖度，从而达到固定土壤、减缓径流、降低风速的作用，配合修筑梯田、蓄水坝、等高种植等工程措施，使控制水土流失、土地沙化更加有效。

对一些盐碱地、沙荒地等改造治理，也需要结合工程措施和生物措施。如通过种植抗盐碱的牧草、向日葵等作物，结合开沟挖渠等工程措施，能有效控制和改良盐碱地，并逐步发展成为高产高效农田。

第四节　中国生态农业典型模式

关于生态农业模式的涵义，虽然有人从不同的角度来表述，但都具有相似实质。在农业实践中，生态农业模式是指按照生态学和经济学原理组织农业生态系统结构和组装配套技术，以发挥系统功能，达到可持续发展目标的生态农业系统格局。

在农业区域内，生物多样性的内容包括从基因、个体、群体、生态系统、区域各个层次的生物多样性。对农业区域内生物多样性组分、各层次的动态演变规律与机制、人为与自然干扰对生物多样性丧失的作用机理以及生物多样性恢复途径，是在农业生态系统层次上进行合理调控的依据。显然，生态农业模式也是多样的，模式形成与当地农业自然资源、经济技术水平及面临的生态环境等密切相关。长期以来，我国传统农业已形成一些颇具特色的生态农业模式，受到世人的广泛关注。尤其是近十多年进行的生态农业建设实践中，充分利用农业生态工程的原理与技术，在各地形成多种多样、各具特色、功能丰富的生态农业模式。2002 年农业部筛选出十大生态农业模式作为今后一段时间内的重点任务加以推广，即北方"四位一体"生态模式；南方"猪－沼－果"生态模式；平原农林牧复合生态模式；草地生态恢复与持续利用生态模式；生态种植模式；生态畜牧业生产模式；生态渔业模式；丘陵山区小流域综合治理模式；设施生态农业模式；观光生态农业模式等。下面重点介绍黄淮海地区比较典型的几种生态农业模式。

一、平原生态农业模式

黄淮海平原农业开发早，光照、热量和土地资源丰富，交通便利，但农业结构相对简单，旱涝、盐碱、风沙等自然灾害频繁发生。因地制宜采用间套作复种地以充分、合理利用当地资源，组成集约经营的种植制度是该区域传统农业的特色。自生态农业推广以来，间套复种等所包含的丰富多样的种植方式又有了新的发展，既是综合农作制度的主要构成，也是生态农业的重要组成部分。其主要种植方式如下。

（一）农作物间套复种型

主要利用各种作物的生长发育特性差异，在空间上合理搭配，时间上巧妙安排，从而充分利用自然资源，提高产品单位面积的产出率，增加经济效益。常见的有粮粮、粮棉、棉油、粮烟等间套复种。自 20 世纪 80 年代以来，随着现代科学技术的发展，近代科学技术与科学成就普遍渗入，再加上人们在发展商品经济和实现农业现代化的转变中，充分认识到生态农业的重要性，集约种植水平不断提高，首先表现在"多物种、多层次"程度的加强。如一熟棉田向麦棉套作两熟发展，又进一步趋向于麦、菜、棉、菜（瓜）一年四作两熟变化；粮田由一年两粮两熟、三粮两熟向粮、菜、粮、菜四作两熟和粮、粮、菜、粮、菜五作三熟发展。其次，在扩大高生产潜力间套作方式面积的同时，较普遍地引进了现代化科学技术，如采用拱棚和地膜覆盖、化学调控、化学除草、滴灌渗灌、种苗脱毒、引入动植物新品种、育苗移栽、运用现代水肥管理技术等，实现了传统经验与现代科学技术的结合。

（二）农林（果）复合生态系统型

多年生木本树木或果树与矮生的粮、经、饲、药等作物间套作组成复合生态系统，是充分利用资源的一种有效途径。

在我国农林（果）间套作的试验研究和大面积推广，开始较早。20 世纪 50 年代末 60 年代初，黄河流域的平原地区，开展了桐粮间作的利用研究，继而发展了泡桐与棉花间作，枣、桑、柿树与粮、棉间作，杨树与粮棉间作等种植模式，遍及华北、西北、华东地区，对于改善生态环境，抗御自然灾害，促进农林果的发展，增加农村经济和提高农民收入等方面发挥了积极的作用。我国平原农区林粮间作面积达 330 多万 hm^2，尤以泡桐与粮棉作物间作在世界上处于领先地位，已扩展到 150 多万 hm^2。自生态农业建设广泛开展以来，农林（果）间套作在我国各地迅速推广，种类增多，面积扩大，栽培技术不断提高，经济效益不断增长。山东农业大学主持研究的山东省平原县立体农业试验研究，设立了以苹果、梨、桃、杏树等果粮、果

棉间作为主体，加入粮粮、粮棉、粮菜、棉菜（瓜）、瓜油菜等短周期作物间套作的复合群体结构，1990 年规模达 217hm^2，6 年总面积平均粮食单产 10 722kg/hm^2，产值 15 538.5 元/hm^2，累积增加粮食 57.29 万 kg，增值 957.12 万元。实现了在粮食稳步增长的同时增加经济效益的目的，取得了显著的经济效益、社会效益和生态效益，为鲁西北地区找到了通过生态农业建设发展农村经济的路子。河北省采用桃粮间作种植模式，粮食产量较单作相等或略增，间作小麦增产 5.03%，夏玉米增产 5.4%，夏大豆增产 13.6%，夏谷增产 3.2%，且每公顷增收鲜桃 7 591.5kg，土地当量比（LER）达 1.26～1.29。充分证明合理的农林（果）间套作是平原地区高产高效生态农业的重要形式之一，在我国具有极其广阔的发展前景。

二、山地丘陵生态农业模式

黄淮海地区的山地丘陵约占整个区域面积的 1/3。该区水土流失较为严重，土壤肥力低，经济、科技、文化相对落后，交通欠发达，农业内部结构复杂多样，生物资源、矿产资源丰富。主要的生态农业模式又分为 3 种形式。

（一）林区资源合理开发和生境有效利用型

该形式多集中在偏远山区和大型林场内，以森林的保护、建设、开发、利用为主要任务。同时，为了提高森林的经济效益，还充分利用林区特有的生态环境条件和资源优势，发展经济动植物。如在林内培植食用菌、中草药，养殖鹿、蜂、蛙、貂、野禽等名贵珍稀动植物，发展林下放牧，加强动植物资源的精深加工等。

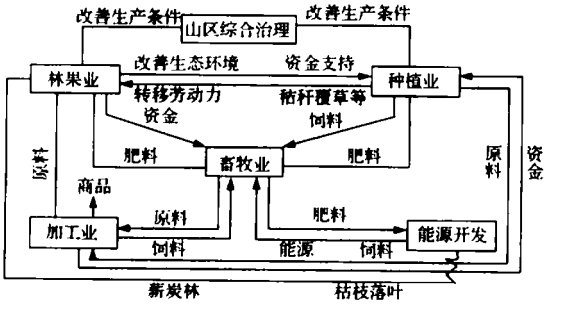
（二）以水土保持为重点的流域综合治理开发型

该形式以小流域综合治理、防治水土流失为重点，以发展林果业和畜牧业为主要方向，通过不断改善农业生态和生产条件，逐步壮大农村经济。在水土保持措施上，坚持生物措施、工程措施和耕作措施相结合，山上治理与山下治理相结合的原则，建立多层次的立体防护体系。

（三）以林果业为主，果农牧（渔）结合的综合发展型

根据山丘生态经济系统特点，合理调整产业结构，以林果业和林果贮藏、加工为突破点，农、林、牧、副、渔全面发展，不断提高农畜产品的商品率。根据系统组成又可分为林果农牧型、林菜瓜果型、果农型、林草牧型等，在条件较好的地方可以发展成种养加、贸农结合型。

山东省五莲县按照该模式发展生态农业取得了显著的生态、经济和社会效益。1992 年全县粮食、花生和果品总产分别比 1987 年增长 50.6%，236.3% 和 2.5 倍，农业总收入和农民人均纯收入增长 7.9 倍和 9.5 倍，畜牧业总产值突破了 1.5 亿元大关；森林覆盖率由 1978 年的 26.6% 提高到现在的 41.5%，水土流失面积也有 1 273km^2 减少到 680 km^2。生态农业建设模式如下图。



山东省五莲县生态农业建设模式

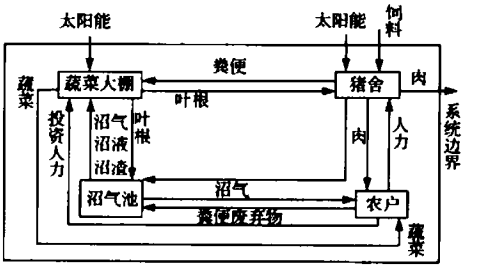
三、“四位一体”的庭院生态系统模式

在庭院内将种植业、养殖业及沼气能源结合起来，获得较佳的生态效益及经济效益，是北方地区庭院生态模式的典型，有相当的普遍性。最基本的模式是“种菜－养猪－沼气池”，即利用猪粪便及其他有机废弃物进行沼气发酵，沼气作为能源，沼液沼渣作为有机肥供给蔬菜种植及农田施用。在这种模式基础上可以有许多改进，如蔬菜用塑料大棚或温室种植，养猪也在大棚或温室内，并且增加养鸡，鸡粪喂猪等。

这种庭院生态系统模式以农户为单元，以沼气为纽带，集种植、养殖、能源为一体，有很强的生命力，是一种物质良性循环的生产模式，也是一种农村能源开发模式。模式的实施比较简单易行，投资成本可高可低，规模可大可小，可视农户的具体情况而定。按照辽宁省农村能源办公室制定的农村生态模式户标准，沼气池、厕所、猪舍、日光温室“四结合”，猪舍在沼气池上面，与温室田以墙间隔，猪舍内一角设厕所。形成以太阳能为动力，以沼气为纽带，以日光温室立体种养为手段，通过种、养、能源的有机结合，形成生态良性循环，并在推广实践中取得显著经济效益。

四、农牧结合生态农业模式

该模式通过种植业与养殖业结合，合理配比种植业（作物、牧草）和养殖业（畜禽、鱼虾等）结构，使两者协调发展，相互促进。种植业为养殖业提供饲料，养殖业转化种植业的生产物质形成新的经济产品，并为种植业提供肥料、资金等。为了使农业有机废弃物资源得到充分利用，可以通过增加一些生产措施（如发酵菌、食用菌）等，使物质、能量得以多层次循环利用。按复杂程度大致可分为下列三类。



庭院生态系统结构示意图

（一）普通农牧结合型

这是一种较为简单的物质循环方式，是我国传统农业精华的运用。食粮和食草禽畜转化粮食、秸秆、饲草，生产肉蛋奶产品，同时产生的粪便作为有机肥施入农田以保持地力。

（二）种养业与残渣食物链相联结型

通过巧接食物链，实现有机废弃物的资源化利用，并促进种植业与养殖业间的良性循环。如用饲料喂鸡，鸡粪加工后喂猪，猪粪肥田或利用秸秆、棉子皮养殖食用菌，菌糠喂猪肥田等都是成功的例子。据测定，一般干鸡粪的蛋白质含量为20%～30%，18种氨基酸含量达8%～10%，均超过玉米。发酵鸡粪与其他饲料混合喂猪，每头猪可节约精饲料30kg以上，并使育肥期缩短1～2个月，而且避免了鸡粪对环境的污染。

（三）以沼气发酵为纽带、种养结合的物质多层次循环利用型

该类型复杂多样，但一般都以沼气发酵和废弃物利用作为关键环节。如畜禽$\xrightarrow{\text{粪便}}$沼气$\xrightarrow{\text{沼渣、沼液}}$农田，农田$\xrightarrow{\text{饲料}}$畜禽－沼气$\xrightarrow{\text{沼渣}}$（食用菌）$\xrightarrow{\text{沼渣、菌糠}}$蚯蚓（畜禽），食用菌$\xrightarrow{\text{菌糠}}$畜禽－沼气－农田，农副产品加工$\xrightarrow{\text{废料}}$沼气$\xrightarrow{\text{沼渣}}$（畜禽）农田。还有的是上述某几个类型进一步复合而成的。

山东省章丘市王中村充分利用当地酒厂生产的液体酒糟，建成了两个600m^{3}的厌氧发酵罐、一个1 000m^{3}的贮气罐和一套饲料烘干设备，年生产优质饲料2 500t、沼气8.0×10^5m^3，沼液作为高效有机肥料还田，这样不仅有效解决了酒糟污染和生活用能问题，而且培肥了地力，提高了作物产量。另有实验证明，一般作物秸秆栽培平菇后，粗蛋白和粗脂肪可分别增加1%和2%左右，钙、钠、镁、铁等矿质元素含量有所增加，粗纤维则下降22%。用菌糠作畜禽饲料，适口性好，能节省商品饲料40%左右；上层新鲜沼液

用来喂猪，能促进猪的生长，使育肥期缩短 1 个多月，多节省饲料 80～100kg。

五、城郊区生态农业模式

城效区社会经济条件优越，交通、通信便利，科技文化水平先进，生产效率高，生产目的专一，系统开放程度大，利于发展商品经济；另一方面，该区的土地、水等自然资源相对匮乏，工业和城市排放的“三废”污染严重，农业结构较简单。

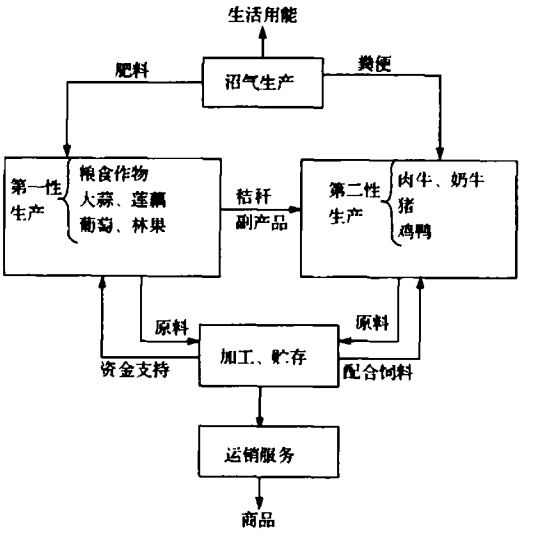
（一）以食品生产为主，粮菜畜禽花草鱼多种经营型

该类型通过向城镇或大中型企业提供优质的农副产品等来满足城镇居民的生活需要，实际上是一个服务于城镇工矿业的副食品生产基地。包括无公害蔬菜、果品等生产和加工的基地型、菜瓜林果猪禽菌型、奶牛鱼果菌型、禽果花草鱼型等多种形式。

（二）种养加结合的贸工农型

该类型立足当地优势，大力发展以农畜产品加工为主体的乡镇企业和第三产业，根据市场需求及时调整产业结构，发展外向型经济，形成种植、养殖、加工、贮藏、运销、服务一体化的复合、贸工农型开放生态农业结构。

以淄博市西单村为例，生态农业模式结构如下图。该村现有 1 099 口人，135hm^2 耕地，自 1987 年以来，不断优化种植业结构，重点发展了藕、大蒜、葡萄、果树和饲料作物生产，同时建成了规模 5 000头的养猪场、6 000 只的养鸭场、10 000 只的养鸡场和 500 头的养牛场，建起了一座总容积2 200m^{3}的沼气发酵工程，畜禽粪便全部入池发酵，产生的沼气作为全村的生活用能，沼肥全部还田，从而实现了以沼气为纽带的种养良性循环。该村依靠地处城郊工矿区的优势，大力发展以农畜产品加工为主，贮藏、运销配套的工副业生产，建有肉、蛋、奶、面粉、油料等十几处农畜产品加工企业，1992 年工副业总收入达 1 365万元，占全村经济总收入的 73.9%。全村已实现了农业机械化、水利喷灌化、能源沼气化、环境生态化。1992 年农业总产值达2 600万元，劳动生产率 2 8872 元/人，土地净生产率 15 750 元/hm^2，农民人均纯收入 1 500 多元，户均粮、藕、葡萄、菜、肉等农畜产品达 11 t，商品率 90%，土壤有机质含量达1.29%，森林覆盖率近 20%。



西单村生态农业模式

六、内陆水域生态农业模式

本模式是指内陆地表水资源比陆地资源相对丰富，农业生产以水产养殖为基础的一种类型，主要分布在黄淮海地区的湖泊、河流、水库、坑塘周围和引黄灌区。

（一）相互促进的生物共生互利型模式

1. 水体的多层次立体混养模式　利用各种水生动物的栖息环境和食性不同，依据食物链原理，人为组合在一起，达到协调水体环境、互惠互利、增产增收之目的。如草鱼（鳊鱼）－鲢鱼（鳙鱼）－青鱼－鲤鱼（鲫鱼、罗非鱼）立体养殖，鱼鸭（蟹、虾、蚌、鳖）混养，禽－鱼－蚌共生饲养，苇－鱼－禽芦荡生态模式

等。据各地调查，鱼鸭混养一般1hm² 放养鱼苗15 000尾左右，鸭900只左右，另外可在塘埂种植黑麦草、苏丹草等作饲料。这样就形成了饲料喂鸭、鸭粪养鱼、鱼粪肥泥的食物链，产值比单纯养鱼增加25%～30%，而鱼饵料用量也减少约1/3。

2. 稻（藕）田养鱼（虾、泥鳅、蟹）、稻田放萍养鸭、稻（菱）萍鱼共生　稻田（藕田）为鱼（以草鱼、鲤鱼为主）等提供了良好的生长环境，鱼可吃掉田间杂草、害虫，并能疏松土壤，鱼粪还可肥田。这种方式一般1 hm² 可收稻谷7 500～8 250kg，鱼苗600～750kg。稻田放萍养鸭试验表明，此模式1hm² 可增收稻谷450～600kg，收仔鸭900～1 050kg，且病虫草害明显减轻，每只鸭可节粮1～2kg，鸭粪直接还田相当于1hm² 增施尿素75kg、过磷酸钙30kg、氯化钾105kg。

（二）水陆交换的基塘农业型

该类型现已发展成桑基鱼塘、蔗基鱼塘、果基鱼塘、稻基鱼塘、菜基鱼塘、草基鱼塘等多种形式，有的还进一步发展成桑－蚕－猪－鱼模式、蔗－鱼－蔗模式等。其中，“桑基鱼塘”是较典型的水陆交换的物质循环系统，它由基面种桑、桑叶喂蚕、蚕沙养鱼、鱼粪肥塘、塘泥为桑施肥等环节构成，通过农渔结合，使桑基和鱼塘之间达到良性循环状态。据有关资料，一般1 hm² 桑基可产桑叶22 500～30 000 kg，用于养蚕可得鲜蚕沙10 500～14 250kg，将蚕沙经过筛、浸泡处理后喂鱼，可净增鱼1 200～1 650kg，若再加上蚕蛹作饲料，1 hm² 桑基可净增鱼3 750～4 500kg。

（三）以水产养殖业为主的渔农结合型

该类型立足当地水产资源，建立一个以渔业为主，种植业、畜牧业、林果业和工副业结构合理，多功能复合式的生态经济系统。在这系统中，不仅最大限度地开发利用和保护水体资源环境，而且通过各业结合，实现水体和陆地及整个系统内部生态经济的良性循环。根据产业组合特点，该模式又可分为渔农、渔林、渔农牧、渔农林、渔农工等多种类型。

第四部分　农业政策法规

第十章　农业政策与法规概论

第一节　政策与法规

一、政策及其实施

政策是人类社会发展到一定历史阶段上的产物，是随着阶级、政党和国家的出现而形成的社会政治现象。

（一）政策的含义

1. 政策的概念　关于政策的含义学术界有众多观点，目前比较通行的说法是，政策是党和国家为实现一定历史时期的路线而规定的行动准则。

2. 政策的本质　就其本质来说，政策是具有阶级性的，同时也具有社会性。具体来说，政策是统治阶级意志的集中体现，即它要集中反映统治阶级的根本利益和整个统治阶级的共同愿望和要求；另一方面，政策也是整个社会利益的集中体现，即政策在本质上不仅具有阶级性，而且还具有一般社会性的属性，即政策也是整个社会利益的集中体现。

（二）政策的实施

政策实施即政策执行，是指把政策规定的内容变为现实以实现政策目标的过程。政策实施是政策运行过程中最重要的环节，政策执行的有效与否关系到整个政策的成败。美国学者艾利森对此说到："在达到政府目标的过程中，方案确定的功能只占 10%，而其余 90% 取决于有效的执行。"

1. 政策实施的特点　政策实施作为政策生命过程的一个重要阶段，不仅具有政策过程各个阶段所具有的共性，而且还有其自身的特点：①政策对象、范围的限定性。政策对象的限定性是指一定的政策只能适用于一定的对象。政策范围的限定性是指一定的政策只能在一定的范围内执行才有效，包括地域范围、群体范围、时间范围等。①政策实施过程的动态性。政策实施是一个复杂多变的动态过程，一方面它不能简单地照章办事，因为政策实施需要根据主、客观情况的变化而不断调整、修正甚至改变实施策略、计划和程序；另一方面，政策实施也是一个不断进行具体决策的过程，即政策执行者要根据政策原则和自己所处的条件不断选择和决定自己的行为措施。③政策实施影响的广泛性。政策的实施会对人们的社会生活产生极其广泛的影响，包括对政策执行机构、目标群体及目标群体以外的其他因素的影响。

2. 政策实施的基本环节和应遵循的主要原则　政策实施一般包括四个环节，即制定政策实施细则、制定实施行动方案、进行政策宣传和全面实施政策方案。

政策实施的过程也就是把政策内容与具体实际相结合的过程。一般应遵循如下原则：①原则性与灵活性相结合。政策的原则性是由政策本质内容决定的不容改变的基本准则，而政策的灵活性只能是政策界限内的灵活性，两者要有机统一。②执行与创造相结合。实施政策首先要执行，而创造应以不违背政

策精神实质为准则。③领导与群众相结合。

二、法规及其实施

（一）法规的含义

1. 法规的概念　法规是由国家制定或认可、体现统治阶级意志、以国家强制力保证实施的行为规则的总称，包括法律、法令、条例、规则、章程等规范性文件。一般将广义上的法律称为“法规”，而将狭义上的法律仍称为“法律”。

法规大致分为三类：一类是授权性的，即允许或授权人们可以这样行为的法律规范；第二类是命令性的，即要求人们应该这样行为的法律规范；第三类是禁止性的，即禁止人们如此行为的法律规范。

2. 法规的形式　①宪法；②法律；③行政法规；④地方性法规；⑤自治条例和单行条例；⑥规章。

（二）法规的实施

法规的实施是指国家的法规在社会生活中的具体运用和实现。法规的实施需要通过多种方式和途径，但基本上要求做到以下两个方面：一方面是要求一切国家机关及其公职人员严格执行法律，保证法律的实施；另一方面是要求一切国家机关、社会团体和公民都必须严格遵守法律，否则，即构成违法行为，承担法律责任，遭受法律制裁。

三、政策与法规的关系

政策和法规是两个既相联系又有区别的范畴。两者在本质上是一致的，都是统治阶级意志的集中体现，但政策和法规各有自己的特征，其地位和作用是有差别的。

（一）政策与法规的区别

政策有党的政策、国家政策之分，有总政策、基本政策和具体政策之别。党的政策是执政党在政治活动中为实现一定的目的而做出的政治决策。这里所说的政策与法规的区别主要指的是党的政策与法规的区别：①意志属性不同。法规是国家意志的体现，而党的政策是党的意志的体现。虽然党的意志反映和代表了人民的意志，但党的政策在没有通过法定程序上升为国家意志之前，不具有法律的属性。②规范形式不同。法规具有规范的明确性，政策则比较原则，常常只规定行为的方向而不规定具体的行为规则。③实施方式不同。法规和政策都要靠宣传教育，使广大干部群众掌握和自觉执行，但在执行中遇到障碍时，法规有民事、行政、刑事制裁手段；违犯政策则由党的纪律来处理。④稳定程度不同。法规有较高的稳定性，党的总政策和基本政策也有较高的稳定性和连续性。但具体政策，就必须随形势的发展变化而随时加以调整。在这一点上，同时体现了政策与法律各自的优点和局限性。

（二）政策与法规的关系

现代国家，没有法律不行，没有政策也不行。在我国，党的领导是立国之本的四项基本原则之一，同时我国正在稳步推行“依法治国，建设社会主义法治国家”的基本治国方略，因此，处理好党的政策与法律的关系就显得特别重要 。

1. 法规的制定和实施要以党的政策为指导。党的领导作用实现的基本方式之一是制定和实施政策，以指导国家的活动；而国家活动的基本方式是制定和执行各项法律，以实现国家职能。所以，制定和实施法律就必须以党的政策为指导，这也是在国家活动中坚持党的领导的体现。

2. 政策和法律的实施相互促进。政策上升为法律之后，就能以国家强制力为后盾而得到有力地推行；法律以政策为指导，就能从政策对实践经验教训的科学总结、对社会发展规律的正确反映、对广大人民利益的集中体现中获得力量，从而使法律得到人民衷心的拥护。

3. 政策和法律互相制约。我国《宪法》明确规定：“一切国家机关和武装力量，各政党和各社会团体、各企事业组织都必须遵守宪法和法律。”《中国共产党章程》也规定：“党必须在宪法和法律的范围内活

动。”所以，党在制定政策时，要充分考虑到宪法和法律的有关规定；党领导国家事务的活动，要在宪法和法律的范围之内。党领导人民制定了宪法和法律，党也要带头遵守宪法和法律，否则，就难以树立法律的权威，也难以切实推行依法治国的基本方略。

第二节　农业政策的概念、特征及作用

一、农业政策的概念

农业政策是国民经济政策中的一个主要分支，是指党和政府为了实现一定历史时期内的社会、经济及农业发展目标，对农业发展过程中的重要方面及环节所采取的一系列有计划的措施和行动准则的总称。农业政策从属于一般经济政策，可以说是部门经济政策。

农业政策一贯是党和国家指导和推动农业发展和改革的基本手段，通过农业政策来指导农村工作，这是党的基本领导方法。20年来的实践证明，党的十一届三中全会以来，农村改革和发展的方向与基本政策是正确的。目前，党在领导农村改革的实践中，已逐步形成了一系列基本政策，主要是：坚持以公有制为主体，多种所有制经济共同发展的政策；坚持以家庭承包经营为基础，统分结合的双层经营体制的政策；坚持以按劳所得为主和按生产要素分配相结合的分配政策；以共同富裕为目标，允许和鼓励一部分地区和一部分人通过诚实劳动、合法经营先富起来的政策；延长土地承包期30年不变的政策；扶持老少边穷地区脱贫致富的政策；减轻农民负担的政策；等等。这些经过实践证明是非常成功的政策，已基本通过有关的农业法规使之具体化、条文化、定型化。

二、农业法规的特征

与其他政策的相关性。农业是整个国民经济的重要组成部分，与之相适应，农业政策也是整个国民经济大系统中的一个小系统，它同其他政策系统关系十分密切。因此，制定和实施农业政策，必须同其他宏观政策系统并行不悖，协调配合。

相对的独立性和完整性。农业的特点决定着农业政策本身是一个多层次、多方面的政策体系，具有相对的独立性和完整性。因此，制定和实施农业政策，要根据系统思想和整体观念，做到农业政策系统的各个方面成龙配套，不得偏废。

受条件的制约性。正如农业的发展一样，农业政策要受到整个国家的经济发展阶段、政治经济形式变化，以及地域差异等方面的制约。因此，制定和实施农业政策，要注意不同时期、不同地域的差异，因时因地制宜。

三、农业政策在农业发展中的作用

我国农业发展的经验已经充分说明，发展农业“一靠政策，二靠科技，三靠投入”，政策是影响农业发展的最重要因素。具体来说，政策在农业发展中的作用表现在如下方面：

指导作用，即通过确定农业发展的宏观方向，为微观主体提供宏观指导。在农业发展过程中，微观主体的基本行为是，在各自的预算线以内从事生产经营活动，实现经济利益的最大化。农业的发展就是由无数个微观主体的这种行为推动的。但是，微观主体不可能对农业发展的宏观方向做出选择。当微观主体追求自身的经济利益时，很难了解和考虑农业宏观总体的状态和演进。非但如此，微观主体在追求自身利益最大化时还会出现一些对宏观总体发展不利，甚至有害的行为，如对自然资源的掠夺、对生态环境的破坏等。因此，政府必须通过农业政策，确定农业发展的宏观方向，以对微观主体的经济行为进行指导。通过政策的指导作用，把微观主体的行为统一于农业发展的宏观方向，从而减少甚至消除微观主体从事农业经济活动的随意性、盲目性，提高整个社会农业经济活动的效率。

协调作用，即协调农业发展过程中的各种利益关系和矛盾。农业发展过程中会遇到各种各样的矛

盾，如城乡之间、地区之间、部门之间的矛盾，农业内部各产业之间的矛盾，农业增产和农民增收之间的矛盾，生产增长与资源环境保护之间的矛盾等。这些矛盾的协调和解决，要依靠农业政策。正因为政策规定了各种关系的基本原则，提供了解决各种矛盾的基本规范，因而农业政策就成为解决农业发展中各种矛盾的重要手段。

激励作用，即通过政策调动和保护农民的积极性。政策通过对物质利益的调整，给农民以恰当的物质利益刺激；通过对产权关系的调整，保护农民的物质利益不受侵犯；通过对价格关系的调整，使农民能得到更多的物质利益等。这些都能给农民以激励作用，从而调动农民的积极性。

调控作用，即通过各种政策，实现政府对农业的宏观调控。农业政策使政府为干预经济发展中的农业而设计、制定的策略原则和行为准则，对农业经济活动起宏观调控作用。如产业政策、财政政策、税收政策、信贷政策、价格政策等，都对农业发展具有重要的宏观调控作用。如产业政策对产业发展方向的调控，税收政策和价格政策对资源配置的调控等。正是由于政策的调控功能，使得政策成为在市场经济条件下政府对农业发展进行宏观调控的重要手段。

约束作用，即政策对经营主体的行为所形成的某种限制。由于政策是一种规定性，具有一定的限制功能，这种限制功能就是政策的约束作用。如环保政策对生产者向环境排放有害物质的约束、土地政策对土地所有权或使用权的约束、基本农田保护政策对耕地非农化现象的约束等。从理论上讲，农业政策的约束功能是农业政策发挥其所有作用的基础，如果失去了约束功能，则政策就会失去效力。

第三节　农业法规的概念、特征及作用

一、农业法规的概念

农业法规是国家法律体系的重要组成部分，它是由国家制定或认可并以国家强制力保证实施的在农业经济活动领域的行为规则的总称。农业法规有广义和狭义之分，狭义的农业法规只指由国家立法机构制定的有关农业的法规；广义的农业法规既包括由国家立法机构制定的农业法规，又包括其他国家机关制定或认可的有关农业法规规范。

二、农业法规的特征

农业法规和其他法规一样，具有国家意志、强制性、普遍约束性、非逆性、明确规定性和相对稳定性等特征。

具有国家意志性。所谓国家意志，是指法律是国家意志的集中体现。农业法规体现国家对农业的各项经济活动的基本意志。

具有强制性。法律是国家的强制力保证实施的，具有超经济的国家强制性，这是法律的一个最根本特性。法律一旦制定和公布，就具有必须遵守和不可违抗的性质。任何人（包括法人），一旦违法，就要负法律责任，受到法律的惩罚，在法律面前人人平等，农业法规也不例外。

具有普遍约束性。所谓普遍约束性，是指一国的法律对于在本国国家权力管辖范围内活动的全体社会成员都具有普遍的约束力。任何个人和组织都必须遵守法律，依法办事。

具有非逆性。所谓非逆性，是指法律运行过程中的单向性。法律所具有的强制性，是指国家对社会成员的强制，而不是其反向。任何组织和个人，一旦违反了法律必然受到法律的惩处。

具有明确规范性。即农业法规以其特有的条文，明确地、肯定地、具体地规定了人们的权利和义务，具有明确的可操作性。

具有相对稳定性。一部农业法规，一旦制定出来，就在一个较长的时间内发生作用。农业法规内容和条款都保持相对的稳定性。农业法规的制定、修改和废除，都要经过复杂的法律程序，这也在一定程度上保证了农业法规具有相对稳定性。

三、农业法规在农业发展中的作用

在农业发展中，农业法规具有重要的地位和作用。

调整作用，农业法规是调整农业经济管理关系的主要手段。农业经济关系主要包括农业经济管理关系和与之密切相关的经济协作关系。农业经济管理关系是国家对农业领导、组织和调控过程中所发生的社会关系，主要包括三个层次：第一，国家对农业经济的管理关系，即国家对农业生产部门、流通部门及与之直接相关的其他部门实行统一组织、指挥和调控的关系；第二，国家机关对农业经济组织的管理关系，即国家机关对农业经济组织和农业劳动者的具体领导和监督关系；第三，农业经济组织内部的管理关系。农业经济协作关系，是指社会其他经济组织与农业经济组织之间所发生的经济流转和利益连锁关系。农业法规对农业经济关系的调整，保证了各种农业经济关系都能保持在一个良好状态，从而保证农业经济活动的正常运行。

保护作用，农业法规是保护农民利益的有效手段。由于经济发展过程中各种利益的冲突和摩擦，当工农之间、城乡之间在利益上形成矛盾时，农业和农民的利益往往受到侵害。实践证明，尽管农业和农民的利益可以通过多种方式加以保护，但农业法规是保护农业和农民利益的最有效手段。只有把农业和农民的利益纳入法制化轨道，才能真正受到保护。农业法规还是保护农业自然资源和环境的有效手段。

总之，随着我国体制改革的不断深入，农业法规在农业发展中的地位会越来越重要，作用会越来越突出。

第四节　农业政策的制度化、法律化

一、农业政策法律的体系构成

新中国成立以来，特别是十一届三中全会以后，我国制定了许多农业政策，农业法制建设也有了较快的发展，先后制定了不少的法律、法规和规章。这些政策法规的内容涉及农业经营管理、农业生产、农产品流通、收入分配、财政金融、农业科技教育、资源与环境保护以及农村村民自治等各个方面和种植业、林业、水利、畜牧业、渔业、农垦、农机、乡镇企业等部门和行业。进入新世纪以来，我国又连续出台了农民增收政策、农业可持续发展政策、社会主义新农村建设政策等一系列惠农政策，制定实施及修改了农村土地承包法、农业法、村民委员会组织法等几部重要的涉农法律。这些政策法规的制定和实施，一方面极大地促进了农业和农村经济发展；另一方面也补充和完善了我国农业政策法律体系构成。

二、农业政策的制度化、法律化

农村政策的制度化、法律化也就是把实践证明是正确的、成熟的、最终需要靠国家强制力保证实施的党在农村的基本政策，通过法定程序使之成为法律，成为国家意志。农村政策的制度化、法律化是依法治国基本方略的一个重要方面，是发展农村社会主义市场经济的客观要求，是巩固农村改革成果和保护农民合法权益的迫切需要。

（一）农村政策的制度化、法律化是依法治国基本方略的一个重要方面

党的十五大提出，“依法治国，是党领导人民治理国家的基本方略”。第九届全国人民代表大会第二次会议通过的《中华人民共和国宪法修正案》规定，“中华人民共和国实行依法治国，建设社会主义法治国家”。依法治国，就是广大人民群众在党的领导下，依照宪法和法律规定，通过各种途径和形式管理国家事务，管理经济文化事业，管理社会事务，保证国家各项工作都依法进行，逐步实现社会主义民主的制度化、法律化，使这种制度不因领导人的改变而改变，不因领导人的看法和注意力的改变而改变。实行依法治国，可以保证人民群众管理国家各项事务权力的实现，可以发挥党总揽全局、协调各方的作用，可以

将治国的各个方面和各个环节纳入宪法和法律的轨道，可以保证国家和各项工作都依法进行。

依法治国的首要条件是有法可依。实现依法治国，首先要有反映社会发展规律和时代潮流，代表人民利益和意志的，能够规范调整各类社会关系的法律体系。将经过20多年改革开放实践检验，证明是正确的党在农村的基本政策制度化、法律化，用法律规范调整农村各类社会关系，本身就是依法治国基本方略的一个重要方面。

（二）农村政策的制度化、法律化是发展农村社会主义市场经济的客观要求

社会主义市场经济建立和完善的过程，实质上是经济法治化的过程。我国实行国家宏观调控下的市场经济，法律是重要的调控手段。只有健全而且得到有效实施的市场主体法律、市场行为法律、市场秩序法律、宏观调控法律等，社会主义市场经济才能健康有序运行。

随着农村改革的深入和农村经济的发展，农业的市场化、现代化程度不断提高，农业内部各方面的关系，农业与国民经济其他部门和社会各方面的联系越来越密切，越来越复杂，单纯靠政策已难以界定各方面的权益，协调各方面的关系。如果说在传统农业和计划经济条件下，国家对农业的管理尚可主要依靠政策措施的话，那么在现代农业和市场经济的条件下，就需要既依靠政策更依靠法律才能有效地管理错综复杂的农业和农村经济活动。

（三）农村政策的制度化、法律化是巩固农村改革成果和保护农民合法权益的迫切需要

我国农村改革是靠政策启动和指导的。许多重要的正确的农村经济政策，对推动农业和农村经济的发展确实发挥了重要作用，而且具有操作简便、效果直接的特点，今后发展农业和农村经济仍离不开正确的政策指导。但是，在实践中由于对政策的执行过程缺乏有效的监督和约束规范，在实际执行过程中往往容易被扭曲，特别是政策本身不具有国家强制力，缺少明确、具体的权利义务规范和强制性的责任制度，当事人的权益无法得到切实保护。因此，党的十五届三中全会通过的《中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定》中明确指出，稳定完善双层经营体制，关键是稳定完善土地承包关系，这是党的农村政策的基石，决不能动摇。“要坚定不移地贯彻土地承包期再延长三十年的政策，同时要抓紧制定确保农村土地承包关系长期稳定的法律法规，赋予农民长期而有保障的土地使用权”。所以，不论从巩固农村改革成果的角度，还是从保护农民合法权益的角度说，农村政策的制度化、法律化都是大势所趋。

第十一章　农业政策分论

重视农业、农村、农民问题是我们党的一贯战略思想。“三农”问题始终是关系党和人民事业发展的全局性和根本性问题，农业丰则基础强，农民富则国家盛，农村稳则社会安。在新世纪新阶段，我们必须始终不渝地高度重视并认真研究和解决好“三农”问题。新中国成立以来特别是改革开放以来，我国农业和农村发生了历史性的深刻变化，农村经济社会发展取得了举世公认的伟大成就。但是，目前制约农业和农村发展的深层次矛盾尚未消除，促进农民持续稳定增收的长效机制尚未形成，农村经济社会发展滞后的局面也还没有根本改变，统筹城乡发展的体制机制没有完全建立起来。全面建设小康社会，最艰巨、最繁重的任务在农村；加快推进现代化，必须妥善处理工农城乡关系。进入新世纪以来，党中央、国务院又相继出台了一系列惠农政策，为解决“三农”问题，推动农村尽快走上生产发展、生态良好、生活富裕的文明发展道路指明了方向。

第一节　促进农民收入增长政策

当前农业和农村发展中还存在着许多矛盾和问题，突出的是农民增收困难。全国农民人均纯收入连

续多年增长缓慢，粮食主产区农民收入增长幅度低于全国平均水平，许多纯农户的收入持续徘徊甚至下降，城乡居民收入差距仍在不断扩大。面对农民增收的严峻形势，我们应该清醒地认识到，提高农民收入既是农业和农村经济发展的根本出发点和归宿点，也直接关系到我国扩大内需促进经济发展方针的贯彻落实，直接关系到我国工业化、城市化进程的快慢，直接关系到国民经济能否持续、快速、健康发展，直接关系到农村社会稳定和国家的长治久安。

一、农民增收要有新思路

纵观改革开放20多年来，农民收入增长历程可以划分为四个阶段：第一阶段，1978～1984年农民收入迅猛增长；第二阶段，1985～1991年农民收入在波动中缓慢增长；第三阶段，1992～1996年农民收入反弹回升；第四阶段，1997年至今农民收入又步入缓慢增长阶段，其中，1997年至2002年，农民人均纯收入年平均增长3.97%，比改革开放24年来的平均数低3.36个百分点。由此可见，改革开放以来，我国农民收入一直呈徘徊缓慢增长的态势。农民收入长期上不去，不仅影响农民生活水平提高，而且影响粮食生产和农产品供给；不仅制约农村经济发展，而且制约整个国民经济增长；不仅关系农村社会进步，而且关系全面建设小康社会目标的实现；不仅是重大的经济问题，而且是重大的政治问题。其中三个明显的后果已成为我国当前实施建设社会主义新农村战略的主要制约因素。一是我国农村贫困问题难以有效解决。据对全国31个省（区、市）6.8万个农村住户的抽样调查，2004年农村贫困人口人均纯收入为579元，不到全国平均水平的1/5。这些贫困人口呈现如下特征：纯收入的2/3来源于家庭经营第一产业；收入的货币化程度低；收入在农村居民收入中所占的份额下降；近三成以上贫困人口的收入在500元以下；一半以上的贫困农户生活处于入不敷出、现金短缺状态。二是城乡收入差距不断拉大。改革开放以来，伴随着经济增长，城乡居民收入在迅速提高的同时，差距也在不断变化。1978～1985年，城乡居民收入差距逐渐缩小，但是在1985年以后，城乡居民收入差距又逐渐拉开，并且有持续扩大的趋势。2002年城乡居民收入之比为3.1∶1，这一比例是上世纪80年代以来最高的，如果考虑城市居民的隐性收入，差距可能会更大，有学者估计可达6∶1。近两年来这一差距还在呈继续增加之势。三是地区差距拉大。中西部地区农民收入增长幅度明显低于沿海发达地区，粮食主产区农民收入增长幅度也低于全国平均水平。

制约我国农民增收的因素很多，也极其复杂，既来自农业、农村内部，也来自农村外部，既有经济因素，也包括社会因素。具体包括农业基础薄弱、农村产业结构不合理、农民负担过重、乡镇企业发展面临困境阻碍了农村劳动力的转移，以及城乡分割的户籍制度、教育体制、就业制度、社会保障制度等。总之，现阶段农民增收困难，是农业和农村内外部环境发生深刻变化的现实反映，也是城乡二元结构长期积累的各种深层次矛盾的集中反映。在农产品市场约束日益增强、农民收入来源日趋多元化的背景下，促进农民增收必须有新思路，采取综合性措施，在发展战略、经济体制、政策措施和工作机制上有一个大的转变。

2004年党中央、国务院以中央一号文件的形式专门制定了关于促进农民增收的重大政策，这是新中国成立50多年以来的第一次。把农村经济工作的基本目标确定为促进农民增收，反映了农村工作基本思路上的一种转变：一是体现了坚持“以人为本”，尊重农民的经济利益，尊重农民的经营自主权；二是体现了科学的发展观；三是体现了正确的政绩观。只有坚持以人为本，树立科学的发展观和正确的政绩观，才能够在改革和发展的过程中，实现农民收入持续增长的目标。当前和今后一个时期做好农民增收工作的总体要求是：认真贯彻十六大和十六届三中全会精神，牢固树立科学发展观，按照统筹城乡经济社会发展的要求，坚持“多予、少取、放活”的方针，调整农业结构，扩大农民就业，加快科技进步，深化农村改革，增加农业投入，强化对农业支持保护，力争实现农民收入较快增长，尽快扭转城乡居民收入差距不断扩大的趋势。

二、促进农民收入增长政策的内容

（一）促进种粮农民收入增长政策

突出强调支持粮食主产区和种粮农民的增收问题，这是中央就我国粮食主产区农业、农村经济发展和农民增收的实际情况，保护和提高粮食生产能力，增加种粮农民收入做出的一项重大决策。近年来，由于农产品市场供求关系发生变化，多数农产品供大于求，特别是前几年农产品价格走低，市场需求不旺，粮食主产区农民增收面临更大困难，粮食主产区农民收入增长幅度明显缓慢，大多数主产区农民收入增长水平低于全国平均水平。1998 年至 2002 年，中部 8 个粮食主产省农民人均纯收入增长幅度连续 5 年低于全国平均水平。增强对粮食主产区和种粮农民的支持，促进粮食主产区农民增收，已成为当前农业和农村工作的重要方面。粮食主产区是我国农业和农村经济发展的重点地区，肩负着加快农业和农村经济发展、保证粮食等农产品供给的重大任务。促进粮食主产区农民增收，对于巩固和加强农业的基础地位，加快新阶段农业和农村经济发展，保护和提高粮食生产能力，至关重要。只有不断增加粮食主产区农民收入，才能保护和调动农民的种粮积极性，才能保护和提高粮食的生产能力。抓住了种粮农民的增收问题，就是抓住了农民增收的重点；调动了农民的种粮积极性，就是抓住了粮食生产的根本；保护和提高了主产区粮食生产能力，就稳住了全国粮食的大局。

1. 加强主产区粮食生产能力建设　1995 年国家在制定“九五”计划时，人们对粮食供给能力的增长还有忧虑，以至“九五”计划没有提出议论已久的到 2000 年粮食产量要达到 5 亿 t 的目标，只提出了要达到 4.9 亿 t。美国人布朗发出的 21 世纪“谁来养活中国人”的疑问，甚至让全世界都开始关注起中国的粮食问题。出人意料的是，我国的粮食产量于 1996 年突破 5 亿 t 大关，提前实现“九五”计划确定的粮食产量目标。1996～1999 年间，粮食生产连年丰收，4 年间年平均产量超过 5 亿 t，表明我国粮食综合生产能力已经达到了一个新的台阶。粮食供求实现由短缺向总量平衡、丰年有余的历史性转变，目前国家粮食储备量达到历史最高水平。然而，近两年，粮食产量受到严重旱灾和结构调整因素的影响而减产，这充分彰显了我国粮食生产的不稳定性。尽管从总体上看，目前我国粮食库存充裕、市场稳定，但从中长期看，我国人口多、耕地少，土地后备资源不足，人增地减和居民消费水平不断提高的趋势不会改变。因此，粮食问题始终是必须高度重视的大事，必须稳定和提高粮食综合生产能力。为此，国家大力实施农业综合开发，改造中低产田，有计划、有步骤地建设重要农产品生产基地，目前已建成商品粮基地县 1 000 个左右，并在全国形成了稳定的农产品商品供应体系。种子工程、动植物保护体系、农业防灾减灾体系建设也取得明显进展。这些政策措施都极大地增强了农业抗御自然灾害的能力，改善了农业生产条件和生态环境，促进了粮食生产能力的稳步提高。

当前和今后一个时期，保护和提高粮食综合生产能力要实现“三个转变”，即由传统的单一粮食观向多元化食物观转变，由“藏粮于库”向“藏粮于地”与“藏粮于库”有机结合转变，由一般化抓粮食生产向重点抓粮食主产区和优势产区转变，要突出粮食主产区和优势产区生产能力的培育，全面满足人们对食物的需求。2004 年中央一号文件将加强主产区粮食生产能力作为重要的政策内容予以提出。文件指出，①作为提高粮食生产能力的重点工作，国家将启动优质专用粮食产业工程，重点支持粮食主产区提高粮食生产能力，争取用 5 年左右的时间，在中部粮食优势产区集中力量建成一批国家优质专用粮食基地。②要着力支持主产区特别是中部粮食产区重点建设旱涝保收、稳产高产基本农田；中央和省级财政要较大幅度增加农业综合开发投入，新增资金主要安排在粮食主产区集中用于中低产田改造，建设高标准基本农田，扩大沃土工程实施规模，加大土壤肥力调查和监测工作力度，尽快建立全国耕地质量动态监测和预警系统，确保粮食种植面积的稳定和恢复，不断提高耕地质量。③改革传统耕作方法，推广测土配方施肥，推行有机肥综合利用与无害化处理，引导农民多施农家肥，增加土壤有机质。④加强大宗粮食作物良种繁育、病虫害防治工程建设，强化技术集成能力，优先支持主产区推广一批有重大影响的优良品种和先进适用技术；围绕农田基本建设，加快中小型水利设施建设，扩大农田有效灌溉面积，提高排涝和抗旱能

力。⑤提高农业机械化水平，继续对种粮户实施种粮直接补贴，对农民个人、农场职工、农机专业户和直接从事农业生产的农机服务组织购置和更新大型农机补贴。

2. 支持主产区进行粮食转化和加工　围绕农民增收问题，中央指出了促进粮食主产区种粮农民增收的紧迫性、重要性。为支持粮食主产区，中央强调了搞好粮食生产和促进粮食加工转化增值，粮食深加工作为农业产业化和促进农民增收的途径被明确下来。从2002年农民收入来看，当年农民人均纯收入2 476元，其中生产性纯收入2 327元，分别由第一产业收入1 168元、第二产业收入587元、第三产业收入572元构成。三个产业对农民纯收入增量的贡献分别是2%、50%和35%。由此可以看出，农民收入的第一来源种植业，虽是农民收入的主体，但对增收的作用不大，而第二产业给农民带来的收入增加值和空间十分显著。因此，在当前土地逐年减少，劳动生产率不断提高，农民在单位土地上创造的价值已不能满足日益增长的物质需要，将大批的农业生产者安置在农耕的土地上已不现实。管理部门在促进农民增收的问题上要跳出抓种植生产促增收的传统观念。在大力推进农业产业化经营中，要紧紧抓住农产品加工业和粮食加工业的发展，以扶持大型加工龙头企业为重点，把农民增收问题放到国民经济的产业发展中进行总体考虑。在国民经济结构的战略性调整中，提倡发展与农民利益相关的产业，并以此带动农村经济的相关产业。积极进行粮食转化和加工可以带动农村和农业产业结构调整；可以促进农业经营方式的改变；可以增加粮食附加值，促进农民增收；可以促进农村城镇化进程、解决就业和带动关联产业的发展。因此，政府应大力支持主产区进行粮食转化和加工，促进粮食主产区农民收入增长。

主产区应立足粮食优势促进农民增加收入、发展区域经济，并按照市场需求，把粮食产业做大做强。充分利用主产区丰富的饲料资源，积极发展农区畜牧业，通过小额贷款、贴息补助、提供保险服务等形式，支持农民和企业购买优良畜禽、繁育良种，通过发展养殖业带动粮食增值。按照国家产业政策要求，引导农产品加工业合理布局，扶持主产区发展以粮食为主要原料的农产品加工业，重点是发展精深加工。国家通过技改贷款贴息、投资参股、税收政策等措施，支持主产区建立和改造一批大型农产品加工、种子营销和农业科技型企业。

3. 增加对粮食主产区的投入　我国粮食生产带有明显的区域性特点，全国13个粮食主产省提供了80%的商品粮。为了稳定生产，保证粮食安全，近年来国家加大了对粮食主产区的支持力度。

第一，在农业基础设施建设方面，国家在预算内的资金和国债投资对主产区的农田水利建设，包括农业科技、技术推广、农业组织方面的建设，都加大了投入力度。

第二，国家在风险基金当中拿出部分资金，对主产区的种粮农民进行了以种粮直接补贴、良种补贴、农机资金补贴等为主要内容的"三减免、三补贴"政策，地方财政也相应增加了资金支持，效果明显，深受农民欢迎。要继续稳定、完善、强化对农业和农民的直接补贴政策，今后要继续增加补贴力度。

第三，国家对主要粮食品种实行了最低收购价政策，主要是稻谷品种，从而有效地保护了种粮农民的积极性，同时也调动了地方政府抓粮的积极性，使粮食生产出现了明显的转机。

第四，我国正在逐步建立产区和销区的利益协调机制，通过政府策动、市场拉动、企业运作的形式建立主产区和主销区的协调关系，比如主产省黑龙江省在主销区的浙江省建立了稻谷加工企业，建立了稻谷储藏企业，把产区的粮食运到了销区，同时主销区的浙江省也到主产省黑龙江省建立粮食生产基地。

2004年中央又以一号文件形式强调，要继续增加对粮食主产区投入。该文件具体规定，现有农业固定资产投资、农业综合开发资金、土地复垦基金等要相对集中使用，要向主产区倾斜；继续增加农业综合开发资金，新增部分主要用于主产区；为切实支持粮食主产区振兴经济、促进农民增收，要开辟新的资金来源渠道；从2004年起，确定一定比例的国有土地出让金，用于支持农业土地开发，建设高标准基本农田，提高粮食综合生产能力；主销区和产销平衡区也要加强粮食生产能力建设，进一步密切产销区的关系，粮食销区的经营主体到产区建立粮食生产基地、仓储设施和加工企业，应享受国家对主产区的有关扶持政策，产区粮食企业到销区建立仓储、加工等设施，开拓粮食市场，销区政府应予以支持并实行必要的优惠政策。

（二）挖掘农业内部增收潜力政策

1. 全面提高农产品质量安全水平

（1）农产品质量安全及其影响因素：我们通常所谈的农产品，按照国际通行和国内普遍认可的观点，是指植物、动物、微生物产品及其直接加工的可食用的产品。就质量安全而言，有三种说法：一是指质量和安全的组合。质量是指农产品的外观和内在品质，如营养成分、色香味和口感、加工性能等；安全是指农产品的危害因素，如农药残留、兽药残留、重金属污染等对人、动植物和环境存在的危害和潜在危害。二是质量安全作为一个词组，是农产品安全、优质、营养要素的综合。第三个是狭义概念，指质量中的安全。从污染的途径和因素考虑，农产品的安全问题，大体上可以分为物理性污染、化学性污染、生物性污染和本底性污染四种类型。物理性污染是指由物理性因素对农产品质量安全产生的危害，是由于在农产品收获或加工过程中操作不规范，不慎在农产品中混入有毒有害杂质，导致农产品受到污染。化学性污染是指在生产、加工过程中不合理使用化学合成物质而对农产品质量安全产生的危害。如使用禁用农药，过量、过频使用农药、兽药、渔药、添加剂等造成的有毒有害物质残留污染。生物性污染是指自然界中各类生物性因子对农产品质量安全产生的危害，如致病性细菌、病毒以及毒素污染等。本底性污染是指农产品产地环境中的污染物对农产品质量安全产生的危害，主要包括产地环境中水、土、气的污染，如灌溉水、土壤、大气中的重金属超标等。目前，我国农产品质量安全工作的重点是要解决化学性污染和相应的安全隐患。农业部实施的“无公害食品行动计划”，就是从农药残留、兽药残留、违禁药物等关键危害因子入手，主要解决农产品的安全问题，让消费者放心食用农产品。

通常我们所称的无公害农产品、绿色食品和有机食品都是安全食品，同属安全农产品的范畴。无公害农产品是产地环境、生产过程和产品质量符合国家有关标准和规范的要求，经认证合格获得认证证书并允许使用无公害农产品标志的未加工或者初加工的食用农产品，无公害农产品保障人们对食品质量安全最基本的需求，是最起码的市场准入条件。绿色食品是遵循可持续发展的原则，按照特定生产方式，经专门机构认证，许可使用绿色食品标志商标的无污染的安全、优质、营养类食品。绿色食品分为两个技术等级，即A级和AA级绿色食品标准。AA级等同于有机食品。绿色食品强调产品出自最佳生态环境，对产品实行全程质量控制，对产品依法实行标志管理。有机食品则是一个更高层次的消费需求，它是根据有机农业和有机食品生产、加工标准生产出来的，经过有机食品颁证组织颁发其证书的食品。有机农业是一种完全不使用人工合成化学农药、肥料、生长调节剂、兽药、渔药和畜禽饲料添加剂等物质的农业生产体系。有机食品不允许使用基因工程技术。实施无公害食品、绿色食品和有机食品“三位一体，整体推进”的发展战略，构筑我国农产品质量安全保障体系，一方面有利于推动我国农产品质量安全工作的开展，另一方面可满足国内外不同消费类型的市场需求。

（2）加强农产品质量安全管理：农业部提出要从源头上确保农产品质量安全，“从田头到餐桌”进行全程管理，继2001年在北京、天津、上海和深圳四城市开展“无公害食品行动计划”试点后，2002年全面启动这一行动计划，力争用5年左右时间，基本实现食用农产品无公害生产和消费；同时，质量安全水准符合国际标准的“绿色食品”越来越受消费者青睐。人们有理由相信，随着政府高度重视，主管部门措施得力，生产者素质增强，消费者日渐成熟，我国农产品质量安全水平会不断提高。但同时我们也应该清醒地认识到，问题依然比较突出。具体表现在：农产品生产各环节的生产标准不配套、检验检测的方法和手段落后、认证工作起步晚、科研基础薄弱和管理错位缺位，等等。总体来看，我国农产品质量安全状况与发达国家相比，还有不小的差距，仍然无法适应日趋激烈的国际市场竞争。现实告诉我们，加强农产品质量安全体系建设刻不容缓。

加强农产品质量安全体系建设主要从以下几个方面抓起：①进一步加强农业标准化工作，深入开展农业标准化示范区建设。②要进一步完善农产品的检验检测、安全监测及质量认证体系，推行农产品原产地标记制度，开展农业投入品强制性产品认证试点，扩大无公害食品、绿色食品、有机食品等优质农产品的生产和供应。③加强动物防疫体系建设，实施重点区域动物疫病应急防治工程，鼓励乡村建立畜禽

养殖小区，要启动兽医管理体制改革试点。④加快实行法定检验和商业检验分开的制度，对法定检验要减少项目并给予财政补贴，对商业检验要控制收费标准并加强监管。

2. 加快发展农业产业化经营　通俗地说，农业产业化经营就是把分散经营的一家一户组织起来，围绕由市场需求和当地资源优势决定的主导产品，建立市场牵龙头、龙头带基地、基地连农户，实行区域化布局、专业化生产、一体化经营、社会化服务、企业化管理的"龙形"生产经营体系。在实践中，它表现为众多农户靠合同或股份与具有龙头带动作用的农产品加工销售企业（经营实体）联结为一体，利用当地的资源优势和龙头企业提供的预付定金、生产资料与技术服务，按照龙头企业提出的产品数量与品质要求进行专业化、标准化生产，在一定的区域内形成成片（带）的达到经济规模的生产基地，生产出的产品由龙头企业收购（集）加工后销售。

我们知道，要确保农民收入的增长，最基本的要求是两个，一是要在确保农产品总量的前提下提高农产品质量，使农民的产品卖得起价，实现农产品的商品价值；二是要解决农产品长期卖原料和卖初级加工品的状况。而现实的情况是，农业生产的经营规模狭小，千家万户分散的小生产经营，面对千变万化的市场感到力不从心，生产与需求有一定的滞后性，经营风险很大，加之农产品加工薄弱，农产品升级增值率低，这就从很大程度上抑制了农民收入的有效增长。推进农业产业化，可以提高农业比较效益，增加农民收入。在比较利益规律作用下，技术、人才等生产要素必然向比较利益高的非农产业流动，使农业处于投入严重不足、发展后劲乏力的困境，这是市场经济条件下农业发展的难点所在。农业产业化提高了专业化水平和技术水平，并将三次产业融为一体，通过规模经营和多层次加工使农产品实现重复增值。特别是通过"公司＋农户"、"专业协会＋农户"、"股份合作"等组织形式，使企业与农民之间形成了"利益共享，风险均担"的经济效益共同体，在一体化经营体系内部进行利益互补，农民除了可以得到种植业、养殖业的收入外，还可以分享加工业和服务业的部分利润，从而增加农民收入，提高农业的比较效益。如山东省潍坊市1996年共有农副产品加工销售龙头企业4 700多家，全市85%以上的农户在其带动下进入国内外市场。其中诸城市尽美食品有限公司是拥有从活鸡宰杀到脱毛、肢解、包装等工序的完整生产流水线的肉鸡加工销售龙头企业，年出口肉鸡能力7万吨；一只鸡可深加工成160多个品种。该公司通过发放生产扶持金，实行收购保护价以及鸡雏发放、饲料供应、疫病防治、收购调运"四到门"服务，与农民组成互惠互利的利益共同体，带动4 000多家农户走向市场。

为逐步提高农业比较利益，促进农民增收，各级政府要继续加大积极支持农业产业化经营，扶持龙头企业力度。各级财政要安排支持农业产业化发展的专项资金，较大幅度地增加对龙头企业的投入，对符合条件的龙头企业的技改贷款，可给予财政贴息，对龙头企业为农户提供培训、营销服务，以及研发引进新品种新技术、开展基地建设和污染治理等，可给予财政补助。创造条件，完善农产品加工的增值税政策。对新办的中小型农副产品加工企业，要加强创业扶持和服务。只要能带动农户，与农民建立起合理的利益联结机制，给农民带来实惠的龙头企业，都要不分所有制和不分经营形式，在财政、税收、金融等方面一视同仁地给予支持。

3. 加强农业科研和技术推广　要围绕增强我国农业科技的创新能力、储备能力和转化能力的目标，深化农业科技体制改革，较大幅度地增加预算内农业科研投入。①政府要继续增加资金，支持引进国外先进农业科技成果，增加农业科技成果转化，支持已有科研成果的中试和大面积示范推广，引导和推动企业成为农业技术创新主体，允许各类农业企业和民营农业科技组织申请使用国家有关农业科技的研发、引进和推广。②深化农业科技推广体制改革，加快形成国家推广机构和其他所有制推广组织共同发展、优势互补的农业技术推广体系。③积极发挥农业科技示范场、科技园区、龙头企业和农民专业合作组织在农业科技推广中的作用。建立与农业产业带相适应的跨区域、专业性的新型农业科技推广服务组织。支持农业大中专院校参与农业技术的研究、推广。

（三）积极发展农村二三产业，拓宽农民增收渠道政策

农民增收是通过多种渠道实现的。从实践来看，农民增收的渠道，包括发展优质粮食产业、调整农业

结构、发展农村二、三产业和农民进城就业等。发展农村二、三产业是实现农民增收的一条重要渠道。目前我国农业劳动力严重过剩，占全国劳动力总数约50%的农业劳动力，仅仅依靠占国内生产总值14%左右的农业增加值，是不可能实现农民收入较快增长的。从1998年到2002年，全国农村人均纯收入增加385.5元，绝大部分来自二、三产业，其中相当部分来自农村二、三产业。从目前发展态势看，今后一段时期内，农民增收仍将主要来自二、三产业，发展农村二、三产业仍将是拓宽农民增收渠道的一项重要举措。农民外出打工是实现增收的一条重要渠道，并不表明发展农村二、三产业就不重要了。实际上，农村二、三产业发展仍然具有相当大的潜力和非常广阔的前途。我们努力的目标是尽可能拓宽农民增收渠道，只要符合农民较快增长的要求，不论对农民进城就业增收，还是在农村二、三产业就业增收，都应当给予积极支持和正确引导，保护其合法权益。对于农村二、三产业发展面临的新情况、新问题，要认真调查研究，采取综合有效的配套措施切实解决，力争使不同类型地区农村二、三产业，都能在发挥各自优势的基础上实现持续、快速、健康、协调的发展。根据中央一号文件的精神，加快农村二、三产业的发展，拓宽农民增收的渠道，主要应当抓好三个方面：一是推进乡镇企业改革和调整；二是大力发展农村个体私营等非公有制经济；三是繁荣小城镇经济。

1. 推进乡镇企业改革和调整　发展乡镇企业是充分利用农村各种资源和生产要素，全面发展农村经济、拓展农村内部就业空间的重要途径。20世纪80年代中叶以后，农民收入增长快主要靠劳动力转移，如"离土不离乡"的乡镇企业的发展，以及后来的农民工的出现。但1997年以后，这种现象发生了逆转，生产力普遍过剩。城市企业开工不足，面临城市产品的普遍过剩，乡镇企业有很大的竞争压力，很多都破产。曾经一度辉煌、占据"半壁河山"的乡镇集体企业，由于技术、资金、管理等因素的制约，在汹涌澎湃的市场经济大潮冲击下，出现严重分化，少部分成为股份制企业与乡镇集体经济脱钩的民营企业，绝大多数乡镇企业要么举步维艰，要么分崩离析。这其中，有企业自身的原因，也有外部环境的因素。目前，发展乡镇企业与当年江浙乡镇企业的发展有着不同的历史条件。江浙乡镇企业崛起是在商品供不应求的年代，在目前商品供大于求的买方市场大环境中，靠生产低质低价产品求发展的模式已不适用。新的历史条件下，发展乡镇企业必须有新的思路。

在市场经济条件下，乡镇企业自身如何发展？要适应市场需求变化、产业结构升级和增长方式转变的要求，结合当地的比较优势，因地制宜，扬长避短，要解决好体制和机制改革创新、调整发展战略和发展模式、加快技术进步这三个问题。

（1）加快体制和机制创新。乡镇企业要深化改革，建立与市场经济相适应的机制，重点要放在集体企业的改造上，进一步理顺和明晰产权关系，引导农村集体企业改制成股份制和股份合作制等混合所有制企业，鼓励有条件的乡镇企业建立现代企业制度，使集体所有从抽象的共有到实实在在的拥有。

（2）乡镇企业要进一步调整发展战略和发展模式。从长期偏重于第二产业逐步转到二、三产业并重，重点发展农产品加工业、服务业和劳动密集型企业，推进产业结构升级，最终转到以第三产业为主的轨道上来。以第三产业为主，是我国国民经济发展的大趋势，也是世界发达国家经济发展的普遍规律。

（3）加快乡镇企业尤其是规模以上乡镇企业技术改造步伐，促进产品更新换代和产业优化升级，以适应自身特点和市场竞争要求。

此外，还要为乡镇企业发展创造良好的外部环境。主要包括，①确立对乡镇企业生存和发展的科学评价标准。只要符合安全生产标准和环境保护要求、有利于资源合理利用的乡镇企业，就应当允许和保护它们的存在和发展。②各级政府应加大对乡镇企业的支持力度，在税收、信贷、政府采购、农村基础设施建设工程等方面，要对符合资质条件的乡镇企业适当予以倾斜。③完善法律法规体系，为促进乡镇企业持续快速健康协调发展提供制度保障。

2. 大力发展农村个体私营等非公有制经济　发展农村个体私营经济，是增加农民收入的一个重要内容。对此，2004年中央一号文件做了明确规定。一是进一步扩大和开放了个体私营等非公有制的经营领域，只要法律不禁止的行业和领域都可进入。二是加大了税收、投融资、资源使用、人才政策等方面的支持。三是对合法经营的农村流动性小商小贩，除国家另有规定外，免于工商登记和收取有关税费。

这是其中最具突破性的一条，有利于农民在农村二、三产业领域自谋职业、增加收入。

3. 繁荣小城镇经济　小城镇发展也要拓宽思路，不能为发展小城镇而发展小城镇，要与推进当地经济社会发展紧密结合起来，进行统筹规划和安排。小城镇要做好县域经济壮大、乡镇企业发展、农业产业化经营、移民搬迁的载体和依托，成为农村二、三产业发展的聚集点，成为农村人口转移的聚集点，成为农村市场扩展的聚集点，并且形成相互促进的良性互动机制。这样，小城镇发展才有活力，才有前途。同时，在国家固定资产投资和金融机构贷款等方面大力支持小城镇建设，使之更快发展。有条件的地方，还应抓住小城镇发展这个宝贵机遇，推进村庄建设和环境整治，改造农村落后面貌。

小城镇建设要同壮大县域经济、发展乡镇企业、推进农业产业化经营、移民搬迁结合起来，引导更多的农民进入小城镇，逐步形成产业发展、人口聚集、市场扩大的良性互动机制，增强小城镇吸纳农村人口、带动农村发展的能力。国家固定资产投资要继续支持小城镇建设，引导金融机构按市场经济规律支持小城镇发展。重点渔区渔港、林区和垦区场部建设要与小城镇发展结合起来。有条件的地方，要加快推进村庄建设与环境整治。

（四）促进外出务工农民收入增长政策

目前，在我国加工制造业、建筑业和服务业的从业人员中，农民工已分别占68%、80%和50%。在新增产业工人中，每新增3人，便有两个来自农村。根据对近2 000个农户的调查，其中有1人外出打工的占785户，有2人外出打工的占285户。从打工者的去向看，在本县、省内以及省外打工的基本各占1/3。从打工者所从事的行业类型看，所占比重最高的是建筑业。大部分打工者主要是靠亲友介绍和自己找工作，靠老乡介绍的也占有相当大的比例，劳务市场和职业介绍所在外出打工者就业方面发挥的作用非常有限。平均的打工时间是250天左右，每月平均工资为913元，每年带回或汇回家5 368元，农民外出务工收入对全年农民增收的贡献率约占1/5。近年来，国家制定一系列政策，取消对农村劳动力进入城镇就业的不合理限制，农村富余劳动力转移的制度环境得到初步改善。但当前关于农民工的政策和管理制度还没有真正摆脱城乡分割体制的影响，与平等就业、形成城乡统一的劳动力市场还有相当的距离；农民工合法权益受到侵害的问题比较突出，工作环境恶劣，劳动强度大，工资报酬低，拖欠和克扣农民工工资的现象比较普遍。根据对珠江三角洲地区的典型调查，近十多年来，农民工实际工资收入基本上没有提高，农民工的实际劳动小时工资只相当于城镇职工的1/4。各地最低工资标准规定普遍偏低，标准调整缓慢，与物价和生活消费水平的提高不成比例，一些企业主往往又把最低工资标准当作实际支付工资标准，使得农民工收入只能维持基本的生活消费；一些城市对农民工的社会管理仍沿用管制式管理的方式，而轻视为农民工提供公共服务；在外来人口比较集中的地区，当地政府的城市发展规划和各种公共服务规划没有考虑流动人口的实际需要；一些地方继续为农民融入城市设置过高的门槛，农民工进得了城但留不下的问题仍很突出。由此可见，城市对农民工“经济接纳，社会排斥”的做法还没有改变。因此，政府要继续加大各项政策支持力度，遵循公平对待，一视同仁；强化服务，完善管理；统筹规划，合理引导；因地制宜，分类指导；立足当前，着眼长远五项原则，抓紧重点解决七项问题，即农民工工资偏低和拖欠问题；依法规范农民工劳动管理；搞好农民工就业服务和职业技能培训；积极稳妥地解决农民工社会保障问题；切实为农民工提供相关公共服务；健全维护农民工权益的保障机制；促进农村劳动力就地就近转移，为外出务工农民创造良好的就业环境，促进农民收入增加。

1. 保障外出务工农民的合法权益　①进一步清理和取消针对农民进城就业的歧视性规定和不合理收费，简化农民跨地区就业和进城务工的各种手续，防止变换手法向进城就业农民及用工单位乱收费，加快建立城乡统一的劳动力市场，逐步形成城乡劳动者平等就业的制度，改革城乡分割的二元经济结构，公平对待农民工，逐步形成惠及农民工的城市基本公共服务制度，允许和鼓励长期进城务工农民尽快融入城市，完成身份的转换。②城市政府要加大财政投入力度，并纳入正常的财政预算，建立健全城乡就业公共服务网络，为外出务工农民免费提供法律政策咨询、就业信息、就业指导和职业介绍，切实推进进城农民工的职业培训、子女教育、医疗养老工伤保险等服务。要制定税收、信贷等优惠政策，推动东部沿海地

区产业结构升级。在用地政策上对沿海和内地采取差别化的政策，加快劳动密集型产业向中西部地区转移，为中西部地区农村劳动力就近转移创造更多的就业机会。③严格执行最低工资制度，建立工资保障金等制度，切实解决务工农民工资偏低和拖欠问题，对及时兑现进城就业农民工资、改善劳动条件、加强务工农民的职业安全卫生保护等问题，各地区和有关部门要采取更得力的措施，落实国家相关政策，明确牵头部门，落实管理责任，加强督促检查。④健全有关法律法规，依法保障进城就业农民的各项权益。推进大中城市户籍制度改革，放宽农民进城就业和定居的条件。

2. 加强对外出务工农民的职业技能培训　2004 年外出农民工中，掌握了一定的专业技能、接受过技能培训的占 28.2%，71.8% 的外出农民工从来没有接受过任何形式的技能培训。从参加培训的方式来看，通过政府组织参加培训的农民工占 10.7%，参加企业组织的培训的农民工占 30%，自己去参加培训的农民工占 59.3%。据统计，2004 年，中央财政安排的再就业补助经费达 83 亿元，各地用于免费就业服务和培训的经费为 31.6 亿元，但由于农民工不在此服务之列，他们基本无法享受。农村劳动力转移培训阳光工程实施过程中也存在着如下主要问题：一是培训规模小。2004 年阳光工程培训农村劳动力 250 万人，转移就业 220 万人，但是相对于 2004 年我国 10 260 万外出就业的农村劳动力来说，培训面只有 2.4%。二是补贴标准低。根据调查，农民要掌握一技之长，实现稳定就业，培训时间基本要达到 3 个月，经费一般在 800～1 200 元，2004 年阳光工程按人均 100 元补助，补贴标准明显偏低。农民工外出务工主要靠体力来挣钱，低收入难以支撑他们在城镇定居。因此，要加强对农村劳动力的职业技能培训，这是提高农民就业能力、增强我国产业竞争力的一项重要的基础性工作。

首先，在培训内容上，要根据市场和企业的需求，按照不同行业、不同工种对从业人员基本技能的要求，安排培训内容，实行定向培训，提高培训的针对性和适用性。其次，要继续增加对农村劳动力培训的投入。要调动社会各方面参与农民职业技能培训的积极性，鼓励各类教育培训机构、用人单位开展对农民的职业技能培训。各级财政都要安排专门用于农民职业技能培训的资金，并将其纳入公共财政预算，政府对接受培训的农民给予一定的补贴和资助。整合社会各类教育培训资源，形成一个能充分利用各种资源的农村劳动力转移就业培训体系。

第二节　农业可持续发展能力建设政策

在 21 世纪，中国农业的发展任务极其艰巨。要持续增产，确保食物安全，养活 16 亿人口；要发展农村经济，确保农民收入稳定增长；要不断创造就业机会，转移庞大的农村剩余劳动力；要为整个国民经济和社会的发展奠定基础。与此同时，中国农业发展仍面临一系列严重问题：人多地少，农业自然资源短缺；农村经济欠发达，农民人均收入水平低，且增长缓慢；农村人口增长快，农业剩余劳动力多，文化水平低；农业综合生产能力低；农业经济结构不合理；农业环境污染日益加重等。因此，中国农业不能再走破坏生态环境、掠夺自然资源、追求短期效益的老路，必须选择培育和保护资源、优化生态环境、提高综合生产能力的可持续发展道路。

一、农业可持续发展概述

1991 年 4 月，联合国粮农组织在荷兰召开农业与环境国际会议，发表了著名的“丹波（DENBOSCH）宣言”，拟定了关于农业和农村持续发展的要领和定义：“采取某种使用和维护自然资源基础的方式，以及实行技术变革和体制改革，以确保当代人及其后代对农产品的需求得到不断满足。这种可持续的发展（包括农业、林业和渔业）旨在保护土地、水和动植物遗传资源，是一种优化环境、技术应用适当、经济上能维持下去以及社会能够接受的方式。”

中国农业可持续发展的基本内涵主要包括三方面：①合理协调农业发展与人口、环境、资源的关系；②不断提高农业综合生产能力，增强农业发展后劲；③发展农村经济，保证农业与整个国民经济的协调发展，逐步缩小工农差别、城乡差别。

中国农业可持续发展的基本目标是：保持农业生产稳定增长，保障食物安全；发展农村经济，增加农民收入，改变农村贫困落后状况；保护和改善农业生态环境，合理、永续地利用自然资源，特别是生物资源和可再生资源，以满足不断增长的国民经济、社会发展和人民生活的需要。

二、农业发展扶持政策

（一）“两减免、三补贴”政策

所谓“两减免、三补贴”即减免农业税，取消除烟叶以外的农业特产税，对种粮农民实行直接补贴，对部分地区农民实行良种补贴和农机具购置补贴。这一政策的政策目标是加强农业和粮食生产，调动农民种粮积极性，保护和提高粮食生产能力。2005 年，在国家扶贫开发工作重点县实行免征农业税试点，在其他地区进一步降低农业税税率。在牧区开展取消牧业税试点。国有农垦企业执行与所在地同等的农业税减免政策。因减免农（牧）业税而减少的地方财政收入，由中央财政安排专项转移支付给予适当补助。有条件的地方，可自主决定进行农业税免征试点。继续对种粮农民实行直接补贴，有条件的地方可进一步加大补贴力度。中央财政继续增加良种补贴和农机具购置补贴资金，地方财政也要根据当地财力和农业发展实际安排一定的良种补贴和农机具购置补贴资金。

（二）粮食主产区的支持政策

为调动地方政府发展粮食生产的积极性，缓解中西部地区特别是粮食主产区县乡的财政困难，中央财政要采取有效措施，根据粮食播种面积、产量和商品量等因素，对粮食主产县通过转移支付给予奖励和补助。建立粮食主产区与主销区之间的利益协调机制，调整中央财政对粮食风险基金的补助比例，并通过其他经济手段筹集一定资金，支持粮食主产区加强生产能力建设。

（三）支农资金稳定增长政策

1. 调整国民收入分配结构，在稳定现有各项农业投入的基础上，新增财政支出和固定资产投资要切实向农业、农村、农民倾斜，逐步建立稳定的农业投入增长机制。

2. 搞好大中型农田水利基础设施建设的同时，不断加大对小型农田水利基础设施建设的投入力度。中央和省级财政要在整合有关专项资金的基础上，从预算内新增财政收入中安排一部分资金，设立小型农田水利设施建设补助专项资金，对农户投工投劳开展小型农田水利设施建设予以支持。预算内经常性固定资产投资和国债资金要增加安排小型农田水利基础设施建设项目。土地出让金用于农业土地开发部分和新增建设用地有偿使用费，要结合土地开发整理安排一定资金用于小型农田水利建设。市、县两级政府也要切实增加对小型农田水利建设的投入。

3. 要尽快立法，把国家的重大支农政策制度化、规范化。

三、耕地保护制度

（一）基本农田保护政策

基本农田，是指按照一定时期人口和社会经济发展对农产品的需求，依据土地利用总体规划确定的不得占用的耕地。基本农田是粮食生产的重要基础，保护基本农田是耕地保护工作的重中之重，对保障国家粮食安全，维护社会稳定，促进经济社会全面、协调、可持续发展具有十分重要的意义。基本农田保护实行全面规划、合理利用、用养结合、严格保护的方针，确保基本农田总量不减少、用途不改变、质量不下降。

1. 严格制定和实施规划，确保现有基本农田数量。制定和实施土地利用总体规划以及涉及土地利用的相关规划，必须将保护耕地特别是基本农田作为重要原则。依据土地利用总体规划划定的基本农田保护区，任何单位和个人不得违法改变或占用。严禁违反法律规定擅自改变基本农田区位，把城镇周边和交通沿线的基本农田调整到其他地区。城市各类非农业建设用地要严格控制在土地利用总体规划和

城市总体规划确定的建设用地范围内；单独选址建设项目选址、选线要尽可能避免占用基本农田。农业建设用地布局要符合土地利用总体规划，不得以农业结构调整的名义改变基本农田数量和布局。涉及占用基本农田的土地利用总体规划修改或调整均须依照有关规定报国务院或省级人民政府批准。

2. 加强非农建设用地审查，严禁违法占用基本农田　按照《土地管理法》和《基本农田保护条例》的有关规定，除国家能源、交通、水利和军事设施等重点建设项目以外，其他非农业建设一律不得占用基本农田；符合法律规定确需占用基本农田的非农建设项目，必须按法定程序报国务院批准农用地转用和土地征收。加强对涉及占用基本农田的建设用地的审查。严格执行占用基本农田听证和公告制度，加强基本农田的社会监督。

3. 强化监督管理，确保基本农田用途不改变　按照《国务院关于坚决制止占用基本农田进行植树等行为的紧急通知》（国发明电2004　1号，以下简称《紧急通知》）要求的保护基本农田“五个不准”，确保基本农田的规定用途不改变。基本农田上的农业结构调整应在种植业范围进行，任何单位和个人不应签订在基本农田上造林的合同；不准在基本农田内挖塘养鱼和进行畜禽养殖，以及其他破坏耕作层的生产经营活动，确保基本农田数量不因农业结构调整而减少。

4. 开展动态监测　一要完善基本农田保护基础性工作。省（区、市）、市（地）、县（市、区）、乡（镇）四级基本农田档案做到图件、数据齐备，可核可查，作为监督、检查、审核、补划、变更基本农田的依据。二要加强基本农田的动态监管。建立省（区、市）、市（地）、县（市、区）、乡（镇）、行政村五级基本农田保护监管网络，开展动态巡查；开展基本农田动态监测和信息管理系统建设，完善耕地质量动态监测体系。

5. 探索新机制，落实基本农田保护责任　按照《基本农田保护条例》的规定，建立基本农田保护责任制，探索建立基本农田保护经济激励机制。国家和地方有关的农业补贴要向基本农田保护任务重的地区倾斜；国家投资土地开发整理项目和其他支农项目要向基本农田保护成效突出的地区倾斜。基本农田保护基础性工作、动态监测及信息系统建设和维护经费，按照有关规定，由同级财政部门在年度部门预算内统筹安排。对基本农田保护先进单位和个人要进行表彰和奖励。

（二）农村土地承包政策

尊重和保障农户拥有承包地和从事农业生产的权利，尊重和保障外出务工农民的土地承包权和经营自主权。承包经营权流转和发展适度规模经营，必须在农户自愿、有偿的前提下依法进行，防止片面追求土地集中。妥善处理土地承包纠纷，及时化解矛盾，维护农民合法权益。

（三）耕地质量保护政策

采取各种有效措施提高耕地产出水平，推广绿肥种植、秸秆还田技术，推广测土配方施肥，推行有机肥综合利用与无害化处理，引导农民多施农家肥，增加土壤有机质，培肥基本农田地力；大力推广应用配方施肥、保护性耕作、地力培肥、退化耕地修复等技术，提升基本农田地力等级。加大对基本农田保护区农田水利建设的投入，改造和配套水利灌溉排水设施，增加基本农田的有效灌溉面积。

建立基本农田建设集中投入制度。加大公共财政对粮食主产区（主产县）和主要农业生产基地基本农田保护区建设的扶持力度；农田水利建设、农业综合开发、土地开发整理、耕地质量建设、农田林网建设等资金，按照地方政府统一规划、分步实施、部门管理、项目运作的原则，向基本农田保护区倾斜；制定扶持政策，积极鼓励农民自愿出资出劳，建设高标准的基本农田，切实提高基本农田的生产能力。

四、农田水利和生态建设政策

（一）以节水改造为中心的大型灌区续建配套

新增固定资产投资要把大型灌区续建配套作为重点，并不断加大投入力度，着力搞好田间工程建设，更新改造老化机电设备，完善灌排体系。开展续建配套灌区的末级渠系建设试点。继续推进节水灌溉示范，在粮食主产区进行规模化建设试点。有条件的地区要加快农村水利现代化步伐。水源条件较好的地区要结合重点水利枢纽建设，扩大灌溉面积。干旱缺水地区要积极发展节水旱作农业，继续建设旱作农

业示范区。各地要加强灌溉用水计量，积极实行用水总量控制和定额管理。从2005年起，选择部分地区开展对农民购买节水设备实行补助的试点。继续搞好病险水库除险加固。抓好地方中型水源、中小河流治理等工程建设。

（二）小型农田水利建设

重点建设田间灌排工程、小型灌区、非灌区抗旱水源工程。加大粮食主产区中低产田盐碱和渍害治理力度。加快丘陵山区和其他干旱缺水地区雨水集蓄利用工程建设。地方政府要切实承担起搞好小型农田水利建设的责任。在坚决按时取消劳动积累工和义务工制度的同时，各地要积极探索新形势下开展农田水利基本建设的新机制、新办法。要严格区分加重农民负担与农民自愿投工投劳改善自己生产生活条件的政策界限，发扬农民自力更生的好传统，在切实加强民主决策和民主管理的前提下，本着自愿互利、注重实效、控制标准、严格规范的原则，引导农民对直接受益的小型农田水利设施建设投工投劳，国家对农民兴建小微型水利设施所需材料给予适当补助。

（三）生态重点工程建设

继续实施天然林保护等工程，完善相关政策。退耕还林工作要科学规划，突出重点，注重实效，稳步推进。要采取有效措施，在退耕还林地区建设好基本口粮田，培育后续产业，切实解决农民的长期生计问题，进一步巩固退耕还林成果。抓好防护林体系和农田林网建设，为建设高标准农田营造良好的生态屏障。切实搞好京津风沙源治理等防沙治沙工程。继续推进山区综合开发。进一步加强草原建设和保护，加快实施退牧还草工程，搞好牧区水利建设，加强森林草原防火和草原鼠虫害防治工作。继续搞好长江、黄河等重点流域的水土保持工作，采取淤地坝等多种措施推进小流域综合治理，加强南方丘陵红土区、东北黑土漫岗区和西南石漠化区的水土流失综合治理。切实防治耕地和水污染。

五、农业科技创新政策

（一）农业科技创新和转化能力建设

1. 建立稳定增长的投入机制。大幅度增加对农业科研的投入，加快建立以政府为主导、社会力量广泛参与的多元化农业科研投入体系，形成稳定的投入增长机制。要把农业科研投入放在公共财政支持的优先位置，不断提高国家科技投入用于农业科研的比重，有关重大科技项目和攻关计划要较大幅度增加农业科研投资的规模，安排农业科技成果转化资金和国外先进农业技术引进资金。改善农业技术创新的投资环境，发展农业科技创新风险投资。

2. 深化农业科研体制改革，建立国家农业科技创新体系。加强国家基地的创新能力建设，搞好农业基础研究和关键技术的研究开发，加快生物技术和信息技术等高新技术的研究。根据全国农业综合区划，在整合现有资源基础上，依托具有明显优势的省级农业科研单位和高等学校，建设区域性的农业科研中心，负责推进区域农业科技创新，开展重大应用技术攻关和试验研究。加强农业领域的国家实验室、改良中心、工程中心和重点实验室建设，改善农业科研机构设施条件和装备水平，加快建设国家农业科研高级人才培养基地，在机构设置、人员聘任和投资建设等方面实行新的运行机制。鼓励企业建立农业科技研发中心，国家在财税、金融和技术改造等方面给予扶持。

（二）加快农业技术推广体系改革和建设

1. 加大良种良法的推广力度。继续实施“种子工程”、“畜禽水产良种工程”，搞好大宗农作物、畜禽良种繁育基地建设和扩繁推广。从2005年起，国家设立超级稻推广项目。扩大重大农业技术推广项目专项补贴规模，优先扶持优质高产、节本增效的组装集成与配套技术开发。加强农作物重大病虫害防治。

2. 加大农业技术推广体系的改革力度。国家的公益性农技推广机构主要承担关键技术的引进、试验、示范，农作物病虫害、动物疫病及农业灾害的监测、预报、防治和处置，农产品生产过程中的质量安全检测、监测和强制性检验，农业资源、农业生态环境和农业投入品使用监测，水资源管理和防汛抗旱，农业

公共信息和培训教育服务等职能。对公益性技术推广工作，各级财政要在经费上予以保证。同时，积极稳妥地将一般性技术推广和经营性服务分离出去，按照市场化方式运作。发挥农业院校在农业技术推广中的作用。积极培育农民专业技术协会和农业科技型企业。探索农业技术推广的新机制和新办法，对农技推广项目实行招投标制度，鼓励各类农技推广组织、人员及有关企业公平参与申报。在总结试点经验基础上，有关部门要抓紧提出加强农业技术推广体系建设的指导意见。

3. 积极探索对公益性职能与经营性服务实行分类管理的办法，完善农技推广的社会化服务机制

深入实施农业科技入户工程扶持科技示范户，提高他们的辐射带动能力，安排农业科技成果转化资金和国外先进农业技术引进资金，扩大重大农业技术推广项目专项补贴规模。鼓励各类农科教机构和社会力量参与多元化的农技推广服务。加强气象为农业服务，保障农业生产和农民生命财产安全。大力推进农业机械化，提高重要农时、重点作物、关键生产环节和粮食主产区的机械化作业水平。

六、农业和农村经济结构调整政策

（一）稳定发展粮食生产

确保国家粮食安全是保持国民经济平稳较快增长和社会稳定的重要基础。必须坚持立足国内实现粮食基本自给的方针，以市场需求为导向，改善品种结构，优化区域布局，着力提高单产，稳定发展粮食生产。

1. 坚决落实最严格的耕地保护制度，切实保护基本农田，保护农民的土地承包经营权；改革种植制度，提高复种指数。稳定和增加粮食播种面积。

2. 持续增加种粮收益，不断提高生产能力。继续实施优质粮食产业工程和粮食丰产科技工程，加快建设大型商品粮生产基地和粮食产业带，不断提高粮食单产、品质和生产效益。加强粮食生产技术、农机、信息和产销等服务，搞好良种培育和供应，促进粮食生产节本增效。坚持和完善重点粮食品种最低收购价政策，保持合理的粮价水平，加强农业生产资料价格调控，保护种粮农民利益。继续执行对粮食主产县的奖励政策，增加中央财政对粮食主产县的奖励资金。

3. 适度利用国际市场，努力保持粮食供求总量大体平衡。

（二）积极推进农业结构调整

按照高产、优质、高效、生态、安全的要求，调整优化农业结构。

1. 加快建设优势农产品产业带，积极发展特色农业、绿色食品和生态农业，保护农产品知名品牌，培育壮大主导产业。各地要立足资源优势，选择具有地域特色和市场前景的品种作为开发重点，尽快形成有竞争力的产业体系。建设特色农业标准化示范基地，筛选、繁育优良品种，把传统生产方式与现代技术结合起来，提升特色农产品的品质和生产水平。加大对特色农产品的保护力度，加快推行原产地等标识制度，维护原产地生产经营者的合法权益。整合特色农产品品牌，支持做大做强名牌产品。提高农产品国际竞争力，促进优势农产品出口，扩大农业对外开放。

2. 加快发展畜牧业。增强农业综合生产能力必须培育发达的畜牧业。牧区要加快推行围栏放牧、轮牧休牧等生产方式，搞好饲草饲料基地建设，改良牲畜品种，进一步减轻草场过度放牧的压力。农区要充分发挥作物秸秆和劳动力资源丰富的优势，积极发展节粮型畜牧业，提高规模化、集约化饲养水平。通过小额信贷、财政贴息等方式，引导有条件的地方发展养殖小区。要增加投入，支持养殖小区建设畜禽粪便和污水无害化处理设施。加快建立安全优质高效的饲料生产体系。搞好动物防疫是确保畜牧业稳定发展的根本保障，事关人民群众的身体健康和社会公共安全，要下决心增加投入，加强建设，完善制度，健全体系。要抓紧制定动物防疫体系建设规划，加快建设重大动物疫病监测预警、动物疫病预防控制、动物防疫检疫监督、兽药质量监察和残留监控、动物防疫技术支撑、动物防疫物质保障等系统。加强动物疫病特别是禽流感等重大疫病防控的基础设施建设，完善突发疫情应急机制，加快推进兽医管理体制改革，稳定基层兽医队伍。

3. 积极发展水产业，扩大优质水产品养殖，发展远洋渔业，保护渔业资源，继续做好渔民转产转业工作。

4. 提高农产品国际竞争力，扩大园艺、畜牧、水产等优势农产品出口，加强农产品对外贸易磋商，提高我国农业应对国际贸易争端的能力。

（三）支持粮食主产区发展农产品加工业

大力扶持食品加工业特别是粮食主产区以粮食为主要原料的加工业。粮食主产区要立足本地优势，以发展农产品加工业为突破口，走新型工业化道路，促进农业增效、农民增收和地区经济发展。采取财政贴息等方式，支持粮食主产区农产品加工企业进行技术引进和技术改造，建设仓储设施。尽快完善农产品加工业增值税政策。

（四）发展农业产业化经营

1. 加大对多种所有制、多种经营形式的农业产业化龙头企业的支持力度。各级财政要增加扶持农业产业化发展资金，农业银行和其他国有商业银行要按照有关规定，加快改进对龙头企业的信贷服务，切实解决龙头企业收购资金紧张的问题。农业发展银行对符合条件的以粮棉油生产、流通或加工转化为主业的龙头企业，可以提供贷款。积极探索龙头企业和专业合作组织为农户承贷承还、提供贷款担保等有效办法支持农民专业合作组织发展，对专业合作组织及其所办加工、流通实体适当减免有关税费。

2. 集体经济组织要增强实力，搞好服务，同其他专业合作组织一起发挥联结龙头企业和农户的桥梁和纽带作用。

3. 乡镇企业要加快结构调整、技术进步和体制创新，积极参与农业产业化经营。

4. 推广龙头企业、合作组织与农户有机结合的组织形式，让农民从产业化经营中得到更多的实惠。

（五）加快发展循环农业

要大力开发节约资源和保护环境的农业技术，重点推广废弃物综合利用技术、相关产业链接技术和可再生能源开发利用技术。制定相应的财税鼓励政策，组织实施生物质工程，推广秸秆气化、固化成型、发电、养畜等技术，开发生物质能源和生物基材料，培育生物质产业。积极发展节地、节水、节肥、节药、节种的节约型农业，鼓励生产和使用节电、节油农业机械和农产品加工设备，努力提高农业投入品的利用效率。加大力度防治农业面源污染。

七、农村投融资政策

（一）完善农业投资管理体制

进一步放宽农业和农村基础设施投资领域，采取贴息、补助、税收等措施，发挥国家农业资金投入的导向作用，鼓励社会资本积极投资开发农业和建设农村基础设施。逐步降低中西部地区对涉农固定资产投资的资金配套比例，不得采取加重农民负担的方式进行资金配套。继续加大国家农业资金投入的整合力度，鼓励以县为单位，通过规划引导、统筹安排、明确职责、项目带动等方式整合投资，提高资金使用效率。对国家投资和补助的乡村建设项目，要加快实行公示制度，通过招投标、资金跟踪监督和项目后评估等办法，确保管好用好资金，保证项目质量。

（二）加快农村小型基础设施产权制度改革

要在总结经验的基础上，加大改革力度，明晰产权，明确责任，充分调动各方面投资建设和管好农村小型基础设施的积极性。农户自建或自用为主的小微型工程，产权归个人所有，由乡镇人民政府核发产权证。对受益户较多的工程，可组建合作管理组织，国家补助形成的资产归合作组织所有。对经营性的工程，可组建法人实体，实行企业化运作，也可拍卖给个人经营。对业主开发建设的农村基础设施，地方人民政府要给予扶持，并规范其收费标准和服务行为。加快小型农村水利工程管理体制改革步伐。推进农村小型基础设施产权制度改革，要充分尊重农民意愿，维护工程原受益者的合法权益。

（三）推进农村金融改革和创新

要针对农村金融需求的特点，加快构建功能完善、分工合理、产权明晰、监管有力的农村金融体系。抓紧研究制定农村金融总体改革方案。继续深化农村信用社改革，要在完善治理结构、强化约束机制、增强支农服务能力等方面取得成效，进一步发挥其农村金融的主力军作用。抓紧制定县域内各金融机构承担支持“三农”义务的政策措施，明确金融机构在县及县以下机构、网点新增存款用于支持当地农业和农村经济发展的比例。采取有效办法，引导县及县以下吸收的邮政储蓄资金回流农村。加大政策性金融支农力度，增加支持农业和农村发展的中长期贷款，在完善运行机制基础上强化农业发展银行的支农作用，拓宽业务范围。农业银行要继续发挥支持农业、服务农村的作用。培育竞争性的农村金融市场，有关部门要抓紧制定农村新办多种所有制金融机构的准入条件和监管办法，在有效防范金融风险的前提下，尽快启动试点工作。有条件的地方，可以探索建立更加贴近农民和农村需要、由自然人或企业发起的小额信贷组织。加快落实对农户和农村中小企业实行多种抵押担保形式的有关规定。扩大农业政策性保险的试点范围，鼓励商业性保险机构开展农业保险业务。

第三节　社会主义新农村建设政策

近几年，党中央、国务院采取了一系列支农惠农的重大政策，农业和农村经济迎来了新的发展机遇，加快了发展步伐。粮食连续两年较大幅度增产，农业结构调整向纵深推进，农民收入较快增长，农村税费改革取得重大成果，社会事业进一步发展，农村基层组织建设得到加强，干群关系明显改善。农业和农村的发展对保持国民经济平稳较快增长和社会稳定，发挥了重要的支撑作用。然而，还必须看到，当前农业和农村发展仍然处在艰难的爬坡阶段，农业基础设施脆弱、农村社会事业发展滞后、城乡居民收入差距扩大的矛盾依然突出，解决好“三农”问题仍然是工业化、城镇化进程中重大而艰巨的历史任务。按照党的十六届五中全会的战略部署，为加快农村全面小康和现代化建设步伐，党中央、国务院在提出了积极增加农民收入增长及提高农业综合生产能力的重大惠农政策后，又适时提出了建设社会主义新农村战略，为做好当前和今后一个时期的“三农”工作指明了方向。促进农民收入增加作为社会主义新农村建设的经济基础，农业发展能力建设作为新农村建设的产业支撑，都是社会主义新农村建设的题中应有之义。由于前两部分在本章第一、二节中已作了详细介绍，故本节主要就社会主义新农村建设中的乡村基础设施建设、农村社会事业、体制建设保障及民主政治建设等几个重点内容予以讨论。

一、社会主义新农村建设的指导方针

（一）建设社会主义新农村是我国现代化进程中的重大历史任务

全面建设小康社会，最艰巨最繁重的任务在农村。加速推进现代化进程，应妥善处理工农城乡关系，促进农村经济社会全面进步，构建社会主义和谐社会。农村人口众多是我国的国情，只有发展好农村经济，建设好农民的家园，让农民过上宽裕的生活，才能保障全体人民共享经济社会发展成果，才能不断扩大内需和促进国民经济持续发展。

（二）围绕社会主义新农村建设做好农业和农村工作

“十一五”时期是推进现代农业建设的关键时期，也是构建新型工农城乡关系、农村全面建设小康，为社会主义新农村建设打下坚实基础的关键时期。为此，要全面贯彻落实科学发展观，统筹城乡经济社会发展，实行工业反哺农业、城市支持农村和“多予、少取、放活”的方针，按照“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的要求，协调推进农村经济建设、政治建设、文化建设、社会建设等各项事业的发展。

（三）切实稳步推进社会主义新农村建设

推进新农村建设是一项长期而繁重的历史任务，要坚持以发展农村经济为中心，进一步解放和发展

农村生产力，促进粮食稳定发展、农民持续增收；必须坚持农村基本经营制度，尊重农民的主体地位，不断创新农村体制机制；坚持以人为本，着力解决农民生产生活中最迫切的实际问题，切实让农民得到实惠；坚持科学规划，实行因地制宜、分类指导，有计划有步骤有重点地逐步推进；坚持发挥各方面积极性，依靠农民辛勤劳动、国家扶持和社会力量的广泛参与，使新农村建设成为全党全社会的共同行动。

（四）加快建立以工促农、以城带乡的长效机制

当前，我国总体上已进入以工促农、以城带乡的发展阶段，初步具备了加大力度扶持“三农”的能力和条件。顺应经济社会发展阶段性变化和建设社会主义新农村的要求，坚持“多予、少取、放活”的方针，要按照存量适度调整、增量重点倾斜的原则，不断增加对农业和农村的投入，扩大公共财政覆盖农村的范围，建立健全财政支农资金稳定增长机制。要加快建立有利于逐步改变城乡二元结构的体制，建立健全与经济发展水平相适应的多种形式的农村社会保障制度，充分发挥市场配置资源的基础性作用，逐步形成城乡统一的要素市场，增强农村经济发展活力。

二、社会主义新农村建设政策的内容

（一）农村基础设施建设政策

农村基础设施建设主要包括农田水利、乡村道路、农村能源建设、通讯设施建设等内容。加强农村基础设施建设，是改善社会主义新农村建设的物质条件。

1. 要建立财政投入的长效机制。现阶段，农村基础设施建设面临的问题很多。具体包括，一是在基础设施建设的指导思想上，长期存在重大型轻小型、重枢纽轻配套，小型基础设施的建设、管理都存在投入不足，功能不能充分发挥，这反过来又影响到农户投工投劳建设和管理小型基础设施的积极性。二是财政投入不足，我国的财政收入总规模一直比较小，财政紧张导致投入主要投向涉及国计民生的重要行业、重大项目和重点企业，即使有少量资金流向农村，也主要投入到大江大河堤防建设、大中型水库建设和整险加固，目的在于保社会安全，对农民直接受益的小型基础设施投入比较少。三是农民投工投劳下降，农村基础设施主要是由农民以劳动积累的形式投入发展起来的，然而由于农村集体经济薄弱，组织农民投工投劳比较困难，而且，由于产权主体和受益主体不明确，造成只用不“管”、只用不“建”的现象比较普遍。农村税费改革逐步取消“两工”后，农民的劳务投入进一步下降，农村基础设施建设将进一步陷入投入不足的窘境。“一事一议”筹资筹劳也有很多困难，存在“有事不议、有事难议、议而不决、决而不行”等问题，农民对农村公益事业的劳务投入总量下降。四是体制不顺、机制不活，从财政投入体制看，农村小型基础设施建设历来不是财政投入的重点。首先是计划经济体制造成的城乡二元结构难以在短时间内迅速改变，层层上解的财政体制使财政投入难以回头向下流向农村；其次是长期实行的农业为工业提供积累、农村支持城市的发展战略，使国民收入的再分配明显偏向城市，农村获得的份额很少。

必须大力加强农村基础设施建设，重点推进节水灌溉、人畜饮水、乡村道路、农村沼气、农村水电、草场围栏等“六小工程”，为改善农民生产生活条件、带动农民就业、增加农民收入创造条件，为新农村建设奠定坚实的物质基础。进入新世纪，党和政府也制定了相关政策，以推进农村基础设施建设。进一步调整国民收入分配结构和财政支出结构，各级政府要依法安排并落实对农业和农村的预算支出，严格执行预算，建立健全财政支农资金的稳定增长机制；按照统一规划、明确分工、统筹安排的要求，整合现有各项支农投资，集中财力，突出重点，提高资金使用效率；积极运用税收、贴息、补助等多种经济杠杆，鼓励和引导各种社会资本投向农业和农村；各地区和有关部门要切实把发展农村社会事业作为工作重点，落实好新增教育、卫生、文化等事业经费主要用于农村的政策规定，并对执行情况进行专项检查。

2. 大力加强小型农田水利建设。我国大中型水利设施的防洪保安、抗旱排涝等功能日趋完善，为确保经济社会持续健康发展提供了十分有利的条件。农田水利设施面大量广，由于方方面面的原因，各地小型农田水利设施年久失修，严重影响了农业生产。一方面，设施严重老化、不配套。现有水利工程大部分修建于上世纪五六十年代，且排灌标准很低，目前功能普遍衰减30%～40%，既造成排涝能力弱，农田

涝灾转化为河、湖防洪压力，农田积水无法排出，又导致灌溉能力差，不能满足灌溉需要。另一方面，疏于管理。由于投入不足，导致只建不管、重建轻管及水利设施带病运行问题比较普遍，使得众多小型水利设施功能丧失殆尽，农业自然灾害频发，已经严重制约了农业经济的发展，影响了农业增效、农民增收和农业现代化建设，必须引起高度重视，特别是在当前国家高度重视提高农业综合生产能力、保证国家粮食安全的新形势下，更必须采取有力措施，下大力气改善农村小型水利设施条件，建立起设施完备、抗灾能力强、有利于保护生态环境、具有较高经济社会效益的水利设施体系。因此，在搞好重大水利工程建设的同时，要不断加强小型农田水利建设。

（1）增加对小型农田水利设施建设的投入。国家要进一步调整财政支出结构，重点向农田水利等基础设施建设倾斜。要用好财政支农资金，统筹安排好农业综合开发、水利基建、水土保持等各项资金，确保有相当比例的资金用于改善小型农田水利设施。各级地方政府应从实际出发，列出重点项目，安排相当资金，逐步改善农业生产设施条件。涉农部门也要多方挖潜，加大投入，有重点、分步骤地解决水利设施建设上的突出问题，保证本地区小型农田水利设施条件年年有新的改善。

（2）加大对粮食主产区小型农田水利设施建设的重点扶持力度。粮食直补、良种补贴等惠农政策，极大地调动了农民的种粮积极性，粮食主产区要为保证国家的粮食安全多做贡献，中央财政和有关国债资金也应重点支持粮食主产区水利设施，包括小型农田水利设施建设，金融部门要为粮食主产区改善小型农田水利设施条件提供服务。

（3）加快农村小型水利设施产权制度改革，鼓励民间资本投资小型农田水利建设项目。要充分尊重农民意愿，按照“谁投资、谁建设、谁所有、谁管理、谁受益”的原则，采取拍卖、租赁、承包等方式，积极推进农村小型水利设施产权制度改革，不断放活现有小型农田水利设施经营管理权，明确责权利，切实保护、开发和建设好小型农田水利工程，真正实现投资经营者、农民及生态环境的三方共赢。要进一步解放思想，不断创新小型农田水利设施建设多元化投资主体运行机制，放开一些领域，鼓励民间资本在遵守市场准入规则和统一规划的前提下，投资兴办水利工程项目，切实增强小型农田水利设施建设活力。

（4）加强管理，努力开创小型农田水利建设新局面。农村“两工”曾经在农田水利基本建设方面发挥过很大的作用。农村税费改革逐步取消“两工”，一些地方和群众将投工投劳改善生产生活条件与加重农民负担等同起来，片面地认为农村税费改革后农田水利建设应该由国家和集体包揽、农民不再承担义务，影响了农田水利建设开展。新的形势下，不少地方还未能找到开展农田水利建设的有效办法，造成难组织、难发动的被动局面。为此，各地要认真贯彻执行中央一号文件精神，积极探索新形势下开展农田水利基本建设的新机制、新办法。要严格区分加重农民负担与农民自愿投工投劳改善自己生产生活条件的政策界限，发扬自力更生的好传统，本着自愿互利、注重实效、控制标准、严格规范的原则，引导农民投工投劳，搞好小型农田水利建设。村集体应将改善小型农田水利设施纳入村办公益事业的重要内容，拿出一定的资金用于改善本辖区水利设施条件；经济条件不允许的村集体，可采取“一事一议”的办法筹集部分资金用于本地小型农田水利建设。各级水利部门要在各级党委、政府领导下发挥行业管理职能作用，搞好统筹规划和业务指导，发展改革、财政、农业开发、土地管理等部门，应加强有关计划、资金及开发、整治项目的管理，确保资金投入的作用和效益，各级、各部门应密切协作、齐抓共管，努力开创新形势下小型农田水利建设管理的新局面。

2006年中央一号文件又进一步指出，要加快发展节水灌溉，继续把大型灌区续建配套和节水改造作为农业固定资产投资的重点。加大大型排涝泵站技术改造力度，配套建设田间工程。大力推广节水技术。实行中央和地方共同负责，逐步扩大中央和省级小型农田水利补助专项资金规模。切实抓好以小型灌区节水改造、雨水集蓄利用为重点的小型农田水利工程建设和管理。继续搞好病险水库除险加固，加强中小河流治理。

3. 加快乡村基础设施建设　水、气、电、路等乡村基础设施建设与农民生产生活息息相关，社会主义新农村建设要着力加强农民最急需的生活基础设施的建设。至今全国仍有近5万个村不通公路，全国一半的行政村没有通自来水，3亿农村人口的饮水安全亟待解决，60%以上的农户还没有用上卫生厕所，

2%的村庄还没有通电。因此，2006年中央一号文件明确要求，要加快乡村基础设施建设，为农村居民生产与生活创造良好的环境。

（1）加快农村人畜饮水安全工程建设，在巩固人畜饮水解困成果基础上，加快农村饮水安全工程建设，优先解决高氟、高砷、苦咸、污染水及血吸虫病区的饮水安全问题。有条件的地方，可发展集中式供水，提倡饮用水和其他生活用水分质供水。

（2）加快农村能源建设步伐，在适宜地区积极推广沼气、秸秆气化、小水电、太阳能、风力发电等清洁能源技术。从2006年起，大幅度增加农村沼气建设投资规模，有条件的地方，要加快普及户用沼气，支持养殖场建设大中型沼气。以沼气池建设带动农村改圈、改厕、改厨。尽快完成农村电网改造的续建配套工程。加强小水电开发规划和管理，扩大小水电代燃料试点规模。

（3）进一步加强农村公路建设，到"十一五"期末基本实现全国所有乡镇通油（水泥）路、东、中部地区所有具备条件的建制村通油（水泥）路，西部地区基本实现具备条件的建制村通公路。

（4）积极推进农业信息化建设，充分利用和整合涉农信息资源，强化面向农村的广播电视电信等信息服务，重点抓好"金农"工程和农业综合信息服务平台建设工程。

4. 加强村庄人居环境治理　随着生活水平提高和全面建设小康社会的推进，农民迫切要求改善农村生活环境和村容村貌。政府可逐步安排资金支持编制村庄规划和开展村庄治理试点。加强宅基地规划和管理，大力节约村庄建设用地，向农民免费提供经济安全适用、节地节能节材的住宅设计图样。引导和帮助农民切实解决住宅与畜禽圈舍混杂问题，搞好农村污水、垃圾治理，改善农村环境卫生。注重村庄安全建设，防止山洪、泥石流等灾害对村庄的危害，加强农村消防工作。村庄治理要突出乡村特色、地方特色和民族特色，保护有历史文化价值的古村落和古民宅。

（二）农村社会事业发展政策

农村社会事业主要包括农村义务及职业教育、文化卫生事业、社会保障事业及农村精神文明建设等内容。新世纪要大力发展农村社会事业，培养推进社会主义新农村建设的新型农民。落实农村社会事业发展政策，重点要落实新增教育、卫生、文化、计划生育等事业经费主要用于农村，用于县以下的比例不低于70%的规定。

1. 加快发展农村义务教育　百年大计，教育为本。要实现全面建设小康社会，必须坚持实施科教兴国战略和人才强国战略，把教育摆在现代化建设优先发展的战略地位，尤其是对占中国人口80%的农村的义务教育，就显得更为重要。目前，全国4.8亿农村劳动力中初中及以下文化程度占4.2亿人，近九成农村劳动力的科技文化素质低下。要加快发展农村义务教育，着力普及和巩固农村九年制义务教育，尽快提高农民的科技文化素质。当前农村义务教育存在的突出问题主要有，农村中小学办学条件严重滞后；城乡教育差距日趋拉大，农村中、小学辍学问题严重；农村中小学教师队伍不稳定，教师骨干流失现象严重；"一费制"后，义务教育投入严重不足。农村税费改革前，在农村义务教育投入中，中央和省级财政只占12%，县级占9.8%，其余78.2%则由乡和村筹集；农村实施税费改革、学校实行"一费制"后，农民的负担减轻了，经费投入改由县财政负担，而我国大部分县财政紧张，从而导致了教育经费的严重不足。农村义务教育经费的总投入大幅度减少，直接导致了我国教育的严重负债问题。我国农村义务教育要尽快走出上述困境，作为农村最主要的公共物品必须实现由"农民办"转向"政府办"。根据2006年中央一号文件精神，2006年要对西部地区农村义务教育阶段学生全部免除学杂费，对其中的贫困家庭学生免费提供课本和补助寄宿生生活费，2007年在全国农村普遍实行这一政策，5年后我国农村义务教育将实现全免费。建立健全农村义务教育经费保障机制，进一步改善农村办学条件，将农村教师工资全额列入预算，逐步提高农村中小学公用经费的保障水平，2006年至2010年，中央与地方各级财政5年间将累计新增农村义务教育经费约2 182亿元。加大力度监管和规范农村学校收费，进一步减轻农民的教育负担。加强农村教师队伍建设，加大城镇教师支援农村教育的力度，促进城乡义务教育均衡发展。继续实施国家西部地区"两基攻坚"工程和农村中小学现代远程教育工程。

2. 大规模开展农村劳动力职业技能教育　提高农民整体素质，培养造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，是建设社会主义新农村的迫切需要。当前我国农村职业教育尚未被纳入到教育的主流当中，教育观念和培养模式还未转到以就业为导向上来，与劳动力市场的结合不够紧密；农村职业技能培训经费严重不足，师资短缺，教学质量下滑，就业渠道不畅，农村职校普遍出现生存危机，造成“有校无人”，导致农村学生“升学无望、就业无路、致富无术”。农村劳动力向非农产业转移，必须依靠职业教育和培训。当前我国农村已转移劳动力的就业不稳定，回流现象严重。在我国农村劳动力中，接受过短期培训的只占20%，接受过初级职业技术教育或培训的只占3.4%，接受过中等技术教育的仅占0.13%，而没有接受过技术培训的高达76.4%，而且每年有700多万农村初中毕业生没有机会接受职业教育和培训，而直接进入劳动力市场。大量缺乏职业技能的农村劳动力，直接影响农村劳动力资源的能力提升与向非农产业稳定转移。

加强农村劳动力职业技能教育，提高农村劳动力的整体素质，关键要从创新农村教育制度入手，改革农村基础教育。①进一步完善我国农村基础教育的课程设置和教材内容。要结合农村实际，在农村普通初中的整个教学过程有计划地适量增加职业教育内容。这样可以增强学校的吸引力，激发学生的学习兴趣，解决厌学问题，减少辍学学生。②加快建立政府扶助、面向市场、多元办学的培训机制。政府应对农民职业教育实行财政扶持和全额救助制度，专门安排一部分公共支出用于农民职业教育事业。可以由国务院出面协调，将农业部、科技部、国务院扶贫办等部门用于农民培训工作的经费，整合集中使用，共同构建农村远程教育系统平台。③各级政府要继续支持新型农民科技培训，要结合农业结构调整、发展特色农业和生产实际的需要，开展针对性强、务实有效、通俗易懂的农业科技培训。提高农民务农技能，促进科学种田，扩大农村劳动力转移培训阳光工程实施规模，提高补助标准，提高培训的实用性和资金的使用效率，增强农民转产转岗就业的能力。④尽快制订《农民职业教育条例》，对农民职业教育及发展作出科学规范。

3. 积极发展农村社会保障事业　农村社会保障事业主要包括合作医疗保险、农村社会养老保险、农村低保等主要内容。尽快完善农村社会保险制度，重点解决农村居民“老有所养、老有所医”问题，特别是看病难、看病贵问题，有利于提高农村居民的生活质量，提高人口素质，也有利于解除农民后顾之忧，促进农民增收及农村计划生育政策的顺利实施。

目前，我国新型农村合作医疗制度建设刚刚起步，还面临许多困难与问题：①一些地方对建立新型农村合作医疗制度的长期性、艰巨性和复杂性认识不足；对试点工作的有关政策理解不透，未能很好贯彻落实，管理粗放。部分农民不清楚参加合作医疗的权利和义务，心存疑虑，担心合作医疗基金被挪用，担心医疗费用升高、得不到实惠等，影响了农民参加新型农村合作医疗的积极性。②多数地方还没有建立起合理的农民缴费机制，一些地方合作医疗基金没有完全封闭运行；还没有形成合理、简便、有效的缴费方式机制；在基金管理方面存在潜在的风险。③一些试点地区制定的试点方案不够科学、合理。有的试点的经济、地理条件和筹资水平相似，但起付线、封顶线和报销比例乃至参加农民的受益面、受益水平却存在较大差异。在费用报销上限制较多，报销比例不够适当；有的对病人流向缺乏必要限制，导致县以上医院住院费用补偿比例过大、资金过多，出现了透支的趋势。④一些农村医疗机构服务不规范，药品价格偏高。一些定点医疗机构不合理用药、不合理检查问题比较突出，次均住院费用和门诊费用上涨较快；处方药物和检查项目超出基本药物目录和规定检查的项目过多，不少费用不在报销之列，既增加了农民的费用负担，也加大了合作医疗基金支出。⑤合作医疗的管理能力薄弱。相当一部分试点经办机构编制没有完全落实，人员没有全部到位，工作经费不足。

针对上述问题，卫生部已经研究制定了相应的策略与措施。①当前要扎扎实实地做好试点工作，不断总结、完善、推广试点经验，逐步巩固和提高新型农村合作医疗制度，使农民从中得到实惠。②按照城乡统筹发展的要求稳步加大投入力度，从2006年起，中央和地方财政要不断增加投入，较大幅度提高补助标准，加强以乡镇卫生院为重点的农村卫生基础设施建设，有条件的地方，可对乡村医生实行补助制度。③规范农村药品与医疗服务管理，建立与农民收入水平相适应的农村药品供应和监管体系。④逐步

增加农村卫生人才培养的经费预算，组织城镇医疗机构和人员对口支持农村，鼓励各种社会力量参与发展农村卫生事业。⑤加大农村地方病、传染病和人畜共患疾病的防治力度。⑥加强农村计划生育服务设施建设，继续提倡优生优育，稳定农村低生育水平。通过实施上述政策措施，力争实现全国试点县2006年数量达到全国县总数的40%左右，2007年扩大到60%左右，2008年在全国基本推行，2010年实现新型农村合作医疗制度基本覆盖农村居民的目标。

要积极发展农村其他社会保障事业。2006年中央一号文件指出，要进一步完善农村"五保户"供养、特困户生活救助、灾民补助等社会救助体系；探索建立与农村经济发展水平相适应、与其他保障措施相配套的农村社会养老保险制度；落实军烈属优抚政策；积极扩大对农村部分计划生育家庭实行奖励扶助制度试点和西部地区计划生育"少生快富"扶贫工程实施范围；有条件的地方，要积极探索建立农村最低生活保障制度。

4. 积极开展农村救助与扶贫开发工作　我国地域广阔，自然条件各异，每年都有许多地区遭受自然灾害，致使当地农民生产生活遇到严重困难。各级政府要组织干部深入灾区和贫困地区，摸底排查，核实灾情，及时把救济款物发放到户，按规定减免有关税费，组织和引导灾区群众开展生产自救。要进一步加大扶贫开发力度，完善扶贫开发机制，提高扶贫成效。据对全国31个省（区、市）6.8万个农村住户的抽样调查，2004年农村贫困人口人均纯收入为579元，不到全国平均水平的1/5，2004年，人均纯收入在200元以下的贫困人口占3.5%，在200～400元之间的贫困人口占9.1%，在400～500元之间的贫困人口占14.2%，在500～600元之间的贫困人口占23.4%，在600元以上的贫困人口占49.8%。如何实现贫困人口逐步脱贫致富已是当前提高农民收入、建设社会主义新农村的重点任务。要因地制宜地实行整村推进的扶贫开发方式，加大力度改善贫困地区的生产生活条件。对低收入贫困人口，要着力帮助改善生产生活条件，发展特色产业，开辟增收渠道，减少和防止返贫；对尚未解决温饱的贫困人口，进一步采取更有针对性的扶贫措施，切实做到扶贫到村到户；对丧失劳动能力的特困人口，要实行社会救济，适当提高救济标准；对缺乏基本生存条件地区的贫困人口，要积极稳妥地进行生态移民和易地扶贫。抓好贫困地区劳动力的转移培训，扶持龙头企业带动贫困地区调整结构，拓宽贫困农户增收渠道。健全扶贫投入机制，完善管理机制，加强资金管理，提高使用效益，所有扶贫资金的使用都要实行公示、公告和报账制度，严格监督和审计，确保资金及时足额到位，真正使贫困户受益。

5. 积极开展农村精神文明建设，倡导健康文明新风尚　农村精神文明建设是社会主义精神文明建设的一个重要方面，目标在于培养有理想、有道德、有文化、有纪律的新型农民，其主要内容包括农村思想建设和农村文化建设两个方面。农村精神文明建设是随着物质文明建设发展而发展的。一方面，物质文明建设的发展带来了广大农民精神面貌的变化，思想观念的解放，开拓了视野，渴求建设新生活；另一方面，物质文化建设的发展，也对农村精神文明建设的需要不断提出新任务和要求。二者之间是互为条件、互相促进、相辅相成的，农村精神文明建设又为物质文明建设提供了精神动力、智力支持和思想保证。

要切实做好思想政治工作，端正方向，把思想政治工作放到重要的位置上。结合改革开放，农村商品经济的发展，大力弘扬以爱国主义为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神，激发农民群众发扬艰苦奋斗、自力更生的传统美德，引导农民摆脱小农经济思想束缚，加强社会主义、集体主义思想教育，为建设社会主义新农村提供强大的精神动力和思想保证。深入开展农村形势和政策教育，认真实施公民道德建设工程，积极推动群众性精神文明创建活动，开展和谐家庭、和谐村组、和谐村镇创建活动，引导农民崇尚科学，抵制迷信，移风易俗，破除陋习，树立先进的思想观念和良好的道德风尚，提倡科学健康的生活方式，在农村形成文明向上的社会风貌。

农村文化建设是有中国特色社会主义文化建设的重要内容之一，是社会主义精神文明建设的重要组成部分，在维护农村稳定、促进农村经济发展、提高农民综合素质实现观念转变等方面有着重要的作用。尤其是在当前全面建设小康社会时期，加快农村文化事业的发展将有利于增强农村经济的发展后劲，促进农村经济的快速发展，推进城市化的进程。要大力普及农村文化科学技术教育，丰富农村文化生活。目前，各级财政要增加对农村文化发展的投入，加强县文化馆、图书馆和乡镇文化站、村文化室等公共文

化设施建设，继续实施广播电视“村村通”和农村电影放映工程，发展文化信息资源共享工程农村基层服务点，构建农村公共文化服务体系；推动实施农民体育健身工程，积极开展多种形式的群众喜闻乐见、寓教于乐的文体活动，保护和发展有地方和民族特色的优秀传统文化，创新农村文化生活的载体和手段，引导文化工作者深入乡村，满足农民群众多层次、多方面的精神文化需求；扶持农村业余文化队伍，鼓励农民兴办文化产业；加强农村文化市场管理，抵制腐朽落后文化。

我们必须认识到农村精神文明建设的长期性和艰巨性。当前，农村精神文明建设仍面临着巨大的困难和任务，比较低下的农民文化程度，封建的、落后的、愚昧的思想观念的影响，再加上部分农村干部对农村精神文明建设的重要性认识不够，都将严重地影响农村精神文明建设。进行农村精神文明建设是一项长期、艰巨的任务，需要付出长时间的、极大的努力。

（三）农村民主政治建设政策

中共中央、国务院明确要求，要加强农村民主政治建设，切实维护农民的民主权利，让农民群众真正享有知情权、参与权、管理权、监督权。经过20多年的探索和实践，我国在农村基层民主建设中逐步形成了以民主选举、民主决策、民主管理、民主监督为主要内容的村民自治体系，广大农民参与民主管理的意识正在日益增强。但是，一些地方在村务公开和民主管理中，依然还存在着重形式轻实效、制度不健全、决策不民主等诸多问题。这不仅与我国农村所面临的新形势、新任务不相适应，而且在一定程度上阻碍了农村经济和社会的健康、持续发展。因此，要加强农村民主政治建设，逐步完善建设社会主义新农村的乡村治理机制。

1. 不断增强农村基层党组织的战斗力、凝聚力和创造力　充分发挥农村基层党组织的领导核心作用，为建设社会主义新农村提供坚强的政治和组织保障。要以建设社会主义新农村为主题，在全国农村深入开展保持共产党员先进性教育活动，引导广大农村党员学习贯彻党章，坚定理想信念，坚持党的宗旨。要结合农村实际，有针对性地开展正面教育，解决党组织和党员队伍中存在的突出问题，解决影响改革发展稳定的主要问题，解决群众最关心的重点问题，务求取得实效。加强农村基层组织的阵地建设，继续搞好农村党员干部现代远程教育，加大政策理论、法律法规和实用技术培训力度，引导农村基层干部发扬求真务实、踏实苦干的工作作风，广泛联系群众，增强带领群众增收致富的能力。关心和爱护农村基层干部，继续开展农村党的建设“三级联创”活动，加强基层党风廉政建设，巩固党在农村的执政基础。充分发挥农村共青团和妇联组织的作用。

2. 切实维护农民的民主权利　健全村党组织领导的充满活力的村民自治机制，进一步完善村务公开和民主议事制度，让农民群众真正享有知情权、参与权、管理权、监督权。完善村民“一事一议”制度，健全农民自主筹资筹劳的机制和办法，引导农民自主开展农村公益性设施建设。开展村务公开民主管理示范活动，推动农村基层志愿服务活动。加强农村法制建设，深入开展农村普法教育，增强农民的法制观念，提高农民依法行使权利和履行义务的自觉性。妥善处理农村各种社会矛盾，加强农村社会治安综合治理，打击“黄赌毒”等社会丑恶现象，建设平安乡村，创造农民安居乐业的社会环境。

3. 培育农村新型社会化服务组织　在继续增强农村集体组织经济实力和服务功能、发挥国家基层经济技术服务部门作用的同时，要鼓励、引导和支持农村发展各种新型的社会化服务组织。推动农产品行业协会发展，引导农业生产者和农产品加工、出口企业加强行业自律，搞好信息服务，维护成员权益。鼓励发展农村法律、财务等中介组织，为农民发展生产经营和维护合法权益提供有效服务。

（四）全面深化农村改革，健全社会主义新农村建设体制保障

1. 进一步深化以农村税费改革为主要内容的农村综合改革　要巩固和发展税费改革的成果，进一步减轻农民的税费负担，为最终实现城乡税制的统一创造条件。2006年，在全国范围取消农业税，要加快推进配套改革，继续加强农民负担监督管理，防止农民负担反弹，巩固农村税费改革成果。要按照强化公共服务、严格依法办事和提高行政效率的要求，通过试点、总结经验，积极稳妥地推进乡镇机构改革，切实转变乡镇政府职能，切实加强政府社会管理和公共服务的职能，创新乡镇事业站所运行机制，认真解决

机构和人员臃肿的问题，精简机构和人员，5年内乡镇机构编制只减不增，并妥善安置分流人员，确保社会稳定。加快农村义务教育体制改革，建立和完善各级政府责任明确、财政分级投入、经费稳定增长、管理以县为主的农村义务教育管理体制，中央和省级政府要更多地承担发展农村义务教育的责任，深化农村学校人事和财务等制度改革。有条件的地方可加快推进"省直管县"财政管理体制和"乡财县管乡用"财政管理方式的改革。各地要对乡村债务进行清理核实，2006年选择部分县（市）开展化解乡村债务试点工作，妥善处理历年农业税尾欠，完善涉农税收优惠方式，确保农民直接受益。深化国有农场税费改革，将农业职工土地承包费中类似农村"乡镇五项统筹"的费用全部减除，农场由此减少的收入由中央和省级财政给予适当补助。国有农场要逐步剥离办社会的职能，转变经营机制，在现代农业建设中发挥示范作用。

2. 加快推进农村金融改革。从农村实际和农民需要出发，按照有利于增加农户和企业贷款，有利于改善农村金融服务的要求，加快改革和创新农村金融体制，建立金融机构对农村社区服务的机制，明确县域内各金融机构为"三农"服务的义务。巩固和发展农村信用社改革试点成果，进一步完善治理结构和运行机制。县域内各金融机构在保证资金安全的前提下，将一定比例的新增存款投放当地，支持农业和农村经济发展，有关部门要抓紧制定管理办法。扩大邮政储蓄资金的自主运用范围，引导邮政储蓄资金返还农村。调整农业发展银行职能定位，拓宽业务范围和资金来源。国家开发银行要支持农村基础设施建设和农业资源开发。继续发挥农业银行支持农业和农村经济发展的作用。在保证资本金充足、严格金融监管和建立合理有效的退出机制的前提下，鼓励在县域内设立多种所有制的社区金融机构，允许私有资本、外资等参股。大力培育由自然人、企业法人或社团法人发起的小额贷款组织，有关部门要抓紧制定管理办法。引导农户发展资金互助组织。规范民间借贷。稳步推进农业政策性保险试点工作，加快发展多种形式、多种渠道的农业保险。各地可通过建立担保基金或担保机构等办法，解决农户和农村中小企业贷款抵押担保难问题，有条件的地方政府可给予适当扶持。

3. 统筹推进农村其他改革。稳定和完善以家庭承包经营为基础、统分结合的双层经营体制，健全在依法、自愿、有偿基础上的土地承包经营权流转机制，有条件的地方可发展多种形式的适度规模经营。加快集体林权制度改革，促进林业健康发展。完善粮食流通体制，深化国有粮食企业改革，转变企业经营机制，完善粮食现货和期货市场，严禁地区封锁，建立产销区稳定的购销关系，加强国家对粮食市场的宏观调控。当前，粮食主产区要注意发挥国有及国有控股粮食购销企业的主渠道作用。为保护种粮农民利益，要继续实施对主产区种粮农民的直接补贴制度，其他地区也要对本省（区、市）粮食主产县（市）的种粮农民实行直接补贴，要本着调动农民种粮积极性的原则，制定便于操作和监督的实施办法，确保补贴资金真正落实到农民手中。加快征地制度改革步伐，各级政府要切实落实最严格的耕地保护制度；按照缩小征地范围、完善补偿办法、拓展安置途径、规范征地程序的要求，严格遵守对非农占地的审批权限和审批程序，严格执行土地利用总体规划；要严格区分公益性用地和经营性用地，明确界定政府土地征用权和征用范围；完善土地征用程序和补偿机制，提高补偿标准，改进分配办法，加强对被征地农民的就业培训，拓宽就业安置渠道，妥善安置失地农民，并为他们提供社会保障；积极探索集体非农建设用地进入市场的途径和办法。

第十二章　农业法律分论

第一节　农业法

农业，是指种植业、林业、畜牧业和渔业等产业，包括与其直接相关的产前、产中、产后服务。农业是国民经济发展的基础产业，世界各国都把保护农业和促进农业发展放在重要地位。农业法，是调整在国

家促进农业和农村经济发展中发生的社会关系的法律规范。建立和完善以农业基本法为核心的农业法律体系的根本目的，是巩固和加强农业在国民经济中的基础地位，深化农村改革，维护农民和农业生产经营组织的合法权益，促进农业和农村经济的持续、稳定、健康发展，实现全面建设小康社会的目标。

一、农业法概述

（一）农业和农村经济发展的基本目标

国家把农业放在发展国民经济的首位。农业和农村经济发展的基本目标是：建立适应发展社会主义市场经济要求的农村经济体制，不断解放和发展农村生产力，提高农业的整体素质和效益，确保农产品供应数量和质量，满足国民经济发展和人口增长、生活改善的需求，提高农民的收入和生活水平，促进农村富余劳动力向非农产业和城镇转移，缩小城乡差别和区域差别，建设富裕、民主、文明的社会主义新农村，逐步实现农业和农村现代化。

（二）农业和农村经济发展的基本制度

1. 国家采取措施，保障农业更好地发挥在提供食物、工业原料和其他农产品，维护和改善生态环境，促进农村经济社会发展等多方面的作用。

2. 国家坚持和完善公有制为主体、多种所有制经济共同发展的基本经济制度，振兴农村经济。国家长期稳定农村以家庭承包经营为基础、统分结合的双层经营体制，发展社会化服务体系，壮大集体经济实力，引导农民走共同富裕的道路。国家在农村坚持和完善以按劳分配为主体、多种分配方式并存的分配制度。

3. 国家坚持科教兴农和农业可持续发展 的方针。国家采取措施加强农业和农村基础设施建设，调整、优化农业和农村经济结构，推进农业产业化经营，发展农业科技、教育事业，保护农业生态环境，促进农业机械化和信息化，提高农业综合生产能力。

4. 国家保护农民和农业生产经营组织的财产及其他合法权益不受侵犯。各级人民政府及其有关部门应当采取措施增加农民收入，切实减轻农民负担。

5. 全社会应当高度重视农业，支持农业发展。国家对发展农业和农村经济有显著成绩的单位和个人，给予奖励。

（三）农业管理体制

各级人民政府对农业和农村经济发展工作统一负责，组织各有关部门和全社会做好发展农业和为发展农业服务的各项工作。

国务院农业行政主管部门主管全国农业和农村经济发展工作，国务院林业行政主管部门和其他有关部门在各自的职责范围内，负责有关的林业和农村经济发展工作。县级以上地方人民政府各农业行政主管部门负责本行政区域内的种植业、畜牧业、渔业等农业和农村经济发展工作，林业行政主管部门负责本行政区域内的林业工作。县级以上地方人民政府其他有关部门在各自的职责范围内，负责本行政区域内有关的为农业生产经营服务的工作。

二、农业生产经营体制

国家实行农村土地承包经营制度，依法保障农村土地承包关系的长期稳定，保护农民对承包土地的使用权。农村土地承包经营的方式、期限、发包方和承包方的权利义务、土地承包经营权的保护和流转等，适用《中华人民共和国土地管理法》和《中华人民共和国农村土地承包法》。农村集体经济组织应当在家庭承包经营的基础上，依法管理集体资产，为其成员提供生产、技术、信息等服务，组织合理开发、利用集体资源，壮大经济实力。

国家鼓励农民在家庭承包经营的基础上自愿组成各类专业合作经济组织。农民专业合作经济组织应当坚持为成员服务的宗旨，按照加入自愿、退出自由、民主管理、盈余返还的原则，依法在其章程规定的

范围内开展农业生产经营和服务活动。农民专业合作经济组织可以有多种形式，依法成立、依法登记。任何组织和个人不得侵犯农民专业合作经济组织的财产和经营自主权。

农民和农业生产经营组织可以自愿按照民主管理、按劳分配和按股分红相结合的原则，以资金、技术、实物等入股，依法兴办各类企业。

国家采取措施发展多种形式的农业产业化经营，鼓励和支持农民和农业生产经营组织发展生产、加工、销售一体化经营。国家引导和支持从事农产品生产、加工、流通服务的企业、科研单位和其他组织，通过与农民或者农民专业合作经济组织订立合同或者建立各类企业等形式，形成收益共享、风险共担的利益共同体，推进农业产业化经营，带动农业发展。

农民和农业生产经营组织可以按照法律、行政法规成立各种农产品行业协会，为成员提供生产、营销、信息、技术、培训等服务，发挥协调和自律作用，提出农产品贸易救济措施的申请，维护成员和行业的利益。

三、农业生产法律规定

（一）制定和实施农业发展规划，促进形成合理的农业生产区域布局

县级以上人民政府根据国民经济和社会发展的中长期规划、农业和农村经济发展的基本目标和农业资源区划，制定农业发展规划。省级以上人民政府农业行政主管部门根据农业发展规划，采取措施发挥区域优势，促进形成合理的农业生产区域布局，指导和协调农业和农村经济结构调整。

（二）支持农民和农业生产经营组织调整和优化农业生产结构

县级以上人民政府应当制定政策，安排资金，引导和支持农业结构调整。国家引导和支持农民和农业生产经营组织结合本地实际按照市场需求，调整和优化农业生产结构，协调发展种植业、林业、畜牧业和渔业，发展优质、高产、高效益的农业，提高农产品国际竞争力。

（三）加强农业和农村基础设施建设，改善农业生产条件

各级人民政府应当采取措施，加强农业综合开发和农田水利、农业生态环境保护、乡村道路、农村能源和电网、农产品仓储和流通、渔港、草原围栏、动植物原种良种基地等农业和农村基础设施建设，改善农业生产条件，保护和提高农业综合生产能力。

（四）扶持良种选育、生产和推广使用

国家扶持动植物品种的选育、生产、更新和良种的推广使用，鼓励品种选育和生产、经营相结合，实施种子工程和畜禽良种工程。国务院和省、自治区、直辖市人民政府设立专项资金，用于扶持动植物良种的选育和推广工作。

（五）加强农村农田水利建设和管理，发展节水型农业

各级人民政府和农业生产经营组织应当加强农田水利设施建设，建立健全农田水利设施的管理制度，节约用水，发展节水型农业，严格依法控制非农业建设占用灌溉水源，禁止任何组织和个人非法占用或者毁损农田水利设施。国家对缺水地区发展节水型农业给予重点扶持。

（六）推动农业机械化和农业气象事业的发展

国家鼓励和支持农民和农业生产经营组织使用先进、适用的农业机械，加强农业机械安全管理，提高农业机械化水平。国家对农民和农业生产经营组织购买先进农业机械给予扶持。各级人民政府应当支持为农业服务的气象事业的发展，提高对气象灾害的监测和预报水平。

（七）保障农产品质量安全，发展优质农产品生产

国家采取措施提高农产品的质量，建立健全农产品质量标准体系和质量检验检测监督体系，按照有关技术规范、操作规程和质量卫生安全标准，组织农产品的生产经营，保障农产品质量安全。国家支持依

法建立健全优质农产品认证和标志制度。

（八）实行动植物检疫、防疫制度

国家实行动植物防疫、检疫制度，健全动植物防疫、检疫体系，加强对动物疫病和植物病、虫、杂草、鼠害的监测、预警、防治，建立重大动物疫情和植物病虫害的快速扑灭机制，建设动物无规定疫病区，实施植物保护工程。

（九）建立健全农业生产资料质量管理和安全使用制度

农药、兽药、饲料和饲料添加剂、肥料、种子、农业机械等可能危害人畜安全的农业生产资料的生产经营，依照相关法律、行政法规的规定实行登记或者许可制度。

四、农产品流通与加工法律规定

（一）农产品流通体制

1. 完善农产品购销体制　农产品的购销实行市场调节。国家对关系国计民生的重要农产品的购销活动实行必要的宏观调控，建立中央和地方分级储备调节制度，完善仓储运输体系，做到保证供应，稳定市场。

2. 农产品市场体系　国家逐步建立统一、开放、竞争、有序的农产品市场体系，制定农产品批发市场发展规划。对农村集体经济组织和农民专业合作经济组织建立农产品批发市场和农产品集贸市场，国家给予扶持。

3. 鼓励和支持发展多种形式的农产品流通活动　支持农民和农民专业合作经济组织按照国家有关规定从事农产品收购、批发、贮藏、运输、零售和中介活动。鼓励供销合作社和其他从事农产品购销的农业生产经营组织提供市场信息，开拓农产品流通渠道，为农产品销售服务。

（二）支持农产品加工业和食品工业发展

国家支持发展农产品加工业和食品工业，增加农产品的附加值。县级以上人民政府应当制定农产品加工业和食品工业发展规划，引导农产品加工企业形成合理的区域布局和规模结构，扶持农民专业合作经济组织和乡镇企业从事农产品加工和综合开发利用。

国家建立健全农产品加工制品质量标准，完善检测手段，加强农产品加工过程中的质量安全管理和监督，保障食品安全。

（三）鼓励发展农产品进出口

国家采取加强国际市场研究、提供信息和营销服务等措施，促进农产品出口。为维护农产品产销秩序和公平贸易，建立农产品进口预警制度，当某些进口农产品已经或者可能对国内相关农产品的生产造成重大的不利影响时，国家可以采取必要的措施。

五、粮食安全法律规定

国家采取措施保护和提高粮食综合生产能力，稳步提高粮食生产水平，保障粮食安全。对粮食主产区给予重点扶持，建设稳定的商品粮生产基地，改善粮食收贮及加工设施，提高粮食主产区的粮食生产、加工水平和经济效益。

国家建立粮食安全预警制度，采取措施保障粮食供给。国务院应当制定粮食安全保障目标与粮食储备数量指标，并根据需要组织有关主管部门进行耕地、粮食库存情况的核查。国家建立粮食风险基金，用于支持粮食储备、稳定粮食市场和保护农民利益。在粮食的市场价格过低时，国务院可以决定对部分粮食品种实行保护价制度。

提倡珍惜和节约粮食，并采取措施改善人民的食物营养结构。

六、农业投入与支持保护法律规定

（一）国家建立和完善农业支持保护体系

采取财政投入、税收优惠、金融支持等措施，从资金投入、科研与技术推广、教育培训、农业生产资料供应、市场信息、质量标准、检验检疫、社会化服务以及灾害救助等方面扶持农民和农业生产经营组织发展农业生产，提高农民的收入水平。

（二）逐步提高农业投入的总体水平

1. 国家逐步提高农业投入的总体水平。中央和县级以上地方财政每年对农业总投入的增长幅度应当高于其财政经常性收入的增长幅度。

2. 县级以上人民政府每年财政预算内安排的各项用于农业的资金应当及时足额拨付。各级人民政府应当加强对国家各项农业资金分配、使用过程的监督管理，保证资金安全，提高资金的使用效率。

3. 运用税收、价格、信贷等手段，鼓励和引导农民和农业生产经营组织增加农业生产经营性投入和小型农田水利等基本建设投入。

4. 采取措施，促进农业扩大利用外资。

（三）发展农村社会化服务事业

建立主体多元、社会与政府相结合的农业信息服务体系。各级人民政府应当鼓励和支持企业、事业单位及其他各类经济组织开展农业信息服务。

国家鼓励和扶持农用工业的发展。采取税收、信贷等手段鼓励和扶持农业生产资料的生产和贸易，为农业生产稳定增长提供物质保障。

支持农业社会化服务体系。鼓励供销合作社、农村集体经济组织、农民专业合作经济组织、其他组织和个人发展多种形式的农业生产产前、产中、产后的社会化服务事业。县级以上人民政府及其各有关部门应当采取措施对农业社会化服务事业给予支持。

国家建立健全农村金融体系，加强农村信用制度建设，加强农村金融监管。有关金融机构应当采取措施增加信贷投入，改善农村金融服务，对农民和农业生产经营组织的农业生产经营活动提供信贷支持。

国家逐步建立和完善政策性农业保险制度。鼓励和扶持农民和农业生产经营组织建立为农业生产经营活动服务的互助合作保险组织，鼓励商业性保险公司开展农业保险业务。

（四）农业灾害救助制度

各级人民政府应当采取措施，提高农业防御自然灾害的能力，做好防灾、抗灾和救灾工作，帮助灾民恢复生产，组织生产自救，开展社会互助互济；对没有基本生活保障的灾民给予救济和扶持。

七、农业科技与农业教育法律规定

（一）政府推动农业科技与农业教育事业发展的工作重点

国务院和省级人民政府应当制定农业科技、农业教育发展规划，发展农业科技、教育事业。县级以上人民政府应当按照国家有关规定逐步增加农业科技经费和农业教育经费。国家鼓励、吸引企业等社会力量增加农业科技投入，鼓励农民、农业生产经营组织、企业事业单位等依法举办农业科技、教育事业。

（二）促进农业科学技术进步

国家保护植物新品种、农产品地理标志等知识产权，鼓励和引导农业科研、教育单位加强农业科学技术的基础研究和应用研究，传播和普及农业科学技术知识，加速科技成果转化与产业化，促进农业科学技术进步。

（三）加强农业科技推广

1. 建立三个“结合”的农业技术推广体系　国家扶持农业技术推广事业，建立政府扶持和市场引导

相结合、有偿与无偿服务相结合、国家农业技术推广机构和社会力量相结合的农业技术推广体系，促使先进的农业技术尽快应用于农业生产。

2. 国家农业技术推广机构职责及队伍的建设　国家设立的农业技术推广机构应当以农业技术试验示范基地为依托，承担公共所需的关键性技术的推广和示范工作，为农民和农业生产经营组织提供公益性农业技术服务。县级以上人民政府应当根据农业生产发展需要，稳定和加强农业技术推广队伍，保障农业技术推广机构的工作经费。

3. 关于农业技术推广活动及鼓励多元主体参与的规定　农业科研单位、有关学校、农业技术推广机构以及科技人员，根据农民和农业生产经营组织的需要，可以提供无偿服务，也可以通过技术转让、技术服务、技术承包、技术入股等形式，提供有偿服务，取得合法收益。农业科研单位、有关学校、农业技术推广机构以及科技人员应当提高服务水平，保证服务质量。

4. 国家建立农业专业技术人员继续教育制度　县级以上人民政府农业行政主管部门会同教育、人事等有关部门制定农业专业技术人员继续教育计划，并组织实施。

5. 发展教育事业　国家在农村依法实施义务教育，并保障义务教育经费。国家在农村举办的普通中小学校教职工工资由县级人民政府按照国家规定统一发放，校舍等教学设施的建设和维护经费由县级人民政府按照国家规定统一安排。

发展农业职业教育。国务院有关部门按照国家职业资格证书制度的统一规定，开展农业行业的职业分类、职业技能鉴定工作，管理农业行业的职业资格证书。

采取措施鼓励农民采用先进的农业技术，支持农民举办各种科技组织，开展农业实用技术培训、农民绿色证书培训和其他就业培训，提高农民的文化技术素质。

八、农业资源与农业环境保护法律规定

（一）发展生态农业，建立农业资源区划和监测制度

发展农业和农村经济必须合理利用和保护土地、水、森林、草原、野生动植物等自然资源，合理开发和利用水能、沼气、太阳能、风能等可再生能源和清洁能源，发展生态农业，保护和改善生态环境。

（二）保养耕地、防治水土流失和土地沙化

农民和农业生产经营组织应当保养耕地，合理使用化肥、农药、农用薄膜，增加使用有机肥料，采用先进技术，保护和提高地力，防止农用地的污染、破坏和地力衰退。

各级人民政府应当采取措施，加强小流域综合治理，预防和治理水土流失。从事可能引起水土流失的生产建设活动的单位和个人，必须采取预防措施，并负责治理因生产建设活动造成的水土流失。

（三）保护森林、草原和渔业资源制度

国家实行全民义务植树制度，加强森林资源建设和保护。

加强草原保护、建设和管理。

保护渔业资源。

（四）禁止毁林开荒，实行退耕还林、还草、还湖、还湿地

禁止毁林毁草开垦、烧山开垦以及开垦国家禁止开垦的陡坡地，已经开垦的应当逐步退耕还林、还草。禁止围湖造田以及围垦国家禁止围垦的湿地。已经围垦的，应当逐步退耕还湖、还湿地。对在国务院批准规划范围内实施退耕的农民，应当按照国家规定予以补助。

（五）农业生物物种资源保护制度

国家建立与农业生产有关的生物物种资源保护制度，保护生物多样性，对稀有、濒危、珍贵生物资源及其原生地实行重点保护。从境外引进生物物种资源应当依法进行登记或者审批，并采取相应安全控制措施。

（六）农业生态环境保护制度

1. 防止农业生态环境污染　各级农业行政主管部门应当引导农民和农业生产经营组织采取生物措施或者使用高效低毒低残留农药、兽药，防治动植物病、虫、杂草、鼠害。农产品采收后的秸秆及其他剩余物质应当综合利用，妥善处理，防止造成环境污染和生态破坏。从事畜禽等动物规模养殖的单位和个人应当对粪便、废水及其他废弃物进行无害化处理或者综合利用，从事水产养殖的单位和个人应当合理投饵、施肥、使用药物，防止造成环境污染和生态破坏。

2. 防止"三废"污染农业环境　县级以上人民政府应当采取措施，督促有关单位进行治理，防止废水、废气和固体废弃物对农业生态环境的污染。排放废水、废气和固体废弃物造成农业生态环境污染事故的，由环境保护行政主管部门或者农业行政主管部门依法调查处理；给农民和农业生产经营组织造成损失的，有关责任者应当依法赔偿。

九、农民权益保护制度

（一）减轻农民经济负担的法律保护

1. 关于向农民收费、罚款、摊派的法律规定　任何机关或者单位向农民或者农业生产经营组织收取行政、事业性费用，进行罚款处罚必须依据法律、法规的规定。收费的项目、范围和标准应当公布。没有法律、法规依据的收费，农民和农业生产经营组织有权拒绝。

任何机关或者单位不得以任何方式向农民或者农业生产经营组织进行摊派。除法律、法规另有规定外，任何机关或者单位以任何方式要求农民或者农业生产经营组织提供人力、财力、物力的，属于摊派。农民和农业生产经营组织有权拒绝任何方式的摊派。

2. 关于集资、达标活动及筹资酬劳的规定　各级人民政府及其有关部门和所属单位不得以任何方式向农民或者农业生产经营组织集资。没有法律、法规依据或者未经国务院批准，任何机关或者单位不得在农村进行任何形式的达标、升级、验收活动。

农村集体经济组织或者村民委员会为发展生产或者兴办公益事业，需要向其成员（村民）筹资筹劳的，应当经成员（村民）会议或者成员（村民）代表会议过半数通过后，方可进行。

农村集体经济组织或者村民委员会依照前款规定筹资筹劳的，不得超过省级以上人民政府规定的上限控制标准，禁止强行以资代劳。

农村集体经济组织和村民委员会对涉及农民利益的重要事项，应当向农民公开，并定期公布财务账目，接受农民的监督。

3. 关于农民纳税负担和教育负担的规定　农民和农业生产经营组织依照法律、行政法规的规定承担纳税义务。税务机关及代扣、代收税款的单位应当依法征税，不得违法摊派税款及以其他违法方法征税。

农村义务教育除按国务院规定收取的费用外，不得向农民和学生收取其他费用。禁止任何机关或者单位通过农村中小学校向农民收费。

（二）农民土地权益的法律保护

国家依法征用农民集体所有的土地，应当保护农民和农村集体经济组织的合法权益，依法给予农民和农村集体经济组织征地补偿，任何单位和个人不得截留、挪用征地补偿费用。

各级人民政府、农村集体经济组织或者村民委员会在农业和农村经济结构调整、农业产业化经营和土地承包经营权流转等过程中，不得侵犯农民的土地承包经营权，不得干涉农民自主安排的生产经营项目，不得强迫农民购买指定的生产资料或者按指定的渠道销售农产品。

（三）农民在接受社会化服务中的权利保护

任何单位和个人向农民或者农业生产经营组织提供生产、技术、信息、文化、保险等有偿服务，必须坚

持自愿原则，不得强迫农民和农业生产经营组织接受服务。

农产品收购单位在收购农产品时，不得压级压价，不得在支付的价款中扣缴任何费用。法律、行政法规规定代扣、代收税款的，依照法律、行政法规的规定办理。

农产品收购单位与农产品销售者因农产品的质量等级发生争议的，可以委托具有法定资质的农产品质量检验机构检验。

农业生产资料使用者因生产资料质量问题遭受损失的，出售该生产资料的经营者应当予以赔偿，赔偿额包括购货价款、有关费用和可得利益损失。

（四）农民的行政请求权和司法请求权

农民或者农业生产经营组织为维护自身的合法权益，有向各级人民政府及其有关部门反映情况和提出合法要求的权利，人民政府及其有关部门对农民或者农业生产经营组织提出的合理要求，应当按照国家规定及时给予答复。

违反法律规定，侵犯农民权益的，农民或者农业生产经营组织可以依法申请行政复议或者向人民法院提起诉讼，有关人民政府及其有关部门或者人民法院应当依法受理。人民法院和司法行政主管机关应当依照有关规定为农民提供法律援助。

十、农村经济发展的法律规定

（一）促进农村经济全面发展的方针、基本措施和目标

国家坚持城乡协调发展的方针，扶持农村第二、第三产业发展，调整和优化农村经济结构，增加农民收入，促进农村经济全面发展，逐步缩小城乡差别。

（二）发展农村经济的各项具体措施

1. 发展乡镇企业　各级人民政府应当采取措施，发展乡镇企业，支持农业的发展，转移富余的农业劳动力。国家完善乡镇企业发展的支持措施，引导乡镇企业优化结构，更新技术，提高素质。

2. 推进小城镇建设　县级以上地方人民政府应当根据当地的经济发展水平、区位优势和资源条件，按照合理布局、科学规划、节约用地的原则，有重点地推进农村小城镇建设。地方各级人民政府应当注重运用市场机制，完善相应政策，吸引农民和社会资金投资小城镇开发建设，发展第二、第三产业，引导乡镇企业相对集中发展。

3. 促进农村富裕劳动力有序流动　国家采取措施引导农村富余劳动力在城乡、地区间合理有序流动。地方各级人民政府依法保护进入城镇就业的农村劳动力的合法权益，不得设置不合理限制，已经设置的应当取消。

（三）发展农村社会保障事业

国家逐步完善农村社会救济制度，保障农村五保户、贫困残疾农民、贫困老年农民和其他丧失劳动能力的农民的基本生活。鼓励、支持农民巩固和发展农村合作医疗和其他医疗保障形式，提高农民健康水平。

国家扶持贫困地区改善经济发展条件，帮助进行经济开发。省级人民政府根据国家关于扶持贫困地区的总体目标和要求，制定扶贫开发规划，并组织实施。

中央和省级财政应当把扶贫开发投入列入年度财政预算，并逐年增加，加大对贫困地区的财政转移支付和建设资金投入。

十一、执法监督和法律责任

（一）农业执法监督

县级以上人民政府应当采取措施逐步完善适应社会主义市场经济发展要求的农业行政管理体制。

县级以上人民政府农业行政主管部门和有关行政主管部门应当加强规划、指导、管理、协调、监督、服务职责，依法行政，公正执法。县级以上人民政府农业行政主管部门及其执法人员履行执法监督检查职责时，有权采取下列措施：要求被检查单位或者个人说明情况，提供有关文件、证照、资料；责令被检查单位或者个人停止违反本法的行为，履行法定义务。农业行政主管部门与农业生产、经营单位必须在机构、人员、财务上彻底分离。农业行政主管部门及其工作人员不得参与和从事农业生产经营活动。

（二）违反农业法的法律责任

1. 侵害农民合法权益的法律责任。违反《农业法》规定，侵害农民和农业生产经营组织的土地承包经营权等财产权或者其他合法权益的，应当停止侵害，恢复原状；造成损失、损害的，依法承担赔偿责任。

2. 破坏农田水利设施、违反生产资料安全生产经营使用制度、乱开垦、乱围垦及在土地征用过程中侵害农民合法权益等行为，依照相关法律或者行政法规的规定予以处罚。

3. 有下列行为之一的，由上级主管机关责令限期归还被截留、挪用的资金，没收非法所得，并由上级主管机关或者所在单位给予直接负责的主管人员和其他直接责任人员行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：截留、挪用粮食收购资金的；截留、挪用用于农业的财政资金和信贷资金的；截留、挪用扶贫资金的。

4. 违法向农民或者农业生产经营组织违法收费、罚款、摊派的，上级主管机关应当予以制止，并予公告；已经收取钱款或者已经使用人力、物力的，由上级主管机关责令限期归还已经收取的钱款或者折价偿还已经使用的人力、物力，并由上级主管机关或者所在单位给予直接负责的主管人员和其他直接责任人员行政处分；情节严重，构成犯罪的，依法追究刑事责任。

5. 有下列行为之一的，由上级主管机关责令停止违法行为，并给予直接负责的主管人员和其他直接责任人员行政处分，责令退还违法收取的集资款、税款或者费用：非法在农村进行集资、达标、升级、验收活动的；以违法方法向农民征税的；通过农村中小学校向农民超额、超项目收费的。

6. 违法强迫农民以资代劳的，由乡（镇）人民政府责令改正，并退还违法收取的资金。

7. 违法强迫农民和农业生产经营组织接受有偿服务的，由有关人民政府责令改正，并返还其违法收取的费用；情节严重的，给予直接负责的主管人员和其他直接责任人员行政处分；造成农民和农业生产经营组织损失的，依法承担赔偿责任。

8. 县级以上人民政府农业行政主管部门的工作人员违反本法规定参与和从事农业生产经营活动的，依法给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第二节　农村土地承包法

2002年8月29日，全国人大常委会通过了《农村土地承包经营法》，用法律的形式对土地承包中涉及的重要问题作出规定，必将进一步稳定党在农村的土地承包政策，对于保障亿万农民的根本权益，促进农业发展，保持农村稳定，具有深远意义。

土地的家庭承包经营是农村新的经营体制的基础，国家依法保障农村土地承包关系的长期稳定，赋予农民长期而有保障的土地使用权。《农村土地承包法》确认了土地承包经营权的物权属性，并给予物权性质的保护。

一、土地承包遵循的原则

（一）按照规定统一组织承包时，本集体经济组织成员依法平等地行使承包土地的权利，也可以自愿放弃承包土地的权利；

（二）民主协商，公平合理；

（三）承包方案应当依法经本集体经济组织成员的村民会议三分之二以上成员或者三分之二以上村

民代表的同意。

二、发包方和承包方的权利和义务

农村集体土地的发包方依据不同的情况分别确定：土地依法属于村农民集体所有的，由该集体经济组织或者村民委员会发包；已经分别属于村内两个以上农村集体经济组织所有的，由村内各该集体经济组织或者村民小组发包。村集体经济组织或者村民委员会发包的，不得改变该土地权属。国家所有，依法由农民使用的农村土地，由使用该土地的村集体经济组织或者村民委员会或者村民小组发包。承包方是农村集体经济组织的成员，他们依法平等地行使承包土地的权利，也可以自愿放弃承包土地的权利。

（一）发包方的权利和义务

1. 发包方享有下列权利：发包本集体所有的或者国家所有依法由本集体使用的农村土地；监督承包方依照承包合同约定的用途合理利用和保护土地；制止承包方损害承包地和农业资源的行为；法律、行政法规规定的其他权利，如有权要求承包方承担因损害承包地造成的赔偿责任等。

2. 发包方承担下列义务：维护承包方的土地承包经营权利，不得非法变更、解除承包合同；尊重承包方的生产经营自主权，不得干涉承包方依法进行正常的生产经营活动；依照承包合同约定为承包方提供生产、技术、信息等服务；执行县、乡（镇）土地利用总体规划，组织本集体经济组织内的农业基础设施建设；法律、行政法规规定的其他义务。

（二）承包方的权利和义务

1. 承包方享有下列权利：依法享有承包地使用、收益和土地承包经营权流转的权利，有权自主组织生产经营和处置产品；承包地被依法征用、占用的，有权依法获得相应的补偿；法律、行政法规规定的其他权利。

2. 承包方承担下列义务：维持土地的农业用途，不得用于非农建设；依法保护和合理利用土地，不得给土地造成永久性损害；法律、行政法规规定的其他义务。

三、承包期限和承包合同

（一）承包期限

耕地的承包期为30年，草地的承包期限为30～50年，林地的承包期为30～70年；特殊林木的林地承包期，经国务院林业行政主管部门批准可以延长。《农村土地承包法》实施前已经按照国家有关农村土地承包政策承包土地的，承包期限长于该法规定的，该法实施后继续有效。赋予农民长期稳定的承包经营权，既是保护农民权益的需要，也有利于调动和保护农民保护土地、合理利用土地、提高土地生产力的积极性。

（二）承包合同的形式和内容

发包方应当与承包方订立书面承包合同，合同一般包括以下条款：发包方、承包方的名称，发包方负责人和承包方代表的姓名、住所；承包土地的名称、坐落、面积、质量等级；承包期限和起止日期；承包土地的用途；发包方和承包方的权利和义务；违约责任。合同约定的事项属于当事人可以自由处分的权利，上述各项约定不能违反法律关于“承包期限、双方权利和义务的强制性规定”。

（三）土地承包经营权的确认

承包合同自成立之日起生效。承包方自承包合同生效时取得土地承包经营权，不需要办理其他批准、登记手续。承包工作结束后，县级以上地方人民政府应当向承包方颁发土地承包经营权证或者林权证等证书，并登记造册，确认土地承包经营权。

四、土地承包经营权的保护

《农村土地承包法》第26～31条规定了土地承包经营权利保护制度，包括以下内容：

（一）承包期内，发包方不得收回承包地。就是说，除法定的例外情形外，发包方不得以任何理由收回承包方的承包地。承包期内，承包方全家迁入小城镇落户的，应当按照承包方的意愿，保留其土地经营权，或者允许其依法进行土地承包经营权流转。法定的例外情形是：承包期内，承包方全家迁入设区的市，转为非农业户口的，应当将承包的耕地和草地交回发包方。承包方不交回的，发包方可以收回承包的耕地和草地。承包期内，承包方交回承包地或者发包方依法收回承包地时，承包方对其在承包地上投入而提高土地生产能力的，有权获得相应的补偿。

（二）承包期内，发包方不得调整承包地。法律对其例外情形作了严格限定：承包期内，因自然灾害严重毁损承包地等特殊情形对个别农户之间承包的耕地和草地需要适当调整的，必须经本集体经济组织成员的村民会议三分之二以上成员或者三分之二以上村民代表的同意，并报乡（镇）人民政府和县级人民政府农业等行政主管部门批准。并且，如果承包合同中已约定不得调整的，按照其约定。法律还规定下列土地应当用于调整承包土地或者承包给新增人口：集体经济组织依法预留的机动地；通过依法开垦等方式增加的土地；承包方依法、自愿交回的土地。

（三）承包方可以自愿放弃承包土地。其要求是提前半年以书面形式通知发包方；在承包期内不得再要求承包土地。

（四）妇女的承包经营权受法律保护。承包期内，妇女结婚，在新居住地未取得承包地的，发包方不得收回其原承包地；妇女离婚或者丧偶，仍在原居住地生活或者不在原居住地生活但在新居住地未取得承包地的，发包方不得收回其原承包地。

（五）家庭承包的继承。承包人应得的承包收益，依照继承法的规定继承。林地承包的承包人死亡，其继承人可以在承包期内继续承包。两者的区别是：前者继承的是承包收益，后者继承的是承包经营权。

五、土地承包经营权的流转

承包方享有自主的承包土地流转权。这是法律赋予农民的基本权利，承包经营权流转同时也是生产力发展到一定阶段的产物，是土地要素市场化流转的客观要求。《农村土地承包法》第二章第五节专门对土地承包经营权流转的原则、方式、程序等做出了具体规定。

（一）土地承包经营权流转应遵循以下原则：平等协商、自愿、有偿，任何组织和个人不得强迫或者阻碍承包方进行土地承包经营权流转；不得改变土地所有权的性质和土地的农业用途；流转的期限不得超过承包期的剩余期限；受让方须有农业经营能力；在同等条件下，本集体经济组织成员享有优先权。

土地承包经营权流转的主体是承包方。承包方有权依法自主决定土地承包经营权是否流转和流转的方式。作为自愿原则的保障措施，法律规定，承包期内，发包方不得单方面解除承包合同，不得假借少数服从多数强迫承包方放弃或者变更土地承包经营权，不得以划分“口粮田”和“责任田”等为由收回承包地搞招标承包，不得将承包地收回抵顶欠款。

（二）土地承包经营权流转的方式。通过家庭承包取得的土地承包经营权可以依法采取转包、出租、互换、转让或者其他方式流转。①土地转包，是指在承包期内，承包方将部分或者全部土地的使用权，以一定条件转给第三方从事农业经营，原发包方与承包方的的权利和义务关系不变。②土地转让，是指在承包期内，承包方经发包方同意，将部分或全部承包土地的使用权让渡给本集体经济组织其他成员从事农业经营。转让后，原承包方与发包方的权利义务关系终结。转让的受让方原则上只能是本集体经济组织的其他成员或者集体经济组织本身。③土地互换，是指承包人之间为各自需要和便于耕种管理，交换其承包地块的使用权。④土地入股，是指在承包期内，承包方将土地承包经营权量化为股权，农民凭股权入股，组成股份公司或者合作社，公司或者合作社对土地实行招标承包，或者对外租赁，或者直接开发，农民按股分红。⑤土地租赁，是指在承包期内承包方将承包的部分或全部土地使用权出租给本集体经济组织成员以外的他人经营农业。

（三）土地承包经营权流转合同。土地承包经营权采取转包、出租、互换、转让或者其他方式流转，当事人双方应当签订书面合同，承包方将土地交由他人代耕不满一年的，可以不签订书面合同。采取转让

方式流转的，应当经发包方同意；采取转包、出租、互换或者其他方式流转的，应当报发包方备案。

土地承包经营权流转合同一般包括以下条款：①双方当事人的姓名、住所；②流转土地的名称、坐落、面积、质量等级；③流转的期限和起止日期；④流转土地的用途；⑤双方当事人的权利和义务；⑥流转价款及支付方式；⑦违约责任。

土地承包经营权采取互换、转让方式流转，当事人要求登记的，应当向县级以上地方人民政府申请登记。未经登记，不得对抗善意第三人。承包方对其在承包地上投入而提高土地生产能力的，土地承包经营权依法流转时有权获得相应的补偿。

六、其他方式的承包

不宜采取家庭承包方式的荒山、荒沟、荒丘、荒滩等农村土地，直接通过招标、拍卖、公开协商等方式实行承包经营，也可以将土地承包经营权折股分给本集体经济组织成员后，再实行承包经营或者股份合作经营。以这种方式承包土地，在同等条件下，本集体经济组织成员享有优先承包权。

在程序上，发包方将农村土地发包给本集体经济组织以外的单位或者个人承包，应当事先经本集体经济组织成员的村民会议三分之二以上成员或者三分之二以上村民代表的同意，并报乡（镇）人民政府批准。同时，应当对承包方的资信情况和经营能力进行审查后，再签订承包合同。

通过招标、拍卖、公开协商等方式承包农村土地，经依法登记取得土地承包经营权证或者林权证等证书的，其土地承包经营权可以依法采取转让、出租、入股、抵押或者其他方式流转。

七、争议的解决和责任

因土地承包经营发生纠纷的，双方当事人可以通过协商解决，也可以请求村民委员会、乡（镇）人民政府等调解解决。当事人不愿协商、调解或者协商、调解不成的，可以向农村土地承包仲裁机构申请仲裁，也可以直接向人民法院起诉。当事人对农村土地承包仲裁机构的仲裁裁决不服的，可以在收到裁决书之日起30日内向人民法院起诉。逾期不起诉的，裁决书即发生法律效力。任何组织和个人侵害承包方的土地承包经营权的，应当承担民事责任。

对承包方利益的保护：①任何组织和个人侵害承包方的土地承包经营权的，应当承担民事责任。②发包方有下列行为之一的，应当承担停止侵害、返还原物、恢复原状、排除妨害、消除危险、赔偿损失等民事责任：干涉承包方依法享有的生产经营自主权；违反本法规定收回、调整承包地；强迫或者阻碍承包方进行土地承包经营权流转；假借少数服从多数强迫承包方放弃或者变更土地承包经营权而进行土地承包经营权流转；以划分"口粮田"和"责任田"等为由收回承包地搞招标承包；将承包地收回抵顶欠款；剥夺、侵害妇女依法享有的土地承包经营权；其他侵害土地承包经营权的行为。③承包合同中违背承包方意愿或者违反法律、行政法规有关不得收回、调整承包地等强制性规定的约定无效。④当事人一方不履行合同义务或者履行义务不符合约定的，应当依照《中华人民共和国合同法》的规定承担违约责任。⑤任何组织和个人强迫承包方进行土地承包经营权流转的，该流转无效。⑥任何组织和个人擅自截留、扣缴土地承包经营权流转收益的，应当退还。⑦违反土地管理法规，非法征用、占用土地或者贪污、挪用土地征用补偿费用，构成犯罪的，依法追究刑事责任；造成他人损害的，应当承担损害赔偿等责任。

关于承包方责任的规定：承包方违法将承包地用于非农建设的，由县级以上地方人民政府有关行政主管部门依法予以处罚。承包方给承包地造成永久性损害的，发包方有权制止，并有权要求承包方赔偿由此造成的损失。

第三节　村民委员会组织法

以建立村民委员会，扩大基层民主，实行村民自治为核心的农村政治体制改革，是党领导亿万农民建设有中国特色社会主义民主政治的伟大创造，为中国农村找到了一条发展社会主义民主政治的正确道

路。1998年11月4日，九届全国人大常委会第五次会议修订通过《中华人民共和国村民委员会组织法》，奠定了加强农村基层民主政治建设，保障民主选举、民主决策、民主管理、民主监督等基本民主权利的制度基础。

一、村民委员会的性质与职责

村民委员会是村民自我管理、自我教育、自我服务的基层群众性自治组织，实行民主选举、民主决策、民主管理、民主监督。村民委员会办理本村的公共事务和公益事业，调解民间纠纷，协助维护社会治安，向人民政府反映村民的意见、要求和提出建议。

中国共产党在农村的基层组织，按照中国共产党章程进行工作，发挥领导核心作用；依照宪法和法律，支持和保障村民开展自治活动、直接行使民主权利。乡、民族乡、镇的人民政府对村民委员会的工作给予指导、支持和帮助，但不干预依法属于村民自治范围内的事项。村民委员会协助乡、民族乡、镇的人民政府开展工作。

村民委员会应当支持和组织村民依法发展各种形式的合作经济和其他经济，承担本村生产的服务和协调工作，促进农村生产建设和社会主义市场经济的发展。村民委员会应当尊重集体经济组织依法独立进行经济活动的自主权，维护以家庭承包经营为基础、统分结合的双层经营体制，保障集体经济组织和村民、承包经营户、联户或者合伙的合法的财产权和其他合法的权利和利益。村民委员会依照法律规定，管理本村属于村农民集体所有的土地和其他财产，教育村民合理利用自然资源，保护和改善生态环境。

村民委员会应当宣传宪法、法律、法规和国家的政策，教育和推动村民履行法律规定的义务，爱护公共财产，维护村民的权利和利益，发展文化教育，普及科技知识，促进村和村之间的团结、互助，开展多种形式的社会主义精神文明建设活动。村民委员会应当协助有关部门，对被依法剥夺政治权利的村民进行教育、帮助和监督。多民族村民居住的村，村民委员会应当教育和引导村民加强民族团结、互相尊重、互相帮助。村民委员会及其成员应当遵守宪法、法律、法规和国家的政策，办事公道，廉洁奉公，热心为村民服务。

二、村民委员会的组织机构

村民委员会根据村民居住状况、人口多少，按照便于群众自治的原则设立。村民委员会的设立、撤销、范围调整，由乡、民族乡、镇的人民政府提出，经村民会议讨论同意后，报县级人民政府批准。驻在农村的机关、团体、部队、全民所有制企业、事业单位的人员不参加村民委员会组织，不属于村办的集体所有制单位的人员可以不参加村民委员会组织，但是，他们都应当遵守有关村规民约。所在地的村民委员会、村民会议或者村民代表讨论和处理同这些单位有关的问题，应当与他们协商解决。

村民委员会由主任、副主任和委员共三至七人组成。村民委员会成员中，妇女应当有适当的名额，多民族村民居住的村应当有人数较少的民族的成员。村民委员会成员不脱离生产，根据情况，可以给予适当补贴。

村民委员会可以按照村民居住状况分设若干村民小组，小组长由村民小组会议推选。村民委员会根据需要设人民调解、治安保卫、公共卫生等委员会。村民委员会成员可以兼任下属委员会的成员。人口少的村的村民委员会可以不设下属委员会，由村民委员会成员分工负责人民调解、治安保卫、公共卫生等工作。

村民委员会决定问题，采取少数服从多数的原则。村民委员会进行工作，应当坚持群众路线，充分发扬民主，认真听取不同意见，坚持说服教育，不得强迫命令，不得打击报复。

三、村民委员会直接选举制度

村民委员会主任、副主任和委员，由村民直接选举产生。任何组织或者个人不得指定、委派或者撤换村民委员会成员。村民委员会每届任期3年，届满应当及时举行换届选举。村民委员会成员可以连选连

任。

年满18周岁的村民，不分民族、种族、性别、职业、家庭出身、宗教信仰、教育程度、财产状况、居住期限，都有选举权和被选举权；但是，依照法律被剥夺政治权利的人除外。有选举权和被选举权的村民名单，应当在选举日的20日以前公布。

村民委员会的选举，由村民选举委员会主持。村民选举委员会成员由村民会议或者各村民小组推选产生。

选举村民委员会，由本村有选举权的村民直接提名候选人。候选人的名额应当多于应选名额。选举村民委员会，有选举权的村民的过半数投票，选举有效；候选人获得参加投票的村民的过半数的选票，始得当选。选举实行无记名投票、公开计票的方法，选举结果应当当场公布。选举时，设立秘密写票处。具体选举办法可以由省、自治区、直辖市的人民代表大会常务委员会规定。

以威胁、贿赂、伪造选票等不正当手段，妨害村民行使选举权、被选举权，破坏村民委员会选举的，村民有权向乡、民族乡、镇的人民代表大会和人民政府或者县级人民代表大会常务委员会和人民政府及其有关主管部门举报，有关机关应当负责调查并依法处理。以威胁、贿赂、伪造选票等不正当手段当选的，其当选无效。

本村五分之一以上有选举权的村民联名，可以要求罢免村民委员会成员。罢免要求应当提出罢免理由。被提出罢免的村民委员会成员有权提出申辩意见。村民委员会成员须经有选举权的村民过半数通过。

四、村民会议制度

村民会议是一个村的最高权力机构，村民委员会是村民会议的常设执行机构。村民会议由本村18周岁以上的村民组成。召开村民会议，应当有本村18周岁以上村民的过半数参加，或者有本村三分之二以上的户的代表参加，所作决定应当经到会人员的过半数通过。必要的时候，可以邀请驻在本村的企业、事业单位和群众组织派代表列席村民会议。村民委员会向村民会议负责并报告工作。村民会议每年审议村民委员会的工作报告，并评议村民委员会成员的工作。村民会议由村民委员会召集。有十分之一以上的村民提议，应当召集村民会议。

涉及村民利益的下列事项，村民委员会必须提请村民会议讨论决定，方可办理：

（一）乡统筹的收缴方法，村提留的收缴及使用；

（二）本村享受误工补贴的人数及补贴标准；

（三）从村集体经济所得收益的使用；

（四）村办学校、村建道路等村公益事业的经费筹集方案；

（五）村集体经济项目的立项、承包方案及村公益事业的建设承包方案；

（六）村民的承包经营方案；

（七）宅基地的使用方案；

（八）村民会议认为应当由村民会议讨论决定的涉及村民利益的其他事项。

村民会议可以制定和修改村民自治章程、村规民约，并报乡、民族乡、镇的人民政府备案。村民自治章程、村规民约以及村民会议或者村民代表讨论决定的事项不得与宪法、法律、法规和国家的政策相抵触，不得有侵犯村民的人身权利、民主权利和财产权利的内容。

人数较多或者居住分散的村，可以推选产生村民代表，由村民委员会召集村民代表开会，讨论决定村民会议授权的事项。村民代表由村民按每五户至十五户推选一人，或者由各村民小组推选若干人。

五、村务公开制度

村民委员会实行村务公开制度，村民委员会应当及时公布下列事项，其中涉及财务的事项至少每6个月公布一次，接受村民的监督：

（一）由村民会议讨论决定的事项及其实施情况；

（二）国家计划生育政策的落实方案；

（三）救灾救济款物的发放情况；

（四）水电费的收缴以及涉及本村村民利益、村民普遍关心的其他事项。

村民委员会应当保证公布内容的真实性，并接受村民的查询。村民委员会不及时公布应当公布的事项或者公布的事项不真实的，村民有权向乡、民族乡、镇人民政府或者县级人民政府及其有关主管部门反映，有关政府机关应当负责调查核实，责令公布；经查证确有违法行为的，有关人员应当依法承担责任。

第四节　农业技术推广法

由传统农业向现代农业转变，由粗放经营向集约经营转变，必然要求农业科技有一个大的发展，进行一次新的农业革命。加强农业技术推广工作，促进农业科研成果和适用技术尽快应用于农业生产，不断提高科技对农业增长的贡献率，是保障农业的发展和实现农业现代化的关键。

1993 年 7 月 2 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二次会议通过的《中华人民共和国农业技术推广法》是我国第一部专门的农业技术推广法律规范，它标志着我国农业发展和农业技术推广工作已进入了依法管理的新阶段。《农业技术推广法》主要规范了农业技术推广的方针和原则、政府和农业技术推广行政部门的职责、农业技术推广体系、农业技术的推广与应用、农业技术推广的保障措施等。这部法律的制定和实施对于加强农业技术推广工作，促进农业科研成果和适用技术尽快应用于农业生产，保障农业的发展，实现农业现代化，具有重要的历史意义。

一、农业技术推广的方针和原则

（一）农业技术与农业技术推广

依照《农业技术推广法》第二条的规定，“农业技术，是指应用于种植业、林业、畜牧业、渔业的科研成果和实用技术，包括良种繁育、施用肥料、病虫害防治、栽培和养殖技术，农副产品加工保鲜、贮运技术，农业机械技术和农用航空技术，农田水利、土壤改良与水土保持技术，农村供水、农村能源利用和农业环境保护技术，农业气象技术以及农业经营管理技术等”。“农业技术推广，是指通过试验、示范、培训、指导以及咨询服务等，把农业技术普及应用于农业生产产前、产中、产后全过程的活动”。农业技术推广是科学与生产之间进行联系，促进科技成果和实用技术转化为直接生产力的桥梁，是科研成果的继续和延伸。在推广农业技术时，要求农业技术推广工作者，采取多种形式，通过多种渠道将科技成果和实用技术迅速传播到农民群众中去，最广泛地应用到农业生产上，能动地转化为直接的现实生产力，创造日益增多的物质财富，达到农业生产的高产、优质、高效益的目的，促进农业的不断进步和发展。推广法强调农业技术推广，要通过试验、示范、培训、指导以及咨询服务等形式，把先进、成熟、实用的农业技术推广到群众中去，应用在农业生产的产前、产中、产后全过程。推广法对农业技术推广的规定，适应了农村市场经济发展的需要，有利于农业生产和农业技术推广事业的发展。

（二）农业技术推广的方针

《农业技术推广法》第三条、第五条和第六条规定了我国农业技术推广的方针：一是国家依靠科学技术进步和发展教育，振兴农村经济，加快农业技术的普及应用，发展高产、优质、高效益的农业；二是国家鼓励和支持科技人员开发、推广应用先进的农业技术，鼓励和支持农业劳动者和农业生产经营组织应用先进的农业技术；三是国家鼓励和支持引进国外先进的农业技术，促进农业技术推广的国际合作与交流。

（三）农业技术推广的原则

① 有利于农业的发展。②尊重农业劳动者的意愿。③因地制宜，经过试验、示范。④国家、农业集体经济组织扶持。⑤实行科研单位、有关学校、推广机构与群众性科技组织、科技人员、农业劳动者相结

合。⑥讲求农业生产的经济效益、社会效益和生态效益。

（四）政府和农业技术推广行政部门的职责

1. 政府在农业技术推广工作中的职责　农业技术推广工作是农业科技工作的重要组成部分，在农业和农村经济发展中具有战略地位和作用。各级党委和政府应对农业技术推广工作给予高度重视和支持，制定政策，采取措施，切实加强农业技术推广工作。《农业技术推广法》第七条对各级人民政府在农业技术推广工作中的职责作了明确规定。“各级人民政府应当加强对农业技术推广工作的领导，组织有关部门和单位采取措施，促进农业技术推广事业的发展”。这清楚地表明各级人民政府在农业技术推广中负有两个方面的职责，一是有领导职责，二是有组织协调政府所辖与农业技术推广有关的部门和单位采取措施，支持并为农业技术推广提供保障、促进农业技术推广事业发展的职责。

2. 农业技术推广行政部门在农业技术推广中的职责　《农业技术推广法》第九条规定：“国务院农业、林业、畜牧、渔业、水利等行政部门按照各自的职责，负责全国范围内的有关农业技术推广工作。县以上地方各级人民政府农业技术推广行政部门在同级人民政府领导下，按照各自的职责，负责本行政区域内有关的农业技术推广工作。同级人民政府科学技术行政部门对农业技术推广工作进行指导。”这一规定明确了农业技术推广的行政管理体制和管理范围。各级农业、林业、畜牧、渔业、水利等行政部门是同级农业技术推广的主管部门。各级农业技术推广行政部门负责本区域内的农业技术推广工作。同时还明确了科学技术行政部门与农业技术推广之间的关系是指导关系。

二、农业技术推广体系

农业技术推广体系是农业社会化服务体系和国家对农业支持保护体系的重要组成部分，是实施科教兴农战略的重要载体。

（一）农业技术推广体系的构成

农业技术推广体系是推广农业科研成果和实用技术的组织保证，其是否健全是衡量一个国家和地区农业现代化水平高低的重要标志。根据我国的实际情况和农业技术推广工作社会性、群众性、综合性、教育性等很强的特点，对我国的农业技术推广体系构成，《农业技术推广法》第十条规定为：“农业技术推广，实行农业技术推广机构与农业科研单位、有关学校以及群众性科技组织、农民技术员相结合的推广体系。”可以看出我国的农业技术推广体系是由五个部分构成的，是多层次、多成分的农业技术推广体系。在农业技术推广体系构成的五个部分中，农业技术推广机构是专业技术推广机构，是代表国家从事农业技术推广工作的，是农业技术推广的主体，是结合的核心。

（二）国家专业农业技术推广机构的职责

乡镇以上各级国家专业农业技术推广机构的职责主要是：①参与制订农业技术推广计划并组织实施；②组织农业的专业技术培训；③提供农业技术、信息服务；④对确定的农业技术进行试验、示范；⑤指导下级农业技术推广机构、群众性科技组织和农民技术人员的农业技术推广活动。

三、农业技术的推广与应用

（一）农业技术推广项目的制定和实施

农业技术推广实行项目制，便于加强农业技术推广的管理，以项目带动推广，促进技术推广，把诸项农业技术措施落到实处，是加快农业技术推广的行之有效的方法。《农业技术推广法》第十七条对农业技术推广项目的制定和实施作了明确规定：“推广农业技术应当制定农业技术推广项目。重点农业技术推广项目应当列入国家和地方有关科技发展计划，由农业技术推广行政部门和科学技术行政部门按照各自的职责，相互配合，组织实施。”重点农业技术推广项目，科学技术行政部门应当列入科技发展计划，并指导农业技术推广行政部门组织实施。

（二）推广农业技术要农业科研、教育、推广相结合

农业科研、教育、推广三者之间有各自的功能和优势，把三者有机地结合起来，有利于发挥“三农”的整体功能和综合效益，推进农业科技进步，加快农业发展。《农业技术推广法》第十八条规定：“农业科研单位和有关学校应当把农业生产中需要解决的技术问题列为研究课题，其科研成果可以通过农业技术推广机构推广，也可以由该农业科研单位、该有关学校直接向农业劳动者和农业生产经营组织推广。”上述规定强调了“三农”结合加快农业技术推广的作用，明确了农业科研、教育、推广各自的工作重点并对农业科研和有关学校的技术成果推广问题进行了规范。

（三）农业技术推广的无偿和有偿服务

农业技术推广的目的在于把先进、实用的农业技术普及应用于农业生产实践，从而促进农业生产的发展，是一种以社会效益为主的公益性事业。其本质是国家对农业扶持的一种形式。因此，向农业劳动者推广农业技术要避免增加他们的负担。《农业技术推广法》第二十二条规定：国家农业技术推广机构向农业劳动者推广农业技术除法定情形外，实行无偿服务。所以国家农业技术推广机构所需要的经费，应由政府财政拨给。

为适应农村市场经济发展的需要，调动农业技术推广机构、农业科研单位、有关学校和科技人员开发、推广农业技术的积极性，弥补事业经费的不足，《农业技术推广法》第二十二条第二款规定：“农业技术推广机构、农业科研单位、有关学校以及科技人员，以技术转让、技术服务和农业技术承包等形式提供农业技术的，可以实行有偿服务，其合法收入受法律保护。进行农业技术转让、技术服务和技术承包，当事人各方应当订立合同，约定各自的权利和义务。”

（四）农业技术推广的法律责任

在农业技术推广中，为保护农业劳动者的利益，调动农业劳动者和农业生产经营组织采用农业技术的积极性，推广农业技术的组织和个人要保证其推广的农业技术在推广地区具有先进性和适用性，并且要按照农业劳动者自愿的原则推广应用，不得强行推广，否则应当承担农业技术推广的法律责任。《农业技术推广法》第十九条规定：“向农业劳动者推广的农业技术，必须在推广地区经过试验，证明具有先进性和适用性。向农业劳动者推广未在推广地区经过试验证明具有先进性和适用性的农业技术，给农业劳动者造成损失的，应当承担民事赔偿责任，直接负责的主管人员和其他直接责任人员可以由其所在单位或者上级机关给予行政处分。”第二十条规定：“农业劳动者根据自愿的原则应用农业技术。任何组织和个人不得强制农业劳动者应用农业技术。强制农业劳动者应用农业技术，给农业劳动者造成损失的，应当承担民事赔偿责任，直接负责的主管人员和其他直接责任人员可以由其所在单位或者上级机关给予行政处分。”这些法律责任的规定，是与农业技术推广应遵循的原则相呼应的。

四、农业技术推广的保障措施

（一）经费保障

农业技术推广经费包括农业技术推广机构人员经费，新技术引进、试验示范推广经费，仪器设备购置费以及举办技术经营初期所需的周转资金等。

1. 财政拨款 《农业技术推广法》第二十六条第三款规定：“国家农业技术推广机构推广农业技术所需的经费，由政府财政拨给。”第二十三条规定：“国家逐步提高对农业技术推广的投入。各级人民政府在财政预算内应当保障用于农业技术推广的资金，并应当使该资金逐年增长。”明确规定国家农业技术推广机构推广农业技术所需的资金由政府财政拨给，并要列入政府财政预算，要逐步提高，逐年增长，给以保证。

2. 以工补农资金 《农业技术推广法》第二十五条规定：“乡、村集体经济组织从其举办的企业的以工补农、建农的资金中提取一定数额，用于本乡、本村农业技术推广的投入。”这说明，乡、村集体经济组织

有向本乡、本村农业技术推广投入的义务。

3. 农业技术推广专项资金　对农业技术推广专项资金的筹集和用向问题，《农业技术推广法》第二十三条第二款规定："各级人民政府通过财政拨款以及从农业发展基金中提取一定比例的资金，筹集农业技术推广专项资金，用于实施农业技术推广项目。"并规定："任何机关或者单位不得截留或者挪用农业技术推广的资金。"《农业技术推广法》对农业技术推广机构推广农业技术所需的资金规定的力度很大，这是保证农业技术推广事业发展的重要保障措施。

（二）人员保障

1. 人员素质　农业技术推广工作是否有活力，农业技术推广人员至关重要。关于农业技术推广人员的素质问题，《农业技术推广法》第十二条规定："农业技术推广机构的专业技术人员，应当具有中等以上有关专业学历，或者经过县级以上人民政府有关部门主持的专业考核培训，达到相应的专业水平。"这些规定对保证农业技术推广机构在农业技术推广中的主体地位和农业技术推广人员的质量提供了法律保障。

2. 工作条件和生活条件的保障　为了稳定农业技术推广队伍，促进农业技术推广事业的发展，《农业技术推广法》第二十四条规定："各级人民政府应当采取措施，保障和改善从事农业技术推广工作的专业技术人员的工作条件和生活条件，改善他们的待遇，依照国家规定给予补贴，保持农业技术推广机构和专业科技人员的稳定。对在乡、村从事农业技术推广工作的专业科技人员的职称评定应当以考核其推广工作的技术水平和实绩为主。"

3. 农业技术推广工作的奖励　关于对农业技术推广的奖励问题，《农业技术推广法》没做具体规定，《山东省农业技术推广条例》第三十一条有明确规定：县级以上人民政府应对具有下列条件之一的单位和个人给予表彰和奖励：①引进、推广农业新技术成效突出的；②在培养农业技术推广人才方面做出突出贡献的；③长期在乡镇从事农业技术推广工作，取得显著成绩的；④在领导和支持农业技术推广工作中做出重要贡献的。

4. 技术培训　为了提高农业技术推广人员的业务水平，更新知识，《农业技术推广法》第二十七条规定："农业技术推广行政部门和县以上农业技术推广机构，应当有计划地对农业技术推广人员进行技术培训，组织专业进修，使其不断更新知识，提高业务水平。"这就规定了农业技术推广机构的专业科技人员有接受技术培训和业务进修的权利。

（三）物资保障

农业技术与农业生产资料相结合，是农业科技进步的必然。农业市场经济的发展，要求农业技术推广开展产前、产中、产后系列化服务，兴办以技术为依托的经济实体，在增加农民收入的同时，增加农业技术推广机构自身的实力和活力，建立起自身的积累发展机制，弥补国家事业经费的不足。为此《农业技术推广法》第二十六条规定："农业技术推广机构、农业科研单位和有关学校根据农村经济发展的需要，可以开展技术指导和物资供应相结合等多种形式的经营服务。"并规定："对农业技术推广机构、农业科研单位和有关学校举办的为农业服务的企业，国家在税收、信贷等方面给予优惠。"上述规定对农业技术推广机构立足推广搞经营，搞好经营促推广，更好地促进农业技术与物资的结合，提高农用物资的利用效益，推动农业技术推广事业的发展有重要作用。

（四）设施、场所保障

为保障农业技术推广机构的权益不受侵犯，《农业技术推广法》第二十八条第一款规定："地方各级人民政府应当采取措施，保障农业技术推广机构获得必需的试验基地和生产资料，进行农业技术的试验、示范。"这就规定了农业技术推广机构必须有试验示范基地和生产资料。第二十八条第二款规定："地方各级人民政府应当保障农业技术推广机构有开展农业技术推广工作的必要条件。"规定了农业技术推广机构开展农业技术推广工作要有办公、化验培训、仓库、仪器等必要的工作条件。农业技术推广机构的财产等属国家所有，专门用于农业技术推广。《农业技术推广法》第二十八条第三款规定："地方各级人民

政府应当保障农业技术推广机构的试验基地、生产资料和其他财产不受侵占。"依照法律规定，凡是平调、挪用和侵占农业技术推广机构财产的都是违法行为，对有关责任人员应给予行政处分或依法追究刑事责任。对有令不行、有禁不止的部门和单位，要严肃查处，并追究其负责的领导人的责任。

第五节　农业生产资料管理法律制度

农业生产资料的使用，直接关系到农业生产的发展和农业生产者的利益。

一、种子法

随着我国经济逐渐融入世界经济体系，农业也将面临更为激烈的市场竞争，而农产品的市场竞争在很大程度上就是品种和质量的竞争，有没有新品种、优良品种，决定着我国农业在国际市场上的竞争能力。因此，通过种子立法促进种子产业的健康发展十分必要，这也是贯穿于整个种子法的立法指导思想。

《中华人民共和国种子法》已于2000年7月8日经第九届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议审议通过，这是我国第一部关于种子的专门立法，标志着我国种子产业的发展进入了一个新的历史阶段。

（一）种质资源保护和品种选育与审定

1. 种质资源保护　国家依法保护种质资源，任何单位和个人不得侵占和破坏种质资源。保护种质资源的措施主要是：①禁止采集或者采伐国家重点保护的天然种质资源。因科研等特殊情况需要采集或者采伐的，应当经国务院或者省、自治区、直辖市人民政府的农业、林业行政主管部门批准。②国家有计划地收集、整理、鉴定、登记、保存、交流和利用种质资源，定期公布可供利用的种质资源目录。③国务院农业、林业行政主管部门应当建立国家种质资源库，省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门可以根据需要建立种质资源库、种质资源保护区或者种质资源保护地。④国家对种质资源享有主权，任何单位和个人向境外提供种质资源的，应当经国务院农业、林业行政主管部门批准；从境外引进种质资源的，依照国务院农业、林业行政主管部门的有关规定办理。

2. 品种选育　国家鼓励和支持单位和个人从事良种选育和开发，实行植物新品种保护制度，对经过人工培育的或者发现的野生植物加以开发的植物品种，具备新颖性、特异性、一致性和稳定性的，授予植物新品种权，保护植物新品种权所有人的合法权益。选育的品种得到推广应用的，育种者依法获得相应的经济利益。

单位和个人因林业行政主管部门为选育林木良种建立测定林、试验林、优树收集区、基因库而减少经济收入的，批准建立的林业行政主管部门应当按照国家有关规定给予经济补偿。

转基因植物品种的选育、试验、审定和推广应当进行安全性评价，并采取严格的安全控制措施。

3. 品种审定

（1）我国实行品种两级审定制度。主要农作物品种和主要林木品种在推广应用前应当通过国家级或者省级审定，申请者可以直接申请省级审定或者国家级审定。由省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门确定的主要农作物品种和主要林木品种实行省级审定。

（2）品种的审定和推广。国务院和省、自治区、直辖市人民政府的农业、林业行政主管部门分别设立由专业人员组成的农作物品种和林木品种审定委员会，承担主要农作物品种和主要林木品种的审定工作。在具有生态多样性的地区，省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门可以委托设区的市、自治州承担适宜于在特定生态区域内推广应用的主要农作物品种和主要林木品种的审定工作。

通过国家级审定的主要农作物品种和主要林木良种由国务院农业、林业行政主管部门公告，可以在全国适宜的生态区域推广。通过省级审定的主要农作物品种和主要林木良种由省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门公告，可以在本行政区域内适宜的生态区域推广；相邻省、自治区、直辖市属

于同一适宜生态区的地域，经所在省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门同意后可以引种。

应当审定的农作物品种未经审定通过的，不得发布广告，不得经营、推广。应当审定的林木品种未经审定通过的，不得作为良种经营、推广，但生产确需使用的，应当经省级以上人民政府林业行政主管部门审核，报同级林木品种审定委员会认定。

审定未通过的农作物品种和林木品种，申请人有异议的，可以向原审定委员会或者上一级审定委员会申请复审。

（二）种子生产

1. 商品种子生产许可证制度　主要农作物和主要林木的商品种子生产实行许可证制度。主要农作物杂交种子及其亲本种子、常规种原种种子、主要林木良种的种子生产许可证，由生产所在地县级人民政府农业、林业行政主管部门审核，省、自治区、直辖市人民政府农业、林业行政主管部门核发；其他种子的生产许可证，由生产所在地县级以上地方人民政府农业、林业行政主管部门核发。

禁止伪造、变造、买卖、租借种子生产许可证；禁止任何单位和个人无证或者未按照许可证的规定生产种子。

2. 商品种子生产者　申请领取种子生产许可证的单位和个人，应当具备下列条件：①具有繁殖种子的隔离和培育条件；②具有无检疫性病虫害的种子生产地点或者县级以上人民政府林业行政主管部门确定的采种林；③具有与种子生产相适应的资金和生产、检验设施；④具有相应的专业种子生产和检验技术人员；⑤法律、法规规定的其他条件。

申请领取具有植物新品种权的种子生产许可证的，应当征得品种权人的书面同意。商品种子生产应当执行种子生产技术规程和种子检验、检疫规程。

（三）种子经营

1. 种子经营许可证制度　种子经营实行许可证制度。种子经营者必须先取得种子经营许可证后，方可凭种子经营许可证向工商行政管理机关申请办理或者变更营业执照。

（1）种子经营许可证实行分级审批发放制度。种子经营许可证由种子经营者所在地县级以上地方人民政府农业、林业行政主管部门核发。

（2）种子经营许可证的有效区域由发证机关在其管辖范围内确定。

种子经营许可证应当注明种子经营范围、经营方式及有效期限、有效区域等项目。禁止伪造、变造、买卖、租借种子经营许可证；禁止任何单位和个人无证或者未按照许可证的规定经营种子。

2. 种子经营者　种子经营者的条件。申请领取种子经营许可证的单位和个人，应当具备下列条件：①具有与经营种子种类和数量相适应的资金及独立承担民事责任的能力；②具有能够正确识别所经营的种子、检验种子质量、掌握种子贮藏、保管技术的人员；③具有与经营种子的种类、数量相适应的营业场所及加工、包装、贮藏保管设施和检验种子质量的仪器设备；④法律、法规规定的其他条件。

（四）种子使用

农民是使用种子的主体，要依法保护广大种子使用者的利益。

种子使用者有权按照自己的意愿购买种子，任何单位和个人不得非法干预。

种子使用者因种子质量问题遭受损失的，出售种子的经营者应当予以赔偿，赔偿额包括购种价款、有关费用和可得利益损失。经营者赔偿后，属于种子生产者或者其他经营者责任的，经营者有权向生产者或者其他经营者追偿。

因使用种子发生民事纠纷的，当事人可以通过协商或者调解解决。当事人不愿通过协商、调解解决或者协商、调解不成的，可以根据当事人之间的协议向仲裁机构申请仲裁。当事人也可以直接向人民法院起诉。

（五）种子质量

1. 种子质量检验机构　种子的生产、加工、包装、检验、贮藏等质量管理办法和行业标准，由国务院

农业、林业行政主管部门制定。农业、林业行政主管部门负责对种子质量的监督。

农业、林业行政主管部门可以委托种子质量检验机构对种子质量进行检验。承担种子质量检验的机构应当具备相应的检测条件和能力，并经省级以上人民政府有关主管部门考核合格。种子质量检验机构应当配备种子检验员。

2. 种子质量规范

(1)禁止生产、经营假、劣种子。

(2)从事品种选育和种子生产、经营以及管理的单位和个人应当遵守有关植物检疫法律、行政法规的规定，防止植物危险性病、虫、杂草及其他有害生物的传播和蔓延。

(3)禁止任何单位和个人在种子生产基地从事病虫害接种试验。

(六)种子进出口和对外合作

进口种子和出口种子必须实施检疫，防止植物危险性病、虫、杂草及其他有害生物传入境内和传出境外，具体检疫工作按照有关植物进出境检疫法律、行政法规的规定执行。

从事商品种子进出口业务的法人和其他组织，除具备种子经营许可证外，还应当依照有关对外贸易法律、行政法规的规定取得从事种子进出口贸易的许可。

(七)种子管理

1. 政府职责　国家扶持种质资源保护工作和选育、生产、更新、推广使用良种，鼓励品种选育和种子生产、经营相结合，奖励在种质资源保护工作和良种选育、推广等工作中成绩显著的单位和个人。

县级以上人民政府应当根据科教兴农方针和种植业、林业发展的需要制定种子发展规划，并按照国家有关规定在财政、信贷和税收等方面采取措施保证规划的实施。

国务院和省、自治区、直辖市人民政府设立专项资金，用于扶持良种选育和推广。

国家建立种子贮备制度，主要用于发生灾害时的生产需要，保障农业生产安全。对贮备的种子应当定期检验和更新。

2. 种子行政管理　依法促进种子产业的健康发展，应当坚持种子管理体制的“政、事、企”相分离的原则。要改革在计划经济体制下种子的行政主管部门和种子公司不分家，既是运动员又是裁判员的管理体制。农业、林业行政主管部门及其工作人员不能参与和从事种子的生产、经营活动，同时，种子的生产经营机构也不能参与和从事种子的行政管理工作。

二、农药管理法律制度

《中华人民共和国农药管理条例》为农药登记、生产、经营、使用等提供了具体法律规范，它对于加强对农药生产、经营和使用的监督管理，保证农药质量，保护农业、林业生产和生态环境，维护人畜安全，具有重要意义。

(一)农药管理体制

国务院农业行政主管部门负责全国的农药登记和农药监督管理工作。省、自治区、直辖市人民政府农业行政主管部门协助国务院农业行政主管部门做好本行政区域内的农药登记，并负责本行政区域内的农药监督管理工作。县级人民政府和设区的市、自治州人民政府的农业行政主管部门负责本行政区域内的农药监督管理工作。

国务院化学工业行政管理部门负责全国农药生产的统筹规划、协调指导、监督管理工作。省、自治区、直辖市人民政府化学工业行政管理部门负责本行政区域内农药生产的监督管理工作。

县级以上各级人民政府其他有关部门在各自的职责范围内负责有关的农药监督管理工作。

(二)农药登记

国家实行农药登记制度。生产(包括原药生产、制剂加工和分装)农药和进口农药，必须进行登记。

1. 农药登记的阶段　国内首次生产的农药和首次进口的农药的登记，按照下列三个阶段进行：①田间试验阶段。②临时登记阶段。③正式登记阶段。

2. 农药登记的机构和程序　申请农药登记时，其研制者、生产者或者向中国出售农药的外国企业应当向国务院农业行政主管部门或者经由省、自治区、直辖市人民政府农业行政主管部门向国务院农业行政主管部门提供农药样品，并按照国务院农业行政主管部门规定的农药登记要求，提供农药的产品化学、毒理学、药效、残留、环境影响、标签等方面的资料。

国务院农业行政主管部门所属的农药检定机构负责全国的农药具体登记工作。省、自治区、直辖市人民政府农业行政主管部门所属的农药检定机构协助做好本行政区域内的农药具体登记工作。

农药正式登记的申请资料分别经国务院农业、化学工业、卫生、环境保护部门和全国供销合作总社审查并签署意见后，由农药登记评审委员会对农药的产品化学、毒理学、药效、残留、环境影响等作出评价。根据农药登记评审委员会的评价，符合条件的，由国务院农业行政主管部门发给农药登记证。

（三）农药生产

1. 农药生产者　开办农药生产企业（包括联营、设立分厂和非农药生产企业设立农药生产车间）应当具备下列条件，并经企业所在地的省、自治区、直辖市化学工业行政管理部门审核同意后，报国务院化学工业行政管理部门批准；但是，法律、行政法规对企业设立的条件和审核或者批准机关另有规定的，从其规定。农药生产企业经批准后，方可依法向工商行政管理机关申请领取营业执照。

2. 农药生产许可制度　国家实行农药生产许可制度。

生产有国家标准或者行业标准的农药的，应当向国务院化学工业行政管理部门申请农药生产许可证。生产尚未制定国家标准、行业标准但已有企业标准的农药的，应当经省、自治区、直辖市化学工业行政管理部门审核同意后，报国务院化学工业行政管理部门批准，发给农药生产批准文件。

3. 农药生产规范

（1）农药生产企业应当按照农药产品质量标准、技术规程进行生产，生产记录必须完整、准确。

（2）农药产品包装必须贴有标签或者附具说明书。

（3）农药产品出厂前，应当经过质量检验并附具产品质量检验合格证；不符合产品质量标准的，不得出厂。

（四）农药经营

1. 农药经营者　下列单位可以经营农药：①供销合作社的农业生产资料经营单位；②植物保护站；③土壤肥料站；④农业、林业技术推广机构；⑤森林病虫害防治机构；⑥农药生产企业；⑦国务院规定的其他经营单位。

经营的农药属于化学危险物品的，应当按照国家有关规定办理经营许可证。

2. 农药经营规范

（1）农药经营单位购进农药，应当将农药产品与产品标签或者说明书、产品质量合格证核对无误，并进行质量检验。禁止收购、销售无农药登记证或者农药临时登记证、无农药生产许可证或者农药生产批准文件、无产品质量标准和产品质量合格证和检验不合格的农药。

（2）农药经营单位应当按照国家有关规定做好农药储备工作。

（3）农药经营单位销售农药，必须保证质量，农药产品与产品标签或者说明书、产品质量合格证应当核对无误。

（4）农药经营单位应当向使用农药的单位和个人正确说明农药的用途、使用方法、用量、中毒急救措施和注意事项。

（五）农药使用规范

县级以上各级人民政府农业行政主管部门应当根据“预防为主，综合防治”的植保方针，组织推广安全、高效农药，开展培训活动，提高农民施药技术水平，并做好病虫害预测预报工作。

县级以上地方各级人民政府农业行政主管部门应当加强对安全、合理使用农药的指导，根据本地区农业病、虫、草、鼠害发生情况，制定农药轮换使用规划，有计划地轮换使用农药，减缓病、虫、草、鼠的抗药性，提高防治效果。

（六）禁止规范

《农药管理条例》规定了以下几个方面的禁止性规范：一是任何单位和个人不得生产未取得农药生产许可证或者农药生产批准文件的农药以及不得生产、经营、进口或者使用未取得农药登记证或者农药临时登记证的农药。二是禁止生产、经营和使用假农药。三是禁止生产、经营和使用劣质农药。四是禁止经营产品包装上未附标签或者标签残缺不清的农药。五是未经登记的农药，禁止刊登、播放、设置、张贴广告。六是任何单位和个人不得生产、经营和使用国家明令禁止生产或者撤销登记的农药。七是禁止销售农药残留量超过标准的农副产品。

第五部分　农学概论

第十三章　作物生产

第一节　作物生产的特点、概况、地位及发展方向

农学是研究农业生产的理论和实践的科学，它包括作物栽培和作物育种、耕作、土壤和肥料、植物保护、农产品储藏与加工、农业机具的应用和改良、农田水利、农业生产的经营管理，以及果树、蔬菜生产等。广义的概念也包括畜牧业、蚕桑业、林业和渔业等。狭义的概念主要指农作物的生产，即研究农作物生产理论和实践的综合性应用学科。

农学的主要研究对象是有生命的绿色植物。人类栽培的绿色植物称为作物或农作物。作物是太阳能的最初转化者、有机物质的创造者，其产物是人类生命活动的物质基础，也是一切以植物为食的动物和微生物生命活动的能量来源。野生植物虽然也有叶绿素，也能进行光合作用，将太阳能转化为化学能，但对于人类没有像作物那样经济、有效、适食和适用。因此，作物生产是第一性生产。动物生产以植物为原料，是建筑在植物生产的基础上进行的再生产过程，是能量的再次转化过程，被称为第二性生产。

作物生产是自然再生产和经济再生产互相交织在一起的物质能量转化生产。它使用优良的作物品种，科学地利用土地、种子、肥料、水利、耕畜、农机具和其他生产资料，促进作物生长发育，将无机物质和太阳能转化为有机物质和化学能。它和工业生产不同，基本是露天生产，受自然条件如光、温、水、土、肥等和其他生产条件的影响，又受科学技术和社会经济发展水平的制约。

一、作物生产的特点

作物生产以土地为基本生产资料，受自然条件的影响较大，生产的周期较长，与其他社会物质生产相比，具有以下几个鲜明的特点。

（一）系统的复杂性

作物生产是一个有序列、有结构的复杂系统，受自然和人为的多种因素的影响和制约。它由各个环节（子系统）所组成，既是一个大的复杂系统，又是一个统一的整体。因此，农学必须用整体观点和系统方法，采用多学科协作，运用多学科知识，采取综合措施，全方位研究如何处理和协调各种因素的关系，以达到高产、优质、高效、生态和安全，发挥作物生产的总体效益。

（二）技术的实用性

农学是把自然科学及农业科学的基础理论转化为实际生产技术和生产力的科学。虽然农学也包括了一些应用基础方面的内容，如作物生长发育、产量形成和品质形成的生理生态规律，但它主要研究解决作物生产中的实际生产问题，所研究形成的技术必须具有实用性和可操作性，力争做到简便易行、省时省工、经济安全。

（三）生产的连续性

作物生产的每一个周期内，各个环节之间相互联系，互不分离，前者是后者的基础，后者是前者的延续。农业生产是一个长期的周年性社会产业。上一茬作物与下一茬作物，上一年生产与下一年生产，上一个生产周期与下一个生产周期，都是紧密相连和互相制约的。因此，农学家要有全面和长远的观点，做到前季为后季，季季为全年，今年为明年，实现可持续的高产稳产。

（四）生长的规律性

农学的研究对象是作物。作物是有生命的生物有机体，在与生态环境相适应的长期进化中，作物生长发育过程形成了显著的季节性、有序性和周期性。首先，不同作物种类具有不同的个体生命周期，如水稻、玉米和棉花等为一年生，冬小麦、油菜为二年生作物。其次，作物个体的生命周期又有一定的阶段性变化，是一个有序的生长发育过程，需要特定的环境条件，如水稻的短日高温特性就是一个典型的例子。第三，由于作物生长发育的各个阶段是有序的、紧密衔接的过程，既不能停顿中断，又不能颠倒重来，因而具有不可逆性。

（五）明显的季节性

作物生产是依赖于大自然生产周期较长的社会产业。而一年四季的光、热、水等自然资源状况是不同的，所以作物生产不可避免地受到季节的强烈影响。由于作物的季节性很强，生产上误了农时，轻则减产，重则颗粒无收。因此，必须合理掌握农时季节，使作物的高效生长期与最佳环境条件同步。

（六）严格的地域性

地区不同，其纬度、地形、地貌、气候、土壤、水利等自然条件不同，其社会经济、生产条件、技术水平等也有差异，从而构成了作物生产的地域性。因此，作物生产必须根据各地的自然和社会条件，选择适合该地的作物、品种及相应的技术措施，使作物、环境、措施达到最佳配合，生产出高产优质的农产品。

（七）较强的社会性

社会的发展，人们的生活离不开衣食住行，而这些都与作物生产有关。农业是国民经济的基础，粮食是人们赖以生存的依据。而农业的发展、粮食产量的提高都离不开作物生产。人均粮食的多少与人们生活水平直接相关。如中国人均粮食375kg，美国1 559kg，澳大利亚1 873kg，加拿大2 400kg。

二、作物生产概况

（一）世界作物生产概况

近年来，世界人口的迅猛增长对农业生产带来巨大的压力和动力。据统计，1975年世界人口为40亿，耕地面积为15.07亿hm^2，到1999年仅24年时间，人口已增加到了60亿，耕地面积却减少到了13.13亿hm^2。各国都十分重视依靠科技进步提高复种指数和作物单产来保持农产品总量的增加，以应付人口压力的严重挑战。在农产品的生产中，粮食生产被列为首要任务。1999年粮食作物中收获面积最大的依次为小麦、稻谷与玉米，但总产则依次为玉米、稻谷与小麦；油料作物中，种植面积较大的有大豆、油菜、花生、向日葵；糖料作物中，仍以甘蔗和甜菜种植面积最大；纤维类作物主要是棉花、红麻、黄麻等。

作物总产的增加主要得益于单产的提高，而单产的提高主要有赖于现代农业科学技术的进步和农业生产条件的改善，特别是下列6个方面因素起了决定性的作用。

1. 品种改良　近30年来世界主要作物新品种的培育着重于高产、优质和高抗，特别是在矮秆、抗性和品质方面取得了显著进步。许多国家因品种改良在这一期间的累计增产效益在30%以上。目前，世界大多数国家种植的小麦、水稻品种，株高已普遍由以前的110～140cm降为70～110cm，基本解决了过去不耐肥水易倒伏的高产障碍，单产有了显著的提高。此外，杂种优势已在多种作物上得到应用，如玉米、高粱杂交种目前已普及80%以上。在品质改良方面，提高小麦、玉米的蛋白质含量与增加必需氨基酸比例，降低油菜芥酸、硫代葡萄糖苷、亚麻酸含量和提高亚油酸含量等方面均已有较大进展。

2. 增施肥料与施肥技术　据联合国粮农组织估计，30 多年来在提高作物产量的诸多因素中，肥料的贡献率要占到 30% ~60%。目前，大多数国家农田施肥均以化肥为主，这期间世界化肥生产量与作物产量基本呈同步增长趋势。

施入农田的化肥因施用技术不同及多种原因，利用率存在很大差异，发达国家一般在 50% ~60% 之间，发展中国家在 30% 左右。因此，提高化肥利用率是许多国家多年来的研究重点。例如氮肥深施可有效地抑制氮肥的硝化和反硝化过程，提高肥效 20% 以上；复合肥和专用肥、科学配方施肥、增施磷钾、控释肥、缓释肥等合理施肥技术的运用也表现了良好的效果。

3. 扩大灌溉与节水技术　1996 年全世界灌溉面积比 1961 ~1965 年的平均值增加了 $4.8 \times 10^7 hm^2$。灌溉面积占世界总耕地的比例为 17.5%，生产的作物产量占世界总产量的一半左右。由于水资源在许多国家和地区都很匮乏，节约用水以扩大现有灌溉面积、改善灌溉设施以增加灌溉效益和防止盐渍化等为发展重点。地面灌溉的用水效率差异很大，发达国家为 50% 以上，而发展中国家仅为 25% 左右。喷灌、滴灌等高效率的灌水方法，由于成本高、技术难、耗能大，目前仍主要在一些发达国家和一些园艺作物上应用。

4. 设施栽培　在光、热资源不足的地方，温室特别是塑料薄膜温室有了很大的发展，保证了蔬菜和花卉等四季生产。20 世纪 70 年代以来，地膜覆盖栽培发展非常迅速。在纬度或海拔较高的地区、旱地和盐碱地上，由于覆盖地膜克服了地温低、无霜期短和水分不足对产量的限制，增产效果显著。在一般地区，由于地膜覆盖具有防霜、防寒、防草、保温、保水和促进种子发芽等作用，使一些喜温作物分布区域的纬度向北推移了 2° ~4°，使作物早熟或相当于延长了无霜期 10 ~15 天，旱地水分利用率提高了 30% ~50%。目前，在作物生产中，地膜蔬菜、地膜棉花、地膜花生、地膜玉米、地膜小麦、地膜水稻等在水、热资源受到限制的地区都得到了不同程度的应用。

5. 作物病虫草害的防治　在作物收获前，由病、虫、草害造成的作物产量损失平均为 15% ~20%，水果、蔬菜和油料作物则达 25%。农产品贮藏中的病虫损失，在亚洲和非洲的一些国家也常达到收获量的 20% ~25%。综合防治已成为世界大多数国家植保工作的指导方针，但其中化学防治仍是最主要的防治手段。近年来农药应用以高效低毒、低用量、广谱性和选择性为特点。在发达国家中除草剂的用量已占农药使用量的 40% ~60%，但在发展中国家比例尚很小。选用抗病虫品种被普遍认为是经济有效的途径。目前，世界各国主要农作物的许多原有毁灭性的病害，都已通过抗病育种的方法得到了基本控制，在抗虫育种上也有了一些重大进展。另外，生物防治也日益受到重视。

6. 高新技术的推广应用　农业高新技术种类繁多，有普遍应用推广意义的除基因工程技术外，主要有遥感技术、计算机信息技术和化学调控技术等。农业是遥感技术的应用大户，主要包括作物长势监测和估产、植被识别分类、土地资源调查与制图、自然灾害预测与灾情评估、农业生态系统监测等。近年来，计算机在农业生产上的应用已涉及农业信息服务、生产管理决策、模拟试验研究等多个领域。目前，用于不同作物和不同目的的植物生长调节剂已有几百种之多。有些化学调控技术已成为作物生产中一种必不可少的常规技术。随着研究的深入和新产品的开发，化学调控技术必将成为作物生产中的一个重要技术环节。

（二）我国作物生产概况

新中国成立以来，我国作物生产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。目前，我国栽培面积最大的作物是水稻和小麦，其次是玉米和油料作物；单产和总产最高的作物依次是水稻、玉米、小麦。由于新开垦耕地和复种指数的提高弥补了因工业化、城市化和交通网络建设而减少的耕地，保证了作物生产的播种面积。

50 年来，我国粮食总产从 1949 年的 $1.13 \times 10^8 t$ 增加到 1999 年的 $5.08 \times 10^8 t$，增长了 3.5 倍。特别是改革开放以来粮食产量增幅较大，年均增加 $9.67 \times 10^6 t$，比改革开放前 29 年年均增加量多 $5.27 \times 10^6 t$。1999 年棉花总产 $3.83 \times 10^6 t$、糖料总产 $8.33 \times 10^7 t$ 和油料总产 $2.60 \times 10^7 t$，分别是 1949 年的 12.9 倍、

44.1 倍和 15.2 倍。近几年，我国的谷物、棉花、油菜、花生等作物的总产量位居世界第一位。

1949 年以来我国作物生产的迅速发展，也主要归功于农业科学技术的进步和作物生产条件的改善，但与世界作物生产的发展相比，又具有一些不同的特点。

1. 作物品种的改良　新中国成立以来，我国 40 多种作物育成新品种共计 4 000 个以上，其中通过审定的就有 2 000 个左右。粮食作物已经进行过 4～5 次良种大更换，每次更换一般可增产 10% 左右，高的可达 20% 以上。目前，我国优良品种的覆盖率一般都在 90% 以上，而且品种更新换代的周期已缩短到 3～5年。

2. 套作多熟制种植技术　1949 年我国的作物复种指数为 128%，1952 年为 131%，1999 年达到 155.1%。1999 年与 1952 年相比，虽然耕地面积减少，但由于复种指数的提高，作物总播种面积增加了 $1.51\times10^{7}hm^{2}$。在 20 世纪 50 年代和 60 年代，北方的黄淮海地区，主要是改一年一熟为二年三熟，南方则改单季稻为双季稻或稻、麦两熟。到 70 年代，华北的一熟有余、两熟不足地区进一步发展了间、套复种，南方的间、套复种面积也进一步扩大。进入 80 年代后，多熟制种植方式日趋多样化，种植方式从作物的间、套作发展到粮、经、饲、菜等多元多熟的复合种植模式。

3. 作物栽培技术　作物栽培科学的发展大致经历了 4 个阶段。第一阶段是 20 世纪 50～60 年代初，侧重总结农民劳模的栽培经验，如江苏陈永康单季晚稻“三黄三黑”的看苗诊断，河南刘应祥小麦“马耳朵、驴耳朵、猪耳朵”的叶片诊断等。第二阶段是 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期，主要围绕单项高产栽培技术开展研究，如育苗移栽技术、合理密植技术、土壤耕作技术、覆盖栽培技术、氮肥深施技术等。第三阶段是 20 世纪 70 年代后期至 80 年代，主要围绕作物规范化、指标化进行综合栽培技术研究，如水稻叶龄指标栽培法、小麦叶龄指标促控法等。第四阶段从 20 世纪 80 年代末期开始，主要研究作物持续增产和优质高效的综合栽培技术以及作物生产管理的计算机决策系统，如小麦节水高产栽培技术、多元高效立体种植模式、作物栽培专家系统等。

4. 病虫草鼠害防治技术　植物保护技术的发展趋势大致为：20 世纪 50 年代以农艺防治为主（包括轮作换茬、耕作和人工防治等），60 年代到 70 年代中期以化学药物防治为主，70 年代以后生物防治技术迅速发展，80 年代以后进入了单项防治与综合防治并重时期。病虫测报对象从 50 年代的几种增加到目前的 50 种以上，地区性测报对象达到 100 种以上，对重大迁飞性害虫还建立了异地测报网，80 年代又增加了鼠情预报。目前，一些重大病虫害如蝗虫、锈病、螟虫等已完全得到控制。近 10 多年来，由于除草剂的大面积推广，杂草危害程度显著减轻。

5. 作物生产条件的改善　据 1952 年至 1999 年的统计，农业机械总动力年平均递增 1 042 万 kW；农田有效灌溉面积年平均递增 2.15%，1998 年全国节水灌溉面积已达 $1.52\times10^{7}hm^{2}$，占有效灌溉面积的 28.66%；化肥用量年均递增 14.3%。新中国成立以来，在堤防、水库和配套机井的修建以及洼涝、盐碱、渍害低产田及水土流失的治理方面都取得了杰出的成就。目前，已建立了 500 多个国家级商品粮基地、100 多个优质棉基地，极大地改善了基地的生产条件。自 1988 年实施农业综合开发以来，中低产田改造、荒地开垦及防沙、治沙工作也取得了很大成就。

三、作物生产在国民经济中的地位

农业是国民经济的基础，这是由于农产品具有特殊的使用价值，是人类生存最基本、最必需的生活资料。作物生产又是农业生产的基础，这是由于作物生产不但直接供给人类所需的生活资料，而且还要供给农业中的畜牧业、渔业等所需的饲料。可见，作物生产的发展对整个国民经济的发展和社会的稳定均起着十分重要的作用，作物生产的产品数量和质量关系到我国十几亿人吃饭穿衣的大事，与人们物质生活水平的提高息息相关。作物生产的地位和作用主要表现在以下几个方面。

（一）人民生活资料的重要来源

古人曰：“人之情不能无衣食，衣食之道必始于耕织。”可见农业生产是人类生存之本、衣食之源。我

国是世界第一人口大国，解决吃饭问题是头等大事，人民生活中所消费的粮食、水果、蔬菜几乎全部由作物生产提供。穿衣在人民基本消费方面也占有重要的地位。目前，我国服装原料的80%来自作物生产，合成纤维仅占20%左右。随着人类生活水平的提高，资源可持续利用和环保安全意识的加强，人们将会越来越喜欢可以再生的、经济的植物纤维。由此可见，作物生产具有举足轻重的地位和作用。

（二）工业原料的重要来源

农产品为工业生产提供了重要的原材料。目前，我国约40%的工业原料、70%的轻工业原料来源于农业生产。随着我国工业的发展和人民消费结构的变化，以农产品为原料的工业产值在工业总产值中的比重会有所下降，但有些轻工业，如制糖、卷烟、造纸、食品等的原料只能来源于农业，且主要来自作物生产，所以农产品在我国工业原料中占有较大比例的局面短期内不会改变。随着人民生活水平的提高，对未加工的农产品的需求将不断下降，对农产品加工品的需求会不断增加，也就是说，目前人们直接消费的某些农产品今后需要加工后才能进入消费。可以预计，在今后一个相当长的时期内，我国轻工业的发展仍然受制于农业生产，特别是经济作物的生产状况。因此，发展作物生产，必将推动我国工业和轻工业的发展，后者的发展反过来必将促进作物生产的进步。

（三）出口创汇的重要物资

目前，我国工业与世界先进水平还有相当大的差距，在世界市场上的竞争力还较弱，而农副产品及其加工产品在国家总出口额中占有较大的比重。从未来的发展趋势看，农副产品及其加工产品的出口比重会有所下降，但仍将是出口物资的重要来源之一。可见，作物生产在农业增效和农民增收方面起到主要作用。

（四）农业的基础产业

农业由种植业、畜牧业、林业和渔业组成。畜牧业和渔业的发展极大程度上依赖于种植业即作物生产的发展。在我国，种植业占的比重最大，是农业的基础，具有举足轻重的地位和作用。虽然近年来由于养殖业（畜牧业和渔业）的发展，种植业在农业中的比重有所下降，但是由于我国人口压力大、口粮任务重，加上养殖业的发展在很大程度上依赖于作物生产提供饲料，因而我国种植业在农业中的比重及其基础地位是不会动摇的。

（五）农业现代化的组成部分

实现农业现代化是我国社会主义现代化的重要内容和标志，是体现一个国家社会经济发展水平和综合国力的重要指标。作物生产是农业的基础，没有现代化的作物生产，就没有现代化的农业和现代化的农村。因此，随着社会的发展和科技的进步，作物生产也会得到现代科技的武装和改造，从而实现作物生产的现代化、科学化和产业化。

四、作物生产的发展趋势

（一）作物生产发展的目标

1. 生产率目标　今后作物生产的中心任务仍是提高耕地的生产力。没有作物产量的大幅度提高则不可能解决粮食问题及环境问题。农作物产量的提高可来自两个途径，一是通过改善和提高作物的管理水平以及选用抗虫、抗病和抗各种不良环境的品种，从而缩小现实产量与作物生产潜力的差距；二是通过遗传改良提高作物的产量潜力。利用常规育种、株型改良、杂种优势利用、生物技术等方法可提高产量潜力。提高产量的措施主要依靠综合的栽培管理技术的改进与应用，包括养分管理、水分管理、土壤管理、综合的病虫害防治、作物高产适用种植技术等。

2. 可持续性目标　今后的农作物生产必须建立在可持续发展的基础上，在提高生产率的同时，要保护、改善和合理利用农业环境和资源。

3. 营养安全目标　国际上关于农产品安全的认识正在发生变化，从单纯注重饮食能量安全转向能

量安全和营养安全的结合。今后农作物生产应全面实现产品安全、环境安全和营养安全。

4. 经济高效目标　像其他经济活动一样，作物生产必须服从本身内在的经济规律和市场规律，做到生态、技术、经济上的统一，形成效益型的生产结构。在稳定粮食的基础上，通过调整农业结构，发展多元化生产，推广应用简化轻型栽培技术等提高作物生产的效益。

（二）作物生产发展的途径

今后作物生产将主要通过增加投入和发展科学技术来保持其可持续性增长，在提高资源利用效率的同时，不断提高作物的单产、品质和效益。提高作物产量、品质和效益的具体途径可分为良田、良制、良种、良法四个方面。

1. 建设高产农田　我国低产田约占耕地面积的21.5%，中产田面积约占总耕地面积的57%，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和生产条件优越，种植水平高，只要合理地增加物质投入，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，更是我国作物生产发展的方向之一。

2. 改革种植制度　预计在未来的20～30年内，我国的种植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。

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，实行小麦套作玉米也已获得成功。将来的发展趋势是间、套作模式逐步规格化，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；发展“粮食作物－经济作物－饲料绿肥作物”三元复合结构，促进生态环境的良性循环。

3. 普及优良品种　今后的育种目标要多样化，除继续加强高产育种外，品质改良、抗性育种和抗逆育种等将得到相应的重视和发展。另外，一些高新技术将在育种中得到进一步的应用，主要有杂种优势利用、杂交技术和生物技术等。

进一步完善种子产业化工程，要求育种、制种、种子加工、贮藏、运输、销售以及配套服务等相关产业以市场为导向、效益为中心来组织和发展，成为产业实体。在产业化过程中，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、育繁加销推一体化，达到生产用种全面良种化的目标。

4. 发展先进适用技术　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。主要的单项技术包括：

（1）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；后来依赖于节水栽培技术的发展，一般不需很大的资金投入。

（2）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。

（3）设施栽培技术：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。

（4）病虫草防治技术：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。

（5）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。

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配套的技术，包括：①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。②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、横跨自然科学和社会科学的大产业，贯穿于种植业内外的能量流、物质流以及经济流将形成一个极其复杂的信息流。要对如此浩繁

的信息进行科学分析和合理利用，只能依赖于智能计算机技术的发展。可以设想，随着资源、环境、生产信息的计算机化、种植业数据库的建立和智能管理系统的完善，生产者只要把作业的田块编号输入计算机网络，计算机便能根据数据库中的信息和由计算机适时采集的作物生长监测信息，应用智能管理系统提出决策方案，并根据方案进行操作和管理。

第二节　作物的起源与分类

一、作物起源与传播

（一）作物起源与农耕文化

作物是指由人类栽培的植物。栽培植物是以人类定居为前提的，因而作物起源与农耕文化的起源密切相关。约在1万年前，由于最后的冰河急剧溶化，湖泊和沼泽地增多了，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，形成了以捕鱼为生的定居生活方式。定居的结果，使人类看到了“吃掉的植物”再生出“可食用的植物”的过程。这些自然再生的植物就成了人类农耕文化开始的渊源。

原始人类栽培的通常是其周围的植物。因此，居住的地理环境不同，就会形成不同的农耕生产，进而形成不同的农耕文化（圈）。研究表明，人类农耕可分为4种，它们是以不同人种在各自独立的区域发展起来的。各农耕文化的起源与传播大致如下：

1. 地中海农耕文化　是在中东地区兴起的农耕文化，以小麦、大麦、蔓菁、豌豆等具有代表性的作物为主，从石器时代向欧洲传播的同时，经陆地传入印度、中国等国家。

2. 热带草原农耕文化　在非洲主要是在西非的尼日尔河流域产生的农耕文化，与东非的埃塞俄比亚地区产生的农耕文化相结合后，逐步扩大至印度次大陆，代表作物有豇豆、紫黑稗、葫芦、芝麻等。

3. 根栽农耕文化　以东南亚、马来半岛为中心，产生了以芋头、山芋、香蕉、甘蔗等为代表作物的农耕文化。根栽农耕文化从印度向西传入马达加斯加，而后传到非洲大陆，又传遍南太平洋各岛屿。

4. 新大陆农耕文化　在南美洲的秘鲁高原，产生了马铃薯、菜豆、南瓜等为代表作物的农耕文化。在中美洲还产生了以玉米、甘薯为核心的农耕文化。随着哥伦布发现新大陆，这些作物大多数在16世纪后，很快传遍旧大陆，极大地改变了世界作物的分布图。

（二）作物的起源中心

现代人类栽培的作物，均来源于野生植物，这一观点是由瑞士德·康多尔和英国查·达尔文等学者阐明的。康多尔在1883年出版的《栽培植物的起源》一书中，介绍了对247种作物与野生植物的亲缘关系的考察结果，认为其中199种起源于旧大陆，45种起源于新大陆，只有3种来历不明。

20世纪20～30年代，原苏联学者恩·依·瓦维洛夫组织植物远征采集队，收集了世界各大洲60多个国家的30多万份野生植物和栽培作物的材料，后于1926年发表《栽培植物的起源中心》一书，提出了起源中心说。1935年，瓦维洛夫对原有的观点做了一些修改，在其著作《育种的植物地理学基础》一书中，提出了栽培植物的八大起源中心学说，包括8个独立的起源中心和3个副中心。

1. 中国起源中心　位于中国的中部和西部山区及其毗邻的低地，是世界上栽培植物最早和最大的起源地。固有植物136种，居各起源中心之首。其中主要农作物有黍、稷、粟、稗、高粱、大麦、荞麦、大豆、红小豆、山药、苎麻、大麻、苘麻、紫云英等。主要果树植物有李、梅、梨等。

2. 印度起源中心　位于印度东北的阿萨姆地区和缅甸，固有植物117种。是稻、龙爪稷、甘蔗、绿豆、芋、亚洲棉、黄麻、芝麻等农作物和许多热带果树的起源地。

印度－马来亚起源中心位于印度支那、马来西亚群岛和菲律宾，是印度起源中心的补充，固有植物55种。是甘蔗、薏苡、马尼剌麻等农作物的起源地。

3. 中亚起源中心　位于印度西北部、巴基斯坦北部、阿富汗、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦及天山西部，固有植物44种。起源于这里的农作物有小麦、豌豆、蚕豆、亚麻等。

4. 近东（西亚）起源中心　位于小亚西亚南部、外高加索、伊朗和土库曼斯坦，固有植物83种。起源于这一地区的农作物有硬粒小麦、普通小麦、圆锥小麦、波斯小麦、二棱大麦、黑麦、燕麦、紫花苜蓿等。

5. 地中海起源中心　位于地中海沿岸，固有植物84种。是二粒小麦、波兰小麦、斯卑尔脱小麦、地中海燕麦、大粒豌豆、大粒蚕豆、羽扁豆、甜菜、三叶草等农作物的起源地。

6. 埃塞俄比亚起源中心　位于埃塞俄比亚、厄立特里亚和索马里北部，固有植物88种。是高粱、豌豆、亚麻、芝麻、蓖麻及多种大麦和小麦等农作物的起源地。

7. 中美起源中心　位于墨西哥南部、中美、安提列斯群岛。是玉米、甘薯和陆地棉的起源地。

8. 南美起源中心　位于秘鲁、玻利维亚和厄瓜多尔。

（1）智利起源中心：是马铃薯的起源地。

（2）巴西－巴拉圭起源中心：是花生、烟草、木薯、海岛棉等农作物的起源地。

在瓦维洛夫研究的640种栽培植物中，有500多种起源于旧大陆，其中又有400多种起源于亚洲南部，主要是中国和印度。虽然瓦维洛夫把中国列为第一个起源中心，但他对中国的调查并不充分，否则起源于中国的作物种类会更多。例如，由于他不了解我国的水稻栽培史和广泛分布于我国的野生稻种，而误以为水稻起源于印度。

在瓦维洛夫之后，又有许多学者对作物的起源问题进行了研究，并提出了一些新的观点。但迄今为止，瓦维洛夫的八大起源中心学说仍为大多数学者所肯定。

二、作物的分类

地球上共有植物39万余种，其中被人类利用的栽培植物种类，一般说来有5 000种左右，属于大面积种植的约200种。我国目前的栽培作物种类约600种，其中粮食作物30多种，经济作物约70种，果树作物约140种，蔬菜作物110多种，牧草约50种，花卉130余种，绿肥约20种，药用植物50余种。

为保存、研究和利用作物品种资源，也为了更好地了解作物生长发育规律、促进作物生产的发展，对作物及其品种做适当的分类是很有必要的。作物的分类方法和标准很多，归纳起来主要有以下几种。

（一）按植物学分类

即根据植物学科、属、种进行分类。一般用双名法对植物进行命名，称为学名。这种分类方法的最大优点是能把全世界所有的植物，按其形态特征进行系统分类和命名，可以为国际上通用。例如玉米属于禾本科，其学名为 *Zea mays* L.，第一个字为属名，第二个字为种名，第三个字是命名者的姓氏缩写。这种分类法对农业工作者来说有时不太方便。

（二）按作物的生理生态特性分类

1. 按作物对温度条件的要求分类　根据作物对温度条件的要求，可分为喜温作物和喜凉作物。喜温作物对温度和积温的要求都比较高，生长发育的温度三基点（最低、最适和最高温度的总称）分别为10℃左右，20～25℃和30～35℃，如水稻、玉米、粟、高粱、棉花、花生、芝麻、甘蔗、苎麻、黄麻、红麻、剑麻、烟草、咖啡等；喜凉作物的温度三基点分别为1～5℃，12～18℃和26～30℃，如小麦、大麦、黑麦、燕麦、油菜、蚕豆、豌豆、苕子、苜蓿等。也有一些作物介于上述二者之间，如亚麻、马铃薯、荞麦等。

2. 按作物对光周期的反应分类　根据作物对光周期的反应，可分为长日照作物和短日照作物。在较长的日照条件下才能开花的作物，称为长日照作物；相反，在较短的日照条件下才能开花的作物，称为短日照作物。属于长日照的作物有小麦、大麦、黑麦、燕麦、蚕豆、油菜、苕子、亚麻等；属于短日照的作物有水稻、玉米、高粱、大豆、棉花、花生、芝麻、甘蔗、苎麻、黄麻、红麻、剑麻、烟草、咖啡等。还有一些对光周期要求不很严格的作物，称为中日型作物，如棉花、荞麦、豌豆和一些极早熟的水稻品种、大豆品种和烟草品种。定日作物是指要求日照长短有一定的时间才能完成其生育周期，如甘蔗只有在12小时45分的日

照条件下才能开花。

3. 按作物同化 CO_2 的途径分类　根据作物的同化途径，可分为 C_3 作物和 C_4 作物。凡在光合作用中最先形成的中间产物是带三个碳原子的磷酸甘油酸的，称为 C_3 作物，这类作物有水稻、麦类、大豆、棉花、烟草等。凡在光合作用中最先形成的中间产物是带四个碳原子的草酰乙酸等双羧酸的，称为 C_4 作物，属于这类作物的有玉米、高粱、甘蔗、苋菜等。

（三）按作物用途和植物学系统相结合的分类

这是目前作物学中最常用的分类法，以此可将作物分成四大部门九大类。

1. 粮食作物（也称食用作物）

（1）谷类作物：也称禾谷类作物，绝大多数属禾本科。主要作物有稻、小麦、大麦、黑麦、燕麦、玉米、高粱、粟、黍、稷、稗、薏苡等。荞麦和籽粒苋分属蓼科和苋科，习惯上也列入此类。谷类作物主要作为粮食和饲料，提供糖类和蛋白质食物。

（2）豆类作物：或称菽谷类作物，均属豆科。主要作物有大豆、蚕豆、豌豆、绿豆、小豆、豇豆、菜豆、小扁豆、蔓豆、鹰嘴豆等。豆类作物既可直接食用，提供植物性蛋白；也可作为工业原料。

（3）薯（芋）类作物或称根茎类作物：植物学分类的科属不一，主要作物有甘薯、马铃薯、木薯、豆薯、山药、芋、菊芋、蕉藕等。薯类作物主要作为粮食和饲料，提供淀粉类食物。

2. 经济作物（又称工业原料作物）

（4）油料作物：主要有花生、油菜、芝麻、向日葵、蓖麻、苏子、红花等。油料作物主要作为制油工业原料，提供脂肪性食物和工业用油。

（5）纤维作物：主要有棉花、苎麻、黄麻、大麻、红麻、苘麻、蕉麻、龙舌兰麻等。纤维作物主要作为纺织工业原料，提供植物纤维。

（6）糖料作物：主要有甘蔗、甜菜，此外还有甜叶菊、芦粟、甜高粱等。糖料作物主要作为制糖工业原料，提供食用糖。

（7）其他作物：主要有烟草、茶、桑、薄荷、咖啡、啤酒花、代代花、香茅草等。这类作物大多作为特种工业原料，一部分用于满足人类嗜好。

3. 饲料及绿肥作物

（8）饲料及绿肥作物：饲料作物，禾本科植物中主要有黑麦草、苏丹草、雀麦草、早熟禾、看麦娘等，豆科植物中主要有苜蓿、三叶草、草木樨、沙打旺等。牧草作物主要用于家畜饲料。绿肥作物，以豆科植物为主，主要有紫云英、苕子、田菁、柽麻等；其他科的植物有红萍、水葫芦、水浮莲、水花生等。绿肥作物主要用于改土肥田。

4. 药用作物

（9）药用作物：种类繁多，常见的有人参、枸杞、当归、杜仲、黄连等。药用作物主要提供中药原料。

上述分类中的作物，大多为狭义的农作物，广义的农作物还应包括果树、蔬菜、花卉，以及一些调料植物、染料植物等。

作物的分类总是相对的，因为大多数作物的用途并不是单一的。例如大豆，既可食用，又可榨油，因而也有的学者把它分成油料作物；玉米为谷类作物，但现在实际上大多作为饲料使用；马铃薯是薯类作物，但在我国大多作为蔬菜使用。又如亚麻是纤维作物，但种子又可榨油；红花是油料作物，但其花可作药材。

（四）按农业生产特点分类

如按播期，可分为春播作物、夏播作物、秋播作物、冬播作物；以收获期不同，可分为夏收作物和秋收作物；按播种密度和田间管理等，可分为密植作物和中耕作物。

此外，农业生产上还通常按作物的生长习性进行分类。如按光照强度效应，分成喜光作物（水稻、玉米、棉花等）、耐阴作物（大豆、甘薯等）、喜阴作物（生姜等）；按茎秆特性、高度，分为高秆作物（玉米、高粱

等)、矮秆作物(稻、麦类、粟、大豆等)、匍匐作物(甘薯、苕子等);按生长年限,分为一年生作物(水稻、棉花、大豆等)、二年生作物(小麦、油菜、蚕豆、甜菜等)、多年生作物(苎麻、茶树等)等。

第三节　作物生长发育规律

一、作物的生长发育

(一)作物的生长发育过程

1. 作物的生育期　作物从播种到收获的整个生长发育过程称为作物的一生。作物一生所需的天数为作物(全)生育期长度,它主要与作物种类、品种和环境条件等有关。

作物在其一生中,受遗传因素和环境因素的影响,在外部的形态特征和内部的生理特性上都会发生一连串的变化。根据这种变化规律,特别是形态特征的显著变化,可把作物的全生育期人为地划分为几个生育阶段和生育时期。例如,属于单子叶禾本科作物的小麦,一般可划分为出苗期、分蘖期、拔节期、抽穗期、开花期和成熟期;属于双子叶作物的棉花可分为苗期、蕾期、花铃期和吐絮期等。

2. 作物的生长与发育　作物的一生,可以区分为两种生命现象,即生长和发育。生长是指作物个体、器官、组织或细胞在体积、重量和数量上的增加,是一个不可逆的量变过程,通常可用大小、轻重和多少来加以度量,如根、茎、叶的生长等。与此相对,发育是指作物细胞、组织和器官的分化形成过程,也就是作物发生形态、结构和功能上质的变化,有时这种变化是可逆的,通常难以直接用单位进行度量,如幼穗分化、花芽分化、维管束发育等。生长与发育的区别是相对的,有时两者是很难区分的,实际使用时也常常把生长发育或生育作为一个概念使用。

3. 营养生长和生殖生长　根据作物不同生育时期的生育特点,可把作物的生育过程分为营养生长和生殖生长两种类型。营养生长是指作物以分化、形成营养器官为主的生长,进行营养生长的时期称为营养生长期或营养生长阶段,如禾谷类作物从出苗到幼穗分化前主要形成器官根、茎、叶。生殖生长是指作物以分化、形成生殖器官为主的生长,进行生殖生长的时期为生殖生长期或生殖生长阶段,如禾谷类作物从开花到成熟主要形成生殖器官种子。作物从营养生长期向生殖生长期过渡时,均有一段营养生长与生殖生长同时并进的阶段。单子叶禾谷类作物从幼穗分化到抽穗开花,双子叶作物棉花从开花至吐絮,均是营养器官与生殖器官同时生长的时期。

(二)作物各器官的生长发育

1. 种子与种子发芽

(1)种子的概念:作物生产中的种子,指的是用来繁殖下一代作物的播种材料。根据其来源和特点可分成三类。第一类,由胚珠发育而成的种子,如豆类作物、油菜、棉花等。第二类,由子房发育而成的果实,如禾谷类作物的颖果、荞麦和向日葵的瘦果等。第三类,根茎类作物用于繁殖的营养器官,如甘薯的块根、马铃薯的块茎等。

(2)种子的发芽:发芽是指胚根伸出种皮形成种子根或营养器官的生殖芽开始生长的现象。种子发芽,一般要经过吸水膨胀、萌动和发芽三个过程。作物播种前,必须做好发芽率和发芽势试验,以此作为选种和确定用种量的依据。发芽率是指能发芽的种子占供试种子的百分率,发芽势是指在某一特定时间内的发芽率。影响种子发芽的环境因素,包括水分、温度和空气。

2. 根的种类和根系的生长

(1)根的种类:根主要起固定植株、吸收水分和养分的作用。根可分为初生根、次生根、不定根三类。初生根指由种子内胚根发育而来的根,俗称种子根。次生根指着生于主根上的侧根(双子叶作物)或基部茎节上的节根(单子叶作物)。不定根指由茎、叶等处随时发生没有固定位置的根。另外,尚有一些变态的根,如甜菜、甘薯等作物的块根。

（2）根系的生长：双子叶作物发芽后，胚根不断伸长下扎发育成主根。主根在伸长、增粗的过程中，不断形成分枝根，最终形成主根发达、分枝根逐级变细的庞大根系。双子叶作物的根均来自于主根，因此其根系被称为主根系。禾谷类作物除初生根外，还能在基部茎节上形成多数次生根。次生根较初生根稍粗，两者均无次生生长，因此粗细都大体相似。它们集中在茎节基部，其状如须，故单子叶作物的根系被称为须根系。

3. 茎的种类、形态和茎的生长

（1）茎的种类和形态：茎主要担负支撑植株、输导物质和贮藏养分的功能。根据茎的生长习性，可以划分为直立茎（如稻、麦等大多数作物）、匍匐茎（如甘薯）、攀援茎（如豌豆）和缠绕茎（如豇豆）。除上述类型外，茎尚有一些变态类型，如马铃薯的块茎、苎麻的地下茎等。

茎由节和节间组成。节为着生叶的部位，节间为相邻两个节之间的部分。茎节上叶的内侧称为叶腋，叶腋内大多有腋芽分化。双子叶作物的腋芽可发育成为分枝；禾谷类作物地下部或近地面密集的茎节，称为分蘖节，分蘖节上的腋芽可形成分枝称为分蘖。来源于胚芽和种芽的茎称为主茎，主茎上产生的分枝（或分蘖）称为一次分枝（或分蘖），一次分枝产生的分枝为二次分枝。

（2）茎的生长：双子叶作物的茎，主要靠茎尖顶端分生组织的细胞分裂和伸长，使节数增加、节间伸长，植株逐渐长高，节间伸长的方式为顶端生长。禾谷类作物的茎，主要靠每个节间基部的居间分生组织细胞进行分裂和伸长，使每个节间伸长而逐渐长高，节间伸长的方式为居间生长。茎的分枝（分蘖）能力，因作物种类而有所不同。禾谷类作物中，稻、麦等较强，玉米、高粱、粟等较弱；双子叶作物中，棉花、油菜、花生、豆类等较强，烟草、麻类、向日葵等较弱。

4. 叶的形态与生长

（1）叶的形态：根据来源和着生部位可分为子叶和真叶。子叶是胚的组成部分，着生于胚轴上。双子叶作物有两片子叶；单子叶作物有一片子叶形成胚芽鞘，另一片子叶形如盾状，称盾片。

真叶简称叶，着生于主茎或分枝（分蘖）的节上。大多数双子叶作物的叶由叶片、叶柄和托叶三部分组成，但有些双子叶作物缺少托叶或叶柄。禾谷类作物的叶主要由叶片和叶鞘构成。叶片是作物光合作用和蒸腾作用的主要器官。双子叶作物的叶柄，主要起输导物质和支撑叶片的作用；单子叶作物的叶鞘不仅对茎秆起保护和支撑作用，也能进行光合作用。另外，叶也是某些作物的产品器官，如烟草、剑麻和蕉麻等。

（2）叶的生长和衰老：叶起源于茎尖基部的叶原基。在茎尖分化成生殖器官前，可不断地分化出叶原基，因而茎尖周围通常包围着大小不同、依次生长的多个叶原基和幼叶。叶原基发育成叶的过程要经过顶端生长、边缘生长和居间生长三个阶段。

双子叶作物的叶片在展开后，禾谷类作物的叶在抽出后便开始进行光合作用，在叶定型后不久光合作用达到高峰。之后，叶开始进入衰老期，光合作用也开始下降。双子叶作物叶通常衰老至一定程度后会自行脱落，而单子叶作物叶则表现为枯死。

5. 产量器官的形成和成熟

（1）营养器官的形成和成熟：以一般的营养器官为产量器官的作物，如甘蔗、麻类作物的茎，烟草的叶等，其产量器官的生长发育与普通的营养器官基本相似，也保持普通营养器官的功能和特性。主要的区别在于这类产量器官一般能定向地积累某些物质。

以变态的营养器官为产量器官的作物，如甘薯的块根、马铃薯的块茎等，其产量器官的生长发育与普通的营养器官有较大的差异，这些变态器官的共同特点是，顶端分生组织停止细胞分裂，而其稍后的薄壁细胞恢复分裂能力，使不定根或匍匐茎不断膨大增粗，发育成块根或块茎。这种变态器官是特化了的贮藏器官，因此已失去一般营养器官的功能和特性。

（2）生殖器官的形成和成熟：以生殖器官为产量器官的作物有禾谷类作物的颖果，豆类、油菜的种子，以及种子的附属物如棉纤维等。在这些作物中，生殖器官的分化和生长发育过程即为产量器官的形成与成熟过程。根据生殖器官的生长发育特点，可粗分为花芽分化、开花传粉受精和种子果实发育三个

过程。

花芽分化指作物生长发育到某一时期，茎尖的分生组织不再分化叶原基和腋芽原基，而分化形成花或花序原基的过程。

开花是指成熟的雄蕊和雌蕊（或两者之一）暴露出来的现象。传粉是指成熟的花粉粒借助外力的作用从雄蕊花药到雌蕊柱头上的过程。受精是指雌、雄性细胞，即卵细胞和精子相互融合的过程。

受精作用完成后不久，种子和果实就会开始发育。种子由胚珠发育而来，各部分的对应关系是受精卵发育成胚，初生胚乳核发育成胚乳，包被胚珠的珠被发育成种皮。果实由子房发育而来，某些作物除了子房外，还有花器甚至花序参与果实的发育。

二、作物产量及其形成

（一）作物的产量

1. 作物产量与经济系数

（1）作物产量：是指收获的具有经济价值的产品数量，也称经济产量，常包括单产和总产两个内容。单产，我国通常是指每亩耕地上所收获的产品数量；总产，是指某一行政区域或生产单位所生产的全部产量。

作物种类不同，具有经济价值的器官也就不同。一般情况下，禾谷类作物为籽粒，豆类作物和油料作物为种子，棉花为种子纤维，甘薯为块根，马铃薯为块茎，麻类作物为韧皮部纤维，烟草为叶，甘蔗为茎，啤酒花为花，饲料作物为地上部植株等。

与作物经济产量相对应的是生物产量。生物产量是作物在其一生中积累的全部干物质重，但由于地下部的真实重量很难测定，因此一般情况下生物产量指的都是地上部总干物质。对于一些以地下部器官为产量的作物，如花生、甘薯、马铃薯等，生物产量为经济产量和地上部干物重之和。

（2）经济系数：生物产量是形成经济产量的物质基础。当生物产量一定时，经济产量的高低取决于生物产量形成经济产量的效率。衡量这一效率高低的系数称为经济系数（或收获指数），其值为经济产量与生物产量的比率，经济系数 = 经济产量/生物产量。

2. 作物产量的构成因素及其相互关系

（1）作物产量的构成因素：决定作物产量高低的直接参数，称为产量构成因素。由于作物产量是以土地面积为单位的产品数量，因此可以由单位面积上的各产量构成因素的乘积计算。例如，禾谷类作物产量的高低，取决于单位面积上的有效穗数、每穗平均结实粒数和每粒平均粒重的乘积，即穗数、粒数和粒重3个因素；棉花的产量取决于株数、每株铃数、籽棉重和衣分4个因素。

（2）产量构成因素间的相互关系：产量是各构成因素之积，理论上任何一个因素的增大，都能增加产量。但实际上，各个产量因素是很难同步增长的，它们之间有一定的制约和补偿的关系。制约是指先形成因素对后形成因素的限制性作用，补偿是指后形成因素对先形成因素的补偿性作用。

（二）作物产量的形成

1. 禾谷类作物

（1）穗数：玉米、高粱等无分蘖成穗的作物，穗数的多少主要取决于种植密度；而大多数有分蘖的禾谷类作物，穗数由种植密度（或移栽密度）和单株有效分蘖数决定。作物的单株有效分蘖数，可分解成最高分蘖数和分蘖成穗率两个方面。一般情况下，苗龄达到3叶以上的植株便开始分蘖，并随叶龄增加而增加，直至拔节期前后达到最大分蘖数为止。之后，一部分分蘖的生育速度开始不断下降，直至停止死亡，成为无效分蘖；另一部分分蘖继续保持一定的生育速度，最后成为有效分蘖，与主茎一起构成单位面积的穗数。

（2）穗粒数：穗粒数可分解成每穗可育颖花（小花）数和颖花结实率两个方面。每穗可育颖花数为分化颖花数与退化颖花数之差。一般说来，每穗可育颖花数完全由幼穗分化过程决定，这期间植株生育条

件好，分化的颖花数就多，退化的颖花数就少，最终的可育颖花数也就多。颖花结实率是指每穗结实数与可育颖花数的比值。可育颖花数能否结实，主要受开花前后植株的营养状况和环境条件的影响。植株体内营养物质充分，环境条件比较适宜时，一般结实率就高。

（3）粒重：粒重的高低主要由作物的灌浆过程决定。灌浆过程可分为灌浆长度和灌浆强度两个方面。灌浆长度指开花至成熟的时间长度，以天数表示。灌浆长度除受作物和品种特性的影响外，环境条件，特别是有无灾害性气候对灌浆长度有决定性的影响。灌浆强度是指单位时间内籽粒增重的速度，以g/天等表示。另外，粒重还受籽粒"容积"的影响。

2. 双子叶作物　双子叶作物的产量构成因素，因作物而有所不同，但基本的产量构成因素均由单位面积株数、每株铃或荚数、每荚粒数和粒重（棉花为衣分）等构成。

（1）株数：单位面积的株数由种植密度或移栽密度决定。

（2）铃（荚）数：大多数双子叶作物，都会形成一定数量的分枝，在分枝上再着生花序或花芽。因此，每株铃（荚）数首先受分枝数的影响，特别是像油菜等能形成二次分枝的作物；其次是受每分枝分化的花序或花芽数的影响。分枝的花芽能否成为有效的铃（荚），取决于多种因素。第一是花芽形成的时间，一些分化较晚的花芽往往不是得不到充分的营养物质就是来不及成熟，而成为无效铃（荚）。第二是在铃（荚）生育的过程中，有相当一部分的花蕾、铃（荚）因营养或激素失调、病虫危害等原因中途脱落，如棉花的蕾铃脱落、大豆的花荚脱落和油菜的蕾荚脱落等。

（3）粒数：与禾谷类作物1朵颖花结实1粒种子的特性不同，双子叶作物每朵花的子房内通常有多个胚株，因而能结多粒种子。每铃（荚）的有效种子数，首先决定于子房内胚珠的数目，这主要是受遗传基因的控制；其次受空瘪粒的影响，这与开花传粉期间的环境条件、植株营养水平等有关。与每株有效铃（荚）数相比，每铃（荚）种子数变幅较小，比较稳定。

（4）粒重：与禾谷类作物一样，双子叶作物的粒重决定于结实期长度和结实期增重速度，它们受作物种类、品种、环境条件和栽培技术等因素的影响。与禾谷类作物不同的是，在双子叶作物中，果实（铃、荚）和种子存在着一种相互影响和依存的关系，首先子房的发育需要胚珠受精和种子发育的刺激，而种子发育和充实需要果实提供的光合产物。因此，双子叶作物中粒重的高低通常与果实的发育密切有关。另外，棉花的皮棉产量不仅和粒重（籽棉）有关，还和衣分的高低有关。

三、作物品质与评价标准

（一）作物的品质

作物的品质是指产量器官，即目标产品的质量。由于我国人多地少，农产品长期处于短缺状态，因此高产一直是作物生产首要任务和发展方向，而对农产品的质量问题重视不够。但随着农业生产的发展和农产品的日益丰富，品质的优劣将越来越重要。

作物品质的优劣是按人类需求为标准的。一般说来，作物产量器官生长发育越好、产量越高，作物的品质也往往较好，但两者之间并没必然的联系。有时也可能是矛盾的，如禾谷类作物的蛋白质含量往往和产量呈相反的变化趋势。

作物种类不同，用途各异，对它们的品质要求也各不一样。根据栽培目的，作物可粗分为食用作物和经济作物两大类；前者包括各类粮食作物和饲料作物等，后者包括各类经济作物。对食用作物来说，品质的要求主要包括食用品质和营养品质等方面；对于经济作物来说，品质的要求主要包括工艺品质和加工品质等方面。

（二）作物品质的评价指标

1. 形态指标与理化指标　目前，具体评价作物品质的指标主要有形态指标和理化指标两类。作物品质通常需要对两类指标加以综合评价后，才能确定其优劣。

（1）形态指标：是指根据作物产品的外观形态来评价品质优劣的指标，包括形状、大小、长短、粗细、

厚薄、色泽、整齐度等。如禾谷类作物籽粒的大小、棉花种子纤维的长度、豆类作物种子种皮的厚薄等。

(2)理化指标:是指根据作物产品的生理生化分析结果评价品质优劣的指标,包括各种营养成分如蛋白质、氨基酸、淀粉、糖分、维生素、矿物质等的含量,各种有害物质如残留农药、有害重金属等的含量等。对于某一作物而言,通常以一二种物质的含量为准。例如,小麦籽粒的蛋白质含量,玉米籽粒的赖氨酸含量,甘蔗、甜菜的含糖量,油菜籽的芥酸含量,特用作物的特定物质含量等。

2. 食用品质和营养品质　大多数食用作物,除了外观形态品质外,判断其品质优劣的主要指标是理化性状。理化性状又可分为食用品质和营养品质两个方面。

(1)食用品质:所谓食用品质是指蒸煮、口感和食味等的特性。稻谷加工后的精米,其内含物的90%左右均是淀粉,因此稻谷的食用品质很大程度上决定于淀粉的理化性状。而小麦籽粒中含有多量的面筋,面筋是麦谷蛋白和麦醇蛋白吸水膨胀形成的凝胶体,因此小麦的食用品质很大程度上决定于面筋的特性。

(2)营养品质:所谓营养品质主要是指蛋白质含量、氨基酸组成、维生素含量和微量元素含量等。一般说来,有益于人类健康的成分丰富,如蛋白质、必需氨基酸、维生素和矿物质等的含量越高,则产品的营养品质就越好。

3. 工艺品质和加工品质　对于大多数经济作物而言,评价品质优劣的标准通常为工艺品质和加工品质。另外,很多食用作物,实际上也需经过初加工或深加工后才能作为食品食用,因此也存在加工品质的问题。

(1)工艺品质:指影响产品质量的原材料特性。如棉纤维的长度、细度、整齐度、成熟度、转曲、强度等。再如,烟叶的色泽、油分、成熟度等外观品质也属于工艺品质。

(2)加工品质:一般指不明显影响产品质量,但对加工过程有影响的原材料特性。如糖料作物的含糖率,油料作物的含油率;棉花的衣分,向日葵、花生的出仁率,以及稻谷的出糙率和小麦的出粉率等。

第四节　作物品种改良

一、作物优良品种及其特点

(一)品种的概念

作物都起源于野生植物。作物品种是人类在一定生态和经济条件下,根据自己需要而创造的作物群体。品种的概念包括以下三个方面的内容。

1. 品种是人类长期劳动的产物　人类为满足生活的需要,挑选野生植物经过长期的栽培、驯化和人工选择,选育出具有一定特点、适应一定自然条件和栽培条件的作物群体,即作物品种。

2. 品种应具备遗传稳定性和形态一致性　品种是作物生产的重要资料,而作物生产是以群体为单位进行的。因此,无论种植面积的大小,品种必须具有相对稳定的遗传性,同一品种必须保持生物学和形态学上的相对一致性,在生产上才具有利用价值。

3. 品种必须符合生产的需要　作物生产的目的是提供充分和优质的农产品,因此品种必须具备完成生产目标的潜力。而作物生产又是在一定的自然条件和栽培条件下进行的,因而品种对其所处的生态环境具有一定的适应性,是保证作物高产、优质的基础。

(二)优良品种的特点

优良品种能充分利用自然资源和生产条件,克服诸如倒伏、病虫危害等一些生产中常见的障碍因子。因此,选择适宜的优良品种是作物生产的一个重要环节。一般说来,优良品种应具备以下几个特点。

1. 丰产性　这是优良品种应具备的最基本条件。品种的丰产性是多种形态特征和生理特性的综合表现。一般说来,高产品种既要有较高的物质生产量和经济系数,又要有合理的产量结构。

2. 稳产性　品种的稳产性是丰产性的基本保证。品种的稳产性主要受其抗性的影响。一般说来，优良品种应该对当地的主要病虫害和自然灾害具有一定的抗性。

3. 优质性　随着人民生活水平的提高和商品经济的发展，品种的优质性将成为决定经济效益的重要因素。

4. 早熟性　早熟性不但有利于提高多熟制地区的复种指数，而且可以避免或减轻自然灾害和某些病虫的危害。

5. 广适性　品种的适应性是决定品种种植范围大小的重要因素。广适性要求品种能适应较大地区范围的气候条件和土壤条件，以及适应不同的栽培条件。

二、品种改良的途径和方法

品种改良也称品种选育，其核心是运用作物遗传变异规律，通过创造变异和利用变异来改善作物遗传素质和群体的遗传结构，选育出符合人类需要的优良品种。其过程包括：种质资源的发掘与利用、优良基因的重组与选择、育成品种的评价与测试三个环节。

（一）引种

广义的引种，是指把外地或国外的新作物、新品种或品系，以及研究用的遗传材料引入当地。狭义的引种是指生产性引种，即引入能供生产上推广栽培的优良品种。引种具有简捷易行、见效快的优点。

引种能否成功，决定于引种地区与原产地区的生态条件差异程度，差异越小引种越容易成功。引种时需要考虑的生态条件包括气温、日照、纬度、海拔、土壤、植被、降水分布及栽培技术水平等，其中气温和日照长度是决定性的因素，而纬度和海拔则与气温和日照长度密切相关。

引种的主要步骤如下。第一，引进品种。根据本地的生态条件和栽培特点，有的放矢地引进一定数量的材料，为防止本地区没有的病、虫、杂草从外地或国外传入，须严格遵守植物检疫制度。第二，品种观测。在有代表性的地块上，使用有代表性的栽培方法，少量种植引进材料，并每隔一定间距种植对照品种（当地优良品种），用于比较对照。第三，生产推广。经1～2年品种观测后，选出少数优于对照的材料进行产量等比较试验，最后选出最好的材料在生产上推广。

（二）选择育种

选择育种是应用最早的品种选育方法。它是以品种内的自然变异为材料，根据育种目标选择单株，从而获得新品种或改良原有品种的方法。此法简便易行，收效也较快。

选择育种的方法常有两种：一是将选到的单株（单穗）混合脱粒，混合种植，称混合选择，常用于异花授粉作物的改良。混合选择可以进行一次，也可连续进行多次。二是将选择的单株（单穗）分别脱粒、分别种植，然后对后代株系进行比较、选择，直至选出新的品种，这种方法称为单株选择，常用于自花授粉作物。应用单株（单穗）选择的方法也称为系统育种，是应用较为广泛的育种方法。

系统育种包括大田选株（穗）、株（穗）行试验和产量比较三个环节。选株（穗）可以在一个群体中，也可以在多个群体中进行。把选择的优良单株（穗、铃）或有特点的自然变异的种子种成株行。每隔一定距离种植对照行（或原品种），在生长期的各个关键时期进行观测鉴定并与邻近对照进行比较，最后选出一些显著优良的株行，进入产量比较试验、区域试验、生产试验直至推广。

（三）杂交育种

杂交育种是用基因型不同的个体为亲本，通过有性杂交，经基因分离、重组创造异质后代群体，从中选择优良个体，并进一步育成新品种的方法。

杂交育种可按照育种者的意愿将所选亲本的优点通过基因重组组合到一起，创造出前所未有的新类型。与选择育种相比，杂交育种不是仅利用自然界中现有的变异，而是按照育种目标去创造新的类型，能更好地发挥人的主观能动性，因而已成为农作物育种中应用最广泛、成效最显著的方法。

杂交育种主要包括组合配置、杂交后代处理和定型品系（种）评比三个环节。在程序上要通过亲本

圃、选种圃(F_1,F_2,F_3……直至纯合程度达到要求时为止)、产量比较圃(鉴定圃、预试圃、品比圃)、区域试验、生产试验,直至生产上应用。

(四)杂种优势利用

杂种优势是指两个基因型不同的亲本杂交所产生的杂种一代(F_1),在各方面比其双亲都表现优越的现象。杂种优势是生物界的普遍现象,人们为了利用杂种一代的优势,为家畜、家禽、农作物、蔬菜、观赏植物等制定了各种选育、制种的程序和方法。这种选、育、制、用的全过程,称为杂种优势利用。

有性繁殖的作物,杂种一代优势最大,产量最高,从子二代(F_2)开始,优势减弱、产量下降。因此,生产上只能利用F_1,F_2不能留作种子使用,从而必须年年制种。所以,如何简便而经济地生产大量的杂种种子,是利用杂种优势的关键。而杂种优势的利用途径主要决定于去雄的方法。

目前生产上主要采用的杂种制种方法有:①人工去雄、授粉制种,适宜于雌雄异花、花器较大、容易操作或繁殖系数高的作物,如玉米、棉花、烟草等;②利用雄性不育系制种,这是目前能有效克服人工去雄困难、应用最广、最有成效的方法,如玉米、高粱、水稻、甜菜等作物已广为应用;③化学杀雄制种,这是使用化学药剂来抑制雄性器官发育、导致雄性不育的方法,但有时会导致杀雄效果不佳等问题;④利用自交不亲和性制种,如油菜;⑤利用标记性状(基因)识别杂种等。除以上的利用杂种优势的途径外,还可利用三倍体的杂种优势(如无籽西瓜、甜菜等)和无性繁殖作物的杂种优势(如甘薯、马铃薯等)。

(五)诱变育种

诱变育种是指利用物理和化学的方法诱发作物产生变异,然后从变异群体中选择符合育种目标的个体,进而育成新品种的方法。用射线诱变进行育种的方法,称为辐射育种。用化学药剂诱变进行育种的方法,称为化学诱变育种。

诱变育种中使用最多的材料为作物干种子。它们接受诱变处理后,一般第一代(M_1)的变异大部分为不能遗传的表现型变异,因此不进行选择,而以单穗(或单铃等)、单株或以处理为单位收获后繁殖第二代(M_2)。M_2是变异最大的一代,是选择的关键。以后,随着世代的推移,性状分离减少。有些突变性状一经获得即可迅速稳定,经过几个世代的选育便可得到稳定的突变系,再经过品系鉴定、产量比较、区域试验、生产试种等育种程序,便能成为新品种。具有某些优良性状的突变系,还可作为杂交亲本被间接利用。

几十年来,诱变育种虽然取得了一定的成果,但也存在着很多需要研究解决的问题,如如何提高诱变效率、如何创造最高的有益变异率、如何做到定向诱变等。

(六)生物技术在育种中的应用

随着生物技术的迅速发展,组织培养技术和遗传工程等在育种工作中的应用越来越普遍。组织培养技术是在无菌和人工控制的条件下,对植物的原生质体、细胞、组织和器官进行离体培养,并控制其生长发育的一门技术,它可为现代作物育种创造新的变异体、脱毒原种、繁殖体及从远缘种、属中导入优良基因提供了可能和条件。如原生质体培养可以克服远缘种、属间的有性杂交不亲和性,获得细胞杂种;花药培养是单倍体育种的主要途径;茎尖培养是获得无病毒植株的关键技术等。

遗传工程就是对遗传物质进行直接操纵、改组、重建,实现遗传性定向改造的技术,它既可以在染色体水平上进行,称染色体工程;也可在基因水平上进行,称基因工程。染色体工程就是对细胞中的染色体进行有目的、有计划的添加、消除、代换使其重组,以达到消除不利性状、增添有利性状的目的。基因工程是目前研究的主要方向,它是把生物细胞中的DNA提取出来,在体外经过切割、搭配、重组,然后再导入异种细胞、整合到基因组中的技术,以达到改变生物细胞遗传基因,使之产生有利性状的目的。

生物技术的不断发展,必将对未来的作物育种产生重大的影响,并与现有的育种技术相结合,逐步成为品种选育的重要手段。

三、良种的繁育与推广

良种繁育也称种子生产，是指对通过审定的作物优良品种按一定程序进行繁殖，使生产的种子能保持其优良种性和纯度，以满足生产用种的需要。因此，良种繁育是品种改良的继续和品种推广的基础。

一个优良品种育成后，还必须通过品种区域化鉴定和品种审定后才能推广。品种区域化鉴定是通过品种区域试验、生产试验、栽培试验，对品种的利用价值、适用范围，对栽培条件的要求等做出全面的评价，为品种布局区域化提供依据。经区域化鉴定表现优良的品种，可按规定程序报请品种审定委员会审定，审定合格的品种便可组织繁育和推广。

（一）良种繁育的任务

1. 生产优质种子，实行品种的更换和更新　良种繁育的主要工作包括：①迅速而大量地繁育新品种、现有良种的优质种子，或繁育优质的亲本种子并配置杂交种，从而满足作物生产对良种的需要，加速良种的推广和原有品种的更换，实行品种的换代；②提纯复壮后的原种，也需要迅速而大量地繁育种子，以便尽快替换同品种已经退化的种子，实行品种更新。

2. 防止品种混杂退化，保持良种种性　优良品种在其大量繁殖和栽培的过程中，往往由于种、收、运、脱、藏等方面的不当而造成机械混杂，或由于天然杂交而造成生物学混杂，或由于环境条件的影响而发生变异等原因，结果导致品种混杂退化、降低品种的纯度和种性。所以，在种子生产过程中，除保证良好的生产环节和栽培条件外，还应熟悉品种的特征特性，加强纯度鉴定，分期观测选择，并检验种子质量，保证提供质量好、纯度高的优良品种种子。

（二）良种繁育的程序

良种繁育是按原原种、原种、良种三级程序进行的。原原种也称育种家种子，是育种单位提供的、一般具有典型的特性和最优的播种品质。用原原种直接繁育出的或通过提纯复壮所生产的种子称原种，一般要求具有良好的品种品质和播种品质，即纯度高、性状典型、生长整齐一致、生活力强、发芽率高、杂质少并不带检疫性病虫害。用原种繁殖的种子即为生产用种，为保证种子质量，应进行定点专业化生产。种子繁育的全过程要遵照技术操作规程统一提供种源，分级管理，合理安排种子田的轮作倒茬，严格进行田间检验，做好种子防杂保纯和精选处理。

（三）加速良种繁育的方法

1. 提高繁殖系数　包括精量稀播、单粒或单株种植、剥蘖分植、切块育苗、剪蔓栽插、芽栽、苗栽等方法。如冬小麦采用单粒点播、宽行稀植等方法，每亩用种量只需 1～2.5kg，繁殖系数可达 300～500 倍。

2. 加代繁殖　包括异地繁殖和异季繁殖两种方法。前者如玉米可到海南或云南冬繁加代；后者如南方早稻春播夏收后再夏播秋收，一年可收两代。

第五节　土壤耕作与田间管理

作物生产是一门多学科的综合性技术。从农学角度来说，作物高产依赖于优化的耕作制度、优良的作物品种、最佳的农田环境和合理的调控技术，即良制、良种、良田和良法的有机结合。因此，在确定耕作制度和选择优良品种之后，进行适宜的土壤耕作和合理的田间管理是作物生产的中心内容。

一、土壤耕作

（一）播前整地

1. 基本耕作　耕地经过种植作物后，土壤逐渐沉实板结，用有壁犁进行翻耕，可起到变换耕作层上下层次、松散土壤、掩埋有机肥料和作物残体等作用。基本耕作除了翻耕外，还有旋耕、深松耕和上翻下

松等方式，它们的主要作用与翻耕相似。

2. 表土耕作　表土耕作是配合基本耕作进行的辅助性措施，包括耙地、耢地、开沟作畦等作业。耙地具有破碎土垡、平整地面、混拌肥料等作用；耙后耢地可把耙沟耢平，并兼有平地、碎土和轻压的作用。雨水多、地下水位高的耕地，开沟作畦是排水防涝的重要措施；雨水少、需灌溉的耕地，作畦有利于节水灌溉。

（二）播后耕作管理

作物播种或移栽后，土壤耕作是重要的田间管理措施，包括镇压、中耕、培土和起垄等内容。镇压可使耕层土壤紧密、减少因水汽扩散和空气对流而造成的水分损失；播种镇压还能使种子与土壤紧密接触，有利于种子的发芽。作物生长期间进行中耕，除能清除杂草外，还能破碎土壤表面的板结层，增加土壤通气性。培土是把作物行间的土壤培拥到植株根部的措施，可起到增温、透气、加速养分转化、防止倒伏和便于排灌水等作用。

二、作物需水规律与灌溉技术

（一）作物需水规律

1. 作物需水量　作物的需水量通常有两种表示方法，一是单位面积的需水量；二是蒸腾系数。蒸腾系数是指作物每形成1g干物质所需消耗的水分克数。作物需水的一般趋势是：降水量越少，土壤越贫瘠，生育期越长以及耕作越粗放，作物需水量就越多。

2. 作物需水临界期　作物一生中对水分最为敏感的时期，称需水临界期。需水临界期内水分不足，对作物的生长和产量都会影响很大。需水临界期大多在营养生长向生殖生长过渡的阶段。

（二）灌溉技术

1. 灌溉定额的确定　作物在整个生育期内，通常要灌溉多次，各次灌水量之和即为灌溉定额。一个地区某一作物的灌溉定额，可根据当地经验和灌溉试验资料，按水分平衡方法进行计算，即

$$M = E - P_0 - (W_0 - W + K)$$

式中：M 为灌溉定额，E 为作物需水量，P_0 为生育期内降水量，W_0 为播种前土体贮水量，W 为成熟时土体贮水量，K 为地下水补给量（有渗漏时为负值）。

2. 灌溉方法

（1）地面灌溉：指水在耕地表面流动，借重力作用和毛管作用湿润土壤的灌水方法。这种方法所需设备少、技术简单，是我国目前最主要的灌溉方式。缺点是水分利用率低。

（2）地下灌溉：是利用埋设在地下的管道，将灌溉水引入田间作物根系吸水层，借毛管的吸水作用，自下而上湿润土壤的灌水方法。这种灌溉方法能均匀湿润土壤，保持土壤结构，减少地面蒸发，提高灌水效率。缺点是需要较大的工程投资。

（3）喷灌：是利用水泵和管道系统内的压力，将水喷到空中散为水滴后，如同降雨一样湿润土壤的灌水方法。喷灌可以灵活掌握喷水量，控制喷洒强度，保持土壤结构，并能冲刷茎叶尘土。缺点是需要消耗动力，投资较高，灌水效果受风力影响。

（4）滴灌：是利用低压管道系统把水或溶有肥料的水溶液，经过滴头以点滴的方式均匀缓慢地滴到作物根部土壤，使作物主要根系分布区的含水量经常保持在最优状态的一种先进灌水方法。目前主要用于果树、蔬菜和花卉等园艺作物。

三、作物需肥规律与施肥技术

（一）作物的需肥规律

1. 作物的需肥量　作物的需肥量，是合理施肥的重要依据。不同作物或同一作物产量水平不同，需

肥量都会有较大差别。因此，衡量某一种作物的需肥量通常以单位产量（如每100kg）从土壤中所吸收的养分量作为指标。

2. 作物营养的临界期和最大效率期

（1）作物营养临界期：据研究，在作物的一生中，常常有一个养分需要量不多但很迫切的时期，这个时期称为作物营养的临界期。在营养临界期缺乏养分，作物的生长发育就会受到很大影响。一般说来，磷的临界期大都在作物幼苗期；氮的临界期，一般要晚于磷，往往是在营养生长转向生殖生长的时候。

（2）作物营养最大效率期：在作物一生中，还有一个养分需求量和吸收速度都很大的时期，这时的施肥作用最明显，增产效果也往往最好，这一时期称为作物营养的最大效率期。作物营养最大效率期往往都在作物生长最旺盛的中期。

（二）施肥技术

1. 肥料的种类

（1）有机肥料：又称农家肥料，包括农家的各种废弃物、人畜粪尿、堆肥、沤肥、油饼、绿肥、青草、沟塘泥等。这些肥料来源广，成本低，便于就地取材；养分含量全面，分解释放缓慢，肥效长而稳定；所含有机质和分解过程中产生的腐殖质可以改善土壤理化性状，提高土壤肥力。

（2）化学肥料：又称无机肥料，包括的种类很多。根据肥料中的主要养分可分为氮肥、磷肥、钾肥、石灰与石膏、微量元素肥料和复合肥料等。不同的化学肥料，性质和作用也就各异。共同的特点是易溶于水，养分含量高，肥效快，能为作物直接吸收利用。

（3）微生物肥料：又称菌肥，常用的有根瘤菌、固氮菌、抗生菌、磷细菌和钾细菌等。微生物肥料中含有土壤有益微生物的接种剂，施入土壤后可通过促进微生物的生命活动，提高土壤中营养元素的含量或其有效性。

2. 施肥量　在我国，目前生产上施肥量的确定大多仍停留于经验阶段。比较先进的施肥技术有平衡施肥（又称配方施肥）和测土施肥（也称推荐施肥）等。科学施肥的基本原理是，根据实现作物目标产量所需养分量与土壤养分供应量的差额来确定施肥量，以达到养分收支平衡的目的。计算公式如下：

$$F=\frac{(Y\times N_c)-N_s}{N_f\times E_f}$$

式中：F 为施肥量（kg/亩），Y 为目标产量（kg/亩），N_c 为单位产量的养分吸收量，N_s 为土壤养分供应量（kg/亩），N_f 为所施肥料中的养分含量（%），E_f 为当季肥料利用率。

3. 施肥时期

（1）基肥：也称底肥，指播种或移栽前施肥，通常在耕翻前或耙地前施入土壤。其肥效可延续至作物整个生育期，甚至整个轮作期。有机肥料、氮磷钾化肥、难溶性的微量元素肥料，以及石灰、石膏等常作基肥施用。

（2）种肥和蘸秧肥：在播种或移栽时施用的肥料，主要供作物苗期利用。速效化肥、微量元素肥料，以及微生物肥料，常作种肥。

（3）追肥：在作物生育期间施用的肥料，主要补充作物生育中、后期的养分需要。作追肥施用的肥料主要为速效化肥。

4. 施肥方法

（1）全层施肥：将肥料撒于土壤表层，通过翻耕混入耕作层，基肥常用此种方法。

（2）集中施肥：将肥料集中施于种子及其根际周围。包括沟施、条施、果树的环施等。球肥或液肥深施、种肥、浸种、拌种、包衣、蘸秧等方法也属于集中施肥。

（3）表层施肥：将肥料撒于表层，通过灌溉水或中耕培土，将肥料带入根层。水田种植前的面施或作物的追肥多用此种方法。

（4）根外追肥：又称叶面追肥。将速效化肥或一些微量元素肥料按一定浓度溶于水中，通过机械喷

洒于叶面，养分经叶面吸收进入作物体内。在作物生育后期、田间封垄以及根系吸收能力下降时，可用此方法补充养分。

四、病虫草害及其防治技术

（一）农作物的病虫草害

病害通常指由真菌、病毒、细菌、类菌质体、线虫和寄生性种子植物等病原物侵染作物引起的危害。虫害则主要是由有害昆虫蛀食作物所致，其次是由有害的螨类及软体动物引起的危害。草害是由一些伴生或寄生于作物的杂草与作物争夺养分、水分、阳光引起的危害。在我国，危害农作物的病、虫、草多达1 300多种，其中病害550种，虫害700种，恶性杂草80多种。

（二）病虫草害的防治原则和方法

1. 防治原则　使用化学农药防治病虫草危害，是保证作物高产、优质的重要措施。但是，化学农药的大量使用，也给作物生产带来了一系列不容忽视的问题。首先，是病原物、害虫和杂草不断获得抗性，致使药量不断增加、费用不断攀升，并形成恶性循环；第二，是大量杀伤天敌，破坏农田生态平衡；第三，是污染环境和农产品，造成公害。因此，病虫草害防治要坚持“预防为主，综合防治”的原则，减少对化学农药的依赖，尽可能实现农作物无公害生产。

2. 预防措施

（1）植物检疫：是防止人为传播病虫草害的重要措施。主要任务是，禁止检疫对象随各种农产品由国外输入或由国内输出；将国内局部地区发生的检疫对象封锁起来，并采取有效措施，逐步加以消除；当检疫对象一旦侵入新地区时，应采取紧急措施，就地肃清。

（2）预测预报：对一些重要的流行性病害、迁飞式害虫，如稻瘟病、马铃薯晚疫病、黏虫、稻飞虱、稻纵卷叶螟及地老虎等，探索它们的流行（或迁飞）规律和发生指标，及时发出预报，用以指导防治。

（3）播前预防：包括进行种子清选和种子消毒，集中处理作物残茬，清除路边杂草，使用腐熟有机肥，以及深耕晒垡等，减少病虫草害传播的媒介和载体。

3. 综合防治方法

（1）农业防治：是指应用农业技术措施控制病虫草危害的办法。具体的措施包括选用抗性品种、合理轮作换茬、加强田间管理等。

（2）生物防治：是指利用某些生物或其代谢产物来控制病虫草危害的方法。生物防治的对象主要是害虫，主要手段是利用天敌益虫。

（3）化学防治：是利用有毒的化学物质来直接杀灭病虫草的方法。根据化学药剂的作用效果，可将其分成杀菌剂、杀虫剂和除草剂三大类。

五、作物收获与贮藏

（一）收获时期与收获方法

1. 收获时期　农作物生长到一定生育时期后，收获器官中的物质积累达到一定要求，外观上也表现出某种特征时，即可及时收获。适时收获是保证作物高产、优质的一个重要环节。作物收获不及时，往往会因气候条件不适，如阴雨、低温、风暴、霜雪、干旱、暴晒等引起发芽、霉变、落粒、工艺品质降低等损失，并影响到下茬作物的播种或移栽；相反，收获过早则会因作物未达到成熟期，而使作物产量下降和品质变劣。

2. 收获方法

（1）刈割法：禾谷类作物大多用刈割法收获。

（2）摘取法：主要为棉花、绿豆等一些成熟期比较长的作物所采用。

（3）挖掘法：主要用于甘薯、甜菜、马铃薯等地下块根或块茎等作物的收获。

（二）产后处理和种子贮藏

1. 产后处理

（1）种子干燥：禾谷类、油料等作物收获后，应立即进行脱粒和干燥。因季节、劳力紧张不能立即脱粒时，应将作物捆好并堆垛覆盖，待收获结束后集中脱粒。种子脱粒后，必须尽早晒干或烘干扬净，以免霉变、发芽、病虫危害而降低食用价值或种子品质。棉花必须分级、分晒、分轧，以提高品质。在多雨地区，必要时应采用人工或机械干燥的方法。

（2）薯类保鲜：薯类作物主要以食用为主，民食习惯一般为鲜薯，因而薯类的保鲜极为重要。薯类保鲜必须注意三个环节，一是在收、运、贮过程中要尽量避免损伤；二是在入窖前要严格选择，剔除病、虫、伤薯块；三是加强贮藏期间的管理，特别要注意调节温度、湿度和空气。

（3）产品初加工：甜菜、甘蔗、麻类、烟草等经济作物的产品，一般需加工后才能出售。如甜菜要切去根头，甘蔗要削去根、梢，麻类要剥制脱胶、晒干分级，烟草中的晒烟要干燥定色，烤烟要加热调制等。

2. 种子贮藏　种子贮藏是指在一定条件下存放农作物种子，保持其生活力和纯度，并防止虫、霉、鼠、雀等危害的工作。

（1）种子寿命：种子从生理成熟到生命力丧失的生活期限称为种子寿命。种子贮藏的目的是最大限度地延长种子寿命。种子寿命既受种子本身的遗传基因控制，又与种子的成熟度、饱满度、机械损伤程度有关；温度和湿度则是影响种子贮藏寿命的重要外界因素。大多数农作物种子，降低贮藏温度和湿度能延长种子寿命。

（2）贮藏技术：由于一般大田作物的种子仓库没有调控温度的设备，因此种子安全贮藏主要着眼于控制种子水分和仓库湿度。在种子入库前必须进行含水量检验，一般要求含水量低于13%。在种子贮藏期间，要建立种子保管制度，定期、定点检查。

以营养器官为播种材料的甘薯、马铃薯、甘蔗等作物，其种薯、蔗种等的贮藏不同于一般的农作物种子，通常需要较高的温、湿度和较好的通风条件，生产上大都采用特制的贮藏窖进行贮藏。

第六节　作物种植制度

一、种植制度的概念与特点

（一）种植制度的概念与意义

种植制度是指一个地区或生产单位的作物布局和种植方式的总称。作物布局指的是作物组成及其配置的决定，种植方式则有复种、间套作、轮连作等多种形式。

一个合理的种植制度，应该体现当地生产条件下农作物种植的优化方案。它应该兼顾到以下几个方面：能合理利用当地自然资源与社会经济资源；能持续增产稳产并提高经济效益；能培肥地力，保护资源，维持农田生态平衡；能协调国家、地方和农户之间对农产品的需求关系；能促进畜牧业以及林、渔、副等业的全面发展；能协调种植业内部各种作物的关系。在生产实际中，上述各个方面不可能都同时得到满足，但应该存在一个相对较优的方案，这一方案就是合理的种植制度。

（二）我国种植制度的特点

我国幅员辽阔，自然资源和社会经济条件十分复杂，种植制度有以下特点：第一，人多耕地少，土地利用率高，复种指数高达156%（1996年），是世界上复种面积最大的国家；第二，作物组成中以粮食作物为主，经济作物次之，饲料作物、多年生牧草在耕地上所占比例极低；第三，种植方式多种多样，单作与间套作、轮作与连作均有分布，连作换茬比较灵活。

二、作物布局

（一）作物布局的概念和意义

作物布局是指一个地区或生产单位作物结构与配置的总称。作物结构包括作物种类、品种、面积、比例等。配置是指作物在农田上的分布，所要解决的问题是种什么作物、种多少和种在哪里的问题 。

作物布局中的作物，通常是指大田种植的作物，主要是粮食作物、经济作物、饲料绿肥作物等，有时也包括蔬菜、果树等。作物布局所指的范围可大可小，时间可长可短。作物布局既可指作物类型的布局，如粮食作物布局、经济作物布局等；也可以指具体作物、品种，甚至于秧田的布局。在一年多熟地区，作物布局还包括连接上下季的熟制布局。

（二）作物布局的原则

1. 作物的生态适应性是基础　影响作物生长的因素包括温、光、水、气、土壤等，作物的生态适应性实际上是对这些因素的适应程度。在某一范围内，自然条件是相对一致的。在这种特定的条件下，生长繁殖最好、生产力最高的作物，就是对该生态环境条件适应最好的作物。

2. 社会需求是导向　农产品的社会需求可分为两个部分：一是自给性的需求，即生产者本身对粮食、饲料、燃料、肥源、种子等的需要；二是市场对农产品的需求，包括国家和地方政府定购的粮食及各种经济作物产品，农民自主出售的商品粮及其他农产品。农产品的社会需求，是国家和各级地方政府决定农业政策的重要依据。

3. 社会经济和科学技术是重要条件　社会发展水平包括经济、交通、信息、科技等多方面的因素。例如，与西方发达国家相比，我国经济水平较低，交通、信息等产业落后，因而生产区域性分工和专业化生产现象尚不太明显，“小而全”的作物布局仍在全国农村占有优势，并且这种局面还将延续一个相当长的时期。

（三）制定作物布局的步骤与内容

1. 明确对产品的需求　包括作物产品的自给性需求与商品性需求。一般说来，自给性需求可根据历年经验和人口、经济发展等变化来加以测算；而商品性需求的部分，除一部分国家统购包销的产品外，应随市场的变化而变化。

2. 查明作物生产的环境条件　包括当地的自然条件和社会经济条件两个方面，自然条件包括热量、水分、光照、耕地和土壤等；社会经济条件包括肥料、机械、能源和科技等。

3. 选择适宜的作物种类和品种　确定作物种类和品种，是作物布局的难点和关键，应在了解作物和品种特点的基础上，选择在本地生态适应性较好的作物和品种。

4. 作物配置的确定　确定作物配置的过程实际上是一个落实布局的过程，即在选择好作物和品种后，应逐级落实具体的种植计划，直至作物生产的最基层单位或农户。

三、种植方式

（一）复种

1. 复种的概念及其作用

（1）复种的概念：复种是指在同一块田地上一年内接连种植两季或两季以上作物的种植方式，最常见的复种方式有平播和套作两种，也可以用移栽和再生产实现复种。根据一年内种植作物的次数，可分为二年三熟、一年二熟和一年三熟等。

耕地复种程度的高低，通常用复种指数来表示。公式如下：

$$\text{复种指数}(\%) = \frac{\text{全年作物收获总面积}}{\text{耕地面积}} \times 100$$

公式中的"全年收获总面积"包括绿肥、青饲料作物的收获面积。套作是复种的一种方式，计入复种指数，但间、混作则不属于复种，不计入复种指数。

（2）复种对增产的作用：主要表现在三个方面，一是增加了作物有效播种面积；二是缓和了作物之间争地的矛盾；三是有利于稳产，即复种有利于前后茬产量互补，从而增加农产品供给的稳定性。

2. 复种的条件　一定的复种方式都是和一定的自然条件、生产条件与技术水平相适应的，自然条件主要是热量和降水量，生产条件包括劳畜力及机械化程度、水利设施和肥料准备等。

（1）热量条件：一个地区能否进行复种，复种指数能达到什么程度，首先决定于当地的热量条件。一个地区的热量条件，可用年平均温度、积温（≥0℃或10℃的积温）和生长期（无霜期）长度等作为指标。

（2）水分条件：热量条件充足的地区，能否复种还受水分条件的影响，实行复种后一年内种植次数增加，作物生长时间延长，尤其是套播复种，作物间还有共生期，因而耗水量会明显增加。

（3）肥力条件：土壤肥力高，有利于复种高产，生产者每收获一季作物，都要从土壤中带走一定数量的养分，复种因种植次数多，吸收带走的养分也就多，所以复种除要求土壤有较高的肥力条件外，还必须补给足够的养分。

（4）劳畜力、机械化条件：复种种植次数多，前茬收获与后茬播种或移栽的季节紧，农活忙，劳动强度大，对劳畜力和机械化程度的要求提高，在人均耕地较多的地区，提高机械化水平，有利于复种指数的提高。

3. 复种的技术

（1）培育早熟品种，开发填闲作物：对于同一作物来说，一般生育期长的品种产量潜力大，但在复种条件下，若每季作物都采用生育期长的晚熟品种，则会加剧季节紧张的矛盾，因此必须瞻前顾后，合理应用一些早熟品种，争取全年高产。在一熟有余二熟不足、或二熟有余三熟不足的地区，则可以种植一些填闲作物，如短生育期的绿肥、饲料、蔬菜等，也能提高复种指数。

（2）改直播为育苗移栽：这是我国克服复种季节矛盾采用最普遍的方法，主要用于水稻、甘薯、油菜、烟草、蔬菜等作物，目前棉花、玉米，甚至麻类、豆类、马铃薯、甘蔗等作物也有应用。

（3）运用套作技术：套种是解决复种生长季矛盾的又一重要方法，如中晚稻套种绿肥，早稻套种大豆或黄麻，麦田套种棉花、玉米、花生、烤烟等。

（4）缩短农耗期：复种的优势在于充分利用自然资源，因此应及时收获，力争早播。在劳动力紧张的地区，提高机械化作业水平，既可降低劳动强度，又能明显缩短农耗期。

（5）发展作物晚播、早熟技术：作物晚播，有利于前茬作物的生长；作物早熟，则有利于后茬作物的生长。晚播作物可采用适当增加密度、加强田间管理促进早发等措施，来增加产量。喷施乙烯利、地膜覆盖等技术不仅能促进早熟，而且还有利于高产。

（二）间套作

1. 间套作的概念　在各种种植方式中，间、套作指的是作物种植在耕地平面上的分布方式。与间、套作相关的种植方式还有单作、混作、立体种植等。

（1）单作：也称为平作，是在一块田地上只种植一种作物的种植方式。

（2）混作：也称混种，指把两种或两种以上的作物，不分行或同行混合在一起种植的种植方式。如芝麻与绿豆混作、小麦与豌豆混作、大麦与扁豆混作等。

（3）间作：指在一个生长季内，在同一块田地上分行或分带间隔种植两种以上作物的种植方式，如玉米与大豆、棉花与甘薯间作等。

（4）套作：也称套种，是指在前季作物生育后期，在其株或行间播种或移栽后季作物的种植方式，如小麦套花生、棉花、玉米，早稻套黄麻，中晚稻套绿肥，玉米套马铃薯等。

2. 间套作的增产原理

（1）充分利用生长季节：通过不同作物在生育时间上的互补特性，充分利用生长季节，延长群体光合

时间和增加群体的光合势，是间套作增加产量的关键因素。

（2）充分利用光能：合理的间套作，应选择具有不同时空分布特点的作物组成复合群体，如植株一高一矮，叶片一宽一窄，叶夹角一大一小，生理上一阴一阳，最大叶面积出现时间一早一晚等。这些生物学上的互补性，有利于提高群体光能利用率。

（3）改善通风条件：采用高矮作物间套作，矮秆作物的生长带会变为高秆作物通风透光的“走廊”，从而有利于空气的流通，加速 CO_2 的交流和扩散。

（4）充分利用土壤养分：不同的作物，根系有深有浅，有疏有密，将不同类型根系的作物合理间套作，能够形成对土壤养分的充分利用。

（5）增强群体抗灾、抗逆性：间套作是人类模仿自然群落的特点，使单一的生物相变成了复杂的生物相，因而有利于抗击自然灾害和不良生态环境。

（6）边行优势：在间套作群体内，一般都存在明显的边行优势。

3. 间套作的技术要点

（1）选择适宜的作物和品种：间套作的作物，其生态适应性应基本类似。在这一前提下，应尽量将株高、株型、叶片、叶片角度、根系深浅等形态不同和喜光、耐阴、耐旱、耐湿等生态特性不同的作物组合在一起，以便减少空间和地下的竞争。

（2）确定合理的田间配置：间套作的植株密度要高于相同种植面积的单作，为此可采用宽窄行等种植形式。同时，要安排好各种作物的密度、行数、比例及作物之间的距离，并灵活掌握各种作物的播种期，尽量减少共生期。

（3）加强田间管理：间套作是集约栽培的技术措施，复合群体大，需要肥水多，因此要适当增加投入；作物种类多，田间管理复杂，要做到适时播种，及时收获，加强管理和防治好病虫害。

（三）轮作与连作

1. 轮、连作概念

（1）轮作：轮作是在同一块田地上，有顺序地轮换种植不同作物的种植方式，如一年一熟条件下的大豆→小麦→玉米三年轮作。在一年多熟的条件下，轮作由不同复种方式所组成，如油菜—水稻→绿肥—水稻→小麦—大豆三年复种轮作。

（2）连作：与轮作相反，是在同一块田地上连年种植相同作物的种植方式。而在同一土地上采用同一种复种方式连年种植的称为复种连作。

2. 轮作的作用

（1）减轻作物的的病虫草害：作物的许多病虫害是通过土壤感染的，每种病害的病原菌都有一定的寄主，害虫也有一定的专食和寡食性，有些杂草也有相应的伴生者和寄生者，因此，轮作能减轻这些病虫草害的危害。

（2）均衡利用土壤养分：不同作物要求养分的种类和数量不同，吸收利用养分的能力也不同。因此，轮作能避免土壤养分的偏耗，提高土壤养分利用率。

（3）改善土壤理化性状：作物的残茬、落叶和根系是补充土壤有机质的重要来源，不同作物补充有机质的数量和种类不同，质量也有区别，因此轮作能调剂土壤有机物供应的种类和数量。根系的形态不同，对不同层次土壤的穿插挤压作用就不同，因而对改善土壤物理性状的作用也有区别。不同的作物轮作，特别是水旱轮作，有利于改善土壤理化性状。

3. 连作的危害　连作的作物不同，导致减产的原因也有所不同。概括起来，有以下三个方面。

（1）生物原因：有病虫草害的加剧、土壤生物种群及土壤酶活性的变化等，一些以土壤为媒介感染作物的病虫害，及伴生于或寄生于连作作物的杂草，在连作情况下其危害程度会陡然加剧。另外，连作引起的土壤微生物、酶活性变化也会影响作物产量。

（2）化学原因：主要是土壤营养物质的偏好和有毒物质的积累。连年种植相同作物，势必会造成该

种作物偏好的、吸收量大的营养元素出现匮乏，从而影响土壤养分的平衡；另一方面，在连作过程中，土壤内会不断积累一些有毒物质，影响作物生长。

（3）物理原因：主要是土壤物理性状恶化，如南方水稻产区，年年水耕水种，会导致土壤孔隙少、容重增加、通气不良、土壤板结等物理性状的恶化。

4. 连作的技术

（1）选择耐连作的作物和品种：根据作物耐连作程度的不同，可把作物分为三类，第一类是忌连作的作物，如豌豆、蚕豆、花生、烟草、甜菜、亚麻、黄麻、向日葵等，这些作物在同一块地上种植后，应间隔 2～4 年或更长的时间才能再次种植；第二类是耐短期连作的作物，如豆科绿肥、薯类作物和大豆等，这些作物可在同一块地上连作 1～2 年、然后间隔 1～2 年后，又可再次种植；第三类是耐长期连作的作物，如水稻、麦类、玉米、甘蔗等，这些作物可在同一块地上连作 3～4 年乃至更长的时间。

对于同一作物而言，抗病虫品种一般比感病虫品种受连作的影响较小，因此采用一些抗病虫的高产品种，也能在一定程度上缓和连作的危害。

（2）采用先进的栽培技术：随着连作障碍原因的不断解明和一些实践经验的总结，一些抗连作障碍的技术也在发展和成熟。如采用烧田熏土、激光处理和高频电磁波辐射等进行土壤处理，杀死土壤病原菌、虫卵及杂草种子；用新型高效低毒的农药、除草剂进行土壤处理或茎秆叶片处理，可有效地减轻病虫草的危害；依靠化肥工业的发展和施用农家肥的传统习惯，及时补充营养成分，可使土壤保持养分的动态平衡；通过合理的水分管理，冲洗土壤毒质等。

第十四章　蔬菜生产

第一节　蔬菜栽培学基础

一、蔬菜的生长与发育

（一）蔬菜植物的分类

蔬菜种类极其繁多，凡是具有多汁产品器官作为副食品的一、二年生或多年生的草本植物，都可列为蔬菜的范畴。蔬菜植物的分类方法主要有以下三种：

1. 植物学分类　根据植物的形态特征，按照纲、目、科、属、种、亚种、变种来分类，蔬菜植物可分为 32 个科，210 多个种。

2. 食用器官分类　可将蔬菜分为根、茎、叶、花、果五类（不包括食用菌等特殊的种类）。

3. 农业生物学分类　以农业生物学特性为依据，分十一类：

（1）白菜类：包括大白菜、甘蓝、芥菜等。

（2）根菜类：萝卜、胡萝卜、芜菁、甘蓝等。

（3）绿叶菜类：包括菠菜、茼蒿、苋菜等。

（4）葱蒜类：包括洋葱、大蒜、大葱、韭菜等。

（5）茄果类：包括番茄、茄子、辣椒。

（6）瓜类：包括黄瓜、南瓜、苦瓜、瓠瓜等。

（7）豆类：包括菜豆、豇豆、蚕豆、豌豆等。

（8）薯芋类：包括马铃薯、山药、芋、姜等。

（9）水生蔬菜：包括藕、慈菇、水芹等。

(10)多年生蔬菜:包括金针菜、百合、芦笋、香椿等。

(11)食用菌类:包括蘑菇、木耳等。

(二)蔬菜植物的生长发育

1. 蔬菜生育类型 根据生育期的长短将蔬菜分为三类:

(1)一年生蔬菜:在露地适宜的条件下播种,当年就能开花结果,形成种子或繁殖器官。

(2)二年生蔬菜:在播种当年先进行营养生长,扩大体积,形成食用器官,经过一定的低温春化后,到第二年在长日照条件下抽薹开花,形成种子,完成整个生命周期需两个年度。

(3)多年生蔬菜:播种后经过两年或两年以上才能开花结果,形成种子的蔬菜称为多年生蔬菜。

2. 蔬菜的生长发育时期

(1)营养生长期:发芽期(播种至出苗)——苗期(种子出苗后进入幼苗期,即营养生长初期)——营养生长旺盛期——营养体休眠期。

(2)生殖生长期:

花芽分化期:是指植物由营养生长过渡到生殖生长的形态标志。

开花期:从现蕾到开花、授粉、受精,为生殖生长的重要时期。

结果期:从坐果到果实成熟为结果期。

二、蔬菜生长发育与环境条件

(一)温度

据不同蔬菜对温度的要求可分为五类:耐寒多年生宿根菜、耐寒的蔬菜、半耐寒蔬菜、喜温蔬菜、耐热蔬菜。

1. 不同生育时期对温度的要求 一般发芽期要求较高的温度,幼苗期较发芽期要低些,营养生长期较幼苗期又高些,产品器官形成期要求最适的温度。

2. 温周期对蔬菜生育的影响 昼夜和季节温度变化对蔬菜生长发育影响的现象称为温周期现象,温周期对蔬菜作物生长发育的作用称为温周期作用。

3. 温度与春化作用 不同蔬菜春化的方式不同,可分为两类:萌动种子春化型、绿体春化型。

4. 高温低温障碍 在夏季和冬季的蔬菜生产过程中往往会遇到高温或低温的危害,生产上应高度重视。

(二)光照

1. 光照强度与生长发育 根据蔬菜对光照的要求可分为三类:

(1)要求较强光照的蔬菜:主要是果菜类。

(2)要求中等光照的蔬菜:主要为白菜类和根菜类蔬菜。

(3)要求较弱光照的蔬菜:主要是一些绿叶菜类。

2. 光质与蔬菜生长发育 太阳光中被叶绿素吸收最多的是红光和蓝光,黄光次之,蓝紫光的同化作用效率仅为红光的14%,叶绿素几乎不吸收绿光,故叶片呈绿色。

3. 光周期对蔬菜作物生长发育的影响 据蔬菜植物对光周期的反应分为三类:长日植物、短日植物、中光性植物。

(三)菜田土壤与施肥

1. 菜田耕作

(1)土壤耕作:耕作的内容、时间和方法。耕作的内容主要包括深耕、浅耕和中耕。

(2)作畦:土壤翻耕后要进行作畦,其目的是便于灌溉和排水,控制土壤中的水分含量,改进土壤的温度及空气条件。分为平畦、低畦、高畦和垄。

2. 菜田施肥

(1)施肥的种类和数量:生产的施肥量应大于计划量,并尽量掌握少量多次。基肥多为有机肥,追肥多为无机肥。

(2)配方施肥方法:基肥主要结合耕地施入土壤中;追肥是在作物生长期间为了补充作物生长所需要的肥料而进行的撒施、条施、环施、沟施、顺水冲施等施肥方法;种肥是在土壤瘠薄、基肥不足、肥料少时为提高肥效而采取的一种施肥方式;叶面追肥与微肥的施用,叶面追肥的技术多用喷雾法,也可以用浸蘸法和注射法。

(四)灌溉与排水

1. 灌溉技术　灌溉方法:包括沟灌、畦灌、漫灌、喷灌、滴灌,以及地下灌溉等。灌水时期:播前造墒或播后浇水,定植后、追肥后、久旱无雨、生长需水临界期进行灌水。灌水量:受多种因素的影响,如土壤质地、畦的长短、作物种类、生长时期等。灌水注意事项:灌溉时要注意水的质量、水的温度。

2. 菜田排水　在夏季大雨过后要注意排水。

三、蔬菜种子及育苗

(一)蔬菜种子

1. 蔬菜种子的含义及类型　蔬菜的种类很多,种子的含义也较广泛,可分为四类:第一类是真正种子,即植物学上的种子,由胚珠发育而成,蔬菜生产上主要应用此类种子,如茄果类、瓜类、白菜类等蔬菜都属于此类。第二类为果实,它是由胚珠和子房发育而成的,包括瘦果(如莴苣)、坚果(如菱)、双悬果(如芹菜)、聚合果(如叶甜菜)等。第三类为无性繁殖的蔬菜的营养器官,如马铃薯的块茎、荸荠的球茎、姜的根茎、大蒜的鳞茎等。第四类是食用菌子实体。本文只介绍第一类和第二类种子的育苗。

2. 蔬菜种子的质量及其鉴别　种子的质量优劣表现在播种出苗速度、整齐度、种子的纯度和幼苗健壮程度。应在播种前检查种子质量,内容包括纯度、饱满度、发芽率、发芽势及生活力。

(二)种子的发芽及其处理

1. 发芽过程　从生物化学的角度上讲,种子的发芽过程是种子形成的逆过程,是把种子内贮藏的高分子态的物质转化为低分子态营养物质,供给幼胚生长的过程。

2. 发芽与环境条件　在种子发芽过程中,温、光、水、气等环境因素对发芽质量、发芽速率有重要影响。

3. 种子处理　为确保种子发芽迅速、出苗整齐,播种前要对种子进行处理,主要内容包括:

(1)种子消毒:常用的方法有,一是高温烫种法,二是药液浸种,三是药剂拌种。

(2)浸种催芽:一般喜温的蔬菜催芽适宜温度为25~30℃,喜凉的为20~25℃,催芽期间,每天用25~30℃的温水淘洗种子,需要变温处理的蔬菜种子按变温要求进行处理。

4. 苗床播种　播种方式有撒播、条播和穴播。

(三)育苗技术

1. 保护地育苗

(1)育苗设施:可选用阳畦、拱棚或日光温室育苗。

(2)培养土的调制:对培养土总的要求是要满足幼苗对土壤“物理性”、“化学性”、“生物性”的要求。

(3)保护根系。

(4)苗床播种:播种方法有撒播、条播和穴播。

(5)苗期管理。

发芽期管理:发芽至出苗阶段要提供充足的水分、适宜的温度和良好的通气条件;子叶微展至第一片

真叶显露重点是降低床温，对幼芽进行锻炼。

幼苗期管理：分苗前既要保持营养体的正常生长，又要促进叶原基和花芽的分化；成龄苗阶段给以适宜的温度、充足的光照、良好的营养条件；移前要进行锻炼。

灾害性天气管理：在早春有灾害性天气时也一定要揭开见光，只要畦温不下降不要盖。

2. 露地育苗　露地育苗技术大致与保护地相近。

3. 工厂化育苗　工厂化育苗的操作流程：主要包括准备阶段（种子处理、苗盘、基质准备－有机基质或无机基质等）—播种阶段（装盘、浇水、播种、覆土等）—催芽阶段（在催芽室内催芽）—绿化阶段（在绿化室内进行）—成苗的培育阶段（分苗、培养、炼苗）—育成适龄壮苗。

4. 嫁接育苗

（1）砧木的选择：目前所用的砧木较多，不同的蔬菜种类所用的砧木也不相同。

（2）嫁接方法：主要有靠接法、插接法、劈接法。

（3）嫁接后的管理：最初几天应覆盖草苫遮阴，温度白天/夜间 24～26/16～20℃；保持空气相对湿度 90%～95%。3～5 天后以不萎蔫为度，开始少量通风，以后逐渐加大通风量，并陆续见散射光，早晚揭去草苫，最后全部揭去。当接穗长出新叶表明成活，接口已愈合，一般嫁接 10 天后切断接穗的根，注意培土防倒，再过 3～4 天拿掉夹子。

第二节　蔬菜保护栽培设施类型与环境调控

一、保护地设施的类型、结构与性能

（一）风障畦

结构：风障畦有大、小之分。小风障畦，高 1m，前后距离较近；大风障畦高 1.5～2.0m，并附加高 1～1.5m 的披风，前后距离较远。

设置与建造：风障畦应在冬前建造，风障的角度以 70°～85°为宜，方位角与经常的风向垂直，北风较多，应东西向，偏东 15°可早 1 小时见光。

（二）阳畦

结构：畦可分抢阳畦、槽子畦和改良阳畦。支撑物：主要是竹竿、木棍等。覆盖物：包括透明覆盖物塑料薄膜或不透明覆盖物草苫子等。

设置与建造：应选择背风向阳、地势高燥、水电方便、离定植田近的地块，以利运苗。以东西且偏东 15°为好，可早见光 1 小时，两排距离 4～5m 为宜。畦框可选择泥土或砖，必要时可加风障。墙要坚固，膜要压实。

（三）温床

结构与阳畦类似，只是增加了加温设备。加温方式有生物酿热、电加温、火加温等。

（四）塑料拱棚

据其大小分大、中、小拱棚。

小拱棚结构简单、取材方便、容易建造，有拱圆、半拱圆，或单、双斜面，有的进行改良，增加后墙等。建造较简单，用竹竿拱起成半圆形，膜要压实，夜间可盖草苫子。如果北部设土墙成半拱圆形，保温效果明显提高。棚向可东西向，也可以南北向。

中拱棚拱圆或半拱圆，空间明显增加，便于操作管理。高 1.5～1.8 m，宽 4～6 m，长 30～40m。中拱棚有竹木结构单排中柱型（跨度 4m）和水泥预制件与竹木混合结构双排中柱型（跨度 6m）。

大拱棚空间较大，结构较中、小拱棚复杂，多为拱圆形，也有屋脊形。拱圆形又分单栋、连栋和多层覆

盖等。有竹木结构、钢材混合结构、钢管结构、水泥竹木混合结构和硬质塑料结构等。

一般高跨比 >0.25 为宜，最好达到0.375，跨长比宜在1:4～1:5。棚向东西向和南北向均可。跨拱比（即跨度/顶高－肩高）8～10为宜。

（五）日光温室

目前，日光温室没有统一的规格标准，各地大都根据当地的习惯进行建造。后墙为厚度0.8m以上的空心墙或夹心墙，后墙应设通风窗，以便与两条缝相结合，在高温时可进行对流，提高通风效果。

（六）夏季设施栽培

主要指遮阳网覆盖栽培，遮阳网又称遮阴网、遮光网，俗称凉爽纱。它具有重量轻、强度高、耐老化等优点，同时又具有遮阳、降温、防雨、防虫、透气等效果。

（七）软化设施

主要包括软化室、窖、阳畦、栽培床等。这些设施是在具备温暖、潮湿、遮光、密闭、黑暗或半黑暗条件下使植株或部分组织生长软化，以获得黄白色或白色的柔嫩产品。

（八）地膜覆盖

地膜覆盖栽培，是指用很薄的塑料薄膜贴紧地面进行的覆盖栽培，是世界现代农业生产中增产效果明显，最简单有效的保护栽培措施，因此，在许多国家广泛应用。

二、保护地的环境及其调控

（一）保护地光照状况及其调控

保护地内的光照分布特点：就一般日光温室而言，中前部光照较强，后部光照较弱，温室的上部较下部的光照强，后部最下层的光照最弱。

影响日光温室采光的主要因素：①覆盖材料的特性与透光性。②透明材料的污染、老化与透光性。③保护地结构，屋面角度对采光量的影响最大，因为光到达塑料薄膜后经过吸收、透过和反射，三者的关系是：吸收＋反射＋透过率＝1。透光率越大，采光越多。

保护地内光照的调节：改进大棚结构和栽培管理技术、补光、遮光。

（二）保护地温度状况及其调控

保护地温度状况：日光温室的气温分布有明显的区域性，一般中、后部的气温较前部高，上部的温度又比下部的高，以最前面基部温度最低。

保护地内气温的调节：包括增温、保温调节和降温调节。

保护地内土壤温度及其调节：可用上述办法进行调节。

（三）保护地的湿度及其调控

主要包括空气湿度调节和土壤湿度的调节。

（四）保护地土壤条件及其调节

盐的浓度及其调节：盐分浓度过高时可采用多施有机肥、进行土壤改良、进行地面覆盖、埋设排水管、换土或将保护地迁移等方法调节。

土壤生物条件及其调节：生物调节的途径主要有换土、土壤消毒、蒸气消毒、夏季灌水冲盐、增施有机肥、深耕改土、覆膜或草也能对土壤的理化性状有一定的改善。

（五）保护地的气体条件及其调节

1. CO_2 变化规律　在大气中 CO_2 的变化规律因一年四季有别，一般冬季较高，春、夏、秋三季较低。在一日的变化中，夜间、凌晨、傍晚较高，而白天较低。在作物冠层内的变化规律明显不同，一般冠层上部

最高，下部次之。

2. 有害气体的危害及防止

(1)氨气：NH_3从气孔侵入细胞，主要危害叶绿体。

(2)二氧化氮：$NO_2$2μg/g 就表现受害症状，类似氨气毒害。

(3)一氧化碳：保护地加温时燃料燃烧不完全易产生 CO，对人畜安全影响极大。

(4)二氧化硫和三氧化硫：SO_2 0.1～0.2μg/g、1μg/g 5h 受害，$SO_3$5μg/g 时受害。生产上应根据产生的途经来防止。

第三节　白菜类

一、大白菜

(一)类型与品种

主要有以下四个变种：

1. 散叶变种　代表品种有北京仙鹤白、济南白菜等。

2. 半结球变种　代表品种有山西大毛边、兴城大矬菜等。

3. 花心变种　代表品种有北京翻心白、翻心黄、济南小白心等。

4. 结球变种　是由花心变种进一步加强顶生叶抱合形成的高级变种，顶生叶发达，形成坚实的叶球，是目前普遍栽培的变种。

(二)生物学特性

1. 植物学特征　大白菜根系较发达，营养生长时期茎部短缩肥大，生殖生长时期短缩茎顶端抽生花茎，下部分枝较长，上部较短，使植株呈圆锥状。花茎淡绿至绿色，表面有蜡粉。花为总状花序，完全花。种子球形而微扁，有纵凹纹，红褐色至深褐色。无胚乳。千粒重 2.5～4.0g。

2. 对环境条件的要求

(1)温度：结球大白菜属半耐寒性作物，生长适宜的日平均温度为 12～22℃，散叶变种耐寒和耐热性较强，半结球变种有较强的耐寒性，花心变种有较强的耐热力，结球变种对温度的要求较其他变种则相对严格。

(2)光照：大白菜是要求中等光强的作物，属于长日植物。

(3)矿质营养：大白菜以叶球为产品，需氮肥较多，磷能促进叶原基的分化，钾促进光合产物向叶球运输。

(4)水分：大白菜叶片较大，蒸腾作用较强，每株每小时蒸腾水分约 1.5kg。

(5)土壤：大白菜对土壤的适应性较强。

(三)秋冬栽培技术

1. 品种选择　从栽培方面来说，一要因地制宜，选择适宜当地气候条件和栽培季节的品种；二要选择品质好、产量高、抗性强的品种；三要选择净菜率高的品种。

2. 整地、作畦、施用基肥　除选择土层深厚，物理性质、化学性质良好的土壤外，合理整地、作畦和追肥是重要的措施。

3. 播种和育苗移栽　直播或育苗均可。常利用幼苗较强的抗热特性而提前在温度较高时播种，并适当延迟收获。

4. 合理密植　生产上一般早熟品种可掌握在 45 000～52 500 株/hm^2，中熟品种 30 000～37 500 株/hm^2，而大型的晚熟品种可掌握在 24 000～27 000 株/hm^2。

5. 田间管理　发芽期供水必须充足，在拉“十”字时可进行叶面追肥。幼苗期适时间苗，每次匀苗以

及定苗后都要浇小水，应及时中耕除草。追施“提苗肥”。莲座期要中耕除草，但不宜过深，充分施肥浇水。结球期需大量肥水。

6. 收获　须在第一次寒流以前抢收完毕。

7. 简易贮藏　结球大白菜的简易贮藏方法有垛藏、埋藏和窖藏。

二、结球甘蓝

（一）类型与品种

按叶球形状和生育期长短不同分以下三个基本类型：①尖头类型，品种有南方的大、小鸡心，北方的大、小牛心等。②圆头类型，品种有北京早熟，中甘11、12号等。③平头类型，品种有黑叶小平头、黑平头等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　主根不发达，须根较多，易发生不定根，叶面光滑，肉厚，有灰白色蜡粉，茎分短缩茎和花茎，花为总状花序，异花授粉。长角果表面光滑。

2. 对环境的要求　结球甘蓝较结球大白菜适应性广。

（1）温度：喜温和的气候，但适应性较强，既能抗严霜，也能抗高温。

（2）光照：甘蓝要求较强的光照，但对弱光也有较强的适应能力。

（3）水分：结球甘蓝较适宜的土壤相对含水量为70%～80%，空气相对湿度为80%～90%。

（4）土壤营养：结球甘蓝对土壤的适应能力较强。

3. 生育周期

营养生长期：包括发芽期、幼苗期、莲座期、结球期。

生殖生长时期：包括抽薹期、开花期、结荚期。

（三）秋甘蓝栽培技术

1. 品种选择　栽培秋甘蓝多用中、晚熟品种，如京丰1号、秋丰、晚丰、中甘8号等。

2. 整地、施基肥　秋甘蓝在定植前应结合施基肥整地，一般施厩肥，每公顷75 000～150 000kg。

3. 适期播种　培育壮苗　在中原及华北地区，秋甘蓝播种期一般在7月上中旬。

4. 合理密植　定植密度应适当稀些，秋丰、晚丰、中甘8号等宜在37 500～42 000株/hm^2，夏光甘蓝宜在45 000～52 500株/hm^2。

5. 加强肥水管理　在施足基肥的基础上，应分别在莲座初期、结球初期、结球中期追施一定数量的速效氮肥。灌水次数和灌水量应大于春甘蓝。收获前1～2周应停止浇水。

6. 收获　秋季种植早、中熟甘蓝，一般于10月份即可收获，陆续供应市场。中、晚熟品种一般于11月中下旬收获。

第四节　根菜类（萝卜）

（一）类型与品种

萝卜按适宜生长的栽培季节可分为春、夏、秋三种类型。春萝卜，如蓬莱春萝卜、烟台红丁五樱萝卜等。夏萝卜，如鲁萝卜2号、夏秋55、新济杂2号等。秋萝卜，如潍县萝卜（有大樱、二樱和小樱三个品系）、北京心里美、济南青圆脆、天津卫青萝卜、济杂5号、济杂6号等。

按萝卜对气候的生态反应还可分为四种生态型，即华南、华中、北方和西部高原生态型。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　萝卜的肉质根有贮藏功能，叶为根出叶，茎在营养生长期为短茎，生殖生长期抽生

花茎。花为复总状花序，异花授粉，虫媒花。果实为角果。

2. 生育周期　萝卜分营养生长期和生殖生长期，营养生长期包括发芽期、幼苗期、叶生长盛期和肉质根膨大期。

3. 生活条件　发芽适温约25℃，叶片生长适温约20℃。肉质根膨大的最适温度为15～20℃，6℃以下植株生长缓慢，并易通过春化，造成未熟抽薹。对光照的适应性较强。

（三）秋萝卜栽培技术

1. 土壤选择与整地施肥　以有机质含量高、保水保肥的中性土壤为宜。在耕地前，施足底肥，深翻耙平，做成垄。

2. 播种　华北地区，在7月下旬或8月上旬播种为宜。播种前应清洗种子，去瘦籽、碎籽，并精细播种。

3. 播种后的管理　保持垄面湿润，防止种子落干或灼伤。平畦栽培作畦时要挖排水沟，以便大雨后及时排涝。

4. 合理密度　定苗时要根据品种特性决定密度，大型品种株距20～30 cm，每亩6 000～8 000株；中小型品种株距15～25cm，每亩8 000～10 000株。

5. 合理浇水　一般在播种后要及时浇水，保持土壤湿润。幼苗期生长量不大，需水不多。叶片生长旺盛期需水量增多，但此时浇水应慎重，应适当控制水分。“破肚”期应及时均匀地供应水分。收获前一周应停止浇水。

6. 分期追肥　定苗后每亩可施氮肥10～15kg，莲座期每亩可施氮、磷、钾复合肥20～30 kg，在肉质根膨大盛期再施复合肥33～40kg。

7. 中耕、除草和培土。

8. 收获　秋播的萝卜收获时可适当晚收，要防止冻害和糠心。

第五节　葱蒜类

一、大葱

（一）类型与品种

葱类蔬菜包括普通大葱、分葱、胡葱和楼葱四种类型。分葱、楼葱都是普通大葱的变种。普通大葱和楼葱食用葱白为主，在北方栽培普遍；分葱则多食用嫩叶，南方栽培较多。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　大葱的根为弦线状须根，茎为短缩茎，叶包括叶身和叶鞘两部分，表面具有蜡粉，为耐旱叶型。

2. 生长发育规律　整个生育周期可划分为以下几个时期：发芽期、幼苗期、葱白形成期、抽薹开花期、种子成熟期。

3. 生活条件　大葱属耐寒而适应性广的蔬菜，植株生长适温20～25℃；大葱耐旱力很强，但根系较弱，仍需较高的土壤湿度。大葱对光照强度要求偏低，适于密植。大葱要求的pH范围是5.9～7.4。大葱生长前期要求较多的氮肥，生长后期需要较多的磷、钾肥。

（三）优质高产高效栽培技术

1. 播种时期　秋播应在第一年秋季9月下旬播种，春播应在早春土壤解冻以后播种，夏播多在7月下旬到8月上旬播种。

2. 播种及育苗

（1）播种：大葱每亩用种量为1～3kg，所育秧苗可进行浸种催芽。播后覆土1.5～2cm。

（2）苗期管理：从播种到出土应经常保持床面湿润，防止床土板结，并结合浇水于出苗后每亩追尿素5kg。幼苗越冬前要浇一次封冻水，也可盖一层厩肥，以确保幼苗安全越冬。返青后浇一次返青水，随着气温升高，进入幼苗生长盛期，应结合浇水，追肥2～3次，并进行除草间苗。

3. 定植

（1）定植时期：定植时秧苗以高35～40cm、茎粗1～1.5cm为适宜。

（2）定植前整地：沟距可根据葱白的长度而定。如章丘大葱的葱白长50～60cm，沟深约20cm。沟底集中施入腐熟有机肥500kg/亩。

（3）定植方法：定植前将葱苗按秧苗大、小分级定植，大苗稀植，小苗密植。一般行距70～80cm，株距5～6cm，每亩可栽植2万～3万株。大葱定植的方法，可分为插葱法和摆葱法两种。

4. 田间管理

（1）浇水和中耕："立秋"以后开始浇水，浇水应在早晚进行，以后随着植株的旺盛生长而逐渐增加浇水次数，保持地面湿润，收获前一周停止浇水。

（2）培土、追肥：一般在缓苗后，结合中耕除草进行少量的覆土，雨季来临前，把栽植沟填平，"立秋"以后进行培土，以后每隔半个月培土一次。追肥一般在"立秋"后开始，结合灌水培土进行，追肥以氮肥为主，适当增施磷钾肥。

5. 收获　大葱的收获期，因地区气候差异而有早晚。一般当外叶生长基本停止、叶色变黄绿，在土壤封冻前15～20天为收获适期。

二、大蒜

（一）类型与品种

我国大蒜资源十分丰富，依鳞茎的大小、多少，可分为大瓣蒜和小瓣蒜；依鳞茎外皮的色泽可分为紫皮蒜和白皮蒜两大类；依蒜薹的有无可分为无薹蒜和薹瓣兼用蒜。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　大蒜的根为弦线根，在营养生长期茎为扁圆形短缩茎，叶由叶片和叶鞘两部分组成。叶片扁平披针形，表面有蜡粉。大蒜花薹包括花轴和总苞两部分。

2. 生长发育规律　根据大蒜生育过程所表现的特点不同，可分为6个时期，即发芽期、幼苗期、鳞芽及花芽分化期、花茎伸长期、鳞茎膨大期和休眠期。

3. 蒜薹发育和鳞茎形成　蒜薹发育和鳞茎形成与外界环境条件有着密切关系，特别是温度与光照条件。蒜薹的发育，除受温度、光照影响外，营养状况也是蒜薹发育的重要条件。

（三）优质高产高效栽培技术

1. 整地施基肥　大蒜根系入土浅，要求表土营养丰富，播种前除施腐熟优质厩肥外，还应施入速效肥。

2. 精选蒜种　播种时要选瓣。选择标准是，蒜瓣肥大、色泽洁白、无病斑、无伤口。然后将蒜瓣分为大、中、小三级。

3. 播种　秋播大蒜的适宜播期为9月下旬至10月上旬，春播以土壤解冻后尽早进行。

4. 田间管理　春播大蒜萌芽期，若土壤湿润，一般不浇水。秋播大蒜浇水1～2次，保持土壤湿润。秋播大蒜出苗后应适当控制浇水，以中耕松土保墒为主，封冻前适时浇冻水。春季返青时清除杂草，浇返青水并追肥。采薹前3～4天停止浇水。

5. 收获　当蒜薹露出叶口15～20cm，是蒜薹收获时期。蒜薹收获后20天左右，为鳞茎收获适期。

第六节　绿叶菜类

一、芹菜

（一）类型与品种

芹菜依叶柄颜色可分为绿芹、白芹和黄芹。目前多根据叶柄形态将芹菜分为中国芹和西芹两大类。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　芹菜为浅根性植物，叶为二回羽状复叶，叶柄发达，为主要食用器官。花较小，呈白色，复伞形花序，花冠5枚，虫媒花。果为双悬果。

2. 生活条件　芹菜喜较冷凉的气候条件，耐寒性较强，发芽的最低温度为4℃，最适温度为15～20℃。

3. 生长发育周期　芹菜的整个生命周期，分为营养生长期和生殖生长期。营养生长期又分为5个时期，即发芽期、幼苗期、定植期、外叶生长期、心叶生长期。生殖生长时期：芹菜属绿体春化型。

（三）栽培技术

生产上多进行育苗移栽。

1. 育苗　选择地势高燥、能排能灌、土壤肥沃的砂壤土为育苗畦，经低温浸种催芽或药剂浸种处理，每亩用种量1.2～2.0kg，栽5 000～6 000m^2。播种后可在畦面上搭盖阴棚、遮阳网等以形成花阴，苗出齐后逐步加强对幼苗的锻炼。

2. 定植　定植田内要施足底肥，平畦栽培的行株距各为13～15cm，每穴2～3株。单株栽培时行株距各为10cm。

3. 田间管理　定植后应小水勤浇，蹲苗期应控制灌水，营养生长旺盛期要保证充足的水肥。

4. 收获　当植株高达50～60cm时即可陆续收获。

二、菠菜

（一）类型与品种

根据叶形和种子有刺与否，可将菠菜分为两类：①尖叶类型（有刺种），品种有双城尖叶、青岛菠菜等。②圆叶菠菜（无刺种），品种有法国菠菜、春不老菠菜等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　直根系，叶片生在短缩茎上。叶有圆叶和尖叶之分。菠菜为单性花，偶尔出现两性花。一般雌雄异株，少数为雌雄同株。

2. 生活条件　菠菜耐寒性较强，成株冬季可耐－10℃以下的低温，生长最适温度为15～20℃。菠菜不耐高温，在25℃以上时生长不良。菠菜对光照适应性强。菠菜的生长发育先后经过营养生长期和生殖生长期。

（三）栽培技术

越冬菠菜又称根茬菠菜，多指秋季播种。

1. 品种选择　宜选用尖叶菠菜。

2. 整地施基肥　壤土或夜潮土栽培为宜，整地前应施足有机肥，结合施肥深翻土地，耙平作畦，畦宽120～150cm。

3. 播种　最适宜的播种期是在越冬前有40～60天的生长期，越冬时能长出4～6片叶。华北地区的播种量一般越冬菠菜每亩4～6kg，东北寒冷地区播种量可适当加大，以10～12kg/亩为宜。

4. 田间管理　幼苗4～5片叶时浇小水。条播地块及时中耕松土。10余天后再浇第二水，并追肥。菠菜15～20cm高时浇第三水。

5. 收获　一般当苗子长到约20cm，根据市场需求及时间大苗上市，分批采收。

第七节　茄果类

一、番茄

（一）类型与品种

根据栽培品种的生长特性，可分为有限生长型（自封顶）及无限生长型（不封顶）。

1. 有限生长型　代表品种有早丰、东农704、西粉三号、早魁等。

2. 无限生长型　代表品种有毛粉802、中蔬4号、L402、R—144，139、圣女等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　番茄的根系很发达。番茄植株有直立性和半直立性两种。叶片为单叶，在叶轴上生有5～9个裂片，成为多个小叶。花为雌雄同花，果实为浆果，种子平扁略带圆形，灰黄色，表面有茸毛，千粒重3～3.3g。

2. 生长发育规律

（1）发芽期：从种子发芽到第一片真叶出现为番茄的发芽期，这一时期为7～9天。

（2）幼苗期：由第一片真叶出现至开始现大蕾为幼苗期，为30～50天。

（3）开花着果期：开花着果期仅包括第一花序现大蕾至着果的一个不长的阶段。

（4）结果期：从第一花序着果到结果结束（拉秧）都属结果期。

3. 生活条件　番茄是喜温性蔬菜，同化作用最适宜温度为25～28℃，喜光，对水分的要求属于半耐旱的特点。番茄对土壤条件要求不严格。

（三）露地春番茄栽培

1. 品种选择　早熟栽培宜选择早丰、西粉3号、东农704等。优质高产栽培宜选用中、晚熟品种，如毛粉802、日本桃太郎、R—144、中蔬10号等。

2. 育苗　育苗每亩用种量15～25g，育苗需在终霜前55～65天进行，必须在塑料大棚或日光温室内保护育苗。

3. 整地作畦施基肥　番茄根系发达宜深耕，耕翻前每亩施优质有机肥4 000～5 000kg、过磷酸钙70～80kg、尿素10～15kg、硫酸钾20～250kg，然后整平地面作成平畦，畦宽1.5m。

4. 定植　一般在终霜前15天左右定植，早熟栽培每亩栽4 000～6 000株，中、晚熟品种每亩栽植3 400株为宜。

5. 田间管理　露天地膜春番茄的田间管理应切实抓好“五防”（防止烤苗、寒苗，防止肥水短缺，防止中、后期草荒，防止密度过大，防治病虫害）工作，还要特别注意防止落花落果。

二、辣椒

（一）类型与品种

辣椒属植物种类较多，根据果实特征，可将辣椒栽培品种分为三个类型：①甜椒类，如茄门甜椒、中椒4号（杂种一代）、鲁椒1号、甜杂1号、甜杂2号（杂种一代）等。②长角椒类，如湘椒1号（原名湘研1号，杂种一代）、洛椒1号、洛椒4号等。③短锥椒类，如咸阳七星椒、泗水小辣椒等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　辣（甜）椒根系不发达，茎直立，基部木质化。一般为双状分枝，单叶互生，叶卵圆

形。完全花，较小，单生或丛生 2～3 朵。果实属浆果。

2. 生长发育规律　辣（甜）椒的生育周期一般分为：①发芽期，从种子萌动到第一片真叶显露，为 10～12 天。②幼苗期，从真叶显露到第一花现蕾，为 40～50 天。③开花结果期，从第一花现蕾到第一果坐果为始花期，为 15～20 天。

（三）生活条件

辣椒发芽适温为 25～30℃，白天 24～26℃，夜间 18～20℃。开花结果初期以日温 20～25℃、夜温 15～20℃，初花期植株开花授粉适温为 20～27℃。辣椒既不耐旱也不耐涝。辣椒为中光性植物。

（四）冬暖型大棚栽培

选择如皮卡多、白公主、紫贵人、桔西亚、圣方舟等五彩椒、洛椒 4 号、苏椒 5 号、保加利亚辣椒、中椒 5 号、羊角青、羊角黄等品种。播种育苗时间从 8 月中旬至 9 月上旬均可，栽植密度为 2 000～4 000 株/亩。

管理技术要点：定植后缓苗期间采取短期遮阴，闭棚提高温度，但同时也应注意降低棚内湿度。棚温控制在白天 25～30℃，夜间 16～18℃。冬前以控温壮棵为主，结果期适温，冬前追施一次有机肥。冬季应注意保温。门椒开花时，可用 15～20mg/L2，4－D 涂花柄以防落花落果。中、后期应注意通风排湿，果实及时采收。

第八节　瓜类

一、黄瓜

（一）类型与品种

1. 华南类型　如云南昭通大黄瓜、上海杨行黑刺、广州二青黄瓜等均属此类型。

2. 华北类型　常用保护地品种有新泰密刺、长春密刺、津春 3 号、津优 1 号、碧春、中农 5 号、农大 14 等。常用露地品种有津研 4 号、津春 4 号、津杂 2 号、夏丰 1 号等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　黄瓜为一年生草本蔓生攀缘植物。黄瓜的根系为浅根系，蔓细，节间较长，属无限生长，叶为掌状全缘，花雌雄同株异花，果实为假果。种子无胚乳，无生理休眠。

2. 生长发育规律　黄瓜的生育周期大致分为发芽期、幼苗期、伸蔓期和结果期四个时期。露地黄瓜全生育期 90～120 天。

3. 生活条件　黄瓜是典型的喜温作物，生育适温为 15～32℃，夜间 15～18℃为宜。喜强光又耐弱光，属中光性植物。喜富含有机质的肥沃壤土。

（三）日光温室冬春栽培

1. 品种选择　适宜品种有津春 3 号、新泰密刺、津优 1 号、山农 5 号、长春密刺等。

2. 确定适宜播种期　实践证明，山东等中原地区该茬黄瓜在 9 月中旬至 10 月上旬播种育苗最适宜。

3. 培育适龄嫁接壮苗　采用嫁接育苗，约需 35 天成苗，四叶一心时即可定植。

4. 适时定植　定植时每小垄一行，株距 28cm，每亩 3 700 株。

5. 定植后的管理　缓苗期间，白天保持棚温 28～30℃，夜间 15～18℃，草苫早揭晚盖，加强通风，并尽量少浇水。黄瓜植株缓苗后，及时吊蔓。大棚越冬黄瓜进入深冬季节后，应根据天气变化，灵活掌握大棚的温度。此间植株调整除进行吊蔓、打卷须、去雄花外，还应疏瓜。

6. 后期管理　棚内白天温度保持 30℃，14 时后气温逐渐降低，一般上午在揭开草苫后，可进行短时间的通风散湿，然后闭棚提温。随着外界气温逐渐回升，应增加浇水次数，并追肥。本阶段除吊蔓、去卷须、去雄花、疏瓜等工作外，老化叶片应及时打去。

二、西瓜

（一）类型与品种

栽培西瓜可分为果用和籽用两类。生产上常用的品种有：京欣1号、开杂12、西农8号、丰收2号、金钟冠龙、郑杂5号、郑杂9号、宝冠、8155、聚宝1号、红优2号、庆红宝、农友新1号、小兰、特小凤等。

（二）生物学特性

1. 植物学特征　西瓜根为直根系，茎蔓生长旺盛，叶腋具卷须，叶单生，花雌雄同株异花。果实三心室，瓠果。

2. 生长规律

（1）发芽期：从种子萌动至“破心”，为7～8天。

（2）幼苗期：从破心至团棵（4～5片真叶），约25天。

（3）伸蔓期：从团棵至留瓜节雌花开放，约20天。

（4）结果期：留瓜节雌花开放至果实成熟，为30～40天。

3. 生活条件

（1）温度：西瓜喜高温、干燥、不耐寒，0℃致死。西瓜种子16～17℃开始发芽，最适温度25～30℃。西瓜生长的低温界限是10℃，最高40℃，以25～30℃最适宜。

（2）光照：西瓜为喜光作物。

（3）水分：西瓜是需水量多的作物，一株西瓜一生耗水约2 000L。

（4）土壤及肥料：适于在中性偏酸土壤中生长，pH 5～7为宜。西瓜生长发育对肥料的要求主要以氮、磷、钾肥为主。

（三）大棚冬春栽培

1. 品种选择　生产上常用的品种为京欣1号、金钟冠龙、丰收2号、抗病苏蜜、开杂12号，自台湾引进的农友新1号无籽西瓜也适宜。

2. 嫁接育苗　适宜砧木为瓠瓜及杂交南瓜。具体育苗操作方法参见育苗部分。

3. 整地、施肥及地膜覆盖　在普遍耕翻的基础上，按行距1.5～1.8m或3.6m开丰产沟，大棚西瓜栽培多采用南北向畦向。

4. 定植　中原地区单坡面大棚适宜定植期为1月中下旬，拱圆形大棚依有无草苫覆盖可于2月上旬至3月上中旬定植。早熟品种栽培密度为800～1 100株/亩，中晚熟品种种植密度为650～700株/亩。

5. 植株调整　大棚西瓜栽培，中早熟品种多用双蔓整枝，大型中晚熟品种多采用三蔓整枝。棚内空间大时，可选支架密植栽培。

6. 人工授粉　西瓜大棚生产必须人工授粉才能坐瓜。

7. 留瓜定瓜翻瓜　留瓜应在15～18节间进行。

8. 肥水管理　西瓜定植至坐果前，一般不再施肥，可根据苗的长势、土壤及天气情况适当浇水。幼瓜坐住施复合肥。采收二茬瓜时，在二次瓜坐住后追施复合肥。此后适当增加浇水次数，采收前一周停止浇水。

9. 温度控制　定植后5～7天，注意提温，地温保持在18℃以上；缓苗后开始通风，白天气温30～32℃，夜间不低于15℃；结果期温度白天28～30℃，夜间18℃以上；果实定个后夜间不再关棚，以增加昼夜温差。

10. 采收　依挂牌日期而定，早熟品种28～32天，中熟品种35天可达九成熟。

第九节　豆类

一、菜豆

菜豆又名芸豆，原产于南美洲。菜豆依据生长习性可分为蔓生、半蔓生、矮生3个类型。

（一）生物学特性

1. 植物学特征　根系较发达，单叶，总状花序，自花授粉，果实为荚果。

2. 生育周期　菜豆整个生育周期可分为发芽期、幼苗期、抽蔓期和开花结荚期。

（1）发芽期：从种子萌动到一对单生叶展开为发芽期。

（2）幼苗期：蔓生菜豆从第一对真叶展开到抽蔓，矮生菜豆到第三片复叶展开时为幼苗期。

（3）抽蔓期：从开始抽蔓到开花前为抽蔓期。

（4）开花结荚期：从开始开花到结荚终止为开花结荚期。

3. 对生活条件的要求　菜豆喜温暖，不耐低温和霜冻。种子发芽的最适宜温度为20～30℃。幼苗期、抽蔓期和开花结荚期生长适温为18～25℃，花芽分化和发育的适宜温度为20～25℃。菜豆属强光性植物，有一定的耐旱能力，生育过程中吸收钾肥和氮肥较多。

（二）栽培技术

1. 日光温室栽培技术

（1）品种选择：应选择耐低温弱光、抗病、产量高、品质优的品种。

（2）育苗：选健籽，催芽后播种，播前浇足底水，育苗期间，温度控制在白天25℃左右，夜间15～18℃。苗期喷水1～2次，保持土壤湿润。第一对真叶展开，复叶出现时即可定植。

（3）合理密植：一般采用大小行或小高畦定植。

（4）室内管理：菜豆对温度变化的反应敏感，生长期间宜调节好棚温。冬季和早春少浇水，勤划锄，天气转暖后一般每4～6天浇一水。苗期一般不需追肥，开花后可追施；结荚期应加大施肥量。

2. 春早熟栽培技术　定植后，要保持较高的畦温，晴天中午温度不超过30℃，夜间不低于15℃。缓苗后棚温白天保持20～25℃。4月以后，要加强棚内通风，逐步进行锻炼。前期要勤中耕，伸蔓前一般不浇水，伸蔓时浇一水，浇水后及时中耕松土。现蕾前追施尿素，浇一次水。开花期不浇水，坐荚以后可采收一次，结合追肥浇水一次。

二、豇豆

豇豆依茎的生长习性可分为蔓生、矮生和半蔓生3种类型。按豆荚的颜色又可分为绿荚型、红荚型。

（一）生物学特性

1. 植物学特征　豇豆根系较发达，茎表面光滑，绿色或带紫红色。初生两枚叶为单叶，对生。总状花序，蝶形花，自花授粉。嫩荚柔软细长，荚果的形状、颜色和粗细因品种而异。

2. 生育周期及对环境条件的要求　生育过程中要求的主要环境条件如下：①温度：豇豆喜温耐热，最适温度为25～30℃，植株生长适温为20～30℃，开花结荚适温为25～28℃。②光照：豇豆喜光，苗期和开花结荚期均需充足的光照。③土壤营养和水分：豇豆对土壤条件要求不严，初花期需氮肥较多。豇豆根系深，吸水力强，较耐土壤干旱。

（二）栽培技术

1. 日光温室栽培

（1）品种选择：选用优质高产无限生长型品种。

（2）整地施基肥：撒施腐熟的有机肥、三元复合肥，然后深翻细耙，进行土壤消毒后播种。

（3）直播或育苗：播种前要进行浸种和催芽。当豇豆芽长 1cm 左右时播种。若育苗移栽，第二个复叶初现时为移栽的适宜时期。

（4）田间管理：幼苗期的管理是增温保温，抽蔓期为防止徒长，促进开花结荚，要逐渐降低室内温度，开花结荚期应再将温度提高。3 个复叶之前，一般不需浇水和追肥。4～5 个复叶时结合浇水，冲施磷酸二铵。第一、二花序坐荚后，追施开花结荚肥，并及时浇水。

2. 春露地栽培　春豇豆栽培对品种要求不严。选好土地，结合深耕施足基肥。施腐熟的堆肥或土杂肥等，做平畦，干籽直播。在第二片复叶出现前进行查苗补苗。伸蔓后及时插“人”字架。豇豆生长期间一般追肥 3～4 次。土壤底墒充足时，苗期不浇水，加强中耕保墒。当第一花序坐荚后时开始浇水，并逐渐增加浇水次数和浇水量，保持土壤见干见湿。7 月以后应及时搞好田间排水。

第十节　薯芋类

一、马铃薯

马铃薯又名土豆、地蛋等，茄科茄属一年生草本植物，按照块茎成熟期分为早熟、中熟和晚熟 3 种。马铃薯还根据块茎休眠的强度和长短分为无休眠期的、休眠期短的、休眠期中等、休眠期长的。

（一）生物学特性

1. 植物学特征　马铃薯的根系为须根系。马铃薯的茎分地上茎和地下茎。马铃薯最先出土的叶为单叶，叫初生叶，心脏形或倒心脏形，全缘，以后发生的叶为奇数羽状复叶。顶端叶片单生，顶生小叶之下有 4～5 对侧生小叶。马铃薯的花为伞形或复伞形花序。果为浆果，球形或椭圆形，种子肾形。

2. 生长发育规律

（1）发芽期：从种薯萌芽到出苗为发芽期，进行主茎的第一段生长。

（2）幼苗期：从出苗到主茎第一叶环的叶片形成（团棵）为幼苗期，进行主茎的第二段生长。

（3）发棵期：从团棵到主茎第二叶环叶片（第 12 叶或第 16 叶）展平为发棵期，完成主茎第三段生长。

（4）结薯期：从开花到块茎收获为结薯期。

（5）休眠期：从块茎收获到幼芽萌发为休眠期。

3. 对生活条件的要求　马铃薯喜冷凉气候，10cm 地温达 7～8℃时，幼芽即可萌发，植株生长最适宜温度为 16～22℃，最适宜块茎生长的土温为 15～18℃。发芽期要求土壤相对含水量不低于 50%，结薯期最适宜的土壤相对含水量为 80%～85%，接近收获时降到 50%～60%。

（二）春薯栽培技术

1. 整地施基肥　播种前需将土壤耙细整平，施肥。

2. 种薯处理　马铃薯可以育苗，也可直接播种薯块。

（1）暖种催芽：播种前 30～40 天选择健壮种薯，催芽后在散射光下，保持 15℃左右，约 20 天后切块播种，每块至少有一个完整的芽眼。

（2）育苗：于断霜前将种薯单芽切块，播后覆土 3～4cm，土温保持 15～20℃，待苗高 20cm 左右时栽植。

3. 播种（或栽植）　春季播种应以当地断霜之日向前推 35～40 天作为适宜播种期，在此范围内宁早勿晚。秧苗栽植密度为每亩栽 7 000～8 000 株。

4. 管理　出苗后及早施苗肥，随后浇水与中耕，以促进发根和发棵。团棵到开花，浇水与中耕应紧密结合，结合中耕逐渐培土，直到植株拔高即将封垄时才进行大培土。6 月上旬，叶片逐渐枯萎，选晴天收获。

(三)种薯退化及防止措施

1. 退化原因　马铃薯用无性繁殖,在连续生产过程中,植株长势逐年衰弱、矮化,分枝变少,茎叶出现皱缩、花叶,产量逐年下降的现象,称为种薯退化。关于退化的原因,有3种学说。一是年龄衰老学说,二是生态学说,三是病毒学说。近年研究表明,马铃薯的退化包括内因和外因两个方面,其中导致退化的主要原因是品种抗性低、病毒侵染及高温的影响。

2. 防止措施　①茎尖脱毒,②冷凉季节保种。

二、生姜

生姜属姜科姜属多年生草本植物,在我国多作为一年生作物栽培。生姜原产中国及印度等热带地区。

(一)生物学特性

1. 植物学特征　生姜属于浅根性作物。茎包括地上茎和地下茎两部分,地上茎直立,为叶鞘所包被。生姜的地下茎为根状茎。生姜叶片披针形,互生。生姜花为穗状花序,苞片橙黄色或紫红色。

2. 生育周期

(1)发芽期:从幼芽萌动到第一片真叶展开为发芽期。

(2)幼苗期:从第一叶展开到具有2个较大的分枝,即"三股杈"为幼苗期。

(3)旺盛生长期:从三股杈到收获为生姜的旺盛生长期。

3. 对生活条件的要求

(1)温度:生姜喜温而不耐寒,22~25℃为生姜幼芽萌发的适宜温度,茎叶生长以20~30℃为宜;且要求一定的昼夜温差,气温降至15℃以下时,应及时收获。生姜要求一定的积温方能完成其生育过程,并获得较高的产量。

(2)光照:生姜在中等强度的光照条件下生长良好。其单叶光合作用光补偿点为990~1 650lx,光饱合点为34 000~45 000lx。生姜不同时期对光照强度的要求不同。

(3)水分:生姜根系不发达且分布较浅,吸水能力弱,不耐干旱。对水分要求严格。

(4)土壤:生姜对土壤质地要求不严格,生姜喜微酸性土壤,在pH为5~7范围内生长良好。

(5)矿质营养:生姜为喜肥耐肥作物,不同生育期对矿质营养的吸收量不同。生姜全生育期吸收钾最多,其次是氮,对缺氮最敏感,生姜需要完全肥。

(二)栽培技术

1. 栽培季节　生姜喜温、不耐霜冻,因而要将整个生长期安排在无霜的温暖季节。

2. 培育壮芽

(1)晒姜和困姜:华北地区露地栽培多在5月上旬播种,于播种前20~30天从贮藏窖中取出种姜,去泥,晾晒1~2天,即晒姜。晒姜结束后,于室内堆放2~3天,姜堆上覆盖草苫,谓之困姜。

(2)选种:应选择健壮姜块作姜种。

(3)催芽:有室内催芽池催芽法,室外催芽法,席篓、竹篓催芽法,阳畦催芽法。

3. 整地施基肥　选定姜田后,施肥整平耙细后起垄。

4. 播种

(1)播前准备工作:掰姜种,种姜应掰成每块75g左右为宜。浸种,乙烯利浸种促进生姜植株分枝。浇底水,播种前必须浇足底水以保证幼芽顺利出土。

(2)播种方法:底水渗下后按一定株距将掰好并浸过的姜种排放沟中。芽一律向上,使幼芽方向保持一致。种姜播下后应立即覆土。

(3)播种密度与播种量:合理密植是实现丰产的重要措施。大姜每亩种植5 000~6 000株。生姜的播种量取决于种姜大小和播种密度。

5. 遮阴　生姜不耐强光和高温，苗期必须遮阴。于播种后1周内进行，7月下旬至8月上旬去除。

6. 中耕除草　生姜根系较浅，不宜深耕，出苗后可结合浇水中耕2～3次，以松土保墒、提高地温和清除杂草。

7. 合理浇水　要求土壤湿润，需经常浇水。根据不同生长阶段对水分的要求进行合理浇水。70%幼苗出土时浇水。幼苗期应适当增加浇水次数。旺盛生长期应加大浇水量，收获前2～3天浇最后一水。

8. 追肥与培土　生姜发芽期不需追肥。幼苗期较长，应在苗高30cm左右时追施提苗肥。旺盛生长期生长量大，施饼肥加氮、磷、钾复合肥。根茎膨大过程中可进行第三次追肥。生姜根茎生长要求黑暗湿润的环境条件，因此需逐渐培土。

9. 收获与贮藏　生姜不耐霜冻，初霜到来之前（北方10月中下旬）应及时收获；生姜贮藏多采用井窖。

第十一节　多年生蔬菜

多年生蔬菜是指播种或栽植一次，连续生长和采收两年以上的蔬菜。主要包括石刁柏、金针菜、香椿、百合、朝鲜蓟等。

一、石刁柏

石刁柏又名芦笋，属百合科天门冬属多年生草本植物，品种可分为白笋和绿笋两类。主要有玛丽、UC157、UC800、富兰克林和爱达丽、鲁石刁柏1号等。

（一）生物学特性

1. 植物学特征　石刁柏为须根系，茎分为地下茎和地上茎。节上着生鳞片状变态叶，叶腋内有鳞芽。鳞芽萌发形成地上茎，分枝多，簇生，针状，称为拟叶。叶片退化为膜状鳞片。石刁柏雌雄异株，偶有两性花，花小，钟形，雌花绿白色，虫媒花。浆果，圆球形，成熟后红色。种子黑色坚硬。

2. 对环境条件的要求　芦笋喜冷凉气候，不耐热，根系的耐寒性较强，耐旱不耐涝，喜砂土或砂壤土，土壤pH以6.5～7.0为最适宜。

（二）栽培技术

1. 育苗　芦笋生产多种子繁殖。播种期因各地气候条件不同而有较大差异，一般地温达到10℃以上时为播种适宜期。芦笋种子播前催芽。待种子有15%～20%露白时播种。育苗床应选择砂壤土，施腐熟的堆肥，做高畦。然后浇透底水，播种，出苗后适当降温。出苗约20天后，追一次氮、钾肥。

2. 定植　定植前施堆肥，整平，开定植沟。再在沟内施堆肥。一般是第一年育苗，第二年春季鳞芽尚未出土时定植。起苗时应尽量少伤根。按苗的肉质根多少和鳞芽大小分级，分别栽植，栽后立即浇水。

3. 定植后管理　芦笋定植后一个月左右进行第一次追肥，以后每隔1个月左右追1次肥。第二年开春后，施肥。7～8月再施稀粪肥2～3次。第三年"春分"前后施粪肥，嫩茎采完后施粪肥2～3次。第四年后肥料用量逐年增加。每次追肥后进行培土，每次培土厚度5cm左右。

4. 采收　"清明"前后为采笋始期。

二、香椿

香椿属楝科香椿属落叶乔木，根据初生嫩芽和幼叶的颜色不同，可将香椿分为红椿（或紫椿）和绿椿两种类型。

（一）生物学特性

香椿根系发达，茎的顶端优势很强，子叶呈椭圆形，两片初生叶对生，成株叶一般是偶数羽状复叶。复总状花序或圆锥花序，完全花。果实为木质蒴果。种子为椭圆形，扁平，有膜质长翅。

（二）栽培技术

1. 繁殖方法　香椿可利用种子、根蘖法和扦插法繁殖。

2. 日光温室栽培　深翻土壤，施足基肥，作畦，苗木用高锰酸钾溶液消毒。采用高 50～60cm，茎粗 1cm 左右的一年生香椿苗，于 10 月下旬至 11 月下旬定植。每亩栽 7 万～10 万株，栽完后立即浇透水。定植 3～5 天后扣棚。保持白天温度 18～27℃，夜间 13～18℃，相对湿度 60%～70%。开始采收后结合浇水追施适量稀粪并喷施 0.2% 尿素或 0.2%～0.5% 磷酸二氢钾溶液。

当芽长 12～15cm 时，可进行第一次采收，将顶芽全部采下，促进侧芽萌发。以后每隔 7～10 天采收一次，至 3 月下旬结束。

3. 露地栽培　春季萌芽前栽植在苗圃内培育 1～2 年的合格苗木，栽后浇一次大水。20～30 天后再浇一水。以后结合浇水施肥。6～8 月每月追施一次粪肥或复合肥。进入采收年后，每年萌芽前浇一次大水，第一次采收前 3～5 天施肥。6～7 月间应施肥补充营养。

第十五章　果树生产

第一节　果树种类及分布

一、果树的分类

按树体生长状况分类，分为①乔木；②灌木；③蔓性果树，具细长蔓性茎，靠其他支架等攀缘生长，如葡萄、猕猴桃等；④多年生草本。

按生态分类，分为寒带果树、温带果树、亚热带果树、热带果树等。

按果实构造分类，分为 ①仁果类，②核果类，③浆果类，④坚果类，⑤柑果类。

按果树栽培学的综合分类，北方落叶果树主要分为仁果类、核果类、坚果类、浆果类和柿枣类等五类。

二、我国果树带的划分

果树带的概念：果树在长期的生长发展中，经过自然淘汰和自然适应，有了一定的自然分布规律，形成的一定的果树分布地带。

果树带的划分：根据各地自然条件及果树分布实况，将我国果树的分布可以分为以下八个带：①热带常绿果树带；②亚热带常绿果树带；③云贵高原常绿落叶果树混交带；④温带落叶果树带；⑤旱温落叶果树带；⑥干旱落叶果树带；⑦耐寒落叶果树带；⑧青藏高寒落叶果树带。

三、山东省果树分布区划

山东省地处黄河下游，全省土地有一半是丘陵山地，西北部主要是黄河冲积平原，属温带季风气候。年均温 11～14℃，1 月份 -2～-4℃，7 月份 25～32℃；无霜期 180～220 天，年降雨量 550～950mm，是大部分落叶果树的最适地区和集中分布地区。按生态特点及树种、品种优势和生产潜力分为七区：①胶东丘陵凉润水果区，②胶潍河谷平原半湿润杂果区，③鲁中山区半湿半暖杂果区，④鲁南山丘湿润干、水果区，⑤鲁西南平洼温暖半湿润故道果树区，⑥鲁西北平原半干冷枣梨果树区，⑦鲁北滨海干冷枣树区。

第二节　果树生物学基础

一、果树根系

果树根的功能：主要包括以下五个方面，吸收作用，合成作用，贮藏作用，固定作用，繁殖作用。

根系类型：根据果树根系的发生及来源可分三类：①实生根系，由种子的胚根形成的根系。②茎源根系，根系来源于母株茎上发出的不定根。③根蘖根系，根系为母株根，在根上发生不定芽，形成新个体，特点同茎源根系。

根系分布：分水平分布和垂直分布两种。水平分布依树种、品种、土壤、气候、肥水管理的不同而变化，一般水平分布大于树冠的1.5～3倍；垂直分布深度与树种、砧木来源和土壤状况有关，深度一般不超过树高。

根颈：根和茎的交界处为根颈。实生树的根颈为真根颈；茎源根系和根蘖根系无真根茎，其相应部位称假根茎。根颈有两个特点：一是为水分和养分上下部交换的必经通道；二是休眠期短，对冷热敏感。

菌根：果树菌根依着生方式可分为内生菌根、外生菌根和兼生菌根。内生菌根的菌丝体可进入细胞内，外生菌根的菌丝体一般在细胞间隙而不能伸入细胞内部。

根系集中分布层：土壤中生态条件（水、肥、气、热等）适合果树根系最佳生长的层次，根系生长最好，这个层次为根系集中分布层。一般果树在20～40cm的范围内。

根系生长的年动态（以仁果类为例）：一般说来一年中有三次发根高峰。①春天高峰：萌芽前至4月下旬以发生吸收根为主，主要受地温和贮藏养分制约，可覆膜提高地温，促进新根发生。4月下旬至5月中旬以发生生长根为主，且发生量大，时间长。②夏季发根高峰：5月底6月初至7月，一年中以此期的新根发生量最大，持续时间最长。③秋天高峰：8月下旬至落叶，秋天新根与树体贮存养分及第二年的春根发生关系密切，生产中应合理负荷，保护叶片，以促进和保证秋根的发生。

二、芽

果树芽依性质分花芽和叶芽，花芽又分混合芽（含枝、叶、花）和纯花芽（只含花），如核果类果树。依着生位置分顶芽和侧芽。杏、梅、柿、栗等树种的枝条顶端自然枯死，以侧芽替顶芽，称假顶芽；侧芽着生于叶腋间，亦称腋芽。依腋间芽多少可分单芽和复芽。依腋间芽大小可分主芽和副芽。

葡萄上的夏芽和冬芽，另外还有果树上普遍存在的潜伏芽（亦称隐芽、休眠芽等）。

果树芽的功能：①保护功能，保护幼枝越冬，又是适应不良环境的器官；②繁殖功能；③临时功能，是枝、叶、花等的基础。

芽的几个特性：①异质性，在枝条的生长建造过程中，不同时期不同的内外条件，影响了枝条不同部位形成的芽质量，此谓芽的异质性。一般顶芽和新梢中部芽饱满，基部芽和春秋梢中间部位芽瘪。②早熟性与晚熟性，当年形成的芽当年能萌发称芽的早熟性，如桃是早熟性芽。当年形成的芽当年不能萌发称芽的晚熟性。③萌芽力和成枝力，萌芽力是指一年生枝上芽全部能够萌发的能力，萌发的芽能够抽成长枝的能力称成枝力。

三、枝梢

骨干枝和枝组：树体内粗大而起骨干作用的枝称骨干枝。枝组则是着生在各级骨干枝上的小枝群，是形成叶幕和结果的基本单位。

果树枝与梢的区别：当年生枝落叶以前叫新梢，有一次梢、二次梢、三次梢之分；当年生枝落叶以后则称枝，有一年生枝、二年生枝等。

营养枝的类型：划为三类，发育枝（具春梢和秋梢）、徒长枝和叶丛枝。

结果枝的类型：仁果类，长果枝（＞15cm）、中果枝（5～15cm）、短果枝（＜5cm）。核果类，长果枝（＞30cm）、中果枝（15～30cm）、短果枝（＜15cm），因果树种类不同而有不同划分方法。

结果枝和结果梢：着生花芽的枝称结果枝，着生果实的新枝称结果梢；在葡萄等果树上称结果枝为结果母枝。

枝梢与栽培有关的几个特性：①顶端优势，是指枝梢活跃的顶部常抑制其下部芽的发育。②垂直优势，枝条生长方位不同，生长势不同，直立枝条生长势旺。③枝类组成，长、中、短梢配合形成的组成。果树生长发育良好与否很大程度上取决于枝类组成。④层性，树干上枝芽质量有别，而形成强、弱枝，强枝形成主枝。随年龄增加，主枝在树干上呈层状分布。

四、叶

叶的功能：光合作用，蒸腾作用，吸收作用，贮藏作用。

叶的类型：单叶，复叶，单身复叶。依功能分类，高效叶，低效叶，无效叶。依发育程度分类，幼叶，成长叶，成熟叶，衰老叶。

叶片生长动态：①叶原基形成期，对叶片质量影响较大；②叶片迅速生长期；③叶片充实期，叶片由黄变绿、变光亮；④叶功能期；⑤叶衰老期。

叶幕的概念：是指叶片在树冠内集中分层。叶幕的形成：第一期，短枝叶、芽内分化叶停止生长；第二期，封顶枝、营养枝春梢叶停长；第三期，秋梢停长。形成动态决定光合时间和同化产物积累。

叶面积系数：叶面积总和与土地面积总和之比。

五、开花结果习性

花芽和果实着生部位如下表。

		花芽种类		
		纯花芽	混合花芽（Ⅰ）（枝顶开花）	混合花芽（Ⅱ）枝的叶腋成花
花芽着生部位	顶花芽		梨、苹果、核桃雌花	
	顶侧生花芽		柑橘类 苹果、梨等的某些品种	柿、栗，有时柑橘类
	侧花芽	桃、李、杏、梅、樱桃、核桃	葡萄	无花果，葡萄外
果实着生状况		上年枝着果	当年枝着果	当年枝着果

不同种类果树开花习性：①仁果类，以短果枝结果为主。苹果为伞形总状花序，中心花先开；梨为伞房花序，边花先开。②核果类，长、中、短枝均可结果。桃、梅、杏每花芽1朵花，李1～3朵，樱桃2～4朵。③葡萄，花序为复总状圆锥花序。④板栗，雌雄同株同序异花，混合芽着生于结果母枝先端几个芽。新梢上分布穗状花序的雄花，雌花着生于结果枝先端几个穗状花序基部。⑤柿子，雌雄同株异花。混合芽着生于结果母枝顶端附近几个芽，雌雄花着生于结果枝中下部叶腋。⑥核桃，雌雄同株异花，雌花为混合芽着生于枝条顶部及其附近，雄花着生于枝条中下部为花序。

六、花芽分化

花芽分化分三个阶段：①花芽生理分化期，较形态分化期早30～40天，一般发生在新梢停长后；②花芽形态分化期，北方落叶果树在秋季落叶前，花芽内大都具备了所有花器官；③越冬后花芽进一步发育，主要包括花粉粒和胚珠的发育过程。

花芽分化的特点：①花芽分化的长期性。②花芽分化的相对集中性。③花芽分化的整体性和局部性。④花芽分化的特殊性，指对不同的果树而言。

花芽分化的机理（内部因素）：当前对花芽分化机理的研究说法不一，主要有以下几个论点：①碳氮营养是开花的前提，适量N素充足C素，是花芽分化的重要物质基础。②激素学说，各种激素的组合、平衡及作用时间等同时左右花芽形成。③遗传基因控制学说。光合产物 → 开花激素合成 → DNA → RNA → 蛋白质合成 → 花芽分化。

控制花芽分化的途径：保叶与养根，控制大小年，适宜枝类比，利用矮化砧，应用外源激素。

七、开花坐果

开花的时期和条件：各种果树开花期不同，杏、李、桃早，梨、苹果、葡萄、柿、栗、枣最晚。外界条件中温度对开花期的影响最大，不同果树开花对温度要求不同。

授粉：指雄蕊的花粉传到雌蕊的柱头上的过程。同一品种内授粉称自花授粉，自花授粉后能有产量的，叫自花结实；不同品种间进行授粉叫异花授粉，其后能得到产量的叫异花结实。大多数果树为异花结实。

受精：花粉在柱头上萌发，通过花柱，进入子房，到达胚珠，雄配子与卵细胞形成受精卵的过程。

落花落果的动态：①谢花：花瓣脱落；②落花：连同子房一块脱落，主要由于花芽质量差，发育不良，授粉受精不好，缺少坐果激素；③幼果脱落：花后1～2周，主要由于受精不良，子房内激素不足，营养调运不够；④生理落果：花后3～4周，由于营养多元竞争，分配不均造成；⑤采前落果：由于品种属性，种子成熟，乙烯、脱落酸含量增加，如苹果中的元帅系。

提高坐果率的途径：①提高树体贮藏，合理负荷；②人工授粉；③改接花枝；④花期喷硼；⑤花期环剥（割）；⑥花期人工放蜂；⑦花期喷水；⑧使用生长调节剂。

八、果实的发育

果实生长图形：从开花后，把果实的体积、直径或鲜重在不同时期的积累增长量画成曲线得到的图形。共有三类图形：①S形，如苹果、梨、草莓、核桃等。②双S形，核果类、葡萄、山楂、枣、柿等。分三个时期：1）快生长期，除胚和胚乳外，子房其他部位迅速增长。2）缓慢生长期，胚和胚乳发育，亦称“核硬化期”。3）迅速生长期，果肉组织生长。③三S生长曲线，如猕猴桃。

果实生长的两大过程：果实细胞的分裂和果实细胞的膨大。细胞分裂阶段，外观上果实以纵向生长为主，果形为长圆形；细胞膨大阶段，外观上果实以横向生长为主，由长圆变为椭圆形或近圆形。

果形指数：果实纵径与横径之比，其大小是某些果实的品质指标之一。

果实品质性状的构成：包括大小、果形、色泽、果肉质地、风味等。

提高果实品质的技术途径：①优良品种，适地适栽。②杂劣品种，高接改换。③疏花疏果。④合理的果园结构与良好光照。⑤优化土肥水管理，多元复合，配方施肥。⑥精细花果管理。⑦适期采收。⑧加强产后处理，完善贮藏措施。

第三节　果树育苗

一、苗圃建立

在同一块土地上切忌连续育苗，并切实做好土壤改良。正确进行苗圃的区划，现代化专业苗圃包括母本园和繁殖区两大部分。

母本园：提供繁殖材料，如砧木种子、实生果苗种子、自根砧木、果苗繁殖材料和优良接穗。保证其纯度和丰产性，适应区域化要求。

繁殖区：分实生苗、嫁接苗和自根苗培育区。一小区长方形，长不短于100m，宽为长的1/3～1/2。

道路：干路要求与外界联系方便，支路可结合大区划进行设置。

其他如排灌系统、防风林、建筑物的配置应考虑实际情况进行安排。

本节要求掌握：选择苗圃地应注意的问题，如何正确进行苗圃地的区划。

二、实生苗的培育

凡是用种子播种后发芽长成的苗木称为实生苗。

（一）种子采集与贮藏

采集品种纯正或类型一致、无病虫害的充分成熟种子。母本树要丰产稳产、品质优良。采收时间要适时。果实取种方法要根据果实的特点而定，但处理种子不能超过45℃。

（二）种子的休眠和层积处理

种子休眠原因：种皮或果皮结构的障碍；种胚发育不全；某些种胚需要低温层积通过后熟。

层积方法因种子大小和数量多少而有所不同，要求掌握层积时的温度（2～7℃）、沙的湿度（以手握成团，一触即散为宜）、种沙比例（大粒种子1∶5～1∶10、中小粒种子1∶3～1∶5），掌握层积过程和层积过程中的注意事项。

（三）种子生活力的鉴定方法

为了确定种子质量和计划播种量，应在层积或播种前鉴定种子的生活力，常用方法有目测法、染色法、发芽试验法。掌握操作方法，理解其原理。

（四）播种和播后管理

播种时期一般为春播和秋播。播种方式有直播和畦播。方法有撒播、点播和条播。播种的方式方法应根据当地耕作习惯、嫁接操作的便利加以调节，还应了解本地区果树种子播种的适宜时期和方法方式。

$$\text{每亩播种量(kg)} = \frac{\text{每亩计划育苗数}}{\text{每千克种子数} \times \text{种子发芽率} \times \text{种子纯结率}}$$

在播种过程中，深度因种子大小、气候条件和土壤性质而异，一般以种子直径的1～5倍为宜。干燥地比湿润地深些，秋冬播比春播深些。砂壤土比黏土深些。生产上一般草莓、无花果播后盖以微薄细沙土，不见种子为宜。

在播后管理中要及时间苗、移栽、除草、摘心等，掌握具体操作事项。

三、自根苗的培育

（一）自根苗

利用压条、扦插、分株这三种方法繁殖的苗木，是利用营养器官生根成苗。特点是，变异性较小，能较好地保持母株性状和特性，整齐一致，进入结果年龄较早。

影响扦插压条成活的因素：内因，种性、树龄枝龄、营养物质、激素。外因，温度、土壤湿度、空气湿度、土壤通气状况。掌握最适的条件。

（二）促进生根的方法

有机械处理（如纵伤、环状剥皮），黄化处理（遮光），加温处理，药剂处理（液剂浸渍、粉剂蘸粘）。

掌握具体方法，特别是比较常用的加温处理和药剂处理措施。

（三）扦插繁殖法

枝插和根插。枝插分硬枝扦插和绿枝扦插。硬枝扦插是用充分成熟的一年生枝条进行扦插。绿枝扦插是利用尚未木质化或已半木质化的新梢在生长期中进行扦插。

掌握插条的处理、扦插的时间和插后管理。

（四）压条

压条是在枝条不与母体分离的状态下压入土中，促使压入部位发根，然后再剪离母体成独立新植株

的繁殖方法。对扦插不易生根的树种，应用此法较好。方法有地面压条和空中压条两种。

地面压条有直立压条和曲枝压条（又分水平压条和先端压条法）。

掌握压条的技术要点。

（五）分株繁殖法

此法又分根蘖分株法、吸芽分株法、匍匐茎分株法和根状茎分株法。掌握各法适宜的果树种类及它们的管理方法。

四、嫁接苗的培育

通过嫁接技术将优良品种植株上的枝或芽接到另一植株的枝、芽或根上，接口愈合长成一新的植株称为嫁接苗。用作嫁接的枝或芽称接穗，承受接穗的部分称砧木。特点：可利用砧木和接穗各自特性；变异小；易繁殖。

（一）嫁接成活的原理

亲和力的强弱与植物亲缘关系的远近有关，一般规律是亲缘越近，亲和力越强。但也有特殊情况，注意目前果树生产应用上的实例。在了解内因的情况下，一些其他原因也影响成活，如嫁接时期、砧穗质量、嫁接技术、接口湿度等，这些因子应如何调控。

（二）砧木的类型

大体分实生砧和自根砧。由于各地砧木种类很多，特性又不一样，所以要明确砧木应具备的条件。①与接穗有良好的亲和力；②对接穗的生长和结果有良好的影响；③对栽培地区的气候、土壤环境条件适应性强；④抗病虫力强；⑤繁殖材料丰富，易于繁殖；⑥具特殊需要，如乔化或矮化等。目前世界果树生产的趋向是矮化密植，了解我国苹果营养系砧木分类标准：乔化，树高与现有实生乔化砧树高相近似，即5m左右；半矮化，树高为现有实生乔化砧树高的2/3左右，即3.5m左右；矮化砧，树高为现有实生乔化砧树高的1/2左右，即2.5m左右。明确引进的一些砧木型号（$M_9M_7M_4M_1M_2M_{20}MM_{106}$）所代表的砧木分组类型。

在嫁接过程中，首先要确定采取枝接还是芽接。第二步就要进行接穗的采集和贮运，掌握采集和贮运的技术要点。在嫁接方法中，掌握芽接、枝接这两种最基本的方法及其接后管理。

五、苗木出圃

苗木出圃包括挖苗、分级、假植、包装等工作，是育苗的最后一环。

挖苗：落叶果树外调时可在秋季土壤封冻前、苗木落叶前后挖苗，当地用苗随栽随挖。挖前如土壤干燥应先浇水，一两天后再挖，尽量保持完整的根系。除去叶片，避免损伤枝叶和芽子。从挖苗到定植，严格防止品种混杂，避免风吹日晒。

分级：起苗时，随即按当地苗木规格要求分级，等外苗可继续留圃内培养。各种树种、品种出圃苗木所要求的规格虽有不同，但基本要求是：品种纯正，砧木确定，地上部枝条充实、健壮，具有一定高度和粗度，芽饱满，根系发达，须根多，断根少，无严重的病虫害及机械伤，嫁接苗的接合部愈合良好。

假植：苗木挖起后不能及时外运或栽植时必须假植，掌握假植的具体方法。

包装运输：苗木远途运输要作好包装，已分级的苗木每50～100株为一捆，根部蘸泥浆，填入湿锯末等再包装好，挂好标签注明品种、砧木级别即可发运。运输中不要重压，防止暴晒、风干及冻根。运到后不能立即栽植应在阴凉处开沟假植。

苗木检疫：根据农业部植物检疫的规定（1956年），列入全国对内检疫对象的果树病虫害种类有：苹果绵蚜、苹果小吉丁虫、葡萄根瘤蚜、苹果黑星病、苹果锈果病、梨圆蚧、柑橘大实蝇和小实蝇及柑橘黄龙病。在苗木出圃时应及时报当地植物检疫部门检验，经确认无检疫病虫并取得检疫证后方可出圃外运。

第四节　果园建立

一、园地选择

在确实做到适地适树的前提下，果园的建立应充分考虑以下几个方面：①土层深度，山丘地土层深度不低于60cm，且下面没有横板岩。坡度不应过大，一般不超过14°。②地下水位，平原沙地、黏地最高地下水位不高于2.0m，沙地在1.0m以内不存在黏板层。③有机质含量，一般在0.4%以上。④土壤质地，应质地疏松，孔隙率达50%以上。⑤无特异障碍因素，pH在5.4～7.2之间，含盐量不超过0.16%。

如达不到上述条件，建园前需进行改良，不能改良的便不宜栽植。

二、果园规划设计

现在大部分果园实行以户承包，面积较小，原先大型的果园规划设计标准已不再适宜，但仍不能忽视规划。小面积的建园应主要考虑以下几个方面：①小区划分，因地而异，平地为长方形，山丘地等高栽植。②道路、排灌系统。③防护林设计，注意与果树无共同或互相传染的病虫害。④山丘地田间工程。

三、果树的栽植

授粉树配置：对于大多数果树来说存在异花结实的问题，栽植时需配置授粉树，授粉品种和主栽品种的比例一般为1:3～1:4，不能少于1:10。如主栽品种是三倍体，像苹果中的乔纳金、新乔纳金、北斗、陆奥等，必须配置两个或两个以上的授粉树。如栽培新乔纳金苹果，可配置富士、新红星两个授粉品种。主栽品种与授粉品种的配置方式有三种：行列式，中心式，等高栽植。

合理栽植密度：要合理密植，不能盲目密植。俗话讲“不怕行里密，就怕密了行”，提倡宽行密植。栽植密度依树种、品种、立地条件、管理水平、气候环境等而定。

苗木准备：包括苗木的选择、包装运输、假植等工作。

栽植时期：分秋栽和春栽，在冬冷大风地区提倡春栽。

栽培技术：定点挖穴（沟），深80～10cm；表土、底土分别放置，切忌混放。施肥回填，回填沉实在栽前1个月完成，穴（沟）内不同土壤层次要求不同，严格说应该做到“下层通透，底层改良，中层均匀，上层精细”。小穴栽植，栽时挖小穴（30cm×30cm×20cm），穴中可加入精细有机肥、尿素、磷肥、微肥等。

四、栽后管理

栽后覆膜，保温保湿，提高成活率。及时定干，结合树形确定高度。涂油保护。捆绑支架。防金龟子、浮尘子。加强肥水管理。

第五节　果园土肥水管理

一、土壤管理

（一）土壤管理的原则

增施有机物，提高有机质含量。局部改良为主，逐渐实现全园改良。施肥上富足局部，沟穴换位。养分表层及中层，通透下层。

（二）土壤管理的方法

1. 果园覆膜　早春（3月上旬）果园实行地膜覆盖，可提高地温，促进吸收根早期发生，有利于果树的

萌芽与开花坐果等一系列活动。目前普遍推行的春覆膜、夏覆草果园土壤覆盖制度，对保温保湿、养护表层根，促进果园早期丰产起到了十分积极、有效的作用。

2. 果园覆草　果园覆草可保温防旱，草料腐烂后可充当有机质。覆草对山丘地、内陆盐碱地、黏土地果园的土壤改良，对果树的早期优质丰产都具有十分显著的效果，应大力提倡与推广。果园覆草应注意以下几点：①时间：以麦收前后至雨季来临前最好，其他时间也可。②方法：整树盘、浇小水，将草初步腐熟（浸入人粪尿等），盖上。如所盖草为鲜草，应先追施速效氮肥，再盖草。③厚度：初次盖，20～25cm；连年盖，15～20cm。④覆草应离开根颈一段距离（20cm）。⑤注意排水防涝，与起垄排水相结合。⑥覆草应连年进行。

3. 地膜覆盖、穴贮肥水　穴贮肥水对干旱的山丘地保肥保水、对黏重土壤空气通透，是以有限的肥水提高产量的最有效的措施。方法是，在树冠边缘向里半米处挖深40cm、直径30cm左右的穴，穴的数目依树龄而定，3～5年树可挖4个，成龄树可挖6～8个。将麦秸、玉米秸、杂草等捆成长30cm、直径20cm左右的草把，把草把浸入人粪尿中浸泡，放入穴中。然后将有机肥与土混匀加填，也可在穴中追施尿素、磷酸二氢钙等，之后浇水覆膜于穴上。在穴上扎一小洞，平时用石块或瓦片封严，以后浇水追肥均可从穴中进行。每次每穴可浇水4～5kg，追肥50g左右。

4. 沟肥养根　沟肥养根是穴贮肥水的扩展。秋施基肥时从树冠边缘向里沿行间或株间开挖40～50cm深、30～40cm宽的条沟或从距树干半米处挖放射沟，内膛窄、浅（20cm深，20cm宽），冠边缘处宽、深（40cm深，40cm宽）。数目多少依树体大小而定。然后将有机肥、轧碎的草料秸秆、土、速效化肥混匀填入沟中，之后灌水。沟中养分富足，通气良好，为根系形成了最适宜的生长环境。

5. 起垄排水　平原黏土、沙土、沙盐碱潮土果园常因雨季大量降雨而发生涝害，需起垄排水，就是在行间挖垄沟，借垄沟把多余的水排出去。值得注意的是，有些黏土果园中仅靠起垄还不够，应在起垄的同时，在树冠下开挖几条放射沟，内深宽20cm，外深宽40cm，并与行间垄沟相通，然后将玉米秸捆成一捆，埋入沟中，可结合追施尿素、磷肥、微肥等回填沟，使土高于地面呈屋脊状。借助这种方法，不仅排水防涝，而且可控旺促花，防止早期落叶，在平原黏地、黄河故道地区已取得显著成效。

6. 生草制。

二、果园施肥

施肥原则：以有机肥为主。无机肥的施用应因时因地因树而宜。多元复合，配方施肥。

（一）基肥的施用

时期：以采果前后到落叶前为佳，此期施肥后，上温高，肥效快，促贮备、便愈合。另外，落叶后至封冻前，春季解冻后至萌芽均可施入。数量：每千克果2～3kg肥，量少应富足局部。方法：分环状沟、条状沟、坑穴法、沟肥法等，切忌地面撒施和深埋。

（二）氮肥的施用

氮肥的施用应注意提高树体N素贮备和应急补助，基本的原则是因时因地因树合理追氮。

追氮数量：适宜的氮素用量应根据土壤状况、保肥能力、树体类型以及经验用量等综合而定，以苹果为例，1～2年生树，每次每株50～100g尿素，3～4年生每次用量150～200g；结果的成龄树在密植条件下应按每次每亩计算，不宜按单株计，一般每次每亩不超过15kg尿素。

因时追氮，应遵循"生长季前期因树区别对待，中期（雨季）连续不断，后期提高贮藏"的原则。

因地追氮。因树追氮，植株类型不同，调控的目的不同，施氮的时期、数量便不同。

不同类型植株的追肥时期

树体类型	追肥目的	追肥时期	备　注
弱树 小老树 衰老树	促进枝叶 生长	①新梢旺长前 ②秋季	以氮为主
旺长树 无花树	促进花芽分化 缓和生长势	两停追肥	增施P、K肥
大年树	补充消耗 促花芽分化	①花芽分化期 ②秋季	秋追肥特重要
小年树	提高坐果	①花期：萌芽前后花前、花后 ②秋季	
丰稳树	补充消耗 稳定供应	①以秋为主 ②萌芽前后，花期前后，花芽分化期少量多次	以"稳"为主

追氮方法：有多穴法、环状沟、条状沟、放射沟、穴贮法、沟肥法等多种方法。

（三）缺素症的矫正

缺铁黄叶病：掌握黄叶病的发生原因及症状表现。防治方法：①增施有机肥。②叶面喷布铁肥，如0.3%～0.5%的$FeSO_4$，0.05%～0.1%的棕檬酸铁，0.5%的黄腐酸二胺铁。③土壤富铁法。④树体注射法。

缺锌小叶病：掌握并能识别小叶症的症状表现。防治方法：①增施有机肥；②萌芽前喷布3%～4%硫酸锌溶液。③秋季采收后到落叶前喷0.5%硫酸锌溶液。④土施硫酸锌。

缺硼缩果病：掌握并识别缩果病。防治方法：①增施有机肥。②盛花期喷0.3%～0.5%的硼砂溶液。③萌芽前土施硼砂。

（四）果树的根外追肥（见下表）

果树根外追肥的种类与浓度

名称	浓度（%）	喷布时间	备　注
尿素	0.3～0.5	生长季节	不能与草木灰及石灰混用
腐熟人尿	15	生长季节	不能与草木灰及石灰混用
过磷酸钙	2～3浸出液	生长季节	不能与草木灰及石灰混用
磷酸铵	0.5	生长季节	
磷酸二氢钾	0.2～0.5	生长季节	
草木灰	3～5浸出液	果实膨大期	不能与氮肥、过磷酸钙混用
硼酸、硼砂	0.2～0.3	花期	可提高坐果率
硫酸锌	3～5	萌前	防治小叶病
硫酸锌	0.15	生长季节	防治小叶病

（续表）

名称	浓度(%)	喷布时间	备　注
硫酸锰	0.2～0.3	生长季节	防治缺锰症
硝酸钙	0.3～0.4	生长季节	防治苦痘病
氯化钙	0.3	花后	防治木栓病
硫酸亚铁	0.3	生长季节	防治黄叶病

三、疏花结果

果树实行疏花疏果是防止、克服大小年，提高品质的重要途径，必须大力提倡。

确定留果量的标准。①叶果比：丰产稳产优质叶果比为25～40，即25～40片叶子养一个果子。生产中难以推广。②干截面积法：按公式 $Y = X \times 0.08C^2 \times A$。其中，$X$ 为每平方厘米干截面积的留果量（kg/cm^2），一般为0.4～0.5；C 为距地面20cm高处的干周周长（cm）；A 为保险系数，以果定果取1.2，以果定果取1.05。此公式可推广至主枝、侧枝以及枝组，在生产应用较多。③空间距离法：树冠空间相隔20～25cm留一果。以上标准适合苹果树，其他树种仍适于上述方法，只是系数和数值不同。

疏花疏果的技术，包括疏除时期、疏除方法。

第六节　整形修剪

一、整形修剪的基本知识

（一）整形与修剪的概念

整形即整枝，通俗讲就是为果树造形。为了提早结果，延长寿命，从定植起，就把果树剪成既符合其生长和结果习性，又适于栽植形式的树形。

修剪即剪枝、修枝。在树形基本结构形成后，为了维持良好的树形结构，连年高产稳产，通过采用不同的剪枝手法，改变与调节地上部枝芽的数量、位置，以平衡生长与结果关系，更新结果枝组。

（二）整形修剪的原则

因树修剪、随枝造形；有形不死，无形不乱；轻剪长放，主从分明；因时因地制宜，不断调整。

（三）整形修剪的依据

①树种、品种特性。②树龄树势。③修剪反应。④立地条件与栽培技术。⑤花果数量。

（四）丰产果园的丰产结构参数（以苹果为例）

覆盖率：指树冠投影面积与植株占地面积之比。适宜的覆盖率为75%～85%，过大，果园郁闭，光照恶化，品质下降，树体早衰；过小，树叶不足，光能利用差，不能高产。

亩枝量：指一亩地中所有一年生枝的总和，包括短枝、中枝、长枝、营养枝等。对苹果而言，冬剪后适宜的亩枝量为7万～9万条，过少难以高产；过多内膛郁闭，光照恶化。目前普遍存在的问题是亩枝量过多，这已成为优质丰产的限制因素。

树冠体积：指果树生长与结果的空间范围。苹果密植园适宜的树冠体积应控制在每亩1 000～1 200米^3，过大、过小都难以优质丰产。

枝类组成（枝类比）：指不同类型的一年生枝所占的比例。一般情况下苹果幼树两季枝、封顶枝、短枝比为1∶2∶7为宜，成龄树具有春秋梢的两季枝比例不能超过10%。

整齐度：指一个果园中植株间产量或干周的差异程度。整齐度与单产呈高度正相关。苹果矮化密植整齐度达85%以上时，方能优质高产。

二、树体结构与树形

乔木果树的地上部包括主干和树冠两部分。树冠由中心干、主枝、侧枝和枝组构成。其中的中心干、主枝和侧枝构成树冠的骨架，称为骨干枝。

（一）果树树形

果树树形以其群体和树体的形状及树体结构分类如下：

- 果树树形
  - 有中心干
    - 分层形：层形、疏散分层形、十字形、多中心干形
    - 无层形：主干形、变则主干形、纺锤形、圆柱形
  - 有中心干
    - 杯状形、自然杯状形、自然形心形、多主枝自然形
    - 丛状形：自然圆头形、主枝开心圆头形
  - 无中心干
    - 树篱形：扁纺锤形、自然扇形
    - 篱架形：单干形、双臂形、双层棚篱形、棕榈叶形

（二）生产中常见树形

1. 小冠疏层形　适于株行距(3～4)m×(4～5)m。

结构：干高50cm左右，树高2.5～3m；全树主枝5～6个，多为3－2－1排列。三层以上可开心。小层间，1～2层间距60～70cm；2～3层间距50～60cm；层内距10～20cm。第一层三大主枝上配置1～2个侧枝；第二层以上主枝不留侧枝，直接着生结果枝组。各主枝角度开张60°～80°。层间或其他空间可留辅养枝。小冠疏层形是大冠（主干）疏层形的缩小与简化，其特点是小骨架，牢固；主枝小、侧枝少，留枝多，修剪轻，生长结果均衡稳定。

2. 自由纺锤形　适于株行距(2～3)m×4m。

结构：主干高70cm左右，中心干强壮挺拔，中心干上均衡配置主枝10～12个，不分层；主枝上不留侧枝，直接着生中小型结果枝组。主枝角度大，80°～90°，近水平，下部主枝长，上部短，下层主枝相距10～15cm，上层主枝间相距15～20cm。全树外貌似雪松，各级主轴间（中心干－主枝－枝组枝轴）从属关系分明，差异明显，各为母枝的1/3～1/2。自由纺锤形树体紧凑，树冠开张，势力缓和，层次分明，结构合理，通风透光好，管理方便，结果早，品质优，是苹果密植栽培中最受欢迎的一种树形。

3. 改良式纺锤形　改良式纺锤形是针对那些已经成形（或部分成形）而栽植密度又适于纺锤形整形的树体而言所改进改造后的一种纺锤形，分为两种：基部三大主枝改良纺锤形和分层式改良纺锤形。

三、修剪时期与方法

（一）冬季修剪

苹果从落叶至第二年春萌芽前进行的修剪叫冬季修剪。此期树体贮藏营养较稳定，剪后易发生更新效果，根据目的不同又分为短截、疏枝、回缩、长放等方法。

1. 疏枝　疏枝是当前苹果生产中的主要措施。把一年生或多年生枝从基部剪掉或锯掉。疏枝要因树势而宜，幼旺树疏除徒长枝、竞争枝、背上直立枝；衰老树重点疏除过密枝、交错枝、重叠枝、并生枝、外围发育枝及触地枝等，及时疏除干枯枝、病虫枝。

疏枝时，剪口要平，不留橛，不留桩，锯口面要小。一般要求伤口上部要与母枝平，下部微突起，略呈倾斜，利于伤口愈合。疏枝后伤口要用杀菌剂或保护剂涂抹。

2. 短截　剪掉一年生枝的一部分叫短截。短截多用于充实壮枝，对枝条的生长有局部刺激作用，可以增加分枝，缩短枝轴，促使剪口下侧芽萌发，利于更新复壮。短截程度不同，其反应各异，在一定范围内，短截越重，局部发枝越旺。根据短截程度，可分为轻短截、中短截、重短截和极重短截。

戴帽短截：除上述短截形式外，生产中常用的还有戴帽修剪法，也属于短截的范围。

春秋梢戴帽：在春秋梢交界处（盲节）以上留 1～2 个次饱满节短截称戴活帽，适宜于中庸弱枝条；秋梢基部盲节处剪截称戴死帽，适宜于强旺枝，能促使下部抽生中、短枝。

长放枝戴帽：长枝缓放后有时仅顶芽萌发，下部光秃或顶芽萌发同时，下部抽生叶丛枝和短果枝，为了防止此类枝条年年缓放造成单轴延伸，枝条细长，回缩太火导致冒条，采用戴帽修剪效果较好，即强枝在一二年生交界处的轮痕上留 1～2 个明显芽戴活帽短截，弱枝在轮痕上戴帽修剪可以提高坐果率。

短截方法较多，不同品种、树势、年龄对各种短截方法敏感程度各异，必须灵活掌握，因树制宜。

3. 回缩　对二年生以上枝短截称回缩。连年轻剪长放后，枝势缓和，短枝数量多，大量形成花芽，而坐果率偏低的枝条，适当回缩可以集中营养供应，提高坐果率；枝组过高时，应逐步回缩，使其牢固紧凑，提高枝组长势和结果能力，避免挡风遮光，影响其他枝梢生长。某些临时枝和过渡层枝，及时回缩可以紧凑枝体，避免对骨干枝的影响。多年生下垂衰弱枝、冗长枝和触地枝及时抬头回缩，缩短营养物质运输距离，抬高枝条角度，利于恢复生长势力。

大主枝回缩不宜太重，应采取给出路，以大换小，影响一段回缩一段的方法。强行回缩易形成局部反应，刺激萌发大量旺条，回缩后萌发枝条及时清理。更新性回缩必须采取先养后更方法，待枝条复壮后及时回缩，否则大年后越回越弱。某些修剪反应敏感的品种，如红星，缓出花芽时，待结果后回缩效果较好，如果齐花修剪，易导致坐果率低。

4. 长放　又称缓放或甩放。长放适宜于枝条生长健壮，有一定空间位置的枝，且以平、斜枝和生长中庸枝条效果较好，易形成中短枝或中短果枝。竞争枝、直立枝、徒长枝不宜长放，否则加粗生长，常造成"树上长树"或主次不分，层次不明，喧宾夺主。长放必须与疏枝和回缩相结合，对过密枝及时疏除，长放枝结果后及时回缩培养枝组。

（二）生长季修剪

夏季修剪主要包括刻芽、抹芽、摘心、扭梢、环剥、拿枝、拉枝等技术。应用准确，效果显著，否则，引起树势衰弱，寿命缩短。

1. 刻芽　适宜幼旺树旺枝及发枝少的"光腿"枝条。用钢锯带齿一面在芽上 2mm 处横刻一下，深达木质部，可以提高萌芽力，克服"光腿"，促发短枝。时间从萌芽前 40 天至萌芽均可进行。刻芽早晚与抽梢长短有关，刻芽早抽长梢，刻芽晚发短梢。刻芽适宜于幼树骨干枝、中干、50cm 以上的甩放枝、健壮发育枝。骨干枝两侧和背后的饱满芽全刻。100cm 以上强枝，要待展叶后对其未萌发的芽进行刻芽，枝条背上芽轻刻，两侧和背下重刻。

2. 抹芽、摘心、扭梢　抹芽是春季萌发后，对多余的萌芽从基部抹除，主要抹除剪口芽、锯口芽、拉枝后背上萌发过多芽。对背上芽每隔 20～30cm 选留一个，其余及早抹除主枝延长头和中央领导干顶端芽，选留一个生长健壮、方向较好的芽作主枝延长头，其他竞争芽及时抹除，可以充分节约营养，调节生长势和减少冬季修剪量，防止外围和上部势力过强。

新梢长到 20～30cm，两手捏住新梢中下部半木质部位，反向扭别，但不扭断，可以控制新梢旺长，促发分枝，增加光合产物积累。扭梢必须和抹芽相结合，因扭梢后，扭曲部位背上很易萌发抽生长梢，应及时抹除，防止新梢旺长，更不宜进行再次扭梢。捋梢方法比扭梢效果好，即新梢生长 20cm 左右时，把梢用手捋向有空间位置，隔 10～15 天再捋一次，当年即能形成花芽，且枝条粗壮，结果后很易培养成小型结果枝组。

3. 环剥、环割　环剥是将枝干的韧皮部隔一定距离平行环割两道，然后将中间的树皮剥去。其作用是中断地上碳水化合物向根系的运输，限制根系生长，增加地上光合产物积累，促进营养物质向芽体的运输，利于花芽分化，达到控冠促花的作用。环剥时间以 5 月下旬到 6 月上旬最为适宜，因该期新梢接近停长，大量叶片已基本形成，花芽将要开始分化（6 月上中旬）。环剥后，剥口以上光合产物积累增多，促进花芽分化。环剥过早，新梢未停长，叶片制造光合产物优先向顶端新梢运输，向花芽运输较少，不利成花，

同时根系营养少，饥饿时间长，抑制新根的发生和生长，减少细胞分裂素向上运输的数量，从而限制花芽分化；过晚，错过花芽分化盛期，地上积累营养物质优先用于营养生长等，尽管控制树体长势，但促花效果差。环剥宽度以枝干直径的1/10左右为宜，环剥过宽，愈合时间短，达不到促花作用。环剥后应在25～30天内完全愈合为宜。某些耐环剥的品种如富士、金冠、国光剥后用纸包扎，包后愈合较快，达不到环剥目的。某些不耐环剥品种，如元帅系短枝型品种，尽量不用环剥（割），适于干周一定粗度（一般18～20cm）适龄结果而未结果的树体。环剥部位可以在中干、主枝、辅养枝等上进行，最好选择临时枝，大辅养枝和把门侧枝、三叉枝及大枝组，尽量减少在主干上连年或隔年环剥。因主干是地上与地下物质运输的主要通道，如果环剥过宽，愈合时间长，营养物质交换受阻，树体衰弱，伤口易感腐烂病和轮纹病等病害。环割、倒贴皮、缚缢、桥接、矮化中间砧等方法也同样能达到促花效果。

环割，适宜对环剥反应敏感的品种，如新红星、玫瑰红等。生产中常用三道环割法，即自5月中下旬开始，在枝干上环割一圈，每间隔10～15天环割第二、三圈，每次环割要保持10cm以上的距离。环割圈数，根据树体生长状况而定，如果第一次环割可以控制旺长，就不需要进行第二或第三次。切忌一次环割两圈以上。

4. 拉枝开角　拉枝是造形、开张角度的有效措施，拉枝可扩大树冠，坚固枝条方向，使内膛空间加大，光照充足，光合产物自留量增多，缩小内膛和外围枝生长势差异，利于促发短枝，形成数量多、质量好的结果枝组，增进果实着色。拉枝宜早不宜迟，一般栽植定干后，顶端抽生的新梢，为利于早期培养主枝，可用拉枝开张角度。拉枝时，要求被拉枝要有一定的长度，一般下部枝1m左右，上部枝70～80cm。株行距越大，要求被拉枝越长，如果过短，不利于扩大树冠。拉枝过迟，则易导致侧枝生长直立，中央领导干生长受到抑制。拉枝角度因树冠形状、枝条长短和用途而定，一般保持在70°～90°。小冠疏层形，基角70°，腰角、梢角逐渐抬头；纺锤形主枝基角80°～90°，呈自然水平状，侧枝角度大于主枝，为保持树冠均衡，生长量大的枝条拉枝角度宜大于生长量小的枝条。拉枝时间宜在树体生长初期（3月中下旬至4月上旬）和生长末期（8月下旬至9月下旬）进行，以生长末期拉枝效果最好，此时拉枝，芽体充实饱满，背上不冒条。拉枝时不宜拉成弓形或角度过大，枝头下垂，这样弓背上易抽生徒长枝，不利形成中短枝，影响缓势、成花，骨干枝延长头下垂，极性部位转移，势力减弱。

四、修剪技术的综合运用

（一）调节生长修剪法

1. 调节生长势的强弱，从时期来说，加强生长，要冬重夏轻，提前冬剪。反之，要冬轻夏重，延迟冬剪。在措施上，加强生长要在充分利用空间的前提下减少枝干、去弱留强，去平留直，少留果枝，抬高芽位，减少损伤。从局部与整体来说，加强局部生长要削弱其他部位的生长，如控上可以促下，控强可能促弱的生长。另外还可应用生长调节剂，加强生长用GA，减弱生长可用B_9，CCC和整形素等。

2. 调节枝条角度，加大角度可选开张的枝芽，通过外力进行拉、撑、坠、扭，还可利用果树枝、叶、果本身的重量自行下坠等措施。减少角度一般选背上芽为剪口芽，枝顶少留或不留果；换头，用直立枝代替原头等。

3. 调节枝梢疏密，增加枝梢密度可尽量保留已抽枝，可用摘心、刻伤等方法增加分枝；也可短截增加枝梢密度，另外还可用整形素、细胞分裂素等化学制剂。减少枝梢密度可采用疏枝长放等措施。

（二）调节花果修剪法

增加花芽量一般开大角度，积累营养，促进花芽分化；幼树在保证正常生长和适宜枝叶量的基础上轻剪、缓放、扭枝、拉枝和应用生长调节剂来促芽分化。减少花芽量一般重剪截，冬重夏轻，应用GA等加强树势、促枝梢生长，减少花芽分化。

保花保果措施：按丰产指标保持各器官合理数量和比例；与枝条生长适应，有利花果的营养供应；停梢后改善光照，充实枝芽；选优去劣，保留壮枝壮花芽。

枝组培养方法:①先放后缩,枝条拉平后,待结果后再行回缩,培养成枝组。②先截、后放、再缩,对一年枝短截,促分枝后去直留斜,去强留弱。缓放结果后再逐渐回缩,培养成大中型枝组。③改造辅养枝,树冠扩大后,可利用辅养枝改造成大中型枝组。④枝条环剥,对长放强枝,环剥后,上部次年结果,下部抽枝,然后在环剥处剪截,形成枝组。

第七节　果树设施栽培

一、果树保护地栽培的设施及效应

(一)保护设施

果树保护地栽培设施应选背风向阳、地势平坦或向阳的缓地。要求排灌方便,地下水位较低,土质疏松。果树保护设施,一般分为加温温室和无加温式温室。因为塑料大棚比玻璃温室费用低廉、操作方便,因而生产上常用的几乎都是无加温或简易加温的塑料大棚。依大棚的走向,南北向者山东俗称棚;东西向北侧面设后墙、后屋面,俗称日光温室。

1. 拱圆大棚　单体拱圆大棚宽度(跨度)一般为7.5~10m,长度44~80m。部分地区建有连体式大棚。大棚立架的行距1.5~2.0m(行与棚长平行),条距2.5~3.0m;棚高主要取决于树高并要求管理方便,一般立架中部顶高2.5~3.0m,肩高1.5~1.6m。现多用竹竿作拱架,用竹条作压杆。

大棚南北两端分别设有作业门,棚顶和棚侧均设有通风窗,作业门高1.5m,宽0.7m;通风窗长0.8m,宽0.5m,间距5~8m。若棚长而宽,宜适当缩小通风窗的间距,增加通风窗的数量;若棚短而窄,通风窗间距宜大,适当减少通风窗数量,以利调节棚内的温湿度。

1个棚的面积以330~800m^{2}较为适宜。面积过大,管理不方便;面积过小,保温性能差,昼夜温差大。

2. 日光温室　日光温室为东西走向,采光面向南,北侧面设砖土后墙及一屋面防寒保温。部分日光温室设有简易火道加温。跨度6.5~8.5m,长50~80m,每棚333~666m^2。日光温室多用于桃、葡萄、草莓早熟促成栽培。南侧、顶部塑料薄膜屋面,夜间及低温时均以草帘覆盖。

(二)大棚及日光温室的效应

1. 光照　大棚中光照包括光照时数、光照强度、光质量、光照分布等,除受自然光照影响外,也受大棚结构、方位、覆盖材料及管理技术的影响。光照时间、光照强度主要取决于纬度及天气变化。

一般棚内的光照强度为自然条件下光照强度的60%~70%,必须采取相应的技术措施,提高棚内光照质量,促进叶片的光合作用。

改善大棚的光照条件,主要从大棚走向与塑料薄膜选择两方面解决。一是合理的大棚方向及棚顶角度。大棚透光率取决于覆盖材料及直射光的入射角,与直射光的入射角相关的因素有棚的方向和棚顶角度。东西走向大棚即日光温室总体透光率差,棚内南部光照优于北部;南北走向的大棚,上午东部受光好,下午西部受光好,东西两部透光率呈上、下午对称形式。二是选择适宜薄膜。薄膜种类很多,透光率高的达90%,一般新膜透光率均在80%以上。据北京市农业科学院8:30~16:00分6次测定塑料大棚光照强度的平均值,聚乙烯膜透光率为64.6%,聚氯乙烯膜为70.2%,丹宁薄膜为74.1%,无滴薄膜为77%,无滴薄膜的透光性能最好。

2. 温度　果树保护地栽培中,温度是影响果树生长发育的首要条件。在无加温设施的大棚内,热源主要靠太阳辐射与地面辐射。大棚方向和大棚受光情况对棚内温度影响很大,一般东西走向的日光温室温度高,但棚内各部位温差大;南北走向的大棚各部位光照较一致,温度较为均匀。由于太阳照射,以及通风、覆盖等措施的调节,一天中棚内温度变化规律是日出后温度逐渐上升,到14:00左右气温最高;以后则降低,到第二天日出前达到最低点,形成日温差。棚的容积小,白天气温上升快,气温较高,夜间气温

下降快，气温低，日温差大，可超过25℃；棚的容积大，日温差小，温度较为稳定。据胡若冰观察，塑料大棚2月中旬覆膜后，日平均气温在8℃以上，比露地高出4℃，2月中旬至5月上旬90天的保温阶段，日平均气温和总积温分别比露地高4.91℃和437.0℃。大棚内地温变化与气温相似，唯每天最高地温与最低地温出现时间较气温延后1～2h。

大棚温度要根据不同物候期植株生长发育对温度条件的要求和棚内气温变化规律，进行人工控制和调节。棚中的气温和地温互相影响，对植株的生长发育有同等重要作用。

温度的调节主要分三个方面，即增温、降温与防冻。大棚增温措施主要有，棚内配备供热设备；利用酿热物提高地温并促进提高气温，常用的酿热物主要有鲜马粪、鲜厩肥，施于地下。当天气晴朗、光照充足的中午，大棚内温度往往高于植株生长最适温度。特别是进入5月后，中午棚内温度有时高达30℃以上，必须通风降温。通风降温分为自然通风和人工通风两种。夜晚、阴雨、寒流时，棚内气温下降，采取的防寒措施有：棚外盖草帘防寒；在寒流期间，根据棚内温度变化对小型棚可采取热水防冻，把热水放于棚内，用热水水气防寒；熏烟防冻，霜冻前在棚外熏烟驱寒增温，减缓棚内降温。

3. 湿度　大棚内湿度主要包括土壤湿度和空气湿度。由于大棚多数时间处于密闭状态，空气湿度容易过高，棚内相对湿度有时高达80%～100%，一般比露地高15%～50%。大棚中的空气相对湿度与温度变化密切相关，温度升高则相对湿度降低，温度降低则相对湿度升高。晴天、风天相对湿度降低；阴天、雨雪天则相对湿度显著上升。大棚中空气湿度变化还与棚的大小有关，容积大的湿度小。一般中小棚内空气湿度的日变化大于大型棚湿度的日变化。

土壤湿度可通过控制灌溉以及中耕散湿来调节。空气湿度的增减调节可改变棚中的温度。如棚内相对湿度为100%时，一般温度每提高1℃，湿度可降低5%；在棚内温度为5～10℃时，每提高1℃，则相对湿度降低3%～4%。当大棚内湿度太大时，可通风降湿，具体通风换气程度应根据大棚内温度、湿度等具体情况确定。

采取分次轮流穴灌或微滴灌的方法，可减少因灌溉引起的棚内空气湿度增加过大以及大幅度降低地温的不良影响。

4. 大棚内的气体状况及CO_2浓度　大棚中的空气组成，除氮、氧外，与果树生长结实密切相关的主要是CO_2及氨等，其含量与棚外有明显差异。为了保温，大棚一般通风较少，棚内施用有机肥分解释放出CO_2，可使CO_2的浓度显著升高。一天中，以清晨CO_2浓度最高，日出后随光合作用进行，浓度逐渐降低。当气温升高，进行通风换气时，CO_2浓度与大气含量趋于平衡。

大棚中施用农家肥料及化肥，如果用量过多或方法不当，会产生有毒的氨气和亚硝酸气体，棚内燃料燃烧加温时会放出CO和SO_2等有毒气体。

大棚中气体的调节，主要是改变CO_2的浓度。增加CO_2浓度最简便的方法是施有机肥，既可增加土壤营养，又可提高棚内CO_2含量。大棚中氧气的调节，主要通过通风换气来实现。通过中耕松土等保持土壤充足的氧含量，促进根系呼吸、生长和吸收活动。使土地疏松、孔隙多、透气性好的根本措施，是通过增施有机肥及深翻改土、不用大水漫灌保持土壤有良好的结构。良好的土壤结构可以使土壤中CO_2及时释放，既有利于光合作用，又可避免根系二氧化碳中毒。

二、几种果树促成栽培的技术要点

（一）桃树塑料大棚栽培

桃树的保护地栽培具有果实成熟早、价格高、收益高等优点。在山东，果实成熟期可比同一品种露地桃提早成熟40～60天，经济效益极为显著。

1. 选用适宜品种　桃树保护地栽培，宜选择休眠期需冷量低，果实发育期短，容易形成花芽，自花结实率高、丰产，果实个大，品质优良的早熟、极早熟品种。目前山东试用于保护地栽培的桃与油桃品种有春蕾、五月火、早美光、曙光、艳光、早红珠、早红二号、丹墨、早红宝石等。但有些品种尚存在一定缺陷，如

风味淡，果实小等。可根据栽培条件扩大选择试用。

2. 大棚桃园的建立　保护地桃树栽培，宜选择地势平坦或稍向南倾斜的向阳坡，土层深厚肥沃，有灌溉条件，排水、光照良好的地方建园。为充分利用土地和光照资源，一般采用密植，即株距 1m、行距 1.5m。

桃树多数品种自花结实，但异花授粉结果更好。为保证授粉，1 个主栽品种可配置花期一致的授粉品种 1～2 个，主栽与授粉品种的比例以 2:1～4:1 为宜。

定植前挖定植沟，施足有机肥。定植当年加大肥水，促进成活，加速生长，当年拉枝和喷施 150～300 倍 15% PP_{333} 3～4 次，控冠促花。冬季建棚覆膜，加强管理，亩产量即可达 1 000kg 左右。

3. 覆膜时间　桃树需自然休眠。若没有通过自然休眠，覆盖加温也表现萌芽开花持续时间长，开花不整齐。桃树不同品种通过自然休眠的需冷量不同，一般是 <7.2℃、400～1 200h，早熟品种需冷量低，晚熟品种需冷量较高。一般说来，休眠结束后，覆盖时期越早，成熟期越提前，但过早覆膜给栽培管理尤其是温度调控带来很大困难。山东气候条件下，桃覆膜扣棚的时间一般为 12 月中旬至 2 月中旬。

4. 温湿度及 CO_2 调控

（1）温度调节：桃树大棚栽培温度管理有两个关键时期，一是花期前后，二是果实膨大期。花期前后一般最适温度白天 17～22℃，夜间不低于 5℃，否则开花迟缓，授粉受精不良，以致覆盖栽培失败。从扣棚后至花期再到花后 10 天左右，温度调控的主要措施是保温，有如下几项措施：设防寒沟，在棚内外紧靠拱底挖沟，深 40cm，宽 40cm，其间填充秸秆、杂草等防冻材料；若夜间温度过低，可点火熏烟或点放火炉升温；棚内全部地膜覆盖；夜间将草帘或高秆作物秸秆贴放于拱棚周围。

果实膨大期适宜昼温 25℃左右，夜温 10～15℃。要防止白天气温过高，超过 30℃则易造成高温伤害，引起大量落果和新梢徒长。应注意白天放风通气，一般自 10:00 开始放风，16:00 关闭通风口保温。4 月，外界温度回升，夜间不需要特殊保温措施。其他时期如棚内温度高于 30℃，也应及时放风降温。

（2）湿度调节：桃树喜空气干燥。棚内相对湿度在发芽期可为 70%～80%，之后以 60% 左右为宜。覆膜后棚内湿度上升，相对湿度一般可达 80% 以上。为防止地表水分蒸发引起湿度过大，需实行地面覆膜，既可控制棚内空气湿度，亦能提高地温，促进根系早期活动。湿度过大，结合放风降温降湿；过分干燥，则可喷雾提高空气湿度。

（3）CO_2 浓度调节：由于覆盖物减弱了光照，降低了桃树叶片的光合作用，同时棚内 CO_2 浓度不断消耗降低。为提高桃树光合生产效率，可在棚内增施 CO_2 气肥，提高 CO_2 浓度。

5. 树体管理技术

（1）花果管理：大棚桃树缺乏露地条件下自然授粉的机会，提高坐果率便成为花果管理的关键。采取棚中放蜂、吹风、人工授粉、花期喷硼等措施，对提高坐果率有一定作用，但不显著。而花期喷布 20×10^{-6} 的赤霉素（GA_3）效果显著，可在生产中试用。挂反光膜，增加棚内光照强度，有利于果实色泽鲜艳。

（2）肥水管理：大棚内肥料自然淋溶流失较少，施足基肥之后，追肥量应比露地适量减少。由于棚内温度高、湿度大，施肥不当易造成枝梢徒长，生理落果严重。要严格掌握施肥时期与数量。花前和幼果膨大期追肥，每次每株施尿素 0.25kg 或果树专用肥 0.5kg。加强根外追肥，从谢花后 10 天始，每隔 2 周喷布一次 0.3% 尿素 +0.5% KH_2PO_4 溶液，连续喷 2～3 次。

（3）整形修剪：棚栽桃树可用“V”字形、二股四叉形、自然开心形或纺锤形整形。依大棚高度控制树高。棚内光照弱，枝梢易旺长，枝叶密度大，修剪上应注意减少枝量，调节冠内光照。冬剪时疏除挡光大枝、密生枝、背上直立大枝组，多留花芽。揭棚后新梢生长期及时疏除背上、密生、竞争旺梢，及时摘心、抹芽，调整二次、三次副梢的发生，控冠促花，保持树冠结构合理，通风透光。

（4）病虫防治：由于大棚隔离病虫传播途径，加之地面覆盖，因而桃小食心虫、细菌性穿孔病、炭疽病等发生较少。因棚内湿度大，灰霉病危害较为严重。防治的关键是，发现病症，应放风通气，降低棚温，同时喷布 65% 代森锰锌 500 倍液或 50% 克菌丹 500 倍液、35% 甲霜灵 2 000～3 000 倍液，间隔 15～20 天，连续喷 2 次。喷药期间应防止棚温过高，以免引起药害。

（二）葡萄保护地栽培

随着人民生活水平的提高，市场对鲜食葡萄的需求量逐年增加，葡萄保护地栽培可提早或延迟果实成熟，延长供应期，具有高的效益。山东省酿酒葡萄科学研究所胡若冰等，采用保护地促成栽培，露地早、中、晚熟品种合理搭配，采后贮藏保鲜组合配套技术，解决了鲜食葡萄的周年供应技术问题。

1. 保护地设施对葡萄生育期和结实力的影响　据胡若冰研究，保护设施明显地提高了日平均气温、地温和总积温，葡萄物候期明显提前。山东早红温室栽培比露地提前成熟 42 天。大棚栽培比露地提前成熟 25 天。保护设施栽培有效地延长了葡萄生育期，营养物质积累充足，果实采收较早，更多的营养物质转向了枝条成熟和花芽分化，结实力比露地提高，结果系数、平均穗重、单位面积产量等均高于露地，糖、酸、维生素 C 含量没有明显差异。

2. 品种选择　为了提早上市，应选择高产、质优的高档早熟品种，如山东早红、青岛早红、凤凰 51、京亚、乍娜等。也可以选择一些穗大、粒大、外形美观、品质上乘的高档中熟品种，如藤稔、巨峰、先锋、红富士、红瑞宝等。

3. 保护地栽培的管理

（1）温度管理：温室加温栽培的加温时间，济南地区以 1 月初为宜。加温过早，葡萄没有通过生理休眠期，常有不发芽、发芽不整齐、新梢长势不一致和花序退化等不良现象。葡萄必须在 0 ~ 7.2℃的低温条件下，经过 1 个月左右的时间通过生理休眠。1 月初开始加温，大部分品种可通过生理休眠期。

加温开始，温度要逐渐上升，从开始加温到发芽，多数品种需要 30 天左右。在这期间，白天温度控制在 25 ~ 28℃、夜间控制在 10 ~ 20℃。从发芽到开花需 40 ~ 50 天，白天温度以 25 ~ 28℃，夜间 17 ~ 23℃为宜。萌芽后的第 1 周适当降低温度，有利于花序发育，开花期白天温度 27 ~ 28℃，夜间 15℃左右。果实膨大到浆果成熟，白天温度 25 ~ 30℃，夜间 15 ~ 23℃，这一时期外界温度和气候变化剧烈，中午超过 30℃时要通风换气。

不加温大棚栽培的覆膜时间，济南地区以 2 月中下旬为宜。过早覆膜发芽时间提早不多。大棚葡萄覆膜后的第 1 周温度宜低，白天 20℃，夜间 10℃。此后逐渐提高温度，一直到发芽，白天保持在 28 ~ 30℃，夜间 15 ~ 20℃。萌芽后至新梢长出 7 片叶期间，昼温控制在 25 ~ 28℃，夜间 15℃左右。以后利用晴朗的白天充分换气，昼温保持 25℃。开花授粉期间，大多数品种要求较高的温度。巨峰的花粉在 30℃时发芽率最高，温度白天保持 25 ~ 28℃，夜间 16 ~ 18℃。乍娜等欧亚种可适当低些。空气相对湿度控制在 50% 左右。幼果膨大期间对夜温要求较高。花后 15 天内，夜温 20℃左右，以后控制在 16 ~ 20℃，昼温保持在 25 ~ 28℃。

葡萄着色期，温度白天保持在 25 ~ 28℃，夜间一般 16 ~ 17℃。此期应延长通风时间，夜间可不封闭通风口，增大昼夜温差。

随着外界气温升高，可逐渐解除薄膜覆盖。

在促成兼延迟栽培时，其二茬果的幼果膨大期正处于气温急剧下降的秋季，为使幼果迅速膨大，应开始覆膜保温。大棚温度的管理控制，基本上与加温温室相同。为了保持夜间温度，可在夜间覆盖草帘。在棚内加盖一层或双层薄膜，也会起到很好的保温效果。

（2）水分管理：温室和大棚内的土壤和空气湿度对葡萄生长发育，特别是对萌芽、坐果和浆果品质影响很大。从开始加温或覆盖薄膜到发芽这段时间，由于地温较低，根的吸收力弱，易造成树体内水分不足，引起发芽不整齐和花穗发育较差，必须灌水保持土壤和空气湿润。空气相对湿度保持在 70% ~ 80%。发芽以后注意不要过湿，开花期要控制灌水，空气相对湿度控制在 50% ~ 60%。幼果膨大至转熟期，叶片蒸发量大，整个植株需水量也大，须充分灌水，以促进浆果发育。开始着色后适当控水，空气相对湿度不宜超过 60%，有利于提高浆果品质。

（3）树体管理：由于设施栽培投资大、效益高，所以在栽培管理上更趋向集约化、高档化。为了提高早期产量，一般采用南北行向、单壁篱架、密植株型，株行距为 0.5m × 1m。

植株管理：抹芽应在确认花序以后进行，留梢密度可比露地稍低。篱架整枝新梢间距以20cm左右为宜。新梢长40cm左右及时引缚，以利通风透光。温室或大棚内温度高、湿度大，新梢容易徒长，应在花前一周进行主梢摘心，以提高坐果率，一般以花序前留6～8片叶为好。花序以下副梢全除，花序以上副梢留1～2叶摘心，再次副梢同样处理。对一些落花落果较重的品种，如巨峰、先锋等，花前一周去副穗或掐穗尖，使穗形整齐美观。对一些果穗紧密的品种，如凤凰51等，适当疏除部分花蕾或幼果，使留下的果粒更加饱满，提高商品价值。

合理确定产量：产量过高，会使果穗、果粒变小，糖度低、品质差，成熟推迟，达不到提早上市的目的。肥水得当，精细管理，三年生以上葡萄亩产量控制在1 500～2 000kg比较适宜。

施肥：按亩产量2 000kg计算，秋天应施圈肥或优质农家肥4 000～6 000kg，磷肥150kg；发芽前施人粪尿1 500kg、复合肥15kg；新梢旺盛生长期施氮、磷复合肥20～30kg；幼果膨大期施氮、磷复合肥20～30kg；浆果转熟期施磷、钾肥15～20kg。另可结合喷药进行叶面喷肥。

（三）甜樱桃保护地栽培

甜樱桃的保护地栽培可使成熟期提早30～40天，经济效益显著；可避免晚霜危害以及成熟期裂果、鸟害等；可防止遇雨裂果，向南扩大栽培范围。

1. 选择适宜的品种　大棚栽培应选用成熟较早的红色和需冷量低的品种。据烟台试验，表现较好、成熟较早的品种有芝罘红、红灯、莫利乌、布莱脱等，果实鲜红或紫红，肉质较硬，风味好，树体较紧凑，结果较早、丰产稳产。鲁南春季回暖早，还可选用丰产性及品质更优的中熟品种，如滨库、先锋、雷尼、佐藤锦等。

2. 大棚樱桃园的建立　选土层深厚、土质肥沃、灌水方便、排水畅通、有利于保温的背风向阳处为园址。建立大面积大棚栽培基地，在迎风面要设置防护林和人工风障。

大棚樱桃栽植的密度应比露地果园大。以莱阳矮樱桃作砧木，株行距可(2.0～2.5)m×(3.0～3.5)m，每隔3行行距加宽1m，用于设置架材，每亩67～95株。用其他砧木，株行距2m×3.5m，平均每亩91株。为了保证授粉，栽植品种不应少于3个，主栽品种1个，授粉品种2个。促成栽培授粉树的比例应高于露地栽培，主栽树与授粉树的比例以1:1～2:1为宜。

3. 建棚和覆膜　甜樱桃建园后第4～5年才能形成一定产量。通过低产樱桃园改造，移栽和高接或适当密植，建棚时间可以提前。棚的大小，一般一个大棚以占地1亩左右为宜。棚的跨度取决于栽植行距，一般每3行一棚，为9～11m。棚长一般60～80m。棚高取决于树高并考虑管理方便。要求树顶与棚间有40～50cm的空间，一般拱棚的顶高2.5～3.5m，肩高2.0～2.5m。

樱桃完成自然休眠之后才能覆膜。覆膜过早，发芽、开花不整齐，影响果实的产量和质量。通过自然休眠，要达到一定的需冷量，甜樱桃为7.2℃以下1 100～1 440h，温度低时，时数少些。不同品种间略有差异。根据需冷量推测，烟台地区12月底至1月初樱桃可通过自然休眠。芝罘区只楚镇红灯樱桃，1995年1月15日覆膜，4月27日成熟，比露地栽培早33天。具体适宜的覆膜时间，要根据大棚的设施条件和鲜果上市需求时期来确定。烟台、青岛地区，加温、保温条件较好的，于1月底2月初覆膜；无加温、保温条件的2月下旬覆膜。

4. 通风及温湿度管理　覆膜以后，棚内的气温升高快，地温则升高较慢。为了保持地下和地上温度协调平衡，可在覆膜的同时或提前用全透明地膜进行地面覆盖增温。覆膜1周内棚内白天气温18～20℃，夜间气温不低于0℃；覆膜7～10天后夜温升至5～6℃，白天20～22℃。要防止25℃以上的高温。

发芽至开花期，地温要求14～15℃。棚内覆盖地膜可使地温提前10天达到14℃。气温夜间6～7℃，白天18～20℃。盛花期夜间气温5～7℃，白天20～22℃为宜，过高或过低均不利于授粉受精。此期要严格避免-2℃以下的低温和25℃以上的高温。谢花期温度白天20～22℃，夜间7～8℃。

果实膨大期，白天气温22～25℃，夜间10～12℃时，有利于幼果膨大，可提早成熟。果实成熟着色期，白天温度不超过25℃，夜间12～15℃，保持昼夜温差约10℃。严格控制白天气温不能超过30℃，否

则果实着色不良，且影响花芽分化。

大棚内的温度主要靠开关通风窗、作业门和揭盖草帘调控。大棚覆膜后，1～3 天通风窗、作业门全开，4～7 天昼开夜关，8～10 天晚上逐步盖齐草帘。后期棚内温度过高时，10:00～15:00 要加强通风换气，控制温度不超过 25℃。

土壤相对含水量要保持在 60%～80%。通常情况下，覆膜后、发芽期、果实膨大期各浇水一次。应注意最后一次浇水不能过多，否则容易发生裂果。浇水后及时中耕松土。

覆膜初期至发芽期，棚内空气相对湿度维持在 80% 左右。空气湿度低，发芽和开花不整齐，也易受高温危害。此期可向树体喷水，增加空气湿度。开花期空气相对湿度以 50%～60% 为宜。过大、过小均不利于授粉受精。果实成熟期空气相对湿度以 50% 为宜，太大不利于着色。日本温室甜樱桃栽培的经验是，自覆膜到发芽，中午棚内相对湿度为 60%～70%，发芽到开花为 50%～70%，花期为 50%～60%，坐果到果实膨大期为 40%～60%，果实着色成熟期为 30%～50%。增加空气湿度可向地面洒水和树体喷水；降低空气湿度通过启闭通风窗、门等来完成。

5. 花果管理　大棚甜樱桃栽培，即使建园时已经配好授粉树，开花期还要仔细做好人工授粉。若授粉树不足，可高接授粉枝或在行间移栽授粉树。授粉的方法与露地栽培基本相同。保护地栽培面积小时，可人工点授，再结合放养蜜蜂或壁蜂则效果更好。面积较大，主栽品种与授粉品种开花一致，可用鸡毛掸子交互扫花授粉。无论哪种方法，授粉次数多，认真细致，则授粉效果好。为提高开花质量，促进坐果，盛花初期可混喷 0.3% 硼砂、尿素溶液各一次，或在盛花期喷 1～2 次（20～40）×10^{-6}赤霉素，对促进坐果也有显著作用。棚内温度对开花坐果影响极大，白天要严格控制在 25℃以下，夜间 5～7℃。

棚内光照较露地差。果实开始着色时，可摘叶及铺挂反光膜改善光照条件，促进着色。摘叶时主要摘除直接遮盖果实的叶片，先摘发黄、残缺叶和小叶。摘叶不宜过重。反光膜可铺设在行间，或剪成条状挂在行间，增加反光量。

6. 整形修剪　棚栽樱桃，因受大棚和密度的制约，应采用矮小、紧凑、光能利用率高的树形。甜樱桃可用自然开心形、丛状形或改良主干形。树高控制在 2.1～3.0m，边行树高 1.8～2.3m，修剪主要在生长期完成。多采用夏剪如摘心、扭梢、拿枝、拉枝等，以促发分枝和控制旺长，采果后适当疏除过密枝和直立枝，促进壮树；秋季至覆膜前拉枝，调整树高和大枝角度。

7. 肥水管理　除建园时在栽植沟施肥外，每年施基肥一次。基肥以有机肥为主，施肥时期比露地栽培提前，一般在早秋或晚夏施用。开条状沟，株施土杂肥 25～35kg、过磷酸钙 0.5～0.75kg、硼砂 50～75g。追肥两次，于谢花后和果实采收后开放射状沟，每次株施氮、磷、钾三元复合肥 0.3～0.6kg。叶面喷肥 3 次，花期混喷 0.3% 硼砂、0.3% 尿素溶液，幼果期混喷 0.3% 尿素液和 0.2% 光合微肥，硬核期混喷 0.3% 尿素和 0.3% 磷酸二氢钾溶液。除施基肥、追肥时灌水外，果实膨大期和落叶后各灌水 1 次。

8. 除膜　除膜时间根据气候条件和果实生育期而定。过了霜期，可将大棚两侧覆膜揭开卷至棚的肩部，放风锻炼 2～3 天，以后选阴天除掉膜上压杆，将覆膜卷到大棚一侧，增强光照，促进果实着色，提高果实含糖量。气温降低或下雨天，将膜重新盖好，提高温度并防雨，果实采收后完全除掉覆膜。

第十六章　肥料

作物在生长发育过程中，需要不断从土壤中吸收足够的营养物质，才能构筑自身机体，完成生长、发育、开花、结实等生命活动，人类才能获得作物的产量。当土壤养分供应不足时，作物生长发育受到限制，养分就成为作物产量的限制因素。为解决作物生长发育与土壤养分供应的矛盾，必须依靠给作物施肥。根据联合国粮农组织分析，近三十几年来在提高农业产量的增产因素中，施肥占 40%～60%。因此，施肥是调节植物营养、提高作物产量的一个重要措施，肥料则成为重要的农业生产资料，是提高粮食产量的重要物质基础。

第一节　化学肥料

化学肥料简称化肥，一般是指经过化学反应过程而加工制造的商品肥料。

一、化学肥料的分类

化肥的分类有多种方法。

按养分种类的多少分为单元（质）肥料和复合肥料，单元肥料包括氮肥（如尿素）、磷肥（如过磷酸钙）、钾肥（如氯化钾）、中量元素肥料（钙、镁、硫肥）、微肥（铁、锰、铜、锌、钼、硼肥）等，复合肥料根据三要素的种类分为二元复合肥（如硝酸钾）和三元复合肥（如氮磷钾肥）。按肥效快慢分为速效肥料（如硫酸钾）和缓效肥料（如硫衣尿素）。按肥料形态分为固体肥料和液体肥料。按养分总含量分为高浓度肥料（≥40%）、中浓度肥料（30%～40%）和低浓度肥料（<30%）。

按施用后对土壤酸度的影响分为生理酸性肥料（如硫酸铵）、生理中性肥料（如尿素）和生理碱性肥料（如硝酸钠）。

另外，也有人把含有氮、磷、钾三者中两者以上，并含有一种以上微量元素的肥料叫多元复合肥，把含有作物生长发育所必需的全部元素的肥料叫完全肥料或全元肥料，这两种提法概念上不严谨。目前，市场上出售的喷施宝、叶面宝、活力素、营养素等新型肥料，虽也属于肥料，但较难准确归入某类。由于主要用于喷施叶面，习惯上通称叶面肥。

化学肥料的特点：养分含量高；肥效快；贮、运、施方便；养分单一；有副反应；对土壤和作物有适应性；施用技术要求高；价格较高。

二、主要化肥品种、性质及其施用

（一）氮肥

氮肥根据有效成分的形态可以分为铵态氮肥、硝态氮肥、硝铵态氮肥、酰胺、氰氨态氮肥等类型，其品种及性质见下表。

1. 氨水　为无色液体，含杂质时常呈黄褐色。含氮量15%～17%，呈碱性反应，pH10左右。氨水不稳定，易挥发，有强烈刺激性气味，对眼睛和呼吸道黏膜有强烈的刺激性。氨水具有腐蚀性，对铜、铁等金属腐蚀性较强，因而要选用塑料、陶瓷、橡胶等制作的容器贮存和运输。

氨水一般可作基肥和追肥施用，不宜作种肥。施用的关键在于防止氨的挥发。作基肥要深施覆土，用量为450～900kg/hm^2。在旱田结合深耕施到犁底层，效果更好。作追肥须对水80～150倍后施用，可离植株10cm处开沟深施。在水田追施可随灌水施入。

氮肥的品种及主要性质

类型	名称	主要成分	含氮量（%）	酸碱性	溶解性	物理性状
液体铵态氮肥	氨水	$NH_3 \cdot nH_2O$	15～17	碱性	溶于水	挥发性强
	碳化氨水	$(NH_4)_2CO_3$	15～17	碱性	溶于水	挥发性弱
	液氨	NH_3	15～20	碱性	溶于水	挥发性极强
铵态氮肥	碳酸氢铵	NH_4HCO_3	17	弱碱性	溶于水	易潮解、挥发
	硫酸铵	$(NH_4)_2SO_4$	20～21	弱酸性	溶于水	吸湿性弱
	氯化铵	NH_4Cl	24～25	弱酸性	溶于水	吸湿性弱
硝态氮肥	硝酸钙	$Ca(NO_3)_2$	13～15	弱酸性	溶于水	吸湿性强
	硝酸钠	$NaNO_3$	15～16	中性	溶于水	吸湿性强

（续表）

类型	名称	主要成分	含氮量(%)	酸碱性	溶解性	物理性状
硝铵态氮肥	硝酸铵	NH_4NO_3	33～35	中性	溶于水	吸湿性强
	硫酸硝铵	$(NH_4)_2SO_4$ NH_4NO_3	26	弱酸性	溶于水	吸湿结块
	硝酸铵钙	$NH_4NO_3 \cdot CaCO_3$	20～21	弱碱性	溶于水	吸湿性
酰胺、氰氨态氮肥	尿素	$(NH_2)CO$	46	中性	溶于水	吸湿性弱
	石灰氮	$Ca(CN)_2$	14～22	碱性	不溶于水	吸湿结块

2. 碳酸氢铵　简称碳铵，为白色粉末状结晶，含杂质时呈青灰色，含氮量17%左右，易溶于水，水溶液pH 8.2～8.4。易吸湿结块，易分解。施用碳铵没有副成分残留，长期施用碳铵对土壤没有不良影响。碳铵适用于各种土壤和各种作物，宜作基肥和追肥，不宜作种肥或在秧田施用。旱地用碳铵作基肥，用量为450～900kg/hm^2，可结合耕地先撒于地表，随即翻入犁底；或撒入犁沟，随即耕翻覆盖。作追肥时，用量为150～225kg/hm^2，要离植株7～10cm，深7～10cm，施后立即覆土。水田用碳铵作基肥时，用量为300～450kg/hm^2，可撒施，于耕后灌水耙田；可耕后撒施，耙田后再灌水整田。

3. 硫酸铵　简称硫铵，含氮量20%～21%，纯净的硫铵为白色菱形晶体，含杂质时呈灰白色、黄棕色或淡绿色。易溶于水，水溶液呈弱酸性。物理性状良好，吸湿性小，一般不结块。硫铵属生理酸性肥料，同时硫铵又含有一定量的游离酸，所以施用硫铵能增加土壤酸性。中性土壤和石灰性土壤中，SO_4^{2-}与Ca^{2+}生成溶解度低的$CaSO_4$，其颗粒沉积在土壤孔隙中，使土壤板结，故也应增施有机肥，以保持土壤疏松。旱田施用硫铵，可发生硝化反应，因而要深施。水田施用硫铵会发生反硝化作用和反硫化作用，氮还原成N_2，逸入空气，SO_4^{2-}被还原成H_2S，造成水稻黑根、烂秧，因此水田施硫铵也要深施，并注意排水晒田。硫铵适合于一般土壤和各种作物，可作基肥、追肥和种肥。基肥用量为300～450kg/hm^2，要深施盖土；追肥用量为150～300kg/hm^2；种肥用量为45～75kg/hm^2，拌种时应保持肥料和种子都是干燥的，并随拌随播。在石灰性或碱性土壤上施用硫铵，要深施覆土。水田追肥应耘田，将硫铵施到还原层。

4. 氯化铵　简称氯铵，含氮量24%～25%，白色或淡黄色细粒结晶。物理性状良好，吸湿性比硫铵稍大，不易结块，溶解度比硫铵稍低，肥效快速，属生理酸性肥料。氯铵在土壤中解离为铵离子和氯离子，与土壤胶体发生交换反应。在酸性土壤中Cl^-与土壤代换下的H^+结合形成HCl，使土壤酸化。

氯铵可作基肥和追肥施用，用量为375～600kg/hm^2，施用方法同硫铵，不宜作种肥施用。酸性土壤施用氯铵应配合施用石灰和有机肥；盐渍土和干旱地区最好不用氯铵，以免增加氯化物积累；水田应优先选用氯铵，可以抑制硝化细菌活动，减少氮素的淋失和反硝化作用损失。忌氯作物，如马铃薯、甘薯、甘蔗、葡萄、烟草等最好不要施用氯铵。

5. 硝酸铵　称硝铵，含氮34%，硝态氮和铵态氮各占50%，白色结晶，易溶于水，水溶液中性反应。吸湿性强，易结块，能吸湿溶解变成液体。能助燃，是一种强氧化剂，易爆炸，受潮结块时不能猛击。硝铵在土壤中很快解离为NH_4^+和NO_3^-，均可被作物吸收，无副成分残留，属生理中性肥料。NO_3^-易随水流失，在沙田、水田中硝态氮淋失严重。

硝铵宜作追肥施用，一般不作基肥和种肥。作基肥时，用量要控制在180～270kg/hm^2，作追肥时要少量多次，每次不超过75kg/hm^2，一季用量不超过225kg/hm^2，沟施或穴施，施后盖严。水田在无其他肥料选择作追肥时，用量75～120kg/hm^2，浅水(3～4cm)追施，施后耘田，自然落干。硝铵不能与碱性肥料混施，也不能与有机肥混合堆沤或与半腐熟的有机肥混施，以免促进反硝化作用。

6. 尿素　含氮46%，白色针状或棱柱状结晶。目前尿素肥料大多加入了疏水物质制成了半透明颗粒，降低了吸湿性能。性质稳定，易溶于水，肥效快，干燥时物理性状良好，不易结块。在高温高湿条件

下，易潮解。尿素在造粒过程中，经高温处理，能分解出氨和缩二脲，后者是一种生长素乱剂，含量高时（>3%）对作物有毒害作用。尿素施入土壤后，以分子态存在于土壤溶液中，少量直接被植物吸收，大部分需要经过转化后才能被作物吸收。尿素属中性肥料，转化后 NH_4^+ 和 HCO_3^- 都能被作物吸收，无副成分残留，连年施用对土壤无不良影响。

尿素适合于各种土壤和作物，尿素作基肥，用量一般为 225kg/hm² 左右。作追肥时，用量为 75～105kg/hm²，施用时间要比施用硫铵提前 4～5 天。尿素一般不宜作种肥，但可作根外追肥，用量因作物品种而异，一般用量为 7.5～22.5kg/hm²，每 7～10 天喷一次，喷 2～3 次，可结合其他矿物肥料、杀虫剂、杀菌剂混合喷施。

（二）磷肥

根据磷酸盐的溶解度将磷肥分为水溶性磷肥、弱酸溶性磷肥（也称枸溶性磷肥）和难溶性磷肥三种类型，主要磷肥品种、性质及施肥方式见下表。

主要磷肥的品种、性质及其施肥方式

类型	名称及主要成分	含磷量（P_2O_5%）	主要性质	施肥方式
水溶性磷肥	过磷酸钙 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ $CaSO_4$	12～20	化学酸性，有一定吸湿性和腐蚀性，易发生退化作用	作基肥、追肥，用量为 300～600kg/hm²；种肥，用量为 75～150kg/hm²，集中深施，并与有机肥配施
	重过磷酸钙 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	40～52	化学酸性，有一定吸湿性和腐蚀性	用量为 105～150kg/hm²，其他与过磷酸钙相同
枸溶性磷肥	钙镁磷肥 $\alpha-Ca_3(PO_4)_2$	12～20	化学碱性，物理性状较好	作基肥、追肥，用量为 225～450kg/hm²；种肥，用量为 75～150kg/hm²，宜与有机肥沤制后施用
	钢渣磷肥 $Ca_4P_2O_9$ $CaSiO_3$	10～20	化学碱性，物理性状较好，肥效较迟	适于酸性土壤作基肥，用量为 750～1050kg/hm²，宜与有机肥配施
	偏磷酸钙 $Ca(PO_3)_2$	60～70	化学中性，物理性状较好，肥效迟缓而长	宜作基肥，用量为 150～450kg/hm²
	沉淀磷肥 $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	30～40	化学中性，物理性状较好，肥效略迟	宜作基肥或早期追肥，用量为 300～600kg/hm²，宜与有机肥配施
	脱氟磷肥 $\alpha-Ca_3(PO_4)_2$	14～20	化学微碱性，物理性状较好，肥效略迟	宜作基肥或早期追肥，用量为 600～900kg/hm²，宜与有机肥配施
难溶性磷肥	磷矿粉 $Ca_{10}(PO_4)6F_2$	10～30	化学中性至微碱性，物理性状较好，肥效长而迟缓	酸性土壤撒施作基肥，用量为 750～1 500kg/hm²，宜与有机肥配施
	骨粉 $Ca_3(PO_4)_2$	20～35	化学中性，物理性状较好，肥效长而迟缓	酸性土壤撒施作基肥，用量为 750kg/hm²，宜与有机肥混合堆腐后施用

1. 过磷酸钙　通常称为普通过磷酸钙，简称普钙。有效成分为 30%～50% 水溶性的磷酸一钙[$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$]，约 40% 的硫酸钙（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$），少量的游离酸（主要为硫酸、少量磷酸），少量非溶性的磷酸盐，还有铁、铝、钙盐等杂质。成品中有效磷含量（以 P_2O_5 计）为 12%～20%。过磷酸钙一般为灰白色粉末，化学酸性肥料，有一定吸湿性和腐蚀性。吸湿后或遇到潮湿放置时间长，会引起各种化学反应，主要是硫酸铁、铝与水溶性磷酸一钙发生反应生成难溶性的磷酸铁铝，降低了磷肥的肥效，这种现象通常称过磷酸钙的退化作用。

磷的移动性很小，离开施肥点外围即被固定，施用时要尽量减少肥料与土壤的接触面，尽量增大肥料与根系的接触面，以利于根系的吸收。过磷酸钙适合于各种土壤和作物，可作基肥、种肥和追肥，施用时

要采用集中近根施用、分层施用、与有机肥料混合施用、制成颗粒肥料等方法，也可以采用根外追肥的方法，将一份过磷酸钙浸泡于10倍水中充分搅拌，放置过夜，取上部清液适当稀释后喷施。喷施浓度一般水稻、小麦及果树1%～3%，棉花、油菜、蔬菜等0.5%～1%，喷量一般为750～1 500kg/hm^2。

2. 重过磷酸钙　简称重钙，主要成分是磷酸一钙，并含有4%～8%的游离酸，有效磷含量(以P_2O_5计)40%～52%，约为过磷酸钙的3倍，故又称三料磷肥。呈深灰色颗粒或粉末，水溶液呈酸性反应。具有很强的吸湿性和腐蚀性，不含铁、铝等杂质，吸湿后无退化现象。重钙在土壤中的转化与普钙相同，施用方法也类似。但由于重钙有效磷含量高，故用量要减少，以105～150kg/hm^{2}为宜。

3. 钙镁磷肥　主要成分为$\alpha-Ca_3(PO_4)_2$，含有效磷(P_2O_5)12%～20%，还含有MgO(10%～15%)、CaO(25%～30%)、SiO_2(40%)，是一种以磷为主的多元肥料。能溶于弱酸，优质的钙镁磷肥95%以上能溶于2%柠檬酸，但不溶于水。呈灰绿色或灰棕色粉末，水溶液pH为8.0～8.5，无腐蚀性，不吸湿，不结块，便于贮运。施入土壤后，可转变成水溶性磷，肥效较慢，后效较长。在酸性土壤上比碱性土壤上施用效果要好。可作基肥、追肥和种肥。基肥用量为225～450kg/hm^2，作追肥宜早施在根系附近。可以与有机肥料混合沤制后施用，但不能与腐熟的有机肥及铵态氮肥混施，以防氮的损失。

4. 磷矿粉　由磷矿石机械加工磨细而成，呈灰褐、棕色，形状似土，不溶于水，中性至微碱性，成分复杂，除磷外，还含氟、氯、锰、锶等元素。一般含枸溶性磷(P_2O_5)1%～5%，全磷(P_2O_5)10%～25%，是一种迟效肥料，但后效长，一般只作基肥，用量为750～1 500kg/hm^2，可与酸性及生理酸性肥料混施，也可与农家肥混合堆沤作基肥用。

(三)钾肥

常用钾肥的种类、性质及施用见下表。

常用钾肥的种类、性质及施用

类型	名称及主要成分	含钾量(K_2O%)	主要性质	施　用
硫酸钾	K_2SO_4	50～52	化学中性，生理酸性，物理性状较好，易溶	作基肥、追肥，用量为150～300kg/hm^2；作种肥30kg/hm^2；喷施浓度为2%～3%，用量为750～900kg/hm^2
氯化钾	KCl	60	化学中性，生理酸性，有一定吸湿性，易溶	适于作基肥、追肥，用量为120～240kg/hm^2，也可喷施
窑灰钾肥	K_2SO_4、KCl、CaO	8～12	化学碱性，易吸湿结块，90%易溶	酸性土壤作基肥，用量为600～900kg/hm^2，也可作追肥
草木灰	K_2CO_3、K_2SO_4	2～7	化学弱碱性，物理性状较好	可作基肥、追肥，用量为750～1 500kg/hm^2；种肥，用量为150～300kg/hm^2；喷施浓度1%

1. 氯化钾　肥料多为白色、淡黄色或浅紫红色，小结晶或粉末状，含K_2O 60%左右，易溶于水，物理性状较好，有一定的吸湿性，久贮会吸湿结块，为化学中性、生理酸性肥料。氯化钾施入土壤后，立即溶解，并参与土壤中的离子交换、固定和释放的动态平衡过程。在中性或石灰性土壤上生成的$CaCl_2$、$MgCl_2$等，溶解度大，易流失，因而长期大量施用氯化钾会导致钙含量降低，导致土壤板结。在酸性土壤中产生H^+及Al^{3+}，引起pH下降，对根系生长不利，应配合施用一定量的石灰或有机肥。土壤溶液或胶体上的钾离子可以进入到2∶1型黏土矿物晶层中，变为非交换性钾，使钾的有效性降低，这个过程称为钾的固定。

氯化钾可作基肥、追肥，用量为120～240kg/hm^2，可作根外追肥，不宜作种肥。忌氯作物应尽量少施或不施。在盐碱地不宜施用氯化钾。

2. 硫酸钾　为白色或淡黄色结晶，外观为粉末状或小颗粒，K_2O含量为50%，易溶于水，物理性状较好，吸湿性很小，是化学中性、生理酸性肥料。硫酸钾在土壤中参与交换反应，生成的硫酸钙微溶于水，不

易造成钙离子的淋失。

硫酸钾可作基肥、追肥，用量为 150～300kg/hm²，作种肥用量为 30kg/hm²。也适用于根外追肥，喷施浓度 2%～3% 为宜。

3. 草木灰　草木灰成分复杂，含有除氮外的多种营养元素，以钾、钙、钠、硫、硅、磷、铁等的氧化物或盐类为主，以钙的含量最高，钾的含量次之。一般草木灰的含钾量（K_2O）在 2%～7% 之间。水溶液呈微碱性，是一种微碱性肥料，可作基肥、种肥、追肥、叶面喷施，也可直接干撒。施用时不能与铵态氮肥、腐熟的有机肥等混合。

（四）微量元素肥料

简称微肥，常用的有硼、钼、锌、锰、铁、铜等，其种类、性质及施用见下表。微肥一般可作基肥、种肥或追肥，含微量元素的工业废弃物作肥料时，多采用这种方法。速效性的微肥多采用拌种、浸种、蘸秧根和叶面喷施等根外施肥法。

常用微肥的种类、性质及施用

类型	名称及主要成分	含量(%)	主要性质	施　用
硼肥	硼酸 H_3BO_3	(B) 11.3	化学微酸性，易溶于水	基肥，用量为 8～30kg/hm²；喷施，浓度为 0.05%～0.1%；拌种，用量为 0.4～1.0g/kg（种子）；浸种，浓度为 0.01%～0.05%，时间 6～12h
	硼砂 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	(B) 17.5	化学微碱性，易溶于水	
锌肥	硫酸锌 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	(Zn) 24	化学中性，易溶于水，物理性状好，不能与碱性肥料、磷肥混用	基肥，用量为 15～30kg/hm²；喷施，浓度为 0.05%～0.2%；拌种，用量为 3～5g/kg（种子）；浸种，浓度为 0.02%～0.05%，时间 7～14h。$ZnCl_2$ 用量适当减少
	氯化锌 $ZnCl_2$	(Zn) 48	化学中性，易溶于水，吸湿性强，不宜与碱性肥料、磷肥混用	
钼肥	钼酸铵 $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	(Mo) 50～54	化学中性，易溶于水，物理性状好	基肥，用量为 1.5～3kg/hm²；喷施，浓度为 0.01%～0.1%；拌种，用量为 2～6g/kg（种子）；浸种，浓度为 0.05%～0.1%，时间 6～12h
	钼酸钠 $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	(Mo) 35～39	化学中性，易溶于水，物理性状好	
铜肥	硫酸铜 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	(Cu) 24～25	化学中性，易溶于水，物理性状好	基肥，用量为 15～30kg/hm²；喷施，浓度为 0.02%～0.04%；拌种，用量为 0.4～1.0g/kg（种子）；浸种，浓度为 0.01%～0.05%，时间 6～12h
铁肥	硫酸亚铁 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	(Fe) 19～20	化学中性，物理性状好，但易被氧化成三价铁离子而失去肥效	基肥，用量为 8～30kg/hm²；喷施，浓度为 0.05%～0.1%；拌种，用量为 0.4～1.0g/kg（种子）；浸种，浓度为 0.01%～0.05%，时间 6～12h
	硫酸亚铁铵 $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	(Fe) 14		
锰肥	硫酸锰 $MnSO_4 \cdot 3H_2O$	(Mn) 26～28	化学中性，易溶于水，物理性状好	主要用于果树，作基肥，用量为 1.5～3kg/株；喷施，浓度为 0.75%～1%；树干打孔施入 1～3g 铁肥或注入 0.02%～0.05% 溶液，封好孔
	氯化锰 $MnCl_2$	(Mn) 41～44	化学中性，易溶于水，物理性状好	

（五）复合肥料

复合肥料按所含养分种类，分为二元复合肥料、三元复合肥料。按加工的工艺方法，可分为化成复合肥（简称复肥）、混成复合肥（也称造粒型复合肥或混肥）、混合复合肥（又称掺混复合肥）。按所含有效成分，可分为氮磷复合肥、氮钾复合肥、磷钾复合肥、氮磷钾复合肥等。按有效养分总量，可分为高浓度、中浓度、低浓度三类。复合肥料的有效成分，一般用 N－P_2O_5－K_2O 百分数来表示。复合肥的养分总量为

各种养分含量百分数的总和。化工部规定，生产销售的无机复合肥养分总含量≥40%的为高浓度复合肥，<40%、≥30%的为中浓度复合肥，<30%的为低浓度复合肥，且三元复合肥的总养分量≥25%，二元复合肥≥20%。常见复合肥的主要性质和施用要点见下表。

复合肥料的性质及施用

名称	主要成分	养分含量(%)			主要性质	施用要点
		N	P_2O_5	K_2O		
氨化过磷酸钙	$NH_4H_2PO_4$ $Ca(H_2PO_4)_2$ $CaHPO_4$ $(NH_4)_2PO_4$	2～3	13～15	–	中性反应，吸湿性较弱，易溶	与过磷酸钙相似，适当补充氮肥
磷酸铵	$NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2HPO_4$	12～18	46～52	–	中性，水溶性，有吸湿性，吸湿后挥发	可作基肥、追肥，用量为115～225kg/hm²；种肥30～75kg/hm²，不宜接触种子
硝酸磷肥	$CaHPO_4$ $NH_4H_2PO_4$ NH_4NO_3	12～20	12～20	–	水溶性，弱酸性，吸湿性强，易结块	适于作旱地基肥、追肥，225～450kg/hm²；种肥，75～150kg/hm²，不接触种子
偏磷酸铵	NH_4PO_3	15～19	70～75	–	中性，弱酸性，有吸湿性，肥效迟缓	宜作基肥，用量为75～150/hm²
硫磷铵	$(NH_4)_2HPO_4$ $NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2SO_4$	16	20	–	中性，水溶性，物理性状好	可作基肥、追肥，用量为225～375kg/hm²；种肥，75～150kg/hm²
磷酸二氢钾	KH_2PO_4	–	50	30	酸性，水溶性，吸湿性小	适于作根外追肥，浓度为0.1%～0.3%，用液为750～900kg/hm²，喷2～3次
钙镁磷钾肥		–	12～16.5	1～2.5	碱性，弱酸溶性，不结块	用于酸性、中性、缺钙镁的土壤，作基肥深施
硝酸钾	KNO_3	13	–	46	溶于水，吸湿性小，助燃易爆	作基肥、追肥，用量为150～300kg/hm²；根外追肥，浓度为0.6%～1%，用液量为750～900kg/hm²
氮钾混合肥	$(NH_4)_2SO_4$ K_2SO_4	14	–	16	易溶于水，生理酸性，不易结块	作基肥、追肥、种肥，不宜与碱性肥料混用
铵磷钾	$(NH_4)_2SO_4$ KCl或K_2SO_4 磷酸盐	10～12	20～30	10～15	物理性状好	可作基肥、追肥、种肥，以基肥为主，追肥宜早施
尿素磷酸铵	尿素、磷铵	28～37	14～28	–	物理性状好	作基肥，用量为90～120kg/hm²

第二节　有机肥料

有机肥料是指含有大量有机物质，并能提供多种养分的肥料。

一、有机肥料作用与特点

有机肥料的作用：为作物生长提供大量的无机和有机营养成分；增加有机质，活化土壤养分，提高土壤养分的有效性；改良土壤的物理、化学和生物特性，熟化土壤，培肥地力；提高作物产量，改善作物品质。

有机肥料的特点：资源广，数量多，成本低，可就地取材，积造方便；养分种类多，但养分含量低、体积大，施用费时费工；肥效缓慢，长久，肥劲稳，不会造成毒害作物和贪青晚熟等现象；有机质含量高，能增加土壤有机质；能改良土壤的性质，培肥土壤。

二、主要有机肥料

（一）粪尿肥

包括人粪尿、家畜粪尿、禽粪和厩肥等。有机物质含量丰富，养分种类较齐全。但粪便中的有机物需经腐熟后才能被作物充分吸收利用。

人粪尿：主要养分含量见下表。人粪尿含氮较多，肥效较快，适于多种土壤和作物。

人粪尿中主要养分含量（占鲜重%）

种类	有机物	N	P_2O_5	K_2O
人粪	20左右	1.00	0.50	0.37
人尿	3左右	0.5	0.13	0.19
人粪尿	5～10	0.5～0.8	0.2～0.4	0.2～0.3

家畜粪尿：主要养分成分见下表。家畜粪富含有机物，而N、P、K较少；家畜尿含N、K多而P较少。以羊粪中三要素含量最多，猪、马粪次之，牛粪最少。牛粪腐解过程中放热少，一般称之为冷性肥料，而马、羊、兔粪在腐解过程中放热多，称为热性肥料。

家畜粪尿中主要养分含量（占鲜重%）

种　类		有机质	N	P_2O_5	K_2O
猪	粪	15	0.6	0.4	0.44
	尿	2.8	0.3	0.12	1
马	粪	21	0.58	0.3	0.24
	尿	7.1	1.2	0.01	1.5
牛	粪	14.5	0.32	0.25	0.16
	尿	3.5	0.95	0.03	0.95
羊	粪	31.4	0.65	0.47	0.23
	尿	8.3	1.68	0.03	2.1

禽粪：主要养分成分见下表。禽粪养分浓度高，是一类优良的有机肥，可作基肥、追肥，常作为蔬菜或经济作物的追肥，用量为375～7 500kg/hm^2。

家禽粪养分含量（%）

种类	有机质	N	P_2O_5	K_2O
鸡粪	25.5	1.63	1.54	0.85
鸭粪	26.2	1.1	1.4	0.62
鹅粪	23.4	0.55	0.5	0.95
鸽粪	30.8	1.76	1.78	1

厩肥：由家畜粪尿、各种垫圈材料及饲料残屑混合积制而成，亦称圈肥，平均含有机质25%，N 0.5%，P_2O_5 0.25%，K_2O 0.6%。新鲜厩肥中的养分主要是有机态的，需经堆腐后才能施用。

（二）堆肥和沤肥

堆肥和沤肥都是以秸秆、落叶、杂草、绿肥等为主要原料，添加一定量的人畜粪尿、细土、垃圾等物质堆沤而成。

堆肥的性质和厩肥相似，一般含有的有机质C/N小，养分多为速效养分，易被作物吸收，对一切作物都适用，主要用作基肥，用量为15～30t/hm^2，结合耕地施入。腐熟的堆肥也可用作种肥或追肥。

沤肥是在淹水的条件下由微生物嫌气分解而成，有机物和氮素损失少，肥料质量较高。一般用作基肥，用量为45t/hm^2，随施随耕翻。

（三）秸秆直接还田

秸秆直接还田是将秸秆经过一定的处理后施入土壤中，并配合施用适量的氮、磷肥料，逐渐分解腐烂后，为后茬作物提供养分的一种施肥方式。秸秆直接还田的方式有两种，一是直接翻压还田，二是覆盖还田。

（四）绿肥

凡用作肥料的植物绿色体均称绿肥。专作绿肥栽培的作物称绿肥作物，如油菜、绿豆、田菁、紫穗槐、紫云英、苕子、豌豆、草木樨、紫花苜蓿、肥田萝卜、红萍、水葫芦、蚕豆等。绿肥含有大量有机质和各种养分，是重要的有机肥料。

1. 绿肥的作用　增加土壤有机质和有效养分；有助于扩大有机肥料的肥源；绿肥能培肥地力，改善土壤理化性状；覆盖地面，保持水土，保护环境；促进农业全面发展。

2. 绿肥作物的栽培方式　①单种：是在一块地上仅种一种绿肥作物，并占有一定的生长季节，如草粮轮作，利用荒山、荒地种植多年生绿肥作物。②间种：是在主作物的行株间，播种一定数量的绿肥作物，用作后季作物的肥料，如麦苕间作、水稻间作田菁、稻田放养绿萍等。③套种：不改变主作物种植方式，将绿肥作物套种在主作物行株间。④混种：不同绿肥按一定比例混合或相间播种在同一块田里，以后都作绿肥用。

3. 绿肥的利用方式　①直接翻压：耕翻前最好先将绿肥切断，稍经暴晒后翻耕。②堆沤：将绿肥作为沤肥原料，和河泥、猪牛粪等混合沤制。③饲用：先将绿肥作饲料，然后利用牲畜粪尿作肥料，群众称之为"过腹还田"。

（五）饼肥及糟渣肥

饼肥包括豆饼、棉籽饼、花生饼、芝麻饼、蓖麻籽饼、葵花籽饼等，糟渣肥包括酒糟、酱油渣、醋渣、味精渣、粉渣等。饼肥中含有大量的有机质、蛋白质、剩余油脂和维生素等成分，养分丰富，营养价值高，既是优质有机肥料，又是优质牲畜饲料。糟渣肥属农产品加工业的副产品，营养价值也很高。这类肥料一般需经过发酵后方可施用。

（六）腐殖酸类肥料

腐殖酸是一种黑色或棕色的无定型高分子有机化合物，以芳香核为主体，含有多种功能团，有机质含量丰富并含有一定数量的各种植物营养元素。腐殖酸经铵化作用，可形成腐殖酸铵，具有良好的保氮作用；可以活化磷素，减少其固定；可促进作物对锌、铜、锰、钼等微量元素的吸收；可以活化植物体及微生物体内各种酶，促进作物的各项生理活动，促进作物的生长发育。

腐殖酸可加工成腐殖酸铵、硝基腐殖酸及腐殖酸钠施用。很多商品有机肥料或有机无机复混肥都是以腐殖酸作原料加工而成的。

第三节　微生物肥料

微生物肥料是指一类含有活体微生物的特定制品，由于其主要作用成分是一些特定的微生物菌种，因此也常称为菌肥。

一、微生物肥料的作用

增加土壤养分、改良土壤结构：不同的微生物在土壤中发挥不同的作用，如各种自生、联合或共生的固氮微生物肥料可增加土壤氮素来源；有些微生物（如一些芽孢杆菌、假单胞菌）可以将土壤中难溶的磷、钾溶解出来；许多微生物能够产生大量的多糖物质，与植物黏液、矿物胶体和有机胶体结合在一起，可改善土壤团粒结构。

促进作物吸收营养：如 VA 菌根是一种真菌，可与多种植物根共生，其菌丝伸出根部很远，可吸收更多的营养供给植物吸收利用，其中对磷的吸收最明显。许多微生物还可以产生大量的植物生长激素，能够刺激和调节作物生长，使植物生长健壮。

增强植物抗性：微生物肥料中的微生物除了它自身的作用外，还抑制或减少病原微生物的繁殖机会，有的还有拮抗病原微生物的作用，起到了减轻作物病害的功效。菌根真菌则由于在作物根部的大量生长，其菌丝除了吸收有益于作物的营养元素外，还有增加水分吸收的能力，有利于提高作物的抗旱能力。

二、主要的微生物肥料

根瘤菌肥：根瘤菌肥施入土壤后，根瘤菌侵染豆科植物，与寄主植物经历一定的生理学、生物化学和遗传学过程，最后形成根瘤。在根瘤里根瘤菌变成能固氮的类菌体，而豆科植物形成氨同化系统和氧屏障系统，两者之间形成和谐的固氮作用。

固氮菌类肥料：固氮菌类肥料的菌种是一些能够自由生活的固氮微生物，或能与一些禾本科植物进行联合共生固氮的微生物。这类固氮微生物与共生固氮的根瘤菌不同，没有豆科植物与根瘤菌形成根瘤那样的结构和机制。

解磷微生物肥：该肥料中的微生物在生长繁殖和代谢过程中产生的一些有机酸和一些酶，如植酸酶类物质，使土壤中的难溶性磷（如磷酸铁、铝，有机酸磷酸盐）转化为可溶性磷，供作物吸收利用。

硅酸盐菌肥：俗称钾细菌肥，菌种为硅酸盐细菌，产生的有机酸类物质能将土壤中的钾长石矿中的难溶性钾溶解出来供作物利用。硅酸盐细菌除了分解磷钾矿物外，还能固定氮素并产生一些植物生长素，施用后对作物生长和增产有良好作用。

VA 菌根真菌肥：VA 菌根的菌丝具有协助植物吸收磷、硫、钙、锌等营养元素和水分的功能。

抗生菌肥：用能分泌抗菌物质和刺激素的微生物制成的微生物肥料制品，菌种通常是放线菌，如我国应用多年的"5406"。

复合（混）微生物肥：是两种或两种以上的微生物复合（复混）或一种微生物和其他营养物质复配而成的菌肥。

第四节　合理施肥

所谓合理施肥就是根据作物的营养特性和需肥规律，结合土壤供肥特性、肥料的性质及效应，考虑气候、农业技术措施等影响，产前提出氮、磷、钾和微肥的适宜用量和比例，确定施用化肥或有机肥料的品种，并制定相应的施肥计划，采用科学的施肥技术施用肥料。合理施肥的目的是使有限的肥料发挥更大的增产提质的作用，减少肥料的浪费，减少不合理施肥对土壤、作物、环境造成的不良影响。

一、合理施肥的原理

养分归还学说:1840 年,德国化学家李比希提出了植物矿质营养学说。认为植物从土壤中以不同的方式摄取其生活所需的矿质养分,随着作物每次收获,这些养分随收获物被带走,必然使土壤中这些养分越来越少,为了保持土壤肥力,就必须把植物取走的矿质养分和氮素以肥料的方式归还土壤,这就是养分归还学说。这个学说成为农田施用化学肥料的理论基础,它告诉我们:种地必须施肥。

最小养分律:是李比希 1843 年提出的。他认为植物为了生长发育,需要吸收各种养分,但是决定植物产量的却是土壤中那个相对含量最小的有效养分。植物产量在一定限度内,随着这个最小养分的增减而变化,忽视这个限制因素,即使继续增加其他养分,植物产量也难以提高,这就是"最小养分律"。

报酬递减律和米采利希学说:18 世纪后期,欧洲经济学家杜尔哥和安德森提出报酬递减律。其内容是"在技术不变的情况下,从一定土地上所得到的报酬随着向该土地投入的劳动和肥料量的增大而有所增加,报酬的增加却是逐渐减少的"。德国学者米采利希发现"在其他技术条件不变的前提下,随着施肥量的增加,作物产量是依渐减率增加的"。这些理论成为指导施肥的重要基本理论之一。当限制因子超过最适量时,其作用就变成毒害作用,作物产量不但不提高,反而会降低。

因子综合作用律:作物产量受影响作物生长的各种因子所制约,如水分、养分、光照、温度、空气、品种以及耕作条件等,其中有一个起主导作用的限制因子,产量在一定程度上受该因子的制约,这就是"因子综合作用律"。为充分发挥肥料的增产作用,施肥必须与其他农业技术措施密切配合,各种养分之间也要配合使用。在农业生产施肥实践中,施肥后往往要配合灌水、中耕、除草等农业措施。

二、合理施肥的依据

施肥必须遵循提高土壤肥力,提高作物产量和品质,提高效益,避免污染的基本原则。合理施肥必须依据作物特性、肥料性质、土壤条件、气候条件,还要有先进的栽培技术配合。

(一)作物特性

作物营养具有阶段性,在作物生长发育的过程中,对养分的要求常有两个极其重要的时期,即作物营养临界期和作物营养最大效率期。如能在这两个时期充分满足作物对养分的要求,就可能使作物产量明显提高。但同时不可忽视作物吸收养分的连续性。根据作物营养临界期和养分最大效率期的特点,在农业生产实践中,应通过施足基肥为作物整个生育期打好营养基础,并应重视种肥和适时追肥,以满足作物对养分的持续需要。

(二)土壤性质

为了充分发挥肥料的作用,应根据土壤的性质,选择肥料品种,确定肥料用量、施肥时期和施肥方法。如质地黏重的地块,对幼苗生长不利,应注意苗期施肥;对沙性强的土壤,施肥量不宜过大,应分次施用,并防止后期脱肥。盐碱土地区,一般不应选用硝酸钠和氯化铵。山东省土壤一般呈中性和碱性,应选用过磷酸钙、重过磷酸钙等水溶性的磷肥品种。在水稻田中,不宜施用硝酸态氮肥,宜施用铵态氮肥等。

(三)气候条件

气候条件包括很多因素,如光照、温度、雨量等,这些条件一方面直接影响根系的生长及其对养分的吸收;另一方面影响土壤中养分所处的状况。如高温多雨的地区,作物生长迅速,需养分量多,追施肥料易发挥作用,但应控制氮肥的用量。氮肥过多会造成徒长或贪青晚熟。在高寒地区,宜增施磷、钾肥,以利作物安全越冬。

(四)肥料性质

有机肥料和化学肥料在性质上很不相同,在施用上特点就不同。就化学肥料来讲,有的有挥发性、不稳定;有的在土壤中移动性小;有的是酸性肥料;有的是碱性的。因此,在施用时,应按肥料的性质,分别

对待，如碳酸氢铵化学性质不稳定，挥发性强，施用时应深施覆土，减少养分损失。对硝酸态氮肥，土壤胶粒一般不吸附，施用后不可大水漫灌。而对在土壤中移动性极小的磷肥，应作为基肥和种肥施入，施用时更应注意深度，施到根系附近的根层中；如作追肥则因移动性小，不易充分发挥作用。

（五）农业技术措施

农业技术措施与肥效有密切关系。如结合深翻土地，使有机肥料均匀混合在全层之中，土肥相融，促进作物根系发育以充分吸收养分，必定能更好地发挥肥效。施肥后，及时进行灌溉，有利于肥水结合，提高肥料的利用率。中耕、除草、防治病虫等也有利于提高肥效。

三、配方施肥

20 世纪 80 年代初，根据全国第二次土壤普查结果，针对当时施肥中偏施氮肥和施肥效益下降的现状，有关研究机构及人员提出了配方施肥的措施。所谓配方施肥是根据作物需肥规律、土壤供肥性能与肥料效应，在施用有机肥的条件下，产前提出氮、磷、钾或微肥的适宜用量和比例以及相应的施用技术的一项综合性科学施肥技术。

配方施肥是一套完整的施肥技术体系，其内容包括“配方”与“施肥”，“配方”是指根据作物种类、产量水平、需要的养分数量、土壤供应量和肥料利用率，以确定肥料的种类与用量，做出产前定肥、定量。“施肥”是配方的实施，是目标产量实现的保证，施肥要根据“配方”确定肥料品种、数量和土壤、作物特性，合理安排基肥和追肥的比例，追肥的次数，每次追肥的比例、用量及施肥时期，施肥部位及方法等。“配方”是“施肥”的基础，而确定肥料用量则是“配方”的关键。如何确定适宜的施肥量，在当前施肥水平提高，而经济效益较低的情况下，对充分发挥肥效、提高作物产量和经济效益无疑具有重要意义。

施肥量的确定方法有地力分区法、目标产量法、田间试验法等。

第十七章　植物保护

第一节　植物病理学

一、植物病害

（一）植物病害的概念

植物的生长和发育需要适当的条件，才能进行正常的生理活动。当植物受到其他生物的侵染，或者不适宜的环境条件超越了它们的适应范围，植物就不能正常地生长和发育，最后表现为形态和品质上的变化，甚至局部或全株死亡，这种现象称为植物病害。

（二）植物病害的症状

植物生病后一切异常的外部表现称为植物病害的症状。它分为两种不同性质的特征，一类是受病植物本身所表现的不正常状态，如形状、色泽、气味等的变化称为病状；另一类是依附在受病植物体上的病原生物形态结构的表现，如霉霉、白粉等称为病症。

1. 病状类型　植物病害的病状繁多，常见的主要症状大致可归纳为五种类型：①变色；②坏死；③腐烂；④萎蔫；⑤畸形。

2. 病症类型　病症主要是病原物营养体或繁殖体的结构物，常见类型有：①霉状物；②粉状物；③黑色小粒体；④菌核；⑤根状菌索；⑥溢脓。

（三）非侵染性病害和侵染性病害

1. 非侵染性病害　非侵染性病害，又称非传染性病害或生理性病害。非侵染性病害没有病原物的侵染，是由不适宜的环境因素引起的，相互之间不能传染。

引起非侵染病害发生的环境因素主要有温度、湿度、光照、土壤和空气的成分以及栽培措施等。

2. 侵染性病害　由于其他病原生物寄生而引起的植物病害，称为侵染性病害，一般也称为寄生性病害或传染性病害。侵染性病害的发生是由有关病原物、寄主植物和环境条件三方面的因素决定的。

（四）植物病害的诊断

植物病害诊断是正确识别植物病害的一门学科，包括正确认识和区别健康植物和患病植物以及鉴定病害的病原物等。诊断植物病害的一般方法和步骤如下：

1. 田间诊断　症状是病原特性和寄主植物特性相互作用的具体反映，各种植物病害一般都具有一定的特异性。因此，症状对于病害的诊断有很大意义。

由真菌、细菌所引起的病害，大都在病部表面产生特有的病症，比较容易与其他病原引起的病害相区分；病毒病在病株外表看不到病症，容易和生理性病害混淆，生理性病害在田间大都普遍均匀发生，无传染现象。病毒、真菌、细菌性病害发生初期，一般是分散的，其后常形成发病中心，并继续扩展蔓延。病毒病常呈花叶、黄化或矮缩、畸形等病状，线虫病常使植物组织呈扭曲、肥肿或坏死、枯死、腐烂等病状。除了解田间症状和病株分布外，还需了解作物前茬、种子来源及近期内的管理措施和水源等条件。综合上述情况，可初步断定属于传染性还是非传染性病害。

对于非侵染性病害的诊断，现场的调查和观察是非常重要的。一般来说，许多非侵染性病害往往是在田间大面积上同时发生的，不像侵染性病害那样逐渐蔓延；同时，非侵染性病害的病株或病叶表现症状的部位有一定的规律性，如叶片的日灼症状始终表现在叶尖或叶缘。

对于侵染性病害，必须进一步鉴定它的病原物，才能作出正确的诊断。

2. 室内诊断　对于非侵染性病害，为了进一步找出发病的环境因素，就要注意发病前气候条件的变化，分析发病田的土壤条件，了解空气和土壤中有无有害的物质，以及栽培措施和其中可能发生的差错。有些非侵染性病害，特别是一些缺素症，要作出正确的判断必须在人工控制的环境条件下使植物发病。

对于侵染性病害，诊断的第一步就是确定它的病原物，然后再确定它的侵染性即病原物的致病性。

（1）镜检：用普通显微镜检查病株上的病原物或徒手切片的病组织，或者将病组织保湿诱发后再取病原物镜检。一般真菌和细菌病原可以通过镜检找到病原物。病毒病则要通过致病性测定。线虫病需要从病株的根部或其他病组织分离检查线虫。

（2）致病性的验证：最早用于证明致病性的一种方法是柯赫法则。具体步骤如下：致病的生物必须与症状有联系；必须分离得到病原生物和进行纯培养；将纯培养的病原生物对相同种的健康植物接种，必须产生与原来相同的症状；必须重新分离得到这种病原生物。

病毒病的诊断经常是和病毒的鉴定联系在一起，不同病毒的传染方式也各不相同，通常要进行一些试验：人工的和自然的传染方式；传毒媒介及其与病毒的关系；寄主范围和寄主反应（指症状表现）；物理性状（使之失去侵染力的温度和稀释度等）以及电镜下的形态，血清学关系等。

根据这些试验结果，再和已经鉴定过的病毒分离系比较，确定其归属。

二、植物病害病原物

引起植物病害的生物统称为植物病害病原物。已知植物病害病原物有真菌、细菌、病毒、类病毒、质粒类、类菌原体和类立克次体、植物寄生线虫和寄生性种子植物等。此外，少数放线菌和藻类植物也能侵染植物，如疮痂病放线菌引起马铃薯的疮痂病和红锈藻等在茶树和许多其他常绿树上引起藻斑病。

植物病原物的变种和生理小种：种是植物病原物中最基本的分类单元。种是某些遗传性状相似的群体依据形态特征建立的概念。种与种之间在主要形态上具有显著而稳定的差别。

植物病原真菌的种根据一定的形态差别可分为变种，有时在种与变种之间还加一级亚种。根据生理性状及其对不同种的寄主植物的适应性的差异，植物病原真菌又分为若干专化型，缩写为f. sp。例如，禾柄锈菌危害多种禾谷类作物，至少可分为6个专化型，危害小麦的是其中一个专化型(f. sp. tritici)。专化型以下有的还可以根据对不同作物品种的适应性，分为不同的生理小种，如禾柄锈菌危害小麦的专化型，已经鉴定的生理小种数目有300个以上。有些病原真菌的种，不明显分化为专化型，而是直接分化为生理小种，如危害麦类的黑粉菌。生理小种作为一个群体，依其个体的遗传性不同，分为一系列的生物型，生物型由遗传性一致的个体组成，是一个无性系。

植物病原细菌根据致病力的差异有的种也分为专化型、生理小种、生物型或菌系等。例如，禾谷黄单胞杆菌分为许多专化型，小麦黑颖黄单胞杆菌是它的一个专化型。

植物病毒的"种"是由株系或变株组成的群体。一般情况下，自然存在的变异称为株系，经过人工诱发的变异称为变株。

三、病原物的侵染过程和侵染循环

(一)病原物的侵染过程

侵染过程简称病程，是指从病原物与寄主接触和侵入后，在寄主体内发育，然后引起病害发生的连续性过程。一般可以分为以下四个阶段，即侵入前期、侵入期、潜育期、发病期。

(二)病原物的侵染循环

侵染循环是指一种病害从前一个生长季节开始发病，到下一个生长季节再度开始发病的过程。植物病害侵染循环主要涉及以下几个环节：

1. 初次侵染和再次侵染　初次侵染是生长季节开始后田间发生的第一次侵染，再次侵染则是由初次侵染发病后产生的繁殖体进行的侵染。病原物侵染来源主要有以下几种：

(1)种子和无性繁殖材料：在作物生长后期，有些病原物可以侵染种子或无性繁殖材料，如稻瘟病菌可以侵染水稻种子，甘薯黑斑病菌可以侵染块根等。

(2)病株残体：病株或染病器官死亡后，病原物可以在病组织内以腐生或休眠方式越冬越夏。有些病原物还可以在其他作物的残体中腐生越冬，如小麦赤霉病菌可以在稻桩、玉米等残体中越冬。

(3)田间病株：活体营养物在自然界只能在活的寄主植物上寄生，如小麦条锈病菌。

(4)土壤：有些病原物随病株残体进入土壤中越冬。病株残体腐烂分解后，病原物就不能单独长期在土壤中存活，这类病原物称为土壤寄居菌，如稻白叶枯病菌；病株残体腐烂分解后仍能在土壤中较长期存活的病原物称为土壤习居菌，如棉花枯、黄萎病菌。

(5)昆虫：有些病毒可以在传毒昆虫体内越冬，如水稻普通矮缩病毒在黑尾叶蝉体内越冬。

(6)粪肥：有些病原物如谷子白发病菌的卵孢子随病株残体被牲畜食用后，经消化道并不死亡，可随牲畜粪便混入粪肥中。

2. 传播途径　病原物的传播主要依赖外界的因素，其中有自然因素和人为因素。自然因素中以风、水、昆虫和其他动物传播为主，通常为短距离传播；而人为调运种子、苗木则对病原物的远距离传播起决定性作用。

3. 越冬和越夏　病原物为度过寄主植物休眠期而自身要以不同的方式越冬或越夏。不同病原物的越冬和越夏方式不同，有的形成各种休眠体，如很多真菌形成休眠孢子，随着病组织进入土中或附在种子上；有些真菌和细菌可以在死去的病组织上腐生；多年生植物体内的病原物可以在老病组织或者嫩枝及叶芽内以营养体过冬；植物病毒都在昆虫介体或田间野生寄主杂草体内越冬越夏；线虫的卵块排到土壤中可以休眠。此外，粪肥也是病原物的越冬越夏场所，并成为下一年的初次侵染来源。

四、病原物的寄生性和致病性

(一)共生、共栖和寄生

自然界的生物,特别是微生物,很少能够单独生存。它们与周围其他生物之间的联系具体表现在以下几方面:

1. 共生　指两种分类上不同的生物紧密接触,有关双方都可以从这种相互联系中,在营养和支持等方面得到好处的互利关系。如豆科植物与其根瘤细菌间的关系。

2. 共栖　指有关一方可以从对方得益,但是对对方并没有有害的影响。如植物的根围和叶围微生物可利用植物表面渗出的营养物质,而对植物一般是无害的。常见的有荧光假单胞杆菌、草生欧氏杆菌及各种放线菌和酵母菌等。

3. 寄生　指一种生物(寄生物)对另一种生物(寄主)在营养上的依赖性,寄主对寄生物提供必要的生活条件,而对寄主没有任何益处。如植物病原物和植物之间即是一种寄生关系。

(二)病原物的寄生性

寄生性是指一种生物生活在另一种生物上,以获得它生存所需的主要营养物质的能力。依靠这种寄生方式生存的生物称为寄生物,供给寄生物所必需的营养条件的生物称为寄主。植物病害病原物都是寄生物。根据寄生程度的不同,寄生物分为专性寄生物和非专性寄生物。

寄生物从寄主植物获得养分,有两种不同的方式,即死体营养和活体营养。前者是寄生物先杀死寄主植物的细胞和组织,然后从中吸取养分;后者是寄生物不立即杀死寄主植物的细胞和组织,而主要是从活的寄主组织中获得养分。寄生物的两种营养方式,事实上反映了病原物的不同致病作用。

(三)病原物的致病性

致病性是指病原物对寄主植物的破坏和引起病害的能力。当病原物侵入寄主细胞后,寄主植物细胞的正常生理功能就可能遭到破坏。病原物对寄主的影响,除了夺取寄主的营养物质和水分外,还产生对寄主生理活动有害的代谢产物,如酶、毒素和生长调节物质等。一般来说,不同的病原物具有不同的致病性和致病作用。

寄生性和致病性都是病原物的基本特性,是病原物在导致病害的过程中和寄主相互作用的特征性表现。

五、植物的抗病性及其变异

(一)植物对病害的抗性

1. 植物的抗病、耐病和避病　抗病性是寄主植物抵御病原物的侵染以及侵染后所造成损害的能力。植物的种可以有许多品种,不同品种对于同一种病害的反应可以不同。植物的抗性是指特定的品种对特定的病原菌小种或菌株而言的,发病重的称为感病,发病轻的称为抗病,完全不发病的称为免疫。

耐病性是指植物忍耐病害的能力。在环境条件相似和发病程度相同的情况下,能有较高产量的品种称作耐病品种。

避病作用是指寄主由于种种原因能避开病原物的侵染,而不是植物本身具有抗性。

2. 植物的抗病机制　寄主植物的抗病能力有固有抗性和诱发抗性两种,其抗性机制包括形态结构和生理生化两方面。形态结构方面的抗性主要表现在寄主植物表面或细胞壁等结构,多半与病原物的侵入有关;细胞内部生理生化方面的抗性多半与病原物侵入后在寄主组织和细胞内的扩展有关。因此,植物对病原物的抗性,也可分为抗侵入和抗扩展两种类型。

3. 植物抗病性的类型　植物抗病性有以下几种类型:①垂直抗性和水平抗性;②专化抗性和一般抗性;③持久抗性。

4. 抗病育种和植物基因工程

(1)抗病育种:抗病育种是指广泛搜集品种资源,从中筛选出能抗某种或某几种病害,或者能抗某种病害的一个或几个生理小种的材料而培育出新的作物品种的方法。

(2)植物基因工程:基因工程是研究生物基因分离、重组、转移和表达的一项生物高技术。

(二)植物抗病性变异

植物抗病性变异是指在不同的条件下,寄主抗病性表现所发生的变化。在自然界经常观察到一个作物品种在不同条件下表现为抗病或感病。原因主要有以下几方面:①寄主;②病原物;③环境条件。

六、植物病害流行

(一)植物病害流行的概念

植物病害流行是指植物病原物大量传播,在一定的环境条件下诱发植物群体发病并且造成严重损失的过程和现象。病害流行通常是对侵染性病害而言的,表现为病原物数量的增加和一定的植物群体中病害数量(如病株数、病叶数、病穗数等)、病害严重程度等随时间而增加,发病的空间范围也随之增大。

植物病害流行有稳态流行和突发流行两种表现形式。稳态流行是指在某地区早已存在、年年或经常发生而波动不大的流行状态,也有"常发病"之称。突发流行是指在某地区以前没有,出现不久就迅速蔓延成灾的流行状态,亦称作前进性流行。若干年后,突发流行可以变成稳态流行。

植物病害流行学是研究植物群体发病规律、预测技术和防治理论的科学,又称植物流行病学。它通过观察、试验、模拟、定性或定量分析、综合,以掌握环境影响下寄主—病原物群体水平上相互作用而形成的时空动态规律,逐步深化对植物病害宏观规律的认识,从而服务于植物病害的预测和综合治理。

(二)植物病害流行的因素

植物病害的流行是有关病原物群体、寄主植物群体和环境因素(包括栽培条件)三方面的条件形成的。这些因素主要是:病原物致病力的强弱与变化,病原物的大量繁殖和有效传播,感病寄主植物的大量存在。有利于病害发生的气象条件,主要影响病害在广大地区的流行,气象因素中以温度、水分(包括相对湿度、雨量、雨日、雾和露)和光照的影响最为重要。有利于病害发生的土壤和栽培条件一般只影响局部地区病害的流行。

(三)植物病害流行的过程

植物病害流行的过程是指植物病害发生、发展和衰退的过程。这个过程是由病原物对寄主植物的侵染活动和病害在空间和时间上的动态变化表现出来的。病害流行发展的过程与病害的侵染循环有关。根据病害在侵染循环中是否出现再次侵染,将病害分为单循环病害和多循环病害。

单循环病害:单循环病害是指侵染循环中没有再次侵染的病害。每年只侵染一次,其流行程度主要取决于最初接种体的数量。

多循环病害:多循环病害是指在一个生长季节中有多次再次侵染的病害,这类病害每年开始零星发生,以后迅速发展造成流行。其流行程度与侵染速度(即病害增长率)的关系很大,而侵染速度又往往决定于气象条件。这类病害是流行学研究的主要对象。

(四)植物病害流行的类型和变化

1. 病害流行的类型

(1)积年流行病害:指只有初次侵染,没有再次侵染,或虽有再次侵染,但在当年病害发生的过程中所起作用不大。这类病害的侵染所需环境条件一般容易得到保证,病原物数量要经过多年积累,最后才能达到流行的程度。如小麦腥黑穗病、小麦秆黑粉病以及棉花枯、黄萎病等。

(2)单年流行病害:指一般的多循环病害和某些气流传播的单循环病害,在有利的气候条件下,当年就可以由轻到重达到流行程度。如小麦锈病和稻瘟病等多循环病害以及气流传播的苹果和梨锈病等单

循环病害。

2. 病害流行的变化

(1)病害流行在空间上的动态变化:同一病害在不同地区的流行程度、流行过程和流行的频率可以不同,形成病害流行的地区性特点,可分为常发区、易发区和偶发区三个类型。环境条件有利于某种或几种病害发生,并经常流行的地区称为常发区;易于流行的地区称为易发区;偶然流行的地区称为偶发区。

(2)病害流行在时间上的动态变化:一种病害在同一地区的流行情况常因生长季节或年份而异。季节变化是指病害在一个生长季节中的消长变化。单循环病害一般没有多大的季节变化。多循环病害季节变化较大,一般发病初期病情发展较慢,以后发展很快,几乎直线上升,当植物近成熟或死亡时,病情发展速度又变慢,多数病害流行过程是这样;有的病害发展呈波浪式的,不止有一个发病高峰,如油菜花叶病。年份变化是指一种病害在不同年份间发生程度的变化,如麦类赤霉病在长江下游省区的流行程度在不同年份间显然不同,流行迟早也不同。

病害流行的变化主要表现在流行程度、流行过程和流行高峰三方面。

第二节　农业昆虫学

昆虫属于节肢动物门、昆虫纲。农业昆虫学是研究各种农作物害虫的生物学特性、发生消长规律和防治措施等的科学,它是昆虫学的一个分支。根据昆虫与人类的关系,可以将昆虫学研究领域划分为理论昆虫学、植保昆虫学、经济昆虫资源学等。

一、昆虫的外部形态

昆虫的体躯由 18 ~ 20 个环节组成,每一个环节称为 1 个体节。这些体节分别集合形成具有不同功能的 3 个体段,即头部、胸部和腹部。

(一)昆虫的头部

头部是昆虫身体最前面的第 1 个体段,由 4 ~ 6 个体节组成,并高度愈合。头部有 3 对附肢演变而成的口器,用于取食;有司感觉功能的 1 对触角和 1 对复眼,0 ~ 3 个单眼。根据昆虫口器在头部的着生位置和方向,昆虫头部的型式(即头式)分为下口式、前口式和后口式三种类型。

1. 昆虫的触角　触角是昆虫头部的第一对附肢。除原尾目昆虫无触角以及高等双翅目和膜翅目幼虫的触角退化外,大多数昆虫都具有一对触角。触角由基部向端部通常可分为柄节、梗节和鞭节 3 部分。鞭节通常又可分为若干亚节。触角的功能主要是嗅觉和触觉,有的也有听觉作用。

触角有刚毛状、丝状(线状)、念珠状(串珠状)、锯齿状(锯状)、栉齿状(梳状)、羽状(双栉齿状)、膝状(肘状或曲肱状)、具芒状、环毛状、球杆状(棍棒状)、锤状、鳃叶状等 12 种基本类型。

2. 昆虫的眼　复眼和单眼是昆虫的视觉器官。完全变态昆虫的成虫期、不完全变态昆虫的若虫和成虫期都具有复眼。复眼能看清物体,对于昆虫的取食、觅偶、群集、归巢、避敌等起重要作用。昆虫的单眼可分为背单眼和侧单眼两类。成虫和不完全变态类的若虫和稚虫的单眼称为背单眼,着生于额区的上方,两复眼之间;全变态昆虫的幼虫的单眼称为侧单眼,着生于头部的两侧。

3. 昆虫的口器　口器是昆虫的取食器官,也称取食器,由上唇、上颚、下颚、下唇和舌 5 部分组成。昆虫因食性和取食方式不同,口器类型也不同。取食固体食物的为咀嚼式口器,取食液体食物的为吸收式口器。由于液体食物的来源不同,吸收式口器又分为:吸食暴露在物体表面的液体物质的虹吸式口器和舐吸式口器,吸食植物体内的汁液或吸食动物体液和血液的刺吸式口器和锉吸式口器等。此外,还有兼食固体和液体两种食物的嚼吸式口器。其中咀嚼式口器是最基本、最原始的类型,其他类型都是由其演化而来的。

(二)昆虫的胸部

胸部由 3 个体节组成,依次称为前胸、中胸和后胸。每个胸节的侧腹面分别着生有 1 对足,即前足、

中足和后足。大部分昆虫在中、后胸的背侧面各着生有1对翅，即前翅和后翅。胸部是昆虫的运动中心。

1. 胸足　昆虫的胸足是胸部行动的附肢。胸足常见类型有步行足、跳跃足、开掘足、捕捉足、携粉足、游泳足、抱握足、攀悬足等。

2. 翅　昆虫的翅最先由胸部背板两侧向外扩展，与侧板近背面扩展部分形成侧背叶，侧背叶发展成翅。

翅的类型主要有膜翅、复翅、鞘翅、半翅鞘、鳞翅、毛翅、缨翅和平衡棒等8种类型。

翅面在有气管的部位加厚形成翅脉。翅脉分为纵脉和横脉两种。纵脉是从翅基部伸向翅边缘的脉；横脉是两条纵脉之间的短脉。纵脉包括前缘脉、亚前缘脉、径脉、中脉、肘脉、臀脉、轭脉。横脉多根据所连接的纵脉而命名，常见的有肩横脉、径横脉、径中横脉、中横脉和中肘横脉等。

（三）昆虫的腹部

腹部通常由9～11个体节和尾节组成。消化、排泄、循环和生殖系统等的主要内脏器官大多位于腹腔内，腹部后端还生有生殖附肢。

1. 昆虫的外生殖器　外生殖器是昆虫生殖系统的体外部分，主要由腹部生殖节上的附肢特化而成，是交配、受精、产卵器官的统称。雌虫的外生殖器称为产卵器，雄虫的外生殖器称为交配器。

2. 腹部的其他附属器官　昆虫的腹部除外生殖器外，有些昆虫还保留有由附肢演变而成的其他附属器官，如尾须、附器和腹足等。

二、昆虫的器官与功能

昆虫体躯外面被有一层含有几丁质的躯壳，称为体壁，由体壁包成的腔称为体腔。

昆虫的消化道、马氏管、背血管和血液、气管系统、神经系统、肌肉、脂肪体、各种腺体等，称为个体生命器官。

（一）昆虫的体壁

昆虫的体壁是体躯及附肢的最外层组织，是虫体内部器官与外界环境之间的保护性屏障。其主要功能是保护内脏，防止体内水分过度蒸发和调节体温，阻止水分、化学离子、病原体及杀虫剂等外界异物的侵入等。

1. 体壁的基本构造　昆虫体壁由外向内可分为表皮层、皮细胞层（真皮层）和底膜3部分。表皮层分两个主要层次，即不含几丁质的上表皮层和含有几丁质—蛋白复合体的原表皮层。原表皮根据其硬化和暗化程度，又分化为外表皮和内表皮。

2. 体壁的衍生物　昆虫体壁的衍生物是指由皮细胞和表皮特化而成的体壁附属物，其中包括两大类：一类是发生在体壁外方的各种外长物；另一类是发生在体壁下方以内陷方式形成的各种皮细胞腺体等。

体壁外长物分为非细胞性的和细胞性的两大类。皮细胞腺是由皮细胞特化的具有分泌作用的细胞，常以其功能命名，如蜡腺、唾腺、毒腺、臭腺、性外激素腺等；或以其所在部位命名，如下唇腺、前胸腺、咽侧体腺等。

3. 体色　昆虫体色变化很大，大多是由体壁及其衍生物所产生的。按其性质分为色素色、结构色和混合色三大类。

（二）昆虫的消化系统

消化系统包括一根自口到肛门、纵贯于血腔中央的消化道，以及与消化有关的唾腺等。

1. 消化道的基本构造和功能　昆虫的消化道是一条不对称的管状构造器官，前端以口与口前腔相通，后端以肛门终止于体躯的末节。根据其发生来源和功能的不同，分为前肠、中肠和后肠3部分。

2. 食物的消化和吸收　昆虫的食物范围很广泛，其营养成分包括糖类、脂类、蛋白质和氨基酸、维生素、甾醇、无机盐和水分等。昆虫对食物的消化，包括肠外消化和肠内消化两个过程。肠外消化是昆虫在

取食前将唾液或消化液注入寄主组织或食物内，先将食物进行初步消化，然后再吸入肠内的过程。肠内消化是指借消化液中的多种酶类，将摄入消化道的食物进行充分消化分解的过程，主要发生在中肠内。

（三）昆虫的排泄系统

昆虫排泄系统的主要功能是移除体内的代谢废物。昆虫的排泄器官和组织包括体壁、气管系统、消化道、马氏管、脂肪体及围心细胞等，其中最主要的是马氏管。

除马氏管外，昆虫还有一些其他的排泄器官和组织，如某些昆虫的消化道具排泄功能，弹尾目和部分双尾目、缨尾目昆虫以下唇腺为主要排泄器官，昆虫的蜕皮也具有排泄作用。

（四）昆虫的循环系统

1. 循环器官　循环器官是推动血液在血腔内流行和循环的器官。其主要搏动器官是背血管。此外，还有背膈、腹膈和辅搏动器等。

2. 血液及血液循环　昆虫的血液是体腔内循环流动的淋巴样液体，由血浆和血细胞两部分组成。

血液作为一种循环液体，主要是输送营养和移除代谢产物，此外，由其压力产生的机械作用可协助孵化、蜕皮、羽化、某些昆虫口器和新羽化成虫翅的伸展以及重要的防卫（如止血、免疫、解毒、阻止天敌捕食等）功能。

血液循环的主要功能是控制血压、运输物质和调节体温。

（五）昆虫的呼吸系统

昆虫的呼吸系统是由外胚层内陷形成的管状气管网络组成的气管系统。呼吸作用包括气管系统与外界环境的气体交换和细胞内呼吸两个过程。前一过程是指虫体通过气管系统吸入氧并将其输送到各类组织中去，同时排出新陈代谢产生的二氧化碳和水；后一过程是指虫体内的细胞和呼吸组织利用吸入的氧，氧化分解体内的能源物质，产生高能化合物 ATP 及热量的能量代谢。

1. 气管系统和气体交换　昆虫的气管系统依据其构造和生理功能可分为气门、气管和微气管 3 个组成部分。气门是气管内陷留在体壁上的开口。气门有全气门式、周气门式、半气门式、两端气门式、前气门式、后气门式等几种类型。气管是胚胎发育时外胚层沿体壁内陷形成的盲管，分为主气管、支气管和微气管 3 种。

2. 其他呼吸方式　某些昆虫因生活习性的改变，发生了相应的特殊呼吸方式，包括体壁呼吸、气管鳃和直肠鳃呼吸、物理性鳃呼吸以及内寄生昆虫的特殊呼吸方式等。

（六）昆虫的神经系统

1. 神经系统的构造　昆虫神经系统是由外胚层内陷的部分细胞发育为神经细胞形成的，每个神经细胞及其分支称为神经元。无数神经元构成了大脑和神经节及其神经，从而组成了神经冲动的传导网络。昆虫的神经系统由中枢神经系统、交感神经系统和外周神经系统三部分组成。

2. 神经冲动的传导　神经脉冲是由于神经细胞的轴突所形成的跨膜电位差发生变化而产生的。当感觉神经受到刺激发生兴奋时，便引起膜电位差改变，以脉冲形式将外界的刺激信号传入中枢神经系统，再经传出神经将指令信息传到效应器，激起肌肉收缩或腺体分泌等反应。

3. 昆虫的感觉器官　昆虫的感觉器官是接受环境和体内信息的器官，是以感受器为基本单元组成的。按其接受刺激的性质，分为机械力感受器（触觉和听觉器）、化学感受器（嗅觉和味觉器）、温湿度感受器和视觉器四大类。

（七）昆虫的激素和信息素

1. 昆虫激素　昆虫激素是指由昆虫内分泌器官分泌，用于调节和控制昆虫自身的生长发育、变态、滞育、交配、生殖、两性异态、多型现象和生理代谢等作用的微量化学物质。

昆虫的生长发育、蜕皮和变态是多种激素共同协调完成的，其中最主要的是由脑神经分泌细胞产生的脑激素、由前胸腺或脂肪体等产生的蜕皮激素和由咽侧体产生的保幼激素。前一种是神经激素，后两

种是腺体激素。

2. 昆虫信息素　昆虫信息素又称外激素，是指由昆虫特殊腺体分泌到体外，极微量的物质就能影响同种其他个体行为反应的化学物质，是同种昆虫个体间用作化学通信的信使。

信息素依其引起的行为反应可分为性信息素、追踪信息素、告警信息素、聚集信息素和阻止产卵信息素等。

异种间的化学信息，即由一种昆虫分泌并释放到体外引起异种昆虫产生行为反应的化学物质，称为种间信息素，又称它感作用物质。按其作用性质可分为利它素、利己素和协同素。

（八）昆虫的生殖系统

昆虫的生殖系统是产生卵子或精子，进行交配和种族繁衍的器官，其主要功能是产生生殖细胞，并吸收营养物质，供生殖细胞（性细胞：卵子或精子）生长发育。

昆虫的性行为不受生殖腺发育程度的影响，成虫常受异性鸣声、发音、气味、色彩等刺激交尾。影响和控制昆虫生殖腺的发育、交配、受精和生殖力的因素很多，一般分为外因与内因两个方面，外因主要是温度、湿度、光照、营养、虫口密度、交配与受精等，内因主要是激素对昆虫生殖的调节和控制作用。

三、昆虫的生物学特性

（一）昆虫的生殖方式

绝大多数昆虫雌雄异体，雌雄同体者为数甚少。雌雄异体的昆虫，主要是两性生殖。此外还有若干特殊的生殖方式，如孤雌生殖、幼体生殖和多胚生殖等。

1. 两性生殖　指必须经过雌雄两性交配，雄性个体产生的精子与雌性个体产生的卵子结合（即受精）之后，方能正常发育成新个体的生殖方式。这种生殖方式为绝大多数昆虫所具有。

2. 孤雌生殖　孤雌生殖也称单性生殖，是指卵不经过受精也能发育成正常的新个体的生殖方式。一般分偶发性孤雌生殖、经常性孤雌生殖、周期性孤雌生殖和永久性孤雌生殖4种类型。

3. 多胚生殖　指1个卵内可产生两个或多个胚胎，并能发育成正常新个体的生殖方式。多见于膜翅目一些寄生蜂类及捻翅目部分昆虫等。

4. 胎生　指某些昆虫的胚胎发育在母体内完成，由母体所产出的不是卵而是幼虫的生殖方式。胎生又分为卵胎生、腺养胎生、血腔胎生和伪胎盘生殖4种类型。

5. 幼体生殖　指某些昆虫在幼虫期就能进行生殖的方式。因幼虫期即具生殖能力，又行腺养胎生，所以幼体生殖属孤雌生殖和胎生，如瘿蚊。

（二）昆虫的发育和变态

1. 昆虫的发育　昆虫的个体发育是指由卵发育到成虫的全过程，包括胚前期、胚胎期和胚后期3个连续的阶段。

（1）卵期及卵的构造、类型：卵自产下后到孵出幼虫（若虫）所经历的时期，称为卵期。卵是一个大型细胞，外面包有一层具保护作用的卵壳。卵的前端有1个或若干个贯通卵壳的小孔，称为卵孔，是精子进入卵内的通道，也称为精孔或受精孔。

（2）幼虫：又分为原足型、多足型、寡足型和无足型4种类型。

（3）蛹期：从化蛹至羽化出成虫所经历的时期称为蛹期。幼虫老熟后，先停止取食，将消化道内的残留物排光，并迁移到适当场所，体躯逐渐缩短，活动减弱，准备化蛹，称为预蛹，所经历的时间称为预蛹期。预蛹蜕去最后一层皮变成蛹的过程称为化蛹。根据蛹的翅、触角和足等附肢是否紧贴于蛹体上以及能否活动等，将蛹分为离蛹、被蛹和围蛹3种类型。

2. 昆虫的变态及其类型　昆虫由幼虫期状态转变为成虫期状态的现象，称为变态。主要类型有：①增节变态。②表变态。③原变态。④不全变态：有翅亚纲外生翅类（除蜉蝣目外）各目昆虫的变态类型，特点是胚后发育经过幼体和成虫2个虫态，幼虫期时的翅在体外发育。不全变态与原变态的主要不

同点是成虫不再蜕皮、幼体无腹足，属寡足型。又可分为渐变态、半变态和过渐变态3个类型。⑤全变态：有翅亚纲内生翅类各目昆虫的变态类型，如鞘翅目、鳞翅目、膜翅目、双翅目等。特点是胚后发育经过幼体、蛹和成虫3个虫态；幼虫期的翅在体内发育，幼虫期不仅生殖器官没有分化，外形、内部器官以及生活习性等与成虫都有明显不同，特称为幼虫。蛹是从幼虫转变为成虫的过渡虫态。⑥复变态：有些全变态昆虫的幼虫期各龄之间的生活方式不同，在体形上也发生了明显的分化，这种变化比一般全变态昆虫更加复杂，特称为复变态。

（三）昆虫的世代和年生活史

1. 世代　昆虫的卵或若虫，从离开母体发育到成虫成熟并能产生后代为止的个体发育史，称为一个世代，简称为一代或一化。一个世代通常包括卵、幼虫、蛹及成虫等虫态。

一年发生一代的昆虫，称为一化性。一年发生两代及其以上者，称为多化性。多化性的昆虫由于成虫产卵期长，或越冬虫态出蛰期不集中，而造成前一世代与后一世代的同一虫态同时出现的现象，称为世代重叠。

2. 年生活史　昆虫的生活史又称生活周期，是指昆虫个体发育的全过程。昆虫在整个一年中的个体发育过程，即昆虫从越冬虫态（卵、幼虫、蛹或成虫）越冬后复苏起，至翌年越冬复苏前的全过程，称为年生活史或生活年史。

（四）昆虫的行为和习性

1. 休眠和滞育　昆虫在不良环境条件（如高温、低温、一定的日照等）下，暂时停止活动，呈静止或昏迷状态，以安全度过不良环境。这种停育现象是物种得以保存的一种重要适应性，可区分为休眠和滞育两种状态。

休眠是由不良环境条件直接引起的，当不良环境条件消除时，便可恢复生长发育。如东亚飞蝗以卵越冬，甜菜夜蛾以幼虫越冬，多种食蚜蝇和家蝇以成虫越冬等都属于休眠性越冬。

滞育是昆虫长期适应不良环境而形成的种的遗传性。在自然情况下，当不良环境到来之前，生理上已经有所准备，即已进入滞育。一旦进入滞育必须经过一定的物理或化学的刺激，否则恢复到适宜环境也不进行生长发育。滞育分为专性滞育和兼性滞育两种类型。专性滞育的昆虫严格为一年发生1代，且滞育虫态固定，如舞毒蛾、天幕毛虫、大地老虎等。兼性滞育的昆虫为多化性昆虫，滞育的虫态一般固定。如亚洲玉米螟在河北、山东等省每年发生3代，以第3代老熟幼虫越冬，但第2代少部分老熟幼虫也可滞育越冬。

2. 昆虫活动的昼夜节律　绝大多数昆虫的活动，如交配、取食和飞翔等都与白天和黑夜密切相关，其活动期、休止期常随昼夜的交替而呈现一定节奏的变化规律，这一现象称昼夜节律。据此可将昆虫分为日出性、夜出性及弱光性昆虫。

3. 昆虫的食性　食性是指昆虫对食物形成的一定选择性。根据取食食物的性质，分为植食性、肉食性、腐食性和杂食性4类；根据取食范围的广狭，分为单食性、寡食性和多食性3类。

4. 昆虫的趋性和假死性　趋性是指昆虫对外界刺激（如光、温度、湿度和某些化学物质等）所产生的趋向或背向行为活动。主要有趋光性、趋化性、趋温性、趋湿性等。趋向活动称为正趋性，背向活动称为负趋性。

假死性是指昆虫受到某种刺激或震动时，身体卷缩，静止不动，或从停留处跌落下来呈假死状态，稍停片刻即恢复正常而离去的现象。

5. 昆虫的群集性　群集性是指同种昆虫的个体大量聚集在一起生活的习性，分临时性群集和永久性群集两种。前者指昆虫仅在某一虫态或某一阶段时间内行群集生活，然后分散。后者往往出现在昆虫个体的整个生育期，如东亚飞蝗等。

6. 昆虫的扩散和迁飞　扩散是指昆虫个体经常的或偶然的、小范围内的分散和集中活动，也可称为蔓延、传播或分散等。

迁飞是指一种昆虫成群地从一个发生地长距离地转移到另一个发生地的现象。它是昆虫种在进化过程中长期适应环境的遗传特性，是一种种群行为。如东亚飞蝗、粘虫、小地老虎、多种蚜虫等。

7. 拟态和保护色　拟态是一种动物"模拟"其他生物的姿态，得以保护自己的现象。一种为贝氏拟态，其特点是被"模拟"者不是捕食动物的食物，而拟态者则是捕食动物的食物；另一种为缪氏拟态，即"模拟"者和被"模拟"者都是不可食的。

保护色是指一些昆虫的体色与其周围环境颜色相似的现象。有些昆虫既有保护色，又有与背景形成鲜明对照的体色，称为警戒色，如蓝目天蛾。

四、昆虫分类

（一）昆虫分类学概述

1. 昆虫分类的阶元和种的概念　昆虫分类分为一系列阶元，包括界、门、纲、目、科、属、种等7个等级。在纲、目、科、属、种之间以及种以下还可设其他阶元，如亚纲、亚目、亚科、亚属及亚种；也有在目、科之上设立总目、总科的；也可在亚纲和目之间或亚目与总科之间设立部等阶元。

种是分类的基本单位。其定义为：种是能够相互配育的自然种群的类群，这些类群与其他近似类群有质的差别，并在生殖上相互隔离着，它是生物进化过程中连续性与间断性统一的基本间断形式。种是由种群组成的，生活在不同地区或不同生态条件下的种，常在形态、生理和生物学特性等方面或多或少地发生某些细微的变异，从而形成不同的类型，这就产生了种以下的分类阶元，主要有亚种、变型、生态型、变种等，其中最为重要和普遍应用的是亚种。

亚种是指具有地理分化特征的种群，或称"地理亚种"。一个亚种可以被看作为一个"未成熟的种"。它是物种形成的过渡阶段。

2. 命名方法和规则　昆虫的科学名称采用林奈的双名法命名，即一种昆虫的学名由属名和种本名两个拉丁化的文字组成，属名在前，其第一个字母必须大写，种名在后，第一个字母小写，在种名之后附上命名人的姓，第一个字母也要大写。如家蚕的命名为 *Bombyx mori* Linne。在印刷时常用斜体或黑体字表示，也可在学名下方划一横线或曲线。

发表新种时，第1次用于描述和记载新种所用的标本，叫做模式标本。在一批同种的新种标本中，选出的其中1个最为典型的标本，称为正模，另选出的1个与正模不同性别的标本，称为配模，而同时所参考的其余同种标本，统称为副模。

3. 分类检索表　检索表的编制是用对比分析和归纳的方法，从不同阶元（目、科、属或种）的特征中选出比较重要、突出、明显而稳定的特征，根据它们之间的相互绝对性状，作成简短的条文，按一定的格式排列而成。检索表的形式，常用的有双项式、单项式（连续式）和包孕式（退格式）三种。此外，随着近代科学技术的发展，超微形态学、生物化学、分子生物学和数值分类法等也已应用于昆虫的分类研究。

（二）农业昆虫中的重要目简介

昆虫纲的分目主要是以翅的有无及其特征、变态类型、口器的构造、触角类型、化石昆虫等为依据。综合国内外昆虫分类专家的意见，现采用蔡邦华（1955）分类系统，将昆虫分为两个亚纲（无翅亚纲和有翅亚纲）、5类变态（增节变态类、表变态类、原变态类、不全变态类和全变态类）、34个目。

农业昆虫中重要的目有以下10个目：①等翅目；②直翅目；③同翅目；④半翅目；⑤缨翅目；⑥鞘翅目；⑦脉翅目；⑧鳞翅目；⑨双翅目；⑩膜翅目。

（三）农业螨类重要目科概况

农业螨类隶属于蛛形纲、蜱螨亚纲中的寄螨目和真螨目。

1. 形态特征　螨类体躯一般分为颚体和躯体两部分。颚体构成螨体的前端部分，其上生有螯肢和须肢。躯体是螨体的主要部分，又可分为足体部（前足体和后足体）和末体部两部分。

颚体由螯前节、螯肢节和须肢节组成，其上着生口器和一些感觉器官，螯肢由23节组成，具有摄取食

物的功能。躯体大多囊状，其背面各种形状的刻点、瘤突和背毛等是分类的重要依据。成螨具生殖孔，是区别成螨和若螨的标志。大多数螨类体躯上生有气门。

2. 螨类的主要生物学特征　螨类有两性生殖、孤雌生殖和卵胎生等3种生殖方式。

叶螨科一般经过卵、幼螨、第1若螨、第2若螨和成螨5个时期。在进入第1若螨、第2若螨和成螨前各有一个静止期，近似于昆虫的蛹期，蜕皮后变为下一个发育阶段。

农业螨类的食性极为复杂。一般分为植食性、捕食性、寄生性、食菌性和腐食性5类。

其中，植食性螨类如叶螨、细须螨和瘿螨，以细长的口针刺破植物组织吸食汁液，受害部分失绿或出现黄色斑块，或出现畸形，严重时造成叶片枯黄脱落。

3. 农业螨类的主要科　叶螨总科：包括5个科，我国仅发现叶螨科、细须螨科、杜克螨科。瘿螨总科：有瘿螨科和植绥螨科。

五、昆虫生态学

（一）生态学的概念

“生态学是研究生物与其环境之间的相互关系的科学”。马世骏教授对生态学的定义为：“生态学是一门多学科的自然科学，它研究生命系统与环境系统之间的相互作用规律及其机理。”而系统是具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素构成的一个整体。系统都具有整体性、相关性、目的性和环境适应性。

昆虫生态学的主要研究内容：昆虫个体生长繁殖、分布与环境的关系；昆虫种群的组织，种间关系及生存密度的稳定和变动；种群的遗传性及在空间、时间上的存在状况及变动规律。

生态学的研究可以在不同的集成水平上进行，主要是个体、种群、群落和生态系统四个水平，分别称为生理生态学（个体生态学）、种群生态学和系统生态学。昆虫种群生态学是以昆虫为研究对象，在种群的集成水平上进行研究的生态学。

（二）昆虫种群

1. 种群的概念　种群是指在一定的生活环境内、占有一定空间的同种个体的总和，是种在自然界存在的基本单位，也是生态学研究的基本单位。种群除具有种的一般生物学属性（如形态结构、生活方式、遗传性相同，以及与其他种存在严格的生殖隔离）外，还具有群体自身的生物学属性，如出生率、死亡率、性比、平均寿命、年龄组成、基因频率、繁殖速率、密度及数量变动、空间分布、迁移率、滞育率等。

由于长期的地理隔离而形成的种群，称为“地理种群”或“地理宗”。在同一地理种群内，又可分为不同的生态种群。以寄主食物为主而形成的种群，称为食物种群或食物宗。在研究害虫生物防治或综合防治时，需考虑害虫和天敌等两种或两种以上的种群称为混合种群。

2. 昆虫种群结构和数量变动

（1）昆虫种群结构：昆虫种群结构即昆虫种群的组成，是指种群内某些生物学特性、对环境适应能力或在形态上可以是完全相同的个体群在总体中所占的比例，其中主要是性比和年龄组配。性比是指成虫或蛹雌性与雄性之比；年龄组配是指一个自然种群中各发育阶段和同一发育阶段不同发育进度的数量比例或占的百分率。

（2）种群数量变动：昆虫种群数量的变动主要取决于种群基数、繁殖速率、死亡率和迁移率。种群基数（N）指前一代或前一时期某一发育阶段在一定空间的平均数量；繁殖速率（R）是指一种昆虫种群在单位时间内增长的个体数量的最高理论倍数；死亡率（D）一般用在一定时间内种群死亡个体数占总数的百分率表示，也有用存活率（S）来表示的，即 $S=1-D$；迁移率（M）指在一定时间内迁出个体和迁入个体数量差占总体的百分率。

（3）种群基数估算法：首先要查清一定空间内种群的起始数量，即种群的基数。基数可以按时间起算，如春季的越冬基数，也可以按生活史中的一个世代或虫态起算。可以将种群中所有年龄组配的个体

总数作基数，也可以只把一个虫态作为基数。

昆虫由于个体数量多，一般采用抽样调查法。即仅抽样统计种群内的一小部分数量，以此来估算总体的数量。

3. 昆虫种群分布型和取样方法

（1）昆虫种群分布型：昆虫种群分布型是指昆虫的个体在一定时间和空间内的分布形式，也称空间格局和空间分布。昆虫种群分布型因昆虫种类、发育阶段、密度、寄主生育期、栖息地环境等不同而有所差异。一般分为随机分布和聚集分布两类。

（2）田间调查取样方法：常用的随机取样法，是按照一定的取样方式，间隔一定的距离、选取一定数量的样点。样点内全面计数，不得随意变换，以免参加调查的主观成分。取样方式有：①对角线取样法；②棋盘式取样法；③分行取样法；④Z字形取样法；⑤等距取样法。

4. 昆虫种群的生态对策　昆虫在进化过程中，经自然选择获得的以不同生境的适应方式，称为生态对策，又称为生活史对策。

昆虫种群的大小和变化速度主要取决于昆虫种群的内禀增长率（r）和环境容量（K）。种群的内禀增长率是指特定的环境条件下，具有稳定年龄组配的种群的最大瞬间增长速率。环境容量是指在食物、天敌等各种环境因素的制约下，种群可能达到最大稳定的数量。r反映了昆虫种群的增长速率，K反映了昆虫种群发展的最大范围。根据r值与K值大小，将昆虫种群分为两个生态对策类型。

（1）K—对策者：K—对策者的r值较小，K值较大。属此类型的昆虫，一般个体较大，世代周期较长，一年发生代数较少，寿命较长，繁殖力较小，死亡率较低，食性较为专一，活动能力较弱，种群数量比较稳定。如金龟甲类、天牛类、麦叶蜂、十七年蝉、舌蝇等。

（2）r—对策者：r—对策者的r值较大，K值较小。属此类型的昆虫，一般个体较小，世代周期短，一年发生代数较多，寿命较短，繁殖能力较大，死亡率较高，食性较广，活动能力较强，种群数量经常处于不稳定状态。如蚜虫类、沙漠蝗、棉铃虫、小地老虎、家蝇等。研究害虫的生态对策，是制定害虫综合防治策略的根据。

5. 昆虫种群生命表　生命表是指按特定的种群年龄（发育阶段）或生长时间，研究分析种群的死亡率（存活率）、死亡原因、死亡年龄等的一览表。

（1）生命表的意义和作用：生命表是研究昆虫种群数量变动的一种方法，它的基本手段就是列表法。昆虫生命表具有系统性、阶段性、综合性和主次分明的特点。这些特点体现在它系统地记录了自然条件或实验室条件下，昆虫种群在整个生活周期，各个年龄或发育阶段的死亡数量、致死原因和生殖力，由此可以明确不同致死因子对昆虫种群数量变动所起作用的大小，从而分析确定关键因子，并根据死亡和出生的数据估计下一代种群消长的趋势，为进行数学模拟提供基础。

（2）生命表的类型：在昆虫生态学上使用的生命表主要有两种类型，即特定时间生命表和特定年龄生命表。特定时间生命表是在年龄组配稳定的前提下，以特定的时间为单位，随机取样各年龄阶段的个体数，求出各年龄级的死亡率。这种生命表适用于世代重叠的昆虫。特定时间生命表又有两种形式：

生命期望表：是以种群的年龄特征死亡率为中心设计的，而没有考虑年龄特征的繁殖力。就是说，它只涉及死亡率的描述，着重于估算进入各年龄组个体的生命期望或平均余生。

生殖力表：是描述某一特定年龄生殖力与死亡率相互关系的生命表，用于估算种群的内禀增长率和周限增长率。

（3）生命表组建的方法：组建昆虫生命表的方法和步骤：根据研究的对象和目的，确定生命表的形式。就研究的对象来说，对于世代重叠、年龄组配较为稳定的昆虫种群，一般都采用特定时间生命表；而对于世代分隔清楚、数量波动较大的昆虫种群，则多采用特定年龄生命表。就研究的目的来看，一般说来，在人工控制条件下，研究实验种群的动态，主要在于获取种群内禀增长力、周限增长率等信息，以采用特定时间生殖力表为宜。如果研究的目的是了解种群的存活曲线或生命期望，则可采用特定时间生命期望表。对于昆虫自然种群的研究，主要在于了解种群在不同发育阶段的死亡数量及其原因，以获取种群

消长趋势的信息和影响种群数量变动的机制和关键因素，宜采用特定年龄生命表。

实验或研究方法的设计：对于特定时间生命表，应根据研究对象的生活史、各虫态发育历期等，合理制定时间间隔，设置必要的处理（如温、湿度，食料等）和重复，并拟定具体的实验方法和观察记载的项目。对于特定年龄生命表，则应根据研究对象的生物学特性，合理划分虫期（发育阶段），确定各虫期的观察项目和内容，拟定适合的研究方法。

昆虫自然种群生命表数据的获得，绝大部分来自田间取样调查，因此，必须搞清研究对象的空间分布型，拟定合理的取样方法、取样单位、取样数量，设计具体的取样方案，以保证取样的精确性和代表性。

实施调查，开展实验，并详细记载各项数据，尽可能减少死亡因子的遗漏、混淆，并注意取样单位的稳定性。

根据调查或实验记录，整理资料，按一定形式制作生命表。生命表的研究宜逐代、逐年积累，年复一年坚持下去，在积累一定数量的基础上，还可制作多世代或多年的平均生命表。一般为进行关键因素的分析，至少要积累历年同世代生命表5～6个。

昆虫生命表要经过多年反复观察才能确立，由于一种昆虫种群在一地的发生消长有明显的地域性和阶段性，各虫态或各虫龄期间、各季节间的数量消长情况都不尽相同，因此，除了对昆虫生物学特性要了解外，对影响它生存的生态因子都要充分的调查研究，这样才能建立起数量变动的动态模式。

（三）生物群落

生物群落是指一定地段或一定生境内各种生物种群构成的结构单元。

1. 群落的营养结构　营养结构可用食物链、食物网和生态锥体来表述。如棉蚜为害棉花，七星瓢虫捕食棉蚜，麻雀捕食七星瓢虫，鹰又捕食麻雀等，一环接一环，形成一条以食物为联系的链，称为食物链。在自然界的生物群落中单独一条食物链是不存在的，许多具有某些共同环节的食物链，构成食物网。

群落内各条食物链上的各级（各环）生物的数量、生物量或单位面积、单位时间内所吸收的能量可以反映出群落的营养结构。如果将第1级生物（生产者）作为底层、植食性动物和肉食性动物依次向上排列，则呈塔形（或锥形），该种图像称为生态金字塔或生态锥体。

2. 群落的演替　群落演替又称生态演替，是指在一定区域内，群落随时间而发生变化，由一种类型转变为另一种类型的生态过程。

根据演替出现的起始点，可以将群落分为原生演替和次生演替两类；根据引起演替的原因，可以分为内因性演替和外因性演替；根据群落代谢的特征，可以分为自养性演替和异养性演替。

3. 生境、生活小区和生态位　生物的居住场所，即生物生活的地方，称为生境，或称栖息地。对生物种群来讲，生境包括其他生物和非生物环境；对生物群落来讲，生境只包括非生物环境。

生活小区指在生境内具有相似土壤和气候条件，栖息着一定动植物群体的场所。它是生境内生物群落的居住单位；生态位是指各物种在生活小区内占据资源的部位。一个动物的生态位表明它在生物环境中的地位及它与食物、天敌的关系。常用生态位宽度和生态位重叠两项指标比较群落中各物种占据空间的大小或利用资源的多少。

4. 群落的特征　群落多样性、稳定性和相似性是反映群落特征的标志。

（1）群落多样性：群落多样性是群落中物种数和各物种个体数构成群落结构特征的一种表示方法。一个群落中如有多个物种，而且各物种的数量较均匀，则该群落具有较高的多样性；如果一个群落中物种数少，而且各物种的数量不均匀，则该群落的多样性较低。

（2）群落稳定性：群落稳定性是指群落抑制物种种群波动和从扰动中恢复平稳状态的能力。它包括群落现状稳定性、时间过程稳定性、抗扰动能力稳定性和扰动后恢复平稳的稳定性等4种情况。

群落稳定性具有抵抗力和恢复力两种能力。所谓抵抗力即抗变能力，表示群落抵抗扰动、维持群落结构和功能、保持现状的能力。所谓恢复力表示群落在遭受扰动以后恢复原状的能力。

（3）群落相似性：群落相似性是指不同群落结构特征的相似程度，常用群落相似性系数表示。

共有种相似：根据不同群落中共有种的多少，比较其相似程度。如A、B、C三个群落的种类数基本一致，但群落A与B的共有种数多，群落B与C的共有种数少，则可以认为群落A与B的相似性较大，群落B与C的相似性较小。

种组成相似：指在物种构成相近似的群落中，采用物种总数和共有种数的多少比较其相似程度。

（四）生态系统

1. 生态系统的基本概念及影响昆虫的环境因素　生态系统是指在一定空间内，生物群落与非生物环境之间通过物质循环、能量流动和信息联系等过程，结合而成的生态单元，即生物群落与其环境条件所形成的统一整体。

构成昆虫生存环境条件总体的各种生态环境因素，按其性质分为两大类，一类是非生物因素，即气候因素，主要有温度、湿度、降水、光、风等；另一类是生物因素，主要包括昆虫的食物和天敌及自身密度。土壤因素是指既包括非生物因素（如土壤温度、湿度、理化性质等），又包括生物因素（如土壤微生物、动物、植物等）的综合因素。人为因素主要是指人类在生产实践活动中对昆虫所产生的影响。

土壤与昆虫的关系十分密切，它既能通过生长的植物对昆虫发生间接的影响，又是一些昆虫生活的场所。土壤因素既包括非生物的因素，也包括生物的因素。土壤的温度、湿度、机械组成、化学性质、生物组成以及人类的农事活动如施肥等都对昆虫发生作用。

2. 农业生态系统　农业生态系统是指人类从事农业生产活动下所形成的生态系统。广义的农业生态系统包括种植业、饲养业和农畜产品加工业等活动所形成的系统；狭义的农业生态系统则指由于各种种植业活动所形成的农田生态系统，如稻田、麦田、果园、菜园、茶园等农田生态系统。

第三节　农田鼠害与草害

一、农田害鼠

农田害鼠不仅盗食粮食、油料、瓜、果、蔬菜等，而且危害林业和牧草，造成严重经济损失。害鼠也是多种自然疫源性疾病的宿主，如肺鼠疫、钩端螺旋体病、流行性出血热、斑疹伤寒、副伤寒等都与鼠有关。据统计，人类疾病30余种与鼠有联系，山东省最为严重的流行性出血热就是由黑线姬鼠传播的，每年都造成人员伤亡。

（一）农田害鼠的种类与分布

鼠是哺乳动物的一大类群，属真兽亚纲，胎盘附纲，啮齿目。世界已知的有1 591种，我国发现150余种，山东省已发现定名的14种，主要有：①达乌尔黄鼠；②东北黔鼠；③大仓鼠；④黑线仓鼠；⑤黑线姬鼠；⑥褐家鼠；⑦小家鼠；另外，山东还有中华黔鼠、屋顶鼠（黑家鼠）、社鼠、东方田鼠、岩松鼠、大林姬鼠和棕色田鼠。在上述害鼠中，农田害鼠的优势种为大仓鼠、黑线仓鼠和黑线姬鼠三种。其中，大仓鼠主要分布于鲁西南平原，黑线仓鼠分布于鲁西平原，黑线姬鼠分布于鲁中南山地。该三种仓鼠是测报和防治的重点。

（二）主要灭鼠药剂

灭鼠药剂很多，目前主要推广施用抗凝血剂类灭鼠药。它的优点是对其他生物安全，无二次中毒现象，害鼠不会产生拒食。缺点是害鼠取食后死亡较慢。常用种类为：①敌鼠钠盐；②杀鼠迷；③大隆；④溴敌隆。

（三）灭鼠方法

灭鼠方法很多，主要有：①生态学灭鼠法；②生物学灭鼠法；③器械灭鼠法；④药物灭鼠法。

二、农田草害

杂草是指人们栽培作物以外自然生长的草本植物。农田杂草是耕地、田边、路旁、渠堤、隙地上生长的草本植物，给农牧业生产带来直接危害，造成农作物产量、质量的降低，诱发加剧病虫害的发生，有的有毒植物还能危害人、畜及家禽的健康。

农田杂草种类繁多，从低等藻类至高等草本植物，以杂草的形态特征，进行科、属、种分类，以识别草的种类。但在生产上，常依其生物学和生态学特性来区分类别，以适应防除杂草的需要。

（一）农田杂草类型

依生物学特性分类：①一年生杂草；②越年生杂草；③多年生杂草。

依生态学特性分类：①寄生性杂草；②旱田杂草；③水田杂草。

（二）化学除草技术

1. 除草剂的选择性　由于作物与杂草均属于高等植物，除草剂必须具有特殊的选择性，才能安全而有效地在农田使用。有些除草剂的选择性是其本身具备的，也有些除草剂本身虽不具备选择性，但通过恰当的使用方式也能达到安全有效的除草目的。

根据位差与时差选择施用除草剂：位差选择；时差选择；利用位差与施药方法等的综合选择性。

根据植物形态选择施用除草剂：植物的形态，如叶表结构、生长点的位置等，直接关系到药液的承受与吸收，因而影响植物的耐药性。

2. 化学除草技术　在实践中，人们总结出了一系列配套化学除草技术，如稻田化学除草技术、棉田化学除草技术、豆田化学除草技术、花生田化学除草技术、玉米田化学除草技术、菜田化学除草技术、果园化学除草技术等。这些配套技术普遍以杂草生物学特性、发生特点等为依据，选择最新高效低毒、低残留的除草剂来制订除草方案。因此，各种化学除草方案具有相对固定性，又有时段的变化性，随着供选药剂的变化而变化。

（三）生物除草技术

利用某些专食性昆虫的繁育生产与释放，达到灭草的目的。也可以通过生产草食昆虫，开展经济昆虫资源化利用，达到灭草目的，如人工养殖蝗虫、蟋蟀等。

第四节　化学保护

凡用于防治农、林、牧的病、虫、草、鼠等有害生物的药剂通称农用药物，简称农药。利用农药来防治农业病、虫、草、鼠等有害生物称为化学防治法或药剂防治法，在综合防治中占重要地位。化学防治法有它的优点和缺点，概括地说：优点是防治对象广，防治效果快而高，使用方法比较简便，受地区性限制小以及化学农药可以工业化生产等。缺点有：病虫草产生抗药性；杀伤有益生物，破坏生态平衡；引起土壤、水域、大气等环境污染，以及造成在农副产品、食品和人体中的残留，威胁着人类的健康。以上问题，随着科学技术的进步和发展，农药工业将能够生产出高效、低毒、低残留及无公害的新农药品种，以满足农业生产的需要。

一、农药的分类

防治农业有害生物的农药种类很多，按照防治的对象来分，农药大体上可分为八大类，即杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、杀线虫剂、杀鼠剂、除草剂、植物生长调节剂、助剂（增效剂）。

（一）杀虫剂

杀虫剂在农药生产中占有较大的比重，无论是品种或产量都具首位。

1. 杀虫剂的分类

（1）按来源分类：①植物性杀虫剂，如除虫菊。②微生物杀虫剂，如苏云金杆菌制剂。③无机杀虫剂（矿物性杀虫剂），如白砒（亚砷酸）。④有机杀虫剂，又可分天然有机杀虫剂，如棉油皂；人工合成有机杀虫剂，如敌敌畏，其中按照化学组成的不同又分为有机氯杀虫剂、有机磷杀虫剂、有机氮杀虫剂、拟除虫菊酯杀虫剂等。

（2）按作用方式分类：①胃毒剂，适用于防治咀嚼式口器（粘虫、蝗虫等）、虹吸式口器（蛾类、蝶类）、舐吸式口器（蝇类）等害虫；②触杀剂，杀虫剂中大多数属于此类，对于各类口器的害虫都适用，但对体被蜡质等保护物的害虫如粉虱、蚧等效果不佳；③熏蒸剂，一般应在密闭条件下使用，如氯化苦防治仓库粮食害虫；④内吸杀虫剂，只对刺吸式口器的害虫有效。此外，还有拒食剂、驱避剂、性诱剂、不育剂、拟激素剂（昆虫生长调节剂）等，统称特异性杀虫剂。

2. 杀虫药剂对害虫的毒杀方式　根据药剂的性能和药剂进入虫体的途径以及所发生的中毒致死情况，大体上有以下几种：胃毒作用；触杀作用；熏蒸作用；内吸作用；拒食和驱避作用。

3. 有机磷杀虫剂　有机磷杀虫剂是一类含有磷酸酯类的化合物。有机磷杀虫剂，又称有机磷酸酯类杀虫剂。

根据化学结构，有机磷杀虫剂主要分成五类：一是磷酸酯类，如久效磷；二是一硫代磷酸酯类，包括硫逐磷酸酯类和硫赶磷酸酯类；三是二硫代磷酸酯类，如马拉硫磷；四是膦酸酯、硫代膦酸酯类，如敌百虫、苯硫磷；五是磷酰胺、硫化磷酰胺，如甲胺磷、乙酰甲胺磷等。

4. 氨基甲酸酯类杀虫剂　氨基甲酸酯类杀虫剂和有机磷杀虫剂是属于两种不类型的化合物，但同是强力的胆碱酯酶活性抑制剂。

5. 有机氮杀虫剂　有机氮杀虫剂是指除“氨基甲酸酯或有机磷酸酯”之外的含“氮”的杀虫剂。

6. 拟除虫菊酯类杀虫剂　除虫菊是一种菊科植物，其花中含有杀虫有效成分，称为除虫菊素。近50多年来人工合成了一系列的类似除虫菊素化学结构的合成除虫菊酯，称之为拟除虫菊酯。

7. 特异性杀虫剂　特异性杀虫剂是一类使害虫的发育、行动、习性、繁殖等能受到阻碍和抑制，从而达到控制害虫为害为目的的杀虫剂。特异性杀虫剂种类很多，大体上可分为两类：一是化学不育剂，作用于昆虫生殖系统，使其不能生育繁殖，包括烃化剂（如替派、噻替派）、完全的化学不育剂（如六磷胺）和蜕皮激素。二是昆虫保幼激素及其他生长调节剂，控制害虫的生长发育，使幼虫不能变蛹，或蛹不能变为成虫等。这些畸形个体没有生命力或不能繁殖，产生了间接不育的效果。

8. 植物性杀虫剂　植物性农药是一类天然的杀虫剂。世界可供农药应用的植物1 800余种，其中杀虫植物1 000余种。按照其有效成分一般可分为五大类，即①生物碱，②糖甙类，③有害的蛋白质、挥发性香油精、单宁、树脂等，④有机酸类、酯类、酮类等，⑤萜类。

（二）杀螨剂

杀螨剂主要用来防治蜘蛛纲中的有害种类。由于螨类的形态结构以及独特的生活习性，所以大多数杀虫剂对螨类毒杀作用差，而一般杀虫剂不但不能杀螨，反而易把螨类天敌杀死，引起螨类大发生。一些杀虫剂虽可杀螨，但不能杀螨卵。因此，在防治害螨时，需认真选择针对性强的农药，才能取得理想的效果。

（三）杀线虫剂

这类药剂大多数具有熏蒸作用，防治植物线虫病害的药剂。如滴滴混剂、铁灭克等。

（四）杀菌剂

1. 杀菌剂的分类

（1）按作用方式分类：①保护剂，如波尔多液、代森锌等；②治疗剂，如苯莱特、多菌灵等。

（2）按来源分类：①无机杀菌剂，包括无机硫杀菌剂（如石硫合剂）、无机铜杀菌剂（如硫酸铜）、无机汞杀菌剂（如升汞）。②有机合成杀菌剂，包括有机硫杀菌剂（如代森锌）、有机铜杀菌剂（如三氯酚铜）、

有机汞杀菌剂(如赛力散)、有机磷杀菌剂(如稻瘟净)、有机氯杀菌剂(如五氯硝基苯)、有机砷杀菌剂(如退菌特)、有机锡杀菌剂(如三苯基醋酸锡等)、酰类杀菌剂(如菲酰)以及其他有机杀菌剂(如甲醛)。③农用抗生素(简称农抗),如春雷霉素、井冈霉素等。④植物性杀菌素,如大蒜素。

此外,杀菌剂还可以根据能否被植物内吸并传导、存留的特性,分为内吸性杀菌剂和非内吸性杀菌剂两大类。

2. 杀菌剂防治植物病害原理　使用杀菌剂防治病害的方法虽然很多,但防治原理不外以下三种:

(1)化学保护:是在植物未罹病之前施用杀菌剂消灭病菌或防止病菌侵入,以使植物得到保护。使用杀菌剂消灭病菌的途径一般有两个:一是在接种体来源施药,目的在于消灭或减少病原菌,防止或减轻病害的发生,例如种苗消毒、土壤处理和消灭发病中心等。二是在可能被侵染的植物表面或农产品表面施药,目的在于防止病菌侵入,这种方法,对于许多植物病害来说是有效的途径。

(2)化学治疗:化学治疗是植物发病或感病后,在植物上施用化学药剂使其对植物或病菌发生作用而改变病菌的致病过程,从而达到减轻或消除病害的目的。

化学治疗主要有三种类型:表面化学治疗,内部化学治疗,外部化学治疗。

(3)化学免疫:化学免疫即通过化学物质或广义的杀菌剂的应用而使植物产生抗性,高水平的抗病性称为免疫性。

(五)除草剂

除草剂又称除莠剂,用来防治杂草及有害植物的药剂。

1. 除草剂分类

(1)按作用方式分类:除草剂按作用方式可分为选择性除草剂与灭生性除草剂。

(2)按除草剂在植物体内的输导性能分类:按除草剂在植物体内的输导性的差别,可分为输导型除草剂与触杀型除草剂(非输导型除草剂)。

(3)按使用方法分类:除草剂按使用方法的不同可分为土壤处理剂与茎叶处理剂。

(4)按化学结构系统分类:无机除草剂,如氯酸钠、亚砷酸钠等,由于防效低、用药量大、毒性高,现已经逐渐被淘汰;有机除草剂,根据化学组成又可分为苯氧羧酸类(如2,4-滴)、苯基羧酸类(豆科威)、醚类(除草醚)、酚类(五氯酚钠)、二硝基苯胺类(氟乐灵、氟草胺)、腈类(敌草腈)、酰胺类(敌稗)、氨基甲酸酯类(燕麦灵)、硫代氨基甲酸酯类(杀草丹)、取代脲类(敌草隆)、均三氮苯类(西玛津)、杂环类(百草枯)、有机磷类(草特磷)。微生物除草剂,如鲁保1号(真菌制剂)。

2. 除草剂的使用方法　除草剂防除农田杂草的使用方法,可按除草剂的喷洒目标与施药方法来划分。按除草剂喷洒目标可划分为茎叶处理和土壤处理法。按除草剂的施药方法可划分为以下几种方法:①喷雾法;②泡沫法;③撒粒法;④杀草膜;⑤涂抹法;⑥泼施法;⑦其他施药法。

除上述施药法外,还有一些其他的方法,如将除草剂施在喷灌或滴灌系统中。此外,稻田施用除草剂还有瓶施法和灌溉施药法。

(六)杀鼠剂

按使用方法可分为:①毒饵灭鼠,常用的鼠药,如毒鼠磷、溴代毒鼠磷、灭鼠优等速效杀鼠剂;抗凝血灭鼠剂,如大隆、敌鼠钠盐、氯敌鼠等,为缓效性杀鼠剂,使用较安全。②熏蒸灭鼠,如磷化铝等。

(七)植物生长调节剂

根据不同的用途可分为催熟剂、保鲜剂、催芽剂、脱叶剂、抑制剂等。

常见的植物生长调节剂有矮壮素、920(又称赤霉素)、萘乙酸、增产灵等。

二、农药的剂型

未经加工的农药称原药,固体的称原粉,液体的称原油。原药多为有机合成的,由于多数原药不溶于水或难溶于水,不能对水施用,再加单位面积上所用原药量较少,更难在大面积上均匀撒布,因而对原药

必须加工，改善其物理性状，提高其分散性后方可施用。经过加工的农药叫农药制剂。在植物的化学保护中，在采用有效的农药品种的基础上，选用适当的农药剂型和相应的使用方法，是非常重要的。

农药的助剂是指凡是与农药原药混用或通过加工过程与原药混合，能改善制剂的理化性质、提高药效及便于施用的物质统称农药助剂。农药助剂本身没有生物活性，但助剂选用得当，对农药的性能有很大影响。农药助剂的合理施用，可抗雨水冲洗，提高防效，延长残效，有时还能提高药剂对植物的安全性和降低对人畜的毒性。农药的助剂主要有：①填充剂；②湿展剂；③乳化剂；④溶剂；⑤分散剂；⑥粘着剂；⑦稳定剂；⑧防止分解剂；⑨增效剂；⑩发泡剂。

乳化剂和湿展剂在水中有表面活性作用，称为表面活性剂。按其性质来源，表面活性剂分为离子型表面活性剂、非离子型表面活性剂及天然表面活性剂。

所谓农药的剂型，就是将一定数量的农药原药，根据不同的要求，按比例配进一定数量的填充剂、湿润剂或溶剂、乳化剂等，经过机械的粉碎或混合、混溶、干燥等加工处理过程后，而制成符合一定规格质量的加工成品，这种加工品所表现的形态，称之为农药的剂型。我国常用农药的剂型是：①粉剂；②可湿性粉剂；③乳油（有时也称乳剂）；④乳粉；⑤颗粒剂；⑥油剂。

此外，还有烟剂、雾剂、胶悬剂、胶体剂、缓释剂、胶囊剂、糊剂、膏剂、砖剂、片剂、水剂等剂型。

三、农药的毒性

（一）毒力与药效的含义

任何一种农药的毒性程度，往往是以其毒力或者药效作为比较及估价的指标。毒力和药效是研究农药毒性的最基本的概念。

毒力系指药剂本身对不同生物直接作用的性质和程度。一般是在相对严格的控制条件下，用精密的测试方法，及采取标准化饲养的试虫或菌种及杂草来测定的。毒力测定一般多在室内进行。

药效系药剂本身和多种因素综合作用的结果。不同的剂型、不同的寄主植物、不同的病、虫、草害防治对象以及各种田间环境因素，都与药剂的作用效果有密切关系。药效多是在田间条件下或接近田间的条件下，紧密结合生产实际来进行测定的。

（二）毒力与药效的表示单位

①死亡率和校正死亡率；②致死中量（LD_{50}）或致死中浓度（LC_{50}）；③杀菌剂药效表示方法以病害种类及为害性质而定；④除草剂防除效果（%）=［对照区杂草数量（鲜重，克）－施药区杂草残留数量（鲜重，克）］/对照区杂草数量（鲜重，克）×100，选择性指数＝杂草生长抑制（或死亡）90%的剂量/作物生长抑制（或死亡）10%的剂量 ×100。

（三）农药对人、畜的毒性

在评价一种药剂的实用价值时，除依据防治效果外，对人、畜的毒性也是极其重要的一个方面。

①急性中毒；②亚急性中毒；③慢性中毒；④农药对保护植物的安全性可用安全系数来表示，公式为：安全系数＝植物对药剂的最高忍受浓度/药剂对病虫害的田间有效浓度。

四、科学施用农药

（一）农药的施用方法

正确的施药方法，是取得理想防治效果的关键。施药方法要根据病虫害的种类、危害特点、农药剂型、施药环境等因素而定。

①喷粉法；②喷雾法；③毒土和毒饵法；④拌种和浸种法；⑤土壤处理法；⑥涂抹法；⑦熏蒸法。

（二）农药的合理施用

合理施用农药，是提高防治效果和节省农药用量最经济最有效的措施。要对药剂、病虫杂草和作物

三者间的特性，以及它们相互的关系有个比较全面的认识。

五、有害生物对农药的抗性及其治理

（一）害虫的抗药性

1. 害虫抗药性的概念　昆虫对农药的抵抗性有两个不同的基本概念：

（1）昆虫的耐药性：这是由于生物的不同，或同是一个种而在不同发育阶段，不同生育状态，所处的环境条件的变化，或由于具有特殊的行为，而对药剂产生不同的耐力，这种现象称为耐药性。昆虫的耐药性又称自然抗性。

（2）昆虫的抗药性：世界卫生组织（WHO）1957 年对昆虫的抗药性下的定义："昆虫具有耐受杀死正常种群大部分个体的药量的能力在其群体中发展起来的现象。"这个定义指出的抗性是种群的特性，而不是个体昆虫改变的结果。由于昆虫的抗药性是因农药使用而获得的，故又称为获得抗性。

2. 害虫抗药性类型　①多种抗性；②交互抗性；③负交互抗性。

3. 害虫抗药性机制　①形态保护作用；②生理解毒作用。

4. 害虫抗药性的治理　①预防抗药性的产生；②农药的混合施用（复配制剂）；③农药的交替施用。

（二）病原菌的抗药性

1. 病原菌抗药性的概念　病原菌的抗药性是指本来对药剂敏感的病原菌，由于突变或其他原因出现敏感性显著下降的现象。

2. 病原菌抗药性产生的原因　病原菌抗性产生的原因，一般认为是病原菌在自然界的环境条件下或多或少会有些细胞产生突变（也包括抗性突变），还决定于药剂的选择压力。

3. 病原菌抗药性的治理　抗药性治理，除应进行田间监测外，还应全面地考虑下列问题：①在新杀菌剂合成研究中，对一种有前途的化合物，在进行生产实际应用之前，必须了解病原菌对它产生抗药性的潜在可能，即在室内试验中出现抗性的频率。②在了解现有产生抗药性杀菌剂的作用机理的基础上，研究与它作用机理不同的新药，贮备替换旧品种。

六、田间药效试验

（一）药效试验的设计原则及小区排列的方法

①采用随机排列的小区设计；②运用局部控制；③多设重复；④设立对照区及保护行。

（二）药效试验的取样及调查方法

1. 田间调查的取样方法　通常采用"随机取样"，即田间各个取样单位都有相同的机会被抽取作为样本，这样才能使抽样有代表性。常用的取样方法有对角线法、大五点法、棋盘式法、平行线法、分行法、Z 字形法等。一般来说，应根据该种病虫害及被害作物在田间分布型来确定究竟采取哪种方法抽样。

2. 病虫害分布型的性质和特点　最常见的有三种分布型：随机型、核心型、嵌纹型。另外还有这三个基本型的混合型，即有随机核心混合型、核心嵌纹混合型、随机嵌纹混合型属均匀分布。

第五节　农业有害生物预测预报

一、预测预报的类别和内容

要做好农业病虫害的防治工作，确保农业丰产丰收，必须及时、准确地做好农作物病虫预测预报工作。

（一）病虫测报学的概念

病虫测报的概念就是在防治农作物病虫害适期以前，人们根据病虫发生消长规律，对影响病虫发生

的各种因素进行调查取得的数据,结合历年观测资料和天气预报进行分析估计工作,这叫做预测。把预测的结果,通过电报、电话、广播、电视以及写成情报、预报等形式发出,递送到有关单位,这叫做预报,我们通常称为"预测预报"。

随着病虫测报事业的发展,病虫测报形成一门新的学科,产生了新的概念。病虫测报学是以生物学、生态学和生物数学等为主的一门多学科的综合科学,着重研究病虫害及其天敌的发生消长规律以及预测方法等。

(二)测报常用术语

预报对象又称预报量:预报病虫发生的主要特征,即在不同情况下,预报病虫发生期、发生量、发生范围、减产损失等。

预报因子简称因子:影响病虫发生的因素都是预报因子。预报因子有生物的如虫源、菌源、天敌等;非生物的如气温、降水量、相对湿度等。

预报要素简称要素:预报对象和预报因子统称为预报要素。

定性预报:通常指发生趋势的预报,如偏重或偏轻、偏早或偏晚,有明确的概念。实际上常用的等级预报属于这类范畴,也可以用数值表示。

定量预报:就是用具体数值或有一定幅度,预测某一种病虫的发生量或发生期。如预报5月8日或5月8~10日为一代粘虫防治适期,预报一代粘虫密度每平方米31头或25~35头。

历史符合率或称回报准确率:通常用于检验预报方法,经历史资料验证,预测理论值与历史实测值符合的年数,如20年资料,预报值与实测值相符的有18年,即历史符合率或回报准确率为90%。

预报准确率又称预报成功率:用于检验预报实际效果,但预报内容、种类不同,计算预报准确率标准也不同,详见"预报质量评定"一节。

(三)预报的性质和种类

1. 预报的内容　控制农业病虫危害,首先根据病虫发生程度,确定防治地块;根据病虫发生消长进程,确定防治适期。因此,按防治的要求,可分预报发生量和预报发生期。

(1)预报发生量(即预报发生程度):预报某一病虫发生程度,按农业部1983年制订的《农作物病虫测报工作岗位责任制》中第四章第十六条规定:"测报站根据病虫发生的轻重,预报分小发生、中等偏轻、中等发生、中等偏重和大发生五级。"

(2)预报发生期(即预报病虫发生消长进程):主要预报病虫害的防治适期,也可预报与害虫防治适期有关的主要虫态的发生期。

2. 预报种类　按离防治适期和预报性质区分为两大类。

(1)按离防治适期的天数来区分:

短期预报:离防治适期5天以上,10天以内(包括10天)发布预报。

中期预报:离防治适期10天以上,30天以内(包括30天)发布预报。

长期预报:离防治适期30天以上发布预报。长期预报还可分①年预报:离防治适期一个季度以上,一年以内发布预报。如新的一年开始,预测上半年或本年度病虫发生趋势,通常称"展望"。②超长期预报:离防治适期一年以上发布预报。③总体预报:对多种病虫的发生趋势进行预测,作出长期预报,但不同于综合预报。

(2)按预报性质来区分:

警报:对暴发性或偶发性病虫害出现大发生趋势时,为引起领导重视,便于采取措施,作好防治准备工作,可发布警报。

注意报:对局部发生或地区性病虫害,并有严重发生趋势,为引起有关地区的人们注意,可发布注意报。

安民预报:对某些暴发性病虫害或对当地危害严重频率较高的病虫害,但该年发生程度没有达到防

治指标，或虽发生但不会造成减产，发布安民预报，防止盲目施药。

大众预报：针对某一种作物或某一阶段，对一种或几种病虫的预报，面向群众，文字通俗易懂，并具有详细防治办法和注意事项，有助于普及植保科学技术，提高防治质量。

综合预报：是在单项病虫预报的基础上发展形成的，就是以某种作物为单位或以某种作物不同生育期发生的多种病虫发布的预报。

（四）预测预报的技术要求

一个成功的预测预报系统必须是能在生产上实施的办法，主要体现在可靠、简便、实用、多用途等几个方面。①可靠；②简便；③实用；④多用途。

（五）测报技术标准化

1. 国家标准（GB） 1996 年，国家技术监督局批准发布了 15 种《农作物病虫测报调查规范》（以下简称《规范》）。《规范》是新中国成立以来我国病虫测报领域中的首批国家标准，它的颁布实施，标志着我国病虫测报朝着标准化、规范化方向迈出了新的一步，体现了国家对病虫害监测和预报工作的高度重视，同时对测报调查工作提出了更高的要求。

2. 省内标准（DB） 1996 年，山东省技术监督局发布了山东省 10 种农作物病虫测报调查规范、102 种病虫害发生程度分级标准和 26 种病虫测报模式预报规范，为山东省农业有害生物预测预报标准化、规范化提供了技术标准。

10 种病虫测报调查规范分别是稀点雪灯蛾、玉米螟、小麦蚜虫、麦蜘蛛、小麦白粉病、大豆造桥虫、花生棉铃虫、花生蚜虫和花生叶斑病测报调查规范。

二、常用的抽样方法和抽样单位

为了测定农业有害生物发生、危害程度等，必须采取抽样调查方法，科学地抽取个体样本，以对总体样本作出正确的估计。一般按抽选观察单位方法的不同，可将抽样方法分为随机抽样、典型抽样和顺序抽样三大类。

随机抽样，是在抽选单位时，使总体内所有各个单位均有同等机会被抽取，也就是说，都具有相等的被抽样的概率，因此，随机抽样又称为概率抽样。随机抽样也可分为简单随机抽样、分层随机抽样、整群抽样、两级或多级抽样和双重抽样几种。

典型抽样，是指按研究目的从体内有意识地、有目的选取有代表性的典型单位或单位群，至少要求选取单位能代表总体的绝大多数。

顺序抽样，又称机械抽样，按某种一定的顺序抽取一定数量抽样单位构成样本。常用的抽样方法有对角线式、棋盘式、分行式、平行线式和"Z"形式等。

常用的抽样方法：①估值抽样；②分层抽样；③阶层抽样；④序贯抽样；⑤标记—再捕（回收）。

抽样单位：①长度单位；②面积单位；③体积或容量单位；④重量单位；⑤时间单位；⑥以整株植物、部分植株或植物的某一器官为单位；⑦诱集单位；⑧网捕单位。

三、经济阈值

当防治措施引起的产品价值的增量数与防治费用相等时，与之相对应的害虫密度（或病情指数）则为经济损害水平（用 EIL 表示）。经济阈值或防治阈值（习惯称为防治指标），是指病虫害的某一密度（病情指数），在此密度下，应采取控制措施，以防病虫害密度达到经济损害水平。作为指导病虫害防治的经济阈值，必须定在病虫达到经济损害水平之前，因而必须预先确定病虫的经济损失水平，然后根据病虫的增长曲线（预测性的）求出需要提前控制的（防治适期）害虫密度或病情指数，这个害虫密度（或病情指数）便是经济阈值（ET）。

四、病虫预测预报信息的传递

（一）信息的特征和重要性

农业技术信息包括与农业相关的自然气候和生态环境、土壤、肥料、水源、种子、病虫害、耕作措施、生产管理、政策法规、科学技术等多维物质世界表现的内容，它是一种重要社会资源。

农业技术信息，作为反映客观世界特征和变化信息的一部分，具有一般信息的9个特征：①普通性。②时效性。③传递性。④依附性。⑤层次性。⑥多样性。⑦共享性。⑧增值性。⑨转换性。

（二）信息的传递

利用网络、广播、电视、电话、传呼、计算机、报纸、刊物、明白纸等等媒体，为农业、农村、农民提供有效服务，努力实现在线式（电话网、电报网、有线或无线广播网、有线或无线视频网、计算机互联网等）传递信息，无论是农业领导，还是农村生产者、农民都可随时获得准确优质的农业技术服务，取得良好的社会效益、生态效益和经济效益。

农业病虫测报电码及电码模式：《全国农业病虫测报电码》是在病虫测报代号的基础上发展而形成的，电报电文由报头即报类指示组（BCH）、五位数码编成的测报电码和部分不规则数目字或数字加符号三部分组成。（BCH）是病虫害（Bing Chong Hai）汉语拼音的缩写，自1963年作为测报电码报头以来，一直用到现在。

农业病虫测报电码模式电报（简称模式电报），不仅加快传递速度，及时发布预报，而且能达到内容规格化、资料系统化、编报程序化，同时解决了译报容易编报难的问题，还比全国农业病虫测报电码节省发报字数和费用。

五、常用的预测预报方法

农业病虫鼠预测预报方法很多，最为常用的是综合分析法、指标预测法和统计预报法。现分为预测发生量和预测发生期方法，但有些方法都适用于预测发生量和发生期。

预测发生量的方法：①综合分析法；②指标预测法；③统计预报法，既可预报病虫发生量，也可预报发生期。

按统计预报性质大体上可分为八大类：①回归分析，②列联表分析，③乏晰分析，④判别分析，⑤时间序列分析，⑥相似分析，⑦概率预报，⑧0，1型预报。以前四大类较为常用。

预测发生期的方法：①历期法；②期距法；③物候预测法；④有效积温预测法。

第六节　植物检疫

一、植物检疫概论

（一）植物检疫的概念

植物检疫也称法规防治。检疫“Quarantine”一词源于拉丁文Quarantum，原意为“40”。14世纪，欧洲流行黑死病（肺鼠疫）、霍乱、痘疾等疫病，当时意大利威尼斯共和国为防止疾病传入本国，规定外来船只到达港口前必须在海上停泊40天，使传染病患者度过潜伏期，表现症状，经强制检查无病者方允许登陆。实际上植物检疫是指人们运用一定的仪器设备和技术，应用科学的方法对调运植物和植物产品的病菌、害虫、杂草等有害生物进行检疫、检验和监督处理，并依靠国家制定的植物检疫法规保障实施。

（二）植物检疫的特点

植物检疫与一般植保工作的区别：工作对象不同，工作方法不同，研究内容和方法不同，预防和防治

方法的要求不同。

（三）植物检疫的生物学基础

植物检疫是为了防止危害植物的危险性病、虫、杂草的人为传播。检疫性有害生物的划定及其采取检疫措施的制定，都是以有害生物各自的生物学特性为科学依据。①植物病、虫、草害分布的地区性。②植物病、虫、杂草等有害生物的人为传播。③危险性有害生物传入新区的后果：危险性有害生物传入新区后，由于受不同生态环境条件的影响，可能有三种情况出现：1）新区的气候条件不适应有害生物的生存，不能成为它们的分布区。2）新区的气候条件与有害生物原产地的气候条件近似，或者某些有害生物的适生性强，一旦传入新区，不仅可以生存，而且很快扩散，甚至造成严重灾害。3）在原产地危害不一定很严重的有害生物，传入新区后，由于生态条件的适宜，可能迅速蔓延，甚至造成毁灭性灾难。④防止危险性有害生物人为传播的可能性。

二、植物检疫法规

（一）植物检疫法规的概念

植物检疫法规，是指为了防止危害植物的危险性病、虫、杂草及其他有害生物由国外传入和国内传播蔓延，保护农业和环境，维护对内、对外贸易信誉，履行国际义务，由国家制定法令，对进出境和国内地区间调运的植物及其产品进行检疫检验与监督处理的法律规范的总称。

植物检疫法规是开展植物检疫工作的法律依据，是人类同植物病虫草害长期斗争的产物，它包括植物检疫法、条例、细则、办法和其他规定等。

（二）植物检疫法规的法律地位

法规又称法律规范，是由国家制定或认可，受国家强制力保证实施的行为规则。它通常由假定、处理和制裁三个部分组成。植物检疫法规，如条例、细则、办法和规定等，都是经过有关国家机关制定或认可，上升为国家意志，具有国家的强制性和普遍性的约束力，是社会必须遵守的行为规则。在我国颁布的一系列法律中，如《中国人民共和国农业法》、《种子法》、《邮政法》、《铁路法》等，都涉及植物检疫，要求任何组织和个人都必须遵守有关植物检疫的法律和行政法规。

三、对外植物检疫和国内植物检疫

（一）对外植物检疫

对外植物检疫，即出入境植物检疫，简称“外检”。根据《中华人民共和国进出境动植物检疫法》第三条规定和1998年第九届全国人民代表大会第一次会议批准的国务院机构改革方案及国务院机构改革“三定”规定，国务院设出入境检验检疫局，统一管理全国出入境植物检疫工作。国家出入境检验检疫局在对外开放的口岸和出入境植物检疫业务集中的地点设立口岸检验检疫机关，依照《中华人民共和国进出境动植物检疫法》及其《实施条例》的规定实施出入境植物检疫。

（二）国内植物检疫

国内植物检疫，简称“内检”。我国现行农业植物检疫管理体系是根据《植物检疫条例》及其《实施细则（农业部分）》的规定设立的。

四、植物有害生物风险分析

20世纪以来，特别是90年代以后，国际贸易全球化快速发展，自由化贸易程度大大提高，植物及其产品国际交流调运日趋频繁，植物有害生物的传播蔓延机会也相应增加。为了保护农业生产的安全，在国际贸易中达到公平合理竞争的目的，世界贸易组织（WTO）和联合国粮农组织（FAO）均要求各国在采取植物检疫措施时增加透明度，符合一致的国际标准。要求各国在拟定检疫措施时，应建立在有害生物

风险性分析（PRA）的基础上。

（一）有害生物风险分析的概念

有害生物风险分析（PRA）是指了解某一特定来源的有害生物所产生的风险水平，这种风险水平的可接受性，以及为降低这种潜在风险所采取的措施。有害生物风险分析包括两方面的内容：一是有害生物风险评估，即决定一种有害生物是否检疫性有害生物及评估其传入可能性；二是有害生物风险管理，即降低一种检疫性有害生物传入风险的决策过程。

（二）检疫性有害生物和限定的非检疫性有害生物

植物检疫的主要目的是为了防止检疫性有害生物的扩散和传播。根据"国际植物保护公约"（IPPC）的定义（1996），有害生物是指对植物和植物产品构成伤害或破坏的任何生物体。在植物和植物产品的调运和携带过程中，常可检查到多种多样的生物，其中大多数是腐生性的微生物，是一般性的有害生物，属于非检疫性有害生物，少数是危险性很大的甚至是属于检疫范围的有害生物。检疫性有害生物的确认需要通过风险性分析来确定。

1. 检疫性有害生物的疫区、低度流行区和非疫区　IPPC（1979）"检疫性有害生物"的定义是：一个受威胁国目前尚未分布，或虽有分布但分布未广，且正在进行积极防治的、对该国具有潜在经济重要性的有害生物。在上述关于有害生物发生分布的地区还可分为疫区、非疫区、低度流行区和受威胁地区等几种，但不再用"保护区"这一术语。疫区就是由官方划定的发现有检疫性有害生物危害并由官方控制的地区。

有害生物低度流行区是指经主管当局认定，某种有害生物发生水平低，并已采取了有效的监督控制或根除措施的地区。受威胁地区是指生态因素适合某种有害生物的定植，该有害生物的定植发生将会造成重大经济损失的地区。非疫区即有科学证据证明未发现某种有害生物并由官方维持的地区。

2. 检疫性有害生物及非检疫性有害生物　随着PRA工作相继在各国开展，检疫性有害生物的含义进一步扩展。因此，在1996年IPPC修订时，就有专家提出将检疫性有害生物定义为：基于植物检疫风险评估和适当的植物保护水平的评定，具有潜在经济重要性的有害生物，并进一步在公约修改文本中加入保护植物健康而限制的非检疫性有害生物。这样，植物检疫针对的范围及其内涵进一步扩大，亦拓宽了所采取的植物检疫措施，不仅针对检疫性有害生物，而且针对限定的非检疫性有害生物。同时，"实施动植物卫生检疫措施的协议"（SPS）和新的IPPC都强调有害生物不仅具有潜在的经济重要性，而且具有潜在的环境重要性。因此，在PRA的开始阶段，即检疫性有害生物的鉴别阶段，还应考虑有害生物对环境的影响。

（三）有害生物风险分析（PRA）指南

有害生物风险分析指南是植物检疫措施国际标准第一部分进口法规中的一个标准，亦是整个国际标准框架下最主要的标准之一。该标准阐述了植物有害生物的风险分析过程。标准将有害生物风险分析分成三个阶段，即有害生物风险分析开始阶段、风险评估阶段和风险管理阶段。

五、检疫性有害生物的处理

《植物检疫条例》第八条规定，必须检疫的植物和植物产品，经检疫"发现有植物检疫对象，但能彻底消毒处理的，托运人应按植物检疫机构的要求，在指定地点作消毒处理，经检查合格后发给植物检疫证书；无法消毒处理的，应停止调运"。

（一）检疫处理的原则

实施检疫处理应遵循的基本原则：检疫处理必须符合检疫法规的有关规定，有充分的法律依据；处理措施应当是规定必须采取的，应设法使处理所造成的损失减低到最小；处理方法必须有效，能彻底除虫灭病，完全杜绝有害生物的传播和扩散；处理方法应当安全可靠，不造成中毒事故，无残毒，不污染环境；处

理方法还应不降低植物和植物繁殖材料的存活能力和繁殖能力，不降低植物产品的品质、风味、营养价值，不污损其外观。凡涉及环境保护、食品卫生、农药管理、商品检验以及其他行政管理部门的措施，应征得有关部门的认可并符合各项管理办法、规定和标准。

（二）检疫处理的方法

检疫处理的方法可分为四种，即销毁、责令改变用途、隔离检疫和除害处理（进境货物有退回处理）。

六、国际植物检疫法规

随着国际贸易的发展和自由化程度的提高，植物及其产品的国际间调运越来越频繁。为了保护农业生产的安全，各国实行的动植物检疫对贸易的影响亦越来越突出，特别是有些国家为了保护本国农畜产品的市场，利用非关税壁垒措施阻止国外农畜产品的输入，而动植物检疫就是其中一种具有隐蔽性的技术壁垒措施。为了在国际贸易中达到公平合理竞争目的，世界贸易组织（WTO）和联合国粮农组织（FAO）均要求各国在采取植物检疫措施时增加透明度，符合一致的国际标准。在这些法规中，重要的是"国际植物保护公约（简称 IPPC）"和"实施动植物卫生检疫措施的协议（简称 SPS 协议）"。在 WTO 有关贸易中要遵守植物检疫有关的"实施动植物卫生检疫措施的协议"，在联合国粮农组织（FAO）中应按"国际植物保护公约"的规定执行。

除了《国际植物保护公约》和《实施动植物卫生检疫措施的协议》两个重要的法规外，国际间还有一系列与植物检疫相关的法规，如"贸易技术壁垒协议（TBT）"、"亚洲和太平洋区域植物保护协定"、"同国际贸易有关的植物检疫原则"、"有害生物风险分析准则"、"建立非疫区的要求"、"建立无疫产地和非疫生产点的要求"、"有害生物根除计划准则"等。

归纳起来，在已建立的植物检疫措施国际标准中，包括七个方面的内容，即进口法规、出口证书、服从程序、有害生物监测、外来有害生物反应、有害生物管理、隔离检疫及有关参考标准，其中最重要的是进口法规中的有害生物风险分析。有害生物风险分析不仅是为科学决策提供依据的一种重要方法，而且是植物检疫工作符合国际惯例的要求，也是检疫管理符合科学化、国际化的要求。从国际植物检疫管理发展方向和我国植物检疫管理与国际接轨的需要来看，虽然我国暂时尚不是国际植物保护公约的成员国，但在国际交往中同样应遵守国际惯例。

第七节　农业有害生物综合防治

一、综合防治的基本概念

（一）综合治理

综合治理（简称 IPM）的简单定义是："明智地选择及利用各种防治方法来保证有利的生态方面、经济方面及社会方面的防治效果。"IPM 这个概念与我国的综合防治（简称 IPC）基本含义是一致的，强调自然控制，不要求彻底消灭害虫；强调经济阈值，以自然控制为基础，强调各防治方法的协调与配合，减少化学防治，还要考虑到生态平衡、防止环境污染、人畜健康。

（二）害虫生态管理（EPM）

随着人们环境意识的不断提高，特别是 1992 年 7 月世界环境与发展大会，确定了持续发展是惟一的发展模式，在持续发展思想的指导下，提出了害虫的持续控制。要做到害虫的持续控制，就必须从保持系统的长期稳定入手，一切防治措施都必须有利于系统的长期稳定，由此 Tshernyshev（1995）提出了害虫的生态管理。

（三）有害生物的可持续治理

继 1992 年世界环境与发展大会召开以来，1995 年在荷兰海牙召开了第十三届国际植物保护大会，主

题是“可持续的植物保护造福于人类”。提出的农业有害生物可持续治理是农业病虫害综合防治在可持续农业中的发展和完善。它不仅从农业生态系统发展，而且还重视农业发展的持续性，既考虑了治理农业病虫害和保护农作物，又顾及了土壤、生物资源、能源、农事操作活动等整个农业生产体系的各个组成部分，特别是克服化学农药的不良作用，避免生物资源和环境受到破坏，确保农业生产持续发展。

（四）大面积种群治理（APM）和合理治理（RPM）

20 世纪 80 年代初期提出了大面积种群治理（APM），在化学农药有新的改进情况下，重新强调化学防治的重要性，实际上目前化学防治病虫草鼠害仍是主要手段。1987 年，张宗炳教授提出合理治理（RPM），重点放在“合理”二字上，强调自然控制作用，强调化学防治的重要性和有效性，同时强调非化学防治和防治技术的研究，尽量做到使用化学防治不产生不良的副作用。

二、综合防治的理论基础和方法

农作物病虫害综合防治的目的是建立最优的农业生态系统。因此，综合防治理论基础的核心是生态系统的观点，包括整体观、食物链和生态系统信息联系。

根据“预防为主，综合防治”的植保工作方针，综合防治方法可分为植物检疫法、农业防治法、化学防治法、生物防治法和物理机械防治法五大类。

第六部分　农业经济概论

第十八章　农业经济学

第一节　农业经济学导论

一、农业的概念与基本经济特性

（一）农业的概念

农业是人们利用太阳能，依靠和干预生物的生长发育来获取产品的社会物质生产部门。我国在改革开放以前就存在狭义农业概念和广义农业概念之分，狭义农业仅仅指种植业（在有些场合畜牧业也包括在内）；广义农业包括种植业、林业、牧业、副业、渔业，即农业经济这个部门概念同农村经济这个地区概念的内涵几乎是相同的，概念也几乎是混用的。目前我国的农业是指种植业、林业、牧业、渔业。

（二）农业的基本经济特性

1. 农业的经济再生产与自然再生产相交织的特性。农业生产一方面是人类劳动产品、劳动力、生产关系等经济现象的再生产过程，同时又是生物生长和繁衍及其与自然界进行物质和能量相互转换的自然现象的再生产过程。

2. 农业的联合生产特性。农业具有商品产出和非商品产出的联合生产特性。农业除了具有生产食物和植物纤维等农产品这一主要的和传统的功能外，同时还具有其他经济、社会和环境等方面的非商品生产功能。

3. 农业的外部性。所谓外部性，是指某种经济活动能使他人得到附带的利益或使他人受到损害，而受益人或受害人无需付出相应的报酬或无法得到赔偿的现象。农业的外部性有正有负，涉及许多方面，如农业对生态环境的外部性，对非农产业的经济外部性。

4. 农业的公共产品特性。公共产品是指具有非排他性和非竞争性的产品，非排他性是指即使某一经济主体没有支付相应的费用，也无法将他排除对这一产品的消费之外；非竞争性是指某一主体的消费不会因其他主体对这一产品的消费量而受影响。同时具有非排他性和非竞争性的产品被称为纯公共产品，只具备其中之一的产品则被称为准公共产品，同时具有排他性和竞争性的产品被称为私人产品。农业所提供的许多非商品产出具有不同程度的非排他性和非竞争性，即具有公共产品或准公共产品的部分特性。

5. 农业的弱质特性。在与其他产业的竞争中，农业处于相对不利的地位，这表现为随着经济的发展，农地的流失不断增加；由于农业的比较利益低下，农业中的资金和较高素质的劳动力流向非农产业；相对于新兴的非农产业来说，农业科研的周期较长，技术进步相对缓慢，农业劳动生产率比较低；农产品的需求弹性较小。农业在竞争中不利地位的表现说明了农业具有弱质性。

6. 农业的不稳定特性。首先，由于农业的自然再生产与经济再生产交织在一起，所以农业是受自然

条件影响最大的部门；其次，由于土地等自然条件的限制和动植物本身生物学特性的制约，使得农产品的短期供给弹性比较小，但由于人们对农产品的需求刚性，价格对供给量的反应却非常敏感，当某些因素导致价格和产量一定程度的波动时，会产生“蛛网”效应。

二、农业经济学的研究对象与内容

农业经济学是经济科学的一个分支，是一门专门研究农业领域中各类经济问题的部门经济学。即运用经济学的基本原理，研究在土地、劳动力、资金、技术和管理等稀缺资源的约束条件下，农产品的供给与需求、农产品价格与市场、农业生产要素价格与市场、农业微观经济组织形式、农业宏观经济制度与政策的部门经济科学。

第二节　土地与水资源

一、土地概述

土地，在经济学上是指地球上的陆地和水域以及与之相连的土壤、气候、地貌、岩石、水文、植被等一切自然条件。由于研究对象的不同，在有的情况下土地仅指地球上的陆地表层，或指地球上的陆地和水面。

（一）土地的特性

土地具有一系列与其他物质相区别的特性。土地的特性包括自然特性和经济特性，土地的自然特性是土地自然属性的反映，是土地所固有的，与人类对土地的利用与否没有必然的联系；土地的经济特性是人类对土地利用过程中产生的，具体体现在以下几个方面：

第一，土地供给的稀缺性。土地供给的稀缺性，一方面表现为供给总量与需求总量的不平衡，另一方面也表现为某些地区和某种用途的土地权属、地价、地租等经济关系和经济问题，它迫使人们珍惜土地，节约利用土地和集约经营土地。

第二，土地利用的区位性。土地位置的差别造成其用途不同和生产力的差异，人们在利用土地时，必须根据土地自身的自然环境条件和所处的社会经济条件进行区位选择，发展最适宜的生产项目，以获取最大的经济效益。

第三，土地利用方向变更的困难性。同一块土地往往有多种用途，一旦开发利用投入某项生产之后，要改变其利用方向则十分困难，还会造成巨大的经济损失。

第四，土地报酬递减的可能性。在一定的科学技术水平下，在一定面积的土地上，连续追加其它生产要素的投入时，在达到一定阶段之前，产量会随投入的增加而不断增加；当投入增加到一定数量之后，每增加一单位的投入所能新增加的产量会愈来愈少，最后会减少为零，甚至成为负值，西方经济学中把这种具有规律性的现象称为土地报酬（收益）递减规律。事实上，从社会发展的长期趋势看，科学技术是不断进步的，土地报酬递减规律是不存在的。

第五，土地利用后果的社会性。各个生产部门对土地利用的后果，不只是影响本部门的经济效益，而且会影响到整个国家和社会的生态环境和经济效益。

（二）土地在农业生产中的重要作用

土地是人类进行生产活动必需的物质条件和自然基础。马克思指出：“土地是一切生产和一切存在的源泉。”[①]又说：“劳动并不是它所生产的使用价值即物质财富的唯一源泉。”正像威廉·配第所说：“劳

① 《马克思恩格斯选集》第2卷，人民出版社1972年版，第109页。

动是财富之父，土地是财富之母。"[1]作为生存空间，土地是人类不能出让的生存条件，作为生产所必需的物质和能量来源，人的劳动只有同合并于土地的自然力相结合，才能创造出财富。因此，没有土地人们就不可能生存和进行任何生产活动，也不能进行农业生产劳动。

二、土地集约经营与适度规模经营

（一）土地集约经营的概念、类型及重要意义

1. 土地集约经营的概念。在农业生产发展史上，对土地的利用有两种方式，即粗放经营和集约经营。粗放经营是指在技术水平较低的条件下，在一定面积的土地上投入较少的生产资料和活劳动，进行粗耕粗作、广种薄收，主要靠扩大农田面积来增加农产品产量及收入的经营方式。集约经营与之相反，是指在一定土地面积上投入较多的生产资料和活劳动，应用先进农业技术装备和技术措施，进行精耕细作，主要靠提高土地生产率来增加农产品产量和收入的经营方式。在实践中，人们常说的农业集约经营主要指土地集约经营。

2. 土地集约经营的类型。根据投入生产要素密集程度不同，土地集约经营可分为三种类型：①劳动集约型，指在单位面积土地上投入较多的劳动去获得较多的产量和收入的方式；②技术集约型，指通过采用较多的先进技术在单位面积土地上获得较高产出和收入的方式；③资金集约型，指通过在单位面积土地上投入较多的生产资料，更多地使用物化劳动而提高产出和收入的方式。

（二）土地适度规模经营

土地适度规模经营是指根据农业生产发展的客观要求和社会、经济、技术、自然条件的可能，将土地生产要素适当集中使用，从而获得最大经济效益的经营方式。更简单地说，是指在最适宜的土地面积上的经营，当某一土地面积的经营能获得最佳经济效益时，这一土地面积即为适度经营规模。土地适度规模经营所要求的土地面积并不是固定的，而是因地、因时、因单位而变化的。

三、土地制度与土地产权

（一）土地制度的含义与特点

1. 土地制度的含义。土地制度是指人们在一定的社会经济条件下，在土地利用中形成的土地关系的总和，它有广义和狭义之分。广义的土地制度包括土地所有制度、土地使用制度、土地流转制度、土地金融制度、土地税收制度等内容；狭义的土地制度仅包括土地所有制度与土地使用制度。

2. 土地制度的特点。土地作为一种财产，与其他财产相比具有明显的特点，因而土地制度与其他财产制度相比也具有明显的特点。

第一，地位的基础性。在社会处于农业阶段的时候，土地是最基本的生产要素，因而成为最主要的财富形式。人类由农业社会转为工业社会后，由于国民财富大量增加，土地已不再占据财富构成中的决定性地位。但是在许多国家，特别是发达国家，由于人口膨胀和城市进程加快，使城市土地日渐稀缺和昂贵。无论是农业社会还是工业社会，土地都是农村最重要的财富。

第二，构成的复杂性。相对于一般财产来说，土地财产关系要复杂得多。土地作为一种不动财产，其所有、占有、使用、收益、处分及管理等构成一系列复杂的财产关系与产权体系。

第三，各国（或地区）的差异性。就一般财产而言，西方各国的占有形式比较单一，而唯独土地占有形式在各个国家之间仍保留着明显的差异性。因为土地制度除了受一个国家生产方式与生产力水平的决定性影响外，同时还受土地资源的状况、民族、经济、文化发展的历史等多种因素的影响，因而形成国与国之间明显的差异性。

---

[1]《马克思恩格斯选集》第23卷，人民出版社1972年，第57页。

（二）土地所有制与土地使用制

1. 土地所有制。土地所有制是指人们在一定社会制度下拥有土地的经济形式，是一定土地关系的基本制度，它是土地制度的核心，最终要由社会生产力状况来决定。此外，一个国家土地所有制的具体形式还受到社会经济条件和历史发展特点的影响，因而即使社会制度相同的国家，具体形式也有所不同。

2. 土地使用制。土地使用制度是关于土地使用的经济法律关系的总和。它主要解决土地由谁使用和如何使用的问题，是土地制度的另一个重要组成部分。在整个土地制度中，土地所有制度决定着土地使用制度。按土地所有制与土地使用制相互关系的不同，土地使用制可以分为两种类型：一类是"两权"合一型，即土地所有权与土地使用权都由一个产权主体行使，如中国土地改革前的自耕农、经营地主、土地改革时的农民，及人民公社时期的农村集体经济组织等。二是"两权"分离型，即土地所有权与土地使用权分别由不同的产权主体行使，如地主与佃农，资本主义土地所有者与租地农业资本家，中国目前的农村集体经济组织与土地承包农户等。

（三）土地产权

20 世纪 50 年代初到 60 年代末，科斯运用交易费用对外部性问题进行研究，发表了《社会成本问题》一书，提出了产权界定和产权安排的重要性。《牛津法律大辞典》把产权定义为："财产权指存在于任何客体之中或之上的完全权利，包括占有权、使用权、出借权、转让权、用尽权、消费权和其他与财产有关的权利。不要把财产权视作单一的权利，而应当把它视作若干权利的集合体，其中的很多权力可以在不丧失所有权的情况下予以让予。"我们认为，产权就是财产权利，它是一组权利，包括财产的所有权、使用权、收益权和处置权等。

产权具有主体清晰、归属明确、排他性、有限性、可分解性、可交易性、行为性等特征。

土地产权问题是土地制度的核心问题。土地产权的含义目前仍有争议，一般地说，土地产权是指由土地制度界定的关于土地这一财产的一切权力的总和，常用"权力束"加以描述，即土地产权包括一系列各具特色的权利：如土地所有权、土地占有权、土地使用权、土地处置权、土地收益权等。

四、水资源

（一）水资源的概念

水资源通常是指，对一个国家或地区来说具有经济利用价值并可以不断更新的那部分淡水量，包括地表水、土壤水和地下水。大气降水是恢复和更新水资源的基本来源。水资源虽然是一种可再生资源，但并不是取之不尽、用之不竭的，而是一种有一定限量、无法替代、极易受污染的宝贵资源。认真研究解决好水资源问题对农业至关重要。

（二）水资源的合理配置与利用

水既是一种重要的自然资源，又是一种重要的经济资源。水资源的配置和利用不仅关系到农业的可持续发展，而且还关系到工业化和城市化，以及人民生活水平的提高。因此，单纯任何一种措施都难以全面解决水资源的配置和利用问题，必须考虑建立多种运行机制，采取综合治理的办法。例如建立水资源配置和利用的市场机制、利益调节或补偿机制、国家宏观调控机制、技术创新和推广机制。

第三节　农业劳动力

一、农业劳动力的概念

劳动力有狭义和广义之分。狭义的劳动力是指人的劳动能力，是人的体力与智力的总和。广义的劳动力是指具有劳动能力的人口或劳动资源，是一定区域内具有劳动能力的人的数量和质量。劳动力作为

社会生产力重要的、惟一能动的要素，对农业生产经营具有十分重要的作用。

劳动力只有投入使用，才能发挥作用。农业劳动力主要是投入农业生产，由于农业生产有不同于其他生产部门的特殊性，农业劳动的特殊性表现为：农业劳动在时间上具有强烈的季节性；农业劳动在空间上具有较大的分散性和地域性；农业劳动内容的多样性；农业劳动成果的最后决定性及不稳定性；农业劳动的特点将随着农业科学技术的进步，以及农业生产社会化程度的不断提高而发生变化。充分合理地利用农业劳动力资源，必须适应农业劳动力的特点，以利于确定正确的途径，采取相应的措施，不断提高农业劳动力利用率和农业劳动生产率。

二、农业劳动力的供给与需求

（一）农业劳动力的供给

农业劳动力供给是指在一定时间内劳动力进行农业劳动供给的数量及质量，农村人口及其结构、农业劳动的经济收益、农业劳动力的素质等是农业劳动力供给的决定因素。

（二）农业劳动力的需求

农业劳动力需求包括对农业劳动力的数量需求和质量需求两个方面。农业自然资源的状况决定着农业劳动力潜在需求的大小，社会人口和经济状况决定着农业劳动力的宏观需求状况，政府的政策对于农业劳动力的需求状况也是一个重要的决定因素。

三、农业劳动力转移理论

在二元经济结构向发达的一元经济结构转变的过程中，农业劳动力由传统农业部门向现代工业部门转移，或者由农村向城市转移，是一个必然发生的共生现象。

（一）农业劳动力转移的一般规律

农业劳动力转移是指农业劳动力从农业向非农产业或城市的流动。农业劳动力转移的方式主要有两种：一是部门转移，即农业劳动力由农业部门向非农产业部门的流动。二是空间转移，即农业劳动力由农村向城市的流动。农业劳动力转移的一般规律是：①随着国民经济的发展，农业劳动力会逐步向非农产业或城市转移，农业劳动力占整个社会劳动力的比重逐步下降。②农业劳动力向非农产业转移速度的快慢，从根本上讲取决于农业相对非农产业劳动生产率的差距，即如果差距扩大，转移的拉力就强，转移的速度就快；反之，转移速度就慢。③农业劳动力向非农产业或城市转移呈现出两个阶段的变化趋势：第一阶段是农业劳动力绝对数量增加，相对比重（占社会总劳动力的比重）下降；第二阶段是农业劳动力的绝对数量与相对比重同时下降。

（二）农业劳动力转移的理论模式

发展经济学家进行了大量的研究，提出了许多著名的农业劳动力转移理论模式。

1. 刘易斯模式。1954 年，著名发展经济学家刘易斯（W. A. Lewis）在《曼彻斯特学派经济和社会研究》上发表了一篇著名的论文，题为“无限劳动供给下的经济发展”，提出了发展经济学关于劳动力流动的第一个理论模式。其基本含义为：①发展中国家一般存在着二元经济结构，一元是能够维持最低生活水平以土著方式进行生产，含有大量剩余劳动力的农业部门；另一元是以现代化方法进行生产的城市工业部门，它的劳动生产率和工资水平比农业部门的劳动生产率和工资水平高。②传统农业部门的最大特点是剩余劳动力的存在。③由于工农业之间的收入水平存在着明显的差距，农业剩余劳动力必然有一种向工业部门流动的趋势。④城市现代工业部门吸收农业剩余劳动力的结果是扩大了生产。⑤城市工业部门不断扩大生产，农业剩余劳动力不断向工业部门转移，农村人口不断进入城市，从而实现了工业化和城市化。

2. 拉尼斯－费模式。拉尼斯－费模式根据农业和工业两部门发展的对应关系把农业劳动力转移过

程分为三个阶段：第一阶段是劳动边际生产率等于零的阶段。在传统农业部门存在大量显性失业人口，劳动力供给弹性无限大，他们可以由农业部门流入城市工业部门，不会影响农业生产，而且由于他们的流出，使农业部门形成的剩余农产品，正好成为流入工业部门就业人口的粮食供应。第二阶段是劳动边际生产率大于零但小于不变制度工资的阶段。在农业部门存在隐蔽性失业特征的过剩劳动力，这部分劳动力继续流入城市工业部门，而农业总产量却不能与工业部门的劳动力同步增长，粮食的短缺引起农产品价格的相对上涨，工业部门不得不提高工资。由第一阶段进入第二阶段的转变点被称为"粮食短缺点"。第三阶段是劳动边际生产率大于不变制度工资的阶段。农业部门已不存在剩余劳动力，农业部门劳动力收入不再取决于制度工资，而是按照分配原则取得收入，这意味着传统农业已转化为商业化农业。第二阶段向第三阶段的转变点被称之为"商业化点"，由此开始进入稳定增长的发达经济，二元结构特征消失。

3. 托达罗模式。托达罗劳动力流动模式的基本含义是：①促使劳动力流动的基本力量是比较收益与成本的理性经济考虑；②使人们做出流入城市决策的是预期的而不是现实的城乡收入差异；③农业劳动力获得城市工作机会的概率，与城市失业率成反比；④人口流动率超过城市工作机会的增长率不仅是可能的，而且是合理的。

4. 拉文斯坦的推拉理论。英国经济学家拉文斯坦（E. G. Ravenstein）等人最早提出了推拉理论。这一理论认为，人口迁移是两种力量相互作用的结果：一种力量是原住地的推力或称排斥力，如迁出地缺少就业机会、农作物收成不好、社会关系不和、居住环境恶劣等因素都属于推力；另一种力量是迁入地的拉力或称吸引力，如公共设施较好、气候好、收入高、文化氛围好等。

5. 吉佛的引力理论。美国社会学者 G. 吉佛的引力理论探讨了人口迁移量同迁入地、迁出地两个地域的人口规模和距离的联系。研究结果表明，迁移量与两地人口数的乘积成正比，与其距离成反比。这一理论的实质是，人口迁移的方向是从低工资到高工资的地方，从劳动力过剩的地方到劳动力不足的地方。城乡人口迁移的动机决定于城乡预期收入的差异，差异越大流入城市的人口就越多；距离越短流入的量就越大。

6. 舒尔茨和夏斯达的成本收益理论。T. W. 舒尔茨和夏斯达从迁移的成本和收益出发来解释人们的迁移行为。人口迁移的成本收益理论将收益定义为迁移者预期的迁入地会取得比现在多的收益。成本包括货币成本和非货币成本，货币成本是交通、住宅、食物等方面增加的支出，非货币成本包括迁移时减少的收入以及心理成本等。只有迁移收益大于成本时，人们才做出迁移决策。

四、农业劳动生产率

（一）农业劳动生产率的概念

农业劳动生产率指农业劳动者在单位劳动时间内生产的农产品数量，或者生产单位农产品所消耗的劳动时间。提高农业劳动生产率，就意味着在单位劳动时间内能生产出更多的农产品，或者单位农产品所包含的劳动量减少。

（二）农业劳动生产率的影响因素

影响农业劳动生产率的因素是多方面的。马克思指出："劳动生产率是由多种情况决定的，其中包括：工人的平均熟练程度，科学的发展水平和它在工艺上应用的程度，生产过程的社会结合，生产资料的规模和效能，以及自然条件。"[①]根据马克思的这一论述，结合农业生产的特点，影响农业劳动生产率的因素可归纳为自然因素、经济因素、技术因素、社会条件四个方面。

（三）提高农业劳动生产率的途径

根据农业劳动生产率的影响因素，提高农业劳动生产率的途径主要有：采取正确的政策措施调动农

① 《马克思恩格斯全集》第23卷53页，人民出版社，1974。

民的劳动积极性，不断改进农业劳动者的物质技术装备，合理利用和逐步改善自然条件，不断提高农业劳动者的科学技术水平和劳动熟练程度，改善劳动组织加强经营管理。

第四节　农业家庭经营

一、农业家庭经营的含义

农业家庭经营是指以农民家庭为相对独立的生产经营单位，以家庭劳动力为主所从事的农业生产经营活动，又称为农户经营或家庭农场经营。农业家庭经营是一种弹性很大的经营方式，可与不同的所有制、不同的物质技术条件相适应，可以与不同的生产力水平相适应。农业家庭经营大量广泛存在的原因是：农业生产的特点，农业生产力水平，生产成果与劳动者的利益紧密结合，家庭成员具有利益目标的认同感，家庭成员在性别、年龄、体质、技能上的差别有利于分工，劳动力的充分利用。但由于生产规模较小、规模效益相对不高、交易成本较高、市场竞争力较低、先进农业技术的应用受到一定影响等，使农业家庭经营表现出了一定的局限性。

二、农业家庭经营的兼业化

（一）兼业农户的概念

兼业农户是与专业农户相对而言的，指有相当时间从事非农工作或者依靠经营农业以外的其他事业取得相当收入的农户，这类农户一般多为规模中小的家庭经营。

各国关于兼业农户的划分标准有所不同，有的国家是依据农业外部收入的大小或者比率来划分的，有的国家是依据农业和农业外部劳动日数的分配来划分的。中国把农户分为纯农业户、农业兼业户和非农业兼业户。纯农业户是指农户中的所有劳动力都从事农业，而不从事非农业；农业兼业户是指大约有64%的劳动力从事农业，36%的劳动力从事非农产业；非农业兼业户是指大约有40%的劳动力从事农业，60%的劳动力从事非农产业。

（二）农户兼业化的原因

农户兼业化的原因比较复杂，概括起来主要有：①农业强烈的季节性、生产周期长以及劳动过程和生产过程的不一致是农户兼业经营的客观基础。②农业贸易条件的恶化及比较利益的下降使得农户兼业化成为必然的选择。③对农户来说保有土地是一种较为可靠的生活保障和一笔不断增加的财富。④农业外部条件的改善也使得农户的兼业成为可能。

（三）农户兼业化的利弊

1. 农业兼业化的优点。兼业农户与专业农户一样都能生产商品性农产品；为农业剩余劳动力的转移开辟了新的途径；对改善农民生活，缩小城乡差距有积极作用；为城市工商业、服务业的发展提供了廉价劳动力；兼业农户由于有多种收入来源，推动了整个农村经济的发展，并从资金、技术等方面帮助农业生产的发展；由于兼业农户大都住在农村，家中又有人在城市或非农产业就业，使其具有了双重身份，这对兼业农户在经济危机期间为自己提供就业和生活保障，缓解大量农民涌向城市，防止城市的过度膨胀，避免农村人口的过度萎缩和农村社会的衰落，都是有好处的。

2. 农业兼业化的缺点。在兼业农户当中，也有许多是规模狭小、技术水平不高、资金短缺、商品率低、不适合农业现代化要求、不利于农业发展的农户。

三、中国农业家庭承包经营存在的主要问题与完善措施

（一）家庭承包经营中存在的主要问题

第一，耕地的细碎化与规模经营狭小。目前我国农村劳均耕地面积约为0.3hm^2，人均只有约0.1hm^2。

土地。第二，农民的经营自主权经常遭到侵害。乡村干部频繁调整农民的农地使用权，从而使农民对农地使用权缺乏稳定感，在生产与投资上产生短期行为和掠夺经营现象。第三，集体经营功能弱化。村级集体经济组织大多处于瘫痪状态，无法办好一家一户办不了的事情，其显示出的主要功能是向农户催粮催款，而不是提供有效的服务。第四，农户进入市场遇到障碍。一是农户在与农业产前、产后部门的市场竞争中处于不利地位；二是农户在市场交换中，相互处于无序、过度竞争状态。

（二）家庭承包经营的完善

完善家庭承包经营的措施包括：认真贯彻农业法和农村土地承包法，使农业家庭承包经营纳入法制化轨道；加强农业社会化服务体系建设，克服家庭承包经营的弱点；建立灵活高效的土地流转机制；完善农业市场体系，为家庭承包经营营造良好的市场环境；搞好集体统一经营，更好地为农户服务。

第五节　农业合作经济组织

农业合作经济组织有着久远的思想渊源，从莫尔1516年的《乌托邦》问世，到1623年康柏内拉《太阳城》出版播散出合作经济的星火；从19世纪初圣西门、傅立叶和欧文三大空想社会主义的出现以及他们的伟大实践，到近代西方合作经济思想的演变；从马克思、恩格斯对合作制的独到见解，到列宁对农业合作制的大范围实践及高度的理论概括；从当代西方合作思想的改革派到进化派，人们更趋向于农业合作制的经济与市场取向。

一、农业合作经济组织的含义

在这里，我们把合作经济组织、合作社与合作制看成是同义的概念，而不加严格的区分。合作社就其本质意义上来说，是劳动者（包括城市工人、手工业者、农民等小生产者和贫穷阶层）为了共同的利益，按照合作社的原则和规章制度联合起来共同经营的经营企业或经济组织①。

农业合作经济组织一般要包含以下几个方面的规定性：第一，合作社成员是具有独立财产所有权的劳动者，并按自愿的原则组织起来，对合作社的盈亏负无限或有限责任；第二，合作社成员之间是平等互利的关系，组织内部实行民主管理，合作社的工作人员可以在其成员内聘任，也可以聘请非成员担任；第三，合作社是有独立财产的经济实体，并实行合作占有，其独立的财产包括成员投资入股的财产和经营积累的财产；第四，合作社实行合作积累制，即有资产积累职能，将经营收入的一部分留作全体成员共有的积累基金，用于扩大和改善合作事业，不断增加全体成员的利益；第五，合作社的盈利以社员与合作社的交易额分配为主。符合这五项规定的经济组织才是比较规范的合作经济组织。

二、农业合作经济组织产生的原因

合作制的发展在世界上已有近150年的历史。尽管世界各国合作制产生的背景、发展的环境及发展的类型各不相同，但就合作制作为市场经济发展的产物，合作制作为一种国际运动，各国合作制的发展原因却有一定的共性。如社会分工与生产专业化需要农业合作制；为了抗御市场风险和自然风险农业需要合作制；农产品的易腐性和农业资产的专有性使农民需要合作制；在激烈的市场竞争中小规模经营的农户需要合作制；农业合作制与市场经济相伴而生等。

三、农业合作经济组织运行的基本原则

国际合作运动中有不同的合作学派、不同的理论观点，对合作制也有不同的定义，因而不同的合作经济组织所遵循的基本原则也有所差别。但当前大多数合作经济组织及合作学者们仍信奉传统原则，即在

① 同上。

1860年罗虚代尔公平先锋社提出的"行为规则与组织要点"12条原则的基础上，1966年国际合作社联盟所提出的6项原则。

第一，入社自由。任何人只要能从合作社的服务中获益并履行社员的义务、承担社员的责任都可入社，不得有任何人为的限制及社会、政治和宗教上的歧视。

第二，民主管理。管理人员由社员选举产生或以社员同意的方式指派，他们对社员负责。基层合作社的社员有平等的投票权——一人一票，并参与决策。其他层次的合作社应在民主的基础上以适当的方式进行管理。

第三，资金报酬适度。股金只能获利息不能分红，股金的利率必须受到严格的限制，不能超过市面上通行的普通利率。

第四，盈余返还。合作社经营活动的盈余有以下几种使用方式：用于合作社的发展，用于公共服务事业，按社员与合作社交易额的比例在社员中分配。

第五，合作社教育。所有的合作社都应向其社员、雇员及一般公众进行教育，使他们了解合作社在经济及民主方面的原则和活动方式。

第六，合作社之间的合作。为了更好地为社员及社区的利益服务，所有的合作社应以各种切实可行的方式与地方性的、全国性的或国际性的合作组织加强合作。

第六节　农业产业化经营

一、农业产业化经营的内涵与外延特征

中国的农业产业化经营缘起于20世纪90年代初，是中国的一种独特叫法，是"农工商一体化、产供销一条龙"经营的简称，它与20世纪50年代初发达国家开始的农业一体化(Agricultural Integration)过程中形成的农业综合经营(Agribusiness)本质上很相似，只是缘起的背景条件、历史作用、具体形式等存在着差别。对于什么是农业产业化经营，是否叫农业产业化经营，在国内农业经济学界存在着很大的争议。我国农业产业化经营发展到现在，已经基本达成的共识是：农业产业化经营是以市场为导向，以农户经营为基础，以"龙头"组织为依托，以经济效益为中心，以系列化服务为手段，通过实行种养加、产供销、农工商一体化经营，将农业再生产过程的产前、产中、产后诸环节联结为一个完整的产业系统，是引导分散的农户小生产转变为社会化的大生产的组织形式，是多方参与主体自愿结成的经济利益共同体，是市场农业的基本经营方式。[1]

生产专业化、企业规模化、经营一体化、服务社会化是农业产业化经营的外延特征。

二、农业产业化经营的成因

从组织理论分析角度看，农业产业化经营产生的标志是一体化组织的形成。组织理论认为，共同的利益和目标是一切自发形成组织的首要因素。也正是农户、企业的共同利益和目标，促使了农业产业化经营组织的形成。

从交易费用分析角度看，农产品从生产、加工到消费，需要经过多个中间环节，这些环节既可以由社会分工或专业化方式完成，也可以通过农业产业化经营，即各个环节都由产业化方式来完成。对这两种可替代的组织方式的选择标准就是交易费用，即通过农业产业化经营方式来组织生产和从市场上购买、销售，哪一种更便宜。

1　牛若峰等：《农业产业化经营的组织方式和运营机制》，北京大学出版社，2000，48。

三、农业产业化经营组织模式与运行机制

农业产业化经营的组织模式就是农产品生产者与加工营销商的连接方式。单个农产品生产者与加工营销商之间直接连接就形成纵向协作方式，纵向协作方式按照连接紧密程度分为公开市场、合同制和纵向一体化。

公开市场是实行农业产业化经营的重要组织形式，它对于耐储藏、产品差异性小的农产品比较适合；纵向一体化是一种非市场安排，它通过农工商、产加销一体化的方式，产品在组织内部实行非市场方式流动；合同制是介于公开市场与纵向一体化之间的组织方式，它在中国农业产业化经营发展中起着非常重要的作用；农产品生产者如果联合起来组成合作社，则是一种通过横向联合实现纵向协作的组织模式，这是西方国家农业纵向一体化的最重要的组织形式。

第七节　农业产业结构

农业产业结构是农业资源配置中的一个基本问题，也是农业生产力诸要素如何结合的基本问题。

一、农业产业结构的一般原理

（一）农业产业结构的概念

农业产业结构通常称之为农业生产结构，是指在一定地域（地区或农业企业）范围内农业各生产部门及其各生产项目相对于一定时期和一定的自然条件和社会经济条件所构成的特有的、比较稳定的结合方式。简单地说，农业产业结构就是指农业各产业部门和各部门内部的组成及其相互之间的比例关系。

（二）农业产业结构的内容

不论农业产业部门如何发展，农林牧渔始终是农业生产的基本部门。农业各产业部门间存在着错综复杂的关系，但其主要的、最本质的关系是通过农林牧渔的关系反映出来的。

（三）农业产业结构的特点

农业产业结构的内涵决定农业产业结构的特点，研究农业产业结构的特点是研究农业产业结构运动规律的重要方面。

第一，农业产业结构的整体性。农业产业结构的整体性，要求从整体观念出发，加强对农业产业结构进行系统性的研究。

第二，农业产业结构的多层次性。农业产业结构是多层次的主体结构，它的多层次性表现在结构总体上划分为狭义农业的内部结构和广义农业的内部结构，开展这两个层次的结构研究，对于促进农业经济发展具有十分重要的实际意义。

第三，农业产业结构的动态性。多种多样的农业产业结构受一定的时间、空间条件的影响，随着时间、空间条件的运动变化，农业产业结构也时刻在发生着变化，一成不变的农业产业结构是不存在的，研究农业产业结构的动态规律是农业经济学的基本研究任务之一。

二、农业产业结构形成的条件

影响农业产业结构形成的主要条件包括：生产力水平是农业产业结构形成和发展的主要条件，需求是农业产业结构形成和发展的前提条件，地理环境是农业产业结构形成和发展的基础条件，劳动力是农业产业结构形成和发展的内在条件，资金是农业产业结构形成和发展的基本条件，科学技术是农业产业结构形成和发展的动力条件。此外，经济政策，诸如金融政策、财政政策、价格政策、劳动政策等，对农业产业结构的形成和发展有着不可忽视的作用。

三、农业产业结构合理化的评价标准

农业产业结构的形成和发展虽受到诸多错综复杂的因素影响，但一般而言，判断农业产业结构是否合理的主要标准有以下几个方面：对农业资源的开发及利用状况，保持和改善生态环境的状况，满足社会需求的程度，经济效益的高低，农业各部门协调发展。

衡量农业产业结构合理与否，通常有四种方法：比重法、类比法、速度法和协调法。比重法是根据各次产业产值在产业结构中的百分比确定其合理的程度，但比重法并不能完全反映产业结构的合理程度。类比法是用一个地区的产业结构同另一个地区相比，从而说明这个地区产业结构的合理程度。速度法是用一个部门的速度同另一个部门的速度比较，或者用一个部门现在速度同过去的速度比较，以此说明结构是否合理。协调法是从系统的观点出发，研究农业产业结构运动的内在规律性，综合考察部门之间在一定时期的合理比例关系，使产业结构在生产、分配、流通、消费各个环节不受阻碍地和谐进行。

四、农业产业结构发展的规律性

目前，世界各国农业产业结构基本上有两种类型。一种以种植业为主，多数又是以生产粮食为主，经济不发达国家多属此类；另一种则以畜牧业为主，或者是农牧兼营，经济发达国家多属此类。当代经济发达国家农业产业结构发展的一个重要趋势是畜牧业生产占有越来越大的比重，其发展速度远远超过了种植业，从而使畜牧业在整个农业产业结构中占有重要地位。经济发达国家农业产业结构发展的另一个趋势是：在畜牧业中，提供低脂肪、高蛋白畜产品的畜牧比重日益增加；在种植业中，一方面随着牧业的迅速发展，种植部门生产的粮食，越来越多地被用作饲料，种植业为畜牧业服务的趋势正日趋明显。

第八节　传统农业的改造与农业现代化

一、传统农业的改造

（一）农业生产发展的三个历史阶段

1. 原始农业。原始农业是指从新石器时代到铁器工具出现以前的农业。基本特征是以石器、棍棒为生产工具，以传统的直接经验为生产技术，刀耕火种，广种薄收，生态平衡遭到严重破坏，自给自足，缺少社会分工。

2. 传统农业。传统农业是指开始于石器时代末期和铁器时代初期，并且在发达国家一直延续到18世纪60年代的一种农业生产经营方式。传统农业的主要特征是：①技术停滞。农民以传统的直接经验技术为基础，使用简陋的铁木农具和人力、畜力以及水力和风力进行生产。②粗放式耕作与劳动密集型精耕细作相结合，劳动生产率极其低下。粮食产量的增加主要依靠两种途径：一是扩大耕地面积，形成粗放式耕作；二是增加单位面积上的劳动投入，形成劳动密集型的精耕细作，但由于技术停滞，土地报酬递减规律发挥作用，因而劳动生产率呈下降趋势。③封闭的、自我循环和发展，自给自足的自然经济。

3. 现代农业。现代农业是用现代工业、现代科技武装起来的、用现代管理方法管理的农业。现代农业是从资本主义产业革命到20世纪初，特别是第二次世界大战以来的农业。它的基本特点是物质和能量开放式循环，从农业以外投放大量的能源和物质，因而加速了农业生产的发展。现代农业是人类第一次在农业生产和经营中大规模自觉应用现代科学技术，采用农业机械的结果，是广泛采用以机械、化学和生物技术群为核心的现代科学技术，采用现代工业提供的生产资料和科学管理方法的农业。

（二）传统农业的改造

改造传统农业可从四个方面入手。第一，市场经济制度的构建。传统农业的改造必须建立在市场经济的基础之上，因为市场可以刺激指导农民作出生产决策，并根据农民配置要素的效率得到不同回报。

第二，有效的农业微观经济组织制度的建立。国内外的历史经验都证明，家庭经营是农业微观经济组织中最基本和最主要的形式。对传统农业进行改造需要构建农业合作社、公司等社会化服务组织，但不能否定农业的家庭经营。第三，农业技术进步水平的提高。农业科学技术一经应用到农业生产实践中去，就会变成强大的物质力量，成为改造传统农业和实现农业现代化的重要推动力。第四，农民人力资本投资的加强。

二、农业现代化的内涵、特征、内容

（一）农业现代化的基本内涵

农业现代化是指用现代工业装备农业，用现代科技武装农业，用现代管理方法管理农业，从而使农业由传统农业向现代农业转变的过程。对于农业现代化，可以从两个方面去把握内涵：它是一个过程，是从传统农业向现代农业转变的过程；农业现代化又是一种手段，即一国使其落后的农业部门尽快实现现代化，以适应工业化迅速发展需要的各种手段的总称，或者说，农业现代化是一国将其传统农业改造成为现代农业的手段。

（二）农业现代化的基本特征

第一，农业现代化内容的广泛性。农业现代化建设不仅是农业生产过程的现代化，而且包括农业生产手段、农业产出水平和农业调控机制实现现代化；不仅要求农业内部各主要环节实现现代化，也要体现在农民生活、农村社会和环境建设等外围或支撑体系实现现代化。

第二，农业现代化的地域性和阶段性。地域性是指农业现代化的具体内容和标准在不同的国家和地区存在差异，究其原因主要是自然条件和社会经济基础的差异造成的，这些差异还会造成农业现代化的阶段性。

第三，农业现代化的历史继承性。农业现代化是由传统农业向现代农业转化的过程，所以现代农业作为对传统农业扬弃的产物，具有深刻的历史继承性。

此外，农业现代化还表现为实现过程的动态性。

（三）农业现代化的主要内容

第一，生产条件现代化。即用现代工业来武装农业，实现机械化、水利化、电气化、化学化。

第二，生产技术现代化。即用现代科学技术武装农业，在农业生产上广泛采用现代生物技术、化学技术、耕作与栽培技术以及饲养技术等。

第三，经营管理现代化。即用科学方法管理农业，包括劳动者素质现代化，管理方法与手段现代化等。

第四，社会化、专业化、商品化。社会化、专业化、商品化是同等程度的概念，现代农业是以现代商品经济为纽带，社会分工和社会协作相结合的社会化大生产，而产品的商品化则是农业社会化、专业化的体现，是农业生产力向更高层次发展的必然结果。社会化、专业化、商品化是一体的，三者相互作用，互相促进。因此，中国要实现农业现代化，建立完善的市场体系、促进农业的社会化、专业化、商品化是必然选择。

此外，集约、高效、持续也是农业现代化的内容。

第九节　农业可持续发展

现代农业使人类在农业生产方面取得了长足的进步，但也给世界带来了亟待解决的问题，如生产效益下降、农业环境污染、生态环境恶化、农业资源枯竭等，这些问题使得现代农业的发展面临着重重困难，受到了极大的挑战。

一、农业可持续发展的内涵与基本特征

（一）农业可持续发展的内涵

1972年，联合国在斯德哥尔摩召开了人类历史上第一次人类与环境大会，通过了著名的《人类环境宣言》，成为谋求人与自然协调、保持环境清洁和维持地球生态平衡新思想的重要里程碑。此后，理论上世界农业发展开始进入新的时期。1981年，美国农业科学家莱斯特·R·布朗在出版的《Building a Sustainable Society》中，对"可持续发展观"进行了系统的阐述，从此奠定了农业持续发展的理论基础。1985年，美国加利福尼亚州议会通过的"可持续农业教育法"中，率先提出"持续农业"的新构想，并很快得到有关国际组织和国家政府的响应。至此，农业可持续发展的内涵是：在满足当代人需要，又不损害后代满足其需要的发展条件下，采用不会耗尽资源或危害环境的生产方式，实行技术变革和机制性改革，减少农业生产对环境的破坏，维护土地、水、生物、环境不退化，技术运用适当，经济上可行以及社会可接受的农业发展战略。

（二）农业可持续发展的基本特征

第一，生态持续性。生态持续性主要关注于生物—自然过程，以及生态系统的永续生产力和功能。

第二，社会持续性。社会持续性强调满足人类基本的需要和较高层次的社会—文化需求。满足需要一般意味着提供既充分又多样的农产品以满足消费需求和偏好，并确保安全可靠的供给，特别是粮食问题。

第三，经济持续性。经济持续性主要关注农业生产者的长期利益，其中一个重要问题就是产量的持续性，但这里着眼未来生产率和产量，而不是自然资源本身。经济持续性的另一个重要方面是农业经营的经济表现和可获利性，农业要持续就必须使生产者有利可图。

二、影响农业可持续发展的主要因素

第一，人口与农业可持续发展。人口增长对资源、环境、社会系统、农业可持续发展造成压力；人力资本积累与农业可持续发展的影响具有正反两个方面。

第二，自然资源与农业可持续发展。自然资源是指一切能为人类提供生存、发展、享受的自然物质与自然条件，它对于农业生产来讲更为重要。但农业中的自然资源呈现出越来越明显的有限性或稀少性，这就构成了自然资源与农业可持续发展的矛盾冲突。自然资源的永续利用是农业可持续发展的物质基础和基本条件。

第三，环境与农业可持续发展。环境是指与人类密切相关的，影响人类生活和生产的，在自然或人类作用下形成的物质和能量及相互作用的总和，它主要包括生态系统以及人们对之作用而产生的各种依存关系。如环境对农业可持续发展具有推动和制约的双重性，二者既对立又统一；环境问题具有传递性，除了农业以外，还需要各行业、各地区、整个国家甚至整个世界采取共同的行动；环境污染往往具有累积性，呈指数式发展；环境问题还具有外部性。

第四，技术进步与农业可持续发展。技术进步与农业可持续发展的关系是：农业不可持续的根本原因之一是科学技术落后；农业可持续发展必须依靠科技进步；某些技术进步可能产生负效应，不利于农业的可持续发展；技术进步是农业可持续发展的源泉，但它只是必要条件而非充分条件。

三、农业可持续发展与中国生态农业

（一）生态农业的提出与中国特色生态农业的内涵

1. 生态农业的提出。生态农业是由美国土壤学家W. A. Alborecht于20世纪60年代首先提出来的，其代表性的定义是，"在尽量减少人工管理的条件下进行农业生产，保护土壤肥力和生物种群的多样性，控制土壤侵蚀，少用或不用化肥农药，减轻环境压力，实现持久性发展"。可见，西方生态农业的基本内容

与有机农业基本一致，都是模仿自然生态系统进行生产，更多地强调降低化学能的投入原则，把农业生态系统的平衡以及维持和保证资源环境的持续性放在首位。

西方生态农业具有降低能量消耗、改善生态环境、保护自然资源、提高食物质量等特色和优点。但同时也存在一些不利的方面，如产量下降、病虫害危害加重、经济效益降低、收入减少等，这些缺点使其推广遇到了许多障碍。

2. 中国特色生态农业的内涵。叶谦吉在《生态农业——农业的未来》一书中为中国生态农业作了如下的定义："生态农业就是从系统的思想出发，按照生态学原理、经济学原理和生态经济学原理，运用现代科学技术成果和现代管理手段，以及传统农业的有效经验建立起来，以期获得较高的经济效益、生态效益和社会效益的现代化的农业发展模式。简单地说，就是遵循生态经济学规律进行经营和管理的集约化农业体系。"

（二）可持续农业发展趋势

1. 追求农业与环境的协调发展。可持续农业是技术、经济、社会、资源、环境相协调的统一体，创造一种使人类与自然界相协调的和谐格局，形成人与其他生物共存的生态系统，以确保可持续发展为主导，既造福当代人又造福后代人，使人类在地球上能够世代地繁衍生息。

2. 节约资源，提高资源利用率。农业要可持续发展，就要改变"石油农业"过度消耗自然资源的弊端，变资源经济为技术、知识集约型经济。

3. 建立经济与生态良性循环体系。可持续农业必须既能使农业生态系统的物质、能量资源得到充分开发利用，以适应经济增长和社会进步的需要，又不超越农业生态系统自我调节机制所能承载的阈限，维护系统的动态平衡和持续生产力，实现在经济增长的同时生态系统能够自我调节、自我修复、相互促进、良性循环。

4. 强化农业系统内的自养、自控功能。农业生产不同于工业生产，它要有一个自然再生产过程。农业的有机性是不可替代的，它在维护生物自然再生产过程中实现有机物质循环，促进生物之间、生物与环境之间的物质能量转化及互促、互制功能，再以农业系统外部增加生物工业物质技术的投放。与"石油农业"削弱农业系统内的有机物质循环相反，可持续农业发挥农业系统内自然再生产过程的自养性、自检性，是提高资源利用率、维护生态平衡的基础。

此外，可持续农业发展的另一个趋势是广泛应用现代高新技术。

第十九章　农业企业经营管理

第一节　导论

一、农业企业经营管理概述

所谓经营，是指为实现企业目标，对企业生产要素和供、产、销环节进行合理地分配和组合，并以获得经济效益为目的的全部经济活动过程。所谓管理是指为达到一定的经营目标，对经营要素的组合与经营过程的运转进行决策、计划、组织、指挥、协调、控制等全部工作的总和。经营与管理是相互区别而又相互联系的两个概念，经营借助于管理而实现，离开了管理，经营活动就会发生紊乱，甚至中断。鉴于此，人们常将经营与管理统称为经营管理。

二、农业企业经营管理学的研究对象和内容

农业企业经营管理学的研究客体是大农业概念的农业企业。在我国，农业企业有多种类型，从所有

制形式看，既有社区合作经济组织，又有个体、私营、外商投资的农业企业，以及股份制或股份合作制农业企业；从经营形式看，既有集体经营与农户家庭经营相结合的双层经营，又有承包经营、租赁经营，还有若干企业的联合经营和集团化经营；从经营内容看，既有专营农业企业、农工商综合经营企业，又有为农业直接生产过程提供要素劳务的企业。

农业企业经营管理学是一门边缘性学科，它以经济科学与管理科学为基础，同统计学、会计学、计量经济学、运筹学、技术科学有着密切的关系，并应用这些学科知识来研究和解决经济管理中的问题

三、农业企业的界定

（一）农业企业的内涵

传统意义的农业企业，是指以动植物和微生物为劳动对象，以土地为基本生产资料，通过人工培育和饲养，以获得人类必需消费品的生产经营企业。现代农业企业则包括与农业产前、产后、产中有关的所有企业，也可以称为涉农企业或农业关联企业。凡是直接或间接为农业生产服务的企业都可被认为是农业企业

（二）农业企业的特征

农业企业作为社会生产的基本经济单位，其特征包括：农业企业是动植物产品或服务的直接提供者，农业企业的经营目的是获得利润，农业企业独立核算、自负盈亏，农业企业是纳税单位等。

（三）农业企业的职能

农业企业的职能，是指农业企业在社会经济活动中所产生的功能或发挥的作用，同其他类型企业一样，农业企业既具有企业的共性职能，又具有农业企业的特殊职能。其特殊职能表现为：

1. 农业企业是资源配置的组织载体。农业要素如何集合起来，怎样合理配置才能获得最佳效益，是靠农业企业来运营

2. 农业企业是农业产业中最基本的市场主体。中国有数以亿计的小农户，虽是独立的利益主体，但由于规模过小而不能直接进入大市场，需要公司企业和合作社作为中介。中国进入 WTO 后，要提高我国农产品的竞争力，必须建立高效率的农业经营企业和组织体系

3. 农业企业是农业产业化经营的组织带动者。在我们这样一个分散的小农户极其众多的国家里，发展市场经济，实施农业产业化经营，特别需要龙头企业组织带动。

4. 农业企业是实现农业现代化的排头兵。农业现代化是一个由传统农业生产转变为现代农业产业的演进过程，在这个过程中要用现代工业提供的技术装备武装农业，用现代生物科学技术改造农业，用现代市场经济经营理念和组织方式来管理农业，都必须由农业企业作排头兵。

（四）农业企业的分类

不同类型的农业企业经营机制转换和战略管理会有某种差异，国家对它们实施的企业政策和宏观调控也有所差别，这就需要根据农业概念和农业企业的界定，以及它们现实的存在形式进行分类。按生产经营范围划分，农业企业可以分为 4 种类型，即以生产农产品为主要业务的各种专业化企业和综合企业，农产品生产与加工相结合的联合企业，农产品生产、加工和运销结合在一起的农工商联合企业，为农业服务的服务性企业。

四、农业企业制度

农业企业制度，是包含农业企业经济关系和经济行为以及组织形式在内的一整套准则和规定。1993 年 11 月，党的十四届三中全会通过的《中共中央关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》，明确提出产权明晰、权责明确、政企分开、管理科学的企业制度。农业作为一个独立的产业部门，在企业制度、组织形式等方面与一般企业并没有很大差别。

第二节　农业企业经营战略

经营战略是影响企业发展方向和目标的重要方面，企业经营战略的制订是企业内外环境与发展预期之间博弈的结果。

一、企业经营战略内涵

企业经营战略是企业在分析外部环境和内部条件的现状及变化趋势的基础上，为求得企业的长期生存和稳定发展所作的长远性总体规划。经营战略既是企业经营思想的集中体现，又是企业发展的行动纲领。企业经营战略的特点主要包括：

第一，全局性。企业经营战略是以企业全局为对象，根据企业总体发展的需要而制定的。

第二，长远性。经营战略既是企业谋取长远发展和长期利益要求的反映，又是企业对未来较长时期内如何生存和发展的筹划。

第三，竞争性。企业经营战略是关于企业在竞争中如何与竞争对手抗衡的行动方案。

第四，纲领性。企业经营战略规定的是企业总体的长远目标、发展方向和重点，所采取的基本行动方针、重大措施和基本步骤反映的是企业本质性问题，解决企业生存发展中的主要矛盾，具有统帅作用。

第五，风险性。企业经营战略是对未来发展的规划，而环境总是处于不确定的趋势中，任何企业经营战略都存在一定的决策风险。

第六，稳定性。经营战略在一定时期内保持相对稳定性。

二、农业企业经营环境分析

企业经营环境，是指对企业经营与发展产生直接或间接影响的各种外部条件的总称，任何企业的生产经营活动都是在一定的环境条件下进行的，而各种环境因素总是不断变化的。企业必须经常地分析、监视和预测其经营环境的变化，并以此制定企业经营战略。

企业经营环境是一个多因素、多层次且不断变化的系统。从宏观角度分析，企业外部环境包括经济环境、自然环境、政治法律环境、社会文化环境、科学技术环境和国际环境等。

三、农业企业经营战略目标

（一）企业战略目标的含义

企业战略目标是企业战略思想和经营宗旨的具体化，反映企业自我定位和发展方向，它涉及企业整体发展及其达到的水平，比近期经营目标更强调长远性和方向性。企业战略目标一般应包括：获利能力、生产能力、竞争地位、人力资源开发目标、技术改进与发展目标、财务状况、企业建设与发展、社会责任与贡献等内容。

（二）企业战略目标的特征

企业经营管理活动都要借助于一个目标体系来进行，这一目标体系由几个层次构成：企业的任务或使命，企业总目标（战略目标），战略经营单位目标，职能部门目标，基层单位目标，（员工）个人目标。在这一目标体系中，战略目标起着承上启下的作用，因而具有关键性、先进性、可接受性、可度量性、一致性等特点。

四、农业企业经营战略选择

经营战略选择是根据企业发展总目标的要求，提出若干可供选择的战略备选方案，按照一定的评价标准和择优方法，最后选出一个最优方案的过程，包括备选方案的拟定、评价和选择。

一个完整的企业战略方案应包括：企业经营战略思想、企业经营战略重点、企业经营战略步骤、企业经营战略对策。

对企业备选战略方案的评价一般包括：战略与基本战略目标是否一致，战略是否与企业环境一致；战略是否与企业内部各种优势、资源情况、企业文化相吻合；战略是否反映企业可以接受的最小风险，是否与企业资源和发展前景所要求的最大利润平衡；战略是否与企业其他战略相冲突，战略是否被分成相关的分战略等。

第三节　农业企业经营决策

企业管理的重心在经营，经营的关键在决策。企业经营决策就是为了实现预期的经营目标，从多种可供选择的行动方案中选出一个最优方案的过程，简单地说，就是对未来经营事件的决定。企业经营决策的内容主要有经营规模决策、融资决策、投资决策、营销决策等。

一、企业经营规模决策

1. 经营规模的内涵。经营规模是生产力要素的组合概念，即一定数量和质量的生产要素在一定实体内的积聚程度，是使生产力系统能够有效运转的数量规定，简单地说，就是指一个经营单位或企业占有生产要素的数量及其形成的生产能力。它可用两类指标来衡量，一是投入指标，即占用各种生产要素的数量；二是产出指标，即各种产品的数量或劳务量，其综合指标是产值、净产值、利润。

2. 经营规模的制约因素。经营规模的制约因素主要有：生产工具的性能与劳动协作范围；生产过程结合方式与生产专业化程度；产品市场供求与市场竞争；土地资源与资金供给；企业经营管理水平。

二、融资决策

企业融资是指企业为了从事生产经营，从不同资金所有者那里筹集资金的财务活动。融资管理，就是要选择合适的筹资方式，确定最佳的资本结构，不仅从数量上满足生产经营的需要，而且要力求降低企业的资金成本和财务风险。

（一）资本金的筹集

资本金是指企业在工商行政管理部门登记的注册资金，按照我国现行财务制度和公司法的规定，企业设立须有法定的最低限额的资本金。

1. 筹资渠道。在我国，企业筹集资本金的渠道主要有：国家资本金，法人资本金，个人资本金，外商资本金，企业内部形成的资金，如资本公积金、盈余公积金和公益金等各种积累。

2. 筹集方式

（1）吸收直接投资。吸收直接投资是企业筹集长期资金的一种重要方式，其资金主要来源于国家投资和其他单位联营投资。

（2）发行股票。股票是股份有限公司为筹集自有资金而发行的有价证券。

（二）借入资金的筹集

借入资金是企业对外借入，需按法规、合同或协议规定的条件，在一定期限内使用，到期必须偿还或结清的资金。借入资金按偿还期的长短可分为：短期借入资金和长期借入资金两种。短期借入资金包括短期借款、应付短期债券、预提费用、应付及预收款项等。长期借入资金包括长期借款、长期债券、长期应付款等。

三、投资决策

企业筹资的目的是为了投资。投资是指投放一定数量的资本，以期未来能获取收益的经济活动，按

期限可分为短期投资和长期投资。短期投资是指可在一年内收回的投资，一般指企业的流动资产投资。长期投资是指一年以上才能收回的投资，通常指企业的非流动资产，包括固定资产投资、无形资产投资和对外投资等。

四、营销决策

市场营销是指个人和集体通过创造，提供出售，并同别人交换产品和价值，以获得其所需的一种社会和管理过程，它不只是简单的产品推销和广告宣传。所谓营销决策，是指企业识别、分析、选择和发现市场营销机会，以实现企业经营目标的一系列活动过程。

（一）农产品销售的特点

由于农产品本身的特点，农业企业的产品销售有以下特点：

1. 由于农产品需求弹性小，在农产品供不应求时，再高的价格也要购买；在供过于求时，价格再低，也很难销售出去。

2. 由于农产品生产具有季节性、地域性特点，不同时间的供求矛盾，应通过农产品贮藏和反季节生产来解决；不同空间的供求矛盾，应通过农产品运输加以调节。

3. 由于农产品是有生命的物质，易腐烂，不易贮藏、运输，而农产品消费则要求提供鲜活农产品，因而农产品销售具有风险性。

（二）产品定价决策

价格是决定企业产品（劳务）销路的重要因素之一，农业企业应在国家价格政策指导下，正确地运用定价理论和技巧，制定合理的定价方案。

1. 定价策略

高价策略：对新上市的产品，需求弹性较小，暂时没有或很少有竞争对手，可以有意识地使定价偏高。

低价策略：对新上市的产品，采取低价投入市场的策略，以便企业的产品能迅速占领市场。

折让定价策略：在正式价格的基础上，给予一定的折扣和计价，通常有现金折扣、数量折扣、交易折扣等，此外还有销售津贴、分期付款、季节折扣等形式。

差别定价策略：对同一种产品在不同条件下规定不同的价格，主要有质量差价、季节差价、地理差价、批零差价等。

心理定价策略：运用心理学原理，巧妙地利用顾客在购买商品时的不同心理需求来制定或调整价格，以诱导顾客增加购买，如整数定价、尾数定价、声望定价、习惯定价。

2. 农产品价格风险规避　在市场经济条件下，尤其农业企业对农产品价格难以控制，存在着价格风险，需要制定规避风险的对策，如分期销售、合同订购、期货交易。

（三）产品销售策略

农产品销售策略包括两部分：一是分销策略，二是促销策略。分销策略也称分配渠道策略或分销渠道策略，它是指产品在其所有权转移过程中，由生产领域进入消费领域的途径，以及相应设置的分销机构。促销策略是指卖方向买方传递信息促进产品销售的一系列报道、说服活动。促销的基本方式有人员推销和非人员推销两大类，非人员推销包括广告、公共关系和营业推广等多种方式。

第四节　农业企业经营计划

与其他企业一样，农业企业也是一个由人力、物力、财力、技术、信息等多种要素组成的系统，为使系统有效运行，必须有一个完备的计划体系，将系统的各要素优化组合。

一、农业企业经营计划的特点

经营计划是企业经营决策的具体化，是企业进行经营活动的行动准则。概括起来，经营计划的基本特点是目标性、主导性、普遍性、效益性。

二、农业企业经营计划的内容

农业企业经营计划包括长期经营计划、年度经营计划和阶段经营计划三种。

长期经营计划亦称长远规划，它是从战略上、整体上确定农业企业发展的方向和主要措施，并展示可能达到的战略目标。长期经营计划涉及企业发展的重大问题，诸如生产结构与布局、新产品的更新换代、人力资源开发利用、技术设备的更新改造等。

年度经营计划指在计划年度内，为落实生产经营活动的具体指标而编制的计划，用于反映当年生产发展速度、盈利水平等。

阶段经营计划又称作业计划，是组织生产经营活动的具体实施计划。主要内容有作业项目、作业期限、工作量、质量要求、操作规程等。

三、农业企业经营计划的编制

（一）经营计划编排原则

市场导向原则：农业企业生产的目的是为了满足社会需求，并获取利润，因此编制经营计划事先应根据市场需要，制定企业的各种经营计划。

弹性原则：企业经营计划执行过程中存在着许多难以预料的不确定因素，因而经营计划要留有余地。

统筹安排原则：农业企业经营活动是在一定时空条件下进行的，人力、物力、财力有限，因而企业制定经营计划要坚持统筹兼顾、综合平衡，使生产经营活动的各个环节之间保持协调关系。

（二）经营计划编制的方法

1. 综合平衡法。综合平衡法，是企业为了达到既定的计划目标，将人力、物力、财力等资源条件在各部门和各生产项目之间进行合理分配，它是编制经营计划常用的方法。综合平衡的内容主要有：销售量（需要量）与生产量（供给量）之间的平衡；企业内部各部门之间的平衡；生产任务与生产能力之间的平衡等。

2. 滚动计划法。滚动计划法，是保证计划在执行过程中能够根据实际情况变化适时地修改和调整的一种现代计划方法。采用滚动计划法修订长期计划，可根据每年计划实际执行情况，针对客观条件的变化，每年调整一次，将计划向前推进一年。

3. 产品系列评价法。这种方法的要点是，根据市场引力和企业实力两个综合性指标，通过评分的方法进行评价，依据分数的高低对产品进行综合评价，然后做出相应的决策，编制产品品种计划。

第五节　农业企业人力资源管理

伴随着知识经济时代的到来，许多企业管理者已意识到人力资源管理是企业管理的核心，并把管理的重点从物本管理转向人本管理。人力资源是指一个企业所拥有的劳动力的数量和质量，企业人力资源是企业最宝贵的战略资源。

一、人力资源管理理论的发展

科学的人力资源管理活动历经百年历史，企业人力资源管理已进入到人力资本管理的新阶段，这一演变过程大致可分为传统人事管理阶段、人力资源管理阶段、人力资本管理阶段。

（一）传统人事管理阶段（20 世纪初至 30 年代）

传统人事管理，指员工的选拔和任用，最初称为劳动管理，继而称为雇佣管理，后来称为人事管理。作为企业基本管理功能之一的人事管理，主要是处理人与工作、人与企业的关系。

（二）人力资源管理阶段（20 世纪 30 年代至 70 年代）

对传统人事管理理论的反思，导致了人力资源管理思想的出现。这种理论源于梅奥的人际关系学说和盛行于 20 世纪 70 年代的行为科学。代表理论有马斯洛的“需求层次理论”、赫次伯格的“激励—保健因素理论”、麦格雷戈的“X 理论 - Y 理论”、威廉大内的“Z 理论”等。人力资源管理思想的主要观点是“社会人”假设；重视非正式组织的作用；主张劳资合作；注重内在激励。

（三）人力资本管理阶段（20 世纪 80 年代至今）

20 世纪 70 年代以来，一些发达国家开始了从工业社会向信息社会（后工业社会）的转变，人力资源管理理论和实践出现了新趋势：一是“以人为中心”的管理模式日益成熟；二是人力资本理论全面被引入企业管理；三是企业文化理论的系统化形成了一个新的管理学派，即文化管理学派；四是系统科学与管理学的结合，把人力资本经营摆到了企业整体发展战略和企业管理的核心位置。

人力资本管理的主要观点：人力资本是企业管理的核心要素；人力资源管理的重心是对人力资本质量的培育；重视以人力资本为中心的无形资产营运；企业文化成为人力资本管理的重要理念。

二、企业员工的培训

员工培训，是指企业人力资源部门负责规划组织，通过教学或经验的方式在知识、技术、态度、道德、观念等方面改进职工的行为方式，以达到期望的标准或水平。

作为企业一个完整的员工培训工作规划，包括以下几个方面：一是员工知识的培训；二是员工技能的培训；三是员工态度的培训。

三、企业员工的激励

所谓员工激励，就是企业领导者运用激励理论与方法，对员工的需求加以满足或限制，借以引起他们心理状况的变化，达到激发动机，向着所期望的组织目标做出持久努力等一系列活动过程。

员工激励的常用方法有以下几种：劳动报酬激励、制度激励、目标激励、榜样激励、感情激励、员工持股计划。

第六节　农业企业资金资源管理

资金是市场经济条件下农业企业生产和流通过程中使用的物质资料和劳动力价值形式的货币表现。它是企业获取各种生产要素的重要手段，要保证企业持续发展，就必须管理好资金、分配好资金，最大限度地发挥资金资源的功效。

一、企业的资金运动

企业的资金运动是企业利用价值形式管理企业生产过程的一种活动，包括资金的筹集、资金使用、资金耗费、收入取得分配等活动。

二、固定资产管理

固定资金是垫支在主要劳动资料上的资金，其实物形态表现为固定资产，如房屋及建筑物、机器设备、运输设备等。农业企业生产能力的大小通常是由固定资产的多少，以及它的技术状况和先进程度所决定的。在实际生产经营活动中，作为固定资产的劳动资料一般应同时具备两个条件：一是使用年限长；

二是单位价值在规定的价值以上。

固定资金的周转具有循环周期长，一次性投资分次收回，价值补偿和实物更新可以分离等特点。

固定资产折旧，是指固定资产在使用过程中因磨损而转移到产品成本的那部分价值，通过折旧提留的那部分资金称为折旧基金。固定资产折旧的计算方法主要有：①平均年限法，这是按照固定资产使用年限平均分摊折旧额的一种折旧提取方法。②工作量法，即按固定资产从投产使用到报废期间预计能完成的工作量计算折旧。③加速折旧法，即指加速固定资产计算折旧的方法，它包括双倍余额递减法、年数总和法等。

三、流动资金管理

（一）流动资金的基本内涵

流动资金，是指垫支在劳动对象上的资金和用于支付劳动报酬及其他费用的资金。它只在一个生产周期内发生作用，其价值在生产过程中一次性全部转移到产品成本中去，并随着产品的销售，从销售收入中得到补偿。农业企业的流动资金由储备资金、生产资金、成品资金、货币资金等组成。储备资金是指为进行生产而储备的各种材料和物资所占用的资金；生产资金是指在生产过程中占用的资金；成品资金是指已经入库的产品所占用的资金；货币资金是指现有的银行存款和现金。

（二）流动资金的日常管理

1. 流动资金日常管理的内容

（1）货币资产管理：货币资产的管理主要是对现金和银行存款的管理。现金管理的基本内容包括现金的使用范围、库存限额、建立合格的内部控制制度。银行存款管理主要表现为如何保持银行存款的合理水平，以使企业既能将多余货币资金投入有较高回报的其他投资方向，又能在企业急需资金时获得足够的现金。

（2）债权资产：债权资产是指债权人将在未来时期向债务人收取的款项和应收票据等。应收账款管理，主要是对顾客进行信用调查和信用评价，根据信用政策确定是否给予货款赊欠。应收票据管理一般包括期票管理和汇票管理。

（3）存货资产：企业保持一定数量的存货是为了保证生产经营连续进行，也因此负一定的成本费用，包括采购成本、定货成本、储存成本，以及缺货成本等。存货资产管理的主要目的就是使存货的效益与成本达到最优化，以最低的成本提供企业生产，经营所需的存货。

2. 考核流动资金利用效果的指标　考核流动资金的利用效果除了对周转速度进行分析外，还要将一定资金额所完成的总产值、净产值、纯收入或利润等进行比较。通常用流动资金周转率、流动资金产值率、流动资金利润率等指标。

3. 提高流动资金利用效果的途径

①合理确定企业生产结构，提高产品的数量和质量；②改进生产技术和组织管理，尽可能缩短生产周期；③科学制定各种物资消耗定额，节约生产开支；④改善生产资料供应和产品销售工作，缩短资金在流通领域的时间；⑤加强贷款的计划性，合理使用信贷资金，避免资金积压和增加不必要的利息支出；⑥及时办理结算，收回欠款，降低结算资金占用额等。

四、无形资产管理

（一）无形资产的内涵及特点

无形资产是指企业能够长期使用，但不具备实物形态的资产。包括专利权、非专利技术、商标权、著作权、土地使用权、商誉等。无形资产特点表现为：①无形性，即无形资产不具有独立的物质主体，其价值体现为获得利润的能力。②有偿性，即取得无形资产必须支付一定的代价。③依赖性，即无形资产只有与特定的企业或特定的有形资产联合方能实现其价值。④不确定性，即无形资产的未来收益很大，可以

在多个经营周期内为企业提供经济效益，但难以确切地计量其收益。

（二）无形资产的计价与摊销

1. 无形资产的计价。无形资产是以有偿的方式取得的，因此按照取得时的实际成本计价。具体地说，凡是被投资者作为资本金或有条件投资的无形资产，按照合同、协议约定的金额计价；凡是购入的，按照实际支付的价款计价；自行开发并且依法申请取得的，按照开发过程实际支出计价；接受捐赠的，可按同类无形资产市价计价。

2. 无形资产的评估。无形资产在投资或交易时，如无法按上述原则计价，则有必要进行价值评估。有形资产评估常用培育成本法、现行市价法、收益现值法、权益法和比例法等，这也适用于无形资产的评估。

3. 无形资产的摊销。无形资产在计价入账后，应从开始使用之日起，在有效使用期限内将其价格平均摊入管理费用。无形资产的摊销主要取决于两个因素：一是无形资产的取得成本，即投资作价额；二是无形资产的有效期限。无形资产的有效使用期限按下列原则确定：①法律和合同或者企业申请书分别规定合法有效期限和受益年限的，则按照上述法定有效期限与受益年限最短的原则确定。②法律没有规定有效期限，则按照企业合同或者企业申请书的受益年限确定。③法律和合同或者企业申请书都未规定法定有效期限的，按照不少于10年的期限确定。

（三）无形资产营造战略

企业营造无形资产的战略包括专利战略、信誉质量战略、品牌战略。

第七节　农业企业生产项目选择与组合

一、农业企业生产的特点

农业企业生产是以有生命的动植物、微生物为对象，根据其生长发育规律配置资源，生产加工人类所需要的农副产品的过程。与工业企业生产相比较，农业企业生产有以下特性：

第一，环境资源的约束性。农业生产的对象主要是有生命的生物体，环境资源是生物生存和发育的重要前提，是各种生物不断进行物质、能量和信息交换的源和库。每一种农作物和畜禽品种均有自己最适宜的生长发育环境条件。

第二，生产对象的独特性。一是农作物种类不同，生长发育规律各异，对环境条件要求则不同；二是品种繁多，其生长发育阶段不同，对环境条件的要求相差很大。

第三，生产管理的依附性。劳动者必须根据生产对象的生长发生规律和不同生长发育阶段的特点，分别采取各种措施，精心管理，才能使生产过程得以顺利进行。

第四，生产劳动的季节性。劳动时间比较集中但不连续，劳动需求量大但不均衡，劳动对象和生长发育阶段的不同对劳动技能和劳动工具的需求也就不相同。

二、农业企业主导项目选择

（一）农业企业经营项目的分类

按照在农业企业中的地位和作用，各经营项目可分为：

1. 主导项目。指利用农业企业土地、劳动力等生产资料较多，在企业销售收入和利润收入占绝对比重，并主要体现企业经营方向的项目。

2. 补充项目。指为了保证主导项目的正常进行，充分利用企业当地的自然和经济资源或主导项目的副产品的项目。

3. 辅助项目。指不直接生产产品，仅仅为主导项目的补充项目提供必要的生产经营条件和服务的

项目。

（二）主导项目选择的方法

农业企业主导项目选择一般依据两个原则：一是比较利益原则，二是机会成本原则。其择优方法和分析的内容如下：

第一，资源优势与市场需求耦合分析。

第二，项目经济效益分析。通常是在估算项目的投资额、经营成本、经营收益的基础上计算投资报酬率、投资回收期等项指标，选出投资报酬率高、投资回收期短的项目作为主导项门；对于投资与经营期限较长的项目，必须计算资金时间价值，借助于净现值、内部收益率等指标进行评价，选出净现值大、内部收益率高的作为主导项目。

第三，项目风险性分析。

第四，项目灵敏度分析。指其他因素不变时，预测某一因素变动幅度（假定的）对主导项目决策方案盈亏值的影响程度，用以测定该项目的抗风险能力。

第五，项目灵活性分析。项目灵活性是指一种经营项目占用的资源转移到另一经营项目的灵活度。灵活度大，意味着使用的资源易于由亏损项目转移到盈利项目，由效益低的项目转移到效益高的项目，实现资源的合理配置，调整产品结构。

三、农业企业生产项目组合

（一）生产项目间的关系

在综合性经营的农业企业内，项目与项目之间关系密切，按照它们利用资源的不同方式可分为相依、相辅、相成、相竞四种关系。

（二）经营项目组合的原则

优化组合生产项目，除了利用项目之间的相依、相辅、相成、相竞关系外，还要遵循以下原则：

1. 最大最小原则。最大最小原则是指收益最大，成本最小。

2. 要素平衡原则。要素平衡是指企业生产要素供给在项目之间得到合理的分配，企业生产要素的平衡有横向平衡和纵向平衡之分。

3. 加链增值原则。加链增值是指通过在生物的食物链或投入产出的生产链上增加链环，促使物质多次或循环利用，产生新使用价值和实现价值增值。

4. 生态平衡原则。农业企业生产要利用农业生物群体与农业自然环境以及农业生物种群之间的相互作用，通过技术、经济措施，建立有利于维护生态平衡的项目结构与组合。

5. 风险最小原则。农业是个风险较大的产业，有自然风险、市场不确定因素、技术风险等。

四、农业企业绿色食品开发

（一）绿色食品的相关概念

1. 无公害食品。指产地生态环境清洁，按照特定的技术操作规程生产，将有害物含量控制在规定范围内，并由授权部门审定批准，允许使用无公害标志的食品。

2. 绿色食品。绿色食品是指遵循可持续发展原则，按照特定生产方式生产，由国家专门机构（中国绿色食品发展中心）认证，许可使用绿色食品标志的无污染、安全、优质、营养类食品。

3. 有机食品。有机食品是国际上普遍认同的叫法，中国国家环保有机食品发展中心（OFDC）认证标准中对有机食品的定义是：来自于有机农业生产体系，根据有机认证标准生产、加工并经独立的有机食品认证机构认证的农产品及其加工品。

（二）绿色食品开发模式

农业企业要树立“保护环境、安全消费、可持续发展”的经营理念，创建“以技术标准为基础，以质量

认证为形式，以标志管理为手段”的管理模式，不断地开发和生产绿色食品。绿色食品开发模式包括：绿色＋特色（特殊种类、特别产地）；绿色＋优质（食用品质、加工品质）；绿色＋低成本、高效益；绿色＋著名品牌。

（三）绿色食品形象识别

绿色食品形象识别系统（“CI”计划）由产品质量，企业历史，企业规模，企业在公共关系上的表现力、影响力，企业的对内、对外政策，以及企业特征的视觉形象等因素所构成，它们共同决定着企业的形象。

我国为了推动绿色食品的开发，于1992年正式成立了中国绿色食品发展中心，隶属农业部。

第八节　农产品加工业生产管理

发展农产品加工业可以增加农产品的科技含量和附加值，是增加农民和农业企业收入的重要途径。随着科学技术的进步、农业产业结构的调整，农产品加工业对农村经济发展将起着举足轻重的作用。

一、农产品加工业生产管理的特点

农产品加工业是以农产品为原料，采用物理、化学和生物学的方法，运用机械作业或手工作业将各种农产品加工成各种不同用途的产品，以满足社会各方面需要的生产性行业。

农产品加工业生产具有以农产品为生产对象，以市场为导向组织生产，以质量标准为依据，肩负环保的社会责任等特点。

二、农产品加工业生产过程管理

（一）生产过程组织的要求

生产过程是指直接改变劳动对象的物理和化学性质，使其成为主要产成品的直接加工、处理过程。生产过程组织的要求是生产过程的连续性，生产过程的比例性，生产过程的节奏性，生产过程的合理中断，生产过程的适应性。这五项要求相互联系，相互制约，只有同时予以重视，才能保证基本生产过程高效有序运行。

（二）生产过程组织方法

任何工业企业生产过程的组织工作都包括两个互相关联的方面过程，即空间组织和时间组织。

生产过程的空间组织是确定被加工处理的农副产品在生产过程中的空间运动形式，即各个阶段、各道工序在空间上的分布和原材料、半成品的运输路线。生产单位的空间组织形式是指企业的生产车间、班组的专业化形式。加工企业内部生产单位（车间、班组）的设置一般有三种基本形式：工艺专业化，对象专业化，工艺专业化与对象专业化结合。

生产过程的时间组织主要说明生产过程各工序之间的衔接协调，以尽量缩短生产周期。工序之间衔接的移动方式一般有三种类型：①顺序移动方式。即指整批产品在上一道工序全部加工完成以后才整批集中运送到下一道工序加工，形成整批产品在工序间相继移动。②平行移动方式。指一批产品中每一件产品在某道工序加工完成以后，立即转入下一道工序，形成产品在工作场所之间逐件移动。③平行顺序移动方式是顺序移动与平行移动这两种方式的结合。

三、农产品加工生产质量管理

（一）产品质量

产品质量，是指产品的使用价值或满足用户需要的特性，即满足需要的程度或属性。企业的质量管理就是根据这些属性能否满足用户的需要及满足的程度来衡量产品质量的优劣。一个产品通常有多种

质量特性，如适应性、经济性、可靠性、安全性。

（二）质量管理的演进

质量管理是确定质量方针、目标和职责，通过质量策划、质量控制、质量保证和质量改进措施的全部管理职能活动的总称。质量管理根据其形成和发展的特点，可归纳为三个阶段：

1. 质量检验阶段。即质量管理的初级阶段，其方法是在产品加工制作完成以后，从中抽取样品，由质监员根据质量标准进行检验，区别合格品和不合格品，控制不合格品出厂。

2. 统计质量管理阶段。即应用统计方法对产品质量进行控制。其方法是采用抽样调查方法分析统计数据，绘制统计图表，用以控制生产过程，使生产的每一环节都控制在比较理想的状态，保证生产出的产品符合质量要求。

3. 全面质量管理阶段。全面质量管理，是指组织企业的全体员工参与，运用科学的方法对产品从设计、制造到用户使用的整个过程进行全面的质量管理。它是将行政管理、专业技术和统计方法结合起来，实行对整个生产过程进行全面控制，确保产品质量的管理工作体系。全面质量管理阶段具有全面性、全员性、预防性、服务性特点。

（三）产品质量标准

产品质量标准是指对产品品种、规格、质量的客观要求及其检验方法所做出的具体技术规定，是企业生产管理和处理质量纠纷的技术依据，它分为国际标准、国家标准、部颁标准和企业标准四个等级。

国家标准是指对全国技术经济发展有重大意义，必须在全国范围内统一使用 GB（强制性国家标准）和 GB/T（推荐性国家标准）标识。

部颁标准是指在全国性的各专业范围内统一执行的标准，由各工业部门颁布并报国家标准化主管部门备案。

企业标准是指企业制定的标准，由企业上级主管部门组织审批，并报本地区同级标准化管理部门统一编号和发布。企业标准必须服从国家标准和部颁标准，不得与之相抵触。

国际标准是指由某个国际组织经过一定的程序制定出来的标准。当今世界人们提到的国际标准化活动往往是指国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）所开展的活动。ISO9000 系列标准是世界通用的，并得到普遍承认的质量保证体系。我国自 1978 年 9 月正式参加 ISO 后，就积极参加国际标准化活动。

第九节　农业企业成本与利润管理

企业的成本及利润状况，既是企业经营管理的结果，也是决定和影响企业生存和发展的重要因素。加强成本与利润管理有利于企业制定科学的发展规划和管理决策，对于降低产品成本、增加企业盈利具有重要作用。

一、成本费用管理

（一）成本费用构成

成本和费用是两个不同的概念。根据我国现行财务制度规定，产品成本是指产品制造成本，是企业生产产品或提供劳务过程中实际消耗的直接材料、直接工资、其他直接支出和制造费用的总和，而费用则仅指期间费用。

产品成本项目主要包括四项：直接材料、直接工资、其他直接支出、制造费用。

期间费用是指发生在一个会计期间，为企业提供一定的生产经营条件而形成一定生产能力的费用。期间费用不能计入产品成本，而直接计入当期损益，期末从销售收入中全部扣除。期间费用包括管理费用、财务费用和销售费用三项。

（二）成本预测

1. 成本预测的概念。成本预测是根据计划期内企业生产经营活动中各种技术经济条件的变化情况和拟采用的降低成本措施，对产品成本的变动趋势和未来成本水平做出估计。它是进行成本决策和制订成本计划的依据。

2. 成本预测的内容。农业企业成本预测，主要包括以下内容：建设工程成本和投产后的产品成本；技术措施、设备改造、更新的工程成本和投产后的产品成本；新产品设计成本和老产品改造成本；工艺成本的预测分析；可比产品成本降低指标的试算平衡和不可比产品成本的预计；阶段成本计划可能完成的程度等。

（三）成本计划

成本计划是企业生产财务计划的重要组成部分，也是进行成本控制和成本核算的依据。其作用在于通过编制成本计划，增强预见性，减少盲目性，有利于控制费用开支，节约各种物资消耗。

企业成本计划主要包括：全部产品总成本计划、主要产品单位成本计划和期间费用预算。

（四）成本控制

对成本控制的理解有广义和狭义之分。广义成本控制贯穿于企业生产活动的全过程，包括成本的事前控制、事中控制和事后控制；狭义成本控制则指事中控制。

成本事前控制是指在产品成本形成之前就采取降低成本的措施，实行预防性控制。事中控制是指对产品成本形成过程的控制。事后控制是指对产品成本形成以后的控制，即在产品成本形成之后，通过对成本的综合分析与考核而进行的控制，这种控制是将实际成本与目标成本相比较，分析差异，查明原因。

（五）成本分析

成本分析是运用成本计划和成本核算资料，对成本的形成情况及其变动原因进行剖析、评价和总结，以便揭示影响成本变动的各种因素，寻找进一步降低成本的途径。

成本分析的内容包括成本计划完成情况的分析、成本构成的分析、产品产值成本的分析、影响产品成本变动因素的分析。

降低成本的主要途径有：①提高产品产量和质量；②提高劳动生产率，减少单位产品的活劳动消耗量；③合理利用原材料，降低单位产品的原材料消耗，节省原材料费用的支出；④充分利用企业的生产能力，提高机器设备的完好率、利用率；⑤节约管理费用和提高管理水平。

二、利润管理

（一）企业利润的构成

利润的经济实质是企业员工为社会创造的剩余产品价值的货币表现。利润总额是企业在一定时期内从事生产经营活动、投资活动以及其他非经营活动所取得的净收益，在数量上表现为企业全部收入抵补各项支出后的余额。企业利润总额由营业利润、投资净收益和营业外收支净额三部分构成。

（二）企业利润分配

企业利润分配是指对利润的所有权和占有权进行划分，以保证其合理归属和运用的管理活动。企业用来分配的利润有两个层次：一是企业利润总额；二是企业缴纳所得税后的利润。企业财务管理研究的主要是税后利润的分配。

根据我国《企业财务通则》的规定，企业的利润总额首先按国家规定作相应调整后依法缴纳所得税，税后利润除国家另有规定者外，应按下列顺序分配：①用于抵补被没收财物损失，支付违反税法规定的各项滞纳金和罚款；②弥补企业以前年度的亏损；③提取法定盈余公积金，用于发展企业的生产、弥补经营亏损或按国家规定转增资本金等；④提取公益金，主要用于企业职工的集体福利设施支出；⑤向投资者分配利润。

第十节　农业企业经营效益评价

一、经营效益的含义

一般认为，经营效益是企业在经营活动中表现出来的经营能力或经营实力所形成的经济效率、经济效果或经济效益。经营能力大，经营活跃程度高，经营安全性能好，经营的效率或效益就好。

二、经营效益评价的内容

经营效益的评判要依赖于一定的标准和评价指标体系。构建科学的评价指标体系是经营效益研究的重要内容之一。经营效益指标体系的设计必须遵循全面性、科学性、实用性和可比性的原则。企业经营效益评价的内容主要有以下几方面。

（一）企业的资产营运水平指标

资产营运水平是反映企业资产管理水平和使用效率的一个重要内容，评价企业资产营运状况十分必要。其评价指标如下：

总资产周转能力，总资产周转能力一般用总资产周转率指标来反映，总资产周转率是指企业在一定时期内销售收入净额与资产平均总额的比例。

劳动产出能力，即劳动产出率，反映企业职工的积极性和主动性，是提高企业劳动产出率的前提和基本保证，可以直接反映企业的产出能力。

资金周转能力，企业资金周转能力和供、产、销各个经营环节的运转密切相关，任何一个环节发生问题都会影响经营资金周转和生产经营活动的顺利进行。

（二）企业的偿债能力指标

资产负债率：亦称负债比率，是企业一定时期内负债总额与资产总额的比率，表示企业总资产中有多少是通过负债筹资的。

流动比率：流动比率是企业一定时期流动资产与流动负债的比率，用以衡量企业在某一时点偿还将到期债务的能力。

速动比率：速动比率是企业一定时期速动资产与流动负债的比率，用于衡量企业在某一时点上运用随时可变现资产偿还到期债务的能力。

长期资产适合率：长期资产适合率是企业所有者权益与长期负债之和同固定资产与长期投资之和的比率。长期资产适合率是从企业资源配置结构的角度反映企业的偿债能力。

经营亏损挂账比率：经营亏损挂账比率是企业经营亏损挂账额与年末所有者权益总额的比率，它反映的是企业经营亏损挂账而导致的对所有者权益的侵蚀程度。

（三）企业盈利能力指标

总资产报酬率是企业一定时期内税后净利润与资产总额的比率，它反映的是企业包括净资产和负债在内的全部资产的总体获利能力。

净资产收益率是指企业一定时期内的净利润同平均净资产的比率。

资产保值增值率是指企业年末所有者权益扣除客观增减因素后同年初所有者权益的比率。

销售（营业）利润率是指企业一定时期销售（营业）利润同销售（营业）收入净额的比率，它表明企业每单位销售（营业）收入能带来多少销售（营业）利润。

成本费用利润率是企业在一定时期内利润总额同企业成本费用总额的比率，表示企业为取得利润而付出的代价。

三、经营效益评价的方法

（一）比较分析法

它是通过指标对比、分析经济现象间的联系和差异，研究差异产生的原因和影响程度，寻找改进措施的一种管理方法。常用于：①本期实际完成数与计划指标比较，反映计划完成的程度。②企业不同时期的同一指标进行对比，用以反映企业纵向发展水平。③本企业与同类先进企业的同一指标进行对比，用以反映企业的横向发展水平。④生产经营要素利用程度的对比，用以反映企业的经营能力。

运用对比分析法，要注意对比指标的比较内容、计量单位、计量方法和时间期限等方面的可比性。

（二）比率分析法

比率分析法是以两个互有联系指标的比率进行对比。采用这种方法可以把某些不同条件下的不可比指标变为可比指标，通过原指标算出新指标获得新认识，使之具有可比性。

比率分析法广泛应用于企业经营效果与财务状况分析，如资产负债表和利润表，它们分别反映企业某一时点和某一时期的财务状况和经营成果。

（三）因素分析法

这是分析两个或两个以上因素对某一指标影响程度的一种方法。通常是在假定一个因素可变、其他因素为不变的前提下，逐个地替换因素并加以计算，故又称连环替代法。

第二十章　农村会计与审计基础

第一节　农村会计

一、会计的概念及特点

（一）会计的概念

会计是为了有关方面的信息需要而在企业、事业、机关等单位建立的，以提供财务信息为主的经济信息系统，同时也是各单位管理系统的一个子系统。这个系统一方面以货币为主要计量单位，通过收集加工信息，以全面、系统、连续、综合地反映各单位的经济活动；另一方面，又要利用信息的反馈作用对某些经济业务进行监督和控制，并参与单位的财务决策和经济决策。

（二）会计的特点

提供财务方面的综合性信息是会计的基本特点。提供这些信息，必须进行会计核算。会计核算是会计的核心环节，这一环节具有自己鲜明的特点。因此，会计特点主要是针对会计核算而言的。

1. 以货币为主要计量单位进行综合反映　现实中主要有三种计量单位，即实物计量单位、劳动计量单位、货币计量单位。前两种都具有偏面性，只能用来量度一类或某几类事项，而会计主体的经济业务多种多样，这样就无法综合地进行反映。而货币计量，即不同的量用相同的质来表现，所以能对各种经济业务进行分类汇总和比较，提供综合指标。

2. 以凭证为主要依据　会计信息讲求真实、可验证性。可验证性的最重要的条件就是会计信息代表的经济业务有凭有据，这就要求经济业务都要有合法的凭证。会计首先就是在审核这些原始凭证基础上，来登记记账凭证，再由记账凭证填制账簿的，这是保证会计核算资料合理、合法、真实可靠的必要前提。

3. 对经济业务进行连续、系统、全面的核算　连续性是指按经济业务发生时间的先后顺序不间断地进行记录。系统性表现为对各项经济业务既要相互联系地进行记录，又要进行必要的科学分类，使会计资料系统化，以取得综合性指标。完整性首先是指对所有会计事项进行记载和反映，不能有任何遗漏或任意取舍，力求核算资料全面、可靠；其次，指对每项会计事项都要按复式记账法进行反映。

4. 会计方法的广泛约束性　这一特点是指有关方面对会计核算中采用的方法都有明确的限定，这些限定或规定具有法律效力或具有权威性。因此，不同单位总是按照统一的口径（方法）来提供会计信息。只有这样，各企业提供的会计信息，才具有可比性，才能使企业外部的有关单位或个人做出正确决策。

二、会计对象

会计对象是指会计反映和监督的内容。尽管各个单位的经济活动千差万别，会计事项千变万化，但概括起来为：会计的一般对象是资金运动，会计的具体对象是会计要素。

（一）资产

资产是过去的交易、事项形成的，并由单位拥有或控制的，能给村集体经济组织带来经济效益的资源。

资产一般按流动性可以分为流动资产、长期投资、固定资产、无形资产和其他资产等。流动资产指可以在一年或超过一年的一个营业周期内变现或耗用的资产，包括现金、银行存款、短期投资、应收及预付款、存货等。长期投资指不准备在一年内变现的各种投资，包括股票投资、债券投资、其他投资等。固定资产指使用年限在一年以上，单位价值在规定标准以上，并在使用过程中保持原有实物形态的资产，包括房屋及建筑物、机器设备、运输设备、工具器具等。无形资产指没有实物形态的资产，包括专利权、非专利技术、商标权、土地使用权、商誉等。

（二）负债

负债是过去的交易、事项形成的现实义务，履行该义务预期会导致经济利益流出村集体经济组织。

按流动性负债分为流动负债、长期负债。流动负债指在一年或超过一年的一个营业周期内偿还的债务，包括短期借款、应付账款等。长期负债指偿还期在一年以上或超过一年的一个营业周期以上的债务，包括长期借款、长期应付款、应付债券等。

（三）所有者权益

所有者权益指所有者在村集体经济组织资产中享有的经济利益，其金额为资产减去负债后的余额。

所有者权益一般分为投入资本、公积公益金、未分配收益。

（四）收入

收入是指村集体经济组织在销售商品、提供劳务及让渡资产使用权等日常活动中所形成的经济利益的总流入和行使管理、服务职能所形成的经济利益的总流入。

（五）费用

费用是指村集体经济组织进行生产、服务、管理等经济活动中所发生的各种耗费。

（六）收益

收益是指村集体经济组织在一定期间内生产经营、服务和管理活动的财务成果，即某一时期已实现的收入和相应费用之间的差额。

三、会计的职能

会计职能是指会计本身所固有的功能。会计通常有两大职能：反映职能（核算职能）、监督职能（控制职能）。

（一）反映职能

是指会计利用价值形式，通过确认、计量、记录、报告等从数量方面反映会计主体已经发生或完成的经济活动，为信息使用者提供正确、系统、完整的财务信息及其他经济信息。会计反映职能是会计首要职能，是会计最基础的工作。

（二）监督职能

是指会计按照既定的目标和要求，对会计主体经济活动进行控制。控制的实质是干预经济活动，使其按照一定的目标、计划，遵循一定的规则进行。会计监督的内容包括对经济活动的真实性、合法性监督；集体财产的完整性监督。

四、会计核算的基本假设

从会计假设对会计理论和会计实务的普遍有用性和重要性而言，主要有四项基本假定，在时间、空间和货币计量等方面设定了前提条件。

（一）会计主体假定

该假定是为了解决会计活动的空间范围问题。我国《企业会计准则》中明确指出：会计核算应当以发生的各项经济业务为对象，记录和反映企业本身的各项经营活动。

（二）持续经营假定

持续经营假定是指对于一切经济业务的处理，必须以会计主体持续的正常生产经营为前提。也即假定会计主体可以在未来继续存在并经营下去。即假定它所拥有的资产将在正常的经营过程中被耗用而转化为费用，它所承担的负债也将在正常经营过程中加以清偿。

（三）会计分期假定

会计分期假定是在持续经营假定基础上，对会计活动的时间范围进一步的界定。它是指把持续不断的经营活动，划分为若干相等的时间段落，即会计期间，分期结算账目和编制会计报表，从而及时地向信息使用者提供有关财务状况和经营成果的会计信息。我国规定以每年的1月1日至12月31日为一个会计年度，会计年度以下再细分为半年度、季度、月度。

（四）货币计量假定

货币计量假定指对会计要素及其变化的计量应以货币为计量尺度，并假定币值不变。我国规定会计核算应当以人民币为记账本位币。业务收支以外币为主的企业，也可选定某种外币为记账本位币，但编制会计报表应当折算为人民币予以反映。

五、会计核算的一般原则

会计核算的一般原则，是指导会计核算工作的规范或规则，是处理会计实务、编制会计报表的基本要求。它是在会计目标和会计假定基础上，主要就会计核算的一般要求作出的原则性规定。

1. 客观性原则　又称真实性原则，指会计核算应当以实际发生的经济业务为依据，如实反映财务状况和经营成果。

2. 实质重于形式原则　指会计核算应当按照交易或事项的经济实质进行会计核算，而不应当仅仅按照它们的法律形式作为会计核算的依据。

3. 相关性原则　又称有用性原则，是指会计核算提供的信息必须与信息使用者的需要相关联，满足各方面的需要。

4. 可比性原则　指会计核算应当按规定的会计处理程序和方法进行，会计指标应当口径一致，可以相互比较。

5. 一贯性原则　又称一致性原则，指同一会计主体不同会计期间所使用的会计处理程序和方法应

当是相同的，不得随意变更。

6. 及时性原则　指会计核算应当及时进行，经济业务的处理不得拖延和积压，会计信息应及时报出或公布。

7. 明晰性原则　又称充分表达原则，指会计记录和会计报告应当清晰完整、简明扼要，数据记录和文字说明能一目了然地反映企业经济活动的来龙去脉，便于理解和运用。

8. 权责发生制原则　又称应收应付制原则，它是以款项的应收应付为标准，确定各期收入和费用的一种会计处理基础。即凡应属于本期取得的收入，不管款项在何期收到，均作为本期收入；凡应属于本期承担的费用，不管款项在何期支付，均作为本期费用，并将如此确定的收入和费用相比较，计算本期损益。

9. 配比原则　指收入与其相关的成本费用应当相互配比。在权责发生制的基础上，进一步指导收入和费用的确定和计量，从而正确地确定各期的经营成果。

10. 谨慎性原则　又称稳健性原则，是指对于可能发生的费用或损失，应当合理预计并予以入账，而对于可能取得的收入则不能事先预计。

11. 历史成本原则　又称实际成本原则或取得成本原则，指会计人员在进行取得资产计价时，根据实际成本计量。除法律、行政法规和国家统一的会计制度另有规定外，一律不得自行调整其账面价值。

12. 划分收益性支出与资本性支出原则　收益性支出指仅与本期收益的取得有关的支出。资本性支出指与本期以及以后若干期间收益的取得有关的支出。这一原则，就是要求会计核算时应当合理划分这两种支出。收益性支出根据权责发生制和配比原则的要求，应计入当期成本费用，从本期收入中扣除或补偿。资本性支出则权责发生制和配比原则的要求，要先作为资本化处理，反映为资产，然后分期转入或摊入成本费用。

13. 重要性原则　是指在会计核算过程对经济业务应当区别其重要程度，采用不同的核算方法。财务报告应当在全面反映企业财务状况和经营成果的前提下，对于重要的经济业务或项目，应当单独反映，使会计报表反映的内容既要全面，又要突出重点。这样便于报表使用者能有针对性地选择其所需要的财务信息，利于其做出正确决策。

六、会计科目和账户

（一）会计科目

1. 含义　会计科目，简称科目，是经济特征相同的一类会计对象的名称，或会计对象按经济特征进行归纳分类的项目。设置和运用会计科目，是分类反映和监督会计对象的前提条件，有了会计科目，才能据以填制整理会计凭证，在账簿中开设账户，并据以编制会计报表，提供出系统、条理的会计信息。可见设置会计科目是进行会计核算的基础。否则，面对纷繁复杂的经济业务，会计就不能提供系统条理的会计信息。

2. 会计科目的设置原则　①完整性，设置的会计科目要能满足全面反映企业财务会计内容的需要。②差别性，指每一科目所包括的内容要有其特定性，也就是说，不同会计科目之间要有严格界限，所包括内容不得相互混淆。③适用性，设置的会计科目要能够满足信息使用者的需要。④清晰性，会计科目的名称要通俗易懂、简单明了，内容与名称要协调，便于会计人员和信息使用者理解和运用。⑤坚持统一性和灵活性相结合。

3. 会计科目的分类

村集体经济组织常用会计科目表

顺序号	编号	科目名称	顺序号	编号	科目名称
		一、资产类			三、所有者权益类
1	101	现金	20	301	资本
2	102	银行存款	21	311	公积公益金

（续表）

顺序号	编号	科目名称	顺序号	编号	科目名称
		一、资产类			三、所有者权益类
3	111	短期投资	22	321	本年收益
4	112	应收款	23	322	利润分配
5	113	内部往来			四、成本类
6	121	库存物资	24	401	生产（劳务）成本
7	131	牲畜（禽）资产			五、损益类
8	132	林木资产	25	501	经营收入
9	141	长期投资	26	502	经营支出
10	151	固定资产	27	511	发包及上交收入
11	152	累计折旧	28	522	补助收入
12	153	固定资产清理	29	531	其他收入
			30	541	管理费用
13	154	在建工程	31	551	其他支出
			32	561	投资收益
		二、负债			
14	201	短期借款			
15	202	应付款			
16	211	应付工资			
17	212	应付福利费			
18	221	长期借款及应付款			
19	231	一事一议资金			

会计科目按不同标准有不同的分类。按其反映的经济内容分类，如上表分为五类：资产类、负债类、所有者权益类、成本类、损益类。

会计科目按其反映内容的详细程度分类，分为总分类科目（又称一级科目或总账科目）、二级科目、明细分类科目（明细科目或细目）。

（二）账户

1. 含义　账户是根据会计科目设立的，具有一定格式和结构，用来分类记录会计要素增减变化及其结果的记账载体。

2. 账户的基本结构　设置账户是为了分类反映企业的经济业务内容，而经济业务内容涉及会计要素的变化，无非是增加或减少两种情况。因此，账户的基本结构一般分为左、右两方，分别登记增加数、减少数。一般用简化了的“T”型账户表示如下：

账户名称

左方	右方

3. 账户分类　账户按照反映的经济内容分类和按其反映指标的详细程度分类同会计科目的分类。账户按其用途和结构分类，分三大类：基本账户、业务账户、调整账户。

基本账户指为反映和监督企业资产负债所有者权益实有数和增减变动情况而设置的账户。业务类账户是用来核算和监督会计主体发生的经济业务活动的账户。调整账户是为了调整有关账户所提供的

经济指标而建立的账户。在会计核算中，为了管理的需要或其他原因，对于资产和负债的某些项目，要求同时设置两个账户，借以提供两种不同的经济指标。其中一个账户提供的经济指标是原始数字，另一个账户提供的经济指标是用以对原始数字进行调整的数字，前者称为被调整账户，后者称为调整账户。将被调账户与调整账户结合起来，即将原始数字和调整数字相加或相减，即可求得被调整账户现在的实有数字。由于调整的方式不同，调整账户又分为抵减账户、附加账户和抵减附加账户。

（三）会计科目和账户的关系

1. 联系　①账户是根据会计科目设置的，会计科目是账户名称；②开设会计科目和账户的目的一致，都是为了对经济业务进行分类、整理以提供经济管理所必需的会计信息；③账户和会计科目的内容是相同的，因为账户是根据科目设置的。

2. 区别　①会计科目和账户的个体作用不同。会计科目的具体作用表现在将经济业务划分为若干独立项目，是会计分类核算的依据。账户的作用主要表现在能够全面、系统地核算资产、负债及所有者权益的增减变化情况和结果，是会计核算的载体。②会计科目仅仅是对经济业务分类的项目，不存在结构。账户为核算资产、负债、所有者权益，必须具有一定的结构。③会计科目和账户的开设和制定方法不同。科目是由国家统一制定的，是会计制度的组成部分。账户则是由各单位根据国家统一制定的会计科目结合本单位的实际情况设置。在实际工作中，先有会计科目，然后才可据以设置账户。

七、借贷复式记账法

1. 含义　借贷记账方法是以“借”、“贷”为记账符号，以“有借必有贷，借贷必相等”为记账规则的一种复式记账法。

2. 理论依据　借贷记账方法以“资产 = 负债 + 所有者权益”的会计平衡原理为理论依据。

3. 记账符号　借贷记账方法以“借”、“贷”为记账符号。

4. 账户结构　借贷记账法下账户基本结构分为借方和贷方。资产成本费用类账户借方记增加数，贷方记减少数；负债、所有者权益、收入成果类账户贷方记增加数，借方记减少数。

5. 记账规则　借贷记账方法以“有借必有贷，借贷必相等”为记账规则，也就是对每一项经济业务同时至少记入两个相互联系的账户，一个或几个账户记借方，另几个或一个账户记贷方，并且记入借方和贷方账户的金额必须相等。

6. 试算平衡

发生额平衡公式：全部账户借方发生额合计 = 全部账户贷方发生额合计

余额平衡公式：全部账户的借方余额合计 = 全部账户的贷方余额合计

根据这两个公式，在结账前用来检查账户的发生额、余额是否平衡，记账是否正确，这一工作称为试算平衡。实际工作中，试算平衡是编制“总账账户本期发生额和余额试算平衡表”的方法进行的。

总分类账户本期发生额及余额试算平衡表

会计科目	期初余额		本期发生额		期末余额	
	借方	贷方	借方	贷方	借方	贷方
合计						

此表不但能检查账户记录是否正确，而且还可据以了解企业一定时期的财务状况和经营成果，并为编制会计报表奠定基础。

八、会计凭证

（一）会计凭证的意义

会计凭证简称凭证，是记录经济业务，明确经济责任，并据以登记账簿的书面证明。填制和审核会计凭证是会计核算的一种专门方法，也是会计工作的起点、基础。正确填制和审核凭证具有重要意义。填制会计凭证可以及时正确地反映各项经济业务的完成情况，为登记账簿提供真实可靠的依据。填制和审核会计凭证可以明确责任，有利于推行经济责任制。填制和审核会计凭证，可以发挥会计的监督作用，保护财产物资的安全和完整。会计凭证还可以为检查经济合同的实施、处理经济纠纷提供具有法律效力的依据。

（二）会计凭证的种类

按填制的程序和用途可以分为两大类：原始凭证、记账凭证。

1. 原始凭证　原始凭证是在经济业务发生或完成时取得或填制的会计凭证。按不同标准有不同的分类，按来源不同分为两类，即外来原始凭证、自制原始凭证。外来原始凭证是指本单位在与外单位或个人发生经济往来时取得由外单位或个人填制的原始凭证。如供货单位开给的发票、收款单位或收款人开给的收据等。自制原始凭证指经济业务发生或完成时，由本单位内部经办业务的部门或人员自行填制的原始凭证。自制原始凭证按其反映经济业务的方法，又可分为一次凭证、累计凭证、汇总凭证。

原始凭证按其格式分为专用凭证、通用凭证。专用凭证指各单位自行规定其格式和使用方法的原始凭证；通用凭证指在全国或地区、系统范围内，规定统一格式和使用方法的原始凭证。如火车票、地区统一规定的发货票。

2. 记账凭证　记账凭证是会计人员根据审核无误的原始凭证或汇总原始凭证按照经济业务内容加以归类，并据以确定会计分录而填制的，作为登记账簿依据的会计凭证。按其所记录的经济业务的内容分为收款凭证、付款凭证和转账凭证。收款凭证是用来记录现金和银行存款收入业务的记账凭证。付款凭证用来记录现金、银行存款付出业务的记账凭证。转账凭证是用来记录不涉及现金、银行存款收付的转账业务的记账凭证。记账凭证按填制方式的不同分为复式记账凭证和单式记账凭证两种，按适用范围不同分为通用凭证和专用凭证。

（三）会计凭证的内容与填制要求

1. 原始凭证　原始凭证的基本内容包括以下几项：凭证的名称和编号；凭证的填制日期和经济业务发生日期；接受凭证的单位的名称；经济业务的内容；经济业务的实物数量、单价、金额；填制凭证的单位名称或填制人姓名；经办人或责任人的签字或盖章。

填制原始凭证的基本要求是记录真实，内容完整，手续完备，书写清楚规范，凭证上的数字文字要字迹清楚、整齐、规范、易于辨认，连续编号，填制及时等。

2. 记账凭证　记账凭证一般须具备下列基本内容：凭证名称；凭证编号；凭证的填制日期；经济业务内容摘要；会计科目的名称和金额，包括一级科目和明细科目；所附原始凭证的张数；制证、审核、会计主管、记账等有关责任人签名或盖章，收付款的记账凭证还应有出纳人员的签名或盖章；填制单位的名称。

填制记账凭证的基本要求除了具有对原始凭证的基本要求外，还有以下要求：

（1）“摘要”栏是对经济业务内容的简要说明，要求文字说明简练、概括。

（2）应当根据经济业务的内容，按照会计制度的规定，确定应借、应贷的科目，不得任意变更或简化会计科目的名称及其核算内容，确保会计记录口径一致，有关的二级或明细科目要填写齐全。

（3）不得把不同类型的经济业务合并填制一张记账凭证。

（4）证账凭证必须连续编号，以便查考且避免凭证散失。当复杂的会计事项，需要填制2张或2张以上记账凭证时，应分别编号，即在原编号后面用分数的形式表示。如第8号记账凭证的会计事项需要编

制3张记账凭证，则第1张为8 $\frac{1}{3}$，第2张为$\frac{2}{3}$，第3张为8 $\frac{3}{3}$。

(5)每张记账凭证都要注明附件张数，以便于日后查对。

(6)记账凭证应按行次逐项填写，不得跳行或留有空行，对记账凭证中的空行应该划斜线或"S"形线注销。

(7)每张记账凭证填写完毕，必须与有关原始凭证相核对，并由有关人员签字盖章，以明确责任。

(四)会计凭证的审核

会计凭证的审核是正确组织会计核算和进行会计检查的一个重要环节，也是实行会计监督的一个重要手段。会计凭证的审核主要包括原始凭证的审核和记账凭证的审核。

1. 原始凭证的审核　原始凭证的审核包括真实性审核、完整性审核、合法性审核三个方面的内容。

原始凭证审核后，对于真实、完整、合法的原始凭证，应按规定办理会计手续，编制记账凭证据以登记有关账簿，并将原始凭证作为记账凭证的附件，加以妥善保管，不得丢失，毁坏；对于业务真实，只是内容不完整，手续不全或计算上、文字上有错误的原始凭证，应予以退回，解释制度要求，督促有关人员补办手续，更正错误，然后按正常情况处理；对于不合法、不合理的原始凭证，会计人员应拒绝接受，不予报销付款，有严重违法行为的，如有伪造涂改凭证、虚报、冒领的行为，应立即向领导报告，坚决抵制，严肃处理。

2. 记账凭证的审核　记账凭证的审核是对所办理的经济业务的原始凭证的审核和记账凭证的填制是否符合规定，进行复查。主要内容是记账凭证所附原始凭证是否符合要求；摘要填写是否清楚，是否正确地归纳了所附原始凭证所反映的内容；会计科目的使用是否正确，对应关系是否清晰，记账方向和金额是否正确；记账凭证中，有关项目的填写是否完备，有关会计人员的签名和盖章是否齐全，以及填写是否符合规范等。

对于在审核过程中发现的问题或错误，应及时进行处理，包括补办手续、补填内容、拒绝办理或按规定的方法改正错误等。

(五)会计凭证的传递与保管

1. 会计凭证的传递　会计凭证的传递是指会计凭证从取得或填制开始到归档保管为止的整个过程，包括在本单位内部各有关部门和人员之间的传递程序和传递时间。正确组织会计凭证传递对于保证核算资料的及时性，加强经济责任，实施会计监督，提高工作效率等，都具有重要的作用。

2. 会计凭证的保管　会计凭证是重要的经济资料和会计档案，任何单位的凭证在登记账簿以后，必须由专人定期整理，并按规定立卷归档，形成会计档案资料，妥善保管，以备日后查阅。

对会计凭证的保管，应该做到既确保安全和完整，又便于日后查阅，各单位的财务部门根据会计凭证记账以后，应定期(5天、10天或每月)对各种记账凭证连同所附原始凭证按照编号顺序，折叠整齐，经检查所附原始凭证完整无损以后，加具封面、封底，装订成册，并在装订线上加贴封签。封面上注明单位名称、年度、月份和起讫日期、记账凭证的种类、张数和各自的起讫号码，并由装订人和会计主管在封签处加盖骑缝章。

如果某些记账凭证所附的原始凭证数量过多，可以将这些原始凭证单独装订成册。但应在有关的记账凭证上注明"附件另订"和原始凭证的名称及编号，同时在原始凭证上注明所属记账凭证的种类、日期及编号，便于查考。

如果所附的原始凭证属于重要的单据，以及需要随时查阅的单据，还应在有关的记账凭证和该记账凭证原附的原始凭证上相应地注明日期及编号。

因特殊需要，调阅会计凭证，应严格办理手续，本单位人员调阅会计凭证，需经会计主管同意。外单位人员调阅会计凭证要有正式介绍信，经会计主管或单位领导批准，可以复制，并进行调阅登记，登记调阅会计凭证的名称、日期、事由、调阅人姓名、工作单位、归还日期，并由提供人和收取人共同签章，一般不得将原件携带外出。

会计凭证装订成册后，应由专人负责，分类保管，年终移交财会档案登记归档。

会计凭证在归档后，应按年、分月顺序排列，以便查阅。已归档的会计凭证需查阅、调用和复制，应得到批准，并办理手续。保管过程中应防止霉烂破损、鼠咬虫蛀，确保其安全和完整。

会计凭证的保管期限和销毁手续，必须认真执行国家《会计档案管理办法》中对会计凭证作出的有关规定：原始凭证、记账凭证和汇总记账凭证保管期限15年，其中涉及外事和一些重要的凭证要永久保存。未到保管期限的凭证任何人不得随意销毁。对保管期满需要销毁的，必须开列清单，填写“会计凭证销毁清册”，经本单位领导审核，报经上级主管部门批准后，才能销毁。销毁时应由单位领导指定档案部门和财会部门共同派人监销，并在销毁清册单上签章。“会计凭证销毁清册”要长期保存。

九、会计账簿

（一）含义

会计账簿是指以会计凭证为依据，全面、系统、连续、综合地记录和反映会计主体经济业务的簿籍。它由若干具有专门格式、又相互联结的账页组成。各账页一旦标上基本会计科目，这张账页就成为用来记录和反映该科目所规定核算内容的账户。设置和登记账簿是会计核算的一种专门方法，也是会计工作的一项重要内容。

（二）设置和登记账簿的作用

设置和登记账簿是会计核算的一个核心环节，具有重要作用：

1. 设置和登记账簿是完整、系统地归纳和整理会计资料的工具。账簿由账页组成，账页形成账户，账户是分类反映会计对象的工具。这样每一个账户汇集某一类经济业务。整个账簿就按账户对会计对象进行归类、汇总、整理，使之系统化、条理化。

2. 账簿记录是编制会计报表的依据。会计报表是企业提供会计信息的主要形式，而会计报表的编制要依正确、系统、完整的账簿记录为依据，因此，会计报表的质量（会计信息的质量）直接取决于账簿记录。

3. 账簿记录是考核单位财务成果，进行会计分析和会计检查的基本依据。账簿记录可以提供单位的成本、费用、利润等详细资料，由此可考核评价财务成果。另外，根据账簿记录的内容，可以检查企业计划、预算、定额等执行完成情况，找出差距，挖掘潜力，采取措施，改善管理，提高效益。

（三）账簿的种类

1. 账簿按用途不同分为序时账簿、分类账簿、备查账簿。序时账簿又称日记账，是按经济业务完成的时间先后顺序进行登记的账簿。实际工作中，按会计部门收到凭证的先后顺序，即记账凭证的编号顺序进行登记。序时账又分为分录账簿和特种日记账簿。分录账簿是用来记录全部经济业务发生情况，并以此作为过入分类账的依据；特种日记账簿是用来记录某一类经济业务的发生情况，如现金日记账、银行存款日记账等。

分类账簿是对全部经济业务按照总分类账户和明细分类账户进行分类登记的账簿。即在不同账页上，开设不同账户，这样的账簿即为分类账。分类账又分为总分类账和明细分类账。总分类账简称总账，是按总分类账户分类登记的账簿，即用一级科目开设账户的账簿。明细分类账简称明细账，是按明细账户分类登记的账簿，即用明细科目开设账户的账簿。

备查账簿是对某些在序时账簿和分类账簿中未能记载或记载不全的事项进行补充登记的账簿。

2. 账簿按外表形式分为订本账、活页账、卡片账。订本账簿简称订本账，是指在启用前就把若干账页固定装订成册，并有固定编号的账簿。优点是避免账页散失和防止账页被抽换；缺点是账页固定，可能出现浪费账页，也可能账页不足。在实际工作中，统驭性和重要性的账簿都采用订本账，如总分类账、现金日记账、银行存款日记账。

活页账是指由若干零散的具有专门格式的账页装置在账夹中所组成的账簿。这种账簿的优点是可

根据需要随时增添空白账页，不会浪费，不会不足，也便于同时分工记账，但是活页账易于散失、易被抽换，因此，在实际工作中，明细分类账多采用活页账。

卡片式账簿简称卡片账，是指由若干零散的具有专门格式的硬纸卡片排列于卡片箱中所组成的账簿。实际工作中，固定资产、低值易耗品等明细账多采用卡片账。

（四）登记账簿的基本要求

1. 账簿的建立与登记规则 ①建新账或用新簿时，应填列“账簿启用表及经管人员一览表”。②总账账户应按会计制度规定的科目顺序设置，并在扉页上填制一张账户目录，以便记账和查阅。③年初建新账时，应将上年末各账户“余额”结转为本年相同账户“年初余额”，并在摘要栏内注明“年初余额”或“上年结转”字样。④为了保证账簿记录的真实、正确性，必须根据审核后的记账凭证记账。记账后，在凭证上注明记入账簿的页数或用“√”符号以示已过账，防止漏记、重记、错记。⑤用蓝黑墨水填写，字迹要清楚工整。平时一般不能用红色墨水，红色墨水只能在结账、划线改错和冲账时使用。⑥各账簿必须按编定页次，逐页、逐行顺序、连续登记，不得隔页、跳行。若发生隔页、跳行，不得随意涂改，应用红墨水对角划线，加盖“作废”章并由记账人员签章。⑦每页最后一行填本页发生额合计数及金额，并在摘要栏注明“转次页”字样，每页第一行填由上页转来的发生额总数及余额，在摘要栏注明“承上页”。⑧书写的文字和数字，一般应占格宽的“1/2”。⑨发生账簿记录错误时，应按规定的方法更正。

2. 总账与明细账平行登记 平行登记是指对每一项经济业务，既要记入总账账户，又要同时记入所属明细账账户。

平行登记时要做到以下几点：同期登记，方向相同，金额相等。

3. 更正错账的方法 账簿记录发生错误时，应根据错误的具体情况，选择正确方法更正，不得涂改、挖补、刮擦或用药水消除字迹。

（1）划线更正法：当记账凭证正确，据以登记账簿时，文字或数字有误，对于这样的错误，在记账当时或结账之前，可用此法。更正方法是在错误文字或全部数字上划一红线予以注销，再将正确文字或全部数字写在错误处上边，并由记账人员在更正处旁边盖章，以明确责任。

（2）红字更正法：当记账凭证中应借应贷科目有误或记账凭证中应借应贷科目正确，但金额大于应记金额。在记账后，结账前发现这种错误，应用该法。对于第一种错误，先用红字金额填制一张内容与错误的记账凭证完全相同的记账凭证，据以用红字登记入账，在摘要栏注明“冲销某月某日第×号凭证错账”，再用蓝字填制一张正确记账凭证，据以登记入账，在摘要栏内注明“补充某月某日账”。对于第二种错误，用红字冲销多记金额即可。具体做法是按照多记金额填制一张记账凭证，据以用红字登记入账，以冲销多记金额，在摘要栏注明“冲销某月某日第×号记账凭证多记金额”。

（3）补充登记法：当记账凭证中账户和方向正确，金额有误，且记账金额小于应记金额。根据这种错误凭证记账所造成的记账错误，更正时用此方法，即把少记金额再补上。具体做法是按少记金额用蓝字填制一张相同的记账凭证，据以登记入账，在摘要栏内注明“补记某月某日第×号凭证少记金额”。

（五）对账和结账

1. 对账 对账是为了保证账簿记录的正确性，以达到账证、账账、账实相符而进行的账目核对工作。对账的内容主要包括账证核对、账账核对、账实核对、账表核对等。

2. 结账 结账就是在会计期末结算各账户本期发生额和期末余额的账务工作。结账前要查明本期间内所发生的日常经济业务是否已经全部正确入账，按照权责发生制要求，要进行有关账项调整以及计算结转有关成本费用。若有漏记，应补记；若有错记，应更正。做完上述账务工作后，再进行试算平衡，平衡后再结账。按会计期间，结账分为月结、季结、年结。

（六）账簿的更换和保管

1. 账簿的更换 总分类账、日记账和大部分明细分类账都要每年更换一次。只有变动较小的部分明细账，如固定资产明细账，可以继续使用，不必每年更换新账。各种账簿在年终结账时，每个账户的年

终余额都要直接记入下一年度启用的有关新账簿中去。新旧账簿有关账户之间的转记余额，无须编制记账凭证。

2. 账簿的保管　各种账簿的保管既要安全、完整，又要保证需用时能迅速查到。为此，会计人员必须在年度结束后，将各种活页账簿连同账簿启用和经管人员一览表一起装订成册，加上封面，统一编号，与各种订本账一起归档保管。

十、财产清查

（一）含义

财产清查就是根据账簿记录，对各项财产物资和库存现金进行实物盘点，对银行存款和债权债务进行核对，保证财产物资、货币资金以及债权债务实存数额与账面数额相符的一种专门方法。通过财产清查可以保证财产安全完整，保证账实相符，监督单位严格遵守财经法规和财经纪律。

（二）财产清查的种类

1. 财产清查按照清查的对象和范围可以分为全面清查和局部清查两种。

2. 财产清查按清查的时间可分为定期清查和不定期清查两类。

（三）财产清查的准备工作

为使财产清查工作能顺利地进行，开展清查工作之前，应明确范围，成立小组，制定计划，还要做好业务上的准备，包括账簿记录的准备、实物整理的准备、度量衡器具的准备。账簿记录的准备指财会人员在财产清查之前，应将所有的经济业务登记入账，结出数量、金额和余额，并核对总账与明细账，保证账簿记录的正确性，做到账证相符，账账相符。实物整理的准备指财产物资保管人员办理好财产物资的出入库手续，登记有关账簿，并与财会部门的账簿核对，要求保持一致。同时，应将备查的各种财物分类整理，排放整齐，并挂上标签注明品名、规格和结存数量，以便进行清查时与账簿记录查对。度量衡器具的准备指清查前在财物存放地点备好计量准确的各种度量衡器具，以便使用，尽可能减少误差。还要准备好清查工作所需的登记表册，如盘存单、清查报告表等。

（四）财产清查的方法

盘点法，一般适用于实物资产的清查、货币资产的清查。

核对法，一般适用于银行存款、债权、债务的清查。

（五）财产清查结果的账务处理

清查结果出现盘盈、盘亏时，会计人员应利用“待处理财产损益”账户进行账务处理。该账户下设两个明细账户“待处理固定资产损益”和“待处理流动资产损益”。

十一、会计报表

（一）含义

会计报表就是根据日常核算资料（其中主要是账簿资料）编制的，用统一的货币计量单位综合概括地反映会计主体在一定时期内经济活动和财务收支情况的报告文件。也是提供会计信息资料的一种主要手段。

会计报表和凭证、账簿相比，是对会计资料从数量上不断压缩、质量上不断提高的过程，去粗取精，去伪存真，压缩数量，提高质量。财务信息的综合性和总括性，尤其是它的有用性的特点，在编制会计报表阶段才得到充分体现。

（二）会计报表的种类

1. 按反映的经济内容可分两类，一类是反映企业财务状况的会计报表，主要是资产负债表；一类是

反映企业经营状况和经营成果的会计报表，主要是收益表。

2. 按其提供会计信息的时态差异分为动态报表、静态报表。

3. 按编制的时间，可分月份报表、年度报表。月份报表，简称月报，是按月编报的会计报表，一般只包括科目余额表和收支明细表。年度报表，简称年报，是每年年终编制的会计报表，一般包括资产负债表和收益及收益分配表。

（三）会计报表的编制要求

1. 内容完整　报告期内全部经济业务的总括，应编制的报表必须完整编制，应填列的项目必须完整填列。

2. 数据真实　账证、账账、账实核对，保证账表相符。

3. 编制及时　必须在规定的时间内编制完成，及时报送。

另外，应贯彻可比性原则和一贯性原则，即保证会计计量和报告口径上的一致。

十二、会计核算形式

（一）含义

会计核算形式又称账务处理程序，是指账簿组织、记账程序和方法有机结合的方式。其中，账簿组织是指应用账簿的种类、格式和各种账簿之间的关系；记账程序是指填制会计凭证，登记账簿以及编制会计报表的顺序；记账方法是指账务处理是以手工操作还是机械操作。

（二）会计核算形式的种类

1. 按操作方式不同可分为手工记账核算形式、机器记账核算形式两大类。

2. 在采用手工记账方式时，按照登记总分类账的依据和方法不同，可分为以下五种：记账凭证核算形式，汇总记账凭证核算形式，科目汇总表核算形式，日记总账核算形式，多栏式日记账核算形式。在这五种核算形式中，记账凭证核算形式是最基本、最原始的。

（三）记账凭证核算形式

记账凭证核算形式特点是根据原始凭证编制记账凭证，直接登记总分类账。设置的账簿有现金日记账、银行存款日记账、总分类账、明细分类账等。

记账凭证核算形式的账务处理程序是：根据原始凭证或原始凭证汇总表，按照经济业务的不同性质，分别填制收款凭证、付款凭证和转账凭证；根据收款凭证和付款凭证逐笔登记现金日记账和银行存款日记账；根据原始凭证和记账凭证登记各种明细分类账；根据收款凭证、付款凭证和转账凭证逐笔登记总分类账；现金日记账、银行存款日记账、明细分类账定期与总分类账进行核对；根据总分类账和明细分类账的记录编制会计报表。

（四）科目汇总表核算形式

科目汇总表核算形式特点是根据记账凭证定期编制科目汇总表，并根据科目汇总表登记总分类账。

科目汇总表账务处理程序是：根据原始凭证或原始凭证汇总表，按照经济业务的不同性质，分别填制收款凭证、付款凭证和转账凭证；根据收款凭证和付款凭证逐笔登记现金日记账和银行存款日记账；根据原始凭证和记账凭证登记各种明细分类账；根据收款凭证、付款凭证和转账凭证定期编制科目汇总表；根据科目汇总表登记总分类账；现金日记账、银行存款日记账、明细分类账定期与总分类账进行核对；根据总分类账和明细分类账的记录编制会计报表。

（五）汇总记账凭证核算形式

汇总记账凭证核算形式特点是先根据记账凭证编制汇总记账凭证，然后根据汇总记账凭证登记总分类账。

汇总记账凭证核算形式的账务处理程序是：根据原始凭证或原始凭证汇总表，按照经济业务的不同

性质，分别填制收款凭证、付款凭证和转账凭证；根据收款凭证和付款凭证逐笔登记现金日记账和银行存款日记账；根据原始凭证和记账凭证登记各种明细分类账；根据收款凭证、付款凭证和转账凭证定期编制汇总记账凭证；根据汇总记账凭证登记总分类账；现金日记账、银行存款日记账、明细分类账定期与总分类账进行核对；根据总分类账和明细分类账的记录编制会计报表。

第二节　农村审计

一、农村审计的概念、性质、特点

（一）农村审计的概念

农村审计是由专门机构和人员，依据国家法律、法规和规章的规定，运用专门方法，按照一定程序，对农村集体经济组织及其所属企事业单位的财务收支和经营管理活动的真实性、合法性和效益性进行审查，并评价其经济责任，对审查结果作出公正结论，以达到严肃财经法纪、改善经营管理、提高经济效益的一种经济监督。

（二）农村审计的性质

由于农村审计主体的特殊地位和客体的特殊性，农村审计主要具有内部审计性质，但它又有一定的外部审计监督作用。

（三）农村审计的特点

1. 审计具有鲜明的政策性和法律性，依法审计是审计工作的基本原则。

2. 审计工作独立于被审计单位之外，它不直接管理财务经济活动，地位超脱，不受被审计单位和其他外来因素的影响。

3. 审计机构是代表权力机构实行经济监督的，具有审计的权威性。

4. 审计工作牵涉到各行各业、各个部门和各个单位，具有相当的广泛性。

5. 审计工作坚持客观公正的原则，正确地、实事求是地处理问题，具有公正性。

二、农村审计的范围、内容、作用

（一）农村审计范围

农村审计的主要对象是乡（镇）、村集体经济组织以及所属企事业单位的经济活动。

（二）农村审计的内容

根据各地地方法规的有关规定，农村审计具有以下几个方面的内容：①财务管理等内部控制制度是否健全、有效及执行情况；②财务收支及年度预算、决算和收益分配执行情况；③财务会计报表、凭证、账簿的完整性、真实性和合法性；④集体资产、负债、收益情况及其有关的经济活动；⑤承包、租赁合同的订立和履行情况；⑥承包费、租金、土地征用补偿费、公积金、公益金及其他收入的收支情况；⑦社会捐赠、国家下拨的款项、物资管理和使用情况；⑧负责人任期目标和离任的经济责任情况；⑨“一事一议资金”的管理和使用，以及由有关部门代管的集体资产的使用情况；⑩建设项目的预算、决算及投资效益；⑪农村集体资产的评估；⑫贪污、侵占、挪用、挥霍集体资金的行为；⑬本级人民政府或上级农村审计机构交办的审计事项；⑭接受委托的其他审计事项。

农村审计机构在审计过程中有下列职权：一是要求被审计单位提供财务收支计划、预算执行情况、决算、财务报告、经济合同以及其他与财务收支有关的资料，被审计单位不得拒绝、拖延谎报；二是检查被审计单位的会计报表、凭证、账簿以及其他与财务收支有关的资料和资产，被审计单位不得拒绝、阻挠；三是就审计事项的有关问题向有关单位和个人进行调查，被调查的单位和个人应当如实提供有关资料和证明

材料；四是有权制止正在进行的损害集体经济组织利益、违反财经纪律的行为；五是对转移、隐匿、篡改、毁弃会计报表、凭证、账簿等有关资料的，有权予以制止；六是审计结果应按规定报告并及时向群众公布。

（三）农村审计的作用

①有利于防止农村财务混乱，保护集体资产安全；②有利于农村家庭联产承包责任制的稳定与完善，促进农村经济持续稳定协调发展；③有利于促进集体经济组织和乡村集体企业改善经营管理，提高经济效益；④有利于党和国家各项经济政策的贯彻执行，加强廉政建设，改善党群干群关系。

三、农村审计的种类、方法、程序

（一）农村审计的种类

1. 按农村审计范围区分为全面审计、局部审计、延伸审计。全面审计，亦称全部审计、完全审计和详细审计，是指对被审计单位一定期间的全部经济活动的会计资料、财务收支和财产物资等所进行的审计。

局部审计，亦称重点审计、专项（题）审计和特种审计，是指按照特定的目的与规定的范围和期间，对被审计单位的部分经济活动或某一职能部门（专项）进行的审计。根据农村实际情况，目前进行的专项审计主要有农民负担审计、干部离任审计、专项资金审计、救灾物资的发放情况以及财经法纪执行情况的专门审计等。

延伸审计，亦称追（跟）踪审计，是指依据特殊要求或发现被审计单位问题和疑点，沿着问题所涉及的范围，顺藤摸瓜，以查清审计事项为轴心，涉及到哪就查到哪，不受是否同一被审计对象（单位）的限制。这种审计有助于彻底查清问题，解除疑点，弄清责任。

2. 按农村审计内容区分为财务审计、经济效益审计、财经法纪审计、经济责任审计。财务审计，亦称传统审计、常规审计，是指以财务会计为对象而进行的审计。财务审计是对被审计单位的财务收支活动和会计资料的真实性、正确性、合法性和有效性作出准确判断的一种审计。

农村集体经济组织效益审计，主要是对生产经营成果、基本建设投资、各项资金使用效果等方面的审查。

财经法纪审计是指对被审计单位贯彻执行财经法纪情况所进行的一种专案审计。

经济责任审计是指对农村集体经济组织的经济责任者或企业法定代表人所进行的审计。

3. 按农村审计时间区分为事前审计、事中审计、事后审计。事前审计是指审计人员在农村集体经济组织开展经济业务活动前进行的审计。事中审计是指审计人员在农村集体经济组织的业务活动中进行的审计。事后审计是指在农村集体经济组织的业务活动结束后所进行的审计。

4. 按农村审计实施方式区分为联合审计、单独审计、委托审计。联合审计是指审计部门会同国家机关或其他职能部门联合对被审计单位进行审计。单独审计是指审计部门独立对被审计单位进行的审计。委托审计是指由审计机关或有关部门委托审计咨询部门或会计师事务所等，对被审计单位进行的审计。

5. 按农村审计实施地点区分为送达审计、就地审计。送达审计亦称报送审计，是指审计机关或组织通知被审计单位，按照要求在规定的时间内，把有关资料报送到审计机关或指定地点进行的审计。就地审计是指由审计机关或组织派出审计人员，到被审计单位所进行的审计。

6. 按农村审计期限区分为定期审计、不定期审计。定期审计亦称常年审计，是指按照预定的审计计划，由审计机关派员定期对被审计单位进行的审计监督。不定期审计，是指依据特定的目的和需要而随时对被审计单位进行的审计。

（二）农村审计方法

农村审计方法是审计机构或审计人员为完成审计任务，达到审计目的，在审计过程中所使用的各种手段的总称。

1. 审计的思想方法。实事求是的方法；“一分为二”的方法；由表及里的方法；依法论是非的方法；兼顾的方法。

2. 审计的工作方法　农村审计机关或审计人员，通过实践总结归纳为听、看、查、比、议等5种工作方法。

听，就是通过听取有关单位和人员情况汇报，深入群众听取反映和意见，听知情者介绍内情等，掌握更多更详细的情况和问题，做到心中有数。

看，就是通过查阅有关资料，审阅账簿、凭证，检查原始记录，查看现场等，掌握更详实确切的材料证据，找出线索，发现问题。

查，就是通过检查账目、库房、实物和凭证等，了解账款、账物、账证、账账、账表是否相符，有无违法违纪现象，从而抓住突出的问题。

比，就是通过与国家的方针政策对比、与财经法纪对比、与计划目标比较，发现经济活动中存在的问题，查证有关的业务事项。

议，就是议论、研究、座谈、讨论，有关人员共同分析情况和问题，从而统一思想、统一认识，以便做出公正、正确的评价和结论。

3. 审计的业务操作方法　按涉及的内容，可分为查账法和盘点法；按被审计的凭证和资料数量，可分为详查法和抽查法；按进行的顺序，可分为顺查法和逆查法；按采取的形式，可分为核对法和审阅法。

查账法是指对被审计单位的财务会计账目进行审查、核对，以确认其是否真实、准确、合法、合理，并对其做出公允正确评价的方法。常用的查账有详查法、抽查法、顺查法、逆查法、核对法、审阅法等。

盘点法是指对被审单位的实际财产物资清查，以查核是否与账簿记载相符，单据是否真实、合法的一种审计方法。

详查法是指对被审计单位一定时间内的所有凭证、账簿、报表和有关业务资料，都进行全面的、详细的认真审查，据以判定其经济业务的正当性和合法性的一种方法。

抽查法是指对被审单位在一定时间内的凭证、账簿、报表和经济业务，有选择地抽查其中的一部分，据以推断其经济业务总体的正确性和合法性的一种方法。

顺查法就是按照经济业务发生的顺序和会计工作程序，依次进行审查的方法。具体做法是，首先从原始凭证查起，再查记账凭证，再结合凭证核对账簿，最后按账簿查对报表。

逆查法就是按照会计记账程序相反的次序进行审计的一种方法。具体做法是，从审查报表开始，再以会计报表核对账簿，以账簿核对并审查记账凭证，最后以记账凭证审核原始凭证。

核对法就是将经济业务在账、证、表等记载的内容同相关联的数字或资料进行查对和复算的方法。

审阅法就是对被审单位的会计凭证、账簿、报表和经济业务的其他有关资料，进行仔细、认真地查阅，借以找出线索，掌握情况的一种审计方法。

（三）农村审计程序

审计程序是指审计工作全过程的工作步骤、顺序和阶段。

根据国家有关规定，结合目前农村的实际情况，农村审计的基本程序主要内容应该包括：制定审计工作计划，确定审计对象和拟定审计工作方案，发出审计通知，进行审计，提出审计报告，审定审计报告，作出审计决定，开展复审，建立审计档案等。以上诸项，按时间顺序可以划分为审计准备阶段、审计实施阶段和审计终结阶段。

四、审计准则、审计依据、审计证据

（一）审计准则

1. 审计准则的概念　审计准则是由政府审计部门或专职的机构和职业组织制定颁布的，是审计人员在实施审计工作中所必须遵循的行为规范和衡量与评价审计工作质量的具体尺度和标准。

2. 审计准则的主要作用　①有利于衡量和评价审计工作质量，从而可以保证和提高审计工作质量，赢得社会公众的信任。②有利于规范审计工作，维护社会经济秩序。③有利于维护审计组织和审计人员

的正当权益，使他们免受不公正的指责和控告。④有利于促进国际审计经验交流，推动审计理论的研究和提高。

（二）审计依据

1. 审计依据的概念　审计依据又称审计标准和评价依据，是对审计过程中所查明的事实进行评价和判断，据以提出审计意见和建议，作出审计结论的客观标准。

审计依据与审计准则是两个既有联系又有区别的概念。审计准则解决如何进行审计问题，是审计人员行动的指南和规范；审计依据则解决审计人员根据什么提出审计意见，作出审计结论，是辨别是非，衡量优劣，判断合法非法，并据以作出结论和提出意见的客观标准。

2. 审计依据的种类　①审计依据按来源分类，可分为被审计单位自己制定的审计标准和外部单位制定的审计标准。②审计依据按性质、内容分类，可分为法律、法规、政策、指示；规章制度；预算、计划和经济合同；业务规范和技术经济标准。③审计依据按审计目标分类，可分为评价经济活动合法合规性的审计标准；评价经营管理活动效益性的审计标准；评价内部控制制度健全性、有效性的审计标准。

3. 审计依据的特点

（1）层次性：审计依据按制定单位的权限和管辖范围划分为若干不同层次。层次越高，审计依据的威信越高，适用范围越广。审计人员在运用时，如遇低层次的规定和高层次的规定相抵触时，应以高层次为准，做出评价和判断。

（2）地域性：审计依据受地域空间的限制，本地区的审计依据不能用于外地区，其他地区的审计依据也不适用于本地区。

（3）相关性：审计人员应从众多的审计依据中选用最能揭示被审单位有关事项本质的审计依据。

（4）时效性：各种审计依据都有一定的时效性，不是任何时期、任何条件下都适用。不能用旧的失效的审计依据来评价现行的经济活动，也不能用新的审计依据来否定过去的经济活动。

（三）审计证据

1. 审计证据的概念　审计证据是审计机关收集的用以证明审计事项真相并作为审计结论基础的材料。审计证据是做好审计工作，合理提出审计报告，达到审计目标的重要条件。

2. 审计证据的分类　审计证据按照不同的标准，可以进行多种分类。

（1）按审计证据的表现形态分类，可以分为实物证据、书面证据、口头证据、环境证据、分析计算证据、实地观察证据。实物证据，是指以实物的外部特征和内含性能来证明事物真相的各种财产物资。实物证据的存在自身就具有很大的可靠性，所以具有较强的证明力。书面证据，是指以文字记载的内容来证明被审事项的各种书面资料，如有关被审事项的会计凭证、账簿和报表以及有关文件、合同、函证等。审计工作中，收集最多的就是书面证据。口头证据，是指被审对象及其有关人员对审计人员的提问做口头答复所形成的一类证据。口头证据的证明力较弱，一般只作为书面证据的补充。环境证据，是指对审计事项产生影响的各种环境事实，如被审单位的内部控制制度、管理人员素质等。环境证据不是主要的审计证据，但是它可以帮助审计人员了解被审单位、审计事项所处的环境，是进行审计判断必须掌握的资料。分析计算证据，是指由审计人员编制的对所审经济活动分析计算取得的证据。实地观察证据，是指审计人员在现场亲自观察了解的证据。这类证据由于是第一手资料，所以证明力是较强的。

（2）按审计证据的相关程度分类，可以分为直接证据、间接证据。直接证据，是指对审计事项具有直接证明力，能单独、直接地证明审计事项真相的资料和事实。间接证据，是指对审计事项只起间接证明作用，需要与其他证据结合起来，经过分析、判断、核实才能证明审计事项真相的资料和事实。

（3）按获取审计证据的来源分类，可以分为内部证据、外部证据、自行证据。内部证据，是指审计人员从被审单位内部取得的证据。外部证据，是指从被审单位以外的单位取得的证据。自行证据，是指审计人员通过实施审计程序自行取得的证据。

（4）按审计证据的重要性分类，可以分为基本证据、辅助证据和矛盾证据。基本证据，是指对形成审

计意见、做出审计结论具有直接证明力的证据。辅助证据，是指能够支持基本证据的证明力的证据。矛盾证据，是指证明方向与基本证据相反，或证明的内容与基本证据不一致的证据。遇有矛盾证据，审计人员必须进一步收集审计证据，并加以鉴定和分析，以查明真实情况。

3. 审计证据的收集与评价

（1）收集审计证据的要求：由于审计是一种经济执法过程，它要求在获取证据时必须遵循一定的法律程序。根据审计证据准则的规定，审计人员收集审计证据，必须遵守下列要求：客观公正、实事求是，防止主观臆断，保证审计证据具有客观性；对收集的审计证据进行分析、判断，决定取舍，保证审计证据具有与审计目标相关联的相关性；用以证明审计事项的真相，保证审计证据具有充分性；严格遵守法律、法规规定，保证审计证据具有合法性。

（2）收集审计证据的方法：审计证据准则规定，审计人员可以通过检查、监督盘点、观察、调查、取证以及录音、录像、拍照、复印、计算和分析性复核等11种方法，收集审计证据。

（3）审计证据的评价：审计证据的评价是指审计人员为得出审计结论，对所收集的审计证据的数量、质量、证明力的强弱所作出的分析评价和判断。主要内容有：评价审计证据的相关性、审计证据的真实性、审计证据的合法性、审计证据的重要性、审计证据的充分性、审计证据的证明力。

审计证据的相关性。作为审计证据的材料必须是和被审事项密切相关的。否则，不构成该被审事项的审计证据。

审计证据的真实性主要是看审计证据是否是客观事实的真实反映。

审计证据的合法性主要是判断证据是否按照审计法规规定的手续、程序取得的，签章是否齐全，内容是否完整等。

审计证据的重要性一是判断证据所反映的数量金额是重要的，同样的证据，数量金额大的要比小的重要；二是判断证据所反映问题的性质重要，如违法乱纪性质的问题，要比一般记账错误重要。

审计证据的充分性即判断鉴定审计证据数量方面是否充分满足证实被审事项的需要。

审计证据的证明力是在其真实性、合法性、重要性、充分性的基础上形成的，审计人员应把主要目标放在证明力强的审计证据上面。

五、会计凭证、会计账簿和会计报表的审计

（一）会计凭证的审计

1. 原始凭证的审计

（1）原始凭证审计的内容：

真实性审核。所谓真实，是指原始凭证上反映的应当是经济业务的本来面目，不得掩盖、歪曲和颠倒事实情况。真实性审核的要点主要是原始凭证所记载的经济业务是否正常，涉及业务发生的日期、经办负责人员、业务的程序和手续是否真实地、客观地反映了已经发生的经济业务，有无伪造、涂改原始凭证的行为。

合法性审核。所谓合法，是指按会计法规、会计制度和计划预算办事。审核的要点主要是原始凭证所反映的经济业务内容是否符合国家有关政策、法规、制度、计划、预算和合同等的规定，是否符合审批权限和手续，有无滥用职权违法乱纪、弄虚作假、挥霍浪费和损公肥私等行为。

完整性审核。所谓完整，是指原始凭证应具备的要素要完整、手续要齐全。审核的要点主要是原始凭证的手续是否完备，应填写的项目是否已填写齐全，有关经办人员是否都已签名或盖章，主管人员是否审批签字，以及原始凭证的摘要和数字是否填写清楚、正确，数量、单价、金额、合计数等有无差错，大小写金额是否相符等。审核时应注意看原始凭证所记载的各项内容有无涂改现象，经过涂改的原始凭证即为无效凭证，不能作为填制记账凭证或登记会计账簿的依据。

（2）原始凭证常见的舞弊方式：

篡改原始凭证。行为人通过涂、改、刮、擦及使用化学药品等手段，更改原始凭证的内容，从而达到某种目的的舞弊方式。如篡改原始凭证的日期、抬头、金额，增添原始凭证的内容等。

盗用原始凭证。行为人利用窃取的原始凭证隐匿收入或虚报冒领的舞弊方式。如在收入现金时，用窃取他人的空白收据收款，收入不入账；在支出现金时，用窃取他人的空白发票进行虚报冒领。

伪造原始凭证。行为人通过伪造经济业务的原始凭证作为记账依据的舞弊方式。

大头小尾。行为人通过一票分开的方法，使发票各联金额不一致的舞弊方式。如在填制收入凭证时，在正联上填写实际金额给交款单位作为收款证明，而在存根联与记账联上填写较小金额作为收款单位的入账依据。

变相报销。行为人在会计处理中违反真实性原则，改变不符合规定支出的事实真相，将不合法的开支项目变通为合法项目报销的舞弊手段。如将滥发的奖金补贴和吃、请、送开支以"办公用品"、"维修费用"等名义报销。

重复报销。行为人在一项经济活动中取得几联（或几种）原始凭证时，先用一联（或一种）原始凭证为依据报销一次，然后用另一联（或另一种）原始凭证再次报销；或是将以前年度已经报销的原始凭证抽出再次报销的舞弊方式。

使用白条及废弃发票。行为人用已经作废的发票、不符合规定用途的发票和白条子进行虚报冒领的舞弊方式。

2. 记账凭证的审计

（1）记账凭证审计的内容：主要有记账凭证是否附有完整、合法、正确的原始凭证，记账凭证反映的内容与所附原始凭证的内容是否相符；记账凭证所确定的应借、应贷会计科目的名称、记账方向、金额是否正确，账户的对应关系是否清晰；记账凭证中的有关项目是否填列齐全，手续是否完备，签章是否齐全。

（2）记账凭证常见的舞弊方式：

凭空编制记账凭证。行为人在没有收款、付款业务情况下凭空编制收款、付款业务的记账凭证和凭空编制转账业务的记账凭证进行会计处理，从而达到多记收支、调节收益和转移资金等目的的舞弊方式。

故意混淆科目对应关系。行为人在编制记账凭证时故意混淆科目对应关系，以搞乱账目、混水摸鱼的舞弊方式

记账凭证金额与所附原始凭证金额不符。行为人在编制记账凭证时，采取记账凭证所列金额与所附原始凭证合计金额不符的手法，故意多记开支和少记收入的舞弊方式。该舞弊方式在会计、出纳一人兼的单位尤为突出。

3. 会计凭证审计技巧

（1）审阅的技巧：首先是审阅原始凭证，看原始凭证的抬头与被审计单位是否相符；凭证上有无经办人和审批人签字签章；大小写金额是否相符；日期、内容有无涂改现象；凭证上有无"办公用品"、"日用品"、"修理费用"、"农机配件"等笼统模糊的内容；原始凭证上填写的经济内容是否超出了签发单位的经营范围；原始凭证是否正规，是否有使用废弃发票或白条子作为记账依据的问题等。其次是审阅记账凭证的内容和手续是否完备；会计科目及对应关系的运用是否正确；会计处理方法是否符合会计制度规定等。

（2）核对的技巧：主要是核对记账凭证附件张数与所附原始凭证张数是否相符；记账凭证列示的借方贷方金额与所附原始凭证的金额是否相符；记账凭证的经济业务内容与所附原始凭证的内容是否相符；记账凭证与总账、日记账、明细账的记录是否相符。

（3）查询的技巧：主要是对审阅和核对中发现的疑点问题，通过找有关人员直接询问或发函询问等方式，确定会计凭证方面存在的问题。

（二）会计账簿的审计

1. 会计账簿审计的内容　会计账簿审计的内容主要是看会计账簿的设置、登记和管理是否符合《会

计基础工作规范》及有关财务会计制度的规定。具体内容包括：①已入账的凭证是否整齐完备；②账簿有关内容与原始凭证的内容是否一致；③账户的运用是否恰当；④货币收支的金额有无不正常现象；⑤记账、结账等是否符合规定的技术要求，如登记是否及时、摘要是否清楚、余额结算是否正确、账簿是否连续使用登记、是否按规定的时间结账等。

2. 会计账簿常见的舞弊方式　无证记账，指行为人在没有记账凭证的情况下，凭空进行财务处理，从中进行舞弊的方式。

有证不记账，指行为人在编制记账凭证后故意不进行会计处理，从中进行舞弊的方式。

挂账，指行为人结账时不按规定将往来账户和结算账户的经济业务结清而使其挂在账上，以达到截留收入、少记开支或转移资金之目的。

结账时造假，这种造假又有两种手段，一是行为人在结账加总时故意多加以虚增账面金额，从中进行舞弊，即结总增列；二是结总减列，即行为人在结账加总时故意少加以虚减账面金额，从中进行舞弊。

虚设账目，指行为人在会计处理中违反真实性原则凭空设置虚假账户进行舞弊。如设置没有具体对象的"应收款"账户作为中转站，把应作收入的款项暂记入往来账户，然后再转为账外资金。

坏账，指行为人在会计处理上故意把尚可收回的往来款项作为坏账损失核销，待收回时不入账贪污归己的舞弊方式。

涂改账簿，指行为人通过涂改账簿中的日期、摘要、金额等手段进行舞弊的方式。

3. 会计账簿的审计技巧　审阅的技巧，通过审阅账簿记录的日期和摘要说明，看有无记账日期颠三倒四、摘要说明含糊不清或摘要说明与账户核算内容不符的问题；通过审阅账簿的文字书写，看有无任意使用红字记账或涂改、挖补、刮擦问题；通过审阅账簿金额，看各账户金额在承上启下、结计余额和责任人交接时是否衔接；有无资产类账户出现贷方余额或权益、负债类账户出现借方余额等异常现象。

核对的技巧，通过核对各账户余额的计算是否正确，看有无结总增列和结总减列以及错记、漏记、重记等问题；通过账证核对，看账簿记录与会计凭证是否一致，有无无证记账或有证不记账以及账证金额不符，故意多记或少记问题；通过账账核对，看总账与所属明细账的内容是否相同，记账方向是否一致，记账金额是否相符，本期发生额与期末余额是否相符；通过账实核对，看现金、有价证券、财产物资等项数字是否账实相符。

分析的技巧，通过分析，主要看各项经济业务本期发生的增减变化与上期有无异常情况，从中发现疑点。

查询的技巧，对在审阅、分析中发现的疑点问题，通过找知情人直接询问，从中确定有无账簿上的舞弊。

（三）会计报表的审计

1. 会计报表审计的基本方法

从外观形式上进行审查。首先是审查被审计单位所编制会计报表的种类、格式是否符合会计制度的规定，有无缺表或缺页。其次是审查各种会计报表规定填写的项目、指标是否填列齐全，有无漏填、错填或错行、错格问题，手续是否完备。再次是审查财务状况说明的内容是否完整，重大的财务状况变动事项是否全部反映。

从编制技术上进行审查。首先是根据会计平衡公式审查资产合计数是否等于负债与所有者权益的合计数，表内有关数据的汇总是否正确，审查时应对表中所列数据进行复核计算，看是否存在加总错误。其次是审查会计报表中各种相关数据的勾稽关系是否衔接。主要看会计报表中的小计、合计、总计数字的计算是否准确，本年期初数与上年期末数是否衔接，如果出现本年度规定的项目名称和内容与上年度不相一致时，是否对上年末会计报表项目的名称和数字按本年度规定进行了调整。第三是审查会计报表中填列的数据与账簿中记载的数字是否相符，与其他会计报表中反映的数据口径是否一致，报表与报表之间有关数字的勾稽关系是否正确。

从内容实质上进行审查。在审查会计报表外表形式和编制技术的基础上，还要对会计报表的内容和实质进行审查，也就是审查各项目数字是否真实、正确，包括会计处理方法是否符合会计原则，财产物资是否确实存在，折旧计算和提取比例是否符合规定等。通过审查，往往可以发现一些问题线索。

2. 资产负债表审计的内容　资产负债表的常规审计，主要是审查资产负债表填列的内容是否完整，表内数字计算是否正确平衡，有关项目填列是否准确等。

审查资产负债表填列内容的完整性，一是检查填报日期是否漏填；二是审查表内应填项目是否填列齐全；三是审查有关人员签章是否齐全。

审查资产负债表内相关数字的准确性，一是复核表内小计数是否正确；二是复核表内总计数是否正确；三是将表内左右两方项目数字分别相加，看资产负债表的总额是否平衡。

审查资产负债表内综合项目的填列是否准确，对根据各有关总账账户的期末余额直接填列的项目，应与各有关总账账户的余额相加或相抵及分析的数额相核对；对需要根据明细账户期末余额或其合计数填列的项目，应与各有关明细账户期末余额及其合计数进行核对；资产负债表"年初数"栏内各项数字，应与上年末资产负债表内"期末数"所列数字相核对。

3. 收益及收益分配表审计的内容

审查收益及收益分配表填列内容的完整性。首先是检查有无报表填列日期；其次是检查表内应填项目是否填写齐全；再者是检查有关人员是否全部签章等。

审查有关会计原则的遵循情况。各项会计原则都必须在收益的形成和分配过程中遵循，在对收益及收益分配表进行审核时，应重点审核权责发生制原则、配比原则、划分收益性支出与资本性支出原则和稳健性原则的遵循情况，从而对收益及收益分配表中反映的收益数额予以确认。

审查收益分配项目的顺序和比例。通过审核，主要看收益分配的项目是否符合财务制度规定，分配标准是否符合提取比例，分配方案是否体现了正确处理国家、集体、个人三者关系等。如果发现分配项目和提取比例不符合规定时，应及时纠正并追查责任。

审查收益及收益分配表的报批程序。主要审核收益分配方案的制定是否经过村民大会讨论通过，是否报乡（镇）主管部门审核批准等。

4. 会计报表常见的舞弊方式及审计技巧　会计报表舞弊是指行为人通过虚增、虚减会计报表中的有关数字来进行舞弊的行为。如会计报表中本期数字不是来源于会计账簿，而是由财会人员凭空估算，或是根据需要任意改变某些数字等。

对会计报表的审计，一般采用审阅法、核对法、分析法和查询法进行。

审阅的技巧，通过审阅，主要看会计报表的编制是否符合制度规定，报表项目的填列是否正常合理，各报表内相关数字的勾稽关系是否衔接等。

核对的技巧，通过核对，主要看上下年度报表中的有关数字是否衔接，本年度各报表之间的相关数字是否相符，会计报表数字与账簿数字是否相符，有无账表不符、弄虚作假、编报假表或隐而不报等问题。

分析的技巧，通过对报表主要项目的本期与前期、实际与计划等数字进行对比分析，看有无异常的增减变化，从中发现问题线索。

查询的技巧，对在审阅、核对、分析中发现的疑点问题，通过找有关人员直接查询，从而确定会计报表有无舞弊问题。

六、审计工作底稿、审计报告和审计档案

（一）审计工作底稿

1. 审计工作底稿的意义　审计工作底稿是指审计人员在执行审计业务过程中，对其所采用的方法、步骤和搜集的用来证明被审事项有关情况的经济事实和资料，按照一定的格式编制的审计工作记录。审计工作底稿按编制顺序可分为分项目审计工作底稿和汇总审计工作底稿，其中，分项目审计工作底稿应

当由审计人员根据审计所确定的项目内容，逐项逐事编制形成，做到一项一稿或一事一稿。汇总审计工作底稿应当在分项目审计工作底稿编制完成的基础上，按照分项目审计工作底稿的性质、内容，分类归集，综合编制。审计工作底稿是审计人员编写审计报告的基础资料，是审计过程和审计结果的书面证明，也是审计档案的重要资料。其作用主要表现在以下几个方面：①审计工作底稿是收订、鉴定和综合审计证据的基础，可以将不同审计人员的审计工作有机地连结起来。②审计工作底稿是形成审计意见、作出审计结论的直接依据，在审计工作底稿中汇集的各式各样的审计证据，以及审计工作中职业判断的记录，是支持审计结论最有力的资料。③审计工作底稿是评价或考核审计人员专业能力与工作业绩的依据。④审计工作底稿是审计质量控制和质量检查的重要依据。⑤审计工作底稿便于今后工作的进行。

2. 编制审计工作底稿的基本要求　①内容完整，是指审计工作底稿包含的要素和核心部分，以及其所反映的审计事项没有缺损或遗漏。②事项重要，是指审计工作底稿所记录或反映的财政、财务收支及其有关的经济活动，是整个审计项目内容的重点，并与取得的审计证据、作出审计评价、发表审计意见、实现审计目标密切相关。③真实准确，是指审计工作底稿必须符合被审单位的财政、财务收支以及其他有关经济活动的实际情况。④简明清晰，是指审计工作底稿记录或反映的审计事项，应当简要、清楚。⑤标准规范，是指审计工作底稿的编制，应遵循一定的准则或格式，前后符号应一致。

3. 审计工作底稿的复核　审计工作底稿的复核是提高审计工作效率和质量，完成审计任务的重要环节，对全部审计工作具有十分重要的作用。就复核工作的基本要点来看，一般包括以下几点：①所引用的有关资料是否真实、可靠；②所获取的审计证据是否充分、适当；③审计判断是否有理有据；④审计结论是否恰当。

在现阶段的农村经济审计中，由于审计人员和审计经费的限制，可采取由审计小组复核和农经审计站复核的两级复核制度。

各复核人在复核时应当作必要的记录，书面表示复核意见并签名。必要时，审计人员应当根据复核意见对审计工作底稿予以补充、修改，或作出书面说明。

（二）审计报告

1. 审计报告的意义　审计报告是审计人员运用监督手段，对审计事项进行检查定性，公开评价，揭露问题，查明原因，提出初步处理意见和改进工作建议等内容的总结性文件；同时也是农村审计机构、乡镇人民政府对被审计单位作出审计决定和处理的依据。

审计实施阶段结束以后，审计人员应将审计工作的完成情况和审计结果向农村审计机构、乡镇人民政府、委托人和有关部门提出审计报告。

2. 审计报告种类　①按审计报告内容区分为财务审计报告、财经法纪审计报告、经济效益审计报告。②按撰写报告主体区分为内部审计报告、外部审计报告。③按审计报告形式区分为简式报告、详式报告。

3. 编写审计报告的基本要求　①审计报告逻辑结构的要求：一份好的审计报告，必须做到结构严谨，逻辑关系清楚。具体地说，审计报告的标题必须明确清晰；基本情况和审计概况要层次清楚、内容连贯；审计报告的具体内容要按重要性排列反映审计的结果、审计意见、审计建议和其他问题。②审计报告的内容要求：审计报告的内容，主要是指审计报告所反映的情况和提出的审计意见和建议等。基本要求主要有：事实清楚，证据确凿；内容完整，反映全面；评价公正，定性准确；处理恰当，建议可行；既要力求规范，也要探索求新。③审计报告的行文要求：审计报告的行文要力求做到规范化。根据审计报告的特点，行文方面主要有以下几个方面的规范要求：文题相符，概念清楚；措词适当，有理有据；层次清楚，行文简练。

4. 审计报告的构成　①标题：标题一般应反映被审计单位的名称、审计范围和审计的主要内容，如“关于对××村2005年度一事一议资金使用情况的审计报告”。标题应言简意切，提示主题。②主送单位：即报告呈送对象的名称。一般是审计项目的交办单位、委办单位和业务主管机关。主送单位要写全

称，写在标题之下，正文之上，顶格，称谓之后点冒号。如"××县农村审计站"。③前言：简要表达审计立项的依据、审计范围、目的、审计的方式、方法、过程，以及审计人员的组成情况。④正文：正文是审计报告的主体部分，一般包括下列内容：概述被审计单位的基本情况；审计查证的问题；对审计结果作出评价，提出处理意见；提出审计建议。⑤征求被审计单位意见及结语。⑥报告单位及审计组长签字。⑦审计报告日期。⑧审计报告附件。

（三）审计档案

1. 审计档案的意义　审计档案是农村审计机构于审计项目完成后，将审计报告、审计工作底稿和各种审计证据、资料按一定的要求归类、装订、立卷的文件总称。审计档案主要有以下几方面作用：①为审计结束后进行复审、查考提供依据。②为以后开展审计工作提供情况。③为审计工作规范化积累资料。④为加强审计理论研究提供资料。

2. 审计档案建立原则　①集中统一管理原则。②系统、完整原则。③谁审计谁立卷原则。

3. 审计档案收集范围　在审计活动中形成的计划、批文、工作底稿、文件底稿、电报、信函、报表、笔录、照片、录像磁带以及与审计有关其他文件材料等，上述资料反映着审计活动的全过程，是审计工作完整、系统、全面的记录，因而这些资料都应及时收集齐全，整理立卷。

4. 审计档案管理　审计案卷卷内文件材料一般应以结论性文件材料、证明性文件材料、立项性文件材料三个单元为序进行排列。

审计档案的保管期限分为永久、长期、短期3种。属于对领导干部处理的专案审计和金额较大的违纪案件及上级交办的重大审计事项的档案，应永久保存；属于对乡村经济组织进行的全面审计事项、经济责任审计事项，以及涉及对人的处理的审计事项的档案应长期保存（16～50年）；属于审计调查项目和一般的审计项目的档案可保存5～15年。

农村审计站应设置标准的档案室，配备必要的设备，建立健全档案管理使用制度、安全保密制度，严格各项管理措施，做好防火、防潮、防鼠、防虫工作，确保档案不丢失，不损坏。

借阅审计档案，一般应当限定在农村审计机构内部。凡需将审计档案借出本机构或要求出具审计档案证明的，必须经本级农村审计机构的主要领导批准，重要审计档案应经上一级农村审计机构批准。

第七部分　农业推广概论

第二十一章　农业推广概念与基本理论

农业推广活动是伴随农业生产活动而发生、发展起来的一项专门活动。随着农业推广活动的逐渐深入，农业推广已成为农业和农村发展服务的一项社会事业。由于不同国家政治、经济、文化的差别，农业和农村发展各阶段农业生产力发展水平的不同，农业推广活动的内容、形式、方法有很大的差异，然而，追溯其本质都是以推广为动力，来改变农民的行为，促进农业和农村的发展。农业推广活动有着悠久的历史和演变过程，但用科学的方法来研究它，只是近百年的事。同时，随着研究的不断深入，农业推广学作为一门科学学科应运而生。

第一节　农业推广活动的产生与演化

一、中国古代的农业推广活动

农业是人们利用动物、植物、微生物有机体进行物质循环和能量转换，以获取人类所需产品的一个物质生产部门。农业从它产生的那天起，解决的就是“民以食为天”的问题。人类的出现大约有100万年之久，但长期处于“食物采集”方式的原始社会。只是到了大约1万年前，人类才开始进入“食物生产”方式的原始社会。“食物生产”逐渐取代“食物采集”，成为人类获取食物的主要方式，这标志着人类开始进入粗放的农业社会。原始农业生产水平很低，劳动手段、技能落后，动植物的生长发育以自然发展为主，人为控制能力较差，刀耕火种、广种薄收成为主要生产方式。

原始农业的进一步发展，不仅使种植业生产水平有了很大提高，生产工具制作和分工越来越细，劳动产品开始出现剩余，而且畜牧业开始快速发展，驯养的牧畜日益增多，出现了较大规模的畜群，特别是在适宜畜牧业发展的地区，一部分人开始以牧为主的生活。农业与畜牧业的分离，极大地促进了农业生产的发展。劳动产品日益增多，社会剩余产品出现，为手工业匠人最终从土地上解脱出来创造了条件。手工业与农业的分工，促进了农业生产工具的革新和应用。如铁犁和牛的结合，使土地得以深翻，可以灭杂草、去病虫、改良土壤、保持水分，从而提高生产效率和单产，同时，也可以大规模地开垦新农田，扩大生产规模。牛耕与其他耕作措施结合，如合理施肥、灌溉、选种等，便有了科学种田的萌芽。我国精耕细作的传统由此而产生。

传统农业生产利用的主要动力是人力、畜力和自然力，为了提高土地利用率，人们采用了轮作、混作、间作套种等精耕细作的种植方式，但生产技术还是以经验为主，生产的目的是为了自给自足。由于传统农业的投入是一种低水平的投入，所以，物质、能量的循环只能是封闭式的有机农业，生产水平、生产效率较低，农业生产也始终处在一种简单的小规模状态。

在原始农业和传统农业社会，人类在与自然的斗争中所形成的一些技术、技艺、诀窍需要传播和扩散，通常的方式是父传子、师传徒，这就是最原始的农业推广活动。同时，由于农业生产力水平低下，农业成为部落首领和封建帝王的“立国之本”，重农思想为历代统治者所提倡。农民对土地的利用、工具改

革、技术革新更加注意，进而带来技术和农业推广活动的进步。历代封建朝廷和地方政府，为了发展农业经济，沿袭不断地推行劝农政策，实行教育与行政相结合的方针，对农民进行劝导、教育和督导，借以达到推广农业技术，提高农业生产的目的。所以，在长期的奴隶社会和封建社会，农业推广活动带有了浓厚的官办色彩和技术、技艺推广特征。这种既强调教育在农业推广中的作用，又用农业行政机构来推行劝农政策的做法，逐渐形成了我国教育与行政措施相结合的农业推广传统。

在我国的古书记载中，有后稷教民稼穑的故事。相传后稷是周族的祖先，名姬弃，是黄帝的曾孙，尧帝的异母兄弟。姬弃喜爱农业生产技艺，善于种植谷物，姬氏族的人愿仿效，于是尧帝便"拜弃为农师"，指导百姓务农。舜帝继位又任命弃主管农业，封赠官号为"后稷"。"后稷教民稼穑，树艺五谷，五谷熟而民人育。"(《孟子·滕文公上》)。在后稷的指导下，百姓因地制宜地发展农牧业，获得丰裕生活，周族也日渐昌盛起来。这一传说反映了4 000年前尧舜时代的农业和农业推广状况。经古籍传颂，后稷便成为我国古代从事农业推广的第一位"农师"，受到后世的崇敬和纪念。

据《周礼·地官司徒》论述，周代官制中主管农业的是"地官司徒"，其职责为"教民稼穑树艺"，司徒以下还有分管专门农业项目的，"司稼"分管谷类作物，"遂人"分管土地分类利用，"草人"分管粪种、施肥，"稻人"分管水泽地种谷，"场人"分管瓜果、园艺，"山虞"分管林木。可见，在周代我国就有了官办的劝农组织和官员。秦汉时期，我国就有了从中央到地方设置劝农官的制度。公元9世纪后期，宋太宗下诏，在全国各地设"农师"，配合地方督导农业的农官，指导农民务农。"农师"是我国最早的农业技术人员。元代(公元1279～1368)颁布了劝农立社条例，50农户为一社，社长承担"教劝本社农桑"的任务，农司还编辑了《农桑辑要》印发各地，用以推广各类种植、养殖技术。

在我国封建社会的历史古籍里，有关于农业推广史实的大量记载，并有一些重大事件和著名人物。

公元前100年，汉武帝任命赵过为"搜粟都尉"，改革和推广农业新技术，改"缦田"(满地撒播)为"代田法"(宽幅条播、轮作)；推广"新田器"用牛拉犁代替人力耕地。他选择能工巧匠制作新田器，先在帝陵墓地间隙进行"代田"试验，然后，通知各郡守派所属县令、地方小农官和老农，到京城现场参观，回去后推广。这不仅是历史上一次大规模的农业新技术项目的推广活动，而且创造了试验、示范、培训、推广的成功经验。

宋代以前，我国的"推广"一词多用于文学作品。到公元11世纪初，宋真宗实行养民政策，"推广淳化之制，而常平、惠民仓遍天下矣"。所谓淳化之制，就是宋太宗淳化年间(公元11世纪初)，京畿农业丰收，朝廷派人在京城四门设置场所，收购粮食贮存，以备歉收时按平价出售。这种粮仓，称为常平仓、惠民仓。这是我国"推广"一词用于农业活动的最早记载。

公元16世纪末，明朝宰相徐光启写成了《农政全书》。这是他用毕生精力，对我国农业生产政策和经验的总结。书中还介绍了一些西方科技知识，是最早传播西方农业科技的著作。

公元1594年，明代商人陈振龙从菲律宾引种甘薯回福建，在家试种成功后，由其子陈经伦向福建总督金学曾推荐。金学曾亲自撰文宣传，并下令在福建全省推广种植甘薯，帮助福建人民度过了一次特大旱灾。福建人民修"先薯祠"以示纪念。继后，陈振龙家族7代人奋斗150年，终于使甘薯在我国各地传播开来，被后人誉为农业推广世家。

公元1715年，清康熙皇帝在丰泽园发现和亲自选育出了特早熟水稻品种，称为"御稻"，并将良种一石赐予苏州织造李煦，令其在江苏试验种双季稻。李煦亲自主持"御稻"和本地稻的栽培试验。经过3年试验，取得成功经验向双季稻区域推广。从试验到推广，经历了8年时间，既有栽培试验记录，又有简洁的总结报告，创造了一套比较科学的试验、示范、繁育、推广程序。

二、清末至民国时中国的农业推广活动

当西方进入资本主义社会时，我国仍停滞于封建社会，到19世纪成为西方列国的掠夺对象，鸦片战争后，逐步沦为半殖民地半封建社会。清朝末年洋务派和维新派开始向欧、美、日学习，创建农事试验场。1898年，湖广总督张之洞在广州设纺织局，开始从美国引进陆地棉良种。19世纪末维新派主张创办农务

学堂，到1909年全国办高等农学堂5所，中等农学堂31所，初学者等农学堂59所，培养农业技术和推广人才。1905年清政府设农工商部掌管全国实业，下分四司，农司居首，并在北京创办农事试验场。1906年清政府制定农会简章，要求各省设立农会。1907年清政府正式颁布推广农林简章23条，规定奖励垦荒，设立农事学堂、农事试验场、农村讲习所等。

20世纪20～30年代，各高等农业学校纷纷仿效美国大学农学院成立农业推广部，开展防虫治病，编印资料，举办讲习会，设立示范田，指导农民组织合作社。1923年在北京成立了中华平民教育促进会等社团，这些社团开始到农村建立实验区，以农民为对象进行乡村社会调查、乡村教育和农业推广。

国民党政府时期，农业推广工作主要制定和公布了一系列有关推广的法规，建立各级农业推广机构。如1929年1月由农矿、内政、教育三部共同公布《农业推广规程》，提出农业推广的宗旨为："普及农业科学知识，提高农民技能，改进农业生产方法，改善农村组织、农民生活及促进农民合作。"同年12月，成立中央推广委员会，隶属实业部，其主要职责为：制订方案、法规，审核章程、报告，设置中央直属实验区，检查各省农业推广工作，编印推广季刊。1940年农产促进委员会组织农业推广巡回辅导团，分设农业推广、农业生产、作物病虫害、畜牧兽医、农村经济及乡村妇女等组，采取巡回辅导方式以促进地方推广事业。但由于历年战乱，民不聊生，推广体制混乱，推广人员少、素质差、经费短缺，推广工作成效不大，进展也只是在农业院校和一些零星地区。当时的一些学者也效法西方编写了农业推广书籍，如金陵大学农学院章之汶、李醒愚合著了《农业推广》一书，同年孙希复编写了《农业推广方法》一书，但我国自己的研究成果很少。

三、新中国农业推广事业的发展

1949年新中国建立，使我国农村生产关系发生了重大改变，农民生产积极性高涨，给推广事业发展带来生机。1952年，农业部制订了1953年《农业技术推广方案》，要求各级政府设立专业机构和配备干部开展农业技术推广工作。1955年农业部发布《关于农业技术推广站工作的指示》，规定农业推广站的任务是：①推广新式农具，传授使用和维修技术；②推广作物优良品种，改进耕作栽培技术；③改进牲畜饲养管理方法，推广家畜繁殖和防疫工作；④宣传农村政策，帮助农业生产合作社改善管理；⑤培养农民技术骨干，帮助农民建立技术组织；⑥总结农民增产经验等。到1957年全国的农业技术推广站已达13 669个，有农业技术推广人员9.3万名，为恢复农村经济、提高农业生产做出了巨大贡献。

20世纪50年代后期，由于"左"的错误影响和三年自然灾害，推广事业受到冲击，1962年后才开始恢复。到1965年，全国恢复农村推广站14 460个，共有农业技术推广人员76 560名，各地县农技站还出现了专业分工，设置了农技、种子、土肥、植保、农机、畜牧等站。"文化大革命"十年期间，农业技术推广机构瘫痪，人员思想混乱，没有正常的工作秩序。在动乱的形势下，湖南省华容县从1969年开始创造了县办农科所、公社办农科站、生产大队办农科队、生产队办农科小组的实践经验，1972年得到农林部肯定，决定在全国推广。到1975年，全国已有1 140个县建立了农科所，26 872个公社建立了农科站，332 233个大队建立了农科队，224万个生产队建立了农科组。"四级农科网"在传播农业科技知识、培训农民技术员、推广农业技术、提高农业生产等方面起了一定的作用。但过分强调群众搞科研，贬低专家和科研机构的作用，造成了一些不良影响。

1978年，党的十一届三中全会以后，我国农业进入了一个历史性的转变时期。随着农村经济体制改革的深入，联产承包责任制的实行，农民生产积极性高涨，依靠科技致富的愿望，促使我国的农业推广工作也逐步进行了一系列改革。1980年，中共中央一号文件决定"要恢复和健全各级农业技术推广机构，重点办好县一级机构，逐步把技术推广、植保、土肥等农业技术推广机构结合起来，实行统一领导"。1982年农业部决定建立农业技术推广中心，到1985年，全国建立"县中心"共500个，"七五"末，县级中心已发展到2 000多个。至此，从中央到地方的各级农业技术推广体系已完全建立起来，从事技术推广的人员近100万人。在农村基层还有74 000多个农民协会，拥有农民技术员十几万人。这支宏大的队伍，长期在农村推广科学技术，做了大量工作，为发展农业生产、振兴农村经济发挥了重要作用。

1993 年 7 月，我国正式颁布实施《农业技术推广法》，对推广工作的原则、推广体系的职责、推广工作的规范和国家对推广工作的保障机制等重大问题做出了原则规定，是我国农业推广事业的一个里程碑。1995 年，农业部将全国农业技术推广总站、全国植物保护总站、全国土壤肥料总站、全国种子总站合并，组建了全国农业技术推广服务中心，使其成为全国种植业技术推广的龙头。目前我国乡以上共有种植业、养殖业、农机、农经农业推广机构 22.2 万个，推广人员 125 万余人，还有 15 万个农民专业服务组织。

党的十四大以后，我国实行了社会主义市场经济体制，政治和经济体制的一系列变化，促进了我国农村经济形式和内容的改变，农民的地位也发生了根本变化，由简单的生产者变为融生产者、经营者、管理者为一体的经济人和社会人。特别是农民生活由温饱型到小康型的转变，使得我们在计划经济条件下形成的为生产服务的技术推广模式已不适应，服务理念陈旧，服务方式落后，服务内容单一。农民要求推广人员提供商品生产的产前、产中、产后系列化服务。这样，简单的行政观念、生产观念已不起作用，而效益观念成为主导意识。我国实施"科教兴国"战略后，要求农业技术推广的概念必须拓宽，迫使我们不得不重新审视农业推广的客观规律，也促使学者们开始引进行为学、传播学、心理学、社会学等理论研究农业推广问题，并在国外已有农业推广理论的基础上，开始创立具有中国特色的农业推广学。

四、欧美的农业推广活动

欧美的农业推广活动是伴随 18 世纪中叶的产业革命而产生与发展的。开始于英国的产业革命促进了西方社会经济的发展，各国倡导学习农业科学技术，18 世纪在欧洲出现了各种改良农业会社，1723 年在苏格兰成立了农业知识改进协会，1761 年法国有了农学家协会。这些由农民自己组织起来的团体，交流农业技术和经营经验，出版农业书刊，传播农业知识和信息，帮助大家改进工作，成为西方最早的农业推广组织。

19 世纪中叶的马铃薯大饥荒时期（由于马铃薯晚疫病大发生），爱尔兰于 1847 年成立了农业咨询和指导性的服务机构，派出人员到南部和西部受饥荒最严重的地区指导工作，这是近代推广史上的一次重大活动。1866 年，英国剑桥、牛津大学一改贵族教育之传统，主动适应社会对知识、技术的需要，开始派巡回教师到校外进行教学活动，为那些不能进入大学的人提供教育机会，从而创立"推广教育"（extension education），其意义在于把大学教育扩展到校外，面向当地普通大众和农民。其后，推广教育被英国和其他各国接受并普遍使用。

1776 年美国独立后，随着农业开发和农业资本主义经济的日渐发达，特别是西部开发运动对农业教育、农业科学试验和农业推广的需求日益迫切，因而相继通过立法程序，建立农业教育、科研、推广相结合的合作推广制度，使美国的农业推广迅速兴起。

1862 年 7 月 2 日，美国总统林肯签署了《莫里哀法》（Morrill Act of 1862），亦称赠地学院法。该法案规定：拍卖拨给各州一定面积的联邦公有土地来筹集资金，用于每州至少成立一所开设农业和机械课程的州立学院。这个法案促进了农业教育的普及。1877 年，美国国会通过《哈奇法》（Hatch Act of 1877）。该法规定：为了获取和传播农业信息，促进农业科学研究，由联邦政府和州政府拨款，建立州农业试验站。试验站属美国农业部，州和州立大学农学院共同领导，以农学院为主的农业科研机构。农学院的教师在同农民的接触中，了解到农民对技术和信息的渴求，促使 1890 年美国大学成立了推广教育协会。1892 年，芝加哥、威斯康星大学开始组织大学推广项目，以后衣阿华州农学院农学系主任霍尔登教授，用一个"玉米种子车厢"沿铁路沿线到处展出，由教师和高年级学生示范和讲解。到 1907 年，39 个州的 42 所学院都参加了农业推广活动。

1884 年，南伯（S. A. Knapp）担任衣阿华州农学院院长，后任美国农业部长，强调通过亲自实践来学习，通过示范教育，让农民根据自己农场条件进行耕种。1903 年，他亲自在得克萨斯州创建合作示范农场，推广良种和新技术，后来被美国人称为"美国农业推广之父"。巴特裴尔德（K. L. Butterfield）曾任马萨诸塞州农学院院长，主张由农学院搞农业推广，后被美国农学院协会委任为推广委员会主席。该委员会举办农民学校，巡回教学，出版刊物，举办展览。他坚持农业推广作为学院工作的一部分，把推广同教

学、科研置于同等地位。1914 年 5 月 8 日，威尔逊总统签署了《史密斯—利弗法》(Smith - Lever Act)，即合作推广法。该法案规定，由联邦政府拨经费，同时州、县拨款，资助各州、县建立合作推广服务体系。推广服务工作由农业部和农学院合作领导，以农学院为主。这一法案的执行，奠定了美国赠地学院教学、科研、推广三位一体的合作推广体系。

第二节　农业推广的基本概念

一、农业推广的涵义

从世界各国农业推广发展历史看，农业推广的涵义是随着时间、空间的变化而演变的。在不同的社会历史条件下，农业推广是为了不同目标、采取不同方式来组织进行的。从农业推广活动的发生和发展历史，我们不难看出，随着社会经济由低级向高级发展，农业推广工作由单纯的生产技术型逐渐向教育型和现代型扩展。

(一)狭义的农业推广

狭义农业推广在国外起源于英国剑桥的“推广教育”和早期美国大学的“农业推广”。基本的涵义是：把大学和科学研究机构的研究成果，通过适当的方法介绍给农民，使农民获得新的知识和技能，并且在生产中采用，从而增加其经济收入。这是一种单纯以改良农业生产技术为手段，提高农业生产水平为目标的农业推广活动。世界上一些发展中国家的农业推广都属于狭义的农业推广。我国长期以来沿用农业技术推广的概念，也属此范畴。《中华人民共和国农业技术推广法》(1993 年 7 月 2 日第八届全国人民代表大会常务委员会二次会议通过)指出：“农业技术推广，是指通过试验、示范、培训、指导以及咨询服务等，把农业技术普及应用于农业生产产前、产中、产后全过程的活动。”该法又把农业技术界定为“应用于种植业、林业、畜牧业、渔业的科研成果和实用技术”。

(二)广义的农业推广

这是西方发达国家广为流传的农业推广概念，它是农业生产发展到一定水平，农产品产量已满足或已过剩，市场因素成为农业生产和农村发展主导因素以及提高生活质量成为人们追求目标的产物。广义的农业推广已不单纯地指推广农业技术，还包括教育农民、组织农民以及改善农民实际生活等。这类推广工作的重点包括：对成年农民的农事指导，对农家妇女的家政指导，对农村青年的“手、脑、身、心”教育，即“4H 教育”(Hands, Head, Health, Heart)。1962 年，在澳大利亚召开的世界第 10 届农业推广会议对农业推广的解释是：通过教育过程，帮助农民改善农场经营模式和技术，提高生产效益和收入，提高乡村社会的生活水平和教育水平。1973 年，联合国粮农组织出版的《农业推广参考手册》(第一版)将农业推广解释为：农业推广是在改进耕作方法和技术、增加产品效益和收入、改善农民生活水平和提高农村社会教育水平方面，主要通过教育来帮助农民的一种服务或体系。

世界上许多摆脱贫困国家的农业推广，都是指广义的农业推广，其工作范围包括：①有效的农业生产指导；②农产品运销、加工、贮藏的指导；③市场信息和价格的指导；④资源利用和环境保护的指导；⑤农家经营和管理计划的指导；⑥家庭生活指导；⑦乡村领导人的培养与使用指导；⑧乡村青年的培养与使用指导；⑨乡村团体工作改善的指导；⑩公共关系的指导。

(三)现代农业推广

当代西方发达国家，农业已实现了现代化、企业化和商品化，农民文化素质和科技知识水平已有极大提高，农产品产量大幅度增加，面临的主要问题是如何在生产过剩条件下提高农产品的质量和农业经营的效益。因此，农民在激烈的生产经营竞争中，不再满足于生产和经营知识的一般指导，更重要的是需要提供科技、市场、金融等方面的信息和咨询服务。为描述此种农业推广的特征，学者们又提出了“现代农业推广”的概念。联合国粮农组织出版的《农业推广》(1984 年第二版)写道：“推广工作是一个把有用信

息传递人们(传播过程),然后帮助这些人获得必要的知识、技能和正确的观点,以便有效地利用这些信息或技术(教育过程)的一种过程。"与此解释类似的有 A. W. 范登班和 H. S. 霍金斯所著的《农业推广》(1988 年),他们认为:"推广是一种有意识的社会影响形式。通过有意识的信息交流来帮助人们形成正确的观念和做出最佳决策。"

从以上叙述可看出,狭义农业推广是一个国家处于传统农业发展阶段,农业商业生产不发达,农业技术水平是制约农业生产的主要因素的情况下的产物。在此种情况下,农业推广首要解决的是技术问题,因此,势必形成以技术指导为主的"技术推广"。广义农业推广则是一个国家由传统农业向现代农业过渡时期,农业商品生产比较发达,农业技术已不是农业生产的主要限制因素下的产物。在此种情况下,农业推广所要解决的问题除了技术以外,还有许多非技术问题,由此便产生了以"教育"为主要手段的"农业推广"。而"现代农业推广"是在一个国家实现农业现代化以后,农业商品生产高度发达,往往是非技术因素(如市场供求等)成为农业生产和经营的限制因素,而技术因素则退于次要地位情况下的产物。在此种情况下,必然出现能够提供满足农民需要的各种信息和以咨询为主要手段的"现代农业推广"。可以这样说,狭义农业推广以"技术指导"为主要特征,广义农业推广以"教育"为主要特征,而现代农业推广则以"咨询"为主要特征。

(四)中国特色的农业推广

20 世纪 90 年代后期以来,我国正在由传统农业向现代农业转变,农业技术不断进步,由数量型农业逐步向质量和效益型农业提升,特别是建立社会主义市场经济体制,实施"科教兴国"战略,对我国农业推广理论与方法提出新的挑战。随着经济全球化的到来,以及加入 WTO,我国原有的农业推广体系必须进行改革,农业技术推广的概念也必须拓宽。结合我国国情并借鉴国外农业推广发展的历史经验,我们既不能停留在技术推广这种农业推广的初级形式阶段,也不完全照搬国外的农业推广模式,惟一出路就是要探索出具有中国特色的、符合中国国情的农业推广模式。我们认为,在今后相当长的一段时期内,即在由计划经济向社会主义市场经济、传统农业向现代农业转变的时期内,比较适合中国国情的农业推广内涵应该是:农业推广是应用自然科学和社会科学原理,采取教育、咨询、开发、服务等形式,采用示范、培训、技术指导等方法,将农业新成果、新技术、新知识及新信息扩散、普及应用到农村、农业、农民中去,从而促进农业和农村发展的一种专门化活动。

由以上内涵不难看出,农业推广集科技、教育、管理及生产活动于一体,具有系统性、综合性及社会性的特点。农业推广的根本任务是通过扩散、沟通、教育、干预等方法,使我国的农业和农村发展走上依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道,根本目标是发展农业生产、繁荣农村经济和改善农民生活。

二、与农业推广有关的几个概念

(一)农业科技成果转化

农业科技成果转化是指把农业科研单位、大专院校在小范围、限制条件下取得的科研成果,经过中间试验、技术开发、成果示范和宣传推广等一系列活动,使成果应用于生产实际,在生产领域发挥作用,形成生产能力并取得社会、经济或生态效益的活动过程。科技成果转化更强调实现成果的产业化和商品化,在我国现实情况下,离开了科技成果转化,农业推广工作就失去基本内涵和根本动力。

(二)农业技术开发

农业技术开发是指利用农业应用基础研究、应用研究成果,通过各种必要的具有实用目的的实验,为生产开拓出新产品、新材料、新设备、新技术和新工艺的各种技术开发活动。农业推广人员与技术专家共同进行的技术开发活动是开展农业推广的前提条件。农业新技术研制成功后不可能立即广泛投入生产,往往要进行成果的二次开发或进行技术的组装配套,以适应当地生产条件和农民的接受能力。而这一过程即为农业技术开发。

（三）农村教育

农村教育是开发农村人力资源的活动，主要包括农村的扫盲教育、农村的基础教育、农村职业教育、农村生计教育和教育为农村发展服务的全部活动。农业推广的对象是人而不是物，其基本目的在于开发民智，其性质属于教育性，这种教育是以农村社会为范围，以全体农民为对象，以农民的实际需要为出发点，以新的经验和先进的科学技术、经营管理知识和技能为教材，以提高农业生产、改善农民生活质量、发展农村经济为目的的。因此，广义的农业推广可延伸为农村教育。

（四）农村发展

农村是一个包含社会、经济、技术、自然、文化等丰富内容的综合体，因而农村发展也可以理解为农村综合发展。在发展经济学中，“发展”一词有着严格的时间和空间规定性，主要是指从经济不发达走向经济发达的历史过程。狭义的农业推广是为了促进农业生产的目标而产生和发展的，而现代农业推广的内容包含社区发展、农村教育、农业经营、农村家政及资源开发与利用等。所以，农业推广是推动以教育为目的因素的农村发展的核心力量，从内容体系上看，农业推广是农村发展的一个重要组成部分；从动力机制上看，农业推广是农村发展的一种重要推动力量。

第三节　农民行为改变理论

人的行为是在一定的社会环境中，在人的意识支配下，按照一定的规范进行并取得一定结果的活动即行为。

一、农民个人行为的改变

（一）农民个人行为改变的动力与阻力

农业推广要引导和促进农民行为的改变，而农民行为的改变既有动力又有阻力。推广人员要善于借助和利用动力，分析和克服阻力，才能搞好推广工作。

1. 农民行为改变的动力　农民行为改变受三大动力因素的作用：一是农民需要——原动力。大多数农民都有发展生产、增加收入、改善家庭生活的需要，这种需要是农民行为改变的力量源泉；二是市场需求——拉动力。随着社会主义市场经济的发展，收入的增加，农民有志于参与市场交易，进行商品生产，因此，市场需求拉动着农民行为的改变；三是政策导向——推动力，农业生产关系国计民生，政府为了国家和社会的需要，要制定相应政策来发展农业、发展农村，推动着农民行为的改变。在以上三个动力中，农民需要最重要，它是行为改变的内动力，属内因。市场需求和政策导向属外动力，属外因，外因通过内因而起作用。

2. 农民行为改变的阻力　农民行为改变的阻力因素包括两个方面。一是农民自身和他们所属文化传统的障碍。不少农民受传统文化影响较深，存在保守主义、不愿冒险、只顾眼前、听天由命等传统的信念和价值观；许多农民受教育的程度很低，掌握技术的能力低，这些使不少农民缺乏争取成就的动机，阻碍着他们行为的改变。因此，通过教育、培训等方式，提高农民的科技文化素质，从根本上改变农民的信念、观念和行为。二是农业环境中的阻力。主要是缺乏经济上的刺激和必要的投入。任何先进的农业技术，如果在经济上不给农民带来好处，都不可能激励农民的行为。另外，某项新技术即使可以使农民得到经济上的刺激，如果缺乏必要的生产条件，农民也难以实际利用。这些阻力在经济状况落后的地方往往同时存在。只有改变生产条件，增加经济上的刺激，才能激励和推动农民采用新技术。

（二）动力和阻力的互作模式

在农业推广中，动力因素促使农民采用创新，而阻力因素又妨碍农民采用创新。当阻力大于动力或两者平衡时，农民采用行为不会改变。当动力大于阻力时，行为发生变化，创新被采用，达到推广目标，出

现新的平衡。这以后，推广人员又推广更好的创新，调动农民的积极性，帮助他们增加新的动力，打破新的平衡，又促使农民行为的改变。因此，农业推广工作就是在农民采用行为的动力和阻力因素的相互作用中，增加动力，减少阻力，推广一个又一个创新，推动农民向一个又一个目标前进，促使农业生产水平从一个台阶上升到另一个台阶。

（三）改变农民个人行为的策略

改变农民个人行为的途径可以从两个方面考虑，一是增加动力的途径，二是减少阻力的途径。①增加动力：根据农民的迫切需要，选择推广项目，激发和利用农民的采用动机；加强创新的宣传刺激，增加农民的认识，改变他们的态度，通过创新的目标来吸引他们的采用行为；通过低息贷款、经费补助、降低税收等政策，推动农民采用创新；筛选和推广市场需求强烈，成本低、价格高、效益好的项目，促使农民在经济利益的驱使下采用创新。②减少阻力：通过提高农民素质和改善环境两个方面来减少阻力。农民采用创新的一个阻力，常常是他们文化水平过低和受传统观念影响太深。通过推广工作，直接改变农民的知识、技能、信念和价值观，提高他们的素质，这种阻力就会减少或被克服。通常情况下，推广人员应尽力面向个人，通过宣传、引导、示范、技术培训、信息传播，帮助不同类型的农民改变观念、态度和获得应用某项技术的知识与技能。农民采用创新的另一个阻力，是环境条件的限制。创造农民行为改变的环境条件，就是要在农村建立健全各种社会服务体系，向农民提供与采用创新配套的人力、财力、物质、运输、加工、市场销售等方面的服务。同时，要在舆论导向等方面鼓励采用创新，形成采用创新光荣的社会氛围。

二、农民群体行为改变

在农业推广中，我们要面向农民个人（个体），而更多的时间是面向一个又一个的农民群体。因此，掌握农民群体行为特点及其改变方式，有利于更好地开展推广工作。

（一）群体成员的行为规律

群体成员的行为与一般人的行为相比，具有明显的差异性，表现出以下规律：①服从。遵守群体规章制度、服从组织安排是群体成员的义务。当群体决定采取某种行为时，少数成员不论心理愿意还是不愿意，都得服从，采取群体所要求的行为。②从众。群体对某些行为（如采用某项创新）没有强制性要求，而又有多数成员在采用时，其他成员常常不知不觉地感受到群体的“压力”，而在意见、判断和行为上表现出与群体大多数人相一致的现象。“大家下我就下”就是从众行为，从众行为是农民采用创新的一个重要特点。③相容。同一群体的成员由于经常相处、相互认识和了解，即使成员之间某时有不合意的语言或行为，彼此也能宽容待之。一般来讲，同一群体的成员之间容易相互信任、相互容纳、协调相处。④感染与模仿。所谓感染，是指群体成员对某些心理状态和行为模式无意识及不自觉地感受与接受。在感染过程中，某些成员并不清楚地认识到应该接受还是拒绝一种情绪或行为模式，而是在无意识之中的情绪传递、相互影响，产生共同的行为模式。感染实质上是群众模仿。在农民中，一种情绪或一种行为从一个人传到另一个人身上，产生连锁反应，以致形成大规模的行为反应。群体中的自然领袖一般具有较大的感染作用。在实践中，选择那些感染力强的农户作为科技示范户，有利于创新的推广。

（二）群体行为的改变方式

群体行为的改变主要有两种方式，一是参与性改变，二是强迫性改变。参与性改变就是让群体中的每个成员都能了解群体进行某项活动的意图，并使他们亲自参与制定活动目标、讨论活动计划，从中获得相关知识和信息，在参与中改变了知识和态度。这种改变的权力来自下面，成员积极性较高，有利于个体和整个群体行为的改变。这种改变持久而有效，适合于成熟水平较高的群体，但费时较长。强制性改变，是一开始便把改变行为的要求强加于群体，权力主要来自上面，群体成员在压力的情况下，带有强迫性。一般地说，上级的政策、法令、制度凌驾于整个群体之上，在执行过程中使群体规范和行为改变，也使个人行为改变，在改变过程中，对新行为产生了新的感情、新的认识、新的态度。这种改变方式适合于成熟水平较低的群体。

三、影响农民行为的方法

政府通常采用政策、法律、经济、补贴等手段影响农民的行为。推广人员则主要通过教育、培训、试验、示范等手段影响农民的行为。常见的影响农民行为的方法如下：

第一，强迫和强制使用权力，迫使某人做某事。使用强制人的人，应具备以下条件：①他必须有足够的权力可以强制；②他必须了解如何达到目的，即有达到目的的方法与手段；③他必须有能力去检查被强制的人是否按要求去做；④使用强制力量便意味着强制者对他力图改变的对象的行为负责，如果失败或造成损失应全面承担责任。

第二，交换。即在两个对象之间进行商品及服务方面的交换。使用该方法需有以下的必备条件：①交换的每一方都认为对各自都有利；②每一方都直接有对方所需要的商品或服务；③每一方只能在另一方已提供所交换的商品或服务的条件下，才提供自己的那一部分，除非互相信任度很高。

第三，咨询。咨询用于对确定问题解决方案的选择，其应用条件是：①就问题的性质与选择"正确的"解决方案的标准方面，农民与推广人员的看法一致；②推广人员对农民的情况了如指掌，有足够的知识来解决农民的困难，而且实践证明，这些知识是科学的、可行的；③农民相信推广人员能够帮助他们解决问题；④推广人员认为农民自己不可能或不必要自己解决问题；⑤农民自己具备足够条件采纳建议。

推广人员要对咨询质量负责，如果农业推广人员有很好的专业知识，且理论结合实际，能很好地发挥咨询的作用。

第四，公开影响农民的知识水平和态度。应用的条件是：①由于农民的知识不够或有误，或者由于其态度与所达到的目标不一致，推广人员认为农民不能自己解决问题；②推广人员认为如果农民有更多的知识或改变了态度，就能自己解决问题；③推广人员乐意帮助农民搜集更多、更好的信息，以促进农民改变态度；④推广人员有这种知识或知道如何获得这些知识；⑤推广人员可以采用教育方法来传播知识或影响家民的态度；⑥农民相信推广人员的专长与动机，并在改变其知识或态度方面乐意与推广人员合作。

第五，操纵。操纵在这里的意思是指在农民尚未清楚的情况下来影响其知识水平和态度。应用条件是：①推广人员坚信在某一确定的方向，改变农民的行为是必要而可行的；②推广人员认为由农民去做独立的决策是不必要或不可行的；③推广人员要掌握影响农民行为的分寸，使他们不易觉察到；④农民并不极力反对受这样的影响。在这种情况下，实施影响的人要对其行为后果负责。如推广机构发表拖拉机及其他农业机械的操作性能方面公正的官方试验报告，于是，农民可根据这些报告，对照厂家在广告中的宣传来检验机具的操作性能。

第六，提供条件。提供条件主要是指为农民提供农业生产所需的特定条件。在下列情况可用此法：①农民努力达到某个目标，推广人员认为这一目标是合适的，但条件不够，需要提供；②推广人员具备这些条件，并准备短期或长期地提供给农民；③农民不具备达到目标的现成条件，或者不冒险使用这些条件。

农业上特定的条件包括：短期或长期贷款，用于购置化肥、良种、药械、建筑材料、农机具以及生产补贴等。这有助于增加个体农民的收入，但也存在危险性，如不精心管理和监督，贷款及其他东西可能收不回或不能完全收回，使这种影响方式耗资昂贵。推广机构虽不直接参与贷款和生产资料分配，但在提醒农民注意获得这些条件来改善环境方面起到重要作用，推广人员可以帮助农民使用补贴、贷款等，也可以在使用这些条件时，帮助农民做出相应的决策。

第七，提供服务。即帮助农民做某些工作。应用条件是：①推广人员有现成的知识或条件，能让农民更好更经济地开展某项工作；②推广人员和农民都认为开展这项工作是有益的；③推广人员乐意为农民干这些工作。如果无限制地为农民提供免费的帮助，那么，农民很可能滋长依赖思想，缺少自力更生的精神；但千方百计去赚农民的钱也是不应该的。

第八，改变农村的社会、经济结构。在下述情况下，改变可能是十分重要的影响手段：①推广人员认为农民的行为恰当，如农民自己组织专业技术协会、研究会等；②由于存在社会经济结构方面的障碍，农

民处于不能按这种方式行动的地位;③推广人员认为结构方面的变化是合理的;④推广人员有权力朝这个方面开展工作;⑤推广人员处于可以通过权力或说服来影响农民的地位。改变社会结构也会遭到某些人及社团的反对,因为会导致他们丧失权力和收入。农民组织协会,就能更好地联合起来,可能有足够的力量来克服这种阻力。影响人们行为的方法是不断变化的。影响者和被影响者之间利益冲突与和谐的程度,双方对利害关系的认识状况,以及双方各拥有多少权力等都影响这些方法。

就推广来说,推广人员与农民的利益是互相依存的,任何一方的某种变化都有可能破坏彼此的利益关系。通常农民不受与推广人员相同道德的约束,农民更易打破这种关系。因此,推广人员的活动要与贷款监督、投入分配、规章制度执行等结合起来,那么他和农民的关系就会更紧密。

四、改变农民行为的基本策略

根据 $B=f(P,E)$,式中,B 代表农民行为;P 代表个人特性;E 代表环境。

该式表明,农民行为受个人特性和外界环境共同影响,要改变行为,必须改变个人特性,或改变外界环境。所以可得出:①以农民为中心的策略,即以提高农民本身素质为主的策略,通过推广工作直接改变农民的知识、态度,提高他们自身素质,减少或完全克服行为改变的阻力。②以改变环境为中心的策略,即变革社会环境或农民工作环境的策略。在许多场合下,农民之所以没有能采取新技术,不是由于自身素质差,而是由于环境条件不具备,一旦为农民创造了新的工作环境,提供各种必要的服务,环境方面的障碍就会减少或排除。③人与环境同时改变策略,即提高农民素质与改变工作环境同时进行。

第四节　农业创新扩散理论

创新的扩散是农业推广的一个核心问题。根据罗杰斯(Rogers)的解释,创新的扩散是指某项创新在一定的时间内,通过一定的渠道,在某一社会系统的成员之间被传播的过程。农业创新扩散的一般规律是农业推广的基本规律。

一、创新的概念

约瑟夫·阿洛伊斯·熊彼得(J. A. Schumpeter),美籍奥地利人,当代西方著名经济学家,1939 年他在其名著《资本主义、社会主义和民主主义》中,提出了著名的创新理论。按照熊彼得的观点,所谓创新就是建立一种"新的生产函数",生产函数即生产要素的一种组合比率 $P=f(a,b,c,\cdots,n)$,也就是说,将一种从来没有过的生产要素和生产条件的"新组合"引入生产体系。他将"创新"和"发明"这两个概念严格区分,他说,发明是新技术的发现,而创新则是将发明应用到经济活动中,为当事人带来利润。他列举了创新的 5 种存在形式:①引进新产品或提供一种产品的新质量;②采用新技术或新生产方法;③开辟新市场;④获得原材料的新来源;⑤实现企业组织的新形式。应用于农业推广中的创新可以是新的技术、产品或设备,也可以是新的方法或思想变化。通俗地讲,只要是有助于解决问题,与推广对象生产与生活有关的各种实用技术、知识与信息都可以理解为创新。

二、创新的特性

相对优越性:相对优越性是指人们认为某项创新比被其所取代的原有创新优越的程度。相对优越程度常可用经济获利性表示,但也可用社会方面或其他方面的指标来说明。至于某项创新哪个方面的相对优势最重要,不仅取决于潜在采用者的特征,而且还取决于创新本身的性质。

一致性:一致性是指人们认为某项创新同现行的价值观念、以往的经验以及潜在采用者的需要相适应的程度。某项创新的适应程度越高,意味着它对潜在采用者的不确定性越小。

复杂性:复杂性是指人们认为某项创新理解和使用起来相对困难的程度。有些创新的实施需要复杂的知识和技术,有些则不然,根据复杂程度可以对创新进行归类。

可试验性：可试验性是指某项创新可以小规模地被试验的程度。采用者倾向于接受已经进行了小规模试验的创新，因为直接的大规模采用有很大的不确定性，因而有很大的风险。可试验性与可分性是密切相关的。

可观察性：可观察性是指某项创新的成果对其他人而言显而易见的程度。在扩散研究中大多数创新都是技术创新。技术通常包括硬件和软件两个方面。一般而言，技术创新的软件成果不那么容易被观察，所以某项创新的软件成分越大，可观察性就越差，采用率就越慢。

三、农民对农业创新的采用过程

农民对农业创新的采用是一个过程，是指农民从获得农业创新信息到最终采用的心理、行为变化过程。农业推广学家从心理学和行为学的角度分析得知，农民采用农业创新的过程大致可分为如下5个阶段。

认识阶段：也称为感知阶段。农民从各种途径获得信息，与本身的生产发展和生活需要相联系，从总体上初步了解某项创新。

兴趣阶段：农民在初步认识到某项创新可能会给他带来一定好处的时候，其行为就会发展到感兴趣。这时，农民对此项创新的方法和效果，表现出极大的关心和浓厚的兴趣，开始出现学习行为；并初步考虑采用的规模、投资的程度及承受风险的能力，初步做出是否试用的打算。

评价阶段：农民根据以往资料对该项创新的各种效果进行较为全面的评价。农民在邻居、朋友或推广人员的协作下进行评价，得出肯定或否定的结论。

试用阶段：也称为尝试阶段。农民为了减少投资风险，防止盲目应用，估计效益高低等。在正式采用之前要先进行小规模的采用即试用，为今后大规模采用做准备。

采用阶段：也称为接受阶段。通过试用评价得出是否采用的决策，如果该项创新较为理想，农民便根据自己的财力、物力等状况，决定采用的规模，正式实施创新。

以上采用过程的阶段划分是研究者们根据观察结果人为地划分的，也有的学者采用三段、四段或其他形式来划分。

四、不同阶段促进农民采用创新的方法

不同的推广方法在采用过程中要灵活应用，在不同阶段采用适合本阶段的最有效的方法。

认识阶段：大众传播是本阶段最常用的方法。应通过广播、电视、报纸、简报、成果示范、展览会、举办报告会和组织参观等方法，尽快地让更多的农民知道，加深认识和印象。

感兴趣阶段：农民发生兴趣信息不一定都来自大众传播，也可能来自其他渠道。成果示范和个别访问是帮助农民增强兴趣的有效方法。

评价阶段：农民对创新有了初步了解后，是否采用尚在犹豫之中，应尽可能为农民提供先期试验结果和组织参观，协助他们正确地进行评价，促使他们尽快做出决策。该阶段以小组讨论效果较好，集中大家的智慧和经验，以增强信心，促使其采用。

试用阶段：推广机构应鼓励农民做试验，以验证原来的试验结果，使该结果更可靠，农民更放心。也要注意使用方法的示范，加强对农民试验的指导，避免发生人为的试验偏差，降低试验误差。

采用阶段：方法示范和技术指导为主要方法。

第五节　农业推广沟通理论

一、农业推广沟通的概念

“沟通”一词译自英文communication，传播学者常译为“传播”，社会学者常译为“沟通”。它是指社

会中的个人或群体运用媒介彼此交流信息的过程。即指在社会交往中，人们借助共同的符号系统，如语言、文字、图像、记号及手势等，彼此交流各自的观点、思想、兴趣、情感、爱好、知识等各种各样的信息的过程。人际沟通按其对媒介的依赖程度，可以分为直接的人际沟通和间接的人际沟通。前者依靠语言、文字、手势、表情、姿态等媒介作为居间沟通。例如，谈话、演讲、上课等，双方是面对面的。后者除了依靠语言、文字外，还需信件、电话、电报、电子邮件等媒介作为居间沟通。

英国文豪萧伯纳曾说过："假如你有一个苹果，我也有一个苹果，而我们彼此交换这些苹果，那么，你和我仍然是各有一个苹果；但是，如果你有一种思想，我也有一种思想，而我们彼此交换这些思想，那么，我们每个人各有两种思想。"这生动形象地说明了沟通的重要性。

农业推广沟通贯穿于农业推广活动的全过程，体现在各种推广方法的具体应用之中。例如，农业推广人员深入农户了解农民的实际需要，获得农民的需要信息，据此信息提供给农民相应的技术、技能及知识，从而提高了农民的科技素质和经营水平，使农民的生产经营得以改善与提高，就是一种沟通活动。

二、农业推广沟通的分类

根据不同的角度划分，沟通可划分为不同的类型，一般有以下几种类型。

（一）正式沟通与非正式沟通

根据沟通渠道不同可划分为正式沟通与非正式沟通。正式沟通是指在一定的组织体系中，通过明文规定的渠道所进行的沟通。包括上行沟通，如乡农技站向县推广中心报送汇报材料，反映执行推广计划中的问题等；下行沟通，如省技术推广总站向市（地区）农技推广部门下达通知、任务等；平行沟通，指同级推广机构之间的信息交流；斜行沟通，指与外地非同级推广机构的信息交流。非正式沟通，是指非组织系统所进行的信息交流，如农技员与农民私下交换意见、农民之间的信息交流等。此种沟通不受组织的约束和干涉，可以获得通过正式沟通难以得到的有用信息，是正式沟通有效的、必不可少的补充。非正式沟通除了交流工作信息外，还有更多情感交流，对于改变农民的态度和行为具有相当重要的作用。

（二）语言沟通与非语言沟通

根据沟通所用的媒介不同可分为语言沟通与非语言沟通。利用口头语言和书面语言进行的沟通为语言沟通。如技术讨论会、座谈会、现场技术咨询、电话咨询等为口头语言沟通。非语言沟通是借助非正式语言符号如肢体动作、面部表情等来进行的沟通。口头语言沟通简便易行，迅速灵活，伴随着生动的情感交流，效果较好；利用报纸、通讯、杂志、活页、小册子等的沟通为书面语言沟通，书面语言沟通受时间、空间的限制较小，保存时间较长，信息比较全面系统，但对情况变化的适应性较差。农业推广工作中，常把这两者结合起来应用，效果较佳。语言沟通能清晰地表达概念、观念，而非语言沟通则能充分地表达人的感情。把两者配合应用能收到良好的沟通效果。

（三）单向沟通与双向沟通

从信息发送者与接受者之间的地位是否交换，可分为单向沟通和双向沟通。单向沟通指发信息者与接受者地位不变，如技术讲座、作演讲等，主要是为了传播思想、意见，并不重视反馈。在沟通中，若发信息者与接受者地位不断交换，信息与反馈往返多次，即为双向沟通，如小组讨论、咨询等。单向沟通有速度快、干扰小、条理性强、覆盖面广的特点。如果意见十分明确，不必讨论，又急需让双方知道，宜采用单向沟通。双向沟通速度慢、易受干扰，但能获得反馈信息，了解接受状况，同时使沟通双方在心理上产生交互影响，能使双方谨慎而充分地阐释和理解信息。

（四）个人沟通和大众沟通

按沟通接触范围和媒介的不同，可分为个人沟通和大众沟通。个人沟通是指个人之间直接面对面，或通过个人媒介如书信、电话等进行的沟通，如农家访问、电话咨询等。大众沟通借助大众传播媒介如报纸杂志、广播电视等进行的沟通，如科技广告、科普杂志等。

（五）信息沟通与心理沟通

信息沟通指以交流信息为主要目的的沟通，如提供市场信息、科技信息等。心理沟通指人的心理活动的交流，包括感情、意志、兴趣等的交流。如通过推广人员耐心的科技教育转变农民对新技术的态度，从拒绝采用到主动采用；对于生产上遭受挫折的农民，经过推广人员的帮助，找出问题，确定对策，使农民鼓足勇气，克服困难等。

三、农业推广沟通的要素

农业推广沟通与一般的人际沟通一样，必须具备四大要素，即沟通主体、沟通客体、沟通渠道和沟通媒介。只有这四个要素的有机结合，才能构成农业推广沟通。

（一）沟通主体

沟通主体指承担信息交流的个人、团体及组织。根据他们在沟通活动中所处的地位和职能，沟通主体又分为传送者与接受者。

传送者又叫信源，指在沟通中主动发出信息的一方。在农业推广机构中，推广人员一旦获得了农业创新的信息，就会产生向农村、农民推广此项创新的意向和行为，这时，推广机构和人员就成为传送者。传送者在沟通中居于主动地位，把所要传送的技术、信息等，通过加工变为接受者（农民）能够理解的信息发送出去，经过一定的渠道让农民接受。因此，传送者是首先发起沟通活动的一方。

接受者指接受信息的一方。当推广人员发出信息后，农民通过一定的渠道接受信息，有选择地消化这些信息，并转化为自己所能理解的形式，采取一定的行为，将此行为结果反馈传送者，所以接受者是被动的沟通者。

在双向沟通中，传送者和接受者是相对的，农业推广机构及人员与农民互为传送者和接受者，共同构成农业技术推广沟通主体。

（二）沟通客体

沟通客体指沟通的信息内容。农业推广沟通客体主要由信息、情感、思想等构成。信息作为沟通客体极为普遍。农业推广中，信息一般以农业科普文章、讲话、简报及声像资料的形式进入沟通过程。信息被誉为“无形的财富”、“廉价的投资”，作为沟通客体是必不可少。

情感也常常作为沟通的客体，例如，农民群体的内聚力的大小决定于农民之间人际关系状况；在推广人员与农民之间双方共同商讨技术问题，彼此发表各自看法，互相吸取双方的有益意见，相互满足心理上的需要，就会产生亲密感和相互依赖感，可见“感情投资”的重要性。用感情沟通的手段可以提高农民群体的凝聚力，增加农民主动采用农业新技术的积极性。

（三）沟通渠道

沟通渠道是指传送和接受农业信息的通道和路径。农业推广中常见的沟通渠道有以下几种类型。

单串型：由首先发出信息的人经过一长串的个人依次把信息传递给最终的接受者；接受者的反馈信息，则以相反的方向依次传递给最初的发信人。

饶舌型：又叫轮式渠道，即由一个人把信息同时传递给若干人，反馈信息则由此若干人直接传递给最初发出信息的人。集体指导即属于此种类型。

扩散型：最初由一个人将信息传递给若干人，再由这些人把信息分别传递给更多的人，使信息接收者越来越多，反馈信息则以相反的方向回流，最终流向最初发出信息的人，即平常所说的“一传十，十传百”。推广工作中，由推广人员首先指导科技示范户，示范户再带动周围一大批农民，就属于此种类型。

全通道型：指参与沟通的多人互相之间均能有信息交流的机会。例如，推广工作中的农民小组讨论会、辨论会等。

第二十二章　农业推广方法与试验示范

第一节　农业推广程序

20世纪80年代中期，我国农业推广开始受到政府、教学和科研等部门的高度重视，农业推广程序也在理论的指导下，不断丰富、完善了其内容。概括起来可分为"项目选择、试验、示范、培训、服务、推广、评价"等7个步骤。

一、项目选择

项目选择是一个收集信息、制定计划、选宽项目的过程，也是推广工作的前提。如果选准了好的项目，就等于农业推广工作完成了一半。项目的选定首先要收集大量信息，项目信息主要来源于四个方面：①引进外来技术；②科研、教学单位的科研成果；③农民群众先进的生产经验；④农业推广部门的技术改进。推广部门，根据当地自然条件、经济条件、产业结构、生产现状、农民的需要及农业技术的障碍因素等，结合项目选择的原则，进行项目预测和筛选，初步确定推广项目，推广部门聘请有关的科研、教学、推广等各方面的专家、教授和技术人员组成论证小组，对项目所具备的主观与客观条件进行充分论证。通过论证认为切实可行的项目，则转入评审、决策、确定项目的阶段，即进一步核实本地区和外地区的信息资料，详细调查市场情况，吸收群众的合理化建议，对项目进行综合分析研究，最后做出决策。推广项目确定后，就应制定试验、示范、推广等计划。

二、试验

试验是推广的基础，是验证推广项目是否适应当地的自然、生态、经济条件及确定新技术推广价值和可靠程度的过程。由于农业生产地域性强，使用技术的广泛性受到一定限制，因此，对初步选中的新技术必须经过试验。而正确的试验可以对新成果、新技术进行推广价值的正确评估，特别是引进的成果和技术，对其适应性进行试验就更为重要。如新品种的引进和推广就需要先进行试验。历史上不经试验就引种而失败的例子很多。因此，掌握农业推广试验的方法，对农业推广人员搞好推广工作十分重要。

三、示范

示范是进一步验证技术适应性和可靠性的过程，又是树立样板对广大农民、乡镇干部、科技人员进行宣传教育、转化思想的过程，同时还要逐渐扩大新技术的使用面积，为大面积推广做准备。示范的内容，可以是单项技术措施、单个作物，也可以是多项综合配套技术或模式化栽培技术。

目前我国多采用科技示范户和建立示范田的方式进行示范。搞好一个典型，带动一方农民，振兴一地经济，示范迎合了农民的直观务实心理，达到"百闻不如一见"的效果。因此，示范的成功与否对项目推广的成效有直接的影响。

四、培训

培训是一个技术传输的过程，是大面积推广的"催化剂"，是农民尽快掌握新技术的关键，也是提高农民科技文化素质、转变农民行为最有效的途径之一。培训时多采用农民自己的语言，不仅通俗易懂，而且农民爱听，易于接收。培训方法有多种，如举办培训班、开办科技夜校、召开现场会、巡回指导、田间传授和实际操作，建立技术信息市场、办黑板报、编印技术要点和小册子，通过广播、电视、电影、录像、VCD、电话等方式宣传介绍新技术、新品种。

五、服务

服务不仅局限于技术指导，还包括物资供应及农产品的贮藏加工运输销售等利农、便农服务。各项新技术的推广必须行政、供销、金融、电力、推广等部门通力协作，为农民进行产前、产中、产后一条龙服务，为农民排忧解难。具体来说，帮助农民尽快掌握新技术，做好产前市场与价格信息调查、产中技术指导、产后运输销售等服务；为农民做好采用新技术所需的化肥、农药、农机具等生产资料供应服务；帮助农民解决所需贷款的服务。所有这些是新技术大面积推广的重要物质保证，没有这种保证，新技术就谈不上迅速推广。以上几方面也是新技术、新产品推广过程中必不可少的重要环节。

六、推广

推广是指新技术应用范围和面积迅速扩大的过程，是科技成果和先进技术转化为直接生产力的过程，是产生经济效益、社会效益和生态效益的过程。新技术在示范的基础上，一经决定推广，就应切实采取各种有效措施，尽量加快推广速度。目前常采取宣传、培训、讲座、技术咨询、技术承包等手段，并借助行政干预、经济手段的方法推广新技术。在推广一项新技术的同时，必须积极开发和引进更新更好的技术，以保持农业推广旺盛的生命力。

七、评价

评价是对推广工作进行阶段总结的综合过程。由于农业的持续发展，生产条件的不断变化，一项新技术在推广过程中难免会出现不适应农业发展的要求，因此，推广过程中对技术应用情况和出现的问题及时进行总结。推广基本结束时，要进行全面、系统的总结和评价，以便再研究、再提高，充实、完善所推广的技术，并产生新的成果和技术。

对推广的技术或项目进行评价时，技术经济效果是评价推广成果的主要指标。同时，也应考虑经济效益、社会效益和生态效益之间的关系，不论进行到哪一步，都应该有一个信息反馈过程，使推广人员及时准确掌握项目推广动态，不断发现问题和解决问题，加快成果的转化速度。

推广工作要遵循推广程序，但更重要的是推广人员要根据当地实际情况灵活掌握和运用，不可生搬硬套。

第二节　农业推广方式

随着农业由计划经济向社会主义市场经济、粗放经营向集约经营经济增长方式的加速转变，现代农业推广也正向“农业增效、农村稳定、农民增收”的目标转变，其服务范围和内容也正向产前、产中、产后全过程服务以及产、供、销等一体化系统服务转变。农业推广在新的形势下，推广方式在继承原有的示范、培训、蹲点、咨询等方面的同时，提出并形成了一些适应市场经济发展和“两高一优”的农业发展新形式。

一、项目计划方式

项目计划型是政府有计划、有组织地以项目的形式推广农业科技成果，是我国目前农业推广的重要形式。农业科技成果包括国家和各省、市（县）每年审定通过的一批农业科技新成果，农业生产中产生但尚未推广应用的增产新技术，以及从国内外引进、经过试验示范证明经济效益显著的农业新技术。各级农业科研行政部门和农业推广部门，每年都要从中编列一批重点推广项目，有计划、有组织地大面积推广应用。如农业部和财政部共同组织实施的综合性农业科技推广“丰收计划”；国家科技部设立的“国家科技成果重点项目推广计划”以及应用科技振兴农村经济发展的“星火计划”；国家教育部提出的“燎原计划”。还有菜篮子工程、科技扶贫项目、黄淮海综合开发、农业科技园区建设项目等，各省、直辖市、自治区

不同层次还有相应的推广项目，这些均已成为农业新技术推广的重要途径。

二、技术承包方式

技术承包型主要是各级农技推广部门、科研、教学单位利用自身的技术专长在农业技术开发的新领域为了试验示范和获取部分经济效益的一种推广形式，是推广单位或推广人员与生产单位或农民在双方自愿、互惠、互利的基础上签订承包合同，运用经济手段和合同形式推广技术。它是联系经济效益计算报酬的有偿服务方式。

三、技物结合方式

技术与物资结合是近年来出现的一种行之有效的推广方式，它是以示范推广农业技术为核心，提供配套物资及相关的产品销售加工信息服务。这就要求农业推广人员采取技术、信息和配套物资三者相结合的推广方式。1985 年中共中央《关于科学技术体制改革的决定》指出："农业技术推广机构和研究机构可以兴办企业型的经营实体"，从政策上把农业推广机构由原来的单纯技术推广型转变为技术、信息和配套物资相结合的技物复合型。

四、企业牵动方式

为了适应新阶段农业、农村经济结构调整的需要，兴办农产品加工等龙头企业，发展贸工农、产加销一体化，以市场为导向，农民按合同生产、交售，企业按合同收购、加工、销售，使农民种养有指导，生产过程有服务，销售产品有门路。这种推广方式，企业承担了一部分农技推广工作，同时加强了基地建设，规模了生产经营，搞活了市场，引导农民产业结构的调整。目前出现的推广形式主要为"公司 + 基地（农户）+ 市场"类型。

企业牵动型推广方式的优点是：一是利润在各个环节合理分配，生产者、加工者和销售者利益均占，风险共担；二是农业技术推广机构已成为企业内部的一个机构，推广机购、企业与农民三者的经济效益紧捆在一起，加强了新技术推广的紧迫感和责任感；三是农技推广活动成了企业的一个重要活动，其活动经费、技术人员的报酬等直接进入生产成本，由企业支付，减轻了国家负担。这种推广方式也有它的局限性，只适于商品率高、经济效益比较高的畜牧、水产和某些特殊经济作物。在市场经济还不发达的情况下，成立各类农村合作经济组织和专业协会，快速推广先进科技成果，提高农民的产业化经营水平和抗市场风险能力。

五、农业开发方式

农业开发型主要是指对尚未利用的资源运用新技术进行合理开发利用，使之发展成为有效的农业新产业。其中农业科技开发是手段和桥梁，是农业开发的核心。

创汇农业开发：以出口创汇为目标，以开拓国际商品市场信息为依托，以科学技术开发为龙头，集中投入一定的财力、物力和人力，建立出口创汇生产基地。这种开发方式，技术周期短，更新快，对市场反应灵敏，因而对市场和技术信息依赖性强，对人才的条件要求也比较高。

区域综合开发：开发模式根据区域规划和生产力的合理布局，为建立不同类型、不同层次的种、养、加工、生产、销售一条龙的商品生产基地，促进各生产要素的优化配置，实行多学科、集团化、集约化的基地开发。

城郊农业开发：这种科技开发方式，按照"服务城市、富裕农村"的原则，以实施"菜篮子工程"为主要内容，把科技开发纳入区域城乡经济发展计划，满足城市人民的生活需要，既促进城市大工业的发展，又有利于城郊自身经济的繁荣。

庭院经济开发：以庭院农业为基础，围绕主导产品实行多层次的空间利用和种、养配置，发展相应的技术，使多年不显眼的空地变成商品生产的场所，使专业户升华为规模经营户。

生态农业开发：以生态学理论为指导，把农业资源作为一个系统，通过科学技术的投入，合理有效地发挥各种资源的生态潜力，形成复合的、立体的、农林牧渔综合发展的农业生产结构，达到合理利用地表、地下、水面、空间，使经济效益、生态效益和社会效益有机统一，促进农业持续稳定地发展。

系列化产业开发：以一项农产品生产经营为基点，然后延长、拓展、逐步形成产前、产中、产后的系列化配套技术体系，使单纯出售初级农产品转向农副产品的深度加工开发，从而提高农业经济的整体效益。

六、科技下乡方式

科技下乡是以大专院校、科研院所等单位为主体，将高校、科研机构和技术部门的科技成果和先进技术，通过适当的方式（如科技大篷车、小分队等）介绍给农民和乡镇技术干部，使科技应用于农村各行各业，从而推动农村经济的发展，有利于提高社会、生态、经济效益，加速乡、村物质文明和精神文明的建设。

第三节　农业推广方法

农业推广方法是农业推广部门和推广人员为达到推广目标，对推广对象所采取的不同形式的组织措施、教育和服务手段。农业推广的手段，是指在传播农业技术时所利用的各种载体和媒体。随着科学技术的进步和传播媒体的不断创新，推广方法也更加丰富，作为推广部门和推广人员，必须学会掌握正确的推广方法，运用各种手段，具有较高的推广技巧，为实现农业推广的最佳效果而服务。

1984 年联合国粮农组织出版的《农业推广》一书，按照传播方式将农业推广方法分为三大类：大众传播法、集体指导法和个别指导法。

一、大众传播法

大众传播法是推广者将农业技术和信息经过选择、加工和整理，通过大众传播体传播给广大农民群众的推广方法。

（一）大众传播媒体的特点

1. 信息传播权威性高　通过大众媒介传播的技术、信息是经过加工整理而传递的，其技术信息具有很高的权威性。所谓权威性，是指大众媒介刊载的信息，除了信息本身的价值高低外，还附有发行机构的声望。如中央电视台、地方电视台和某个人发表同一信息，人们在心理上的接受程度就不一样。一样的信息，由大众媒体传播，就比个人传播具有权威性，收听者容易接收。

2. 信息传播数量大、速度快　大众媒体，如印刷品可印刷若干份，广播稿件可多次广播，电视、电影可在全国各地播放，广播、电视、网络、电话通过卫星传送，在短时间内可传遍全国乃至全世界。有的信息需要以最快的速度传播，如大风降温预报、虫情预报、台风暴雨等，只有通过这一方式才能实现。

3. 信息传播成本低、范围广　大众传播速度快、传播范围广。尽管制作和播放一套节目要花费较多资金，但由于大众传播接受的人多，即单位人力、物力的投入可获得广泛的推广面积和众多的接受者，如果费用按收听节目的人数平均分摊，实际上大众传播是提供信息最廉价的渠道。

4. 信息传递方式是单向的　大众传播，如印刷品、电视、电影的信息传播是单向进行传播，由一方传到另一方，无法做到发送信息者与接受信息者面对面地双向沟通，更无法传授实用技术、技能和进行现场咨询。接受信息者处于一种被动的接收状态。

（二）大众传播媒体的类型及其特点

大众传播媒体分为印刷品媒体、视听媒体和静态物像媒体等三大类型，并各有自己的特点。

1. 印刷品媒体　依靠文字、图像组成的农业推广印刷品媒体包括报纸、书刊和活页资料。这些读物可以不受时间限制，供农民随时阅读和学习；可以根据推广项目的要求，提前散发，能较及时、大量、经常地传播各种农业信息。

报纸、杂志：报纸是农业推广的有效传播渠道，它传播对象广，速度较快，信息容量比较大。编辑报纸应注意掌握及时性、主要性、准确性、鲜明性、生动性和趣味性，以提高报纸的新闻价值。

墙报：墙报是应用比较广泛的推广手段。一般来说，墙报具有体载广泛、形式多样、内容可长可短，时间可根据要求而定，省时省力，适合于农业推广在一定区域传播的特点。推广墙报一般张贴在人群密集的建筑物上，或是村部、公共场所的墙壁上。当然，如果再加上新颖实用的内容、图文并茂、具有乡土气息的版面，就一定能够吸引更多的群众。墙报具有传播面狭小的缺点。

黑板报：在目前推广部门经费普遍紧张，尤其是村级农技服务组织缺乏经费的情况下，黑板报是一种经济实用的推广普及手段。

2. 视听媒体　农业推广活动中的声像传播是指利用声、光、电等设备，如广播、电视、录像、电影、VCD、幻灯等，宣传农业科技信息。这种宣传手段，比单纯的语言、文字、图像（图画、照片）有着明显的优越性。视听媒体以声像与农民沟通。

广播：广播包括无线广播和有线广播两种，二者都是只能单程传递声音，不能传递图像。主要区别有三点：一是传播声音媒介不同，无线广播是以电磁波为媒介传递声音，有线广播则以导线为载体传递声音；二是声音传播的范围不同，前者不受时间、空间限制，传播距离远，后者受线路分布的限制，传输距离短；三是接受装置不同，前者用收音机收听信息，后者则要用扩音器装置收听。不论无线或者有线广播都是大众传播农业技术常用的手段。

电视：电视是远距离图像和声音的直接传播手段，是当代人们传递和接受声像信息最多最快的一种工具。在农业推广中，运用电视节目开展农业技术专题讲座，介绍新信息、新品种、新产品，宣传新技术成果等，影响面大，效果好。在电视教学中，把原理、原则与实物图片、图表、数据结合在电视媒介中运用，是一种理论联系实际的有效手段。教学电视的内容应分门别类进行，根据需要，时间可长可短，可复制使用，也可作为技术培训班的教具。

录音、录像：录音是通过唱片录音、磁性录音、光学录音等方法把声音记录下来，以备随时播放。它可以长期保存，反复使用，有利于扩大范围、增强传播效果。录像是把图像和声音信号变为电磁信号的记录过程，它是电视传播过程中不可缺少的一个环节。农业推广中，录像非常重要，它能把推广工作者的声音形象真实地反映在接受者面前，是提高推广工作成效的重要手段。

电影：电影是用摄影胶片，通过复杂调控过程，用声、光、电传递音像的一种动态视听媒介。农业电影是指专门用来传递农业信息的影片，有农村故事片、农业科教片、农业记录片等。电影能将人物声音、图像、色彩结合在一起，经过复杂调控过程后放映，对人们吸引力大，兴趣感强，深受广大农民群众欢迎。看电影既是一种群众性的娱乐活动，又可以学习农业技术、经营管理方法和家政科学等，可以收到一举多得的效果。

3. 静态物像传播媒体　以简要明确的主题展现在人们能见到的场所，从而影响推广对象的方式。如广告、标语、科技展览陈列等。静态物像媒体以静态物像与农民沟通。这里着重介绍科技展览陈列的方式。科技展览的陈列品有以下几种形式：

样品。农用物资、农机具、农业生产成果样品或标本等，直观地反映推广内容的形态、特征，加以图文介结，便于农民了解其性能、特点、使用方法等，可信度高、直观性强，便于扩大传播范围，便于满足农民学习的重复性要求。在展品选择上要求具有典型和代表性，反映出实物真实特征，可通过操作、表演、示范方式强化传播效果。

模型。绘制农业技术成果的图片或制作模型，反映其特征或特性。可以运用放大、缩小或夸张手段，提高清晰度和可观性，一般实物造价低、耐搬运。

照片。与模型的特点和功能基本一致，画面更真实可信。通过对不同时间、空间的照片进行编辑、排列，可以更全面、系统地反映农业生产技术的全过程，增强传播效果。

（三）大众传播法的应用

在农业推广活动中，根据大众传播不同媒介的不同特点和农民采用新技术的不同阶段，扬长避短，充

分发挥媒介的作用。在推广初始阶段，利用广播电视等反复传播适合农民需要的科技信息，以引起农民的注意和重视。当农民已经掌握了该科技信息时，需要进一步深入了解时，应采用科技展览的方法，新老技术对比，加深他们的认识，激起对新技术的兴趣。当农民准备试用时，就应向他们提供相应产品资料等，组织现场参观，使他们掌握技术细节，以确保试用的成功。总之，大众传播的方法要根据不同的推广对象（如文化程度的不同、经验的不同等）及其认识程度，有针对性地进行。

二、集体指导法

集体指导法又称团体指导或小组指导法，即在同一类型地区、生产和经营方式相同的条件下，采取小组会议、示范、培训、参观考察等方法，集中地对农民进行指导和传递信息的方法。采用此方法，一次可向多人进行传播，达到多、快、广的目的，是一种介于大众传播和个别指导之间比较理想的推广方法。

（一）集体指导法的特点

1. 指导范围较大，推广效率高　集体指导是一项小规模活动，涉及对象相对较多，推广者把信息传递给接受者，这些接受者作为“义务广播员”对信息进行广泛的发散传播，因此可以节约推广者直接工作时间，从而提高了推广效率和经济效益。

2. 双向交流信息，信息反馈及时　集体指导法一般是由推广者引导推广培训对象从事各种活动，推广人员和农民可以面对面的沟通，推广人员的建议、示范、操作可以立即得到农民的反馈意见，以便推广人员采取相应的方式，使农民真正掌握所推广的技术。

3. 利于开展讨论，达到一致意见　推广人员与农民可以进行讨论，农民与农民之间可以进行讨论或辨论。通过讨论可以澄清对某些技术信息的模糊认识和片面理解，特别是不同的见解，通过互相交流、讨论，辨明是非，最后达到完全理解掌握技术的目的。

4. 注重整体效应，个人难以满足　由于集体指导注重整体性，在短时间内只是对每个成员共同关心的问题或感兴趣的事情进行指导或讨论，对某些人的一些特殊要求则无法予以满足。

（二）集体指导法的原则

1. 重引导，坚持自愿参加　集体指导的内容，一定要适合农民的需要，要想农民之所想，急农民之所急，讲农民心里想知道、想解决的问题，这样才能调动农民学知识用技术的积极性，引导农民主动自愿参加学习。

2. 重实际，照顾农民特点　农民既是生产者又是经营者，他们每天除了从事生产和经营，也要完成许多家务劳动，体力消耗很大，所以，农民晚上休息较早。为此，进行集体指导时，一方面要选择合适时机，如雨天和家闲季节。另一方面，要努力提高集体指导效率，讲课时多举实例，多讲“怎么做”，少讲“为什么”，尽可能配备如幻灯、挂图、实物标本等直观辅导教具，有助于提高农民参与仿效的积极性。

3. 重质量，注重指导效果　集体指导的对象多而复杂，授课前一定要做好充分准备，讲课要有讲稿或教材，必要时可印发一些文字材料，对农民容易提出的问题及解答的方式、方法做到心中有数，胸有成竹。同时讲课时语言要简洁精炼，形象生动，幽默风趣，朴实无华。

（三）集体指导法的具体应用

集体指导有集会、小组讨论、培训班、示范、现场指导等多种形式。

1. 集会　集会种类很多，到目前为止，尚没有一个统一的分类法，就集会的规模来讲小到十几人，大到全省性、全国性的各类聚会和庆祝会，人数可上千人、万人等。按讨论的方式分类，常用的有以下几种形式：

工作布置会：上级推广部门向下级推广部门安排布置推广项目时，一般多用这种形式。在工作布置会上，提出项目要求、目标、方法和具体实施方案。

经验交流会：邀请推广项目的先进典型代表、劳动模范、科技示范户、先进农民介绍他们的经验、做法及体会，达到传播技术和经验的目的。

专题讲习班：定期用广播或报告会的形式，就推广项目的技术问题进行讲解，或提供有关信息和技术专题知识，组织农民听讲，规模可大可小，根据实际情况而定，时间一天左右为宜。例如农药安全使用、病虫测报、土壤诊断测试等。

科技报告会：组织专家、学者和农业推广人员成立报告团，进行巡回讲座或发放科技信息，报告内容要精炼，时间宜短不宜长。

2. 小组讨论　小组讨论是所有推广方法中采用最广的一种，一般采用农业专题讨论和非正式讨论交流两种方式。

农业专题讨论：由农业推广人员根据群众关心的问题，提出问题，并请对此问题有经验或见解的农民参加讨论。但问题要新颖，而且能引起人们的兴趣。在讨论中如引起争论，推广人员要加以引导，力争能取得良好效果，使大家的认识得到提高

非正式讨论会：农业推广人员利用大家适宜的时间，不拘形式地把农民集中在一起，讨论大家共同关心的问题，交流信息、经验和观点，借此机会推广人员把有关的知识和技术推荐给农民。

3. 培训班　在一段时间内，把与推广项目有关的人员组织起来，就推广项目过程中有关的问题，集中培训。根据参加人员的不同，其培训的内容深浅有所不同，如是推广项目区的有关领导、推广人员、农民技术员、科技示范户，则就推广项目中的技术信息进行较为系统的培训，时间可长一点，内容可丰富一点。面对推广项目区的一般农户，只能在生产的关键季节，就某些技术要点、具体做法进行有针对性的培训。

4. 示范　示范又分为成果示范和方法示范两种，是推广工作中常用的行之有效的手段和方法，是指通过实际操作，向农民展示某一新成果在农业生产中的实际应用所获得的结果或某一新技能的实际操作过程。例如，水稻优良品种引进经试验成功后，必须选好示范户和示范地点进行示范推广工作，通过示范效果展示给周围农民，以引起农民感兴趣而效仿，并为大面积推广做准备。方法示范如果树修剪、棉花打顶、玉米采笋、仔猪去势、雏鸡公母识别等。

5. 现场指导　现场指导是指组织农村领导、农民技术员、科技示范户及农户到试验、示范现场参观考察，并对他们进行实地指导，是通过实例进行推广的重要方法。参观的地点和单位，可以一至多个，交通要便利；具体单位可以是农业试验站、农场、农户、农业合作组织或其他农业企业。通过参观访问，农民亲自看到和听到一些新的技术信息和成功以验，不仅增长了知识，而且会产生更大的兴趣。

三、个别指导法

个别指导法是推广人员和农民单独接触，研究讨论共同关心或感兴趣的问题，是向个别农民直接提供信息和建议的推广方法。农民因受教育程度、年龄层次、经济和环境条件的不同，对创新的接受反应也各异。个别指导宜采取循循善诱，有利于农民智力开发及行为的改变。

（一）个别指导法的特点

1. 针对性强　农民的情况千差万别，各不相同，个别指导法有利于推广人员根据不同的要求，采取不同的方式、方法，做到有的放矢、适应其个别要求，使个别问题得到解决。从这个意义上讲，个别指导法正好弥补了大众传播法和集体指导法的不足。

2. 解决问题的直接性　推广人员与个别农民或家庭直接接触，通过平等地展开讨论，充分地交流看法，坦诚地提出解决问题的方法和措施，使问题及时得到解决。

3. 沟通的双向性　推广人员与农民沟通是直接的和双向的。一方面有利于推广人员直接得到反馈信息，了解真实情况，掌握第一手材料；另一方面能促使农民主动地接触推广人员，愿意接受推广人员的建议，容易使两者建立起相互信任的感情。

4. 信息发送的有限性　个别指导法的效果是个别而又分散的，单位时间内信息发送量有限，服务范围窄，占有人力、物力多，费用高，不能迅速在广大农民中传播。

（二）个别指导法的应用

个别指导法有农民访问、办公室咨询、信函咨询、电话咨询、田间插旗法、电脑服务等形式。

1. 农户访问　这是推广人员与农民之间最常见的个别接触的形式，二者之间面对面地直接沟通，成本高、接触小，但具有说明性，所以农户访问无论在推广计划的设计或执行期间，都有使用价值。通过农户访问，推广人员可以最大限度地了解农民的需要，并帮助农民解决问题，特别是解决个别农民的特殊问题尤为有效。

2. 办公室访问　办公室访问又称办公室咨询或定点咨询，是指推广人员在办公室（或定点的推广教育场所）接受农民的访问（咨询），解答农民提出的问题，或向农民提供技术信息、技术资料。这反映了农民的主动性，是比较高层次的咨询服务工作。农民来办公室访问（咨询），从心理上分析，这类农民希望得到帮助和亟待解决某一个问题，期望推广人员有一个满意答复，同时这类农民一般学习与兴趣都异常浓厚，对推广人员要求也很高。从主动与被动的角度分析，农民是主动求教的，他们很容易接受推广人员的建议和主张，效果好。

3. 信函咨询　信函咨询是个别指导法的一种非常重要的形式，是以发送信函的形式传播信息。它不受时间、地点的限制，也没有方言的障碍，不仅为推广人员的工作节省了大量宝贵时间，而且农民还能获得较多、较详细、可保存价值的技术信息资料。

4. 电话咨询　利用电话进行技术咨询，是一种效率高、速度快、传播远的沟通方式，在通讯事业发达的国家利用较为广泛，但在不发达的国家里很少应用。电话访问受到许多因素的限制，一是受时间的限制，不能畅所欲言；二是受环境限制，只能通过声音来沟通，不能面对面的接触，其效果受到限制；三是费用高，农民不愿使用。

5. 电脑服务　自从人类进入计算机时代，计算机已成为农业推广工作的重要辅助工具，发挥出应用的作用。

第四节　农业推广试验

一、农业推广试验的类型

在农业推广过程中，试验是示范的基础，示范是推广的前序，不论是种植业，还是养殖业，均需要做各式各样的试验。由于这些试验规模有大有小，时间有长有短，涉及的因素有多有少，因而有多种分类方法。按因素多少可分为单因子、多因子或综合试验，按时间可分为一年或多年，按小区大小可分为小区和大区。但从试验的性质上划分，一般可归纳为适应性试验、开发性试验和综合性试验三大类型。

（一）技术适应性试验

技术适应性试验是将国内外科研单位、大专院校的研究成果，或外地农民群众在生产实践中总结出的经验成果，引入本地区、本单位后，在较小规模（或面积）上进行的适应性试验。适应性试验的主要目的是观测检验新技术成果在本地区的适应性和推广价值。

技术适应性试验一般可在较小的面积（或规模）下完成，并与当地主推技术做简单的因子对比。当引进新品种、新技术的产生地与拟推广地区在气候、土壤等生态因素相差较小时，有丰富经验的推广工作者可直接做开发性试验；而当引进新技术、新品种与当地生态生产条件相差甚大时，必须在完成一个生命周期（在时间上不同的物种相差甚大）适应性试验的基础上，再进行开发性试验和放大性生产试验。

技术适应性试验的面积（规模）可适应放大，人们常讲的生产试验（或称中间试验）就是放大的适应性试验。因为采用小区做适应性试验时，虽然可鉴别出生态适应性，但是它的实施条件一般比较优越，所获得的数据往往与大田生产存在一定的差距，而生产试验不仅面积较大，而且管理等条件贴近生产，更能反映新品种新技术的可靠性和可行性。

放大型的适应性试验(即生产试验),虽然能更好地反映某技术成果的适应性效果,并兼有示范的作用,但在推广实践中,对新引进技术成果一般不采用这种试验形式,因为新技术成果具有不稳定性,往往会带来较多的损失。所以仍以小区适应性试验→小区开发性试验→生产示范的形式为主。

(二)探讨性开发试验

所谓开发性试验,是指对于某些引进的新技术、新品种、新项目,进行探讨性的改进试验,以寻求该项新技术成果在本地最佳实施方案,使其更加符合当地的生产实际,技术的经济效益得到更充分的发挥。

(三)综合性试验

综合性试验从理论上讲也是一种多因素试验,但与多因素试验的不同在于,试验所涉及的各水平不构成平衡的处理组合,而是将若干因素已知的最佳水平组合在一起作为试验处理。实际上,综合试验就是以第一目标为主线,将多个相关内容的技术成果的组装集成。

二、农业推广试验的基本要求

(一)试验目的要明确

农业推广试验要有明确的试验目的,即明确当地生产中急需解决哪些问题,解决这些问题的主要障碍因素是什么,采取哪些措施能够解决这些问题,要以此思路来确定试验项目,做到有的放矢。并通过对拟引入新技术成果的适应性、开发性试验,验证其适应性、先进性、实用价值、经济效益;结合当地气候条件、生产条件,对引入成果进行技术改进。有了明确的目的不仅可以抓住问题的关键,而且可以节省人力、财力、物力,提高推广工作效率。例如,通过观察分析,认为影响当地小麦产量再提高的主要因素是播种匀度,准备引进新机具以代替原有播种机。这要分两种情况,如当地主要使用畜力木耧,则可引进外槽轮播种机和木耧做对比试验;若当地已普及外槽轮播种机,则应引进水平圆盘播种机与外槽轮播种机做对比试验。

(二)试验要有代表性

适应性或开发性试验的代表性,包括试验条件和试验材料两个方面。试验条件包括自然条件,如气候、地形、地势、土壤质地、地下水深等;生产条件,如土壤肥力、耕作制度、排灌条件、施肥水平、农业机械化程度、生产者技术水平和经济条件等。

(三)试验结果要准确可靠

适应性试验与农业生产一样,是在开放系统中进行,气候等不可控因素影响较大,因而重演性较差。但在气候等生态条件基本相同条件下,应能够获得与原试验基本相类似的结果,这是科技成果推广的必需的前提条件,因而要求适应性试验和开发性试验结果必须准确可靠。这里所指的可靠包括试验的准确度和精确度两个方面。因此,在试验过程中,应在试验设计、材料选择、测试工具、量具及试验实施过程中的每一个环节,都要认真严谨,使系统误差和随机误差降低到最低限度,保证试验的准确性。

三、试验设计原则

克服系统误差,控制与降低随机误差是田间试验设计的主要任务,也是试验设计原则的出发点和归宿。要做到这一点,必须分析试验中,主要受哪些非处理因素的影响,从试验设计中加以控制,从试验的实施和取样测定过程中加以控制,才能获得无偏的处理平均值和误差的估计量,从而进行正确的比较,得出符合客观实际的结论。遵循试验设计原则,是降低和正确估计误差的有效方法。

重复原则:试验中同一处理在实际中出现的次数称为重复,从理论上讲重复次数越多,试验结果的精确度越高,但由于实施过程中受试验材料、试验场地、人力、财力的限制,一个正规的试验,一般要求设3~5次重复。

随机原则:随机是指在同一个重复内,应采取随机的方式来安排各处理的排列次序,使每个处理都有

同等的机会被分配在各小区上。随机的目的和作用在于克服系统误差和偶然性因素对试验精确度的影响。一般在试验中对小区进行随机排列，可采用抽签法或随机数字表达。

局部控制原则：局部控制就是分范围分地段地控制非处理因素，使其对各处理的影响趋向于最大限度的一致。局部控制总的要求是在同一重复内，无论是土壤条件还是其他任何可能引起试验误差的因素，均力求通过人为控制趋于一致。把难以控制的不一致因素放在重复间。例如，土壤及肥力不均匀是影响试验的因素之一，增加重复次数虽可使试验误差降低，但由于试验田面积的增大，土壤差异也随之增加。为减少这种差异，则可采取局部控制的原则。采取按土壤及肥力变化趋势划分区组（重复），每一区组内再按处理设置小区。这样就使得每个区组内各处理小区间很少受土壤差异的影响，土壤差异则主要存在于重复间，而这种差异又可以通过适当的统计方法予以分开。

惟一差异原则：惟一差异原则又称单一差异原则，是指试验的各处理间只允许存在比较因素之间的差异，其他非处理因素应尽可能保持一致。例如，油菜叶面喷施磷酸二氢钾试验，不能只设喷与不喷两个处理，因为两处理之间除了磷酸二氢钾之外，还有清水影响。正确的设计应是：①不喷施；②喷施等量的清水；③喷施适宜浓度的磷酸二氢钾液（若不清楚最佳浓度，可设几种不同浓度，并将每一种浓度作为一个处理）。因农业生产中植物、动物生长发育及产量形成受多种因素的影响，若不遵循惟一差异原则，两种处理间虽然存在很大的差异，但这种差异是受何种因素影响而引起的，则无法判断。

第五节　农业推广成果示范

一、成果示范的概念

成果示范是指在农业推广专家的直接指导下，在农业生产者承包经营的土地或科技示范园等特定场地中，把经过当地适应性和开发性试验取得成功的某个单项技术成果或综合组装配套技术，严格按照技术规程要求实施，将其优越性和最终效果尽善尽美地展现出来，作为示范样板，以引起周围生产者的兴趣及采纳激情，并采用适当的方式鼓励、教促他们效仿的过程。

国内外的推广实践证明，在多种不同的技术推广方法中，成果示范是最为有效的方法。它之所以具有良好的效果，原因在于两个方面：第一，成果示范不同于试验，试验虽有成功的希望，但也存在失败的可能。而成果示范是在适应性和开发性试验的基础上进行，成果质量在创新性、成熟性、效益性、适应和实用性等方面，经过了验证和改进，加之有严格的技术操作，预期效果一般情况下优于当地原有的使用技术。由于示范点设在拟推广区的生态、生产环境中，又是农业生产者亲自操作完成，效仿者不仅可以看到最终结果的优越性，通过参观、交流还可以了解到示范技术的基本操作过程，便于分析判断成功的把握性，采纳的欲望容易被激发。第二，在我国农业发展的现阶段，生产者的科技素质偏低，分析判别新事物的能力较差，受“耳听为虚、眼见为实”思维定势的影响，不愿意接受一些抽象而空洞的说教式的技术传授。成果示范避免了一般技术传授的欠缺，示范过程可使仿效者充分使用视觉、听觉、触觉等所有感觉去考察认识新事物，并进行分析、判断，所以可有效地说服持有疑虑态度的生产者采纳新技术。

二、成果示范的基本要求

技术要成熟可靠：成果示范要求必须选用某些通过当地适应性和开发性试验，并取得成功的新技术成果。不能采用没有把握，或尚属试探性开发阶段的不成熟技术。对上级有关部门提倡或直接下达的，且在普遍意义上有重要价值的技术成果，但尚未经过试验验证的，也不能盲目示范，这是成果示范必须遵循的基本原则。

示范目标与农民和社会生产目标相一致：准备更新替代哪些旧技术，解决当地哪些实际问题，虽然在试验选题时已通过充分的论证，但在示范之前仍需对试验结果的不同方案进行筛选、优化。特别要从效益性、实用性和动态预测方面进行科学的判断，选择某些与农民的“高产、稳产、优质、低成本、高效益”生

产目标相一致的技术，进行示范才会受到农民的欢迎。

具备成果示范的必需条件：成果示范的重要意义在于能够使成果展示给参观者，克服困难，创造条件，将拟推广技术成果高质量地展现出来，是示范成功的前提条件。农业成果示范的内容多种多样，难易程度也各不相同，像节能灶具、农业机械或农药类物化成果，效果示范比较容易。而像新栽培技术、新品种的配套栽培技术、高效养殖技术类的示范，首先需要推广人员和生产者共同培养创建出示范样板，因而必须具备使样板得以充分体现的必要条件。

示范点的选择和布局要合理：示范的目的和意义在于展示。为了给更多的参观者提供方便，扩大影响效果及辐射范围，示范点都应设在交通十分便利、排灌等基础设施完善，既便于机械或畜力的农事操作，又远离村落或其他障碍物，土壤均匀的大田中。地块条件要符合成果要求。示范点的多少及布局应酌情而定，原则上每个乡镇设一处示范点。对于一些窄长的乡镇可设两处，对那些相对比较集中，乡镇之间距离较低，在几个乡镇的中心点设一处即可。

三、成果示范的方法步骤

制订示范计划：一个成功的成果示范，事前要对示范过程中所涉及的诸多问题制订全面而细致的实施计划。内容主要包括：示范的内容、时间、地点、规模，预期指标，生产资料的来源及保障，观摩学习人员的范围，组织形式，参观时期，讲解内容，技术人员和示范农户的义务和权利，观察调查项目及方法等。示范负责人对上述内容要做出一个初步的计划。示范点确定之后，需将创建示范样板所涉及人员召集起来，通过认真讨论，逐一落实。然后印制计划（附调查记载表），人手一份，便于实施。

示范地点（场所）和示范户的确定：示范负责人应按照成果示范的基本要求原则，到拟设立示范点的地区（村）进行实地考察，确定示范地的大致框架区，并对框架区内所涉及的农户做间接调查，然后将几个符合要求的农户召集一起，认真座谈。示范负责人应使农户明确示范项目的内容、意义，需他们做哪些工作和物质投入，他们能够得到哪些方面帮助等，最后确定1～2户自愿合作者。示范地点和示范户的选择，对于有经验的推广人员比较容易，而对一个没有经验的推广人员，则是一个十分重要而又关键的工作。

加强指导，创建高质量的示范样板：示范场地落实以后，推广人员应与示范户团结协作，严格按照计划要求，认真落实各项农艺操作。这是一个漫长的过程，推广者不一定长期住在示范点，但应将示范技术的要求及相关知识耐心地传授给示范户中的技术带头人，示范技术的每个关键环节必须亲自参加。

观察记载：成果示范是一种推广教学方法，为了准确地给参观者提供一些他们所关注的数据，如品种名称、施肥量、灌水量、用工情况、株行距、各生育期的调控指标、产量效益等，应按计划要求及时、准确地进行观察记载，并将平均数记入观察调查记载表中，作为资料保存供总结使用。

组织观摩：组织参观是成果示范的重要目的。观摩的组织形式有两种：一是由政府出面组织相关人员。二是由推广者发邀请函或电话邀请相关人员。观摩通知或邀请函均应注明观摩的时间、地点和内容。观摩时间和次数的安排，应视示范项目的不同，酌情安排在最关键的时期。如设施果树高产栽培技术示范，可安排四次：一次在幼苗定植期，二次是树形控制修剪期，三次是人工授粉期，四是采收之前。

四、成果示范的总结

一项成果示范结束后，应及时写出一份综合的技术总结。总结包括两部分，一是工作概述，主要包括示范的背景、规模、组织形式、影响效果、经验与不足等。二是技术部分，主要包括示范技术增产增效指标、投入情况、管理措施及各关键生育期的调控指标等，并附原始记录和录像、照片等资料。

成果示范总结材料的价值有三点，一是积累材料，充实推广教学内容。二是向政府或企业等资助单位的管理部门提供资料，以便上一级推广管理部门完成大范围的工作总结，同时作为制订下一轮推广计划时的参考依据。三是向技术成果研制单位反馈信息。

一项成功的成果示范，地方政府常召开规格不等的总结会议，借此扩大宣传，加大推广力度。同时对

示范户和推广人员给予表彰或物质奖励，激励他们的工作热情。

第六节　农业推广方法示范

一、方法示范的概念

方法示范是指推广人员利用适宜规格的植物、动物、农机具或其他实物作直观教具，将某些仅通过语言、文字和图像来表达显得困难、传授效果极差的操作性技能（或技巧），通过实际操作演示与语言传授相结合的方式传授给农民，并现场指导他们亲自操作，直至掌握技能要领的推广教学方法。方法示范属于技能类示范。例如，果树的嫁接、修剪整形、环剥、人工授粉技术，棉花整枝拿杈，水稻抛秧技术，小麦品种的提纯复壮技术，新机具功能更换调控技术，仔猪去势、人工授精，雌雄雏鸡的鉴别技术，食用菌接种技术，秸秆青贮技术等，均适于方法示范。

二、方法示范的基本要求

（一）短时准确

方法示范的内容（题材）必须是当地群众最需要解决的问题，且适合当众表演。由于方法示范多数是在田间、地头，教学环境不同于教室，观众的注意力不易集中，所以要尽量在短时间内精确地完成示范操作。否则群众反感，效果不佳。同时参加方法示范人数不宜太多，在示范中要使每个人都能看得见、听得清。

（二）操作为主，讲解为辅

示范者要事先做好反复练习准备，把实际操作分解成几个部门进行演示，在示范过程中要将每个操作展示清楚，不能用语言代替。但对一些关键性的技术操作，也要做简要的讲解，讲清为什么只能这样做，而不能那样做，它的原理是什么等。

（三）农民亲自操作

一项新技术，听起来、看起来好像容易掌握，但真正做了是不容易的，因为有一个操作是否熟练、准确的问题。因此，要求农民对每一个步骤要亲自去做。做对了推广人员要给予肯定，做错了要帮助他们改正。对农民来说，亲自操作不仅能使自己有亲身体验，而且可训练手脑并用的能力。对较难的技术还应该让他们重复操作，直到全部掌握为止。

三、方法示范的步骤

（一）方法示范计划的制订

无论推广人员有多么丰富的经验，每次进行方法示范，都要根据示范的目的和内容写出示范计划。同样内容多次重复的示范，也应根据以往的体会对计划做更完善的修改。计划包括通过方法示范要达到的目的，示范题目及主要的内容，示范所需材料和直观动、植物教具，示范时间和场地，观众邀请的形式，解答的主要问题，示范过程的总结等，以保证示范整个过程有条不紊地进行。

（二）方法示范内容的准备

准备的内容包括实物教具、场地和操作演示技能及讲解要点三个部分。

1. 实物教具　适宜的实物教具对方法示范十分重要。如果树嫁接示范，必须在适宜嫁接的季节内，有足够的砧木和鲜活的贮藏接穗，以及环剪、辟刀、塑料等。

2. 场地和辅助设备　有些示范需要足够大的场地，如新的农机具功能调控，每更换一种功能需要一定的操作作业区，因而需要事先选择好作业场地。此外，一些必要的机械图解挂图，农作物根、茎、叶、花、

果构造或生长发育机理示意图等，都是提高方法示范所必需的辅助教具。

3. 操作和讲演预试　推广人员要对示范操作的讲演做好充分的准备，示范前需反复演示，确保示范时精确，短时间内完成，讲解简洁、准确、易懂、易记。

（三）方法示范的组织

方法示范的对象往往是一些专业性较强的生产者，当示范的时间、地点、重点内容确定之后，可通过政府以通知的形式，由推广者直接发邀请函的形式，或者电视、报刊等大众媒体的广告等形式组织学习者。

（四）方法示范的实施

1. 介绍　首先要介绍示范者自己的姓名和所从事的专业，并宣布示范题目，说明选择该题目的动机及其重要性。要使推广对象对新技术产生兴趣，感到所示范的内容对他很重要并且很实际，而且能够学会和掌握。

2. 示范　示范者要选择一个较好的操作位置，要使每位观众能看清楚示范动作。操作要慢，要一步一步地交待清楚，要做到说明（或解释）和操作同时进行，密切配合。用语要通俗、易懂，使每位观众易听懂、了解。

3. 小结　示范中的重点提出来，重复一次并做出结论，以给观众留下深刻的印象。在进行小结时要注意：①不要再加入新的内容。②不要用操作来代替结论。③要劝导学习者效仿采用。

（五）操作练习和回答问题

示范结束后，在推广人员的直接帮助下，每个推广对象要亲自操作，对不清楚、不理解或能理解但做不到的事情，推广人员要耐心重新讲解、重新示范，纠正错误的理解和做法，鼓励他们再次操作练习，直到理解并正确地去做，达到技术要求为止。同时在活动中要鼓励和允许学员提出问题，并对其提出问题进行回答。示范者在回答问题时，要抓住重点、清晰扼要。如答复不了，可直接说明，切不可胡编乱扯或对提问者有不礼貌的语言。

四、方法示范的总结

方法示范的总结比较简单，主要包括示范的内容、时间、地点、组织形式、示范效果及示范的优缺点等，同时将示范的体会，特别是需注意的重点及需要改进的方面记载下来，作为青年推广人员的学习借鉴资料。

第二十三章　农业推广组织与人员管理

农业推广组织的组织形式、机构设置、隶属划分、运行机制、管理方式、人员素质及工作内容等对农业推广工作效益影响很大，世界各国对此都比较重视，建立起与自己国家国情相适应的组织体系。本章重点讨论农业推广组织的基本概念、组织类型及推广人员的作用和管理等。

第一节　农业推广组织概述

一、农业推广组织的概念

农业推广组织是构成农业推广体系的一种职能机构，是具有共同劳动目标的多个成员组成的相对稳定的社会系统。农业推广组织主要围绕服务“三农”（农业、农村和农民）的中心目标，参与政府的计划、决策、农民培训及试验、示范的执行等任务。没有健全的农业推广组织，就没有完善的成果转化通道，科

技成果就很难进入生产领域，转化为生产力。当今世界各国都十分重视农业推广的组织建设。在组织建设上，又非常注意组织结构。农业推广组织结构是否合理，直接影响推广任务的贯彻和落实。

现代科技劳动组织，不是一成不变的，无论从时间上还是在空间上，都表现为一种不断变化着的动态平衡。因此，农业推广组织在结构与职能上也随着农业生产方式的调整和变化而变化。在世界范围内有中央政府、省、市和县政府支持的推广组织，中央、省和地方联合主持的推广组织，农业科技机构的推广组织，大学推广组织，农民及企业推广组织等。中国的农业部是中国农业推广组织最高管理机构，负责全国的农业推广工作，相应地在省、地（市）、区、乡也都建有农业推广组织，负责本辖区的农业推广工作。随着社会主义市场经济体制的建立，科研机构、高校和企业的推广组织，农民协会组织相继产生，并发挥越来越大的作用。

二、农业推广体系

农业推广体系是农业推广机构设置、服务方式和人员管理制度的总称。各个国家政治、经济体制不同，相应农业推广体系也各异。美国实行教学、科研、推广三位一体，学院统一领导与管理。多数国家在农业部设置农业推广机构，自上而下进行管理。中国的农业推广体系是在政府统一领导下，分别由各级政府的农业行政管理部门管理。随着社会主义市场经济体制的建立，体系开始向多元化方向发展。

三、农业推广组织的职能

确定推广目标：推广组织的职能之一就是结合当地政府和农民的需要，为各级推广对象确定清楚、明确、具有说服力的推广工作目标。

保持推广工作的连续性：推广组织要根据本地区推广工作长期性的特点，在安排推广任务时，在使用推广方法上，在推广人员、推广设备、推广财政支援方面，都突出地保证推广工作的连续性。

保持推广工作的权变性：农业推广工作面向复杂多变的环境，有些机遇的错过，将导致推广工作陷入困境。为适应各种新问题的挑战，要求组织形式和组织成员经常保持高度的主动性，发现并利用机会灵活地处理各种复杂局面，建立、培养和发展同各界的联系，以利于发挥推广组织所特有的权变性。

信息交换：发展推广组织的横向与纵向联系，是推广组织的又一职能。农业推广工作面临的环境是复杂的，一个问题与多个方面相关，一种信息可能适用多种选择，本系统解决不了的问题，其他领域也许并不难解决。生产有时会影响生活问题，经济问题很可能影响政治、社会等问题。因此，建立有利于信息交换的系统是推广组织极为重要的职能。

控制：推广组织需要经常检查与目标工作程序有关的实际成就，这就要求组织必须具有组织成员、工作条件和工作内容的调控能力。对组织成员的选择上，应以权变理论为基础，要求各组织推广人员应具备的条件，如生产技术、经营管理、劝农技巧、行政管理及相关学识的范围，以及规定推广人员的有效基础训练的内容，胜任人员的补充条件，培养课程的要求等都是从组织对成员、工作条件和工作内容的要求得出的内容。

激励：推广组织必须具备促进组织内部成员积极工作的动力。推广组织的责任就是创造一种能够激发工作人员主动工作的环境。如明确的推广目标，成功的工作方案，个人提升、晋级、获奖的机会及进一步培训的机会，工作中有利于合作的方式，这些都可能成为推广组织的特殊职能。

评估：组织对推广机构的组成，对成员工作成绩的大小，对推广措施的实施，对计划制定的完成程序都需要进行考核。

第二节　农业推广组织类型

根据国内外农业推广组织的特点，可以将农业推广组织划分为若干类型。从世界各国农业的推广实践看，农业推广组织主要有5种类型，即行政型农业推广组织、教育型农业推广组织、项目型农业推广组

织、企业型农业推广组织和自动型农业推广组织。

一、行政型农业推广组织

行政型农业推广组织就是以政府为主设置的农业推广机构。在许多国家特别是发展中国家，推广服务机构都是国家行政机构的组成部分，因而农业推广计划制定工作侧重于自上而下的方式，目标群体难以参与。由于农业推广内容大都来自公共研究成果，因此，农业推广工作方式偏于技术创新的单向传递，农业推广人员兼有行政和教育工作角色，角色冲突较为明显，执行以综合效益为主的推广目标。

行政型推广组织的公共责任范围较广，涉及全民的福利，组织的活动成果主要由农村社会与经济效益来度量。例如，印度国家推广工人组织体系就属于此类型。

由于各个国家与地区的社会经济和农业发展水平不同，所以，虽然同样是政府设置的行政型农业推广组织，其组织结构和工作活动内容也会有一定的差异。

二、教育型农业推广组织

教育型农业推广组织以农业大学（科研院所）设置的农业推广机构为主，其服务对象主要是农民，也可扩延至城镇居民，工作方式是教育性的。

建立这类农业推广机构的基本考虑是政府承担对农村居民进行成人教育工作的公共责任，同时，政府所设立的大学，应具有将专业研究成果与信息传播给社会大众以便其学习和使用的功能。这类推广组织的行动计划是以成人教育形式表现的，其技术特征以知识性技术为主，且大部分推广内容是来自学校内的农业研究成果。

教育型农业推广组织通常是农业教育机构的一部分或附属单位，因而农业教育、科研和推广等功能整合在同一机构，农业推广人员就是农业教育人员，而其工作角色就是进行教育性活动。组织规模是由大学行政所能影响的范围而决定的。

三、项目型农业推广组织

鉴于很多政府推广机构效率不高，人们反复尝试创建项目推广组织。项目型农业推广组织的工作对象主要是推广项目地区的目标团体，也可涉及其他相关团体。其工作目标视项目的性质而定，主要是社会及经济性的成果，技术特征是知识性为主，亦具操作性，组织规模属于中等偏小。如我国实施的黄淮海平原农业综合开发项目。

就组织表现而言，项目型农业推广组织的公共职责范围，是改善项目区目标团体的经济与社会条件，其成果评估也偏重社会经济效益。在项目执行过程及实施结束之后，都要进行严格的监测与评估。

四、企业型农业推广组织

企业型农业推广组织是以企业设置的农业推广机构为主，大都以公司形态出现，其工作目标是为了增加企业的经济利益，服务对象是其产品的消费者，主要侧重于特定专业化农场或农民。一般而言，此类推广组织的推广内容是由企业决定的，常限于单项经济商品生产技术。农业推广中大都采用配套技术推广方式，同时也为农民提供各类生产资料或资金，使农民能够较快地改进生产经营条件，从而显著地提高生产效益。由于此类组织的工作活动主要以产品营销方式表现，因此，其技术特征以实物性技术为主，也兼含一些操作性技术。应强调指出的是，此类组织是以企业自身效益为主，有时农民利益受制于企业效益。

五、自助型农业推广组织

自助型农业推广组织是一类以会员合作方式而形成的组织机构，具有明显的自愿性和专业性农民组织。农业合作组织需要依据组织业务发展和组织成员的生产与生活而决定推广内容，其推广对象是参与

合作团体的成员及家庭人员，这类推广组织的工作目标是提高合作团体的经济收入和生活福利，因此，技术特征以操作性技术为主，同时进行一些经营管理和市场信息的传递。

需要指出的是，这类组织的农业推广工作资源是自我支持和管理的。部分农业合作组织可能接受政府或其他社会经济组织的经费补助，但维持农业推广工作活动的主要资源条件仍然依赖合作组织。其日常活动要遵照国家有关法律法规的约束和调整。

第三节　国内外农业推广组织概况

一、我国农业推广组织的建设和发展

在我国，随着农村经济体制和农业政策的变化，农业推广的组织形式和管理体制也产生了相应变化。在计划经济体制下，农业推广组织为国家行政机构的一部分。在社会主义市场经济体制确立之后，出现了不少民办的非政府组织形式的推广组织。但无论农业推广的组织、机构的种类如何，要搞好农业推广工作，就必然涉及农业组织的管理和建设方面的问题。因此，我们必须深入了解和掌握农业推广组织的设置等概况，更有效地推动农业科技进步，促进农业的发展。

新中国成立以来，我国农业推广组织的发展经历了一个曲折的过程，到目前为止，大致可以分为四个阶段，即农业推广组织建立阶段，农业推广组织发展阶段，农业推广组织曲折阶段，农业推广组织全面发展阶段。

（一）农业推广组织建立阶段（1949～1957）

新中国成立初期，党中央十分重视农业生产恢复问题，其中首要问题是解决农民的温饱问题，逐步建立起了农业发展领导和推广机构。1952 年，农业部在全国农业工作会议上，制订了《农业技术推广方案》，要求各级政府设专业机构和配备干部负责农业技术推广工作，建立起农场为中心、互助组为基础，劳模、技术员为骨干的技术推广网络。根据这一精神，各省纷纷建立省、地、县农业技术指导站。由于土地改革的胜利完成和互助运动的开展，调动了全国亿万农民发展生产的积极性，他们迫切要求改进农业技术，提高作物产量。在新的形势下，农业部制订了《农业技术推广站工作条例》（草案），要求县以下建立农业技术推广站，并对农业技术推广站的性质、任务、组织领导、工作方法、工作制度、经费、设备等事项，都作了规定。全国各地按照农业部要求，建立农业技术推广站。到 1955 年底，全国共建立农技术推广站 4 549 个，配备干部 33 740 人。

（二）农业推广组织发展阶段（1958～1965）

1956 年，党中央向全国人民发出了“向科学进军”的号召，全国农业生产以水土治理改造生产基本条件为主，修水库、修水渠、打机井、修梯田等。这个时期，国家已培养出了成批的农业科研、推广人才，而且大都分配到农业生产第一线，深入农村，结合办夜校、社员扫盲，推广新型农具，为提高劳动生产率起到了极大的推动作用。全国除边远山区外，每个区都有了农技推广站，县农业局设立农技推广站、植物保护站、畜牧兽医站等，农业推广组织已初具规模。有的区、乡也建立了相应的农、林、牧技术推广站。

但是，1957 年的“反右运动”，1958 年的“大跃进”和 1959 年的“反右倾”期间，党内出现了不按科学规律办事的“左”的思想，瞎指挥、浮夸风、急于求成等，使农业生产及农业推广工作遭到干扰和破坏，不少农业推广人员遭到打击、迫害。到 1961 年，这种“左”的错误很快受到抵制和纠正，广大农业推广人员积极推广新技术，为国家度过三年生活困难做出了贡献。

（三）农业推广组织曲折阶段（1966～1976）

1966 年开始的持续 10 年的“文化大革命”，使农业推广工作受到了严重的干扰，使广大农业推广人员未能充分发挥应有的作用。但是，当时在“以粮为纲”的战略思想指导下，农业生产总的投入有了增加，如拖拉机、化肥、农药等工业的发展，促进了农业发展。同时，首先在湖南搞起了县、社、村、队“四级农

科网”，后来这种农业推广组织形式很快遍及全国，村、小队有了一批不脱产的农民技术推广员，如兽医员、农业技术员、果树技术管理员等。当时开始大面积推广杂交作物品种，使我国平均单产有了新的提高，但总的农业推广的指导思想还是以粮为纲，农业推广形式、内容单一化，加之组织管理上的“大锅饭”，农业推广工作处在传统的、行政命令的状态下。

（四）农业推广组织全面发展阶段（20世纪80年代后）

“文化大革命”结束以后，党中央、国务院做出了“经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作必须面向经济建设”的决定。在这一正确战略思想指引下，包括农业推广工作在内的科技工作得到了极大地推动和发展。2000年底统计，我国有种植业技术推广机构5.1万个，农技推广人员38.4万余人。国家设有全国农业技术推广服务中心，省级为省农技推广中心或分设的农技推广、植保、土肥、种子等总站，地（市）级设农技推广中心或分立的农技推广、植保、土肥、种子等站。县级主要设农技推广中心。乡镇一级设农技站。全国约有20%的村设有农技服务组织，共有193万农民技术员，660多万个科技示范户。全国共有畜牧兽医机构5.6万多个，48.3万名畜牧兽医推广人员。水产技术推广机构17 638个，水产技术推广人员43 467人。农业机械化技术推广机构4.1万个，技术推广人员2 725 462人。农业经营管理机构46 170个，职工168 871人。林业技术推广站3.7万多个，推广人员15万多人。水利技术推广机构4.8万多个，推广人员87万多人。农民专业技术协会15万多个，囊括500多万农户，约占全国农户总数的2%。

二、几个有代表性国家的农业推广组织体系

（一）美国农业推广组织体系

美国实行的是教育、科研、推广“三位一体”的农业推广体制。机构上有三个层次，即联邦农业部的推广组织机构、州农业技术推广机构、县农业技术推广组织机构。

1. 联邦农业部推广局　美国联邦农业部设推广局，其职能是审核各州的农业推广工作计划，指导联邦推广经费的分配，协调全国各方面的力量，提供项目指导，维持与农业部、联邦其他机构、国会和全国性组织的联系，并承担对其活动解释说明的责任。

2. 州推广机构　州农业技术推广机构设在州立大学农学院，是美国合作推广机构最重要的机构。推广处的工作和大学的教学、科研工作同等重要。州推广处由农业试验系统和合作推广系统组成。农业试验系统主要包括大学的农学院和地区性研究与试验中心；合作推广系统包括县的农业技术推广站和农学院的推广教授。州推广机构负责本州内重大的技术推广项目和特殊的技术领域。各州每年都应准备一个工作计划，并需得到联邦推广局长的认可。各州参与推广经费的年度预算和确定联合聘用推广体系工作人员。

3. 县推广站　县推广站通过召集会议、举办各种专题、答复农户的咨询等方式进行农业技术推广工作。推广机构通过区域推广组织实现对县推广站的指导。每个区域负责若干个县。

4. 各级农业技术推广机构组织关系　美国联邦农业部推广局长由农业部长任命，他是农业部高级执行机构成员之一。推广局长通常选自各州推广处长之中。农业部内，推广局长向主管科事务的部长助理汇报。

州推广处长在农业部长的认可下，由所在学校的校长任命。推广处长对主管副校长负责。州推广工作计划需得到联邦推广局长认可。州推广处负责任命专业人员和技术专家。有些州还任命技术专家到区域推广机构工作。

县推广站推广人员的技术监督、指导，由州推广处长负责。当地社区通过顾问委员会，对县推广人员的工作类别提出建议。县推广站的办公室和辅助人员由当地政府提供。县推广站和农业部的联系是通过州推广处来完成的。

5. 经费关系　据资料显示，美国推广体系的经费主要来源于联邦、州和县政府的税收，也有来自私

人集团、个人捐赠，还有志愿者服务。另外还有农业部的推广教育工作基金。美国农业合作推广体系每年的总经费约 10 亿美元。1996 年，32% 来自联邦，47% 来自州，18% 来自当地政府，3% 来自私人集团捐赠。另外，以实物形式的捐赠总值、志愿者的服务，估计相当于 40 亿美元左右。县推广人员的工资由州推广处和当地政府共同负责。辅助人员的工资由当地政府负责。

6. 农业技术推广人员队伍状况和职称制度　美国联邦推广局拥有 174 个专职专业人员（职位），州县有16 500个专职专业技术人员，其中县推广站占 2/3，还有 3 300 个家政推广专家和 290 万志愿人员服务在不同类型的项目中。县推广专业技术人员几乎所有的人都有学士学位，相当多的人具有硕士学位，有些具有博士学位。有些州在聘任推广员之前，要求具有硕士学位。美国农业推广人员的职称制度和我国现行的专业技术职务制度有相同之处。特点是职务名称统一，不分专业；职务级别少（仅分三级），而级内分为多等（共十九等）。

（二）日本农业技术推广组织体系

全国范围内，由国家、地方及农民共同建立起比较完善的农业推广（日本称农业普及）组织机构，农业改良普及所是日本农业普及的主体和实施机构。其协力（辅助）机构主要包括农业科研、农业教育、情报等机构。

1. 国家农业技术推广机构　日本农林水产省农蚕园艺局内设立普及教育课和生活改善课，作为国家对农业普及事业的主管机关。他们负责农业改良、农民生活改善和农村青少年教育等方面的计划、机构体系、资金管理、情况调查、信息收集、普及组织的管理、普及活动的指导、普及方法的改进以及普及职员的资格考试和研修等工作。农村水产省还把 47 个都、道、府、县按自然区划，分为 7 个地区，分别设立了地方农政局，作为农林水产省的派出机构。地方农政局内设农业普及课，对各地农业普及事业起指导和监督作用。

2. 地方农业普及机构　都、道、府、县农政部内设普及课，负责普及工作的行政管理工作。各地下设农业试验场、农业者大学校、农业改良普及所，分别负责农业技术开发、农业技术普及教育等工作。

各地根据地域面积、市町村数、农户数、耕地面积及主要劳动者人数，确定设立农业普及所的数量、规模。农业普及所是各地农政部的派出机构，具体负责管理区内的农业普及工作。

3. 经费情况　根据《农业改良助长法》的规定，日本的协同农业普及事业，是由国家和部、道、府、县共同进行的。因此，农业普及事业所需要的经费，也是由国家和地方共同负担的。全国每年用于农业普及事业的经费为 750 亿日元。其中农林水产省大体负担 370 亿日元，其余部分由都、道、府、县负担。这些经费主要用于普及职员的工资、普及所和普及职员的日常活动、普及职员的研修、农业者大学校的正常运营以及帮助农村青少年开展活动等。国家这种定额支付补助金形式，较好地调动了地方政府根据实际情况，合理自主地利用普及资金的积极性，也加强了地方政府对普及事业的领导。

4. 农业技术推广的队伍状况及职能　日本农业协同普及事业的具体实施者主要是专门技术员和改善普及员。全国共有普及职员 11 375 人，其中专门技术员 667 人，改良普及员 10 708 人。

专门技术员的设置，一般视当地的农业经营规模、农作物布局等情况决定。专门技术员的业务工作内容，主要是与科研、教育单位以及政府、团体进行联系、调对专门事项进行调查研究；对新成果、新技术的信息进行收集加工，并在此基础上对改良普及员进行培训和指导。

农业普及职员的设置，各地依据实际情况不同而异，国家没有统一要求和规定。改良普及员是农业普及事业的直接的主要的实施者。其主要职责是通过开展各种形式的农民教育和指导工作，普及农业新技术；深入农村调查研究，及时发现农业生产问题，向研究机关反馈信息，并参与对策研究；指导管区内农业团体和组织的自主活动；开展农家生活指导。

（三）英国农业技术推广组织体系

英国在 18 世纪中期即开始有组织地进行农业技术推广，1946 年在英格兰和威尔士成立了全国农业咨询局，1971 年又改组为英国农渔食品部农业发展咨询局。在地方则按郡和城镇设置咨询推广机构，从

而形成了国家与地方上下一体的农业咨询推广体系。此外，其他组织，包括英国肉品和农畜管理委员会、全国农业中心和各种协会，在农业咨询推广方面都发挥重要作用。英国在聘用农业咨询推广人员上比较重视资格和学历，因此咨询推广人员所从事的工作因学位种类及专业知识不同而有区别，但在选拔和使用上十分严格。英国农业咨询推广经费的来源主要有四个渠道：一是政府拨款。国家每年为农业发展咨询局拨款5 000多万英镑，合每个咨询人员1万英镑。第二条渠道是地方政府从地方税收中拨出一定数量的款额。第三条渠道是农业发展咨询局分布在全国各地区的科学试验中心、实验站为当地农业机构进行农业咨询、农业科技推广为农场或农户做土壤分析、进行饲料成分测定、植物病虫害诊断等实验服务筹措经费。第四条渠道是其他组织、欧共体和私人企业或公司的资助。

（四）荷兰农业技术推广组织体系

国家推广组织分为种植业和养殖业两大系统，垂直领导分为中央和地方两级，行政上由农渔部直接领导，省一级不设专门的农业推广行政管理部门，按自然区划设有12个种植业和17个养殖业地区推广站。农业教育、科研、推广均属农渔部领导，由一位副部长主管和协调这几方面的工作。推广人员实行招收录用制度，录用后2年考核合格者转为正式推广员。推广人员分为专业技术推广员和普通推广员，对推广员坚持定期考核、岗位培训制度。国家推广体系的经费全部由国家拨发。从1990年开始，农民协会开始增加对推广体系的投入，每年以5%递增，到2000年，国家和农协将各占50%。

（五）丹麦农业技术推广组织体系

丹麦的农业咨询服务范围，遍及种植业、畜牧业、农业建筑、机械化、农场会计和管理、法律、青年工作、农政、培训及信息等。开始由政府创办，不久就转为由两个农民组织—农场主联合会和家庭农场主协会为主，并负担大部分经费，国家给予一定经费补助，还在各方面给予支持，指导他们的工作。部分经费（占20%）来源也靠有偿服务的收入。咨询人员都要具备一定学历和实际经验，并必须经常参加在职培训，保证其相当的业务水平。每年至少有70%的咨询人员，进入各种不同专业的培训班受训。

（六）国外较成功的农业推广服务体系的共同特点

1. 层次分明，结构完善。这些国家均有自上而下纵向的推广体系，实行垂直管理，每一级有明确的职能和相应的人员结构，并建立健全岗位责任制和工作汇报制。同时，也注意经常性地横向合作和信息交流。

2. 经费来源以政府拨款为主。随着生产的发展，协会组织承担费用的比例逐渐增大，但没一个国家靠有偿服务解决推广体系的主要经费。

3. 加强农业推广的立法，以法保推广，以法促推广。

4. 农业教育、科研、推广职责分明，又密切合作。农业教育、科研坚持为推广服务。教师除了教学外，还承担部分的科研与推广任务，根据推广的需要，调整教学内容，并承担推广人员在职培训的主要任务。科研机构以推广部门反馈的信息为依据，确定研究方向，同时和教学人员一起解决一般推广人员不能解决的技术问题。教学和科研单位还为推广机构在农民培训方面提供便利。

5. 重视提高推广人员素质。许多国家对推广人员都要进行职前培训，对在职培训的时限和内容都有明确要求。

第四节　农业推广组织的管理及职能

一、管理原则

（一）目标性原则

组织管理首先进行的是制定有关推广组织应努力达到的目标和确定推广对象的决策。关键是被推

广的技术、成果、信息是生产需要、农民需要。确定的组织目标符合组织的承担能力。目标的制定一定要十分周密，力求深入到不同层次成员的实际工作计划之中。

（二）层次性原则

一个好的推广组织应该有一个好的能级管理系统，高、中、低不同层次清楚。责、权、利相适应，总目标、任务明确，并要达到专业化、具体化程度，每一步都能尽快转化为行动和结果。例如，县中心承担了一项推广任务，中心将任务分解给有关的站，站再将任务分解给有关的组和人。这样，层层布置，层层落实，形成层次清晰、各负其责的单元，形成一条完整的指挥链，组织才能正常运转，发挥出应有的功效。

（三）协调性原则

组织在运转过程中处于一种动态变化的状况。实际上管理组织的工作也就是在组织不断变化的情况下，跟踪变化，调节控制，实现系统的整体化目标。这就要求我们的管理工作必须注意：①信息沟通。在推广组织当中如果没有双向沟通，要得到充分的信息几乎是不可能的。只有信息管理运行灵敏、畅通，人、财、物沟通，才能提高组织管理的效率。②应变能力。组织的外部环境变化通常对组织的结构和功能等产生深刻的影响。管理使组织具有较强的应变能力和知识性，适应环境的变化，才能确保组织目标的实现。③监测调控。在管理当中要建立起有效的监控机制，对于推广组织的工作情况，要按照工作计划和目标进行经常性的检查监督，发现问题及时纠正，使组织的构成要素之间相互联系，秩序井然，有条不紊，减少混乱和内耗，实现组织的有序运转。

（四）整体性原则

衡量组织管理工作好坏的一个重要标志就是组织运转的整体效果如何。管理要力求使推广组织的各个组成部门按照一定层次、秩序、结构有机地衔接，互为补充，相互促进，发挥出比个体效果相加之和要大得多的整体效果。

（五）能动性原则

组织管理是一种社会活动，它离不开组织中每个成员的创造性，离不开个人的主动性和创造性，才能真正实现组织的整体优化目标，取得良好的管理效益和经济效益。

（六）封闭性原则

在任何一个系统内，其管理必须构成一个连续封闭的回路，这样才能进行有效的管理活动。一个推广组织的管理系统应由指挥中心、执行机构、监督机构、反馈机构四部分组成。其中，指挥中心是决策机构，对整个系统进行指挥；执行机构则根据计划进行工作；监督机构对执行机构进行监督，以保证指令得到准确执行和组织目标的完成；反馈机构根据执行结果对反馈信息进行分析处理，提出对原来指令进行修正的方案。应当注意，我们所说的这种封闭性是相对的，在运用中要灵活掌握，不可僵化。

二、推广组织的职能

（一）高层推广组织的管理与监控职能

高层农业推广组织的职能不同于基层农业推广组织，其职能有以下几方面：

1. 推广者的人事管理　高层推广管理者总要设法调动基层推广者的积极性。要做到这一点，需有合作和轻松的工作态度，表扬特别努力的人，对艰巨的任务给予帮助，公平评价推广人员的成就，进一步按目标培训提供晋升机会。

2. 对基层推广者的技术支持　基层推广者的直接领导必须对推广工作给以切实帮助，这包括对难度高的计划给予帮助，或直接参加某项活动。高层推广者常常必须请求各方面对推广的支持和专家的帮助。

3. 推广者的基础培训与高级培训　基层推广者需要接受基础培训和高级培训，特别是与推广计划有关的工作。必须了解他们知道多少，知识上还有什么不足，如何采用适当的教学法弥补这些不足。也

包括要获悉政府官员的培训计划及应该培训什么。

4. 管理职能　当推广项目及实施措施确定之后，高层推广者就在基层推广者和目标组的代表之间起协调作用。在讨论时，应该保证做出决定或者把问题提交上级决策机构。

5. 对基层推广者的监督　监督的目的是保证已经到期的工作计划得以执行。为保证项目的顺利实施，高层推广者必须对基层推广者进行监督，并认真对待处理基层推广者的问题是有意还是粗心大意。

6. 对基层推广者的评价　评价基层推广者在项目实施过程中的表现是他们进行业务鉴定的基础，根据评价的结果必须对其培训、提高等问题做出具体要求和安排。

（二）基层推广组织的反馈与执行职能

基层组织的推广人员根据当地自然条件和经济建设重点，制定当地的农业推广项目，及时反馈基层信息。就目标、人口、地理、资源、经济、交通状况建立有关人、组、机械、培训等框架。必须具备识别推广障碍因素的技能，并找到可能克服这些障碍因素的办法。必须保证与目标组一起确定问题，为鼓励目标组参加，必须有诊断目标组的技能并能使他们组织起来的能力。必须对目标组出现的问题和解决问题的方式和办法加以评论，并反馈到上级。基层推广工作者应该参加上一级确定措施的讨论，上一级组织让他们有发言权并为决策做出贡献。在专家不能进行调查时，基层推广工作者必须能够自己进行调查，为决策提供依据。采用解决问题的方法时，基层推广工作者的主要任务是和目标组一起通过讨论和提高，使问题暴露出来，并做出解答。基层推广工作者必须懂得推广的内容，必须传授有关生产技术、农场管理、市场营销和家政知识等。不仅要口头上传授，还必须做出示范，教会目标组的使用。

三、农业推广组织管理

（一）应用信息管理强化农业推广的咨询服务功能

随着信息技术的推广与信息资源的开发利用，管理信息化正在向广度和深度发展，并进入管理活动与业务活动综合信息化的新阶段。信息管理渗透于和体现在各种管理的一切方面和全部过程。可以说，若无信息管理，也就谈不上任何管理了。农民的需求，首先是信息，其次才是技术。农业推广部门适应市场农业的需要，直接、及时地掌握农民的需求，帮助农民搜集、整理、分析、加工选择和应用信息，既要帮助他们解决种什么、养什么的问题，又要帮助他们解决如何种、如何养的问题，还要帮助他们解决到什么地方卖，怎么卖好价格的问题，最终实现农业增效、农民增收、农村发展。形势要求农业推广部门能适应农业国际化的需要，加强农业推广的信息基础设施与网络建设，对农民展开广泛的咨询服务，服务内容要从产中技术拓展为农业、农村、农民需求的全过程，服务范围要小到农户、村、乡，大到县、市、省或全国。具体咨询内容至少应包括市场信息、生产预测、灾害诊断、资源开发利用、技术引进、结构的调整及优化、农业人才培训等。

（二）应用知识管理创建学习型的农业推广组织

人类社会的经济形态正逐步由农业经济、工业经济向知识经济过渡，知识经济已经初现端倪。在知识经济社会里，经济的增长已经不再单纯依靠土地、劳动力和资本三个生产要素的投入，知识成为最重要的战略性资源，成为推动社会发展的关键因素，成为获取利润的主要手段。企业或组织处在知识化、信息化的社会环境中，面对急剧增长的知识和信息，将面临一种以知识为基础的更高形态的竞争，兴衰成败、实力强弱已不再取决于它拥有物质、资本和员工，而在于知识的拥有和创新能力以及对于知识的管理和开发。21 世纪的企业或组织，竞争的主要利器，财富的主要来源，市场交易的主要对象都是知识。企业或组织在纷繁多变的市场环境下要保持长久的竞争优势，实现可持续发展，必须具有足够的创新能力和反应能力。人才和智力资源是知识经济的主要因素，而高素质的员工和具有特别的专业知识则是竞争成功的关键所在，知识管理可以帮助企业和组织提高员工的素质，充分利用知识，提高生产力和竞争力。有鉴于此，我们说知识经济时代呼唤知识管理，知识管理是企业和组织在知识经济环境下一种必然的战略性选择，农业推广组织也毫不例外。

（三）实行企业化管理创建示范农场和高新技术园区

创建示范农场和高新技术园区能以市场为导向、效益为中心，将农业的新技术、新成果、新组织方式和运行机制向农民示范，可大大加快农业高新技术成果向现实生产力的转化。农业的企业化是世界性的潮流，只有企业化才能提高规模效益和管理水平。农业推广部门应自觉顺应这一潮流，依靠自身的技术优势、信息优势和组织管理优势，大胆创建企业化的示范农场和高新技术园区，成为当地技术创新和组织管理创新的样板。这一以示范农场或高新技术园区为圆点、以服务能力为半径的新型推广模式给农业推广部门展示了无限的生命力，需要广大农业推广人员积极地参与和探索。

（四）依靠可持续发展管理完成政府赋予农业推广部门的公益性任务

在社会主义市场经济的条件下农业推广工作的目标和重点已经转移，需要根据市场和农民的需求开展推广工作，而不是单纯服务于政府的需要，这一点是毫无额问的。但是，我国是拥有 12 亿多人口的大国，21 世纪我们还要解决养活和养好 16 亿中国人的问题。因此，我国的粮食和食品安全问题始终是第一位的，承担这一历史重任的自然地是我国的农业科技和推广人员。

从可持续的观点看，我国必须建立稳定的国家推广体系，国家推广体系的主要职责是重大技术引进、试验、示范、推广，提高农民素质，引导农民科学经营农业，不断增加收人，以及开展直接为履行这些职能服务的技术质量监测（如病虫测报、农资质量监测）等基础工作，这些基础性、公益性的职能，国家必须给予积极的财政支持。要把它看做是农业稳定发展的重大措施，国家对农业实行扶持政策的具体表现。从发展看，市场经济条件下，国家兴办推广体系与推广服务组织多元化并不矛盾。日本、荷兰等国农民组织很发达，但国家仍然兴办农业推广体系。以日本为例，国家和都道府县联合兴办了近 600 个农业改良普及中心，有公务员身份的推广普及员 1.1 万多人，专门从事公益性推广工作；与此同时，农协有 2 万多人的推广队伍，主要从事农资经营和家政推广活动。在我国，由于农民组织和农村服务组织不健全，国家兴办推广体系尤为必要。农业推广的公益性决定了国家兴办推广体系的必要性，而且这应该是一个长期的基本方针。

第五节　农业推广工作评价

农业推广工作评价步骤是根据具体农业推广工作的特性而制定的，反映了评价工作的连续性和有序性。包括以下几个步骤：明确评价范围与内容、选择评价标准与指标、确定评价人员、收集评价资料、实施评价工作、编制评价报告。

一、确定评价范围与内容

一个地区或单位的农业推广工作要评价的范围和内容很多，它涉及推广目标、对象、综合管理、方式方法等各个方面。需要根据评价的目的，选择其中的某个方面作为重点评价范围与内容。例如，是控制评价还是最终评价；是评价不同推广方法的优劣，还是评价推广组织的机构的运行机制；是评价技术效益还是评价综合效益；是评价教育性农业推广目标实现的程度，还是评价经济性及社会性农业推广目标的实现程度等。现实中一般实施结果和实施方案的评价较多。当推广项目结束时，都要对项目全程进行综合性的评价。

二、选择评价标准与指标

评价范围内容确定后就要选择评价的标准与指标。前面已对指标体系做了评述，选择合适的指标来评价项目实施达到的程度，尽可能使指标量化，更能表明推广项目的具体绩次。对不同的评价内容，需要选择不同的评价标准和指标。然而对大多数农业技术推广项目而言，以下几个标准是常用的：①创新的扩散及其在目标群体中的分布；②收入增加、生活标准的改善及其分布情况；③推广人员同目标群体之间

的联系状况;④目标群体对推广项目的反映评估。

三、聘请评价专家

这包括评价人员数量与类型的选择。评价人员数量应根据评价的内容而定,应有一定的代表性和鲜明的层次性。一般来说,对大型的推广项目或者时间跨度较大的项目,人数应多一些,反之则可少些。一般以5~15人较为适宜。选择评价人员在很大程度上要回答项目推广实施中的许多问题。通过评价能更好地改善工作,推广人员、咨询专家及实施对象共同参与,是达到共同合作、实现目标的最好途径。因此,在具体选择评价人员时,应当权衡各类评价人员的优缺点。

四、收集整理资料

这是实施农业推广工作评价的基础工作,也是根据评价目标收集评价证据的过程。评价资料有现成的,如试验、示范田记载资料和实物产量等,也有采用各种方式收集的,特别是一些定性资料。收集评价资料的关键在于要拟定好评价调查设计方案,做到切合实际,满足评价需要,易于操作,便于存档。

(一)收集资料的内容

即根据不同的评价内容,寻找相应的硬件和软件资料。

在评价推广的最终成果时,需要在调查设计方案中列出下列指标:产量增减情况、农民收入变化情况、农民健康及生活环境状况等。评价技术措施采用状况时,需要列出对采用推广项目的认识,采用者的比例、数量及效果等。评价知识、技能、态度变化时,需要列出农民知识、技能提高的程度,对采用新技术的要求、学习的态度和紧迫感等。评价农业推广人员及其活动时,需要列出推广工作的准备活动过程的观察,视听设备的利用情况,推广人员及其他完成任务情况的记录,通过非正式渠道了解到评价信息,农业推广人员的勤、绩和农民的反映与推广人员的要求等。评价推广投入时,需要列出推广人员活动所费的时间、财力、物力、社会各界为支持推广活动所投入的人、财、物等。评价社会及经济效益时,需要列出社会产品产值总量增加、农民受教育情况及精神文明和社会进步情况等,列出环境的改善及保护生态平衡等。

(二)资料收集方法

访问法:调查者直接到现场面对面征求有关人的意见,个别访问或开座谈会,配合查阅有关资料,对了解到的情况做好记录,访问的对象有地方领导、推广人员的同事及推广人员本身、农民、专家、学者等,这是一种双向沟通和信息反馈的好方法。

直接观察法:通过直观考察,对日常推广工作的评价资料进行直接估量和检查。例如,农作物的实际生长情况,农民的生活情况,以前报告的内容与直接观察的情况是否一致。举办演讲会传播技术时,可观察农民对演讲的态度,农民是否感兴趣等。使用这种方法应切忌主观因素。

问卷调查法:根据评价的目标与内容,相应设计一些标准要素,制成表格标明各要素的等级差别和对应的分值。然后发给有关人员征求意见,与调查对象不直接见面,是一种间接收集资料的方法。实践中常采用通讯方式,将调查表或调查问卷邮寄给被调查者,由被调查者按要求填好寄回,故又称通讯法或邮寄法。

重点调查法:在调查对象中选择一部分重点单位进行调查,是非全面调查的一种方法。重点单位的多少根据任务要求和调查对象的基本情况而定,一般所选出的单位应尽可能少些,而其标志值在总体中所占的比重尽可能大些。重点调查对象是农业推广人员经常联系的对象(单位或个人),能较快速的取得、较准确地反映主要情况或基本趋势的统计数据。

典型调查法:是要调查对象中有意识地选出个别的或少数的有代表性的典型单位,进行深入和周密调查研究的方法。它一般是评价人员或专家根据评价目的、拟定调查提纲,选择项目实施区有代表性的单位或个人,亲自深入下去调查或个别访问,然后根据座谈和访问记录,进行分析研究,找出有规律性的

东西。由个别了解一般，从个性了解共性。一般说典型调查侧重于探索事物的规律化，研究事物的本质特性、内部结构、发展趋势，研究不同事物相互区别的界限，包括数量界限。

典型调查的关键，是选好调查对象，但实际中很难找到与规定要求完全一致的典型，对此，一般采取多找调查对象，使之平均化的方法，以抵消或减少一部分偶然因素的影响。

抽样调查法：是按照随机原则在调查总体中选取一部分单位进行调查，取得资料用以推算总体数量特征的调查方法。与其他非全面调查比较，有两个重要特点：一是随机原则；二是从数量上推算总体。因此总体中每一个单位被抽取的机会是均等的，这种调查方法比较节省人、财、物力，受人为干扰的可能性比较小，调查资料的准确性比较高，但它一般只能提供宏观或某些主观的数据，不能提供微观数据。

五、实施评价工作

这是将收集到的有关评价资料加工整理，运用各种评价方法形成评价结构的阶段。虽在室内完成，时间不长，但任务很重，技术要求高。这一阶段主要工作是资料的整理和评价方法的选用。

评价资料整理是根据研究的目的，将评价资料进行科学的审核、分组和汇总，或对已加工的综合资料进行再加工，为评价分析准备系统、条理化的综合资料。资料整理的好坏直接关系到评价分析的质量和整个评价研究的结果。资料整理的基本步骤：①设计评价整理纲要，明确规定各种统计分组和各项汇总指标；②对原始调查资料进行审核和订正；③按整理表格的要求进行分组、汇总和计算；④对整理好的资料进行再审核和订正；⑤编制评价图表或评价资料汇编。

评价工作的最后一步是审查评价结论、编制评价报告，从而更好地发挥评价工作对指导推广工作实践以及促进信息反馈的作用。

责任编辑 张 波

ISBN 7-5331-4416-3
9 787533 144166 >

ISBN 7-5331-4416-3
定价(上、下册):130.00 元

[General Information]
书名=山东省农业技术职务资格业务考试（基础理论）读本　上册
作者=董树亭主编
页数=378
SS号=11701671
出版日期=2006年6月
出版社=山东科学技术出版社

封面
书名
版权
前言
目录
第一部分　植物学基础
　第一章　植物学
　　第一节　植物的细胞和组织
　　第二节　植物的营养器官
　　第三节　植物的生殖器官（被子植物）
　　第四节　植物界的基本群类
　第二章　遗传学
　　第一节　细胞的结构与功能
　　第二节　染色体
　　第三节　细胞分裂
　　第四节　孟德尔遗传定律及其发展
　　第五节　连锁与交换
　　第六节　染色体的变异
　　第七节　植物遗传工程
　　第八节　基因突变
　　第九节　细胞质遗传与雄性不育性
　　第十节　数量性状与杂种优势
　第三章　植物生理学
　　第一节　植物的水分代谢
　　第二节　植物的矿质营养
　第三节　植物的光合作用
　　第四节　植物的呼吸作用
　　第五节　植物体内同化物的运输分配
　　第六节　植物生长物质
　　第七节　植物的生长与生殖生理
　　第八节　种子和果实的成熟生理
　　第九节　植物的逆境生理
第二部分　土壤学基础
第四章　土壤形成与类别
　第一节　土壤的概念、基本组成及其重要性
　第二节　土壤固相物质
　第三节　土壤形成因素和成土过程

第四节　土壤分类
第五节　土壤分布
第五章　土壤理化性质
第一节　土壤物理性质
第二节　土壤化学性质
第六章　土壤养分与生物
第一节　土壤养分的来源、形态和有效性
第二节　土壤中的大量元素
第三节　土壤中的中量元素
第四节　土壤中的微量元素
第五节　土壤生物
第三部分　生态学基础
第七章　生态学与农业生态学
第一节　生态学研究对象与分支学科
第二节　农业生态学及其发展
第八章　生态学原理
第一节　生态系统原理
第二节　生物与环境关系的基本定律
第三节　能量转化原理
第四节　物质循环原理
第五节　物种间相互关系的基本规律
第六节　生态位理论
第七节　生物多样性原理
第九章　生态农业
第一节　农业发展与生态农业兴起
第二节　中国生态农业
第三节　中国生态农业技术
第四节　中国生态农业典型模式
第四部分　农业政策法规
第十章　农业政策与法规概论
第一节　政策与法规
第二节　农业政策的概念、特征及作用
第三节　农业法规的概念、特征及作用
第四节　农业政策的制度化、法律化
第十一章　农业政策分论
第一节　促进农民收入增长政策
第二节　农业可持续发展能力建设政策

第三节　社会主义新农村建设政策
第十二章　农业法律分论
第一节　农业法
第二节　农村土地承包法
第三节　村民委员会组织法
第四节　农业技术推广法
第五节　农业生产资料管理法律制度
第五部分　农学概论
第十三章　作物生产
第一节　作物生产的特点、概况、地位及发展方向
第二节　作物的起源与分类
第三节　作物生长发育规律
第四节　作物品种改良
第五节　土壤耕作与田间管理
第六节　作物种植制度
第十四章　蔬菜生产
第一节　蔬菜栽培学基础
第二节　蔬菜保护栽培设施类型与环境调控
第三节　白菜类
第四节　根菜类（萝卜）
第五节　葱蒜类
第六节　绿叶菜类
第七节　茄果类
第八节　瓜类
第九节　豆类
第十节　薯芋类
第十一节　多年生蔬菜
第十五章　果树生产
第一节　果树种类及分布
第二节　果树生物学基础
第三节　果树育苗
第四节　果园建立
第五节　果园土肥水管理
第六节　整形修剪
第七节　果树设施栽培
第十六章　肥料
第一节　化学肥料

第二节　有机肥料
第三节　微生物肥料
第四节　合理施肥
第十七章　植物保护
第一节　植物病理学
第二节　农业昆虫学
第三节　农田鼠害与草害
第四节　化学保护
第五节　农业有害生物预测预报
第六节　植物检疫
第七节　农业有害生物综合防治
第六部分　农业经济概论
第十八章　农业经济学
第一节　农业经济学导论
第二节　土地与水资源
第三节　农业劳动力
第四节　农业家庭经营
第五节　农业合作经济组织
第六节　农业产业化经营
第七节　农业产业结构
第八节　传统农业的改造与农业现代化
第九节　农业可持续发展
第十九章　农业企业经营管理
第一节　导论
第二节　农业企业经营战略
第三节　农业企业经营决策
第四节　农业企业经营计划
第五节　农业企业人力资源管理
第六节　农业企业资金资源管理
第七节　农业企业生产项目选择与组合
第八节　农产品加工业生产管理
第九节　农业企业成本与利润管理
第十节　农业企业经营效益评价
第二十章　农村会计与审计基础
第一节　农村会计
第二节　农村审计
第七部分　农业推广概论

第二十一章　农业推广概念与基本理论
第一节　农业推广活动的产生与演化
第二节　农业推广的基本概念
第三节　农民行为改变理论
第四节　农业创新扩散理论
第五节　农业推广沟通理论
第二十二章　农业推广方法与试验示范
第一节　农业推广程序
第二节　农业推广方式
第三节　农业推广方法
第四节　农业推广试验
第五节　农业推广成果示范
第六节　农业推广方法示范
第二十三章　农业推广组织与人员管理
第一节　农业推广组织概述
第二节　农业推广组织类型
第三节　国内外农业推广组织概况
第四节　农业推广组织的管理及职能
第五节　农业推广工作评价