

作物

ZUOWU

GAOXIAO SHENGCHAN LILUN YU JISHU

高效

主编 郑顺林

生产理论与技术



四川大学出版社

作物

ZUOWU

GAOXIAO SHENGCHAN LILUN YU JISHU

高效 生产理论与技术

主编
副主编
编写人员

袁继超	刘卫国	蔡艳	郑顺林	李冰	郑顺林
王昌全	樊高琼	吴永成	李冰	孔凡磊	
程红	黄云	胡剑锋	孔凡磊		



四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:唐 飞
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

作物高效生产理论与技术 / 郑顺林主编. —成都:
四川大学出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5614-7774-8

I. ①作… II. ①郑… III. ①作物—栽培技术
IV. ①S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 118088 号

书名 作物高效生产理论与技术

主 编	郑顺林
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-7774-8
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	24.5
字 数	620 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版
印 次	2014 年 6 月第 1 次印刷
定 价	49.80 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

►网址:<http://www.scup.cn>

前 言

《作物生产新理论与新技术》自 2001 年第一版出版到现在十多年以来，一直是四川乃至全国高等教育自学考试和成人高等教育的自学考试教材，对四川高等教育事业的发展和提高教学质量起到了积极的促进作用。随着农业科学技术的不断发展，新的理论与技术不断出现，原有教材的部分内容已经不能很好地适应新时期成人高等教育对教材的需要。因此，四川大学出版社组织四川农业大学的部分专家在原来教材的基础上编写了《作物高效生产理论与技术》。

本书在基本保持第一版主体内容和结构的基础上，结合农业技术的新发展以及四川农作物生产的新变化，对部分章节进行了调整，以适应新时期作物生产发展的需要。由于参与第一版编写的老师有的已经退休，有的工作十分繁忙，此次他们主动让贤，给年轻老师更多的机会参与编写，在此向他们表示衷心的感谢。本书主审为四川农业大学博士生导师袁继超教授和王昌全教授，在编写过程中他们给予了很多好的建议和意见，在此也一并表示感谢！

本书共 15 章，各章修编人员：第一章，郑顺林副教授；第二章，郑顺林副教授、袁继超教授；第三章，吴永成教授；第四章，孔凡磊副教授、袁继超教授；第五章，郑顺林副教授；第六章，李冰副教授；第七章，李冰副教授、王昌全教授；第八章，李冰副教授；第九章，蔡艳副教授；第十章，郑顺林副教授；第十一章，孔凡磊副教授；第十二章，黄云教授；第十三章，蔡艳副教授；第十四章，孔凡磊副教授；第十五章，胡剑锋讲师（水稻）、孔凡磊副教授（玉米、烟草）、樊高琼教授（小麦）、郑顺林副教授、程红助教（马铃薯、甘薯）、刘卫国副教授（大豆）、吴永成教授（油菜）。

本教材虽经编写人员的认真编写、多次修改和补充，但由于编写时间仓促以及编写人员水平有限，书中的不足之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见，以便补充和完善。

编 者

2014 年 6 月

目 录

第一章 作物生产概述	(1)
第一节 作物生产的概念和特点	(1)
第二节 作物的生产概况及发展方向	(3)
第三节 作物的分类	(5)
第二章 作物的生长发育与产量、品质形成理论	(8)
第一节 作物生长发育的有关概念	(8)
第二节 作物各器官的生长发育	(10)
第三节 作物生长发育与环境的关系	(16)
第四节 作物产量及其形成	(21)
第五节 作物品质及其形成	(27)
第三章 作物的繁殖理论与技术	(31)
第一节 有性繁殖(种子繁殖)	(31)
第二节 无性繁殖(营养繁殖)	(34)
第三节 植物的组织培养和无病毒苗木的培育	(47)
第四章 种植制度	(53)
第一节 作物布局	(53)
第二节 复 种	(55)
第三节 净作与间、混、套作	(58)
第四节 轮作与连作	(61)
第五章 有机农业理论与技术	(64)
第一节 有机农业概述	(64)
第二节 有机农业认证标准及认证机构	(65)
第三节 有机农业的基本原理	(69)
第四节 有机农业基地建设及转化	(70)
第五节 作物有机生产技术	(74)

第六章 节水农业理论与技术	(78)
第一节 概 述	(78)
第二节 节水灌溉措施	(81)
第三节 农艺节水措施	(84)
第七章 设施农业理论与技术	(94)
第一节 设施农业发展概况	(94)
第二节 设施农业工程设施	(95)
第三节 设施农业栽培技术	(99)
第四节 无土栽培技术	(102)
第八章 精确农业理论与技术	(109)
第一节 概 述	(109)
第二节 全球定位系统	(110)
第三节 地理信息系统	(115)
第四节 遥感技术	(117)
第五节 精确农业中的物联网技术	(121)
第六节 精确农业应用实例	(123)
第九章 秸秆还田理论与技术	(129)
第一节 概 述	(129)
第二节 秸秆还田的生物学基础	(131)
第三节 秸秆还田技术措施	(133)
第十章 作物化学调控理论与技术	(147)
第一节 植物生长调节物质的概念	(147)
第二节 植物生长调节剂的种类、性质和生理效应	(149)
第三节 化学调控在农作物上的应用	(158)
第十一章 作物轻简高效生产技术	(164)
第一节 作物轻简高效栽培技术	(164)
第二节 作物机械化生产技术	(172)
第十二章 作物保护理论与技术	(178)
第一节 作物病害	(178)
第二节 作物虫害	(209)
第三节 作物病虫害防治的基本方法	(220)

第十三章 作物高效施肥理论与技术	(241)
第一节 施肥的基本理论	(241)
第二节 测土配方施肥技术	(245)
第三节 叶面施肥技术	(247)
第四节 化废为肥技术	(258)
第十四章 现代农业生产经营	(262)
第一节 概 述	(262)
第二节 现代农业生产经营模式	(267)
第三节 家庭农场与新型职业农民	(271)
第十五章 主要作物生产技术要点	(277)
第一节 水 稻	(277)
第二节 玉 米	(298)
第三节 小 麦	(309)
第四节 马铃薯	(319)
第五节 甘 薯	(332)
第六节 大 豆	(344)
第七节 油 菜	(353)
第八节 烟 草	(365)
参考文献	(378)

二、作物生产在农业中的重要性

人类为了生存和发展,首先必须解决吃、穿这些生活必需的基本问题,然后才能从事其他生产活动和社交活动。更是为了获得生物圈所需资源的配置,穿是为了适应变化的生活环境,为了生存,首先就要食、衣、住以及其他需求。因此,人类首要的任务就是生产满足这些需要的资料,即生产物质生活资料。解决吃、穿问题主要靠农业生产。农业是世界上最原始、最古老和最根本的产业,也被称为第一产业。有了第一产业的发展,人们生存生活的根本问题才能得到保证,才能解放一部分劳动力进行社会分工,才有第二产业即制造业的产生。之后又发展起第三产业,即服务业。由此可见,农业是一切社会生产和生产发展的基础,这是不以人们的意志为转移的客观规律。

人类生活之所以离不开农业的根本原因,是因为人的生命活动所必需的能量只能从食物中获得。而食物中的能量,究其来源,是绿色植物通过光合作用转化太阳能而产物。

绿色植物以其特有的叶绿素吸收太阳能,通过光合作用,将从空气中吸收的二氧化碳和从土壤中吸收的水分和无机盐类,经过复杂的生物生化活动,合成富含能量的有机物。对于这些有机物,一部分直接供植物作为人类的食物,另一部分作为农业动物的饲料转化成奶、肉、蛋等食品。人类摄取这些食品,在消化过程中就吸收有机物中的太阳

第一章 作物生产概述

第一节 作物生产的概念和特点

一、作物生产的概念

作物的概念有广义和狭义之分。从广义上讲，凡是对人类有应用价值，为人类所栽培的各种植物都称为作物。从狭义上讲，作物是指田间大面积栽培的植物，即农业上所指的粮、棉、油、麻、烟、糖、茶、桑、蔬、果、药和杂等。因其栽培面积大、地域广，故又称为大田作物，也可称为农艺作物或农作物。我们一般所讲的作物是狭义的，是栽培植物中最主要的、最常见的、在大田栽培的、种植规模较大的几十种作物。全世界这种作物大约有 90 种，我国大约有 50 种。

二、作物生产在农业中的重要性

人类为了生存和发展，首先必须解决吃、穿这些生存生活的基本问题，然后才能从事其他生产活动和社会活动。吃是为了获得生命活动所必需的能量，穿是为了适应变化的生活环境。为了生存，首先需要食、衣、住以及其他东西，因此，人类首要的活动就是生产满足这些需要的资料，即生产物质生活本身。解决吃、穿问题主要靠农业生产。农业是世界上最原始、最古老和最根本的产业，也被称为第一产业。有了第一产业的发展，人们生存生活的基本问题才能得到保证，才能解放一部分劳动力进行社会分工，才有第二产业即制造业的产生。之后又发展起第三产业，即服务业。由此可见，农业是人类一切社会活动和生产发展的基础，这是不以人们的意志为转移的客观规律。

人类生活之所以离不开农业的根本原因，是因为人的生命活动所必需的能量目前只能从食物中获得。而食物中的能量，究其来源，是绿色植物通过光合作用转化太阳能的产物。

绿色植物以其特有的叶绿素吸收太阳能，通过光合作用，将从空气中吸收的二氧化碳和从土壤中吸收的水分和无机盐类，经过复杂的生理生化活动，合成富含能量的有机物质。对于这些有机物质，一部分直接用来作为人类的食物，另一部分作为农业动物的饲料转化成奶、肉、蛋等食品。人类摄取这些食品，在消化过程中将储存在有机物质中的太阳

能又释放出来，满足生命活动的需要。

人类栽培的绿色植物称为作物，它是有机物质的创造者，是太阳能的最初转化者，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。因此，作物生产称为第一性生产。种植业在我国农业中占的比重最大，种植业的发展不但提供了全国人民的基本生活资料，而且提供了原料，是农业的基础。国家列入统计指标的有粮、棉、油、糖、麻、烟、茶、桑、果、菜、药、杂等十二项，这些为人类栽培的植物都称为“作物”，这是广义的作物概念。狭义的作物主要指农田大面积栽培的粮、棉、油、糖、麻、烟等，一般称为农作物，本书主要讨论狭义作物的生产。

三、作物生产的特点

作物生产具有以下主要特点：

(1) 作物生产是生物生产。作物生产的对象是有生命活动的农作物有机体，它们都有自己的生长发育规律；土地既是作物生产最基本的生产资料，又是农作物生长发育的基本环境。因此，作物生产必须珍惜土地，保护和改善环境，根据作物的基本特性和生长发育规律行事，处理好作物、环境和人类活动的关系。

(2) 作物生产具有强烈的地域性和季节性。作物是一种生物，它的生长发育要求一定的环境条件，由于不同地区的地理纬度不同，地势、地貌不同，导致其光、热、水、土等环境条件的差异，进而影响植物的生长发育和分布，因此作物生产必须“因地制宜，因土种植”。在同一地区，在一年中，由于地球的自转和公转等天体运动的规律性变化，使得以太阳辐射为主体的农业自然资源条件——热量、光照、降水等呈现明显的冷暖、明暗、干湿季节性变化，作物生产要依此而变化，因此作物生产要“把握农时，适时种植”。

(3) 作物生产具有时序性和连续性。作物是有生命的有机体，不同作物种类具有不同的个体生命周期。同时，个体的生命周期又有一定的阶段性变化，需要特定的环境条件，各生长发育阶段不能停顿中断，不能颠覆重来，具有不可逆性。作物生产每一周期互相联系，相互制约：一是人类的需要是源源不断的，天天三餐都要吃，年年岁岁都要制衣；二是作物本身也需要世代繁衍，一代一代地延续下去。因此，作物生产要一季季、一年年地进行下去，不可能一次进行，多年享用或一劳永逸，这就要求我们要有长远的观点，“瞻前顾后，用养地结合”，走可持续发展道路。

(4) 作物生产具有复杂性和综合性。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。它是由各个环节（子系统）所组成的，既是一个大的复杂系统，又是一个统一的整体。需要多个部门、各种因素息息相关，只有各部门、各种因素优化组合才能获得成功，各种社会、科技、自然因素都将对作物生产产生影响，作物生产一定要高度重视各种因素的综合影响。

第二节 作物的生产概况及发展方向

一、作物生产概况

我国是世界上的人口大国，也是最大的粮食生产国和最大的粮食需求国。根据我国的人口增长趋势，2020年将达到14.7~15.4亿。按现在的人均粮食占有量标准来推算，届时粮食的需求量约为每年52675万吨（按每人每年350 kg计算）。由于耕地因种种原因减少，而生活水平提高又增加对粮食的需求量，因此我国的粮食安全是中国政府和人民十分关心的战略问题。我国现有可耕地面积约为1.4亿公顷，农作物总播种面积2005年为15548.72万公顷，粮食作物播种面积为10427.85万公顷，粮食作物总产量每年48402.4万吨，每公顷平均产量4641.6 kg，全国人均拥有粮食371.3 kg。粮食作物中稻谷（包括早稻、中稻和一季晚稻、双季晚稻）的播种面积、总产量和单产均居首位，为第一大作物，玉米位居第2位，小麦排在第3位，马铃薯排在第4位。

四川省自古就是我国著名的农业大省。四川省现有耕地面积为5855.5万亩，占全国耕地总面积的4.2%，列第2位，占西部耕地面积的14.4%，列第1位，其中水田面积3132.4万亩，旱地面积2723.1万亩。全省人均耕地面积为0.69亩。耕地中有效灌溉面积3754.7万亩，占64.1%；旱涝保收面积2594.2万亩，占44.3%；中低产田土占耕地总面积的40%左右。种植业以粮食生产为主，经济作物种类繁多。2003年，全省农作物总播种面积13627.4万亩，其中粮食作物面积9131.7万亩，占67.0%；经济作物面积2061.1万亩，占15.1%；其他作物面积2434.1万亩，占17.9%。盆地内复种指数高，素有精耕细作的传统，已基本形成了小春（夏收作物）、大春（秋收作物）、晚秋作物一年三季种植的耕作制度，2003年全省耕地复种指数已达232.7%。粮食作物中水稻、小麦、玉米、红苕四大作物占有突出地位。2003年水稻面积占粮食总面积的31.7%，产量占粮食总产量的47.1%；小麦面积占21.1%，产量占15.3%；玉米面积占18.1%，产量占18.0%；红苕面积占12.8%，产量占10.7%。经济作物有棉花、油料、甘蔗、水果、茶叶、烟叶、麻类、药材等，种类繁多。

二、我国农业生产的发展方向

我国是一个农业大国，也是一个历史文明古国，在漫长的发展过程中，中华民族积累了丰富的农业生产经验，尤其是在新中国成立后，农业生产技术和水平不断提高，取得了巨大成就，用占世界7%的耕地，养活了占世界22%以上的人口。但从总体上说，我国的生产技术和生产水平与世界先进国家相比在很多方面仍然存在着不少差距，我们应当学习国外的先进技术、经验和理论，再结合我国的国情和地区特点，走自己的路，发展我国的农业生产。

（一）发展“三高”农业

“三高”农业即高产、优质、高效农业，其中高产是基础，优质是前提，高效是目的。

高产是我国国情所决定的，我国人口众多，而且还在不断增长，要解决温饱问题，首先得以产量为基础，以满足社会的需求。

优质是人们的生活要求所决定的，随着社会的发展和人民生活水平的提高，人们对农副产品的质量要求越来越高，“优质”也逐渐成为作物生产的前提，同时也是实现高效的基础。在建立起社会主义市场经济体制后，各种农副产品要逐步推向市场，进入商品化，参与市场竞争，只有优质产品才能在激烈的市场竞争中取得好的效益。

高效是市场经济所决定的，当前我国已基本解决了温饱问题，但农村经济还很落后，农民收入还很低，为了尽快让农民致富奔小康，必须按市场经济规律办事，发展高效农业。

（二）采取集约化生产方式

从粗放耕种向集约化生产发展，是世界农业发展的共同方向。人多地少，相对资源贫乏是我国的国情，而且人口还在不断增加，耕地还在逐渐减少，人多地少矛盾还在加剧，这就更要求我们走集约化生产道路。与世界上一些发达国家以提高劳动生产率为主的目标不同，我国农业生产的目标应以提高土地利用率和生产率为主。过去我国已以精耕细作闻名于世，在集约化生产方面具有许多经验，今后还应进一步加强这方面的研究和生产总结，充分利用时间、空间，千方百计高度精致集约地利用每一块土地，尽可能做到有田皆绿，四季常青，寸土不让，分秒必争，在主攻单产的基础上，进行立体生产，发展多熟种植，发挥每一块土地的最大生产效能。

（三）走可持续发展道路

可持续发展是当今国际社会普遍关注的热点问题，而持续农业也是现代农业发展的一大趋势，它是 20 世纪 80 年代以来世界范围内兴起的一种农业思潮，是在充分认识和发现现代“工业化农业”或“石油农业”的问题后逐步提出并兴起的。

持续农业的基本目标是从长远出发追求高生产力和高经济效益，同时保护土壤、水和其他自然资源，通过调整农业技术和体制，满足当前及今后人类的需要，使农业生产能持续、稳步发展。农业生产的持续性包括资源环境持续性、经济持续性和社会持续性等方面。资源环境持续性主要指合理利用资源并使其能长期利用，防止环境退化；经济持续性主要指农业生产的效益及其产品在市场上竞争能力保持良好和稳定，能够得到持续的发展和提高；社会持续性主要指农业生产与国民经济总体发展协调，农产品能满足人们生活水平提高的需求。

（四）试验研究精确农业

精确农业是近年来国际上农业科学研究的热点领域，其含义是在充分了解土地资源、自然气候条件和作物群体生育变化的情况下，因地制宜地根据田间每一操作单元的具体情况，精细准确地调整各项土壤和作物管理措施，最大限度地优化使用各项农业投入，以获

取最高产量和最大经济效益,同时保护农业生态环境,保护土地等自然资源。精准农业是现有农业生产技术措施与新近发展的高新技术的有机结合,是信息技术和人工智能技术在农业生产上的应用。

(五) 适度规模化经营

随着农民依托土地收入的份额下降,依托非农收入的份额大大上升,农民对土地的观念发生了重大变化,农业经营方式也在发生转变,整个中国农业的形态也从过去的以种植大田作物保证国家粮食安全为主,到现在开始转向农业种植区域专业化生产。在这一变化过程中构建农业社会化服务体系,建立集约化、组织化、社会化、专业化的农村生产经营的新体制,对于中国未来农业的发展具有重要的意义。2013年中央一号文件提出,坚持依法自愿有偿的原则,引导农村土地承包经营权有序流转,鼓励和支持承包土地向专业大户、家庭农场、农民合作社流转,发展多种形式的适度规模经营。

第三节 作物的分类

在自然界,植物的种类很多,属于栽培作物的约有200多种,大面积栽培的农作物有90多种,分属于植物的20多个科。各种作物由于在人类长期的培育和选择下,又形成众多的类型和品种。

不同作物的形态特征不同,生物学特性差异很大,其用途也不一样,为了更好地认识、生产和利用这些作物,有必要把千变万化的农作物进行科学的分类,按照一定标准,把亲缘关系相近、某些特征特性相似或用途相同的作物分为一类。由于分类的依据和标准不同,分类的结果不尽一样,常见的分类方法有以下几种。

一、按植物学分类

可以根据作物的形态特征,按植物科、属、种进行系统分类。一般采用双名法命名,称为学名。这种分类法的最大优点是能把所有植物按其形态特征进行系统的分类和命名,可以为国际上所通用,例如玉米属禾本科,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。这种分类法的缺点是对农业工作者来说有时不太方便。

二、按作物生物学特性分类

按作物对温度条件的要求,可分为喜温作物和耐寒作物。喜温作物生长发育的最低温度为 10°C 左右,最适温度为 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$,最高温度为 $30^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$,如稻、玉米、谷子、棉花、花生、烟草等;耐寒作物生长发育的最低温度为 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$,最适温度为 $12^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$,最高温度为 $26^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$,如小麦、黑麦、豌豆等。

按作物对光周期的反应,可分为长日作物、短日作物、中性作物和定日作物。凡在日

长变短时开花的作物称为短日作物，如稻、大豆、玉米、棉花、烟草等；凡在日长变长时开花的作物称为长日作物，如麦类作物、油菜等；开花与日长没有关系的作物称为中性作物，如荞麦、豌豆等；定日作物要求日照长短有一定的时间才能完成其生育周期，如甘蔗的某些品种只有在 12 小时 45 分的日长条件下才能开花，长于或短于这个日长都不开花。

根据作物对二氧化碳同化途径的特点，可分为三碳作物、四碳作物和景天科作物。三碳作物光合作用最先形成的中间产物是带三个碳原子的磷酸甘油酸，其光合作用的二氧化碳的补偿点高，有较强的光呼吸，这类作物有稻、麦、大豆、棉花等；四碳作物光合作用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，其光合作用的二氧化碳补偿点低，光呼吸作用也低，在较高温度和强光下比三碳作物的光合强度高，需水量低，这类作物有甘蔗、玉米、高粱、苋菜等；景天科作物在晚上气孔开放，吸进二氧化碳，与磷酸烯醇式丙酮酸结合，形成草酰乙酸，进一步还原为苹果酸，白天气孔关闭，苹果酸氧化脱羧放出二氧化碳，参与卡尔文循环形成淀粉等，植物体在晚上有机酸含量高，碳水化合物含量下降，白天则相反，这种有机酸合成随日变化的代谢类型称为景天科代谢（CAM）。

三、按农业生产特点分类

按播种期，可分为春播作物、夏播作物、秋播作物、冬播作物等。在四川和南方一些地区通常分为小春作物和大春作物。凡秋冬季节播种，第二年春夏季节收获的作物为小春作物，一般为耐寒作物，如小麦、油菜等；大春作物是在春夏季节播种，夏秋季节收获，一般为喜温作物，如水稻、玉米、棉花、大豆等。

按播种密度和田间管理等，可分为密植作物和中耕作物等。

四、按用途和植物学系统相结合分类

这是生产上最常用的分类方法，一般将作物分成四大部分，九大类。

（一）粮食作物（或称食用作物）

（1）谷类作物。绝大部分属禾本科，主要作物有小麦、大麦（包括皮大麦和裸大麦）、燕麦（包括皮燕麦和裸燕麦）、黑麦、稻、玉米、谷子、高粱、黍、稷、稗、龙爪稷、蜡烛稗、薏苡等，也称为禾谷类作物。荞麦属蓼科，其谷粒可供食用，习惯上也将其列入此类。

（2）豆类作物（或称菽谷类作物）。属豆科，主要收获其种子或果实，蛋白质含量较高，常见的作物有大豆、豌豆、绿豆、小豆、蚕豆、豇豆、菜豆、小扁豆、蔓豆、鹰嘴豆等。

（3）薯芋类作物（或称根茎类作物）。植物学上的科、属不一，主产品器官一般为生长在地下的变态根或茎，多为淀粉类食物，常见的有甘薯、马铃薯、木薯、豆薯、山药（薯蓣）、芋、菊芋、蕉藕等。

(二) 经济作物 (或称工业原料作物)

(1) 纤维作物。包括: 种子纤维作物, 如棉花; 韧皮纤维作物, 如大麻、亚麻、红麻、黄麻、苘麻、苧麻、洋麻等; 叶纤维作物, 如龙舌兰麻、蕉麻、菠萝麻等。

(2) 油料作物。其主产品器官的油脂含量较高, 常见的有花生、油菜、芝麻、向日葵、蓖麻、苏子、红花等。

(3) 糖料作物。主要有甘蔗和甜菜, 一般南方为甘蔗, 北方为甜菜, 即南蔗北菜。此外还有甜叶菊、芦粟等。

(4) 其他作物。有些是嗜好作物, 主要有烟草、茶叶、薄荷、咖啡、啤酒花、代代花等。此外还有挥发性油料作物, 如香茅草等。

(三) 饲料及绿肥作物

豆科中常见的有苜蓿、苕子、紫云英、草木樨、田菁、桤麻、三叶草、沙打旺等; 禾本科中常见的有苏丹草、黑麦草、雀麦草等; 其他的有红萍、水葫芦、水浮莲、水花生等。

(四) 药用作物

药用作物种类繁多, 包括: 根及根茎类, 如人参、川芎等; 皮类, 如杜仲、黄檗、厚朴等; 花类, 如红花、菊花等; 全草类, 如柴胡、薄荷等; 果实与种子类, 如薏苡、枳实等; 叶类, 如大叶桉等; 茎藤类, 如大血藤等。

随着保健事业的发展, 对中草药的需求不断增长, 野生草药已供不应求, 人工栽培迅速地发展起来, 国家已将其列入重点产业, 并逐步发展成一门独立的学科。

以上是狭义的农作物, 广义的农作物还包括:

(1) 木本油料作物, 如油茶、油桐、油棕、油橄榄和其他多年生油料作物。

(2) 纤维作物, 如芦苇、席草、木棉等。

(3) 饮料作物, 如咖啡、可可等。

(4) 调料作物, 如胡椒、花椒、八角、肉桂等。

(5) 染料作物, 如蓝靛、红花等。

(6) 特用作物, 如桑、漆、橡胶等。

此外还有大量的蔬菜、果树等。

上述分类是相对的, 有些作物可以有几种用途, 例如, 大豆既可食用, 又可榨油; 亚麻既是纤维作物, 种子又是油料; 玉米既可食用, 又可作为青贮饲料; 马铃薯既可作为粮食, 又可作为蔬菜; 红花的花是药材, 种子是油料。因此, 上述分类不是绝对的, 同一作物, 根据需要, 有时可以划到这一类, 有时又把它归并到另一类。

第二章 作物的生长发育与产量、品质形成理论

第一节 作物生长发育的有关概念

一、作物生长与发育

在作物的一生中,有两种基本生命现象,即生长和发育。生长是指作物个体、器官、组织和细胞在体积、重量和数量上的增加,是一个不可逆的量变过程。例如,风干种子在水中的吸胀,体积增加,就不能算作生长,因为死的风干种子同样可以增加体积;而营养器官根、茎、叶的生长,通常可以用大小、轻重和多少来度量,则是生长。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,有时这种过程是可逆的,如幼穗分化、花芽分化、维管束发育、分蘖芽的产生、气孔发育等。叶的长、宽、厚、重的增加谓之生长;而叶脉、气孔等组织和细胞的分化则为发育。

作物的生长和发育是交织在一起进行的,二者存在着既矛盾又统一的关系,没有生长,就谈不上发育,没有相伴的生长,发育一般也不能继续正常进行。生长和发育有时又是相互矛盾的。从生产实践的角度分析,作物生长与发育经常出现4种类型:①协调型:生长与发育都良好,始终协调发展,能全面发挥品种潜力,达到高产、优质、低耗、高效;②徒长性:营养生长过旺,生殖器官发育延迟或不良以致低产、劣质、高消耗;③早衰型:营养生长不足,生殖器官分化发育过早过快,如禾谷类的“早穗”,穗少,穗小,未能发挥品种潜力,严重减产;④僵苗型:前期僵苗,生长不良,生育迟缓,以致迟熟、低产、品质差。

二、作物营养生长与生殖生长

作物营养器官根、茎、叶的生长称为营养生长,生殖器官花、果实、种子的生长称为生殖生长。通常以花芽分化(幼穗分化)为界限,把生长过程大致分为两段,前段为营养生长期,后段为生殖生长期。但作物从营养生长期过渡到生殖生长期之前,均有一段营养生长与生殖生长同时并进的阶段。例如,单子叶的禾谷类作物,从幼穗分化到抽穗开花,这一时期不仅有营养器官的进一步分化和生长,也有生殖器官的分化和生长,这一阶段也是植株生长最旺盛的时期。

营养生长与生殖生长关系密切。营养生长期是生殖生长期的基础，如果作物没有一定的营养生长期，通常不会开始生殖生长。例如，水稻早熟品种一般要生长到3叶期以后才开始幼穗分化；小麦发育最快的春性品种需生长到5~6片叶后才开始幼穗分化；玉米的早熟品种要生长到6片叶时、晚熟品种需生长到8~9片叶时才开始雄穗分化。营养生长期生长的优劣直接影响生殖生长期生长的优劣，并会最终影响作物产量的高低。

营养生长和生殖生长并进阶段两者矛盾大，要促使其协调发展。在作物营养生长和生殖生长并进阶段，营养器官和生殖器官之间会形成一种彼此消长的竞争关系，加上彼此对环境条件及栽培技术的反应不尽相同，从而影响营养生长和生殖生长的协调和统一。这一阶段如果营养生长过旺，像水稻、小麦等会出现群体过大，叶片肥硕，植株过高等现象，容易引起后期倒伏。此外，还会使幼穗分化受到影响，造成穗多，粒少，空壳多，致使产量降低。在生殖生长期，作物主要是生殖生长，但营养器官的生理过程还在进行，并且对生殖生长的影响还很大，如果营养生长过旺，则导致后期贪青倒伏，影响种子和果实的形成；如果营养生长太差，则会引起作物早衰，同样影响种子和果实的形成。

三、作物的生育期和生育时期

(一) 作物生育期

作物出苗到成熟之间的总天数即作物的一生，称为作物的生育期。作物生育期的长短主要是由作物的遗传性和所处的环境条件决定的。同一作物的生育期长短因品种而异，有早、中、晚熟之分。早熟品种生长发育快，主茎节数少，叶片少，成熟早，生育期较短；晚熟品种生长发育慢，主茎节数多，叶片多，成熟迟，生育期较长；中熟品种各种性状均介于以上二者之间。

作物生育期的长短也受环境条件的影响。作物在不同地区栽培由于温度、光照的差异，生育期也发生变化。例如，水稻是喜温的短日照作物，对温度和日夜长短反应敏感。从南方到北方引种，由于纬度增高，生长季节的白天长，温度又较低，一般生育期延长；反之，从北方向南方引种，由于纬度降低，白天较短，温度较高，生育期缩短。相同的品种在不同的海拔种植，因温度、光照条件不同，生育期也会发生变化。在相同的环境条件下，各个品种的生育期长短是相当稳定的。

栽培措施对生育期也有很大的影响。作物生长在肥沃的土地上或施氮较多时，土壤碳氮比低，茎叶常常生长过旺，成熟延迟，生育期拖长。如果土壤缺少氮素，碳氮比高，则生育期缩短。一般来说，早熟品种单株生产力低，晚熟品种单株生产力高，但这并不是绝对的。

(二) 作物生育时期

作物的生育时期是指作物一生中其外部形态上呈现显著变化的若干时期。在作物的一生中，其外部形态特征总是呈现若干次显著的变化，根据这些变化，可以划分为若干个生育时期。目前各种作物的生育时期划分方法尚未完全统一，几种主要作物的生育时期大致如下：

禾谷类：出苗期，分蘖期，拔节期，孕穗期，抽穗期，开花期，成熟期。

豆类：出苗期，分枝期，开花期，结荚期，鼓粒期，成熟期。

棉花：出苗期，现蕾期，花铃期，吐絮期。

油菜：出苗期，现蕾期，抽苔期，开花期，成熟期。

黄、红麻：出苗期，苗期，现蕾期，开花结果期，工艺成熟期，种子成熟期。

甘薯：出苗期，采苗期，栽插期，还苗期，分枝期，封垄期，落黄期，收获期。

马铃薯：出苗期，现蕾开花期，结薯期，成熟期，收获期。

甘蔗：萌芽期，苗期，分蘖期，蔗茎伸长期，成熟期。

对于不利用分蘖的作物，如玉米、高粱等，可不必列出分蘖期。为了更详细地进行说明，还可将个别生育时期划分得更细一些。比如，开花期可细分为始花、盛花、终花三期，成熟期又可再分为乳熟、蜡熟、完熟三期等。

第二节 作物各器官的生长发育

作物的器官建成伴随着作物生长、发育的整个过程。首先是营养器官的建成，然后是生殖器官的建成。各种器官建成中要求的环境条件不同，了解这些特点，有助于人们创造有利于作物器官建成的环境条件，从而促进作物的优质高产。

一、作物的种子与萌发

(一) 作物的种子

植物学上的种子是指由胚珠受精后发育而成的有性繁殖器官。而作物生产上所说的种子则是泛指用于播种繁殖下一代的播种材料，包括植物学上的三类器官：第一类是由胚珠受精后发育而成的种子，如豆类、油菜、烟草等作物的种子；第二类是由子房发育而成的果实，如禾谷类作物稻、麦、玉米、高粱等的颖果，荞麦和向日葵的瘦果，甜菜的聚合果等；第三类是进行无性繁殖用的根、茎，如甘薯的块根、马铃薯的块茎、甘蔗的茎节等。

(二) 作物种子的萌发过程

种子的萌发分为吸胀、萌动和发芽三个阶段。首先，种子吸收水分膨胀达饱和，储藏物质中的淀粉、蛋白质和脂肪通过酶的活动，分别水解为可溶性糖、氨基酸、甘油和脂肪酸等。这些物质运输到胚的各个部分，经过转化合成胚的结构物质，从而促使胚的生长。生长最早的部位是胚根。当胚根生长到一定程度时，突破种皮，露出白嫩的根尖，即完成萌动阶段。之后，胚继续生长，对于禾谷类作物，当胚根长至与种子等长，胚芽长达到种子长度一半时，即达到发芽阶段。在进行发芽试验时，可以此作为发芽的标准。

以块根繁殖的甘薯，依靠块根薄壁细胞分化形成的不定芽原基的生长发育，突破周皮而发芽。马铃薯、甘蔗等的发芽，则是由茎节上的休眠芽在适宜条件下伸长并长小幼叶。