

全国高等农业院校试用教材

作物栽培学

(南方本)

上册

上海科学技术出版社

QINONGYIYUANYUANXIAOSHIYONGJIAOCAI

全国高等农业院校试用教材

作物栽培学

(南方本)

上册

南京农学院
江苏农学院 主编

华中农学院
浙江农业大学 副主编
华南农学院

上海科学技术出版社

编写人员

绪论: 沈学年(主编) 黄丕生
水稻: 高立民(主编) 李泽炳 刁操铨 王兆骞 徐耀垣 李乃铭
陆士龙 成敬生 李家修
小麦(附大麦、小黑麦): 陈锡臣(主编) 钱维朴 李尧权 胡承霖 徐绍英
玉米: 李淑秀(主编) 贺纯武
大豆: 贺观钦(主编)
甘薯: 裘昭峰(主编) 陈凤翔 谢贞汉
马铃薯: 李尧权(主编) 芮昌祉
棉花: 郑学年(主编) 陈布圣 蔡以纯 彭淡和 叶佐颜 徐克芳
苧麻: 杨曾盛(主编)
黄麻(附红麻): 罗国兴(主编)
油菜: 邱厥(主编) 朱耕如 官春云
花生: 凌菱生(主编) 贺观钦
甘蔗: 周可涌(主编) 苏广达
烟草: 洪其琨(主编) 肖吉中
耕作制度: 沈学年(主编) 章熙谷 元生朝 王华仁

审稿人员 (按姓名笔划排列)

丁元树	丁守仁	王善铨	方宪章	田庭甫	刘光斗	孙晓辉	李丕明
李玉潜	李宗道	邵达三	陈西凯	陈国珍	束鸿烈	何衡平	吴相全
吴盛黎	林贞贞	金留百	张在淳	张传忍	张振宏	周衡菲	杨立炯
罗鹏涛	胡式仪	赵均田	奚元龄	徐国光	徐润芳	凌启鸿	诸宝础
贾琪光	唐泽静	黄缩壮	戚昌翰	章锡昌	盛承师	谢仙环	谢荣章
满世瑞	鍾树福	魏贞莹					

定稿人员 (按姓名笔划排列)

王兆骞 吴灼年 沈学年 李泽炳 杨曾盛 陈锡臣 罗国兴 郑学年
贺观钦 高立民 章熙谷

前言

《作物栽培学》(南方本)是为我国南方高等农业院校农学专业编写的作物栽培学课程的基本教材。全书共分三篇:第一篇讲述水稻、小麦(附大麦、小黑麦)、玉米、大豆、甘薯、马铃薯等粮食作物的栽培理论与技术;第二篇讲述棉花、苧麻、黄麻(附红麻)、油菜、花生、甘蔗、烟草等工业原料作物;第三篇讲述耕作制度的理论与措施。

本书主编单位是南京农学院和江苏农学院, 副主编单位是华中农学院、浙江农业大学、华南农学院。南方其他农业院校的有关教师三十余人参加本教材的编写、审查和修改。在本书初稿审改和定稿审查过程中, 还得到各校领导的大力支持; 应邀参加审稿的南方有关农业科研和生产单位的许多有经验的同志, 为本书提供了不少有益的意见, 在此一并致谢。

由于作物生产的地域性很强,本书主要阐述作物栽培的一般原理和反映南方某些地区的典型经验。各校在使用本教材进行教学时,可用专题等方式补充一些内容。

本书编写过程中虽经多次讨论,并一再修改,仍难免有不少缺点、错误,特别对于农业科学的新技术、新理论及其应用方面,尚未充分反映,希望各校在使用过程中多提宝贵意见,以便于再版时补充修改,使本书益臻完善。

《作物栽培学》(南方本)的“实验指导书”分别由湖南农学院(粮食作物部分)、西南农学院(工业原料作物部分)负责汇编,并将另行出版。

目 录

绪 论

一、作物栽培学的性质、任务和研究方法	1
二、作物的概念和分类	2
三、我国作物栽培科学的发展	3
四、作物产量和生产潜力	6
五、我国农作物生产区划及世界农作物生产简况	10

第一篇 粮食作物

第一章 水稻	18
第一节 概述	18
一、水稻生产在国民经济中的地位	18
二、水稻的生产概况	18
三、我国水稻分布与区划	21
第二节 稻种的起源、类型及演变	23
一、栽培稻种的起源	23
二、我国栽培稻种的起源和类型	24
三、栽培品种的形成及其发展	30
第三节 水稻栽培的生物学基础	31
一、水稻的一生和产量的形成	31
二、水稻发育特性及其在生产上的应用	33
三、种子的发芽和出苗	39
四、叶的生长	42
五、分蘖	47
六、茎的生长	50
七、根的生长	54
八、稻穗的发育	59
九、开花受精与结实	67
第四节 水稻高产的土、肥、水条件	70
一、水稻高产的土壤	70
二、水稻的需肥特性和施肥原则	73
三、水稻的需水特性和灌溉原则	78
第五节 水稻的栽培技术	82
一、育秧	82
二、合理密植和移栽	101
三、返青分蘖期的田间管理	105

四、拔节、长穗期的田间管理	114
五、抽穗、结实期的田间管理	126
六、连作晚稻的栽培特点	132
七、单季晚稻的栽培特点	135
第六节 杂交水稻的制种和栽培	139
一、杂交水稻制种和不育系的繁殖技术	139
二、杂交水稻的生物学特性和栽培技术	148
第二章 小麦(附大麦、小黑麦)	173
第一节 概述	173
一、小麦在粮食生产中的地位	173
二、世界小麦生产概况和发展趋势	173
三、我国小麦生产的发展和栽培技术的改革	174
四、我国小麦分区	176
第二节 小麦的种和变种	180
一、小麦种的起源及其演变	180
二、我国小麦的变种	184
第三节 小麦栽培的生物学基础	186
一、小麦的阶段发育	186
二、发芽和出苗	188
三、根的生长	191
四、叶的生长	192
五、分蘖的生长	196
六、茎的生长	199
七、穗的分化和发育	202
八、抽穗开花结实	208
九、小麦的生长期	214
第四节 小麦栽培技术	214
一、创造小麦高产稳产的土、肥、水条件	214
二、选用良种	222
三、合理密植	223
四、播种	225
五、出苗分蘖期田间管理	227
六、拔节孕穗期田间管理	231
七、抽穗成熟期田间管理	234
八、收获与贮藏	235
九、晚播麦、移栽麦、夏秋播麦栽培要点	236
第五节 大麦	239
一、概述	239
二、大麦的分类	239
三、大麦的生长发育特点	240
四、栽培要点	244
第六节 小黑麦	245

一、概述	245
二、小黑麦的特性及其适应地区	245
三、栽培要点	247
第三章 玉米	248
第一节 概述	248
一、玉米在国民经济中的意义	248
二、我国玉米栽培简史及分布	249
三、玉米的生产概况	250
第二节 玉米栽培的生物学基础	251
一、玉米的类型	251
二、玉米的生长发育	251
三、玉米的生育期及其对温光的反应	269
第三节 玉米栽培技术	272
一、玉米的轮、间、套作	272
二、玉米对土壤的要求与整地	272
三、玉米的施肥	274
四、玉米的播种	278
五、合理密植	284
六、田间管理	289
第四章 大豆	297
第一节 概述	297
一、发展大豆生产的重要意义	297
二、生产概况	298
三、大豆的起源及分布	299
第二节 大豆栽培的生物学基础	299
一、大豆的分类	299
二、生长发育过程	299
三、器官建成	302
四、产量形成	309
第三节 大豆栽培技术	312
一、适时播种,合理密植	312
二、大豆施肥	313
三、灌溉排水	318
四、田间管理的其他措施	320
五、大豆留种、收获与贮藏	321
第五章 甘薯	323
第一节 概述	323
一、甘薯生产在国民经济中的意义	323
二、分布与生产概况	324
第二节 甘薯栽培的生物学基础	325
一、形态特征	325
二、生育过程	326

三、块根的形成与膨大	327
四、甘薯地上部茎叶生长与地下部块根产量的关系	331
五、甘薯生长与环境条件的关系	334
第三节 甘薯的繁殖特性与育苗	337
一、甘薯的繁殖特性	337
二、薯块育苗	337
三、薯蔓育苗	343
第四节 甘薯大田栽培	344
一、选用良种	344
二、深耕和垡作	345
三、施肥	346
四、合理密植	347
五、栽插	349
六、田间管理	351
第五节 收获与贮藏	354
一、收获	354
二、贮藏	354
第六章 马铃薯	361
第一节 概述	361
一、马铃薯在国民经济中的意义	361
二、马铃薯的分布和发展	361
三、我国马铃薯的栽培区划	362
第二节 马铃薯栽培的生物学基础	364
一、马铃薯的分类	364
二、马铃薯的形态特征	364
三、马铃薯的生物学特性	367
四、马铃薯生长发育与环境条件的关系	370
五、马铃薯的退化及其防止	373
第三节 马铃薯栽培技术	376
一、轮作与间、套种	376
二、整地及施基肥	377
三、种植	378
四、田间管理	381
五、收获	383
六、秋马铃薯栽培特点	383
七、马铃薯实生苗的繁殖和利用	385
第四节 马铃薯的贮藏	387
一、块茎在贮藏期中的生理、生化过程	387
二、块茎安全贮藏的基本条件及其控制	387
三、贮藏方法	388
四、抑制块茎早期萌芽	388

绪 论

农业是国民经济的基础。作物生产是农业生产的一个基本环节。按照“决不放松粮食生产,积极开展多种经营”的方针,使粮食、棉花、油料、糖料等生产有一个大发展。从上到下建立和健全农业科学研究和技术推广系统;大搞农田基本建设;改革耕作制度;广辟肥源;培育和推广良种;改进栽培技术;使我国的作物生产赶上和超过世界先进水平。这样,就对作物栽培提出了更高的要求。

一、作物栽培学的性质、任务和研究方法

(一)作物栽培学的性质、任务 作物栽培学是研究作物生长发育规律及其与外界环境条件的关系,以及探讨作物高产、优质、高效率、低成本生产的理论和措施的一门技术科学。它所研究的内容是极其广泛的,而且综合性很强,又密切联系生产实际。

1. 作物栽培学所研究的对象——作物,是活的有机体,每种作物都有自己的器官建成和产量形成等一系列生长发育规律。作物高产栽培必须首先研究和掌握它的生育规律,才能为看苗诊断和栽培措施的合理运用,提供可靠依据。

2. 每一作物生长发育的各个过程,对外界环境条件(土、肥、水、温、光、气)都有一定要求。作物高产栽培必须研究和了解作物生长发育各过程对这些条件的要求,以及这些条件与各器官建成过程中所出现的矛盾,以便采取相应的促、控措施,发挥有利因素,克服不利因素,满足作物对外界环境条件的要求,使其沿着高产的方向发展。

3. 作物栽培的对象是群体,而群体是由各个体所组成。在作物生长发育过程中,个体与群体间存在着一定的矛盾。主要表现在作物群体中各个体间争夺光、肥、水、气的矛盾。作物高产栽培要不断分析这些矛盾,并根据不同作物、品种特性和气候条件,对种植时期、种植密度、群体动态、肥水运筹等方面,进行合理安排,创造一个个体和群体都能协调发展的农田生态体系,以发挥作物的最大增产潜力。

4. 作物栽培的目的,不仅只着眼于一个作物、一季作物的高产,还必须考虑到季季高产和全年高产。因此,作物高产栽培要对全年的作物布局,作出合理安排,许多栽培措施要从前后季作物的相互关系中,予以全面考虑。作物的高产栽培技术还必须以高产稳产农田,合理的耕作制度和优良的品种作为基础,即必须在良田、良制、良种、良法配套的基础上,才能发挥其更大作用。

(二)作物栽培学的学习和研究方法 作物栽培学不仅是研究作物本身的生长发育规律,而且还要研究外界环境条件包括栽培措施对它所产生的影响,以及高产群体所必须遵循的发展规律。它所涉及的内容,除作物本身这个活的有机体外,还有天(气候)、地(土壤)、人等因素。因此,作物栽培学研究的内容非常广泛,联系到的问题也十分复杂。学习和研究这门学科时,必须注意以下几点:

1. 要认真学习党对农业生产的方针、政策

作物栽培学是为发展社会主义农业服务的,因此必须认真学习和了解党对发展农业的各项方针、政策。使这些方针、政策成为我们研究作物栽培学和进行具体工作的依据,使作物生产符合社会主义的计划经济向前发展。

2. 要以辩证唯物主义的观点和方法作指导

作物栽培学研究的对象是活的有机体,作物本身的生长发育规律、环境条件的变化规律以及作物生育和环境条件关系的规律,都是客观存在的。因此,学习作物栽培学,要理解其基本原理,善于分析和归纳。在实际工作中,必须以辩证唯物主义的观点和方法总结生产经验。在推广经验和采取重要措施时,要注意地区性、季节性和条件性,从客观实际出发,因地制宜,灵活运用。不可主观片面,生搬硬套。

3. 要有严谨的科学态度和理论联系实际、实事求是的作风

作物栽培学是一门实践性很强的科学,它直接用于指导实践,为生产服务。因此,学习作物栽培学,一方面要认真学习理论知识,另一方面要贯彻理论联系实际的原则,深入科研、生产第一线,实事求是地总结和反映客观情况。在学习和实践中,要逐步学会看天、看地、看苗的田间诊断技术,提高发现问题、分析问题和解决问题的能力。

4. 要学好基础学科,奠定现代农业科学技术的坚实的理论基础

作物栽培学是一门综合性的应用科学,它必须以多种学科作为基础。例如:研究作物的形态结构,必须具有植物学、植物解剖学的知识;研究作物的生物学特性,必须具有植物生理学和遗传学的知识;在研究作物对环境条件的要求时,要具有土壤学、农业化学、农业气象学、植物生理、生态等方面的知识;防治病虫害必须具有农业微生物、农业昆虫学、植物病理学的知识;总结群众经验,分析科学研究成果时,必须具有生物统计方面的知识。现代化农业,对农业工作者提出了更高的要求,如农业机械化的普及,电子计算机,原子能,遥控遥测等技术在农业领域的应用,这就需要具有现代数学、电子学、光学等物理学方面的知识。因此,必须学好各门基础学科,为学好作物栽培学打下坚实的基础,才能掌握现代农业技术,为实现农业现代化作出贡献。

二、作物的概念和分类

(一)作物的概念 凡是有利于人类而由人工栽培的植物,都称为作物。地球上有记载的 30 余万种植物中,被人类利用的大约有 2500 种,其中约有 1500 种是栽培植物。作物栽培学的主要研究对象,是粮、棉、油、麻、糖、烟等粮食作物和工业原料作物,也称农作物或大田作物,群众叫做庄稼。

我国常见的农作物有 50 多种。每种作物,由于人类长期培育和选择,品种非常繁多。为了便于比较、研究和利用,可分成若干类别。

(二)作物的分类 作物的分类方法很多,有按植物学系统分类的,也有按用途来区分的,还有按植物生态特性来分类的。在作物栽培学中,常用的分类法有如下几种:

(1. 按用途和植物学系统相结合的分类法,一般分成三部分八大类:

(1) 粮食作物

① 禾谷类作物:属禾本科。主要作物有稻、小麦、大麦、燕麦、黑麦、玉米、高粱、粟、黍(稷)、薏苡等。蓼科的荞麦,习惯上也包括在内。

② 豆菽类作物：属豆科。主要作物有大豆、蚕豆、豌豆、绿豆、饭豆、小豆等。

③ 薯类作物(或称根茎类作物)：主要作物有甘薯、马铃薯、木薯、蕉藕、豆薯、山药(薯蓣)、芋、菊芋等。

(2) 工业原料作物

① 纤维类作物：主要作物有棉花、黄麻、红麻、大麻、苧麻、亚麻、苘麻、剑麻、蕉麻等。

② 油料作物：主要作物有油菜、花生、芝麻、向日葵、蓖麻等。

③ 糖料作物：主要作物有甘蔗、糖甜菜。

④ 嗜好类作物：主要作物有烟草、茶叶、咖啡等。

(3) 绿肥及饲料作物

绿肥及饲料：主要作物有苕子、紫云英、黄花苜蓿、草木樨、怪麻、田菁、紫穗槐、绿萍、水花生、水葫芦、水浮莲等。

2. 根据作物生理生态特性分类：

(1) 按照作物对温度条件的要求，可分为喜温作物和耐寒作物。喜温作物在全生育期中需要的温度和积温都较高，其生长发育的最低温度约为 10°C ，如棉花，水稻，玉米，高粱，烟草，花生，甘蔗，苧麻等；耐寒作物全生育期需要的温度和积温比较低，其生长发育的最低温度约为 5°C ，如小麦，大麦，黑麦，燕麦，油菜等。

(2) 按作物对光周期的反应，可分为长日照作物，短日照作物和中性作物。凡适宜在白昼长，黑暗短的条件下，通过其光照发育阶段的，称为长日照作物。如小麦，大麦，油菜等；凡适宜在较短的白昼，较长的黑暗条件下，通过其光照发育阶段的，称为短日照作物。如水稻，玉米，棉，麻，烟草等；中性作物对光照长度没有严格要求。如豌豆，荞麦等。

(3) 根据作物对二氧化碳同化途径的特点，分为四碳植物和三碳植物。四碳植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，在强光高温下光合作用能力比三碳植物高出一倍以上。如玉米，高粱，甘蔗等；三碳植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补偿点高，光呼吸作用也高。如水稻，麦子，大豆，棉花，烟草等。

此外，有根据作物播种期不同，分成春(夏)播作物和秋(冬)播作物；以收获期不同分为夏熟作物和秋熟作物等(附：作物中名、学名、英文名一览表。见 14 页)。

三、我国作物栽培科学的发展

(一)我国古代作物栽培科学的成就 在中华民族悠久的历史中，有素称发达的农业。古代各族人民，在长期的生产实践中积累了丰富的经验。我国古代农业科学的成就，对世界农业的发展作出了重大贡献。据统计，世界上 660 种重要粮食、工业原料作物及果树、蔬菜等，起源于我国的有 136 种，占总数的 20.42%。如水稻、大豆、粟、稷、苧麻、苘麻、绿豆、小豆、竹蔗等近 20 种作物，均起源于我国。解放后，我国考古工作者在陕西西安半坡遗址，挖掘出的窖藏粟谷堆，据考证距今约六千余年。

一九七三年在浙江余姚河姆渡村发现新石器时代的村落遗址，有水稻遗物堆积，据鉴定为人工栽培的粳稻，距今已有六千九百六十年左右，说明我国种植粟和水稻已有六、七千年的历史。

我国关于种植作物最早的记载,见于商代的甲骨文。我国农业科学形成一门独立的科学是在春秋战国时代(公元前 770 年至 221 年)。据《中国农学书录》记载,我国农业著作共达 470 种。古农书中最著名的有汉代的《汜胜之书》(公元前 1 世纪),后魏贾思勰的《齐民要术》(公元 6 世纪),元代的《农桑辑要》(公元 13 世纪)和王祯的《农书》(公元 14 世纪),明代徐光启的《农政全书》(公元 17 世纪),清代的《授时通考》(公元 18 世纪)等。在这些农业专著和其他古籍中,对我国历代农民作物栽培技术的宝贵经验,都有较详细的记载。例如在播种期方面,指出要适时播种,“勿违农时”。《汜胜之书》记有“种麦得时无不善,夏至后七十日可种宿麦(冬麦),早种时虫而有节,晚种则穗小而实少”,指出了冬麦播种过早或过晚,对于植株性状和产量将有显著影响。在耕地深度上《齐民要术》指出:“秋耕欲深;春夏欲浅。……初耕欲深,转地欲浅”。在耕作制度方面,汉代已采用易田法(即耕地休闲)和代田法(即换垅种植),并很早就利用绿肥。《齐民要术》记载说:“凡谷田用绿豆小豆底为上。”又说:“概种绿豆至七、八月掩杀之,如以肥田则良美与粪不殊,又省功力”。此外,我国古代劳动人民在改造和利用自然方面,如利用低湿地种植水稻;在丘陵山区建立梯田;利用熏烟法防霜冻等,都有丰富经验。

所有这些,都充分反映了我国农民的勤劳、智慧和创造精神。我国古代的农业科学遗产丰富,整理、继承和发展这些经验,在今天建设现代化的社会主义大农业中,仍有研究价值。

由于历代封建制度的束缚,加上近百年来帝国主义、封建主义和官僚资本主义的剥削压榨,使我国的农业生产不但没有发展,而且迅速衰落下降。至 1949 年,我国粮食年总产比抗战前最高年产量减少五分之一,棉花减少二分之一,大豆、花生、油菜和芝麻等减少二分之一到三分之一不等。在此种情况下,作物栽培学也就没有发展的可能。

(二)解放后我国作物栽培科学的发展 解放以后,党和政府十分重视农业生产的发展及作物栽培技术的改进和提高。随着生产关系的变革和生产力的解放,我国农业生产和农业科学技术理论的研究,都得到了发展。

建国三十年来,我国的农业生产有了相当大的发展。有发展得比较快的时期,也有停滞不前,甚至倒退的时期,总的来说发展是比较慢的。十一届三中全会以来,党中央反复强调并采取了一系列重大措施来加快农业的发展,当前又确定要用三年左右时间来调整国民经济,其中首要的一项就是加强农业这个国民经济的基础。

在农业技术和农业科学理论方面:解放以后,我国农业科技事业逐渐建立和发展起来。专业研究和群众性科技网相结合,广大农业科技人员坚持理论联系实际,深入生产第一线,总结群众经验。并围绕作物生产上的重大问题,开展科学实验。在深耕改土,施肥,灌溉,播期,种植密度以及改革耕作制度,实行复种轮作,提高作物单产和总产方面,都取得了一定的成绩。例如,在水稻、棉花、油菜、甘薯等育苗技术方面,有了较大的发展,并总结出了一整套培育壮苗的技术原理,实践证明,壮苗有显著增产作用;在种植密度方面,我国农业科学工作者总结了合理密植的增产作用以后,还提出了个体与群体矛盾统一的辩证关系,从分析作物与环境、个体与群体、作物个体各器官间的矛盾关系到系统地控制作物苗、株、穗、粒的形成和发展,提出实现高产群体合理动态结构的理论,发展和丰富了作物栽培科学。在研究总结劳模高产经验方面,各地农业科学工作者,从分析劳模高产田长势长相模式入手,开展了作物高产的生理、生态、土、肥、植保、光能利用、田间小气候等综合研究,揭示了作物高产的内在规律,明确了在不同条件下作物高产形成过程中看天、看地、看苗诊断技术,以及积极促

进、适当控制的理论依据及运用原则。如陈永康单季晚粳“三黑三黄”高产栽培经验的系统研究总结,就是一个典型的事例。在作物间作套种,育苗移栽,提高复种指数等方面的研究,也取得了不少成果,对于用地养地,提高光能利用,增加农作物产量方面发挥了积极作用。

本世纪七十年代初,我国在研究和利用水稻杂种优势方面获得成功,由于不断研究和掌握杂交水稻的栽培技术,从而在大面积生产上迅速推广应用,并获得显著的增产效果。

我国作物栽培技术和理论已具有一定水平,但是由于科学技术和机械化水平还不高,基础理论研究也较薄弱,田间管理大部分依靠手工操作,各种田间作业还不能在作物生育最有利的时间内及时、正确地进行。随着我国四个现代化的逐步实现,一方面要对我国已有的经验加以总结提高,使之系统化、指标化、模式化、理论化,为现代化农业服务,同时还要根据我国的特点,进一步发展作物栽培的技术和理论,为作物栽培科学赶上和超过世界先进水平而努力。

(三)作物栽培技术的现代化 作物栽培技术的现代化是农业现代化的一个重要组成部分,要求在掌握作物生长发育规律的基础上,运用最先进的装备和正确的农业技术措施,保证作物始终沿着合理的生育进程发展,达到高产优质、高效率、低成本的目的。

近二、三十年来,世界上不少国家的农业实现了机械化、电气化、水利化、良种化和管理的科学化。还比较广泛地应用了电子计算机和遥感等新技术。

在土壤耕作管理方面,许多国家都建立了全国性的土壤普查机构,利用现代化手段,每3~5年进行一次土壤诊断,为因土种植、因土施肥、因土改良提供科学依据。由于除草剂和耕播联合作业机械的运用,耕作技术有很大改进。例如在丘陵坡地上实行免耕法,这对于减少地表径流和土壤流失,增加土壤水分和降低作业成本,都有明显作用。

在肥料方面,在大量施用化肥的基础上,进一步发展复合肥料,提高化肥浓度,并改进施肥技术,采取深层施肥、贮备施肥(长效肥料),等方法,减少施肥次数。大田作物也开始应用二氧化碳施肥,增加植株附近的二氧化碳浓度,以提高光合作用效率,增加产量。微量元素肥料、农药肥料的应用也较广泛。

在灌排方面,在实行喷灌、滴灌的基础上,近年来,自动化灌排发展较快。根据作物根系附近的湿度感探器发出的信号,利用电子计算机系统,从水库放水,闸门启闭,泵站开关,直到田间运行系统,都实行自动化。目前有些国家正在向灌溉模式化方向发展,即根据土壤类型、作物种类、气候等因素,计算出每一时段内,每种土壤——作物组合的单位面积最合理的需水量,从而提出灌溉时间、水量的最优方案,以充分满足作物需水,既可降低成本,减轻土壤盐碱化,并可发挥灌排、施肥、施药、防冻、调节小气候等综合作用。

在作物种植密度方面,根据不同地区的气候、土质、栽培条件和品种特性等,确定最适宜的种植密度,从苗期到成熟各个生育阶段都有一个合理的群体结构,达到充分利用阳光、空气(CO_2)和水肥条件,从而在单位面积上获得最高产量。为达到以上目的,许多国家采用精量播种,在播种机上备有电子监视装置,确保播种均匀和防止漏播。近年来的一个发展动向,是在一定条件下找出影响密度的各因素间函数关系,放到电子计算机的计算程序中去,并输入各种气象因素和其他品种环境因素的数据,来进行模拟和运筹,得出最优的密度组合。

在田间管理方面,机械化和自动化操作,为田间管理的现代化提供了可靠的保证。在掌握作物生长发育的基础上,制定出达到高产优质的合理生育进程模式(又称生物轨道),并运

用仪表进行快速、准确的植株活体诊断,及时反映作物田间生育进程情况,为田间管理措施的实施,提供科学依据。如根据对植株进行快速分析结果,决定施肥和灌水等。有些国家对需要进行间苗的作物,应用自动间苗器间苗。并对棉花采用化学整枝来控制棉株的生长。除草剂的应用也发展很快,促进了耕作栽培技术的改革。最近正发展生物和物理除草。病虫害防治方面,在广泛采用化学防治的基础上,综合防治愈来愈受到重视,包括生态体系的改变、天敌利用、选用抗病品种、昆虫绝育、电磁波、超声波、激光以及农业技术等措施,进行有机联系,互相补充,达到最大的防治效果。

在机械化方面,科学的耕作制度与现代的机械技术紧密结合、互相促进,使改造大自然和抗御自然灾害的能力大大提高。使用先进的成套机械,实现农业生产全过程的机械化,并逐步实现电气化和工厂化。有些国家拖拉机及其他农业机械田间作业已发展到电子自动导向,无人驾驶。农用飞机用于播种、施肥、喷撒农药等作业,由于机械化的高度发展,大大提高了劳动生产率。例如,某些科学技术先进的国家,小麦自播种到收获,每亩田用工只需半小时,水稻只需 1.4 小时。

在党中央领导下,我国制订了 1978~1985 年科技发展规划,对我国农业现代化提出了具体要求。我国幅员辽阔,地形复杂,有山区有平原,有旱地有水田,各地气候、土壤条件差别也很大。同时我国人口多,每人平均耕地少,具有精耕细作的优良传统,为此,必须根据这些特点,研究和实现我国的农业现代化,大幅度地提高作物的单位面积产量,并进一步提高劳动生产率。

四、作物产量和生产潜力

(一)作物产量 所谓作物产量,包括两个概念:一是生物产量,是指作物在生育期间生产和积累有机物的总量,即整个植株(一般不包括根系)总干物质的收获量。组成作物躯体的全部干物质中,有机物质占 90~95%,矿物质占 5~10%,可见有机物质的生产和积累,是形成产量的主要物质基础;一是经济产量(即一般所指的产量),是指栽培目的所需要的产品收获量。由于作物种类和栽培目的不同,它们被利用作为产品的部分也就不同。如禾谷类、豆类作物的产品是子实,薯类作物是块根、块茎,棉花是种子的纤维,黄麻是韧皮纤维,甘蔗是茎秆,烟草、茶叶是叶片,绿肥作物是整个茎叶。当玉米作为粮食作物时,其产品收获量是子实;作为饲料作物时,茎、叶、果穗的全部有机物,都包括在产品之内。可见,由于栽培目的不同,其经济产量所指的产品也就不一样。

作物的经济产量是生物产量的一部分。经济产量的形成,是以生物产量即有机物总量为物质基础。但是有了生物产量,究竟能获得多高的经济产量,还要看生物产量转化为经济产量的效率。这种转化效率称为经济系数。经济系数越高,说明对有机物的利用越经济。经过人类长期的选择和培育,作物的经济产量在生物产量中的比重——经济系数,已经达到一定水平。例如:薯类作物为 70~85%,水稻、小麦为 35~50%,玉米为 30%,油菜为 28%左右,大豆为 20%。从上述数字中可以看出,不同作物的经济系数差异很大,这与我们所利用的经济器官及其化学成分有关。一般说,凡是以营养器官作为主要收获产品的作物(如薯类),形成主产品的过程比较简单,其经济系数常较高;凡是以生殖器官的部分作为主要收获产品的作物(如禾谷类、豆类等),其经济产量的形成,要经过有性器官的分化发育、开花、结实、灌

浆、成熟等过程，有机物要经过复杂的转运过程，因而经济系数稍低。收获的主要产品的化学成分不同，其经济系数也不一样。产品以含碳水化合物为主的，在形成过程中需要的能量较少。而产品含蛋白质和脂肪较多的，在形成过程中必须由碳水化合物进一步转化，需要能量较多。因而大豆、油菜的经济系数都较稻麦为低。但是大豆、油菜、花生等单位重量所含能量却较高。

由上可知，作物的生物产量、经济产量和经济系数，三者间的关系十分密切。在作物正常生长的情况下，各个作物的经济系数是相对稳定的，因而生物产量高，经济产量一般也较高，所以提高生物产量是获得高产的基础。从作物经济产量形成的顺序来看，在作物营养生长阶段，光合作用产物大部分用于营养体的形成，为以后形成产品器官奠定基础。转入生殖生长以后，光合作用产物越来越多地用于形成生殖器官(或贮藏器官)，即形成产量。研究证明，作物生育后期的光合产物，和经济产量有密切关系。此时产品器官大量形成，需要大量的有机物质来充实，而叶面积的增加已达一定限度，此时若能保持适宜的叶面积，并维持一定强度的净光合生产率，是提高经济产量和经济系数的重要手段。作物高产栽培的主要任务，就是综合运用各项农业技术，在作物生育前期，促进壮苗早发，建立起足够的营养体，为制造大量生物产量打好基础；生育中期要促进器官间健壮而协调的生长，以积累大量有机物质，并形成具有足够数量的储存产品的器官，生育后期要防止早衰，以保证有充足的有机物质向产品器官运转。也就是说，要获得作物高产，不仅要求同化产物多，运转能力强，而且要有与之相适应的储存产品的器官，这就是高产栽培生理上提出的“源”和“库”的根据所在。

(二)作物产量构成因素及相互关系 作物的单位面积产量(经济产量)，是单株产量和单位面积上株数的乘积。作物的种类不同，其构成产量的因素也有所不同(见下表)。研究这些因素的形成过程和相互之间的关系以及影响这些因素的条件，并采取相应的农业技术措施，满足作物高产的生理需要，这就是作物栽培学所要研究的重要内容之一。

各类作物单位面积产量构成因素

作物名称	产量构成因素
禾谷类	穗数、每穗实粒数、粒重
豆类	株数、每株有效分枝数、每分枝荚数、每荚实粒数、粒重
薯类	株数、每株薯块数、单薯重
棉花	株数、每株有效铃数、每铃子棉重、衣分
油菜	株数、每株有效分枝数、每分枝荚数、每荚粒数、粒重
甘蔗	有效茎数、单茎重
烟草	株数、每株叶数、单叶重
绿肥	株数、单株重

例如：禾谷类作物的单位面积产量，决定于单位面积上的穗数、平均每穗实粒数(小花数×结实率)和平均粒重三个因数，其关系如下：

$$\text{产量(斤/亩)} = \frac{\text{每亩穗数} \times \text{平均每穗实粒数} \times \text{千粒重(克)}}{500 \times 1000}$$

由上式可见，单位面积上穗数愈多，平均每穗实粒数愈多，千粒重愈高，三者的乘积就愈

大,产量愈高。在相同产量的情况下,不同品种或同一品种不同生产条件,三个产量因素的结构可以不一样。有的是其中一个或两个因素较好,也有三个因素同时得到发展的。以小麦为例,我国北方高产田产量构成因素是以穗多为特点;南方高产田的穗数比北方少,但每穗粒数较多。因此,不同地区,不同栽培条件下,有各自不同的产量因素的最好组合。

作物栽培的对象是作物的群体。在一定的栽培条件下,构成产量各因素之间存在着一定程度的矛盾。以禾谷类作物为例,在单位面积上穗数增至一定程度以后,每穗粒数就有减少的趋势,粒重也会有所降低。又如油菜、大豆等分枝型作物,当单位面积上株数增至一定程度后,则每株荚数(每株有效分枝数 $\times$ 每分枝荚数),每荚粒数,都会有不同程度的减少。其他作物也有这样的规律。这是因为作物的群体是由各个体构成的,当单位面积上密度增加后,各个体所占的营养面积(包括空间)就相应减少,个体的生物产量就有所削弱,因而表现在每穗粒数(或荚数)等构成经济产量的一些器官也减少了。密度增高,个体变小是普遍现象。但个体变小,不等于最后的产量就低,因为作物栽培的最终目的是单位面积上的产量,即要求单位面积上的穗数 $\times$ 粒数 $\times$ 粒重达到最大值。当单位面积上穗数(株数)的增加能弥补并超过每穗粒数(每株荚数)减少的损失,仍表现为增产。当三因素中某一因素增加但不能弥补另两个因素减少的损失时,就表现为减产。例如,水稻极度稀植时,每株可长二百多个穗子,上万颗谷粒;密度提高到生产上常用的幅度后,一株只有几个穗子、几百颗谷粒,个体可以说是极度削弱了,但却表现为增产。那么,可以允许的削弱和过分削弱之间的界限在哪里,只从个体的成穗、结实的多少,是找不出来的。根据许多以子实为收获物的作物进行的分析,密度增高时,单株子实重不光是随植株重量的降低按比例下降,而是比株重下降更为剧烈,结果是经济系数下降,也就是说,在密度提高后植株受到削弱时,生殖器官受到的削弱特别严重。因此在密度过高时,虽然生物产量不比密度适宜时少,但经济产量却由于经济系数的下降而比密度适宜时为低。所以,对于以子实为主要收获物的稻、麦、玉米、大豆、油菜等作物来说,产量最高时的密度范围,出现在提高密度增加干物质积累的有利作用,刚好与经济系数下降的不利作用相等的时候。这个密度总是比生物产量最高时的密度为低。

密度超过一定范围后,造成经济系数下降的根本原因,是叶面积指数过大,严重影响了干物质的生产和积累。任何作物达到高产,在具体的栽培条件下都有一个最适宜的最高叶面积范围。在这个范围以内,增加密度,可增加单位面积上的绿色面积,有效地提高光能利用率,从而增加干物质生产和积累。当密度超过了一定范围,叶面积继续增大时,田间郁蔽严重,光合产物不再增加,呼吸消耗则随叶面积的增加而增大,因而植株干物质积累反而减少。各种作物在整个生育期中,各阶段的合理叶面积指标,是协调产量构成因素间的矛盾,增加干物质积累,提高经济系数的重要条件,是作物高产栽培需要研究和解决的问题。

(三)作物生产潜力及提高作物产量的途径 作物所积累的有机物质,是作物利用太阳能,将所吸收的二氧化碳和水通过光合作用合成的。通过各种措施和途径,最大限度地利用太阳光能,不断提高光合作用效率,以形成尽可能多的有机物质,是挖掘作物生产潜力的重要手段。

太阳辐射能是大自然中一个基本的气候因素,是植物进行光合作用的唯一能源。我国地处温带、亚热带和热带,太阳能资源极为丰富。充分利用这一资源,为作物高产提供物质基础,是实现农业现代化的主要任务之一。最近一、二十年来,国内外对单位土地面积上作

物群体最高光能利用率所作的理论推算*,虽然至今还存在许多未解决的问题,但证明作物的生产潜力是十分巨大的。

根据估算,在自然条件下,作物可能达到的太阳光能最高利用率为12~20%,但目前我国耕地全年太阳光能平均利用率只达0.4%,仅及可能达到的太阳光能最高利用率的1/30~1/50。目前即使亩产量已达千斤的县市,其太阳光能利用率也仅达2%,长江流域常年亩产3000斤以上的试验田块,利用率为5%,北京郊区,亩产2000斤的田块,利用率为4%。由此可见,现有农田提高单位面积产量,还有巨大潜力。

据龙斯玉估算结果,若在气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的时期内,全国太阳能利用率都达到2%的水平,则全国平均亩产将在1000斤以上(东北、西南地区为800~1000斤,华北、西北、华中和柴达木盆地为1000~1200斤,华南和藏南谷地为1200~1400斤)。若能把 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的时期内的太阳光能利用率提高到5.1%,则全国粮食平均单产将达到2500斤以上(东北、西南为1800~2500斤,华北、西北、华中和柴达木盆地为2500~3000斤,华南、南疆和藏南谷地为3000~3500斤)。而昆明附近,海南岛沿海和台湾省沿海地区,年单产可达4500斤左右。

全年各月太阳能辐射量的分布,因地区而有很大差别。太阳能辐射较强的几个月,也是光合潜力月值最大的时期,这个时期出现在什么时候,对于作物生产有密切关系。我国南方诸省大多数地区以6、7、8三个月光合潜力较高,最高月值为7月。台湾省的高雄较高月为4、5、6月,以6月最高。云南的昆明和四川的西昌等地,较高月值为3、4、5月,以4月为最高。我国南方各省,稻麦等作物种植面积很大,光合潜力月值较大的几个月,一般正是稻麦等主要作物生长发育的主要时期,对于这些作物的高产栽培是极为有利的。要力争在这阳光最盛的几个月内,使作物具备足够的光合器官。间、套复种,则应力求此时具有较大的作物群体,以充分利用这一自然资源,提高作物产量。

上述光合潜力的理论值,必须在以下四个条件都具备时才能实现:①具有充分利用光能的高光合效能作物品种;②空气中的二氧化碳浓度正常;③环境因素都处于最适状态;④具备最适宜于接受和分配阳光的群体。因此,从提高光能利用率来提高单产的途径,可以分为改进作物因素和改进环境因素两个方面。具体应从以下几方面着手:

(1) 培育高光效的农作物品种。要求具有高光合能力,低呼吸消耗,光合机能保持较长时间,叶面积适当,株型、长相都有利于田间群体最大限度地利用光能的特点。

(2) 合理安排茬口,充分利用生长季节,采用间作套种、育苗移栽等措施,提高复种指数。在温度许可的范围内,使一年中有尽可能多的时间在耕地上有作物生长,特别在阳光最强的时期,使单位面积上有较大的绿色面积,以提高作物群体的光能利用率。

(3) 采用合理的栽培措施。如合理密植,保证田间有最适宜的作物群体,最大限度地利用光能;加强田间管理,正确运用肥水,充分满足作物各生育阶段对外界环境的要求,使适宜的叶面积维持较长时间,促进光合产物的生产、积累和运转。

(4) 提高光合效率。如补施二氧化碳肥料,人工补充光照,抑制光呼吸等。

* 作物生产潜力的理论推算,是根据某一地区的太阳辐射能总量,扣除无效光能及各项损失后,计算出作物对太阳光能的利用率(即作物通过光合作用形成的光合产物所含化学潜能占投射到群体叶层的太阳光能总的比例)。再根据每克干物质所含化学潜能为4.25大卡,计算出单位面积上生物产量和经济产量。