

全国高等农业院校教材

旱 农 学

西北农业大学主编

农 学
水土保持 专业用

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

旱 农 学

西北农业大学 主编

农 学
水土保持 专业用

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

旱 农 学

西北农业大学 主编

责任编辑 刘洋河

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 mm 16 开本 18 印张 388 千字

1991 年 5 月第 1 版 1991 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 1—2,000 册 定价 4.70 元

ISBN 7-109-01698-6/S·1123

主 编：马世均

副主编：钮 溥

编写者：马世均 邓新民 王树权 王鸣周
井金学 陈士平 包忠谟 牟正国
刘含莉 吴守仁 张岂凡 李焕章
胡荣海 胡恒觉 高德诚 钮 溥
郭士英 黄泽在 曹振铎

前 言

这本《旱农学》教材，是1983年在延安召开的北方15省、市、区旱地农业工作会议之后，农业部委托西北农业大学主持编写的。根据会议精神，“要求有关省、市、自治区各级农业部门，要把普及科学技术、搞好旱地农业技术教育和培训工作作为一项重要任务抓紧抓好，并决定旱区各级各类农业、牧业学校和农业干部培训班，都要把旱地农业的基础理论知识和技术成果作为教学的主要内容，增设旱地农业课程，编好《旱农学》教材”。

我国旱地农业面积广大，历史悠久。尤其我国北方广大农民群众在长期的农业生产活动中积累了丰富的与干旱作斗争的宝贵经验，并因地制宜地创造了许多行之有效的防旱、抗旱措施。这在我国历代农书中早有论述。就国际方面来说，干旱是一个世界性问题。目前仍严重威胁着世界上数以百万计的人的生活与生命。故有关旱农的科学研究，早在本世纪初期，就已引起许多国家极大的关注，并且已取得了举世公认的十分显著的成效。水利是农业的命脉，但中国的农业不能统统都靠灌溉来解决问题。所以编写本教材的指导思想就是以我国半干旱与半湿润偏旱地区的农业类型为基础，选择介绍国内外有关旱农理论的研究成果及行之有效的技术措施，以扩大学生的知识面，培养并增强他们在旱农地区的工作能力。

参加本教材编写的有：山西农业大学李焕章，辽宁省农业科学院马世均、陈士平，中国农业科学院高德诚、胡荣海，内蒙古自治区农业科学院黄泽在，北京农业大学刘含莉，甘肃农业大学胡恒觉、曹振铎，西北农业大学钮溥、吴守仁、邓新民、王鸣周、包忠谟、王树权、郭士英、井金学，河北农业大学车正国和陕西林业学校张岂凡。先后参加审稿及讨论的还有中国科学院西北水土保持所山仑，陕西省农业科学院张冀涛，西北农业大学王韶唐、王谦、张智敏、杨春峰、王立祥，他们对书稿提出了许多宝贵意见。

参加最后定稿工作者有：辽宁省农业科学院马世均（主编），西北农业大学钮溥（副主编）和山西农业大学李焕章。

因《旱农学》教材在国内尚属初次编写，我国半干旱与半湿润偏旱地区幅员广大，各地情况千差万别，难于一一论述。因此，在试用过程中各地可随时补充及选择重点进行教学。更由于编者水平有限，在体系上、选材上的不妥与错误之处，亦在所难免，尚希随时指出予以纠正。

本教材除可供我国北方高等农林院校农学专业、水土保持专业及其他有关专业师生进行旱农学教学时使用或有关课程参考之外，亦可供一般农业技术人员及中等农业技术学校师生参考。

在编写工作过程中西北农业大学阎世理、贾志宽、杨改河、申云霞做了一些工作，谨此致谢。

编 者

1988.4.20

目 录

绪论	1
第一节 旱农与旱农学	1
第二节 旱农的发展历史	3
一、我国旱农发展历史	3
二、国外旱农发展历史	5
第三节 中国旱农生产现状和存在的问题	6
一、旱农的生产潜力	6
二、我国旱农生产中存在的问题	7
第一章 干旱的类型、成因及其地理分布	10
第一节 干旱气候的类型及形成的原因	10
一、世界干旱气候的类型	10
二、干旱气候的成因	11
第二节 干旱气候的划分与指标	15
一、用年降水量指标的划分	15
二、用降水与气温比指数的划分	17
三、用降水与蒸散比值(干燥指数)的划分	19
四、用水分平衡指标的划分	20
第三节 世界干旱半干旱地区的地理分布	22
一、欧亚大陆干旱半干旱地区	22
二、非洲干旱半干旱地区	24
三、澳大利亚干旱半干旱地区	25
四、北美洲干旱半干旱地区	25
五、南美洲干旱半干旱地区	26
第四节 中国旱农类型区划与分布	27
一、分类指标和命名	27
二、中国北方旱农类型区划及名称	30
第二章 旱农地区的水、土、光、热资源	33
第一节 旱农地区的水资源	33
一、水资源的种类和数量	33
二、水资源的再生性和污染	35
三、中国旱农地区水资源的特点	36
第二节 旱农地区的土壤资源	39
一、栗钙土	40

二、黑钙土	40
三、黑垆土	41
四、瘠土	42
五、黄绵土	43
六、盐渍土	44
七、风沙土	45
第三节 旱农地区的光、热资源	46
一、旱农地区光资源	46
二、旱农地区热量资源	48
第三章 旱农地区的土地利用及土地评价	52
第一节 世界旱农地区土地的利用	52
一、北美洲旱农地区的土地利用	52
二、苏联旱农地区的土地利用	54
三、澳大利亚旱农地区的土地利用	55
第二节 中国旱农地区的土地利用	56
一、半干旱偏旱区的土地利用	56
二、半干旱区的土地利用	58
三、半湿润偏旱区的土地利用	60
第三节 土地资源的分级及评价	61
一、土地资源评价的原则	61
二、土地分级指标	62
第四章 旱农地区水-土壤-作物-大气系统	72
第一节 旱农蓄水保墒的机制	72
一、降水的渗入和再分配	73
二、土壤保水系统与机制	77
第二节 旱作物的水分利用	80
一、根系吸水机制	81
二、旱作物的田间耗水量及水的有效利用	82
三、旱作物缺水的生理效应	85
四、水分亏缺对旱作物产量的影响	88
第三节 旱地作物的生产潜力及其估算	91
一、影响农作物产量形成的基本因子	91
二、气候与生产潜力及其估算	93
三、依据有效降水量估算旱区生产潜力的方法	95
四、从“气候-土壤”生态系统出发,估算旱地作物的生产潜力	98
第五章 旱农生态环境建设	102
第一节 旱农生态系统的脆弱性及其破坏的严重程度	102
第二节 水蚀及其防治	103
一、土壤水蚀的方式	104
二、土壤水蚀的因素及其机制	105

三、防治水蚀,保持水土的措施	111
第三节 风蚀及其防治	116
一、风蚀的形式	117
二、土壤风蚀的因素	117
三、风蚀的防治	120
第四节 旱农地区盐渍土的改良	124
一、水利工程措施	125
二、生物措施	125
三、农业技术措施	126
第六章 旱农地区土壤培肥	129
第一节 土壤肥力与作物用水效率	129
一、旱农地区农作物的生产潜势	129
二、培肥土壤与提高水分生产效率	131
第二节 旱农地区土壤肥力	133
一、旱农地区成土条件对土壤肥力的影响	133
二、旱农地区土地利用现状对土壤肥力的影响	134
第三节 土壤培肥的关键	136
一、增加有机质的还田量,扩大土壤库的碳循环	137
二、固定大气中的氮素,扩大土壤库的氮循环	138
三、合理施用磷肥,扩大土壤磷循环	140
第四节 土壤培肥的途径	141
一、广开肥源	141
二、有机肥料	142
三、发展绿肥牧草	143
四、合理施用化肥	146
第七章 旱农地区的土壤耕作	150
第一节 土壤耕作的任务和技术措施	150
一、旱农地区土壤耕作的主要任务	150
二、旱农地区土壤耕作的主要技术措施	151
第二节 旱农地区土壤水分的季节变化	154
一、东北黑土地地区	154
二、华北褐土地地区	156
三、西北黄土地地区	157
四、内蒙古东部栗钙土地地区	160
第三节 我国北方旱农地区土壤耕作的主要方式	163
一、半干旱偏旱地区完全休闲地的土壤耕作	163
二、半干旱或半湿润偏旱地区季节休闲的土壤耕作	164
三、东北半干旱及半湿润偏旱地区的垄作耕法	170
第四节 其他保墒的土壤耕作方式	172
一、少耕法——以耙代翻及硬茬播种	172

二、砂田耕作法	173
三、覆盖耕作法	175
第八章 旱农地区的集水与节水技术	180
第一节 坡耕地的集水技术	180
一、等高耕种法	181
二、等高沟垄耕种法	181
三、蓄水聚肥改土耕作法	183
四、区田耕作法	183
五、沟种耕作法（或称垄沟种植法）	184
六、等高带状间作	185
七、水平截水防冲沟耕作法	186
八、兴修坡地田间集水工程	186
第二节 原川滩地的集水技术及地下水利用	190
一、塘坝或塘库	190
二、蓄水池	191
三、水窖	193
四、引洪漫地	195
五、地下水的利用	195
第三节 旱农地区节水灌溉技术	197
一、抗旱节水播种及保苗技术	197
二、临界期灌溉	199
三、重视改进地面灌水技术，改大水漫灌为小畦灌溉及沟灌	200
四、喷灌	200
五、地下灌溉	201
六、滴灌	202
第九章 旱农作物、品种和栽培技术	204
第一节 旱农作物、品种的选用和栽培技术措施的基本原则	204
第二节 抗旱品种的筛选指标和鉴定方法	205
一、作物抗旱性的概念及其特征	205
二、农作物的抗旱指标	205
三、抗旱性鉴定的方法	209
四、选用抗旱作物及品种应注意的事项	212
第三节 旱作物的栽培	213
一、小麦 (<i>Triticum aestivum</i> L.)	213
二、大麦 (<i>Hordeum sativum</i> Jess.)	214
三、谷子 [<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.]	215
四、糜子 (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	217
五、高粱 [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench]	218
六、玉米 (<i>Zea mays</i> L.)	219
七、莜麦 (<i>Avena nuda</i> L.)	220
八、荞麦 (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	222

九、马铃薯 (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	223
十、甘薯 (<i>Ipomoea batatas</i> Lam.)	224
十一、豌豆 (<i>Pisum</i> spp.)	225
十二、小扁豆 (<i>Lens esculenta</i> Moench)	225
十三、向日葵 (<i>Helianthus annuus</i> L.)	227
十四、大豆 [<i>Glycine hispida</i> (Moench) Maximowicz]	228
十五、花生 (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	229
十六、亚麻 (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	230
十七、油菜 (<i>Brassica</i> spp.)	230
第四节 旱农作物的轮作换茬	231
一、半干旱偏旱农区的作物构成和轮作换茬	231
二、半干旱旱农区的作物构成和轮作换茬	232
三、半湿润偏旱农区的作物构成和轮作换茬	233
第十章 旱农地区的种草种树	235
第一节 种草	235
一、旱农地区种草的意义	235
二、种草形式及栽培要点	242
三、适于我国旱农地区的主要草种简介	246
第二节 种树	250
一、旱农地区种树造林的意义和原则	250
二、适合旱农地区种植的乔灌木树种简介	257
第十一章 旱农的开发	266
第一节 国外旱农的开发	266
一、开展自然资源考察, 根据当地自然资源条件, 制定合理的开发利用规划	266
二、开展水土保持工作和农田基本建设	266
三、改粗放经营为集约经营	266
四、有机、无机农业措施结合, 提高单产	267
五、提高作业机械化程度	267
六、选种耐旱的作物种类和品种	267
七、采取农林牧综合发展、相互促进的方针和措施	267
八、重视旱地农业的科研工作	267
第二节 我国旱农的开发	268
一、旱农开发的方向	268
二、我国旱农地区农业开发措施	263

绪 论

第一节 旱农与旱农学

旱农 (dryfarming) 是指在无灌溉条件的半干旱和半湿润偏旱地区, 主要依靠天然降水从事农业生产的雨养农业而言, 为旱地农业 (dryland farming) 的类型之一。旱农学就是研究和阐述此类旱地农业生产的理论和应用技术的科学。具体的说, 旱农学研究的内容, 主要的有如下几点:

1. 研究国内外旱农地区农业生产的现状、主要问题及经验、教训;
2. 研究世界干旱的类型、成因, 旱区的划分及其地理分布;
3. 研究旱农地区农业自然资源的状况和特点;
4. 研究旱农生产的基本理论和综合应用技术及其体系。其中包括气候、土壤、生物等自然环境条件对旱农生产的影响, 水-土-作物-大气系统内部的相互关系及其调控的主要技术原理与应用等。
5. 研究旱农地区开发的方向和途径。

国际上通用的旱农定义, 如英、美大百科全书中“旱农”辞条所阐明的: “旱农是在有限降水, 典型的是在少于 500mm 的年降水量的地区, 不采用灌溉而种植作物的农业。”或“旱农是在有限降水的半干旱气候或地区从事无灌溉的作物生产。”等等, 与本世纪初 J. A. 魏茨著的《旱农》(Dryfarming) 一书和 1982 年出版的 K. G. 布兰格的《旱地农业原理和实践》(Principles and Practices of Dryland Farming) 一书中所阐述的旱农的概念基本是一致的。与我国半干旱地区的“旱作农业”的涵义也基本相同。

考虑到我国旱农的特点, 本书所用的旱农的定义则与国际通用的定义略有不同。第一, 地区范围由半干旱地区扩大到半湿润偏旱地区。半湿润偏旱地区是我国主要的农业生产地区之一。由于受季风的影响, 夏季多雨湿润, 冬春明显干旱, 年降水量虽然可以达到 600mm 左右, 但多集中于 6, 7, 8, 9 几个月, 其它几个月则降雨量很小, 而蒸发量往往很大。对农业生产的影响很大, 也必须应用旱农措施来保蓄降水, 提高降水利用效率, 才能获得较好的产量和经济效益。第二, 主要依靠天然降水, 但在特殊干旱条件下还要应用补墒措施。几千年来, 我国旱农生产的经验主要是: 采用耕作、换茬、施肥、覆盖、休闲等技术, 以接纳天然降水、保蓄土壤水分, 种植耐旱或避旱作物; 同时, 于有条件的地方也采用引洪漫地, 以及播种时的座水点种等补墒措施, 生产效果非常明显。第三, 为了创造最佳的旱农生态经济系统, 现代综合经营的旱地农业, 农作物的生产必须与畜牧业的发展

及保护性的林业密切相结合,在种好农作物的同时,适地适草,适地适树地种好草、种好树,才能形成完善的旱农生态经济体系。

联合国教科文组织(1977年)采用年平均降水量(P)与潜在的年蒸散量(ETP)的比值——干燥度,将干旱地区分为四个地带。其中就包括了亚湿润地带,其它三个地带为:极端干旱、干旱和半干旱地带。1983年美国三大农科学会(美国农艺学会、美国作物学会和美国土壤学会)共同编辑出版的,介绍北美洲旱地农业的专著《旱地农业》,也包括亚湿润地区的旱地农业生产。因为亚湿润地区气候多变,年际和季节间水分亏缺仍然是影响农业生产的主要因素。

但是,旱农的范围既不包括半干旱和半湿润偏旱地区的完全有保证的正规的灌溉农业,也不包括干旱地区无灌溉即无农业的绿洲农业和不受干旱威胁的湿润地区和半湿润偏湿地区的旱地农业。因为,这许多地区所依据的农业生产基本规律和技术措施,皆与旱农生产有所不同。例如,有些国家曾套用湿润地区的农业生产技术来开发半干旱地区的农业生产,结果都遭受了不同程度的失败。我国有些地区也曾出现过相似的问题。

干旱问题是一个世界性问题,世界干旱半干旱地区遍及50多个国家和地区,其总面积约占地球陆地面积(寒带除外)的34.9%,约 $4570 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。就耕地面积而言,目前世界耕地面积约 210×10^8 亩,其中有灌溉条件的不过占10—15%,其余都是靠天然降水从事农业生产,即所谓雨养农业(rainfed farming)。其中约有 90×10^8 亩(占世界耕地面积42.9%)位于干旱半干旱地区,年降水量低于500mm。我国干旱、半干旱及半湿润偏旱地区约占国土总面积52.5%,主要分布在昆仑山、秦岭、淮河以北的北方15个省、市、自治区。其中年降水量在250—600mm之间,干燥度在1.5—2.0之间的半干旱和半湿润偏旱地区的土地面积约占国土面积的21.7%,耕地面积约占全国总耕地面积的18%。此区由于水资源缺乏,灌溉面积还达不到1/5。据朱显谟等专家们(1982年)的预测,区内黄土高原地区到1990年,每人占有的灌溉面积也不过仅0.4亩地左右。目前甘肃中部用水量已接近水资源储量的70%,宁夏南部已超过40%。预计到1990年将分别达到82%和52%;2000年将达到87%和57%。明显地超过了一般的水资源利用的标准,届时水荒将更加严重。因此,在积极兴修水利、节约用水的同时,必须大力搞好旱地农业。

随着世界人口的急剧增长,农产品(特别是粮食)的供需矛盾日趋尖锐,一些发达国家和发展中国家对旱农都给予极大的重视,投入了大量的人力、物力和能源,设立专门的研究机构,从事旱农应用技术和基础理论的研究,在生产中取得了显著的成果,使旱地农业面貌发生了不同程度的变化。我国旱农具有悠久的历史,积累了极其丰富的经验。近10年来,各地推行多种形式的生产责任制,调动了广大农民的生产积极性,使我国旱地农业有了较大的发展。根据我国国民经济长远规划设想,20世纪末和21世纪将重点开发西北地区。而西北地区正是我国主要的旱农地区。因此,必须进一步深入研究旱农科学,积极推广旱农技术,使北方地区尤其是在西北地区农业生产中占主要地位的旱地农业得到更大的发展。

第二节 旱农的发展历史

农业生产的兴起是人类原始社会一场影响极其深远的生产革命。在人类进行农业生产以前,以采集野生植物和渔猎为生。大约在距今 10000 年前,可能受气候条件影响或是人口密度逐渐增加,仅靠采集和渔猎,食物已经难以供应人类生活的需要。当开始建筑简单房屋、人类相对定居后,经过长期的观察、摸索,从无意到有意的试种、试养,渐渐将野生植物和动物驯化为栽培植物和饲养动物,从此便开始了农业生产。

世界农业起源的地区,从现有考古资料看,很可能是多中心的。黄河流域、两河流域、墨西哥南部高地和秘鲁等都有丰富的考古资料,证实这些地区均为早期农业发展的中心区。值得注意的是,这些地区在最初都是进行雨养农业的生产,并逐渐由阶地转向河谷平原,然后才出现灌溉农业。

一、我国旱农发展历史

黄河中游是我国原始旱农形成和发展的中心地区。从许多新石器时代遗址中发现众多的石器生产工具、猪羊犬牛鸡的遗骸及炭化了的黍、稷和油菜等农作物的籽粒。可见黄河中游在 7300—7800 年前,农业生产已经发展到了一定的程度,所种植的主要农作物多是比较耐旱的作物。随着农业的发展,至新石器时代末期,这一带人口日渐繁衍,形成了多个经济文化中心,先后出现了夏、商、周等繁盛的时代。到 2000 多年前,即公元前 221 到公元 220 年前后的秦、汉时期,这一带才在部分地区大兴水利,发展灌溉农业。但由于当时灌溉农业局限于部分地区,广大农田仍然以旱作农业为主。

我国旱农耕作技术的发展过程,根据有文字记载的史料,最早可以上溯到公元前 1000 年前后的西周时代。西周到春秋时代,仍继续采用火耕和木石制作的简单农具“耒耜”,进行极为粗放的耦耕。到战国时代由于金属冶炼技术的发明,铜铁器具尤其是铁犁等先进工具的应用,带来了较为先进的旱地耕作方法。《吕氏春秋》任地篇总结了当时土壤耕作的规律说:“凡耕之大方、力者欲柔、柔者欲力,息者欲劳,劳者欲息;棘者欲肥,肥者欲棘,急者欲缓,缓者欲急,湿者欲燥,燥者欲湿。”来创造良好的土壤理化条件,使土壤水分、养分达到适宜的状况,以利农作物的生长发育。周秦诸子百家的典籍中有关旱地耕作栽培的记载很多,如《孟子》中的“深耕易耨”,《管子》中的“深耕均种疾耨”,《韩非子》中的“耕者且深,耘者熟耘”。至于《庄子》中的“昔予为禾,耕而鲁莽之,则其实亦鲁莽而报予;芸而灭裂之,则其实亦灭裂而报予;予来年变齐,深其耕而熟耨之,其禾繁以滋,予终年厌食。”则阐明了粗耕粗作之弊、精耕细作之利。旱地的垄作与沟种有利于抗旱抗涝,《吕氏春秋》任地篇记载:“上田弃亩、下田弃刚”指出高旱地种垄沟,低湿地种垄台的防旱防涝的种植方式。又指出“稼欲生于虚,而殖于坚”的防旱播种技术。任地篇中还指明耕种的物候期,如“冬至后五旬七日菑始生,菑者,百草之先生者也,于是始耕。”对土

壤适耕期也有阐述,如辨土篇中“垆埴冥色,刚土柔种”。说明要观察土的颜色,在土壤水分适宜的时候进行耕种。

秦汉时代,农业生产迅速发展,耕种技术不断提高。汉代《汜胜之书》中记载了丰富的旱农技术措施。如指出不适宜于进行耕作的时机说:“春气未通,则土历适不保泽,终年不宜稼,……秋无雨而耕、绝土气、土坚垆,名曰脂田;及盛冬耕,泄阴气,土枯燥、名曰脯田。脯田与脂田皆伤”。总结耕种要点在于“凡耕之本,在于趣时,和土、务粪泽,早锄早获”。并涉及耙、耨、镇压等各种抗旱保墒的技术措施。书中介绍的“区种法”,是适合旱地农业生产的一种保水保土保肥、精耕细作的耕作法,系统地介绍了深耕细耙、等距全苗、增肥添墒、细致管理等技术措施。可以说是我国最早系统介绍旱农耕种方式方法的篇章。汉代还提倡过“代田法”,“一田三畦,岁代处,故曰代田”。“播种于畦中,苗生叶以上,稍薅莖草,因隙其土,以附苗根,……每耨稍附根,比盛暑,莖尽而根深,能风与旱”,则是采用垄沟播种,铲草时分次将垄上的土覆在垄沟中,逐渐将垄沟培成垄台的防风抗旱耕种方式。汉代所创始的许多合理而适用的旱农耕种的方式和方法,奠定了我国北方旱地农业的基础。2000年来,虽然有所发展,有所改进,而基本原则却沿用至今。

魏晋南北朝时代继承和发展了汉代旱农生产经验。在现存最早的比较完整的古农书《齐民要术》中,可以看到在公元6世纪以前,我国北方防旱保墒的旱农生产技术体系已基本形成。针对我国北方“春雨难期”,“春多风旱”的气候特点,总结出一套比较完整的防旱保墒的精耕细作的耕种技术措施,已经把耕、耙、耨和镇压、播种等连续作业阐述得比较清楚。如“耕荒毕,以铁齿耨耨,再遍耙之,漫掷黍祭,劳亦再遍”。“春既多风,若不寻劳,地必虚燥。”“犁廉耕细,牛复不疲,再劳地熟,旱也保泽”。否则“徒道秋耕,不堪下种”。在不同地势与土壤条件下,耕种方式也应有所不同,保墒好的地“种大小麦,先耨逐犁耨种者佳,其山田及刚强之地,则耨下之”,种麻,“泽少者”亦“耨头中下之”。

唐宋继承魏晋南北朝的旱农措施,未见有新的发展。元明乃至清代,对旱地农业耕作不仅阐述更为详细,而且已出现与后代旱农原理相同的一些技术措施。如《韩氏直说》在阐明秋耕时,提出秋耕前类似浅耕灭茬的措施,并详细阐述秋耕和春播前一系列的耕、耙、耨防旱保墒措施,书中说:“秋耕、先以铁齿耙纵横耙之,然后插犁细耕,随耕随耨,至地大白背时,耕耙两遍,至来春地气透时,待日高复耙四、五遍,其地爽润,上有油土四指许,春虽无雨,时至便可下种”。明代《马一龙农说》在总结前人经验的基础上,很有信心地提出农业生产如果做到:“知天之时、合地之宜”,“知其所宜、用其不可弃,知其所宜,避其不可为”。从而达到“合天时、地脉、物性之宜”,则“力足以胜天矣”。由此可见在十五六世纪的明代,已经萌发了要从愚昧的屈从于天命的思想中摆脱出来,走向探索气象、土壤和农作物的生产规律和措施的早期的农业科学思想。遗憾的是没有得到统治者的重视,发展很缓慢,但对明末和清代许多农业著作都有着不同程度的影响。

清末,国外农业技术不断的引入,但对具有悠久历史、经验极其丰富的旱农生产,看不出有明显的影

旱农地区的农业生产发生了明显的变化。

但在我国现代作为一门专门学科的旱农学，还需要在旱农的重要性得到广泛认识的基础上，大力开展旱农的科学研究，总结提高我们祖先的传统遗产，创建具有我国自己特点的旱农学。

二、国外旱农发展历史

在亚洲西南部及中近东地区农业发展很早，开始是在林地边缘、林间空地、烧荒撒种或利用洪淤地种植，都属于雨养农业的旱作种植。公元前7000年左右，在巴勒斯坦约旦河畔的耶利哥，已有新石器时代的村落遗址；在伊拉克北部扎格罗斯山南麓耶尔莫丘陵地区出现的农田中，野生小麦和大麦已有较大面积的种植。豌豆、扁豆、鹰嘴豆和燕麦等也有所种植。到公元前3000年前后，中近东地带农业生产已相当发达，灌溉农业已初具规模，农牧结合的初期生产形式也出现了。伊拉克已经使用牛拉犁耕作，种植饲草作物——苜蓿 (*Medicago* spp.) 和草木犀 (*Melilotus* spp.)。用畜粪肥田，用牛践踏或拉石滚脱粒，用畜力耨碾和运输等。这个地区由于农业措施不当，尤其灌溉不当出现了泥沙淤积、盐渍化，再加上战争破坏、渠道失修，问题更加严重，最后使灿烂的巴比伦文化淹没于沙化的田野之中。

在非洲，埃及农业略晚于中近东地区。埃及气候干旱，年降水量少，但由于尼罗河定期泛滥，一年一度洪水淤积肥沃的土壤，成为旱地农业生产条件最好的地区，从西南亚引种的许多农作物都能较好地在这里生长发育，其后发展了灌溉农业。非洲撒哈拉大沙漠东部和南部边缘地区，像苏丹地带在公元前4500年前后已经独自驯化种植珍珠粟、高粱等粮食和纤维作物。其后非洲北部和东部受阿拉伯和地中海北岸诸国的影响很大，发展较快。

在印度次大陆，最早进行农业生产的地区，可能是西巴基斯坦和印度河流域，公元前3000年的遗址中已发现聚居的农业村落，作物有小麦、大麦、豌豆、小扁豆和亚麻。公元前2000年德干高原南部的遗址中发现抗旱作物粟和各种豆类。其后恒河流域遗址中发现了棉花。印度古代作物种类很丰富，除上述者外尚有高粱、芝麻、菜豆等。公元前2500—1500年间，出现了灿烂的哈拉班文化，在广袤千余公里的范围内，发现了一百几十处遗址。居民主要从事农业生产，已使用青铜制的锄、镰和家庭用具。除种植大麦、小麦和抗旱豆类外，还可能是世界上种植棉花的最早地区。家畜中已有牛、羊、猪、鸡等，在晚期的哈拉班文化遗址中，还发现马骨。手工业已有纺棉、织布和制陶。而且城镇建设已达到一定规模。公元前1500—1300年间，印度遭到外族侵略，古代文明遭受严重的摧残。但农业生产在次大陆上仍然缓慢地传播与发展，在较干旱地区发展了耐旱力强的粟和豆类作物。

美洲与亚洲一样，新石器时代早期，公元前7000—6000年间，北美洲的墨西哥南部印地安人和南美洲安地斯山中部地区的印地安人，各自驯化了当地的动植物，开始了农业

生产,在不断发展中形成了辉煌的玛雅经济文化。在墨西哥南部气候干燥、气温较高,雨量主要集中于夏季两个月的特瓦坎河谷的遗址中,发现公元前 4000 年前后,这里就已种植玉米、南瓜、海岛棉等与亚洲不同的农作物。由于雨量不稳定,多在谷间洪淤地种植,一直沿用到今。公元 3000 年前后开始种菜豆,约于公元前 2500—2000 年间,玉米、南瓜、菜豆向墨西哥北部和现在的美国地区传播。美洲古代种植的农作物还有烟草、花生、马铃薯、甘薯、苋和剑麻等。家畜中猪占重要位置。南美洲安地斯山中部与窄长沙漠相邻的秘鲁、哥伦比亚高地和智利北部,坡地梯田和平地灌溉工程都相当发达,玛雅文化中的手工艺品、纺织品都有较高的水平。

综上所述,足见旱农生产在世界各地均开始很早,有着悠久的发展历史。但历史上由于种种原因,对半干旱地区滥垦滥伐滥牧,不仅破坏了当地的农业生产,而且使有些文明古国沦为荒漠。吸取历史的教训,现代许多国家采用科学的旱农技术措施来开发半干旱地区,已取得明显的生产效果,从而引起了人们对现代旱农的兴趣,重视现代旱农技术的研究与发展。目前,各国旱农发展的情况,概括起来可以分为三类:

一类是发展水平较高,农业生产已经现代化,经营比较合理,可以提供大量农牧产品,除供应本国需要外,还可以大量出口。就自然生态而言,虽存在一些问题,但尚属良好,如美国、苏联、澳大利亚和加拿大等国。

二类是政府比较重视旱农生产,投入相当数量的人力、财力和物力,旱地农业得到一定程度的发展,提供的农牧产品可以基本上或部分地满足本国或本地区的需求,例如印度、埃及和中东的部分石油输出国。

三类是社会经济不发达,旱地农业很落后,经营管理粗放,农牧业产量低,生态平衡严重失调,如非洲和中东地区的大部分国家。

第三节 中国旱农生产现状和存在的问题

近百年来,中国人口增长迅速,垦荒范围不断扩大,种植业持续向草原地区推进。农牧交错地带的大规模耕垦,使当地生态环境急剧恶化,加上长时期的战争破坏,到 1949 年新中国建立之前,旱农地区农业生产严重衰退,民不聊生。虽然也引进了一些新技术、新品种,但无济于事。

1949 年以后,由于社会主义制度的建立,生产关系的变革,农业生产力有所提高,使旱农地区同全国一样,农业生产得到了恢复和发展。但是由于对旱农规律认识不足,在实际工作中,曾出现过不同程度的违背自然规律和经济规律的失误,致使旱农地区的生产潜力远远没有发挥出来。

一、旱农的生产潜力

半干旱与半湿润偏旱地区自然条件较差,降水少,变率大,土壤肥力偏低,单位面积