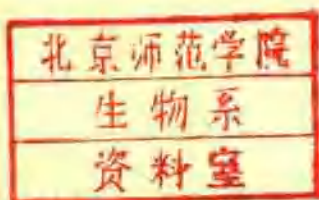


旱地农业耕作的 原理与方法

原著者〔美〕布伦格尔



陕西省粮食作物研究所作物栽培研究室
农业科技情报研究所情报

旱地农业耕作的 原理与方法

译者 卢扬吾 吕玉琴 张金芝

校者 左 同

1985年5月

目 次

序 言	(1)
第一章 旱地农业耕作概论	(3)
世界上的干旱地区	(3)
旱农耕作的历史	(4)
旱地农业的发展	(7)
第二章 气 候	(8)
气候分类	(10)
世界上的半干旱气候	(15)
气候变异	(22)
第三章 旱地土壤与土壤水分	(24)
化学特性	(27)
有机物质	(29)
有机质的损失	(33)
物理特性	(36)
土壤水分	(38)
第四章 土壤—植物—水分的关系	(45)
水的运动与吸收	(45)
土壤水分与植物的生长阶段	(48)
土壤水分总蒸散量	(53)
土壤与植物营养	(60)
第五章 作物对于干旱地区的适应性	(64)
土地利用的经济评价	(66)

	土地利用的气候评价.....	(8)
	土地性能的分级.....	(72)
第六章	风蚀与水蚀.....	(74)
	水蚀.....	(75)
	风蚀.....	(77)
第七章	夏闲的原理与方法.....	(89)
	休闲地的耕作.....	(93)
	一年中的降水与水分贮存.....	(103)
	休闲的效应.....	(104)
	开始耕作时间.....	(106)
	夏耕次数.....	(108)
	耕作深度.....	(112)
	休闲地的耕作工具.....	(113)
	覆茬对侵蚀的作用.....	(117)
第八章	水土保持.....	(124)
	带状种植.....	(124)
	应急耕作.....	(129)
	蓄水与径流利用.....	(130)
	梯田.....	(131)
	覆盖作物.....	(135)
	防风林与栅栏(风障).....	(135)
第九章	旱地作物与旱地种植制度.....	(141)
	一般生产措施.....	(141)
	小麦.....	(142)
	大麦.....	(152)
	燕麦.....	(153)

	粒用高粱·····	(154)
	饲用高粱·····	(159)
	玉米·····	(160)
	粟·····	(161)
	食用豆科作物·····	(163)
	油料作物·····	(165)
	其它作物·····	(166)
	旱地种植制度·····	(166)
第十章	退耕种草·····	(182)
	播种前的整地·····	(183)
	播种机具·····	(185)
	行距·····	(185)
	播量·····	(186)
	播种深度·····	(186)
	播种时间·····	(186)
	草种选择·····	(187)
	苗期管理·····	(187)

序 言

凡在有效水分成为最大限制因素的地区又无灌溉条件地进行作物生产，就叫旱农耕作。二十世纪前期，国际旱作会议的工作积极开展期间，美国西部各地政府对于旱农耕作重新引起了重视。为了满足旱地农民互相交流生产经验、改进生产方法，以便使外来垦殖者在完全陌生的环境中达到经济生产的要求，国际旱作会议随之应运而生。以后经过多年，世界各国随着利用水利资源迅速达到极限且又须供应不断增长的人口需求粮食的需要，又重新重视了利用半干旱地区作物生产的潜力。

发展中国家所需增加的食物必须来自半干旱地区。有些国家，如土耳其和伊朗，已把他们粮食自给列入长期规划之中。为达到这个目的，必须大力改进半干旱地区的农业生产方法。旱地农业发达的国家通过大学、国际性协议、合作办事机构以及联合国某些组织正在为发展中国家提供这方面的服务。

本书可作大学教材使用，故而把气候、土壤、水分和作物在干旱条件下人们对它们之间的关系的认识与应用作为一个整体加以论述。然而，其中有关旱地耕作中存在的问题和实际经验的章节，也可供从事改进旱地作物生产的科技工作者和咨询人员参考使用。

从历史的观点看，旱地生产的小谷粒作物（如小麦、大麦与燕麦），谷子和高粱，或豆类作物都是世界人民口粮的

稳定性来源。半干旱地区不仅需要继续提供此类作物，而且必须最大可能提高那里的产量，以适应不断增长的人口需要。

所有半干旱地区在共同问题中各有相似与非相似的内容，这就形成了各个不同的旱区。这里有两个因素——有效水对植物生长的有限供应和严重的土壤侵蚀——是所有半干旱地区的共同问题。沙漠化问题，沙漠向半干旱地区的侵占，是世界某些地方的一个严重问题（特别是非洲的萨赫勒地区），也是不合理利用和滥用土地的结果。沙漠化开始后欲阻止其进展是困难的，因为既需要稳定住土地的继续被侵占，同时也需要完全管理好毗邻的土地。在发达国家中，用于大面积土地耕作的方法和设备是不能直接在发展中国家的小农场中使用的。然而，他们所应用的原理是适用于所有半干旱地区的。小农场可使用的技术和发展中地区需要采用的教育措施则是旱地农业专家面临的重大课题。

第一章 旱地农业耕作概论

旱农耕作是指在半干旱地区靠雨养而无灌溉的作物生产。通常，年均降水约为250~500毫米的地区称为半干旱地区。但是，除去年均降水量之外，其他因素又决定着半干旱地区作物的高产和稳产性能。半干旱地区的温度和降水分布类型，每年和每个季节内的变化很大，因此，旱地农业的主要问题基本上是由气候因素造成的。

世界上的干旱地区

世界干旱地区和半干旱地区的面积将近4,470万平方公里，其中大约39%，即1,740万平方公里为半干旱地区(Paylore与Greenwell, 1979)。

半干旱地区的土地大多不适于农作物生产只宜作放牧地。这些土地对该地区的经济稳定性关系重大，而对它们的管理与作物生产无直接关系。然而，世界上尚有成千上万公顷更适于作为放牧地的土地仍在种植作物。所以，对此应当引起所有农学家的关注，改变此类土地的用途。

世界半旱地区的分布见图2.2—2.7所示(第二章17—22页后)。世界上接近90%的半干旱地区集中于27个国家。其中每一个国家至少有23.4万平方公里的半干旱土地。这些国家在世界粮食生产与供应上将日益重要。这些半干旱地区从寒带到热带都有，不同气候下种植着不同作物，实行不同的管理制度。

美国约有140万平方公里的半干旱土地。其中最大的一

块是在大平原，它横跨十个州约110万平方公里。其他半干旱地区分为沿太平洋西北部地区（包括俄勒冈州东部，华盛顿州东部和爱达荷州北部），山间地区（包括西科罗拉多州的西部，犹他州的部分地区和爱达荷州），和沿太平洋西北部地区（加利福尼亚州）。以上地区的划分未必可靠，而且各个地区的界限也不很明确。

半干旱地区，因某些气候因素的不同而使不同地区所用的作物品种（如有的种春小麦，有的种冬小麦），作物类别和耕作管理制度也不相同。地区间气候的不同，是由降水量和降水分布的不同，冬、夏气温状况和生长季节长短等造成的。

旱农耕作的历史

旱农耕作已有数百年的历史，许多不发达地区至今仍然沿用，但这种耕作类型是和今天发达地区的旱地耕作不同的。许多旱农地区的耕作变化很小，如非州与中东。这些地区许多地方的传统农业，实际性质属于畜牧业，而栽培作物的生产仅在小面积上用人力或畜力进行耕作，一两千年前的耕作方法没有什么改变。某些第三世界国家虽然也有某些改变，但进展却很缓慢。这些国家干旱地区最大的改变是机械（如果当地经济条件许可的话）。然而，他们的耕作方式，播种、管理和收获程序等仍是旧的一套。许多国家仍以雇用劳力，手工操作为主。

许多发达地区的旱作在作物生产与土壤管理方面已进入显著变化时期。澳大利亚、加拿大和美国在旱作生产的集约管理和应用技术方面最为发达，他们的管理体制的演变十分

相似,但也并不完全相同,占重要地位的澳大利亚的绵羊和羊毛生产已实现现代化的管理,不同于其他地区的管理制度。

虽然十九世纪八十年代犹他州首次出现了旱农方面的某些成果记载 (Bracken与Stewart 1931),可是美国旱农问题的解决仍较缓慢。铁路建设对旱农地区问题的解决起到了促进作用。它们对开发这些地区有两方面的好处:将农产品作为商品输入市场使之成为经济收入的来源;铁路建设需要大量土地,当地人民就可以出售这方面的土地。为了说明能够生长农作物,铁路部门帮助几个州建立了农业试验站以招引移民 (Steinel 1962)。农试站的影响甚至扩大到亚利桑那州,使得那里的旱农获得成功 (Clothier 1913)。

直到二十世纪,美国干旱地区许多问题才得到了解决。迁入的垦植者感到自己是在一个完全陌生的农业环境下,缺乏必要的农业耕作知识,也缺少获得有关知识的来源。因此,他们需要有一个研究和解决问题的场所,就在二十世纪初成立了密苏里旱农交流会。以后又成了国际旱农会。国际旱农会共有十二个国家的900名代表于1911年在科罗拉多州的科罗拉多斯普林斯召开了年会。该会每年出版一期通报,是全年资料的重要汇编,其中文章主要是讨论农民短期内的生产经验,也介绍有关耕作制度方面的材料 (多由旱农会议推荐),例如坎贝尔氏的科学土壤耕作制就是推荐资料之一。该耕作制也象多数的耕作制一样,主张以深耕来保墒,还采用土壤压实法 (1909年坎贝尔氏研制成一种机具用以压实耕作层和粉碎表土覆盖地面,以减少土壤大孔隙的比例、减少蒸发)。其他如作物的抗旱育种和新的耕作法在这期间也被提出来了 (Steinel 1926)。

1912年国际干旱会议总部由科罗拉多州的科罗拉斯普林斯迁到加拿大的莱恩布里奇，由于当局对此兴趣不大，大约在1917年前后，该会的活动悄然停止。

1902年前，仅建立了很少几个旱地问题研究试验站，当时使用的是联邦政府的基金。1902—1939年间，在14个州的35个试验站中有一部分试验站使用这种基金。这些试验站大约一半是1912年前建立的，并有28个站设在大平原的各州，其余设在山间地区和沿太平洋西北部地区。20世纪50年代中期以前，一些州又建立了研究旱农的试验站37个。上述各地先后建起的许多试验站未能继续接受联邦政府的基金。

约在1915年，几个试验站首次出版了研究通报，首先报道各地区的实际研究报告（Thysell等 1915；Stephens与Hill, 1917）。回顾该研究通报早期的一些文章可以看出，旱农耕作问题的先驱研究者花费了很多时间，做出了一定贡献。

加拿大最大的干旱地区是美国大平原在加拿大艾伯塔和萨斯克彻温二省的延伸。位于不列颠哥伦比亚省南部的一小块半干旱区是美国沿太平洋西北部半干旱地区的延伸。加拿大旱地农业研究的时间和美国一样，而且在研究和实践两方面与邻近美国的地区十分相似。

澳大利亚各州都有半干旱地区（Meigs, 1953），但其北部地区的农作物生产在经济上不占主要地位。澳大利亚的旱农生产虽是独立发展起来的，但却与北美的情况十分相近。他们在连作与夏季休闲等方面进行了同样的试验，但许多地区更多地是采用牧草与作物的轮作。他们现行的耕作制度，由于整个经济发展中羊毛生产的需要而实行降低谷物的生产（Webber等, 1976）。这种制度对绵羊业和谷物生产

均有利。

二次世界大战后，特别在最近一、二十年中的大步阔进，发达国家在旱作生产方面取得了引人注目的进展。改进耕作、播种与收割机具，培育高产抗病品种，以及有效施肥等均对改进作物生产作出了贡献。

热带半干旱地区较温带干旱地区降水较多，但它们具有特殊的旱季，其间的蒸发超过降水。热带半干旱地区的雨季长约2—10个月。印度的热带半干旱地区年降水量约为400—1500毫米。该地区作物种植期很大程度上决定于降雨期，因为那里的全年气温变化很小（Krishnamorthy, 1974）。

旱地农业的发展

许多发展中国家现已认识到要使谷物产品能够自给，必须改进旱地农业的耕作方法。这些地区许多地方的气候条件适于作物生产，特别是地中海和中东地区更是如此，但是数百年来这些地区有许多土地却被无理滥用。因此，这些地区要获得稳定的粮食生产，土壤与气候不是要解决的唯一问题。数百年的传统农业耕作和社会习惯是延缓采用新耕作方法的原因。印度农业管理水平低下（使它不能获得高产），主要就是受到传统农业耕作的限制（Kampen等, 1974）。用于作物生产的水分仅为年降水量中相对小的一部分，而土壤侵蚀又不断降低了土地的生产潜力。

这些地区也许必须经历一个象发达的干旱地区已经经过的那种改进农业管理制度的时期。但是，目前已有一批可供利用的资料，能使他们的改进过程的时间比已经发达地区的时间更短些、受的损失更少些。

第二章 气候

天气通常是半干旱地区的重要因素，因为降水的类型与分布对农业生产极端重要。其它因素，如损害未成熟作物的冰雹或干热风，也是为害一些干旱地区的重要因素。为了解决某一特定地区最稳定的农业生产类型还需考虑一些短期的或是一天的气候变化的可能性及其发生频率。气候，或者说大气的一般状态，如夏、冬季气温、年和季的降水、风向与风速等，都在制约着各地农业的潜力。因为气候因素是以平均值表示的，所以气象预报的准确性取决于气候因素的离均差的大小和频率。不稳定性是首要因素，因为它是危害农业生产的最重要因素。

一个特定地区的天气，是由控制该区水、热平衡的大气流动的特殊模式决定的。水与热之间有着直接的、紧密的联系，而且彼此之间互相影响。此二者的特性结合起来就决定着该区的天气状况 (Thornthwaite, 1958)。

热带地区的茂密植被和雨林，是由于赤道的热空气上升后受冷形成降水造成的。由此可知，从赤道向南、向北运动的空气都是干燥的，到了南纬 30° 和北纬 30° 下降的空气便形成干旱的原因。一般讲，半干旱过渡区与出现于南北纬 30° 以外地区的空气模式是相一致的 (Wallen, 1966)。

陆地和海区的分布又影响着纬度对气候的制约。由于陆地吸收辐射热比水快，所以地表热的快，又因它放出的辐射热比水快，所以地表冷的也快。夏季陆地辐射热的吸收力大于散发力，所以陆地比海洋热。当冬季和夜间辐射热吸收较少

时，陆地要比海洋冷的快。陆地较快的热冷变化造成了大陆的日夜温差比海洋的大，出现了白天温度高、夜间温度低的现象。四季的气温变化也是同样的道理，大陆夏、冬温差比海洋的大。水面上的云层和湿度均可加大拦截辐射热，因而有助于降低温差。

干旱和半干旱地区的气候由于受盛行西风或受地形阻碍着海洋气团的入侵而使它们也受大陆性气候的影响。然而，干旱地区在降水的时间、程度、降水类型以及气温的季节性变化或者其它可测知的天气因素等各不相同。

由于地形上的障碍或因距离海洋性空气源的远近，干旱和半干旱地区都位于南纬 30° 和北纬 30° 以外的地区内。距离温湿空气源越远，空气越干燥；由于受高山的障碍，空气就要上升，就变得越冷，所以在背风处的一侧形成了干旱条件。例如，北美州中纬度地区盛行的西风，把湿空气带到了太平洋沿岸地带。当空气上升越过海岸山脉地区时便变得比较干燥，所以在这些山区与洛基山脉间干旱和半干旱是主要的。

当盛行西风越过落基山脉后，干旱更甚。通常，半干旱的大平原的东部受到来自太平洋湿空气带来的降水非带少。那里的降水是由气旋与峰面的原因造成的。大平原大多数的降水是由北极冷空气团遇到来自墨西哥海湾向北移动的热湿空气而形成的 (Thorntwaite, 1941)。潮湿空气升高、遇冷后形成降水。两种不同类型的空气团相遇而作用猛烈时便会造造成大暴雨和冰雹。此种暴雨在这一地区的出现，比山间半干旱地区的西部的频率高。

美国的大平原地区的降水量通常很低，因为从墨西哥海

湾来的热湿空气通常沿密西西比河谷向东流动至大西洋，而不能到达大平原地区。穿过大平原的热空气团一般来源于墨西哥的高原地区，而且湿度非常小。从墨西哥湾移动到大平原区的潮湿空气的气压必然得到相应的改变。

因为空气团距离其来源越远，其中的水分含量越少，所以在它遇冷后降水亦少，也就出现大平原一般由南向北降水递减现象。如得克萨斯州南部的降水约为635毫米，但到该平原的北部只有305毫米 (Thornthwaite, 1941)。

北非的干旱地区是由于盛行西风把地中海来的湿空气吹离非洲海岸造成的。相反，欧洲的地中海沿岸地带却无干旱区。这是因为盛行西风把海洋空气带进了这片陆地的缘故。西欧之所以没有干旱地区，是因为盛行西风把大西洋的湿空气无阻挡地带进了这块内陆。

气 候 分 类

气候的分类有许多种方法。以自然乡土植被为气候分类标准的方法已沿用多年。虽然植被反映了气候的影响，但在某一特定地区内植被本身并不提供气候因子变异的信息。一般说，在某些重要气候因素不同的气候区可以有相同的自然植被。所以植被仅可反映某一特定地区一般的共同气候条件，而并不反映单个的气候特征。矮生植被通常可说明大范围内的降水与蒸散的某种关系。植被的种类不能说明降水的类型、数量和年降水分布，蒸散率以及夏、冬二季的最低和最高气温。

文献中区分半干旱气候的标准是：潜在蒸散，有效降水指数 (P-E) 和水分指数 (Thornthwaite, 1931; 1948;

Thornthwaite与Mather, 1955)。

适于作物生产的半干旱区必须要有潮湿期、中间期和干旱三个时期 (Papadakis, 1966)。潮湿期月降水超过潜在蒸散力；中间期月降水加土壤蓄水等于或大于潜在蒸散力的50%；月降水加土壤蓄水少于潜在蒸散力的50%者为干旱期。一般讲，任何地区如仅有干旱期，或干旱期和中间期的均不适于作物生产，因为一年内某些阶段中土壤是必须蓄水的。

蒸发、蒸腾、蒸散和有效降水几个术语常用以表示水分的可利用性和它们同植物生长的关系。蒸发一词，用以说明在土壤—植物—水分系统中，水从土壤中以水汽形式移动出去；蒸腾是指水份从土壤中通过植物散失于大气中的过程；蒸散(即土壤水分蒸发与蒸腾的总量)是上述蒸发和蒸腾的缩约形式，即在一定时间、特定地区内通过植物散失的水分和从土壤中散失的水分总量。有效降水是指所降的水未经蒸发损失、径流损失(地表水流损失)或深层渗漏(水分渗入地层深部植物根区以下)，而保留在植物根区的水分。潜在蒸散力不同于发生在某一具体地区的实际蒸散。前者指在土壤中含有充分的水，这种水除供植被全年使用外，还将从全部复盖植被的地表返回到大气中的水分量(Thornthwaite, 1956)。实际蒸散是指在一定时间内在当地气候和土壤水分条件下通过土壤和植物散失的水分。

许多因素制约蒸散作用，但蒸散作用的发生必须具备两个基本条件，即必须有为蒸发提供的热能和必须有从蒸发表面把水蒸汽运出去的传送机制 (Penman, 1956)。上述二条件的性质属于气象学。一般说来，气候因子是控制蒸散过程的，然而土壤和植物因素也积极参与活动，且无时不在影响

和改变着气候因子。

在半干旱条件下，由于土壤中可蒸发的水分欠缺，蒸散作用往往很低，尽管潜在蒸散力或许很高。干旱地区由于缺乏云和雨，所以潜在蒸散力有所增大，最终形成白日气温较高而相对湿度较低。

一个地区的天气是干是湿，不能只以降水为基本条件，还需应用一些方法测定该地区水分是不足还是过剩。每个地区的水分不足或过剩均不相同，即使在特定的地方各个季节的水分情况也不相同(Thornthwaite, 1948)。但任何特定地区都可用有效降水指数(P—E指数)和水分指数估计其水热关系。

P—E指数是以月平均降水与月平均气温之比，再用适当的约束数值加以修正后，即可得出每年的P—E指数。1931年，Thornthwaite确定了五种主要水分范围的P—E指数，如表2.1所示。

表2.1 各湿度范围的P—E指数

湿度范围	P—E指数
高湿区	>128
潮湿区	64—127
次湿区	32—63
半干旱区	16—31
干旱区	<16

此种分类法是经验性的，而且不能鉴别某一特定地区的