

Zhongguo Nongcun Shuku

★ 赵聚宝 赵琪 编著

★ 中国农业出版社



抗旱增产技术

中国农村书库

抗旱增产技术

赵聚宝 赵琪 编著

中国农业出版社

中国农村书库
抗旱增产技术
赵聚宝 赵琪 编著

* * *
责任编辑 刘存

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787mm×1092mm 32开本 6印张 130千字

1998年2月第1版 1998年2月北京第1次印刷

印数 1~5 000册 定价 5.70元

ISBN 7-109-05187-0/S·3282

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)

出版 说明

党的十一届三中全会以来，在邓小平建设有中国特色社会主义理论的指导下，我国在农村实行了一系列改革开放政策，使农村面貌发生了巨大变化。但是，我国农村发展的潜力还很大。为了实现农村经济快速增长、富国强民、振兴中华民族的宏伟蓝图，迫切需要依靠科学技术振兴农业和农村经济。为此，中国农业出版社组织编辑人员深入农村进行了大范围、多层次的实地调查，根据农民的需要，约请了全国数百位具有较高理论水平和丰富生产经验的专家，编写了这套《中国农村书库》大型丛书。希望通过这套丛书的出版，对我国农业生产、农村经济的发展和农民生活起到指导作用。

这套丛书共有 100 余种，内容涉及到与农民有关的方方面面，如农业政策、法律法规、思想道德、农村经济、种植业、养殖业、农产品储藏加工、农用机械和农村医疗保健等。考虑到目前我国农民的文

化水平，本套丛书使用了通俗易懂的语言文字，并多以问答的形式编写成书；注重理论联系实际，说理明白，使农民知道更多的道理；农业生产技术方面，着重介绍生产中的主要环节，关键性技术、方法和成功经验，其中不少是国内外研究成果和高产、优质、高效生产技术，可操作性强；力求科学性、实用性相结合，使农民学习之后，能解决生产中遇到的问题，并取得较好的效益。

衷心希望农村读者能从这套丛书中获益，通过辛勤劳动，早日脱贫致富，过上小康生活。

中国农业出版社

1997年7月

目 录

出版说明

一、我国干旱的发生规律	1
(一) 我国历史上的旱情	1
(二) 干旱的类型	3
(三) 干旱的指标	5
(四) 干旱的地区分布规律	9
二、土壤水分的动态变化规律	16
(一) 土壤水分的有效性	17
(二) 土壤水分的运动	25
(三) 土壤水分的季节变化 规律	35
三、合理耕作, 蓄水保墒	38
(一) 深耕蓄墒	39
(二) 耙耱保墒	44
(三) 镇压提墒	48
(四) 中耕保墒	51
(五) 抗旱耕作法	53
四、径流集蓄	59
(一) 径流集蓄技术分类	60
(二) 径流集蓄的技术措施	63

(三) 雨水集蓄技术	67
(四) 引洪淤灌	91
五、节水灌溉	94
(一) 节水灌溉的重要意义	94
(二) 平整土地	96
(三) 节水灌溉制度	98
(四) 节水灌溉技术	112
(五) 抗旱用水经验	122
六、地面覆盖	123
(一) 地膜覆盖	124
(二) 秸秆覆盖	142
(三) 砂石覆盖	155
七、化学控制	163
(一) 保水剂	164
(二) 抗蒸腾剂	173
(三) 钙-赤 (Ca-GA) 合剂	182

一、我国干旱的发生规律

(一) 我国历史上的旱情

水是农作物正常生长发育所不可取代的生活因素，是有机体的主要组成部分，一般植物体内都含有 60%—80% 的水分，是植物进行光合作用所必需的原料。水分还影响营养物质的吸收和运输，植物体只有在充足的水分条件下，细胞才能维持一定的膨压和进行正常的蒸腾作用，使整个生理过程保持平衡。在农作物的生长发育过程中，各个生育时期都必须有充足的水分供应。供水不足，就会受旱减产。

我国农业的耗水，主要来源于自然降水。如果长期无雨或某一年、季、月或旬的降水量比多年同期平均降水量显著偏少时，必然会导致干旱。

我国地处欧亚大陆的东南部，东濒太平洋，直接受到世界上最大的大陆和最大的海洋的影响，季风盛行，寒、暖、干、湿的季节变化明显。冬季受来自西伯利亚一带的冬季风的影响，天气寒冷干燥；夏季受来自北太平洋和南印度洋副热带高压的东南季风和西南季风的影响，湿热多雨；春、秋两季是冬夏季风的交替时期，天气多变。在冬、夏季风间的交锋区域，常常形成绵延数千公里、宽数百公里的季风（锋面）雨带。当夏季风的前缘（即极锋所在的位置）到达某地时，这里的雨季也就开始了。我国各地雨季的迟早、长

短和雨量的多少与夏季风进退、强弱变化紧密相关。由于每年夏季风来的迟早、推进的远近、势力强弱都不一样，造成我国降水量年际变化大，干旱发生次数频繁、持续时间长、范围广、危害大。干旱在全国各地都可能发生，是危害国计民生的一种主要农业气象灾害。

干旱不但能使农作物、树木、牧草生长不良，导致减产歉收，还可使江河湖水减少，地下水位下降，给人畜生活用水造成困难，从而造成社会灾荒。根据历史记载，从公元前206年到1949年的2155年中，发生旱灾达1056次之多，平均每两年发生一次。我国北方的旱灾更为频繁，自16世纪以来的400多年中，每100年发生的旱灾次数，少的31次，多的91次。崇祯年间（1637—1643）大旱，整个35°N以北地区有5年是大旱年。清乾隆年间，北京连续20年（1741—1760）干旱，其中有6年为大旱年。长江流域虽然雨水充沛，但旱灾仍很严重。1646—1649年，四川连旱4年，其中3年是大旱年，出现“全蜀大饥，人相食”的惨象。1949年以来，旱灾仍很频繁，受旱面积也很大。据分区统计，1951—1980年的30年中，西南地区发生26次干旱，平均每年0.86次；华南地区发生37次干旱，平均每年1.23次；黄淮海地区发生84次，平均每年2.8次；长江流域地区发生68次，平均每年2.27次；东北地区发生42次，平均每年1.4次。另据中国水利水电科学研究院统计，1950—1979年全国平均每年受旱面积2.94亿亩，占全国耕地总面积的19.6%，其中受旱成灾（减产30%以上）面积1.01亿亩，约占全国耕地面积的6.7%。1959年12月～1960年6月总降水量比历年同期少30%～60%，连续150～180天无透雨，全国受旱面积达5亿亩，鲁、豫、晋、陕均

有水井干涸，河水断流的情况，土壤含水量普遍在 10% 以下，小麦全生育期干旱缺水；1972 年是我国百年一遇的严重旱年，受旱面积 4.5 亿亩，华北、华中和西南等地区在春旱之后，7 月份降水量又比常年减少 60%~90%，汉口、长沙、贵阳、太原、北京等地 6~8 月的总降水量为 1951 年以来的最低值，不少地区水库干涸、河水断流，海河水位出现最低值，黄河在济南以下断流 20 天。许多地区人畜饮水困难；1965 年华北地区发生春、夏、秋三季连旱，内蒙古南部、甘肃河西、宁夏、陕西北部、山西、河北、北京、河南北部、山东西北部等地区 5~10 月的总降水量只有 100~250 毫米。内蒙古大部分地区和宁夏的银川地区仅 45~75 毫米，均比常年少 5~7 成。河北的保定、沧州、衡水，山东的惠民以及山西的太原、介休等地连续 2~3 个月未下透雨，沁河和南运河一度断流，人畜饮水困难，土壤含水量一般在 10% 以下，有的降到 5%，农作物受干旱危害非常严重；1978 年江淮流域发生严重干旱，降水量偏少 3~5 成，干旱持续 3~5 个月之久。旱情最严重的安徽省，大片农田龟裂，不少秋作物枯死，水稻、棉花、花生等作物大幅度减产，相当一部分乡村人畜饮水极感困难。

(二) 干旱的类型

干旱可按发生的原因或发生的季节进行分类。

1. 按干旱发生的原因分类，可分为土壤干旱、大气干旱和生理干旱三类。

(1) 土壤干旱。在长期无雨或少雨的情况下，土壤含水量少，土壤颗粒对土壤水分的吸力加大，植物根系难以从土壤中吸收到足够的水分来补偿蒸腾的消耗，造成植物体内的

水分收支失去平衡，从而影响生理活动的正常进行，植物生长受抑制，甚至枯死。

(2) 大气干旱。在太阳辐射强、温度高，湿度低并伴有风力天气条件下，植物蒸腾消耗的水分很多，即便土壤并不干旱，根系吸收的水分也不足以补偿蒸腾失水时，致使植物体内的水分入不敷出，水分状况恶化，茎叶卷缩，甚至青干死亡。大气干旱就是常说的干热风。

(3) 生理干旱。在土壤环境条件不良的情况下，根系的生理活动遇到障碍，吸水困难，导致植物体内水分失去平衡而发生旱害。例如土壤溶液浓度过高，致使植物根系吸水困难而发生的干旱，即为生理干旱。

本书所讨论的干旱，都是土壤干旱。

2. 按干旱发生的季节来分，干旱可分为春旱、夏旱、秋旱、冬旱和季节连旱。

(1) 春旱。春旱是指发生在3~5月份的干旱。春节温度回升很快，空气干燥，太阳辐射强，风力大，蒸发力强，一旦春季长期无雨或降水量明显偏少，就易发生春旱。春旱影响春播作物播种出苗，造成缺苗断垄；春也影响越冬作物生长，使冬小麦返青后生长不良，穗数、粒数减少，粒重降低而减产。

(2) 夏旱。夏旱是指发生在6~8月份的干旱，通常分为初夏旱和伏旱。夏季太阳辐射强，气温高，大气蒸发力强。此时农作物已进入旺盛生长季节，耗水强度大，一次较大的降雨，也只能维持3~5天，便消耗殆尽。所以在夏季遇到较长时间无雨或少雨天气，土壤水分就会迅速减少而发生旱害。初夏旱不仅影响冬小麦生育后期灌浆成熟，也影响夏播作物及时播种。7~8月份是我国北方的雨季，也是大

秋作物需水关键期，干旱不仅严重影响当年粮、棉作物产量，而且还影响土壤蓄墒，对翌年夏收作物产量也有明显影响。

(3) 秋旱。是指发生在9~11月份的干旱。9月份以后，副热带高压迅速南退东撤，大陆雨季相继结束，降水量显著减少，而农田蒸发蒸腾耗水仍较大，如果这时的降水量再比常年偏少，就会发生秋旱。秋旱影响晚稻和秋作物灌浆成熟。在冬麦区，秋旱影响秋播出苗和冬前生长。

(4) 冬旱。我国冬季受大陆性干冷气团控制，降水稀少，且多西北大风，各地多以干旱为主。在北方，大部分农田休闲，越冬作物也处于休眠状态，需水量很少，所以冬旱对农作物危害较轻。但在华南和西南地区，冬季温度较高，尚有作物生长，冬旱危害较重。

(5) 季节连旱。有些年份干旱持续时间较长，连续两个季节以上发生的干旱，称为季节连旱。据统计，我国出现过春夏旱、夏秋旱、秋冬旱、冬春旱、春夏秋旱和全年连旱等6种季节连旱。季节连旱持续时间长，对农业生产的危害比较大。

干旱虽然发生在某一个季节里，但往往是前一个季节甚至几个季节降水偏少，逐步发展的结果。例如华北地区的春旱几乎总是与头年秋雨、冬雪偏少联系在一起。

(三) 干旱的指标

干旱指标是确定干旱是否发生及其严重程度的标准，是研究分析干旱的基础。由于干旱成灾受多种因素的综合影响，所以许多研究者提出了各种不同的干旱指标。现介绍几种比较常用的干旱指标。

1. 降水量 一般来说, 一个地区的种植制度、耕作措施和作物布局是长期适应当地自然降水规律的结果。因此, 在常年降水量条件下, 农业生产水平是比较稳定的。但是, 如果某一年或某一时段的降水量比常年明显偏少时, 就会发生干旱。因此, 用降水量作干旱指标能在一定程度上反映旱情。例如北京农业大学在分析北京地区旱涝时提出的春旱、初夏旱和伏旱的指标列于表 1。

表 1 北京地区各类干旱的指标

干旱类型		月 份	占常年同期降水量的百分率	降水量 (毫米)	出现频率 (%)	出现年份 (年)
春旱	轻旱	3~5	<70	45	25	1957、1959 1961、1962 1962、1966
	重旱	3~5	<40	25	12	1968、1972
伏旱		7~8	<60	250	21	1951、1962 1962、1971 1972
初夏旱		6月下旬至7月上旬	<40	35	21	1960、1961 1965、1968 1972

2. 降水距平百分率 由于我国各地的年平均降水量差异很大, 用降水量作干旱指标难以确定全国统一的指标。因此常常用降水距平百分率作干旱指标, 其表达式为:

$$D = \frac{R - \bar{R}}{\bar{R}} \times 100\%$$

式中, D 为降水距平百分率 (%); R 为某时段的降水量 (mm); \bar{R} 为同期多年平均降水量 (mm)。

降水距平百分率计算简便, 适用性强, 可在考虑前期降水量、干旱持续时间、干旱发生季节和作物所处的生育期的基础上灵活选取指标。原中央气象局在分析我国旱涝时确定

的干旱指标列于表2。

表2 干旱指标

早 期	干 旱 等 级	
	早	大 旱
连续3个月以上	-25% ~ -50%	-50% ~ -80%
连续两个月	-50% ~ -80%	-80% 以上
一个月	-80% 以上	

3. 连续无降水日数 在自然条件下，降水是土壤水分的主要收入项，如果某一时段无雨，则土壤水分收入近于零，而土壤蒸发和作物蒸腾却要连续不断地消耗土壤水分。收不敷出，土壤水分便逐渐减少。当土壤含水量减少到毛管断裂含水量以下时，便发生干旱。连续无降水日数越多，干旱越严重。特别是在作物生长旺盛时期，叶面积大，蒸腾耗水多，连续几天无雨就可能发生干旱。湖南省的黄花菜在盛夏时节生长茂盛，需要消耗大量的水分和养分，一场中雨只能满足3~4天的消耗，连续5天无雨，植株就显出旱象，部分花蕾因缺水而萎黄脱落，连续10天无雨就会发生大量花蕾脱落，造成严重减产。

4. 土壤水分 作物直接吸收的水分主要来自土壤。土壤中水分含量不同，土壤对水分的束缚力也就不一样，土壤水分的运动状态及其对作物的有效性就有明显的差异。田间持水量是土壤水分对植物可给性的上限。当土壤水分含量减少到一定限度时，水分移动得非常慢，毛管水的联系状态开始断裂，这时的土壤含水量叫作毛管联系断裂湿度，它是作物适宜土壤含水量的下限。当土壤含水量低于毛管联系断裂湿度时，作物开始缺水，生长受阻。土壤含水量进一步减

少，土壤对水分的束缚力逐渐增强，土壤水分运动受到的阻力更大，作物吸水更加困难。当作物吸收的水分不足以补偿蒸腾耗水时，作物就会因不能维持膨压而开始凋萎。作物开始凋萎时的土壤含水量叫作暂时凋萎系数。土壤水分再继续减少，当减少到作物在夜间或补充水分后也不能恢复膨压而表现出永久凋萎时，这时的土壤含水量叫作永久凋萎系数。它是土壤有效水分的下限，在这样的土壤水分条件下，作物就会严重受旱并逐渐死亡。

从上述可知，土壤毛管联系断裂湿度是旱与不早的指标，但不同作物及其不同生育时期对缺水的敏感程度不同。因此，常针对不同作物的不同生育期定出具体的指标。例如，春旱对春播出苗影响很大，很多调查材料证明，春播时土壤含水量能达到凋萎系数的1.5~2.0倍，就可以基本上保住全苗。但春播出苗的最低土壤湿度，不同作物之间也有一些差异（见表3）。

表3 几种作物春播出苗的最低土壤湿度（%）

土壤类型 作物	粘 土	壤 土	砂壤土	砂 土
棉 花	18~22	15	12~15	10~12
玉 米	17	13~14	12	10
高粱、谷子	15	12~13	10	6~7
花 生	15~16	12~13	10~11	9

对冬小麦来说，春旱的土壤水分指标应该高一些。因为3~5月正是冬小麦起身、拔节、抽穗等需水较多，对缺水非常敏感的时期。这个时期轻壤土的含水量应保持在15%~18%，如果耕层的土壤含水量低于13%~15%，旱象就会

露头。

土壤有效水分储存量是指某一厚度的土层所含有有效水分的毫米数。如以土壤有效水分储存量作干旱指标，其值随考虑的土层厚度和作物生育期而不同。如谷类作物从分蘖到拔节，0~20厘米土层中有效水分储存量不足20毫米，就会明显受旱；从拔节到开花，0~100厘米土层的有效水分储存量少于80毫米，作物就会因水分不足而出现受旱的症状。

(四) 干旱的地区分布规律

我国东部处于东亚季风区，降水主要发生在冬、夏季风交绥的地区。各地雨季的迟早、长短和雨量的多少与夏季风进退、强弱密切相关，降水的季节分配比较集中，且愈北集中程度愈高，雨季愈短，而且年际变化大，旱灾多。表4从南到北列出6个台站的干旱月数和连旱次数，可以看出纬度对干旱的影响。

表4 干旱随纬度的变化

台站名	纬度 (度, 分)	经度 (度, 分)	海拔高度 (米)	干旱月数		连旱次数				统计年数
				月数	百分比 (%)	2个月	3个月	4个月	5个月	
广州	23°08'	113°19'	6.3	86	24	2	2	0	0	30年, 360个月
赣州	25°50'	114°50'	123.8	87	24	2	2	0	0	30年, 360个月
武汉	30°38'	114°04'	23.3	80	22	5	2	0	0	30年, 360个月
郑州	34°43'	113°39'	110.4	158	53	17	7	1	0	30年, 300个月
德州	37°26'	116°19'	21.2	172	64	9	7	2	2	30年, 270个月
沈阳	41°46'	123°26'	41.6	60	22	0	0	0	0	30年, 270个月

从表4可以看出，我国偏低纬度（20°~30°N）地区干旱月百分数较低（22%~24%），连旱2个月、3个月的次

数较少，30年内仅出现2~5次。中纬度（31°~40°N）地区干旱月数约为低纬度地区的2倍，百分比增至50%~65%，连旱2个月、3个月的次数达到7~17次，为低纬度地区的3~8倍，还出现连旱5个月的大旱，这是低纬度地区所没有的。偏高纬度（41°N以北）地区干旱月数与百分比及连旱次数比中纬度地区明显减少，与低纬地区相近，在统计时段内，沈阳干旱月百分比为22%，未出现连旱现象。王瑞珍等把我国100°E以东地区分为5个纬度带，各分5个时段统计大范围干旱出现的频次（表5），结果表明，各时段低纬度干旱发生的频次较少，随着纬度增高，干旱增多，到35°~40°N达到最大值，40°N以北又减少。总的来看，近500年中，北方出现大范围干旱的机率比南方大。

表5 各纬度带各时段大范围干旱出现的频次

时段(年) 纬度带(°N)	时段(年)				
	1470—1569	1570—1669	1670—1769	1770—1869	1870—1977
40以北	—	—	—	—	10
35~40	15	16	8	6	13
30~35	6	9	5	5	9
25~30	6	6	4	4	6
25以南	—	—	—	—	4

我国北方，特别是35°~40°N的华北地区，干旱频繁的根本原因是由于它位于东亚季风区的北部，每年夏季风来的迟，去的早，降水集水于夏季。位于41°N以北的东北地区，由于气旋活动较多，降水比较稳定，降水变率比较小，加上纬度较高，气温较低，蒸发量较小，所以旱情比华北地区轻。从各地区1950~1979年受旱面积和成灾面积占全国受旱面积和成灾面积及占该区耕地面积的百分数（见表6）