

北方旱地农业生产技术丛书

旱区农田节水灌溉技术

西北农业大学干旱半干旱研究中心 主编

林性粹 编著

农业出版社

西北农业大学干旱半干旱研究中心主编

林性粹 编著

北方旱地农业生产技术丛书

旱区农田节水灌溉技术

北方旱地农业生产技术丛书
旱区农田节水灌溉技术
西北农业大学干旱半干旱研究中心主编
林性粹 编著

• • •
责任编辑 张兴瓚

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

787×1092mm32 开本 5 印张 97 千字
1991年3月第1版 1991年3月北京第1次印刷
印数 1—920 册 定价 2.45 元

ISBN 7-109-01791-5/S·1186

编 者 的 话

旱地农业系指降水不足地区的无灌溉的农业，主要分布在半干旱和半湿润易旱地区。它在世界的粮食和经济作物的生产中占有重要地位。世界上的基本作物，如小麦、高粱和谷子以及其他一些重要作物，大部分种植在旱地上。目前世界上耕地面积共有210多亿亩，其中有灌溉条件的不到15%，其余85%以上的耕地都是依靠天然降水从事农业生产的。

我国是一个干旱半干旱土地面积很大的国家，包括我国北方15个省、市、自治区中的645个县，占全国土地面积52.5%。就耕地面积而言，旱地面积约占全国耕地面积74%以上。其中除水浇地以外，没有灌溉条件的旱地，尚占50%以上。因此，旱地农业在我国农业生产中也占有非常重要的地位。这些地区土地类型多种多样，自然资源丰富，有利于农林牧副渔的综合发展。特别是光热资源比较充足，大部分地区总辐射值均在120—160千卡/厘米²·年之间，全年日照总时数一般在2000—3000小时之间，而且由东到西，逐渐扩大，昼夜温差明显，有利于植物生产有机质的积累。因此，这些地区作物的千粒重和品质，常比多雨地区为优。而目前

这些地区由于土地利用不合理、生态平衡失调等原因，农林牧产量低而不稳。如黄土高原粮食耕地平均亩产只有50—60公斤，草原载畜量和产肉率也很低。如果改进生产条件，因地制宜地把传统的农业生产技术与现代的农业生产技术结合起来，充分发挥它的优越条件，克服不利因素，使粮食亩产提高25—50公斤，北方旱区即可增产粮食125—250亿公斤。因此，北方旱区农业生产的发展在我国的农业生产建设中潜力是很大的，确实具有极其重要的战略地位。

我国旱地农业已有几千年的历史，广大劳动人民在与干旱作斗争的过程中，创造和积累了许多行之有效的精耕细作、蓄水保墒、用养结合的耕作栽培经验。近年来，北方旱区的广大农业科技工作者在总结群众的旱农经验，运用现代的科学技术，探讨旱农的基本理论和适用技术方面，作了大量的研究工作，取得了可喜的成绩。在点面结合，试验推广方面，也取得了显著成效。为了总结和推广这些先进经验和研究成果，西北农业大学干旱半干旱研究中心受农业出版社的委托，主持编写了这套《北方旱地农业生产技术丛书》。这套丛书包括旱地蓄水保墒技术、旱地农业土壤培肥技术、旱地农业覆盖栽培技术、旱地小麦综合栽培技术、旱地秋作物栽培技术、旱地牧草栽培技术、旱地育苗造林技术、旱区农田节水灌溉技术分册。

本丛书的主要读者对象是农民和农民技术员，也可供有关农业科技工作者参考。

本丛书在前西北农学院院长、西北农业大学干旱半干旱研究中心主任万建中的指导下，由西北农业大学干旱半干旱

研究中心贾永堂具体主持编写工作，参加编写的人员有西北农业大学钮溥、许萱、卢得仁、李祖荫、尉庆丰、蒋纪芸、林性粹、马长德；陕西省农业科学院张冀涛、梁宏儒；西北林学院薛德自等。

本套丛书在编写过程中还得到西北农业大学、西北林学院和陕西省农业科学院有关领导和专家教授的大力支持和协助。

鉴于旱地农业生产技术比较复杂，各个不同类型地区的具体要求又不相同，我们在编写中除了尽量注意根据不同类型地区的特点提出技术要求外，还特别注意从基本原理上作一些分析和论述，以便读者结合各地实际，灵活掌握，具体应用。

编 者

目 录

一、节水灌溉在我国北方旱区农业生产上的意义.....	1
(一) 我国北方旱区缺水严重	2
(二) 我国北方旱区农田灌溉用水中的浪费情况	4
(三) 节水灌溉是我国北方旱区农业生产持续发展的 根本出路	8
二、加强灌溉管理, 提高用水效率.....	13
(一) 加强灌溉用水管理, 全面实行计划用水	14
(二) 改革灌溉管理体制, 实行岗位责任制	27
(三) 厉行节约用水, 合理调配农田灌溉水量	34
(四) 搞好田间工程配套, 建设高标准农田内部 条(方)田	44
(五) 调整水价, 合理征收水费	61
三、农田节水灌溉技术.....	73
(一) 地面节水灌溉技术	73
(二) 低压管道灌溉技术	86
(三) 喷灌技术	98
(四) 滴灌和渗灌技术	111
(五) 渠道防渗技术	123
(六) 提高水分利用效率的田间管理技术	130
(七) 田间灌水、量水的测算技术	140

一、节水灌溉在我国北方旱区 农业生产上的意义

水利是农业的命脉，尤其是在干旱半干旱地区，无论是旱作农业还是灌溉农业，都必须首先着眼于水，解决好“水”这个举足轻重的问题。我国北方干旱半干旱地区（简称旱区），地域辽阔，资源丰富，农业生产潜力很大，但是由于降雨量较少，旱灾频繁，严重影响农业生产的发展。而发展灌溉农业，又受水资源不足的限制。因此，在这些地区，除了发展旱作农业以外，有条件灌溉的地区，应当把节水灌溉放在重要地位。在旱作农业地区，有条件的地方，也应尽可能进行补充灌溉或称有限灌溉。因此，节水灌溉技术不管在旱作农业地区或灌溉农业地区，都有大力提倡的必要。

我国第一部水法《中华人民共和国水法》（1988年11月21日第六届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过）中，有两条条文明确规定：“国家实行计划用水，厉行节约用水。”（第七条第一款）和“在水源不足地区，应当采取节约用水的灌溉方式。”（第十五条第二款）。我国水法所以作出这样的规定，主要就是因为我国水资源紧缺，特别是在

我国北方旱区，一方面水资源严重不足，而另一方面又有很大浪费。在农业用水方面，这个问题更为突出。

（一）我国北方旱区缺水严重

我国北方旱区主要分布在沿昆仑山脉、秦岭、淮河一线以北的绝大部分地区，大致包括我国北方15个省、市、区的645个县，土地面积约占全国总面积的二分之一，耕地约占全国耕地面积的46%，但是年径流量却只有全国的18%，水源相当欠缺（表1—1和表1—2）。其中黄淮海平原缺水最为严重。这个平原的耕地面积约占全国耕地面积的40%，但年径流量只占全国的6.6%；尤其是海滦河和淮河流域缺水更厉害，这两个地区的土地面积占全国的6.8%，但年径流量更少，只占全国的4%，而人口和耕地却都占全国的27%，是我

表 1—1 我国北方七片水资源（多年平均）总量表

单位：亿立方米

流 域 片	河川径流量与地下水补给量之和			重 复 水 量				水资源总量
	河 川 径流量	地下水 补给量	合 计	山丘区河 川基流	平原区河 川基流	河道灌 溉渗漏	合 计	
黑龙江流域片	1192	552	1744	256.3	32.0	66.9	355	1389
辽河流域片	486	229	715	98.0	6.7	29.5	134	581
海滦河流域片	292	277	569	100.7	16.0	45.8	163	406
黄河流域	688	422	1110	271.1	6.9	69.8	348	762
淮河流域片	766	454	1220	88.2	55.4	42.2	196	1024
内陆河诸河片	1116	945	2061	443.7	2.7	407.9	854	1207
额尔齐斯河流域	103	59	162	45.5		12.9	58	104
北方七片合计	4643	2938	7581	1303.5	129.7	675.0	2108	5473

注：水资源总量中未扣除平原地区河川径流量和地下水补给之间的重复水量。

表 1—2 我国北方五大江河流域的水土资源

流 域		土地面积 (万平方公里)	年径流量 (亿立方米)	耕地面积 (亿亩)	每亩耕地占有 水量 (立方米/亩)
北 方	松 花 江	55	760	1.75	434
	辽 河	23	157	0.69	228
	海 滦 河	32	292	1.70	172
	黄 河	75	560	1.96	286
	淮 河	27	500	1.88	266
全 国		960	26380	15.00	1759
南 方	长 江	180	9790	3.70	2646
	珠 江	45	3410	0.78	4372

国水资源奇缺最严重的地区。根据统计分析,我国华北地区,现在约缺水200亿立方米;大西北地区,土地面积约327万平方公里,占全国总土地面积的三分之一,其中96%以上属于旱、半干旱地区,而地面水资源仅为全国的十分之一。

我国北方旱区水资源不仅在地域上分布不均匀,而且在时间上的分配也极不平衡,降雨和径流在年内和年际间的变化相当大。因此,经常发生干旱,遭受不同程度的干旱威胁,旱灾频率一般都在50—80%,甚至出现连年干旱。就是年降水量超过500毫米以上的某些半湿润易旱地区,也经常因降雨时间在年际间和季节、月份上分配不当,而出现3—5年一小旱和小旱、大旱交替发生的现象。

近年来,随着工农业生产规模的扩大和人口的不断增长,工农业用水量 and 人、畜用水量急剧增加,水源不足更趋严重,正在大大影响我国北方旱区的工农业生产发展和人民生活水平的提高。缺水已成为该地区经济发展的最大制约因素。

海河流域，包括北京、天津、河北、河南、山东、山西、内蒙古和辽宁等八省、市、自治区，由于近年来工农业发展速度很快，城镇人口的大幅度增多，致使人均占有水量仅为全国人均占有水量的六分之一。可以调节利用的地表径流量已没有潜力可挖，而对地下水资源的盲目超采，又使这个地区半数以上的机井抽水效益降低，甚至引起个别地方地面下沉。根据估算，在平水年，全海河流域缺水近7亿立方米，预测到本世纪末，年缺水将达11亿立方米，若是遭遇偏枯水和枯水年，缺水就更多。例如1980—1982年，海滦河流域再度遭受持续三年的重大干旱时，工农业用水不但没减少，反而还有所增加，致使水库干涸，河道断流，地下水位连续下降，一些缺水严重城镇的某些工厂不得不被迫限产或者停产。

北京市1978—1981年的年总用水量平均值已达到43.01亿立方米，其中农业用水为24.84亿立方米（不包括污水和工业泄水），占年总用水量的57.8%。但平水年全市地表水和地下水所能提供的水量只有42.2亿立方米。如遇偏枯水年和枯水年，可用地表水和地下水总量就只有34.8亿立方米和28.5亿立方米，只占年总用水量的80.9%和66.3%，刚够满足农业用水的要求水量，水资源已明显不足。随着工农业的发展和人口的增加，水资源的供需矛盾将会更加尖锐。

（二）我国北方旱区农田灌溉用水中的浪费情况

尽管我国北方旱区水资源并不富裕，但用水中的浪费却十分惊人，尤其是农田灌溉用水，损失和浪费更是严重。

目前，我国农业用水量占全国总用水量的88%，而农田灌

溉用水量又占农业用水量的95%，占全国总用水量的84%。根据预测，就是到了2000年，农业用水量仍占全国总用水量的81%，农田灌溉用水量要占农业用水量的93%，占全国总用水量的75%（表1—3和1—4）。可见农田灌溉用水是农业用水和全国总用水中的最大用水户。

根据不完全统计（表1—3），我国北方六片地区的总用水量为2000亿立方米，占全国总用水量的42%。北方六片的农业用水量为1831亿立方米，占北方六片总用水量的92%，为全国农业用水量的44%。而北方六片的农田灌溉用水量为1726亿立方米，要占北方六片农业用水量的94.3%，为北方六片总用水量的86.3%，占全国农田灌溉总用水量的43%。由上

表 1—3 全国用水现状（1978—1979年）

单位：亿立方米

流 域 (片)	农 业 用 水			工业用水	火电厂用水	城镇生活用水	总用水量	平均每 亩灌溉 定额 (立方 米/亩)	工业城 市用水 比重 (%)
	灌溉	人畜	牧业及 其他						
全国总用水量	4001	137	57	263	260	49	4767	660	
占总用水量%	83.9	2.9	1.2	5.5	5.5	1.0	100		6.5
总耗水量估计	2223	85	34	32	5	11	2390		
占总用水量%	55	62	60	12	2	25	50.1		
黑龙江片	106	6	29	37		4	182	800	22.5
辽河片	99	6	13	23		4	145	548	18.6
海滦河片	328	7	—	39		5	379	379	11.6
黄河流域	219	5	1	21		4	250	476	10.0
淮河片	534	22	4	17		4	581	501	3.6
内陆河片	440	4	8	10		1	463	875	2.4
额尔齐斯河流域	22		2				24		

注：各片总用水量中未包括火电厂用水。

表 1—4 2000年我国需水量预测

单位：亿立方米

项 目	现 状 (1979—1982)	2000年
总需水量	4767	6875
农业用水量	4195	5147
其中：灌溉用水	4001	4800
农村生活用水	80	134
大中牲畜用水	57	83
牧业及其他用水	57	130
工业用水量	523	1060
其中：工业用水量	263	700
火电厂用水	260	360
城镇生活用水量	49	168

述资料足以说明，我国北方农业用水量，特别是农田灌溉用水量在各种用水量中的比重是相当有份量的。

但是，我国、尤其是我国北方旱区的灌区，农田灌溉中的水量损失与浪费却非常可观，其中尤以渠道渗漏损失水量和田间灌水中的水量浪费最为严重。

根据调查，目前我国许多灌区的渠系水有效利用系数都不高，一般为0.4—0.5，有的只有0.2—0.3。也就是说，有50—80%的农田灌溉水在灌溉渠道的输送过程中渗漏损失掉了。海河流域的渠灌区，渠系水有效利用系数一般只有0.45，部分灌区甚至在0.35以下。井灌区水的有效利用系数也不过0.6—0.8。据河南省人民胜利渠实测，渠道渗漏损失占总损失水量的80%。甘肃省河西一些渠道，水量损失达60—70%。

陕西省泾惠渠各级渠道输水损失占总引水量的43%，其中干渠渗漏占总渗漏损失的13.5%，支渠占30.1%，斗渠占27.4%。陕西省宝鸡峡灌区，干、支渠损失水量约占总损失水量的75%；斗渠以下，包括田间损失，占总损失水量的24.7%。根据实测，陕西省泾、洛、渭三大灌区每公里渠道渗漏损失率一般均为0.4—0.5%，每年渗漏损失水量约有3.28—3.98亿立方米，可以灌溉130—160万亩地，相当于一个大型灌区。

在田间灌水中，亩毛灌溉用水量，我国北方为300—500立方米/亩，东北和西北为800立方米/亩，只低于印度，居世界第二位。甘肃河西地区一般亩净灌水量都比实际需要的灌水量多出一倍。内蒙古河套灌区田间水的有效利用系数甚至低到0.38，灌水定额高达800立方米/亩以上。由此可见，我国北方旱区的灌区农田灌溉中水量浪费的严重性。

在我国北方旱区的农田灌溉中，产生水量浪费的主要原因是，水利设施不完善，农田灌排系统不配套，建筑物不齐全，管理水平很低，灌水农田田块土地不平整，灌水定额和灌溉定额过大，灌水方法、灌水技术落后，灌水组织不健全，不能适应当前我国农村生产责任制的变化，没有严格的用水法规等等。

农田灌溉中的水量损失和浪费，不仅直接减少可供灌溉利用的水量，减少可以灌溉的面积，而且还抬高了地下水位，引起灌区土壤次生盐碱化和沼泽化。例如，陕西省宝鸡峡塆上灌区，自1971年开灌以来，地下水位逐年上升，平均每年上升0.97米，目前地面形成的明水面积已达1.37万亩，有

7561户群众搬迁，给群众生产和生活造成危害。渠道水大量渗漏损失还会造成渠道滑坡、决口、漫溢等事故，危害城镇、工厂、交通、民用建筑和水利工程设施的安全。

因此，在我国北方旱区的农业用水中，必须首先节省农田灌溉用水，大力推行节水灌溉技术，这是解决我国北方旱区严重缺水的一项重要战略措施和有效途径。我国北方旱区的灌区具有巨大的节水潜力，灌区节水改造，将是灌区挖潜的主要措施和根本出路。

(三) 节水灌溉是我国北方旱区农业生产持续发展的根本出路

我国的灌溉农业和农田水利事业有着非常悠久的历史，是世界上最发达的国家之一。数千年来，我国劳动人民在与水旱灾害作斗争中，不仅兴修了许多闻名中外的农田水利工程，而且在农田灌溉合理用水、节约用水方面也积累了丰富的经验。

新中国诞生后，我国农田水利事业也和其他建设事业一样，得到了飞速发展，兴建了大量的农田水利工程。截止1983年底，全国共建成大中小型水库8.6万多座，陂塘、蓄水池600多万座，蓄水能力达4000亿立方米以上；万亩以上灌区5200多处；机电排灌动力7000多万马力，43万多座；北方打机井220多万眼，配用动力2000多万千瓦，灌溉农田1.7亿亩（其中井、渠双灌的有0.4亿亩）。这些水利工程设施在抗御水旱灾害，提高单位面积产量，夺取农作物高产稳产上起了重要保证作用，也为发展农业生产和多种经营奠定了物质基础。

实践证明，在农田灌溉的合理用水和节约用水方面，我

国北方灌区自本世纪50年代以来，不断研究和推广应用了许多行之有效的防止和减少农田灌溉用水中的浪费的措施，节水效益显著。例如，陕西省关中地区的各大灌区，坚持实行计划用水，使灌溉水有效利用系数由0.249—0.428提高到0.444—0.556，提高了10—20%；甘肃省武威灌区实行“四改一建”，就是改按行政区划配水为渠系配水，改过分集中轮灌为合理分组轮灌，改大水串、漫灌为畦、沟灌，改按亩收水费为按配给水量收水费，建立健全斗渠以下管理组织，使渠系水有效利用系数由50年代的0.385，到1971年已提高到0.56，灌溉水有效利用系数由0.35提高为0.52。

我国北方灌区多年来还卓有成效地试验研究和推广运用了渠道防渗工程措施。采用了砌石、混凝土板、沥青油毡、沥青混凝土、陶瓷板、塑料薄膜以及土工织物等防渗材料，推广运用了素混凝土U形渠槽防渗结构形式。例如，山西全省1985年底防渗渠道已达3.1万多公里，占固定渠道总长度的32.1%，其中砌石衬砌类40%，混凝土砌护类49.1%，塑料薄膜衬砌类2.1%，其他8%，可以节约水量8.72亿立方米，渠系水有效利用系数由0.41提高到0.61。陕西省宝鸡峡灌区塬下老渠道，采用高含沙浑水挂淤，就可以减少渗漏损失25.5%，采用混凝土板砌护可以减少渗漏损失85.6%；塬上干渠全长215公里，采用混凝土板砌护，减少渗漏损失79.2—92.5%。渠道采用衬砌防渗后，不仅减少了农田灌溉水量在渠道输送过程中的渗漏损失，还提高了渠道的防冲能力，减小了渠道的粗糙程度，提高了渠道的输水能力，还可以减少渠道淤积，防止渠道滋生杂草，节省维修养护费用和清淤劳

力；同时还能减少对地下水的补给，有利于地下水位的控制等。

我国的农田灌溉面积，从解放初的2.4亿亩发展到80年代初的7.2亿亩，在占不到全国总耕地面积一半的农田灌溉面积上，生产了占全国近四分之三的粮食产量，其中相当大的部分是在我国北方地区。农田灌溉事业的发展，对保证我国农业生产的稳定增长和农作物的稳产高产起着巨大的推动作用。

在我国北方地区，农田灌溉事业的发展大体上可以分为三个进展阶段。

我国北方农田灌溉事业发展的第一阶段是从本世纪50年代开始到60年代末期，主要采取修建水库蓄水工程和自引流水工程来发展农田灌溉的。在这个进展阶段，充分地挖掘了我国北方地区的地面水资源潜力，扩大了灌溉面积，发展灌溉面积约1.5—1.6亿亩。到60年代后期至70年代，由于我国北方地区连年持续发生干旱，地面水资源已非常不足，甚或枯竭，于是就开始大规模和高速度地开发利用地下水资源。在连年抗旱中，开展了大规模的机井建设，这是我国北方地区农田灌溉发展的第二阶段。在10年时间内，发展了井灌面积1.5亿亩左右。我国北方地区农田灌溉发展的这两次进展，使灌溉面积达到了3.8亿亩，它对扭转我国南粮北调和促进北方农业的发展起了奠基作用。

为了进一步发展农业，增强农业发展的后劲，我国北方地区农田灌溉事业仍需不断地发展。但是，我国北方地区当前面临着地面水资源已开发利用得相当充分，除个别省、自治