



朱庭芸 高佩文 编

水稻浅湿灌溉技术



SHUILI KEJI CHENGGUO CONGSHU

——《水利科技成果》丛书——

水稻浅湿灌溉技术

——朱庭芸 高佩文 编——

水利电力出版社

内 容 提 要

水稻浅湿灌溉是目前节水增产，经济效益比较高的一项先进技术。本书阐述了水稻浅湿灌溉的特点，并指出推广这一技术的必要性和可行性；比较全面地介绍了该技术的具体方法、田间工程和配套技术；同时，从理论上分析了浅湿灌溉通过对土壤水分的调节和对水稻生育促控的增产作用。可供基层农业技术推广中心、水利灌溉试验站、灌区管理部门的农业、水利技术人员参考，也可供广大农村水稻专业户和知识青年学习。

《水利科技成果》丛书

水稻浅湿灌溉技术

朱庭芸 高佩文 编

水利电力出版社出版

（北京三里河路6号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3.75印张 80千字

1987年3月第一版 1987年3月北京第一次印刷

印数0001—2160册 定价0.81元

书号 15143·6236

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书。包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员：史梦熊

副主任委员：董其林

委	员：	丁联臻	王万治	史梦熊	田 园	李文治
		酃凤山	杨启声	张宏全	张林祥	沈坩卿
		陈祖安	陈春槐	汪景琦	郑连第	郭之章
		赵珂经	茆 智	陶芳轩	谈国良	徐曾衍
		蒋元骝	曹述互	曹松润	董其林	颜振元

(以姓氏笔划为序)

前 言

水稻是我国主要灌溉作物之一,我国水稻面积5亿多亩,约占世界稻作面积的四分之一,占全国粮食播种面积的三分之一。产量约近全国粮食总产的45%,为世界上稻谷产量最多的国家。

我国农民积累了极其丰富的关于水稻栽培、灌溉等方面的经验。建国三十多年来,我国农业、水利工作者在总结农民经验的基础上,开展了大量的试验研究工作,在水稻栽培、水稻灌溉、以及灌区规划设计和等方面都取得了卓越的成就。其中水稻浅湿灌溉技术是比较先进的、经济性比较显著的重大科技成果之一。它标志着水稻栽培技术的一大进步。推行水稻浅湿灌溉,创造节水增产和经济效益高的稻作,这对于我国水稻生产发展,特别是对于水资源不足的地区,具有重大意义。

本书阐述了推广浅湿灌溉的必要性、迫切性和可行性;浅湿灌溉的特点和具体方法;浅湿灌溉对土壤水分状况的调节和水稻生育的促控;浅湿灌溉的省水增产作用及其理论依据;浅湿灌溉的田间工程;浅湿灌溉的配套技术旱育苗和节水栽培技术的新发展——水稻旱种、旱作等。可供各地农业技术推广中心、水利灌溉试验站、灌区管理部门的农业、水利技术人员参考,也适用于具有初中以上文化程度的水稻专业户和广大农村干部、知识青年学习。

本书在编写过程中,得到杨守仁教授,田园副教授,冯

友松高级工程师和农田灌溉研究所郭国双、刘云发同志审阅和指导，以及辽宁省盐碱地利用研究所水利研究室和沈阳农学院农田水利教研室同志们的大力协助，还参考了本书末尾注明的文献和许多单位的资料，在此一并致以衷心的感谢。

在书中引用了本人的研究成果和国内外一些专家和科技工作者的成就。由于水平有限，不当之处敬请读者批评指正。

编 者

一九八五年十月

目 录

序

前言

一、推广浅湿灌溉势在必行	1
二、浅湿灌溉的特点与方法	4
(一) 浅湿灌溉的特点	4
(二) 浅湿灌溉的具体方法	5
(三) 关于稻田水分状况的说明	11
三、浅湿灌溉与合理施肥相结合	13
(一) 现代稻作的灌溉要求	13
(二) 水肥管理对水稻生育的影响	15
(三) 促控结合的灌溉技术	17
四、浅湿灌溉的省水增产作用	21
(一) 比较显著地提高了水的生产效率	21
(二) 稻田热量状况得到改善	31
(三) 水稻的生育性状得到改善	34
五、浅湿灌溉的理论依据	39
(一) 稻体内的水分状况	39
(二) 不同灌溉方式对水稻生理的影响	41
(三) 不同灌溉方式对水稻生态环境的影响	43
(四) 水稻的蒸腾和吸水	46
(五) 田间耗水量	47
(六) 灌水时间、灌水定额和氮素肥效调节	50

六、浅湿灌溉的田间工程	56
(一) 浅湿灌溉对田间工程的要求.....	56
(二) 稻田灌排调节网.....	58
(三) 稻田灌排调节网的新趋势.....	65
七、浅湿灌溉的配套技术旱育苗	68
(一) 旱育苗的生理特性.....	68
(二) 旱育苗的主要技术环节.....	69
(三) 旱育苗喷灌.....	73
八、节水栽培技术的新发展——水稻旱种与旱作	79
(一) 水稻旱种、旱作的特点.....	79
(二) 水稻旱种、旱作的灌溉制度和灌溉技术.....	81
(三) 水稻旱种、旱作的栽培技术要点.....	91
附录一 灌溉水量换算表	94
附录二 土壤水分表示法	95
附录三 水稻叶龄在水肥管理中的作用和计算	104
参考文献	109

一、推广浅湿灌溉势在必行

(1) 浅湿灌溉是水稻栽培技术的一大进步。水稻是一种重要的灌溉作物，我国水稻面积有5亿多亩，它的生产解决全国人民约一半的主食。水稻也是商品价值高的细粮作物，人们乐于种植。我国栽培水稻已有4700多年的历史。可能因为水稻是淹水沼泽地生长的野生稻进化而来，人们习惯于把它看作半水生性植物，自古以来，水稻是在淹水栽培下生长的。世界上约有90%的水稻是采用建立水层的淹灌。许多专家学者研究了稻田水层的作用，认为：水层能调节田间温度；创造比较稳定的湿润环境；抑制一部分杂草的生长；改善水稻的营养条件（如氮素以氨态氮形式存在）和促进藻类微生物固定大气中的氮，并能抑制土壤有机质的分解，保持土壤肥力等。

不过，淹水栽培也存在许多问题。首先是对稻根系的生理功能往往有不利的影响。淹水的稻田，由于在长期淹水条件下，氧的排除，二氧化碳浓度增加，氧化还原电位下降，根系周围的氧气浓度急剧降低。这样当温度升高时，随着土壤还原性的增强，过量的低价铁、锰和低级饱和脂肪酸及硫化氢等有毒物质的产生和积累会阻碍根的生长，甚至发生根腐（黑根、烂根）。虽然水稻茎叶内有通气组织向根部输送氧气，但土壤还原性的增强，往往使水稻不能适应。发生黑根病的水稻，水的吸收受到阻碍，养分吸收减退，稻株发育不良，不仅光合作用不能正常进行，还会发生赤枯病、胡麻叶斑病等生理病害而导致减产。这是水稻产量达到一定水平

后进一步提高产量时遇到的主要问题，是水稻生产发展中的一大障碍。实行浅湿灌溉就可以克服这些缺点。新的灌溉方式可以改善稻田的水分状况，使肥、气、热等因素得到合理调整，既能发挥淹水的有利一面，又可避免淹水的不利一面，协调环境和生物体的矛盾关系，适应现代稻作高产的要求。所以说浅湿灌溉是水稻栽培技术的一大进步。

(2) 从水资源看浅湿灌溉的必要性和迫切性。水稻传统的淹水栽培的致命弱点，就是不可避免地发生大量渗漏和田间流失。据试验水稻的蒸腾系数（作物形成一克干物质植株蒸腾所消耗的水分）约为250~350^①，与小麦、棉花、大豆等旱作物比较，并未增多，但淹灌却使水稻的灌溉用水量旱作物的4~6倍。水的生产效率低，是淹水灌溉的又一缺点。这与水资源不足的现状是不相适应的。目前世界上80%地区缺水，我国水资源地表径流年人均占有量2700m³，仅为世界人均占有量的四分之一。在时空分布上又极不均匀。例如我国耕地的70%在长江流域以北，而这些地区水资源只占全国的30%。以辽宁为例，全省地表径流人均占有量约977m³，只相当全国人均水量的三分之一。而稻田集中的辽河中部平原，稻田面积占全省75%，水量仅为全省的37%，因此发生严重缺水，辽河下游滨海地区情况更加严重。随着国民经济的发展，工农业用水矛盾日益突出，北方许多稻区将愈加受到缺水的威胁。灌溉水源不足，不仅限制水稻面积的扩大，并成为农业生产上的不稳定因素，关系国民经济规划的能否顺利实现，因此，推广节水增产的浅湿灌溉技术乃为当务之急。

① 各地试验数值不一致，此处引自《实用水稻栽培学》。

(3) 从生产经验和科学实践看浅湿灌溉的可行性。在灌溉技术上,我国南方早有湿润灌溉和晒田的经验。中国农科院、水电部农田灌溉研究所在总结各地经验的基础上,曾进行湿润灌溉研究(蒋谦陞1980),其实在地面灌水情况下,湿润和浅灌是相联系相结合的,因为湿润灌溉也有一段有水层的时间。晒田是一项重要的灌水技术,但是它的作用并不能代替水稻生育前期和后期的水分管理。若是前期不发芽,便失去晒田的意义,或是前期生育过旺,单纯依靠晒田也难控得住。所以灌溉对水稻生育的影响及灌溉的增产作用,不仅在于某一时期的灌溉法,更重要的是在水稻生育过程中各期水分状况的组合。适应水稻不同生育期生理需水和生态需水的要求,调整灌溉技术达到最适宜的水分状况,以及与之有关的营养、空气和热状况,这就形成了不同的灌溉方式(灌溉制度)。五十年代后期,南方已经有了水层、湿润、晒田相结合的灌溉方式。例如有些灌区总结出“浅、湿润、晒”的灌溉经验,以及近些年广西壮族自治区提出的“浅、薄、湿、晒”和江西赣抚平原防止早稻“坐兜”、“败苗”、“早衰”的灌溉技术,都属于这种类型。

在水稻栽培上,我国传统经验重视灌水与施肥相结合,南陈(陈永康)北崔(崔竹松)都有一套根据稻株长势长相和叶色诊断的水肥管理技术,重视生育中期的晒田。我国北方早些年采用深灌,后来向浅灌逐渐演变,大部分地区由单一的深灌、浅灌发展为“浅-深-浅”型。很多地区习惯于在分蘖末期深灌,以控制无效分蘖。在北方用晒田控制无效分蘖经历了一个缓慢的认识过程,直到七十年代随着生产发展和科学技术的进步,水稻耕作栽培技术迅速提高,晒田才比较普遍地为群众所接受。例如严重缺水的辽宁省,集中了全

省的灌溉科学技术队伍，开展了长期的灌溉试验研究，总结了二十个点、次共十年的灌溉试验资料，提出了浅湿结合、适时晒田、间歇灌溉的一套灌溉制度和灌溉技术（简称浅湿灌溉），自1982年推广应用以来，收到显著的省水增产效果。据统计，1984年全省浅湿灌溉面积约三百万亩（占全省水稻面积46.2%），总计节水4.96亿 m^3 ，增产稻谷（含农业措施）2.26亿kg，年增产值达7746万元。浅湿灌溉是“水层、湿润、晒田相结合”的灌溉方式在辽宁的具体应用，与南方的湿润和浅、湿、晒近似，但却是处于半干旱半湿润区辽宁的灌溉试验的总结。可见南、北方的气候、土壤等条件以及水稻品种虽有不同，但水稻高产栽培对土壤水分状况的调节和水稻生育的促控是具有其共性的。根据各地具体情况，将浅湿灌溉技术灵活运用，均可收到省水增产的效果，而对于缺水的北方地区则更具有重要意义。

以上从生产经验和科学实践说明了浅湿灌溉的可行性。

二、浅湿灌溉的特点与方法

（一）浅湿灌溉的特点

水稻浅湿灌溉是采用间断淹水的间歇灌溉技术，构成浅水与湿润反复交替，浅、湿、干灵活调节的一种灌溉模式。它跳出了传统的淹水栽培的旧格式，使稻田水分状况多样化。这也是一种促控结合适时供水调氮的灌溉技术。科学的水分管理与合理施肥相结合，促使稻作省水、低耗、高产稳产。浅湿灌溉制度解决了下列关键技术问题。

（1）改革传统的淹灌栽培，可以防止水稻烂根和旱

衰，消除了水稻生产发展中一大障碍。

(2) 符合水稻需水规律的要求，对水稻生理需水和生态需水，既适应又适度调节，在保证增产的前提下，能降低灌溉定额，提高灌溉经济效益。

(3) 使水、肥、气、热等因素得到合理调整，提高土壤肥力，并为水稻生育创造良好的生态环境。

(4) 有利于各个产量构成因素向高产方向转化，能促进水稻生育性状的改善，使有效分蘖率高，防止倒伏，增加粒数和提高结实率与千粒重。

(5) 能改善水稻的群体结构和田间小气候，有利于控制和减轻病虫害灾害。

(6) 周期性的灌水和间断淹水，既节省用水又发挥一定淋洗作用，能保持有利的水盐平衡，适应我国北方半干旱半湿润季风气候区的特点，在轻盐碱地区也适用。

(二) 浅湿灌溉的具体方法

水稻浅湿灌溉的技术要点是除移栽后的缓苗阶段及孕穗到抽穗开花期保以浅水外，其余时期实行浅湿交替的间歇灌溉，水稻生育中期通过晒田，使叶色退淡。其具体做法是：

1. 水稻生育前期实行浅湿交替灌溉

在水稻返青成活后，从分蘖始期到分蘖盛期，实行浅湿交替的间歇灌溉，每次灌水深 3 ~ 5 cm，结合中耕施肥，待自然消耗后，田面呈一定湿润状态，再灌下一次水，后水不见前水。两次灌水的间歇时间要根据稻田的保水性能、土壤肥力水平、苗的生育情况及灌水难易条件等而定，形成几水几落（即几天有水层，几天无水层）。据中国科学院上海植物生理研究所试验资料，当表层土壤含水率为田间持水量 80% 时，水稻的光合作用强度并不低于水层灌溉处理，这可

做为两次灌水间歇期间土壤水分控制指标的一个临界值。一般水分指标采取90~100%，对于轻度盐渍土，分蘖始期土壤水分指标宜采用100%，分蘖盛期采用90%。

在生产实践中，按照土壤条件和苗情的不同，此期浅湿灌溉的水分管理，可分为强度间歇灌溉的A型和轻度间歇灌溉的B型两种形式（图2-1），分别说明如下：

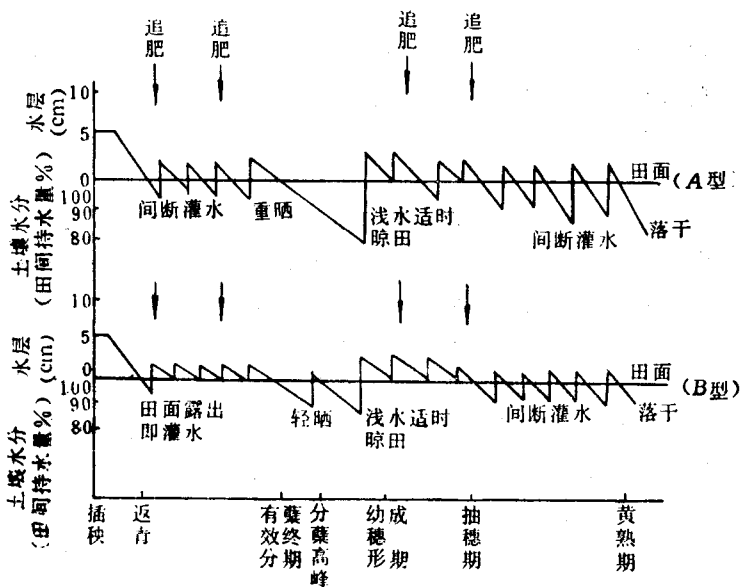


图 2-1 浅湿灌溉田间水分状况示意图

A型：强度间歇灌溉；B型：轻度间歇灌溉

A型：土壤肥力高（施用有机物的量多），还原能力强，苗生长较旺，采取强度的间歇灌溉（即减少灌水次数，缩短有水层时间、延长无水层时间），并降低潜水位，以促进有机质分解，防止障害要素的发生，促进根系发育，培养强健的

稻株。在断水期间，表层（0~10cm）土壤含水率以不低于田间持水量80~90%为宜。

B型：具有中上等肥力冲积性粘质壤土，渗透性好或一般，施有一定量的有机肥和基肥氮素，稻苗生育正常，可采取轻度的间歇灌溉，（即增加灌水次数，缩短无水层时间，延长有水层时间），例如田面露出即灌水，相当浅水勤灌的情况。此期表层土壤含水率以不低于田间持水量90~100%为宜。

2. 分蘖末期实行落干晒田

（1）晒田的适宜时期：大体上应在有效分蘖终期至幼穗分化前。对于分蘖力强的品种，当分蘖达到计划株数80~90%时，就应开始晒田。对于分蘖力弱的品种，可在分蘖达到计划株数时进行晒田。具体掌握应从促进生长中心转移改善株型，有利于幼穗形成的原则出发。准确的晒田适期应由叶龄模式确定。主茎总叶数减伸长节间数叶龄期及前一叶龄期，是水稻高产栽培中最为理想的有效分蘖够苗叶龄期。在此叶龄前应促进分蘖早发，在此叶龄期内达到或略过预期的有效茎蘖数后，应及时控制无效分蘖的发生（关于叶龄的作用和计算详见附录三），这是确定晒田时间的科学依据，与松岛“V”字施肥理论，在叶龄指数69至92之间控制氮素吸收是一致的。过去沿用看茎蘖数达到预期收获穗数时进行晒田，往往因前期肥多，在分蘖末期肥效尚未落劲，晒田失之过迟，而造成无效蘖多，结实率低的后果。

（2）晒田程度和晒田方法：关于晒田程度应因地制宜，看天、看土、看苗而定。天气阴雨，晒田时间宜长，天气干旱，晒田时间宜短；土壤肥多，还原性强，晒田宜重，反之晒田宜轻；苗长势旺，晒田宜重，反之晒田宜轻。晒田有

重、轻之分。重晒田一般7~10天达到田面有小裂纹，进入能擎住脚的程度，此时土壤水分约为田间持水量65~80%；轻晒田一般5~7天，泥土仍处于一定湿润状态，土壤水分约为田间持水量80~95%。不论重晒或轻晒，到分蘖末期，稻株形态上应是叶片耸立，茎秆老健，叶色青淡，出现所谓“拔节黄”。晒田期应疏通排水，田间也可开小沟，排除积水，促使地下水位下降，使土壤水分尽快消减到预期的程度。关于晒田持续时间，应以晒田效果为准。当植株叶色转淡，叶片直立即应终止晒田，过度晒田，造成土壤龟裂，对水稻增产并不利；遇到阴雨天更应加强排水和适当延长晒田时间。晒田后经过几天浅湿环境再复水。

近年来，有些地方提出“早、轻、多”的限水控氮法，使水稻较自然地转色，是晒田技术的新发展。从有效分蘖终止叶龄期前后够苗时起（肥多、苗旺的还可适当提前），直到叶龄余数2时，采取多次轻晒田。第一次轻晒刚够苗，不少蘖芽刚出生，不宜太重，只宜断水露田，使土壤沉实为止，以免晒死有效分蘖。复水后让其自然落干，再进行第二次晒田，这次可稍重达到田中间不陷脚，田边不发白，叶挺，褪色为准。如这次褪色不够再进行第三次晒田，一定达到稳长为止。这种“早、轻、多”的晒田方式，晒田与晾田相交替，必须以前期施肥量适量为前提，才能收到较好的效果。即所谓“以肥为主，搁田为辅”的水肥平稳促进方法。

3. 孕穗至抽穗开花期实行浅水灌溉、适时晾田

从孕穗到抽穗开花期，保持3~5厘米水层，其间晾田1~2次，或采取轻度的间歇灌溉，即水层消耗为零时即灌水。

4. 水稻生育后期实行浅湿交替的间歇灌溉