



湖南省农业科学研究所著

水稻的灌溉技术

农业出版社

水稻的灌溉技术

湖南省农业科学研究所著

农业出版社

水稻的灌溉技术

湖南省农业科学研究所著

农业出版社出版

(北京西总布胡同7号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第103号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

中华书局上海印刷厂印刷

767×1092 毫米 1/32·1 1/2 印张·32,900字

1960年3月第1版

1960年3月上海第1次印刷

印数: 00,001—15,100 定价: (7) 0.14元

统一书号: 16144.856 60.1.京

目 录

第一章 湖南水稻的需水状况	5
第一节 耗水总量	5
第二节 田间蒸发	6
第三节 田间渗漏	9
第二章 深水灌溉对水稻的不利影响	11
第一节 增加植株倒伏性	11
第二节 降低植株有效分蘖, 并使分蘖嫩弱	12
第三节 深水灌溉使植株根扎不深, 并使根群不能均匀分布 到土层中	13
第三章 深耕多肥密植条件下的丰产灌溉制度 浅灌结合湿润	14
第一节 浅水结合湿润灌溉是灌溉技术的重大改革	14
第二节 湿润灌溉的优越性	16
第三节 实行浅水结合阶段湿润灌溉应注意的几个问题	22
第四章 落水晒田	30
第一节 落水晒田的土壤养分和微生物状况	30
第二节 落水晒田预防倒伏的效果	31
第三节 落水晒田在湖南的实践和运用	32
第五章 抗旱灌溉——醴陵县农民间作晚稻的“伏干” 和“潑荒”	36
第一节 “伏干”和“潑荒”的情况	36
第二节 “伏干”和“潑荒”的主要经验	38

第三节 “伏干”和“潑荒”在生产上的意义·····	39
第六章 秧田期的灌溉·····	41
第一节 灌溉水層与幼苗生长发育·····	41
第二节 水層对低温护苗的作用·····	43
第三节 早、中稻的湿润育秧·····	45

在深耕、密植、多肥的栽培技术下，如何使水稻有发达的根系充分发挥施肥的效果以及防止倒伏，是保证增产的重要关键。

灌溉管理不仅在于满足水稻生理上本性的需水要求，并且对水稻生态上及内含物上也有极深刻的影响。另外灌溉技术也直接影响到田间小气候情况以及土壤营养状况，因此合理的排灌管理是充分发挥深耕、密植、多肥增产效果不可忽视的重要农业技术措施。

第一章 湖南水稻的需水状况

水稻从它的栽培起源上来说，是属于湿生植物这一生态类群，因此它需要较多的水分。由于它本身具有特殊的构造和生理特性，使它能在淹水的土壤条件下，凭借地上器官输送氧气而发出强大的根系。在淹水的状况下，可以借助于叶鞘的伸长来逃脱不利于叶子生命活动的环境，因此，它的本身便也具备较大的耐水性。在田间的条件下，水稻的需水量主要由渗漏与蒸发两部分构成，渗漏大小随稻田的土质地势而异，蒸发与水稻品种生长期，种植密度，生长状况以及大气温度有关，一般蒸发分田间蒸发与叶面蒸发两方面。

第一节 耗水总量

湘东地区：据在长沙 1955—1958 年测定：早稻南特号自移植至成熟（平均生育期 88 天），在经常保持 20—40 毫米的水层下，总耗水量为 780.4 毫米。其中蒸发量占 57.1%，田间渗漏

量占 43.0%。二季晚稻本田总耗水量为 629.0 毫米 (平均生育期 90 天), 其中田间蒸发占 60%, 田间渗漏量占 40.0%。

湖北滨湖地区: 据大通湖試驗站 1956—1958 年测定: 早稻在經常淺灌永層下, 本田总耗水量为 609.5 毫米, 其中蒸发量占 85.1%, 田间渗漏量占 14.9%。二季晚稻总耗水量为 416.1 毫米, 其中蒸发量 88.7%, 渗漏量占 11.3%。

湘南地区: 据永兴灌溉試驗站 1956—1958 年测定: 早稻南特号, 本田总耗水量为 509.0 毫米, 其中蒸发量占 91.8%, 渗漏量占 8.2%。晚稻总耗水量为 431.2 毫米, 其中蒸发量占 88.5%, 渗漏量占 11.5%。

湘西地区: 据花垣試驗站 1956 年测定: 早稻南特号本田总蒸发量 564.3 毫米, 二季晚稻总耗水量为 274.7 毫米。

第二节 田间蒸发

通过在长沙、永兴、大通湖、花垣等地观测, 早稻亩产 500—600 斤的蒸发总量約 400—500 毫米, 其中叶面蒸发占 48.73—61.66%, 田间蒸发占 38.34—51.27%。二季晚稻亩产 300—500 斤的蒸发总量約为 300—400 毫米, 其中叶面蒸发占 50.55—61.74%, 田间蒸发占 38.26—49.45%。具体观测結果如表 1。

水稻自移植至回青, 苗架矮小, 植株本身对水分消耗不大。以后随着植株体积增大, 叶面蒸发逐渐增加, 至拔节揚花阶段为需水量最大的时期。根据测定, 这一时期的叶面蒸发占全生长期叶面蒸发总量的三分之一以上, 并且幼穗开始分化, 水分充足与否影响穗子的大小与空壳, 是决定产量的临界时期。水分过于缺乏, 影响收获很大。湖南省农业科学研究所 1958 年观察, 6 月上旬直播的水稻于 6 月下旬进入分蘖始期, 田间徹底排干晒白(土壤湿度約 28% 左右), 至 8 月下旬开始圓脚时。一部分

表 1. 各地区田间蒸发量 (单位: 毫米)

地 区	稻 别	长沙 (1955—1958年)			大通湖 (1956—1958年)			永 兴 (1956—1958年)			花 县 (1956—1958年)			备 注
		叶面	秆周	总蒸发量	叶面	秆周	总蒸发量	叶面	秆周	总蒸发量	叶面	秆周	总蒸发量	
早 晚	早 稻	216.4	227.7	444.1	281.9	237.0	518.9	238.2	148.1	386.3			564.3	
	晚 稻	216.1	161.6	377.7	186.0	182.5	369.1	191.4	118.6	310.0			274.7	

灌了水,田间经常保持湿润,仍顺利抽出穗子,获得了亩产 400—500 斤;一部分不灌水,则不能打苞抽穗,颗粒无收。自乳熟至蜡熟,叶子逐渐枯黄,叶面蒸发锐减。蜡熟至黄熟,叶面蒸发则更显著下降。据长沙 1955—1958 年测定,早稻南特号在亩产 500—600 斤、及晚粳稻松场 261(二晚粳)在亩产 300—400 斤的生长情况下,各发育阶段平均叶面蒸发总量及每日叶面蒸发强度如表 2。

从表内可见,气温情况对早晚稻各生长阶段叶面蒸发强度有极大的影响。早稻生长期在 5—7 月,由低温走向高温。因此前期(移植至拔节)的蒸发强度小于晚稻,而后期(拔节至成熟期)的蒸发强度却大大超过晚稻,特别乳熟至蜡熟期,早稻的蒸发强度为晚稻的 3.5 倍以上,相差更是悬殊。因此在灌溉上,晚稻可适当提早落水,早稻停灌则不宜太早。

蒸发量除受气候因素影响外,另一方面则由水稻本身营养体大小来决定,根据测定早稻叶面系数(即叶面积与田面积之比)一般在分蘖期为 1—2,孕穗期为 2—3,抽穗期为 3—4,因此稻田在有水稻植株复盖的情况下,由于叶面积大于田面积,蒸发一般比水面蒸发大,特

表2. 早晚稻叶面蒸发量和叶面蒸发强度表

(单位:毫米)

品种	项 目	移植至 回青	回青至 分蘖	分蘖至 拔节	拔节至 抽穗	抽穗至 乳熟	乳熟至 腊熟	腊熟至 收割	合计	备注
早稻 南特号	叶面蒸发	1.16	22.3	23.5	77.1	39.4	38.0	44.3	245.8	
	日蒸发强度	0.29	0.63	2.24	6.02	4.41	5.43	4.22	—	
	发育日数	4	35.8	10.5	12.8	8	7	10.5	88.6	
晚稻 松场 261	叶面蒸发	5.4	17.0	45.0	92.1	43.3	13.3	—	216.1	
	日蒸发强度	0.86	1.38	3.46	5.4	3.91	1.4	—	—	
	发育日数	6.3	12.3	13.0	17.3	11.0	9.5	21.7	91.1	

别生长旺盛阶段差别更大,长沙地区 1955—1958 年早晚稻测定结果如下表:

表3. 双季早、晚稻田间蒸发与水面蒸发比较表

(单位:毫米)

稻别	年 份 项 目	1955年		1956年		1957年		1958年	
		稻田	水面	稻田	水面	稻田	水面	稻田	水面
	生育阶段								
早 稻	移植—分蘖	102.9	123.7	138.4	139.2	141.8	166.3	169.0	179.2
	分蘖—乳熟	215.6	188.6	284.8	247.3	171.9	171.4	261.4	238.6
	乳熟—成熟	54.2 *	39.8 *	153.2	176.6	90.7	101.6	59.4	80.4
	合 计	372.7	352.1	576.4	563.1	453.1	439.3	439.8	498.2
	α 值	1.059		1.024		1.031		0.883	
晚 稻	移植—分蘖	66.3	103.8	83.3	125.7	—	—	118.3	171.0
	分蘖—乳熟	184.5	220.4	399.7	319.4	—	—	209.1	129.6
	乳熟—成熟	39.8	48.7	—	—	—	—	33.0	41.3
	合 计	290.6	372.9	482.0	445.1	—	—	360.4	341.9
	α 值	0.833		1.083		—		1.054	

[注]: 早稻1955年有“*”者为乳熟至蜡熟观测数字

上表表明,只有在移植初期或乳熟至成熟期間叶面减小、生理机能衰退的情况下,水面蒸发才有可能大于田間蒸发,因此認為稻田有水稻植株复盖后,水分供应可以减少的設想是不正确的。在这一概念的基础上引伸:

1. 在正常的生长状况下有产量增高、植株增大、蒸发量也大的趋势,据湖南省大通湖、永兴、澧县、邵东及长沙 14 个試驗資料統計,早稻南特号亩产 600—700 斤平均每日叶面蒸发为 3.5—6.3 毫米,亩产 200—400 斤平均每日叶面蒸发为 2.6—3.9 毫米;晚稻蕃子品种,亩产 400—600 斤平均每日叶面蒸发为 3.1—6.0 毫米,亩产 200—300 斤,平均每日叶面蒸发为 2.1—3.6 毫米。

2. 随着密度增加,蒸发量也增大,长沙地区 1958—1959 年观测結果如下:

表 4. 早稻密植与蒸发量关系表(单位:毫米)

年 份 \ 密 度	观测日数	6万穴/亩	4万穴/亩	3万穴/亩	2万穴/亩	1.6万穴/亩
1958年	93		540.9	509.9		410.7
1959年	72	273.0	253.1		243.8	

第三节 田間渗湿

影响地下渗漏的因素很多,包括气候、土質、地势以及輪作制度等方面。对于地下渗漏近几年来作了一般性的考察,由于观察方法等原因,还不能說論据很确切。长沙地区 1956—1958 年在粉質粘土田測定,早稻(生长期 5—7 月)渗漏量在 135.5—321.4 毫米,二季晚稻(生长期在 8—10 月)在 229.0—234.1 毫米。永兴灌溉站于 1958 年在粘土田測定,早稻渗漏量为 72.0 毫米,晚稻为 76.8 毫米。在滨湖冲积壤土地区,据大通湖測定早稻在 58.9—123.2 毫米,晚稻在 45.7—61 毫米。不同土質的

地下渗漏有較大的差別, 永興灌溉試驗站 1958 年測定粘質稻田的早稻(生長期 83 天)滲漏量為 66.5 毫米, 晚稻(生長期 90 天)為 53 毫米, 而砂質稻田早稻則達 103 毫米, 晚稻達 90 毫米。

稻田深耕後, 由於過去隔水層破壞, 當年地下滲漏量加大。據長沙地區 1958 年早稻測定, 深耕 8 寸的, 移植至抽穗時的地下滲漏量為 104.0 毫米, 而深耕 5 寸的僅 18 毫米。

另外稻田水層的深淺也影響着滲漏量的數值, 這主要是深灌後水分滲透加大, 因此使耗水量增大。

第二章 深水灌溉对水稻的不利影响

第一节 增加植株倒伏性

深水灌溉比浅水灌溉在水稻生态上表现了下列变化,增加了倒伏性。

1. 植株高度增加:深水灌溉的作物回青以后,一直比灌浅水的植株高度均保持优势。据试验资料,早稻在分蘖期深灌 80—120 毫米的比浅灌 20—40 毫米的高 70 厘米,成熟期深灌的比浅灌的高 1.5 厘米。晚稻在分蘖期深灌 80—120 毫米的比浅灌 20—40 毫米的高 2.9 厘米,成熟期深灌的比浅灌的高 2.5 厘米,中稻也有类似规律。

深灌的植株基部节间显著伸长,这是植株高度增加的主要原因之一。衡阳专区农业科学研究所观测资料如下:

表 5. 早稻不同水层下节间长度比较表

水 层	品 种	株 高 (厘米)	第一节间 (厘米)	第二节间 (厘米)	密 度 (寸)	观测年份
0.5—0.6寸	南特号	111.0	5.7	16.7	3×5	1959年
1—1.2寸	南特号	113.4	6.8	19.8	3×5	1959年

2. 茎叶的含水量增加:湖南省农业科学研究所观测资料表明,深灌 80—120 毫米的早稻含水量一般在 87%,晚稻 88%;而浅灌 20—40 毫米的早稻含水量仅 76%,晚稻仅 73%。深灌的虽然干物质比重减少,但是茎粗比浅灌的增大,叶片宽度也增加,因此单株的湿重反比浅灌为大。

3. 莖稈基部機械組織的堅實度減弱。

4. 退青慢：淺灌的在正常生長狀態下抽穗後即逐漸返黃，深灌的直到成熟時仍保持蔥綠。

綜合上述生態上的變化，深灌的由於節間拔長，莖葉重量加大，退青遲，基部組織脆弱，莖葉含水量高，莖葉的支撐能力減弱。因此倒伏面積比淺灌的顯著增加，例如湖南省農業科學研究所 1957 年早稻的試驗結果，深灌 80—120 毫米的倒伏面積為 60%，而淺灌 20—40 毫米的倒伏 40%，另外深灌的倒伏時期比淺灌的也顯著的提早。據 1959 年在道縣上關公社和宜章栗源公社調查，深灌 40—100 毫米的揚花乳熟時便倒伏，而淺灌 30 毫米左右的自蜡熟至成熟時才開始倒伏。

第二節 降低植株有效分蘗，并使分蘗嫩弱

深灌之所以減少分蘗，其原因首先是深灌的結果使基部缺乏陽光，對分蘗不利，并使分蘗露出水面緩慢，葉鞘伸長，故分蘗生長嫩弱。其次是田間水層的深淺直接影響水泥溫度的變化，而分蘗的進行對溫度比較敏感。據 1957 年測定，晚稻在泥溫 29—31°C 時，分蘗進行最快，泥溫 26—29°C 時分蘗速度顯著減慢。省內早晚稻分蘗期在淺灌的條件下，可以提高泥溫，并使晝夜溫差變大，有利分蘗進行。據 1955—1957 年在長沙地區觀察，早稻在分蘗期間，淺灌 20—40 毫米的比深灌 80—120 毫米的日平均泥溫提高 0.2—0.3°C，淺灌的晝夜最大溫差為 3.9°C，深灌的晝夜溫差僅 3.1°C。晚稻在分蘗期間灌水 20—40 毫米的比深灌 80—120 毫米的日平均泥溫提高 0.3—1.1°C。幾年的試驗結果表明，早稻深灌的比淺灌有效分蘗率降低 18—25%，晚稻深灌的比淺灌的有效分蘗率降低 10—16%。

第三节 深水灌溉使植株根扎不深，并使根群

不能均匀分布到土层中

据邵东农业科学研究所的观测，南特号品种，密植 3×6 ，浅灌的根群分布深度达40厘米左右，根的横扩直径达35厘米；而深灌的根群分布仅达30厘米左右，根系的横扩直径仅32厘米。

长期深灌有上述不利影响。根据道县、宜章、浏阳、邵东、衡阳等地区1959年早稻试验及调查资料表明，浅灌的比深灌的增产2.1—13.5%，又据湖南省农业科学研究所1955—1957年三年内早稻试验结果，浅灌20—40毫米的比深灌80—120毫米的增产2.2—31.8%。具体结果如下表：

表6. 历年來深水灌溉与浅灌产量比較表

地 点	年份	浅 灌		深 灌		浅灌比深灌增产(%)	备 注
		水层深度(毫米)	亩 产(斤)	水层深度(毫米)	亩 产(斤)		
宜章梨源公社	1959	盖泥水	680	35—100	536	12.6	
道县上关公社	1959	30	664	40—80	517	12.08	
浏阳大瑞公社	1959	10	699	乳熟前70	662	5.6	
衡阳农科所	1959	20	557	80—40	526	5.7	
耒阳試驗站	1959	10—50	625	10—80	612	2.1	
邵东农科所	1959	浅	712	深	627	13.5	
耒农科所	1955	20—40	537	80—120	407.2	31.8	
耒农科所	1956	20—40	484.6	80—120	397.6	9.3	
耒农科所	1957	20—40	503.4	80—120	492.2	2.27	

第三章 深耕多肥密植条件下的丰产

灌溉制度——淺灌結合濕潤

第一节 淺水結合濕潤灌溉是灌溉技术的重大改革

水稻形成单位干物質所消耗的水分，低于小麦、向日葵等作物，蒸騰系数几与小麦相等，这就是說水稻本身所需要的水分，并不如一般想象来得大。其次在灌溉水中实际通过根部吸收而构成产量的直接蒸发量(叶面蒸发)，早稻仅占耗水总量的27.6%，晚稻仅占耗水总量的34.4% (据长沙1955—1958年观测早稻总耗水量为780.4毫米，叶面蒸发仅216.4毫米，晚稻总耗水量为628.8毫米，叶面蒸发仅216.1毫米)。基于这样的概念，在水稻生长期間，田間保持水層对滿足水稻生长发育的需水要求上没有特殊的意义，但是对于根群的伸长及有机質等的分解却起着不良的作用。另外还助长了倒伏及某些病虫害的滋生，对于发挥深耕多肥密植的增产效果是不相适应的。为此，必須在灌溉管理上进行必要的改革。

根据苏联的研究証明：水稻的植株在其組織中所含的水分很少，細胞具有很多的机械成分(厚膜等)和数量很少的原生物質以及較小的液胞。由于这个緣故，水稻組織中的細胞不能耐受最低限度的去水，否則同化作用立即显著降低，植株生长也即行停止；同时水稻根毛不发达，根系吸收能力小，对土壤中悬着

水不能利用,容易产生凋萎脫水的現象,故需要土壤中有高度的含水量。为了解决这一矛盾,我省农民創造了在抽穗前实行水層結合阶段湿润的灌溉方法,即在不經常保持水層,而保持高度的湿润的条件下,栽培水稻,从而保证了高额产量。远在三、四十年以前,湖南省醴陵县黄谷乡的农民便創造了缺水田栽培間作晚稻不保持水層“伏干潑荒”的灌溉办法,即在間作晚稻分蘖期便落水,任土壤晒干开白坵,叶子卷筒枯黄,经过一个月左右,进入拔节期,才又开始灌水,以后田間仅保持湿润状态,虽然在生长盛期过于抑制了它的生长,但是据湖南省农业科学研究所1955年調查,产量并不低于經常保持水層的稻田。据花垣試驗站1957年試驗,早稻回青后一直湿润灌溉比經常保持淺水或深水層的增产12%以上。1958年在大跃进的形势下醴陵县清水江社的清江队,为了充分发挥深耕多肥密植的效果并減輕倒伏,創造了“湿润禾”的灌溉經驗。即在早稻圓脚前田里保持遮坵水,圓脚后田里保持湿润,抽穗揚花期灌水20—30毫米,保持3—4天不脫水,揚花过后排水保持湿润,直到三分之一的谷粒現黄时便不再灌水。該社凡实行了这种灌溉方法的显著地减少了倒伏,产量比保持水層的都高。

在上述經驗的基础上,1959年湖南省各地对这种新的灌溉方法进行了試驗,并在丰产田較大的面积上引用,絕大多数地方取得了良好的成效。例如中共衡阳地委在140亩水稻丰产片上,前期生长极为旺盛,披叶倒伏,估計只有200—300斤的收成。经过研究,决定在水稻分蘖末期开始实行湿润灌溉,显著地抑制了徒长,減輕了倒伏,亩产达500—600斤。道县上关公社的水稻丰产片,抽穗前实行淺湿結合的亩产778斤,淺灌的亩产664斤,深灌的亩产577斤。宁远水市公社基本农田制中的早稻,在分蘖末期开始湿润灌溉的,黄熟时才倒伏,空壳仅20%;而湿润

灌溉实行不彻底的，抽穗时便倒伏，以后禾苗虽经过细致撑扶，空壳仍达25%。湖南省农业科学研究所、衡阳专署农业科学研究所、澧县和永兴灌溉试验站、常德专区农业科学研究所、黔阳专区农业科学研究所，以及道县、岳阳县等地早稻试验的结果表明，阶段水层结合湿润灌溉的比长期水层灌溉的，绝大部分表现增产，增产幅度为2.7—24.7%。详见表7。

第二节 湿润灌溉的优越性

1. 促进扎根深，根群发达，充分发挥深耕增产的效果：水稻的根进行呼吸作用需要的氧气，虽然可以凭借地上部分来供应，但是在长期保持水层的情况下，由于土壤中氧气过于缺乏，根的生长还是受到抑制。一般灌水愈深，根的分布部分愈在表层，随着水层减浅，由于频繁的灌溉，使表土接触到较多的空气，根在土层中的分布便也愈深愈广，并且比较均匀。在湿润灌溉的条件下，土壤空气状况远比淹水灌溉为优，根的生活机能更是旺盛，毫无疑问，可以增加不定根的数目，并促进它扎入更深的土层。据1959年湖南省农业科学研究所、平江农业科学研究所、常德农业科学研究所等的观察，湿润灌溉的根系无论在分布深度，分布宽度以及根的粗壮发达程度上，都比水层为优。详见表8。

在浅湿润灌溉的条件下，根在土层中分布形态比在长期浅水层下有较大的差别。湖南省农业科学研究所在水稻孕穗期观察，常德农业科学研究所成熟期观察，浅湿润灌溉的根系分布形态呈菱形，在表层1—2厘米的范围内根数极少；而在2—10厘米的范围内较多，并且横向幅射范围宽，特别在耕层中穴与穴之间，成交错分布，因而在土层中分布极为均匀。浅水灌溉的根系分布形态则呈倒三角形，而愈近表层愈为密集，随着纵深度增