

杂交水稻生育后期不同水分管理对 ^{32}P 的吸收、 分布和结实的影响

莫家让 吴大明
(广西农学院)

THE EFFECT OF DIFFERENT WATER MANAGEMENT ON UPTAKE AND DISTRIBUTION OF ^{32}P AND GRAIN FILLING AT LATER GROWTH STAGE OF HYBRID RICE

Mo Jia-rang and Wu Da-ming
(Guangxi Agricultural College)

杂交水稻具有穗大、粒多、粒重的经济性状，且根系发达，吸收水、肥的能力较强，生育后期的生理需水明显地比一般品种多^[1,2]，植株从抽穗至成熟积累磷素亦多^[3]，这些生理特点可能与结实有关。然而，几年来关于环境条件影响杂交水稻结实的研究，着重于生育后期温度、光照条件的分析，并取得了许多成绩，对于生育后期水分管理支配磷素的吸收、分布从而影响结实的研究，缺乏可供参考的资料，为了逐步探明这个问题，特进行本实验，以期积累资料，为杂交水稻生育后期的水分管理，提供一些依据。

材 料 和 方 法

本实验以盆栽的方法于1979年和1980年的早季进行。1979年种植汕优7号，白磁试盆直径28cm，高32cm，每盆盛肥沃表土36斤，各盆施肥量相同，移栽时秧苗叶龄5.5，每盆4穴，单株植，共栽14盆，置通风塑料棚内，出穗分化前进行过五天落干外，浅水勤灌，保证水分供应，全部植株生长正常。齐穗后三天，把全部试盆分成二组，作不同水分管理：第一组为浅水勤灌，即灌水时水层为2cm，自然落干后，再灌水。第二组为落干制水，即齐穗期浅水，让其落干，使离土表10cm的土壤含水量处于24—26%范围内，直至成熟。齐穗后三天，各组选择生长均匀一致的三盆，在盆中区用18cm长的木棒穿洞，洞中施入放射强度为1mci的 $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ ，经6天（乳熟期），12天后（腊熟期），每穴取一条有代表性的有效茎，沿基部切断，用脱脂棉收集伤流液，分别称重，焦化，以国产GP—1型单道能谱仪测定放射强度，同时测定植株各部干重及放射强度。收获时进行了考种。

1980年供试品种为杂交水稻汕优2号和一般品种桂朝2号，试盆直径27cm，高30cm，每盆盛土32斤，各盆施肥量相同，小苗移栽，秧苗叶龄2.7，单株植，一盆4穴，每一品种

* 实验过程中得到侯锡康同志热情支持和帮助，谨以致谢。

栽15盆，置于通风玻璃房内，移栽后出穗分化前进行经四天落干外，一直是浅水勤灌。始穗期分三种不同的水分管理，每一处理重复五次：

1. 浅水勤灌。灌水时水层为 2 cm，自然落干后再灌，直至成熟。
2. 中等干旱。始穗期浅水，齐穗后土壤含水量逐渐下降，处于23—25%范围内。
3. 严重干旱。齐穗后土壤含水量逐渐下降处于11—13%范围内。

始穗期每盆施入放射强度为 944.1 μ ci的 $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ ，分别在施 ^{32}P 后7天（乳熟初期），13天（乳熟末期）和25天（完熟期），测定植株干重、焦化后用德制Va—G—20/A型计数器测定放射强度。收获时进行了考种。

结 果

一、不同水分管理对根系吸收水分和 ^{32}P 的影响

汕优7号生育后期处于不同供水条件下，根系主动吸收水分和 ^{32}P 的能力存在明显差别（表1）。落干制水的处理，乳熟期和腊熟期的伤流量分别为正常供水处理的3.8分之一或22.7分之一，两处理伤流液中 ^{32}P 含量差别更大，乳熟期供水不足的稻株，伤流液中 ^{32}P 含量仅及正常供水稻株的4.7分之一，腊熟期的伤流液中未发现 ^{32}P 的存在。表明生育后期供水不足严重地阻碍汕优7号对 ^{32}P 的吸收和向地上部分的运送。

表1 汕优7号在不同水分管理条件下根系吸收水分和 ^{32}P 的比较

水分管理	施 ^{32}P 后6天（乳熟期）				施 ^{32}P 后12天（腊熟期）		
	伤流量		1克伤流液中含 ^{32}P		伤流量		1克伤流液中含 ^{32}P
	mg/茎·小时	对比	Cpm	对比	mg/茎·小时	对比	Cpm
落干制水	94.8	100	585.4	100	14.9	↓100	0
浅水勤灌	362.2	382.2	2751.3	470	337.8	2267.0	1536

二、不同水分管理稻株干物质中 ^{32}P 含量的差别

两年的实验结果表明，生育后期供水不足对稻株各部位单位干物质中 ^{32}P 含量均有影响，以穗部 ^{32}P 含量的降低最为严重，其严重程度还呈现出随土壤水分减少而增加的趋势（表2）。值得注意的是，杂交水稻汕优2号和一般品种桂朝2号相比，在干旱条件下进行灌浆、充实，其穗部干物质中 ^{32}P 含量下降的幅度更大些；乳熟末期汕优2号中等干旱和严重干旱的处理，穗部干物质中含 ^{32}P 量分别为浅水勤灌处理的45.14%和22.97%，桂朝2号为81.61%和26.05%；完熟期汕优2号为39.79%和12.64%，桂朝2号为82.01%和65.22%。两品种在供水良好条件下，汕优2号各部位干物质中含 ^{32}P 量均高于桂朝2号，此项结果证实杂交水稻生理上对磷的需要比一般品种多些^{〔3、4〕}。

三、不同水分管理 ^{32}P 在稻株各部位的积累和分布

从测定稻株地上部分 ^{32}P 含量和分布的资料（表3）看出，生育后期供水不足的处理减少了 ^{32}P 在稻株的积累。1979年落干制水处理稻株总含 ^{32}P 量大约只有浅水勤灌处理的一半。1980年两个供试品种处于供水不足条件下稻株含 ^{32}P 量的减少也很明显，乳熟末期汕优2号中等干旱和严重干旱的稻株总含 ^{32}P 量分别为浅水勤灌处理的39.86%和19.36%，桂朝2号分别为74.10%和22.01%；完熟期汕优2号分别为39.53%和15.65%，桂朝2号分别为79.55%和44.66%。表明供水愈少，稻株含 ^{32}P 量愈低，但杂交水稻汕优2号在本实验中中等干旱或严重干旱条件下其植株总含 ^{32}P 量的下降幅度比桂朝2号大些。

关于 ^{32}P 在稻株的分布，随着籽粒的充实，大部分集中在穗部，表明穗部确是稻株内磷

素积累中心^[5]，本实验生育后期不同水管理并未改变这种积累趋势，但是，严重干旱的处理，明显地降低了³²P在穗部的分配率。在完熟期，汕优2号浅水勤灌处理的穗部含³²P量占植株地上部总量83.17%，严重干旱处理只占41.85%，桂朝2号则分别为78.27%和64.22%，反映了汕优2号在严重干旱条件下其穗中积聚³²P的能力受到更严重的削弱。

四、不同水管理对植株干重和结实的影响

生育后期不同水管理对稻株成熟时的干重有明显影响，两年的结果相似，表明控制水分供应不利于干物质的积累，现将1980年的资料绘于图1。从图1看出，汕优2号和桂朝2

表2 不同水管理条件下植株各部位含³²P量(Cp.m/g)
1979年(汕优7号)

植株部位	施 ³² P后6天(乳熟期)			施 ³² P后12天(腊熟期)		
	浅水勤灌(A)	落干制水(B)	B/A	浅水勤灌(A)	落干制水(B)	B/A
茎	43038	42620	0.990	76478	71769	0.938
叶鞘	72660	69100	0.951	85210	43347	0.506
叶片	89850	51472	0.573	84592	57374	0.678
穗	248690	127020	0.511	294323	184523	0.627

1980年(汕优2号)

植株部位	施 ³² P后7天(乳熟初期)			施 ³² P后13天(乳熟末期)			施 ³² P后25天(完熟期)		
	浅水勤灌	中第干旱	严重干旱	浅水勤灌	中等干旱	严重干旱	浅水勤灌	中等干旱	严重干旱
茎、鞘	172780	90330	70130	50250	27200	23400	105050	34450	50650
叶片	96540	151540	160200	101200	34500	29000	76450	56000	37550
穗	70940 (100)	58590 (82.59)	28160 (39.70)	131050 (100)	59150 (45.14)	30100 (22.97)	196550 (100)	78200 (39.79)	24850 (12.64)

1980年(桂朝2号)

茎、鞘	67470	47040	33920	33250	34550	11800	29600	27900	41850
叶片	61680	72570	65820	54500	40100	35150	47300	37050	30750
穗	54230 (100)	40310 (74.33)	20270 (37.38)	109600 (100)	89450 (81.61)	28550 (26.05)	74750 (100)	61300 (82.01)	48750 (65.22)

号的植株总干重和穗重均随土壤供水的减少而下降，不过，汕优2号中等干旱和严重干旱的处理，其植株总干重比浅水勤灌处理低22.26%和34.52%，桂朝2号分别低7.3%和32.4%，表明干旱对汕优2号干物质积累的危害更大些。

成熟时的观察和考种资料表明，生育后期供水不足，明显减少单茎绿叶数，降低实粒率和粒重(表4)。1979年汕优7号浅水勤灌处理的实粒率为82.8%，落干制水处理为73.9%。后者比前者下降10.7%，千粒重下降16.13%。1980年两品种的实粒率和千粒重均随土壤供水减少而下降，但汕优2号下降的幅度大于桂朝2号。

讨 论

水稻与其它作物一样，根系对水分的吸收存在着主动吸收和被动吸收两种方式，伤流量的多少是根系主动吸收水分的指标，它受环境因素和根系本身的代谢状况所支配^[6、7]。Kазуро等指出^[8]作物根系是否从外界吸收了磷，能迅速地从伤流液中的含磷数量上反映出来，因而测定伤流液中的含磷量能查明根系吸收磷的状况。从本实验的结果来看，汕优7号

表3 不同水分管理条件下植株各部位³²P的积累和分布

1979年(汕优7号)

植株部位	施 ³² P后6天(乳熟期)						施 ³² P后12天(腊熟期)					
	浅水勤灌		落干制水		B/A		浅水勤灌		落干制水		B/A	
	Cpm/茎(A)	占%	Cpm/茎(B)	占%	Cpm/茎(A)	占%	Cpm/茎(B)	占%	Cpm/茎(A)	占%	Cpm/茎(B)	占%
茎	22236	2.96	20585	5.39	0.927	0.830	33689	3.03	28930	4.78	0.859	
叶鞘	58506	7.77	48557	12.71	0.830	0.830	68006	6.11	26403	4.37	0.388	
叶片	80685	10.71	45043	11.79	0.558	0.558	68714	6.17	43891	7.26	0.639	
穗	591982	78.56	267923	70.11	0.453	0.453	942594	84.69	505390	83.59	0.536	
合计	753449	100	382108	100	0.507	0.507	1113003	100	604620	100	0.543	

1980年(汕优2号)

植株部位	施 ³² P后7天(乳熟初期)						施 ³² P后13天(乳熟末期)						施 ³² P后25天(完熟期)					
	浅水勤灌		中等干旱		严重干旱		浅水勤灌		中等干旱		严重干旱		浅水勤灌		中等干旱		严重干旱	
	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%
茎鞘	166240	39.2	125100	35.91	56740	27.51	49105	9.59	24912	12.20	21086	21.04	113086	11.97	43486	11.04	61692	41.70
叶片	67880	17.1	110030	30.85	107220	51.98	71144	13.88	22387	10.96	19079	19.03	45938	4.86	35442	9.49	24332	16.45
穗	174190	43.7	118570	33.24	42320	20.51	392220	76.53	156978	76.84	60680	59.53	786082	83.17	294618	78.87	61919	41.85
合计	398310	100	356700	100	206280	100	512529	100	204277	100	109245	100	945076	100	373546	100	147943	100
	(100)		(89.55)		(51.79)		(100)		(39.86)		(19.56)		(100)		(39.53)		(15.65)	

1980年(桂朝2号)

植株部位	施 ³² P后7天(乳熟初期)						施 ³² P后13天(乳熟末期)						施 ³² P后25天(完熟期)					
	浅水勤灌		中等干旱		严重干旱		浅水勤灌		中等干旱		严重干旱		浅水勤灌		中等干旱		严重干旱	
	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%	Cpm/茎	占%
茎鞘	69550	31.97	61800	34.61	31200	34.34	26091	8.23	29468	12.54	10454	14.97	25575	9.01	26368	11.62	31300	24.58
叶片	39710	18.47	51880	28.99	37550	41.32	31528	9.94	21458	9.13	23941	34.29	36288	12.72	18625	8.21	14268	11.20
穗	196810	49.66	64140	36.40	22120	24.34	256610	81.83	184151	78.33	35439	50.75	223221	78.27	181865	80.17	81793	64.22
合计	215070	100	176320	100	90870	100	317229	100	235077	100	69834	100	285184	100	226858	100	127366	100
	(100)		(81.94)		(42.25)		(100)		(74.10)		(22.01)		(1190)		(79.55)		(44.66)	

表4 不同水分管理对结实的影响

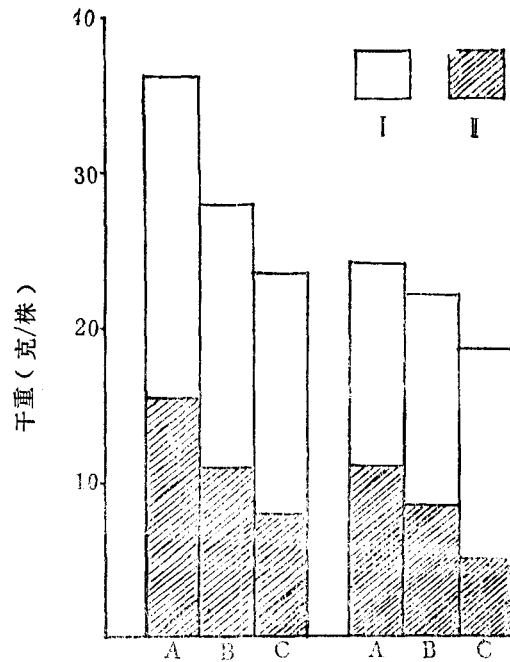
年份	品种	水分管理	穗粒总数	实粒率	半实粒率	空粒率	千粒重(g)	对比	成熟时单茎绿叶数
一九八〇	汕优2号	浅水勤灌	159.3	84.5	7.23	8.22	26.7	100	2.5
		中等干旱	150.6	71.4	14.10	14.50	25.2	94.38	1.5
		严重干旱	146.5	50.4	29.70	19.90	16.7	62.26	1.0
一九八〇	桂朝2号	浅水勤灌	115.8	88.0	5.80	6.20	23.9	100	2.5
		中等干旱	115.6	73.3	10.10	16.20	23.1	96.65	2.0
		严重干旱	102.6	64.3	19.20	16.50	18.7	78.24	1.5
一九七九	汕优7号	浅水勤灌	139.4	82.8	—	—	26.29	100	3.0
		落干制水	131.1	73.9	—	—	22.05	83.87	1.5

齐穗后的落干制水处理，其伤流量比浅水勤灌处理明显减少，伤流液中³²P含量下降更多，前者腊熟期的伤流液中未能测出³²P的存在，说明成熟过程中的长期制水，不仅不利于根系主动吸水，而且更为严重地削弱了根系吸收磷的能力，这可能是稻株生育后期处于供水不足条件下体内含磷量少的重要原因之一。

杂交水稻汕优2号与一般品种桂朝2号相比，在正常供水条件下，前者单位干物质中的³²P含量和植株总含³²P量均较高，但在供水不足条件下，情况恰相反，杂交水稻单位干重含³²P量和植株总含³²P量下降的幅度比桂朝2号大(表2和表3)，其原因至少可从两方面分析，一方面，杂交水稻生育后期生理需水较多^[1]，在供水不足条件下，不能满足水分代谢的要求，必然更严重地削弱根系吸收矿质的能力；另一方面，在正常条件下，杂交水稻灌浆持续期较长，并存在粒重增长的两个高峰^{*}，而促进这两个高峰的正常出现，必然对于同化物制造、转运和积累于籽粒中起重要作用的磷素有较多的需求，一旦土壤供水不足，植株正常代谢受到干扰或破坏，可能对磷素吸收的阻碍特别明显，致使地上部分含磷量锐减。

本实验结果表明，水稻生育后期供水不足，叶易早衰，单茎绿叶数较少，这种现象与植株内某些激素的平衡状况受到破坏，叶内脱落酸迅速增加，根系合成和上运的细胞分裂素减少有关⁹。近年，Biswas等证实^[10]，水稻的衰老是由体内脱落酸与细胞分裂素的平衡所控制，如叶内营养物质缺乏，则引起脱落酸类似物质形成增多，故加速衰老。看来，这是本实验供水不足各处理早衰的基本原因。

生育后期供水不足，实粒率及粒重均降低(表4)，因实粒中的总干重主要靠齐穗后光



汕优2号 桂朝2号

图1 不同水分管理植株的干重

I. 总干重 II. 穗干重

A-浅水勤灌 B-中等干旱 C-严重干旱

* 江苏农学院杂交水稻研究组，1978，杂交水稻结实率的研究报告(油印材料)。

合作用制造和积累起来的, 稻株受旱, 叶水势下降, 气孔阻力增加数倍至十倍^[11]。阻碍CO₂向叶内扩散, 光合强度减弱, 尤以晴天表现明显, 气孔张开迟, 关闭早, 在12—13时即停止光合, 而供水正常的植株15时仍能进行光合作用^[12], 因之, 成熟过程供水不足, 稻株总干重、穗重及粒重、实粒率均低。从本实验结果看, 汕优2号处于严重干旱条件下, 其实粒率和千粒重比浅水勤灌处理分别下降40.4%和37.74%, 而桂朝2号分别下降26.93%和21.76%, 表明汕优2号的籽粒充实过程对水分不足更为敏感些, 暗示它的光合强度和同化物转运能力遭受更为严重的阻碍所致。

根据本实验所获资料作综合考虑, 杂交水稻的结实过程是与其生育后期生理需水较多, 需磷较多的生理特点紧密联系的, 齐穗后过早制水或受旱, 杂交水稻更为明显地减少主动吸水量, 吸磷量, 并降低磷在穗部的分配比率。这种情形, 可认为是其水分代谢, 磷代谢遭受更为严重破坏的反映。因而, 不可避免地会出现光合性能下降, 同化物转运和积累受阻等不良生理效应, 其结果, 实粒率和粒重将比一般水稻品种低得多, 据此, 我们认为, 生育后期合理的水浆管理, 是提高杂交水稻粒重和实粒率须予以重视的一项技术措施。齐穗后不宜断水过早, 以利籽粒灌浆充实。

参 考 文 献

- [1] 莫家让, 1979: 从耗水和需水看杂交水稻的生理优势, 广西农业科学, 3期5—7
- [2] 莫家让, 1978: 杂交水稻的根系活力, 广西农业科学, 11期12—14
- [3] 唐年鑫, 1978: 应用²P、¹⁵N研究杂交水稻矮优2号营养生理的初步结果, 湖北农业科学, 11期1—3
- [4] 中国科学院植物生理研究所光合室, 湖南农科院水稻所, 1977: 杂交水稻生理生化指标测定结果, 湖南农业科技, 1期40—51
- [5] 湖南农科院农业物理室, 1974: 应用³²P对水稻杂种生长发育的初步研究, 湖南农业科技, 5期36—41
- [6] 金成忠等, 1959: 作物根系活力指标的伤流液简易收集法, 植物生理学通讯, 4期51—53
- [7] 中国科学院植物生理研究所水分组, 1966: 水稻伤流的研究, 植物生理学报, 211—223
- [8] Казыто О. Н. И Туева О. Ф. 1977: Влияние корней на Фосфорный обмен листьев при последствии фосфорного голодания Физиология растений.24:351—356
- [9] John G. Torrey, 1976, Root hormones and plant growth Agr. Rev. Plant Physiol.(27): 435—459
- [10] Arnn K. Biswas and Monojit A. Choudhuri, 1980: Mechanism of monocarpic Senescence in Rice Plant Physiol. (65):340—345
- [11] John C. O'Toole and Rolando T. Cruz. 1980: Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling of water stress. Plant Physiol.(65): 428—432
- [12] IRRI, 1974: Annual Report, 256—258