

# 南方直播水稻浅沟渗灌节水增产机理研究<sup>\*</sup>

郭荣发, 陈爱珠, 唐德强

(湛江海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088)

**[摘 要]** 采用浅沟渗灌技术, 对南方直播水稻的节水增产机理进行了研究。结果表明, 在高温多雨的气候条件下, 水稻浅沟渗灌栽培技术既可大幅度节水, 又能显著提高产量, 与常规淹灌栽培相比, 浅沟渗灌技术在早稻的整个栽培过程中, 可节水  $3\ 129\text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 节水率达 48.1%; 同时显著减少土壤中的还原物质, 提高根系活力, 使白根数量增加 32.62%, 黑根和黄根数量分别减少 20.04% 和 12.58%; 浅沟渗灌栽培可降低田间的空气湿度, 增强通风透光性, 减少水稻病害, 从而提高叶片的生活力; 浅沟渗灌还能促进水稻分蘖, 使有效穗增加 11.53%, 谷粒千粒重提高 1.0 g, 使产量增至  $10\ 845\text{ kg}/\text{hm}^2$ , 增产  $1\ 320\text{ kg}/\text{hm}^2$ , 增产率达 13.9%。

**[关键词]** 直播水稻; 浅沟渗灌; 常规淹灌; 增产机理

**[中图分类号]** S318; S511.3<sup>+</sup>10.48

**[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2004)05-0057-04

随着人口的增长和工农业生产的发展, 水资源短缺已成为举世瞩目的重大问题之一<sup>[1]</sup>。水是农业生产的命脉, 仅农业用水就占人类总用水量的 70% 以上, 其中水稻生产又是我国农业中的用水大户, 单位面积用水量和总用水量在农业用水中均居首位<sup>[2,3]</sup>。因此, 发展水稻节水栽培技术对实现农业水资源可持续利用具有重要意义<sup>[4]</sup>。传统的水稻灌溉采用水层灌溉方式, 既浪费水资源, 又不利于水稻生长, 更不利于构建水稻优势群体<sup>[5]</sup>。本研究旨在通过浅沟渗灌技术, 探索水稻在节水前提下的增产机理, 以达到在水稻栽培中既节水又增产的目的。

## 1 试验设计与方法

本研究于 2003 年在雷州半岛的主要稻作区——雷州东洋研究示范基地进行。

### 1.1 试验设计

设浅沟渗灌和常规淹灌 2 个处理, 均 3 次重复。浅沟渗灌栽培设置宽 0.20 m, 深 0.15 m, 间距(包括沟宽)2.0 m 的渗灌沟, 每个重复面积 0.8  $\text{hm}^2$ , 共 2.4  $\text{hm}^2$ ; 常规淹灌栽培每个重复 0.4  $\text{hm}^2$ , 共 1.2  $\text{hm}^2$ 。

### 1.2 试验方法

1.2.1 品种 采用高产优质杂交水稻“两优培九(65002)”作为种植品种。

1.2.2 种植方式与规格 采用直播种植, 单株定植

规格为 13.3 cm × 20.0 cm 至 16.7 cm × 16.7 cm。

1.2.3 播种期和收获期 2003-02-26 播种, 07-01 收获, 生育期 126 d。

1.2.4 灌溉方式 浅沟渗灌栽培除了补苗定植时灌 1 次薄层水及结合施肥灌 1 次“跑马水”外, 其余时间田间均不建立水层, 只是灌水于沟内进行渗灌。常规淹灌栽培除了露田、晒田时落干外, 其余时间均保持田间有浅水层。

1.2.5 用水量的计量方法 用水表直接计量灌水量, 用雨量计计量降雨量, 将两者之和计为田间水量收入, 设置水表计量排水量作为田间水量支出。实行全程精确计算水量, 即田间用水量 = 灌水量 + 降雨量 - 排水量<sup>[6]</sup>。

1.2.6 施肥种类与施肥量 整个生育期施用尿素 555  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 过磷酸钙 750  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 氯化钾 375  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 芬兰复合肥 263  $\text{kg}/\text{hm}^2$  (含 N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , K<sub>2</sub>O 各 150 g/kg)。折合纯 N 296  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 纯 P 66  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 纯 K 219  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

1.2.7 化学防除杂草 在播种后 4 d, 每公顷使用“稻无草”270 g, “稗王”150 g 和“扫沸特”600 mL 并兑水 300~325 kg 后, 均匀喷施或混 60~90 kg 尿素均匀撒施。

1.2.8 田间管理 除虫灭病和施肥方法等生产管理措施, 按当地生产中的常规方法进行。常规淹灌与浅沟渗灌除了灌水方法与灌水量不同外, 其余所有

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2003-10-27

[基金项目] 广东省“十五”重大科技专项项目(2002A2040902)

[作者简介] 郭荣发(1956-), 男, 广东湛江人, 副教授, 硕士, 主要从事农业资源与环境研究。

投入和管理方法相同。

1.2.9 田间调查方法 (1)Fe<sup>2+</sup> 含量。播种后 70 d, 取多点土样并混合, 采用邻啡罗林比色法<sup>[7]</sup>测定。(2)根系状况。播种后 70 d, 每重复随机取 10 株样品, 调查白根、黄根和黑根数, 求取平均值。(3)病害情况。播种后 68 d, 每重复随机调查 3 个点, 每点面积 1 m<sup>2</sup>, 统计纹枯病的发病指数。(4)叶片数。播种后 68 d, 每重复随机调查 50 株的正常功能叶片数, 求取平均值。(5)有效穗数。收获时(播种后 126 d),

每重复随机调查 3 个点的有效穗数, 每点面积 1 m<sup>2</sup>, 求取平均值。(6)千粒重。水稻收获晒干后, 随机抽样称取千粒重。

2 结果与分析

2.1 浅沟渗灌栽培田间水分控制过程

田间土壤水分控制按水稻不同生育期对水分的需求及化学除草和高效施肥的需要进行, 具体控制过程如图 1 所示。

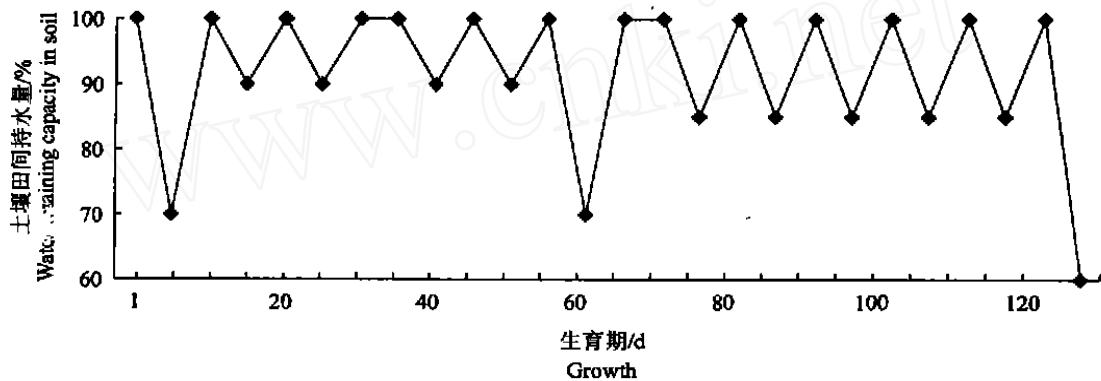


图 1 水稻浅沟渗灌水分控制示意图

Fig 1 The sketch map to control water of irrigation through shallow furrow to rice

从图 1 可以看出, 田间土壤水分控制过程有 3 个特点: (1)补苗定植时保持薄水层 3~ 5 d, 每次施肥前灌“跑马水”; (2)在播种 3~ 4 d 施用除草剂后、足苗后至幼穗分化始期及黄熟期 3 个阶段, 土壤水分下降至田间饱和持水量的 70%~ 75%<sup>[8]</sup>; (3)在水稻整个生育期, 以湿润灌溉为主, 田间不建立水层, 把水分控制在田间饱和持水量至田间持水量的 85%。

2.2 浅沟渗灌栽培的节水效果

采用浅沟渗灌栽培技术可以显著减少田间渗漏量, 并能抑制棵间蒸发量和叶面蒸腾量<sup>[9]</sup>。在常规淹灌栽培条件下, 整个生育期实际平均用水量 6 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 而浅沟渗灌栽培用水量仅为 3 371 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 可减少用水量 3 129 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 节水率达 48.1% (表 1)。

表 1 浅沟渗灌与常规淹灌用水量比较

Table 1 Irrigation water capacity comparison on infiltration irrigation by shallow furrow and normal irrigation with water layer

处 理 Treatent	重复 Repeat	灌水量 Irrigation water capacity	降水量 Rainfall	排水量 Discharge water capacity	总用水量 Total using water capacity	平均 Mean treatment value	节水率/% Water saving rate
常规淹灌 Normal irrigation with water layer	1	5 280	2 106	936	6 450	6 500	48.1
	2	5 393	2 106	951	6 538		
	3	5 408	2 106	1 011	6 503		
浅沟渗灌 Infiltration irrigation by shallow furrow	1	2 807	2 106	1 521	3 392	3 371**	
	2	2 763	2 106	1 191	3 378		
	3	2 846	2 106	1 611	3 341		

注: \*\*, \* 分别表示在 1% 和 5% 水平上差异显著, 下同。

Note: \*\*, \* Indicates significance at 1% and 5% levels respectively, the same as in other tables followed

2.3 浅沟渗灌栽培的增产效果

由表 2 知, 常规淹灌栽培法的水稻平均产量为 9 525 kg/hm<sup>2</sup>, 而浅沟渗灌栽培法的产量达 10 845

kg/hm<sup>2</sup>, 比常规淹灌平均增产 1 320 kg/hm<sup>2</sup>, 平均增产率达 13.9%, 实现了当地水稻栽培产量的历史性突破。

表 2 不同灌溉条件对水稻产量及土壤 Fe<sup>2+</sup> 含量的影响

Table 2 Effect of different irrigation on yield of paddy rice and Fe<sup>2+</sup> content in soil

处 理 Treatment	重复 Repeat	产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Yield	平均产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Mean yield	增产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Increasing yield	土壤 Fe <sup>2+</sup> /(mg · kg <sup>-1</sup> ) Fe <sup>2+</sup> in soil	
					含量 Content	平均值 Mean value
常规淹灌 Nomal irrigation with water layer	1	9 330			150	
	2	9 608	9 525		130	133
	3	9 638			120	
浅沟渗灌 Infiltration irrigation by shallow furrow	1	10 620			40	
	2	11 033	10 845 **	1 320	30	37 **
	3	10 883			40	

2 4 浅沟渗灌增产机理

2 4 1 土壤低价铁含量 土壤测定结果表明, 常规淹灌栽培法土壤中的 Fe<sup>2+</sup> 平均含量达 133 mg/kg, 而渗灌栽培法仅为 37 mg/kg, 与前者相比, 土壤中 Fe<sup>2+</sup> 的含量降低了 96 mg/kg (表 2)。浅沟渗灌增强了土壤的通气性, 这可能是土壤 Fe<sup>2+</sup> 等还原性物质降低的直接原因。

2 4 2 水稻根系生长状况 在常规淹灌条件下, 水稻根系明显早衰, 而采用浅沟渗灌栽培技术时, 水稻

根系的生长力强, 具体表现在白根、黄根、黑根的数量比例上。表 3 表明, 常规淹灌栽培的黄根数量占总根系数量的 72.94%, 黑根占 15.45%, 白根仅占 11.61%。而浅沟渗灌栽培的黄根和黑根比例分别较常规淹灌栽培减少了 20.04% 和 12.58%, 仅有 52.90% 和 2.87%; 而白根比例较常规淹灌栽培增加了 32.62%, 达 44.23%。在浅沟渗灌栽培条件下, 土壤通气性强, 还原性物质少, 是根系生命力强的直接原因。

表 3 不同灌溉条件对水稻根系的影响

Table 3 Effect on rice root under different irrigation

条/株

处 理 Treatment	总根数 All roots	白根 White roots		黄根 Yellow roots		黑根 Black roots	
		条数 Number	比例/% Rate	条数 Number	比例/% Rate	条数 Number	比例/% Rate
常规淹灌 Nomal irrigation with water layer	179.2	20.8	11.61	130.7	72.94	27.7	15.45
浅沟渗灌 Infiltration irrigation through shallow furrow	170.7	75.5 **	44.23	90.3 **	52.90	4.9 **	2.87

2 4 3 水稻发病率 在控制灌溉条件下, 水稻茎秆粗壮, 叶片直挺, 通风透光性强, 加上田间空气湿度小, 能显著减少水稻病害<sup>[10~12]</sup>。表 4 表明, 常规淹灌

栽培条件下的纹枯病平均发病率达 44.4%, 而浅沟渗灌栽培的平均发病率仅有 5.3%, 比前者降低了 39.1%, 二者差异极显著。

表 4 不同灌溉条件对病害和叶片的影响

Table 4 Effect of different irrigation on the diseased ham and leaves

处 理 Treatment	重复 Repeat	有效株数/ (株 · m <sup>-2</sup> ) Effective plant number per m <sup>2</sup>	发病株数 Diseased plant number	发病率/% Rate of disease		每株正常叶 Nomal leaves per plant	
				数值 Value	平均 Mean	数值 Value	平均 Mean
常规淹灌 Nomal irrigation with water layer	1	300	124	41.3		2.30	
	2	320	136	42.5	44.4	2.14	2.28
	3	300	148	49.3		2.40	
浅沟渗灌 Infiltration irrigation through shallow furrow	1	348	20	6.1		3.08	
	2	332	16	4.9	5.3 **	3.40	3.21 **
	3	328	16	4.9		3.14	

2 4 4 水稻叶片活力 由表 4 可以看出, 在常规淹灌栽培条件下, 叶片明显早衰, 平均每株仅有 2.28 片绿色功能叶; 而浅沟渗灌栽培平均每株有 3.21 片, 每株相差将近 1 片绿色健康功能叶。究其原因, 主要是由于病害和根系吸收功能不同所致, 这势必导致产量的差异。

2 4 5 水稻有效穗数和千粒重 表 5 表明, 常规淹灌栽培每平方米有效穗数平均为 295, 浅沟渗灌栽培为 329, 比前者提高了 11.53%。说明无水层渗灌栽培能促进水稻分蘖和有效穗的形成, 为产量的提高奠定了基础。另外, 常规淹灌栽培的谷粒千粒重平均为 26.1 g, 浅沟渗灌栽培的为 27.1 g, 比前者提高

了 1.0 g。由于无水层渗灌栽培增强了土壤的通透性,使水稻根系的活力增强,促进了谷粒饱满度,对产量的提高具有辅助作用。

表5 不同灌溉条件对有效穗数和千粒重的影响

Table 5 Effect of different irrigation on the effective ears and weight of thousand grain

处 理 Treatment	重复 Repeat	有效穗数/(穗·m <sup>-2</sup> ) Effective ears		千粒重/g Weight of thousand grain	
		数量 Value	平均 Mean	数值 Value	平均 Mean
常规淹灌 Normal irrigation with water layer	1	288		26.4	
	2	300	295	25.8	26.1
	3	297		26.2	
浅沟渗灌 Infiltration irrigation through shallow furrow	1	338		27.0	
	2	327	329**	26.9	27.1**
	3	322		27.4	

### 3 结 论

1) 在水稻的整个生育期中, 浅沟渗灌栽培除了在补苗定植时灌薄层水和施肥时灌“跑马水”外, 其余时间仅在沟中灌水进行湿润灌溉, 并把土壤含水量控制在饱和田间持水量至田间持水量的 85%, 这样不但能大幅度节水, 而且还能显著提高水稻产量。

2) 在本研究的试验条件下, 浅沟渗灌栽培用水量仅为  $3\,371\text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 比常规淹灌节水  $3\,129\text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 节水 48.1%。在大幅度节水的同时, 浅沟渗灌的产量达到了  $10\,845\text{ kg}/\text{hm}^2$ , 比常规淹灌提高了

1 320 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 13.9%。

3) 浅沟渗灌栽培技术增强了土壤的通气性, 减少了土壤中  $\text{Fe}^{2+}$  等还原性物质对水稻根系的毒害, 增强了水稻根系的活力, 具体表现在白根的数量显著增加, 而黑根和黄根的数量大幅度减少。

4) 浅沟渗灌栽培技术可降低田间的空气湿度, 增强通风透光性, 因而能减少病害; 同时可使水稻茎秆粗壮, 叶片直挺, 生长势强, 叶片寿命延长。

5) 浅沟渗灌栽培促进了水稻分蘖, 增加了有效穗数和谷粒饱满度, 提高了千粒重。这两者是水稻增产的主要原因。

### 〔参考文献〕

- [1] 金千瑜, 欧阳由南, 禹盛苗, 等. 中国农业可持续发展中的水危机及其对策[J]. 农业现代化研究, 2003, 24(1): 21- 22
- [2] 王 仁. 农业灌溉用水问题困扰全世界[J]. 世界农业, 2002, (2): 59
- [3] 陈玉民, 郭国双. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995
- [4] 叶元林, 梅道亮, 李 卡, 等. 我国水资源短缺状况和水稻生物技术节水措施的利用[J]. 中国稻米, 2002, (6): 20- 22
- [5] 金千瑜, 欧阳由南, 陆永良, 等. 我国南方直播稻若干问题及其技术对策研究[J]. 湖南农业科学, 2001, 17(5): 45- 48
- [6] 李远华, 张明柱, 谢礼贵, 等. 非充分灌溉条件下水稻需水量计算[J]. 水利学报, 1995, (2): 64- 68
- [7] 鲁如坤. 土壤农化分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000 82- 83
- [8] 汪志农. 灌溉排水工程学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000 1- 8, 86- 89
- [9] 梁永康, 胡 锋, 杨茂成, 等. 水稻覆膜旱作高产节水机理研究[J]. 中国农业大学学报, 1999, 32(1): 21- 22
- [10] 康绍忠. 土壤- 植物- 大气连续体水分传输理论及其应用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994
- [11] 俞双恩, 彭世彰, 王士恒, 等. 控制条件下水稻的群体特征[J]. 灌溉排水, 1997, 16(2): 20- 23
- [12] 彭世彰. 节水灌溉条件下水稻的节水增产机理[J]. 河南大学学报, 1993, (3): 38- 40

(下转第 70 页)

## [参考文献]

- [1] 赵振山 加入WTO 烟叶工作应对思考[J]. 中国烟草, 2002, (231): 26- 27.
- [2] 张振平 商洛发展烤烟生产资源优势分析与利用[J]. 西北农业学报, 2001, 10(5): 55- 58.
- [3] 黄元炯 烟叶生产中的主要问题与对策思考[J]. 中国烟草, 2003, (10): 16- 19.
- [4] 赵元宽 推行 GAP 管理是中国烟叶生产的必由之路[N]. 东方烟草报, 2003-12-18(9).

## Study on developing strategy about Shangluo tobacco leaf production

ZHANG Zhen-ping, MU Yao-hui

(Shangluo Branch of Tobacco Company of Shaanxi, Shangluo, Shaanxi 726000, China)

**Abstract:** After China's WTO entry, the production arrangements and management conceptions of tobacco have essentially changed, and thus the management base of the tobacco production has become brand management. In accordance with the advantages and currently-existing problems of tobacco production in Shangluo, the paper further explains that the only ways for the tobacco production in Shangluo are brand management and industrialization by making use of the regional characteristics of Shangluo tobacco production, i.e. popular, special and high-quality, so as to make the brand "Yunmengshan" for Shangluo tobacco production and keep sustainable development in strong market competition.

**Key words:** Shangluo tobacco; brand management; brand strategies; industrialized management

---

(上接第 60 页)

Study on yield increasing mechanism of the infiltration  
irrigation through shallow furrow to the  
southern direct sowing rice

GUO Rong-fa, CHEN Ai-zhu, TANG De-qiang

(Agricultural College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China)

**Abstract:** The mechanism on saving water and increasing yield to the southern direct sowing rice was studied by the technology of infiltration irrigation through shallow furrow. The results show that: under climate of high temperature and heavy rain, infiltration irrigation through shallow furrow is applied so as to save irrigation water in the rice cultivation. This may both save water greatly and increase the yield of rice. To contrast infiltration irrigation through shallow furrow with normal irrigation with water layer, the early rice saves water of  $3\ 129\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  in the full growing time, and water saving rate comes up 48.1%. Under the infiltration irrigation through shallow furrow, the poisonous substance in the soil is decreased, the growing vigor of root is increased, the white roots increase 32.62%, the black and yellow roots decrease 20.04% and 12.58%, respectively. Because the infiltration irrigation through shallow furrow reduces the moisture in rice field, the disease harm to the rice is decreased, and the growing vigor of the leaves is increased. Infiltration irrigation through shallow furrow promotes the tillering of rice, and effective ears increase 11.53%, and the weight of thousand grain increases 1.0 g. Therefore, it increases the rice yield significantly, and it comes up to  $10\ 845\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , and  $1\ 320\ \text{kg}/\text{hm}^2$  of the yield is increased, and the rate of increasing yield comes up 13.9%.

**Key words:** direct sowing rice; infiltration irrigation through shallow furrow; normal irrigation with water layer; yield increasing mechanism