

# 水稻少耕及其生理生态特性研究进展<sup>1</sup>

侯任昭<sup>1</sup> 关日强<sup>1</sup> 陈友荣<sup>1</sup> 邓巨添<sup>2</sup> 李森发<sup>2</sup> 江照贤<sup>2</sup>

(1 华南农业大学农业生物系,510642,广州;2 南海市里水镇农业技术推广站,528244,南海)

**摘要** 本研究已探索到,连续 10 年 20 季在只耙不犁的少耕田撒播水稻与在按传统方法犁耙的全耕田撒播水稻相比,每季的稻谷产量都较高。其原因是少耕撒播稻(以下称少耕稻)的穗粒性状优于全耕撒播稻(以下称全耕稻),而这种优势的产生则在于少耕法能导致耕作层土壤的物理性质和养分,向着有利于根系生长的方向发展,而使少耕稻与全耕稻相比具有较发达与生理活性较强的根系,并进而导致少耕稻在稻苗的长势长相、功能叶的生理活性,以及在延缓功能叶的衰老等方面都优于全耕稻。

**关键词** 少耕;全耕;撒播;生理生态特性

**中图分类号** S511.210.1

自从 1943 年美国俄亥州农学家福克纳(Edward H. Faulkner)在他写的《犁耕者的愚蠢》(Plowman's Folly)一书中,明确提出反对犁耕并主张实行少耕法以来,已有将近 40 个国家开展了少(免)耕法试验,并已大面积推广应用(浙江农业大学,1984)。在我国自 70 年代以来,新疆、辽宁、江苏、云南、安徽等省区的一些单位进行了水稻少(免)耕法试验,并推广了试验的成果(新疆阿克苏地区农垦六团试验站,1978;朗月广等,1979;吴世宗等,1980;张宗渠,1981;孙作臣,1987)。然而,未见有在同一片稻田进行长期少(免)耕法及其生理生态特性的研究,以便为长期采用少(免)耕法生产水稻是否可行提供理论依据的报道。我们应用国外提出的少(免)耕法的原理(Phillips et al.,1973),结合广东省水稻生产的情况,在 1981~1990 年进行了水稻少耕法及其生理生态特性的研究。其中 1981~1983 年获得的研究成果已通过了科学技术成果鉴定(陈友荣等,1985)。在研究工作已获成果后,仍继续进行了 7 年研究的主要目的在于进一步探索稻田连续长期采用少耕法与采用全耕法相比,是否能连续保持较高的稻谷产量,稻株的生理活性和长势长相是否连续保持一定的优势;稻田土壤物理性质和养分是否连续保持向有利于水稻生长的方向改善,从而为是否可长期采用少耕法生产水稻提供可靠的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 少耕撒播法的技术措施

少耕撒播法取消犁田,只用手扶拖拉机牵引的旋耕器或驱动耙纵横各耙 1 次,并用耢板耢平后,分畦用手定量撒播已浸种催芽的谷种,用除草剂除草并免去中耕。而全耕撒播

1993-06-09 收稿

法,除上述工序外,还按传统的方法用拖拉机牵引的铧犁进行犁翻。

### 1.2 试验地点

本研究田间试验部分设在南海市里水镇丰岗村。

### 1.3 试验方法

在地力相似,土壤质地相同的相邻二块稻田进行少耕法与全耕法的对比试验。每块田的面积为 0.167 hm<sup>2</sup>,由一家农户专管。少耕法与全耕法每季所用的水稻品种,播种量以及水肥管理措施完全一样。每季稻熟时都用测产器进行常规测产,以获得试区的产量。

### 1.4 土壤物理性质及养分的测定

在 10 年内共进行 3 次土壤物理性质和养分的测定,以便探索少耕稻与全耕稻相比产量较高的生态学原因。

### 1.5 稻株生理学指标的测试

进行考种以及测试与产量高低有关的一些生理学指标,以便探索少耕稻与全耕稻相比产量较高的生理学原因。

## 2 结果与分析

### 2.1 少耕稻的产量高于全耕稻

1981~1983 年的试验已表明少耕稻的产量高于全耕稻,增产率为 5.1%~14.7%(陈友荣等,1985),而表 1 的数据表明,1984~1990 年的试验,不论是不同年份,不同的水稻品种,以及早季或晚季,少耕稻的产量也高于全耕稻,增产率为 4.2%~13.1%。

表 1 少耕与全耕稻谷产量对比

年份	季别	水稻品种	产量/(kg·hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>		少耕稻增产数	
			少耕	全耕	kg/hm <sup>2</sup>	%
1984	早	汕优 54	7 560	6 817.5	742.5	10.9
	晚	青外矮	5 377.5	4 753.5	624	13.1
1985	早	玻惠占 2	5 850	5 212.5	637.5	12.2
	晚	青外矮	5 329.5	5 113.5	216	4.2
1986	早	玻惠占 2	5 928	5 671.5	256.5	4.5
	晚	青外矮	6 778.5	6 381	397.5	6.2
1987	早	梅 352	6 622.5	6 234	388.5	6.2
	晚	特 青	7 012.5	6 307.5	705	11.2
1988	早	梅 352	6 504	6 021	483	8.0
	晚	汕优选	5 701.5	5 133	568.5	11.1
1989	早	新阳 6 号	6 471	5 844	627	10.7
	晚	博 优	5 994	5 682	312	5.5
1990	早	新阳 6 号	6 018	5 568	450	8.1
	晚	博 优	6 069	5 410.5	658.5	12.2

## 2.2 少耕稻的穗粒性状优于全耕稻

从表1可看出,在1990年,即试验的最后一年,早晚两季少耕稻与全耕稻相比增产率分别为8.1%与12.2%。而列于表2的考种结果,揭示了这种产量较高的原因,在于少耕稻的穗粒性状优于全耕稻。这恰与1983年前获得的试验结果相吻合(陈友荣等,1985)。

## 2.3 少耕稻的长势长相优于全耕稻

在试验中,每季都对生长于少耕田和全耕田的稻株群体,进行反复的对比观察,结果是毫无例外地表现出少耕稻的长势长相优于全耕稻。

表2 少耕稻与全耕稻穗粒性状对比

季别	品种	耕作	公顷有效穗数 ( $\times 10^4$ )	每穗总粒数	每穗实粒数	结实率 /%	千粒重 /g	理论产量/ $\text{kg} \cdot (\text{hm}^2)^{-1}$
早	新阳6号	少耕	285.45	96.10	87.10	90.6	27.2	6762
		全耕	282.015	91.61	79.80	84.8	26.5	5964
晚	博优	少耕	313.395	98.32	85.13	86.6	24.1	6429
		全耕	298.065	92.92	77.26	83.1	23.8	5481

## 2.4 少耕法能延缓水稻功能叶的衰老

殷宏章等(1956)研究证明,水稻籽粒2/3以上的重量来自抽穗后的光合作用产物。根据理论推算,如能在作物成熟时,设法延长功能叶的寿命1天,则产量可增加2%(刘道宏,1983)。而用叶片衰老常用的生理学指标(刘道宏,1983),对水稻黄熟期剑叶的测定结果(表3),显示了少耕稻剑叶的叶绿素、氮素和蛋白质含量以及光合速率高于全耕稻,即表明少耕法与全耕法相比能减慢水稻生育后期功能叶的叶绿素和蛋白质的降解速度和光合速率的下降过程。加上在水稻成熟期,表现出少耕稻与全耕稻相比青枝腊稿和熟色较好。因而可认为少耕法确能延缓功能叶的衰老,而使其产量高于全耕稻。

表3 叶绿素、N、蛋白质含量及光合速率<sup>1)</sup>

季别	水稻品种	耕作	叶绿素含量		N含量		蛋白质含量		光合速率			
			mg·g <sup>-1</sup> 鲜重	比较 值	mg·g <sup>-1</sup> 干重	比较 值	占干重 /%	比较 值	占干重 /%	比较 值	占干物质 /%	
早	新阳6号	少耕	1.34	120.7	3.32	119.9	2.973	104.2	18.581	104.2	10.07	125.1
		全耕	1.11	100	2.77	100	2.851	100	17.819	100	8.05	100
晚	博优	少耕	1.29	108.4	3.27	105.5	2.925	104.4	18.281	104.4	10.36	119.2
		全耕	1.19	100	3.10	100	2.803	100	17.619	100	8.69	100

1) 测定方法: 叶绿素分光光度法; N与蛋白质自动定N仪法; 光合速率改良半叶法。

## 2.5 少耕稻根系的生长量和活性优于全耕稻

在分蘖初期进行了根系的测试, 结果为早季新阳6号少耕稻根系的鲜重、干重和干根容积分别比全耕稻高20%, 32.7%和14.3%; 晚季博优则分别高47.5%, 41.7%和27.7%, 表明了少耕稻根系的生长量优于全耕稻并具有较发达的根系。而且在水稻分蘖初期和黄熟期还进行了可作为根系生理活性强弱指标的根系TTC(氯化三苯基四氮唑)还原能力(山东农学院等, 1980)以及主茎伤流量(山东农学院等, 1980)的测定, 其结果为早季新阳6号根系的TTC还原能力与伤流量分别比全耕稻高10.5%与17.3%, 晚季博优则分别高36.3%与30.1%。表明了不论是分蘖期或是黄熟期少耕稻根系的生理活性都高于全耕稻。而黄永锐等报道(1985), 根系活力强, 尤其是水稻生育后期根系的活力强, 有利于延缓叶片衰老, 提高功能叶的光合速率, 从而提高水稻的结实率。因此, 上面提出的少耕田能延缓功能叶的衰老, 能导致水稻的熟色较好等, 其生理原因便在于少耕稻根系的生理活性强于全耕稻。

## 2.6 少耕法能改善土壤的物理性质和养分

1983年曾对试区耕作层土壤的物理性质和养分进行测试, 结果表明连续少耕三年六季的少耕田与全耕田相比, 改善了土壤的物理性质, 并对土壤有机质和N、P、K等的含量无任何不良的影响(陈友荣等, 1985)。1986与1991年又各进行一次测试, 其结果列于表4与表5, 它揭示了在物理性质方面, 每次测试都呈显出少耕田的土壤容重, 浸水容重, 固相率, 土壤结构破坏率等小于全耕田, 而毛细管孔隙度, 非毛细管孔隙度, 总孔隙度, 液相和气相率等则大于全耕田; 在土壤养分方面, 则每次的测试都呈显出少耕田的有机质和N、P、K等的含量都高于全耕田。表明连续多年采用少耕法栽培水稻改善了土壤的物理性质和养分。少(免)耕之所以能改善土壤的物理性质和肥力的原因, 邵达强等(1985)已有所论述, 认为少(免)耕保持了土壤的自然结构, 使土壤空隙和前茬作物根系的网络不被破坏, 构成了上下连通的体系, 这对改善水稻田的通气性, 协调水气矛盾以及对稳定土壤肥力具有重要作用。而本文表4与表5的各项数据恰能说明少耕改善了土壤的通气性以及少耕田的土壤肥力优于全耕田。

表4 土壤物理性质测定结果<sup>1)</sup>

耕 作		容 重	浸水容重	毛细管孔	非毛细管	总孔	固 相	液 相	气 相	土壤结构破坏率
		$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	隙度	孔隙度					
1986	少耕	1.00	0.55	58.30	4.20	62.50	37.50	46.90	15.60	27.90
	全耕	1.18	0.62	53.20	2.30	55.50	44.50	44.00	11.50	33.40
1990	少耕	1.02	0.53	51.57	7.79	59.36	40.64	46.78	12.58	—
	全耕	1.20	0.57	45.65	6.92	52.57	47.43	44.70	7.87	—

1) 测定方法: 采用中国科学院南京土壤研究所编《土壤物理测定法》, 1978年, 科学出版社出版; 土壤质地为重壤土。

表5 土壤养分分析结果<sup>1)</sup>

耕 作	pH 值 (水提)	有机质	全 氮	全 磷	全 钾	水解性	速效性	速效性
		g·kg <sup>-1</sup>				氮	磷	钾
						mg·kg <sup>-1</sup>		
连续6 少耕	5.6	36.3	2.6	1.34	20.9	934	170	460
年12季 全耕	5.9	34.2	2.03	1.15	20.4	836	120	420
连续10 少耕	5.48	37.2	2.34	1.20	18.6	1 896	92	270
年20季 全耕	5.62	35.4	2.23	1.10	17.5	1 575	72	260

1) 测定方法: pH 值电位法; 有机质丘林法; 全氮开氏法; 全磷高氯酸硫酸溶钼锑抗法; 全钾 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 碱熔法; 速效磷 NaHCO<sub>3</sub> 法; 速效钾 NH<sub>4</sub>Ac 火焰光度计法; 水解性 N 扩散吸收法。

## 2.7 少耕法能提高绿肥的肥效

在连续 10 年的试验中, 其中有 6 年的冬季种了绿肥作物紫云英, 其产量各约 15 000 kg/hm<sup>2</sup>。这些绿肥对旱季少耕稻与全耕稻的效应有较明显的差异, 表现在分蘖期少耕稻的叶色比全耕稻浓绿, 转色及时, 适宜收获期比全耕稻提早 5~6 天。主要原因可能是少耕田的绿肥在旋耕器或驱动耙的作用下, 混入较浅的土层中, 因而分解较快, 其肥分在水稻生长前期就能被充分吸收利用, 这样便与水稻的需肥规律相吻合而提高肥效。反之, 全耕田的绿肥在犁翻时被埋入较深的土层中, 因而分解较慢, 其肥分要待至水稻生长后期才能被充分吸收利用。这样便与水稻的需肥规律不吻合而使其肥效不及少耕田, 并导致稻叶不能及时转色, 适宜的收获期推迟, 稻谷的产量也不及少耕田。

## 3 讨论

本研究获得的各项结果表明, 在长达 10 年 20 季的试验中, 少耕法能导致每季稻的产量, 稻株的长势长相和生理活性, 以及土壤的物理性质和养分都高于和优于全耕法。由此可作较肯定的结论, 长期采用少耕法生产水稻是可行的。

由于对水稻少耕撒播田的化学除草技术, 适宜的播种量以及采用少耕撒播法生产水稻的效益等已在 1985 年作了报道 (陈友荣等, 1985), 并实践证明, 该报道符合实际, 因而, 本文不再重新提出。

本研究获得的成果, 从 1984 年起已在珠江三角洲等广大地区被大面积推广应用, 因而已转化为现实的生产力。并且, 在推广应用过程中, 少耕已不仅用于撒播稻, 也已大量地用于插植稻, 并大量地表现出, 在栽培条件相同的条件下, 不论是稻苗的长势长相或稻谷的产量, 少耕插植稻都优于或高于传统耕作插植稻。由此看来, 少耕法不仅适用于撒播稻也适用于插植稻。

**致谢** 本文土壤物理性质和养分的测定是由广东省土壤研究所研究员张秉刚和高级实验师罗婉娇的协助下完成的, 特此致谢!

## 参 考 文 献

- 山东农学院等编. 1980. 植物生理实验指导, 济南: 山东科学技术出版社, 164~166, 187~190
- 刘道宏. 1983. 植物叶片的衰老. 植物生理通讯, (2): 14~19
- 孙作臣. 1987. 少(免)耕法在安徽省国营农场的的应用及其发展. 安徽农业科学, (3): 20~26
- 吴世宗, 朱宗武, 董百舒. 1980. 稻麦免耕栽培的体会. 江苏农业科学, (4): 23~27
- 张宗渠. 1981. 介绍一种新型耕作法——免耕畦土栽培法. 云南农业科技, (5): 39~42
- 陈友荣, 侯任昭, 关日强等. 1985. 水稻少耕撒播试验及其生理生态特性的分析研究. 华南农业大学学报, 6 (1): 62~70
- 邵达强, 黄细喜, 陶嘉玉. 1985. 南方水田少(免)耕法研究报告. 土壤学报, (4): 305~391
- 朗月广, 吴吉人. 1979. 水稻少耕技术探讨. 辽宁农业科学, (5): 43~47
- 浙江农业大学主编. 1984. 耕作学(南方本). 上海: 上海科学技术出版社, 124~131
- 殷宏章, 沈允钢, 陈因. 1956. 水稻开花后干物质的累积和运转. 植物学报, 5 (2): 177~194
- 黄永锐, 李小林. 1985. 水稻免耕栽培生理基础. 中山大学学报论丛(自然科学), (5): 170~173
- 新疆阿克苏地区农垦六团试验站. 1978. 水稻免耕获高产. 农业机械, (9): 21~22
- Phillips S H, Young H M. 1973. No-tillage Farming, Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin, 17~78

## PROGRESS OF THE RESEARCH ON THE REDUCED-TILLAGE BROADCAST SOWING TECHNIQUE IN RICE CULTIVATION AND ITS PHYSIOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHARACTERS

Hou Renzhao<sup>1</sup> Guan Riqiang<sup>1</sup> Chen Yourong<sup>1</sup> Deng Jutian<sup>2</sup> Li Senfa<sup>2</sup> Jiang Zhaoxian<sup>2</sup>

(1 Agrobiological Dept. South China, Agr. Univ., 510642, Guangzhou)

2 Lishui Agr. Technology Extension Station, 528244, Nanhai)

**Abstract** The research on 20 crops of rice in successive 10 years proved that every crop of rice cultivated with the reduced-tillage broadcast sowing technique with no ploughing but just harrowing enjoyed a 4.2%~15.4% higher yield as compared with that cultivated with the fulltillage broadcast sowing technique. The yield increase was due to better panicle and grain traits, which were associated with the improvement of the nutrient and physical characters of the soil in the tillage layer and the consequent promotion of the development of the root system. Therefore, compared with the rice cultivated with fulltillage broadcast sowing technique, the rice cultivated with reducedtillage broadcast sowing technique had a root system which was more thriving and higher in physiological activity, which consequently led to a better growth pattern, higher physiological activity of the functional leaves and delayed leaf senescence.

**Key words** Reduced-tillage; Full-tillage; Seed broadcast sowing; Physiological and ecological characters