

水稻免耕法及其生理生态效应的研究

陈友荣 侯任昭

(农业生物系)

范仕容 陈怀仰

(广东省农科院 植保所)

李胜源 梁兴鸿

(广东省农资公司 科技科)

摘要 连续3年6季的研究表明,在地力相似,用肥用水量相同的条件下,采用免耕撒播法比采用常规耕作插秧法生产水稻,可使稻谷的产量提高1.4%~6.5%,降低生产成本23%~44%。产量较高的原因在于免耕法能导致水稻的穗粒性状优于常规耕作法,而这种优势的产生则与免耕法能改善土壤的基本物理性质,进而有利于提高根系及地上部的生理活性有关。

关键词 水稻 (*Oryza sativa*) 免耕法; 生理生态效应; 提高劳动生产率; 降低生产成本

在欧美各国已成功采用免耕法的作物有玉米、棉花、小麦、烟草、高粱、饲料作物和某些蔬菜^[10]。1973年新疆阿克苏地区农垦六团试验站首先在我国成功地试验和推广水稻的免耕法^[1]。随后辽宁、江苏、云南、安徽等省的一些单位也进行了各有特点的水稻免耕法试验,并在当地推广了试验获得的成果^[2~6]。陈友荣等^[7]结合广东省水稻生产的情况进行了水稻田只耙不犁的少耕法试验,并探讨了用少耕法生产水稻产量仍然较高的生理学和生态学原因,此试验获得的成果,已在珠江三角洲等广大地区被大面积推广。在多年试验和推广水稻少耕法获得成功的基础上,为探索能进一步提高水稻生产劳动生产率的途径,1988年由华南农业大学农业生物系,广东省农科院植保所,广东省农资公司科技科联合向广东省科委科学基金项目申请“水稻免耕法及其生理生态特性的研究”获准立项后,从1989年早季开始开展此研究,并在1991年11月通过了科学技术成果鉴定,获同行专家较高的评价。本文便是连续3年6季研究结果的总结。

1 材料和方法

1.1 试验地点

分别在广东省从化县棋杆镇、顺德市大良镇,台山市冲蒺镇,南海市里水镇设置水稻免耕试验田。并采用边试验边示范的方式,在当地推广试验获得的结果,其中在从化县棋杆镇3年累计推广面积已达二百多公顷。

1.2 试验方法

采用对比试验法,即在肥力和其它条件相似的同一地段,起码有2块田作为试验田,其中的1块作为取消犁耙的免耕撒播处理田,另外1块或数块则作为又犁又耙的常规耕作插秧,或常规耕作撒播的对照田,两者进行对比。有的试区的免耕处理田连续3年每造都免耕,有的试区则早季常规耕作,晚季免耕。

1992-11-02 收稿

1.3 免耕处理田采取的技术措施

先使用茎叶处理除草剂(主要是克芜踪)灭除杂草植株与落粒谷幼苗,摧枯禾茬或绿肥作物后,灌入水层并施碳酸氢铵和过磷酸钙等化肥沤田数日,水层自然落干后,撒播经浸种催芽刚露白或已长出如米粒长度种子根的各谷种,再按撒播田的要求进行水肥管理以及用土壤处理除草剂进行第2次化学除草。上述沤田数日的目的:一是使田土变软而利于谷种扎根;二是施基肥;三是以溶解了化肥的田水沤田,使经化学除草后仍留存下来的杂草残株死亡。

1.4 稻土理化性质和稻株生长量的测定

选一些免耕田和对照田,在未开始试验前和连续试验3年后各进行1次土壤理化性质的测定,并对生长于其上的水稻植株进行一些生理学和形态学指标的测试,以便探讨采用免耕法稻谷产量较高的原因。

1.5 盆栽对比试验

为了更好地测试免耕对水稻根系的各种效应,人工模拟田间的土壤条件,进行了免耕与翻耕的盆栽对比试验,以作为田间试验的补充。

1.6 生产成本核算

主要是对免耕田和对照田单位面积的直接和间接费用以及直接和间接用工进行核算,求出折合投入总成本,以便了解采用免耕法生产水稻的效益。

2 结果与分析

2.1 免耕田的产量

表1的数据表明,免耕田与常规耕作的对照田相比产量较高。从表2可看出这种产量较高是由于生长于免耕田的水稻,其穗粒性状优于生长于对照田的水稻。经分析测定,对导致这种优势的原因已明确如下:

2.1.1 免耕法有利于分蘖的产生 免耕撒播稻的种子裸露于土表,长出来的稻株能充分发挥低位分蘖的优势,而使有效分蘖较多,进而增加单位面积的穗数。例如根据在里水镇试区的调查,常规品种新阳六号平均每粒谷种长出的有效蘖,免耕撒播稻为4.55,而常规耕作撒播稻为4.04,前者比后者高12.6%。

表1 1/15公顷稻谷产量(kg)

试验地点	年份	季别	品 种	免耕田	常规耕作田	增产 %
棋杆镇	1989	早	青陆矮	363	348	4.3
		晚	七山占	486.5	467.4	4.1
棋杆镇	1990	早	特青2号	435	420	3.6
		晚	三二矮	371.1	353.4	5.0
棋杆镇	1991	早	特青2号	486.5	467.4	4.1
		晚	珍桂	379.3	360	5.3
里水镇	1989	早	新阳6号	369	354	4.2
		晚	新阳6号	377.1	370.5	1.8
冲蒌镇	1990	早	特青2号	451.7	424.5	6.5
		晚	华桂	303.15	288	5.4
大良镇	1990	晚	七山占	365	360	1.4

表2 穗粒性状

试验地点	试验时间	品 种	处 理	1/15ha	每穗	每穗	结实率	每穗空	空粒率	千粒重
				穗数 ($\times 10000$)	总粒数	实粒数	(%)	粒数	(%)	(g)
冲蒌镇	1990年 早 季	特青2号	免耕撒播	20.9	110.3	90.8	82.3	19.5	17.7	26.5
			常规耕作插秧	18.0	100.6	79.5	79.0	21.1	21.0	26.0
棋杆镇	1989年 晚 季	七山占	免耕撒播	19.5	87.4	81.0	92.7	6.4	7.3	23.7
			常规耕作撒播	19.1	84.3	77.5	91.9	6.8	8.1	22.9

2.1.2 免耕法使水稻的生长量较大 从播种后36天的常规品种青陆矮地上部生长情况的测定结果(表3),揭示了除地上部的烘干率外,其它的测定项目,都表现出免耕撒播稻有优于常规耕作撒播稻的趋势。说明了免耕田较有利于水稻的生长而使其生长量较大。

表3 植株地上部的生长量*

测定项目	处 理 名 称	
	连续免耕三季稻田	常规耕作稻田
主茎高度 (cm)	23.36	23.24
每株分蘖数	3.18	3.06
主茎茎鞘粗 (cm/10株)	3.0	2.7
主茎倒一叶面积 (cm ²)	6.18	6.04
地上部鲜重 (g/5株)	3.02	2.90
地上部干重 (g/5株)	0.54	0.53
地上部烘干率 (%)	17.9	18.3
主茎完全展开叶片数 (片)	3.0	2.9

*表内数据为10次重复的平均数

2.1.3 免耕法使水稻生长后期功能叶的生理活性较强 为了解免耕对稻株剑叶生理活性的影响,在水稻黄熟期,我们对剑叶的生长状态进行了一些调查与测试:

(1) 剑叶衰老情况调查 先按叶片变黄和坏死程度,将剑叶分为五级进行登记。0级——全叶青绿;1级——叶尖失绿坏死;2级——失绿坏死面积占全叶1/3;3级——失绿坏死面积占全叶1/2;4级——全叶坏死。然后随机调查按级分别统计。调查结果列于表4,表中的数据表明,从形态学指标来看,免耕撒播田与常规耕作撒播田或插秧田相比,能导致衰老程度较重的剑叶数较少,而衰老程度较轻的剑叶数较多,说明了免耕法具有延缓功能衰老的作用。

(2) 剑叶生理活性的测试 主要是对与剑叶生理活性密切相关的叶绿素含量、氮素与蛋白质含量以及光合速率等进行了测试,其结果(表5)。表明,免耕撒播与常规耕作撒播相比,在黄熟期其剑叶的上述物质的含量和光合速率都较高、也即是说其生理活性较强。

2.1.4 免耕法使水稻的根系较发达,生理活性较强 在分蘖盛期我们对盆栽试验的免耕直播稻和翻耕直播稻进行了各项测试,获得列于表6的结果。它表明了免耕稻的根系显著地比翻耕稻的根系发达,其生理活性显著地比翻耕稻的根系强。另外,我们还对免耕稻和翻耕稻根系的再生能力进行测定。即把处于营养生长阶段的稻株的所有根系和已展开的所有

叶片都剪掉, 剩下主茎的鞘茎和未展开的叶片, 栽植在装满水的无土栽培罐上, 每罐 3 株, 各设五次重复, 5 天后数算再生根数和测定再生根的 TTC 还原能力^[8], 获得如表 7 的结果。此结果揭示了, 免耕稻根系的再生能力以及再生根的生理活性都显著地比翻耕稻强。而根系再生能力的强弱, 通常可作为稻苗素质高低的指标之一。免耕稻苗根系的再生能力强于翻耕稻苗, 即意味着免耕稻苗的素质高于翻耕稻苗。

表 4 剑叶衰老情况

试验地点	试验时间	品 种	处理名称	调查叶片数					
				总数	各级衰老叶片数				
					0	I	II	III	IV
棋杆镇	1989 年 晚 季	七山占	免耕撒播	200	0	112	86	2	0
			常规耕作撒播	200	0	74	112	14	0
冲蒌镇	1990 年 早 季	特青 2 号	免耕撒播	200	4	154	42	0	0
			常规耕作插秧	200	0	104	76	20	0

表 5 水稻黄熟期剑叶叶绿素、氮素、蛋白质含量及光合速率*

测定项目 处理名称	叶绿素含量				N 含量		蛋白质含量		光合速率	
	mg/g		mg/g		占 干		占 干		mg	
	鲜 重	比较值	干 重	比较值	重 %	比较值	重 %	比较值	干物质/dm ² h ⁻¹	比较值
免耕撒播	1.18	148.4	2.84	136.5	2.373	120.8	14.831	120.8	12.67	126.7
常规耕作撒播	0.795	100	2.08	100	1.964	100	12.275	100	10.00	100

* 测定方法: 叶绿素含量, 分光光度法; N 与蛋白质含量, 自动定 N 仪法; 光合速率, 改良半叶法

表 6 盆栽试验免耕稻与翻耕稻根系对比*

类 别	根 数 条/株	根干重 克/株	根/冠比	干根容积 ml/10 株	TTC 还原能力	
					μg/gh ⁻¹	μg/株 h ⁻¹
免耕稻	54.4	2.2	0.254	10	12.78	128.3
翻耕稻	35.7	1.2	0.171	6	9.7	83.7

* 10 次重复的平均数 水稻品种: 青陆矮 试验时间: 1991 年早季

表 7 再生根数及其 TTC 还原能力

类 别	平均每株再生根数	TTC 还原能力 μg/株 h ⁻¹
免耕稻	16.2	12.83
翻耕稻	7.2	5.25

2.2 免耕试验田产量的差异显著性测验

1991 年晚季由 6 位专家组成的验产小组, 对在从化县棋杆镇的免耕试验田及其常规耕作插秧的对照田, 用测产器随机测定了 7 个重复并折成每 1/15ha 的稻谷产量列于表 8。当时该地天旱, 在水稻成熟期无水灌溉, 使稻谷产量较低。即使在这种情况下, 免耕撒播田的稻谷产量仍高于常规耕作插秧田的稻谷产量。

表8 1991年晚季水稻免耕试验测产结果

处 理	重复及其产量 (kg · 1/15ha)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
免耕撒播	307.6	308.8	298.4	287.8	318.6	308.3	291.1
常规耕作插秧	300.4	301.5	292.1	279.2	298.9	302.3	273.1

对表8中列出的免耕撒播田与常规耕作插秧田稻谷产量进行差异显著性测验如下:

假设 H_0 , 两种耕作法的水稻产量无明显差异, 即 $H_0: \mu_d = 0$, 对 $H_A: \mu_d \neq 0$, 显著水平 $\alpha = 0.005$

(1) 由表8数据可知: $\bar{x}_免 = 302.94$; $\bar{x}_常 = 292.47$;

成对产量差为: $d_1 \quad d_2 \quad d_3 \quad d_4 \quad d_5 \quad d_6 \quad d_7$
 $7.2 \quad 7.3 \quad 6.3 \quad 8.6 \quad 19.7 \quad 6.0 \quad 18.0$

(2) 测验计算:

差数的平均数 $\bar{d} = \bar{x}_免 - \bar{x}_常 = 10.443$

差数平均数的标准误: $S_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 2.2012$

测验 t 值为: $t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{S_d} = \frac{10.443 - 0}{2.2012} = 4.744$

查学生氏 t 值表 $V = 7 - 1 = 6$ 时 $t_{0.005} = 4.317$, 现实得 $|t| > t_{0.005}$

故 $p < 0.005$

(3) 由上推断: 否定 $H_0: \mu_d = 0$ 接受 $H_A: \mu_d \neq 0$ 即表明免耕撒播与常规耕作插秧的稻谷产量差异极其显著。

2.3 免耕与土壤

稻田采用免耕法, 特别是连续数年采用免耕法后, 土壤物理性质和肥力的变化, 这是必须了解清楚的问题。在1989年初未开始试验前和1992年初已进行连续3年6季的试验后, 对在从化县棋杆镇的试验田0~18cm土层的土壤基本物理性质和土壤养分各进行1次测定, 其结果列于表9与表10。此结果表明, 同样是轻质中壤土水稻田, 经连续3年6季采用免耕撒播法栽培水稻后, 与采用常规耕作插秧法栽培水稻相比, 总的趋势是较有利于土壤物理性质和养分的改善, 而这种改善便可能是导致在相邻田块, 用肥用水量相同的条件下, 采用免耕法比采用常规耕作法栽培水稻, 稻谷的产量通常较高的生态学原因。也说明了用免耕法栽培水稻, 除具有可提高劳动生产率, 减轻劳动强度和降低生产成本等社会效益和经济效益外, 还具有较好的生态效益。

表9 免耕试验耕作层物理性质测定结果*

测定项目	试验前		连续试验3年后	
	免耕田	常规耕作田	免耕田	常规耕作田
容重 (g/cm ³)	1.33	1.36	1.30	1.38
浸水容重 (g/cm ³)	0.75	0.73	0.67	0.71
毛管孔隙度 (%)	—	—	34.3	32.2
非毛管孔隙度 (%)	—	—	15.2	15.1
总孔隙度 (%)	—	—	49.5	47.3
结构破坏率 (%)	32.6	38.0	26.80	34.50
饱和持水量 (%)	36.0	36.6	36.56	32.66

* 土壤质地: 轻质中壤土

表 10 免耕试验土壤养分测定结果

测定项目	试验前		连续试验 3 年后	
	免耕田	常规耕作田	免耕田	常规耕作田
pH (水提)	5.2	5.2	5.0	5.1
有机质%	2.91	2.86	2.93	2.92
全 N%	0.122	0.108	0.210	0.201
全磷 P_2O_5 %	0.077	0.070	0.078	0.074
全钾 K_2O %	1.89	1.60	2.04	1.92
水解性氮 mg/kg	126.7	130.3	250.2	226.4
速效性磷 mg/kg	8.3	7.6	16.0	14.2
速效性钾 mg/kg	30	40	85	90

2.4 免耕法的效益

水稻免耕撒播法与常规耕作插秧法相比,省掉了犁耙整地、育秧、拔秧、插秧和中耕除草等农事,因而节省了人工,提高了劳动生产率和减轻了劳动强度,并最终体现在降低生产成本上。根据在几个地方的调查与统计,折合投入总成本降低数列于表 11,它表明免耕法的经济效益是相当显著的。

表 11 免耕撒播与常规耕作插秧生产成本比较

地 点	年份	季别	耕作类型	折合投入总成本 (元/1/15 ha)	成本降低数	
					元/1/15 ha	%
棋杆镇	1989	早	免	74.5	35.9	32.5
			常规	110.4		
		晚	免	60.8	46.7	43.4
			常规	107.5		
	1990	早	免	73.2	41.5	36.2
			常规	114.7		
		晚	免	61.6	45.3	42.4
			常规	106.9		
冲婆镇	1989	晚	免	76.0	45.52	37.5
			常规	121.52		
	1990	早	免	101.24	47.61	31.98
			常规	148.85		
		晚	免	68.78	55	44.4
			常规	123.78		
大良镇	1990	早	免	90.90	28.23	23.7
			常规	119.13		
		晚	免	66.73	42.17	38.7
			常规	108.90		
	1991	早	免	74.70	56.25	42.95
			常规	130.95		
		晚	免	73.04	40.76	35.8
			常规	113.8		

3 讨论

根据本文在前面列出的盆栽免耕试验的结果表明,免耕稻的根系极显著地优于翻耕稻的根系。而王永锐等^[9]进行的盆栽试验,则从生理学和形态学的各项指标,更系统地证明了免耕稻确实显著地优于翻耕稻。但在田间条件下,免耕稻的优势却没有那么显著,这是有待于进一步研究的问题。

目前,在广东省水稻的免耕法只在进行过试验的一些地方,被不胫而走地推广,因而从总的来看推广的复盖面和面积不大。但由于已推广免耕法的一些地方的实践表明,免耕法的产量不低于传统耕作法的产量,而且它具有在前面已提到的省工,减轻劳动强度,降低生产成本等优势,所以它存在着被大面积推广的潜力,随着水稻生产规模经营的发展,采用免耕法者必将逐渐增多。

通过连续3年的试验与研究,已了解到采用免耕撒播法生产水稻获得成功的技术措施。但实践证明,稻田免耕后也可采用插秧法而获得高产。例如,1991年早季,在广东省潮阳县西胪镇进行了面积共320 ha,连片的取消犁耙田的水稻免耕插秧法试验示范,喜获平均每1/15 ha 550 kg的稻谷产量,而且其中的一些田块竟获得每1/15 ha 750 kg的产量。由此看来,随着试验与研究的深入发展和反复的实践,用免耕法生产水稻的高产技术规程是可以制定出来的。

致谢 参加本研究者还有钟佐仁,梁惠年,李权生,杨润卓,朱天泉,马朝波,吴锦开

参 考 文 献

- 1 新疆阿克苏地区农垦六团试验站. 水稻免耕获高产. 农业机械, 1980, 9: 21~22
- 2 吴世宗等. 稻麦免耕栽培的体会. 江苏农业科学, 1980, 4: 23~27
- 3 朗月平等. 水稻少耕技术探讨. 辽宁农业科学, 1979, 5: 43~47
- 4 张宗渠等. 介绍一种新型耕作法——免耕畦土栽培法. 云南农业科技, 1981, 5: 39~42
- 5 邵达三等. 南方水田少(免)耕法研究报告. 土壤学报, 1985, 22(4): 305~419
- 6 孙作臣. 少(免)耕法在安徽省国营农场的应用及其发展. 安徽农业科学, 1987, 3: 20~26
- 7 陈友荣等. 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, 1985, 6(1): 62~70
- 8 山东农学院等编. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科学技术出版社, 1980, 187~190
- 9 王永锐等. 水稻免耕栽培生理基础. 中山大学学报论丛(自然科学), 1989, 5: 143~174
- 10 Phillips S H., young H. M. No-tillage Farming. Reiman Associate, Milwaukee, Wisconsin. 1973, 17~78

STUDIES ON THE NO-TILLAGE METHOD IN RICE CULTIVATION AND ITS PHYSIOLOGICAL AND ECOLOGICAL EFFECTS

Chen Yourong Hou Renzhao
(South China Agricultural University)

Fan Shirong Chen Huaiyang
(Guangdong Agricultural Science Academy)

Li Shengyuan Liang Xinghong
(Guangdong Agricultural Means of Production Corporation)

Abstract The study of six crops in three successive years showed that under the same conditions of soil productivity, fertilizer supply and water irrigation, the no-tillage method increased the yield of grain and reduced the production cost by 1.4%~6.5% and 23%~44% respectively as compared with the conventional tillage method. The reason for the higher yield lies in that the no-tillage method gave rise to better economic characters of rice than the conventional method. Yet, this advantage is associated with the improvement of the basic physical characters of the soil by the no-tillage method and the consequent improvement of the growth capacity and physiological activities of the root system and the above-ground part.

Key words No-tillage method in rice cultivation; Physiological and ecological effects; Improvement of labour productivity; Reduction of production cost