

水稻根系与产量构成关系的研究

陈春焕 骆世明 李鸿武 巫志金
(农学系) (英德县农科所)

摘要 本文研究了早造水稻, 采用不同施肥处理, 3次重复的小区试验, 探讨了水稻根系与产量构成的关系。

试验结果表明: 不同施肥处理, 产量差异极为显著, 而重复之间没有明显差异, 小区产量经多重测验, 施氮、磷、钾肥区产量最高, 不施肥区产量最低。

研究表明: 小区产量高低与施肥有关外, 还直接受到水稻根系发达程度所制约, 从回归分析可看出对产量影响最大的是短根数、长根重, 最小是伤流量。

研究还表明: 在高温多雨的水田生态系统中, 通过人控施肥调节、促进水稻根系发育, 是夺取水稻高产措施之一。

关键词 水稻; 根系; 回归分析; 伤流量

水稻产量高低与根系发达程度密切相关。对水稻根系研究在国外、国内已有不少人在探讨^[1~5]。农民在生产实践中深有体会, 若要水稻高产必须使水稻根系发育健壮。真是“育秧先育根”, “发苗先发根”, “作物土中生, 高产全靠根”。这些谚语充分说明根系对产量有很大的影响。由于水稻根系调查较为繁琐, 目前尚无快速测定仪器, 有关水稻根系与产量构成的研究报导不多。本文探讨了不同肥料搭配在不同施肥时期, 形成不同土壤生态环境, 通过小区重复试验, 调查根系, 伤流量与产量构成的参数, 应用数理统计方法, 借助电子计算机处理, 找出其内在规律, 揭示根系与产量的关系, 为水稻高产、高效、优质栽培提供科学依据。

1 试验方法

试验在英德县农科所生产田进行, 前作是优质米高产试验, 冬种紫云英绿肥, 小区面积 7.5 m×2.6 m, 品种汕优 36, 3月17日播种, 播种量 10 kg/亩, 4月26日插秧, 株行距 2.3 cm×2 cm, 每科插带有 1~2 分蘖苗 2 条。氮、磷、钾肥料不同搭配施用, 共设 4 个处理, 即全肥 (N、P、K), 缺氮肥 (P、K), 缺钾肥 (N、P), 缺磷肥 (N、K), 对照为不施肥。试验小区随机排列, 3次重复。施肥处理的施肥日期及用量见表 1。

田间调查项目: 插前土壤取样 5 个, 收割后每个小区取土样 2 个, 室内分析有机质含量、N、P、K 含量; 幼穗分化、齐穗期、黄熟期调查苗数、株高、叶面积, 每个小区取有代表性 2 科样本 (连根取), 分别测定根、茎、叶、穗的 N、P、K 含量; 黄熟期每个小区选取有代表性 2 科, 离地 10 cm, 割断后即脱脂棉花复盖伤口, 测定伤流量, 然后用铁锹小心挖取根系, 洗净泥土, 测定长根数 (根长≥5 cm), 短根数 (根长<5 cm) 及重量, 并对地上部进行穗粒性状调查, 小区实收干谷重。

1992-12-07 收稿

表 1 不同施肥处理的施肥日期与施肥量

小区 编号	处 理	肥料 种类	肥料施用量百分数 (各个时期)							肥料施用 总量 kg/ha
			植前 基肥	插后 7~8 天	插后 13~15 天	插后 30 天	插后 40 天	剑叶 全出	抽穗期	
1	全 肥	N	30.9	18.2	12.7	12.7	12.7	5.4	7.2	123.75
		P	69.7	30.3	0	0	0	0	0	171.00
		K	0	0	34.8	65.2	0	0	0	51.75
2	缺 氮 肥	P	69.7	30.3	0	0	0	0	0	171.00
		K	0	0	34.8	65.2	0	0	0	51.75
3	缺 钾 肥	N	26.9	19.2	13.3	13.3	13.3	6	8	117.00
		P	69.7	30.3	0	0	0	0	0	171.00
4	缺 磷 肥	N	28.6	20.4	14.3	14.3	14.3	0	8	110.25
		K	0	0	34.8	65.2	0	0	0	51.75

2 结果分析

2.1 水稻在不同发育期施氮、磷、钾肥区和不施肥区的株高、叶面积及各种器官比率差异性 (表 2, 图 1)

表 2 水稻不同发育期施肥与不施肥的株高、叶面积及各种器官比率表

处 理	项 目	幼穗分化	齐穗期	黄熟期
施肥	株高	95	123	123
不施肥	cm	80	117	120
施肥	叶面积	1850	1820	720
不施肥	cm	1580	1330	620
施肥	根比率	16.97	12.97	8.32
不施肥	%	24.10	17.50	12.69
施肥	茎比率	50.76	46.99	28.74
不施肥	%	51.61	46.42	27.29
施肥	叶比率	32.27	22.74	12.52
不施肥	%	24.29	15.47	10.59
施肥	穗比率		17.30	50.42
不施肥	%		20.61	49.43

从图 1 可见, 叶面积随生育进程而递减, 前期不同处理差异大。而株高则随生育进程而增加, 后期趋于接近。从表 2 看到各种器官比率, 叶比率施肥区明显高于不施肥区, 叶片比率大, 表明光合作用功能强, 有利水稻高产。

2.2 水稻不同发育期、不同处理的根、茎、叶、穗的 N, P, K 含量

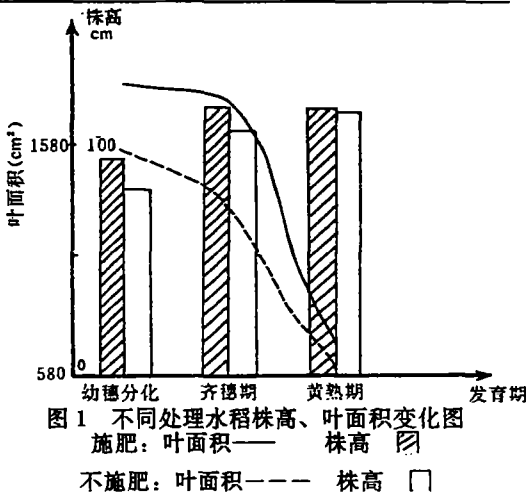


表3 水稻不同发育期、不同处理的根、茎、叶、穗的N、P、K含量(%)

发育期	处 理	根			茎			叶			穗		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
幼穗分化	全肥	1.07	0.23	0.83	1.13	0.33	2.54	2.73	0.27	2.83			
	缺氮肥	0.98	0.19	0.90	0.75	0.31	3.20	2.30	0.23	3.02			
	缺钾肥	1.09	0.21	0.68	1.27	0.33	1.64	2.85	0.25	2.47			
	缺磷肥	1.26	0.23	0.83	1.16	0.32	3.43	2.81	0.25	2.13			
	不施肥	0.89	0.18	1.00	0.78	0.30	1.93	2.26	0.22	2.59			
齐穗期	全肥	0.90	0.18	0.77	0.77	0.30	2.41	2.34	0.20	1.75	1.24	0.22	0.85
	缺氮肥	0.80	0.17	0.44	0.41	0.22	2.19	1.75	0.17	1.81	1.00	0.22	0.70
	缺钾肥	0.92	0.17	0.37	0.87	0.28	1.84	3.25	0.20	1.58	1.34	0.24	0.79
	缺磷肥	0.90	0.17	0.37	0.72	0.27	2.29	2.31	0.21	1.69	1.25	0.23	0.83
	不施肥	0.80	0.15	0.43	0.53	0.25	1.97	1.67	0.17	1.65	1.06	0.21	0.75
黄熟期	全肥	0.99	0.16	0.34	0.54	0.09	2.77	1.21	0.10	1.12	1.26	0.28	0.35
	缺氮肥	0.78	0.15	0.42	0.38	0.09	3.21	0.75	0.06	0.87	0.93	0.27	0.35
	缺钾肥	0.94	0.15	0.34	0.49	0.10	2.41	1.21	0.11	0.87	1.23	0.27	0.35
	缺磷肥	0.97	0.16	0.39	0.57	0.09	2.77	1.28	0.10	1.06	1.33	0.28	0.34
	不施肥	0.93	0.15	0.37	0.39	0.09	2.78	0.76	0.07	0.85	0.96	0.27	0.34

从表3可见,幼穗分化施肥区的根、茎、叶含N、P、K较高,随生育进程不同处理间差异缩小。经方差分析表明,不同施肥处理的根、茎、叶含N、P、K,差异达显著水准。

2.3 水稻不同施肥处理穗粒性状及小区产量

表4 不同施肥处理穗粒性状及小区产量

处 理	项 目	I		II		III		合计	平均值	标准差
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
全肥	穗长(cm)	21.18	25.81	23.13	24.30	22.20	33.83	150.45	25.07	4.18
	总粒数(粒/科)	1010	1411	1305	1531	1197	1416	7870.0	1311.7	189.7
	实粒数(粒/科)	787	998	969	1424	854	964	5996.0	999.3	203.6
	千粒重(g)	26.6	26.6	24.7	24.7	24.7	24.7	152.0	25.3	0.90
	产量(kg/小区)	14.21		14.52		13.90		42.63	14.21	0.25
缺氮肥	穗长(cm)	22.61	21.73	22.09	20.54	20.94	21.48	129.39	21.56	0.69
	总粒数(粒/科)	1287	1082	1100	882	892	1102	6345.0	1057.5	138.6
	实粒数(粒/科)	1009	936	838	771	753	920	5220.0	871.2	91.9
	千粒重(g)	25.5	25.5	25.9	25.9	25.7	25.7	154.2	25.7	0.16
	产量(kg/小区)	13.47		12.75		12.70		38.92	12.97	0.35
缺钾肥	穗长(cm)	22.47	22.43	22.46	21.75	23.08	25.35	137.54	22.92	1.15
	总粒数(粒/科)	1167	1107	1137	861	1105	1770	7147.0	1191.2	277.5
	实粒数(粒/科)	779	673	859	634	744	1391	5080.0	846.7	253.9
	千粒重(g)	26.0	26.0	26.7	26.7	25.5	25.5	156.4	26.10	0.49
	产量(kg/小区)	13.68		13.38		14.00		41.06	13.69	0.25

续表4 不同施肥处理穗粒性状及小区产量

处 理 项 目	I		II		III		合计	平均值	标准差
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
穗长(cm)	22.97	22.74	23.55	23.64	22.30	19.92	134.9	22.48	1.32
缺 总粒数(粒/科)	1328	1132	1374	1332	1198	834	7198.0	1199.7	183.8
磷 实粒数(粒/科)	874	797	945	1097	849	458	5020.0	836.7	194.1
肥 千粒重(g)	25.8	25.8	24.8	24.8	24.9	24.9	151.0	25.17	0.45
产量(kg/小区)	13.81		14.22		13.40		41.43	13.81	0.33
穗长(cm)	21.47	22.41	21.72	21.28	21.03	22.32	130.2	21.70	0.51
不 总粒数(粒/科)	957	1192	1031	986	996	1132	6294.0	1049.0	84.5
施 实粒数(粒/科)	780	922	890	802	817	919	5130.0	855.7	57.3
肥 千粒重(g)	24.8	24.8	24.6	24.6	24.9	24.9	148.6	24.77	0.12
产量(kg/小区)	12.91		12.68		12.95		38.54	12.84	0.12

注: 每一处理为3个重复, 每重复调查2科

表5 水稻不同施肥处理产量方差分析

来 源	SS	DF	MS	F
重 复	0.5203	2	0.2606	0.5094
处 理	16.1150	4	4.0288	7.8997**
误 差	4.0851	8	0.5106	
总 和	20.7204	14		

表6 水稻不同施肥处理产量多重比较 LSD 测验

名 次	处 理	平均亩产 (kg)	差 异 显 著 性	
			5%	1%
1	全肥	473.7	a	A
2	缺氮肥	460.4	ab	AB
3	缺钾肥	456.2	ab	AB
4	缺磷肥	432.6	c	C
5	不施肥	428.2	c	C

从表4可见, 处理1的穗长和总粒数居首位, 处理5最小。从表5方差分析中处理达极显著水准, 重复之间无差异。这说明在广东高温多雨的水田生态系统, 输入必要N、P、K肥料是夺取高产的物质基础。

2.4 水稻不同施肥处理的产量与穗粒性状、根系的回归分析 (表7, 8)

通过计算机运算, 建立产量与根系回归方程:

$$\hat{y} = 366.43 + 37.74x_1 - 0.18x_2 + 4.94x_3 + 0.19x_4 + 13.79x_5$$

其中: $\hat{y}$ 产量, x_1 伤流量, x_2 长根数, x_3 长根重, x_4 短根数, x_5 短根重,

$$R = 0.8594^{**}$$

产量与穗粒性状回归方程:

$$\hat{y} = 115.91 - 2.54x_1 + 0.09x_2 + 0.01x_3 + 7.46x_4 + 6.96x_5 + 0.76x_6$$

其中: $\hat{y}$ 产量, x_1 穗长, x_2 总粒数, x_3 实粒数, x_4 千粒重, x_5 有效穗数, x_6 穗重。

$R=0.9332^{**}$, 方程经 F 值检验, 达极显著水准。

表7 水稻黄熟期不同施肥处理的性状

性 状	全 肥			缺氮肥			缺钾肥			缺磷肥			不施肥		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
有效穗 (穗/科)	10	9.5	10	9	8.5	8.5	10	8.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	9	9
叶面积 ($\text{cm}^2/\text{科}$)	613.9	737.8	713.6	276.9	273.5	291.5	532.2	339.8	610.8	402.3	779.9	586.9	390.3	300.2	301.2
叶重 (g/科)	19.8	15.0	19.9	10.8	10.7	13.4	13.2	9.4	17.3	12.9	11.3	11.1	9.8	8.1	10.8
茎面积 ($\text{cm}^2/\text{科}$)	1.89	1.76	1.47	1.69	1.36	1.33	1.39	1.42	1.67	1.92	1.40	1.28	1.61	1.18	1.24
茎重 (g/科)	38.8	19.8	41.8	28.8	16.7	28.1	32.3	17.6	37.2	30.2	17.7	35.2	26.2	15.1	25.2
穗重 (g/穗)	36.5	35.5	35.9	24.4	24.2	22.8	28.2	24.5	27.5	24.4	24.7	24.9	21.0	22.6	18.8
伤流量 ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{时}$)	0.77	0.53	0.72	0.64	0.45	0.55	0.69	0.50	0.64	0.67	0.49	0.52	0.32	0.31	0.45
长根数 (条/科)	362	375	398	293	257	352	358	274	362	360	318	359	262	276	255
长根重 (g/科)	10.4	11.3	9.4	6.5	5.0	7.4	6.6	6.9	7.8	6.5	8.1	8.1	6.3	5.8	3.2
短根数 (条/科)	315	303	314	278	247	212	299	268	292	305	262	304	244	243	204
短根重 (g/科)	3.0	2.9	2.8	1.6	1.9	2.3	2.1	1.9	2.8	2.9	2.3	2.7	1.6	1.9	2.2

注: 每一处理为3个重复。

表8 水稻产量与各性状相关系数表

性 状	有效穗数	总粒数	实粒数	千粒重	穗长	穗重	长根数	长根重	短根数	短根重	伤流量
相关系数	0.66**	0.86**	0.65**	0.06	0.87**	0.73**	0.67**	0.76**	0.76**	0.67**	0.62**

$r_{\text{产量}}^{\text{有效穗}} = 0.51$ $r_{\text{产量}}^{\text{总粒数}} = 0.64$

3 结束语

3.1 水稻在不同施肥处理下, 小区产量差异明显, 试验结果表明, 在高温多雨的水田生态系统, 人工增施肥料是很有必要。

3.2 水稻在不同施肥处理下, 产量与性状关系除千粒重外, 都达到显著水准。同一品种在不同施肥处理下, 千粒重变化不大, 调控其它性状以达到增产。

3.3 水稻在不同施肥条件下, 产量与根系建立回归方程, 短根重增加一个单位, 产量增加 13 kg, 伤流量增加 1 个单位, 产量增加 37.7 kg, 说明水稻根系对产量有很大的影响。

致谢 本文承农学系吴灼年教授审阅, 并提出宝贵意见。英德县农业局土肥股陈刚、欧浩明协助室内分析, 在此一并感谢。

参 考 文 献

- 1 凌启鸿等. 水稻根系对水分和养分的反应. 江苏农学院学报, 1990, 11 (1): 23~27
- 2 凌启鸿等. 水稻不同层次根系的功能及对产量形成作用的研究, 中国农业科学, 1984 (4): 3~11
- 3 倪文. 光对稻苗根系生长及其生活性的影响. 作物学报, 1983, 9 (3): 199~203
- 4 川田信一郎等. 水稻にける“ラ书根”的形成量と玄米收量との关系. 日本作物学会纪事, 1978, 47 (7): 617~628
- 5 M Thangaraj. 等, 郭凤华等译. 水稻带土根系技术改进的研究. 国外农学——水稻, 1987 (5): 38~39

RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN ROOT SYSTEM AND RICE YIELD

Chen Chunhuan Luo Shiming

Li Hongwu Wu Zhijin

(Agroecology Research Labortory)

(Agricultural Research Station of Ying De County)

Abstract In order to find out the relationship between root system of rice and its yield, a field plot research of different levels of fertilizer applications was conducted.

Result showed that there was significant different existed between treatments, but there was no significant different existed between replications. Multiple rank test showed that the yield of plot with N, P, K was the highest and the yield of plot without fertilizer was the lowest.

Research showed that plot yield was directly affected by the development of rice root system, besides fertilizer. the number of short root, long rooth had the greatest influence on yield and the amount of bleeding had the least influence through regression analysis.

Reseacrch also showed that one of the key measure to get hight yield of rice is to promote root system development though fertilizer application control.

Key words Rice; Root system; Regression analysis; Bleeding