



## 云南嵩明水稻养分平衡管理试验研究

苏帆 付利波 陈华 洪丽芳

云南省农科院农业环境资源研究所, 云南昆明, 650205

**摘要:** 本试验采用大田试验研究方法研究水稻对 NPK 养分元素的吸收利用, 探索提高施肥利用率的科学养分管理方法。试验结果表明, 肥料利用率的高低不仅受到该元素施用量的影响, 同时也受到作物所需其它养分元素平衡关系的制约。肥料的施用应同时结合考虑肥料的利用率、水稻品质 and 经济效益才是科学和符合实际的。

**关键词:** 水稻 养分管理 肥料利用率

养分平衡管理是指导作物平衡施肥、提高作物产量、提高肥料利用率、使农民获得最大经济效益的一个十分重要的科学管理途径。为充分探讨云南嵩明水稻养分管理中养分的平衡关系, 科学有效地提高施肥效应, 提高施肥对水稻生产的经济产出, 特开展了本项目的试验研究。

### 一、材料和方法

供试作物品种: 水稻品种滇优五号

供试土壤: 水稻土、质地壤土。供试土壤主要理化性质见表 1。

表 1 供试土壤理化性质分析结果 (ASI 法)

处理	pH	OM	Ca	Mg	K	NH <sub>4</sub>	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
微克/毫升土													
1. OPT(N2P2K2)	6.9	2.9	4418.8	662.2	70.4	19.1	2.1	147.9	1.4	14.1	31.0	32.2	3.3
2. OPT-N	7.0	2.8	4593	666	90	13.4	2.6	130.2	1.6	13.9	38.5	33.7	3.0
3. OPT-P	6.8	2.6	4403	632	51	22.5	12.3	149.5	1.4	14.7	28.2	38.2	3.2
4. OPT-K	7.0	2.8	4365	583	86	24.2	15.8	161.2	1.7	13.8	32.2	34.0	3.0
5. N1P2K2	6.7	2.9	4894	628	106	33.3	27.1	208.7	1.9	14.3	32.0	39.2	3.6
6. N3P2K2	6.9	2.7	4862	679	59	14.4	7.3	162.5	1.3	13.4	28.4	25.9	2.7
7. N2P1K2	7.0	2.8	4884	684	66	14.1	7.5	151.9	1.6	13.0	26.4	37.0	3.1
8. N2P3K2	6.6	2.9	4407	629	70	12.7	7.1	149.5	1.8	14.0	31.1	47.4	3.0
9. N2P2K1	6.9	2.7	4607	669	74	13.4	5.1	131.7	2.3	13.5	25.7	39.8	2.6
10. N2P2K3	6.7	2.8	4325	668	59	17.4	4.8	131.3	1.7	14.2	40.2	40.4	3.1

田间水稻试验共设 10 个处理, 四次重复, 随机区组排列。小区面积 13.3 平方米, 水稻种植密度 25000 丛/亩。试验施肥分三次施入 (基肥 40%、苗肥 30%、分蘖肥 30%)。试验设计见表 2。

表2 嵩明水稻施肥试验处理（公斤/亩）

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.OPT(N2P2K2)	20	8	12
2.OPT-N	0	8	12
3.OPT-P	20	0	12
4.OPT-K	20	8	0
5.N1P2K2	17	8	12
6.N3P2K2	23	8	12
7.N2P1K2	20	5	12
8.N2P3K2	20	11	12
9.N2P2K1	20	8	8
10.N2P2K3	20	8	16

注：土壤分析结果微量元素供应充分，本试验未考虑施用微肥。供试肥料品种主要为尿素（N46%）、氯化钾（K<sub>2</sub>O60%）和过磷酸钙（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>17%）。

## 二、试验结果与分析

### 2.1 不同养分管理对水稻施 N 与 N 吸收间平衡的影响

从表3 试验分析结果可以看出，在不同养分管理条件下水稻施氮与氮吸收间平衡的差异是十分明显的。由于施肥对水稻产量及生物产量的影响，在不施氮肥的情况下，作物吸收利用的氮量是最低的。当随着水稻施氮量的增加，作物吸收利用的氮量随之增加。同时试验结果也显示，不足的磷、钾所造成的水稻产量及生物产量的减少，对作物减少氮的吸收利用影响也十分突出。试验结果说明作物对氮的吸收利用不仅受到土壤供氮本身的影响，同时也受到土壤供磷、供钾交互的制约。试验结果也显示，在不同养分管理的各试验处理中氮肥利用率表现最佳的处理是OPT(N2P2K2)和处理N2P2K3。氮肥利用率分别达到37.71%和38.10%。

### 2.2 不同养分管理对水稻施 P 与 P 吸收间平衡的影响

从不同养分管理条件下的水稻施磷与磷吸收利用间的平衡差异结果可看出(表4),在水稻不施磷肥的处理中，除水稻谷粒产量和茎秆生物产量都有较大减产外，从作物内在磷含量的分析结果也能表现出有较大差异。不施磷的处理无论是谷粒含磷量还是茎秆含磷量都表现最低。但当随着水稻施磷量在一定范围内提高时，作物吸收利用的磷量也随之增加。除此之外，作物对磷利用率的高低同样也受到土壤中氮、钾养分元素供应是否合理的交互影响。从本项试验可看出，在土壤不施氮、钾肥的处理中，水稻吸收利用的磷养分量也仅次于不施磷肥的处理。最终试验结果表明，在不同养分管理下，磷肥利用率表现最佳的是OPT(N2P2K2)和N2P2K3两处理。磷肥利用率分别达到16.82%和16.99%。

表3 不同养分管理对水稻施N与N吸收间平衡的影响

试验处理	谷粒产量 公斤/亩	茎秆产量 公斤/亩	含N量(%)		N吸收量 公斤/亩	N投入量 公斤/亩	N肥利用率 %
			谷粒	茎秆			
1. OPT(N2P2K2)	837.9	795.7	1.713	0.821	20.9	20.0	37.71
2. OPT-N	610.8	563.4	1.562	0.675	13.3	0.0	0.00
3. OPT-P	637.1	616.5	1.675	0.723	15.1	20.0	8.92
4. OPT-K	625.4	634.8	1.682	0.749	15.3	20.0	9.65
5. N1P2K2	758.8	676.2	1.648	0.758	17.6	16.7	25.71
6. N3P2K2	805.8	789.0	1.733	0.884	20.9	23.3	32.55
7. N2P1K2	768.8	763.9	1.703	0.781	19.1	20.0	28.57
8. N2P3K2	807.9	789.1	1.782	0.822	20.9	20.0	37.69
9. N2P2K1	742.5	712.1	1.698	0.786	18.2	20.0	24.30
10. N2P2K3	843.3	800.1	1.709	0.819	21.0	20.0	38.10

注：肥料利用率 = (施肥区作物吸收的养分量 - 不施肥区作物吸收的养分量) / (肥料使用量 × 肥料养分含量) × 100% (下同)

表4 不同养分管理对水稻施P与P吸收间平衡的影响

试验处理	谷粒产量 公斤/亩	茎秆产量 公斤/亩	含P量(%)		P吸收量 公斤/亩	P投入量 公斤/亩	P肥利用率 %
			谷粒	茎秆			
1. OPT(N2P2K2)	837.9	795.7	0.258	0.149	3.3	8.0	16.82
2. OPT-N	610.8	563.4	0.24	0.122	2.2	8.0	1.89
3. OPT-P	637.1	616.5	0.233	0.084	2.0	0.0	0
4. OPT-K	625.4	634.8	0.248	0.128	2.4	8.0	4.52
5. N1P2K2	758.8	676.2	0.251	0.125	2.7	8.0	9.35
6. N3P2K2	805.8	789.0	0.257	0.125	3.1	8.0	13.19
7. N2P1K2	768.8	763.9	0.243	0.109	2.7	5.0	13.97
8. N2P3K2	807.9	789.1	0.263	0.164	3.4	11.0	12.88
9. N2P2K1	742.5	712.1	0.257	0.137	2.9	8.0	11.02
10. N2P2K3	843.3	800.1	0.261	0.145	3.4	8.0	16.99

### 2.3 不同养分管理对水稻施K与K吸收间平衡的影响

在水稻施钾与钾吸收利用间的平衡关系中，从表5的试验分析数据可看出，钾肥利用率的高低，不同试验处理的结果存在显著差异。在水稻不施钾肥的条件下，作物吸收利用钾的量是很低的，仅达到5.91公斤/亩。而当随着水稻施钾量在一定条件下提高时，作物吸收利用钾养分元素的量也随之增加。同样在影响钾肥利用率高低的因素中，土壤中合理地施用氮、磷肥也是至关重要的。试验结果表明，在不施氮、磷肥的处理中，由于养分的不平衡导致水稻产量及生物总量的降低，同样影响到作物对钾的吸收，降低钾肥的利用率。试验就不同养分管理下钾肥利用率比较，OPT(N2P2K2)、N3P2K2

和 N2P2K1 三个处理表现较好，钾肥利用率均分别达到 38.7% 以上。

（表 5 见第 2 页。）

## 2.4 水稻生产在不同养分管理下的经济效益比较

农业生产求得最大的经济效益是科学施肥管理中一项需重点考虑的指标，也是土壤养分管理科学化的目的。从表 6 可以看出，在以上分别讨论了氮、磷、钾肥利用率的基础上，若仅就各自最高利用率得出最佳科学的土壤养分管理方案是不科学的。对于作物的生长状态，所需养分间存在着极大的交互影响。同时作物是否能获得最大的经济效益，必须考虑实际的投入产出比。从试验结果可看出，不同试验处理由于施肥量的不同，各处理间投入的成本是不同的。比较 OPT(N2P2K2) 处理，其它各试验处理所得经济效益均表现下降，其中不施氮、磷、钾的处理最为突出，经济效益均分别下降 24% 以上。试验表明在云南嵩明水稻生产的特定区域中，OPT(N2P2K2) 养分平衡管理方案是水稻科学施肥的最佳推荐方案。

表 6 不同养分管理下的水稻经济效益比较

试验处理	产量 (公斤/亩)				产值 元/亩	肥料成本 元/亩	施肥效益 元/亩	比 OPT ± %
	平均值	标准差	5% dif	1% dif.				
1. OPT	837.9	27.4	a	AB	1843.4	160.3	1683.2	0.00
2. OPT-N	610.8	8.7	d	D	1343.8	67.6	1276.2	-24.18
3. OPT-P	637.1	19.3	d	D	1401.6	138.6	1263.0	-24.96
4. OPT-K	625.4	51.9	d	D	1375.9	114.3	1261.7	-25.04
5. N1P2K2	758.8	79.8	bc	BC	1669.3	144.8	1524.4	-9.43
6. N3P2K2	805.8	46.4	ab	ABC	1772.8	175.7	1597.1	-5.11
7. N2P1K2	768.8	49.7	bc	ABC	1691.3	152.1	1539.1	-8.56
8. N2P3K2	807.9	41.3	ab	ABC	1777.4	168.4	1609.0	-4.40
9. N2P2K1	742.5	20.6	c	C	1633.5	144.9	1488.6	-11.56
10. N2P2K3	843.3	15.7	a	A	1855.3	175.6	1679.7	-0.20
区组间 F 值 = 0.679								
处理间 F 值 = 17.605**								

注：价格—水稻 2.2 元/公斤 尿素 2.13 元/公斤 过磷酸钙 0.46 元/公斤 氯化钾 2.3 元/公斤

## 三、结论

3.1 本试验以水稻对养分元素的吸收利用为切入点，探索提高肥料利用率的科学养分管理方法。结果充分表明，氮、磷、钾肥施用不合理，均可造成其养分利用率降低，作物生长所需的养分元素间存在着极大的交互影响。肥料利用率的高低不仅受到某一养分元素施用量的影响，同时也将受到作物所需其它养分元素的平衡的相互制约。

3.2 试验研究结果还表明，仅就肥料利用率作为制定水稻养分管理的依据是不完全科学的，肥料的施用应同时结合考虑肥料的利用率、水稻品质 and 经济效益才是科学和符合实际的。