

## 平衡施肥在云南蚕豆 —水稻轮作制中的应用研究

付利波 苏帆 陈华 洪丽芳

云南省农科院土肥所(650205)

### Balanced Fertilization Applied in Horsebean-rice Rotation System in Yunnan Province

Fu Libo, Su Fan, Chen Hua and Hong Lifang

(Soil and Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming)

**ABSTRACT:** Results from experiments of balanced fertilization in horsebean-rice rotation system in Yunnan province showed that balanced fertilization could significantly increase yield of horsebean and rice and also increase economic benefit. On the basis of same nitrogen and phosphorus application rate, application of 20 kg  $K_2O$  or 15 kg  $K_2O$  increased yield significantly higher than that of 10 kg  $K_2O$  application rate or without K. In addition, balanced fertilization could improve quality of horsebean and rice. Application of P and K increased the content of protein, amino acid, starch, carbohydrate and crude fiber. Rational application of P and K fertilizer could also increased the weight of root nodule of horsebean by more than 50.28%, and increased the amount of nitrogen fixation by more than 94.58%.

**Keywords:** balanced fertilization, horsebean, rice

**摘要:**通过在云南蚕豆—水稻轮作制水田上的平衡施肥试验结果表明,平衡施肥能显著提高蚕豆、水稻产量,增加经济效益。在氮、磷用量相同的情况下,施钾 20 公斤和施钾 15 公斤的处理与施钾 10 公斤和不施钾的处理相比差异显著,产量随施钾量增加而增加。同时平衡施肥能改善蚕豆、水稻品质,增施磷或钾后蚕豆的蛋白质、氨基酸、淀粉、碳水化合物和粗纤维均有不同程度的增加。合理增施磷、钾还可提高根瘤重量达 50.28%以上,提高根瘤固氮量 94.58%以上。

关键词：平衡施肥、蚕豆、水稻

云南水田面积 94.95 万公顷，占耕地的 32.47%。虽然水田面积只占耕地面积的 1/3，但水田所产粮食占全省粮食总产的 1/2 以上。



云南水田主要以蚕豆—水稻轮作制为主。在传统耕作制度下，蚕豆生产基本上不施肥，甚至在生产水平较高的滇中地区也只施少量磷肥。而水稻生产一度存在过量施用氮、磷肥，钾肥基本被忽视的现象。由于施肥不平衡、有机肥

用量下降以及秸秆还田比例减少等诸多原因，致使土壤养分严重失调，农产品品质不好，增加了农产品成本而不增收，加重了农民负担，同时也加重了农业环境污染。为进一步提高蚕豆—水稻轮作制下的农作物产量，增加农民收入，同时摸清不同耕作制度下平衡施肥的效应，2002—2003 年我们在云南嵩明下甸心村布置了蚕豆、水稻平衡施肥试验。

### 1. 材料和方法

田间试验于 2002 年 10 月——2003 年 9 月在云南省嵩明县杨桥乡下甸心村进行，种植方式是蚕豆—水稻轮作。供试土壤为水稻土，质地为壤土。土壤主要理化性质见表 1。

表 1 供试土壤理化性质 (ASI 法)

pH	OM	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	毫克/公斤										
6.6	1.86	4515.3	631.2	61.6	10.2	15.7	72.9	0.20	10.6	24.9	20.5	1.2

蚕豆供试品种为 83324，水稻为滇埂优五号。

田间试验共设八个处理，四次重复，随机区组排列(见表 2)。肥料品种分别为尿素 (N 46%)，氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%)，普钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 17%)，硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)，氧化锌 (ZnO 78%)，硼砂 (B 11%)。蚕豆于 2002 年 10 月 11 日播种，密度 15873 株/亩，每小区 18 行，小区面积 17.5 m<sup>2</sup>，2003 年 4 月 15 日收获。水稻于 2003 年 5 月 6 日移栽，密度 2.8 万丛/亩，2003 年 9 月 24 日收割。试验分区称重测产，每小区取样 0.3 公斤，相同处理 4 次重复混合晒干，并作品质分析。

表2 试验处理

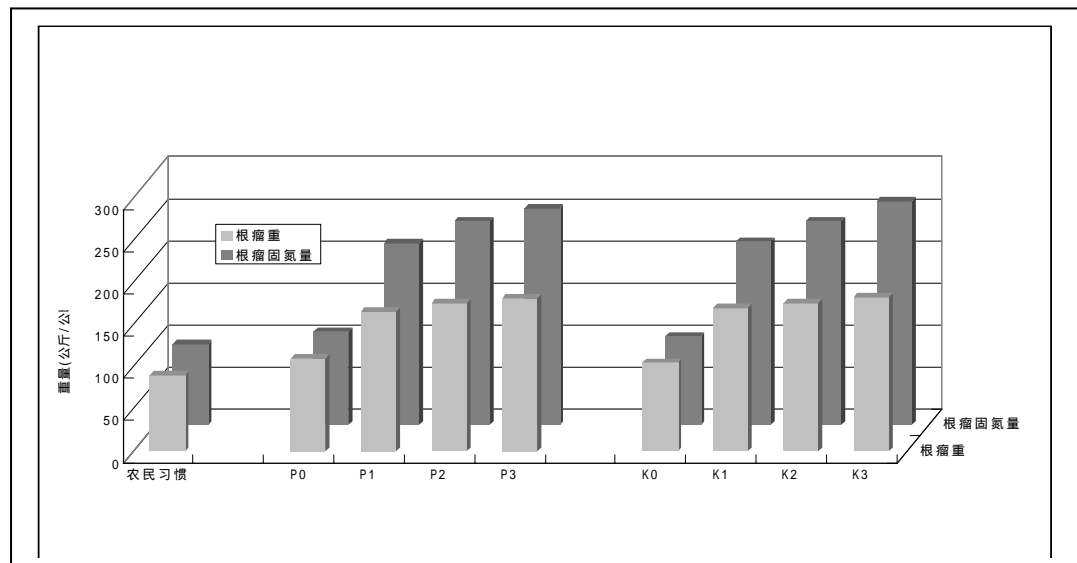
NO.	处理	水稻(公斤/亩)					蚕豆(公斤/亩)			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	B	Zn	处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	N1PK0Zn1	8	9	0	0	0.5	NP2K2	2.6	9	9
2	N1PK1Zn1	8	9	10	0	0.5	NP0K2	2.6	0	9
3	N1PK2 Zn1	8	9	15	0	0.5	NP1K2	2.6	5	9
4	N1PK3 Zn1	8	9	20	0	0.5	NP3K2	2.6	13	9
5	N2PK2 Zn1	10	9	15	0	0.5	NP2K0	2.6	9	0
6	N1PK2 B1Zn1	8	9	15	3	0.5	NP2K1	2.6	9	5
7	N1PK2 Zn0	8	9	15	0	0	NP2K3	2.6	9	13
8	N1PK2(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )Zn1	8	9	15	0	0.5	习惯施 肥	0	9	0

2. 结果与分析

2.1 平衡施肥在蚕豆—水稻轮作制中对土壤肥力的影响

蚕豆根系着生的根瘤具有固定空气中游离氮素的作用,对磷钾素营养要求较高。通过对试验蚕豆盛花期根瘤调查结果以及根据土壤和蚕豆植株分析结果计算的根瘤固氮量可看出(表3),合理的磷钾肥增施对其蚕豆根瘤重量的形成以及根瘤固氮提高的效果都是十分显著的。增施磷肥可提高根瘤重量达50.28%~64.84%,提高根瘤固氮量94.58%~132.16%。增施钾肥可提高根瘤重量达61.19%~73.65%,提高根瘤固氮量106.65%~152.19%。

图1 不同氮磷钾用量对蚕豆根瘤重量和生物固氮的影响



注：种植密度为 15873 株/亩，根瘤固氮量=N1（豆荚，种子，茎，叶和根带走的氮量）+N2（土壤氮最后分析结果）-N3（施入的氮量）-N4（土壤氮最初分析结果）

在将蚕豆的秸秆和根还田的情况下。计算不同肥料用量下蚕豆的氮磷钾的投入和产出情况，评价其对土壤培肥的影响。从表 3 中可看出，蚕豆试验中 N 的产出大于投入 4 到 5 倍，这与蚕豆的自身固氮能力有关。随着 P 和 K 量的提高，N 的产出也有规律地提高，说明 P 和 K 对蚕豆的固 N 作用和蚕豆对 N 的吸收都有促进作用。不施 P 或 K 的处理，其蚕豆从土壤中带走的 P 和 K 的量远大于施入的 P 和 K 的量，说明蚕豆生产是以耗竭土壤养分为代价的。与不施 P 或 K 的处理相比，施 P 和 K 处理不但促进了蚕豆对 P 或 K 的吸收，而且使土壤中 P 和 K 库容有所盈增。随着 P 和 K 用量的增加，蚕豆吸收的 P 或 K 的量也随着增加，同时土壤中的 P 和 K 库容量也逐渐增大。水稻氮磷钾养分平衡情况与蚕豆基本一致。

表 3 蚕豆和水稻不同处理下土壤氮磷钾养分平衡情况

作物	处理号	投入(公斤/亩)			产出(公斤/亩)			盈亏(公斤/亩)		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
蚕豆	1	2.6	3.93	7.47	14.80	0.99	4.97	-12.20	2.94	2.50
	2	2.6	0	7.47	11.63	0.72	4.04	-9.03	-0.72	3.43
	3	2.6	2.18	7.47	12.89	0.82	4.33	-10.29	1.36	3.14
	4	2.6	5.68	7.47	15.05	1.15	4.88	-12.45	4.52	2.58
	5	2.6	3.93	0	12.39	0.78	3.24	-9.79	3.15	-3.24
	6	2.6	3.93	4.15	12.82	0.86	4.10	-10.22	3.07	0.05
	7	2.6	3.93	10.79	15.54	0.99	5.80	-12.94	2.94	4.99
	8	0	0.00	0.	10.62	0.75	2.44	-10.62	-0.75	-2.44
水稻	1	8.	3.93	0.	8.13	1.19	0.65	-0.13	2.74	-0.65
	2	8.	3.93	8.30	9.30	1.47	0.94	-1.30	2.46	7.36
	3	8	3.93	12.45	10.68	1.53	1.09	-2.68	2.40	11.36
	4	8	3.93	16.60	14.14	2.22	2.03	-6.14	1.71	14.57
	5	10	3.93	12.45	14.18	2.07	2.07	-4.18	1.86	10.38
	6	8	3.93	12.45	12.74	1.99	1.51	-4.74	1.94	10.94
	7	8	3.93	12.45	9.81	1.39	1.00	-1.81	2.54	11.45
	8	8	3.93	12.45	10.67	1.55	1.07	-2.67	2.38	11.38

注：产出(公斤/亩)=各处理的产量×各处理收获部分 N 或 P 或 K 的含量

## 2.2 平衡施肥对蚕豆、水稻品质的影响

表 4 平衡施肥对蚕豆营养成分的影响

NO	处理	蛋白质%	氨基酸%	脂肪%	淀粉%	碳水化合物%	粗纤维%
1	NP2K2	30.88	35.77	2.0	46.95	54.68	6.5
2	NP0K2	29.34	34.65	1.88	43.36	50.26	6.0
3	NP1K2	30.47	35.15	2.0	45.42	53.72	5.9
4	NP3K2	30.98	36.01	1.91	46.88	55.88	6.0
5	NP2K0	30.84	33.62	1.98	42.04	52.19	6.3
6	NP2K1	30.88	35.53	1.95	45.91	54.43	6.5
7	NP2K3	31.47	36.23	1.95	46.99	55.89	7.1
8	农民习惯	29.08	33.13	1.9	41.31	50.04	6.0

通过对收获时风干蚕豆营养成分进行分析(表4)可看出,农民习惯处理各项指标都低;增施磷后其蛋白质、氨基酸、淀粉、碳水化合物均有不同程度的增加,且随着磷肥施用量的增加,蚕豆体内的蛋白质相应增加3.85-5.58%,氨基酸增加1.44-3.92%,淀粉增加4.75-8.12%,碳水化合物增加6.88-11.18%,而脂肪、粗纤维变化无规律;增施钾后蛋白质、氨基酸、淀粉、碳水化合物和粗纤维均有不同程度的增加,随着钾肥施用量的增加,蚕豆体内的蛋白质相应增加0.4-2.4%,氨基酸增加5.68-7.76%,淀粉增加7.14-11.77%,碳水化合物增加4.29-7.09%,粗纤维增加3.17-12.7%,但脂肪变化无规律。

表 5 平衡施肥对水稻品质的影响

处理	N (%)	P (%)	K (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	氨基酸 (%)
1.N1PK0Zn1	1.643	0.241	0.132	9.78	2.54	9.83
2.N1PK1Zn1	1.660	0.263	0.168	9.88	2.61	9.82
3.N1PK2 Zn1	1.692	0.242	0.172	10.06	2.69	10.16
4.N1PK3 Zn1	1.710	0.269	0.245	10.17	2.71	11.25
5.N2PK2 Zn1	1.846	0.269	0.201	10.98	2.47	11.37
6.N1PK2 B1Zn1	1.695	0.265	0.201	10.09	2.67	10.23
7.N1PK2 Zn0	1.691	0.240	0.172	10.06	2.65	10.02
8.N1PK2(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )Zn1	1.690	0.246	0.169	10.05	2.69	10.17



对试验水稻品质分析(表5)发现,在其它养分水平一致的基础上,增施氮水稻籽粒含氮提高9.1%,同时也促进水稻对磷钾的吸收,提高水稻粗蛋白和氨基酸含量。

增施钾肥在提高水稻含钾量的同时,也促进水稻对氮磷的吸收,还在不同程度提高粗蛋白、粗脂肪和氨基酸的含量。硫酸钾和氯化钾对水稻籽粒的含氮磷钾量、粗蛋白、粗脂肪、氨基酸均无明显差异。施用硼肥或锌肥对水稻籽粒的含氮磷钾量、粗蛋白和氨基酸有一定的促进作用。

### 2.3 平衡施肥对蚕豆、水稻产量的影响



从表6对蚕豆产量结果进行的方差分析结果可看出,农民习惯处理产量最低,与其它处理相比,

产量差异达显著水平;在氮、钾用量相同的情况下,P3和P2水平的处理产量与P0和P1相比,差异达5%显著水平,产量随施P量的增加而增加显著;在氮、磷用量相同的情况下,K3和K2水平的处理产量与K0和K1相比,差异达5%显著水平,产量随施K量的增加而增加显著;试验结果显示,NP2K3和NP3K2处理居第一位和第二位,进一步验证了平衡

施肥在蚕豆生产中的重要性。

表6 平衡施肥对产量的影响

作物	处理	产量(Kg/ha)	L S D 5%显著水平	L S D 1%显著水平
蚕豆	NP2K2	299.6	a	A
	NP0K2	247.9	b	BC
	NP1K2	264.2	b	B
	NP3K2	303.3	a	A
	NP2K0	251.3	b	BC
	NP2K1	259.6	b	B
	NP2K3	308.3	a	A
	农民习惯	228.3	c	C
	处理间 F 值=21.28** 区组间 F 值=2.03			
水稻	N1PK0Zn1	494.6	e	C
	N1PK1Zn1	560.4	de	BC
	N1PK2 Zn1	631.3	c	B
	N1PK3 Zn1	826.7	a	A
	N2PK2 Zn1	768.3	ab	A
	N1PK2 B1Zn1	751.7	b	A
	N1PK2 Zn0	580.3	cd	BC
	N1PK2(K2SO4)Zn1	631.4	c	B
	处理间 F 值=31.43** 区组间 F 值=1.27			

从表6对水稻产量结果进行的差异显著性分析结果可看出,在施用适量氮、磷、锌肥的基础上,钾肥用量在20公斤/公顷范围内,随着钾肥用量的增加,水稻产量增加差异达1%极显著水平;施肥水平一致时,施用硫酸钾产量与施用氯化钾产量无明显差异;在施等量氮、磷、钾、锌肥的基础上,增施0.2公斤/亩硼肥,产量差异也达1%极显著水平;同时在施等量氮、磷、钾肥的基础上,不施锌肥,产量减少也很显著;在磷、钾肥用量相同,氮肥用量从8公斤/亩增加到10公斤/亩,产量增加也很显著。

## 3.4 平衡施肥对蚕豆、水稻经济效益的影响

通过对蚕豆试验各处理经济效益进行分析(表7)可以看出,  $K_2O$ 用量 20 公斤/亩的净收入提高 15.13%,  $P_2O_5$ 用量 13 公斤/亩的净收入提高 18.83%。NP2K3 处理净收入最高(412 元/亩), 与农民习惯处理相比相差 82 元/亩, 提高 24.97%。NP 2 K2 处理净收入位居第二(409 元/亩), 与农民习惯处理相比相差 79 元/亩, 提高 23.93%。

表 7 平衡施肥对蚕豆经济效益的影响

处理	产量(kg/亩)	产值(元/亩)	投入(元/亩)	净收入(元/亩)
NP2K2	299.6	449.4	40.7	408.7
NP0K2	247.9	371.9	28.0	343.9
NP1K2	264.2	396.3	35.0	361.2
NP3K2	303.3	455.0	46.3	408.7
NP2K0	251.3	376.9	18.9	358.0
NP2K1	259.6	389.4	31.0	358.4
NP2K3	308.3	462.5	50.3	412.2
农民习惯	228.3	342.5	12.7	329.8

注:蚕豆: 1.5 元/公斤 尿素: 1.1 元/公斤 氯化钾: 1.45 元/公斤 普通过磷酸钙: 0.24 元/公斤

表 8 平衡施肥对水稻经济效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	投入 (元/亩)	净收入 (元/亩)
1.N1PK0Zn1	494.6	938.3	37.6	900.6
2.N1PK1Zn1	560.4	1008.8	61.8	947.0
3.N1PK2Zn1	631.3	1136.3	73.9	1062.4
4.N1PK3Zn1	826.7	1488.0	85.9	1402.1
5.N2PK2Zn1	768.3	1383.0	78.6	1304.4
6.N1PK2B1Zn1	751.7	1353.0	77.3	1275.7
7.N1PK2Zn0	580.3	1044.6	68.1	976.5
8.N1PK2(K2S04)Zn1	631.4	1136.5	121.6	1014.9

注:水稻: 1.8 元/公斤 尿素: 1.1 元/公斤 氯化钾: 1.45 元/公斤 普通过磷酸钙: 0.24

元/公斤 硫酸钾:2.8元/公斤 氧化锌:9元/公斤 硼砂:1.9元/公斤

通过对水稻试验各处理经济效益进行分析(表8)可以看出,N用量10公斤/亩的处理净收入提高262元/亩,增加22.78%。 $K_2O$ 用量20公斤/亩的净收入提高15.13%。 $N1PK0Zn1$ 处理净收入最低, $NP2K3$ 处理净收入最高,两者相差501元/亩。施用氯化钾比硫酸钾经济效益提高48元/亩,净收入提高4.47%。

### 3 小结

3.1 合理的磷钾肥增施对其蚕豆根瘤重量的形成以及根瘤固氮提高的效果十分显著。增施磷、钾肥可提高根瘤重量达50.28%以上,提高根瘤固氮量94.58%以上。

3.2 平衡施肥能改善蚕豆、水稻品质。增施磷后蚕豆的蛋白质、氨基酸、淀粉、碳水化合物均有不同程度的增加;增施钾后蛋白质、氨基酸、淀粉、碳水化合物和粗纤维均有不同程度的增加。

3.3 平衡施肥提高蚕豆、水稻产量蚕豆产量随施P量的增加而增加显著;在氮、磷用量相同的情况下, $K3$ 和 $K2$ 水平的处理产量与 $K0$ 和 $K1$ 相比差异显著,产量随施K量的增加而增加显著。

3.4 平衡施肥增加蚕豆、水稻经济效益。与农民习惯处理相比蚕豆施 $K_2O$ 量20公斤/亩的净收入提高15.13%, $P_2O_5$ 用量13公斤/亩的净收入提高18.83%。 $NP2K3$ 处理净收入最高(412元/亩),提高24.97%。水稻经济效益进行分析可以看出,N用量10kg/亩的处理净收入提高增加22.78%,施用氯化钾比硫酸钾净收入提高4.47%。

### 参考文献:

- [1] 李雪琼等. 蚕豆生理活性物质研究进展. 粮食与油脂, 2002年第七期, 25—29.
- [2] 周修冲, 刘国坚, Sam Portch.. 平衡施肥在广东“三高”农业中的应用. 广东农业科学, 1998, (1) 32—34
- [3] 鲁如坤, 刘鸿翔等. 我国典型地区生态系统养分循环和平衡研究. 土壤通报, 1996, 145—151