



# 水稻—蚕豆轮作养分平衡管理定位试验研究

付利波 陈华 苏帆 洪丽芳

云南省农业科学院农业环境资源研究所

**摘要** 本研究在国际植物营养研究所资助的云南省嵩明县土壤养分监测村进行了三年五季水稻—蚕豆养分平衡管理定位试验。研究水稻—蚕豆轮作体系中不同养分配施对水稻、蚕豆产量、净收益及肥料养分农学效率的影响。

结果表明，从产量角度考虑，水稻、蚕豆最佳施肥处理是 $N_2P_2K_3$ ；水稻不施N、P、K三种元素中任一种元素时，产量、净收益、肥料养分农学效率均显著降低；蚕豆不施N肥对产量、净收益影响不明显，不施P、K肥时产量、净收益、肥料养分农学效率均明显降低；从净收益和肥料养分农学效率角度考虑，水稻、蚕豆最佳施肥处理是 $N_2P_2K_2$ 。

**关键词：** 养分管理；水稻—蚕豆轮作；产量；净收益；肥料养分农学效率

目前，我国普遍存在化肥使用量过大，尤其是生产水平相对较高地区，化肥的肥效和当季作物利用率较低，并造成一定的面源污染问题<sup>[1,2]</sup>。嵩明县作为滇中大粮仓，又是昆明主要饮水水源松华坝水库水源河流的上游汇水地区，为解决这一吃饭与饮水安全问题的大矛盾，如何在该地区合理进行养分平衡管理，降低化肥用量，提高农业生产效益，避免或减轻面源污染，意义重大。研究证明在主要的轮作体系下，进行养分综合管理，是降低化肥用量的有效途径<sup>[3]</sup>。水稻—蚕豆轮作是云南水稻主产区农田主要耕作制度，为解决云南嵩明水稻—蚕豆养分平衡管理中这一问题，本项目于2004—2006年连续三年在水稻—蚕豆轮作制中布置平衡施肥试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤状况

试验安排在昆明市嵩明县杨桥乡白鹤村委会甸心村国际植物营养研究所资助的土壤养分监测村定位试验田块进行，供试土壤为水稻土，土样分析用A S I法。供试土壤原始基本农化性状如表1。

表1 试验点原始土样养分状况

	pH	OM	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	NH <sub>4</sub>	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	毫克/升土														
	%														
测定值	6.5	1.7	4716.8	735.2	57.6	6.42	12.76	8.3	5.7	84.4	1.20	13.1	27.9	22.5	2.0
临界值			400.8	121.5	78.2			50	12	12	0.2	1	10	5	2

### 1.2 试验设计

三年试验处理相同，设10个处理（表2），4次重复，随机区组排列，小区面积13.3平方米。供试肥料品种为尿素、普通过磷酸钙、氯化钾。水稻除普通过磷酸钙一次作底肥施用外，尿素、氯化钾均分两次施用（60%作基肥，40%作分蘖肥），蚕豆所有肥料作底肥一次性施入，试验不用有机肥。

表 2 水稻和蚕豆不同养分管理水平肥料施用情况表 (公斤/亩)

处理	水稻 (2004—2006)			蚕豆 (2004—2006)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	公斤/亩			公斤/亩		
1. OPT(N2P2K2)	20	8	12	4	9	9
2. OPT-N	0	8	12	0	9	9
3. OPT-P	20	0	12	4	0	9
4. OPT-K	20	8	0	4	9	0
5. N1P2K2	16.7	8	12	2	9	9
6. N3P2K2	23.3	8	12	6	9	9
7. N2P1K2	20	5	12	4	5	9
8. N2P3K2	20	11	12	4	13	9
9. N2P2K1	20	8	8	4	9	5
10. N2P2K3	20	8	16	4	9	13

## 2 试验结果与分析

### 2.1 不同养分管理对水稻和蚕豆产量的影响

通过对三年五季作物产量进行统计分析,结果(表3)可看出,三年五季作物不同 N、P、K 用量处理产量差异达极显著水平。水稻最佳施肥量为 N 20 公斤/亩、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8 公斤/亩、K<sub>2</sub>O 16 公斤/亩;蚕豆最佳施肥量为 N 4 公斤/亩、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9 公斤/亩、K<sub>2</sub>O 13 公斤/亩。水稻不施 N、P、K 三种肥料之一,产量显著下降,比最佳处理产量减产 9.3%—27.6%;蚕豆不施 N 肥对产量影响不明显,不施 P、K 肥时产量下降明显,比最佳处理产量减少 34.5%—44.7%。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 用量一定范围内固定其他两种肥料用量,增施 N、P、K 三种中任一种肥料时,水稻、蚕豆的产量均随这种肥料施用量的增加而有不同程度的增加。

表 3 不同养分管理对水稻和蚕豆产量的影响 (公斤/亩)

处理	2004		2005				2006			
	水稻		蚕豆		水稻		蚕豆		水稻	
	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
OPT(N2P2K2)	761.3	ab A	296.7	ab A	837.9	a AB	303.1	ab AB	917.3	b AB
OPT-N	667.5	ef DE	275.0	b AB	610.8	d D	292.1	c C	779.5	e D
OPT-P	642.5	f E	185.8	d D	637.1	d D	191.6	f E	814.6	de CD
OPT-K	695.0	de CD	168.3	d D	625.4	d D	200.8	e E	814.6	de CD
N1P2K2	718.8	cd BC	285.4	ab A	758.8	bc BC	297.6	bc ABC	879.7	bc BC
N3P2K2	735.0	bc ABC	294.6	ab A	805.8	ab ABC	296.3	bc BC	887.3	bc BC
N2P1K2	711.3	cd BC	241.3	c BC	768.8	bc ABC	261.7	d D	897.3	bc BC
N2P3K2	751.3	ab AB	226.3	c C	807.9	ab ABC	305.2	a AB	874.7	bcd BC
N2P2K1	736.3	abc ABC	239.6	c C	742.5	c C	260.3	d D	847.2	cd BCD
N2P2K3	766.3	a A	304.2	a A	843.3	a A	306.8	a A	992.5	a A

### 2.2 不同养管理水平对水稻和蚕豆净收益的影响

通过对水稻和蚕豆纯收益的计算（表 4），结果表明，三年来，扣除生产肥料成本，水稻的纯收益为 OPT 处理最好，缺 N 处理最低，缺 P、K 处理次之，OPT 处理比缺 N、P、K 处理增收 6.8%—35.1%；蚕豆表现为 OPT 处理最好，缺 P 处理最低，缺 K 处理其次，缺 N 处理蚕豆净收益比低 P、K 处理还高，说明 N 肥对蚕豆净收益增加影响不大，这与蚕豆自身具有固氮能力有关。

表 4 不同养管理水平对水稻和蚕豆净收益的影响

处理	净收益 (元/亩)				
	2004 年 水稻	2005 年 蚕豆	2005 年 水稻	2006 年 蚕豆	2006 年 水稻
OPT	1570.3	270.3	1738.9	277.4	1913.7
OPT-N	1411.8	256.0	1287.2	274.8	1658.2
OPT-P	1319.7	160.4	1307.8	166.7	1698.2
OPT-K	1470.5	163.6	1317.4	199.4	1733.6
N1P2K2	1484.7	262.7	1572.7	276.1	1838.9
N3P2K2	1504.5	263.2	1660.4	265.0	1839.5
N2P1K2	1464.3	214.6	1590.8	237.2	1873.5
N2P3K2	1544.3	187.5	1668.9	274.5	1815.9
N2P2K1	1530.6	222.8	1544.3	245.5	1774.6
N2P2K3	1565.9	263.2	1735.5	265.9	2063.7

注：水稻 2.2 元/公斤；蚕豆 1.0 元/公斤；尿素 1.1 元/公斤；普钙 0.24 元/公斤；氯化钾 2.3 元/公斤

### 2.3 水稻—蚕豆不同养管理对肥料 N、P、K 养分农学效率的影响

养分农学效率指单位肥料养分的增产量。肥料 N、P、K 养分农学效率的计算结果（表 5）说明，三年五季作物氮、磷、钾的养分农学效率均是 OPT 处理最高。当 N 肥在水稻 20 公斤/亩、蚕豆 4 公斤/亩施用量内，N 养分农学效率随施 N 量的增加而增加，超过该用量则开始下降；当 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 在水稻 8 公斤/亩、蚕豆 9 公斤/亩施用量内，P 养分农学效率随 P 肥施用量的增加而增加；当 K<sub>2</sub>O 在水稻 12 公斤/亩、蚕豆 9 公斤/亩施用量内，K 养分农学效率随 K 肥施用量的增加而增加。

表 5 水稻、蚕豆不同养管理水平对肥料 N、P、K 养分农学效率（公斤产量/公斤养分）的影响

		04 年		05 年		06 年	
		水稻	蚕豆	水稻	蚕豆	水稻	蚕豆
N 养分农学效率	N2P2K2	4.7	5.4	11.4	2.8	10.7	
	N1P2K2	3.1	5.2	8.9	2.7	6.0	
	N3P2K2	2.9	3.3	8.4	0.7	4.6	
P 养分农学效率	N2P2K2	14.8	12.3	25.1	12.4	22.2	
	N2P1K2	13.8	11.1	26.3	14.0	16.5	
	N2P3K2	9.9	3.1	15.5	8.9	5.5	
K 养分农学效率	N2P2K2	5.5	14.3	17.7	11.4	14.8	
	N2P2K1	5.2	14.3	14.6	11.9	4.1	
	N2P2K3	4.5	10.5	13.6	8.0	6.4	

注：养分农学效率 = (施用某养分处理作物产量 - 未施该养分处理作物产量) / 该养分施用量

### 3 讨论

3.1 三年五季作物不同 N、P、K 用量处理产量增加达极显著水平,产量最高处理为 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>。水稻不施 N、P、K 三种元素中任一种元素时,产量降低明显,比最高产量减产 9.3%—27.6%;蚕豆不施 N 肥对产量影响不明显,不施 P、K 肥时产量显著下降,比最高产量减产 34.5%—44.7%。在 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 用量一定范围内固定其他两种元素肥料用量,增施 N、P、K 三种元素中任一种元素肥料时,水稻、蚕豆的产量均随这种元素施用量的增加而有不同程度的增加,三年规律相同。

3.2 三年水稻的纯收益均为 O<sub>P</sub>T 处理最好,比缺 N、缺 P、缺 K 处理增收 6.8%—35.1%;蚕豆同样表现为 O<sub>P</sub>T 处理最好,缺 P、缺 K 处理收益降低明显,缺 N 处理蚕豆净收益比低 P、K 处理还高,说明 N 肥对蚕豆净收益增加影响不大。

3.3 三年五季作物氮、磷、钾的养分农学效率均以 O<sub>P</sub>T 处理最高。在一定范围内,固定 N、P、K 中两种元素肥料用量,N、P、K 养分农学效率均随着该元素肥料施用量的增加而增加,超过一定用量范围反而下降。

#### 参考文献:

[1] 鲁如坤,刘鸿翔,闻大中等.我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究Ⅲ.全国和典型地区养分循环和平衡现状.土壤通报,1996,27(5)

[2] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处.土壤养分状况系统研究法,北京:中国农业科技出版社,1992

[3] 金继运.加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告(15)—土壤养分综合系统评价法与测土配方施肥.高效施肥,2005年(2)