

## 巢湖流域中稻高产高效平衡施肥技术

李录久<sup>1</sup>, 徐宏军<sup>2</sup>, 王家嘉<sup>1</sup>, 李东平<sup>1</sup>, 尹学政<sup>2</sup>, 吴萍萍<sup>1</sup>

(1. 安徽省农科院土壤肥料研究所, 合肥 230031; 2. 巢湖市土肥站, 巢湖 238000)

**摘要:** 通过田间试验研究安徽省巢湖流域一季中稻高产高效平衡施肥技术。结果表明, 施用氮磷钾化肥对水稻生长发育具有良好的促进作用, 并能改善产量结构性状, 增加水稻产值, 提高施肥经济效益。二年试验平均, 水稻平衡施肥较不施氮肥、磷肥、钾肥及不施肥的空白对照的增产率分别为 39.0%、9.8% 和 16.3% 及 46.8%, 施肥增收 18.5 ~ 355.5 元/亩, 产投比为 0.77:1 ~ 6.82:1。

**关键词:** 水稻, 平衡施肥, 巢湖流域

水稻是我国主要粮食作物, 近十年播种面积均在 4 亿亩以上, 种植面积约占我国粮食作物播种面积的 27%, 总产占我国粮食作物总产的 39%, 65% 的国人以稻米为主食<sup>[1,2]</sup>。安徽是我国水稻重要生产省, 全省常年水稻播种面积 3000 万亩以上, 其中 2008 年种植面积达 3328 万亩, 总产 1383 万吨, 播种面积和总产量分别占全国的 7.6% 和 7.3%, 仅次于湖南、江西、江苏和黑龙江等省, 分别居全国第 5 位和第 7 位<sup>[3]</sup>。巢湖流域是安徽省水稻特别是一季中稻主产区, 主要轮作制是油菜-水稻。巢湖是我国五大淡水湖泊之一, 位于安徽省中部, 长江流域中下游。

安徽省水稻种植面积虽然较大, 但单位面积产量较低, 2007 年平均为 410 公斤/亩, 低于 430 公斤/亩的全国平均产量, 排在全国 10 位以后, 与江苏等高产省份有较大的差距<sup>[3]</sup>。安徽省水稻产量长期低而不稳, 除气候条件外, 主要原因是施肥不合理。调查发现, 水稻生产中普遍存在盲目施肥、过量施肥和施用单一氮肥、不施或很少施用磷、钾肥及微量元素肥料等不合理施肥现象, 氮磷钾比例失调, 土壤速效磷、钾含量

下降, 水稻贪青晚熟, 病虫害重度发生, 后期倒伏严重, 空瘪率高, 籽粒产量低。因此, 开展水稻平衡施肥试验与示范, 对指导农民合理施肥, 实现水稻高产优质高效具有重要作用。2007 ~ 2008 年, 在国际植物营养研究所 (IPNI) 和国家十一五科技支撑计划“长江中下游水稻土区沃土技术模式研究与示范”的支持下, 在巢湖流域进行了水稻平衡施肥试验, 为水稻合理施肥提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 土壤养分状况

试验于 2007 和 2008 年在安徽省巢湖市居巢区 (现属合肥市) 中及槐林镇进行, 供试土壤分别为湖积物母质发育形成的湖泥田及白土田, 前茬油菜, 肥力中等。试验前 0 ~ 20 厘米耕层土壤养分状况 ASI 法测定结果见表 1。

#### 1.2 试验设计

试验设 6 个处理: ① CK (不施肥的空白对照) ② OPT (N<sub>12</sub>P<sub>5</sub>K<sub>8</sub>, 施 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 量分别为 12.5 和 8 公斤/亩) ③ OPT-N (不施氮) ④ OPT-P (不施磷) ⑤ OPT-K (不施钾)

表1 ASI法测定0-20厘米土壤基本农化性状

时间	地点	pH	有机质		土壤有效养分含量 (毫克/公斤)							
			(水)	(%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	P	K	S	B	Cu	Fe	Mn
2007	中埠	5.28	0.64	10.1	26.8	68.2	44.8	0.42	8.5	427.2	40.5	2.0
2008	槐林	5.51	0.66	21.6	9.6	85.0	40.0	0.46	5.5	225.6	22.0	1.5

⑥ FP (农民习惯施肥 N<sub>14</sub>P<sub>6</sub>K<sub>4</sub>, 施 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 量分别为 14.6 和 4 公斤/亩)。供试肥料品种: 氮肥 - 尿素, 磷肥 - 普通过磷酸钙, 钾肥 - 氯化钾。

### 1.3 栽培管理措施

试验小区四周筑田埂, 宽 25 厘米, 高 20 厘米, 用塑料薄膜两面包裹防止串肥渗水。小区四周设保护行, 行宽 2 米, 排、灌水渠独立。小区面积 30 平方米, 4 次重复, 完全随机区组排列。施肥方法为: 60% 的氮肥和全部磷肥及 60% 的钾肥作基肥, 于水稻移栽前施用。20% 氮肥作第 1 次追肥, 水稻移栽 7 天后追施; 其余的 20% 氮肥和 40% 钾肥作第 2 次追肥, 于水稻孕穗期追施。供试水稻品种为杂交中稻两优 6326, 每年 4 月下旬育秧, 6 月上旬移栽, 栽插密度为 13.3 厘米 × 30 厘米。每年 9 月中下旬水稻成熟时, 每

小区取 25 株样品考种, 按小区单收单独脱粒计实产。其它栽培管理措施, 如病虫害防治以及水分管理, 同当地一般大田水稻。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用氮磷钾对水稻生长发育和产量性状的影响

表 2 的调查结果说明, 氮磷钾化肥配合使用的平衡施肥对巢湖流域水稻 (一季中稻) 的生长发育具有明显的促进作用。与不施氮、磷、钾肥的对照 (OPT-N、OPT-P、OPT-K) 或不施肥的空白对照 CK 相比, 最佳施肥 OPT 处理有效穗数增加 2.28 ~ 8.77 穗/穴, 穗长增长 0.7 ~ 3.6 厘米, 穗粒数增多 3.8 ~ 64.0 粒/穗, 单穗重增加 0.1 ~ 1.3 克, 空瘪率降低 0.9 ~ 1.8

表2 施肥对水稻产量构成因素的影响

处理	株高 (厘米)	有效穗 (穗/穴)	穗长 (厘米)	穗粒数 (粒/穗)	空瘪率 (%)	穗粒重 (克)	千粒重 (克)	生物产量 (公斤/亩)
OPT	133.5	18.11	28.0	221.2	7.27	6.02	28.83	1187.4
OPT-N	110.1	9.83	25.0	164.5	8.40	4.94	28.90	817.5
OPT-P	136.7	13.3	327.0	217.4	8.63	5.98	27.8	31115.5
OPT-K	137.4	15.8	327.3	207.7	8.93	5.73	27.17	1033.7
CK	108.9	9.34	24.4	156.5	5.47	4.74	28.4	7691.0
FP	132.8	16.26	27.3	213.6	9.66	5.69	27.95	1157.5

个百分点,千粒重提高0.4~1.7克,生物产量增加71.9~496.4公斤/亩,相对提高6.1~41.8%。与农民习惯施肥FP处理相比,最佳施肥处理OPT的产量性状也有明显的改善和提高(表2)。

表2的结果还说明,氮磷钾3种肥料中,不施氮肥对水稻生长发育的影响最大,水稻株高、分蘖成穗率、穗长、穗粒数、穗粒重、生物产量均有较大幅度的下降,空瘪率明显提高,生物产量较OPT降低31.1%。不施磷肥和钾肥对水稻生长发育的影响较氮肥要小得多,并且受影响的程度相近。其中不施磷肥,水稻有效穗、穗长及株高受到的影响较钾肥大;不施钾肥,水稻穗粒数、穗粒重、千粒重及生物产量则有较大幅度的下降。这一结果说明,磷对水稻前期生长及分蘖成穗影响较大,而钾则主要影响穗粒数及千粒重等,对后期籽粒数和单穗粒重等产量构成性状有较大影响。不施肥的空白对照处理,水稻生长发育迟缓,植株矮小,分蘖成穗率低,穗短,穗粒数和穗粒重等指标均显著降低。

## 2.2 水稻平衡施肥的增产效应

从表3可看出,巢湖流域水稻土,氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥对水稻(一季中稻)具有显著的增产效应。与不施氮、磷、钾的对照OPT-N、OPT-P和OPT-K相比,最佳氮磷钾配施的OPT处理,水稻增施氮肥的增产率为34.6%~43.7%,施磷产量相对提高1.7%~17.8%,施钾增产13.8%~18.9%,较不施肥的空白对照CK产量提高45.1%~48.5%,与农民习惯施肥FP相比,增产10.4%~11.1%,2年试验平均,增产率分别为39.0%、9.8%和16.3%及46.8%与10.7%,除2007年试验土壤有效磷含量高施磷增产不显著外,均达5%或

1%的显著或极显著水准。不施肥或不施氮肥时,水稻籽粒产量显著降低,其余相对产量相应只有最佳施肥处理OPT的67.4%~68.91%和69.6%~74.3%,平均仅为68.1%和71.9%,减产极显著。不施磷、钾肥,水稻相对产量只有OPT产量的84.9%~98.3%和84.1%~87.8%,平均分别为91.6%和86.0%,除2007年试验施磷处理外,减产显著。总之,不施氮肥对水稻籽粒产量的影响最大,2年试验平均,减产幅度超过28%;其次为不施钾的处理,2年平均减产14%;不施磷对水稻产量的影响相对较小,平均减产8%左右。水稻氮磷钾肥的增产效应顺序为N>K>P。

进一步分析水稻施用氮磷钾肥的农学效率,结果表明,氮肥为11.7~13.9公斤籽粒/公斤N,磷肥1.9~16.4公斤籽粒/公斤P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,钾肥达8.3~10.8公斤籽粒/公斤K<sub>2</sub>O,平均分别为12.8公斤籽粒/公斤N、9.2公斤籽粒/公斤P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和9.6公斤籽粒/公斤,氮磷钾三要素中氮的农学效率最高钾次之。

## 2.3 施肥的经济效益分析

表3还表明,氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥技术,可有效提高种植水稻的产值,增加农民施肥的经济收益。最佳施肥处理OPT较不施氮肥的对照OPT-N增收279.9~333.3元/亩,施用氮肥的产投比达6.39:1和5.37:1;较不施磷肥的对照OPT-P增收18.5~164.4元/亩,施用磷肥的产投比为0.77:1~6.82:1;较不施钾肥的对照OPT-K增收133.4~173.3元/亩,施用钾肥的产投比分别为2.50:1~3.25:1;较不施肥的空白对照CK相应增收340.8和355.5元/亩,施氮磷钾肥产投比为2.63和2.74:1。2年试验平均,施用氮、磷、钾每亩分别增收

表3 平衡施肥对水稻籽粒产量和经济效益的影响

年份	处理	代号	籽粒产量	OPT 增产	增产率	农学效率	经济效益	施肥
			(公斤/亩)	(公斤/亩)	(%)	(公斤/公斤)	(元/亩)	(产投比)
2007	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT	548.2	—	—	—	—	—
	N <sub>0</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT-N	381.5	166.7	43.7**	13.9	333.3	6.39
	N <sub>12</sub> P <sub>0</sub> K <sub>8</sub>	OPT-P	538.9	9.3	1.7	1.8	18.5	0.77
	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	OPT-K	481.5	66.7	13.8*	8.3	133.4	2.50
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	CK	377.8	170.4	45.1**	6.8	340.8	2.63
	N <sub>14</sub> P <sub>6</sub> K <sub>4</sub>	FP	496.7	51.5	10.4*	2.2	103.0	7.83
2008	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT	544.5	—	—	—	—	—
	N <sub>0</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT-N	404.5	140.0	34.6	11.7	279.9	5.37
	N <sub>12</sub> P <sub>0</sub> K <sub>8</sub>	OPT-P	462.3	82.2	17.8	16.4	164.4	6.82
	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	OPT-K	457.8	86.6	18.9	10.8	173.3	3.25
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	CK	366.7	177.8	48.5	7.1	355.5	2.74
	N <sub>14</sub> P <sub>6</sub> K <sub>4</sub>	FP	490.0	54.5	11.1	2.3	108.9	8.28
平均	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT	546.3	—	—	—	—	—
	N <sub>0</sub> P <sub>5</sub> K <sub>8</sub>	OPT-N	393.0	153.3	39.0	12.8	306.7	5.88
	N <sub>12</sub> P <sub>0</sub> K <sub>8</sub>	OPT-P	500.6	45.7	9.8	9.1	91.5	3.79
	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	OPT-K	469.7	76.7	16.3	9.6	153.3	2.87
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	CK	372.2	174.1	46.8	7.0	348.2	2.69
	N <sub>14</sub> P <sub>6</sub> K <sub>4</sub>	FP	493.3	53.0	10.7	2.2	106.0	8.06

注1: 水稻价格为2.00元/公斤, N按4.35和4.35元/公斤, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为4.82元/公斤, K<sub>2</sub>O为6.67元/公斤计算。

注2: \*表示产量差异达5%的显著水准, \*\*表示产量差异达1%的极显著水准。

306.7元、91.5元和153.3元及348.2元, 施肥产投比分别达5.88:1、3.79:1和2.87:1及2.69:1。平衡施肥OPT与农民习惯施肥FP相比, 增收103.0~108.9元/亩, 施肥产投比平均达8.06:1。

### 3 小结

#### 3.1 施用氮磷钾化肥对巢湖流域水稻的生

长发育具有明显的促进作用, 水稻株高、穗长、有效穗数增加, 穗粒数明显增多, 空瘪粒减少, 穗粒重和千粒重提高, 产量性状改善, 为籽粒产量的提高打下了良好基础。

3.2 安徽省巢湖流域一季中稻产区, 水稻氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥具有显著的增产效应。水稻增施氮肥的增产率为34.6%~43.7%, 施磷产量相对提高1.7%~17.8%, 施

钾增产 13.8% ~ 18.9%，较不施肥的空白对照 CK 产量提高 45.1% ~ 48.5%，与农民习惯施肥 FP 相比，增产 10.4% ~ 11.1%，2 年试验平均，增产率分别为 39.0%、9.8% 和 16.3% 及 46.8% 与 10.7%，除 2007 年试验施磷处理外，其余均达 5% 或 1% 的显著或极显著水准。水稻施用氮磷钾的增产效应顺序为 N>K>P，农学效率平均

为 12.8 公斤籽粒 / 公斤 N、9.1 公斤籽粒 / 公斤 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 9.6 公斤籽粒 / 公斤 K<sub>2</sub>O。

3.3 平衡施肥可有效增加水稻产值，提高农民种植水稻的经济效益。施用氮磷钾化肥增收 18.5 ~ 355.5 元 / 亩，施肥产投比为 0.77:1 ~ 6.82:1。

## 参考文献

- [1] 蔡洪法. 我国水稻生产现状与发展展望[J]. 中国稻米, 2000, (6): 5 ~ 8.
- [2] 胡培松, 翟虎渠, 万建民. 中国水稻生产新特点与稻米品质改良[J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(6): 33-39.
- [3] 安徽省统计局. 安徽农村统计调查资料[M]. 2008: 3 ~ 20.