

# 施肥对优质稻米产量和品质的影响

杨金良

綦江县农业局 重庆市 401420

綦江横山大米，以其独特的色、香、味、形而享有盛誉，早在康熙年间，横山大米就被纳为进贡米。常年种植优质稻15万亩，其中达到国标二级以上的优质稻米基地1.5万亩。施肥对品质的影响是客观存在的，探索施肥对优质稻产量和品质的影响，为制定优质稻生产技术体系提供科学依据，特进行此项试验研究。



## 1. 材料与方法

### 1.1 方案设计

本试验设计氮素两水平，磷素三水平，钾素五水平，同时设计了80%无机氮与20%有机氮配施和加锌共11个处理（表1）。处理2为最佳施肥水平处理。

表1 施肥试验方案 单位：公斤/亩

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	0	0	7	9	2.5	6
2	9	5	6	8	9	7.5	6
3	9	5	0	9	12	5	6
4	9	5	3	10	7.2+1.8	5	6
5	9	5	9	11	9	5	6
6	9	5	12				

注：处理10中N的数字分别为无机氮与有机氮，处理11加锌肥。参试肥料为含N46%的尿素、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>12%过磷酸钙、K<sub>2</sub>O60%氯化钾、锌肥为七水硫酸锌、有机氮为精致有机肥，含氮9%。

田间设计采用随机区组排列，三次重复。小区面积20平方米，为防止养分串流引起的人为误差，处理间筑单埂，重复间筑双埂隔开。

供试水稻品种为杂交优质稻E优540。

### 1.2 试验地点及基本情况

为了探索不同气候和土壤条件对优质稻品质的影响，本试验在倒置低山上的横山镇和丘陵河谷区古南镇两个点同时进行。横山镇海拔680m，8月最高气温摄氏27.9度，昼夜温差大；古南镇海拔250m，8月最高气温摄氏29.3度，昼夜温差较小。供试土壤在横山镇为侏罗系上统蓬莱镇组沙泥岩互层发育的潜育型水稻土，古南镇为侏罗系中统沙溪庙组的紫色泥岩发育的淹育型水稻土，土壤理化性状分析结果见表二。除试验处理外，其它管理与大田相同。

表2 土壤理化性状分析结果

试验点	pH	有机质 %	速效氮 毫克/公斤	速效磷 毫克/公斤	速效钾 毫克/公斤	有效锌 毫克/公斤
横山	4.3	0.74	32.7	5.5	49.0	4.2
古南	4.6	0.62	21.9	3.4	41.0	4.1

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥对产量的影响

各处理实收产量（表3）两个点均以处理10为最高，其次是处理2，以未施任何肥料的处理1产量为最低。如果将处理2的相对产量定为100%，不施肥处理稻谷相对产量仅为处理2的66.7%—83.0%。经LSD比较，处理2的产量极显著地高于其它处理。说明试验条件下，亩施N 9公斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5公斤和K<sub>2</sub>O 6公斤能够获得高产。

#### 2.1.1 氮肥对产量的影响

一般来说，施氮能提高水稻产量，但当施氮量超过一定水平后继续增施氮肥，产量反而降低。从表3看出，以N 9公斤/亩处理的产量最高，在此基础上继续增加施N量（处理9），产量分别为处理2的94.9%（横山试验点）及93.3%（古南试验点），降低了5.1及6.7个百分点，差异达到1%显著水准。有机氮20%与无机氮80%配合施用（处理10），比施纯无机氮处理的产量提高13公斤/亩（横山试验点）及12.9公斤/亩（古南试验点），分别增产3.0%及3.5%。表明在9公斤N/亩的基础上有机氮与无机氮配合施用效果更佳。

表3 横山及古南试验点水稻产量（平均产量，公斤/亩）

处理	横山试验点		古南试验点	
	平均产量	相对产量（%）	平均产量	相对产量（%）
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	246.4	66.7* *	353.0	83.0* *
2. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	<b>369.6</b>	<b>100.0</b>	<b>425.2</b>	<b>100.0</b>
3. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	272.8	73.8* *	382.0	89.8* *
4. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>3</sub>	345.3	93.4* *	386.3	90.9* *
5. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>9</sub>	333.6	90.3* *	419.7	98.7
6. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>12</sub>	323.6	87.6* *	376.8	88.6* *
7. N <sub>9</sub> P <sub>2.5</sub> K <sub>6</sub>	306.3	82.9* *	382.4	89.9* *
8. N <sub>9</sub> P <sub>7.5</sub> K <sub>6</sub>	341.0	92.3* *	416.6	98.0*
9. N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	351.4	94.9* *	396.7	93.3* *
10. N <sub>7.2+1.8</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	<b>382.6</b>	<b>103.5*</b>	<b>438.1</b>	<b>103.0* *</b>
11. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub> Zn <sub>2</sub>	354.3	95.9* *	420.3	98.8

注：LSD<sub>0.05</sub>=13.5, LSD<sub>0.01</sub>=15.1；LSD<sub>0.05</sub>=8.4, LSD<sub>0.01</sub>=12.7。处理中的下标为每亩养分施用量(表5相同)

#### 2.1.2 磷肥对产量的影响

在处理2的基础上，将磷肥用量减少50%（处理7），相对产量分别只有82.9%和89.9%。当磷肥用量增加到处理2的1.5倍时（处理8），产量降低28.6公斤/亩（横山试验点）及8.6公斤/亩（古南试验点）。说明杂交优质稻E优540的施磷（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）水平在5公斤/亩为适宜。

#### 2.1.3 钾肥对产量的影响

两地试验点的施钾效果都十分显著。施钾0水平的产量仅为处理2的73.8%及89.9%，差异达极显著。施钾量提高到最佳用量的50%时，相对产量亦同步上升到处理2的93.4%及90.9%。当钾肥用量继续增加至处理2的2倍时，产量显著下降。

经统计分析，水稻施钾肥的效应模型为：横山试验点  $y=278.8+24.4538x-1.7881x^2 \pm 15.15$  公斤/亩，方程检验  $F>F_{0.01}$ ，复相关系数  $R=0.86$ ，最佳施钾量为6.8公斤/亩，水稻产量可达362.4公斤/亩；古南试验点  $y=373.57+13.9857x-1.10159x^2 \pm 14.42$  公斤

/亩，方程检验  $F > F_{0.05}$ ，复相关系数  $R=0.81$ ，最佳施钾量为 6.32 公斤/亩，水稻产量可达 468.9 公斤/亩。

从效应模型看出，在不同气候、土壤条件下，钾肥的增产效果不一样，横山试验点的钾肥肥效较高，在最佳施钾水平下，钾肥的增产效果为 16.1 公斤/公斤  $K_2O$ 。古南试验点肥效较低，在最佳施钾水下，钾肥的增产效果为 7.2 公斤/公斤  $K_2O$ 。钾肥与水稻产量的关系图 1。

### 2.1.4 气候对钾肥效应的影响

在低山区和丘陵河谷区之间，施用钾肥对水稻的产量存在着一定的差异。低山区的横山点，不施钾肥的处理 3，产量仅为处理 2 的 73.8%，施钾的肥料报酬为 16.12 公斤/公斤  $K_2O$ ；丘陵河谷区古南点，无钾处理产量为处理 2 的 89.84%，钾肥的报酬为 7.2 公斤/公斤  $K_2O$ 。无肥处理相对于处理 2 的产量，低山区仅为 66.7%，丘陵河谷区为 83.0%。说明在丘陵河谷区气候和土壤肥力对水稻产量的影响比施肥的增产效果为大。而低山区水稻产量对肥料的依赖性较大，施肥的增产潜力更大。

### 2.1.5 钾肥对水稻病虫害发生的影响

据横山试验点 7 月 15 日田间调查结果，水稻施用钾肥后，稻瘟病的病株率和稻飞虱的虫口密度都有所降低。稻瘟病发病率和稻飞虱虫口密度经方差分析，差异均达极显著水平（表 4）。

表 4 稻瘟病、稻飞虱发生情况调查表

施钾量，公斤/亩	0	3	6	9	12
稻瘟病病株率（%）	23.7	18.9	12.4	6.7	7.3
稻飞虱百窝虫量（头）	15798	11430	9108	4871	5036
稻瘟病： $F=56.74 > F_{0.01}(52.9)$ ；					稻飞虱 $F=29.86 > F_{0.01}(28.7)$

## 2.2 施肥对稻米品质的影响

水稻施肥处理不同，稻米品质也不一样，蛋白质和淀粉含量随试验处理的变化而变化（表 5）。

### 2.2.1 施磷对品质的影响

在氮钾用量一致的基础上，施  $P_2O_5$  7.5 公斤/亩范围内，稻米的蛋白质含量随施磷量的增加而增加（表 5），在施  $P_2O_5$  2.5 公斤/亩时，稻米蛋白质含量为 8.63%（横山，处理 7）及 7.32%（古南，处理 7），当  $P_2O_5$  施用量为 5 公斤/亩时，蛋白质含量为 8.80%（横山，处理 2）及 7.85%（古南，处理 2）， $P_2O_5$  施用量为 7.5 公斤/亩时，稻米的蛋白质含量达 9.52%（横山，处理 8）及 7.91%（古南，处理 8），横山点的差异尤为明显。施用  $P_2O_5$  7.5 公斤/亩的处理虽然蛋白质含量最高，但由于稻米的产量低，单位面积蛋白质总产量反到不高。从稻谷产量和蛋白质产量两个目标考虑，以施  $P_2O_5$  5 公斤/亩最佳。

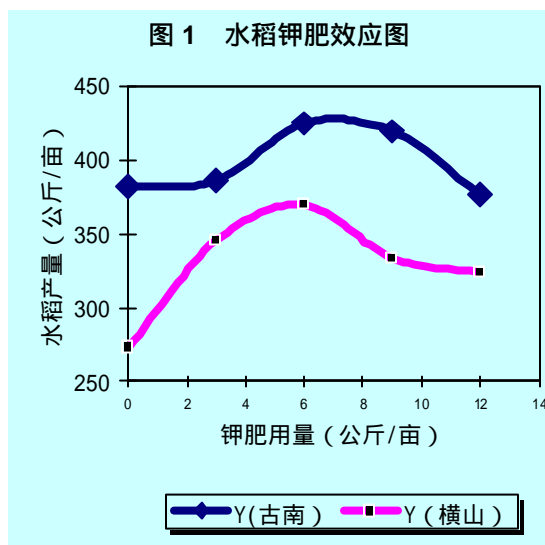


表 5 谷粒蛋白质淀粉含量 (%) 及产量 (公斤/亩)

处理	横山			古南		
	蛋白质含量	蛋白质产量	淀粉含量	蛋白质含量	蛋白质产量	淀粉含量
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6.78	16.7	61.5	7.20	25.4	64.1
2. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	8.80	32.5	65.3	7.85	33.4	66.3
3. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	8.09	22.1	65.0	7.14	27.3	66.1
4. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>3</sub>	10.35	35.7	66.5	8.15	31.5	64.8
5. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>9</sub>	8.57	28.6	66.1	7.44	31.2	64.0
6. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>12</sub>	8.03	26.0	66.8	6.96	26.2	63.0
7. N <sub>9</sub> P <sub>2.5</sub> K <sub>6</sub>	8.63	26.4	65.4	7.32	28.0	64.9
8. N <sub>9</sub> P <sub>7.5</sub> K <sub>6</sub>	9.52	32.5	66.1	7.91	23.0	65.2
9. N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	8.81	30.9	64.6	7.14	28.3	64.4
10. N <sub>7.2+1.8</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	<b>9.28</b>	<b>35.5</b>	<b>63.8</b>	<b>7.26</b>	<b>31.8</b>	<b>64.2</b>
11. N <sub>9</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub> Zn <sub>2</sub>	8.45	30.0	62.4	7.50	31.5	63.7

### 2.2.2 施钾对品质的影响

在两个试验点上,施钾对水稻蛋白质的合成均有显著影响(表5)。在施N 9 公斤/亩和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5 公斤/亩的基础上,两个点均以施K<sub>2</sub>O 3 公斤/亩处理的蛋白质含量最高,分别达到8.15%及10.35%,而未施钾肥的3 处理蛋白质含量低于施钾的任何处理,分别只有7.14%及8.09%。但当施钾量超过3 公斤/亩时,蛋白质含量随施钾量的增加而降低,当施钾量达12 公斤/亩时,蛋白质含量降低到6.96%及8.03%,表明钾素过量对水稻蛋白质合成有不良影响,详见图2。

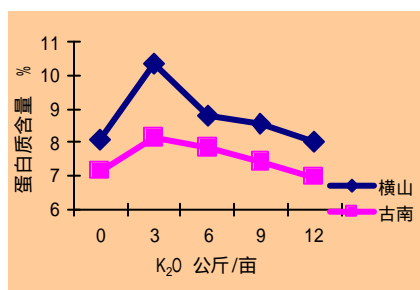


图 2 施钾量与蛋白质含量

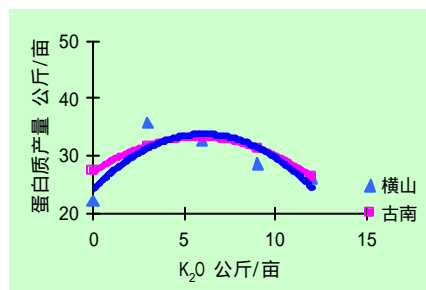


图 3 施钾量与蛋白质产量

如果将籽粒蛋白质含量与产量之乘积作为蛋白质产量,则可看出,横山试验点以施K<sub>2</sub>O 3 公斤/亩的处理最高,达35.7 公斤/亩;古南试验点以施K<sub>2</sub>O 6 公斤/亩的处理最高,达33.4 公斤/亩,未施钾肥的处理蛋白质产量最低。在施K<sub>2</sub>O 3 公斤/亩或6 公斤/亩范围内,蛋白质产量随施钾量的增加而增加,施K<sub>2</sub>O 量超过3 公斤/亩或6 公斤/亩后,蛋白质产量随施钾量的增加而减少。说明在氮磷肥基础上施用适量的钾肥,能促进蛋白质的合成,提高品质,当施钾量超过一定的量时,蛋白质的合成反而受阻。

施钾量与蛋白质产量间的关系符合二次多项式方程,经统计分析,两个试验点的回归方程分别为:横山试验点  $y=24.094+3.1898x-0.2639x^2 \pm 3.46$  公斤/亩,对回归方程显著性检验,回归  $F>F_{0.01}$ ,复相关系数  $R=0.91$ ,最高蛋白质产量的施钾量为(K<sub>2</sub>O) 6.04 公斤/亩,蛋白质产量可达33.7 公斤/亩;古南试验点  $y=27.175+2.061x-0.17825x^2 \pm 0.46$  公斤/亩,复相关系数  $R=0.99$ ,最高蛋白质产量施钾量为(K<sub>2</sub>O) 5.78 公斤/亩,蛋白质产量可达45.0 公斤/亩。水稻施钾蛋白质产量效应见图3。

结合图1、图2、图3分析可以看出,钾肥对水稻产量和品质的影响是不尽相同的,获得最佳品质和最佳产量所需的钾肥用量并不完全一致,根据此情况,以单位面积蛋白

质产量作为最佳施钾量的依据,本试验研究结果,钾肥的合理施用量为 $K_2O$  4 公斤/亩(横山)或6 公斤/亩(古南)。

另外,在氮磷钾一致的基础上,采用有机氮与无机氮配合施,无论是低山试验点还是丘陵河谷试验点,均能促进水稻蛋白质的合成,显著提高稻米的蛋白质含量。

### 2.2.3 米粒外观品质

从米粒的外观上看,两试验点均以施 $K_2O$  3 公斤/亩—6 公斤/亩的米粒外观透明有光泽,垩白度小,垩白率低,整米率高,所煮饭香而食口性好,其中横山点优于古南点,这与稻米在抽穗扬花期的气候条件有关。

## 3 结论

水稻品质受气候、土壤和施肥的多重影响,其中土壤和气候对水稻品质的影响大于肥料。

氮磷钾肥对水稻产量和稻米品质都有影响,从单位面积产量和稻米蛋白质含量两个因子综合考虑,优质稻基地水稻的氮磷钾最佳施用量为:N 8—9 公斤/亩, $P_2O_5$  4—5 公斤/亩, $K_2O$  4—6 公斤/亩。有机肥与无机肥配合施最佳。

低山区水稻扬花至灌浆成熟期,气温相对较低,无高温逼熟现象,加之昼夜温差大,产量虽不高(最高产量仅24.2 公斤/亩),但品质却很好(蛋白质含量可达10.35%)。河谷丘陵区水稻扬花至灌浆成熟期,气温相对较高,加之昼夜温差小,虽产量高(最高产量达31.3 公斤/亩),但品质相对较差(蛋白质最高含量却只有8.15%)。



綦江作为重庆市的优质水稻基地县,探索气候和土壤条件对优质稻品质的影响试验田。  
照片为田间考察会时所摄(李伟提供)