

# 水稻施用硅肥的抗病增产效果\*

臧惠林

(中国科学院南京土壤研究所)

朱赞杰

(浙江遂昌王村口区农技站)

王应铨

(江苏望亭苏州市职业大学)

近年来我国水稻栽培上由于施肥水平的提高，主要是氮肥用量的增加，稻瘟病和纹枯病等也随之更为严重。秦遂初研究了浙江嵊县山区水稻穗颈瘟的发生和土壤条件的关系<sup>[1]</sup>，认为田间施用硅肥能控制穗颈瘟的危害。1977年作者在浙江金华进行硅肥田间试验，观察到水稻施用硅肥后，纹枯病和白叶枯病的危害减轻。本文总结了浙江山区、丘陵以及江苏平原地区水稻施用硅肥对多种病害的控制效果，以探讨水稻病害防治中的合理施肥问题，并为我国推广施用硅肥提供依据。

## 一、土壤硅素供应水平对水稻生长的影响

水稻病害的发生涉及品种、气候和施肥管理等因素。但稻瘟病的发生在同样的气候条件下，通常形成

比较固定的病区，表明和土壤条件也有密切的联系。进行硅肥试验的三个稻瘟病区水稻土，耕作层土壤的有效硅( $\text{SiO}_2$ )<sup>①</sup>含量分别是：浙江遂昌王村口山区由流纹岩母质发育的水稻土是每百克土5.6毫克(8个样品的平均值)；浙江衢州王家公社丘陵区红砂岩母质发育的水稻土平均每百克土6.5毫克(样品数15)；江苏吴江县湖积物发育的水稻土是每百克土10.9毫克(样品数5)，属于供硅能力低或中等水平。

为了观察土壤硅素供应水平对水稻生长的影响，1980年用三种不同供硅水平的土壤进行盆栽试验，供试土壤性质和有效硅含量见表1。

每盆装土1.25公斤，加尿素1克，氯化钾0.7克，过磷酸钙3克(含 $\text{P}_2\text{O}_5$ 18.5%)。水稻品种是广陆矮4号。育秧后在三叶期栽插。水稻生育过程中测定地上部分干重。

表1 供试土壤性质

土壤	成土母质	pH	有机质(%)	有效硅含量 ( $\text{SiO}_2$ 毫克/100克土)
秧苗土(浙江金华)	轻质第四纪红色粘土*	5.2	2.87	8.0
大泥土(浙江金华)	粘质第四纪红色粘土**	5.8	3.02	20.5
乌山土(江苏无锡)	湖积物	6.0	2.40	36.0

\* 0.05—0.01毫米粒级36%，<0.001毫米的粒级23.3%。

\*\* 0.05—0.01毫米粒级25%，<0.001毫米的粒级22.1%。

测定各个生育期水稻地上部分干重的结果(图1)表明，生长在三种不同有效硅含量土壤上的水稻，在抽穗前地上部分干重的增长趋势没有明显差别，但抽穗以后干重增长有所不同，秧苗土上，水稻抽穗后至灌浆初期干物重的增长速度减慢，以后由于下部功能叶过早枯死，地上部分总干重明显下降；而大泥土、乌山土上，水稻抽穗后至灌浆初期干物重仍明显增加，直至灌浆中期后稳定。以上盆栽试验所得的结果和日本学者Amuza Okuda等利用培养液进行的试验有着一致的趋势<sup>[2]</sup>。

我们把水稻成熟过程中下部功能叶过早枯死的现象称为早衰。当硅素供应不足时，不仅在盆栽条件下出现早衰，在大田土壤上水稻因缺硅也出现这种现象。因此，土壤中硅素的丰缺，一般在水稻生育前期植株

\* 本工作得到遂昌县农业局领导的支持。衢州科委毛东民同志提供了在衢州的试验结果。吴江县农科所周明江同志参加部分工作。

① 本文的土壤有效硅( $\text{SiO}_2$ )是用pH4的醋酸缓冲液提取。

没有明显反应，抽穗后在株高、叶色以及下部枯叶的多少等才表现出差异。水稻早衰的结果，减弱了对不利条件和病害的抵抗力，增加了空秕率和降低千粒重。例如，收获时测定，熟浆土上水稻的千粒重是17.3克，大泥土为22.5克，乌山土为22.8克。施用硅肥后，熟浆土上水稻的千粒重增加至21.0克，其它两种土壤上水稻的千粒重没有明显增加。

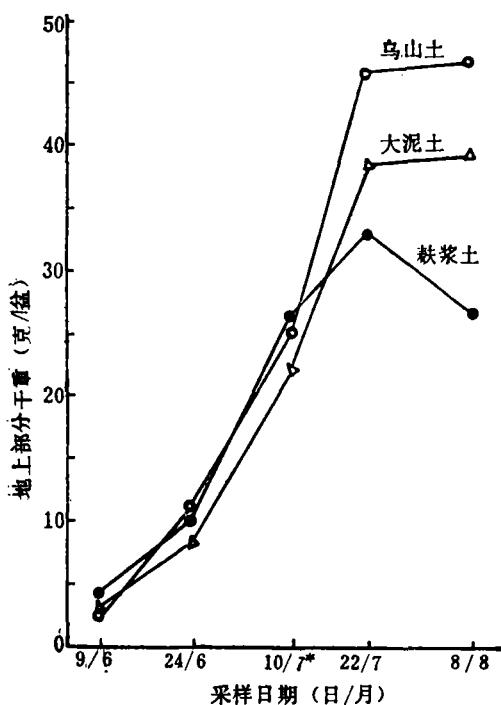


图1 土壤供硅水平对水稻干物重增长的影响  
(\* 抽穗期)

## 二、水稻施用硅肥对穗颈瘟的控制效果

上述盆栽试验的三种土壤上，水稻茎叶干重中的硅素含量分析结果绘于图2，图2表明土壤有效硅水平对水稻植株体内硅素的含量有明显的影响。乌山土上水稻茎叶中硅素含量最高，大泥土次之，熟浆土最低。

臧惠林等曾根据60个样品的分析结果，得出水稻成熟期茎叶干重中二氧化硅含量与土壤有效硅水平密切相关的结论[3]。

稻瘟病区一方面土壤有效硅含量较低，另外气候多阴雨，减弱了水稻蒸腾作用，不利硅素吸收，以致植株体内的硅素含量较低。浙江衢州红砂岩区水稻茎叶的二氧化硅含量，10个样品统计平均为7.6%，在水稻植株硅素含量临界值以下。

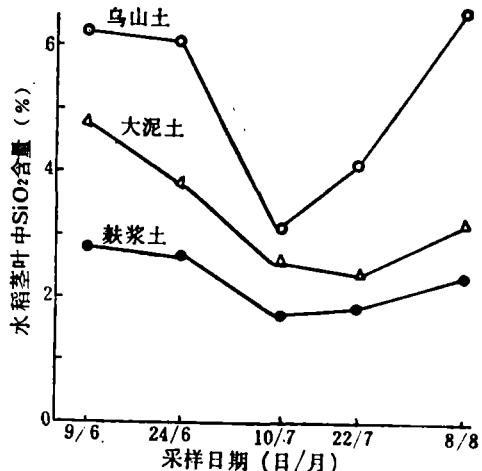


图2 土壤供硅水平对水稻茎叶SiO<sub>2</sub>含量的影响

硅在水稻表皮组织内形成硅化的细胞壁，具有增强对真菌病害的抵抗作用。18个水稻施用硅肥试验的结果，平均提高水稻茎叶干重中的二氧化硅含量2.3%[4]。从而增厚水稻硅化层，增加水稻硅化细胞数，提高对病害的抵抗能力。

稻瘟病菌为半知菌类的从梗孢科，是属于 *Pyricularia Oryzae* 菌，其中穗颈瘟对水稻产量的威胁最大。于1983年在稻瘟病流行区的浙江遂昌和衢州以及江苏的吴江县进行硅肥试验。在磷、钾肥保证供应的基础上，氮肥用量有不同，每种氮肥水平下分对照和施硅两个处理，施硅处理的每亩施粉煤灰硅钙肥200斤或300斤作基肥。该肥料含0.5%盐酸提取的二氧化硅25.6%，小区面积0.05亩左右。重复3—4次。

表2是施用硅肥对水稻穗颈瘟的控制效果，说明穗颈瘟的发病情况和氮肥水平有密切关系。一般来说，同一品种随着氮肥用量的增加，病穗率和病情指数也增加。但由于水稻品种对稻瘟病抗性的不同，发病情况和氮肥用量的关系，有着三种明显不同的类型。表2中汕优6号是抗性品种，每亩氮肥用量从25斤增至50斤，穗颈瘟的发病情况仍然均较低。双耘4号是感病品种，低氮和高氮条件下，发病均甚为严重。竹科2号是抗性一般的品种，随着氮肥用量的增加，穗颈瘟发病也就明显增长。因此，选育抗病品种应是控制穗颈瘟的有效措施，但生产实践中，存在着抗病品种的抗性退化的问题。

施用硅肥对穗颈瘟的控制效果，在不同发病情况下，控制率从不明显到80%。而以病情指数在10—60%的范围内控制效果最好，其控制率平均为70%左右。病情指数较低时，施硅的效果不明显。病情过于严重，施硅的控制效果又降低。因此，感病品种即

表2 施用硅肥对穗颈瘟的控制效果

地 点	成 土 母 质	水 稻 品 种	试 验 号	氮肥水平 (N, 斤/亩)	处 理	穗 颈 瘟 情 况		产 量	
						病 穗 率 (%)	病 情 指 数 (%)	斤/亩	增 产 (%)
浙江 江山 遂昌	流 纹 岩 坡 积 物	竹 科	1	24	对照 施硅	81.0 ± 13.6 47.2 ± 15.5	51.3 ± 14.8 23.8 ± 8.8	528 ± 33 687 ± 25	— 30.1
			2	17	对照 施硅	47.2 ± 9.7 25.3 ± 13.3	25.7 ± 8.0 12.8 ± 8.6	627 ± 18 775 ± 30	— 23.6
		2	3	24	对照 施硅	21.0 ± 2.8 5.0 ± 2.2	13.6 ± 2.2 2.1 ± 0.8	659 ± 78 761 ± 29	— 15.5
			4	17	对照 施硅	2.8 ± 0.6 1.7 ± 0.6	0.8 ± 0.2 0.7 ± 0.2	778 ± 26 818 ± 52	— 5.1
		山 优 6 号	5	50	对照 施硅	14.7 ± 4.7 11.7 ± 3.0	5.2 ± 2.0 4.4 ± 1.3	886 ± 19 938 ± 30	— 5.9
			6	25	对照 施硅	11.0 ± 1.8 11.2 ± 2.8	3.8 ± 0.8 4.1 ± 1.7	918 ± 50 978 ± 62	— 6.5
		双 耘 4 号	7	34	对照 施硅	>90	>90	138 190	— 46.2
			8	17	对照 施硅	93.1 ± 7.2 91.5 ± 2.8	88.7 ± 9.9 70.6 ± 9.2	217 ± 30 272 ± 33	— 25.3
浙江 衢州	红砂岩	矮梗 23	9	20	对照 施硅	80.1 ± 25.0 24.3 ± 6.5	50.4 ± 22.4 9.2 ± 3.0	605 ± 65 681 ± 35	— 12.6
江苏 吴江	湖 积 物	原丰早	10	10	对照 施硅	47.0 ± 20.6 15.0 ± 1.4	31.3 ± 14.9 11.5 ± 8.7	654 ± 38 734 ± 21	— 12.2
		浙梗 66	11	17	对照 施硅	44.0 ± 8.9 15.3 ± 5.0	13.1 ± 2.5 4.9 ± 0.9	817 ± 16 869 ± 29	— 6.4

使施用硅肥，虽然病害减轻，但病情仍然较为严重。如双耘4号在每亩17斤的施肥水平下。对照处理病情指数88.7%，施硅处理为70.6%，控制效果仅20%。

硅肥的增产效果和穗颈瘟的发病情况有关。虽然施硅水稻的增产百分率(Y)和对照处理水稻的病情指数(X)成 $f(g15^{\circ}38')$ 的斜率直线变化。也就是随着病害愈严重，增产百分数从5%增加到46%。但每亩增产的稻谷量(Y 斤/亩)和对照病情指数(X)的函数关系式是 $Y = 23.9 + 5.7X - 0.06X^2$ 。在发病较轻和严重时，施硅增产的稻谷量均较低。因病情指数较小时，施硅的效果仅是促进水稻生长的作用，如表2中的山优6号。而穗颈瘟严重发病的情况下，施硅的增产率虽高，但因为产量基数较低，绝对增产量并不高。综合表2施用硅肥的增产效果，每亩平均增产稻谷78斤。

水稻的产量由每亩有效穗、每穗实粒数和千粒重三个因素决定。分析表3施硅对产量构成因素的影响，以千粒重和每穗实粒数的效果明显，对有效穗数的影

响增减不一。计算表3的结果，获得以下关系式：

$Y(\text{施硅增产量 斤/亩}) = 6.1 + 1.87X_1(\text{每穗增加实粒数}) + 61.4X_2(\text{千粒重增加的克数})$ 。进一步计算偏相关值，其中 $b'Y1.2 = 0.13$ ,  $b'Y2.1 = 0.54$ 。即固定 $X_2$ 时， $X_1$ 对Y值变化起的作用为13%；固定 $X_1$ 时， $X_2$ 对Y值变化起的作用是54%。因此，施用硅肥的主要效果是增加千粒重，使水稻产量得到提高。

比较遂昌4个不同氮肥水平的产量，均以低氮再配施硅肥的产量最高。适当控制氮肥水平和增施硅肥是稻瘟病区水稻施肥的重要原则。

至于控制穗颈瘟的硅肥经济用量，根据衢州王家公社的初步试验结果，在每亩200斤和100斤硅肥的条件下，差别已很明显。如病穗率，对照处理为80.1%，每亩200斤硅肥处理是24.3%，施100斤硅肥处理的是30.8%；又如病情指数，对照处理是50.4%，亩施200斤硅肥的是9.2%，亩施100斤的是11.6%。

表3 施用硅肥对水稻产量结构的影响

试验号	处理	有效穗 (万/亩)	每穗实粒数	空壳率 (%)	千粒重 (克)	施硅增产 (斤/亩)
1	对照	41.6	22.4	45.1	25.6	159
	施硅	44.3	31.8	39.0	27.4	
2	对照	41.8	30.7	24.6	27.0	148
	施硅	40.2	32.8	25.3	29.2	
3	对照	44.2	25.3	39.0	27.8	102
	施硅	44.5	27.3	32.4	30.0	
4	对照	41.5	32.0	24.2	28.8	40
	施硅	43.5	32.6	19.2	29.7	
5	对照	15.1	104.3	22.1	29.1	52
	施硅	15.5	107.8	16.7	29.2	
6	对照	15.2	110.6	24.4	29.0	60
	施硅	15.1	114.3	20.4	29.7	
10	对照	22.1	63.8	24.4	22.5	80
	施硅	21.0	74.6	15.8	23.3	
11	对照	17.6	86.2	25.5	27.8	52
	施硅	17.2	90.4	18.2	28.4	

表4 施用硅肥对其它病害的控制效果

氮肥水平 (N 斤/亩)	处理	叶稻瘟 (%)		纹枯病 (%)		紫秆病发病率 (%)	
		病叶率	病情指数	株发病率	病情指数	试验 1	试验 2
17	对照	34.9 ± 14.1	14.8 ± 7.3	71	40.8	30.2 ± 13.2	20.3 ± 3.2
	施硅	20.0 ± 8.9	7.6 ± 4.1	47	26.0	18.7 ± 6.4	12.5 ± 5.2
24	对照	64.1 ± 11.4	30.5 ± 8.2	87.7 ± 2.5	59.6 ± 4.5	22.7 ± 3.5	22.7 ± 3.5
	施硅	45.4 ± 8.3	19.9 ± 3.1	58.0 ± 20.1	39.7 ± 19.0	20.3 ± 1.4	13.2 ± 5.2

### 三、施用硅肥对其它病害的控制效果

除穗颈瘟外，近年来纹枯病和紫秆病等危害也甚为严重。纹枯病的病原菌是担子菌纲革菌科的 *Pelluculaea Sasakii Ito*，虽然对水稻单产的影响没有穗颈瘟严重，但危害的面积远比穗颈瘟广，影响水稻稳产高产。紫秆病又称紫鞘病，目前对其发生原因看法不一，在我国南方稻区普遍发生，并日趋严重。

表4材料说明，叶稻瘟和纹枯病的危害和氮肥水平的关系很为明显。氮肥用量增加，发病率和病情指数增加。紫秆病的发病率和氮肥用量关系不明显。施用硅肥对上述三种病害的控制效果一般为30%左右。

水稻纹枯病的危害和株间小气候有关。群体内相对湿度过高，病害就发生严重。田间观察发现水稻施用硅肥后有降低最高分蘖率的现象。如竹科2号调查，同样氮肥水平下，对照处理最高分蘖数每亩67.3万，

施硅处理为59.8万苗。另外施硅水稻株形直立，叶片与茎角度小，这些均有利水稻株间通风，降低发病率。

### 参考文献

- [1] 秦遂初：硅肥对水稻抗病增产效果的研究。浙江农业科学，第1期，12—16页，1979。
- [2] International Rice Research Institute; The Mineral Nutrition Of The Rice Plants, P. 123, P. 127. Maryland The Johns Hopkins Press, 1965.
- [3] 戚惠林、张效朴、何电源：我国南方水稻土供硅能力的研究。土壤学报，第9卷2期，131—139页，1982。
- [4] 戚惠林、张效朴、管菊根、魏昭芳：我国南方水稻施用电厂粉煤灰硅钙肥的效果。热力发电，第1期，34—41页，1982。