

文章编号 :1003- 8701(2012)02- 0024- 03

# 硅肥在水稻上的应用研究进展

张显东<sup>1</sup>, 高 强<sup>2</sup>, 王培顺<sup>1</sup>, 王兴远<sup>1</sup>, 张 伟<sup>1</sup>, 黄刻宝<sup>1</sup>

(1. 吉林市农业科学院, 吉林 132101; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

**摘 要**: 综述了施用硅肥对水稻生理作用(光合速率、糖代谢、营养元素吸收利用、抗逆性等)及对产量和米质的影响的研究进展, 并对硅肥在水稻上的应用研究进行展望。

**关键词**: 硅肥; 水稻; 生理作用; 产量; 米质

中图分类号: S511.062

文献标识码: A

## Progress of Researches on Silicon Fertilizer Application in Rice

ZHANG Xian-dong<sup>1</sup>, GAO Qiang<sup>2</sup>, WANG Pei-shun<sup>1</sup>, WANG Xing-yuan<sup>1</sup>,

ZHANG Wei<sup>1</sup>, HUANG Ke-bao<sup>1</sup>

(1. Academy of Agricultural Sciences of Jilin City, Jilin 132101; 2. College of Resource and Environment Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract**: The advances of researches on effects on silicon fertilizer on physiological activities of rice (photosynthesis, sugar metabolism, nutrient absorption, resistance, etc.), yield and quality of rice were generally reviewed. Besides, the prospect for developing of silicon fertilizer was proposed.

**Keywords**: Silicon fertilizer; Rice; Physiological activity; Yield; Quality of rice

水稻施用硅肥对其生长发育以及产量和米质都有明显的促进作用。水稻是喜硅作物, 硅在水稻体内具有明显的生理作用, 硅是水稻良好生长所必需的元素<sup>[1]</sup>。水稻一生对硅素的吸收量巨大, 每生产 100 kg 稻谷, 水稻地上部分 SiO<sub>2</sub> 的吸收量达 10 kg 以上, 超过水稻 N、P、K 吸收量的总和<sup>[2]</sup>。

## 1 硅肥对水稻的生理作用

### 1.1 施硅可以提高水稻光合速率

水稻施用硅肥后, 改善冠层叶片的直立性, 延长叶片光合功能持续时间、延缓叶片衰老速度并提高光合速率<sup>[3]</sup>。陶龙兴等<sup>[4]</sup>研究表明, 硅肥处理延缓了灌浆期功能叶片的衰老, 尤其是倒 2 叶与倒 3 叶的衰老, 使顶部三叶片的光合速率显著提高。施硅延缓了水稻功能叶片的光合功能期, 主要是适宜的硅肥施用量显著提高水稻叶片叶绿素含量的缘故<sup>[5]</sup>。

### 1.2 施硅能促进水稻体内的糖代谢作用

施用硅肥后, 促进水稻的生长发育, 提高水稻叶片的光合作用, 提高碳水化合物的合成速率, 进而促进稻体内的糖代谢。施硅既能促进碳水化合物的合成和积累, 也能促其向穗部运转<sup>[3]</sup>。任学坤等<sup>[5]</sup>研究认为, 施用生物硅肥后提高了植株干物质的合成与积累, 促进了可溶性糖向淀粉的转移和碳水化合物的运输, 协调了源、库关系。

### 1.3 施硅能促进水稻对营养元素的吸收

据报道<sup>[6]</sup>, 施硅既能提高水稻子实 N、P、K 吸收量, 也能促进 N、P、K 向子实转移。郭彬等<sup>[7]</sup>研究认为, 施用硅肥后, 稻株内 N、P、K、Si 养分含量明显增加。柯玉诗等<sup>[8]</sup>研究表明, 硅肥可明显促进水稻对 N、P 营养元素的吸收, 提高 N、P 肥料利用率。茅国芳等<sup>[9]</sup>认为, 适量施硅肥能明显促进水稻对 P 的吸收。江立庚等<sup>[10]</sup>则认为硅肥促进了水稻对氮素的吸收。

### 1.4 施硅可以增强水稻的抗逆性

#### 1.4.1 施硅提高水稻抗倒伏能力

高尔明等<sup>[3]</sup>认为, 水稻吸收硅后, 由于茎秆充实

收稿日期: 2011-09-09

作者简介: 张显东(1977-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物营养与施肥技术研究。

度和机械组织厚度的增加,有利于耐肥抗倒;同时施硅能延长水稻根系功能期、避免早衰。周青等<sup>[11]</sup>则认为,水稻施硅肥后,通过缩短基部一、二节间长度,增加基部茎粗,改善茎系结构,提高抗倒伏能力。陶龙兴等<sup>[12]</sup>研究表明,硅肥处理的稻株基部第一节间缩短,植株的茎壁厚度增加,基部三节重量/长度比值显著提高,尽管植株高度较对照增加,但抗倒伏增强。此外,施硅也明显提高超级杂交稻的抗倒伏能力<sup>[13]</sup>。

#### 1.4.2 施硅提高水稻抗旱和抗低温的能力

硅与表皮细胞壁结合形成的硅化细胞壁<sup>[14]</sup>,供硅的水稻叶片表面明显出现哑铃状硅化细胞<sup>[15]</sup>,硅化细胞有调节气孔开闭的作用,增强水稻对干旱、干热风 and 低温等逆境环境的抗御作用,保证水稻对营养元素的正常吸收和均衡分配,不至于产生营养元素的缺乏症状。

#### 1.4.3 施硅增强水稻的抗病虫能力

施硅还加强了水稻茎秆表皮硅质化,增强了水稻的抗病虫害性能<sup>[8]</sup>。施硅能降低水稻对纹枯病<sup>[16]</sup>、叶瘟病<sup>[17]</sup>、穗颈瘟<sup>[18]</sup>、稻纵卷叶螟<sup>[19]</sup>的发生率,提高稻体的抵抗力。有人研究<sup>[20]</sup>发现水稻组织含硅量越高,发病率越低。张翠珍等<sup>[21]</sup>研究也表明,施硅降低了稻瘟病、纹枯病和胡麻叶斑病的发病率,增强了水稻抗逆能力,其原因主要是施硅增加水稻硅化细胞数量。

#### 1.4.4 施硅减轻重金属对水稻的毒害作用

水稻施用硅肥具有抑制土壤中还原性铁锰等毒害的效果<sup>[22]</sup>,适量施用硅肥可以降低由铁、锰胁迫造成对水稻的危害<sup>[23]</sup>。硅肥还能抑制水稻对镉吸收<sup>[24]</sup>,进而有效地降低水稻糙米镉含量<sup>[25]</sup>。

## 2 施硅提高水稻产量

据报道<sup>[4]</sup>,施用硅肥对水稻的增产作用主要是通过有效穗数和每穗实粒数的增加来实现的。但也有学者<sup>[7, 26]</sup>认为,硅肥主要是通过影响千粒重、结实率、穗粒数、有效穗而促进产量提高的。吴英等<sup>[27]</sup>研究表明,施硅处理比对照株高增高 1.3~3.3 cm;穗长增长 0.3~2.0 cm,单株有效分蘖增多 0.4~2.0 株;穗粒数增多 2.4 粒,千粒重增加 0.6 g;增产幅度为 7.78%~10.02%。罗宝君等<sup>[28]</sup>认为,在苏打盐渍土水稻施用硅肥比对照平均增产 11%,表现在:有效穗数和每穗实粒数显著增加,千粒重略有增加。

## 3 施硅改善稻米品质

张国良等<sup>[26]</sup>研究表明,施硅对糙米率、透明度无明显影响,整精米率显著增加,可以降低垩白米率、垩白大小和垩白度,改善稻米的外观品质。吴英等<sup>[27]</sup>研究表明,施硅后稻米精米率提高 3.4%,整精米率提高 4.9%,垩白率降低 8%,直链淀粉含量降低 0.03%,稻米食味性也有改善。张学军等<sup>[29]</sup>认为,施用硅肥后,能降低稻米裂纹米率,提高稻米透明度、胶稠度和蛋白质含量。李 Xiao 为等<sup>[30]</sup>研究表明,施用硅肥后,提高稻米的糙米率、精米率和整精米率;垩白度、垩白率降低,提高胶稠度和蛋白质含量。

## 4 结 语

综上所述,水稻是喜硅作物,硅是水稻生长所必需的有益营养元素。硅对水稻具有降低重金属毒害、提高抗逆性、增加养分吸收量、改善生理功能、增加产量和改善稻米品质等作用。目前,化学肥料的大量应用,严重地威胁着水田生态环境;而硅是对环境友好的元素,大量施用硅肥不必担心对环境的负面作用。但是硅肥的体积大、运输费用高、施用不方便,制约着硅肥在水稻生产中的应用。近年来,随着水稻产量不断提高,每季水稻吸收硅素远远大于吸收氮磷钾养分的总和。但是,对硅肥施用量还远远不如氮磷钾的施用量。水稻种植区施用硅肥品种主要以粉状硅肥为主,存在施用不方便和施用效果不稳定等缺点。研制具有颗粒化、用量少、省工省力和增产增收等特点的硅肥新剂型及配套施用技术,为水稻持续增产提供有力的物质保证。同时,可以保护水稻种植区的生态环境,降低农户的劳动量和增加收入,提高水稻产量和改善稻米品质都具有极其重要的意义。以期“高产、优质、高效、生态、安全”的水稻生产服务。

#### 参考文献:

- [1] 周鸣铮. 有关水稻土养料肥力的某些研究的论述(下) [J]. 土壤学进展, 1981, 9(2): 12-23.
- [2] 甘秀芹, 江立庚, 徐建云, 等. 水稻的硅素积累与分配特性及其基因型差异 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 531-535.
- [3] 高尔明, 赵全志. 水稻施用硅肥增产的生理效应研究 [J]. 耕作与栽培, 1998(5): 20-22, 28.
- [4] 陶龙兴, 袁小荣, 符冠富, 等. 硅肥对国稻 6 号的生理影响及增产效果 [J]. 中国稻米, 2008(3): 57-59.
- [5] 任学坤, 胡远富, 张合豫, 等. 寒地水稻对生物硅肥的生理效应 [J]. 土壤肥料科学, 2007, 23(3): 284-288.
- [6] 吴巍, 张宽, 王秀芳, 等. 硅肥对水稻养分吸收及产量的影响 [J]. 吉林农业科学, 1996, 21(3): 51-54.
- [7] 郭彬, 姜运生, 梁永超, 等. 氮硅肥配施对水稻生长、产量

- 及土壤肥力的影响[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 33-36.
- [8] 柯玉诗, 黄小红, 张壮塔, 等. 硅肥对水稻氮磷钾营养的影响及增产原因分析[J]. 广东农业科学, 1997(5): 25-27.
- [9] 茅国芳, 汪传炳. 上海地区农田土壤有效硅含量状况及水稻施硅效应研究[J]. 土壤, 2002, 34(5): 270-274.
- [10] 江立庚, 曹卫星, 甘秀芹, 等. 水稻氮素吸收、利用与硅素营养的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(5): 648-655.
- [11] 周青, 潘国庆, 施作家, 等. 不同时期施用硅肥对水稻群体质量及产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2001(3): 25-27.
- [12] 陶龙兴, 袁小荣, 符冠富, 等. 硅肥对国稻6号的生理影响及增产效果[J]. 中国稻米, 2008(3): 57-59.
- [13] 邓文, 青先国, 王思哲, 等. 施硅对超级杂交稻抗倒性的影响[J]. 杂交水稻, 2009, 24(1): 56-61.
- [14] Dantoff L E, Deren C W, Snyder C H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida [J]. Crop Protect, 1997, 16(6): 525-531.
- [15] 水茂兴, 陈德富, 秦遂初, 等. 水稻新嫩组织的硅质化及其与稻瘟病抗性的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 1999(4): 352-358.
- [16] 张国良, 戴其根, 张洪程, 等. 硅肥和接种纹枯病菌对水稻膜脂过氧化和防御酶活性的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2006, 27(1): 49-53.
- [17] 慕永红, 郑桂萍, 王安东, 等. 水稻施用速效硅肥的方法及效果研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(4): 32-36.
- [18] 王安东, 连长伟, 徐立佳, 等. 硅肥对水稻抗病增产效果研究[J]. 现代化农业, 2008, 24(12): 8-9.
- [19] 李克仁. 硅肥对水稻生产的增产作用 [J]. 作物杂志, 2004(5): 24-25.
- [20] Deren C W, Datnoff L E, Snyder G H et al. Silicon content ration, disease response and yield components of rice genotype grown on flooded organic histols[J]. Crop Sci, 1994, 34(3): 733-737.
- [21] 张翠珍, 邵长泉, 孟凯, 等. 山东省水稻土有效硅含量及硅肥效应研究[J]. 山东农业科学, 1999(6): 11-14.
- [22] 薛碧秀, 孙佩芳. 四川省水稻施用硅肥的增产效果[J]. 土壤肥料, 1991(2): 40-41.
- [23] 李玉影, 刘颖, 刘双全, 等. 黑龙江省水稻硅肥效果研究[J]. 黑龙江农业科学, 2009(3): 60-63.
- [24] 蔡德龙, 陈常友, 小林均. 硅肥对水稻镉吸收影响初探[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(4): 69-71.
- [25] 林匡飞, 项雅玲. 钙镁磷肥和硅肥对水稻产量及镉吸收的影响[J]. 土壤肥料, 1994(6): 26-29.
- [26] 张国良, 戴其根, 王建武. 施硅量对粳稻品种武育粳3号产量和品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(3): 299-303.
- [27] 吴英, 魏丹, 高洪生. 硅对水稻的营养功能和有效条件的研究[J]. 土壤肥料, 1992(3): 25-27.
- [28] 罗宝君. 黑龙江省苏打盐渍土种植水稻硅肥效应 [J]. 内蒙古农业科技, 2004(4): 31, 33.
- [29] 张学军, 冯卫东, 宋德印, 等. 施用硅钙磷肥对水稻生长、产量及品质研究初报[J]. 宁夏农业科技, 2000(1): 37-38.
- [30] 李小小, 任学坤, 殷微微, 等. 白浆土型水稻土施硅肥对水稻产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2008(6): 67-69.

(上接第15页)鸟嘌呤和3-甲基腺嘌呤的产生很可能是由于甲基自由基借助于过渡重金属的作用攻击DNA而引起。据此,本文推测 $\text{Cr}^{6+}$ 引起两苗龄小麦幼苗根系DNA甲基化水平提高,可能是由于 $\text{Cr}^{6+}$ 引起了小麦体内大量甲基自由基的产生,导致5-MeC水平提高。Lee等<sup>[9]</sup>和Pfohl-Leszkowicz等<sup>[10]</sup>发现许多二价离子能影响5-甲基胞嘧啶甲基转移酶的活性,如 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 等。本实验的结果显示,  $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{Cr}^{6+}$ 导致3d龄幼苗根系5-甲基胞嘧啶含量降低,这可能与降低根系5-甲基胞嘧啶甲基转移酶活性有关。

关于 $\text{Cr}^{6+}$ 降低两苗龄小麦幼苗根系DNA含量和提高DNA甲基化水平的确切机制,有待进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [1] Finnegan EJ, Genger RK, Kovac K, et al. DNA methylation and the promotion by vernalization [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1998(95): 5824-5829.
- [2] Richards EJ. DNA methylation and plant development [J]. Trends Genet, 1997, 13(8): 319-322.
- [3] Martienssen RA, Colot V. DNA methylation and epigenetic

- inheritance in plants and filamentous fungi [J]. science, 2001, 293: 1070-1074.
- [4] Finnegan EJ, Kovac KA. Plant DNA methyltransferases [J]. Plant Mol Biol, 2000(43): 189-201.
- [5] Ashikawa I. Surveying CpG methylation at 5'-CCGG in the genomes of rice cultivars [J]. Plant Mol Biol, 2001(45): 31-39.
- [6] Hei Shu-mei, SHE Xiao-ping. Inhibition of Root Growth and DNA Damage Caused by  $\text{Cr}^{6+}$  Stress in Wheat Seedlings [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2005(3): 541-545.
- [7] Ge CL, Yang XY, Sun JH, et al. DNA damage caused by heavy metal stress in wheat and rice seedlings [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2002, 28(6): 419-424.
- [8] Hix S, Augusto O. DNA methylation by tertbutylhydroperoxide-iron (II): a role for the transition metal ion in production of DNA base adducts [J]. Chem Biol Interact, 1999(18): 141-149.
- [9] Lee Y W, Broday L, Costa M. Effects of nickel on DNA methyltransferase activity and genomic DNA methylation levels [J]. Mutat Res, 1998(31): 213-218.
- [10] Pfohl-Leszkowicz A, Baldacini O, Keith G, et al. Stimulation of rat kidney, spleen and brain DNA-(cytosine-5-)-methyltransferases by divalent cobalt ions [J]. Biochimie, 1987(69): 1235-1242.