

文章编号: 1003-8701(2002)06-0029-05

玉米施用硅肥田间定位试验研究

高玉山¹, 毕业莉¹, 姜柏臻², 崔汉成², 方 力², 宋殿友², 宁连荣²

(1. 吉林省农业科学院, 吉林 公主岭 136100; 2. 长岭县农业局, 吉林 长岭 131500)

摘 要: 1998~2001 年进行了玉米合理施用硅肥的田间定位试验研究。结果表明: 施用硅肥促进了玉米生长发育, 增强了光合作用, 提高了光能利用率和水分利用率, 达到了节水、抗旱、增产的目的。在一般干旱年份, 硅肥用量以 $500\sim 750\text{ kg/hm}^2$ 为佳, 在特旱年份以 250 kg/hm^2 左右为宜。

关键词: 硅肥; 玉米; 生长发育; 节水; 抗旱

中图分类号: S 513.062 S143.71

文献标识码: A

硅肥作为一种新型肥料, 逐渐被人们所认识。硅在水稻、小麦等作物的增产增收中起着重要作用^[1,2]。同时能够提高作物抗逆性。研究认为, 硅进入植物体后, 在叶片角质层下面的表皮组织里形成角质-硅两层结构, 抑制蒸腾, 减少植株水分蒸发, 提高了光合作用效率与水分利用率^[3]。甚至有的学者认为, 硅肥在某些作物的增产中同 N、P、K 同等重要, 是植物中必不可缺的元素。然而硅肥在玉米生产上的报道很少, 特别是对玉米的增产、节水、抗旱作用及硅在玉米增产中的最佳施用技术研究甚少。本试验拟对上述问题进行探讨, 以便对半干旱地区及降雨不充足地区的玉米生产提供技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验地点及土壤

大田试验设在长岭县永久镇永久村, 土壤为黑钙土, 前茬为玉米, 地势平坦, 肥力均匀。盆栽试验设在吉林省农科院土肥所, 土壤为黑土。

1.2 玉米品种

1998 年选用西单 2 号, 1999 年选用新铁 10, 2000 年选用四密 25, 2001 年选用登海 9 号。

1.3 试验处理

试验每年设 4 个处理, 3 次重复。每处理小区 4 行, 行长 13.5 m , 区间过道 0.7 m , 每小区面积 33.48 m^2 。重复内小区随机排列, 株行距分别为 0.323 m 和 0.62 m 。三犁穿打垄施底肥, 施肥器开沟施口肥。1998~2001 年具体施肥处理见表 1(硅肥为明城钢铁厂生产的高效硅肥)。播种前精选种子、晾晒、拌种衣剂, 播种后重镇压。阿乙合剂封闭除草, 铲前趟一

收稿日期: 2002-04-09

基金项目: 国家“九五”科技攻关“玉米大面积高产综合配套技术研究开发与示范”项目(95-001-03)第二专题的部分研究内容

作者简介: 高玉山(1974-), 男, 吉林省东辽人, 农学学士, 主要从事玉米高产栽培及盐碱土治理、改良研究。

犁,二铲三趟。其它播种、施肥技术按当地习惯。试验田每年在 10 月 20 日前灭茬,实现全部根茬及部分秸秆还田。

表 1 各 处 理 施 肥 量										kg/hm ²
年份	氮	磷	钾	锌	硅 肥 用 量					
1998	225	90	105	15	0	250	375	500	—	—
1999	230	135	158	23	0	—	375	—	562.5	750
2000	206	98	113	13	0	250	375	500	—	—
2001	206	98	113	13	0	250	375	500	—	—

1997 年进行了盆栽试验,目的是测量水分蒸腾率,设 3 个处理,3 次重复,结果如表 3。

1.4 测定方法

叶绿素含量用叶绿素测定仪测定,叶面积指数以全株各个单片叶面积之和×密度÷公顷面积,植株蒸腾水分指在密封、常日下 24 h 自然蒸腾,土壤水分用恒温干燥法,植株粗用游标卡尺测量,其他测定按常规方法测定。

2 结果与分析

2.1 施硅对玉米植株生长发育的影响

为了明确硅对玉米植株生长发育的作用,我们对其进行了株高、叶片数、叶面积指数及叶片中叶绿素含量的测定(表 2)。

表 2 硅肥对玉米株高、叶片数、叶面积指数及叶片中叶绿素含量的影响							
时 间	项 目	硅肥用量(kg/hm ²)					
		0	250	375	500	562.5	750
1998 年 9 月 7 日	株高(cm)	246.00	266.20	256.00	262.20	—	—
	叶面积指数	2.43	2.56	2.70	2.75	—	—
	叶绿素	50.50	53.60	55.20	55.40	—	—
	株高增高(%)	—	8.21	4.07	6.59	—	—
	叶面积指数增多(%)	—	5.31	11.19	13.33	—	—
	叶绿素增加(%)	—	6.13	9.31	9.70	—	—
1999 年 9 月 1 日	株高(cm)	260.07	—	269.47	—	269.93	267.67
	叶面积指数	3.40	—	3.45	—	3.48	3.39
	株高增高(%)	—	—	3.61	—	2.25	2.92
	叶面积指数增多(%)	—	—	1.53	—	2.24	—0.21
2000 年 8 月 16 日	株高(cm)	206.10	217.40	213.00	218.30	—	—
	叶片数(片)	13.1	13.40	13.40	13.30	—	—
	叶面积指数	3.01	3.59	3.32	3.36	—	—
	株高增高(%)	—	5.83	3.25	5.82	—	—
	叶片数增多(片)	—	2.29	2.29	1.53	—	—
	叶面积指数增多(%)	—	19.36	10.26	11.56	—	—
2001 年 10 月 15 日	株高(cm)	241.90	248.10	248.40	247.40	—	—
	叶片数(片)	15.40	15.90	15.70	15.50	—	—
	叶面积指数	3.56	3.74	3.76	3.67	—	—
	株高增高(%)	—	2.56	2.69	2.27	—	—
	叶片数增多(片)	—	3.25	1.95	0.65	—	—
	叶面积指数增多(%)	—	5.06	5.62	3.09	—	—

注:表中的株高及叶片数等均为 30 株的平均值。

1998 年施硅 250、375 和 500 kg/hm² 各处理株高分别比对照高 8.21%、4.07% 和 6.59%;叶面积指数分别比对照大 5.31%、11.19% 和 13.33%;叶绿素含量分别比对照增加 6.13%、9.31% 和 9.70%。1999 年施硅 375、562.5 和 750 kg/hm² 各处理的株高分别比对照高 3.61%、2.25% 和 2.92%;375 kg/hm² 和 562.5 kg/hm² 施硅处理的叶面积指数分别比对照大 1.53% 和 2.44%, 仅施硅 750 kg/hm² 的叶面积指数略低于对照(—0.21%)。

2000 年各施硅处理的株高、叶片数、叶面积指数均大于对照,特别是叶面积指数极显著地大于对照,分别比对照多 19.36%、10.26%和 11.56%。2001 年各施硅处理的株高、叶片数、叶面积指数均大于对照。可见,硅肥对玉米植株生长发育的作用是明显的,株高、叶片数、叶面积指数及叶绿素含量的增加,说明施硅使玉米植株的光合作用增强了,光能利用率提高了,这为增产奠定了基础。

2.2 硅肥对玉米植株水分蒸腾的影响

我们在 1997 年 8 月 14 日,对用硅处理过的盆栽试验中的玉米植株进行了玉米抽雄时期水分蒸腾试验,试验在密封下进行,比较不同处理下蒸腾强度,发现硅可以在一定程度上降低玉米植株的蒸腾强度(表 3)。植株自然蒸腾 24 h 后蒸腾量减少了 18.4%~23.4%。每公顷玉米密度按 5 万株计算,玉米抽雄期每 24 h 可减少植株蒸腾失水量 2 625~3 625 kg/hm²,说明施硅处理后减少了水分的无效蒸腾,提高了水分利用率,从而增强了玉米抗旱能力。这对半干旱地区玉米生产有特殊的重要意义。

表 3 盆栽试验施硅肥各处理玉米水分蒸腾量

硅肥用量 (mg/kg)	失水重 (g/盆)	植株鲜重 (g/盆)	蒸腾量 (g/100g 鲜重)	减少 (%)	每株减少 耗水(g)	24 h 减少量 (kg/hm ²)
0(CK)	367.5	370.5	99.2	—	—	—
40	315.0	389.5	80.9	18.3	52.5	2 625
60	297.5	388.5	76.6	22.6	70.0	3 500
80	295.0	388.0	76.0	23.2	72.5	3 625

2.3 施硅肥各处理对土壤水分的影响

表 4 各处理土壤含水量变化及土体 1mm 蒸散量生产玉米量对比

年份	项 目	硅肥用量(kg/hm ²)					
		0	250	375	500	562.5	750
1999	8 月 23 日 0~40 cm 土壤含水量(mm)	68.55	—	70.50	—	70.93	71.70
	10 月 8 日 0~40 cm 土壤含水量(mm)	78.11	—	82.05	—	81.79	82.80
	含水量增加(mm)	9.56	—	11.55	—	10.86	11.10
	含水量比对照增加(t/hm ²)	—	—	19.90	—	13.00	15.40
2000	4 月 26 日至 10 月 19 日 0~40 cm 土壤水减少(mm)	18.11	22.26	19.78	17.39	—	—
	4 月 26 日前至 10 月 19 日后的蒸散量(mm)	253.71	257.86	255.38	252.99	—	—
	0~40 cm 土体 1mm 蒸散量生产玉米(kg/hm ²)	33.76	35.19	34.33	34.41	—	—
	0~40 cm 土体 1mm 蒸散量生产玉米比对照多(%)	—	4.24	1.69	1.93	—	—
2001	6 月 6 日 0~40 cm 土壤含水量(mm)	62.48	63.51	61.81	61.56	—	—
	10 月 15 日 0~40 cm 土壤含水量(mm)	58.98	60.93	60.09	59.94	—	—
	含水量增加(mm)	-3.50	-2.58	-1.72	-1.62	—	—
	含水量比对照增加(t/hm ²)	—	9.20	17.80	18.80	—	—

注:表中土壤含水量均为 3 点平均值。

由表 3 可以看出:在降雨量相同情况下,1999 年施硅 375、562.5 和 750 kg/hm² 的各处理在 0~40 cm 土壤含水量分别比对照增加 19.9、13.0 和 15.4 t/hm²。2001 年施硅 375、562.5 和 750 kg/hm² 的各处理在 0~40 cm 土壤含水量分别比对照增加 9.2、17.8 和 18.8 t/hm²。在 1999 年和 2001 年(表 5)增产的条件下,施硅肥各处理分别节水 13.0~19.9 t/hm² 和 9.2~18.8 t/hm²,提高了土壤水分利用率(水分利用率=作物产量/所消耗的水分^[4])。2000 年从 4 月 26 日至 10 月 19 日,施硅 250 kg/hm² 和 375 kg/hm² 两个处理的 0~40 cm 土壤水减少量大于对照的减少量,相应的蒸散量也高于对照,似乎是浪费水了,但从 1 mm 水蒸散量生产玉米的数量上看,0~40 cm 土层中 1 mm 蒸散量生产玉米量分别比对照高 4.24%(硅 250 kg/hm²)、1.69%(硅 375 kg/hm²)、1.93%(硅 500 kg/hm²),也就是

在生产等量玉米时,施硅处理只需要少量的水。因此,施用硅肥后节省了土壤水,并提高土壤水利用率,这在干旱地区玉米增产增收中起重要作用。

2.4 施硅的增产作用

表 5 施硅各处理对玉米的增产作用

年 份	项 目	硅肥用量(kg/hm ²)					
		0	250	375	500	562.5	750
1998	单产(kg/hm ²)	11 289	11 749	11 642	11 811	—	—
	增产(%)	—	4.07	3.13	4.62	—	—
1999	单产(kg/hm ²)	8 915	—	9 001	—	9 593	9 682
	增产(%)	—	—	0.96	—	7.61	8.60
2000	单产(kg/hm ²)	8 566	9 073	8 768	8 706	—	—
	增产(%)	—	5.92	2.36	1.63	—	—
2001	单产(kg/hm ²)	6 773	8 030	7 914	7 557	—	—
	增产(%)	—	18.56	16.85	11.58	—	—

由表 5 可知,1998 年施硅肥处理增产 3.13%~4.62%,不同施硅量增产作用相差不大,且增产不高,似乎硅的作用没能充分发挥,可能是由于夏季降雨过多使硅的抗旱作用没能充分发挥之故(1998 年 4 月 5 日至 9 月 20 日降雨量 543 mm)。1999 年各处理分别增产 0.96%、7.61%和 8.60%(4 月 5 日~9 月 20 日降雨量仅为 308.5 mm),气候干旱,使硅的抗旱增产作用得以充分发挥。2000 年施硅处理分别增产 5.92%、2.36%和 1.63%,高量硅肥的增产效果不如低量硅肥,可能是由于春、夏季干旱严重(4 月 5 日~9 月 20 日降雨量仅为 227 mm),大量硅肥施用后,使种床干燥,进而影响了种子发芽及苗期生长,可以推断在特干旱年份硅肥用量不宜过多,以 250 kg/hm² 左右为宜。2001 年也是比较干旱年份(4 月 5 日~9 月 20 日降雨量仅为 301.5 mm),施硅处理分别增产 18.56%、16.85%和 11.58%,且以硅肥用量 250 kg/hm² 增产为最高。

2.5 硅对玉米抗逆性的影响

国内学者研究认为,施硅玉米植株表皮细胞壁加厚,厚角组织发达,从而使表皮细胞的透性显著降低,抑制水分散失,降低蒸腾^[5]。任军等对施硅玉米叶片细胞的电镜照片进行分析认为,施硅改变了玉米叶片细胞形态结构,使细胞腔明显变小,细胞壁变皱、变厚,并且有大量淀积物,减少了玉米植株体内水分的渗透,抑制了植株体内水分的无益蒸腾^[6]。我们对施硅处理的植株秸秆下部 5 个节做了平均测量(30 株平均值),发现施硅处理平均比对照粗 3.83%。硅化细胞的形成使作物表层细胞壁加厚,角质层增加,从而增强了对病虫害、病原菌侵入的抵抗能力,特别是对玉米螟、玉米青枯病、玉米大斑病的预防作用。观察施硅处理的玉米植株叶片明显绿于对照玉米,且玉米穗大、粒多、子粒饱满,植株发病率低,说明硅肥施用后增强了植株抗旱、抗病等抗逆性。1999 年秋几场特大风灾,致使玉米倒伏严重,对照区倒伏(折)67%,而硅肥区仅为 23%,倒伏率明显降低。

3 结 论

- ①施硅肥后,各处理的玉米株高、叶片数、叶面积指数及叶绿素含量均增加,说明施硅处理的玉米植株光合作用增强了,光能利用率提高了。
- ②施硅肥处理的玉米具有节水抗旱作用。经试验,1999 年施硅处理比对照土壤含水量多 13.0~19.9 t/hm²,2001 年施硅处理比对照土壤含水量多 9.2~18.8 t/hm²。从 2000 年 1 mm 水蒸散量生产玉米的数量上看,在 0~40 cm 土层中 1 mm 蒸散量生产玉米量比对照高 1.69%~4.24%,也就是在生产等量玉米时,施硅肥处理需水量少于对照。且在玉米抽

雄期,每 24 h 减少蒸腾失水量 $2\ 625\sim 3\ 625\text{ kg/hm}^2$ 。以上均说明施硅肥后,节约了土壤水,提高了水分利用率。

③施硅肥的增产效果与降雨量有密切关系。从 4 年试验的增产结果看,施用硅肥后增产幅度为 $0.96\%\sim 18.56\%$ 。多雨年增产不高,且不同硅肥用量增产效果相差不大。一般偏早年份高硅肥用量比低硅肥用量效果显著,最佳的施硅量应为 $500\sim 750\text{ kg/hm}^2$ 。特干旱年份低硅肥用量好于高硅肥用量,施硅肥量应在 250 kg/hm^2 左右为宜。

④施硅肥处理的玉米抗旱和节水性增强。硅进入玉米植株体内,改变了细胞结构,增加了胞壁厚度,进而减少了水分的无效蒸腾作用。

因此,硅肥施用后增强了玉米抗旱能力,提高了水分利用率,增加了产量。建议今后在半干旱地区、降雨不充足地区的玉米生产中适量施用硅肥,这对我国旱作农业、节水农业具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 范业成. 硅在水稻营养中的作用及有效施用的研究[J]. 土壤肥料, 1992, (3): 25—27.
- [2] 杨雅杰. 含硅复混肥对水稻的抗逆增产作用[J]. 磷肥与复肥, 1999, (1): 75.
- [3] 崔德杰. 硅钾肥对不同水分条件下冬小麦光合作用日变化的影响[J]. 土壤通报, 1999, 30(1): 38—39.
- [4] 刘巽浩. 耕作学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 22.
- [5] 蔡德龙. 硅肥及施用技术[M]. 北京: 台海出版社, 2000.
- [6] 任 军. 全国玉米高产栽培技术学术研讨会论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1998.

Study on the Application of Silicate Fertilizer on Maize

GAO Yu-shan¹, BI Ye-li¹, JIANG Bai-zhen², CUI Han-cheng²,
FANG Li², SONG Dian-you², NING Lian-rong²

(1. Jilin Provincial Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China;
2. Agricultural Bureau of Changling County, Changling 131500, China)

Abstract: During 1998~2001, the field experiments of application of silicate fertilizer to maize were conducted. The results showed: The application of silicate fertilizer promoted the growth of maize, strengthened the photosynthesis, increased the utilization rate of light energy and soil moisture, therefore the application of silicate fertilizer attained the goal of water saving, anti-arid and yield increase. In generally dry year, the application amount of silicate fertilizer of $500\sim 750\text{ kg/hm}^2$ were better, but in specially dry year, the application amount of silicate fertilizer of 250 kg/hm^2 was appropriate.

Key words: Silicate fertilizer; Maize; Growth; Moisture saving; Anti-arid