

石灰性土壤上小麦的硅素营养 及硅、锌、锰肥对小麦产量的影响*

鲍士旦

(南京农业大学 南京 210095)

李轶群

(上海崇明长征农场)

杨学荣

(北京粮食局梨园粮库)

张明江

(淮安市土肥站)

摘 要

田间小区和多点大田示范试验研究表明,小麦在拔节—成熟期吸收硅占全生育期吸硅总量的88.9—93.1%,说明小麦在生育后期吸硅力很强,因而对缺硅土壤在拔节前施硅仍有良好效果;成熟期, SiO_2 在小麦秸秆与籽粒中的分配百分比为 94.5:5.1,施硅后,秸秆中的硅量更为增加,因而缺硅土壤上利用秸秆还田能部分缓解土壤缺硅问题。研究结果还表明,所有施肥处理均比不施肥的小麦增产极显著;在 NPK 肥基础上,施 Zn 有一定增产效果;施 Mn、 $\text{ZnMnSi}_{(1)}$ (Si, 3kg/亩),小麦增产显著;施 $\text{Si}_{(2)}$ (Si, 6kg/亩)、 ZnMn 、 $\text{ZnMnSi}_{(2)}$ 小麦增产极显著。

关键词 石灰性土壤; 硅素营养; 小麦产量

至今硅素在水稻中吸收和分布情况以及对水稻的增产作用已有大量的研究和报道。但对小麦研究较少,特别在我国北方石灰性土壤上,小麦施用硅肥未见报道。硅对作物的生长发育、抗病虫害能力与某些营养元素之间相互作用以及对产量的形成均有一定的影响。本研究拟通过冬小麦在石灰性土壤上施用硅、锌、锰肥,研究冬小麦对硅的吸收特点及硅、锌、锰肥对小麦产量的影响,为硅肥的合理施用提供理论依据。

我们从 1991—1994 年在江苏淮安市等地石灰性潮土上设置了多点田间试验,现将试验结果整理如下:

1 材料和方法

1.1 田间试验

1992 后 10 月,在淮安市淮阴农校(试验一)和季桥乡季桥村五组(试验二),分别进行小麦硅、锰、锌肥的田间试验,前茬均为水稻,土壤为石灰性潮土。试验共设 8 个处理,随机排列,重复 3 次,每小区面积为 0.05 亩,除保护行外总面积各为 1.2 亩。处理:(1)空白;(2)NPK(对照);(3)NPKZn;(4)NPKMn;(5)NPK $\text{Si}_{(2)}$;(6)NPKZnMn;(7)NPKZnMn $\text{Si}_{(1)}$;(8)NPKZnMn $\text{Si}_{(2)}$,其中 N 肥(尿素 32.3kg/亩,65%作基肥,35%作追肥);P 肥(含 P_2O_5 12% 的过磷酸钙,35kg/亩);K 肥(KCl 10kg/亩);Zn 肥(硫酸锌,

* 本研究属农业部“八五”重点课题:85—农—03—02—01 中子专题的一部分。在试验过程中得到淮安市农业局农技推广中心钱金祥、谷秀兰及季桥乡农科站牛有成等同志的大力协助,特此致谢。

2kg/亩); Mn肥(硫酸锰, 2kg/亩), 以上肥料均一次作基肥施入。硅肥^{〔6〕}(是过二硅酸钠和偏硅酸钠的混合物, 全水溶性, $Si_{(1)}$ 为3kg/亩, $Si_{(2)}$ 为6kg/亩), 基、追(拔节)肥各半。小麦品种均为豫麦8329, 条播, 用种量每亩12.5kg, 1993年6月6日收获。

淮南市席桥乡和宋集乡两个试验点, 面积各1.0亩, 处理(1)NPKZnMn; (2)NPKZnMn $Si_{(2)}$ 。无重复, 席桥乡为粘土; 宋集乡为砂土。供试小麦为扬麦5号, 肥料用量同前。

1993年10月—1994年6月在研究小麦硅素营养特点及其增产效应基础上, 在淮南市通过不设重复的多点田间对比示范试验(10个点), 其土壤有效硅含量为80—200mg SiO_2 /kg范围, 设处理(1)NPK(对照); (2)NPK— $Si_{(2)}$ 。肥料用量同前。试验田面积各为1亩, 小麦品种为扬麦5号。

表1 供试土壤有关性状*

土壤	地点	土壤深度 (cm)	pH (1:1)	有效性(mg/kg)			
				SiO_2	Zn	Mn	
石灰性 潮土	试验一 (农校)	0—15	7.3	145.7	2.44	9.6	
		15—30	7.7	153.8	0.65	10.1	
	试验二 (季桥)	0—15	7.6	159.1	2.12	12.6	
		15—30	7.8	134.5	0.19	5.6	
	席 桥	0—15	7.4	299.5	0.41	19.0	
		15—30	7.6	290.7	0.20	10.6	
		宋 集	0—15	7.7	220.7	0.74	9.2
			15—30	7.9	246.8	0.27	6.4

*测定方法详见参考文献〔7,8〕

1.2 样品采集和分析

土壤样品: 用不锈钢土钻采集0—15cm耕层土壤和15—30cm底土, 风干后用塑料磨具磨细过20目筛(尼龙筛)。

植株样品: 季桥分苗期、返青、拔节、齐穗、成熟5个时期采集, 各处理3个重复采用随机多点混合取样。宋集、席桥分拔节、齐穗、成熟3个时期采样, 采后样品立即分部位处理。植株样品经65—75℃烘干, 称重, 经不锈钢磨碎机磨细, 作化学分析之用。

植株中硅的测定: 用 $HNO_3-HClO_4-H_2SO_4(5:1:0.5)$ 三酸消煮, 硅钼兰比色法测定。

2 结果与讨论

2.1 冬小麦不同生育期植株体内含硅量的变化

从表2可以看出: 冬小麦在返青前后植株体内含硅量很低且变化很小, 返青至拔节, 含硅量迅速增加。无硅区拔节至齐穗由于稀释效应, 含量略有下降, 从齐穗至成熟, 植株中除NPKZnMn处理外含硅量均有所增加, 这充分说明小麦后期对硅素仍有较强的吸收。施硅肥与不施硅肥相比较, 不同生育期小麦地上部含硅(SiO_2)量%, 大多有不同程度的增加。

2.2 冬小麦不同生育期植株地上部硅累积状况

随着生育期的进展, 植株干物质量不断增加, 冬小麦硅素的累积吸收量与植株干物质量的增加相辅相成。从表3可以看出: 硅素的累积量, 不同处理从苗期至返青期增幅较小(SiO_2

累积量 0.189—0.45mg/株), 返青至拔节(SiO_2 累积量为 0.193—2.60mg/株)明显增加; 拔节至齐穗期(SiO_2 累积量为 1.84—13.8mg/株), 迅速增加, 齐穗期 SiO_2 累积量与拔节期相比增加 4.1—6.2 倍; 成熟期与齐穗期相比又增加 1.46—2.55 倍, 成熟期 SiO_2 累积量为 16.6—31.1mg/株, 达到最高峰。

表2 冬小麦不同生育期植株体内含硅量 ($\text{SiO}_2\%$)

地点	处 理	苗期	返青	拔节	齐穗	成熟
淮	NPK	0.35	0.20	0.99	0.88	0.99
安	NPK-Si ₍₂₎	0.48	0.48	1.08	1.12	1.32
季	NPKZnMn	0.51	0.31	1.12	1.00	0.74
桥	NPKZnMnSi ₍₂₎	0.56	0.51	0.98	1.04	1.26

从苗期至返青期, 干物质增加较慢, 其硅的吸收量、吸收强度均较小, 变幅亦小, 由返青至拔节期相对增加, 但不显著。到齐穗期时, 阶段吸收量(在 8.14—10.72mg/株之间)、吸收强度(263—346 μg /株·日之间)迅速增加; 到成熟期时, 阶段吸收量(从 5.23—19.1mg/株之间)、吸收强度(180—658 μg /株·日之间)仍继续增强。

总之, 冬小麦(豫麦 8329)拔节以前吸收 SiO_2 量占地上部总吸收量的 6.9—11.1%(平均为 9.2%), 拔节后至成熟期吸收 SiO_2 量占总吸收量的 88.9—93.1%(平均为 90.8%)。同时施硅肥处理的累积吸收量均高于不施硅肥处理。

表3 冬小麦不同生育期 Si 素的吸收量* (淮安季桥)

处 理	生育期	苗期	返青	拔节	齐穗	成熟
	各阶段天数	67	43	56	31	29
NPK	地上部干重 mg/株	54.0	95.3	263.0	1216.0	2617.5
	SiO_2 累积量 mg/株	0.189	0.193	2.60	10.74	25.9
	SiO_2 阶段吸收量 mg/株	0.189	0.004	2.40	8.14	15.2
	SiO_2 阶段吸收量占总量%	0.72	0.015	9.2	31.4	58.2
	SiO_2 吸收强度 μg /株·日	2.82	0.09	42.8	263.0	523.1
NPK-Si ₍₂₎	地上部干重 mg/株	52.4	93.7	228.6	1177.3	2060.0
	SiO_2 累积量 mg/株	0.252	0.45	2.46	13.18	27.1
	SiO_2 阶段吸收量 mg/株	0.252	0.189	2.01	10.72	14.0
	SiO_2 阶段吸收量占总量%	0.92	0.73	7.40	39.5	51.4
	SiO_2 吸收强度 μg /株·日	3.80	4.60	35.9	346.4	481.4
NPK ZnMn	地上部干重 mg/株	44.4	91.3	164.8	1137.8	2231.4
	SiO_2 累积量 mg/株	0.225	0.283	1.84	11.37	16.6
	SiO_2 阶段吸收量 mg/株	0.225	0.058	1.56	9.53	5.23
	SiO_2 阶段吸收量占总量%	1.36	0.35	9.40	57.4	31.5
	SiO_2 吸收强度 μg /株·日	3.36	1.35	28.0	307.4	180.0
NPK ZnMn Si ₍₂₎	地上部干重 mg/株	37.5	69.9	218.4	1156.8	2470.0
	SiO_2 累积量 mg/株	0.212	0.357	2.14	12.03	31.1
	SiO_2 阶段吸收量 mg/株	0.212	0.145	1.78	9.89	19.07
	SiO_2 阶段吸收量占总量%	0.68	0.47	5.72	31.8	61.3
	SiO_2 吸收强度 μg /株·日	3.2	3.40	32.0	319.0	658.0

*小麦品种为豫麦 8329

又据 1991—1992 年在南通金沙、唐洪两地土壤有效硅含量为 120mg SiO_2 /kg、

170mgSiO₂/kg 试验点上种植扬麦 5 号, 植株分析结果表明: 拔节前吸收 SiO₂ 量占总吸收量的 6.06—6.36%(平均为 6.2%), 拔节后至成熟期所吸收 SiO₂ 量占总吸收量的 93.6—94.0%(平均为 93.8%), 以上这种硅素的吸收特点, 在冬小麦品种间差异很小, 总的趋势是一致的。这不仅说明小麦一生中 Si 素的吸收量是持续的, 而且可以看出, 小麦生育后期吸收能力很强。由于小麦对硅的吸收累积主要在拔节期以后, 且吸收强度较以前大大提高, 因此缺硅土壤上硅肥在拔节前施入仍有良好效果。

2.3 冬小麦不同生育期各器官中硅的分配

冬小麦不同生育期硅素在不同器官中的分配有明显差异。从各器官分析结果表明(表略), 拔节期在各器官中硅的累积量, 叶片>叶鞘>茎, 叶片与叶鞘两者积累量占全株积累量的 96—99%。在齐穗期时, 其硅的累积量是茎>鞘>穗>叶片, 其中茎、穗所占比例上升, 叶片、叶鞘中比例下降, 但叶片、叶鞘和茎中仍占 80%左右, 穗部累积量占 20%左右。到成熟期则穗>茎>叶鞘>叶片, 此时叶片、叶鞘中硅向茎、穗转移, 穗部硅的累积量占地上部总量的 51.2%, 其中在穗颈以上除籽粒以外的穗全部分占 46%, 而籽粒中占 5.2%, 这说明了硅对小麦穗部形成了重要作用。

表 4 小麦秸秆与籽粒中硅的分配情况*

处 理	季 桥				席 桥				宋 集			
	秆 秆		籽 粒		秆 秆		籽 粒		秆 秆		籽 粒	
	mg/株	占总量%	mg/株	占总量%	mg/株	占总量%	mg/株	占总量%	mg/株	占总量%	mg/株	占总量%
NPKZnMn	15.4	92.8	1.20	7.2	36.2	94.8	2.00	5.2	27.3	94.8	1.48	5.1
NKPZnMn	20.8	94.0	1.33	6.0	38.2	96.4	1.43	3.6	27.6	96.5	0.99	3.5
+Si ₍₂₎												

*季桥小麦品种为豫麦 8329。席桥和宋集小麦品种均为扬麦 5 号; 表中硅为 SiO₂。

从表 4 看出: SiO₂ 在秸秆与籽粒中的分配, 秸秆中平均占 94.9%(92.8—96.5%), 籽粒平均占 5.1%(3.5—7.2), 施硅肥以后秸秆中含 SiO₂ 累积%有所增加, 但在籽粒中相对减少, 由此可见, 在缺硅土壤上利用秸秆还田, 能部分缓解土壤中缺硅问题。

表 5 硅、锌、锰肥对冬小麦产量的影响 (kg/亩)

处 理	试 验 一						处 理	试 验 二					
	籽粒产量				L. S. R			籽粒产量				L. S. R	
	I	II	III	平均	5%	1%		I	II	III	平均	5%	1%
6	405.6	410.5	430.5	415.5	a	A	7	228.1	255.6	277.0	253.6	a	A
8	410.7	420.6	405.5	412.2	a	A	8	242.8	245.2	268.4	252.1	a	A
5	410.5	400.8	420.4	410.6	a	A	5	245.3	237.6	258.4	247.1	a	A
7	400.5	395.4	420.6	405.5	a	AB	2	228.6	229.0	239.9	232.5	a	A
4	385.2	370.3	375.6	377.0	b	AB	6	247.9	198.1	250.7	232.2	a	A
3	370.5	360.4	372.6	367.8	bc	B	3	243.0	226.4	226.8	232.1	a	A
2	350.7	374.8	320.5	348.7	c	B	4	259.8	182.2	218.2	220.1	a	A
1	205.0	210.8	240.3	218.7	d	C	1	104.5	94.8	103.1	100.8	b	B

注: (1)1992—1993, 江苏淮安, 豫麦 8329; (2)处理 1. 为 CK(不施肥) 2. NPK 3. NPKZn 4. NPKMn 5. NPKSi₍₂₎ 6. NPKZnMn 7. NPKZnMnSi₍₁₎ 8. NPKZnMnSi₍₂₎

