

氮硫对小麦产量及养分吸收的影响^{*}

吴 巍

J. J. Schoenau 钱佩源 K. J. Grear

(吉林省农科院土肥所,公主岭 136100) (加拿大 Saskatchewan 大学土壤科学系)

提 要 盆栽试验结果表明,在低硫和低氮土壤上,单独施用氮和硫,对小麦的干物质产量没有影响,配合施用显著地增加干物质产量,也显著提高植株氮硫含量和吸收量。获得小麦最大干物质产量的氮硫适宜用量分别为 200 $\mu\text{g/g}$ 和 20~40 $\mu\text{g/g}$,再增加用量导致干物质产量下降。最大干物质产量的土壤适宜 N/S 为 4.0~14.0。

关键词 小麦;氮硫;干物质产量;土壤 N/S

作物的生长紧紧依靠必需养分的充足和平衡供应。在养分缺乏的土壤上,必须人为地施用缺乏的养分,才能获得适宜的产量^[1]。氮和硫是作物生长不可缺少的必需营养元素,土壤中氮硫养分丰缺直接影响作物的生长发育并对产量构成影响^[2]。氮硫养分平衡供应,可提高植株养分含量和吸收量^[3,5,6],有利于作物蛋白质的合成,并增强植株的抗寒抗旱能力,而且在脂肪、维生素和酶的合成上具有重要作用^[4]。缺少氮和硫,植株弱小并延长成熟期,降低叶绿素的合成,使叶片变黄,最后影响作物对养分吸收的能力,降低产量^[3-6]。在氮和硫缺乏的土壤上施用氮和硫,不仅可以提高土壤的营养水平,N/S 比例适宜^[7,8,10],还可以满足作物蛋白质合成的需要,获得高产^[9-12]。本研究是探讨小麦施用氮硫对植株氮硫含量与吸收的影响以及土壤氮硫比例对干物质产量的影响,为合理施用氮硫化肥提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤与作物

选择 3 种 Saskatchewan 的黑钙土(0~20 cm 土层)进行温室盆栽试验。土壤 1 为低硫土壤,土壤 2 和 3 为低硫低氮土壤,3 种土壤理化性状见表 1。675 g 的风干土装于 1 kg 盆钵。装盆之前,配制的营养液均匀喷施在土壤中。选择春小麦品种 Biggan,每盆播 12 粒种子,出苗后留 6 株。土壤 1 播种后 44 d 收获,土壤 2、3 播种后 35 d 收获。收获后的地上部和根在 60℃ 烘箱中烘干,分别称重并获得干物质重量。地上部和根分别磨碎通过 1 mm 筛供分析用。

1.2 试验处理与供试肥料

土壤 1 和土壤 2 设 4 个处理,土壤 3 设 7 个处理(见表 2),每个处理 3 次重复。在氮和硫施用前土壤被施入基础养分:磷 $[\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 90 $\mu\text{g/g}$ 、钾(KCl)180 $\mu\text{g/g}$ 、镁 $(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ 10 $\mu\text{g/g}$ 、锌 (ZnCl_2) 4.0 $\mu\text{g/g}$ 、铜 $(\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 0.6 $\mu\text{g/g}$ 、锰 $(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ 5.0 $\mu\text{g/g}$ 、钼 $(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ 0.6 $\mu\text{g/g}$ 、硼 (H_3BO_3) 1.5 $\mu\text{g/g}$ 。这些养分被溶解在去离子水中,然后施入土

收稿日期 1996-08-16

^{*} 本研究是第一作者 1994 年 7~12 月在加拿大 Saskatchewan 大学合作研究的部分内容。本项目由 PPIC 资助,特此致谢。

壤。氮用 NH_4NO_3 , 硫用 Na_2SO_4 , 溶液氮和硫浓度分别为 4.0 g/L 和 0.8 g/L。

表1 供试土壤理化性状

土壤	有效 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ($\mu\text{g/g}$)	有效 $\text{SO}_4^{2-} - \text{S}$ ($\mu\text{g/g}$)	有效 P ($\mu\text{g/g}$)	有效 K ($\mu\text{g/g}$)	有机质 (%)	EC (ds/m)	pH
1	12.6	1.0	1.1	228.0	1.60	0.11	5.5
2	4.2	2.7	3.2	190.0	0.64	0.15	7.8
3	2.2	3.0	3.1	203.0	2.10	0.10	7.5

表2 试验处理

处理代号	土壤1		土壤2		土壤3	
	N	S	N	S	N	S
1	0	0	0	0	0	0
2	320	0	0	20	320	0
3	320	40	200	20	0	40
4	320	80	400	20	320	20
5					320	40
6					320	80
7					200	40

1.3 试验条件与分析方法

1.3.1 温室温度 白天 24℃, 夜间 16℃。

1.3.2 土壤分析 用 0.001 mol/L CaCl_2 提取有效 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{SO}_4^{2-} - \text{S}$, 0.5 mol/L NaHCO_3 提取有效磷和钾。氮和磷用比色法分析, 钾用火焰光度法测定, 硫用 ICP 测定, 有机质用碳分析仪测定, EC(土:水为 1:5) 用电导仪测定, pH 用 pH 计测定。

1.3.3 植株分析 用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消化比色法测定全氮, 用 NaOBr 消化 ICP 测定全硫。

2 结果与分析

2.1 氮硫对干物质产量的影响

小麦的地上部和根干物重列于表 3。单独施硫对土壤 2、3 的小麦干物质产量均无影响。单独施氮, 在土壤 1 上不影响小麦干物质产量, 这些结果与 Steward 和 Porter 报告的结果^[9]一致。而在土壤 3 上单独施氮则显著增加干物质产量, 可能与土壤的氮硫比例低有关。

由表 3 还可看出, 氮硫配合施用显著增加小麦的干物质产量, 获得最大干物质产量是施用中量氮和硫。在土壤 1 和土壤 2 上, 小麦最大干物质产量分别是施用硫 40 $\mu\text{g/g}$ 和氮 200 $\mu\text{g/g}$ 。在此基础上, 增施硫或增施氮均使干物质产量下降。而在土壤 3 上, 施氮 320 $\mu\text{g/g}$ 的条件下, 施硫 20 ~ 80 $\mu\text{g/g}$ (处理 4, 5, 6), 以及施硫 40 $\mu\text{g/g}$ 条件下, 施氮 200 ~ 320 $\mu\text{g/g}$ (处理 5, 7), 对干物质产量影响不显著。综上分析看出, 施用量以氮 200 $\mu\text{g/g}$ 和硫 20 ~ 40 $\mu\text{g/g}$ 较适宜, 如再提高氮和硫施用水平, 不仅产量没有明显提高, 而且浪费肥料, 经济效益下降。

表3 小麦干物质产量

(单位: g/盆)

土壤	植株部位	处 理							LSD _{0.05}	LSD _{0.01}
		1	2	3	4	5	6	7		
1	地上部	1.91	2.00	5.32	4.89				0.289	0.421
	根	0.85	0.75	0.89	0.86				0.108	0.157
2	地上部	0.68	0.61	2.05	1.72				0.989	0.131
	根	0.46	0.50	0.72	0.61				0.075	0.109
3	地上部	0.97	1.46	0.87	3.03	3.22	2.99	3.07	0.276	0.383
	根	0.95	1.25	0.98	1.42	1.47	1.29	1.13	0.084	0.116

2.2 小麦氮硫吸收

2.2.1 小麦的氮含量和累积量 小麦单独施氮提高地上部和根的含量, 单独施硫对小麦氮

含量无影响。氮硫配合施用显著提高氮含量,但提高施硫水平对氮含量无显著影响,而提高施氮水平则显著提高氮含量(见表4)。

在所有施硫处理中,中量施硫处理(40 $\mu\text{g/g}$)的氮累积量最高。在低氮土壤上施氮对小麦的氮吸收影响较大,增施氮显著地提高氮吸收量(见表4)。

表4 各处理植株氮含量和吸收量

土壤	植株部位	1		2		3		4		5		6		7	
		%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆
1	地上部	0.83	11.8	2.56	50.5	2.95	157.0	3.12	152.4						
	根	0.82	7.0	1.97	14.6	1.62	14.5	1.59	13.7						
2	地上部	0.94	6.4	0.94	5.8	2.68	54.2	4.39	75.7						
	根	0.73	3.4	0.69	3.4	2.06	14.9	3.24	14.4						
3	地上部	1.03	10.0	2.99	43.6	1.05	9.2	3.97	120.3	4.38	131.2	4.23	129.5	3.15	101.4
	根	1.19	11.5	2.65	30.4	1.10	11.0	2.10	29.8	2.57	32.9	2.81	31.7	1.91	27.9

2.2.2 小麦硫含量和累积量 小麦单独施硫,提高植株含硫量。在施硫基础上施氮显著提高硫含量,但不同施氮量之间硫含量差异不显著。在施氮基础上施硫也显著提高硫含量,提高施硫水平硫含量也无显著提高(见表5)。

由表5还可看出,单独施硫,由于植株含硫量提高而显著提高其累积量。在低硫土壤上(土壤1,3),氮硫配施显著增加小麦吸硫量,而以施硫40 $\mu\text{g/g}$ 最高,再提高施硫水平则吸收量下降。在施硫基础上施氮,显著提高吸硫量,而以施氮200 $\mu\text{g/g}$ 最高,再提高施氮水平则吸收量亦下降(见表5)。

表5 各处理植株硫含量和吸收量

土壤	植株部位	1		2		3		4		5		6		7	
		%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆
1	地上部	0.07	1.3	0.06	1.2	0.25	13.5	0.27	13.3						
	根	0.07	0.6	0.08	0.6	0.12	1.1	0.20	1.7						
2	地上部	0.11	0.7	0.19	1.2	0.34	6.9	0.36	6.2						
	根	0.09	0.4	0.13	0.6	0.20	1.4	0.19	1.2						
3	地上部	0.11	1.1	0.09	1.4	0.18	1.6	0.28	8.4	0.31	9.2	0.31	9.5	0.28	9.1
	根	0.14	1.3	0.10	1.2	0.18	1.8	0.17	2.4	0.27	3.5	0.30	3.4	0.21	3.0

2.2.3 土壤氮硫比例对小麦干物质产量的影响 研究和实践证明,土壤有效养分及比例影响作物产量。通过人为给作物创造一个良好的养分条件,使其生长在适宜养分比例的土壤上而获得高产。土壤氮硫比例计算方法如下:

$$\text{有效 N/有效 S} = (\text{肥料 N} + \text{土壤 NO}_3^- \text{ - N}) / (\text{肥料 S} + \text{土壤 SO}_4^{2-} \text{ - S})$$

将计算的 N/S 比例结果和小麦干物质产量列于表6。由表6结果看出,在 N/S 为 0.1~4.7 范围内,小麦干物质产量随 N/S 值增大而增加。当比例超过 4.7,干物质产量下降。由表6还可以看出,N/S 为 4.0~14.0 的干物质产量差异并不显著。所以土壤 N/S 比例为 4.0~14.0 是小麦高产的较适宜比例,这一结果略低于 Stewart 和 Porter 报告的玉米和豆类比例(12~15)^[9],也低于 Janzen 报告的油菜 17^[10]的结果,说明小麦是需硫较多的作物。

3 小 结

小麦施用中量氮和中低量硫可以获得最大干物质产量,再提高施用水平,干物质产量下降或无明显提高。增加施氮量,提高小麦氮含量,增加施硫量,并不提高小麦硫含量。

氮硫配合施用,氮硫的吸收量显著高于氮硫单施的吸收量。小麦是需硫较多的作物,在生产上注意硫肥的施用,重视其增产作用。由于土壤氮硫比例范围较宽,可因地制宜选择适宜比例。

参 考 文 献

- 1 P. E. Rasmussen. The influence of tillage and cropping - intensity on cereal response to nitrogen, sulfur, and phosphorus. *Fertilizer Research*. 1992, 31: 15 - 19
- 2 R. Novoa and R. S. Loomis. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil*. 1981, 58: 177 - 204
- 3 J. M. Phillips and W. E. Sabbe. Effects of sulfur on nitrogen recovery in coastal bermudagrass as influenced by sulfur fertilization. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*. 1994, 25(9&10): 1763 - 1769
- 4 刘丛群, 曹淑卿. 中国农业中硫的概述. 中国硫资源和硫肥需求的现状和展望国际学术讨论会论文集, 1993, 41 - 50
- 5 H. F. Mayland and C. W. Robbins. Sulfate uptake by salinity - tolerant plant species. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*. 1994, 25(13&14): 2523 - 2541
- 6 C. H. Burnester, J. Adams, and R. L. Halstead. Effects of nitrogen and sulfur fertilizers on the sulfur content of tall fescue and phalaris. *Agron. J.*. 1981, 73: 614 - 618
- 7 R. L. Fox. Sulfur and nitrogen requirements of sugarcane. *Agron. J.*. 1976, 68: 891 - 896
- 8 A. Satrusajang, P. Sotwongse, R. J. Buresh and D. K. Friesen. Nitrogen - 15 and sulfur - 35 balances for fertilizers to transplanted drained lowland rice. *Fertilizer Research*. 1991, 28: 55 - 65
- 9 B. A. Stewart and L. K. Porter. Nitrogen - Sulfur relationship in wheat (*Triticum aestivum*), corn (*Zea mays*), and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agron. J.*. 1969, 61: 267 - 271
- 10 H. H. Janzen. Sulfur nutrition of rapeseed. P. H. DA thesis. 1984
- 11 张 宽, 吴 巍等. 在 N、P、K 平衡施用基础上硫对作物的增产效果. *吉林农业科学*, 1992, (1): 48 - 52
- 12 吴 巍, J. J. Schoenau 等. 油菜对氮磷的需要与吸收. *中国油料*, 1996, (1): 27 - 30

Effects of Nitrogen and Sulfur on Yield of Wheat and Nutrient Uptake

WU Wei et al.

(*Soil and Fertilizer Institute, Jilin Academy of Agri. Sci., Gongzhuling 136100*)

Abstract The pot experimental results showed that dry matter yield of wheat did not respond to the addition of nitrogen and sulfur alone in a low S and low N soil. Applying N with S together significantly increased dry matter yield of wheat, and N and S content and uptake. The highest dry matter yield of wheat was achieved where 200 $\mu\text{gN/g}$ and 20 ~ 40 $\mu\text{gS/g}$ were applied in soil. Extra application of N and S decreased dry matter yield. The optimum N/S ratio (maximum dry matter yield) for wheat was 4.0 to 14.0.

Key words Wheat, Nitrogen, Sulfur, Dry matter yield, Soil, N/S

表 6 土壤氮硫比例与干物质产量

N/S	0.1	0.7	4.0	4.7	7.5	14.0	107.4
地上部(mg/盆)	0.87	0.97	3.07	3.22	2.99	3.03	1.46
根(mg/盆)	0.98	0.95	1.13	1.47	1.29	1.42	1.25
合计	1.85	1.92	4.20	4.69	4.28	4.45	2.71