

钾锰配施对旱地冬小麦的增产效应^{*}

张会民¹, 刘红霞¹, 苗艳芳¹, 李友军¹, 王留好², 王浩¹, 周文利¹

(1 洛阳农业高等专科学校, 河南 洛阳 471003; 2 河南省林业学校, 河南 洛阳 471002)

[摘 要] 在豫西褐土区研究了钾、锰配施对旱地冬小麦的增产效应。结果表明: 钾、锰配施对旱地冬小麦有显著的增产效应, 增产幅度为 6.9%~25.4%; 施用 0~112.5 kg/hm² K₂O 和质量分数为 0~0.3%的 MnSO₄, 小麦穗数、穗粒数、千粒重和产量均随钾、锰肥施用量的增加而增加; 钾、锰肥的合理施用量为每公顷施钾(K₂O) 75 kg, 同时配合叶面喷施质量分数为 0.2%~0.3%的锰肥(分拔节期和灌浆初期 2 次喷施, 每次喷施液为 750 kg/hm²)。

[关键词] 褐土; 钾锰配施; 冬小麦; 增产效应; 叶面喷施

[中图分类号] S512.1+1.062

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)01-0073-04

进入 80 年代以后, 我国土壤缺钾程度进一步加剧, 在土壤含钾相对丰富的北方地区, 缺钾面积也逐渐增大^[1], 施用钾肥可以增加小麦产量, 提高小麦的抗旱性^[2], 这对旱地小麦尤为重要。另一方面, 华北的石灰性土壤有效锰含量较低^[3], 往往造成小麦缺锰, 而施用锰肥, 是解决小麦缺锰的有效途径, 并且可增加小麦产量^[4,5]。而关于钾、锰肥配合在旱地冬小麦上施用效果的研究报道很少, 本研究旨在探讨钾、锰肥配合施用对旱地冬小麦产量的影响, 以期寻求合理的钾锰配施量。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

田间试验于 1998~2000 年在洛阳农专试验田进行。试验地土壤为褐土, 质地中壤, 有机质 11.25 g/kg, 碱解氮 51.4 mg/kg, 速效磷(P₂O₅) 8.7 mg/kg, 速效钾(K₂O) 132.5 mg/kg, 有效锰(DTPA-Mn) 3.26 mg/kg。

试验采用二裂式裂区设计, 在底施 123.8 kg/hm²纯 N 和 94.5 kg/hm² P₂O₅ 的基础上, 施钾(K₂O) 设 5 个水平作为主处理, 分别以 K₀, K₁, K₂, K₃, K₄ 代表施钾 0, 37.5, 75, 112.5 和 150 kg/hm², 钾肥全部基施。锰肥(MnSO₄·7H₂O) 设 4 个施用水水平, 以 M₀, M₁, M₂, M₃ 作为副处理, 分别代表

硫酸锰的质量分数为 0, 0.1%, 0.2% 和 0.3%, 全部根外喷施(分拔节期和灌浆初期 2 次喷施, 每次喷施液为 750 kg/hm²), 主区面积 40 m², 副区面积 10 m², 随机区组排列, 重复 3 次。供试小麦品种为洛旱 2 号, 基本苗 150 万株/hm², 收获时分区进行考种、计产。

1.2 测定方法

土壤碱解氮采用扩散吸收法^[6], 速效磷采用 Olsen 法^[6], 速效钾采用火焰光度法^[6], 有机质采用重铬酸钾定碳法^[6], 有效锰采用原子吸收分光光度法^[7]。

试验数据的方差分析及显著性检验方法依据文献[8,9]进行。

2 结果与分析

2.1 钾、锰配施对小麦产量构成因素的影响

试验结果(表 1)表明, 随着钾、锰肥施用量的增加, 小麦穗数、穗粒数和千粒重也相应增加^[10,11], 其中穗数增加 4.1%~9.2%, 穗粒数增加 1.7%~6.3%, 千粒重增加 0.8%~4.8%。从主处理看, 在一定范围内随施钾量增加, 穗数、穗粒数和千粒重明显增加, 即从 K₀ 到 K₃ 有明显增加, 而从 K₃ 到 K₄ 又呈下降趋势, 这和后边的产量分析结果相吻合。从副处理看, 施锰处理的穗粒数和千粒重比对照也有

* [收稿日期] 2002-04-18

[基金项目] 河南省科学技术厅科技攻关项目(0124020121)

[作者简介] 张会民(1969-), 男, 河南洛阳人, 讲师, 在读硕士, 主要从事土壤与植物营养的研究。

较明显的增加,而不同锰肥施用量之间没有明显差异;施锰和不施锰对穗数没有显著影响。

表 1 不同处理小麦的产量构成因素

Table 1 Composition factors of yield of winter wheat under different treatments

处理 Treatment	穗数/(万穗·hm ⁻²) Ear per hectare	穗粒数 Grains per ear	千粒重/g TKW	处理 Treatment	穗数/(万穗·hm ⁻²) Ear per hectare	穗粒数 Grains per ear	千粒重/g TKW
K ₀ M ₀	327	28.7	37.5	K ₄ M ₂	354	30.4	38.9
K ₀ M ₁	327	29.2	37.8	K ₄ M ₃	355.5	30.3	39.0
K ₀ M ₂	330	29.2	37.8	K ₄ M ₀	357	30.1	39.2
K ₀ M ₃	328.5	29.3	37.9	K ₄ M ₁	357	30.5	38.7
K ₁ M ₀	340.5	29.4	37.9	K ₄ M ₂	355.5	30.5	39.2
K ₁ M ₁	342	30.0	38.3	K ₄ M ₃	357	30.4	39.3
K ₁ M ₂	340.5	30.2	38.7	K ₄ M ₀	354	30.0	38.6
K ₁ M ₃	342	30.2	38.9	K ₄ M ₁	352.5	30.3	38.9
K ₂ M ₀	354	29.8	39.0	K ₄ M ₂	352.5	30.3	39.1
K ₂ M ₁	352.5	30.2	38.5	K ₄ M ₃	354	30.4	39.0

2.2 钾、锰配施对小麦产量的影响

产量分析结果(表 2)表明,主处理间、副处理间及主处理×副处理(K×M_n)的差异均达极显著水平。这说明小麦施钾与不施钾、施锰与不施锰及钾

锰肥配合施用与对照间产量均有极显著的差异,K×M_n达到极显著水平,说明钾肥与锰肥配合施用有交互效应,这与文献[2]的结果一致。

表 2 不同处理小麦产量的方差分析

Table 2 Analysis of variance of winter wheat under different treatments

变异来源 Sources	df	SS	MS	F 值 F value	F _{0.05}	F _{0.01}
区组 BLK	2	38.03	19.01	< 1	4.46	8.65
主处理 TRT (K)	4	2 955 077.78	738 769.44	2 934.57**	3.84	7.01
机误主 TRT×BLK	8	2 013.98	251.75			
副处理 SUBTRT (M _n)	3	1 085 757.41	361 919.14	1 044.95**	2.92	4.51
主处理×副处理 TRT×SUBTRT (K×M _n)	12	1 433.53	1 202.79	3.47**	2.09	2.84
机误副 SUBTRT×BLK	30	10 390.5	346.35			
总变异 Corrected total	59	4 067 711.21				

注: ** 表示经 F 检验达 1% 显著水平。

Note: ** represent remarkable levels of 1% on F test

钾肥施用量对小麦产量的影响 表 3 分析结果表明,施用钾肥有极显著的增产效应,增产幅度为 9%~16.5%;不同钾肥施用量间的产量差异也都达到极显著水平,从 K₀到 K₃小麦产量随钾肥用量的增加而增加,到 K₃时产量不再增加,而从 K₃到 K₄

产量反而下降,这与文献[12]的结果一致,说明 K₄的施用量已远远超过小麦正常生长的需钾量,小麦不但不能吸收,而且对其他如氮、磷等养分的吸收产生了影响,最终影响了小麦产量的提高。

表 3 主处理 Duncan 新复极差分析

Table 3 Duncan's test on treatments

主处理 Treatments	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Mean yield	LSD _{0.05}	LSD _{0.01}	增产效果 Increased yield	
				增产量/(kg·hm ⁻²) Yield increased	增产率/% Percentage increased
K ₃	4 293.8	a	A	608.7	16.5
K ₄	4 239.4	b	B	553.4	15
K ₂	4 204.9	c	C	519.8	14.1
K ₁	4 017	d	D	331.9	9
K ₀	3 685.1	e	E	0	0

注: 平均产量后小写和大写字母不同者表示用 LSD 法检验分别达 5% 和 1% 的显著水平。表 4 和表 5 中字母的含义同表 3。

Note: Mean yields without identical small and capital letters represent the significant level of LSD_{0.05} and very significant level of LSD_{0.01} respectively. The meaning of the letters in table 4 and table 5 is just the same as that of table 3

锰肥施用量对小麦产量的影响 表 4 分析结果表明, 喷施锰肥比对照(M n0) 有显著的增产效应, 增产幅度为 7. 8%~ 8. 2%,M n2 和 M n3 比 M n1 有显

著的增产效应, 但未达到极显著水平,M n2 和 M n3 的产量没有明显差异。

表 4 副处理Duncan 新复极差分析
Table 4 Duncan's test on subtreatments

副处理 Subtreatments	平均产量/ (kg · hm ⁻²) Mean yield	L SD _{0.05}	L SD _{0.01}	增产效果 Increased yield	
				增产量/(kg · hm ⁻²) Yield increased	增产率/% Percentage increased
M n2	4 171. 5	a	A	316. 2	8. 2
M n3	4 170. 3	a	A	315. 0	8. 2
M n1	4 155. 0	b	A	299. 7	7. 8
M n0	3 855. 3	c	B	0	0

钾、锰肥不同配施比例对小麦产量的影响 分析结果(表 5) 表明, 不同钾、锰肥处理均比对照(KM n0) 有极显著的增产效应, 增产幅度为 6. 9%~ 25. 4%, 其中 KM n1, KM n2, KM n3 的产量最高, 比 KM n1, KM n2, KM n3 及 KM n1, KM n2, KM n3 都有极显著的增产效应, KM n1, KM n2, KM n3 和 KM n1, KM n2, KM n3 又都比 KM n1, KM n2, KM n3 有极显著的增产效应, 而 KM n1,

KM n2, KM n3 和 KM n1, KM n2, KM n3 的增产效应没有明显差异。另外表 5 还表明, 钾、锰肥配合施用具有交互效应, 即钾、锰肥配合施用的增产效应大于钾、锰肥单独施用的增产效应之和, 如 KM n2 处理较 KM n0 增产 888 kg/hm², 大于 KM n0 和 KM n2 处理的增产效应之和(562. 5+ 271. 5= 834 kg/hm²), 其他钾、锰配施处理也有类似现象。

表 5 K、M n 各处理组合Duncan 新复极差测验结果及施肥效益
Table 5 Duncan's test on all treatments and fertilization profit

处理 Treatments	平均产量/ (kg · hm ⁻²) Mean yield	L SD _{0.05}	L SD _{0.01}	增产/ (kg · hm ⁻²) Yield increased	增产值/ (元 · hm ⁻²) Gross profit	增加投入/ (元 · hm ⁻²) Cost increased	施肥利润/ (元 · hm ⁻²) Fertilization profit
KM n2	4 378. 5	α	A	888. 0	976. 8	411	565. 8
KM n3	4 372. 5	α	A	882. 0	970. 2	414	556. 2
KM n1	4 371. 0	α	A	880. 5	968. 6	408	560. 6
KM n2	4 318. 5	b	B	828. 0	910. 8	546	364. 8
KM n1	4 314. 0	b	B	823. 5	905. 9	543	362. 9
KM n3	4 312. 5	b	B	822. 0	904. 2	549	355. 2
KM n3	4 309. 5	b	B	819. 0	900. 9	279	621. 9
KM n2	4 300. 5	bc	B	810. 0	891. 0	276	615. 0
KM n1	4 278. 0	c	B	787. 5	866. 3	273	593. 3
KM n3	4 102. 5	d	C	612. 0	673. 2	144	529. 2
KM n2	4 098. 0	d	C	607. 5	668. 3	141	527. 3
KM n1	4 081. 5	de	CD	591. 0	650. 1	138	512. 1
KM n0	4 053. 0	e	DE	562. 5	618. 8	405	213. 8
KM n0	4 012. 5	f	E	522. 0	574. 2	540	34. 2
KM n0	3 931. 5	g	F	441. 0	485. 1	270	215. 1
KM n0	3 789. 0	hi	GH	298. 5	328. 0	135	193. 0
KM n2	3 762. 0	ij	HI	271. 5	298. 7	6	292. 7
KM n3	3 757. 5	jk	HI	267. 0	293. 7	9	284. 7
KM n1	3 730. 5	k	I	240. 0	264. 0	3	261
KM n0	3 490. 5	l	J	—	—	—	—

注: 小麦价格= 1. 1 元/kg, 硫酸钾价格= 1. 8 元/kg, 硫酸锰价格= 2. 0 元/kg(2000 年洛阳市市场价格)。
Note: The prices of winter wheat, K₂SO₄ and MnSO₄ are 1. 1, 1. 8 and 2. 0 yuan/kg respectively in Luoyang city market in 2000

钾、锰肥的合理施用量 表 5 的分析结果表明, 虽然 KM n1, KM n2, KM n3 处理的产量最高, 但施肥利润已明显下降, KM n1, KM n2, KM n3 的产量虽然也较高, 但施肥利润下降得更多, 造成肥料的浪

费。合理施肥不但要增产, 还要增收, 可以看出, KM n1, KM n2, KM n3 处理的产量稍低于最高产量, 施肥利润却最大, 明显高于最高产量时的施肥利润, 结合表 4 和表 5 的分析结果, M n2 和 M n3 比

Mn_1 有显著的增产效应, 而 Mn_2 与 Mn_3 之间产量没有显著差异, 所以建议 KMn_2 , KMn_3 为合理施肥量, 即每公顷施钾 (K_2O) 75 kg, 配合质量分数为 0.2% ~ 0.3% 的硫酸锰根外喷施 (分拔节期和灌浆初期 2 次喷施, 每次喷施液为 750 kg/hm²)。

3 小 结

1) 在本试验条件下, 钾、锰肥配合施用能促进小

麦穗数、穗粒数及千粒重的增加, 并且对小麦有显著的增产效应, 增产幅度为 6.9% ~ 25.4%。

2) 钾锰配施对小麦有明显的增产效应, 其中以施钾 (K_2O) 75 kg/hm², 并在拔节期和灌浆初期分 2 次配合喷施质量分数为 0.2% ~ 0.3% 的 $MnSO_4$ 750 kg/hm² 的效果最佳。

[参考文献]

- [1] 谢建昌, 周健民. 我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展[J]. 土壤, 1999, 31(5): 244- 245
- [2] 谢建昌. 钾与中国农业[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000. 170- 178, 212- 215, 235- 236
- [3] 北京农业大学. 农业化学(总论)[M]. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1996. 175- 176
- [4] 李旭辉, 张金水, 冯振国. 锰锌肥对锰锌俱缺石灰性土壤上小麦的效应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(增刊): 19- 22
- [5] 李旭辉. 黄土区小麦施用锰锌肥的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 76- 79
- [6] 中国农科院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 76- 126
- [7] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1998. 185- 192
- [8] 王福亭, 程相国. 农业应用试验统计[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992. 218- 229
- [9] 胡小平, 王长发. SAS 基础及统计实例教程[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001. 68- 99
- [10] 张定一, 王姣爱, 贾文兰, 等. 晋南石灰性土壤钾素变化及小麦施钾的效果[J]. 华北农学报, 1996, 11(4): 69- 73
- [11] 涂仕华, 冯文强. 锰对小麦生长的影响及与其它元素的交互作用[J]. 西南农业学报, 1999, 12(土肥专辑): 13- 20
- [12] 张会民, 苗艳芳, 李友军, 等. 豫西旱肥地冬小麦钾素增产效应研究初报[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(3): 40- 44

Study on yield-increasing effect of potassium and manganese fertilizers cooperating application on winter wheat in Dryland

ZHANG Huimin¹, LIU Hong-xia¹, MIAO Yan-fang¹, LI You-jun¹,
WANG Lihua¹, WANG Hao¹, ZHOU Wen-li²

(1 Luoyang Agricultural College, Luoyang, Henan 471003, China; 2 Henan Forestry College, Luoyang, Henan 471002, China)

Abstract: Yield-increasing effect of potassium (K) and manganese (Mn) fertilizers cooperating application on winter wheat in dryland at the cinnamon soil area in western Henan Province was studied. The results showed: (1) with the K and Mn-fertilizers cooperating application on arid winter wheat, there was a significant effect of yield-increasing on winter wheat, which ranged from 6.9% to 25.4%. (2) the ears per hectare, grains per ear, weight per 1000 grain, and the yield per hectare were increased with the increasing K and Mn-fertilizers cooperating application in the ranges of 0-112.5 kg/hm² K_2O and 0-0.3% (mass ratio) $MnSO_4$. (3) the reasonable rate of K-fertilizer (K_2O) application is 75 kg/hm² and that of foliage dressing of Mn-fertilizer ranges from 0.2% - 0.3%.

Key words: cinnamon soil; potassium and manganese fertilizers cooperating application; winter wheat; yield-increasing effect; foliage dressing