

黄土区旱地长期施用微肥对冬小麦农艺性状及产量的影响

柳燕兰¹, 郝明德², 张少民¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以长达 20 年的微量元素肥料定位实验数据为基础, 分析长期施用微肥对冬小麦农艺性状及产量的影响。结果表明: 长期施用微肥对冬小麦有明显的增产效果, 小麦施 B 增产 481.8 kg / h m², 增产率 30.3%; 施 Zn 增产 610.8 kg / h m², 增产率 38.4%; 施 Mn 肥籽粒增产 368 kg / h m², 增产率 23.1%; 施 Cu 籽粒产量无明显变化。施用微肥小麦, 籽粒、秸秆中微量元素含量增加, 籽粒中含锌量增加 10.47 mg / kg, 增加率为 49.79%; 秸秆中含锌量增加 3.84 mg / kg, 增加率为 47.5%; 与施 K H₂ P O₄ 肥相比, 籽粒中含锌量增加 8.03 mg / kg, 增加率为 33.0%; 秸秆中含锌量增加 4.78 mg / kg, 增加率为 66.8%。

关键词: 微肥; 冬小麦; 农艺性状; 产量

中图分类号: S 143.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 03-0072-04

我国自 20 世纪初开始研究微量元素对植物生长发育的影响, 到 20 世纪中期开始大面积推广使用微肥, 且表现出较好的增产效果^[1~3]。据北方旱农区各省有关单位的 400 多组试验结果表明, 锰肥增产机率在 65% 以上, 增产幅度小麦 8%~20%, 玉米 6%~12%, 大豆为 10%~15%, 棉花 15% 左右^[4~10]。彭琳、余存祖等人在黄土区主要农业土壤黄绵土、瘠土上进行了玉米、苜蓿、胡麻、水稻、小麦、谷子和棉花微肥效应的大量田间试验工作, 结果表明: 施硼增产机率达 87%, 平均增产率 12.2%; 施锌增产机率达 75%, 平均增产率 14.2%; 施锰增产机率达 65.7%, 平均增产率 12.2%; 施铜增产机率达 46.6%, 平均增产率 10.3%^[11~14]。为了进一步探讨微量元素肥料的增产效应, 我们以黄土旱地 20 年的微量元素肥料定位试验为研究对象, 研究了施用微量元素肥料对冬小麦的增产作用及农艺性状变化的影响, 以期为黄土区微肥的合理施用提供理论依据。另外, 锰铁锌和铜是人体不可缺少的微量元素, 它对维持人体健康和营养平衡有不可忽略的重要作用, 摄入量过多或过少都会对人体健康产生不同程度的影响。因此, 研究小麦中微量元素的含量对人体健康有重要意义。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验于 1984 年布设在陕西省长武县十里铺村南 1 km 旱地上。试验区土壤为黏盖黑垆土, 试验前耕层土壤养分平均含量: 有机质 10.5 g / kg, 全氮 0.57 g / kg, 碱解氮 37.0 mg / kg, 速效磷 2.2 mg / kg, 速效钾 129.3 mg / kg, 有效锌 0.084 mg / kg, 有效锰 28.44 mg / kg, 有效铜 1.008 mg / kg, 有效硼 0.148 mg / kg, CaCO₃ 10.84%, pH 8.1。试验地海拔 1 200 m, 年平均气温 9.1℃, 无霜期 171 天左右。本区属暖温带半湿润大陆季风气候区, 多年平均降水量 578.5 mm, 季节性分布不均匀, 7~9 月降水量占全年降水量的 54%, 生育年(2003 年 7 月~2004 年 6 月) 内降水量 890.7 mm, 属丰水年。

1.2 试验设计

试验共设 CK (NP) (N 60 kg / h m², P 26.4 kg / h m²), NP + K H₂ P O₄ (K H₂ P O₄ 22.5 kg / h m², 含 K 6.5 kg / h m², P 5.13 kg / h m²), NP + B (硼砂 11.25 kg / h m², 含 B 1.27 kg / h m²), NP + Zn (ZnSO₄ 15 kg / h m², 含 Zn 3.41 kg / h m²), NP + Mn (MnSO₄ 22.5 kg / h m², 含 Mn 5.13 kg / h m²), NP + Cu (CuSO₄ 15 kg / h m², 含 Cu 3.818 kg / h m²) 等 6 个处

收稿日期: 2007-11-03
基金项目: 国家“973”计划项目(2005C13121101); 中国科学院农业项目(KZCX1-YW-N-15-04); 中国科学院知识创新方向性项目(KZCXZ-YW-424-3)
作者简介: 柳燕兰(1982-), 女, 甘肃武威人, 在读硕士, 主要从事植物营养生理生态方面的研究。
通讯作者: 郝明德(1957-), 男, 陕西华县人, 研究员, 主要从事土壤肥力与黄土高原综合治理研究。

理,均为 3 次重复,采用随机排列法排列,小区面积 5.5 m×4 m。试验从 1984 年开始连续种植冬小麦,2004 年种植小麦品种为长武 134。小麦播种期为 9 月 12 日,收获期为 6 月 21 日。试验氮素用尿素、磷素用过磷酸钙,N、P 肥于作物播种前撒施地表,翻入土壤;微肥采用土施法,随播种施入播种沟中。田间管理同大田。

1.3 测定方法

2004 年收获后统计各小区小麦生物产量和籽粒产量,并测定籽粒和秸秆中 Cu、Zn、Mn 微量元素含量,土壤有机质、全氮、全磷、速效磷的含量,测定采用常规分析方法^[1]。

2 结果分析

2.1 微肥对冬小麦产量的影响

黄土地区属石灰性土壤,碳酸盐含量和 pH 都较高,土壤有机质含量低,加之受土壤侵蚀的影响,土壤微量元素的可供性较低,作物缺乏微量元素现象较为普遍^[13]。施用微肥已成为黄土旱地上提高农作物产量和产品品质行之有效的重要措施。微量元素肥料的施用使小麦有明显的增产效应(表 1)。

对试验结果进行 LSR 法多重比较发现,各微肥处理小麦籽粒产量较对照的增产效果达极显著水平。施 B 肥籽粒增产 481.8 kg/hm²,增产率 30.3%;施 Zn 肥增产 610.8 kg/hm²,增产率 38.4%;施 Mn 肥籽粒增产 368 kg/hm²,增产率 23.1%;施 Cu 肥籽粒产量无明显变化。与施 KH₂PO₄ 肥相比,施入 B、Zn、Mn、Cu 肥籽粒产量均有不同程度的减少,其原因还有待进一步研究。

对试验结果进行 LSR 法多重比较发现,小麦生物产量 B、Zn 肥较施 KH₂PO₄ 肥的增产效果达 0.05 显著水平(表 1)。施 B 肥小麦生物产量增产 427 kg/hm²,增产率 7.47%;施 Zn 肥增产 426 kg/hm²,增产率 7.46%;施 Cu 肥增产 128.2 kg/hm²,增产率 2.25%;施 Mn 肥生物产量没有明显变化。与施 KH₂PO₄ 肥相比,施 B 肥增产 938.3 kg/hm²,增产率 18.04%;施 Zn 肥增产 937.3 kg/hm²,增产率 18.03%;施 Mn 肥增产 596.3 kg/hm²,增产率 11.47%;施 Cu 肥增产 639.5 kg/hm²,增产率 12.30%。B、Zn、Mn、Cu 4 种微量元素肥料间小麦生物产量差异不显著。

表 1 微肥对冬小麦籽粒产量和生物产量的影响
Table 1 Effect of micronutrient fertilization on wheat yield

处理 Treat ment	籽粒产量 Grain yield (kg/hm ²)	显著性 Significance		生物产量 Biological yield (kg/hm ²)	显著性 Significance	
		P=0.05	P=0.01		P=0.05	P=0.01
CK	1591.0	e	E	5709.8	ab	A
PK	2329.0	a	A	5198.5	a	A
B	2072.8	c	C	6136.8	a	A
Zn	2201.8	b	B	6135.8	a	A
Mn	1959.0	d	D	5794.8	ab	A
Cu	1618.5	e	E	5838.0	ab	A

2.2 微肥对冬小麦产量构成因素的影响

施用不同微量元素肥料对冬小麦产量构成因素的影响不同(表 2),与对照相比,普遍表现有增穗、增粒、增重的趋势,但由于微量元素肥料各自的特性不同,它们对同一土壤上同一作物的贡献又存在明显差异。其中锌肥增穗最显著,每穗小穗数比对照多 1.6 个,其次是增粒,每穗实粒数比对照多 4.2 个,千粒重较对照高 3.3 g。铜肥增粒最明显,每穗实粒数比对照多 4.4 个,千粒重高 1.7 g,每穗小穗数多 1.4 个。硼肥对小穗数、每穗实粒数、千粒重均贡献不大。钾肥主要表现在增加千粒重,其比对照高 2.1 g。施锰使每穗小穗数、穗粒数、千粒重均有不同程度的增加,该结果与余存祖等^[19] 研究结果一

表 2 微肥对冬小麦产量构成因素的影响

Table 2 Effect of micronutrient fertilization on yield structure of winter wheat

处理 Treat ment	小穗数(个) Spike number	每穗粒数(个) Spike and floret number	千粒重(g) 1000-grain weight
CK	11.133	16.100	48.267
PK	12.433	19.833	50.360
B	11.967	17.200	49.667
Zn	12.700	20.333	51.567
Mn	12.033	18.700	49.527
Cu	12.567	20.467	49.987

致。施锰可能使植株内游离态硝态氮和无机磷有所降低,从而促进了有机物质的合成,增加了每穗小穗

数、穗粒数和千粒重。与施 KH_2PO_4 肥相比,施 Zn 增加了每穗小穗数、穗粒数和千粒重。每穗小穗数增加 0.3 个,每穗实粒数增加 0.5 个,千粒重高 1.2 g。

2.3 微肥对冬小麦收获期微量元素含量变化的影响

土壤中微量元素的含量及其它的可供性会影响小麦对铜、锌、锰等微量元素的吸收(表 3)。施入微量元素肥料后,小麦籽粒、秸秆的含锌、铜量增加,籽

粒中含锌量增加 10.76 mg/kg ,增加率为 49.79%;秸秆中含锌量增加 3.84 mg/kg ,增加率为 47.5%。籽粒、秸秆含铜量分别增加 0.41 mg/kg 和 0.84 mg/kg ,增加率分别为 9.1%、13.1%。与施 KH_2PO_4 肥相比,小麦籽粒、秸秆中的含锌量也呈现出增加的趋势,籽粒中含锌量增加 8.03 mg/kg ,增加率为 33.0%;秸秆中含锌量增加 4.78 mg/kg ,增加率为 66.8%。

表 3 施用微肥冬小麦微量元素含量的变化(mg/kg)
Table 3 Variation of trace elements content after applying micronutrient

处理 Treat ment	籽粒 Grain			秸秆 Straw		
	含铜量 Cu content	含锌量 Zn content	含锰量 Mn content	含铜量 Cu content	含锌量 Zn content	含锰量 Mn content
CK	4.538	21.61	41.59	6.389	8.086	63.55
PK	4.503	24.34	40.62	7.887	7.151	68.79
B	4.799	30.81	39.21	4.864	9.775	60.98
Zn	4.421	32.37	37.28	6.382	11.930	55.69
Mn	4.375	21.73	41.20	7.233	7.992	64.93
Cu	4.949	21.78	41.04	7.231	8.558	69.26

2.4 微肥对冬小麦吸收微量元素的影响

施用不同的微肥对小麦各生育期生长影响不同,从而使收获产品中养分在籽粒和秸秆中的分配和收获后从土壤中携带出有效微量元素的量不同(表 4)。施入铜 3.818 kg/hm^2 ,施铜肥较对照多吸收铜 786.67 g/hm^2 ,收获小麦携带出有效铜占施入铜量的 20.6%,其中籽粒占 4.01%,秸秆占 16.58%;施入锌 3.41 kg/hm^2 ,施锌肥较对照多吸收锌 1460.18 g/hm^2 ,收获小麦携带出有效锌占施入锌量的 42.8%,籽粒占 29.01%,秸秆占 13.79%;施入锰 5.13 kg/hm^2 ,施锰肥较对照多吸收锰 774.31 g/hm^2 ,收获小麦携带出有效锰占施入量的 15.09%,籽粒占 5.60%,秸秆占 9.49%。对照处理

收获小麦从土壤中携出铜 540.42 g/hm^2 ,其中籽粒占 44.53%,秸秆占 55.47%;携出锌 1525.42 g/hm^2 ,籽粒占 75.13%,秸秆占 24.87%;携出锰 5187.21 g/hm^2 ,籽粒占 45.52%,秸秆占 54.45%。施 KH_2PO_4 肥收获小麦从土壤中携出铜 608.09 g/hm^2 ,籽粒占 57.50%,秸秆占 42.50%;携出锌 2119.9 g/hm^2 ,籽粒占 88.94%,秸秆占 11.06%;携出锰 5407.48 g/hm^2 ,籽粒占 58.32%,秸秆占 41.68%。由此可以看出收获小麦所携出的微量元素铜、锌、锰量占施入的量较小,说明了施入的微量元素大部分残留在土壤中,增加了土壤中微量元素的含量。

表 4 微肥对冬小麦吸收微量元素的影响(g/hm^2)
Table 4 Effect of micronutrient on trace elements uptake of wheat

处理 Treat ment	吸铜量 Cu uptake			吸锌量 Zn uptake			吸锰量 Mn uptake		
	籽粒 Straw	秸秆 Grain	总量 Total	籽粒 Straw	秸秆 Grain	总量 Total	籽粒 Straw	秸秆 Grain	总量 Total
CK	240.7	299.8	540.4	1146.1	379.4	1525.4	2205.7	2981.6	5187.2
PK	349.7	258.4	608.1	1885.6	234.3	2119.9	3153.5	2254.0	5407.5
B	331.6	174.9	506.5	2128.8	351.5	2480.2	2709.6	2192.6	4901.8
Zn	276.3	514.9	791.2	2023.1	962.5	2985.6	2330.0	4492.9	6822.9
Mn	202.6	452.4	655.0	1006.1	499.9	1505.9	1900.2	4061.4	5961.5
Cu	259.1	1068.0	1327.1	1140.2	1264.0	2404.2	2148.4	1022.9	12378.1

3 结 论

1) 在施氮磷肥基础上配施微量元素肥料均能显著提高小麦籽粒产量和生物产量。施 B 肥籽粒增产 481.8 kg/hm², 增产率 30.3%; 施 Zn 肥增产 610.8 kg/hm², 增产率 38.4%; 施 Mn 肥籽粒增产 368 kg/hm², 增产率 23.1%; 施 Cu 肥籽粒产量无明显变化。B、Zn、Mn、Cu 4 种微量元素肥料间小麦生物产量差异不显著。

2) 在黄土旱地上施入锌、锰、铜等微量元素肥料后, 小麦籽粒、秸秆中含锌量增加 10.47 mg/kg 和 3.84 mg/kg; 较施 KH₂PO₄ 肥增加 8.03 mg/kg 和 4.78 mg/kg, 说明 NP 肥基础上施用微肥比施 KH₂PO₄ 肥更有利于小麦籽粒对锌的吸收。小麦籽粒、秸秆中含铜量增加 0.41 mg/kg 和 0.84 mg/kg。

参 考 文 献:

[1] 刘 铮. 中国科学院微量元素学术交流会刊[M]. 北京: 科学出版社, 1980.

[2] 李惠英, 陈素英, 王 懿. Study on the fates of Cu and Zn in soil plant system as well as their critical contents[J]. 农村生态环境, 1994, 10(2): 22—24.

[3] 何忠俊, 华 路, 白玲玉, 等. 土壤—植物系统中氮锌交互作用的研究进展[J]. 土壤与环境, 2001, 12(2): 133—137.

[4] 余存祖, 彭 琳, 戴鸣钧, 等. 青海东部施用微量元素前景分析[J]. 干旱地区农业研究, 1985, 3(3): 37—41.

[5] 褚天泽, 刘新保, 王淑惠, 等. 小麦施锌肥效及使用技术的研究[J]. 土壤肥料, 1987, (4): 24—26.

[6] 杜孝甫. 河西走廊酒泉地区石灰性土壤锰对春小麦的增产效果[J]. 土壤肥料, 1985, (4): 27—30.

[7] 李先文. 从新疆耕地土壤微量元素含量展望微肥的应用[J]. 干旱区研究, 1985, 2(2): 8—15.

[8] 霍云鹏, 汪树明. 松花江地区土壤有效 Zn、Cu、Mn 微量元素含量及其施用[J]. 土壤通报, 1988, 19(5): 226—227.

[9] 贾文锦. 辽宁土壤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1992.

[10] 吴俊兰. 石灰性褐土冬小麦微量元素的肥效[J]. 土壤通报, 1980, 11(5): 24—26.

[11] 彭 琳, 彭祥琳, 余存祖, 等. 黄土地区土壤中锌的含量分布、锌肥肥效及其有效施肥条件[J]. 土壤学报, 1983, 20(4): 361—372.

[12] DENG Y(邓英), XIE ZH CH(谢振翅). Research progress of applying micronutrient fertilizers on crop[J]. Hubei Agricultural Science (湖北农业科学), 1999, (2): 26—28.

[13] YU C Z(余存祖), PEN C L(彭林), LIU Y H(刘耀宏). Content and distribution of trace elements and fertilizer efficiency in soils of loessial region[J]. Acta Pedologica Sinica (土壤学报), 1991, (3): 317—326.

[14] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1987.

[15] 郝明德, 魏孝荣, 党廷辉. 旱地小麦长期施用锌肥的增产作用及土壤效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 377—380.

[16] 余存祖, 彭 琳, 刘耀宏, 等. 陕西省土壤微量元素含量分布与微肥效应[J]. 土壤通报, 1984, 15(6): 268—271.

Effect of long term applying micronutrients fertilization on the yield of winter wheat and the structure of wheat in dryland of loess region

LIU Yan lan¹, HAO Ming de², ZHANG Shao min¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract : Based on a long term experiment of applying micronutrients for 20 years, effects of long term applying micronutrients fertilizer on wheat yield and the structure of wheat were investigated. The results showed that the long term application of micronutrients can increase the wheat yield significantly. By applying B fertilizer, grain yield was increased by 481.8 kg/hm², with a increase rate of 30.3%; by applying Zn fertilizer, grain yield was increased by 610.8 kg/hm², with a increase rate of 38.4%; by applying Mn fertilizer, grain yield was increased by 368 kg/hm², with a increase rate of 23.1%; by applying Cu fertilizer, grain yield was not changed significantly. By applying micronutrients, the content of micronutrients in grain and stalk were also increased. The content of zinc in grain and stalk was increased by 10.76 mg/kg and 3.84 mg/kg compared to the control treatment, while the content of zinc in grain and stalk was increased by 8.03 mg/kg and 4.78 mg/kg compared to the KH₂PO₄ fertilizer treatment.

Keywords : micronutrient; winter wheat structure; soil nutrition status