

表 3 不同锌肥施用量对玉米产量的影响

Table 3 Effects of application amount of zinc fertilizer on the yield of maize

处理 Treatments	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)	增长量 Increase amount/ (kg·hm ⁻²)	较对照增幅 Increase percent/%
CK	7824.96 aA	-	-
A	8096.30 bA	271.34	3.47
B	8514.62 cB	689.66	8.81
C	8982.81 dC	1157.85	14.80
D	8896.26 dC	1071.30	13.70
E	8813.11 dC	988.15	12.63

不同大小写字母表示差异显著($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。
 Different capital and lowercase letters indicate significant difference at 0.01 and 0.05 level.

C、D、E 处理中玉米的产量增加了 271.34 ~ 1 157.85 kg·hm⁻², 较对照增幅 3.47% ~ 14.80%。随着锌肥施用量的增加, 玉米的产量有一个先增后减的趋势, 其中 C 处理的产量最高。由差异显著性分析可知, 增产效应最明显 C 处理与 D、E 处理间差异不显著, 与 CK 及 A、B 处理的差异均达到极显著水平。

3 结论与讨论

试验结果表明, 在基施氮磷钾的基础上, 施用锌肥的玉米株高、穗位高、茎粗、穗长、穗粗、穗粒数、千粒重和产量的表现上均比未施锌肥的对照

组明显增加, 而空秆率、倒伏率和秃尖长则均有所降低。玉米产量随着锌肥施用量的增加呈先增加后降低的趋势, 且当锌肥施用量为 22.50 kg·hm⁻² 时增产最高, 比对照增加了 1 157.85 kg·hm⁻², 增幅为 14.8%。这说明施用适量锌肥可有效促进玉米的生长发育, 提高产量, 但锌肥的施用量也并不是越多越好, 锌肥肥效受土壤供锌能力、有机质含量和 pH 等多种因素影响^[8], 在黑河地区该试验土壤的条件下, 硫酸锌施用量以 22.50 kg·hm⁻² 增产效果最显著, 此时的产量及各项指标表现均最好。

参考文献:

[1] 高质, 林宝, 周卫. 锌营养对春玉米内源激素及氧自由基代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 7(4): 424-428.

[2] 毛辉. 锌肥与水分对旱地缺锌区玉米生长与品质的影响[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2013.

[3] 孙建华, 李志洪, 李辛, 等. 高量施锌肥对玉米 Zn 吸收和积累及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 26(4): 212-215.

[4] 李芳贤, 王金林, 李玉兰, 等. 锌对夏玉米生长发育及产量影响的研究[J]. 玉米科学, 1999, 7(1): 72-76.

[5] 熊贵周. 不同施锌量对玉米农艺性状及产量的影响[J]. 四川农业科技, 2016(11): 40-42.

[6] 王孝忠, 田娣, 邹春琴, 等. 锌肥不同施用方式及施用量对我国主要粮食作物增产效果的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 998-1004.

[7] 杜秀玲, 王海玮, 徐杏. 锌肥不同施用量对玉米产量及植株性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(21): 37-38.

[8] 甘万祥, 高巍, 刘红恩. 锌肥施用量及方式对夏玉米籽粒淀粉含量和产量的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(6): 202-207.

Effects of Different Zinc Fertilizer Application Amounts on Maize Yield

WU Yao

(Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe 164399, China)

Abstract: In order to explore the important role of zinc fertilizer in the growth and development of maize and study the optimum amount of zinc fertilizer applied to maize production in Heihe region, this experiment was carried out in the field of Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences from May to October 2018. The test material was the very early-maturing variety Huamei 2. The test fertilizer was zinc sulfate(ZnSO₄·7H₂O). The test used a large-area comparison method, with different zinc fertilizer application rates as the treatment, and the control treatment did not apply zinc fertilizer. The results showed that the application of zinc fertilizer was important to the growth and development of maize. The yield of maize with application of zinc fertilizer was significantly higher than that of the control. In Heihe area, when the application of zinc fertilizer was 22.50 kg·hm⁻², the yield and various indicators were the best.

Keywords: maize; zinc fertilizer; application; yield



王建康,魏延青,王智明,等.不同锌硼元素含量 BB 肥对玉米生长的影响[J].黑龙江农业科学,2019(7):61-65.

不同锌硼元素含量 BB 肥对玉米生长的影响

王建康,魏延青,王智明,任先顺,王子浩,谷 峰

(中化农业(临沂)研发中心有限公司,山东 临沂 276000)

摘要:为筛选出肥料中锌、硼最适添加量,通过盆栽试验的方法,在养分含量为 26-10-12 玉米 BB 肥上添加不同梯度的微量元素 Zn(螯合态)、B(四水八硼酸钠),研究其对玉米株高、茎粗、叶面积指数、叶绿素含量、穗重、地上生物量及玉米籽粒中锌硼含量的影响。结果表明:添加了锌硼微量元素 BB 肥与对照相比均能够不同程度促进玉米植株的株高、茎粗及叶绿素含量等农艺性状,且促进玉米穗重和地上生物量分别提高了 20.6%~34.5%和 14.4%~19.0%,而且促进了玉米籽粒品质的提高,籽粒锌、硼含量分别提高了 25.6%~32.0%和 10.15%~14.16%。因此,在考虑经济效益的情况下,筛选出 T1(Zn 25 kg·t⁻¹+B 12.5 kg·t⁻¹)为最佳处理,即施用 25 kg·t⁻¹螯合锌和 12.5 kg·t⁻¹四水八硼配制的 26-10-12 玉米专用 BB 肥可以在保证玉米品质的前提下,获得最佳的经济产量。

关键词:玉米;锌硼;BB 肥;生物量

目前,作物对微量元素的需求越来越大,它调节着作物的生命机制。当土壤中缺少某一种和多种微量元素时,会引起作物的缺素症,对作物的产量和品质产生一定的影响^[1-3]。但是由于人们对施用微肥的忽视,土壤中微量元素的缺失日益严重,然而,作物每年都会从土壤中吸收越来越多的微量元素,再加上人为不能及时补充,使得土壤中微量元素严重缺失,目前研究发现,全世界的耕地中都存在土壤有效锌严重不足的现象,已经成为作物获得高产的障碍因素^[4-5]。早在 20 世纪 50 年代就有研究人员就发现了锌对生长素合成的重要作用^[6]。此后,科学家又研究了土壤微量元素的有效含量^[7-8]。郭孝^[9]研究发现,不同浓度锌、硼的微肥处理对促进玉米生长,提高玉米产量和改善玉米品质具有良好的效果,锌的缺失,会严重危害玉米的生长发育^[10]。张雨林等^[11]试验结果表明,锌的缺失会使玉米籽粒缺失败育,进而影响产量。施用锌肥不仅能显著提高玉米穗粒数和粒重,也可显著促进了玉米对大量元素的吸收^[12-13],锌的施用还与光合作用密切相关,有利于有机物的积累^[14-15]。

硼可使植物的生育期缩短,使植物提前成熟,对产量和品质具有一定效果。硼在农业生产中具

有重要作用^[16],玉米施用硼肥后种子成熟显著提前,为产量和品质的形成争取了一定时间。还有研究表明,施用硼肥有助于提高光合作用^[17],增强根系生长能力。经济作物缺硼,会造成重大的经济损失,品质下降,严重的会影响人畜身体健康,如番茄和棉花所产生的病害等都与硼的多少有关^[18-19]。

由以上研究可知微量元素(锌、硼)对作物发育生长过程中的具有重要作用,因此,本研究以氯化钾为载体,配制不同微量元素(锌(螯合态)、硼)添加量的玉米施用肥,通过盆栽试验,筛选微量元素的最适添加量,验证其对玉米的促生、增产效果。

1 材料与方法

1.1 材料

试验玉米品种为京农科 736。Zn 肥为一水硫酸锌,B 肥为四水八硼酸钠。试验地点为中化化肥有限公司临沂农业研发中心日光温室。经检测分析,试验土壤呈碱性,有机质含量中等偏低,碱解氮、速效钾、交换钙、交换镁含量极高,有效磷中等偏低,有效 Mn、Cu、Fe 等含量均较高,有效锌处于中等偏低的水平,有效硼含量极低,土壤养分数据详见表 1。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验共设 7 个处理,6 次重复,共 42 盆。施肥类型为免追型,播种前一次性施入基肥,施用量每盆约 3 g,与每盆 5/6 土壤(经

收稿日期:2019-01-28

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0300805)。

第一作者简介:王建康(1985-),男,硕士,工程师,从事新型肥料及其工艺研究。E-mail: wangjiankang@sinochem.com。

过粉碎、过筛的土壤)混匀后装盆,再将 1/6 未施肥土壤覆盖于表面,装土量每盆约 6 kg,详见表 2。

表 1 试验土壤基础养分数据
Table 1 Test soil basic nutrient data

检测项目 Testing items	数据 Data
碱解氮	185.36 mg•kg ⁻¹
有效磷	34.08 mg•kg ⁻¹
速效钾	306.36 mg•kg ⁻¹
有机质	18.4 g•kg ⁻¹
pH	8.33
EC	186.6 μS•cm ⁻¹
Cu	1.65 mg•kg ⁻¹
Fe	7.26 mg•kg ⁻¹
Mn	9.56 mg•kg ⁻¹
Zn	0.72 mg•kg ⁻¹
Si	48.33 mg•kg ⁻¹
B	0.13 mg•kg ⁻¹
全氮	1.22 g•kg ⁻¹
全磷	0.5 g•kg ⁻¹
全钾	26.75 g•kg ⁻¹
S	35.63 mg•kg ⁻¹
交换性 Ca	13.04 g•kg ⁻¹
交换性 Mg	0.59 g•kg ⁻¹

表 2 试验设计
Table 2 Test design

处理 Treatments		锌、硼添加量 Addition of zinc and boron/(kg•t ⁻¹)	施肥方式 Fertilization mode	施用量/(g•盆 ⁻¹) Application amount/(g•pot ⁻¹)
CK	普通 BB 肥(26-10-12)	0	基施	3
T1		Zn(25)+B(12.5)		
T2		Zn(30)+B(14.5)		
T3		Zn(35)+B(16.5)		
T4		Zn(40)+B(18.5)		

2 结果与分析

2.1 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米农艺性状的影响

2.1.1 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米株高的影响 由图 1 可知,在苗期,各处理玉米株高之间并没有显著性差异。在拔节期, T1~T4 处理的玉米株高普遍高于 CK,较 CK 提高了约 9.5%~12.8%,且 T1、T2 和玉米株高略于高 T3、T4。

选取籽粒饱满、无病虫害、无机械损伤的玉米种进行播种,每盆 5 粒,播种深度一致,其他日常管理均相同。

1.2.2 测量项目及方法 在玉米苗期、拔节期、抽雄期、收获期分别用直尺、游标卡尺测定玉米的株高、茎粗等指标。用直尺测量玉米植株气生根以上到所有叶片伸直时的最高处为株高;用游标卡尺测定近地面茎基部第二节中部直径(在茎秆为扁平状时,测定窄面直径)为茎粗。

在玉米的各个生育时期(拔节期、抽雄期、抽雄 20 d 和成熟期),每个处理选取生长一致有代表性的 3 株玉米植株,用直尺测量每株玉米全部叶片的叶长、最大叶宽、株高和茎粗,计算叶面积指数(LAI)。

用叶绿素仪对玉米各时期最上部一片完全展开叶片的叶绿素含量,分别从叶基部、叶片中间部、叶尖部测定 3 个点,取其平均值,即为此株玉米的叶绿素含量。

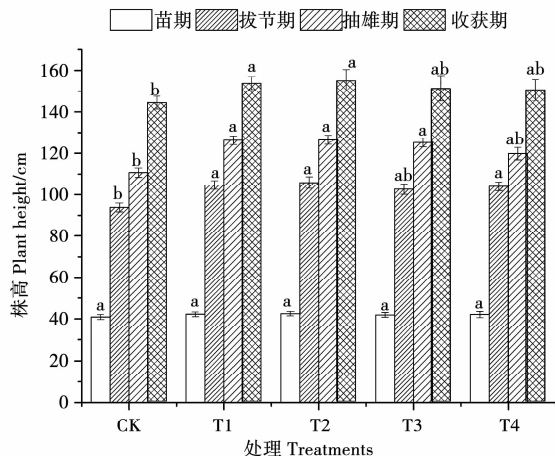
玉米收获之后,选取有代表性的 3 株玉米植株,测玉米穗重和地上部生物量干重,并取烘干玉米籽粒,用 EDTA 浸提法测有效锌含量,姜黄素比色法测有效硼。

1.2.3 数据分析 试验数据统一用 Excel 2016 进行统计分析,采用 SPSS 22 做 ANOVA 方差分析(LSD, P<0.05),用 Origin 9.1 作图。

在抽雄期, T1、T2、T3 和 T4 玉米株高较 CK 分别提高了 14.1%、14.3%、13.1%和 8.3%。在收获期, T1 和 T2 处理显著高于 CK,分别增加了 6.6%和 7.5%, T3 和 T4 虽然与 CK 之间没有显著性差异,但比对照增加了 4.0%左右。以上结果表明添加不同含量的锌和硼可以显著提高玉米株高,其中以 T1 和 T2 处理对玉米株高的增幅效果最明显,均增加了 14.0%以上。

2.1.2 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米茎粗的影

响 由图 2 可知,玉米在整个生育期内的茎粗变化与株高相似,呈现相同的趋势。在玉米苗期,不同处理的玉米茎粗差异并不明显。在拔节期, T1~T4 处理的玉米茎粗普遍高于 CK,较 CK 提高了约 9.6%~13.9%。在抽雄期, T1、T2、T3 和 T4 玉米茎粗较 CK 分别提高了 8.7%、9.8%、5.9%和 7.1%。在成熟收获期,除 T4 处理外, T1-T3 处理的茎粗均显著大于 CK,分别提高了 8.0%、8.0%和 5.1%。以上结果表明添加不同量的锌和硼可以显著提高玉米茎粗,其中以 T1 和 T2 处理对玉米茎粗的提高效果更明显。



不同小写字母表示相同生育期下不同施肥处理之间的差异显著性($P<0.05$),下同。
Different lowercase letters indicate the significant difference between different fertilization treatments at the same growth period ($P<0.05$), the same below.

图 1 不同处理下各生育期玉米株高

Fig. 1 Plant height of maize at different growth stages under different treatments

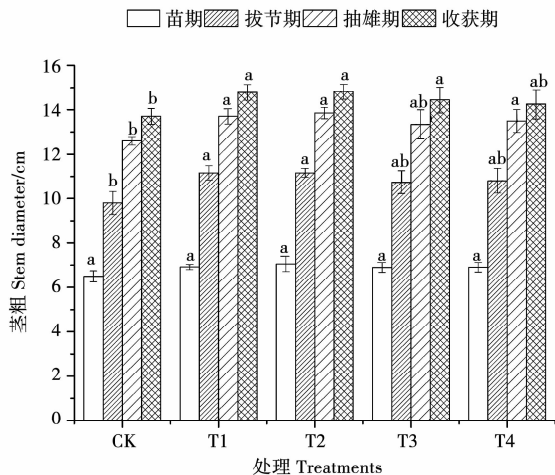


图 2 不同生育期玉米茎粗

Fig. 2 Maize stems at different growth stages

2.2 不同锌、硼含量对玉米叶片特性的影响

2.2.1 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米叶面积指数的影响 叶面积指数反映了玉米可进行光合作用的能力。由图 3 玉米的叶面积指数可以看出,整个生育期玉米的叶面积指数是一个先增高后降低的趋势,在抽雄期达到最高值,抽雄期之后开始下降。从同一生育时期的不同锌、B 添加量来看,添加 T1-T4 处理的叶面积指数均显著高于对照,大表现为 $T2>T1>T3>T4>CK$,在抽雄期分别比对照高 18.21%、15.49%、11.96%和 10.05%。由此可以得出,施用锌、B 微量元素可以增加玉米的叶面积,并能够在抽雄期后维持一个较高的叶面积指数,延长了叶片进行光合作用的时间。

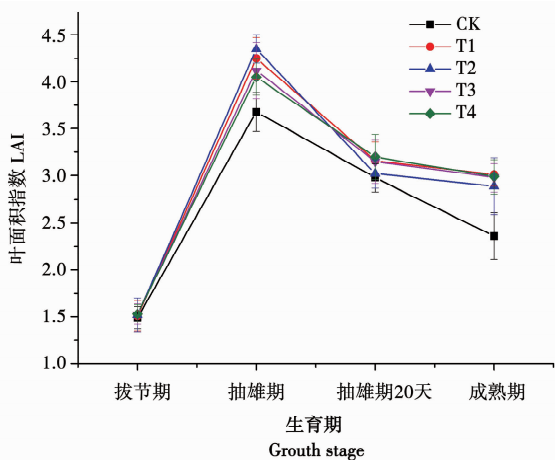


图 3 不同生育期玉米叶面积指数

Fig. 3 Corn leaf area index at different growth stages

2.2.2 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米叶绿素含量的影响 玉米的叶绿素含量反映了光合作用的强弱。由图 4 可知,在玉米苗期,不同处理的玉米叶绿素差异不明显。在拔节期, T1~T4 玉米叶绿素普遍高于 CK,较 CK 提高了约 8.5%~10.5%。在抽雄期, T1、T2、T3 和 T4 玉米叶绿素较 CK 分别提高了 15.8%、21.8%、12.8%和 14.6%。以上结果表明添加不同量锌和硼可以显著提高玉米叶绿素,其中 T1 和 T2 处理对玉米叶绿素的提高效果更明显。

2.3 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米产量和品质的影响

2.3.1 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米产量的影响 由图 5 可知,在玉米收获期, T1~T4 玉米穗重普遍高于 CK,较 CK 分别提高约 34.5%、

31.2%、21.2%、20.6%，T1~T4 地上生物量较 CK 分别提高约 16.5%、19.0%、14.4%、17.5%。以上结果表明添加不同量锌和硼可以显著促进玉米穗重和地上鲜重,其中 T1 和 T2 处理对玉米经济产量和生物产量提高效果更明显。

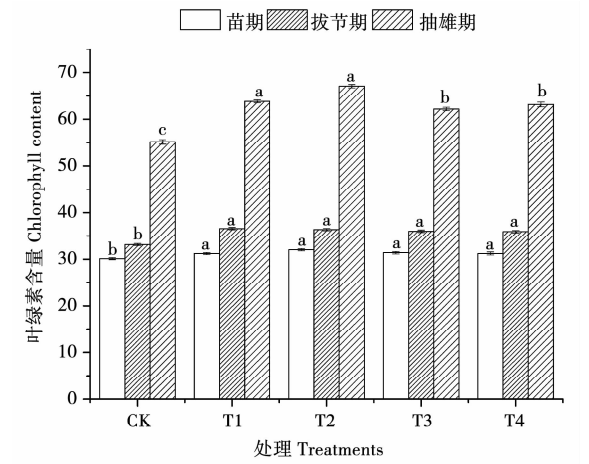


图 4 不同生育期玉米叶片叶绿素含量
Fig. 4 Chlorophyll content of maize leaves in different growth stages

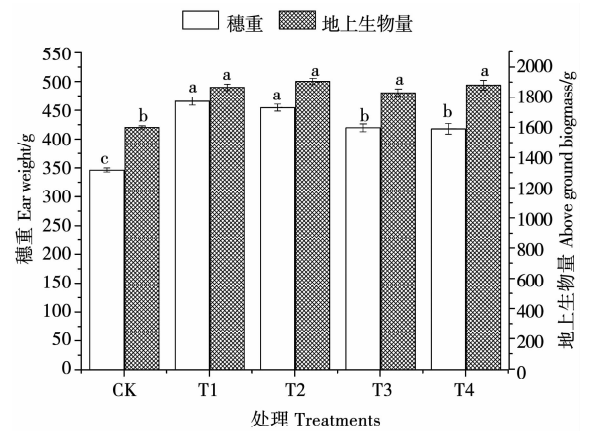


图 5 收获期玉米穗重和地上生物量

Fig. 5 Ear weight and aboveground biomass during harvest

2.3.2 不同锌、硼含量的 BB 肥对玉米籽粒锌硼含量的影响 由上图 6 可以明显的看出,施用锌肥和硼肥之后,玉米籽粒的锌硼含量均显著上升。就籽粒锌含量来看,随施加水平的增高,籽粒中锌含量是一个增加的趋势,T3>>T4>T2>T1>CK,较对照分别提高了 32.0%、30.4%、29.6%和 25.6%,但除了显著高于对照外,其余处理之间并没有显著性差异;籽粒中硼含量表现出了相同的趋势,T1-T4 处理较之 CK 分别提高了 10.15%、12.47%、14.16%、12.68%。并且此结

果与图 5 中玉米的产量指标具有一致性,可以推测正是由于锌和硼肥的施加,显著促进了玉米籽粒的饱满度和结实率,进而促进了玉米产量的提高。且就经济效益来看,以 T1 的施加量为最佳施加水平,可以最大化的提高经济效益。

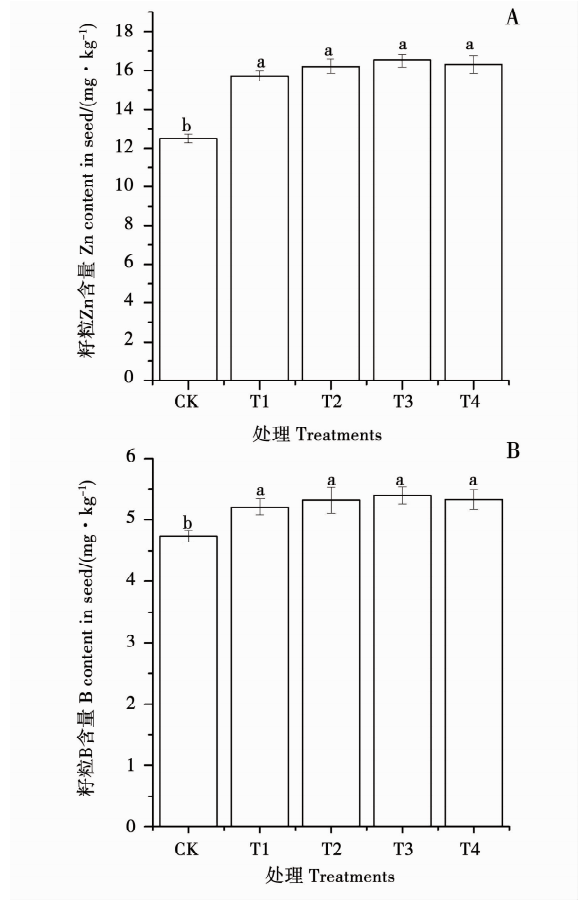


图 6 不同施肥处理下玉米籽粒的锌(A)和硼(B)含量
Fig. 6 Zn(A) and B(B) contents of maize kernels under different fertilization treatments

3 结论与讨论

本试验研究结果表明,在施氮磷钾的基础上添加了不同含量锌、硼的 BB 肥能够不同程度促进玉米植株的株高、茎粗及叶绿素含量等农艺性状,且促进玉米穗重和地上生物量较 CK 提高了 20.6%~34.5%和 14.4%~19.0%,尤其是拔节期和抽雄期的作用效果最是显著。且显著提高了玉米籽粒的品质,籽粒锌硼含量显著增加了 25.6%~32.0%,这一研究结果与前人的研究结果^[9-12,20],锌硼可促进玉米生长,促进玉米生殖生长,籽粒饱满的结果得到了辅证。此外,试验结果的各项指标均显示出相同的规律,大体表现出

T1、T2 > T3、T4 > CK 的规律,即锌硼的施用量是有一定范围的,超出或者低于这个范围可能会对玉米吸收其他元素造成影响^[12-13],进而影响玉米的生长状况,导致经济产量的降低。

综上可得,补充土壤微量元素对作物生长显得至关重要,其中 T1 和 T2 处理对玉米的增产效应要显著高于其它处理,在考虑效益的情况下,T1 处理为最佳添加量,即在 BB 肥中添加 25 kg·t⁻¹ 整合锌和 12.5 kg·t⁻¹ 硼对玉米的增产效果最佳,低于或高于此范围时,都会造成玉米的经济产量降低。

参考文献:

- [1] 康鹏. 微量元素对红枣生理及品质特性影响的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.
- [2] 杨秋云,介晓磊,刘世亮,等. 硼、锰、钼对紫花苜蓿草产量和品质的影响[J]. 河南农业大学学报,2009,43(3): 247-251.
- [3] 梁雷,何莉,胡宁. 硼、锰、锌、钼对芦笋产量和品质的影响[J]. 吉林农业大学学报,2009,31(3): 297-300.
- [4] Srivastava A K, Singh S. Zinc nutrition, a global concern for sustainable citrus production [J]. Journal of Sustainable Agriculture, 2005, 25(3): 5-42.
- [5] Hacisalihoglu G, Kochian L V. How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants[J]. New Phytologist, 2003, 159(2): 341-350.
- [6] Tsui C. The role of zinc auxin synthesis in the tomato plant[J]. American Journal of Botany, 1948, 35(3): 172-179.
- [7] 崔德杰,张继宏. 长期施肥及覆膜栽培对土壤锌各形态及其

有效性影响的研究[J]. 土壤通报, 1994(5): 207-209.

- [8] 王书转. 长期施肥条件下土壤微量元素化学特性及有效性研究[D]. 北京:中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2016.
- [9] 郭孝. Zn、B、Mn 微肥提高玉米产量与品质的研究[J]. 中国生态农业学报, 1998, 6(1): 40-42.
- [10] 刘蓉,叶宇萍,海丹,等. 锌、铁微肥对夏玉米产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(11): 34-41.
- [11] 张雨林,曹敏建,孔庆国. 不同施锌量对玉米生长发育及产量的影响[J]. 园艺与种苗, 1994(1): 47-50.
- [12] 王海啸,武不武. 磷锌施用量对苗期玉米吸收 Zn、Cu、Mn 的影响[J]. 农业环境科学学报, 1996(6): 257-260.
- [13] 刘贵河,韩建国,王堃. 硼、钼、锌与大量元素配施对紫花苜蓿草产量和品质的影响[J]. 草地学报, 2004, 12(4): 268-272.
- [14] 韩金玲. 锌对冬小麦光合特性及产量和品质的影响[D]. 保定:河北农业大学, 2003.
- [15] 白羽祥,杨焕文,徐照丽,等. 不同锌肥水平对烤烟光合特性和产量及质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(2): 102-106.
- [16] 邵建华,王洪涛,刘金友,等. 硼肥的应用现状及发展前景[J]. 化肥工业, 2013, 40(3): 13-15.
- [17] 柴喜荣,于文杰,杨暹,等. 不同供硼水平对菜心光合作用和品质的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(12): 37-39.
- [18] 代东明. 微量营养元素与施用微肥[J]. 北方农业学报, 2013(1): 62-66.
- [19] 侯雷平,李梅兰,吴俊华,等. 不同供硼水平对番茄产量及风味品质的影响[J]. 核农学报, 2009, 23(5): 875-878.
- [20] 江亚丽. 喷施微肥对夏玉米结实能力的影响研究[D]. 保定:河北农业大学, 2007.

Effects of Different Zn and Boron Contents of BB Fertilizer on Maize Growth

WANG Jian-kang, WEI Yan-qing, WANG Zhi-ming, REN Xian-shun, WANG Zi-hao, GU Feng

(Sinochem Agriculture Linyi Research and Development Center Limited Company, Linyi 276000, China)

Abstract: In order to select out the most suitable amount of zinc and concentrate in fertilizer, different gradients of Zn (chelating state) and B ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) were added to the maize BB fertilizer with a nutrient content of 26-10-12 by pot experiment. The effects of plant height, stem diameter, leaf area index, chlorophyll content, ear weight, aboveground biomass and zinc and boron content in maize kernels were studied. The results showed that the addition of zinc-boron trace element BB fertilizer could promote the agronomic traits such as plant height, stem diameter and chlorophyll content of maize plants in different degrees, and promoted maize ear weight and aboveground biomass by 20.6%-34.5% and 14.4%-19.0%, respectively. Moreover, the quality of maize kernels was improved, and the zinc and boron contents of maize kernels were increased by 25.6%-32.0% and 10.15%-14.16%, respectively. Therefore, in consideration of economic benefits, T1 (Zn 25 kg·t⁻¹ + B 12.5 kg·t⁻¹) is selected as the best treatment, 26-10-12 maize special BB fertilizer prepared by applying 25 kg·t⁻¹ chelated zinc and 12.5 kg·t⁻¹ tetrahydrate borax. The best economic yield can be achieved while maintaining the quality of the maize.

Keywords: maize; zinc boron; BB fertilizer; biomass.