干旱条件下锌肥对玉米生长和光合色素的影响*

魏孝荣[1], 郝明德[2], 邱莉萍[1], 郝舰艇[3]

(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;
3 陕西省水电工程局(集团公司)建筑安装公司, 陕西 咸阳 712000)

[摘 要] 采用盆栽试验, 以黑垆土为供试土壤, 研究了不同水分条件下施用锌肥对玉米生长及叶片光合色素含量的影响。结果表明, 在正常供水和土壤干旱条件下, 施用锌肥能明显改善玉米的生长状况。与不施锌肥的对照相比, 干旱情况下施锌处理的玉米株高增加10.9%, 地上部和地下部干物质较对照分别增加26.1%和51.5%; 正常供水条件下, 施锌处理的玉米株高、地上部及地下部干物质分别较对照增加9.4%, 8.0%和26.0%; 正常供水条件下, 施锌使玉米叶片叶绿素a增加18.6%, 叶绿素b增加13.8%, 总叶绿素含量增加13.8%; 干旱情况下, 施锌使玉米叶片叶绿素a较对照增加7.0%, 叶绿素b增加8.0%, 总叶绿素含量增加7.5%。通过对玉米光合色素含量和玉米生长指标之间的相关分析, 认为玉米光合色素含量对玉米生长有很大影响, 光合色素含量降低必然引起作物光合作用的差异, 导致产量降低。

[关键词] 干旱; 锌肥; 玉米生长; 光合色素

[中图分类号] S513.062; S143.7+2 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2004)09-0111-04

研究表明[1], 由于水分造成的减产超过其他因素导致产量损失的总和。在我国西北地区水分供应不足严重限制了该地区农业生产的发展[2]。玉米是喜水作物, 对水分胁迫十分敏感。人们很早就对干旱胁迫条件下玉米生理生态变化, 及提高玉米抗旱性的途径进行了详细研究, 并取得了很大进展[3~5]。干旱胁迫限制细胞的分裂和扩展, 影响了光合作用、蛋白质合成及核酸代谢, 从而造成作物生长量下降[6]。作物叶片光合色素含量的变化被广泛用于表示水分胁迫对作物的影响程度[7~9]。干旱不仅使玉米叶片叶绿素合成速率降低, 而且能够促进叶绿素分解。由锌形成的锌朴啉是叶绿体合成的前体[10,11], 植物锌的营养状况对叶绿素含量有很大影响。植物对锌的吸收以及土壤对植物锌的供应在很大程度上取决于土壤环境, 特别是土壤水分状况[12]。Cakmak等[13]研究认为, 干旱和半干旱地区石灰性土壤缺锌, 除了土壤pH和$CaCO_3$含量较高外, 降雨量不足、水分缺乏很可能也是一个重要因素。高柳青等[14]研究发现, 对于高pH, 固锌能力较强、释放养分能力较弱的土壤, 适当的锌肥能显著增加叶片的叶绿素含量。

本研究采用盆栽试验, 研究了干旱胁迫条件下, 施用锌肥对玉米生长及叶片光合色素含量的影响, 初步探索了水分和微量元素锌耦合的生理机制, 以期为干旱地区锌肥的合理使用提供参考。

1 材料与方法

盆栽试验在中国科学院水利部水土保持研究所试验场地进行, 供试玉米品种为陕单9号, 土壤为黑垆土。土壤基本性质为: 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0.84 mg/kg, $CaCO_3$ 108.4 g/kg, pH 8.1。试验设3个施锌水平: 不施锌(CK)、低锌(Zn1, 施Zn 10 mg/kg)和高锌(Zn2, 施Zn 100 mg/kg); 2个水分处理: 正常供水处理(保持土壤水分为田间持水量的75%)、土壤干旱处理(保持土壤水分为田间持水量的40%), 组成完全试验方案, 共6个处理, 3次重复。每处理施基肥N 100 mg/kg和P_2O_5 50 mg/kg。试验所用锌肥为$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 氮肥为NH_4NO_3, 磷肥为KH_2PO_4。

试验开始时, 称取过2 mm筛的风干土6 kg, 按试验设计的N, P和Zn用量, 将土和肥料混合均匀, 装入中等米氏盆(高30 cm, 直径20 cm)中, 每盆浇水1 200 mL, 平衡1 d后, 每盆播入玉米种子3粒, 出苗1周后定苗, 每盆留1株玉米, 定苗1周后用重量法

* [收稿日期] 2003-08-12
[基金项目] 国家自然科学基金项目(40171058); 中国科学院知识创新方向性项目(KZCX2-413)
[作者简介] 魏孝荣(1978-), 男, 陕西武功人, 在读硕士, 主要从事微量元素作物营养与土壤化学研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

控制水分供应。

在玉米拔节期测定玉米生长指标(株高、地上部干物质重和地下部干物质重),并采集功能叶片测定叶绿素含量[15]。

用SAS系统进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 干旱条件下锌肥对玉米生长的影响

水分亏缺时植物分生组织细胞膨压降低,细胞分裂减慢或停止,细胞伸长受到抑制。因此,干旱条件下植物一般低矮,叶片较少,产量降低。由表1可以看出,与正常供水相比,干旱条件下玉米株高、地上部及地下部干物质显著下降,正常供水处理的玉米株高、地上部及地下部干物质分别比土壤干旱处理的增加36.5%,95.9%和46.6%。在干旱条件下,各施锌处理玉米的根冠比均大于正常供水条件,这与干旱胁迫下分配到地上部的同化产物减少、根系的同化产物增多有关,是植物对干旱胁迫的重要适应性反应,与植物体内ABA含量的增加也有密切关系[6]。

表1表明,施锌能够明显改善玉米的生长状况。干旱条件下,低锌和高锌处理的玉米株高分别比不施锌增加10.1%和11.7%,地上部干物质增加37.8%和14.9%,地下部干物质增加33.7%和69.3%;而在正常供水条件下,2个施锌处理的玉米株高分别比不施锌增加8.0%和10.7%,地上部干物质分别增加11.1%和4.9%,地下部干物质分别增加21.7%和30.3%。可见,在干旱胁迫条件下,施用锌肥能够缓解水分亏缺对玉米生长的抑制,锌肥对玉米根系生长的促进作用大于对地上部生长,从而有利于提高玉米对干旱胁迫的适应性。

表1 不同处理对夏玉米生长的影响

Table 1 Effects of different treatments on the growth of maize

水分处理 Moisture	肥料处理 Fertilization	株高/cm Crop height	干物质重/(g·株$^{-1}$) Dry weight		根冠比 Ratio of root/shoot
			地上部 Shoot	地下部 Root	
土壤干旱 Drought	CK	103.0	13.15	4.10	0.312
	Zn1	113.4	18.12	5.48	0.302
	Zn2	115.0	15.11	6.94	0.459
正常供水 Normal water supply	CK	140.6	25.76	6.01	0.233
	Zn1	151.8	28.62	7.83	0.274
	Zn2	155.6	27.01	7.31	0.271

2.2 干旱条件下锌肥对玉米光合色素的影响

叶绿素是植物光合色素中最重要的一类色素,对光合作用的正常进行起着决定作用。供水和干旱条件下玉米叶绿素含量的变化见图1。

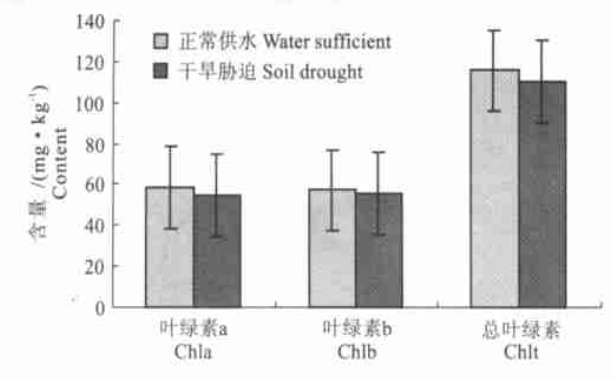

图1 供水和干旱条件下玉米叶绿素含量变化

Fig. 1 Contents of Chla, Chlb and Chlt under drought and water sufficient condition

由图1可以看出,干旱胁迫条件下,玉米叶片叶绿素含量显著下降,产生这种现象的原因可能与干旱胁迫下叶绿素的生物合成过程减弱,同时干旱使植物体活性氧积累,导致叶绿素分解加快有关[16]。与正常供水处理相比,干旱胁迫条件下玉米叶片中叶绿素a降低6.7%,叶绿素b降低2.7%,总叶绿素含量降低4.7%。

叶绿体中占优势的组分为碳酸酐酶[17],Evans等[18]指出,锌是碳酸酐酶必需的组分,缺锌使碳酸酐酶降低,从而影响叶绿素的合成。Ohki[10]指出,在成熟叶片中叶绿素需要的最低量为13~14 μg/g干重,Jacobson等[11]也指出,锌含量少于14 μg/g干重时,叶绿素的合成受到抑制。适当补充锌肥,对提高叶片叶绿素含量和增加净光合能力具有重要作用。在本试验条件下,随着锌肥用量的增加,玉米叶片叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量均呈增加趋势(图2,3)。但当土壤水分供应不足时,由于限制了叶片中锌含量,其叶片叶绿素含量明显低于正常供水条件下,这也说明水分对锌的生理作用也产生影响。在正常供水条件下,2个锌水平处理的叶片叶绿素a分别比不施锌增加12.9%和14.3%,叶绿素b分别增加12.4%和15.3%,总叶绿素含量分别增加12.7%和

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

14.8%。干旱条件下两个锌水平处理的叶绿素a分别比不施锌增加5.1%和8.9%,叶绿素b分别增加5.80%和10.23%,总叶绿素含量分别增加5.40%和9.50%。

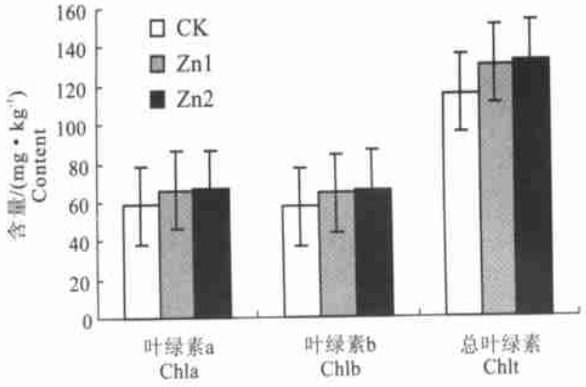

图2　供水条件下锌对玉米叶绿素含量的影响

Fig.2　Effect of Zn on Chla, Chlb and Chlt under water sufficient condition

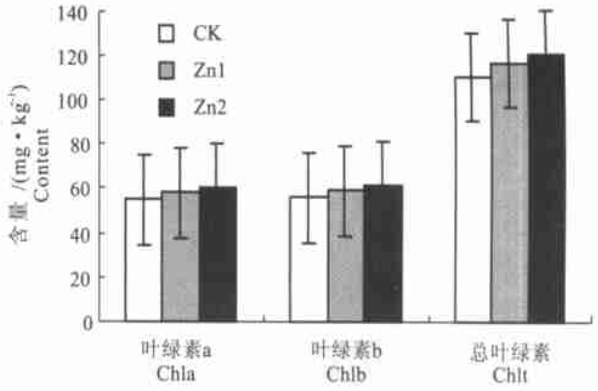

图3　干旱条件下锌对玉米叶绿素含量的影响

Fig.3　Effect of Zn on Chla, Chlb and Chlt under drought condition

2.3　玉米光合色素含量与玉米生长的关系

表2是玉米光合色素含量和玉米生长指标之间的相关系数。由表2可以看出,叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素之间的相关系数均达到0.01或0.05显著水平,叶绿素a与株高、地上部干物质量之间达0.1显著水平,和地下部干物质量之间达0.05显著水平;叶绿素b和株高之间达0.1显著水平,和地下部干物质量之间达0.05显著水平;总叶绿素含量与株高及地下部干物质量之间均达0.05显著水平。可见,玉米光合色素含量对玉米生长有很大影响,光合色素含量的降低必然引起作物光合作用的差异,导致产量降低。

表2　玉米光合色素含量和玉米生长指标之间的相关系数

Table 2　Correlation between photosynthetic pigments and maize growth

性状	叶绿素a Chla	叶绿素b Chlb	总叶绿素 Chlt	株高 Crop height	地上部干物质量 Weight of shoot	地下部干物质量 Weight of root
叶绿素a Chla	1.000	0.960***	0.992**	0.888*	0.801*	0.903**
叶绿素b Chlb		1.000	0.988***	0.737*	0.620	0.895**
总叶绿素 Chlt			1.000	0.827**	0.726	0.908**
株高 Crop height				1.000	0.972**	0.786*
地上部干物质量 Weight of shoot					1.000	0.709
地下部干物质量 Weight of root						1.000

注: *, ** 和 *** 为0.1, 0.05和0.01显著水平。

Note: *, ** and *** means significance at 0.1, 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3　结　论

1) 锌肥的施用能明显改善玉米的生长,缓解干旱对玉米生长的抑制,提高玉米对干旱胁迫的适应性。

2) 锌肥的施用增加了玉米叶片光合色素的含量,在正常供水条件下锌肥对光合色素含量的影响,比干旱条件下显著。

3) 玉米光合色素含量对玉米生长有很大的影响,光合色素含量的降低必然引起作物光合作用的差异,导致产量降低。

[参考文献]

[1]　王可玲, 许春辉, 赵福洪, 等. 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素a荧光参数的影响[J]. 生物生理学报, 1997, 13(2): 273-278.

[2]　山　仑, 陈培元. 旱地农业生理生态基础[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 159-173.

[3]　Turnet N C. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential[J]. Plant Physiol, 1976, 55: 932-936.

[4]　Buren IL. Morphological and physiological trait in maize associated with tolerance to high plant density[J]. Crop Sci, 1974, 45: 426-429.

[5]　霍仕平, 晏九庆, 宋光英. 玉米抗旱鉴定的形态和生理生化研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(3): 67-73.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[6] Nilsen E T, Orcutt D M. The Physiology of Plants Under Stress: Abiotic Factors[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1996. 322- 361.
[7] 薛 菘, 汪沛洪, 许大全, 等. 水分胁迫对冬小麦CO_2同化作用的影响[J]. 植物生理学报, 1992, 18(1): 1- 7.
[8] 王 畅, 李普安, 张赞平, 等. 夏玉米优良杂交种抗旱性能研究[A]. 赵可夫. 植物抗性生理研究[C]. 济南: 山东科学技术出版社, 1992. 88- 98.
[9] 沈允钢, 许大全. 光合机构对环境的响应与适应[A]. 余叔文. 植物生理与分子生物学[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 225- 235.
[10] Ohki K. Effect of zinc nutrition on photosynthesis and carbonic anhydrase activity in cotton[J]. Physoil Plant, 1976, 38(4): 300- 304.
[11] Jacobson B S, Franklin F, Robert L H. Carbonic anhydrase of spinach. Studies on its location, inhibition and physiological function[J]. Plant Psysiol, 1975, 55: 468- 474.
[12] Lal R, Taylor G S. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study: II. Mineral uptake by corn[J]. Soil Sci Soc Amer Proc, 1970, 34: 245- 248.
[13] Cakmak I, Yilmaz A, Kalayci M, et al. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia[J]. Plant and Soil, 1996, 180: 165- 172.
[14] 高柳青, 田长彦, 胡明芳. 锌锰对棉花吸收氮磷养分的影响及机理研究[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 861- 868.
[15] 西北农业大学植物生理组. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986.
[16] 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及膜脂过氧化作用的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(6): 605- 615.
[17] Wood I G, Sibley P M. Carbonic anhydrase activity in plants in relation to zinc content[J]. Aust J Sci Research, 1952, B5: 244- 255.
[18] Evans H J, Sorger G J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations[J]. Ann Rew Plant Physiol, 1966, 17: 47- 76.

Effects of zinc fertilizer on maize growth and photosynthetic pigments under drought condition

WEI Xiao-rong[1], HAO Ming-de[2], QIU Li-ping[1], HAO Jian-ting[3]

(1 *College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;

2 *Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Institute of Soil and Water Conservation, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;

3 *Shaanxi Water Resources and Hydropower Company, Xianyang, Shaanxi* 712000, *China*)

Abstract: An experiment was conducted in greenhouse to study the effects of zinc fertilizer on maize growth and photosynthetic pigments. The application of zinc improved the growth of maize in water sufficient and drought conditions. Under drought condition, the maize height, dry shoot weight and dry root weight were increased 10.9%, 26.1% and 51.5% in zinc treatments, compared with no zinc treatments, respectively. Under water sufficient condition, the increase of above growth indexes were 9.4%, 8.0% and 26.0% in zinc treatments. No matter in water sufficient or drought conditions, the application of zinc increased Chla, Chlb and Chlt with 18.6% and 7.0%; 13.8% and 8.0%; 13.8% and 7.5% respectively. In addition, the results of correlation analysis between maize growth indexes and photosynthetic pigment contents in maize leaves suggests that the latter influences the former greatly. The decrease of photosynthetic pigment contents would cause the differences in photosynthetic response, and hence lead to the decrease of yield.

Key words: drought; zinc fertilizer; maize growth; photosynthetic pigments

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net