

自然干旱条件下叶面喷施 Zn、Mo 肥对玉米光合特性的影响

孙君艳, 李淑梅, 张 淮, 仝胜利, 王付娟

(信阳农林学院, 河南 信阳 464000)

摘 要:以玉米为研究对象, 设置 4 个处理: 处理①喷施清水(对照)、处理②喷 Zn 肥(2%)、处理③喷 Mo 肥(2%)、处理④喷 Zn+Mo 肥(2%+2%)。研究了在自然干旱条件下, 叶面喷施 Zn、Mo 肥对玉米叶绿素含量、叶片相对含水量和光合特性等的影响。结果表明: 4 个处理玉米叶片的叶绿素含量表现为先上升后下降的趋势, 但处理②③④的叶绿素含量在各个时期均显著高于对照, 截止到 7 月 29 日对照叶片叶绿素含量降至 46.54 mg/g, 处理②③④的叶绿素含量比对照高 10.03%、11.10%、10.27%, 可见, 喷施 Zn 肥、Mo 肥、Zn+Mo 肥可提高作物的抗旱性, 减轻干旱伤害; 4 个处理的叶片相对含水量在自然干旱条件下, 从拔节期(7 月 22 日)~大喇叭口期(7 月 29 日)表现下降趋势, 处理②③④和对照差异显著, 在大喇叭口期(7 月 29 日)处理①叶片含水量为 63.43%, 而处理②③④分别比对照高 12.14%、14.25%、15.10%; 8 月 11 日降雨后, 4 个处理的叶片含水量上升但差异不显著; 随着气温升高, 自然干旱程度加剧, 4 个处理的叶片含水量开始下降, 差异显著, 但处理②③④的叶片相对含水量始终高于对照, 表明外施 Zn、Mo 肥可提高玉米叶片保水性, 增强玉米抗旱性; 同时也分析了在自然干旱条件下 4 个处理对玉米气体交换参数(气孔导度、蒸腾速率、光合速率)的影响, 结果表明: 从大喇叭口期~蜡熟期, 随气温升高, 气孔导度和蒸腾速率、光合速率均呈现先升高后降低的现象, 而细胞间 CO₂ 浓度则表现先降低后升高。处理②③④在光合速率、蒸腾速率和气孔导度上差异不显著, 而和对照差异显著, 说明外施 Zn、Mo 肥具有延缓叶片衰老, 提高叶片光合特性的作用。

关键词:玉米; Zn; Mo; 叶绿素; 相对含水量; 光合特性

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)01-0009-05

Effect of Zinc and Mo Sprays on Photosynthetic Characteristics of Drought Stressed Maize

SUN Junyan, LI Shumei, ZHANG Huai, TONG Shengli, WANG Fujuan

(Xinyang Agricultural and Forestry College, Xinyang 464000, China)

Abstract: With maize as the material, four treatments were set in the experiment, i.e., I, spraying water (the control), II, spraying 2% Zn, III, spraying 2% Mo, and IV, spraying 2% Zn + 2% Mo. Effects of Zn and Mo sprays on chlorophyll content, leaf relative water content and photosynthetic characteristics of maize under natural drought conditions were studied. Results showed that maize leaf chlorophyll content of the four treatments increased at first and then decreased. Leaf chlorophyll content of II, III and IV treatments in each stage were significantly higher than that of the control. On July 29, leaf chlorophyll content decreased to 46.54 mg/g in the control, but they were 10.03%, 11.10% and 10.27% higher in II, III and IV treatments. Sprays of Zn, Mo, Zn + Mo improved crops' drought resistance and mitigate the damage. The relative water content in the leaves of four treatments under natural drought conditions decreased from jointing stage (July 22nd) to large bell stage (July 29th), and there were significant difference between the control and other treatments. At large bell stage (July 29th), leaf water content was 63.43% in the control, but they were 12.14%, 14.25% and 15.10% higher in II, III and IV treatments. On August 11, it rained. Leaf water content increased but the differences among treatments were not significant. With the lift of temperature, natural drought aggravating, leaf water content of four treatments began to decline, but they were significant higher in II, III and IV treatments than that of control. This indicated that the Zn, Mo sprays improved water

收稿日期: 2015-07-22

基金项目: 河南省科技厅攻关项目(113400410142)

作者简介: 孙君艳(1972-), 女, 副教授, 硕士, 从事作物栽培生理研究。

retention in maize leaf and enhanced the drought resistance of maize. At the same time, effect of four treatments on corn gas exchange parameters (stomatal conductance, transpiration rate, photosynthetic rate) was analyzed. The results showed that as air temperature rise from the big trumpet stage to dough stage stomatal degree (Gs), transpiration rate (Tr) and photosynthetic rate (Pn) increased at first and then decreased, whereas intercellular CO₂ concentration (Ci) decreased at first and then increased. Photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance II, III and IV treatments were not significant different with each other, but they were significant different with the control. This indicated that applied Zn and Mo fertilizer could delay leaf senescence, and improved leaf photosynthetic characteristics.

Key words: Maize; Zn; Mo; Chlorophyll; Relative water content; Photosynthetic characteristics

水是限制我国农业生产发展的第一自然因素,特别是干旱和半干旱地区,发展节水农业是解决干旱障碍的主要途径之一。旱作农业的发展可以依靠抗旱品种和有效的栽培手段。国内外研究表明,合理施肥可在一定程度上提高作物的抗旱性^[1-2]。如何合理利用肥料,提高肥料利用率,使玉米既获得优质高产,又对环境和生态无不良的影响,是粮食生产面临的主要问题之一^[3]。玉米是我国主要的粮食作物之一,目前,国内外在玉米施肥上的研究主要集中在氮、磷、钾等大量元素和微量元素的施用对产量和品质的影响上^[4],而对于施用微量元素提高玉米抗性方面的研究较少。

锌是植物必需的微量元素之一,可增强植物的抗逆性,它可通过与膜脂中的硫基结合或与多肽链中的半胱氨酸残基形成四面体的配合物,从而能避免过氧化损伤^[5];而钼能提高植物氧化还原酶的活性,促进光合作用,促进碳水化合物的形成,参与硝酸盐还原反应,缺少钼就会降低植物组织硝酸还原能力^[6-7],降低抗逆性。

因而,本试验意欲通过在自然干旱条件下,对玉米叶片喷施微肥(锌、钼),研究微量元素对玉米抗旱性生理效应的影响,为玉米抗旱高产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料及设计

试验于2013年在信阳农林学院试验园区进行,土壤为砂壤土,肥力中上等,pH7.23,全氮1.26 g/kg,土壤有机质12.6 g/kg,碱解氮68.7 mg/kg,速效磷24.7 mg/kg,速效钾98.6 mg/kg。肥料采用三元缓释肥(“根动力”牌,N-P₂O₅-K₂O比例为25:18:12),整地时,按纯氮10 kg/666.7 m²施基肥(折合为缓释肥40 kg/666.7 m²),在拔节期按纯氮5 kg/

666.7 m²追肥(折合为缓释肥20 kg/666.7 m²)。

供试玉米品种为郑单958,2013年6月18日播种,小区面积4.8 m×6 m,8行区,行距60 cm,株距26 cm,密度4200株/666.7 m²。设置4个处理,处理①喷清水(对照),处理②喷施锌肥(Zn,2%),处理③施钼肥(Mo,2%),处理④锌钼配施(Zn+Mo,2%+2%),随机区组排列,重复3次,用ZnSO₄·7H₂O和(NH₄)₆Mo₇O₂₄·7H₂O配成溶液,在玉米拔节期间7月3日和8日,分2次对处理②③④叶面进行喷肥处理,对照处理①喷清水。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 光合生理指标的测定

在7月28日(玉米大喇叭口期),8月16日(抽穗期),8月29日(灌浆期)(选择晴朗无风的天气),在10:00~11:30利用Li-6400便携式光合测定仪,对玉米叶片的光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、细胞间CO₂浓度(Ci)等指标进行测定。每次每处理选择5株,测定穗位叶,每个叶片连续读取5个数据。

1.2.2 叶绿素含量的测定

从7月16日~9月20日每隔6 d,随机取各个处理的穗位叶片,用丙酮浸提后比色法测量各处理叶片的叶绿素值。

1.2.3 叶片相对含水量

定期随机取玉米各处理,剪取玉米倒三叶,称量鲜重(初始鲜重)后迅速将剪口处插入蒸馏水中浸泡5~6 h后,从水中取出,擦拭掉叶片表面多余水分并称取饱和鲜重。经105℃,30 min杀青后,75℃下烘到恒重,称重(干重)并计算叶片相对含水量。

叶片含水量(%)=[(初始鲜重-干重)/初始鲜重]×100%

叶片相对含水量(%)=[(初始鲜重-干重)/(饱和鲜重-干重)]×100%

1.3 统计分析方法

利用 EXCEL 和 DPS7.05 软件对试验数据进行分析 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施锌、钼肥对玉米叶绿素含量的影响

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^[8]。自然条件下不同微肥处理对玉米叶绿素含量的影响如图 1 所示。叶绿素含量的变化趋势基本一致,即随着生育进程呈现先减少后增大再减少的变化趋势,这与玉米各生育期叶片生理活动的强弱及叶片衰老进程有关。处理②③④三个处理间变化基本一致,各个时期变化无显著差异,但与对照相比,可以发现处理②③④各个时期的叶绿素含量均显著高于对照 ($P < 0.05$)。拔节期(7月16日)、大喇叭口期(7月29日)、抽穗期(8月10日)、灌浆期(8月19日)、蜡熟期(9月6日)、完熟期(9月20日)处理②比对照高 5.47%、10.03%、7.0%、7.94%、9.19%、12.69%;处理③比对照分别高 5.04%、11.10%、7.08%、8.42%、8.37%、14.56%;处理④比对照分别高 4.74%、10.27%、7.78%、8.48%、8.74%、15.81%;说明在相同的自然干旱条件下不同微肥处理可显著提高叶片叶绿素含量,增强光合作用,延缓叶片衰老,从而增加干物质积累,提高作物产量。

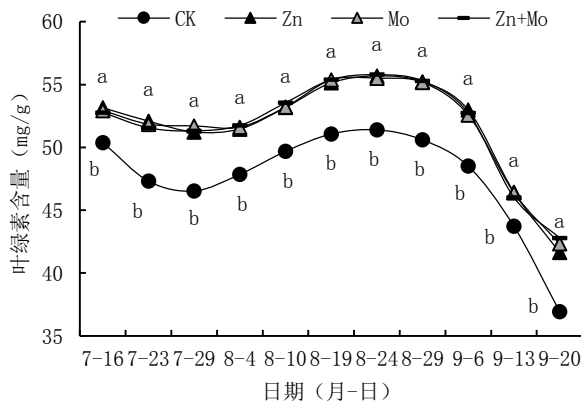


图 1 不同处理对玉米叶片叶绿素含量的影响

注:不同小写字母表示同一处理不同时间在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,下同

2.2 叶面喷施锌、钼肥对叶片相对含水量的影响

植物叶片含水量及水分组成的变化是反映植物抗旱能力的重要指标,如图 2 所示。从拔节期~蜡熟期,处理②③④和对照的叶片相对含水量变化趋势一致,都呈现先下降后上升再下降再上升的

变化趋势。处理②③④在这个时期内叶片相对含水量无显著性差异 ($P < 0.05$),但与对照相比在 8 月 11 日前差异显著,7 月 22 日(大喇叭口期),7 月 29 日(抽穗期),处理②③④和对照的叶片含水量均呈下降趋势,7 月 29 日下降至最低,分别为 71.13%、72.47%、73.01%、63.43%,此时对照部分表现为缺水,处理②③④生长良好;7 月 29 日后叶片相对含水量上升,8 月 5 日(开花)处理②③④和对照的叶片含水量分别为 82.35%、82.61%、83.12%、71.06%,这是因为玉米叶片因缺水使其自身饱和含水量低,导致叶片相对含水量上升;8 月 11 日开始降雨,持续 2 d,至 8 月 12 日、8 月 19 日,4 个处理差异不显著,8 月 19 日处理②③④和对照的叶片含水量分别为 86.35%、87.40%、87.68%、84.12%;但从 8 月 19 日后,即灌浆期(8 月 19 日、8 月 26 日、8 月 29 日)4 个处理的叶片相对含水量呈下降趋势,8 月 29 日处理②③④和对照的叶片相对含水量均降至最低,分别为 68.46%、66.3%、68.16%、61.24%,主要因为在 8 月 19 日后,气温上升、天气干旱,导致 4 个处理叶片相对含水量下降,处理间差异显著;8 月 29 日后叶片相对含水量开始上升,但处理②③④的叶片相对含水量始终比对照高,且差异显著,是因为玉米叶片开始衰老,使其自身饱和含水量低,吸水、持水能力下降,导致叶片相对含水量上升,但处理和对照间差异依然显著。由此可见,自然干旱条件下不同微肥处理的玉米叶片比未施肥的玉米叶片保水能力强,抗旱能力提高。

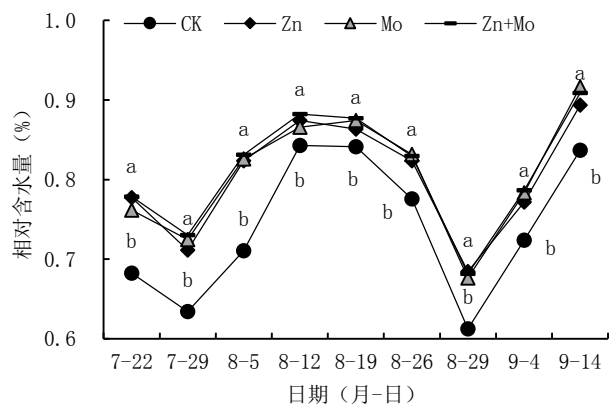


图 2 不同处理对玉米叶片相对含水量的影响

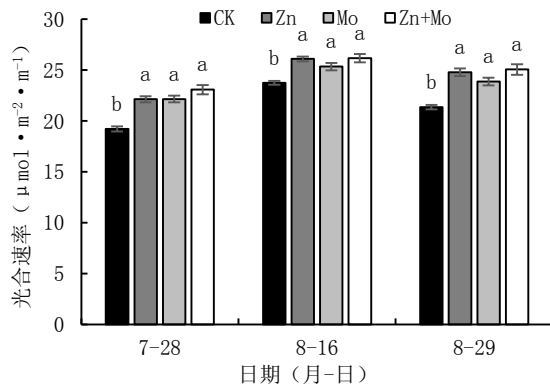
2.3 叶面喷施锌、钼肥对叶片光合生态生理指标的影响

玉米叶面喷施锌、钼肥对叶片的气孔导度、蒸腾速率、细胞间 CO_2 浓度和光合速率等光合生态生理指标的影响见图 3,气孔导度表示的是气孔

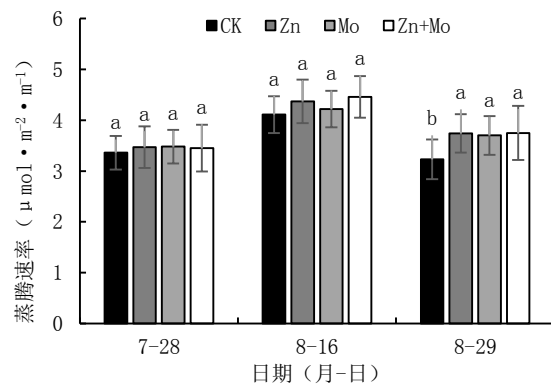
开张的程度,它对作物的光合作用、呼吸作用及蒸腾作用具有一定的影响^[9],如图3的A、B、C、D所示,气孔导度和蒸腾速率、光合速率均呈现先升高后降低的现象,而细胞间CO₂浓度则表现先降低后升高。处理②③④在光合速率、蒸腾速率和气孔导度上差异不显著,而和对照差异显著。从大喇叭口期~灌浆期,处理②的光合速率比对照高15.2%、9.89%、16.05%;处理③的光合速率比对照高15.36%、6.69%、11.70%;处理④的光合速率比对照高20.1%、10.23%、17.27%,差异显著;在7月28日处理②③④的蒸腾速率分别比对照高6.44%,6.74%,5.82%,差异显著。从大喇叭口期~灌浆期,玉米细胞间CO₂浓度在不同时期处理②③④比对照低,在7月28日处理②③④比对照分别低16.02%、15.39%、20.42%;在8月16日处理②③④比对照分别低16.25%、15.94%、16.87%;在8月29

日处理②③④比对照分别低10.96%、10.68%、17.3%,处理②③④和对照差异显著。

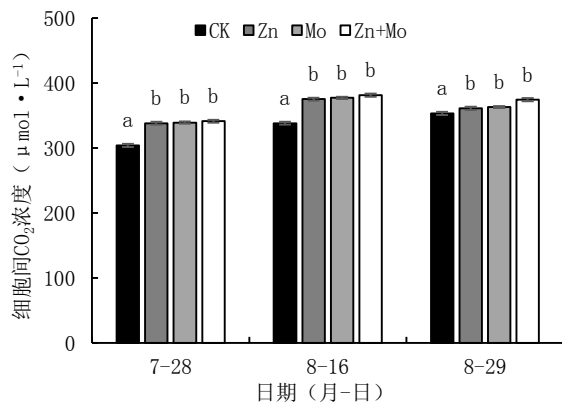
产生上述结果的原因是气孔控制叶片内外水蒸气和二氧化碳扩散的必经之路^[7]。在7月份天气干旱高温,导致气孔开度较小甚至关闭,蒸腾速率下降,光合作用过程中对CO₂利用率降低,细胞间CO₂浓度升高^[10]。8月11日的连续降雨,使供水充足,同时伴随温度升高,光照强度增强,而光照是调节气孔运动的主要信号,则气孔开度增大,促进叶片的光合作用,增强了对CO₂的吸收和同化,导致细胞间CO₂浓度下降,随后进入干旱高温期,气孔开度受到限制,则光合速率、蒸腾速率均表现下降,细胞间CO₂浓度升高^[11]。因此,在自然干旱情况下,由于光合作用受到影响,导致玉米抽穗~灌浆期间,水分成为玉米高产的主要限制因子。



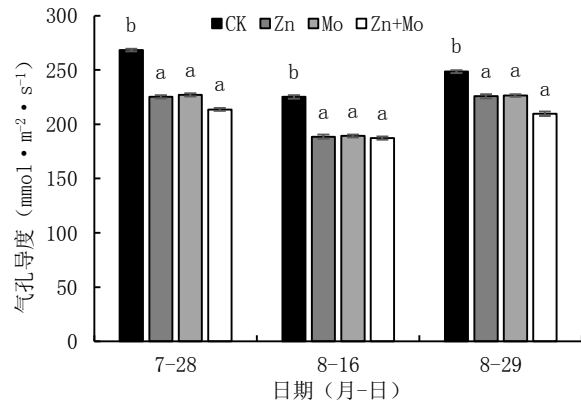
图A 不同微肥处理对玉米光合速率的影响



图B 不同微肥处理对玉米蒸腾速率的影响



图C 不同微肥处理对细胞间CO₂浓度的影响



图D 不同微肥处理对气孔导度的影响

图3 不同处理对玉米叶片光合生态生理指标的影响

3 结论与讨论

作物抗旱能力的高低与其叶片功能期的长短有直接关系,延缓叶片衰老,提高或延长叶片光合作用强度和时问,是目前进行抗旱栽培的主要方法和手段^[12-13]。本次试验分析结果如下。

一方面叶面喷施锌、钼肥后,叶绿素含量、叶片相对含水量与对照相比显著提高,特别是从蜡熟期~完熟期(9月6日~9月24日),对照(9月20日)叶片已开始发黄,而处理②③④却保持绿色,处理②③④叶绿素含量比对照高12.69%、14.56%、15.81%。

另一方面,叶面喷施锌、钼肥对气孔导度、蒸腾速率、细胞间 CO₂ 浓度和光合速率等参数也产生影响,喷施锌、钼肥后,功能叶片(棒三叶)在7月28日~8月29日(大喇叭口期~灌浆期)的气孔导度、蒸腾速率和光合速率参数均显著高于对照,分析原因主要由于锌是植物生长发育所必需的微量元素,是某些酶的组分或活化剂,参与光合作用中 CO₂ 的水合作用,促进蛋白质代谢^[14-15],能促进抗氧化酶合成及生殖器官发育,对提高作物抗逆性方面具有一定作用,而钼是无机磷转化成有机磷所必需的元素,是硝酸还原酶的组成元素之一,直接参与还原反应,避免作物过氧化损伤^[6];因此,叶面喷施 Zn、Mo 肥后,可在一定程度上缓解干旱伤害,延缓作物叶片衰老,提高作物在自然干旱条件下的抗旱能力。

本次试验结果也反映了不同微肥处理间对玉米叶绿素含量、叶片相对含水量、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)和光合速率(Pn)的影响差异不显著,说明锌肥和钼肥之间无互作累加效应,但微肥处理与对照相比,各项生理指标差异显著,说明微肥处理确能有效增强玉米的抗旱性、提高叶片的保水性。

同时比较不同微肥处理,可以看出单独施用 Zn、Mo 肥没有 Zn+Mo 配施效果好,在9月20日处理④叶绿素含量达到 42.78 mg/g,处理②的叶绿素含量达到 41.63 mg/g,处理③的叶绿素含量达到 42.32 mg/g,由此说明在后期 Zn、Mo 配施在延缓作物营养器官的衰老,增强光合作用方面比单独施 Zn、Mo 肥效果好。

综上,玉米抗旱性生产的开展,营养元素的均衡配施是必不可少的,本试验仅仅研究了钼肥与锌肥配施,而没有涉及与其他元素配施效应的研究,这将是我们的下一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 周曙东,周文魁,林光华,等.未来气候变化对我国粮食安全的影响[J].南京农业大学学报(社会科学版),2013,13(1):56-65.
- [2] 徐 联.干旱对我国农业的影响及应对措施[J].广东农业科学,2011(12):201-203.
- [3] 王孝忠,田 娣,邹春琴.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.
- [4] 闫孝贡,武 巍,陈 颖.玉米施用中微量元素肥料效果的研究[J].吉林农业科学,2007,32(2):33-35.
- [5] 倪卫东,成少华,迟金和,等.玉米种植过程中缺锌症状及其防治措施[J].现代农业科技,2014,2(1):94-95.
- [6] 徐根娣,刘 鹏,任玲玲.钼在植物体内生理功能的研究综述[J].浙江师范大学学报(自然科学版),2001,24(3):292-297.
- [7] 胡承孝,王运华,魏文学.植物钼营养与施用钼肥研究进展[J].华中农业大学学报,1999(28):241-246.
- [8] 丛 雪,齐 华,孟凡超,等.干旱胁迫对玉米叶绿素荧光参数及质膜透性的影响[J].华北农学报,2010,25(5):141-144.
- [9] 张仁和,郑友军,马国胜,等.干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响[J].生态学报,2011,31(5):1303-1311.
- [10] 张仁和,薛吉全,浦 军,等.干旱胁迫对玉米苗期植株生长和光合特性的影响[J].作物学报,2011,37(3):521-528.
- [11] 周海燕,赵世杰,孟庆伟.高等植物光系统 II 对高温的响应[J].生物技术通报,2006,184(5):8-12.
- [12] 卜令铎,张仁和,常 宇,等.苗期玉米叶片光合特性对水分胁迫的响应[J].生态学报,2010,30(5):1184-1191.
- [13] 谭 静,杨峻芸,陈洪梅.抗旱玉米育种研究[J].西南农业学报,2004,17(2):388-392.
- [14] 蔡鑫鑫,杨克军,王玉凤,等.锌肥对寒地春玉米生理生化指标的影响[J].耕作与栽培,2013,5(1):13-15.
- [15] 李孟华,王朝辉,王建伟,等.低锌旱地施锌方式对小麦产量和锌利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1346-1355.

(责任编辑:范杰英)