

不同耐旱性玉米初生根和次生根中 铁、锰、铜、锌、钠含量分析

宋凤斌¹刘胜群¹,童淑媛^{1,2},徐洪文^{1,2},朱先灿^{1,2},周璇^{1,2}

(1.中国科学院东北地理与农业生态研究所,吉林长春 130012; 2.中国科学院研究生院,北京 100039)

摘要:以生长于田间的玉米掖单13(耐旱性玉米)和丹玉13(不耐旱性玉米)为试验材料,应用ICP对供试玉米的初生根和第一、二、三、四、五、六、七、八和第九层次生根的铁、锰、铜、锌和钠元素含量等项指标进行了测定和比较分析。结果表明:除个别根外,耐旱性玉米不同类型根中的铜含量极显著高于不耐旱性玉米根系($P < 0.01$);根中的锰元素含量和锌元素含量极显著高于不耐旱性玉米根系($P < 0.05$);根系中铁元素含量和根系中的钠元素含量在两品种玉米根系之间差异未达显著水平($P > 0.05$)。

关键词:玉米;根系;初生根;次生根;微量元素含量;耐旱性

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0169-04

根系是作物吸收水分和养分的重要器官,是作物一生中感受环境最敏感、调节能力最强的生长发育调节中心,特别是对逆境下植物的适应性生存尤为重要^[1~3]。玉米对干旱胁迫较敏感,随着干旱化的加重,干旱对玉米产量的威胁也越来越严重^[4]。在生产实践中,应用种植耐旱品种的方法来减少干旱的威胁已成为很有效的手段^[5],显然,玉米耐旱品种在农业生产中占有重要位置。玉米耐旱性研究已愈来愈引起人们的重视。根系作为在土壤—植物—大气间的水分循环过程中最关键的部分之一,与玉米耐旱能力存在着十分密切的关系^[6]。因此,在玉米的耐旱性方面,根系所起的作用是不容忽视的。微量元素是作物营养物质的重要组成部分,虽然其含量甚微,却是不可缺少和相互取代的,特别是它在调节植物体内各种生理生化过程及酶的活动中所起的作用是相当重要的^[7]。研究不同耐旱性玉米根中微量元素的含量差异对于明确不同耐旱性玉米的耐旱能力差异的成因是必要的。为此,本研究测定田间生长的不同耐旱性玉米不同类型根中所含铁、锰、铜、锌和钠等元素含量,分析其数量差异,了解在正常供水条件下这几种元素在体内的分布状况,可以以此了解这些元素在玉米耐旱性形成中的可能作用,为进一步研究耐旱生理提供理论依据,并可为耐旱育种提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料及取样方法

供试玉米为耐旱性品种“掖单13”(文中简称YD-13)和不耐旱性品种“丹玉13”(文中简称DY-13)(已经过耐旱性鉴定^[8])。试验在位于吉林省德惠市的中国科学院东北地理与农业生态研究所试验示范基地实施。供试土壤为黑土,0~20 cm耕层土壤有机质含量为26.9 g/kg,全氮1.21 g/kg,全磷1.06 g/kg,全钾16.87 g/kg,速效氮118.8 mg/kg,速效磷18.0 mg/kg,速效钾111.0 mg/kg,土壤容重1.12 g/cm³,pH 6.6。大田试验均按60 cm×30 cm的行株距种植,行长5 m,小区面积为15 m²,3次重复。施肥量为N 457 kg/hm²,P₂O₅ 145 kg/hm²,K₂O 60 kg/hm²。2005年于4月28日播种,9月28日收获。播种、田间管理等一切农事活动与当地大田生产相同。于拔节期取初生根和第1、第2层次生根,于灌浆期取第3层至第9层次生根。采用挖掘法于大田取样。取样时,沿着每条根的走势,用镊子和小铲逐渐将每条根周围的土拨开,顺着根在土壤中的走向逐渐进入深层土壤,直至露出根尖为止,将所得根按不同层次分开,带回实验室,经冲洗,晾干,称重。样品粉碎后,进行元素含量的测定。

1.2 测定方法

使用高频等离子发射光谱仪测定。仪器工作条

收稿日期:2009-09-18

基金项目:国家“863计划”项目(2006AA10Z227);国家“973计划”项目(2009CB118601)

作者简介:宋凤斌(1963—),男,吉林前郭人,博士生导师,研究员,从事作物生理生态与农业环境方面的研究。E-mail:songfb@neigae.ac.cn.

件为测定温度 20℃,湿度 45%。

测定仪器:ICP- 等离子发射光谱仪。

1.3 文中代号说明

玉米根系名称见图 1。如图 1 中所示,玉米的初生胚根文中用“P0”表示;初生不定根用“P1”表示;初生根用“P0 + P1”表示,次生根根据发生时间各层次生根分别称为“第一层次生根”(文中用“P2”表示),第二层次生根(文中用“P3”表示)……,余类推。

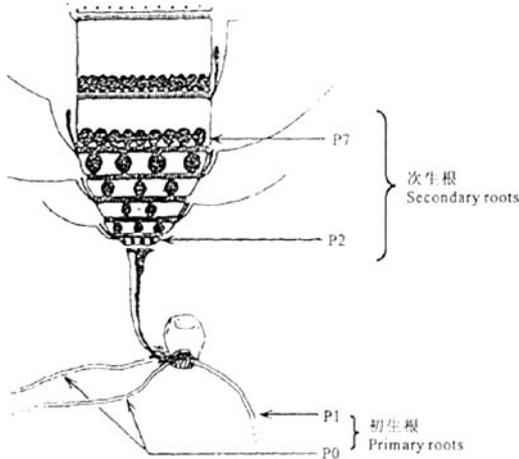


图 1 玉米根系名称示意图(引自 Girardian 等^[9])

Fig.1 Structure of the bottom part of a maize plant and nomenclature used for the root system(adapted from Girardian et al^[9])

1.4 数据分析

文中数据采用 SPSS13.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同耐旱品种玉米不同类型根干重比较

不同耐旱品种玉米不同类型根干重占总根干重的百分比(图 2)不同,耐旱品种玉米“掖单 13”不同类型根干重占总干根重的比率随着根的发生次序而逐渐增加,第九层次生根重占根总重最大,而不耐旱品种玉米“丹玉 13”最初也是随着根发生先后而逐渐增加,到第八层次生根达到最高值,第九层次生根略有下降。产生这种现象的原因由于根干重与根的长度、根直径、根数量等有关,经研究显示“丹玉 13”第九层次生根的根数量不及第八层次生根数量多(另文待发),“掖单 13”第九层次生根干重大于第八层次生根干重是因为“掖单 13”第九层次生根数量大于第八层次生根数量,且第九层次生根直径大于第八层次生根直径^[10]。

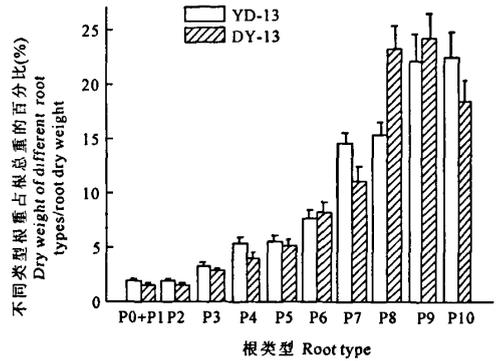


图 2 不同耐旱品种玉米不同类型根干重与总根干重的比率
Fig.2 Dry weight of different root types/root dry weight per plant between maize varieties with different resistance to drought

2.2 不同耐旱性玉米根系中铁元素含量比较

测定了不同耐旱品种玉米的初生根和第一层至第九层次生根中的铁元素含量(图 3)。结果显示,不同耐旱性玉米不同类型根中铁元素含量存在差异。耐旱性玉米“掖单 13”初生根中的 Fe 含量低于不耐旱性玉米“丹玉 13”。次生根中,“掖单 13”第一层至第五层次生根中的 Fe 含量均大于“丹玉 13”,二者平均相差 1 369.7 mg/kg,“掖单 13”第八层次生根中 Fe 含量也大于“丹玉 13”。“掖单 13”第六层、第七层和第九层次生根中 Fe 含量小于“丹玉 13”,二者平均相差 1 014.1 mg/kg。对不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中的 Fe 含量进行 t 检验,结果显示二者差异在统计学上未达显著水平($P > 0.05$)。

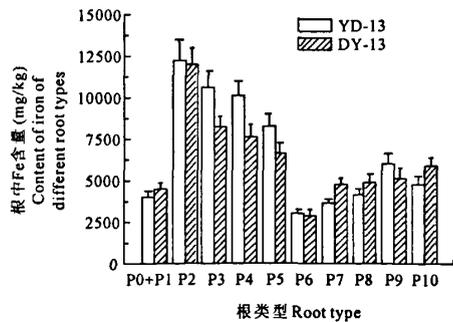


图 3 不同耐旱性玉米根系 Fe 含量

Fig.3 Content of iron of different root types between maize genotypes with different resistance to drought

2.3 不同耐旱性玉米根系中锰元素含量比较

不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中锰元素含量不同(图 4)。耐旱性玉米“掖单 13”初生根中 Mn 含量小于不耐旱性玉米“丹玉 13”,二

者相差 79.9 mg/kg。次生根中,除第六层次生根中“掖单 13”的 Mn 含量小于“丹玉 13”外,其余各层次生根中 Mn 含量均是“掖单 13”大于“丹玉 13”,二者的平均值相差 121.9 mg/kg。对不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中 Mn 元素含量进行 *t* 检验,结果显示不同耐旱性玉米根系,除第五层和第七层次生根外,其它根中 Mn 含量差异显著($P < 0.05$)。

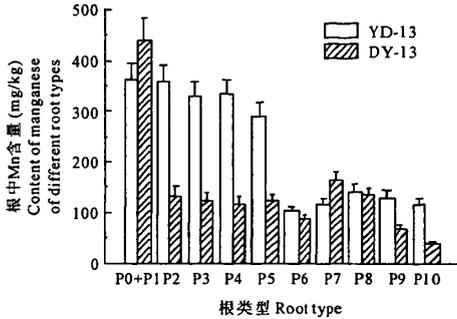


图4 不同耐旱性玉米根系 Mn 含量

Fig.4 Content of manganese of different root types between maize genotypes with different resistance to drought

2.4 不同耐旱性玉米根系中铜元素含量比较

不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中铜元素含量不同(图5)。经比较,耐旱性玉米“掖单 13”初生根中的 Cu 含量大于不耐旱性玉米“丹玉 13”,二者相差 11.23 mg/kg。“掖单 13”第一层至第九层次生根中 Cu 含量均大于“丹玉 13”,二者平均相差 6.29 mg/kg。对不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中 Cu 含量进行 *t* 检验,结果显示不同耐旱性玉米根中 Cu 含量差异极显著($P < 0.01$)

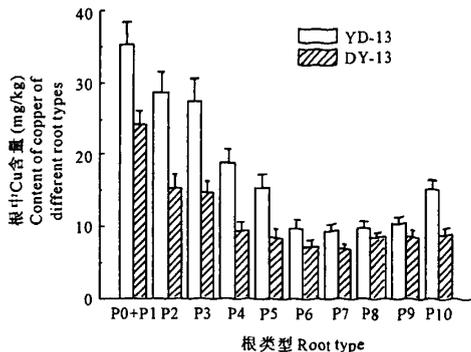


图5 不同耐旱性玉米根系 Cu 含量

Fig.5 Content of copper of different root types between maize genotypes with different resistance to drought

2.5 不同耐旱性玉米根系中锌元素含量比较

不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中锌元素含量不同(图6)。耐旱性玉米“掖单 13”初生根中 Zn 含量大于不耐旱性玉米“丹玉 13”,二者相差 10.71 mg/kg。“掖单 13”除第五层和第六层次生根外,其余次生根中 Zn 含量均大于“丹玉 13”,二者平均值相差 8.4 mg/kg。“掖单 13”的第五层和第六层次生根中 Zn 含量小于“丹玉 13”,二者平均相差 2.26 mg/kg。对不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中 Zn 含量进行 *t* 检验,结果显示除第五层和第七层次生根外,不同耐旱性玉米根中 Zn 含量差异显著($P < 0.05$)。

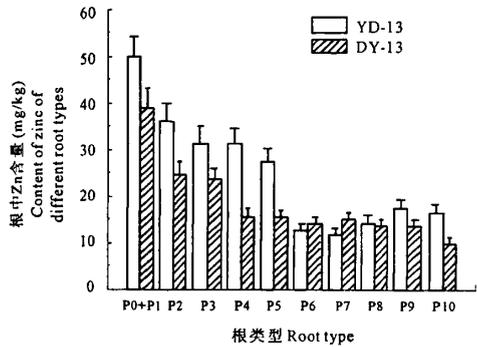


图6 不同耐旱性玉米根系 Zn 含量

Fig.6 Content of zinc of different root types between maize genotypes with different resistance to drought

2.6 不同耐旱性玉米根系中有钠含量比较

不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中的钠元素含量不相同(图7)。

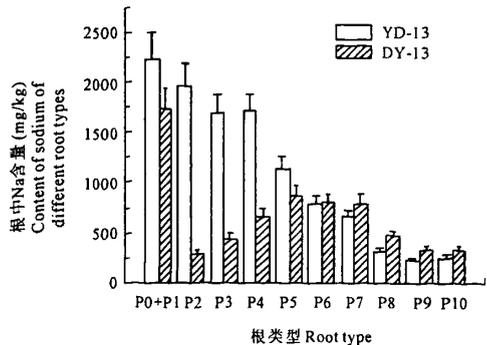


图7 不同耐旱性玉米根系 Na 含量

Fig.7 Content of sodium of different root types between maize genotypes with different resistance to drought

耐旱性玉米“掖单 13”初生根中 Na 含量大于不耐旱性玉米“丹玉 13”,二者相差 498 mg/kg。“掖单 13”第一层至第四层次生根中 Na 含量大于“丹玉

13",二者平均相差 1070 mg/kg,“掖单 13”第五层至第九层次生根中 Na 含量小于“丹玉 13”,二者平均相差 102 mg/kg。对不同耐旱性玉米初生根和第一层至第九层次生根中 Na 含量进行 *t* 检验,结果显示,不同耐旱性玉米根系中 Na 含量差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨 论

锰参与高等植物的光合反应,在氧化还原过程中起着重要的作用。它可调节酶活性,影响光合作用和氧气释放,参与蛋白质、碳水化合物和脂类代谢,影响细胞分裂和伸长。铜是生物生长的必需元素,通常在体内与酶结合后参与氧化还原反应。锌在高等植物中是多种不同类型酶的活性所必需的,或是起调节作用的元素,与蛋白质的形成和碳水化合物代谢有关。同时,锌是维持膜结构的完整性所必需的。本文测定结果显示,除个别根外,耐旱性玉米与不耐旱性玉米的初生根和各层次生根中的 Mn, Cu 和 Zn 的含量存在着显著或极显著差异。总体而言,耐旱性玉米与不耐旱性玉米相比较,其根中含有较高的 Mn, Cu 和 Zn。郭栋生等对不同抗旱品种小麦中锌研究结果显示,抗旱品种的冬小麦在正常条件下对锌的吸收量比不抗旱品种多^[11]。本文的研究结果与之相近。玉米对锌较敏感,在苗期和生长前期,植株易遭缺锌胁迫,出现缺锌症状:叶片失绿、坏死,茎短簇。干旱胁迫下,玉米植株锌吸收总量下降,锌向地上部运输也随之减少。研究显示,干旱条件下,施锌对玉米植株体内水分生理代谢有一定的调节作用^[12],可以显著促进玉米植株生物量。也有试验结果显示,叶面喷施 $ZnSO_4$,可以改善小麦水分状况,提高小麦叶片相对含水量^[13,14],进而提高植株的耐旱能力。魏孝荣等的试验结果表明,施用锰肥可以部分补偿干旱胁迫对玉米光合作用的影响,促进光合作用,进而提高植株的耐旱能力^[15]。但铜元素在根中含量的多少是否与玉米的耐旱能力有关未见报道,还需要进一步研究。

玉米对干旱胁迫的耐受性反应是一个非常复杂的生理生化过程,其形态结构的变化与生理指标的变化等都是紧密联系在一起的,是综合性的反应,其确切的耐旱机理还有待于进一步的研究。

参 考 文 献:

- [1] 杨青华,高尔明,马新明.砂姜黑土玉米根系生长发育动态研究[J].作物学报,2000,26(5):587—593.
- [2] 郭玉江,戴俊英,顾慰连.玉米根系的生长规律及其与产量关系的研究 I.玉米根系生长和吸收能力与地上部分的关系[J].作物学报,1988,14(12):149—154.
- [3] 李潮海,李胜利,王 群,等.不同质地土壤对玉米根系生长动态的影响[J].中国农业科学,2004,37(9):1334—1340.
- [4] 王晓琴,袁继超,熊庆娥,等.玉米抗旱性研究的现状及展望[J].玉米科学,2002,10(1):57—60.
- [5] 王春虎,陈士林,赵新亮,等.玉米不同品种幼苗期根水势测定及其抗旱性鉴定[J].河南职业技术学院学报,2004,32(2):9—11.
- [6] Tuberosa R, Sanguineti M C, Landi P, et al. Identification of QTLs for root characteristics in maize grown in hydroponics and analysis of their overlap with QTLs for grain yield in the field at two regimes[J]. Plant Molecular Biology, 2002,48:697—712.
- [7] 牟金明,王明辉.作物根茬留田对土壤有效微量元素动态的影响[J].吉林农业科学,1998,(1):59—61.
- [8] 宋凤斌.玉米生殖器官旱害机理及抗旱应变措施的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,1996.
- [9] Girardin P, Jordan M O, Picard D, et al. Harmonisation des notations concernant la description morphologique d'un pied de maïs (*Zea mays* L.)[J]. Agronomie, 1986,6:873—875.
- [10] 刘胜群,宋凤斌.不同耐旱性玉米根系解剖结构比较研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):86—91.
- [11] 郭栋生,郭晋风,袁小瑛.锌对冬小麦抗旱性的影响及其机理的研究[J].山西大学学报(自然科学版),1992,15(1):91—98.
- [12] 汪 洪,金继运,周 卫.不同土壤水分供应与施锌对玉米水分代谢的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(4):367—373.
- [13] 殷志明.锌和有机酸对小麦灌浆期抗旱抗热性改良的生物学效应[J].山西农业科学,1990,(3):6—8.
- [14] 段光明.锌对小麦抗旱抗热性的保护机制[J].山西大学学报(自然科学版),1993,16(2):213—216.
- [15] 魏孝荣,郝明德,邵明安.土壤干旱条件下锰肥对夏玉米光合特性的影响[J].土壤学报,2006,43(5):800—807.

(英文摘要下转第 176 页)

- 957—970.
- [7] Uemura M, Steponkus P L. A contrast of the plasma membrane lipid composition of oat and rye leaves in relation to freezing tolerance[J]. *Plant Physiol*, 1994, 104:479—496.
- [8] 盛瑞艳, 李鹏民, 薛国希. 氯化胆碱对低温弱光下黄瓜幼苗叶片细胞膜和光合机构的保护作用[J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2006, 32(1):87—93.
- [9] 季玉龙, 刘世名, 陈靠山. 氯化胆碱对小麦幼苗叶片在渗透胁迫下的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2002, 20(3):57—60.
- [10] 张宪政. 植物叶绿素测定——丙酮乙醇混合液法[J]. *辽宁农业科学*, 1986, (3):26—28.
- [11] 冯玉龙, 冯志立, 曹坤芳. 砂仁叶片光破坏的防御[J]. *植物生理学报*, 2001, 27(6):483—488.
- [12] Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer[J]. *Photosyn Res*, 1986, 10:51—62.
- [13] Bilger W, Björkman O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in *Hedera canariensis*[J]. *Photosyn Res*, 1990, 25:173—185.
- [14] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. *植物学通报*, 1999, 16(4):444—448.

Alleviation of choline chloride on damage of chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in wheat seedlings under drought stress

CHEN Xue, XU Jian-ming*, CHEN E, TAN Qing, ZHOU Xiao

(*Jiangsu Key Laboratory of Eco-Agricultural Biotechnology Around Hongze Lake, Huaiyin Normal University, Huai'an, Jiangsu 223300, China*)

Abstract: The effects of choline chloride (CC) on chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters (F_o , F_m , F_v , F_o' , F_m' , F_v' , qP , ETR and NPQ) on wheat (*Triticum aestivum* L. Huaimai 21) seedlings were studied after treatments with different concentrations (0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/L) under drought stress. The results showed that the content of chlorophyll a and content of chlorophyll were obviously increased by 83.46% and 81.74% respectively after spraying choline chloride (CC) with 300 mg/L concentration in wheat seedlings under drought stress. Also the chlorophyll fluorescence parameters (F_o' , F_m' , F_v' , F_v'/F_m' , qP , ETR and $\Phi PS II$) were maintained higher than CK. It was suggested that there would be an alleviation of choline chloride on damage of chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in wheat seedlings under drought stress.

Keywords: wheat seedling; choline chloride; drought stress; chlorophyll fluorescence parameter; chlorophyll

(上接第 172 页)

Analysis of the iron, manganese, copper, zinc and sodium of root system between maize genotypes differing in drought tolerance

SONG Feng-bin¹, LIU Sheng-qun¹, TONG Shu-yuan^{1,2}, XU Hong-wen^{1,2}, ZHU Xian-can^{1,2}, ZHOU Xuan^{1,2}

(1. *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China*;

2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*)

Abstract: The primary roots and the first to ninth layers of secondary roots of two maize genotypes of Yedan - 13 (drought tolerance) and Danyu - 13 (non-drought tolerance) with different tolerance to drought in the field condition were investigated to study their content of iron, manganese, copper, zinc and sodium by ICP. The results showed that the content of copper of Yedan - 13 was higher than that of Danyu - 13 at extremely significant difference level ($P < 0.01$). And the content of manganese and zinc of Yedan - 13 was also significantly higher than that of Danyu - 13 ($P < 0.05$). However, there were no significant differences in the content of iron and sodium of root between the two genotypes ($P > 0.05$).

Keywords: maize; root system; primary root; secondary root; trace element content; tolerance to drought