

# 缺锰胁迫对不同基因型小麦生理效应的研究

台 萃,武泰存,王景安

(天津师范大学 化学与生命科学学院,天津 300074)

**摘要:**通过溶液培养的方法,以京冬8号、临远7069为材料,研究了缺锰胁迫对不同小麦品种生长及生理生化指标的影响。结果表明,当供锰浓度为 $0.001\text{ }\mu\text{mol/L}$ 时对两品种茎叶干重影响明显不同,京冬8号显著降低,而临远7069却显著升高;两品种在完全缺锰时的叶绿素含量均比低锰时显著升高;缺锰、低锰抑制了京冬8号 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的吸收,但对临远7069无显著影响;缺锰胁迫对两品种的碳氮代谢影响各不相同,对临远7069的影响主要是抑制糖合成氨基酸的过程,对京冬8号的影响主要是抑制氨基酸合成蛋白质的过程。

**关键词:**缺Mn胁迫;小麦;生理效应

**中图分类号:**Q945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2004)02-0053-04

## Studies of Mn Deficiency on Some Physiological Effects of Wheat Genotypes

TAI Cui, WU Tai-cun, WANG Jing-an

(College of Chemistry and Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

**Abstract:** In the method of water culture, the effects of Mn deficiency on indexes of physiology and biochemistry of two different genotypic wheat species, i. e. Jingdong 8 and Linyuan 7069, were studied. When the density of Mn is  $0.001\text{ }\mu\text{mol/L}$ , the effect on the dry weight of stem and leave is significant; that is, dry weight of stem and leave of Jingdong 8 is decreased clearly whereas that of Linyuan 7069 is increased obviously. The content of chlorophyll is more when Mn is completely deficient than Mn is low. Mn deficiency significantly inhibits the absorbability of  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  for Jingdong 8, but it is not obvious for Linyuan 7069. It is different between the species that the effect of Mn deficiency on the metabolism of carbohydrate, amino acid and protein. For Linyuan 7069, Mn deficiency mostly inhibits the synthesis of amino acid. However, for Jingdong 8, Mn deficiency mainly inhibits the synthesis of protein.

**Key words:** Mn deficiency; Wheat; Physiological effect

锰是植物生长所必需的微量元素,在植物的光合过程和氮代谢中起着极其重要的作用。它是许多重要酶的激活物,同时也是光合作用中水解酶的一个基本组分<sup>[1]</sup>,因此缺锰会直接影响植物的光合作用和地上部干物质积累。我国土壤含锰量平均为 $710\text{ mg/kg}$ ,世界土壤含锰量平均为 $850\text{ mg/kg}$ <sup>[2]</sup>。20世纪80年代以来,四川、浙江、河北、云南等地相继发现大面积小麦缺锰症<sup>[3]</sup>,小麦缺锰的主要表现是生长缓慢,根系不发达,植株矮小,穗短,粒轻而

瘪,减产严重<sup>[4]</sup>。目前国内有关研究主要集中在水稻耐低磷、低钾品种,水稻、大豆耐盐品种,小麦、玉米耐铝、耐锌品种上<sup>[5]</sup>,对小麦在缺锰胁迫下的生理生化研究还未见详细的研究报道。本文的主要研究目的在于探讨缺锰胁迫下小麦的叶绿素、硝态氮、可溶性糖、氨基酸、可溶性蛋白等生化指标的变化趋势,这对于我们了解小麦的缺锰胁迫机制,筛选和培育耐缺锰的高产品种都具有十分重要的理论和实践意义。

收稿日期:2003-08-10

作者简介:台 萃(1978-),女,辽宁抚顺人,在读硕士,主要从事植物抗逆性基因的发掘与利用研究,王景安为通讯作者。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

本试验以京冬8号、临远7069两个不同基因型小麦为供试材料,由南开大学生物系提供。

### 1.2 试验方法

选择饱满一致的小麦种子,浸种12 h后,放在垫有浸湿滤纸的烧杯中,并覆盖2层湿润的纱布,发芽后从中选择发芽一致的种子播于洗净的石英砂中,放在室温下发苗,6 d后去掉胚乳,用去离子水冲洗干净,移栽到盛有营养液的瓷盆中,每盆15株,每个处理浓度3盆,共45株。白天培养温度23~25℃,晚上为18~20℃。每5 d更换一次营养液,营养液(mol/L)配方为: $K_2SO_4$   $0.75 \times 10^{-3}$ ,  $MgSO_4$   $0.65 \times 10^{-3}$ ,  $KCl$   $0.1 \times 10^{-3}$ ,  $KH_2PO_4$   $0.25 \times 10^{-3}$ ,  $Ca(NO_3)_2$   $2 \times 10^{-3}$ ,  $H_3BO_3$   $1 \times 10^{-6}$ ,  $CuSO_4$   $1 \times 10^{-7}$ ,  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$   $5 \times 10^{-9}$ ,  $Fe-EDTA$   $1 \times 10^{-4}$ ,  $ZnSO_4$   $1 \times 10^{-6}$ 。Mn以 $MnSO_4$ 的形式供给,本试验共设5个 $Mn^{2+}$ 处理浓度:0, 0.001, 0.01, 0.1和1  $\mu mol/L$ 。营养液pH值用0.1 mol/L NaOH或HCl调到 $6.2 \pm 0.1$ ,用电动泵连续通气供氧。

培养至49 d时,分别取叶片中部测定叶绿素、 $NO_3^-$ -N、可溶性糖、氨基酸、可溶性蛋白质的含量,每项测定重复3次,每次取3株。培养到67 d时收获,分别测株高,烘干后测定总干物质量等。

### 1.3 测定方法<sup>[6]</sup>

利用水杨酸硝化法测定 $NO_3^-$ -N含量;蒽酮比色法测定可溶性糖含量;茚三酮显色法测定组织中的氨基酸含量;考马斯亮蓝G-250法测定可溶性蛋白质含量;通过乙醇-丙酮提取,分光光度法测定叶绿素含量。

### 1.4 统计方法

对所测得的数据均用SAS 8.2统计软件进行统计分析(SAS/STAT)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同供锰浓度对不同基因型小麦株高的影响

由表1可知,当供锰浓度降低到0.001和0  $\mu mol/L$ 时京冬8号株高显著降低,而同等供锰水平对临远7069的株高几乎没有影响。

### 2.2 不同供锰水平对不同基因型小麦生物产量的影响

由表2可知,除0.001  $\mu mol/L$ 浓度处理外,两

品种在低锰、缺锰时的茎叶干重与正常供锰相比均无显著差异。这说明0.001  $\mu mol/L$ 这一供锰浓度对两品种的茎叶生长影响较大,对于京冬8号,它的抑制作用比完全缺锰(0  $\mu mol/L$ )时更大,这与一定的低锌比缺锌对玉米危害更大<sup>[7]</sup>表现出了相同的规律;对于临远7069,在同量供锰浓度下茎叶干重显著高于京冬8号,这可能是由于临远7069对锰的要求较低之故,由此可看出,京冬8号比临远7069对缺锰更为敏感。

表1 不同Mn水平对不同基因型小麦株高的影响

品 种	供 Mn 浓度( $\mu mol/L$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬8号	53.5a	52.0a	49.13ab	45.42b	44.12b
临远7069	49.87a	50.2a	49.28a	49.37a	50.33a

注:表中数据为36株小麦的平均值。数字后不同字母表示同一品种不同供锰处理间差异显著( $p < 0.05$ ),下同

表2 不同Mn水平对不同基因型小麦茎叶干重的影响

品 种	供 Mn 浓度( $\mu mol/L$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬8号	1.401a	1.432a	1.305a	0.962b	1.361a
临远7069	2.526bc	1.972c	2.691b	3.558a	2.274bc

注:表内数据为5株小麦的合计值

### 2.3 不同供锰水平对不同基因型小麦叶绿素含量的影响

叶绿素对光能的吸收是植物进行光合作用过程的第一步,因此叶绿素含量在一定程度上可以反映植物光合作用的强弱<sup>[9]</sup>。表3表明,京冬8号所有低锰处理的叶绿素含量与正常供锰相比没有显著差异,而无锰处理均比有锰处理含量高。临远7069的叶绿素含量变化较大,正常供锰处理含量最低,供锰浓度减少到0.1  $\mu mol/L$ 时显著升高,而0.01和0.001  $\mu mol/L$ 处理虽然叶绿素含量有所下降,但与前者差异不显著,在0  $\mu mol/L$ 时达到最高。值得注意的是两个品种在低锰(0.01和0.001  $\mu mol/L$ )时的叶绿素含量均比完全缺锰(0  $\mu mol/L$ )时显著偏低,有关这一现象的机理正在研究之中。

表3 不同Mn水平对不同基因型

小麦叶绿素含量的影响

品 种	供 Mn 浓度( $\mu mol/L$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬8号	1.788ab	1.842ab	1.567b	1.515b	1.977a
临远7069	1.622c	1.834b	1.798bc	1.682bc	2.096a

## 2.4 不同供锰水平对不同基因型小麦 $\text{NO}_3^-$ -N 含量的影响

Mn 除了参与光合作用外,也参与氮代谢,尤其是硝酸盐的还原<sup>[8]</sup>。由表 4 可以看出,随供锰浓度的降低,京冬 8 号的  $\text{NO}_3^-$ -N 含量呈显著下降趋势,0.1  $\mu\text{mol/L}$  处理即开始显著降低,在完全缺锰时极显著低于正常供锰处理;但缺锰、低锰对临远 7069 的  $\text{NO}_3^-$ -N 含量影响不显著。缺锰胁迫下  $\text{NO}_3^-$ -N 含量变化可能有两个原因:影响了硝酸盐的还原,抑制了  $\text{NO}_3^-$ -N 的吸收。

表 4 不同 Mn 水平对不同基因型

小麦  $\text{NO}_3^-$ -N 含量的影响

$\mu\text{g/g}$

品 种	供 Mn 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬 8 号	3398.5a	3141.5b	3105.2b	3060.0b	2720.7c
临远 7069	3148.1a	3216.3a	3216.3a	2953.3a	3236.3a

## 2.5 不同供锰水平对不同基因型小麦可溶性糖含量的影响

糖类是植物光合作用的直接产物,也是植物体内其他有机物合成的原料,因此,可溶性糖含量可间接反映植物光合作用强弱及合成其他物质的能力<sup>[9]</sup>。

试验结果表明(表 5),随着供锰浓度的降低,京冬 8 号的糖含量没有显著变化。临远 7069 在供锰浓度为 0.01  $\mu\text{mol/L}$  和 0.001  $\mu\text{mol/L}$  时含糖量显著升高,但其叶绿素升高并不显著(表 3),这证明此供锰浓度下糖含量的升高可能是合成其他有机物受阻,导致可溶性糖积累造成的。在 0.1  $\mu\text{mol/L}$  和 0  $\mu\text{mol/L}$  处糖含量与正常供锰相比差异不显著,说明供给一定量的锰比完全不供锰对有机物的合成影响更大。

表 5 不同 Mn 水平对不同基因型小麦

可溶性糖含量的影响

$\mu\text{g/g}$

品 种	供 Mn 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬 8 号	5765.1a	6156.6a	5656.6a	6098.4a	6377.5a
临远 7069	3373.6bc	3024.8c	4079.1a	4280.6a	3528.7b

## 2.6 不同供锰水平对不同基因型小麦氨基酸含量的影响

作为代谢的中间产物氨基酸是由硝态氮还原成的氨与糖代谢产生的有机酸合成的,同时它又是合成蛋白质的原料,为植物的正常生长发育提供必要的物质基础。表 6 表明,京冬 8 号氨基酸含量在完全缺锰时显著升高,而该处理的糖含量与正常供锰

相比无显著差异(表 5), $\text{NO}_3^-$ -N 含量呈降低趋势(表 4),因此,完全缺锰时氨基酸含量的升高可能是由氨基酸合成蛋白质过程受阻所致。对于临远 7069 而言,氨基酸含量在 0.1  $\mu\text{mol/L}$  处理时最低,此后呈升高趋势,说明合成氨基酸过程确实受阻,而且这种阻碍作用在低锰时(0.01, 0.001  $\mu\text{mol/L}$ )达到最大,但在完全缺锰时最小,这说明供给一定的锰比完全缺锰对氨基酸合成的抑制作用更大。

表 6 不同 Mn 水平对不同基因型

小麦氨基酸含量的影响

$\text{mg/g}$

品 种	供 Mn 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬 8 号	0.173b	0.176b	0.178b	0.192ab	0.210a
临远 7069	0.177a	0.120c	0.144b	0.150b	0.156ab

## 2.7 不同供锰水平对不同基因型小麦可溶性蛋白含量的影响

表 7 表明,京冬 8 号各供锰处理的蛋白质含量差异不显著,只有 0.001  $\mu\text{mol/L}$  处理显著升高,但其地上干重却显著降低(表 2),说明此处理蛋白质含量的升高是生长受抑引起的浓缩作用所致;在完全缺锰时其氨基酸含量显著升高(表 6),但蛋白质含量与正常供锰相比无显著差异,说明京冬 8 号在此供锰浓度下氨基酸合成蛋白质过程受阻,这与前面在氨基酸含量中的讨论结果是一致的。临远 7069 在完全缺锰时氨基酸合成蛋白质过程受阻,但经计算发现完全缺锰时对京冬 8 号蛋白质合成的阻碍作用比对临远 7069 大得多。值得注意的是 0.001  $\mu\text{mol/L}$  供锰处理中,临远 7069 蛋白质含量显著降低,其地上干重却显著升高,这同京冬 8 号的浓缩作用恰好相反,经计算可知在此供锰浓度下临远 7069 单株的蛋白含量与正常供锰相比无显著差异,且在此供锰浓度下对京冬 8 号蛋白质合成的抑制作用比临远 7069 大很多。

表 7 不同 Mn 水平对不同基因型

小麦可溶蛋白含量的影响

$\text{mg/g}$

品 种	供 Mn 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )				
	1	0.1	0.01	0.001	0
京冬 8 号	6.271b	6.459b	6.416b	7.880a	5.929b
临远 7069	6.367a	4.666b	6.764a	4.333b	4.872b

## 3 讨论

从外部生长状况来看,缺锰、低锰对京冬 8 号株高、干物重的抑制作用比对临远 7069 大,也说明京冬 8 号对缺锰比临远 7069 更敏感。从内部生理指

标来看,与正常供锰相比,京冬8号的叶绿素、糖、氨基酸、蛋白质等在缺锰、低锰时的差异不太明显,而临远7069则有较明显的变化,这与外部表现的生长状况是相反的。这可能是在受到缺锰、低锰胁迫时,临远7069内部能及时进行适应性调节,致使体内生理代谢发生明显的变化,以适应外界的环境胁迫,这就解释了临远7069外部生长所受抑制作用较小的现象。京冬8号的情况恰好相反,由于内部的应激能力较差,所以导致外部生长受阻。由此可见,作物在受到环境胁迫时,抗性强的作物体内会及时进行适应性调节,而抗性差的作物因不能及时进行体内调节而导致生长受阻或死亡。这可能是作物适应环境的重要原因之一。

#### 参考文献:

- [1] Pearson J N, Rengel Z. Genotypic differences in the production and partitioning of carbohydrates between roots and shoots of wheat grown under zinc or manganese deficiency[J]. *Annals of Botany*, 1997, 80:803-808.
- [2] 陆申年. 农业生产中的铁锰平衡问题[J]. *广西农学院学报*, 1992, 11(1):16-19.
- [3] 吕世华. 水旱轮作下的土壤锰素与锰肥应用[J]. *四川农业大学学报*, 1992, 10(1):75.
- [4] 胡思农, 陈一兵, 苏志琼, 等. 四川省小麦发生严重缺锰症的土壤条件及其防治[J]. *四川农业科技*, 1991, (6):14.
- [5] 吕世华. 不同小麦品种在缺锰土壤上的生长和产量[J]. *四川农业大学学报*, 1993, 11(1):27-31.
- [6] 白宝璋, 王景安, 孙玉霞. 植物生理学测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 23-100.
- [7] 王景安. 一定的低锌比缺锌对玉米危害更大[J]. *自然科学进展*, 2002, (2):205-207.
- [8] Campbell L C, Nable R O. Physiological functions of manganese in Plants[A]. In: Graham R D, Hannam R J, Uren N C. *Manganese in Soils and Plants*[M]. 1988. 139-15.
- [9] 刘 鹏, 徐根娣, 周子仙, 等. Mo 和 Mn 对七子花几种生理效应的影响[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(2):157-161.

## ●新书介绍

### 《作物抗旱节水的生理遗传育种基础》

由著名旱农学家、中国工程院院士山仑先生, 小麦遗传育种学家、中国科学院院士李振声先生作序, 张正斌研究员编著的《作物抗旱节水的生理遗传育种基础》, 2003年由科学出版社出版发行。该书40余万字, 定价42元。欢迎单位和个人从科学出版社购买。

该书系统地介绍了作物抗旱节水生理遗传育种研究的理论和技术体系及最新研究进展, 共15章。分别是: 水危机与蓝色革命、节水农业的发展、生物节水、作物水分利用效率和蒸发蒸腾估算模型、碳同位素在作物水分利用效率研究中的应用及问题、作物抗旱节水形态发育适应与自我调控、作物抗旱节水的生理调控机制、气孔调节与抗旱节水、激素和信号传导与抗旱抗逆、干旱等逆境诱导蛋白和糖及其功能、干旱等逆境诱导基因的表达、调控及克隆、抗旱节水相关基因的定位和分子标记、转耐旱耐逆基因作物、作物整体抗逆性及共同机制和作物抗旱节水育种等。读者对象为农业大专院校和科研单位抗旱生理专业研究生和科研工作者。

联系地址: 北京东黄城根16号科学出版社学士书店 邮编: 100717

联系电话: 010-64000246

作者联系单位: 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 张正斌

作者联系地址: 石家庄市槐中路286号 邮编: 050021

联系电话: 0311-5886648 Email: zzb@ms.sjziam.ac.cn