锌素营养对作物叶片解剖结构的影响

褚天铎　刘新保　李春花　杨　清

（中国农业科学院土壤肥料研究所，100081）

摘　要

采用水培方法，调节锌素营养供应，观察芹菜、玉米、小麦幼苗生长及幼苗叶片解剖结构。结果看出，锌素营养不足时植株含锌量降低，生长受到抑制；叶肉细胞收缩，细胞间隙增大，叶肉细胞中叶绿体数量减少。禾本科作物维管束鞘细胞中叶绿体减少尤为明显，但对叶绿体的体积无影响；输导组织发育受到抑制，机械组织不发达。锌素营养过剩时细胞结构破坏，叶肉细胞严重收缩，叶绿体明显减少。

关键词　锌，叶片解剖结构，芹菜，小麦，玉米

同一物种的器官在结构上尽管具有相对的稳定性，但是不同环境条件和营养状况会引起其结构的改变。德国生物学家Haberlandt（1884）在“植物生理解剖学”（Physiologische Pflanzenanatomie）一书中阐述了“植物全部结构，皆为适应生理上的需要这一生理解剖学的基本观点”（胡先肃：植物学小史，1931）。植物营养是其生理活动的重要物质基础之一。因此，营养的变化，在结构上也必然有所反映。缺铜时组织的木质化受到抑制[1]，缺铜小麦叶细胞的细胞壁只占细胞干物质的42.9%，比正常供铜植株减少了3.3个百分点；木质素占细胞壁干重的3.3%，比正常供铜植株减少3.2个百分点。油菜缺硼花药药室壁皮层细胞和内纤维细胞严重损坏，细胞壁界线模糊，细胞核消失，花药失去弹散授粉能力[2]。植物缺锌叶肉细胞中叶绿体明显减少[3,4]。棉花缺硼，引起细胞严重变形，排列混乱[5]。由此可见，作物组织结构的变化，在一定程度上可以反映作物的营养状况。1993年饶立华提出了作物营养的“细胞及亚细胞诊断”的概念[5]，但目前在这个领域中的工作甚少，需要积累大量资料，才能对判断作物的营养状况具有实际应用价值。

一、材料与方法

试验以水培为主结合土培进行。设正常锌素营养、缺锌及锌过量三组处理。水培每一容器培养幼苗1株，重复10次；土培每一容器培养幼苗5株，重复5次。取所有重复的样本进行切片观察。

选用 Hoagland 营养液加以适当调整，进行芹菜（*Apium graveolens*）水培。正常营养液含 Zn 0.05mg/kg，缺锌营养液含 Zn0.006mg/kg，锌过量营养液含 Zn 0.5mg/kg；采用 Z. Machlis和 G.Torrey 营养液适当调整，进行小麦（*Trilicum sativum*）、玉米（*Zea mays*）水培。正常营养液含Zn 0.104mg/kg，缺锌营养液含Zn 0.06mg/kg，锌过量营养液含 Zn 0.5mg/kg。小麦、玉米土培试验的Zn施入量为0、1.5、47.9、95.8、191.7、383.3、766.7、1533.3mg/kg共8个等级，大田正常锌肥用量为每亩1—2公斤，约相当于本试验施 Zn 1.5mg/kg的等级。因此，以施Zn量为0做为缺锌处理；施 Zn量1.5mg/kg为锌素营养正常处理；当施锌量191.7mg/kg时，幼苗表现正常但

植株矮小，因此将此等级做为锌过量处理。

水培、土培均于幼苗第五片真片展平时，取第三片真叶做为观察样本。芹菜取中央裂片的中部及相应叶片的叶柄中段；小麦、玉米取叶片中段及相应植株的根尖。取样后用FAA(95% 酒精90ml、福尔马林5ml、冰醋酸5ml)固定，70%酒精保存，石蜡切片，铁矾—苏木苏染色，切片厚变8-10 μ m。

二、 结果与讨论

(一) 锌素营养对幼苗生长的影响

在锌素营养不足的情况下，无论小麦、玉米还是芹菜，幼苗的生长均受到一定抑制，表现为植株较矮，鲜重、干重较低；但是锌营养过量，同样影响幼苗的生长(表1、2、3)。

表 1　锌营养对小麦幼苗的影响

Table 1　Effect of Zn levels on wheat seedlings

Zn施入量 Zn levels (mg/kg)	土壤DTPA—Zn DTPA-Zn in soil (mg/kg)	植株含Zn Zn in plant (mg/kg)	干重(g/5株) Dry weight (g/5plants)	生长状况 Growth state
0	0.76	36.38	2.67	正常
1.5	0.89	48.18	2.58	正常
47.9	13.18	228.30 * *	2.63	正常
95.8	24.86 * *	319.30 * *	2.51	正常
191.7	45.21 * *	421.20 * *	2.39 * *	正常(矮小)
383.3	89.70 * *	566.30 * *	1.97 * *	有黄叶
766.7	92.46 * *	651.00 * *	1.84 * *	黄叶较多
1533.3	374.52 * *	1210.50 * *	0.92 * *	叶全部黄化

表 2　锌营养对玉米幼苗的影响

Table 2　Effect of Zn levels on corn seedlings

Zn施入量(mg/kg) Rate of Zn	0	1.5	47.9	95.8	191.7	383.8	766.7	1533.3
鲜重(g/株) Fresh weight(g/plt.)	3.65	4.22	4.06	4.37	3.65	4.13	3.59	1.61
干重(g/株) Dry weight(g/plt.)	0.70	0.76	0.73	0.62	0.40	0.48	0.52	0.30

表 3　锌营养对芹菜幼苗的影响

Table 3　Effect of Zn levels on celery seedlings

处理 Treatment	株高(cm) Plant height	鲜重(g/株) Fresh weight (g/plt.)	干重(g/株) Dry weight (g/plt.)	含Zn量 (mg/kg) Zn Content		
				根 Root	叶片 Leaf	叶柄 Petrolus
缺锌 Deficient Zn	6.97	0.44	0.039	23.7	16.5	8.2
正常 Normal	7.20	0.60	0.046	77.7	38.2	16.0
锌过量 Excess Zn	7.12	0.56	0.040	82.6	66.5	38.5

从不同浓度硫酸锌浸种对芹菜幼苗的影响也可以看出，锌营养不足或过量对作物的生长均会产生不良的影响(表4)。

表 4 硫酸锌不同浓度浸种对芹菜的影响

Table 4 Effect of seed-soaking with $ZnSO_4$ on celery

浓度(%) Concentration	0	0.025	0.05	0.075	0.1	0.4	0.8	1.0
发芽率(%) Germination	39.7	45.0	51.7	46.0	42.3	36.3	40.0	32.0
发芽指数* Germinate Index	8.9	7.4	9.0	8.0	6.7	5.5	5.9	4.9
鲜重 (mg/株) Fresh weight (mg/plt.)	9.6	10.6	14.0	13.1	12.7	11.9	9.8	5.6

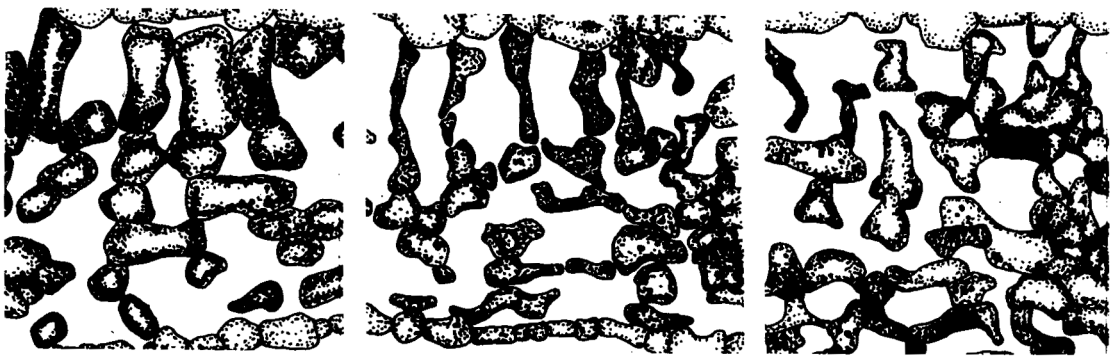
发芽指数＝∑(Gt/Dt) Gt-t日后发芽数 Dt—发芽日数

Index = ∑(Gt/Dt) Gt-Germination rate for t days Dt-Days of Germination

可见，在不同锌素水平基础上，根据幼苗生长情况，选择供做组织结构比较的样本，是可以反应锌素不同营养状况的。

(二) 叶肉细胞与锌素营养

进行芹菜叶片横切面观察结果表明，当锌素营养正常时，叶肉细胞的栅栏组织和海绵组织分化清晰，细胞充实、叶绿体明显。锌素营养缺乏时，叶肉细胞沿横径收缩，细胞间隙增大，叶绿体数量有所减少。每个叶肉细胞中叶绿体平均为22.0个，比锌素正常时减少13.8个。经统计分析达极显著水平。而当锌营养过剩时，叶肉细胞无栅栏组织及海绵组织的分化，细胞沿纵轴收缩，细胞间隙加大，叶绿体明显减少。每个叶肉细胞中叶绿体平均为26.7个，比锌素正常时减少9.1个。经统计分析达显著水平(图1)。比较不同锌素营养水平叶肉细胞中的叶绿体，无论是锌素营养不足还是过剩，均引起叶肉细胞中叶绿体数量的减少，但对叶绿体的体积无明显影响。



锌正常 Normal Zn　　锌不足 Deficient Zn　　锌过剩 Excess Zn

图 1 芹菜叶片横切 25×4

Fig. 1 Transverse section of celery leaf

观察锌素营养水平不同的玉米叶片横切面，叶肉细胞及其中叶绿体的情况与芹菜类似。锌素正常时每个细胞切面平均含叶绿体6.4个，缺锌时为4.5个，锌过量时为5.5个，经统计分析达极显著水平。比较小麦在供锌正常及锌素营养不足时叶片的横切面也可以看出，供锌正常时叶肉细胞充实，细胞间隙小，叶肉细胞中叶绿体的数量多；而锌素营养不足时，叶肉细胞间隙较大，叶绿体数量较小，但叶绿体的体积无明显变化(图2)。

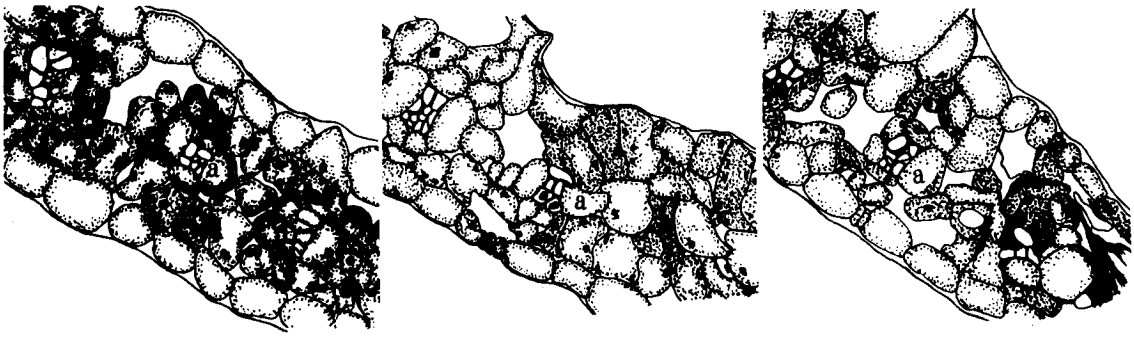
锌正常
Normal Zn

锌不足
Deficient Zn

图 2　小麦叶片横切　25×4
Fig.2　Transverse section of wheat leaf

（三）不同锌素营养对禾本科作物叶片维管束鞘的影响

禾本科作物叶片维管束的外围具维管束鞘，玉米维管束鞘为单层细胞，小麦为双层细胞。在供锌正常时玉米维管束鞘细胞中叶绿体的数量较多，直径较叶肉细胞中的叶绿体略大一些，而锌素供应不足或过剩时，维管束鞘细胞中几乎无叶绿体存在(图3)。小麦维管束鞘为两层细胞组成，维管束鞘内层细胞有不均等加厚的壁但无叶绿体；外层维管束鞘细胞为薄壁细胞，其中含有叶绿体。比较小麦在供锌正常和锌素营养不足时叶片横切面(图4)也可以看出，锌素不足时外层维管束鞘细胞中叶绿体的数量明显减少。

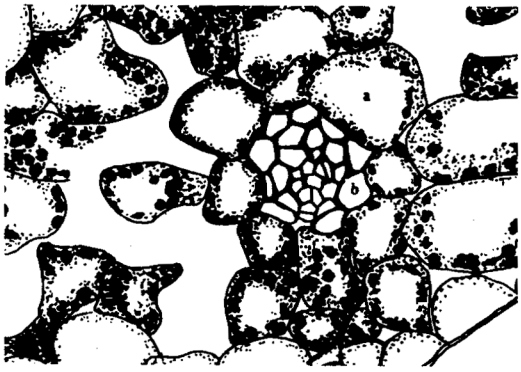


锌正常
Normal Zn

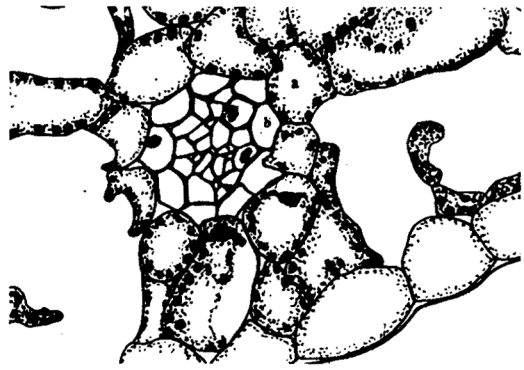
锌不足
Deficient

锌过剩
Zn Excess Zn

图 3　玉米叶片横切　25×4
a　为维管束鞘细胞
Fig.3　Transverse section of corn leaf
a -Cells of vascular boundle sheath



锌正常
Normal Zn

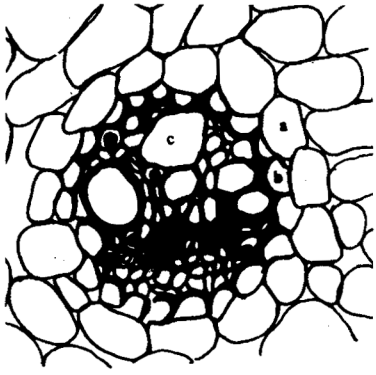


锌不足
Deficient Zn

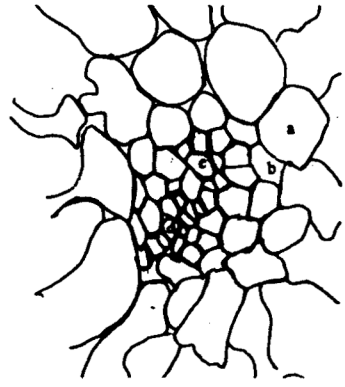
图 4 小麦维管束鞘 40×4
a-维管束鞘外层细胞 b-维管束鞘内层细胞
Fig.4 Vascular boundle sheath of wheat leaf
a-External layer cells of vascular boundle sheath b-Internal layer cells of vascular boundle sheath

（四）锌素营养对叶片输导系统的影响

比较供锌正常和锌素不足时小麦叶片主脉维管束(图5)可以看出，供锌正常时输导组织发达，次生导管的管壁加厚明显，筛管的直径较小但数量明显增多。此外，供锌正常时维管束中的机械组织发达，维管束鞘的内鞘细胞内侧壁明显加厚，增强了叶片的支撑能力。



锌正常
Normal Zn



锌不足
Deficient Zn

图 5 小麦叶片中脉 40×4
a-维管束外层细胞 b-维管束内层细胞 c-导管 d-筛管
Fig.5 Midrib of wheat leaf
a-External layer cells of vascular boundle sheath b-Internal layer cells of vascular boundle sheath
c-Vessels d-Sieve tubes

由此可见，作物锌素营养状况不同，不仅影响植株体内锌素含量，影响作物的生长，同时也影响植株的解剖结构。锌素营养不足，叶肉细胞收缩、细胞间隙加大，输导组织不发达，对机械组织的发育也有一定影响。此外，锌素不足还会引起叶肉细胞和维管束鞘细胞中叶绿体数量减少，但对叶绿体的体积无明显影响。锌素营养过剩致使叶、肉细胞严重收缩结构破坏，细胞间隙加大。锌素营养状况不同，双子叶植物和单子叶植物有类似的反映。

参 考 文 献

[1] Graham, R.D., 1983: Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference the trace elements. In: Advance in botanical research, Vol. 10(Woolhouse H. W. ed), Academic Press, P.221-276.
[2] 陈家驹等,1991: 油菜缺硼花而不实机理研究。 福建省农科院学报,Vol.6, No, 2, P.33-38.
[3] 褚天铎等,1986: 玉米缺锌的形态解剖表现。 北京农业科学,4:11。
[4] 褚天铎等,1993: 锌对芹菜影响研究。 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用。 国际学术讨论会论文集,成都科技大学出版社。P.311-316.
[5] 周晓峰, 王运华,1993: 硼对棉花叶柄解剖结构的影响。华中农业大学学报,2:122－125。
[6] 饶立华 编著,1993: 植物矿质营养及其诊断。农业出版社。

EFFECT OF Zn ON THE ANATOMIC STRUCTURE OF CROP LEAVES

Chu Tianduo Liu Xinbao Li Chunhua Yang Qing
(Soils & Fertilizers Inst, CASS, 100081)

Summary

The growth state and leaf anatomic structure of celery, corn and wheat seedlings were observed by adjusting the Zn levels in water culture method. The deficiency of Zn caused the decreasae of Zn content in plant that inhibited the growth of seedlings. When Zn was deficient, the mesophyll cells contracted, the cell space increased, and the chloroplast number in mesophyll cells reduced. For cereal crops, the chloroplast number especially in vascular bundle sheath decreased obviosly, but there were no effect on the size of chloroplasts; the development of conducting tissue were inhibited and the machanical tissue developed badly. When Zn was excessed, the cell structure was destroyed, the mesophyll cells contracted seriously and the number of chloroplasts decreased obviously.

Key wards Zn, Leaf anatomic structure, Celery, Wheat, Corn