

几种矿质元素对青菜叶形态解剖结构的影响^{*}

韩雪梅 吴树彪 陈慧选 王生武 李丽君

(山西省农业科学院, 太原 030031)

摘 要 在人工培养条件下, 通过常规石蜡切片法, 观察比较了不同浓度钾、磷、锌营养液对青菜叶解剖结构的影响。结果表明, 不同浓度钾对青菜叶栅栏、海绵组织分化, 叶肉细胞内叶绿体含量及维管形成层细胞活动均具有不同程度的影响; 供磷水平不同, 青菜叶肉细胞内叶绿体中淀粉沉积动态各异; 锌对青菜叶绿体体积大小和数量有不同程度的影响。

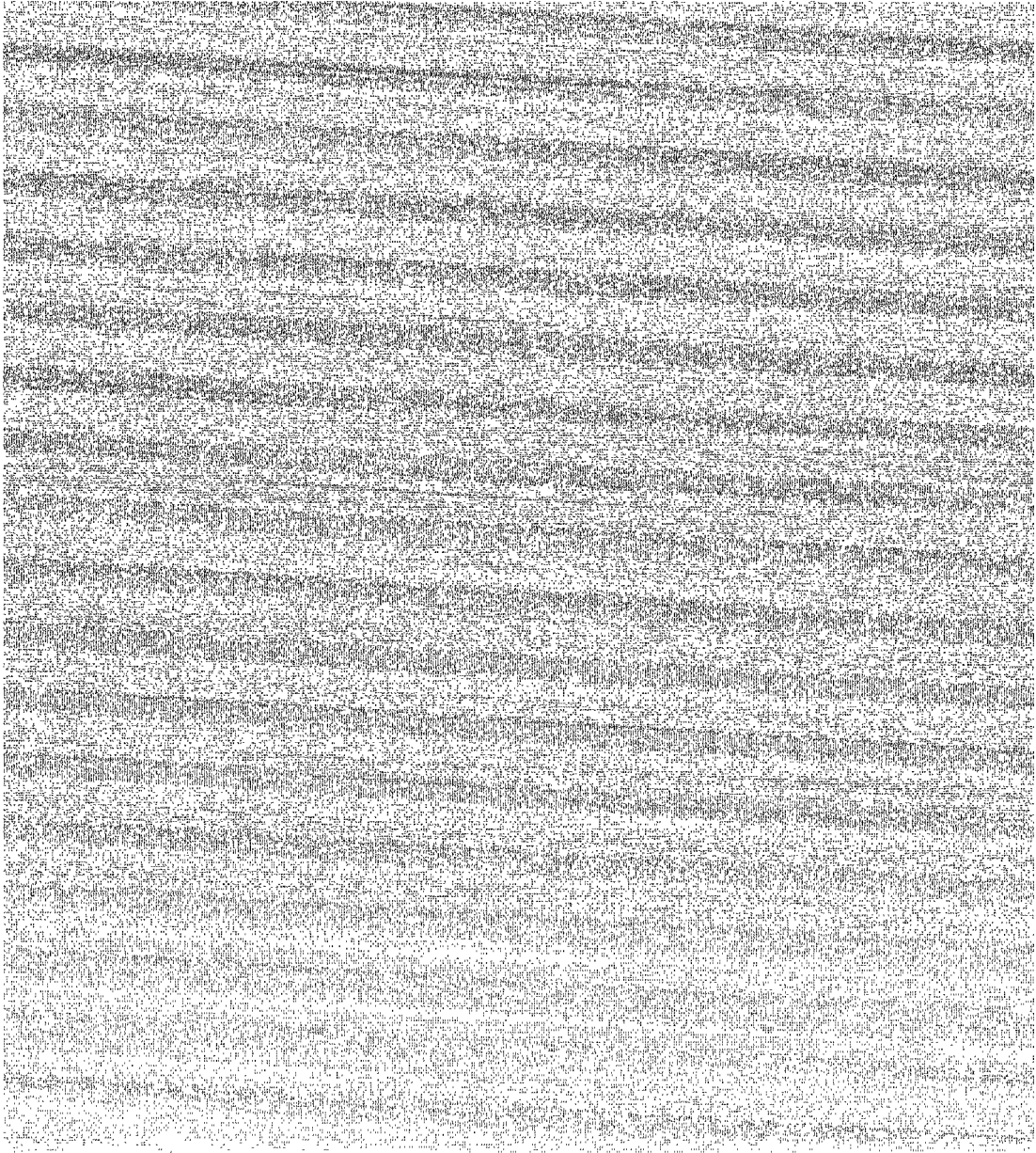
关键词 青菜 钾 磷 锌 形态解剖学

由于矿质元素对植物的生命活动影响很大, 因此, 许多学者对矿质元素在植物体内的生理生化机制做了大量研究工作, 提出钾可以激活酶, 并对碳水化合物合成和运输有影响^[6, 9, 11]。磷在碳水化合物代谢中起着重要作用^[9]。锌对植物体内多种酶起调节、稳定和催化的作用^[9, 12]。植物体内的钾、磷、锌营养水平不同, 必然引起植物的某些生理生化变化, 同时, 在植物形态解剖结构上可能发生与之相对应的变化。本研究通过不同浓度的钾、磷、锌营养液对青菜 (*Brassica chinensis* L.) 叶形态解剖结构影响, 阐明矿质元素供给量与植物体内部结构发育的关系。

1 材料和方法

1993 年选用青菜进行人工无土栽培试验, 栽培基质为未磺化树脂。1994 年做重复试验。栽培基质上所施营养液采取分别改动斯泰纳(Steiner) 营养液中的钾、磷、锌一种元素的浓度, 其余二种元素浓度不变。钾(K) 的浓度分别为 0(K₁), 13(K₂), 39(K₃), 78(K₄), 156(K₅), 273(K₆), 390(K₇) mg/kg。对应植株分别为 K_{p1}, K_{p2}, K_{p3}, K_{p4}, K_{p5}, K_{p6}, K_{p7}, 磷的浓度分别为 0(P₁), 6(P₂), 15(P₃), 31(P₄), 62(P₅), 93(P₆) mg/kg。对应植株分别为 P_{p1}, P_{p2}, P_{p3}, P_{p4}, P_{p5}, P_{p6}。锌的浓度分别为 0(Zn₁), 0.005(Zn₂), 0.01(Zn₃), 0.05(Zn₄), 0.2(Zn₅), 1(Zn₆) mg/kg。对应植株分别为 Zn_{p1}, Zn_{p2}, Zn_{p3}, Zn_{p4}, Zn_{p5}, Zn_{p6}。在青菜长出 10~12 片真叶时, 分别取各植株第 4 叶片进行固定。固定液为卡诺, 70% 酒精保存。酒精系列脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 切片厚度 8~10 μm。经苏木精-PAS 染色后, OLYMPUS VANOX 研究显微镜照相。

1995-10-30 收稿。
^{*} 山西省自然科学基金资助项目。



P. 栅栏组织 S. 海绵组织 Co. 厚角组织 Ph. 韧皮部 Ca. 形成层 V. 导管 St. 淀粉粒

图 1 不同浓度钾、磷、锌营养液下青菜叶解剖结构的变化

A. 箭头示 K_{p1} 叶肉细胞内少量的叶绿体。 $\times 170$; B. 箭头示 K_{p3} 叶肉细胞内丰富的叶绿体, 栅栏和海绵组织分化明显。 $\times 170$; C. 箭头示 K_{p7} 少量的叶绿体, 栅栏和海绵组织分化不明显。 $\times 170$; D. 箭头示 P_{p1} 叶肉细胞中叶绿体内含小淀粉粒。 $\times 340$; E. 箭头示 P_{p4} 叶绿体内无淀粉小颗粒。 $\times 170$; F. 箭头示 P_{p6} 少量叶绿体, 栅栏和海绵组织分化不明显。 $\times 170$; G. 箭头示 Zn_{p1} 少量的叶绿体, 栅栏和海绵组织分化不明显。 $\times 170$; H. 示 Zn_{p3} 叶肉细胞栅栏和海绵组织分化明显, 箭头示丰富的叶绿体。 $\times 170$; I. 示 Zn_{p5} 叶肉细胞分化不明显, 箭头示少量的叶绿体。 $\times 170$ 。

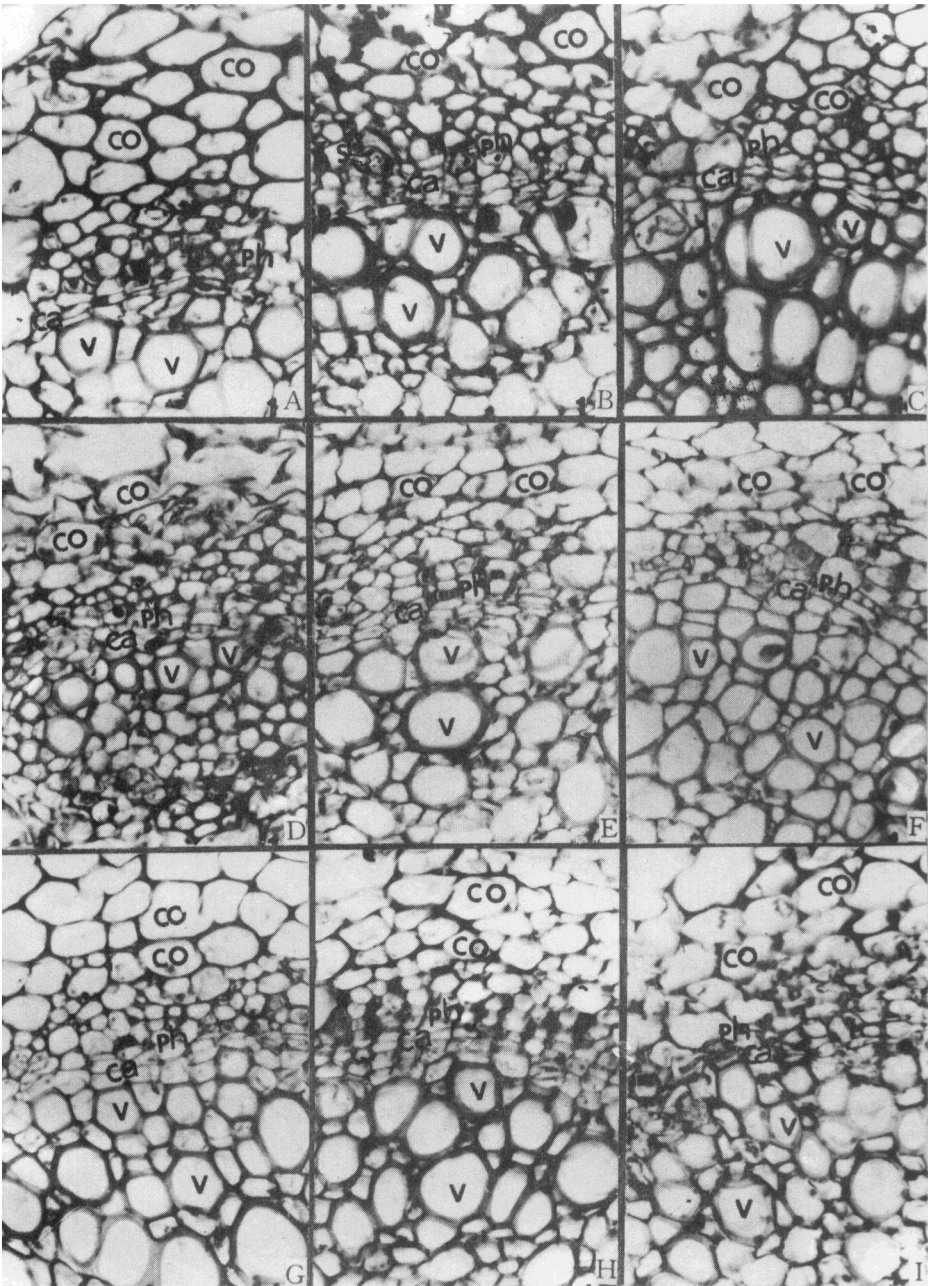


图 2 青菜叶脉解剖结构变化

A. 示 K_{p1} 厚角细胞体积较大, 形成层、韧皮部、导管发育缓慢。 $\times 340$; B. 示 K_{p3} 厚角细胞体积较小, 形成层、韧皮部、导管发育快, 韧皮薄壁细胞有淀粉粒沉积。 $\times 340$; C. 示 K_{p7} 厚角细胞体积较小, 形成层、韧皮部发育缓慢, 导管数目多。 $\times 340$; D. 示 P_{p1} 厚角细胞体积大, 形成层、韧皮部、导管发育缓慢。 $\times 340$; E. 示 P_{p4} 厚角细胞体积较小, 形成层、韧皮部、导管发育快。 $\times 340$; F. 示 P_{p6} 厚角细胞较大, 形成层、韧皮部发育缓慢, 导管数目较多。 $\times 340$; G. 示 Zn_{16} 厚角细胞体积较大, 形成层、韧皮部发育缓慢。 $\times 340$; H. 示 Zn_{13} 厚角细胞体积较小, 形成层、韧皮部发育较快。 $\times 340$; I. 示 Zn_{16} 厚角细胞体积较大, 形成层、韧皮部发育较缓慢。 $\times 340$ 。

2 观察结果

2.1 不同浓度钾营养液对青菜叶解剖结构的影响

经 7 种不同浓度钾营养液处理的各株青菜, 外部形态上有一定差异。K_{p1} 生长较缓慢, 叶子偏黄; K_{p2} 叶色略比 K_{p1} 绿; K_{p3}, K_{p4}, K_{p5} 生长旺盛, 叶子深绿色, K_{p6}, K_{p7} 叶色有偏黄趋势。7 种处理的叶片经石蜡切片, 显微观察横切面, 结果是 K_{p1} 叶表皮细胞体积较大, 叶肉细胞间隙大, 含少量叶绿体(图 1-A)。叶脉形成层细胞分裂活动不明显, 韧皮部、木质部发育缓慢, 厚角细胞体积较大(图 2-A)。K_{p3}、K_{p4} 叶表皮细胞体积较小, 其上角质膜较厚。叶肉细胞排列较紧密, 富含叶绿体, 且栅栏、海绵组织分化明显(K_{p3} 见图 1-B)。叶脉维管形成层带较其他植株宽, 细胞分裂活动旺盛, 韧皮部、木质部发育快, 筛管、导管、纤维数目多, 薄壁细胞内有较多贮藏物质, 如淀粉(K_{p3} 见图 2-B), 周围厚角细胞体积较小, 数量较多, 角隅加厚程度强(K_{p3} 见图 1-K), 显示出较强的机械支持作用。K_{p5}、K_{p6}、K_{p1} 叶表皮细胞体积有增大趋势, 叶肉细胞分化逐渐不明显, 叶绿体含量明显减少(K_{p7} 见 1-C)。叶脉形成层细胞分裂不活跃, 韧皮部发育缓慢, 木质部发育较快, 导管数目多, 口径渐增大, 且厚角细胞体积较小, 数目多(K_{p7} 见图 2-C)。各植株叶解剖结构比较列于表 1。

表 1 不同浓度钾营养液对青菜叶解剖结构的影响

植株	叶表皮上角质膜厚 (μm)	叶肉细胞排列疏密及分化	叶肉细胞叶绿体含量	形成层带宽度(细胞层数)	韧皮部薄壁细胞内贮藏物	叶脉周围厚角细胞		木质部导管口径大小
						体积大小	角隅加厚程度	
K _{p1}	1. 75	排列稀疏 分化不明显	少	1 ~ 2	无	较大	较弱	小
K _{p2}	1. 75	排列较疏 分化不明显	较少	2 ~ 3	少	较大	较弱	小
K _{p3}	2. 00	排列较密 分化明显	较多	3 ~ 4	较多	较小	较强	较大
K _{p4}	2. 50	排列较密 分化明显	较多	3 ~ 4	多	较小	强	较大
K _{p5}	2. 20	排列较密 分化较明显	较多	2 ~ 3	较少	较小	强	较大
K _{p6}	1. 75	排列较疏 分化不太明显	较少	2 ~ 3	较少	较小	较强	大
K _{p7}	1. 75	排列较疏 分化不明显	少	2 ~ 3	较少	较小	较强	大

2.2 不同浓度磷营养液对青菜叶解剖结构的影响

经不同浓度磷营养液处理的植株, 在外部形态上有很大差别。P_{p1} 植株非常矮小, 叶小, 叶色偏黄。P_{p2} 明显较 P_{p1} 生长旺盛, 但叶色仍偏黄。P_{p3}、P_{p4}、P_{p5} 生长非常旺盛, 叶子深绿色。而 P_{p6} 叶子有偏黄现象。通过显微镜观察, 发现 P_{p1} 叶肉细胞体积非常小, 排列很紧密, 含丰富的叶绿体, 但叶绿体中有大量的淀粉粒沉积(图 1-D)。叶脉发育缓慢, 形成层细胞分裂活动不明显, 筛管、导管口径小, 周围厚角细胞体积相对较大(图 2-D)。P_{p2} 叶肉细胞体积明显较 P_{p1} 大, 细胞排列不像 P_{p1} 那样紧密, 细胞间隙开始增大, 叶绿体内的淀粉粒沉积很少, 叶脉发育较 P_{p1} 快。P_{p3}、

P_{p4}叶肉细胞间隙增加,其内富含叶绿体,但叶绿体内无淀粉粒沉积(P_{p4}见图 1-E)。叶脉发育快,形成层细胞呈扁平状,细胞体积小,分裂活跃,分化出较多口径大的导管、筛管(P_{p4}见图 2-E),韧皮部薄壁细胞内含物多,且周围厚角细胞体积较小(图 2-E)。P_{p5}、P_{p6}叶肉细胞间的间隙很大,叶肉细胞排列稀松,栅栏、海绵组织分化不明显,叶绿体含量少(P_{p6}见图 1-F)。叶脉形成层细胞体积较大,分裂活动不明显,木质部发育较韧皮部快,有较多数目的导管,韧皮部周围厚角细胞体积较大(图 2-F)。各株结构比较列于表 2。

表 2 不同浓度磷营养液对青菜叶解剖结构的影响

植 株	叶肉细胞排列疏密	叶肉细胞体积大小	叶绿体内含淀粉、多糖物	形成层细胞		木质部导管		韧皮部		厚角细胞体积
				带宽(细胞)	活跃度	口径大小	数目	口径大小	数目	
P _{p1}	非常紧密	很小	丰富的淀粉	1~2 层	不活跃	小	少	小	少	大
P _{p2}	较密	稍大	少量的淀粉	1~2 层	不活跃	较大	较多	较大	少	较大
P _{p3}	较密	较大	无淀粉	3~4 层	活跃	大	较多	较大	多	较小
P _{p4}	较密	较大	无淀粉	3~4 层	活跃	大	较多	较大	多	较小
P _{p5}	疏	较大	多糖物质少	1~2 层	不活跃	较大	较多	较大	较少	较大
P _{p6}	疏	大	多糖物质多	1~2 层	不活跃	较大	较多	较大	较少	较大

2.3 不同浓度锌营养液对青菜叶解剖结构的影响

施用不同浓度锌营养液的青菜叶,通过石蜡切片观察,Zn_{p1}叶肉细胞分化不明显,排列很稀疏,叶绿体含量少、体积小(图 1-G)。叶脉形成层细胞体积较大,分裂活动不明显,木质部导管数目较多,口径较大,韧皮部发育缓慢,厚角细胞体积较大(图 2-G)。Zn_{p2}叶肉细胞分化亦不明显,叶肉细胞排列比 Zn_{p1}稍紧密,叶绿体含量增加。Zn_{p3}、Zn_{p4}叶海绵组织和栅栏组织分化明显,叶肉细胞排列较为紧密,内有丰富的叶绿体(Zn_{p3}见图 1-H)。叶脉形成层带较宽,细胞分裂

表 3 不同浓度锌营养液对青菜叶解剖结构的影响

植 株	叶肉细胞排列	叶肉细胞分化	叶绿体含量	木质部发育	韧皮部发育	厚角细胞大小
Zn _{p1}	很稀松	不明显	少	较快	缓慢	较大
Zn _{p2}	较稀疏	不明显	较多	较快	较快	较大
Zn _{p3}	较密	明显	丰富	较快	较快	较小
Zn _{p4}	较密	明显	丰富	较快	较快	较小
Zn _{p5}	较稀疏	不明显	较多	较慢	较慢	较大
Zn _{p6}	较稀疏	不明显	较少	较慢	慢	较大

较活跃,木质部、韧皮部发育较快,叶脉周围的厚角细胞体积较小,数目较多(Zn_{p3}见图 2-H)。Zn_{p5}、Zn_{p6}叶肉细胞间隙增大,叶绿体含量较 Zn_{p3}、Zn_{p4}少,Zn_{p5}较 Zn_{p6}多,但叶绿体体积没有明显变化(Zn_{p5}见图 1-I)。叶脉形成层细胞分裂活动不活跃,韧皮部、木质部细胞有挤压现象。叶脉周围厚角细胞体积较大(Zn_{p5}见图 2-I)。各株比较列于表 3。

3 讨论

3.1 钾对青菜叶解剖结构的影响

钾对青菜叶解剖结构影响是多方面的。不同浓度钾对青菜叶表皮细胞体积大小、叶脉形成

层活动、韧皮部和木质部发育、叶肉细胞分化、叶绿体含量变化有不同程度的影响。有关缺钾对植株形态解剖结构影响在棉花^[6]、玉米^[2]、大豆^[8]上分别有报道。从这些报道及本文表 1 分析,推测钾在植物体内的生理作用是综合性的,钾不仅与光合作用^[10]、碳水化合物合成、运输有关^[9],还可能与细胞分裂、细胞壁物质形成有关^[6]。

本研究结果还得出,钾过量对青菜叶生长发育有抑制作用。钾过量虽然能使木质部、厚角组织发育加快,体现出导管数目、厚角细胞数目增加,使青菜的机械支持作用加强,但使形成层细胞不活跃,韧皮部发育缓慢,薄壁细胞内含物少,叶肉细胞内叶绿体含量降低。因此认为,高钾可能引起某种生理胁迫反应,从而影响植株内部结构的正常发育。

3.2 磷对青菜叶解剖结构的影响

不同浓度磷对青菜叶肉细胞内叶绿体中淀粉粒沉积有不同程度的影响。缺磷使叶肉细胞内叶绿体中沉积了丰富的淀粉粒,说明缺磷严重影响碳水化合物运输^[9]。而且叶肉细胞排列非常紧密,影响二氧化碳正常吸收^[7],光合作用受到影响。青菜在适宜的磷浓度下,叶绿体内无淀粉粒,叶肉细胞间隙增加。而在高磷条件下,叶绿体内有多糖物质出现,但无淀粉粒形成,这可能是高磷对碳水化合物正常运输有阻碍作用。Crafts-Brandner 在大豆研究中报道了缺磷叶内淀粉增加、高磷则淀粉减少的现象,说明磷与糖分运输有密切关系^[9]。另外,在高磷条件下,青菜叶肉细胞排列稀疏,含少量叶绿体,叶脉形成层细胞不活跃,韧皮部细胞发育缓慢。作者认为,高磷可能破坏叶绿体结构发育,从而影响光合作用,以至叶脉结构发育不正常。

3.3 锌对青菜叶解剖结构的影响

缺锌使青菜叶脉形成层、韧皮部发育缓慢,使周围厚角细胞体积增大,发育不良。在小麦上^[11]有类似报道,说明锌对植物输导组织发育有益。此外,缺锌还使青菜叶绿体数量少,体积变小。因此认为,缺锌影响叶绿体正常发育。这在番茄^[5]、小麦^[1]、苹果^[3]、水稻^[4]上都有类似的研究报道,且普遍认为缺锌破坏叶绿体结构。张贵常认为,缺锌使叶绿体结构发生异常,由基粒间膜的膨胀,发展到基粒片层融合,基粒消失^[5]。王振林认为,缺锌使叶绿体中基粒垛数少,基粒片层少,叶绿体被膜模糊甚至消失^[1]。曲桂敏等认为,缺锌使苹果叶片内叶绿体基粒片层融合^[3]。吴振球认为,缺锌使叶绿体基粒与间质片层明显减少^[4]。因而推测,缺锌可能直接影响某种与叶绿体结构发育有关的酶,从而导致叶绿体结构不正常。

从我们的研究得出,高锌亦对叶绿体发育有影响,使青菜叶绿体数量减少,但体积没有变小,并使叶肉细胞间隙过大。王振林在小麦上观察到,高锌使叶绿体体积变小,基粒和基质片层明显减少^[1]。张贵常认为,高锌对番茄叶绿体发育有利^[5]。高锌对不同植物的叶绿体发育是否具有不同的影响有待进一步在不同的植物上做大量研究。

参 考 文 献

- 1 王振林,沈成国,余松烈. 小麦供锌状况对叶片结构及叶绿体超微结构的影响. 作物学报, 1993, 19(6): 553 ~ 557
- 2 王群瑛,胡昌浩,王振林等. 氮、磷、钾亏缺对玉米植株性状、叶片结构与生理特性的影响. 华北农学报, 1992, 7(1): 94 ~ 99
- 3 曲桂敏,黄天栋,顾曼如等. 锌与苹果叶片的显微亚显微结构及其超微分布. 园艺学报, 1993, 20(4): 399

~ 400

- 4 吴振球, 吴岳轩. 铜、锌对水稻幼苗生长及超氧化物歧化酶的影响. 植物生理学报, 1990, 16(2): 139~146
- 5 张贵常, 吴兆明. 缺锌番茄叶绿体亚显微结构的变化. 园艺学报, 1985, 12(3): 187~189
- 6 陈朱希昭, 邓岳芬, 梁德印等. 棉花缺钾的解剖学特征观察. 北京大学学报(自然科学版), 1988, 24(4): 467~476
- 7 曹享云, 刘武定, 皮美美. 硼对棉花叶片解剖结构的影响. 华中农业大学学报, 1988, 7(3): 251~254
- 8 梁德印, 徐美德, 李舒凡等. 钾肥对大豆生长发育和形态的影响. 中国农业科学, 1986, 19(2): 61~64
- 9 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学(上册). 北京: 人民教育出版社, 1979, 35~39
- 10 Crafta-Brandner SJ. Phosphorus nutrition influence on starch and sucrose accumulation, and activities of ADP-glucose pyrophosphorylase and sucrose-phosphate synthase during the grain filling period in soy-bean. Plant Physiol (Bethesda), 1992, 98(3): 1133-1138
- 11 Peaslee DF, Moss DN. Photosynthesis in K- and Mg-deficient maize (*Zea mays* L.) leaves. Soil Sci Amer Proc, 1966, 30: 220-223
- 12 Valle BL. The metallo-biochemistry of zinc enzymes. Adv Enzymol, 1984, 56: 284-430

Effect of Several Mineral Elements on Anatomical Structure of Leaf in *Brassica chinesis* L.

Han Xuemei Wu Shubiao Chen Huixuan Wang Shengwu Li Lijun
(Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031)

Abstract The anatomical structure of leaves were compared by using conventional paraffin method in *Brassica chinesis* L. under artificial culture condition applying different concentration of potassium, phosphorus, zinc nutrient solution respectively. The results indicated that the different concentration of potassium nutrient solution made various effects on the differentiation of mesophyll cells, the number of chloroplasts in mesophyll cell, the activity of vascular cambium cells of *Brassica chinesis* L.; the different level of phosphorus concentration affected the dynamics of starch grain accumulation in the chloroplast; and zinc nutrition affected changes of the size and the number of chloroplast.

Key words: *Brassica chinesis* L.; Potassium; Phosphorus; Zinc; Anatomy