

重金属镉对叶绿体超微结构的影响

Effect of Heavy Metal Cadmium on Ultrastructure of Chloroplasts

蒋文智

Jiang Wenzhi

(广西大学轻工系 南宁市西乡塘路 10 号 530004)

(Light Industry Department, Guangxi University 10 Xixiangtang Road, Nanning, Guangxi, 530004)

摘要 重金属镉处理烟草植株引起叶片光合强度降低;处理离体叶绿体引起光合电子传递受阻,光化学活性降低。在经过电镜分析了镉对光合器超微结构的影响后认为,镉破坏光合膜结构,这可能是引起光合强度降低的主要原因之一。

关键词 光合电子传递 叶绿体超微结构 光合强度 镉处理

Abstract Treatment of intact tobacco plant and isolated chloroplasts with cadmium decreased the photosynthetic intensity of the leaf, inhibited the photosynthetic electron transport of the chloroplasts and also decreased the activity of photosynthetic chemistry. The ultrastructures of chloroplasts treated with Cd were also studied. The result showed that Cd might cause the damage of photosynthetic membrane, this might be the main reason decreasing the photosynthetic intensity of the plant and the chloroplasts treated with Cd.

Key words photosynthetic electron transport, ultrastructure of chloroplasts, photosynthetic intensity, cadmium treatment

重金属对环境的污染越来越引起世界范围内的关注和重视,而重金属镉又是较重要的污染物之一,经济作物对镉的吸收性很强,已有研究报道镉引起光合速率下降^[1,2],引起叶绿体光生物化学活性降低^[3,4],但镉对叶绿体超微结构是否造成影响未见报道。烟草是一种对重金属吸收积累较强的经济作物^[5],烟草积累过量的镉,可对吸烟者造成危害^[6]。本文以烟草为材料,初步探讨镉对叶绿体超微结构及一些光化学活性的影响

1 材料与方法

1.1 以 Cd Cl₂ · 2.5 H₂O 作浓度为 0.25 ppm 及 250 ppm (以土壤含 Cd 量计)的投放量盆污烟草 (*Nicotiana tabacum*) 植株,一定时间后取中部叶位的叶为材料。

1.2 叶片净光合速率用 Clark 氧电极按李德耀^[7,8]方法测定,温度 28℃,光照度 5 万 lx。

1.3 叶绿体的制备用 Sigma2—MK 型冰冻离心机按魏家绵等^[9]方法进行。

1.4 电子传递 H₂O→MV (甲基紫精) [PS I (光系统 I) + PS I (光系统 I)] 用氧电极按 Tripathy 方法^[10]并参考 Maldonado^[11]方法测定,光照度 5 万 lx,温度 28℃。

1.5 叶绿体 Chla 荧光测定按 Miles 方法^[12]进行,反应液 2mL,含叶绿体 50 μg 叶绿素,激发光 465 nm,发射光 684 nm,用日立 850 型荧光分光光度计测定。

1.6 超薄切片的制备及观察按董渭祥^[13]方法进行;叶绿体则固定后用 1% 琼脂粘成块状再行操作。超薄切片以醋酸双氧铀和柠檬酸铅双重染色后,用 JEM—100cx 型电子显微镜观察。

2 结果与分析

2.1 镉对植株叶片叶绿体超微结构的影响

测定盆污两个月植株叶片光合强度变化见图 1;从图中可见经 Cd 处理后,叶片光合强度下降,且随处理浓度增加,下降程度增加。

1995-02-06 收稿。

从 Cd 处理植株后叶片叶绿体超微结构来看, (见图 4 A~C) 25 ppm 的 Cd 处理, (B) 基粒稍出现膨胀及模糊, 250 ppm 的处理 (C) 则基质片层出现消失现象, 基粒模糊, Cd 这种破坏光合膜结构的作用可能是引起光合强度下降的原因之一。

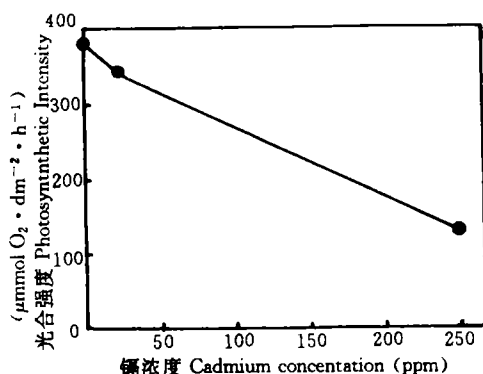


图 1 Cd 对植株叶片光合强度的影响

Fig. 1 Effect of Cd on photosynthetic intensity of plant leaves

测定植株鲜生物量, 从平均值来看, 25 ppm 及 250 ppm 处理后的植株的生物量分别为为对照的 80.0% 及 35.2%, 这种生物量的降低可能主要是因光合受阻造成的。

2.2 镉对离体叶绿体超微结构的影响

为了更直接更快地观察镉对叶绿体超微结构的影响, 将镉直接处理离体的叶绿体。镉处理叶绿体后, 光合电子传递从 $H_2O \rightarrow MV$ (以吸氧速率表示) 速率发生了改变, 见图 2。

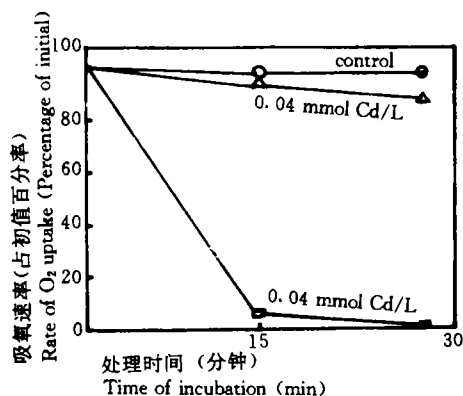


图 2 Cd 对离体叶绿体光合电子传递 ($H_2O \rightarrow MV$) 速率的影响

Fig. 2 Effect of Cd on rate of photosynthetic electron transport ($H_2O \rightarrow MV$) of isolated chloroplasts

电子传递从 $H_2O \rightarrow MV$ (以吸氧速率表示) 可以表示整个光合电子传递链^[14]。从图 2 看, 0.4 mmol/L 的镉处理 30 min 即引起光合电子传递完全抑制 (吸氧速率为零), 同时还看出, 抑制作用的程度都是随

Cd 浓度及处理时间的增加而增加的。

以上初步表明, Cd 处理叶绿体能引起叶绿体光合电子传递受阻。

室温下叶绿体 Chla 的荧光强度与 PS I 的活性密切相关, 在 PS I 氧化侧抑制电子流的因素将降低 Chla 的荧光产量。Cd 处理叶绿体后, 对 Chla 荧光的影响见图 3。

从图 3 看出, Cd 确实抑制了叶绿体光合电子流, 从而引起荧光强度下降。

Cd 处理离体叶绿体后 (30 min) 叶绿体超微结构变化见图 4 D~F。从图 4 E 看出, 基质片层稍模糊, 而从 F 看出, 基粒解体, 基质片层消失, 被膜消失, 整个叶绿体被破坏。

Cd 处理离体叶绿体后对光合膜系统的破坏看来与叶绿体光化学活性下降有关。

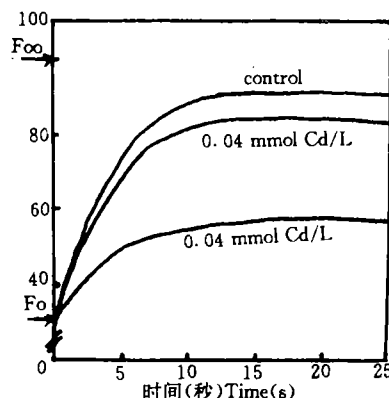


图 3 Cd 对离体叶绿体 Chla 荧光诱导的影响

Fig. 3 Effect of Cd on the kinetics of fluorescence induction of tobacco plant isolated chloroplasts

3 讨论

光合器中基粒片层及基质片层形成的光合膜系统是连续的, 基质片层基粒片层都具有 PS I 和 PS II 的活性。根据公认的光合电子传递“Z”方案, 光合电子传递从 $H_2O \rightarrow NADP$ 是需要一系列电子载体的传递, 而这些载体是很有顺序地在连续的光合膜中分布, 才能保证光合电子的顺利传递, 保证低能量的电子从水中移出, 导致氧的释放, 见图 5。

我们用 Cd 处理烟草植株及离体叶绿体, 结果发现引起叶片的光合放氧速率降低及光合电子传递受阻, 光化学活性降低, 经电镜超微结构分析, 发现光合膜结构受到了破坏, 这就使我们认为, 可能是因为 Cd 引起光合膜结构受损后, 分布在膜中的各电子载体间空间位置变化, 电子不能正常按序从一个载体传递到另一个载体, 在光合电子传递受阻的同时, 即出

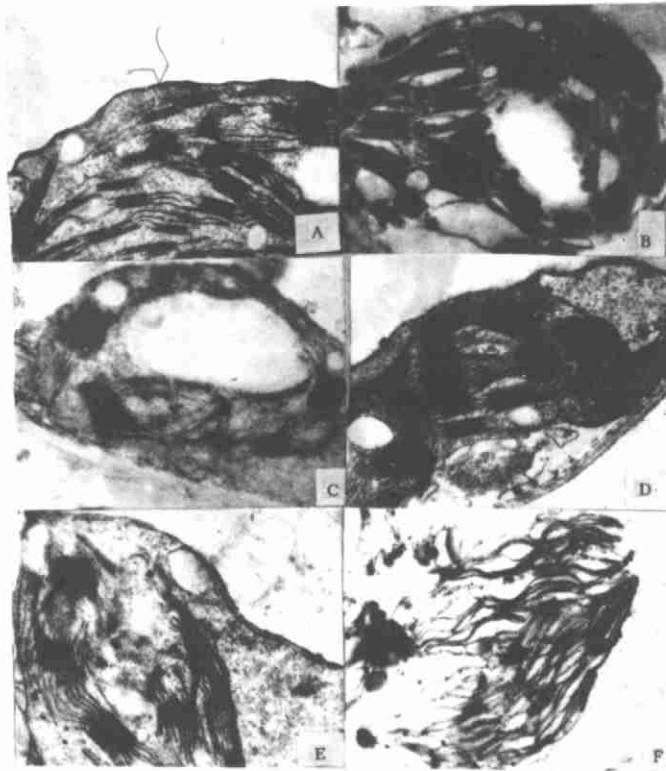
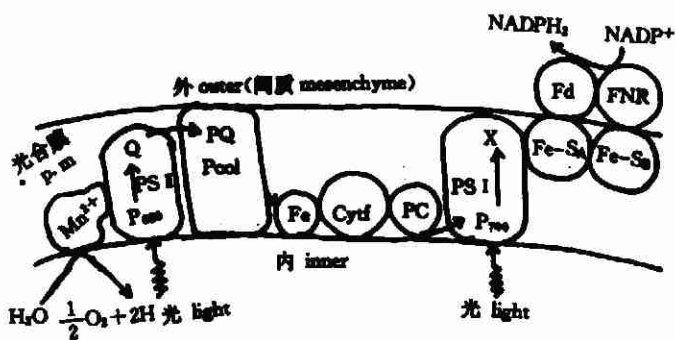


图4 叶绿体超微结构透射电镜照片

Fig. 4 Transmission electron microscopic photos of ultrastructure of chloroplasts

- A: 对照, 光合膜较清楚, 完整. $\times 30000$ Control, photosynthetic membrane comparatively clear, intact. $\times 30000$
 B: 25ppm 镉处理植株, 基粒稍模糊. $\times 20000$ Plant treated with 25 ppm Cd, the grana indistinct slightly. $\times 20000$
 C: 250ppm 镉处理植株, 基质片层消失, 基粒模糊. $\times 20000$ Plant treated with 250 ppm Cd, the stroma lamellae disappeared and the grana indistinct. $\times 20000$
 D: 对照, $\times 20000$ Control, $\times 20000$
 E: 0.04 mmolCd/L 处理叶绿体, 基质片层模糊. $\times 30000$ Chloroplasts treated with 0.04 mmol Cd/L, the stroma lamellae indistinct. $\times 30000$
 F: 0.4 mmolCd/L 处理叶绿体基粒解体, 被膜消失, 整个叶绿体被破坏. $\times 30000$ Chloroplasts treated with 0.4 mmol Cd/L, the grana damaged, the envelope disappeared and the intact chloroplasts destroyed. $\times 3000$



* p. m - photosynthetic membrane

图5 电子递体在光合膜上的排列模式

Fig. 5 Model of photosynthetic electron transporter arrangement of photosynthetic membrane.

现氧的释放受阻, 光合强度或光化学活性降低。

当然, 镉引起光合强度下降还可能由其他原因, 比如是否引起酶活性下降, 破坏反应中心叶绿素分子结构或改变中心分子周围环境等, 从而使叶绿素不能对光能进行有效吸收、传递和转换而造成叶绿体光化学活性降低, 这些都需进一步进行研究。

参考文献

- 1 Rasver ME. Early effect of phototic burdens of cadmium, cobalt, nickel and Zine in white beans. Can J Bot, 1978, 56: 1744~1794.
- 2 Baasynski T et al. Photosynthetic activity of Cd treated tomato plant. Physiol Planta, 1980, 48: 365~370.

(下转第 20 页 Continue on page 20)

3 分析和讨论

从以上结果可以看出,当斜面朝东、西向时,所接收到的太阳辐射总量一般较差,这显然是由于东、西向斜面不能接收整天的太阳辐射之故。向东斜面只能接收前大半日的太阳辐射,朝西斜面只能接收后大半日的太阳辐射。然而,在5~8月这4个月中,东、西向的斜面却要比朝南的斜面接收更多的太阳,特别是在低纬度地区尤甚。这是由于这个季节的太阳赤纬较大,甚至超过了当地的地理纬度值,所以太阳的高度角很大,不利于朝南的斜面接收。在考虑到斜面的反射后,朝南的斜面接收到的太阳能会更少。这是与传统的太阳能集热器均朝南放置相矛盾的。

一般认为,朝南倾斜的斜面接收的太阳辐射量最多,若以一年的总辐射量来说,的确如此。特别是在冬、春两季,其它朝向的斜面更是无法比拟。但在5~8月4个月中,朝北的斜面接收的太阳辐射却比朝南的多,这也是与传统观念相悖的,纬度越低,情况

越烈。这也是由于此时太阳赤纬较大,太阳是从北半球升起的,不利于朝南斜面接收之故。

据此,我们在利用太阳能时,就可以作出最佳选择,冬季朝南,夏季朝北或东、西。如果主要是在夏季使用的太阳能装置,不妨考虑适当增加北面的接收面积。当然,这些结论对于低纬度地区而言比较合适,高纬度地区不在此列。

对于种植农作物来说,如果能选择叶片的朝向(有些是能够选择的),就应该在冬、春季尽可能让其朝南,而在夏季则尽可能让其朝东、西或北,这样有利于提高农作物产量。

参考文献

- 1 Edward E. Erson. Fundamentals of solar energy conversion.
- 2 Copp Lino S. A simple model for computing diffuse solar radiation. Solar Energy, 1989, 6 (43).
- 3 广西气象科学研究所. 广西太阳辐射. 1982.

(责任编辑:梁积全、莫鼎新)

(上接第23页 Continue from page 23)

- 3 Les A, Walker RW. Toxicity and binding of copper, Zinc and cadmium by the blue-green alga. Water Air Soil Pollut, 1984, 23: 129~139.
- 4 Li BH, Miles CD. Effect of cadmium on photoreaction two of chloroplasts. Plant Science Letters, 1975, 5: 33~40.
- 5 Wagner GJ. Variation in cadmium accumulation potential and tissue distribution of cadmium in tobacco. Plant Physiol. 1986, 82: 274~279
- 6 Gutemann WH et al. Cadmium and nickel in smoke of cigarettes prepared from tobacco cultured on municipal sludge-amended soil. J Toxicol Environ Health, 1982, 10: 423~431.
- 7 李德耀,叶济宇. 薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定. 植物生理学通讯, 1980, (1): 35~40.
- 8 李德耀等. 氧电极法测定叶片光合作用技术探讨. 植物生

理学通讯, 1982, (5): 23~25.

- 9 魏家绵等. 光合磷酸化偶联机制研究 VI. 叶绿体完整度对 P/e_2 的影响. 植物生理学报, 1983, 9 (3): 231~239.
- 10 Tripathy BC, Mohanty P. Zinc-inhibited electron transport of photosynthesis in isolated barley chloroplasts. Plant Physiol. 1980, 66: 1174~1178.
- 11 Maldonado AC, Swader JA. The cupric ion as an inhibitor of photosynthetic electron transport in isolated chloroplasts. Plant Physiol, 1972, 50: 698~701.
- 12 Miles CD, et al. Inhibition of photosystem two in isolated chloroplasts by lead. Plant Physiol, 1972, 49: 820~825.
- 13 董渭祥,高小颜. 植物超薄切片制备技术. 植物生理学通讯, 1982, (5): 32~35.
- 14 叶济宇. 蛇毒对菠菜完整叶绿体的作用. 植物学报, 1978, 20 (2): 114~119.

(责任编辑:梁积全、邓大玉)