

文章编号: 100F 1498(2002) 02 0156 07

# Mo 和 Mn 对七子花几种生理效应的影响

刘 鹏, 徐根娣, 周子仙, 徐小丽

(浙江师范大学生命与环境科学学院, 浙江 金华 321004)

**摘要:** 研究了 Mo、Mn 对七子花 5 种生理生化指标(叶绿素含量、净光合速率、暗呼吸速率、可溶性糖含量和硝酸还原酶活性)的影响, 结果表明, 两者对七子花的上述性状都产生了较大的影响。当七子花处于缺 Mo 缺 Mn 状态, 上述各项生理指标都处在最低水平, 随着 Mo 或 Mn 质量浓度的升高, 各指标都呈现上升趋势, 当 Mo 的质量浓度为  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  或 Mn 的质量浓度为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 七子花的叶绿素含量(分别为  $2.02, 1.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )、净光合速率(分别为  $1.79, 0.901 \text{ mg}(\text{CO}_2) \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )、暗呼吸速率(分别为  $2.25, 2.95 \mu \text{ mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 都达到最高水平; Mo 或 Mn 的质量浓度为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 七子花叶片的可溶性糖含量(分别为  $5.45, 4.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 最高; 当 Mo 的质量浓度为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  或 Mn 的质量浓度为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 硝酸还原酶活性(分别为  $279.31, 465.24 \mu \text{ mol}(\text{NO}_2^-) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) 最高, 高于上述各最高值的质量浓度时, 七子花上述生理指标都呈下降的趋势。七子花对高 Mo 的忍耐力大于对高 Mn 的忍耐力。Mo 和 Mn 的关系较为复杂, 本试验检测的七子花多数生理指标显示, 当 Mo 和 Mn 在较低质量浓度时( $\rho < 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), Mo 和 Mn 在七子花体内呈现相互促进作用, 当 Mo 和 Mn 在较高质量浓度时( $\rho \geq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), Mo 和 Mn 在七子花体内呈现拮抗作用。

**关键词:** 七子花; Mo; Mn; 生理效应

中图分类号: Q945

文献标识码: A

七子花(*Hptacodium miconioides* Rehd.) 是忍冬科(Caprifoliaceae)的单型属植物, 是我国特有的珍稀濒危植物, 属国家首批 2 级重点保护植物。先后被列为中国被子植物关键类群中高度濒危种类<sup>[1]</sup> 和中国多样性保护行动计划中优先保护的物种<sup>[2]</sup>。目前, 七子花数量不断减少, 分布范围也逐渐缩小, 其濒危状态不断加重, 七子花模式标本产地——湖北兴山七子花已经灭绝就是一例。七子花的分布较为独特, 主要分布在海拔 600~ 1 000 m 水沟边或乱石中, 生长土壤为微酸性, 喜弱光但不耐强光, 较耐寒。据作者先前的研究<sup>[3~ 5]</sup>, Mo 和 Mn 在影响七子花分布上有关键的作用, 同时对七子花的扦插繁殖成活率也有较大的影响, 而 Mo 和 Mn 作为植物的必需微量元素, 在植物的新陈代谢中起着非常重要的作用, 尤其在植物的光合作用和 N 代谢中作用较为显著。因此, 选择一些与 Mo、Mn 联系较为紧密的生理生化特性进行研究, 可为寻找七子花生长的关键因子及探索七子花的濒危机理提供理论依据, 为植物的 Mo、Mn 营养提供新的资料。

收稿日期: 2001-09-10

基金项目: 2000 年浙江省自然科学基金资助项目(399277)

作者简介: 刘鹏(1965), 男, 湖南冷水江人, 教授, 博士, 从事植物营养学、植物生态学、植物区系和植物地理研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

选择 2000 年已扦插成活的七子花, 于 2001 年 4 月 10 日放入设有不同 Mo 和 Mn 质量浓度的完全营养液中, 营养液置于容积为 2 500 mL 有螺纹盖的聚丙烯塑料钵中, 每钵各置 3 株 1 龄七子花。每天通气, 并用 pH 计调节溶液酸碱度, 使 pH 值维持在 5. 0~ 6. 5, 每隔 7 d 更换培养液, 培养 45 d 后, 测定各相关指标。上述实验重复 6 次。

### 1.2 试验设计

共设 3 个因素(Mo、Mn 及 Mo+ Mn), 每因素各有 7 个不同的质量浓度梯度(根据预备实验确定)。各处理见表 1。

表 1 七子花 Mo、Mn 处理的因素和水平对照

因 素	质量浓度水平/(mg·L <sup>-1</sup> )						
	1	2	3	4	5	6	7
Mo	0	0. 001	0. 01	0. 05	0. 5	5	50
Mn	0	0. 001	0. 01	0. 05	0. 5	2	10
Mo+ Mn	0+ 0	0. 001+ 0. 001	0. 01+ 0. 01	0. 05+ 0. 05	0. 5+ 0. 5	5+ 2	50+ 10

### 1.3 测定项目及方法

七子花的各生理指标均测定七子花的第 3 对叶片, 净光合速率和暗呼吸速率直接测定正在生长的七子花扦插枝上的第 3 对叶片, 其它生理指标选取七子花第 3 对新鲜叶片, 叶片取下后立即按各测定方法进行处理和测定。叶片叶绿素含量的测定采用丙酮比色法<sup>[6]</sup>, 单位为 mg·g<sup>-1</sup>; 净光合速率和暗呼吸速率用 LF 6400 便携式光合作用系统测定, 单位分别为 mg(CO<sub>2</sub>)·dm<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>和 μ mol(CO<sub>2</sub>)·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>; 硝酸还原酶活性的测定采用磺胺-萘胺比色法<sup>[6]</sup>, 单位为 μ mol(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>; 可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法<sup>[6]</sup>, 单位为 g·kg<sup>-1</sup>。上述各测定重复 4 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 Mn 和 Mo 对七子花叶片叶绿素含量的影响

叶绿素在一定程度上可以反映植物光合作用的强弱。从图 1 可以看出, 培养液中 Mn、Mo 质量浓度对七子花叶片中叶绿素含量都有较大的影响, 在缺 Mo 或缺 Mn, 尤其是 Mo、Mn 都缺乏的条件下, 七子花叶片的叶绿素含量最低; 随着 Mn 和 Mo 的质量浓度的不断增大, 叶绿素含量也随之增加。从 Mn、Mo 和 Mn+ Mo 各自处理的结果来看, 当培养液中 Mo 的质量浓度为 0. 5 mg·L<sup>-1</sup>(处理 5), 或 Mn 的质量浓度为 0. 05 mg·L<sup>-1</sup>(处理 4), 或 Mo+ Mn 的质量浓度为(0. 01+ 0. 01) mg·L<sup>-1</sup>(处理 3)时, 七子花叶片的叶绿素含量在各处理水平中达到最高值; 之后, 随着质量浓度的增加, 叶绿素含量反而有下降的趋势。由此可见, 适量的 Mo 或 Mn 非常有利于七子花叶片叶绿素含量的提高, Mo 或 Mn 缺乏或过多都将减少七子花叶片的叶绿素含量, 且缺乏影响更大。另一方面, 从绝对值来看, 相同质量浓度条件下, Mn 对七子花叶绿素含量的影响程度较 Mo 的影响大。这可能与两种元素在影响植物叶绿素的作用方式方面不同有关。此外, Mo 和 Mn 在植物体内的相互作用较为复杂, 根据图 1 的结果可以看出, 当 Mn 和 Mo 处于低质

量浓度水平( $\rho < 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )时, Mo 和 Mn 呈明显的相互促进作用, Mn+ Mo 处理的七子花叶片叶绿素含量高于 Mn 或 Mo 单独处理, 当 Mn、Mo 的质量浓度超过一定水平 ( $\rho \geq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), Mo 和 Mn 之间呈明显拮抗作用, Mn+ Mo 处理的七子花叶片叶绿素含量明显低于 Mn 或 Mo 单独处理, 且 Mo、Mn 处理质量浓度越高, 它们之间的拮抗作用越大。

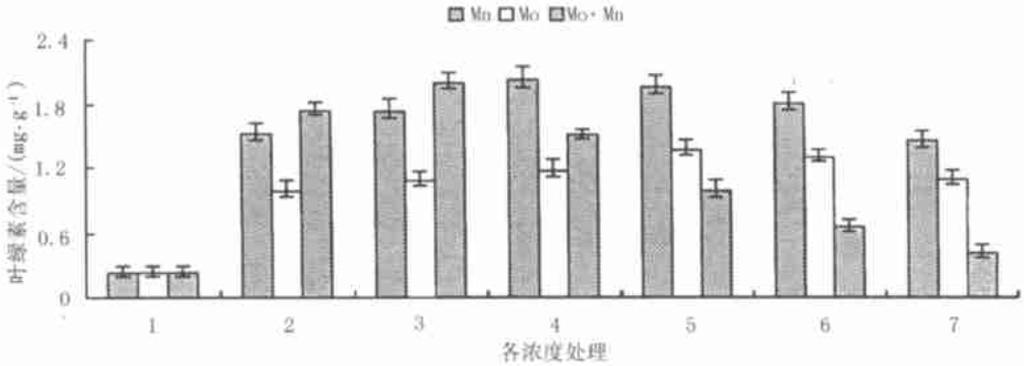


图1 Mn 和 Mo 对七子花叶片叶绿素含量的影响

(图中各处理质量浓度: 1 为  $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 2 为  $0.001 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 3 为  $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 4 为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 5 为  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 6 为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mo),  $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mn), ( $5+2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mo+ Mn)), 7 为  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mo),  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mn), ( $50+10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Mo+ Mn))

## 2.2 Mn 和 Mo 对七子花叶片净光合速率的影响

光合速率是反映光合作用强弱的最重要指标, 光合速率大, 表明植物光合作用的水平高, 反之亦然。从图 2 可以看出, Mn 和 Mo 两种微量元素的质量浓度的高低对七子花叶片净光合速率有明显的影响, Mo、Mn、Mn+ Mo 各处理对七子花叶片净光合速率的影响与对叶绿素含量的影响基本一致, 也就是当 Mo、Mn 以及 Mn+ Mo 的质量浓度分别为  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 5)、 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 4)、( $0.01+0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) (处理 3) 时, 它们的七子花叶片净光合速率最大, 而在这些之前和之后的质量浓度, 随着数值的增加或减少而呈现递减的趋势。在图中同样可以看出, 在对七子花叶片光合速率的影响上, 当 Mn 和 Mo 处于低质量浓度 ( $\rho < 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 时, 两者呈明显的相互促进的作用, 当 Mn 和 Mo 处于中、高质量浓度 ( $\rho \geq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 时, 两者呈明显的“拮抗”作用。七子花叶片净光合速率和叶片叶绿素含量的变化两者呈显著正相关 ( $r = 0.889^{**}$ ,  $n = 126$ )。

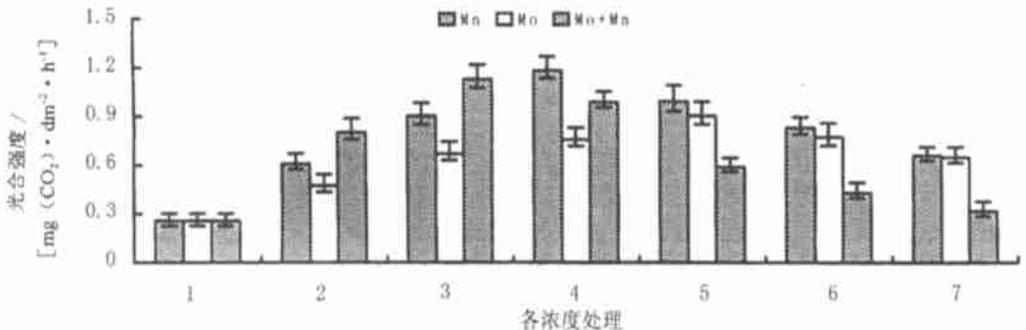


图2 Mn 和 Mo 对七子花叶片净光合速率的影响

(图中各处理质量浓度与图 1 相同)

### 2.3 Mn 和 Mo 对七子花叶片暗呼吸速率的影响

植物的呼吸速率与光合速率的关系很密切,前者为后者提供直接利用的能量,同时前者反应的中间产物也提供了光合作用所需的原料。从图 3 中可以看出, Mn 和 Mo 对七子花暗呼吸速率的影响与对光合速率的影响较为相似。当 Mn、Mo 以及 Mn+ Mo 的质量浓度分别为 0.05、0.5、(0.01+ 0.01)  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时,各因素处理中七子花的暗呼吸速率最大,在低质量浓度( $\rho < 0.05 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )时, Mo 和 Mn 呈现一定的相互促进作用,在中、高质量浓度( $\rho \geq 0.05 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )时, Mo 和 Mn 呈现相互拮抗作用。与 2.2 节不同的是,在影响七子花暗呼吸速率的程度上, Mo 的影响程度明显大于 Mn。

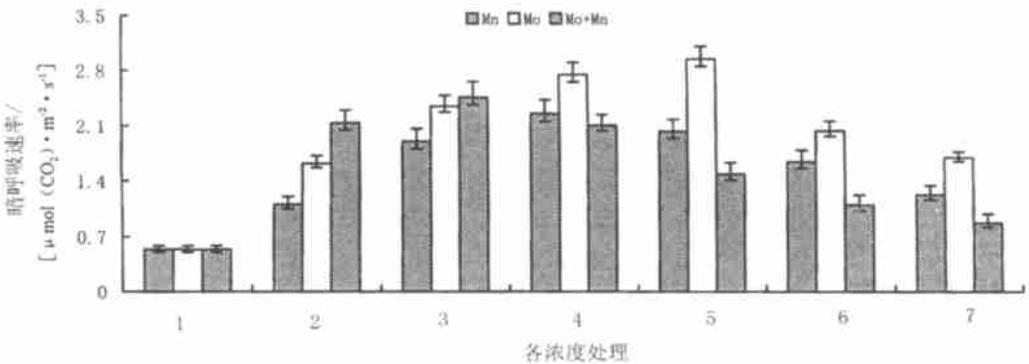


图 3 Mn 和 Mo 对七子花叶片暗呼吸速率的影响

(图中各处理质量浓度与图 1 相同)

### 2.4 Mn 和 Mo 对七子花叶片可溶性糖含量的影响

糖类是植物光合作用所产生能量的储存形式,也是植物体内其他有机物合成的起始物质,因此植物可溶性糖含量也可间接反映出植物光合作用强度的大小。从图 4 看出, Mn 和 Mo 对七子花叶片可溶性糖的含量都有明显的影响。在缺 Mn 缺 Mo 条件下,七子花叶片可溶性糖含量最低,主要由于缺 Mn 缺 Mo 大大抑制了七子花的光合作用,这与前面各指标的变化相同,但在高 Mo 高 Mn(处理 7)时,七子花可溶性糖含量并不明显减少,尤其高 Mn( $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )时,七子花可溶性糖含量还有所增加。这是因为植物叶片的可溶性糖含量,一方面与植物的光合速率

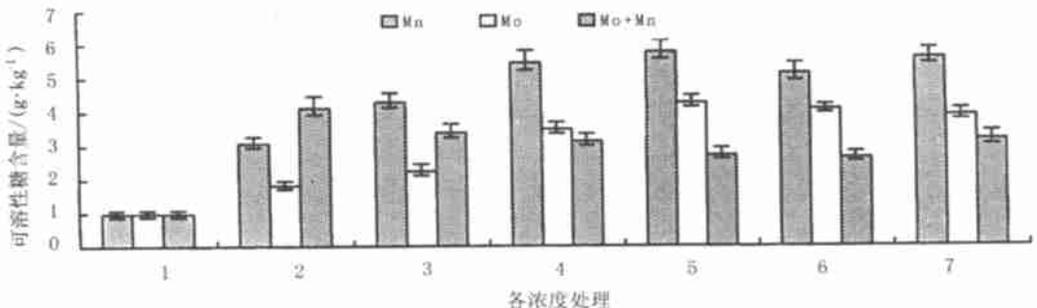


图 4 Mn 和 Mo 对七子花可溶性糖含量的影响

(图中各处理质量浓度与图 1 相同)

相关, 光合速率越大, 叶片可溶性糖含量越高, 另一方面也与光合产物从叶片向其它部位的运输速率和能力有密切联系, 运输速率和能力越大, 叶片可溶性糖含量越低。当 Mn 或 Mo 或 Mn + Mo 的质量浓度分别为 0.5、0.5、(0.001+ 0.001)  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 七子花叶片可溶性糖含量在各处理中最高。根据 Mn 处理对七子花可溶性糖含量的变化, 可以认为, 随着 Mn 处理质量浓度的不断升高, 高 Mn 对糖运输的抑制作用大大超过了对光合作用的影响, 因而高 Mn 处理下, 七子花叶片可溶性糖的含量有所增加。

## 2.5 Mn 和 Mo 对七子花叶片硝酸还原酶活性的影响

硝酸还原酶是植物 N 素代谢中的关键性酶, 在植物体内将无机 N 代谢还原为氨基酸和蛋白质等有机 N 过程中有非常重要的作用。从表 2 中看出, Mn 和 Mo 对硝酸还原酶的活性有很大的影响, 尤其 Mo 的影响更加显著, 在同一质量浓度水平的影响明显强于 Mn 的影响, 这主要由于 Mo 是硝酸还原酶的重要组成成分<sup>[7]</sup>, Mo 对硝酸还原酶的活性可产生很直接的影响, 而 Mn 对硝酸还原酶并不产生直接的影响, 只能通过间接作用产生。从不同质量浓度水平下七子花叶片硝酸还原酶的活性变化来看, Mo 和 Mn 对硝酸还原酶活性的影响有所不同, 在本试验质量浓度范围内, 随着 Mo 质量浓度的上升, 硝酸还原酶的活性不断增强, 当 Mo 的质量浓度达  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 6) 时, 七子花叶片的硝酸还原酶活性最大, Mo 的质量浓度为  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 7), 硝酸还原酶的活性也只是略低于 Mo 的质量浓度为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时的水平, 仍处于高的水平, 这与作者在大豆中的试验结果相同<sup>[8]</sup>, 表明七子花对高 Mo 的忍耐力较大; 在各种 Mn 处理中, 以 Mn 的质量浓度为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 4) 时, 七子花叶片硝酸还原酶的活性达最高值, Mn 的质量浓度超过  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 硝酸还原酶的活性较最高值明显下降, 当 Mn 的质量浓度为  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (处理 7) 时, 七子花叶片的硝酸还原酶的活性降低至  $112.57 \mu \text{mol}(\text{NO}_2^-) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , 下降幅度高达 59.69%, 说明七子花对高 Mn 的忍耐力较小。Mn 和 Mo 同时处理的结果与前面其它生理指标的影响结果相同, 在低质量浓度 ( $\rho < 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 时, Mn、Mo 呈现相互促进的作用, 在高质量浓度 ( $\rho \geq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 时, 两者呈现拮抗作用。

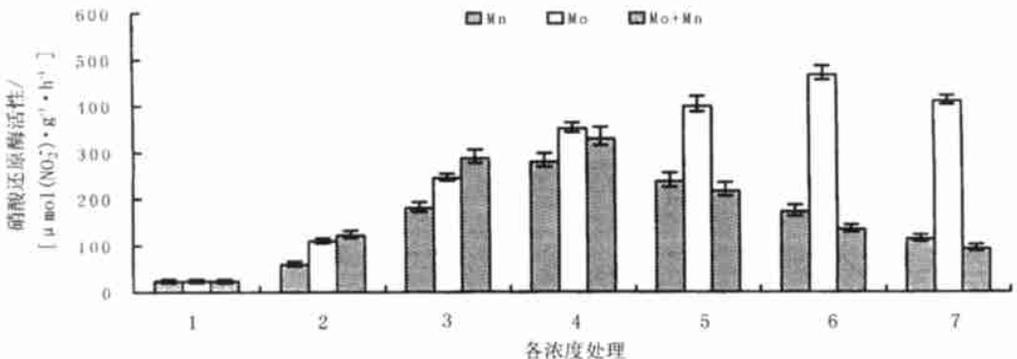


图5 Mn 和 Mo 对七子花叶片硝酸还原酶活性的影响  
(图中各处理的质量浓度与图 1 相同)

## 3 结论与讨论

通过上述测定和分析, 可以看出, 作为植物需求量极少的必需元素, Mn 和 Mo 对七子花叶

片光合速率、呼吸速率、叶绿素含量、硝酸还原酶活性和可溶性糖含量都有较大的影响,当 Mo 的质量浓度为  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  或 Mn 的质量浓度为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,七子花的叶绿素含量(分别达到  $2.02, 1.36 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )、净光合速率(分别达到  $1.790, 0.901 \text{ mg}(\text{CO}_2) \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )、暗呼吸速率(分别达到  $2.25, 2.95 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 都达到最高水平,Mo 或 Mn 的质量浓度为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,七子花叶片的可溶性糖含量(分别达到  $5.45, 4.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 最高,当 Mo 的质量浓度为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  或 Mn 的质量浓度为  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,硝酸还原酶活性(分别达到  $279.31, 465.24 \mu\text{mol}(\text{NO}_2^-) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) 最高,高于上述各最高值的质量浓度时,七子花上述生理指标都呈下降的趋势。另一方面,在影响各生理指标的强度上,Mo 和 Mn 存在一定的差异,在影响七子花的光合速率、叶绿素和可溶性糖含量上,Mn 的影响大于 Mo,在影响七子花呼吸速率和硝酸还原酶的活性上,Mo 的影响大于 Mn,这与 Mo、Mn 两者在植物体内的作用机理不同有关。Mn 在植物体内<sup>[9, 10]</sup>,是叶绿素的结构成分,参与光合电子传递系统中的氧化还原过程,参与水的光解作用,能维持叶绿体膜正常结构的作用,因而它对七子花的光合速率、叶绿素和可溶性糖含量的影响较 Mo 更大,Mn 同时也是许多酶的活化剂,参与了植物体内许多氧化还原体系的活动,所以 Mn 对七子花的呼吸作用和硝酸还原酶活性也有一定的影响。Mo 在植物体是硝酸还原酶和固氮酶的重要组分<sup>[10]</sup>,因而对植物 N 的代谢影响较大,Mo 同时参加无机态 P 向有机态 P 的合成及蛋白质的合成,对生物膜的稳定性也有影响<sup>[11]</sup>,故对七子花的呼吸作用也有较大的影响。

有关 Mn 和 Mo 之间相互作用的研究报道不少,大多数研究都认为<sup>[7, 8, 10, 12~ 15]</sup> Mo 和 Mn 之间都呈现拮抗作用,如 Mulder<sup>[14]</sup> 在花椰菜(*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) 中、Candela 等<sup>[15]</sup> 在番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 中都证实了 Mo、Mn 之间的拮抗作用,另一方面,也有一些试验<sup>[16]</sup> 证实 Mo 和 Mn 之间出现协助作用。此外, Kirsch 等<sup>[17]</sup> 发现,Fe 和 Mo 及 Fe 与 Mn 的相互作用对番茄产量的影响比 Mo 和 Mn 之间的相互作用要大,认为 Mn 与 Mo 的相互作用通过其它作用而间接存在。本项研究结果认为 Mo、Mn 之间的关系很复杂,一方面与植物种类有关,Mo、Mn 在大豆体内呈现出协助作用(试验结果待发表),在七子花体内可出现拮抗作用,另一方面,Mo 和 Mn 的质量浓度水平对其作用有较大的影响,在本试验检测的大多数生理指标中,当 Mo 和 Mn 质量浓度较低时( $\rho < 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ),两者呈现出相互促进作用,当 Mo 和 Mn 质量浓度超过某一水平( $\rho \geq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 时,两者呈现出拮抗作用,因而同意 Kirsch 等人的观点,即 Mo 和 Mn 之间的相互作用是间接存在的,可能与其它元素的存在和作用相关。综合本试验的研究结果,七子花生长较佳的 Mo 的质量浓度范围为  $0.05 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、Mn 的质量浓度范围为  $0.05 \sim 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

## 参考文献:

- [1] 陈灵芝. 中国的生物多样性——现状及其保护对策[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 1~ 43
- [2] 中国生物多样性保护行动计划总报告编写组. 中国生物多样性保护行动计划[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 81~ 99
- [3] 刘鹏, 徐根娣, 杨玉爱. 七子花分布限制因子初探[J]. 世界元素医学, 2000, 7(1): 106~ 108
- [4] 刘鹏, 徐根娣, 方兴凤. 钼、锰对七子花扦插繁殖的影响[J]. 浙江师大学报(自然科学版), 2001, 24(2): 181~ 183
- [5] 刘鹏, 徐根娣, 金静芳, 等. 七子花土壤的研究及种质资源的保护[J]. 农业环境保护, 1999, 18(4): 178~ 181
- [6] 张志良. 植物生理实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 65~ 160

- [7] 刘铮. 微量元素的农业化学[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 142~ 170
- [8] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(4): 347~ 341
- [9] Possingham J V, Spencer D. Manganese as a functional component of chloroplasts[J]. Aust J Biol Sci, 1962, 15(1): 58~ 68
- [10] 刘铮. 土壤与植物中锰的研究进展[J]. 土壤学进展, 1991, (6): 1~ 10
- [11] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆膜脂过氧化和体内保护系统的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(5): 461~ 466
- [12] 邹帮基. 钼在植物体内的生理作用[A]. 见: 李庆逵. 中国科学院微量元素研究工作学术交流会汇刊[C]. 北京: 科学出版社, 1964. 63~ 84
- [13] Millkan C R. Antagonism between molybdenum and certain heavy metals in plant nutrition. Nature[J], 1948, 161: 528
- [14] Mulder E G. Molybdenum in relation to growth of higher plants and microorganisms[J]. Plant and Soil, 1954, 5: 368~ 415
- [15] Candela M I, Hewitt E J. Molybdenum as a plant nutrient. IX. The effects of different molybdenum and manganese supplies on yield and the uptake and distribution of molybdenum in tomato plants grown in sand culture[J]. J Hort Sci, 1957, 62: 149~ 161
- [16] Hannay J W, Street H E. Studies on the growth of excised roots. III. The molybdenum and manganese requirement of excised tomato roots[J]. New Phytol, 1954, 53: 68~ 80
- [17] Kirsch R K, Harward M E, Petersen R G. Interrelationships among iron, manganese, and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution[J]. Plant and Soil, 1960, 12(3): 259~ 275

## The Effects of Mo and Mn on Some Physiological Characteristics of Soybean

LIU Peng, XU Gen-di, ZHOU Zi-xian, XU Xiao-li

(College of Life and Environment, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang, China)

**Abstract:** The effects of manganese and/or molybdenum on five indexes of physiology and biochemistry (contents of chlorophyll, net photosynthesis, dark respiration, activity of nitrate reductase and contents of soluble sugars) of *Heptacodium miconioides* leaves were studied. The results showed that manganese and/or molybdenum have great influence on them. Five indexes are the lowest under the deficiency of manganese and molybdenum and increase along with increase of densities of manganese or molybdenum. When the density of manganese is  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  or molybdenum is  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , contents of chlorophyll, net photosynthesis and dark respiration of *Heptacodium miconioides* leaves are the greatest respectively in the treatment of manganese or molybdenum. When the density of manganese or molybdenum is  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , content of soluble sugars of *Heptacodium miconioides* leaves is the greatest respectively in the treatment of manganese or molybdenum. When the density of manganese is  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  or molybdenum is  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , the activity of nitrate reductase of *Heptacodium miconioides* leaves is the greatest respectively in the treatment of manganese or molybdenum. If the density of manganese or molybdenum is higher than the best suitable one (each index is the greatest in that), each index begins to descend. The patience of *Heptacodium miconioides* with high molybdenum is greater than that with high manganese. The interrelation between molybdenum and manganese is complicated. When molybdenum and manganese are low ( $< 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), they are cooperative each other and when they are high ( $> 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), they are incoordinate each other.

**Key words:** *Heptacodium miconioides*; Mo; Mn; photosynthesis