

# 烟草花叶病毒

January 2009 Molecule of the Month by David Goodsell

译者：王玉生（农科院植保所）

**关键词：**烟草花叶病毒(TMV)；螺旋状病毒颗粒；外壳蛋白；TMV装配

## 引言

烟草花叶病毒（Tobacco mosaic virus, TMV）又称烟草镶嵌病毒，是一种RNA病毒，可侵染30科310多种植物，尤其是烟草及其他茄科植物，引起烟草花叶病等病害，受害植株叶上出现花叶症状，生长不良，叶畸形。TMV在世界范围内广泛分布，我国山东、河北、山西、四川、北京、上海等地均有报道发现。TMV通过病苗与健苗摩擦或农事操作再侵染，另外蝗虫、烟青虫等咀嚼式口器的昆虫也可传播TMV。

TMV是首例发现的病毒，一直是病毒界研究的热点。Dmitrii Ivanowski于1892年发现了TMV的存在，Wendell Meredith Stanley于1935年从病叶榨汁中分离到TMV结晶，并发现其主要成分为蛋白质，获得了1946年诺贝尔化学奖。此后，人们发现TMV中也存在RNA，是一种RNA病毒。后来，科学家们利用X射线衍射和电子显微技术揭示该病毒的详细结构，解开了它的神秘面纱。

## 螺旋状病毒颗粒

TMV病毒极其稳定，粒体杆状，约 $300 \times 18$ （nm）；核衣壳呈螺旋状，核酸为单链RNA。TMV的RNA由6395个核苷酸组成，其5'端有m<sup>7</sup>GpppG帽子结构，5'端帽子之后有一段69 bp组成的5'端非翻译区，3'端无poly(A)，3'端的非翻译区可折叠成一个类似tRNA的结构，能够接受组氨酸。

TMV的基因组共有4个ORF，相互重叠，能编码分子量为126kD、183 kD、30kD、17.5kD的4种蛋白质，形成由约2130个蛋白质亚基组成的烟筒状蛋白质外壳，这些蛋白精细的控制着TMV的生命过程。其中126 kD蛋白包含甲基转移酶和解旋酶的共有基序，183 kD蛋白则有病毒RNA聚合酶活性，30 kD蛋白与病毒RNA在寄主体内的胞间移动有关。

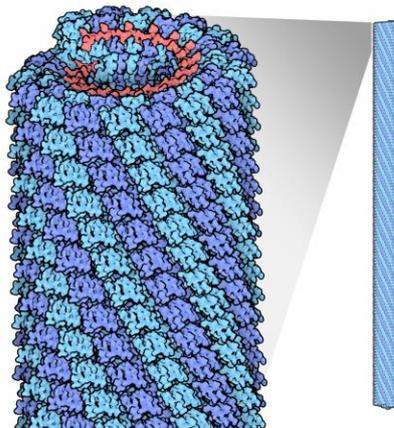


图1 TMV结构

注：红色-RNA，蓝色-外壳蛋白

## TMV侵染

TMV非常稳定，外壳蛋白能保护RNA免受酶的破坏，但必须要脱壳RNA才能侵入细胞。外壳蛋白有几个酸性核酸簇，它们能稳定的存在于高钙离子浓度下，但是当钙浓度降

低时便会脱落，并在 RNA 5' 端脱去外壳的部位结合核糖体，边脱壳边合成蛋白，当 126 kD 蛋白和 183 kD 蛋白合成结束，外壳蛋白便随之迅速脱去。TMV 基因组的 RNA 合成均发生在感染细胞的细胞质中，其编码合成的 126 kD 蛋白和 183 kD 蛋白作为复制酶直接参与了 RNA 的合成。TMV 的 RNA 在植物细胞间的扩散侵染，需要 30kD 蛋白辅助，可能通过修饰胞间连丝实现。

## TMV 装配

当把 TMV 的 RNA 和外壳蛋白混合在一起，它们就会立刻组装成有活性的病毒。你可以把这个过程想象成蛋白质一个个的堆积将 RNA 包裹在其内，最后拉上拉链的过程。首先 TMV 外壳蛋白形成一个双层的圆盘状结构，并且每圈都包含 17 个蛋白颗粒，RNA 特殊的起始序列则结合在垫圈结构中心的沟处，每个蛋白质亚基结合 3 条核苷酸链，进而引起垫圈松动（图 2），形成每圈由 16 个 1/3 亚基组成的垫圈结构，剩余的亚基继续堆积在其上直至 RNA 全部被包裹（图 3）。TMV 的装配因为启动序列的存在，保证了只有病毒 RNA 才能被组装。

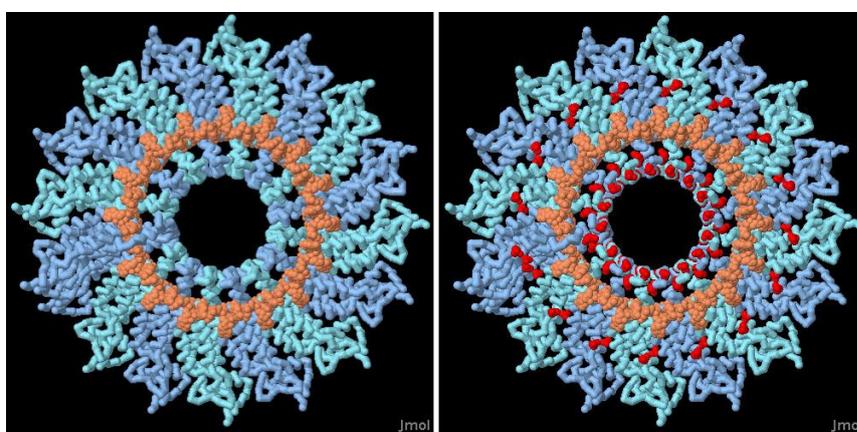


图3 TMV 止动垫圈层结构

注：朱红色 - 酸性氨基酸

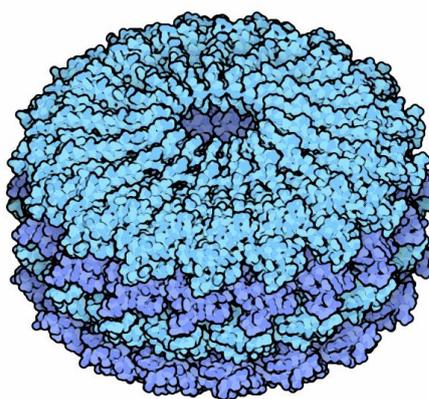


图2 TMV 外壳蛋白结构

## 参考文献

- B. Bhyravhatla, S.J. Watowich, D.L. Caspar (1998) Refined atomic model of the four-layer aggregate of the tobacco mosaic virus coat protein at 2.4 Å resolution. *Biophys. J.* 74: 604-615
- C. Sachse, J.Z. Chen, P.D. Coureux, M.E. Stroupe, M. Fandrich, N. Grigorieff (2007) High-resolution electron microscopy of helical specimens: a fresh look at tobacco mosaic virus.

J.Mol.Biol. 371: 812-835

K. Namba, R. Pattanayek, G. Stubbs (1989) Visualization of protein-nucleic acid interactions in a virus. Refined structure of intact tobacco mosaic virus at 2.9 Å resolution by X-ray fiber diffraction. J.Mol.Biol. 208: 307-325

吕春霞. 烟草花叶病毒病的发生及化学防治机理研究[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2003.

张平城, 白春礼, 成英俊, 等. 烟草花叶病毒结构的原子力显微镜研究[J]. 动物学研究, 1993, 14: 38-41.

## 相关文献

H. Wang, A. Planchart and G. Stubbs (1998) Caspar carboxylates: the structural basis of tobamovirus disassembly. Biophysical Journal 74, 633-638.

D. J. Lewandowski and W. O. Dawson (1998) Tobamoviruses. In Encyclopedia of Virology, second edition, volume 3, edited by A. Granoff and R. G. Webster, Academic Press, pages 1780-1783.

G. Stubbs (1999) Tobacco mosaic virus particle structure and the initiation of disassembly. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 354, 551-557

B. D. Harrison and T. M. A. Wilson (1999) Milestones in the research on tobacco mosaic virus. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 354, 521-529.

A. Klug (1999) The tobacco mosaic virus particle: structure and assembly. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 354, 531-535.