

植物中 RNA 分子系统运输的研究进展*

贺红霞¹⁾ 麻鹏达¹⁾ 杨美英^{1,2)} 王兴智^{1)**}

(¹⁾东北师范大学细胞遗传所, 长春 130024; ²⁾吉林农业大学生命科学学院, 长春 130118)

摘要 RNA 分子主要以单链的形式存在于生物体内, 既担负着贮存及转移遗传信息的作用, 又能作为核酶直接在细胞内发挥代谢功能. 在植物中 RNA 也可作为活跃的信号分子调控基因表达和发育. 介绍了包括病毒 RNA、RNA 沉默信号、特异内源 RNA 等 RNA 分子, 在植物体内的系统运输及其在植物基因表达调控中所起作用的研究进展.

关键词 RNA 系统运输, 植物基因表达调控, 病毒 RNA, RNA 沉默信号, 内源 RNA

学科分类号 Q94

随着 RNA 分子在基因表达调控中重要作用的发现, RNA 分子如何在植物体内运输移动, 如何在目标组织中发挥作用等问题引起人们越来越多的关注.

携带信息的大分子物质 (包括转录因子和 RNA 分子) 在细胞和整个植物系统间运输的深入研究, 产生了维管植物细胞间信号的新概念. 大分子信号在细胞间和整个植物中的移动, 分别发生在胞间连丝和植物维管系统两种特殊结构中: a. 转录因子如 KNOTTED-1、DEFICIENS、GLOBOSA、LEAFY 等经由胞间连丝传递的细胞间短距离通路, 可以保持细胞质和内质网在相邻细胞间的连续性, 并且在植物生长发育中起到重要调控作用^[1-3]; b. 在韧皮部和木质部中进行的水、植物激素、矿物质、糖和氨基酸等物质的长距离运输, 完成了光合产物从源到库的转运, 进一步构成高等植物的维管输导系统^[4].

通常, RNA 分子作为遗传信息的载体, 在产生它们的细胞中发挥作用. 新近的研究表明 RNA 也作为一个活跃的信号分子, 调控基因表达和植物发育. 而各种类型的 RNA 分子从合成位点长距离运输到植物不同组织的机制, 逐渐成为人们的研究热点.

1 植物系统运输的 RNA 类型

在植物中, 目前已知主要有 3 种 RNA 分子能够进行系统运输 (图 1)^[5,6], 即植物病毒基因组 RNA、转录后基因沉默 (post-transcriptional gene silencing) 的 RNA 信号和内源特异 mRNA 分子.

1.1 RNA 病毒基因组

植物病毒侵入寄主细胞后, 其局部侵染和系统

侵染的形成涉及病毒在植物体内 2 种不同的转运模式: 经过叶肉细胞胞间连丝来实现的胞间转运 (cell to cell movement) 和经过维管系统的韧皮部筛管来实现的长距离转运 (long distance transport)^[7,8]. 近 10 年来对胞间转运的大量研究, 尤其是对烟草花叶病毒 (tobacco mosaic virus, TMV) 在烟草叶肉细胞间转运机理的研究结果, 使人们逐步明晰了病毒胞间转运的一些基本步骤及转运机理, 建立起了植物病毒胞间转运机理研究的基本模式.

RNA 病毒系统扩散的分子途径目前尚不清楚. 绝大多数病毒在相应寄主植物中的长距离运输是由外壳蛋白 (coat protein, CP) 调控的^[9,10]. 许多实验结果表明, 病毒能否顺利地进出维管系统是病毒建立系统侵染的关键. 病毒进入筛分子 (sieve elements, SE) 和从 SE 转移出至周围薄壁细胞是其长距离转运的两个过程, 任何一个过程受阻碍均不能使病毒实现系统侵染. 将烟草暴露在尚未达到毒害浓度的重金属镉中, 在病毒进入维管组织的过程不受影响的情况下, 无毒的镉引发细胞因子的合成来干扰病毒移动, 从而阻止病毒从维管组织的 SE 中转移至未侵染的其他器官, 这是利用病毒 RNA 运输的一个调控机制来实现防治 TMV 的实例^[11,12].

1.2 RNA 沉默过程中的 RNA 信号分子

RNA 沉默是由于转基因序列或外侵病毒与被沉默的内源或外源基因序列具有高度的同源性, 其转录产物形成双链 RNA (double-stranded RNA,

*中国 - 希腊 2003~2005 年科技合作项目和吉林省科技厅国际合作资助项目 (20040701-3).

** 通讯联系人.

Tel: 0431-5099769, E-mail: xingzhi@public.cc.jl.cn

收稿日期: 2004-09-16, 接受日期: 2004-12-01

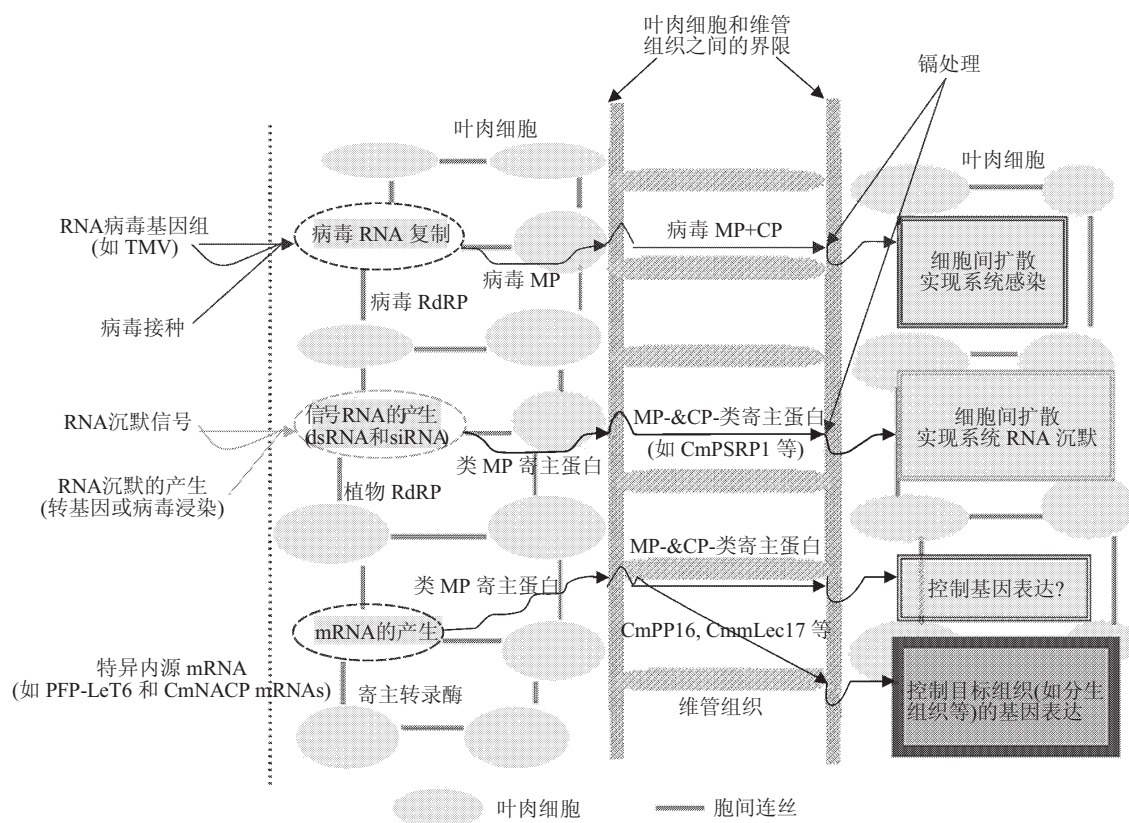


Fig.1 Three major types of RNAs in plants and their transport pathways (based on [6], 2001)

图 1 植物中系统运输的三种 RNA 分子及其运输路径 (根据文献[6]的图修改)

RNA 病毒侵染寄主后, 在 RNA 依赖性 RNA 聚合酶 (RNA-dependent RNA polymerases, RdRP) 作用和病毒移动蛋白 (MP) 及外壳蛋白 (CP) 协助下重新复制, 病毒 RNA 经胞间连丝在细胞间扩散, 完成系统感染; 外源基因插入所引起的 RNA 沉默过程中在韧皮部产生 RNA 信号 (如 dsRNA 和 siRNA), 这些 RNA 信号在细胞间扩散, 再经维管组织长距离运输实现系统 RNA 沉默^[13,14]; 特异内源 mRNA (如 PFP-LeT6 和 CmNACP mRNAs) 在韧皮部产生, 在细胞间扩散, 而后局部或系统地运输, 直接控制基因表达或运输至目的组织 (如分生组织) 控制基因表达。3 种 RNA 分子经过维管组织系统扩散, 然后信号分子离开维管组织进入更多组织 (病毒 RNA 和 RNA 沉默信号) 或在某些机制作用下定位于特定组织 (特异内源 mRNA)。

dsRNA) 结构, dsRNA 可通过韧皮部传递, 到达目标组织, 进而引起特异 RNA 的降解^[15-17]。RNA 沉默需要细胞间信号传递系统和信号扩增系统。已有证据表明 RNA 沉默信号是长度为 21~26 个核苷酸的 dsRNA^[18]。当反义基因诱导或转基因反向插入内源启动子时, 能够产生 dsRNA (与目的基因转录区序列同源)^[19,20], 然后 dsRNA 经过核内分解产生长度为 21~23 个核苷酸的小干扰 RNA (small interfering RNA, siRNA) 促进同源 RNA 的降解, Klahre 等^[9]研究表明 siRNA 也能直接诱导基因沉默。dsRNA、aberrant RNA 和 (或) siRNA 既可通过胞间连丝进行短距离传递, 也可以通过植物中的维管系统长距离传递, 并诱导整个植物产生系统沉默^[7,21], 两种传

递方式是有差别的, 在 Himber 等^[7]的文章中有详细的阐述。

嫁接可以作为研究植物系统沉默信号运输的一种有效手段。据报道, 大多数沉默的砧木能够 100% 诱发接穗中相应基因的沉默^[22-26]。相反, 在利用 9 个独立的转基因株系作为接穗嫁接到未转化或带有异质转基因的砧木上时, 并未观察到沉默现象^[24-27]。这些实验说明嫁接在表达的转基因株系中不诱导沉默, 嫁接实验对研究系统 RNA 沉默是有效的。通过嫁接实验得出, 由农杆菌侵染和基因枪轰击诱导的系统沉默, 具有序列特异性和通过嫁接传播的能力^[20, 27-29]。最新报道的异质嫁接实验结果表明, 转 CP 基因沉默的砧木中所产生的 siRNA, 在

韧皮部中长距离运输引起接穗中 CP 基因的沉默^[30].

1.3 内源特异 RNA

植物在外源 RNA (如病毒基因组或转基因) 运输的基础上, 产生了系统病毒感染、PTGS 以及 RNA 介导的病毒抗性, 而内源 RNA 分子也能经过植物维管系统运输. 在已知的 RNA 系统运输中, 内源 mRNA 细胞间运输的生物学意义最引人关注. 玉米同源域蛋白 KNOTTED1 (KN1) 能够结合它自身的 mRNA 在分生组织的细胞间运输. KN1 介导的 mRNA 运输仅发生在局部, 在特殊细胞层间, 而其他细胞核内的某些特异 mRNA 能通过维管系统运输^[31]. 例如叶片蔗糖转运蛋白 SUT1 的 mRNA 在伴胞 (companion cells, CC) 中转录, 之后运输至 SE 再经韧皮部进行系统分布. 通过原位杂交实验, 在韧皮系统的伴胞和 SE 中确实检测到了 RNA 编码的叶蔗糖转运子 (sucrose transporter, SUT1). SUT1 主要存在于 SE 中, 由于 SE 无细胞核, 所以 SUT1 mRNA 首先在伴胞中转录, 之后转运至邻近的 SE 并经由韧皮部转运到其他器官, SUT1 mRNA 的运输与蔗糖的长距离运输的方式是一致的^[32]. 除了 SUT1 外, 在韧皮部中还发现其他内源 mRNA, 在某种机制作用下定位于特殊组织, 如 CmPp16 (16 ku *Cucurbit maxima* phloem protein) 是南瓜的一个韧皮蛋白, 在 CC-SE 之间以序列非特异方式运输 RNA^[33]. 利用 RT-PCR 方法在异质嫁接南瓜的韧皮液, 检测出有近 100 种 mRNA 存在于韧皮部中^[34]. 一些韧皮部转录物如马铃薯 SUT1 mRNA^[32] 和水稻 *Thioredoxin* mRNA^[35] 可以在整个植物中运输. 而有些韧皮部的 mRNA 则在某些机制作用下运输到特定组织中. Ruiz-Medrano 等^[34,36] 用南瓜 / 黄瓜进行异质嫁接实验, 对其中一个 mRNA 转录物 CmNACP (*Cucurbit maxima* non-autonomous cell protein) 做了详细研究, 发现大量转录物从南瓜砧木移动到黄瓜接穗的分生组织中, 说明 mRNA 系统运输发生在分生组织, 是 mRNA 分子远距离控制基因表达作用的一个实例, 这与 PTGS 中的系统信号相类似^[29], 重要的是 CmNACP mRNA 的韧皮部运输与其他已知的系统 RNA 运输不同, 它的目标是一个特定组织 (如顶芽).

CmPp16 蛋白作为分子伴侣加强内源 mRNA 在韧皮部的运输功能, 南瓜的韧皮液蛋白 CmNACP mRNA 与它们的同源 mRNA 分子一起从伴胞运输到筛分子^[36]. 同时由于 CmNACP mRNA 的选择性, 还需要一个蛋白质特异地识别这个

mRNA 并将此 mRNA 运输到顶端组织, 即 CmPp16 蛋白. 有关 CmNACP mRNA 或其他 mRNA 长距离运输的生物学基本原理已有报道^[37], 微注射实验表明, 当 CmPp16、TMV MP、CMV 3a MP 或 KN1 与 NtNCAPP1 共注射到 NtNCAPP1 的显性突变体时, 前两种蛋白质被抑制而后两种不受影响; 在 NtNCAPP1 突变体和反义 NtNCAPP1 cDNA 的转基因烟草中, 观察到同样蛋白质运输的选择性抑制. 这些结果表明 NtNCAPP1 在介导选择性蛋白的细胞间运输中的作用. 总之, NCAP (non-cell autonomous protein) 传递到胞间连丝的模式具有选择性, 并且可以对其进行调控^[37].

2 植物中 RNA 运输的生物学机制

生物学活跃的 RNA 分子在体内进行系统运输时, 应该有一定的选择机制对其加以控制. RNA 分子是如何进入韧皮部、在韧皮部中运输以及怎样移出韧皮部到达目标组织还不很清楚. 但近年来利用植物病原作为模式系统的研究, 开始揭开这个运输调控系统的神秘面纱.

马铃薯纺锤块茎类病毒 (potato spindle tuber viroid, PSTVd) 是一个小的非编码、能自我复制的 RNA, 对 PSTVd 在烟草中系统侵染的研究结果表明: 不同的机制调控 RNA 进出韧皮部. 由于类病毒 RNA 不编码蛋白质, 所以它的运输方式可以提供调控 RNA 运输细胞机制的直接证据^[38].

值得注意的是, 植物病毒诱导病毒抗性的机制与 PTGS 系统沉默相似^[16,20]. PTGS 剪接子和几种植物病毒的系统运输 (如黄瓜花叶病毒, CMV), 不同于细胞内转录物的系统运输 (如 PFP-LeT6 and CmNACP mRNA), 前者发生在整个植物中但通常不包括新生的分生组织, 而后者则可以运输到分生组织发挥调节作用^[39]. 这样植物可在分生组织周围形成一个防御墙, 保护新生组织免受病毒感和 PTGS 影响, 一直保持最初特异的内源 mRNA. 有 2 个实验能够有力证明特异蛋白和 RNA 运输对植物功能的重要作用. 一个是关于拟南芥中一个产生于根部的转录因子 SHORT-ROOT, 它可以调节性地运输到邻近细胞层, 这对于内皮层的发育是很必要的^[40]; 另一个能充分说明转运的 mRNA 在目标组织中控制基因表达的实验, 是由 Sinha 实验室的 Kim 等^[39]完成的, 他们对细胞间移动 mRNA 种类的确定证实了内源 mRNA 作为长距离运输系统信号的可能性. Kim 等利用两个不同的番茄株系, Xa

系携带半显性的叶黄素突变体,引起野生型叶片变黄, Me 系带有一个显性鼠耳叶(Mouse ear, Me)突变引起的羽状复叶, Me 突变体由一个 PFP-LeT6 (焦磷酸依赖型磷酸酶 PFP 和番茄 KN1 相似同源基因 LeT6) 的融合基因引发. 他们用与研究 RNA 沉默信号类似的嫁接方法, 即将 Xa 接穗嫁接到 Me 砧木上观察到接穗中出现了羽状复叶(图 2). 在共聚焦电子显微镜下观察异质嫁接的顶芽, 揭示出叶形

的改变发生在叶片发育早期. 这些结果说明, 在 Xa 接穗中的表型变化可能受 Me 砧木信号物质影响而产生的. 在反向嫁接实验即将 Me 接到 Xa 上, 没有引起 Me 接穗的表型变化, 证明变化诱导物质只能从砧木到接穗单向运输, 可能和光合产物一起传送. 在 PTGS 信号和植物病毒的系统运输中也存在与此相似的单向运输.

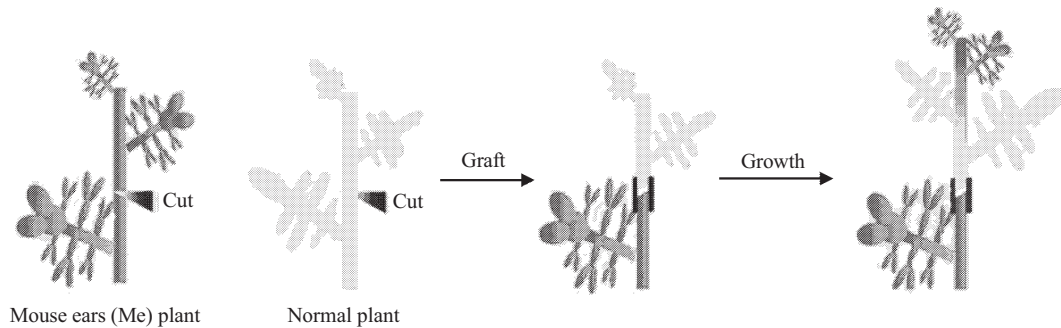


Fig.2 Tomato grafting studies show transmission of a leaf shape signal and KNOX fusion mRNA into the graft scion (cited from ref[41], 2001)

图 2 番茄嫁接实验证明叶形信号的传递和 KNOX 融合 mRNA 进入到接穗中 (图引自文献[41], 2001)

关于蛋白质和 RNA 经由胞间连丝和韧皮部系统运输, 来调控邻近或远处细胞基因表达的研究情况, 最近有几个很好的综述可以提供相应的信息^[21,31,42-46]. 对于调控蛋白质和 RNA 系统运输的机制 Ding 等^[47]进行了详尽叙述.

3 研究植物中 RNA 系统运输的意义

植物中 RNA 系统运输的深入研究, 在揭示植物体内基因表达的调控机理方面具有重要意义. 今后关于蛋白质和 RNA 运输的研究应主要集中在其作用机制和功能上. 具体包括以下几个研究方向: 系统运输的蛋白质和 RNA 种类的进一步鉴定; 调节长距离运输的蛋白质或 RNA 作用的阐明; 调节这种运输的细胞因子 (包括胞间连丝成分) 的确定; 此运输在植物生长、发育及对环境适应方面所起的作用. 嫁接及生物粒子轰击技术可以作为研究 RNA 系统运输的两个有效手段. 此外, 目前园艺作物的生产过程中, 广泛应用嫁接技术, 对嫁接植物中 RNA 系统运输的研究, 可以在生产实践中发挥积极的指导作用, 如嫁接植物品质变化机理、抗病性提高机理等.

参 考 文 献

- 1 Lucas W J, Bouche-Pillon S, Jackson D P, *et al.* Selective traffick of KNOTTED1 homeodomain protein and its RNA through plasmodesmata. *Science*, 1995, **270** (5244): 1980~1983
- 2 Perbal M C, Haughn G, Saedler H, *et al.* Non-cell-autonomous function of the *Antirrhinum* floral homeotic proteins DEFICIENS and GLOBOSA is exerted by their polar cell-to-cell trafficking. *Development*, 1996, **122** (11): 3433~3441
- 3 Sessions A, Yanofsky M F, Weigel D. Cell-cell signaling and movement by the floral transcription factors LEAFY and APETALA1. *Science*, 2000, **289** (5480): 779~782
- 4 Wu X L, Weigel D, Wigge P A. Signaling in plants by intercellular RNA and protein movement. *Genes & Development*, 2002, **16** (2): 151~158
- 5 Citovsky V. Systemic transport of RNA in plants. *Trends in Plant Science*, 2000, **5** (2): 52~54
- 6 Ueki S, Citovsky V. RNA commutes to work: regulation of plant gene expression by systemically transported RNA molecules. *Bioessays*, 2001, **23** (12): 1087~1090
- 7 Himber C, Dunoyer P, Moissiard G, *et al.* Transitivity-dependent and -independent cell-to-cell movement of RNA silencing. *EMBO J*, 2003, **22** (17): 4523~4533
- 8 Carrington J C, Kasschau K D, Mahajan S K, *et al.* Cell-to-cell and long-distance transport of viruses in plants. *Plant Cell*, 1996, **8**(10): 1669~1681
- 9 Lazarowitz S G, Beachy R N. Viral movement proteins as probes for intracellular and intercellular trafficking in plants. *Plant Cell*, 1999, **11** (4): 535~548

- 10 Ghoshroy S, Lartey R, Sheng J, *et al.* Transport of proteins and nucleic acids through plasmodesmata. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1997, **48** (1): 27~49
- 11 Ghoshroy S, Freedman K, Lartey R, *et al.* Inhibition of plant viral systemic infection by non-toxic concentrations of cadmium. *Plant J*, 1998, **13** (5): 591~602
- 12 Citovsky V, Ghoshroy S, Tsul F, *et al.* Non-toxic concentrations of cadmium inhibit tobamoviral systemic movement by a salicylic acid-independent mechanism. *Plant J*, 1998, **16** (1): 13~20
- 13 Voinnet O, Baulcombe D C. Systemic signaling in gene silencing. *Nature*, 1997, **389** (6651): 553
- 14 Voinnet O, Vain P, Angell S, *et al.* Systemic spread of sequence-specific transgene RNA degradation in plants is initiated by localized introduction of ectopic promoterless DNA. *Cell*, 1998, **95** (2): 177~187
- 15 Vaucheret H, Beclin C, Fagard M. Post-transcriptional gene silencing in plants. *J Cell Sci*, 2001, **114** (Pt17): 3083~3091
- 16 van der Boogaart T, Lomonossoff G P, Davies J W, *et al.* Can we explain RNA-mediated virus resistance by homology dependent gene silencing?. *Mol Plant-Microbe Interact*, 1998, **11**: 717~723
- 17 Mlotshwa S, Voinnet O, Mette M F, *et al.* RNA silencing and the mobile silencing signal. *Plant Cell*, 2002, **14** (Suppl.): S289~S301
- 18 Grant S R. Dissecting the mechanisms of posttranscriptional gene silencing: divide and conquer. *Cell*, 1999, **96** (3): 303~306
- 19 Klahre U, Cr  t   P, Leuenberger S A, *et al.* High molecular weight RNAs and small interfering RNAs induce systemic posttranscriptional gene silencing in plants. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, **99** (18): 11981~11986
- 20 Waterhouse P M, Graham M W, Wang M B. Virus resistance and gene silencing in plants can be induced by simultaneous expression of sense and antisense RNA. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, **95** (23): 13959~13964
- 21 Heinlein M. Plasmodesmata: dynamic regulation and role in macromolecular cell-to-cell signaling. *Curr Opin Plant Biol*, 2002, **5** (516): 543~552
- 22 Guo H S, Ding S W. A viral protein inhibits the long range signaling activity of the gene-silencing signal. *EMBO J*, 2002, **21** (3): 398~407
- 23 Mallory A C, Ely L, Smith T H, *et al.* Hc-Pro suppression of transgene silencing eliminates the small RNA but not transgene methylation of the mobile signal. *Plant Cell*, 2001, **13** (3): 571~583
- 24 Palauqui J C, Balzergue S. Activation of systemic acquired silencing by localised introduction of DNA. *Curr Biol*, 1999, **9** (2): 59~66
- 25 Palauqui J C, Vaucheret H. Transgenes are dispensible for the RNA degradation step of cosuppression. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, **95** (16): 9675~9680
- 26 Sonoda S, Nishiguchi M. Graft transmission of post-transcriptional gene silencing: target specificity for RNA degradation is transmissible between silenced and non-silenced plants, but not between silenced plants. *Plant J*, 2000, **21** (1): 1~8
- 27 Crete P, Leuenberger S, Iglesias V A, *et al.* Graft transmission of induced and spontaneous post-transcriptional silencing of chitinase genes. *Plant J*, 2001, **28** (5): 493~501
- 28 Jorgensen R A. RNA traffics information systemically in plants. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, **99** (18): 11561~11563
- 29 Palauqui J C, Elmayan T, Pollien J M, *et al.* Systemic acquired silencing: transgene specific post-transcriptional silencing is transmitted by grafting from silenced stocks to non-silenced scions. *EMBO J*, 1997, **16** (15): 4738~4745
- 30 Yoo B C, Kragler F, Varkonyi-Gasic E, *et al.* A systemic small RNA signaling system in plants. *Plant Cell*, 2004, **16** (8): 1979~2000
- 31 Lucas W J, Yoo B C, Kragler F. RNA as a long-distance information macromolecule in plants. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2001, **2** (11): 849~857
- 32 K  hn C, Franceschi V R, Schulz A, *et al.* Macromolecular trafficking indicated by localization and turnover of sucrose transporters in enucleate sieve elements. *Science*, 1997, **275** (5304): 1298~1300
- 33 Xoconostle-C  zares B, Xiang Y, Ruiz-Medrano R, *et al.* Plant paralog to viral movement protein that potentiates transport of mRNA into the phloem. *Science*, 1999, **283** (5398): 94~98
- 34 Ruiz-Medrano R, Xoconostle-C  zares B, Lucas W J. Phloem long distance transport of CmNACP mRNA: implications for supracellular regulation in plants. *Development*, 1999, **126** (20): 4405~4419
- 35 Sasaki T, Chino M, Hayashi H, *et al.* Detection of several mRNA species in rice phloem sap. *Plant Cell Physiol*, 1998, **39** (8): 895~897
- 36 Crawford K M, Zambryski P C. Phloem transport: are you chaperoned?. *Curr Biol*, 1999, **9** (8): R281~R285
- 37 Lee J Y, Yoo B C, Rojas M R, *et al.* Selective trafficking of Non-cell-autonomous proteins mediated by NtNCAPP1. *Science*, 2003, **299** (5605): 392~396
- 38 Zhu Y, Qi Y, Xun Y, *et al.* Movement of potato spindle tuber viroid reveals regulatory points of phloem-mediated RNA traffic. *Plant Physiol*, 2002, **130** (1): 138~146
- 39 Kim M, Canio W, Wessler S, *et al.* Developmental changes due to long-distance movement of a homeobox fusion transcript in tomato. *Science*, 2001, **293** (5528): 287~289
- 40 Nakajima K, Sena G, Nawy T, *et al.* Intercellular movement of the putative transcription factor SHR in root patterning. *Nature*, 2001, **413** (6853): 307~311
- 41 Jackson D. The long and the short of it: signaling development through plasmodesmata. *Plant Cell*, 2001, **13** (2): 2569~2572
- 42 Haywood V, Kragler F, Lucas W J. Plasmodesmata: pathways for protein and ribonucleoprotein signaling. *Plant Cell*, 2002, **14** (Suppl): S303~S325
- 43 Llave C, Kasschau K D, Rector M A, *et al.* Endogenous and silencing-associated small RNAs in plants. *Plant Cell*, 2002, **14** (7): 1605~1619
- 44 Lindsey K, Casson S, Chilley P. Peptides: new signaling molecules in plants. *Trends Plant Sci*, 2002, **7** (2): 78~83
- 45 Ruiz-Medrano R, Xoconostle-C  zares B, Lucas W J. The phloem as a conduit for inter-organ communication. *Curr Opin Plant Biol*, 2001, **4** (3): 202~209
- 46 Mallory A C, Vaucheret H. MicroRNAs: something important between the genes. *Current Opinion in Plant Biology*, 2004, **7** (2): 120~125
- 47 Ding B, Itaya A, Qi Yijun. Symplasmic protein and RNA traffic: regulatory points and regulatory factors. *Current Opinion in Plant Biology*, 2003, **6** (6): 596~602

Advances in Systemic Transport of RNA Molecules in Plants*

HE Hong-Xia¹⁾, MA Peng-Da¹⁾, YANG Mei-ying^{1,2)}, WANG Xing-Zhi^{1)**}

¹⁾*Institute of Genetics and Cytology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;*

²⁾*Institute of Life Science, Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China)*

Abstract RNA mainly existed as the single-stranded molecule in organisms is the genetic information carrier, and plays an important role in the transfer of genetic information. In addition, RNA as a nucleic acid enzyme regulates the cellular metabolism. There are three types of RNA molecules that could travel in plants systemically, including the virus RNA, mobile signals of RNA silencing and endogenous RNA. The current advances of systematic transport of RNA and their functions in plant gene expression are reviewed.

Key words RNA systemic traffic, regulation of gene expression, virus RNA, mobile signals of RNA silencing endogenous RNA

*This work was supported by a grant from The China-Greece International Cooperation Foundation and Jilin Provincial Commission of Science and Technology (20040701-3).

**Corresponding author . Tel: 86-431-5099769, E-mail: xingzhi@public.cc.jl.cn

Received: September 16, 2004 Accepted: December 1, 2004