



植物细胞分裂时如何建造新的细胞壁？

Mingqin Chang* 和 Georgia Drakakaki

加州大学戴维斯分校, 植物科学系 (美国, 加利福尼亚州, 戴维斯)

少年审稿人



TARUN

年龄: 13

细胞壁 (Cell wall)

植物细胞外围的一层厚壁, 能够为细胞提供结构支撑和保护。

如果你住在公寓或者楼房里, 那你就注意到家里不同的房间被墙壁隔开。植物的结构类似于你家房子, 只不过里面有许多许多小房间, 这些房间就是细胞。植物细胞和房间一样, 被细胞壁隔开。细胞壁是一种特殊的存在, 动物细胞是没有细胞壁的。在一栋房子里, 如果你想把一个大房间隔成两个小房间, 就需要新建一堵墙。这种方式类似于植物细胞通过细胞分裂变成两个细胞。要给房子建造墙壁, 你就需要雇用建筑工人, 制定建设计划, 购买建筑材料, 最后进行安装。植物细胞如何完成这些不同类型的工作呢? 这篇文章将向你介绍细胞分裂过程中植物细胞构建细胞壁的方法。

植物的细胞壁是什么?

植物和动物要生长发育, 就必须通过细胞分裂来产生更多的细胞。通过细胞分裂, 一个细胞变成了两个。这个过程在植物和动物细胞中以不同的形式进行, 因为植物细胞有细胞壁。

当你用显微镜观察植物根部时, 你会发现根部看起来像一张网(图 1A)。每个方形网格代表一个细胞。仔细观察细胞边界, 就会看到上面有一种能将相邻两个细胞分隔开来的结构, 这就是**细胞壁**。除了分隔细胞之外, 植物细胞壁还为细胞提供物理保护, 防止病原体侵入细胞。

植物胞质分裂 (Plant cytokinesis)

通过构建新细胞壁将正在分裂的植物细胞分隔开来的过程。

图 1

细胞壁可以将植物细胞分隔开来。(A)根尖细胞在显微镜下呈网格状,因为细胞壁非常醒目。此图是在比例尺为 0.01 毫米状态下截取的。(B)放大图 (A) 中黄色框区域,可以看到每个细胞都被细胞壁完全包围。(C)继续放大图 (A)中黄色框区域,可以观察到细胞壁由糖聚合物构成的“砌块”组成,比如纤维素、半纤维素、果胶和蛋白质。

植物细胞要完成分裂,就必须构建新的细胞壁,把一个细胞分隔成两个。通过建造新细胞壁分隔植物细胞的过程就叫做植物胞质分裂。

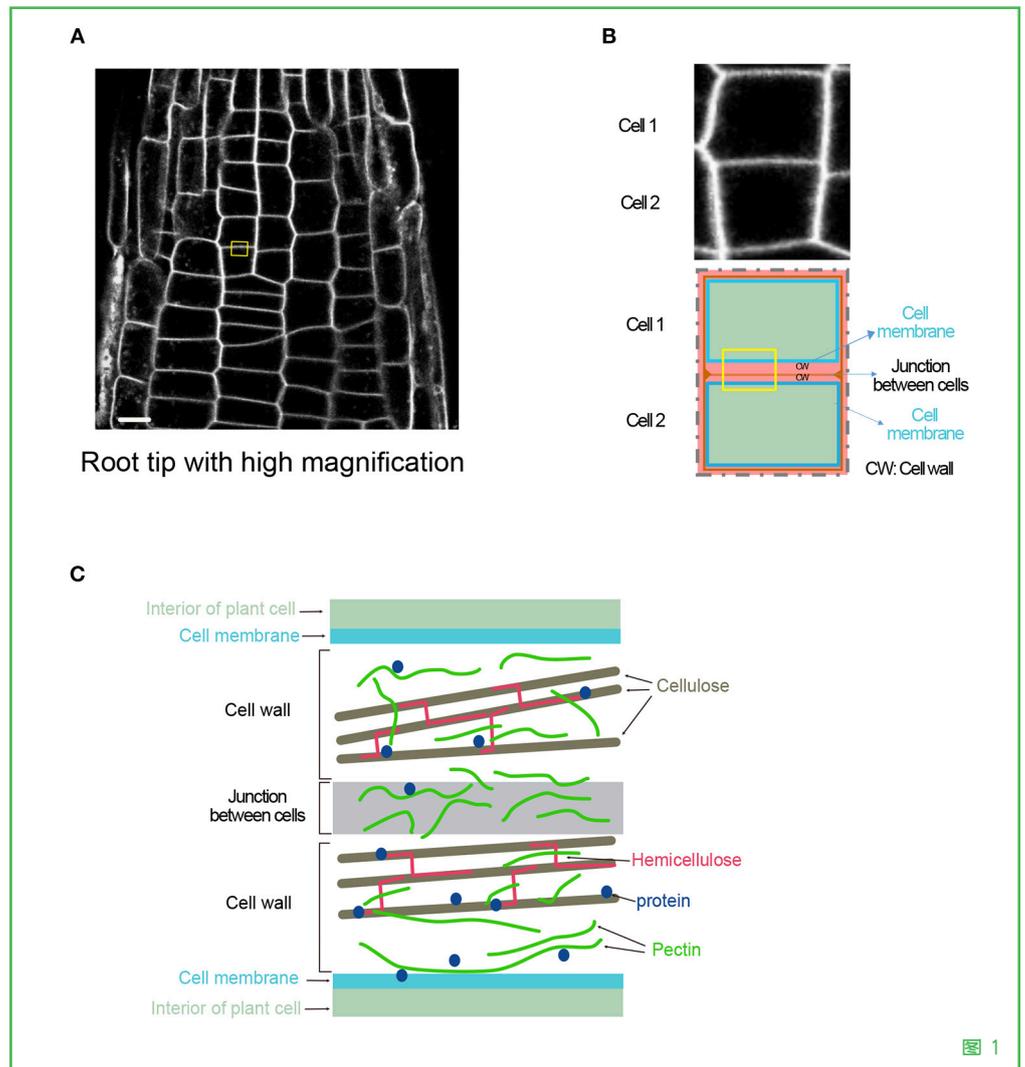


图 1

早前期带 (Preprophase band)

这种结构由微管和微丝组成,可以在细胞即将分裂的区域做标记。

微管 (Microtubules)

存在于植物和动物细胞中的蛋白质聚合物,可以为细胞提供结构支撑,也可以充当细胞内的运输通道。

果胶 (Pectin)

细胞壁所包含的粘性糖聚合物。

植物如何选择细胞壁的施工地点？

建造楼房时,你可以在地面和墙壁上做标记,告诉工人建造新墙的具体位置。在植物细胞中,有一种被称为早前期带的结构会在即将分裂的区域做标记(图 2A)。早前期带由微管和微丝组成。分裂区形成之后,前期带立刻就会消失。但是细胞依然“记得”分裂区的位置,这样它就可以引导细胞里的工人前往新细胞壁的施工地点。

建造细胞壁需要哪些材料？

在建造大楼的时候,积木一样的砌块是构成墙壁的主要结构,我们还会用水泥来黏合砌块。植物细胞壁里有各种各样的砌块,比如纤维素、半纤维素和胨胨质。植物细胞壁中类似于混凝土的物质叫做果胶。这三

图 2

植物通过构建新的细胞壁完成胞质分裂。(A)早前期带在分裂区做好标记,细胞就能知道建造新细胞壁的地点。(B)建造细胞壁的材料和蛋白质工人被装在囊泡里,通过微管轨道被输送到分裂区。(C)囊泡在分裂区的中心融合形成细胞板,细胞壁正是从这里开始建造的。随着越来越多的材料被输送过来,细胞板向现有的细胞壁方向外扩。(D)新细胞壁建成时,大细胞就分裂成两个小细胞。

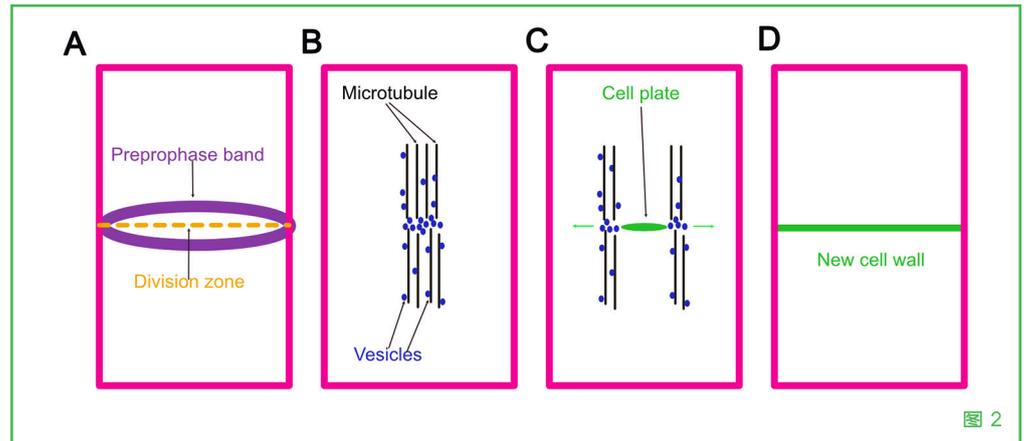


图 2

种砌块和混凝土都是由不同的糖类组成。纤维素是细胞壁的主要加固剂,他们被组装成坚固的横梁,这种横梁叫做微纤维。纤维素微纤维是植物细胞壁的骨架(图 1C),果胶是细胞壁的混凝土,它比纤维素更柔韧,能够伸展细胞壁。可弯曲的果胶链包围着纤维素,而纤维素分支链接着纤维素横梁,形成一张坚硬的网。胼胝质是一种特殊的积木块,仅在新形成的新细胞壁中临时使用,用来稳定“施工现场”的情况,保证其他构筑材料的妥善铺设[1, 2]。除了这些糖类砌块和混凝土以外,细胞壁上还散布着许多蛋白质。其中部分蛋白质参与促进细胞壁的变化和生长,但我们对这些蛋白质的功能还没有全面了解。

纤维素 (Cellulose)

是一种糖链,充当着细胞壁的主要加固剂。

囊泡 (Vesicles)

一种由薄膜制成的包装袋,可以在细胞内包裹、运送“货物”。

细胞板 (Cell plate)

植物细胞分裂过程中形成的半成品结构,成熟后就是新细胞壁。

砌块、混凝土和工人的准备

建造大楼的过程中,施工供应商会生产墙壁的材料,然后运送到建筑工地。植物细胞无法从外部获得建筑材料,但可以自己制作砌块和混凝土。有一种膜性结构叫做高尔基体,是生产糖聚合物的工厂,可以制作果胶和半纤维素。果胶和半纤维素被装入薄膜包装袋一样的囊泡运送到工地。纤维素和胼胝质都是在建筑工地生产的。

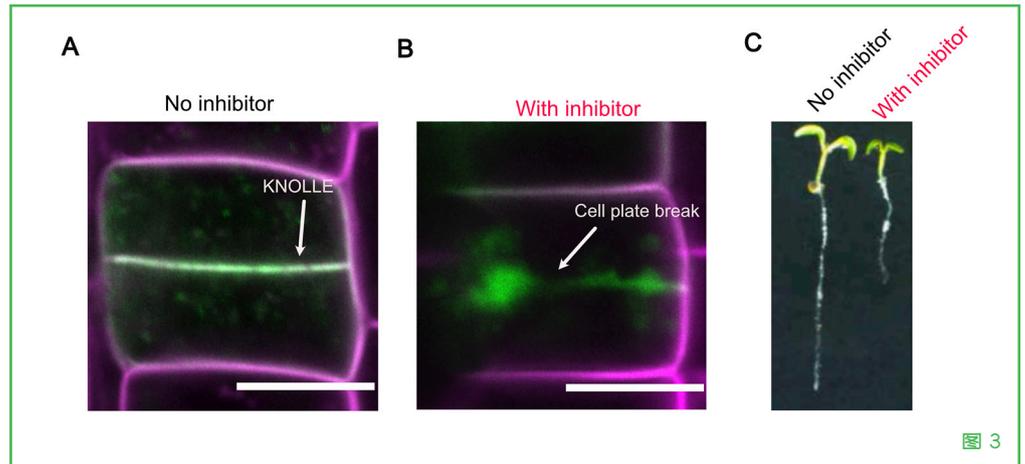
建造细胞壁的工人蛋白质也是在细胞中形成的。这些蛋白质都被安排了具体的任务,包括制造建筑材料、运输材料、组装细胞壁。每种蛋白质只负责一项特定的工作。例如,名叫 KNOLLE 的蛋白质负责将建筑工地的囊泡融合在一起[3](图 3A)。

细胞是怎样组装细胞壁的?

细胞将工人和材料分别安排在两个区域,这两个区域分布在建筑工地的两边。这两个区域的施工都从建造运输通道开始,运输通道由微管组成。接着,包裹在囊泡里的砌块、混凝土和工人沿着微管轨道被运送到建筑工地(图 2B)。工人们将囊泡连接在一起,开始建造新的细胞壁。当足够多的囊泡被连接起来时,它们就会形成细胞板结构(图 2C)。你

图 3

胞质分裂对植物生长至关重要。(A)不使用化学抑制剂的情况下,植物成功进行胞质分裂。在细胞板和新形成的细胞壁中可以看出用绿色荧光表示的蛋白质“工人”KNOLLE。(B)使用化学抑制剂后,胞质分裂失败,新细胞壁无法形成。图A和B是比例尺为0.01毫米时截取的图像。(C)总而言之,胞质分裂抑制试剂对植物生长产生了显著的抑制作用。



可以把细胞板想象成细胞壁的半成品,比成品更柔韧,施工完成前细胞板会一直存在。

建造楼房时,我们会从下往上砌砖、造墙、填混凝土。有趣的事,植物细胞壁是从中心向外建造的。新细胞壁从中心点向旧细胞壁的边缘扩建。刚开始建造细胞壁的时候,囊泡会被输送到中心点,将材料交给工人。随着细胞板不断膨胀,输送通道和囊泡运输的范围会不断扩大(图2C)。这样,囊泡总是会被运送到细胞板的边缘。这种膨胀和扩展会不断进行,直到细胞板碰到旧细胞壁,最后形成新细胞壁,一个大细胞就被分成两个小细胞(图2D)。在细胞壁逐渐成熟的同时,细胞板中间的一层含有大量果胶,能够将粘合相邻的细胞[2, 4, 5](图1B,C)。

研究植物胞质分裂有什么意义?

为什么研究植物胞质分裂如此重要?如果不进行胞质分裂,植物可以生长吗?为了回答这些问题,我们使用化学抑制剂来破坏这个过程。化学抑制剂可以对新细胞壁的建造产生破坏,在细胞中央留下一个空隙(图3B)。观察用化学抑制剂处理后的整株植物,你会发现它的根部比没有使用抑制剂的植物根部短很多(图3C)。通过这个实验,我们可以知道在新细胞壁构建过程中出现的缺陷会影响植物的生长速度。植物的生长离不开胞质分裂。如果没有植物胞质分裂,新细胞壁无法形成,旧细胞无法分裂成两个小细胞,植物就会枯萎。

随着研究的深入,我们了解到化学抑制剂只会损害胼胝质[6],胼胝质是细胞壁的组成部分之一。由上文可知,植物胞质分裂需要的不只是胼胝质。如果在细胞壁原材料和工人的生产、运输或组装过程中出现任何问题,植物胞质分裂都会受到影响。这类研究可以应用于除草剂的开发,根据抑制胞质分裂的原理,人类已经开发了好多种用来清除杂草的除草剂了。

致谢

美国国家科学基金会 (NSF) 分子和细胞生物科学部 (MCB)(项目编号 1818219) 以及美国农业部 (项目编号 CA-D-PLS-2132-H) 向 Georgia Drakakaki 提供了经费, 支持本课题研究。感谢 Destiny J. Davis 博士对本文的审阅和编辑。感谢译者明空对本文中中文翻译的贡献。

参考文献

1. Drakakaki, G. 2015. Polysaccharide deposition during cytokinesis: challenges and future perspectives. *Plant Sci.* 236:177–84. doi: 10.1016/j.plantsci.2015.03.018
2. Samuels, A. L., Giddings, T. H., and Staehelin, L. A. 1995. Cytokinesis in tobacco BY-2 and root tip cells: a new model of cell plate formation in higher plants. *J. Cell Biol.* 130:1345–57. doi: 10.1083/jcb.130.6.1345
3. Lauber, M. H., Waizenegger, I., Steinmann, T., Schwarz, H., Mayer, U., Hwang, I., et al. 1997. The Arabidopsis KNOLLE protein is a cytokinesis-specific syntaxin. *J. Cell Biol.* 139:1485–93. doi: 10.1083/jcb.139.6.1485
4. Smertenko, A., Assaad, F., Baluška, F., Bezanilla, M., Buschmann, H., Drakakaki, G., et al. 2017. Plant cytokinesis: terminology for structures and processes. *Trends Cell Biol.* 27:885–94. doi: 10.1016/j.tcb.2017.08.008
5. Corral-Martínez, P., García-Forte, E., Bernard, S., Driouch, A., and Seguí-Simarro, J. M. 2016. Ultrastructural immunolocalization of arabinogalactan protein, pectin and hemicellulose epitopes through another development in *Brassica napus*. *Plant Cell Physiol.* 57:2161–74. doi: 10.1093/pcp/pcw133
6. Park, E., Díaz-Moreno, S. M., Davis, D. J., Wilkop, T. E., Bulone, V., and Drakakaki, G. 2014. Endosidin 7 specifically arrests late cytokinesis and inhibits callose biosynthesis, revealing distinct trafficking events during cell plate maturation. *Plant Physiol.* 165:1019–34. doi: 10.1104/pp.114.241497

线上发布: 2024 年 2 月 08 日

编辑: Vishal Shah

科学导师: Vinuselvi Parisutham

引用: Chang M 和 Drakakaki G (2024) 植物细胞分裂时如何建造新的细胞壁? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2021.570769-zh

英文原文: Chang M and Drakakaki G (2021) How Does a Plant Cell Build a New Cell Wall When Dividing? *Front. Young Minds* 9:570769. doi: 10.3389/frym.2021.570769

利益冲突声明: 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2021 © 2024 Chang 和 Drakakaki. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

TARUN. 年龄: 13

我是州级羽毛球运动员, 我的球技非常娴熟。我也热爱下棋, 每次和朋友下棋都是我赢。



作者

MINGQIN CHANG

我 (常明钦) 出生成长于中国的农民家庭, 家人是种植蔬菜的, 这样的家庭环境激发了我对探索植物生长繁殖的兴趣。本科毕业后, 我下定决心致力于分子和细胞层面最为基础的研究, 深入了解植物如何健康生长。为理解不同的蛋白质在细胞生长和分裂中发挥的作用, 我开展了有关细胞骨架和跨膜运输的科研项目。植物细胞能够自动应对非常复杂的事件, 这令我非常感兴趣。科学探索和发现给我带来了很大的愉悦感。



GEORGIA DRAKAKAKI

我是加州大学戴维斯分校植物科学系教授。我带领学生们和科学家研究细胞内膜系统, 也就是细胞膜网络如何控制植物生长、发育, 应对外部压力。

*gdrakakaki@ucdavis.edu

