

开启木材细胞通道的途径

张耀丽, 夏金尉, 王军锋

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 木材细胞通道畅通与否, 直接关系到难干材的干燥、难浸渍防腐剂、阻燃剂木材的处理。开启木材细胞液体流动通道主要从纹孔膜入手, 作者在前人研究基础上探讨了木材细胞液体移动形式及细胞通道开启的途径, 归纳了3种开启木材细胞通道方式, 一是采用化学处理, 二是生物处理, 三是借助外力(机械力、蒸汽力、冰冻力)等方式迫使木材细胞壁纹孔膜破裂, 从而疏通或扩大细胞液体流动通道。阐述了每一细胞通道开启方式的适用范围以及实际操作中面临的问题, 以便于能更好的运用到木材干燥、防腐、阻燃、染色等木材加工领域。

关键词: 木材细胞通道; 纹孔膜; 液体流动方式; 开启途径

中图分类号: S781

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2011)06-0867-05

A review of methods of opening wood cell pathways

ZHANG Yao-li, XIA Jin-wei, WANG Jun-feng

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: Drying rate and liquid penetration ability for wood preservation or fire proofing treatments are dependent on wood cell pathways. This study is aimed at investigating the mechanism of liquid path through wood cells starting at opening the pit membranes. Based on a review of the previous studies about the liquid flow and the paths in wood cells, three methods to open wood cell pathways were summarized: chemical treatment, biological treatment and physical forces (such as mechanical force, vaporization force and freezing force). Using these methods, the membranes on cell walls could be broken and the aspirated pits could be opened. Furthermore, the limits for application of each method were described. The review may be helpful for understanding the principle of water flow paths in wood cells, which will benefit the wood drying, preservation treatment, fire proofing treatment and wood dyeing.

Key words: wood cell pathways; membrane; mode of liquid flow; open way

木材干燥、防腐、阻燃、染色等处理是木材加工中的重要研究领域, 木材干燥时水分向外迁移, 木材改性处理时防腐剂、阻燃剂及染色颜料等的浸注, 与木材细胞液体流动通道畅通与否均有着密切关系。由于木材构造的特殊性, 一些防腐剂、阻燃剂、染色颜料等难浸入到木材内部, 这给木材的改性处理带来了一定的难度。木材液体流动通道是否畅通, 也直接关系到湿心材及难干木材的干燥质量。深入研究改善难浸渍木材的渗透性处理方法及其影响机理, 一直被视为当今国际上木材流体关系研究领域的前沿课题^[1]。作者在前人研究木材渗透性能的基础上, 探讨开启木材细胞液体流动方式及木材

细胞通道开启的途径, 为难干材的干燥、难浸渍防腐剂、阻燃剂木材的处理, 提供理论依据。

1 木材细胞液体流动形式

木材细胞液体流动通道主要有3种形式: 沿着相互贯通的细胞腔进行移动; 通过细胞间隙进行流动; 沿着细胞壁上纹孔膜上的小孔或微孔进行渗透。阔叶材具有上述3种流动通道, 导管能够沿着相互贯通的细胞腔进行轴向移动, 导管直径大, 阔叶材的轴向移动不会受阻, 且流动速度很快。但若导管中含有较多侵填体, 将会部分阻碍导管的轴向移动通道, 也会部分覆盖导管与射线间的纹孔, 降低液

体的横向流动。

对于针叶材来讲,只有后2种形式。细胞腔孔径大,液体的流动通常不会在此受阻。针叶树材液体从一个细胞流到另一个细胞,主要是沿着细胞壁上纹孔膜的微孔(塞缘)进行渗透的。细胞间液体流动阻力主要来源于纹孔膜微孔的大小。细胞间液体可流动性取决于纹孔膜微孔有效半径和数量。纹孔膜微孔有效半径愈大愈多,液体愈容易渗透。针叶树材纹孔膜中央有盘状加厚的纹孔塞,纹孔塞基本是不渗透的,木材中水分从一个管胞流到另一个管胞,是通过纹孔膜的塞缘进行的。木材在生长或干燥过程中,由于纹孔膜两端不均衡的压力,纹孔塞常常会产生侧向位移,将纹孔口堵住,形成闭塞纹孔,则细胞之间液体就无法相互移动。

2 开启木材细胞通道方式及研究现状

纹孔膜及其闭塞是决定木材渗透性的最主要因子,开启木材细胞液体流动通道应从纹孔膜入手,第一,化学处理;第二,生物处理;第三,借助外力等方式迫使木材细胞通道开启。

2.1 化学处理

基本原理是通过化学药剂,通过提取纹孔膜中的抽提物质或降解纹孔膜,扩大纹孔膜塞缘之间的开口,使细胞流动通道扩大,改善木材的渗透性。

鲍甫成等^[2]用苯-乙醇浸提长白鱼鳞云杉后,发现木材的渗透性平均比原来提高了75%。肖忠平^[3]利用CO₂或与甲醇、乙醇、苯-乙醇混合物超临界流体对马尾松、檫木进行处理,研究发现超临界CO₂流体处理后木材内的抽提物被浸提出,细胞壁上的纹孔膜被击破。超临界流体技术是近20年来迅速发展起来的一门新技术,并逐步受到重视,目前已从原来早期单一的萃取技术发展成超临界流体反应、精馏、干燥、渗透、染色等技术。超临界流体具有黏度低,高扩散系数和良好的溶解性,应用于木材改性和加工方面有广阔的发展前景。Demessie等^[4]等用超临界流体对花旗松心材进行处理,其渗透性能得到改善和提高。超临界技术可以处理所有的树种^[5],这有利于木材功能性改良处理。

运用抽提方式提取纹孔膜中的抽提物,虽取得了比较好的理论效果,但由于苯、甲苯、乙醇化学药品比较昂贵,实际应用在木材加工行业领域中有一定难度。

2.2 生物处理

生物处理是借助酶、细菌、真菌等微生物分解木材射线细胞或管胞具缘纹孔的纹孔膜,扩大木材

细胞流动通道,提高木材的渗透性。

酶处理木材是利用各种酶制剂分解木材的具缘纹孔或射线薄壁细胞,使木材渗透性得到改善^[6-10]。Nicholas^[9]用果胶酶、纤维素酶和半纤维素酶对火炬松分别进行处理,结果发现前2种酶制剂均不同程度的降解纹孔膜上的纹孔塞,而半纤维素酶只略微改变了纹孔膜的结构。果胶酶处理对火炬松边材渗透性的影响最大。然而各种酶制剂对火炬松心材的渗透性均没有影响。Militz等^[10]使用酶制剂、碱和草酸3种不同的处理剂对云杉(*Picea abies* L.Karst.)进行预处理,发现云杉纹孔塞缘微纤丝及纹孔塞均有不同程度的降解或部分破坏。

细菌处理有2种方式,一是将木材贮存于水池,利用池水里的细菌分解或降解射线薄壁细胞或木材的纹孔膜;二是把细菌直接接种在木材上,通过细菌侵蚀木材纹孔膜来扩大木材细胞液体流动通道。

鲍甫成等^[11]在细菌生长旺季用水池处理长白鱼鳞云杉10周,水温在23~28℃,整个贮存期间不换水,以保证水内有足够的细菌。研究发现,水池处理长白鱼鳞云杉边材的渗透性平均增加了29倍,心材增加了1.52倍,且渗透性增加的不均匀,仅有50%的心材试样受到细菌的侵蚀。边材渗透性增加显著的主要原因是边材大多数具缘纹孔的纹孔塞被细菌降解后形成了空洞的缘故。

水池处理开启木材细胞通道的程度,与水池处理时间长短密切相关^[12-14]。水池处理时间越长,水池中细菌繁殖的数量越多,对木材细胞纹孔膜降解的程度就越大。众多研究^[12-14]发现长时间浸泡在水池中的木材,细菌首先侵蚀木材的边材、进而向心、边材的交界处过渡,但很难侵袭心材。Shuichi等^[14]研究表明,日本柳杉水木材水池处理36周,也仅见心材部位的一些交叉场纹孔发生改变。

张耀丽^[15]对毛果冷杉湿心材的闭塞纹孔及细菌对木材的降解进行了研究,发现细菌的活动能使湿心材部分射线薄壁细胞发生降解,但偶尔才能见到具缘纹孔膜塞缘上的微纤丝被细菌降解而产生断裂现象。

如果把细菌直接接种在木材上,其效果比用水池处理的好。Nijdam等^[16]把含有混合细菌的培养液喷洒在新伐辐射松边材部位一段时间后,进行干燥处理。测量板材的弦向吸水性,并借助中子探伤技术跟踪板材内部含水率的变化。接种2d后板材的吸水性比未处理的板材增加明显,14d后板材吸水量增大近2倍。扫描电镜显示,接种2d后,在木材表面纹孔处就集聚着细菌,生材边材部位的纹孔

塞及塞缘被细菌分泌的酶而降解, 开启了木材水分流动通道。

相关研究资料说明水池贮存及接种细菌木材通常仅能提高边材的渗透性, 而对心材作用不大^[16-19]。

真菌处理是在木材上接种真菌孢子, 真菌通过细胞腔向木材内部移动, 菌丝由木材细胞腔直接穿透细胞壁上的纹孔, 或利用真菌分泌的酶, 降解木材细胞壁纹孔膜, 使纹孔膜遭受破坏或增大塞缘之间的孔径, 从而开启木材细胞液体流通过道。

Johnson^[6]对新伐倒的火炬松边材和花旗松心、边材小试样用绿色木霉菌接种实验, 发现霉菌破坏了火炬松边材的射线薄壁细胞和半具缘纹孔膜, 使其径向渗透性得到改善。而对花旗松心、边材的渗透性没有影响。

Wan 等^[20]用变色菌、霉菌、雪芝多孔菌对美洲山杨、黄桦和糖槭进行接种处理。发现用雪芝多孔菌接种的杨木, 菌丝从一个细胞穿过细胞壁到另一个细胞。并认为生物侵蚀的程度与木材树种、菌种及侵蚀时间有关。

真菌主要有木腐菌、变色菌和霉菌。木材受到木腐菌的侵袭后, 不但木材纹孔膜遭受到破坏, 而且对细胞壁的袭击也非常严重, 直接影响到木材强度, 腐朽严重时, 木材形成粉末或筛状腐朽。因此利用真菌来开启木材细胞通道, 宜接种霉菌或变色菌。

2.3 借助外力等方式

开启木材细胞通道常用的外力有机械力(激光刻痕)、蒸汽力(低压蒸汽爆破、微波辐射)、冰冻力(冰冻处理)等。

激光刻痕或机械式刻痕是在木材的表面用刀具或激光按适当的间距刻成一定大小裂缝凹痕, 刻痕后木材表面纵向纤维截断, 扩大了液体纵向渗透通道。木材刻痕的同时, 还能消除木材的内应力, 减少木材的开裂。

蒸汽力的来源主要有低压蒸汽爆破处理和微波辐射处理等。蒸汽爆破法开启木材细胞液体流动通道的机理是将木材置于一定的温度和压力条件下, 迅速降低压力, 使木材内外产生蒸汽压差, 蒸汽压差作用在木材组织最薄弱部分—细胞壁上的纹孔, 使部分闭塞纹孔复位, 或出现破膜、破壁现象^[21-22], 从而开启细胞液体流动通道。张耀丽^[23]对毛果冷杉湿心材板材采用不同工艺条件下蒸汽爆破处理后, 通过扫描电镜观察总结了闭塞细胞通道开启的 5 种模式。第 1 种模式, 闭塞的纹孔膜出现不同程度的复位, 闭塞纹孔变成非闭塞纹孔; 第 2 种模式, 纹

孔膜出现扭曲现象, 纹孔塞侧向偏离到相邻的纹孔口处, 纹孔基本上仍处在闭塞状态; 第 3 种模式, 纹孔塞被蒸汽压冲破, 与纹孔口部分脱离; 第 4 种模式, 纹孔塞与纹孔口脱离程度加重, 纹孔膜凹陷到相邻的细胞腔内, 且纹孔缘与细胞壁出现裂痕; 第 5 种模式, 纹孔缘与细胞壁部分脱离。

在闭塞纹孔膜的复位模式类型中, 木材中液体的流动主要靠纹孔膜塞缘微纤丝的渗透来完成。被蒸汽压差冲破的纹孔塞模式, 由于被冲破的纹孔塞产生的裂隙大于塞缘的有效微孔孔径, 液体的流动则沿着纹孔塞与纹孔口脱离部位从一个管胞流向相邻的一个管胞。纹孔膜凹陷, 纹孔缘与细胞壁出现裂痕模式, 木材中液体的流动除沿着纹孔塞与纹孔口脱离的部位移动外, 还可以从纹孔缘与细胞壁微小的裂隙中移动。而纹孔缘与细胞壁部分脱离模式, 液体的移动则从纹孔缘与细胞壁脱离的空洞中移动, 此种模式, 液体流动最快。

蒸汽爆破开启木材细胞流动通道, 木材的渗透性得到不同程度的改善^[24-29], 并能缩短木材干燥时间, 提高木材的干燥质量^[24-27]。但蒸汽爆破在开启木材细胞通道同时, 木材细胞壁也会产生破坏, 而使木材强度降低。因此如何控制爆破程度, 优化爆破工艺, 是目前研究的关键。

蒸汽爆破法产生的蒸汽力大, 而微波辐射所产生的蒸汽力, 相对要缓和得多。微波加热是以湿木材作为电解质, 在频繁交变的电磁场作用下, 热量从木材内部开始, 木材细胞内的水分迅速受热汽化, 对细胞壁产生蒸汽压力, 使闭塞纹孔复位或纹孔膜出现微细破裂, 从而疏通细胞液体流动通道。利用微波技术研究木材渗透性, 是国内外研究的热点问题之一^[30-36]。他们在研究中都发现微波处理后, 木材渗透性不同程度上得到改善, 归功于微波产生的蒸汽压冲破坏了木材的部分薄弱细胞, 如射线薄壁细胞, 以及部分厚壁细胞纹孔膜的缘故。

冰冻力来源于木材细胞腔中的水受冻结冰, 对细胞壁产生膨胀和挤压, 迫使细胞壁上的纹孔膜开裂, 从而开启细胞流通通道。王喜明等^[37]对大青杨进行不同时间的预冻处理, 并分析了冰冻对木材细胞壁结构的影响。研究发现, 冰冻 24 h 后, 导管与木射线间纹孔膜起皱, 个别纹孔膜开裂; 冰冻 36 h 后, 导管间纹孔膜多数破裂, 薄壁细胞壁上有少量横向裂隙; 冰冻 48 h 后, 纹孔膜的裂隙数量增加, 有 70% 以上的纹孔膜已破裂, 细胞壁也严重破裂。张耀丽等^[38]对尾巨桉采用 48 h 的冰冻处理, 发现大部分射线细胞遭到破坏, 木纤维细胞壁上纹孔

膜也部分出现开裂现象,扩大了水分的传递途径,开启了木材细胞液体的流动通道。若冰冻处理时间过长,在开启细胞通道的同时,细胞壁也会被挤压而产生破坏。不同树种木材细胞壁承载的能力不同,因此冰冻处理时,除考虑冰冻时间、冰冻温度外,还要考虑木材细胞壁的承重强度。

3 建议

运用化学药剂提取纹孔膜中的抽提物质或降解纹孔膜,虽能扩大纹孔膜塞缘之间的开口,增大液体流动通道,但由于苯、甲苯、乙醇化学药品价格高,一些厂商难以承受,同时,苯、甲苯对人体有毒害作用,也不宜过多使用。

用水池中的细菌开启木材细胞流动通道,是生物处理中最简便的方法,但只适合处理木材的边材,对心材作用甚微。用真菌开启木材细胞通道,若接种木腐菌,容易引起木材腐朽。若接种霉菌和变色菌,虽然木材不会发生腐朽,但接种后木材表面颜色会发生变化,影响表面美观,降低商品材的使用价值。生产上不宜大量采用。

借助蒸汽力开启木材细胞液体流动通道,取得了良好的效果。低压蒸汽爆破在开启木材细胞通道的同时,还能提高木材的干燥速度。通过优化爆破工艺,爆破程度处理得当,则是一种良好的方法。微波辐射提高木材渗透性的同时,木材也得到了干燥,是一种不错的方法,值得推广。

参考文献:

- [1] 吕建雄, 鲍甫成, 江笑梅, 等. 3种不同处理方法对木材渗透性影响的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(4): 67-76.
- [2] 鲍甫成, 吕建雄. 长白鱼鳞云杉木材渗透性与苯-乙醇浸提对其影响的研究[J]. 木材工业, 1991(5): 28-32.
- [3] 肖忠平. 超临界 CO₂ 流体改善木材渗透性及夹带物物理表征的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [4] Demessie E S, Hassan A, Levien K L et al. Supercritical carbon dioxide treatment: effect on permeability of Douglas fir heatwood [J]. Wood and Fiber Science, 1995, 27(3): 296-300.
- [5] Morrell J J. 木材防腐新工艺的开发[C]//Wood Preservation in the 90s and Beyond. Madison, WI. 1995: 135-141.
- [6] Johnson, B R, Gjovik Lee R. Effect of Trichoderma viride and a contaminating bacterium on microstructure and permeability of Loblolly pine and Douglas fir [C]//American Wood Preservers. Association. Proceedings, 1970, 66: 234-242.
- [7] De Groot R C, Sachs L B. Permeability, enzyme, and pit membrane structure of stored Southern pines [J]. Wood Science, 1976, 9(2): 89-96.
- [8] Meyer R W. Effect of enzyme treatment on bordered pit ultra-structure, permeability, and toughness of the sapwood of three western Conifers [J]. Wood Science, 1974, 6(3): 220-230.
- [9] Nicholas D D, Thomas R J. The influence of enzyme on the structure and permeability of Loblolly pine[C]//Amer Wood Preserv Assoc Proc. 1968, 64: 70-76.
- [10] Militz H. Changes in the microstructure of spruce wood (*Picea abies* L. Karst) through treatment with enzyme preparations, alkali and oxalate [J]. Holzforsch Holzverwert. 1993, 45(3): 50-53.
- [11] 鲍甫成, 吕建雄. 微生物对长白鱼鳞云杉木材渗透性的影响[J]. 林业科学, 1991, 27(6): 615-62.
- [12] Dunleavy J A, Mcquire A J. The effect of water storage on the cell-structure of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) with reference to its permeability and preservation [J]. Journal of the Institute of Wood Science, 1970, 5(2): 20-28.
- [13] Kevin J A. Studies on the biological improvement of permeability in New Zealand grown Douglas fir [C]//Int Res Group on Wood Press, Doc IRC/WP. 1983: 3231.
- [14] Shuichi Doi. Water-storage for improving the permeability of Sugi (*Crytomeria japonica* D. Don)[C]//Wood Shosuke Ohta Int Res Group on Wood Pres, Doc IRC/WP. 1999: 40129.
- [15] 张耀丽, 蔡力平, 徐永吉. 毛果冷杉湿心材的闭塞纹孔及细菌对木材结构的降解[J]. 南京林业大学学报, 2006, 30(1): 53-56.
- [16] Nijdam J J, Lehmann E, Keey R B. Application of neutron radiography to investigate changes in permeability in bacteria treated pinus radiata timber [J]. Maderas Ciencia Y tecnologia, 2004, 6(1): 19-31.
- [17] Johnson B R. Permeability changes induced in three western conifers by selective bacterial inoculation [J]. Wood and Fiber Science, 1979, 11(1): 10-21.
- [18] Despot R. 用细菌作用改善冷杉木的渗透性[J]. Drvna Ind, 1993, 44(1): 5-14.
- [19] Dunleavy J A, Moroney J P, and Rossell S E. The association of bacteria with the increased permeability of water stored spruce wood[J]. Br Wood Preserv Assoc Ann Conv. 1973, 7: 1-21.
- [20] Wan H, Yang D Q, Zhang C H. Impact of biological incising to improve phenolic resin retention and hardness of various wood species [J]. Forest Prod J, 2006, 56(4): 61-67.
- [21] Zhang Y L & Cai L P. Effects of steam explosion on wood appearance and structure of Sub-alpine Fir [J]. Springer-Verlag, Wood Science and Technology, 2006, 40(5): 427-436.
- [22] Zhang Y L & Cai L P. Mechanism for De-aspirating pits in Sub-alpine fir by steam explosion prior to drying[J]. Drying Technology. 2009, 27(1): 84-88.
- [23] 张耀丽. 毛果冷杉湿心材的无损探测及其蒸汽爆破对木材性能的影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2006
- [24] Hayashi K K, Nakamura Y K. Improvement of dryability and its distribution in aquared timber by local steam explosion[C]//Proceedings of the 4th international IUFRO Wood Drying Conference. 1994: 359-365.

- [25] Lee, N H, Nakamura Y K, Kanagawa Y, et al. Improvement of dryability of wood and its distribution by local steam explosion [J]. J of the Soc of Materials Sci, 1995, 44 : 279-283.
- [26] Lee N H, Hayashi K. The effect of low pressure steam explosion treatment on the improvement of permeability in the softwood disks [J]. J Korean Wood Sci Technol, 1997, 25(3): 37-42.
- [27] Lee N H, Jung H S and Kang C W. Improvement of dryability of Korean larch pillar in a RF/V dryer by low pressure steam explosion treatment[J]. J Korean Furniture Soc, 1998, 9(2): 55-63.
- [28] 张耀丽, 蔡力平, 徐永吉. 蒸汽爆破后毛果冷杉湿心材渗透性能分析[J]. 林业科学, 2007, 43(9): 53-56.
- [29] 苗平, 庄寿增, 刘进, 等. 蒸汽爆破对板材渗透性能的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31(3): 39-42.
- [30] Torgovnikov G, Vinden P. High-intensity microwave wood modification for increasing permability [J]. Forest Prod J, 2009, 59(4): 84-92.
- [31] Torgovnikov G, Vinden P. Microwave wood modification technology and its applications [J]. Forest Prod J, 2010, 60(2): 173-182.
- [32] 吕悦孝, 薛振华, 薛利忠. 微波改性木材的超微观察[J]. 内蒙古林业科技, 2001, 16(6): 16.
- [33] 王喜明, 薛振华, 石丽慧. 微波改性木材的初步研究[J]. 木材工业, 2002, 16(6): 16-19.
- [34] 江涛, 周志芳, 王清文, 等. 高强度微波辐照对落叶松木材渗透性的影[J]. 林业科学, 2006, 42(11): 87-92.
- [35] 李贤军, 傅峰, 周永东, 等. 木材微波研究技术进展[J]. 材料导报, 2007, 21(11A): 298-380.
- [36] 周永东, 傅峰, 李贤军, 等. 微波处理对桉树应力及微观构造的影响[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(2): 147-150.
- [37] 王喜明, 刘晓丽, 薛振华, 等. 预冻处理减少木材皱缩的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(5): 96-99.
- [38] 张耀丽, 苗平, 庄寿增, 等. 微波、冷冻预处理对改善尾巨桉木材干燥性能的影响[J]. 南京林业大学学报, 2011, 35(2): 61-64.

本刊顾问 李家洋院士

李家洋, 植物分子遗传学家, 中国科学院院士, 研究员。1956年7月出生于安徽肥西。1982年毕业于安徽农学院(现安徽农业大学), 1991年获美国布兰代斯(Brandeis)大学博士学位, 1991-1994年在美国康乃尔大学汤普逊(Boyce Thompson)植物研究所进行博士后研究工作。历任中国科学院遗传研究所所长助理、所长, 遗传与发育生物学研究所所长。

李家洋主要从事植物分子遗传学研究, 他利用模式植物拟南芥与重要粮食作物水稻探索植物生长发育的调控机理。近年来的主要研究工作包括: 采用图位法克隆了水稻分蘖控制基因 MOC1, 开拓了水稻分蘖控制分子机理研究的新领域; 利用水稻脆秆突变体分离了 BC1 基因, 阐述了水稻机械强度的控制机理; 通过获得的拟南芥胆碱生物合成突变体, 初步明确了胆碱合成与植物温度敏感雄性不育性的关系; 通过图位克隆法分离出导致细胞死亡的基因 MOD1, 明确了初级代谢途径的缺陷会导致植物细胞凋亡; 利用转基因技术, 创制出色氨酸与吲哚乙酸合成量改变的转基因植物, 从而提出植物生长素吲哚乙酸生物合成途径的新模式; 建立了一种简易的基因芯片体系, 鉴定出一批油菜素内酯的应答基因, 并证实了油菜素内酯对植物细胞分裂的促进作用; 发展了系统鉴定植物功能基因的植物表达文库转化法, 分离出一批株型与育性等生长发育性状改变的拟南芥突变体, 克隆了相关的基因。

自1999年担任遗传研究所所长以来, 通过加强与所领导班子成员团结、积极引进和培养优秀科研人才、强化规章制度建设与行政管理工作的公开公平公正、创造出一种宽松和谐与人人奋发进取的科研环境, 促进了研究所的迅速发展。

2004年1月, 李家洋任中国科学院副院长、党组成员。