

扩展蛋白与果实衰老的关系

夏敦岭, 任小林  
(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 扩展蛋白 (expansins) 是近年来发现的植物细胞壁中特有的一类蛋白, 它们的基础作用是缓释细胞壁结构网中的张力, 使细胞壁变得松弛, 在果实的生长发育中, 起着极为重要的作用。叙述了扩展蛋白的特性, 基因家族, 作用机制, 生理功能, 其中重点论述了扩展蛋白与果实软化絮败的关系。  
关键词: 扩展蛋白; 果实; 软化; 絮败  
中图分类号: S 601 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2005) 03-0070-04

A Role for Expansins in Fruit Softing and Mealiness

XIA Dun-ling, REN Xiao-lin  
(Department of Horticulture, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Expansins is a special group proteins of plant cell wall discovered in recent years. Their basic action is relaxing the stress of the matrix to loose the cell wall. They also play an important role in fruit growing. The authors expound the characteristic, gene family, model of action and physiological function. The emphasis is the relation of expansins and fruit softing and mealiness.  
**Key words:** expansins; fruit; softing; mealiness

1992 年, 美国宾夕法尼亚州立大学的 Daniel Cosgrove 实验室在黄瓜下胚轴伸长的进一步研究中发现了 Expansins 蛋白 (扩展蛋白), 此后这方面的研究进展很快。这类蛋白对细胞壁有独特的松弛功能, 在植物形态建成、细胞生长、根毛发生、渗透调节及花粉管伸长等诸多方面有着重要作用<sup>[14][22]</sup>。其在果实的成熟软化过程中也具有特定作用<sup>[12]</sup>。目前这方面的研究已经展开, 本文就目前此问题的研究状况进行论述。

1 扩展蛋白的特性

扩展蛋白分为两大家族  $\alpha$ - 扩展蛋白和  $\beta$ - 扩展蛋白。 $\alpha$ - 扩展蛋白的分子量为 25 ~ 27KD, 主要存在于双子叶植物和非禾本科单子叶植物中。 $\beta$ - 扩展蛋白是一类糖蛋白, 分子量为 30KD, 主要存在于禾本科单子叶植物中<sup>[5]</sup>。两类分子间的氨基酸同源性大约 20% ~ 25%, 在 N 端有一系列保守的半胱氨酸, 中部为 His- Phe- Aap 基元和 Phe- Lal- Arg- Arg- Val 基元, 在 C 端为色氨酸丰富区<sup>[6,14]</sup>。第一个发现的  $\beta$ - 扩展蛋白认为是草本植物花粉的第一组过敏原,  $\beta$ - 扩展蛋白的生物学效应可能是软化柱头与花柱, 加速花粉管通过母性组织达到胚珠<sup>[14]</sup>。与果实软化絮败相关的主要是  $\alpha$ - 扩展蛋白<sup>[5]</sup>。  
扩展蛋白的活性受 H<sup>+</sup> 调控, 在酸性条件下 (pH4. 5) 活性最高, 而在中性条件下几乎没有活性, 其可以较圆满的解

释生长素诱导的细胞延伸现象。扩展蛋白的典型特点是能诱导热钝化的细胞壁恢复伸展活性<sup>[13 19]</sup>。扩展蛋白的活性受植物激素的调控, 生长素与扩展蛋白的关系已很清楚, 赤霉素与扩展蛋白的关系研究也取得了较大进展, 脱落酸可抑制 H<sup>+</sup> 的分泌, 钝化质子泵, 使与生长相关的酶和蛋白不能活化, 从而影响细胞壁膨胀<sup>[4]</sup>。  
扩展蛋白是植物细胞生长的关键内在调节蛋白。首先, 扩展蛋白提高植物细胞壁的胁迫松弛能力依赖于 pH 值。未发现其它蛋白具有这种活性。第二, 在生活细胞中施加扩展蛋白能刺激细胞扩张。这说明扩展蛋白可以在生活细胞壁的常规状态下起作用, 而这些组织中的扩展蛋白处于非饱和状态。第三, 扩展蛋白基因在适宜的时间及位点表达来参与生长调控。最后, 通过反义的方法减少扩展基因的表达可以抑制生长<sup>[2]</sup>。  
2 扩展蛋白的基因家族  
从第一个扩张蛋白基因编码的破译开始, 人们就意识到这种蛋白拥有一个庞大的基因家族。在拟南芥基因族中有 26 个编码的  $\alpha$ - 扩展蛋白基因, 5 个  $\beta$ - 扩展蛋白基因已经明确, 另外还至少发现了 3 个类扩展蛋白基因<sup>[3]</sup>。水稻中至少发现了 29 种  $\alpha$ - 扩展蛋白和 17 种  $\beta$ - 扩展蛋白基因<sup>[4]</sup>。在其它许多作物中如玉米 大豆 荔枝 香蕉 番茄等植物中都有扩展蛋白基因的存在。在两种蕨类植物中也发现了高

<sup>1</sup> 收稿日期: 2005-01-10  
基金项目: 国家“十五”科技攻关课题 (2001 BA 606A - 04)  
作者简介: 夏敦岭 (1981- ), 男, 在读硕士研究生, 主要从事果实采后生理研究。

度保守的  $\alpha$ - 扩展蛋白, 它们的表达程度与叶轴的生长率相关。在一些苔藓中也检测到了  $\alpha$ - 扩展蛋白基因。因此可以说  $\alpha$ - 扩展蛋白在陆地植物的进化过程中具有高度的保守性, 参与植物的细胞伸长。通过对拟南芥和水稻的基因序列氨基酸分析发现  $\alpha$ - 扩展蛋白和  $\beta$ - 扩展蛋白基因起源于同一个基因<sup>[1]</sup>。虽然在拟南芥中,  $\beta$ - 扩展蛋白基因远少于  $\alpha$ - 扩展蛋白基因, 但在其它的一些植物如玉米中, 从 cDNA 基因库来判断  $\beta$ - 扩展蛋白基因还可能要稍多一些<sup>[6]</sup>。许多试验证明扩展蛋白基因在植物组织生长过程中随着细胞壁的扩张而发挥其作用, 但研究进一步发现, 扩展蛋白基因也会在细胞壁开始降解的细胞中表达<sup>[11]</sup>。

扩展蛋白具有组织特异性, 有些表达于多种部位, 有些专一的存在于某个部位, 同一部位往往同时存在数种扩展蛋白。植物有多种不同的扩展蛋白基因可能是在对不同的细胞类型产生作用时具有一定的选择性。它们的表达时期及表达强度不同, 可能会受发育期、激素和环境信号的调控<sup>[9, 12]</sup>。

与果实的成熟软化相关的基因研究发现番茄 Le- EXP3, 4, 5, 6, 7 及草莓 Fa- EXP3, 4, 6, 7 主要存在于生长中的果实, 而番茄 Le- EXP1、草莓 Fa- EXP2 和 Fa- EXP5、桃 Pch- EXP1 则专一性地表达于完熟的果实中<sup>[13]</sup>。国内学者陆旺金、蒋跃明以荔枝果实的 cDNA 为模板克隆出两个扩展蛋白基因 Le- EXP1 和 Le- EXP2, 为控制荔枝裂果提供了新的依据<sup>[10]</sup>。陆旺金在 Prabodh Kumar Trivedi 等人的基础上克隆了一个新的香蕉扩展蛋白基因 Ma- Exp3, 可能更好得解释及解决香蕉的软化问题<sup>[20, 21]</sup>。

3 扩展蛋白的作用机制

细胞壁结构的理论假说有多种, 其中有较大影响的是 Lamport 提出的“经纬模型”假说。这一假说认为初生壁是由两个交联在一起的多聚物纤维素微纤丝和它穿过的伸展素网络交织而成的结构, 悬浮在亲水的果胶- 半纤维素胶体中。在这个交织的结构中, 微纤丝是“经”, 平行于壁平面排列, 而伸展素是“纬”, 垂直于壁平面排列。由于细胞壁的复杂性和多样性, 至今未能提出一个合适的三维结构模型<sup>[20]</sup>。并且扩展蛋白的作用机制现在也还很不清楚<sup>[16]</sup>, 以下是一种可能的机制模型。

与传统的细胞壁降解酶学说不同, 改假说假设了一种选择型机制。它认为扩展蛋白破坏胞壁多糖间非共价键, 从而使多糖在膨压下产生滑动。在这种机制中, 扩展蛋白要利用机械应力来使多聚糖产生运动。扩展蛋白的运动被限制于延胞壁纤维素微纤丝表面扩张。这种扩张会驱动扩展蛋白与微纤丝表面结合, 局部地松散它与矩阵多聚体的连接, 同时使多聚体滑动并使细胞壁松弛, 从而使细胞的膨大与伸展变为可能<sup>[2, 17]</sup>, 但是成熟中的果实细胞不再膨大, 与果实成熟有关的扩展蛋白有可能作用于木葡聚糖与纤维素分子间的非共价键(如氢键等), 这样就破坏了它们间的连接, 使细胞壁结构变得松弛, 水合性增加, 而促进了细胞壁大分子的降解和结构网的解聚。这样, 扩展蛋白就与其它细胞壁酶类一起协同作用, 提供了一个高度协调的细胞壁降解机制, 促进了果实的成熟软化<sup>[5]</sup>。

4 扩展蛋白与果实软化的关系

在许多果实的软化过程中, 细胞壁多糖被酶类消化水解,

多年来人们认为多糖的消化水解导致果实的软化。这包括多聚糖随着其相关水解酶的表达而使胞壁的结构和成分发生修饰。这些水解酶主要包括多聚半乳糖醛酸酶,  $\beta$ - 1, 4 糖聚酶, 转糖基酶等。其中, 以 PG 的研究最为广泛, 而且许多 PG 基因的表达模式与其相关的跃变果实的关系都已明确<sup>[7]</sup>。

通过分子水平调控 PG 基因表达有两种方法, 一种是通过反义 RNA 技术对 PG 进行负调控, 利用反义 RNA 技术可产生一些 PG 的缺陷型植株, 这些果实的果胶降解受到抑制, 但果实软化、乙烯合成、番茄红素积累和果胶酯酶活性并没有受到影响, 果实仍然正常成熟, 但含反义基因的番茄果实保鲜期延长。另一种方法是通过插入失活, 使 PG 基因不能表达。但 Smith (1988) 发现, 反义 RNA 转基因番茄成熟时 PG 活性远小于正常成熟时的 PG 活性, 但其可溶性果胶含量同样有所增加。这说明虽然 PG 在果实的软化中起重要作用, 但 PG 对于果实成熟软化却并不是必要的<sup>[23, 24]</sup>。

这使得人们对这种传统的观点产生了质疑。随着研究的深入, 在番茄的成熟后期, 一种  $\alpha$ - 扩展蛋白基因 Le- EXP1 表达, 而且这种表达受乙烯的促进。这个发现预示扩展蛋白可能与果实的软化有关。为了验证这种构想, 通过反义的方法减少该基因, 结果处理的果实在成熟过程中较对照坚硬。相反, Le- EXP1 的过量表达会使果实在整个成熟过程中更加软化。但这种质地的变化是微量的, 果实仍旧会软化, 只是该过程被延缓或促进了。因此, 尽管 Le- EXP1 参与了番茄的软化过程, 但它并不是该过程的主宰因子<sup>[2]</sup>, 它对软化的影响可能是一种间接作用, 因为认为 Le- EXP1 不能直接作用于多聚糖醛, 它在果实软化过程中的解聚作用主要是通过 PG 完成的。在番茄果实中抑制 PG 的活性也可以减少多聚糖醛的水解, 尽管程度较低。抑制 PG 积累的果实较对照为硬, 但这种差别很微小<sup>[18]</sup>。

在其它一些果实中, 例如草莓和甜瓜的成熟后期, 都有  $\alpha$ - 扩展蛋白 mRNA 的表达, 所以这可能是果实软化过程中的一种普遍现象。从若干成熟果实的细胞壁蛋白提取物中都具有扩展蛋白的活性, 尽管从番茄的细胞壁蛋白提取物中未发现这种活性。这说明 Le- EXP1 可能缺乏细胞壁扩展蛋白活性, 也有可能是提取蛋白在提取阶段未被激活或是仍存留在细胞壁中。之前也有这种先例, 在正在生长的黄瓜秧苗中, 扩展蛋白处于激活状态, 但当伸长细胞离开生长区后扩展蛋白就失活。这种失活的分子机制还不清楚<sup>[2]</sup>。

针对扩展蛋白在果实软化中的作用已经展开了广泛的研究, 扩展蛋白已在许多成熟果实中检测到, 而且在番茄、草莓、香蕉、樱桃、梨中与果实软化相关的扩展蛋白基因已经确定。这些基因在成熟的果实中积累大量的 mRNA, 它们被认为参与果实的软化<sup>[7]</sup>。

但也有相反的结论报道。Hayama 等研究指出在贮藏期间, 扩展蛋白的累积与果实的硬度变化之间没有关系。他们认为 Pch- EXP1 可能作用于果实完熟过程, 但与桃果实的软化无关<sup>[5, 15]</sup>。在扩展蛋白与杏的软化研究中, Didier 等指出 Pa- exp1 出现在果实大量软化之后, 因此不可能参与该过程。Pa- exp2 的表达伴随果实的软化, 但它不受外源乙烯的诱导, 而跃变型果实的成熟软化受乙烯的强烈诱导, 所以认为 Pa- exp2 也不参与软化过程<sup>[15]</sup>。

5 扩展蛋白与果实絮败的关系

桃果实不耐贮藏, 常温下采后 57 d 就开始软烂, 低温则

可明显延长贮藏期。但是,在 8℃ 以下的低温环境下贮藏 3 周以后,某些品种会出现干化(汁液减少)、不能正常软化和果肉褐变的现象,以致果实食用品质下降,甚至不能食用。这种生理病害被称为絮败<sup>[25]</sup>。它与一些其它的失调,例如由冷却造成的褐变、冻胶形成、风味缺乏及不能后熟会共同导致果实内在体系的崩溃<sup>[8]</sup>。

对败絮的生化原因的研究起初停留在对正常果实及败絮果实的细胞壁提取物的果胶差异上。桃果实在正常完熟软化过程中,细胞壁内的高分子果胶质首先发生增溶,半乳糖和阿拉伯糖支链从半乳糖醛酸链上解离。然后,果胶质解聚,分子量下降。可溶性果胶进一步分解,造成果胶物质总量下降。DeHaan 指出,桃果实絮败与果胶物质的异常代谢有直接关系。可溶性果胶质与不溶性果胶质的比例超过 2 : 1 的果实不会出现絮败。发生冷害的果实中,尽管可溶性果胶有所减少,但不溶性果胶(原果胶和果胶酸盐)明显增加,果胶物质总量反而明显提高。Dawson 和 Watkins 发现,桃果实在 0℃ 冷藏期间细胞壁内的果胶质没有发生增溶。果实冷藏后,在出现絮败的过程中,果胶质有较弱的增溶现象,但并没有发生明显的解聚和支链解离,从而造成较高分子量果胶质的积累。絮败果实的果胶质中的鼠李糖含量较高,表明果胶质的支链并未明显解离,因为果胶质分子上的鼠李糖是支链结合的重要位点。果胶质增溶的原因实际上是支链解离。伴随着果胶质的异常变化,果肉汁液也不断减少,其原因是不溶性果胶质形成凝胶而束缚了大量的水分<sup>[25]</sup>。

核果类的冷藏也会抑制多聚半乳糖醛酸酶的活性,这种酶在果胶的解聚和溶解种具有重要的作用。人们认为这种酶的失活与由 PE 催化的果胶去酯化相结合,导致了形成冻胶的果胶类化合物的累积。由这种观点支持,延迟贮藏及气调两种能抑制絮化的方法能使 PG/PE 的活性比值变大。而且参考文献:

- [1] Yi Lee, Dongsu Choi, Hans Kende. Expansins: ever-expanding numbers and functions[J]. Cell biology, 2001, 4: 527-532.
- [2] Daniel J Cosgrove. Loosening of plant cell walls by-expansins[J]. Nature, 2000, 407: 321- 326.
- [3] Yi Li, Louise Jones, Simon McQueen-Mason. expansins and cell growth[J]. Nature, 2003, 6: 603- 610.
- [4] 陈爱国, 陈进红. Expansins 的研究进展[J]. 植物学通报, 2003, 20(6): 752- 758.
- [5] 马俊莲, 张子德, Ann L T, et al. 膨胀素在果实完熟中的作用[J]. 园艺学报, 2003, 30(4): 492- 495.
- [6] Daniel J Cosgrove. Expansive growth of plant cell walls[J]. Plant Physiol. Biochem, 2000, 38(1/2): 109- 124.
- [7] Iroko Hayama, Akiko Ito, Takaya Moriguchi, et al. Identification of a new expansin gene closely associated with peach fruit softening[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 29: 1- 10.
- [8] Avid M Obenland, Carlos H Crisosto, Jocelyn K C Rose. Expansin protein levels decline with the development of mealiness in peaches[J]. Postharvest Biology and technology, 2003, 29: 11- 18.
- [9] Ussell L Wrobel, John I Yoder. Differential RNA expression of  $\alpha$ - expansin gene family members in the parasitic angiosperm *Triphysaria versicolor* (Scrophulariaceae). GENE, 2001, 266: 85- 93.
- [10] U Wang jing, Jiang Yue ming. Cloning and Sequence Analysis of expansin Genes from *Litchi chinensis* Fruit [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(6): 658- 662.
- [11] Angeles S nchez, Isabel Mateos, Emilia Labrador, et al. Brassinolides and IAA induce the transcription of four  $\alpha$ - expansin genes related to development in *Cicer arietinum* [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2004, 42: 709- 716.
- [12] Louise Jones, Simon McQueen-Mason. A role for expansins in dehydration and rehydration of the resurrection plant *Craterostigma plantagineum* [J]. FEBS Letters 2004, 559: 61- 65.
- [13] 王文龙, 陈苏, 朱果利, 等. 植物细胞壁伸展测定仪在蚕豆扩张蛋白特性研究中的应用[J]. 植物学通报, 2004, 21(3): 312- 318.
- [14] 王玮, 赵新西, 马千全, 等. 扩展蛋白生理与分子生物学 [J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(1): 1- 6.

已经证明从未成熟的桃种提取的可溶性果胶片断在体外加入合成 PE 或是从成熟的桃中提取的 PE 均可合成冻胶, 而加入 PG 减少冻胶的合成比率<sup>[8]</sup>。

尽管有许多证据证明 PG 的活性与絮败的形成之间存在关系,但这可能并不是唯一的原因。在研究絮败形成时将 PE 展开了大量的研究,几乎没有注意到其它的一些蛋白质,它们可以通过调节 PG 的活性来影响果胶的分解程度。最近发现减少转基因番茄中扩展蛋白基因 Le- EXP 的表达可使多聚糖醛的降解显著减少,尽管 Le- EXP 对多聚糖醛没有直接的降解作用。这个发现使人们推测 Le- EXP 通过改变 PG 与其底物的接触方式来改变果胶的降解<sup>[8]</sup>。

随后, David 研究发现,在絮败的果实中扩展蛋白 m RNA 及蛋白质被显著抑制,而这种抑制早在有可见的症状出现之前就开始了。这可能是由于絮败抑制了乙烯的产生,而扩展蛋白始受乙烯调节的。扩展蛋白与絮败之间的关系说明 PG 和 PE 并非唯一相关的蛋白。这也可以用来解释 PG 与 PE 的活性与絮败形成并不完全一致的现象<sup>[8]</sup>。

扩展蛋白的发现可能改变人们对细胞壁结构与扩展机制的认识。然而目前对于它的研究才刚刚展开,其作用机制,与细胞壁酶的相互作用方式,与激素的关系等诸多领域还有许多问题有待进一步明确。扩展蛋白属于多基因家族,克隆分离新的基因,明确它们的功能,有目的的促进或抑制某些基因的表达,将是今后研究的一个重点。

扩展蛋白在果实完熟过程中发挥着特定的作用,它的出现打破了一些常规认识的局限,为解决一些科学难题提供了新的思路。然而由于目前的研究还处于初步阶段,对许多问题还未认识清楚,甚至还存在争议。今后我们应该继续这方面的工作,进行深层次的研究,从而更有效的对其进行调控,使其在延缓果实成熟衰老过程中发挥更大的作用。

[ 15 ] Didier Mb gui - A - Mb gui , Barbara Gouble, Rose - Marie Gomez, et al. Two expansin cDNAs from *Prunus armeniaca* expressed during fruit ripening are differently regulated by ethylene[ J ]. *Plant Physiol. Biochem.* , 2002, 40: 445- 452.

[ 16 ] Timothy E Gookin, Donald A Hunter, Michael S Reid. Temporal analysis of alpha and beta-expansin epression during floral opening and senescence[ J ]. *Plant Science*, 2003, 164: 769- 781.

[ 17 ] Sharon J Orford, Jeremy N Timmis. Specific expression of an expansin gene during elongation of cotton fibres[ J ]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1998, 1398: 342- 346.

[ 18 ] David A Brummell, William J Howie, Christa Ma, et al. Postharvest fruit quality of transgenic tomatoes suppressed in expression of a ripening-related expansin[ J ]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 25: 209- 220.

[ 19 ] Daniel J Cosgrove. New genes and new biological roles for expansins[ J ]. *Growth and Development*, 2000, 3: 73- 78.

[ 20 ] Prabodh Kumar Trivedi, Pravendra Nath. MaExp1, an ethylene-induced expansin from ripening banana fruit[ J ]. *Plant Science*, 2004, 167: 1351- 1358.

[ 21 ] 陆旺金. 香蕉果实 Expansin cDNA 克隆及序列分析[ J ]. *华南农业大学学报( 自然科学版)*, 2003, 24( 3 ): 40- 42.

[ 22 ] Jian- xun FENG, Sheng- Jian JI, Yong- hui SHI, et al. Analysis of Five Differentially Expressed Gene Families in Fast elongating Cotton Fiber[ J ]. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 2004, 36( 1 ): 51- 56.

[ 23 ] 阚娟, 金昌海, 汪志君, 等. 果实成熟软化机理分子生物学的研究进展[ J ]. *Storage Process*, 2004, 4( 5 ): 13- 15.

[ 24 ] 段学武, 张昭其, 季作梁. PG 酶与果实的成熟软化[ J ]. *果树学报*, 2001, 18, ( 4 ): 229- 233.

[ 25 ] 茅林春, 张上隆. 果胶酶与桃果实冷害的关系[ J ]. *植物生理学通讯*, 2002, 6: 266- 271.

[ 26 ] 陆胜民, 金勇丰, 张耀洲, 等. 果实成熟过程中细胞壁组成的变化[ J ]. *植物生理学通讯*, 2001, 3: 246- 249.

( 上接第 63 页)

源(图 1)。此种模式的优点: 合理利用了各种资源, 提高了经济效益, 改善了生态环境, 减少了环境污染, 促进日光温室蔬菜的可持续发展。缺点: 技术含量高, 一次性投资大。

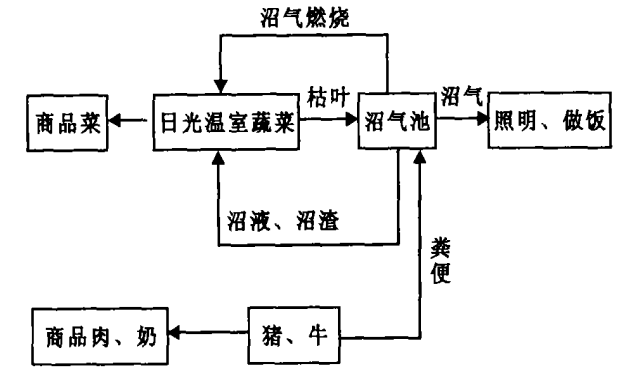


图 1 种、养、沼、滴蔬菜生产模式

4.5 以食用菌生产为主, 养殖、沼气为副的生产模式

这种生产模式主要针对果园、农地、水保林面积较大的农户, 可以利用果树修剪下的枝条和保持水土流失的灌木林柠条间伐的枝条、农作物秸秆为原料生产香菇、木耳、草菇等食用菌, 食用菌的废料作为猪、牛的饲料, 猪、牛的粪便进入沼气池作为沼气的发酵原料, 沼气为农民提供能源, 沼液、沼渣施入农田、果园, 改良土壤, 培肥地力。沼液也可在农作物、果树的叶面喷施, 一方面作为叶面肥增加叶面营养, 另一方面可以防治农作物和果树的病害。这种生产模式的优点: 场地要求不严格, 房前屋后都可生产。

参考文献:

[ 1 ] 李志熙, 杜社妮, 彭珂珊, 等. 浅析农村庭院经济[ J ]. *水土保持研究*, 2004, 11( 3 ): 272- 274.

[ 2 ] 陈金波, 钱 蕾. 农村小型畜牧场配套沼气池建造技术[ J ]. *福建畜牧兽医*, 1999, 21( 6 ): 37.

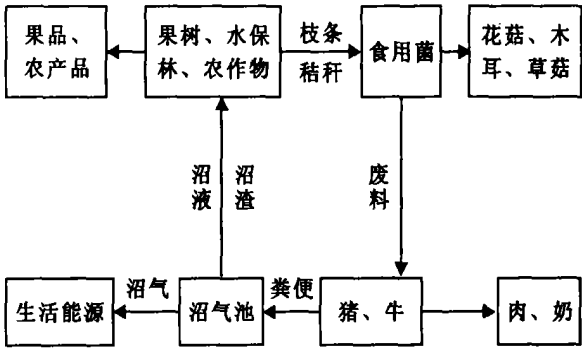


图 2 食用菌、养殖、沼气相结合的生产模式

5 结 语

庭院蔬菜的发展不仅增加了农民的经济收入, 合理利用了庭院的土地资源, 还解决部分劳动力的就地就业, 改善了庭院的环境卫生, 据测定家畜的粪便进入沼气池经发酵后, 上层沼液液寄生虫卵杀灭率 90. 6%, 大肠杆菌消灭率 90%, 中、下层消灭率 100%<sup>[2]</sup>。庭院蔬菜的种植模式多种多样, 各种模式对环境条件的要求、投资和社会、生态、经济效益各不相同, 因此, 在发展庭院蔬菜时, 要根据庭院的实际情况选择最佳的模式。目前, 在偏远山区, 土地资源和土地压力还不是很大, 庭院经济的作用没有充分的显示出来, 再过几年, 随着退耕还林还草力度的加大, 坡耕地大面积退耕, 庭院土地的开发和庭院蔬菜的发展将具有重要的意义。