

## 两种乳杆菌在牙鲆消化道的定植

王福强<sup>1,2</sup> 郭于明<sup>1</sup> 陈莹<sup>3</sup> 邵占涛<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 动物科学技术学院, 北京 100094; 2. 大连水产学院 农业部海水增养殖生态学重点实验室, 辽宁 大连 116023;  
3. 烟台大学 化学生物理工学院, 山东 烟台 264005)

**摘要** 利用从牙鲆肠道分离的 1 株鼠李糖乳杆菌 P15 和 1 株干酪乳杆菌,通过试验研究其在牙鲆消化道的定植和演替规律。在投喂含有  $1.2 \times 10^9$  cfu/g 乳杆菌的饲料 5 d 后,消化道定植的乳酸菌超过  $10^6$  cfu/g,其后维持在  $10^6 \sim 10^8$  cfu/g 动态平衡中;同时随着乳酸菌的增加,2 组鱼消化道的弧菌均从  $10^7 \sim 10^8$  cfu/g 降低到  $10^5 \sim 10^7$  cfu/g。停喂乳杆菌 7 d 后,2 个试验组鱼消化道的乳酸菌均从  $10^5 \sim 10^6$  cfu/g 下降到  $10^4 \sim 10^5$  cfu/g,P15 组鱼小肠中弧菌从  $10^5$  cfu/g 回升到  $10^7$  cfu/g;LC 组鱼盲囊中弧菌从  $10^5$  cfu/g 回升到  $10^6$  cfu/g,小肠中弧菌数量也有显著的增加。试验结果表明,2 种乳杆菌均能在牙鲆消化道内定植;乳杆菌的投喂和定植,使牙鲆消化道中的弧菌数量明显下降。

**关键词** 牙鲆; 鼠李糖乳杆菌; 干酪乳杆菌; 定植; 消化道

中图分类号 Q 556; S 963

文章编号 1007-4333(2005)01-0001-05

文献标识码 A

## Colonization of two lactobacillus strains in gastro-intestine of flounder

Wang Fuqiang<sup>1,2</sup>, Guo Yuming<sup>1</sup>, Chen Ying<sup>3</sup>, Shao Zhantao<sup>2</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;  
2. Key Lab. of Maricultural Ecology, Agriculture Ministry PRC, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China;  
3. College of Chemistry & Biology, Yantai University, Yantai 264005, China)

**Abstract** A feeding trial using 90 flounders was conducted to study the colonization of *Lactobacillus rhammosus* P15 and *Lactobacillus casei* (LC) from flounders after feeding with two lactobacillus strains in  $1.2 \times 10^9$  cfu per gram of diet for 20 days. CFU of two lactobacillus strains reached  $10^6$  cfu/g from  $10^3$  cfu/g in the gastro-intestine after 5 days, thenceforth kept at  $10^6 - 10^8$  cfu/g. As the number of lactobacillus in gastro-intestine increased, the number of vibrio in two groups of flounders decreased from  $10^7 - 10^8$  to  $10^5 - 10^7$  cfu/g. On 7th day after ceasing to feed fish with lactobacillus, the number of lactobacillus in two groups of flounders decreased from  $10^5 - 10^6$  to  $10^4 - 10^5$  cfu/g, the number of vibrio in the intestine of flounders fed with P15 increased from  $10^5$  to  $10^7$  cfu/g, moreover vibrio of ceacum in LC group increased from  $10^5$  to  $10^6$  cfu/g, and vibrio of intestine in LC group also increased significantly. The results indicated that two lactobacillus could both colonize in the gastro-intestine of flounders, and the number of vibrio in the gut could be decreased significantly due to feeding and colonization of lactobacillus.

**Key words** flounder; *Lactobacillus rhammosus*; *Lactobacillus casei*; colonization; gastro-intestine

在水产养殖上,人们普遍应用抗菌素来促进动物生长,预防疾病,然而抗生素的使用也带来抗菌素残留、耐药菌等问题<sup>[1]</sup>;因此,益生菌受到越来越多的关注。水产养殖最初所用的益生菌来自用于陆上动物的益生菌商业制品,试验结果表明它们在水产

养殖中有很好的应用前景,但是这些微生物在水产动物胃肠道中能否定植尚不敢肯定。于是自 20 世纪 90 年代以来人们把目光转向水产动物自身具有的有益生特性的微生物,如从牙鲆 (*Paralichthys olivacens*) 小肠分离的乳杆菌 *Lactobacillus* sp. DS-

收稿日期: 2004-04-06

基金项目: 辽宁省自然科学基金资助项目(2001102067)

作者简介: 王福强,讲师,主要从事水产动物营养学的研究。

12<sup>[2]</sup>,从斑节对虾(*Penaeus monodon*)肠道分离的 *Vibrio alginoliticus*<sup>[3]</sup>等。在筛选益生菌的过程中,小肠的定植潜力是筛选益生菌的重要标准<sup>[4]</sup>。益生菌只有黏附于小肠黏膜细胞表面,并最终定植下来,才能发挥益生作用,而且,体外的黏附试验结果并不能准确说明益生菌在体内的定植情况;因此,在筛选益生菌时,不仅要评价其在体外对小肠黏膜的黏附能力,还要评价益生菌在肠道定植的持久性。国外已有许多关于候选益生菌定植时间的研究<sup>[5-7]</sup>,国内尚未见有关水产动物的相关报道。

基于此,笔者利用从牙鲆肠道分离的1株鼠李糖乳杆菌 P15<sup>[8]</sup>和1株干酪乳杆菌来研究其在牙鲆消化道的定植和演替规律,以进一步评价鼠李糖乳杆菌 P15 和干酪乳杆菌作为益生菌的可能性。

## 1 试验材料

1) 试验鱼。从大连湾海珍品养殖场购得健康、体质量(50.0 ± 5.0) g 的牙鲆,随机分成2个试验组,每个试验组3个重复,每个重复15尾鱼放入一个水族箱。将鱼饲养于0.12 m<sup>3</sup> 循环水控温系统中,水温控制在14.0~15.0 。

2) 菌株。所用鼠李糖乳杆菌(*L. rhammosus* P15,下简称P15)从牙鲆肠道分离得到<sup>[8]</sup>,干酪乳杆菌(*L. casei*,下简称LC)来自大连水产学院生理实验室。

3) 试验饲料。基础饲料配方及营养成分见表1。P15组和LC组饲料分别加入P15和LC菌悬液,制成饲料干质量菌含量 $1.2 \times 10^9$  cfu/g 的湿颗粒饲料,风干为半干饲料后放于-70 冰箱保存,备用。

## 2 试验方法

1) 投饵及分组。日粮处理分为2组:基础饲料+P15和基础饲料+LC。牙鲆暂养1周后,投喂含有P15和LC的饲料,20 d后改投基础饲料,直到第27天,以检测停止投喂乳杆菌后消化道细菌数量的变化。

2) 取样。每隔5 d取样1次,检测牙鲆消化道细菌含量。消化道排空后每组随机取3尾鱼,用75%酒精棉球消毒牙鲆体表,无菌打开腹腔,分离消化道,取胃、盲囊和小肠;用无菌生理盐水冲洗3次,每次1 mL,冲去没有黏附在肠道上的过路菌;用无

菌生理盐水匀浆,制成原浆,然后倍比稀释。

表1 基础饲料配方及营养成分

Table 1 The formula of the basal diet and nutrient composition

饲料成分	质量分数/ %	营养成分	质量分数/ %
进口鱼粉	69.0	粗蛋白质	50.00
鱼肝油	6.5	粗脂肪	9.50
次粉	6.0	赖氨酸	3.94
豆粕	10.5	蛋氨酸	1.23
酵母	2.0	钙	2.78
混合无机盐	4.0	磷	2.23
混合维生素	1.0		
海藻酸钠	1.0		

注: 每 kg 饲料含硫酸铝钾 0.063 6 g、碳酸钙 7.240 4 g、磷酸二氢钙 17.840 4 g、氯化钴 0.028 g、硫酸镁 2.086 4 g、硫酸锰 0.028 g、氯化钾 6.621 2 g、碘化钾 0.005 6 g、碳酸锌 0.076 8 g、磷酸二氢钠 5.442 g、亚硒酸钠 0.002 4 g、硫酸铜 0.003 g、柠檬酸铁 0.535 2 g; 每 kg 混合维生素含胆碱 2 500 mg、肌醇 700 mg、叶酸 50 mg、生物素 1 mg、VA 6 000 IU、VB<sub>1</sub> 15 mg、VB<sub>2</sub> 20 mg、VB<sub>3</sub> 40 mg、VB<sub>5</sub> 50 mg、VB<sub>6</sub> 20 mg、VB<sub>12</sub> 0.03 mg、VC 500 mg、VD 1 800 IU、VE 80 mg、VK 10 mg。

3) 细菌培养与计数。检测用培养基<sup>[9]</sup>分别为海水琼脂培养基(检测异养总菌数),用NSS液配制;TCBS专性培养基(检测弧菌数),购于北京陆桥公司;LBS专性培养基(检测P15);MRS专性培养基(检测LC)<sup>[10]</sup>。

用滴种法检测牙鲆消化道菌群数量。分别在海水琼脂、TCBS平板上于28 培养24 h,在LBS和MRS平板上培养72 h后计数菌落数  $N$ , cfu/g。

4) 数据处理。用统计软件SPSS11.5进行方差分析,差异显著时对平均数进行LSD多重比较。

## 3 试验结果

### 3.1 P15组牙鲆消化道细菌数的变化

投喂P15后牙鲆消化道细菌数的变化见表1。投喂P15后,牙鲆胃中好氧性异养菌从第15天开始增加,盲囊从第5天,小肠从第10天开始增加( $P < 0.05$ )。停喂P15 7 d后,胃中异养菌数明显下降( $P < 0.05$ );盲囊中的无明显变化( $P > 0.05$ );小肠中的与第20天相比有显著增加,但与第10和15天相比无显著性差异( $P > 0.05$ )。

表 2 投喂 P15 后牙鲆消化道细菌数的变化 ( $n=3$ )Table 2 Bacteria count in the gastro-intestine of flounder fed with *L. rhammosus* P15 ( $n=3$ )

消化道部位	细菌种类	采样时间/d					
		0	5	10	15	20	27
胃	好氧性异养菌	6.46 ±0.18 b	6.52 ±0.08 b	6.54 ±0.12 b	7.40 ±0.16 a	7.51 ±0.23 a	6.51 ±0.21 b
	弧菌	7.85 ±0.21 a	7.39 ±0.17 b	6.72 ±0.34 c	6.37 ±0.19 d	6.25 ±0.58 d	6.54 ±0.25 cd
	乳酸菌	3.01 ±0.00 e	5.16 ±0.46 c	5.77 ±0.43 b	6.42 ±0.38 a	5.79 ±0.69 b	4.41 ±0.73 d
盲囊	好氧性异养菌	6.78 ±0.26 b	7.63 ±0.34 a	7.54 ±0.12 a	7.59 ±0.25 a	7.75 ±0.43 a	7.60 ±0.31 a
	弧菌	8.77 ±0.45 a	8.55 ±0.37 a	7.49 ±0.29 b	6.27 ±0.51 d	6.56 ±0.26 d	6.89 ±0.71 d
	乳酸菌	3.18 ±0.01 d	7.78 ±0.72 a	6.42 ±1.05 b	6.36 ±0.56 b	6.42 ±0.50 b	4.59 ±0.43 c
小肠	好氧性异养菌	7.21 ±0.02 b	7.38 ±0.09 b	8.31 ±0.31 a	8.11 ±0.32 a	7.47 ±0.17 b	8.60 ±0.11 a
	弧菌	7.59 ±0.28 a	7.39 ±0.44 a	6.62 ±0.19 b	5.77 ±0.73 c	5.62 ±0.42 c	7.39 ±0.51 a
	乳酸菌	3.39 ±0.00 c	6.53 ±0.78 a	5.56 ±0.44 b	6.22 ±0.52 a	5.64 ±0.39 b	5.41 ±0.32 b

注:同行数据上标字母不同为差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同。

投喂 P15 后牙鲆消化道各段乳酸菌均呈增加趋势,且与第 0 天相比有显著增加 ( $P < 0.05$ )。胃和小肠中乳酸菌数在第 15 天达到最高,盲囊中的在第 5 和第 10 天达到最高 ( $P < 0.05$ )。停喂 P15 后,胃和盲囊中的乳酸菌数显著下降 ( $P < 0.05$ );小肠中的与第 20 天相比无显著变化 ( $P > 0.05$ ),但显著低于第 5,10,15 天,而且显著高于此时胃和盲囊中的乳酸菌数 ( $P < 0.05$ )。

投喂 P15 后,消化道各段弧菌数均从第 10 天开始明显下降 ( $P < 0.05$ )。小肠中弧菌在第 15 和 20 天降至  $10^5$  cfu/g,且明显低于胃和盲囊中的弧菌数。停喂 P15 7 d 后,胃和盲囊中的弧菌数略有增加,但差异不显著 ( $P > 0.05$ );小肠中的弧菌数则有极

著增加 ( $P < 0.01$ )。

### 3.2 LC 组牙鲆消化道细菌数的变化

投喂 LC 后牙鲆消化道中好氧性异养菌、乳酸菌和弧菌的变化趋势与 P15 组类似(表 2)。可以看出,牙鲆消化道各段好氧性异养菌数有所增加 ( $P < 0.05$ ),停喂 7 d 后则有一定程度的降低 ( $P < 0.05$ );乳酸菌数有极显著增加 ( $P < 0.01$ ),停喂后又显著下降,但均显著高于 0 d ( $P < 0.01$ )。停喂 LC 7 d 后,盲囊和小肠中弧菌数显著增加,但仍比 0 d 低 ( $P < 0.05$ ),而胃中弧菌数无显著变化 ( $P > 0.05$ )。

投喂乳杆菌后,P15 和 LC 组牙鲆消化道内乳酸菌数上升的同时,弧菌数下降,说明乳杆菌在消化道定植的同时,抑制了弧菌的增殖和定植。

表 3 投喂 LC 后牙鲆消化道细菌数的变化 ( $n=3$ )Table 3 Bacteria count in gastro-intestine of flounder fed with *L. casei* (LC) ( $n=3$ ) lg[ N/ (cfu/ g) ]

消化道部位	细菌种类	采样时间/d					
		0	5	10	15	20	27
胃	好氧性异养菌	6.46 ±0.18 b	6.53 ±0.05 b	6.54 ±0.15 b	7.07 ±0.05 a	7.51 ±0.19 a	6.51 ±0.18 b
	弧菌	7.85 ±0.16 a	7.27 ±0.04 b	7.38 ±0.35 b	6.65 ±0.10 c	6.68 ±0.08 c	6.54 ±0.16 c
	乳酸菌	3.01 ±0.00 d	5.33 ±0.45 b	5.50 ±0.12 b	6.65 ±0.20 a	5.50 ±0.12 b	4.35 ±0.04 c
盲囊	好氧性异养菌	6.78 ±0.38 b	7.45 ±0.23 a	7.41 ±0.21 a	6.63 ±0.13 b	7.29 ±0.32 a	6.53 ±0.11 b
	弧菌	8.77 ±0.33 a	7.72 ±0.28 b	6.60 ±0.19 c	7.64 ±0.54 b	5.46 ±0.36 d	6.44 ±0.61 c
	乳酸菌	3.18 ±0.01 f	6.34 ±0.46 b	5.42 ±0.74 d	6.77 ±0.68 a	5.64 ±0.33 c	4.45 ±0.21 e
肠	好氧性异养菌	7.21 ±0.34 a	6.34 ±0.52 ab	6.80 ±0.74 a	6.35 ±0.38 ab	7.74 ±0.56 a	5.74 ±0.67 b
	弧菌	7.59 ±0.28 b	8.32 ±0.13 a	6.59 ±0.24 d	7.39 ±0.44 c	6.28 ±0.39 e	6.66 ±0.22 d
	乳酸菌	3.39 ±0.22 d	6.25 ±0.34 a	5.90 ±0.65 b	6.36 ±0.49 a	6.27 ±0.59 a	5.74 ±0.27 c

## 4 讨论

### 4.1 P15 和 LC 在牙鲈消化道内的定植

根据 Conway<sup>[11]</sup>的观点,如果一种细菌能在胃肠道中居留很长时间,且增值率高于排斥率,那么,这种微生物就能够在胃肠道定植。本试验通过投喂乳酸菌诱发了其在牙鲈消化道的定植,验证了这一观点。通过外部添加益生菌来改变肠道微生物组成,已被一些学者证明是可行的,比如已有对鱼苗成功进行诱发乳酸菌形成优势菌的研究报道<sup>[12]</sup>,虽然开始时试验用鱼苗肠道中乳酸菌并不占优势;这在本试验中也得到了验证。本研究发现,P15 和 LC 均可在牙鲈消化道定植,并在牙鲈消化道成为优势菌群。

还有试验报道,在停止添加乳酸菌后的几天内,鱼肠道内乳酸菌数显著减少,甚至在许多鱼肠道内完全消失<sup>[13]</sup>,这说明有些益生菌并不能永久定植。国外有关益生菌在水产动物消化道内定植的研究结果表明,益生菌能够在小肠定植 2~65 d 不等<sup>[5-7]</sup>。本试验中,停喂乳酸菌 7 d 后,各试验组消化道各段乳酸菌数均有不同程度下降,但均明显高于试验开始时的初始值,这与前述的报道基本一致。这说明,这 2 种益生菌都至少可以在牙鲈消化道定植 7 d。笔者另外的研究结果(未发表)还显示,这 2 株乳酸菌对消化道各段黏液的黏附存在组织特异性,对胃和小肠黏液的黏附效果较好;而本试验中 2 株乳酸菌在消化道各段内定植差异不显著,与体外黏附结果存在一定差异,分析原因可能是:黏附试验是在体外用乳酸菌来黏附牙鲈各部位的黏液,而在体内定植时乳酸菌不但与消化道各部位黏液发生黏附作用,还会与消化道各段组织细胞表面的受体发生特异性黏连<sup>[14]</sup>,进而在消化道定植;黏附只是定植的第一步。细菌在动物消化道的黏附乃至定植是由细菌表面黏附素与细胞表面或黏液中特异性受体共同完成的。目前认为,黏液中的受体大多是黏蛋白质,而黏附素则可能是蛋白质、多肽、糖蛋白、糖脂和多糖或单糖等其中之一。对细菌而言,黏附素不但可以介导细菌对靶细胞的黏着,激发黏附的细胞内信号传导途径,而且可以通过竞争抑制等机制阻断具有类似受体结构的细菌的黏附活性<sup>[14]</sup>。至于本试验中 2 种乳酸菌的黏附机制,则有待于进一步的研究。

### 4.2 定植过程中好氧性异养菌、乳酸菌和弧菌数的变化

投喂 P15 和 LC 后,所有试验组牙鲈肠道好氧性异养菌和乳酸菌数均显著增加。好氧性异养菌数的变化规律基本为随投喂时间的延长而逐渐有幅度不大的增加,这可能是由于乳酸菌在消化道内定植后,菌群之间的相互作用抑制了部分弧菌的生长,促进了部分好氧性异养菌的生长。另外,在本次试验中,取样时个别组乳酸菌和弧菌数甚至高于好氧性异养菌,这主要是由于肠道菌群多为厌氧菌,且好氧性异养菌数测定结果是培养 24 h 所得,故而,试验结果应比实际数值偏低,存在一定的误差。

乳酸菌是海水鱼类肠道中的常在菌群,但与在陆生动物肠道中不同,乳酸菌一般不是海水鱼类肠道中的优势菌群<sup>[15]</sup>;因此,人们往往通过投喂乳酸菌调控海水鱼类肠道的菌群,使之成为优势菌群,起到益生效果。本试验通过投喂外源乳酸菌,成功地诱导了乳酸菌在牙鲈消化道的定植,牙鲈消化道乳酸菌较投喂前有了极显著的增加,这显示了 P15 作为益生菌应用的良好前景。

弧菌广泛分布于海水环境、海产动物体表和肠道中,一般认为是正常菌群,属条件致病菌。当水产动物因环境条件不适应,或因外伤、营养不良、寄生虫感染等导致机体抗病力下降时,极易诱发弧菌病。本研究结果表明,投喂乳酸菌后消化道内乳酸菌数量与弧菌数量呈负相关,乳酸菌数达到最高水平时弧菌数量达到最低值,这预示乳酸菌在牙鲈体内定植后可以有效抑制弧菌的生长。这也与 P15 在体外对弧菌的抑制结果一致<sup>[8]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] Andlid T, Vazquez-Juarez R, Gustafsson L. Yeast colonizing the intestine of rainbow trout *Salmo gairdneri* and turbot *Scophthalmus maximus*[J]. *Microb Ecol*, 1995, 30:321 - 334
- [2] Byun J W, Park S Ch, Benno Y, et al. Probiotic effect of *Lactobacillus* sp. DS-12 in flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. *J Gen Appl Microbiol*, 1997, 43(5): 305 - 308
- [3] Ruangpan L, Naanan P, Direkbuarakom S. Inhibitory effect of *Vibrio alginolyticus* on the growth of *V. harveyi*[J]. *Fish Pathol*, 1998, 33:293 - 296
- [4] Gatesoupe F J. The use of probiotics in aquaculture[J]. *Aquaculture*, 1999, 180(1 - 2): 147 - 165

- [5] Andlid T, Vazquez-Juarez R, Gustafsson L. Yeast colonizing the intestine of rainbow trout *Salmo gairdneri* and turbot *Scophthalmus maximus*[J]. *Microb Ecol*, 1995, 30:321 - 334
- [6] Austin B, Stuckey LF, Robertson PAW, et al. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*[J]. *J Fish Dis*, 1995, 18: 93 - 96
- [7] Munro P D, Barbour A, Birkbeck T H. Comparison of the growth and survival of larval turbot in the absence of culturable bacteria with those in the presence of *Vibrio anguillarum*, *Vibrio alginolyticus*, or a marine *Aeromonas* sp. *Appl Environ Microbiol*, 1995, 61: 4425 - 4428
- [8] 陈营,王福强,蒲红宇,等. 牙鲆肠道乳酸菌的分离和鉴定[J]. *中国微生态学杂志*, 2002, 14(2): 70 - 73
- [9] Olsson C, Westerdahl A, Conway P L, et al. Intestinal colonization potential of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and dab (*Limanda limanda*)- associated bacteria with inhibition effects against *Vibrio anguillarum* [J]. *Appl Environ Micro*, 1992, 58(3): 551 - 556
- [10] 钱存柔,黄仪秀. 微生物学实验教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 1999: 102 - 107
- [11] Conway P L. Development of intestinal microbiota. In: Mackie R I, White B A, Isaacson R E eds. *Gastrointestinal Microbiology*, Vol. 2, *Gastrointestinal Microbes and Host Interactions* [M]. New York: Chapman & Hall, 1996: 3 - 38
- [12] Gildberg A, Johansen A, Bogwald J. Growth and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* fry given diets supplemented with fish protein hydrolysate and lactic acid bacteria during a challenge trial with *Aeromonas salmonicida*[J]. *Aquaculture*, 1995, 138: 23 - 34
- [13] Ringo E, Gatesoupe F J. Lactic acid bacteria in fish: A review[J]. *Aquaculture*, 1998, 160(3 - 4): 177 - 203
- [14] 钟世顺,张振书. 双歧杆菌黏附的研究进展[J]. *中国微生态学杂志*, 2003, 15(1): 62 - 63
- [15] Gatesoupe F J. The use of probiotics in aquaculture[J]. *Aquaculture*, 1999, 180(1 - 2): 147 - 165

## 科研简讯 ·

### “畜禽重要生产性状优良基因诊断生物技术的引进”项目通过农业部验收

2004年12月,李宁教授承担的“畜禽重要生产性状优良基因诊断生物技术的引进”项目通过农业部“948”项目组织的验收。项目技术引进了3100型遗传分析仪、基因芯片点样仪和扫描仪等仪器设备和目前最先进的畜禽DNA分子诊断仪,并以此为核心建立了基因组扫描和DNA芯片分析2个高通量的基因分析平台;定位了一批影响鸡重要经济性状的主效基因、构建了世界上第一张鸭遗传连锁图谱;完成了畜禽3种组织的ESTs测定,为国际ESTs库作出了5%的贡献,自主开发出国内第一张畜禽cDNA芯片;发现了多个可以应用于标记辅助选择的新基因,获得发明专利2项,其中“影响猪高产仔数FSH亚基基因”的发现获得了美国专利,此2项专利2002年在9个省市的12个省级原种猪场推广,当年获经济效益1315.77万元。

(科学技术处供稿)