

生长激素释放因子和垂体腺苷酸环化酶激活肽基因的共表达

Co-expression of Growth Hormone Releasing Factor and Pituitary Adenylate Cyclase Genes

刘松财/LIU Song-cai¹, 任晓慧/REN Xiao-hui^{1,2}, 张明军/ZHANG Ming-jun¹, 戴建威/DAI Jian-wei¹, 郝琳林/HAO Lin-lin¹, 张永亮/ZHANG Yong-liang¹, 张玉静/ZHANG Yu-jing¹

1. 吉林大学畜牧兽医学院, 长春 130062;
2. 河北农业大学水产学院, 河北秦皇岛 066003

1. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Jilin University, Changchun 130062, China
2. College of Aquaculture, Hebei Agricultural University, Qinhuangdao 066003, Hebei Province, China

[摘要] 通过 PCR 扩增化学合成了 PACAP 和 GRF 基因。构建了 PACAP、GRF 单基因和 PACAP-GRF 双基因真核表达载体; 通过脂质体介导 3 种真核表达载体在 CHO 细胞均有表达, RT-PCR、Dot-blot、Western-blot 结果阳性, 通过检测证明表达产物具有生物学活性; 以 PLGA 为载体, 采用复乳-液中蒸发法将 3 种重组质粒制备成微球, 通过肌肉注射给小鼠和獭兔, 实验结果表明实验组累积增重与生理盐水组比差异极显著($P<0.01$), 双基因组增重效果优于单基因组; 双基因组对 IGF-1 促分泌作用也高于单基因组。首次证明了 PACAP 和 GRF 双基因共表达, 对动物的促生长具有协同作用。

[关键词] GRF; PACAP; 基因转染; 微球

[中图分类号] Q341

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)08-0036-04

Abstract: PACAP coding gene was obtained with chemical synthesis and PCR amplification. The eukaryon expression vectors, pRES1-PACAP, pRES1-GRF and pRES1-PACAP-GRF, were constructed respectively, then the three expression vectors were transfected by Lipofectin to prepared CHO cells. The total RNA was extracted from transfected CHO cells, and the positive result was obtained by RT-PCR, Dot-ELISA and Western blot. Rats were treated with 0.5 ml of transfection supernatant by muscle injection. After 8 hours, IGF-1 concentration in P-G-P group was significantly higher than that of the other groups ($P<0.05$). Three expression plasmids were extracted and poly lactic-co-glycolic acid (PLGA) microspheres encapsulating plasmids were prepared by double emulsion-in liquid evaporation process. Mice were muscularly injected with plasmid microspheres, bare plasmid and saline. After 20 days, the mean accumulative body weight gain in P-G-P microspheres group was the highest, increased by 64.71% ($P<0.01$), 28.78% ($P<0.01$), 32.72% ($P<0.01$), and 20.78% ($P<0.05$) to groups injected with saline, P-G microspheres, P-P microspheres and bare plasmids, respectively. Rabbits were treated with three plasmid microspheres (1 mg plasmid/kg of BW) and saline by muscular injection. After 30 days, the mean accumulative body weight gain in plasmid microspheres groups were significantly higher than that of the group injected with saline. Among groups, the accumulative body weight gain in P-G-P group was the highest, increased by 81% ($P<0.01$), 15% ($P<0.05$) and 7% ($P>0.05$) to the saline group, P-G microspheres group and P-P microspheres group, respectively. The concentrations of serum IGF-1 increased in all plasmid microspheres injection groups, which were significantly higher than that of the saline injection group. We draw a conclusion that GRF and PACAP co-expression in animal body do increase IGF-1 concentration and improve animal growth, whose biological activity might be more powerful than GRF and PACAP single gene.

Key Words: GRF; PACAP; gene transfection; microspheres

CLC Number: Q341

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)08-0036-04

1 引言

生长激素释放因子(growth hormone releasing factor, GRF)和垂体腺苷酸环化酶激活肽(pituitary adenylate cyclase activating

polypeptide, PACAP)是由人和动物下丘脑合成并分泌的多肽激素,促进垂体生长激素(growth hormone, GH)的合成与分泌是其共同的生理功能^[1-2]。目前,国内外只有通过转染 GRF 单基因促生长

收稿日期: 2005-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30270973)

作者简介: 刘松财,男,长春市西安大路 5333 号吉林大学畜牧兽医学院,副教授,主要研究方向为生化制药、基因工程;

E-mail: happy626288@souhu.com

的报道。本研究依据基因疫苗的原理,构建了 GRF 和 PACAP 双基因真核表达载体,通过微球介导和基因转染技术,获得体内双基因共表达,达到促进动物生长的目的,为利用基因转染技术、提高动物生产性能开辟了一条新途径。

2 材料与方法

2.1 材料

大肠杆菌 JM109、CHO 细胞,本实验室保存; pIRES1-neo 质粒由解放军军事医学科学院兽医研究所病毒室涂长春教授惠赠; pcDNA3-GRF (1-32) 质粒由本课题组构建; 限制性内切酶、Taq 酶、质粒回收盒、DNA 片段回收盒、RT-PCR 试剂和 RNA 提取试剂盒等试剂购自宝泰克公司。Wistar 大鼠 (180~220g) 购自吉林大学医学部实验动物中心; 昆明种小鼠 (雄性, 25 日龄, 体重 18~20g) 由长春生物制品所实验动物中心提供; Vc 系獭兔 (雄性, 体重 0.8~1.25kg) 由吉林大学农学部实验动物中心提供。

2.2 方法

2.2.1 GRF、PACAP、及 GRF-PACAP 基因真核表达载体的构建

1) pIRSE1-PACAP 真核表达载体的构建 采用 PCR 合成 PACAP 基因 (205 bp 含信号肽基因序列和 Xba、Sma 酶切位点), 用 Sma、Xba 分别酶切 PACAP 基因和 pIRES1-neo 质粒, 连接、转化 JM109 感受态菌中, 挑取部分阳性菌落用 PCR、酶切、序列分析鉴定。

2) pIRSE1-neo-GRF 真核表达载体的构建 以 pcDNA3-GRF(1-32) (本课题组对 GRF 结构改造后构建的表达载体) 为模板, 进行 PCR 扩增获得 GRF 基因 (186 bp)。用 EcoR 和 BamH 酶切 GRF 基因和 pIRES1-neo 质粒, 连接、转化 JM109 感受态菌, 挑取部分阳性菌落培养, 用 PCR、酶切、序列分析鉴定。

3) pIRSE1-GRF-PACAP 真核表达载体的构建 除了载体用 pIRSE1-neo-GRF 外, 其方法与 pIRSE1-PACAP 真核表达载体的构建基本一致。

2.2.2 重组质粒在 CHO 细胞中瞬时表达及检测

1) pIRES1neo-GRF、pIRES1-GRF-PACAP、pIRES1-PACAP 质粒在 CHO 细胞中的表达 采用脂质体转染法, 将 3 种重组质粒转染至 CHO 细胞中, 收集细胞上清培养液, -20℃ 保存备用, 收集 CHO 细胞用于 RNA 的提取。从 RNA 水平、蛋白质水平测 GRF 和 PACAP 基因的表达。

2) CHO 表达产物的生物学活性测定 将实验大鼠随机分成 4 组, 每组 6 只, 雌雄各一半。分别给大鼠后肢肌肉注射质粒组和对照组 CHO 细胞上清液 0.5 ml, I 组: 注射 GRF 上清; 组: 注射 PACAP 上清; 组: 注射 GRF-PACAP 上清; 组: 注射对照组上清。注射后分别于第 2 h、4 h、8 h 断尾取血 (300 μl), 离心分离血清并标记。采用 RIA 法, 使用 h IGF-I 试剂盒测定大鼠血清 IGF-I 浓度。采用 SPSS10.0 软件对数据进行方差分析, LSD、Duncan 多重比较, 结果用平均值 ± 标准误 (mean ± SE) 表示。

2.2.3 微球介导的 GRF、PACAP、GRF-PACAP 重组质粒在动物体内的表达

1) 质粒的大量制备 根据分子克隆实验指南的方法作适当修改进行^[9]。

2) 微球的制备 采用改良的复乳-液中蒸发法制备质粒微球。

3) pIRES1neo-GRF、pIRES1-GRF-PACAP、pIRES1-PACAP 在小鼠体内的表达 实验动物的预处理。将 3 种质粒微球及 pIRES1-GRF-PACAP 裸质粒均溶于生理盐水供肌肉注射。小鼠随机分为 5 组, 每组 8 只, 做好标记。I 组: 注射生理盐水; 组: 注射 pIRES1-GRF-PACAP 质粒微球; 组: 注射 pIRES1neo-GRF 质粒微球; 组: 注射 pIRES1-PACAP 质粒微球; 组: 注射 pIRES1-GRF-PACAP 裸质粒。称重及数据分析。在注射前、注射后每隔 5 d 空腹称重。利用 SPSS10.0 软件进行数据分

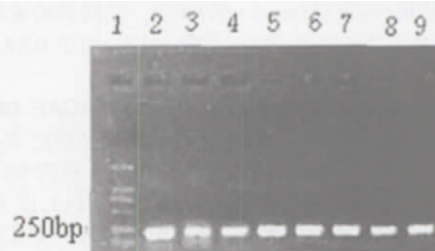


图 1 重组质粒 pIRES1-PACAP PCR 电泳图

注: 1. Marker DL2000; 2-9. PCR 产物

Fig. 1 Electrophoresis of PCR products

1. Marker DL2000; 2-9. PCR products

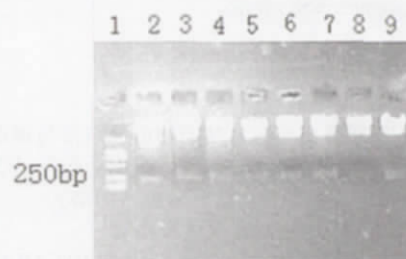


图 2 重组质粒 pIRES1-PACAP 酶切电泳图

注: 1. Marker DL2000; 2-9. 酶切产物

Fig. 2 Enzyme digestion of pIRES1-PACAP

1. Marker DL2000; 2-9. Enzyme digestion

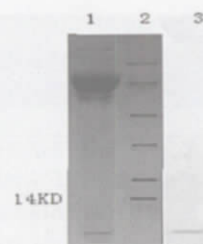


图 3 PACAP 的 Western blot 图

注: 1. PACAP 上清垂直板电泳图; 2. 标准蛋白质; 3. PACAP 的 Western blot

Fig. 3 Western blot of expressed PACAP products from transfected CHO supernatant

1. PAGE of PACAP; 2. Marker; 3. Western blot of expressed PACAP products from transfected CHO

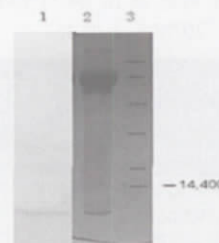


图 4 GRF 的 Western blot 图

注: 1. GRF 的 Western blot; 2. GRF 上垂直板电泳图; 3. 标准蛋白质

Fig. 4 Western blot of expressed GRF products from transfected CHO supernatant

1. Western blotting of transfected CHO supernatant; 2. SDS PAGE of CHO supernatant; 3. Marker

析,结果用平均值 $\pm$ 标准误(mean $\pm$ SE)表示。样品的采集。注射后20 d,每组取2只鼠处死,取注射部位肌肉,用于RNA和DNA的提取。PCR及RT-PCR检测。

4) pIRES1neo-GRF、pIRES1-GRF-PACAP、pIRES1-PACAP在Vc系獭兔体内的表达 实验动物预处理。将獭兔随机分为4组,每组8只,均为雄性。I组:注射生理盐水;II组:注射pIRES1 neo-GRF(质粒浓度0.5 mg/ml 剂量1ml,以下同);III组:注射pIRES1-PACAP;IV组:注射pIRES1-GRF-PACAP。称重、血样的采集及处理。在注射前、注射后每隔15 d称重。同时耳静脉采血分离血清,-20℃冻存备用。血清中IGF-I浓度的测定。采用RIA法,使用hIGF-I试剂盒测定獭兔血清IGF-I浓度,具体步骤按试剂盒说明操作。数据处理与分析。采用SPSS10.0软件对数据进行方差分析,LSD、Duncan多重比较,结果用平均值 $\pm$ 标准误(mean $\pm$ SE)表示。

3 结果

3.1 重组质粒的鉴定

通过相应PCR和酶切鉴定,其产物电泳结果与理论大小基本一致,核酸序列分析结果完全正确,证明成功构建了3种真核表达载体(PACAP鉴定图见图1、2,其余电泳图略)。

3.2 重组质粒在CHO细胞中瞬时表达及检测

用相应抗体进行Western blot,在GRF和PACAP相应分子量出现目的蛋白带,如图3、图4所示。证明CHO细胞有GRF和PACAP的表达。

采用RIA法测定大鼠血清IGF-I浓度如表1所示。注射细胞上清液前和后2 h、4 h,实验组和对照组之间差异不显著,8 h后双基因组与其余各组比差异显著($P < 0.05$)。

表1 不同时间大鼠血清IGF-I的浓度(ng/mL)
Tbl. 1 Concentrations of rat serum IGF-I in different times

时间(h)	对照	P-G	P-P	P-G-P
注射前	569.08 $\pm$ 76.81	553.61 $\pm$ 26.67	582.33 $\pm$ 42.56	473.87 $\pm$ 82.98
2	607.98 $\pm$ 33.50	576.35 $\pm$ 19.38	620.48 $\pm$ 53.59	673.87 $\pm$ 87.53
4	603.18 $\pm$ 41.79	633.29 $\pm$ 48.51	647.24 $\pm$ 32.97	675.33 $\pm$ 26.67
8	586.34 $\pm$ 34.58	654.21 $\pm$ 34.18	658.45 $\pm$ 35.35	806.31 $\pm$ 34.58

注:* $P < 0.05$

3.3 微球介导的重组质粒在动物体内的表达

3.3.1 各组小鼠在注射后不同时间的累积增重

数据经SPSS10.0单因素方差分析,LSD和Duncan多重比较,结果见表2。注射后20 d后,各实验组与盐水组比较差异显著或极显著:P-G-P微球组累积增重分别比生理盐水组、P-G微球组、P-P微球组、裸质粒组高出64.71%($P < 0.01$)、28.78%($P < 0.01$)、32.72%($P < 0.01$)、20.78%($P < 0.05$)。

表2 不同时间小鼠的累积增重(g)
Tbl. 2 Accumulative weight gain of five group mice in different times (g)

时间(d)	生理盐水组	P-G-P微球组	P-G微球组	P-P微球组	P-G-P组
5	4.10 $\pm$ 0.75	4.59 $\pm$ 0.67	3.95 $\pm$ 0.49	4.22 $\pm$ 0.34	4.55 $\pm$ 0.59
10	6.07 $\pm$ 0.69	9.80 $\pm$ 1.07**	8.26 $\pm$ 0.37*	7.98 $\pm$ 0.42	8.96 $\pm$ 0.97*
15	7.69 $\pm$ 0.50	13.32 $\pm$ 0.85**	10.19 $\pm$ 0.49*	9.68 $\pm$ 0.49*	10.99 $\pm$ 0.73**
20	9.21 $\pm$ 0.65	15.17 $\pm$ 0.93**	11.78 $\pm$ 0.62**	11.43 $\pm$ 0.21*	12.56 $\pm$ 0.73**

注:** $P < 0.01$; * $P < 0.05$

3.3.2 各组獭兔在注射后不同时间的累积增重

数据经SPSS10.0单因素方差分析,LSD和Duncan多重比较,结果见表3。注射30 d后,累积增重实验各组与生理盐水组比

较差异极显著($P < 0.01$);其中P-G-P微球组分别比生理盐水组、P-G微球组、P-P微球组高出81%($P < 0.01$)、15%($P < 0.05$)、7%($P > 0.05$)。

表3 不同时间獭兔的累积增重(g)
Tbl. 3 Accumulative weight gain of five group rabbits in different times(g)

时间(d)	P-G微球组	P-P微球组	P-G-P微球组	生理盐水组
15	500.00 $\pm$ 25.35**	538.75 $\pm$ 39.11**	542.50 $\pm$ 33.52**	333.75 $\pm$ 36.84
30	767.50 $\pm$ 33.58**	825.00 $\pm$ 37.94**	883.75 $\pm$ 50.64**	488.75 $\pm$ 32.92
45	1170.00 $\pm$ 38.91**	1240.00 $\pm$ 39.28**	1303.75 $\pm$ 53.85**	871.25 $\pm$ 58.23

注:** $P < 0.01$

3.3.3 不同时间獭兔血清IGF-I浓度

不同时间獭兔血清IGF-I浓度如图5所示。

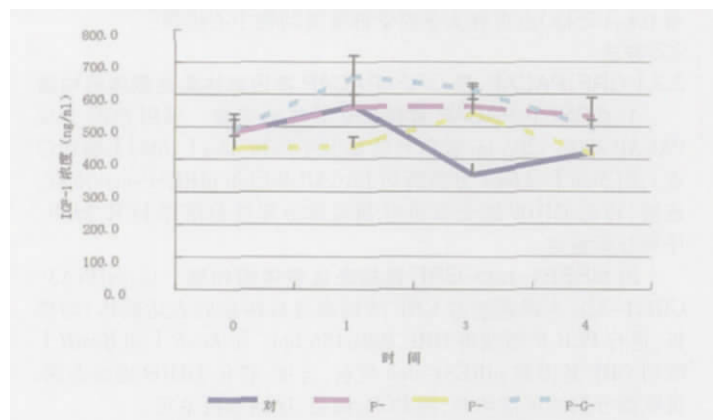


图5 不同时间獭兔血清IGF-1浓度(ng/mL)

Fig. 5 Concentration of serum IGF-1 in different times

4 讨论

4.1 真核表达载体的构建

本实验采用pIRES1-neo作为真核表达载体,它全长5.3 kb,具有以下特点:不含有病毒致病基因,比较安全;含有CMV启动子、增强子,其强度较高,能使外源基因高效表达;含有脑心肌病毒的内部核糖体进入位点(IRES),它可以允许1条mRNA同时有2个开放阅读框进行翻译;含有Amp^r和Neor^r2个筛选标志;转录宿主范围较广,能在多种类型的细胞内表达外源基因;该载体是目前被广泛采用的质粒型表达载体之一,已成功地在不同类型细胞中表达了多种外源基因。

本实验将GRF基因克隆至载体的多克隆位点(EcoR和BamH^I);用Xba^I和Sma^I酶切PACAP基因和pIRES1-neo质粒,置换载体中的neo基因,PACAP基因克隆至neo基因位置。通过PCR、酶切和测序,2个基因序列完全正确。结果表明,已经构建了GRF-PACAP基因的真核表达载体。

4.2 表达产物的生物学活性

尽管已经从RNA和蛋白质水平上检测到了GRF和PACAP在CHO的表达,但表达产物是否具有生物学活性是令人关注的问题。本实验根据GRF、PACAP能够刺激GH的释放,GH又能刺激类胰岛素样生长因子-1(IGF-1)分泌,因IGF-1在体内以结合蛋白的形式存在,比GH相对稳定^[4-6],所以测定它的变化,间接地反映出IGF-1与GRF和PACAP的量效关系。采用RIA法,使用hIGF-1试剂盒测定大鼠血清IGF-1浓度。经测定,注射前各组血清IGF-1的浓度差异不显著($P > 0.05$),P-G-P组IGF-1的浓度最低,注射转染质粒的CHO细胞上清液后2 h、4 h,各组间血清IGF-1的浓度差异仍不显著($P > 0.05$),但IGF-1的浓度都

有上升趋势, 其中 P-G-P 组 IGF-1 的浓度最高, 升高的幅度最大; 注射 8 h 后, 质粒各组均高于生理盐水组, 且 P-G-P 组 IGF-1 的浓度升高的幅度与其他各组比较差异显著 ($P < 0.05$)。从上述结果看出, 注射 8 h 后, 实验组 IGF-1 浓度有较大变化, 且 GRF 和 PACAP 都有促进 IGF-1 释放的作用, 双基因的促 IGF-1 分泌效果要比单基因作用更强, 说明 GRF 和 PACAP 具有协同作用。

4.3 微球介导的重组质粒对动物生长影响

利用微球制备技术, 将重组质粒制成微球, 分别对小鼠、獭兔进行肌肉注射。有关利用微球介导 GRF-PACPA 双基因对动物促生长的影响研究, 国内外未见报道。只有任晓慧等^[7]2004 年报道用微球包裹 GRF 质粒 DNA 在小鼠肌肉组织中获得表达。

给小鼠肌注等剂量质粒微球后, 从累积增重看: 注射后 5 d, 累积增重各组之间无显著性差异; 注射 10 d 后, 各实验组与盐水组比较差异显著, 其中 P-G-P 微球组累积增重最高, 但实验组间无显著差异; 注射 15 d、20 d 后, 各实验组与盐水组比较仍差异显著, 其中注射 20 d 后, P-G-P 微球组累积增重最高, 分别比生理盐水组、P-G 微球组、P-P 微球组、裸质粒组高出 64.71% ($P < 0.01$)、28.78% ($P < 0.01$)、32.72% ($P < 0.01$)、20.78% ($P < 0.05$)。

獭兔注射同等剂量的 3 种质粒微球, 从累积增重结果显示, 实验各组与生理盐水组比较差异极显著, 说明微球各组都具有促生长作用, 双基因组增重效果最明显, 45 d 累积增重比生理盐水组平均多 433 g/只, 比 P-G 微球组多 134 g/只, 比 P-P 微球组多 64 g/只。獭兔的增重实验结果与小鼠的实验结果基本一致, 说明 GRF 和 PACAP 在提高动物生长方面的协同作用和潜在优势。

4.4 基因药物

基因药物 (gene medicines) 也称为 DNA 药物或核酸制剂。它是将具有治疗意义或某些具有重要生理功能的基因克隆至真核表达载体中, 直接转移动物或人的活体细胞, 表达出具有治疗作用或重要生理功能的多肽和蛋白质, 从而达到治疗疾病或调节动物生长、泌乳等性能的一种新方法。该方法不同于一般的基因治疗, 接受基因转染的细胞不仅要表达出相应的多肽或蛋白质, 还必须将表达的产物分泌出细胞外, 进入循环系统, 才能发挥其作用。张永亮^[8]等将这种基因作用方式称其为“基因腺体”(gene endocrine gland)。基因药物与传统的基因工程药物不同, 它不需要在体外通过发酵等方法来表达、提取、纯化、复性目的蛋白质, 而是将这一系列过程, 通过基因转染方式, 将目的基因植入活体细

胞内, 让体细胞自己去合成具有生物学功能的目的蛋白质, 通过自行分泌进入血液循环, 在相应的部位发挥其功能。其特点是一次基因转染可以长期有效, 无需多次用药, 具有高效、长效、简单、经济、实用等优势。因此, 根据以上原理, 应选择与其生产性能有直接关系的激素基因, 如 GH、GRF、LRH、PRL、PACAP 等, 使这些基因在体内表达, 形成除动物本身腺体外的又一提供特定激素的来源, 以达到对动物的生长、繁殖等与生产性能有关的调控作用。

5 结论

本研究首次构建了 GRF 和 PACAP 双基因真核表达载体。通过小鼠和獭兔增重试验以及对血中 IGF-1 浓度的影响, 首次证明微球介导的 PACAP 和 GRF 双基因共表达对动物促生长具有协同作用。因此, 通过基因转染技术, 实现 GRF 和 PACAP 双基因共表达, 为提高动物生产性能和生长速度开辟了新的途径, 对促进畜牧业的发展具有重要的意义。

参考文献 (References)

- [1] ESCH W J B P F, BRAZEAU P, et al. Growth hormone neuroregulation and the clinical relevance of somatostatin [J]. Clin Endocrinol Metab, 1983(12): 695.
- [2] COMEZ- PAN A, RODRIGUEZ- AMAO, et al. Isolation and characterization of the bovine hypothalamic growth hormone releasing factor[J]. Clin Endocrinol Metab, 1983(12): 469.
- [3] J. 萨姆布鲁克, 等. 分子克隆实验指南 (第三版, 下册) [M]. 北京: 科学出版社; 2002.
- [4] RIVIER S J J, THORNER M, VALE W, et al. Sequence analysis of a growth hormone releasing factor from a human pancreatic islet tumor[J]. Biochemistry, 1982, 21: 6037.
- [5] 唐胜球, 邹晓庭, 董小英, 等. 畜禽生长激素释放因子 (GRF) 的研究进展[J]. 中国兽医学报, 2004, 24(3): 310-312.
- [6] 张永亮, 连继勤, 刘松财, 等. 家兔肌肉组织表达外源性生长激素释放因子对增重的影响[J]. 中国兽医学报, 2003, 23(1): 56-58.
- [7] 任晓慧, 张永亮, 刘松财, 等. 微球包裹 pcDNA3- GRF(1-32) 在小鼠肌肉组织的表达及对生长的影响[J]. 生物工程学报, 2004, 20(4): 615-618.
- [8] 张永亮. 生长激素释放因子基因转染系统的建立[D]. 长春: 解放军军需大学, 1999.

(责任编辑 王 芷)

· 科技新闻 ·

第 36 届世界空间科学大会在京召开

7 月 16 日至 22 日, 第 36 届世界空间科学大会在北京召开。来自 50 多个国家和地区的近 2 000 名科学家、空间机构领导人云集友谊宾馆和北京理工大学, 共同探讨了空间科学技术的最新进展、空间探索的国际合作等问题。

会议期间, 最多的一天有 27 个分会场同时展开。科学家们讨论和交流的内容涵盖了空间天体物理研究、空间生命科学、空间材料科学, 以及利用卫星对地观测的气象和气候进行空间研究, 日月系统、行星和太阳系中的小天体的空间研究等空间科学的方方面面。关于卡西尼-惠更斯、雨燕、星尘, 以及中国载人航天、探月等任务的交叉科学报告吸引了大量听众。

应国际空间研究委员会 (COSPAR) 之邀, 12 个国家和地区的空间机构负责人还在会议期间举行了圆桌会谈。圆桌会谈的主题

是“深空探测领域里的国际合作问题”。包括美国宇航局 (NASA)、欧洲空间局 (ESA)、俄罗斯空间局 (ROSCOSMOS)、日本航空与航天机构 (JAXA)、印度航天局 (ISRO)、中国国家航天局 (CNSA) 在内的各空间机构的负责人, 对太阳系深空探测活动的相互协调与联合、国际协调机制的建立与运行等问题进行了深入的探讨。

世界空间科学大会是国际空间研究委员会主办的、国际上在空间科学领域最有影响的综合性国际学术会议, 此为首次在中国召开。历届 COSPAR 大会的主题都是“探讨空间科学与技术各领域的最新发展, 交流空间科学与技术最新成果, 为空间科学与国际间合作提供帮助。”

(本刊记者 黄永明)