

瘤胃甲烷菌及甲烷生成的调控

郭嫣秋 胡伟莲 刘建新*

(浙江大学奶业科学研究所 杭州 310029)

摘 要: 甲烷菌属于古细菌,参与有机物的厌氧降解,生成甲烷。反刍动物瘤胃内甲烷的生成损耗 2% ~ 12% 的饲料能量,并且通过暖气排入大气。甲烷不仅是温室气体之一,而且还会破坏大气臭氧层。每年全球反刍动物排放大量的甲烷,减少瘤胃内甲烷的生成对提高饲料能量利用率和改善环境具有重要意义。近年来,有关瘤胃甲烷菌及甲烷生成调控的报道日益增多。概述甲烷菌的特性以及瘤胃内甲烷生成的途径,综述甲烷生成的调控手段,主要包括去原虫、日粮配合、添加电子受体、增加乙酸生成菌等方法。

关键词: 甲烷菌,瘤胃,调控

中图分类号:Q93 文献标识码:A 文章编号:0001-6209(2005)01-0145-04

甲烷菌严格厌氧,属于古细菌的水生古细菌门(Euryarchaeota)。甲烷菌参与有机物厌氧降解的最后一步,主要存在于厌氧环境,如反刍动物的瘤胃、人类的消化系统、稻田、湖泊或海底沉积物、热油层和盐池,以及污泥消化和沼气反应器等人为环境中^[1]。反刍动物瘤胃内生成的甲烷通过暖气排入大气,甲烷是与全球气候变化密切相关的温室气体,对全球气候变暖的影响作用占到所有影响气候变暖因素作用的 15% ~ 20%,其增温潜势是二氧化碳的 62 倍。全球反刍动物年产生甲烷约 7.7×10^7 吨,占散发到大气中的甲烷总量的 15%,而且每年还以 1% 的速度递增^[2]。减少家畜体内甲烷的生成不仅可以提高动物的生产性能,而且对控制温室效应有一定作用。因此,瘤胃甲烷菌以及瘤胃内甲烷生成的调控受到了人们极大的关注,与此相关的研究日益深入和细致。本文主要介绍甲烷菌的特性,以及反刍动物瘤胃内甲烷的生成途径,重点介绍了瘤胃内甲烷生成的调控方法。

1 甲烷菌

1.1 甲烷菌的分类

从系统发育看,甲烷菌分成 5 个目,分别为甲烷杆菌目(Methanobacteriales)、甲烷球菌目(Methanococcales)、甲烷八叠球菌目(Methanosarcinales)、甲烷微菌目(Methanomicrobiales)和甲烷超高温菌目(Methanopyrales)^[3]。1957 年,Opperman 首次从瘤胃中分离到甲酸甲烷杆菌(*M. formicium*)。到目前为止瘤胃内发现的甲烷菌主要集中在前 4 目。

1.2 细胞壁的化学特性

细胞壁的特性在通透、渗透或破坏细胞质与环境之间的屏障等试验研究方面具有重要意义。甲烷菌的细胞壁不含有胞壁质(肽葡聚糖),而是含有假胞壁质或蛋白质亚基。青霉素、环丝氨酸和缬氨霉素等抗生素可以抑制细菌细胞壁的合成,但对甲烷菌的细胞壁不敏感。利用甲烷菌的这一特点,可以从细菌中分离得到纯甲烷菌菌株。

不同种类的甲烷菌细胞壁差异很大。甲烷嗜热菌属

(*Methanothermus*)具有假胞壁质小囊和由糖蛋白组成的外表面层(S-层)。甲烷八叠球菌属的一些菌种含有厚而刚性的假软骨素,由 N-乙酰半乳糖胺和 D-葡萄糖醛酸(D-半乳糖醛酸)聚合形成网状结构。甲烷毛发菌属和甲烷螺菌属的细胞壁具有稳定的纤维状片层,由蛋白质和糖蛋白构成。

1.3 营养和生化特性

一些甲烷菌是自养型微生物,但乙酸、特定的氨基酸可以刺激某些甲烷菌的生长。许多甲烷菌的培养基中需要添加酵母提取物或酪蛋白消化液、维生素等成分,瘤胃甲烷菌的培养基需要添加支链脂肪酸。所有的甲烷菌都以 NH_4^+ 为氮源。甲烷菌培养还需要添加微量金属元素,如镍(某些酶或辅酶的辅基)、铁、钴等。据报道,当硫元素存在时,甲烷菌可在生成甲烷的同时生成大量的 H_2S 。

甲烷菌含有与甲烷生成密切相关的辅酶,包括甲烷呋喃、四氢甲烷蝶呤、脱氮黄素 F_{420} 、辅酶 M、HS-辅酶 B 和吩噻^[3]。甲烷菌中还发现苯醌、 α -生育酚醌、 α -生育酚醌醇、NADPH、NADH、铁硫蛋白和铁氧化还原蛋白。迄今为止,只有氢化酶、甲酸脱氢酶、辅酶 F_{420} -NADPH 氧化还原酶、NADPH 心肌黄酶和苹果酸脱氢酶得到分离纯化。甲烷八叠球菌科(Methanosarcinaceae)的甲烷菌和小甲烷粒菌(*Methanocorpusculum parvum*)含有细胞色素 b_c。甲烷菌中含有独特的维生素,但含量比细菌少。

产甲烷古细菌含有低电位电子载体—— F_{420} 因子,它使得细胞在波长为 420nm 的紫外灯下发出蓝绿荧光。因此,甲烷菌的细胞或菌落容易在紫外荧光显微镜下鉴别。

1.4 瘤胃中的甲烷菌

饲喂高精料日粮的羊和牛的瘤胃液中分别含有甲烷菌 $10^7 \sim 10^8$ 和 $10^8 \sim 10^9/\text{g}$ ^[4],放牧的羊和奶牛的瘤胃液中含有甲烷菌 $10^9 \sim 10^{10}/\text{g}$ 。一般认为,瘤胃中主要的甲烷菌为瘤胃甲烷短杆菌(*Methanobrevibacter ruminantium*)和巴氏甲烷八叠球菌(*Methanosarcina barkeri*)。但 Richard 等^[5]采用核糖体

基金项目:国际原子能机构 CRP 项目(12665/R0)

*通讯作者。Tel/Fax: 86-571-86971097; E-mail: liujx@zju.edu.cn

作者简介:郭嫣秋(1981-),女,浙江萧山人,博士研究生,从事反刍动物瘤胃微生物生态研究。E-mail: guoyanqiu@sohu.com

收稿日期:2004-07-05,修回日期:2004-09-06

RNA 技术研究认为,瘤胃中甲烷杆菌科数量最多,其次为甲烷微菌科。

甲烷菌附着于瘤胃纤毛原虫表面或者与纤毛虫形成内共生体。甲烷菌与纤毛虫之间存在种间分子氢转移。瘤胃原虫为甲烷菌提供生长物质,甲烷菌借助种间分子氢转移消耗原虫生成的氢,利于原虫生成更多的氧化产物和能量物质,如乙酸。Richard 等^[51]研究了瘤胃内原虫和甲烷菌之间的特异性联系,发现甲烷杆菌科与原虫共生,甲烷微菌目(甲烷微菌科、甲烷粒菌科和甲烷螺菌科)的甲烷菌游离存在于瘤胃液液中。

2 瘤胃内甲烷生成

2.1 瘤胃内的碳水化合物代谢

日粮中的碳水化合物,淀粉、可溶性糖类、纤维素、半纤维素、果胶等可以在瘤胃中降解。这些物质经瘤胃微生物作用生成低级脂肪酸、气体(甲烷和二氧化碳),以及热。碳水化合物在瘤胃中代谢可分为两步^[6]。第一步,复杂的碳水化合物被微生物分泌的酶水解为短链的低聚糖,部分糖继续水解为单糖。第二步,二糖和单糖被瘤胃微生物摄取,在细胞内酶的作用下转化为丙酮酸,丙酮酸按不同的代谢途径生成各种挥发性脂肪酸--乙酸、丙酸和丁酸。丙酮酸转变为乙酸的脱羧过程产生二氧化碳。在单糖转化为丙酮酸的过程中释放出的质子(H^+)和电子被 NAD 捕获,生成 NADH。NADH 携带质子和电子参与甲烷菌内的还原反应,生成甲烷。此外,甲酸在甲酸脱氢酶的作用下形成少量的氢和二氧化碳,供甲烷菌利用。

挥发性脂肪酸被瘤胃壁吸收入血液转运至各组织器官,作为机体的能量来源。甲烷和二氧化碳通过暖气排入大气,造成能量的纯损失。

2.2 甲烷生物合成途径

瘤胃中 82% 的甲烷由 H_2 和 CO_2 的还原反应生成。 CO_2 在一系列酶的作用下传递 C_1 基团相继生成中间体甲酰甲烷、甲川四氢甲烷蝶呤、甲叉四氢甲烷蝶呤、甲基四氢甲烷蝶呤、甲基辅酶 M,最后释放甲烷^[7]。辅酶 F_{420} 是甲烷菌细胞质中的电子载体,辅酶 H (HS-HTP) 和 F_{430} 因子参与甲烷生成的最后一步反应,辅酶 B 是甲基辅酶 M 还原生成甲烷和 HTP-S-S-CoM 的电子供体, F_{430} 因子是甲基辅酶 M 还原酶(MCR)特有的辅基。

甲烷形成的过程伴随着细胞膜内外化学梯度的形成,这种梯度的形成过程类似于以氧为末端电子受体的氧化磷酸化和电子传递链的偶联^[8]。在化学梯度形成过程中, Na^+ 离子梯度的形成是由钠离子泵-Methyl- H_4 MPT:HS-CoM 甲基转移酶实现的, H^+ 梯度的形成是由位于细胞膜上的氢化酶实现的,氢化酶催化与 HTP-S-S-CoM 还原偶联的氢的氧化。形成的 Na^+ 和 H^+ 梯度最终驱动位于细胞膜上的 ATP 合成酶产生 ATP。

3 瘤胃甲烷生成的调控

3.1 直接抑制

甲烷卤化物及类似化合物可以直接抑制甲烷的生成。氯仿可以减少甲烷的生成,但不适合实际使用。水合氯醛在瘤胃中转化成氯仿,在体内可降低甲烷的生成,但是水合氯醛损坏肝脏,长期饲喂会引起动物中毒,甚至死亡。三氯乙酰、三氯乙基己二酸和溴氯甲烷抑制甲烷生成的效果很短

暂。May 等^[9]报道,添加溴氯甲烷和 α -环式糊精的复合物可以长时间抑制牛羊的甲烷生成。

2-溴乙烷磺酸钠(BES)是一种有效的 CH_4 抑制剂,它是辅酶 H 甲烷生成时与甲基转移有关的溴化物。BES 是甲烷菌特异的抑制剂,它不会抑制其它细菌的生长。体内试验发现其抑制效果短暂,可能甲烷菌对 BES 产生耐性。

体外研究发现 9,10-蒽醌能抑制甲烷生成,而且在羔羊体内其抑制作用超过 19d。9,10-蒽醌使甲烷菌的电子转移解偶联,抑制甲酰辅酶 M 还原生成甲烷。

3.2 离子载体

种间分子氢转移的研究表明甲烷生成与丙酸产量存在负相关关系,抑制甲烷的生成可以提高丙酸产量。体外研究表明,莫能菌素类离子型抗生素可以抑制甲烷的生成。这一现象不是由于离子载体对甲烷菌的直接作用造成的,而是因为瘤胃内革兰氏阳性菌转变成革兰氏阴性菌,乙酸型发酵转变成丙酸型发酵引起的。Van 等^[10]总结 6 次试验结果发现,莫能菌素降低动物体内 25% 的甲烷生成,但是长时间体内试验表明,莫能菌素的抑制效果不持久。然而,补饲莫能菌素的动物,挥发性脂肪酸的发酵模式发生改变,这种变化可在长期试验中保持一致。

3.3 增加乙酸生成菌

甲烷生成是瘤胃内最后的电子接受过程,消耗氢气。因此,减少甲烷生成需要建立新的电子消耗途径。 CO_2 还原生成乙酸有两个优点(1)可利用的电子受体多(2)生成的乙酸作为机体的能量来源。但是在瘤胃中生成乙酸比较困难,最主要的原因是乙酸生成菌与 H_2 的亲合性比甲烷菌低。通常瘤胃中 H_2 浓度较低(约 $1\mu mol/L$),甲烷菌与乙酸生成菌在瘤胃中共存时,前者处于竞争优势地位。

据报道,在高 H_2 浓度条件下(80% ,V/V),甲烷菌的化学抑制剂与酵母一起添加可以促进培养物中乙酸生成^[11]。Lopez 等^[12]体外试验发现瘤胃液中添加乙酸生成菌时,甲烷产量降低。目前,人们发现某些白蚁和一部分人的结肠中主要的还原反应是乙酸生成反应。虽然甲烷菌仍少量存在于这些环境中,但是乙酸生成菌可以与其有效竞争,甚至占主导地位,这一现象目前还无法解释,值得深入研究。人们已从瘤胃中分离到乙酸生成菌,但是数量有限。解决此问题的关键是发现或设计一种高 H_2 亲和性的特异乙酸生成菌,可以在瘤胃的自然条件下($<0.1\%$,V/V)与甲烷菌有效竞争,或与甲烷菌抑制剂一起使用。

3.4 添加电子受体

增加其他微生物利用氢气和甲酸可能可以降低甲烷的生成。瘤胃中存在数种细菌可以利用氢气或甲酸,通过添加这些细菌可利用的电子受体可以降低甲烷生成。产琥珀酸丝状杆菌(*Fibrobacter succinogenes*)、反刍月形单胞菌反刍亚种(*Selenomonas ruminantium* ssp. *Ruminantium*)、产乳酸月形单胞菌(*Selenomonas ruminantium* ssp. *Lactilytica*)、小韦荣菌(*Veillonella parvula*)和产琥珀酸沃林氏菌(*Wollinella succinogenes*)可以与甲烷菌竞争利用氢气,它们利用富马酸作为电子受体氧化氢气。Asanuma 等^[13]体外研究发现,补饲富马酸可以降低甲烷的生成,增加瘤胃内丙酸的产量。*Fibrobacter succinogenes*, *V. parvula* 和 *W. succinogenes* 可以利用另一种生成甲烷的底物——甲酸,作为还原富马酸的电子供体。这些细菌对甲酸的亲和力高于甲烷菌。当甲烷菌与富马酸利用菌等量培养时,甲酸和氢气生成甲烷的量降低。在

饲料中添加富马酸和苹果酸可能可以促进富马酸利用菌的生长,提高其在瘤胃中的数量。

3.5 去原虫

据估计,与原虫共生的甲烷菌生成的甲烷量占甲烷生成总量的 9%~25%。因此,去原虫可以降低甲烷生成量。人们研究各种去原虫的技术,但是至今没有一种应用于实际生产,因为这些技术常常对瘤胃内其余微生物或动物本身有害。近来,人们研究发现许多植物的次生代谢物具有抑杀原虫的作用。皂甙类物质可以与真核细胞膜上的胆固醇发生作用,改变细胞膜的通透性。补饲皂甙类物质或皂甙提取物,瘤胃原虫数量减少^[14]。我们通过体外试验发现,茶皂素对原虫具有抑制作用,其中添加 0.4mg/mL 茶皂素处理组的原虫数比对照组减少 16.39%,甲烷产量下降 15.79%,微生物蛋白比对照组增加 12.12%(待发表)。可见,去原虫对细菌的吞噬减少,有利于瘤胃内微生物蛋白的合成。皂甙类物质不仅影响原虫,对瘤胃内其它细菌也会产生影响。Wang 等^[15]进行体外试验发现,皂甙以不同的方式影响各种细菌,其中纤维素降解菌最敏感。Hess 等^[14]研究表明皂甙可能直接作用于甲烷菌,从而减少甲烷生成。资料表明,去原虫抑制甲烷生成的效果在饲喂高精日粮的动物体内比饲喂粗饲料日粮的动物体内更明显。目前,我们正着手研究不同日粮条件下茶皂素对甲烷生成的影响。

3.6 甲烷营养菌

瘤胃内甲烷的积聚是由甲烷生成和甲烷氧化之差形成的。Kajikawa 等^[16]研究发现,氧气、溴乙烷磺酸盐和钼酸盐可以抑制甲烷氧化。瘤胃内的甲烷氧化反应严格厌氧,并且与硫酸盐的还原反应偶联。人们已从瘤胃中分离到甲烷营养菌,但其在瘤胃内的重要性有待进一步研究。

3.7 日粮配合

不同的日粮类型影响反刍动物甲烷的生成,当动物自由采食高精日粮时,以甲烷损失的能量占饲料总能的 2%~3%,而动物采食草料(维持水平)时其能量损失为 6%~7%^[17]。这可能由于高精日粮或日粮中添加的可溶性碳水化合物使瘤胃的发酵模式发生变化,瘤胃流通速度加快,pH 值降低,不利于甲烷菌的生长。

日粮中添加脂肪和脂肪酸可以抑制甲烷的产生,同时也可以改变瘤胃中 VFAs 的比例,改善泌乳效率和生产性能。中链脂肪酸(MCFA)可以抑制甲烷菌以及甲烷的生成,其中 12:0,14:0 的中链脂肪酸效果更佳。日粮中添加椰子油(十二烷酸)和豆蔻酸(14:0)可以降低甲烷的释放,抑制程度达到 88%。Machmüller 等^[19]进行体内研究发现 MCFA 对甲烷生成的抑制效果与饲喂的日粮有关,日粮纤维含量升高时,椰子油抑制甲烷生成的效果降低。Machmüller 等^[19]体内试验发现,14:0 抑制甲烷生成的效果达到 58%,但是当动物饲喂粗饲料时,14:0 的抑制程度下降。

不同的日粮配合对甲烷生成的影响不一,而且它们抑制甲烷生成的作用机理仍未阐明。研究不同日粮对瘤胃内微生物区系的影响,或许可以对此进行解释。

4 展望

综上所述,增加电子受体、去原虫、改变日粮组成等多种途径可以抑制反刍动物甲烷的生成。这些调控手段在实际生产中的应用仍然面临一些问题,需要从以下几方面进行深入研究:研究甲烷的生物合成途径,应用基因重组技术改变

甲烷生成菌的基因表达,降低甲烷的生成;添加电子受体增强乙酸生成菌和富马酸利用菌与 H₂ 的亲合性,使其在瘤胃内与甲烷菌有效竞争;研究动物采食不同日粮形成的瘤胃微生物区系,探明日粮对瘤胃内优势菌群的影响,为建立理想的日粮配合提供依据;深入研究瘤胃原虫与甲烷菌的关系,寻找瘤胃甲烷菌的抑制物,控制甲烷的排放。

参 考 文 献

- [1] Lange M, Ahring B K. A comprehensive study into the molecular methodology and molecular biology of methanogenic Archaea. *FEMS Microbiol Rev*, 2001, **25** (12): 553–571.
- [2] Moss A R, Jouany J, Newbold J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann Zootech*, 2000, **49**: 231–253.
- [3] Garcia J L, Patel K C, Ollivier B. Taxonomic, phylogenetic and ecological diversity of methanogenic Archaea. *Anaerobe*, 2000, **6**: 205–226.
- [4] Morvan B, Bonnemoy F G, Fonty G, et al. Quantitative determination of H₂ – utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria and methanogenic archaea from digestive tract of different mammals. *Curr Microbiol*, 1996, **32**: 129–133.
- [5] Sharp R, Ziemer J, Stern M, et al. Taxon-specific associations between protozoal and methanogen populations in the rumen and a model rumen system. *FEMS Microbiol Ecol*, 1998, **266** (1): 71–78.
- [6] France J, Siddons R C. Volatile fatty acid production. In: Forbes J M, et al. ed. *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. Cambridge: University Press, 1993, 107–121.
- [7] DiMarco A A, Bobik T A, Wolfe R S. Unusual coenzymes of methanogenesis. *Annu Rev Biochem*, 1990, **59**: 355–394.
- [8] 单丽伟,冯贵颖,范三红.产甲烷菌研究进展.微生物学杂志, 2003, **23** (6): 42–46.
- [9] May C, Payne A L, Stewart P L, et al. A delivery system for agents, International Patent Application, PCT/AU95/00733, 1995.
- [10] Van Nevel C J, Demeyer D I. Feed additives and other interventions for decreasing methane emissions. In: Wallace R J, et al. ed. *Biotechnology in Animal Feeds & Animal Feeding*. Weinheim: Wiley-VCH, 1995, 329–349.
- [11] Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, et al. *In vitro* H₂ utilization by a ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an archaea methanogen is stimulated by a probiotic strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Environ Microbiol*, 1995, **61** (9): 3466–3467.
- [12] Lopez S, McIntosh F M, Wallace R J. Effect of adding acetogenic bacteria on methane production by mixed rumen microorganisms. *Anim Feed Sci Technol*, 1999, **78**: 1–9.
- [13] Asanuma N, Iwamoto M, Hino T. Effect of the addition of fumarate on methane production by ruminal microorganisms *in vitro*. *J Dai Sci*, 1999, **82** (4): 780–787.
- [14] Hess H D, Monsalve L M, Lascano C E, et al. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on *in vitro* ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Aust J Agric Res*, 2003, **54** (7): 703–713.
- [15] Wang Y, McAllister T A, Yanke L J, et al. *In vitro* effects of steroidal saponins from *Yucca schidigera* extract on rumen microbial protein synthesis and ruminal fermentation. *J Sci Food Agric*, 2000, **80**: 2114–2122.
- [16] Kajikawa H, Valdes C, Hillman K, et al. Methane oxidation and its coupled electron-sink reactions in ruminal fluid. *Lett Appl Microbiol*, 2003, **36**: 354–357.
- [17] Johnson K A, Johnson D E. Methane emissions from cattle. *J Anim Sci*, 1995, **73**: 2483–2492.
- [18] Machmüller A, Dohme F, Soliva C R, et al. Diet composition affects the level of ruminal methane suppression by medium-chain fatty acids. *Aust J Agric Res*, 2001, **52**: 713–722.
- [19] Machmüller A, Soliva C R, Kreuzer M. Methane-suppressing effect of myristic acid in sheep as affected by dietary calcium and forage proportion. *Br J Nutr*, 2003, **90**: 529–540.

Methanogens and manipulation of methane production in the rumen

GUO Yan-qiu HU Wei-lian LIU Jian-xin*

(Institute of Dairy Science and Industry, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Methanogens belong to the kingdom of *Euryarchaeota* in the domain of *Archaea*. They are characterized by their ability to produce methane under anaerobic conditions. Methane production in the rumen represents a loss of energy for the host animal, and, in addition, methane eructated by ruminants may contribute to a greenhouse effect or global warming. Reduction or elimination of methanogenesis in the rumen has been touted as a way of improving animal production and may marginally benefit to control of anthropogenic release of methane. More and more scientists focus on ruminal methanogens and methanogenesis recently. Authors summarized the manipulation of methanogenesis in the rumen, including defaunation, feed formulation, adding electron acceptors and stimulation of acetogens. The characteristics of methanogenic *Archaea* and the recent knowledge of the methanogenesis in the rumen were also reviewed in this article.

Key words: Methanogens, Rumen, Manipulation

Foundation item: Co-ordinated Research Projects of International Atomic Energy Agency(12665/R0)

* Corresponding author. Tel/Fax: 86-571-86971097; E-mail: liujx@zju.edu.cn

Received date: 07-05-2004

科学出版社生命科学编辑部新书推介

精编分子生物学实验指南(第四版)(译)

Frederick Ausubel 等著;冯学军、舒跃龙、颜子颖、王海林等译

2005年1月出版, ISBN 7-03-014725-1/Q.1532, 定价: 130元

被誉为分子生物学“红宝书”的《精编分子生物学实验指南》(Short Protocols in Molecular Biology)是知名度很高、不断更新的《最新分子生物学实验方法汇编》(Current Protocols in Molecular Biology)系列的精简版本,其囊括了《汇编》中所有基本方法及其详细实验步骤,是一本实验室必备的工具书。在上一版推出5年后,新版即将面世。新版对原有内容进行了修订和更新,包括:大肠杆菌、质粒和噬菌体, DNA制备与分析, DNA和RNA的酶促操作, RNA的制备与纯化, 重组DNA文库, 重组DNA文库的筛选, DNA测序, 重组DNA诱变, DNA转染哺乳动物细胞方法的介绍, 蛋白质分析, 免疫学, DNA-蛋白质相互作用, 酿酒酵母, 原位杂交与免疫组织化学, 聚合酶链式反应, 蛋白质表达, 蛋白质磷酸化分析等;又新增了生物信息学、蛋白质相互作用、统计分析等新内容。



重要农林外来入侵物种的生物学与控制

万方浩 郑小波 郭建英 主编

ISBN 7-03-014409-0/Q.1492; 16开 818面 精装, 定价: 150元

本书系统介绍了我国重要农林外来入侵物种的生物学特性与控制方法。全书分为总论、各论和农林外来入侵物种名录三大部分。总论部分介绍生物入侵的有关概念和国内外生物入侵的发生、预防与控制研究现状以及入侵机制的研究发展趋势。各论部分详细介绍我国目前35种最重要的农林外来入侵物种的分布与起源、生物学特性、识别特征与早期诊断、传入途径与入侵成因、危害现状与生态经济影响评估、风险分析与监测、预防控制措施。农林外来入侵物种名录附有279种农林外来入侵物种名录及其信息分析。



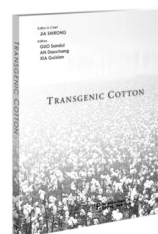
本书适用于相关领域的科研人员、大专院校师生、从事动植物检疫和农林研究的科研人员、行政官员及管理人员参考。

转基因棉花(英文版)

贾士荣 编著

2005年1月出版; ISBN 7-03-014470-8/Q.1500; 定价: 120元

本书是“863”生物高技术丛书《转基因棉花》的英文版。全书共分14章,以转基因抗虫棉为重点,从理论和实践两方面详尽阐述了Bt杀虫晶体蛋白及其基因、蛋白酶抑制剂基因及其他抗虫基因的结构、功能及其抗虫机理、植物表达载体的构建、棉花遗传转化、抗虫棉的抗性及其分子生物学检测、抗虫棉品种的培育及遗传、抗虫棉抗虫性治理对策、安全性评估、国产抗虫棉的品种特性、栽培特点及综合防治技术、抗虫杂种棉的培育、双价转基因抗虫棉的研制等。同时,还增加了近几年的最新研究进展。



本书可供从事农学、分子生物学、遗传学、生物工程等专业研究和教学的科技人员、教师和学生参考,也可供从事农业技术推广和管理的工作人员参考。

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书(免邮费)

邮购地址: 100717 北京东黄城根北街16号科学出版社 科学分社, 联系人: 阮芯 联系电话: 010-6403462X(带传真)

更多精彩内容请登陆网址 <http://www.lifescience.com.cn>, 欢迎致电索书目: 010-64017501

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 <http://journals.im.ac.cn>