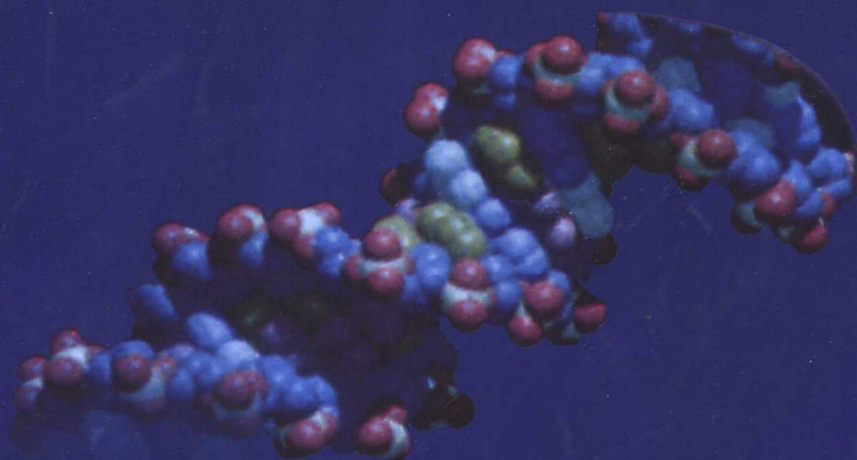




印莉萍
刘祥林
主编

f z x b s w x s y j s

分子细胞生物学实验技术



首都师范大学出版社

分子细胞生物学实验技术

主 编 印莉萍 刘祥林
副主编 祁晓廷 洪剑明 刘维仲

首都师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分子细胞生物学实验技术/印莉萍, 刘祥林主编. —北京: 首都师范大学出版社, 2000

ISBN 7-81064-184-0

I. 分… II. ①印…②刘… III. 分子生物学: 细胞学-实验-教材
IV. Q7-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 37385 号

FENZI XIBAO SHENGWUXUE SHIYAN JISHU

分子细胞生物学实验技术

责任编辑 俞 斌 封面设计 郑 法

责任印制 胡晓旭 责任校对 王京丽

首都师范大学出版社出版发行

北京西三环北路 105 号

邮政编码 100037

E-mail cnpup @ mail.cnu.edu.cn

网址 www.cnpup.cnu.edu.cn

电传 68418523 (总编室) 68472512 (发行部)

北京首师大印刷厂印制

全国新华书店发行

书号 7-81064-184-0

版次 2001 年 1 月第 1 版

印次 2001 年 1 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16

印张 21.75

字数 478 千

印数 0,001~1,000 册

定价 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

分子细胞生物学实验技术发展迅猛，新方法层出不穷，并广泛应用于教学科研中，有些已经或正在转化为生产力。展望 21 世纪，它必将为最终解决人类疾病和农业等重大问题发挥主导作用。为了争夺 21 世纪生物技术的制高点，我国的“863”计划、欧洲的“尤里卡计划”、美国的“面向 21 世纪的生物技术计划”以及我国当前正在实施的“国家重点基础科学研究规划项目”简称“973”计划都是在竞相聚集和培养人才，以研究和开发生物技术。在为 21 世纪培养生物技术人才的系统工程中，师范院校和综合性大学同样责无旁贷，本书正是以这样的责任感而努力编辑出版的。

1992 年 6 月我们与医科院基础所联合在首师大生物系举办了“全国分子生物学实验技术研讨班”，并配套编印了相应的实验教学讲义。历经十余轮的研究生必修课、本科生选修课和师资进修班的教学实践，尤其是经过科研应用的检验和两次较大修改，现已能比较系统地介绍当代分子细胞生物学领域中，为培养人才最需要、最常用、也较先进的实验技术和方法。为了能适应今后一段时期高师院校教学科研的需要，本着结合实际略有超前的原则，我们再一次进行补充调整，并编辑成书，作为普通师范院校分子细胞生物学实验教材，也可供农业院校和科研单位相关学科参考使用。

本书具有两个显著特点：(1) 选材的宽广性：将分子和细胞生物学常规的技术和最新发展起来的方法有机地结合起来。参编的 30 余人分布于 14 个不同的单位，他们都是科研教学第一线的教师、博士或研究生，都各具相应的技术专长；(2) 易用性：编写上尽力克服以往一些技术专著晦涩难懂、不适合高校学生参照自学的缺点。编写体例适应高校实验教学：实验原理阐述深入浅出，实验步骤清楚明了，结果分析图文并茂，尤其编写者将宝贵的实践经验教训渗透在字里行间，使再用者少走弯路，是一本实用性很强的分子细胞生物学实验教材，可供不同实验基础条件的师范院校和综合性大学的研究生和本科生使用。通过此教材精心培训的学生，将会在分子生物技术领域中具有较强的竞争能力。

本书的主编：印莉萍、刘祥林；副主编：祁晓廷、洪剑明、刘维仲。

参加编写的人员按姓氏笔画排列：

王东（中科院植物所，博士）、王少华、孔冬冬（中科院植物所，博士）、左文倩、印莉萍、白彦霞、祁晓廷、宋秀芳、曲占良（河北大学）、李雷（北京大学，博士）、李艳红、李丹、刘祥林、刘松梅（北京林业大学）、刘维仲（山西师范大学）、刘家熙、吴群英、吴晓强（A&T University, USA）、陈晓红（协和医科大学，博士）、汪洪捷、周海燕、张滨、张承谦、

张勇（清华大学博士）、姚剑虹（复旦大学遗传所）、杨静（首都医科大学）、颜芳（中科院植物所）、洪剑明、柴晓清、晏月明、黄勤妮、温波（中国医学科学院实验动物研究所）、蔡民华。

本书的编写人员虽然各具相应的技术专长，都是教学科研第一线的教师、博士和研究生，但编写过程中的差错和疏漏恐怕慎防不及，敬请同行朋友批评指正，以便进一步完善这本教材。

印莉萍 刘祥林

1999 年 11 月

目 录

1 DNA 的制备和分析	(1)
1.1 细菌质粒的制备	(2)
1.1.1 碱裂解法	(2)
1.1.2 煮沸法	(4)
1.1.3 小量一步提取法	(4)
1.1.4 DNA 制备试剂盒	(5)
1.2 酵母 DNA 的制备	(6)
1.2.1 酵母细胞质粒 DNA 的分离	(8)
1.2.2 酵母染色体 DNA 的提取	(8)
1.2.3 醋酸锂法转化酵母细胞	(9)
1.2.4 电击转化酵母细胞	(10)
1.3 植物 DNA 的制备	(13)
1.3.1 植物细胞核基因组 DNA 的提取与纯化	(13)
1.3.2 植物线粒体基因组 DNA 的提取	(18)
1.3.3 植物叶绿体基因组 DNA 的提取	(21)
1.4 cDNA 文库 λ 重组 DNA 的提取	(25)
1.4.1 大量制备 λ DNA	(25)
1.4.2 小量制备 λ DNA	(26)
1.5 质粒 DNA 电镜制样技术	(27)
1.6 植物根尖细胞核染色质展层技术	(31)
1.7 DNA、RNA 的定量测定及分析	(33)
1.7.1 紫外吸收法测定核酸含量	(33)
1.7.2 二苯胺显色法测定 DNA 含量	(34)
1.7.3 地衣酚显色法测定 RNA 含量	(35)
1.7.4 定磷法测定核酸含量	(36)
2 DNA 克隆	(38)
2.1 DNA 的酶切	(41)
2.2 DNA 片段的纯化回收	(43)
2.2.1 低熔点胶法	(44)
2.2.2 玻璃奶 (Glassmilk) 法	(44)
2.2.3 DNA 回收试剂盒法	(44)

2.2.4	冻融法	(45)
2.3	DNA 的重组、转化和蓝白筛选	(45)
2.4	Southern 印迹杂交	(48)
2.4.1	同位素标记探针的分子杂交	(49)
2.4.2	DIG 标记探针的分子杂交	(51)
2.5	菌落或噬菌斑的原位杂交	(55)
2.6	DNA 序列分析	(57)
3	RNA 的制备和分析	(62)
3.1	植物组织总 RNA 的制备	(63)
3.1.1	异硫氰酸胍 (GIT) — 氯化铯 (CsCl) 超离心法	(63)
3.1.2	异硫氰酸胍 — 酚法	(64)
3.1.3	热酚法	(65)
3.2	RNA 的定量和完整性分析	(66)
3.2.1	甲醛变性电泳检测 RNA 完整性	(66)
3.2.2	紫外分光光度计测定 RNA 含量和纯度	(67)
3.3	mRNA 的分离和纯化	(69)
3.3.1	Oligo (dT) 纤维素亲和层析法	(69)
3.3.2	磁珠法	(70)
3.4	Northern 印迹杂交	(73)
3.5	液体闪烁计测定法	(80)
3.6	转录起始位点的测定	(82)
3.6.1	核酸酶 S1 保护分析法	(82)
3.6.2	RNA 酶保护分析法	(85)
3.6.3	引物延伸分析法	(86)
3.7	行进转录分析	(88)
4	cDNA 文库的构建	(92)
4.1	λ ZAP ^{Express} cDNA 文库的构建	(93)
4.1.1	cDNA 的合成及修饰	(95)
4.1.2	体外重组 DNA	(97)
4.1.3	λ 重组 DNA 的体外包装	(97)
4.1.4	λ 噬菌体的转染	(98)
4.1.5	体内剪切	(98)
4.2	扣除文库的构建	(101)
4.2.1	RNA 制备	(103)
4.2.2	mRNA 的提取	(103)
4.2.3	mRNA 样品的 DNase I 处理	(104)
4.2.4	Tester 样品 cDNA 第一链的合成	(104)
4.2.5	mRNA 的水解	(105)

4.2.6	DNA/RNA 溶液杂交	(106)
4.2.7	DNA/RNA 铰链	(107)
4.2.8	扣除 cDNA 的克隆	(107)
4.3	利用 LD-PCR 合成 cDNA 及 cDNA 文库的构建	(109)
4.3.1	cDNA 的合成	(112)
4.3.2	cDNA 文库的构建	(115)
4.3.3	转变 λ TriplEx2 成为 TriplEx2 质粒	(117)
5	PCR 相关技术	(119)
5.1	PCR 技术	(120)
5.1.1	基础 PCR	(123)
5.1.2	PCR 产物的 TA 克隆	(126)
5.1.3	原位 PCR	(132)
5.1.4	PCR 法筛选 cDNA 文库	(136)
5.1.5	再生式序列复制反应 (3SR)	(139)
5.1.6	PCR 快速扩增 (RACE) 获得全长 cDNA	(141)
5.2	应用 PCR 技术克隆未知基因	(145)
5.2.1	反转录 (RT) -PCR	(150)
5.2.2	差别显示反转录 (DDRT) -PCR	(155)
5.2.3	RNA 的任意引物 (RAP) -PCR	(163)
5.3	分子标记技术	(164)
5.3.1	DNA 限制性片段长度多态性 (RFLP) 分析	(166)
5.3.2	随机扩增多态性 (RAPD) 分析	(168)
5.3.3	微卫星 DNA 多态性分析	(171)
6	基因表达与调控研究技术	(174)
6.1	植物组织培养再生体系的建立	(174)
6.1.1	离体器官直接再生不定芽的培养	(174)
6.1.2	愈伤组织培养	(175)
6.2	植物遗传转化体系的建立	(176)
6.2.1	农杆菌介导的转化	(177)
6.2.2	基因枪转化技术	(179)
6.2.3	电激转化技术	(184)
6.2.4	转基因植株的鉴定	(185)
6.2.5	外源目标基因在转基因植株中的表达	(185)
6.3	Southwestern 法筛选转录因子 cDNA 的克隆	(186)
6.4	一步杂交法克隆 DNA 结合蛋白的 cDNA	(189)
6.5	异源互补法筛选低丰度的基因	(193)
6.5.1	cDNA 表达文库的构建	(193)
6.5.2	突变型 (auxotroph) 细胞的转化	(193)

6.6	真核细胞的基因在大肠杆菌中的表达	(195)
6.7	体外转录和翻译偶联检测法	(197)
6.8	凝胶阻滞分析	(203)
7	蛋白质的分离与分析	(206)
7.1	蛋白质的电泳技术	(206)
7.1.1	聚丙烯酰胺凝胶—等电聚焦电泳	(206)
7.1.2	蛋白质的双向电泳技术	(208)
7.1.3	高效毛细管电泳	(212)
7.2	植物同工酶电泳分析技术	(217)
7.3	免疫分析技术	(220)
7.3.1	免疫血清的制备	(220)
7.3.2	酶联免疫吸附测定	(224)
7.3.3	双向免疫扩散技术——平板法	(227)
7.4	薄层层析技术分离分析氨基酸	(230)
7.5	Western—印迹杂交	(235)
8	细胞生物学常用技术	(243)
8.1	植物细胞质膜的分离和纯化技术	(243)
8.2	植物细胞器标记酶的测定	(248)
8.3	植物细胞、组织或器官氧化还原活性的测定	(250)
8.4	植物原生质体的培养	(252)
8.5	植物组织中几种酶的组织化学定位鉴定	(255)
8.6	植物激素的提取和鉴定	(259)
8.7	放射免疫分析法测定几种激素	(261)
8.7.1	血清或血浆孕酮放射免疫测定法	(261)
8.7.2	组织中cAMP测定法(蛋白结合法)	(263)
8.7.3	血清雌二醇(Estradiol)的测定	(265)
8.7.4	人绒毛膜促性腺激素(HCG)的放免测定	(266)
8.8	显微摄影技术	(269)
8.8.1	显微摄影装置	(269)
8.8.2	感光片的选择与应用	(270)
8.8.3	滤光镜的作用	(271)
8.8.4	黑白底片的冲洗	(271)
8.8.5	黑白照片放大	(272)
9	计算机技术在分子生物学中的应用	(273)
9.1	国际互联网(Internet)的应用概述	(273)
9.2	序列分析软件	(275)
9.3	引物评价的计算机软件	(278)

9.1	序列数据向数据库的传送	(280)
9.5	常用数据库及其软件	(282)
9.5.1	BLAST 程序家族所适用的范围	(282)
9.5.2	用于 BLAST 程序的数据库	(282)
9.5.3	用于分子生物学的免费分析软件	(283)
9.5.4	分子生物学中常用的数据库	(284)
9.5.5	Internet 上的生物学杂志及其网址	(286)
9.5.6	常用的分子生物学网址	(287)

附录..... (289)

附录 1 有关核酸的常用数据

1.1	常用核酸的长度与分子量	(289)
1.2	常用核酸与蛋白质换算数据	(289)
1.3	DNA 在溶液中的浓度	(290)

附录 2 酶类

2.1	溶菌酶	(291)
2.2	蛋白水解酶	(291)
2.3	无 DNA 酶的 RNA 酶	(291)

附录 3 缓冲液

3.1	常用缓冲液	(292)
3.2	电泳缓冲液	(292)
3.3	常用的凝胶加样缓冲液	(293)
3.4	测序凝胶加样缓冲液	(294)

附录 4 与 DNA 凝胶电泳有关的数据

4.1	琼脂糖凝胶浓度与线形 DNA 的分辨范围	(295)
4.2	聚丙烯酰胺凝胶浓度与线性 DNA 的分辨范围	(295)
4.3	染料在非变性聚丙烯酰胺凝胶中的迁移速度	(295)
4.4	染料在变性聚丙烯酰胺凝胶中的迁移速度	(296)

附录 5 细菌培养基和抗生素

5.1	液体培养基	(296)
5.2	含有琼脂或琼脂糖的培养基	(298)
5.3	保存培养基	(298)
5.4	抗生素	(299)
5.5	用于噬菌体操作的溶液	(299)

附录 6 杂交实验中用于降低背景的封闭剂

6.1	Denhardt 试剂	(300)
6.2	BLOTTO	(301)
6.3	肝素	(301)
6.4	经变性并被打断的鲑精 DNA	(301)

附录 7	分子生物学有毒试剂的净化处理和安全使用	(301)
附录 8	图表目录	(303)
附录 9	人类遗传疾病在染色体上的定位	(307)
附录 10	酵母遗传学命名法	(328)
附录 11	缩略语表	(329)

Contents

1 Extraction and Analysis of DNA

1.1 Extraction of plasmid DNA

1.1.1 Lysis by alkaline

1.1.2 Lysis by boiling

1.1.3 Mini-preparation Single step

1.1.4 Plasmid DNA isolation by commercial Kits

1.2 Extraction of yeast DNA

1.2.1 Extraction of plasmid DNA in yeast cell

1.2.2 Extraction of chromosome DNA in yeast

1.2.3 Lithium chloride based protocol for yeast cell transformation

1.2.4 Electroporation based protocol for yeast cell transformation

1.3 DNA extraction from plant

1.3.1 Extraction of genomic DNA from nucleus of plant

1.3.2 Extraction of mitochondria DNA from plant

1.3.3 Extraction of chloroplastic DNA from plant

1.4 Extraction of recombinant lambda DNA from cDNA library

1.4.1 Macro-preparation of λ DNA

1.4.2 Mini-preparation of λ DNA

1.5 Observation of plasmid DNA in electron microscopy (EM)

1.6 Checking chromatin in root tips of plant cell in EM

1.7 Determination and analysis of the amount of nucleic acids

1.7.1 Determination of the amount of nucleic acids by ultraviolet absorption spectra

1.7.2 Determination of the amount of DNA by diphenylamine

1.7.3 Determination of the amount of RNA by 3, 5-dihydro phenmethyl

1.7.4 Determination of the amount of nucleic acids by phosphatomoalybdic acid

2 DNA Cloning

2.1 Restriction analysis of DNAs

- 2.2 Purification and reback of DNA fragment
 - 2.2.1 Low-melted gel method
 - 2.2.2 Glassmilk method
 - 2.2.3 Commercial kits
 - 2.2.4 Freeze-threw method
- 2.3 Recombination of DNA, transformation and blue/white screening of recombinant
- 2.4 Southern blotting
 - 2.4.1 Southern blotting with ^{32}P -labelled nucleotivdes
 - 2.4.2 Southern blotting with DIG-labelled probe
- 2.5 In situ hybridization of bacteriophage plagues or bacterial colonies
- 2.6 DNA sequencing and analysing

3 Extraction and analysis of RNA

- 3.1 Extraction of total RNA from plant
 - 3.1.1 Extraction of RNA with guanidinium iso thiocyanate (GIT) by centrifugation in cesium chloride solutions
 - 3.1.2 Extraction of RNA with GIC and phenol
 - 3.1.3 Extraction of RNA with hot phenol
- 3.2 Quantity and integrity assay of RNA
 - 3.2.1 Electrophoresis of RNA after denature with formaldehyde
 - 3.2.2 The amountand purity of RNA by ultraviolet absorbance spectrum
- 3.3 Isolation and purification of message RNA from plants
 - 3.3.1 Isolation of poly (A)⁺ RNA with Oligo (dT) cellulose
 - 3.3.2 Purification of mRNA with PolyAtrac, MegneSphere Kit
- 3.4 Northern blotting
- 3.5 Liquid scintillation counting techniques
- 3.6 Determination of transcription promoter sites
 - 3.6.1 Nuclease S1 protection assay
 - 3.6.2 RNase protection assay
 - 3.6.3 Primer extension assay
- 3.7 Run-on transcription assay

4 Construction of cDNA libraries

- 4.1 Construction of cDNA libraries with lamda ZAP^{Express} Kit
 - 4.1.1 Synthesis and modification of cDNA
 - 4.1.2 DNA Recombination in *vitro*
 - 4.1.3 λ phage DNA Packing in *vitro*
 - 4.1.4 λ phage infection of competent bacteria
 - 4.1.5 In *vitro* excising

- 4.2 Construction of subtractive cDNA libraries
 - 4.2.1 Isolation of RNA
 - 4.2.2 Extraction of mRNA
 - 4.2.3 Preparation of DNA—free mRNA by treatment with DNase I
 - 4.2.4 Single—strand cDNA synthesis of tester
 - 4.2.5 Hydrolysis of mRNA
 - 4.2.6 DNA/RNA solution hybridization
 - 4.2.7 DNA/RNA cross—linking
 - 4.2.8 Cloning of subtractive cDNA
- 4.3 Construction of cDNA library with LD—PCR
 - 4.3.1 Synthesis of cDNA
 - 4.3.2 Construction of cDNA library
 - 4.3.3 Transform λ Tripl Ex2 into phagmids Tripl Ex2

5 PCR—Related techniques

- 5.1 Polymerase chain reaction (PCR)
 - 5.1.1 Primary PCR
 - Addition: Design of degenerate and mutagene primer
 - 5.1.2 TA cloning of PCR products
 - 5.1.3 In situ PCR
 - 5.1.4 Rapid clone screening using PCR from cDNA library
 - 5.1.5 Self—sustained sequence replication reaction (3SR)
 - 5.1.6 Amplifying full—length cDNA by RACE
- 5.2 Expected gene cloning techniques by PCR
 - 5.2.1 Reverse transcription (RT) —PCR
 - 5.2.2 Differential display (DD) RT—PCR
 - 5.2.3 RNA arbitrarily primed (RAP) —PCR
- 5.3 Molecular—marker techniques
 - 5.3.1 DNA restriction fragment length polymorphism (RFLP)
 - 5.3.2 Random amplified polymorphism DNAs (RAPD)
 - 5.3.3 Analysis of microsatellite polymorphism using PCR

6 Gene expression and Regulation methodologies

- 6.1 Establishment of regeneration system of plant tissue culture
 - 6.1.1 Direct regeneration of rootlet from aborgans
 - 6.1.2 Callus culture
- 6.2 Establishment of plant genetic transformation systems
 - 6.2.1 *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation of plant gene
 - 6.2.2 Direct DNA transfer into plant tissue via gene gun.
 - 6.2.3 Electrotransformation
 - 6.2.4 Screening and identification of transgenic plants

- 6.2.5 Expression of the foreign target gene in transgenic plants
- 6.3 Screening transcription factor cDNA clones by southwestern
- 6.4 Cloning DNA—BP cDNA by one—hybrid system
- 6.5 Isolation of low abundant gene by heterogeneous complementation
- 6.5.1 Construction of cDNA expression library
- 6.5.2 Transformation of auxotroph cell
- 6.6 Expression of cloned eukaryotic genes in *Escherichia coli*
- 6.7 Coupled transcription and translation in *vitro*
- 6.8 Gel shifting assay

7 Isolation and analysis of protein

- 7.1 Protein electrophoresis
 - 7.1.1 Isoelectric focusing (IEF) with polyacrylamide gel (PAGE)
 - 7.1.2 Dimensional electrophoresis of protein
 - 7.1.3 Capillary electrophoresis
- 7.2 Electrophoresis analysis of isoenzymes from plants
- 7.3 Immune analysis techniques
 - 7.3.1 Preparation of immuneserium
 - 7.3.2 Enzyme—linked—immunosobent assay (ELISA)
 - 7.3.3 Double immunediffusion—plating
- 7.4 Isolation and analysis of amino acid by superthin chromatography
- 7.5 Western blotting

8 Commonly cell biological techniques

- 8.1 Isolation and purification of plasma membrane from plants
- 8.2 Symbol enzymes determination of plant organelle
- 8.3 Testing of redox enzyme activity in plant cell, tissue or organs
- 8.4 Protoplast culture
- 8.5 Identification of several enzyme by hischemical location in plant tissue
- 8.6 Extraction and identification of plant hormone
- 8.7 Determination of hormones by radioimmunoassay
 - 8.7.1 Determination of Xypregnanedione in serum or plasma by radioimmunoassay
 - 8.7.2 Determination of cAMP in tissue by protein—binding
 - 8.7.3 Determination of estradiol in serum by radioimmunoassay
 - 8.7.4 Determination of human chorionic gonadotropin (HCG) by radioimmunoassay
- 8.8 Microphotography of techniques
 - 8.8.1 Microphotograph installs
 - 8.8.2 Selection and application of the sensitive—light glass
 - 8.8.3 Function of the filter glass
 - 8.8.4 Development of the films

8.8.5 Magnifying the photographs

9 Computer techniques for molecular biology application

9.1 Introduction internet application

9.2 Computer sequence analysis software

9.3 Selecting criteria software for primer

9.4 Transfer to Data Bank from sequence data

9.5 Commonly Databank and software

9.5.1 The application range of blast program

9.5.2 The Databank of BLAST

9.5.3 Analysis software-free for molecular biology

9.5.4 Commonly Databank in molecular biology

9.5.5 Biological magazine addresses in internet

9.5.6 Commonly biological addresses in internet

Appendix

Appendix 1 Commonly used nucleic acids data

1.1 Length and molecular weight of commonly nucleic acids

1.2 Exchange data between nucleic acids and proteins

1.3 DNA content in solution

Appendix 2 Enzymes

2.1 Lysozymes

2.2 Proteolytic enzymes

2.3 DNase—free RNase

Appendix 3 Buffers

3.1 Commonly used buffers

3.2 Electrophoresis buffers

3.3 Commonly used loading buffer

3.4 Sequencing loading buffers

Appendix 4 Date for DNA electrophoresis gels

4.1 The distinguish range between concentration of agarose gel and line — DNA

4.2 The distinguish range between concentration of PAGE gel and line—DNA

4.3 Migrating speed of dyes in natural PAGE gel

4.4 Migrating speed of dyes in denatural PAGE gel

Appendix 5 Bacterial media and antibiotic

5.1 Liquid Media

- 5.2 Media containing agar or agarose
- 5.3 Storage media
- 5.4 Antibiotic
- 5.5 Solution for working with λ bacteriophage

Appendix 6 Blocking agents for lowering background in hybridization

- 6.1 Denhardt
- 6.2 BLOTTO
- 6.3 Heparin
- 6.4 Denatured, fragmented salmon sperm DNA

Appendix 7 Treatment and safety for drugs decontamination in molecular biology

Appendix 8 Contents for figures and tables

Appendix 9 Human genetic disorders located the chromosomes

Appendix 10 Yeast genetic nomenclature

Appendix 11 Abbreviations