

近两年新高考生物学试题考查电泳情境的深度分析

傅琦雄

(福建省宁德市教师进修学院)

1. 电泳技术概述

琼脂糖凝胶电泳和聚丙烯酰胺凝胶电泳是两种常用的电泳方法。在测定蛋白质分子量时通常使用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳,而 PCR 的产物一般通过琼脂糖凝胶电泳来鉴定。

2. 电泳情境题型的分析

电泳情境题型是指创设电泳与相关生物学知识联系的真实情境,试题主要考查生物学基本原理和基本概念,侧重考查考生的科学探究和科学思维的学科素养。电泳技术目前在亲子鉴定、案件侦破、生物亲缘关系远近、DNA 指纹技术等方面普遍运用。例如,研究者从骨骼、血迹、毛发等组织中就能通过凝胶电泳技术,用一种探针寻找 DNA 的不同部位并形成独特的条带图谱进行比对,从而达到 DNA 鉴定的目的。下面从五种常见考查电泳情境题型进行深度评析,较为全面地归纳电泳相关试题情境及题目的立意,从而让学生能够做出准确的推断,轻松解决这种类型的试题。

2.1 考查电泳的基本原理

例 1.(2022 年河北卷第 23 题一节选)番茄灰霉病菌严重影响番茄生产,枯草芽孢杆菌可以产生对多种病原菌具有抑制作用的蛋白质。为探究枯草芽孢杆菌能否用于番茄灰霉病的生物防治,研究者设计了相关实验。回答下列问题:

(3) 电泳分离蛋白质混合样品的原理是_____。利用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳测定枯草芽孢杆菌的抗菌蛋白分子量时,SDS 的作用是_____。

参考答案:(3)利用待分离样品中各种分子带电性质的差异及分子本身的大小、形状的不同,使带电分子产生不同的迁移速度,从而实现样品中各种分子的分离 SDS 带有大量的负电荷,且能使蛋白质变性成为肽链,使蛋白质的迁移速率只与蛋白质的相对分子质量有关,而与所带电荷性质无关

评析:本题创设枯草芽孢杆菌用于防治番茄灰霉病的生产实践真实情境,考生在简单情境中通过对生物学基本原理和概念的简单记忆就能解决问题。该小题考查的核心素养主要体现在科学探究上,对生物学实验基本原理和重要试剂的识记,对考生关键能力要求层次较低。

2.2 考查电泳与育种联系

例 2.(2022 年福建卷第 20 题)7S 球蛋白是大豆最主要的过敏原蛋白,三种大豆脂氧酶 Lox-1,2,3 是大豆产生腥臭味的原因。大豆食品深加工过程中需要去除 7S 球蛋白和三种脂氧酶。科研人员为获得 7S 球蛋白与三种脂氧酶同时缺失的大豆新品种,将 7S 球蛋白缺失的大豆植株与脂氧酶完全缺失的植株杂交,获得 F₁ 种子。F₁ 植株自交得到 F₂ 种

子。对 F_1 种子和 F_2 种子的 7S 球蛋白和脂氧酶进行蛋白质电泳检测,不同表现型的电泳条带示意图 1。

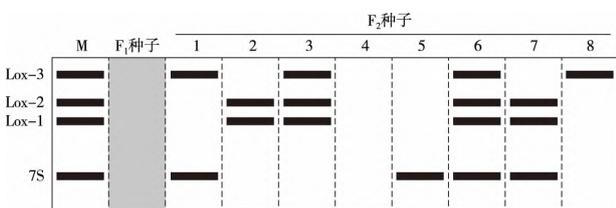


图 1

注:图中黑色条带为抗原—抗体杂交带,表示相应蛋白质的存在。M 泳道条带为相应标准蛋白所在位置, F_1 种子泳道的条带待填写。

根据电泳检测的结果,对 F_2 种子表现型进行分类统计如下表。

F ₂ 种子表现型		粒数
7S 球蛋白	野生型	124
	7S 球蛋白缺失型	377
脂氧酶 Lox-1,2,3	野生型	282
	①	94
	②	94
	Lox-1,2,3 全缺失型	31

回答下列问题:

(1)7S 球蛋白缺失型属于_____ (填“显性”或“隐性”)性状。

(2)表中 ① ② 的表现型分别是_____、_____。脂氧酶 Lox-1,2,3 分别由三对等位基因控制,在脂氧酶是否缺失的性状上, F_2 种子表现型只有四种,原因是_____。

(3)在答题卡对应的图中画出 F_1 种子表现型的电泳条带。

(4)已知 *Lox* 基因和 7S 球蛋白基因独立遗传。图中第_____泳道的种子表现型为 7S 球蛋白与三种脂氧酶同时缺失型,这些种子在 F_2 中的比例是_____。利用这些种子选择并获得稳定遗传种子的方法是_____。

(5)为提高大豆品质,利用基因工程方法提出一个消除野生型大豆 7S 球蛋白过敏原的设想:_____。

参考答案:(1)显性 (2)Lox-1,2 缺失型

Lox-3 缺失型 控制 Lox-1,2 的基因位于同一对同源染色体上且不发生互换,控制 Lox-3 的基因位于另一对同源染色体上 (3)如图 2 (4)4

3/64 将这些种子长成的植株自交,对单株所得的所有种子进行蛋白质电泳检测,若某植物所有种子均不出现 7S 球蛋白条带,则该植物的种子能稳定遗传 (5)敲除 7S 球蛋白基因/导入 7S 球蛋白的反义基因,抑制 7S 球蛋白表达(合理答案均给分)

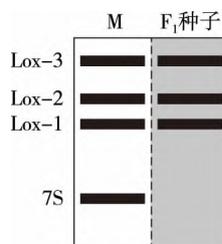


图 2

评析:本题以大豆制品深加工时要去除 7S 蛋白与脂氧酶 Lox-1,2,3 的生产实践为真实情境,将两类缺失型大豆进行杂交培育符合生产要求的大豆种子。第(1)题考查显隐性性状的判别。考生通过获取表中的信息: F_2 中 7S 蛋白表型的比例约为 3:1,并通过对情境中的直观信息进行浅层加工,

得出简单结论:7S 蛋白缺失型属于显性性状。第(2)题考查自由组合定律,侧重考查科学思维中演绎推理能力,能力要求层次较高。要求考生从题干信息“由三对等位基因控制”,而表中 F_2 脂氧酶 $Lox-1,2,3$ 表型的比例约为 $9:3:3:1$ 推理得出:应有两对等位基因连锁,与另一对等位基因自由组合。同时观察图 1 蛋白质电泳图谱可得出 $Lox-1$ 与 $Lox-2$ 电泳条带总在一起,即控制 $Lox-1$ 与 $Lox-2$ 的基因连锁, F_2 野生型占 $9/16$,表型应为双显性,推理得出:①②各占 $3/16$,表型应为单显性($Lox-1,2$ 缺失型或 $Lox-3$ 缺失型)。第(3)题由 F_2 表型及比例,得出 F_1 的表型是 7S 球蛋白缺失型,脂氧酶 $Lox-1,2,3$ 野生型大豆。对照 M 的电泳条带即可得出 F_1 的电泳图谱。第(4)题由于第 4 泳道没有电泳条带,说明其种子表型是 7S 球蛋白缺失型且脂氧酶 $Lox-1,2,3$ 全缺失型,这些种子在 F_2 中的比例是 $1/16 \times 3/4 = 3/64$ 。第(5)题联系生产实践,侧重考查考生获取正确信息并设计简单实验方案,以及基于生物学知识做出合理解释和判断,解决生产生活问题的能力,落实科学探究和社会责任等核心素养的考查。

2.3 考查电泳与遗传系谱图

例 3.(2021 年适应性考试江苏卷第 18 题)苯丙酮尿症是一种严重的单基因遗传病。图 3 是某患者的家族系谱图,其中部分成员 $I_1、I_2、II_1$ 和 II_2 的 DNA 经限制酶 $Msp I$ 酶切,产生不同的片段,经电泳后用苯丙氨酸羟化酶 cDNA 探针杂交,结果见图 4。下列分析正确的是 ()

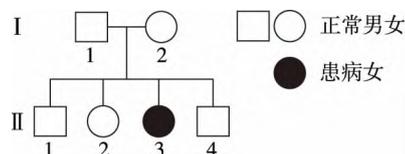


图 3

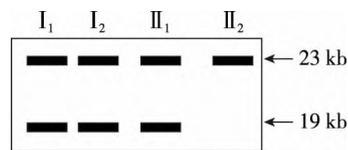


图 4

- A. 个体 II_1 是杂合体的概率为 $2/3$
- B. 个体 II_2 与一杂合体婚配生患病孩子的概率为 0
- C. 个体 II_3 是隐性纯合体,有 19 kb 探针杂交条带
- D. 个体 II_4 可能为杂合体,有 2 个探针杂交条带

参考答案:BCD

评析:本题将苯丙酮尿症患者的家族系谱图与电泳图谱相结合,考查 DNA 分子杂交和分离定律等知识,侧重考查科学探究和科学思维。假设该病受一对等位基因 $A、a$ 控制,要求考生能够从图 3 中 II_3 患病,而 $I_1、I_2$ 都不患病,推断出该病类型为常染色体隐性遗传病。 II_3 基因型为 aa , I_1 和 I_2 的基因型都为 Aa ,再结合图 4 的酶切结果可知, $I_1、I_2、II_1$ 的基因型都为 Aa , II_2 表现正常且从图 4 酶切结果看: II_2 与 II_1 基因型(Aa)不同,所以 II_2 的基因型为 AA ,由此可以推知,23 kb 探针杂交条带对应正常显性基因 A ,19 kb 探针杂交条带对应隐性基因 a 。

2.4 考查电泳与基因工程

例 4. (2021 年辽宁卷第 24 题一节选) PHB2 蛋白具有抑制细胞增殖的作用。为初步探究某动物 PHB2 蛋白抑制人宫颈癌细胞增殖的原因, 研究者从基因数据库中获取了该蛋白的基因编码序列(简称 *phb2* 基因), 大小为 0.9 kb (1 kb = 1 000 碱基对), 利用大肠杆菌表达该蛋白。回答下列问题:

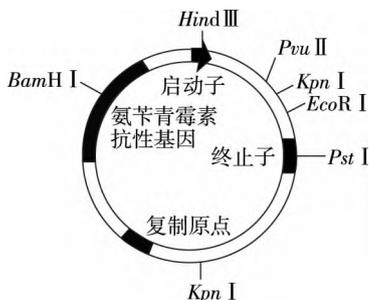


图 5

名称	识别序列及切割位点	名称	识别序列及切割位点
<i>Hind</i> III	A ↓ AGCTT TTCGA ↑ A	<i>Eco</i> R I	G ↓ AATTC CTTAA ↑ G
<i>Pvu</i> II	CAG ↓ CTG GTC ↑ GAC	<i>Pst</i> I	CTGC ↓ AG GA ↑ CGTC
<i>Kpn</i> I	G ↓ GTACC CCATG ↑ G	<i>Bam</i> H I	G ↓ GATCC CCTAG ↑ G

注: 箭头表示切割位点。

(2) 图 5 为所用载体图谱示意图, 图中限制酶的识别序列及切割位点见表。为使 *phb2* 基因(该基因序列不含图 5 中限制酶的识别序列)与载体正确连接, 在扩增的 *phb2* 基因两端分别引入_____和_____两种不同限制酶的识别序列。

(4) 将转化后的大肠杆菌接种在含氨苄青霉素的培养基上进行培养, 随机挑取菌落(分别编号为 1、2、3、4)培养并提取质粒, 用(2)中选用的两种限制酶进行酶切, 酶切产物经电泳分离, 结果如图 6, _____号菌落的质粒很可能是含目的基因的重组质粒。

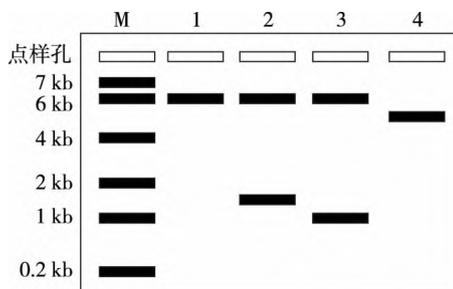


图 6

注: M 为指示分子大小的标准参照物; 小于 0.2 kb 的 DNA 分子条带未出现在图中。

参考答案: (2) *Eco* R I 和 *Pvu* II (4) 3

评析: 本题围绕构建 *phb2* 基因表达载体导入大肠杆菌的转基因技术, 从而探究 PHB2 蛋白抑制人宫颈癌细胞增殖的原因。考查基因工程等相关知识, 侧重考查科学思维演绎推理、归纳概括等核心素养。从题干获取关键信息: 1~4 号菌落都可以生长在含有氨苄青霉素的培养基中, 因此都含有质粒, 但只有重组质粒包含了目的基因和质粒, 如果用(2)中 *Eco* R I 和 *Pvu* II 两种酶切割重组质粒, 并将酶切产物电泳分离后, 将获得含有质粒 DNA 和 *phb2* 基因两条条带, 由于 *phb2* 基因大小为 0.9 kb, 加上两端的限制酶识别序列, *phb2* 基因大小会略大于 0.9 kb。结合电泳图谱分析, 3 号菌落的质粒最可能是含目的基因的重组质粒。

2.5 考查电泳与基因定位

例 5. (2021 年适应性考试湖南卷第 19 题) DNA 标记是 DNA 中一些稳定的特征性碱基序列, DNA 中是否含特定的 DNA 标记, 可通过 DNA 标记体外复制产物的电泳图谱来判断。

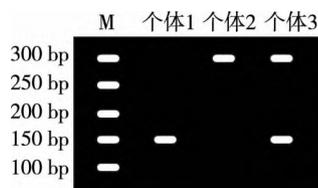


图 7 (M 表示标准 DNA 片段)

(1) 已知三个个体的 DNA 标记电泳结果如图 7 所示, 个体 1 和个体 2 的 DNA 标记组成分别为 S_1S_1 和 S_2S_2 , 据图推断个体 3 的 DNA 标记组成为_____。

(2) DNA 标记常用来进行遗传性疾病的基因定位。现有一常染色体显性遗传病家系(疾病基因用 A 表示)如图 8 所示, 选择上述 DNA 标记体外复制后电泳, 结果如图 9 所示。不考虑突变和交叉互换, _____(填“能”或“不能”)判断该 DNA 标记与该疾病基因在同一染色体上, 用遗传图解及文字说明原因(配子、表现型及比例不作要求)。

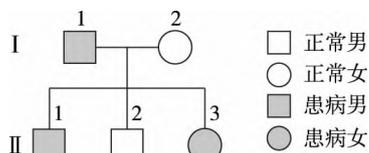


图 8

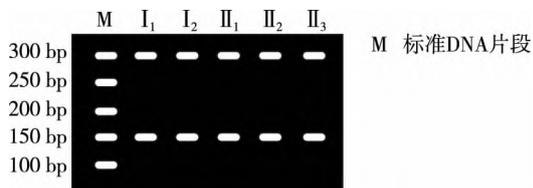


图 9

(3) 如果该 DNA 标记与此疾病基因在同一条染色体上, 图 10 中 II₂ 和 II₃ 的 DNA 标记组成分别为_____和_____。

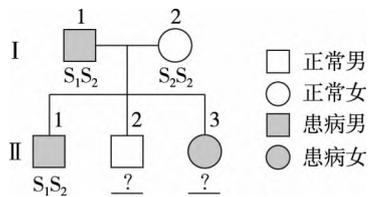
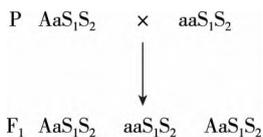


图 10

参考答案: (1) S_1S_2



(2) 不能

(3) S_2S_2 S_1S_2

评析: 本题围绕 DNA 标记体外复制产物的电泳图谱来进行遗传病的基因定位。考查 DNA 分子的结构特点和遗传信息表达的过程以及理解分离定律的应用等关键能力, 侧重考查科学思维和科学探究素养。第(1)题要求考生在简单情境中发现个体 1 的 DNA 标记组成为 S_1S_1 , 电泳结果均在 150 bp, 推断出 DNA 标记 S_1 电泳结果应在 150 bp, 同理可知个体 2 的 DNA 标记 S_2 电泳结果应在 300 bp, 由此得出简单结论, 个体 3 的 DNA 标记组成应为 S_1S_2 。第(2)题要求考生根据图 8 中 I₁、I₂、II₁、II₂、II₃ 的基因型分别为 Aa、aa、Aa、aa、Aa, 而根据图 9 中这 5 个个体的电泳结果均为 S_1S_2 , 演绎推理出: 该致病基因与 DNA 标记分别位于两对同源染色体上, 遵循自由组合定律, 这样能产生符合题意的实验结果, 即 DNA 标记与该疾病基因不在同一条染色体上。第(3)题如果 DNA 标记与该疾病基因在同一条染色体上, 遵循分离定律, 可以推断: 图 10 中 II₂ 表型正常, 基因型为 aa, DNA 标记组成为 S_2S_2 , 同理可得出 II₃ 的 DNA 标记组成为 S_1S_2 。

3. 备考建议

高三二轮专题复习应该更关注学生关键能力的提升, 教师可以采用“题组-概念图”策略, 如先确定微专题主题: “电泳”, 从上述五个不同角度的题组进行变式精练精析, 然后构建出电泳的完整知识体系。❶

基金项目: 全国教育科学规划单位资助教育部规划课题“区域性高中学科教学与学业质量监测互动研究”, No.FHB180656。