

第5单元 生物氧化

（一）名词解释

1. 呼吸链； 2. 氧化磷酸化作用； 3. 磷氧比值（P/O）； 4. 底物水平磷酸化； 5. 解偶联剂； 6. 化学渗透学说

（二）填空

1. 生物分子的 $E^{\circ'}$ 值小，则电负性_____，供出电子的倾向_____。
2. P/O 值是指_____，NADH 的 P/O 值是_____，还原性维生素 C 的 P/O 值是_____，在 DNP 存在的情况下，氧化分解琥珀酸的 P/O 值是_____。
3. 在呼吸链中，氢或电子从_____氧还电势的载体依次向_____氧还电势的载体传递。
4. 化学渗透学说认为：呼吸链组分定位于_____内膜上，其递氢体有_____泵作用，因而造成内膜两侧的_____差，同时被膜上_____合成酶所利用，促使 $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$ 。

（三）选择题（在备选答案中选出 1 个或多个正确答案）

1. 生物氧化的反应类型不包括下列哪种反应？
A. 脱氢反应 B. 失电子反应 C. 羟化反应 D. 脱羧反应 E. 加水脱氢反应
2. 如果质子不经过 F_1/F_0 -ATP 合成酶回到线粒体基质，则会发生
A. 氧化 B. 还原 C. 解偶联 D. 紧密偶联 E. 主动运输
3. 有关呼吸链的正确叙述是
A. 两类呼吸链都由四种酶的复合体组成 B. 电子传递体同时兼有传氢体的功能
C. 传氢体同时兼有传递电子的功能 D. 抑制细胞色素 aa_3 ，则呼吸链各组分都呈氧化态
4. 下述哪种物质专一性地抑制 F_0 因子：
A. 鱼藤酮 B. 抗霉素 A C. 2, 4-二硝基酚 D. 缬氨霉素 E. 寡霉素
5. 下列关于化学渗透学说的叙述哪一条是不对的
A. 各递氢体和递电子体都有质子泵的作用
B. 呼吸链各组分按特定的位置排列在线粒体内膜上
C. H^+ 返回膜内时可以推动 ATP 酶合成 ATP D. 线粒体内膜外侧 H^+ 不能自由返回膜内
E. ATP 酶可以使膜外侧 H^+ 返回膜内侧
6. 呼吸链的各细胞色素在电子传递中的排列顺序是（福建师范大学 1999 年考研题）
A. $\text{c}_1 \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$ B. $\text{c} \rightarrow \text{c}_1 \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$ C. $\text{c}_1 \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$;
D. $\text{b} \rightarrow \text{c}_1 \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$; E. $\text{b} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{c}_1 \rightarrow \text{aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$

（四）是非题

1. 生物氧化只有在氧气存在的条件下才能进行。
2. NADH 脱氢酶是以 NAD^+ 为辅酶的脱氢酶的总称。
3. 代谢物脱下的 2 摩尔氢原子经呼吸链氧化成水时，所释放的能量都储存于高能化合物中。
4. 寡霉素专一地抑制线粒体 F_1F_0 -ATPase 的 F_0 ，从而抑制 ATP 的合成。

（五）分析与计算题

1. 什么叫呼吸链？它由哪些组分组成？有哪些方法可用来确定电子传递顺序？
2. 为什么在通气条件下生产等量的酵母菌体所消耗的葡萄糖量明显低于静置培养？
3. 分离的完整线粒体悬浮液中有过量的 ADP、 O_2 和谷氨酸，谷氨酸在线粒体基质中可产

生 NADH 和 FADH_2 ，如果在该体系中加入下列物质，会对氧的消耗和 ATP 的合成产生什么影响？

(1) 二硝基苯酚，(2) 二硝基苯酚，同时加入 HCN，(3) 加入寡霉素，然后加入二硝基苯酚。

参考答案

(一) 名词解释

1. 代谢物分子中的氢原子在脱氢酶作用下激活脱落后，经过一系列传递体的传递，最终将电子交给被氧化酶激活的氧而生成水的全部体系，称为呼吸链或电子传递链。

2. 伴随着呼吸链电子传递过程发生的 ATP 的合成称为氧化磷酸化。氧化磷酸化是生物体内的糖、脂肪、蛋白质氧化分解，并合成 ATP 的主要方式。

3. 在氧化磷酸化过程中，每消耗 1 摩尔氧原子与所消耗的无机磷酸的摩尔数称磷氧比值 (P/O)。

4. 在底物被氧化的过程中，底物分子内部能量重新分布产生高能磷酸键（或高能硫酯键），由此高能键提供能量使 ADP（或 GDP）磷酸化生成 ATP（或 GTP）的过程称为底物水平磷酸化。

5. 使电子传递和氧化磷酸化作用偶联过程脱离的一类化学物质称为解偶联剂。它使呼吸链电子传递过程中泵出线粒体内膜的质子不经质子通道回流，但能通过其它途径使质子返回线粒体基质，从而破坏了内膜两侧的电化学梯度，结果使电子继续传递、组织耗氧增加，但没有 ATP 合成。

6. 是由英国生物化学家 Peter Mitchell 于 1961 年提出的关于解释呼吸链电子传递与氧化磷酸化作用偶联机制的一种假说。其基本观点是：电子经呼吸链传递释放的能量，将质子从线粒体内膜的内侧泵到内膜的外侧，在膜两侧形成电化学梯度而积蓄能量，当质子顺此梯度经 ATP 合成酶 F_0 通道回流时， F_1 催化 ADP 与 P_i 结合，形成 ATP。

(二) 填空

1. 大，强； 2. 氧化磷酸化过程中，每消耗 1 摩尔氧原子与所消耗的无机磷酸的摩尔数之比，2.5，1，0； 3. 低，高； 4. 线粒体，质子，质子浓度，ATP。

(三) 选择题

1. (D) 生物体内物质的脱氢反应、失去电子、羟化反应（加单氧）等都是氧化还原反应，但脱羧反应不涉及电子转移，不是氧化还原反应。

2. (C) 当质子不通过 F_0 进入线粒体基质的时候，ATP 就不能被合成，但电子照样进行传递，这就意味着发生了解偶联作用。

3. (C) 呼吸链并非仅仅由四种酶的复合体组成，呼吸链有些组分如 CytC、CoQ 就游离于四种酶的复合体之外。呼吸链各种组分都能传递电子，是递电子体，但仅有部分组分同时能传递氢，是传氢体，如细胞色素、铁硫蛋白组分只能传递电子，不能传递氢。故递氢体一定是传递电子体，而传递电子体不一定是递氢体。如果抑制呼吸链中 Cytaa_3 的活性，则上游组分无法氧化而全部呈还原态。呼吸链各组分的标准氧化还原电位按由低到高顺序排列，正是这种电位差，电子得以向下游传递。

4. (E) 寡霉素是氧化磷酸化抑制剂，它能与 F_0 的一个亚基专一结合而抑制 F_1 ，从而抑制 ATP 的合成。

5. (A) 化学渗透学说认为，呼吸链中递氢体和递电子体在线粒体内膜上是定向排列的，递氢体有氢泵作用，而递电子体没有氢泵作用。其它几项叙述都是对化学渗透学说的正确叙述。

6. (D) 各种细胞色素在电子传递中的排列顺序是根据氧化还原电位从低到高排列的。

(四) 是非题

1. 错。生物氧化中的电子受体可以是 O_2 ，也可以是其它有机或无机化合物，只要有合适

的电子受体，生物氧化就能进行。

2. 错。NADH 脱氢酶是指催化 NADH 脱氢氧化化的酶，此类酶的辅酶为 FMN 或 FAD，且与 Fe-S 形成复合体，所以 NADH 脱氢酶属于黄素酶类。

3. 错。2 摩尔氢原子经呼吸链氧化成水时，只有部分能量以 ATP 形式储存，还有部分能量以热的形式散失到环境中。

4. 对。寡霉素是氧化磷酸化的抑制剂，它与 F_1F_0 -ATPase 的 F_0 结合而抑制 F_1 ，使线粒体内膜外侧的质子不能返回膜内，ATP 因此而不能合成。

（五）分析与计算题

1. (1) 有机物在生物体内氧化过程中所脱下的氢原子，经过一系列有严格排列顺序的传递体组成的传递体系进行传递，最终与氧结合生成水，这样的电子或氢原子的传递体系称为呼吸链或电子传递链。(2) 线粒体生物氧化体系中，两类典型的呼吸链都由五类组分组成，并按一定的顺序定位于线粒体内膜。NADH 呼吸链由 NADH 还原酶（复合体 I）、泛醌、细胞色素还原酶（复合体 III）、细胞色素 C、细胞色素氧化酶（复合体 IV）组成。 $FADH_2$ 呼吸链由琥珀酸-Q 还原酶（复合体 II）、泛醌、细胞色素 C、细胞色素氧化酶（复合体 IV）组成。(3) 呼吸链中各组分的电子传递顺序可通过三种实验方法确定。①测定各种电子传递体的标准氧化还原电位 $\Delta E_0'$ ，电子传递体的 $\Delta E_0'$ 数值越低，其失去电子的倾向越大，越容易作为还原剂而处于呼吸链的前面。②电子传递体的体外重组实验，NADH 可以使 NADH 脱氢酶还原，但它不能直接还原细胞色素还原酶（复合体 III）、细胞色素 C、细胞色素氧化酶（复合体 IV）。同样还原型的 NADH 脱氢酶不能直接与细胞色素 C 作用，而必须通过泛醌和复合体 III。③利用呼吸链的特殊阻断剂，阻断某些特定部位的电子传递，再通过分光光度技术分析电子传递链各组分吸收光谱的变化，根据氧化还原状态，确定各组分在电子传递链中的顺序。

2. 假设生产等量的酵母需要等量的 ATP 供细胞增殖。酵母细胞有两条途径获取 ATP，一是葡萄糖无氧分解，每摩尔葡萄糖净生成 2 摩尔 ATP、2 摩尔丙酮酸和 2 摩尔 $NADH \cdot H^+$ ，该途径的持续进行需要将 $NADH \cdot H^+$ 再生为 NAD^+ ，由丙酮酸脱羧形成的乙醛被还原成乙醇，NADH 自身重新氧化成 NAD^+ 。获取 ATP 的另一条途径是葡萄糖分解产生的丙酮酸和 $NADH \cdot H^+$ 都进入线粒体彻底氧化，通过呼吸链使 NAD^+ 再生，通过这条途径，每摩尔葡萄糖可以净产生 32 摩尔的 ATP。通气培养酵母菌获取能量的途径是后者，静置培养酵母菌获取能量的途径是生醇发酵。显然前者葡萄糖的利用率、能量捕获率高于后者，所以获得供细胞增殖所需等量的 ATP，静置培养所需的葡萄糖将远远高于通气培养。

3. (1) 二硝基苯酚是一种氧化磷酸化的解偶剂，它可以将质子从膜间隙带入线粒体基质，从而破坏质子梯度，使 ATP 的合成停止。电子传递链将质子泵出线粒体的过程被加强，从而加快了氧的消耗。(2) HCN 阻止了电子从细胞色素氧化酶到氧的传递，从而使氧的消耗停止，ATP 的合成受阻。(3) 寡霉素阻断质子通过 F_1F_0 -ATP 酶的通道，使 ATP 的合成受阻。由于质子泵出线粒体需要克服更高的能障，故电子传递被抑制，氧的消耗停止。随后加入二硝基苯酚，ATP 的合成仍然因为寡霉素存在而被抑制，但质子梯度被二硝基苯酚破坏，所以消除了寡霉素对电子传递的抑制，氧的消耗继续进行，只是没有 ATP 的合成。