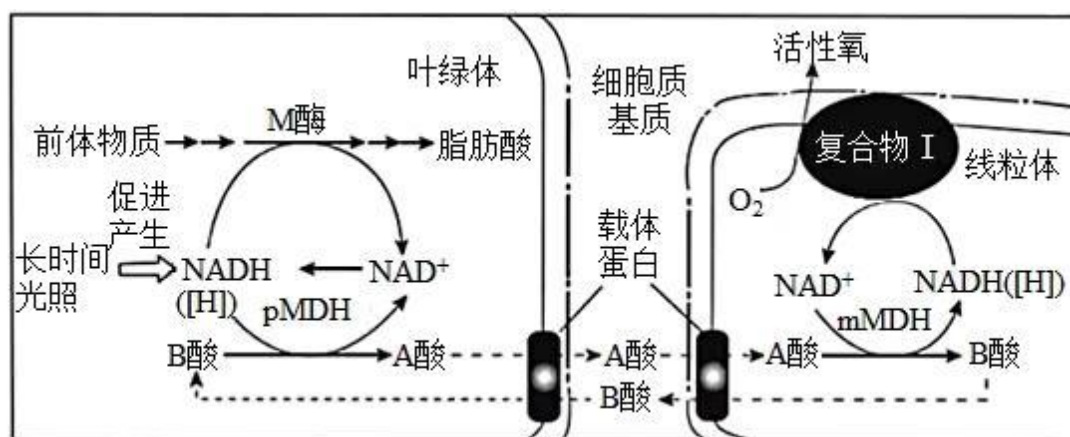


20. 学习以下材料，回答下面问题。

调控植物细胞活性氧产生机制的新发现，能量代谢本质上是一系列氧化还原反应。在植物细胞中，线粒体和叶绿体是能量代谢的重要场所。叶绿体内氧化还原稳态的维持对叶绿体行使正常功能非常重要。在细胞的氧化还原反应过程中会有活性氧产生，活性氧可以调控细胞代谢，并与细胞凋亡有关。我国科学家发现一个拟南芥突变体 m (M 基因突变为 m 基因)，在受到长时间连续光照时，植株会出现因细胞凋亡而引起的叶片黄斑等表型。 M 基因编码叶绿体中催化脂肪酸合成的 M 酶。与野生型相比，突变体 m 中 M 酶活性下降，脂肪酸含量显著降低。为探究 M 基因突变导致细胞凋亡的原因，研究人员以诱变剂处理突变体 m ，筛选不表现细胞凋亡，但仍保留 m 基因的突变株。通过对所获一系列突变体的详细解析，发现叶绿体中 $pMDH$ 酶、线粒体中 $mMDH$ 酶和线粒体内膜复合物 I (催化有氧呼吸第三阶段的酶) 等均参与细胞凋亡过程。由此揭示出一条活性氧产生的新途径 (如图): A 酸作为叶绿体中氧化还原平衡的调节物质，从叶绿体经细胞质基质进入到线粒体中，在 $mMDH$ 酶的作用下产生 $NADH$ ($[H]$) 和 B 酸， $NADH$ 被氧化会产生活性氧。活性氧超过一定水平后引发细胞凋亡。



在上述研究中，科学家从拟南芥突变体 m 入手，揭示出在叶绿体和线粒体之间存在着一一条 A 酸- B 酸循环途径。对 A 酸- B 酸循环的进一步研究，将为探索植物在不同环境胁迫下生长的调控机制提供新的思路。

- (1) 叶绿体通过_____作用将 CO_2 转化为糖。从文中可知，叶绿体也可以合成脂肪的组分_____。
- (2) 结合文中图示分析， M 基因突变为 m 后，植株在长时间光照条件下出现细胞凋亡的原因是：____， A 酸转运到线粒体，最终导致产生过量活性氧并诱发细胞凋亡。
- (3) 请将下列各项的序号排序，以呈现本文中科学家解析“ M 基因突变导致细胞凋亡机制”的研究思路：_____。
①确定相应蛋白的细胞定位和功能②用诱变剂处理突变体 m ③鉴定相关基因④筛选保留 m 基因但不表现凋亡的突变株
- (4) 本文拓展了高中教材中关于细胞器间协调配合的内容，请从细胞器间协作以维持稳态与平衡的角度加以概括说明_____。