

第二节 生物合成

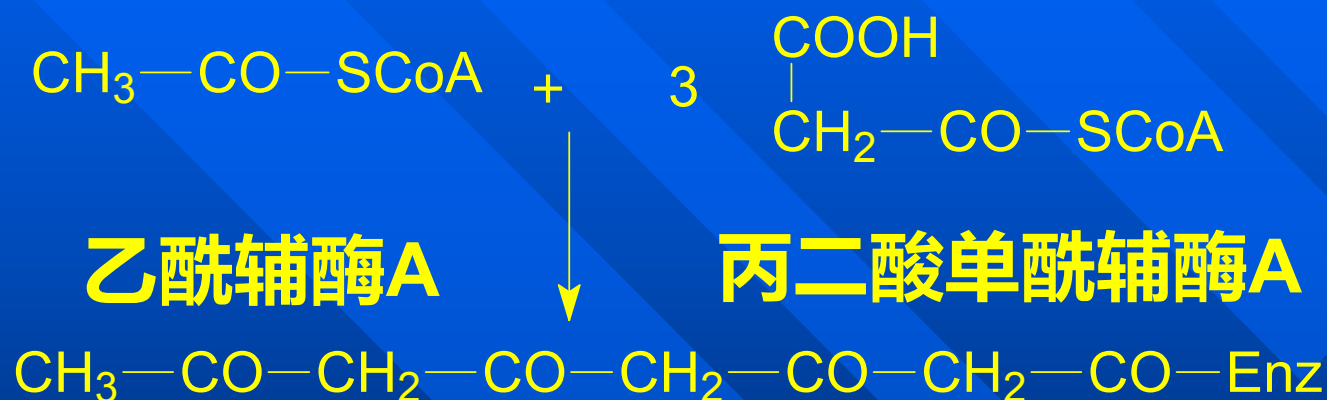
- 一次代谢及二次代谢
- 植物体（绿色植物）以二氧化碳及水为原料，通过光合作用三羧酸循环、固氮反应等一系列物质代谢与生物合成途径，生成糖、蛋白质、脂质、核酸等植物体生命活动必需物质的过程称为一次代谢过程。

- 此外，一次代谢产物还包括乙酰辅酶A，丙二酸单酰辅酶A，莽草酸及一些氨基酸等。

- 植物体在特定的条件下，以一些重要的一次代谢产物如乙酰辅酶A、丙二酸单酰辅酶A、莽草酸及一些氨基酸等为原料和前体，经历不同的代谢途径，生成生物碱、萜类等化合物的过程称为**二次代谢过程**。二次代谢产物很多都具有明显的生理活性，是天然药物化学的主要研究对象。

- 主要的生物合成途径
- 醋酸-丙二酸途径 (*acetate-malonate pathway*, *AA-MA*途径)
- 以乙酰辅酶A、丙酰辅酶A、异丁酰辅酶A等为起始物，丙二酸单酰辅酶A起到延伸碳链的作用。这一途径主要生成**脂肪酸类、酚类、醌类、聚酮类**等化合物。

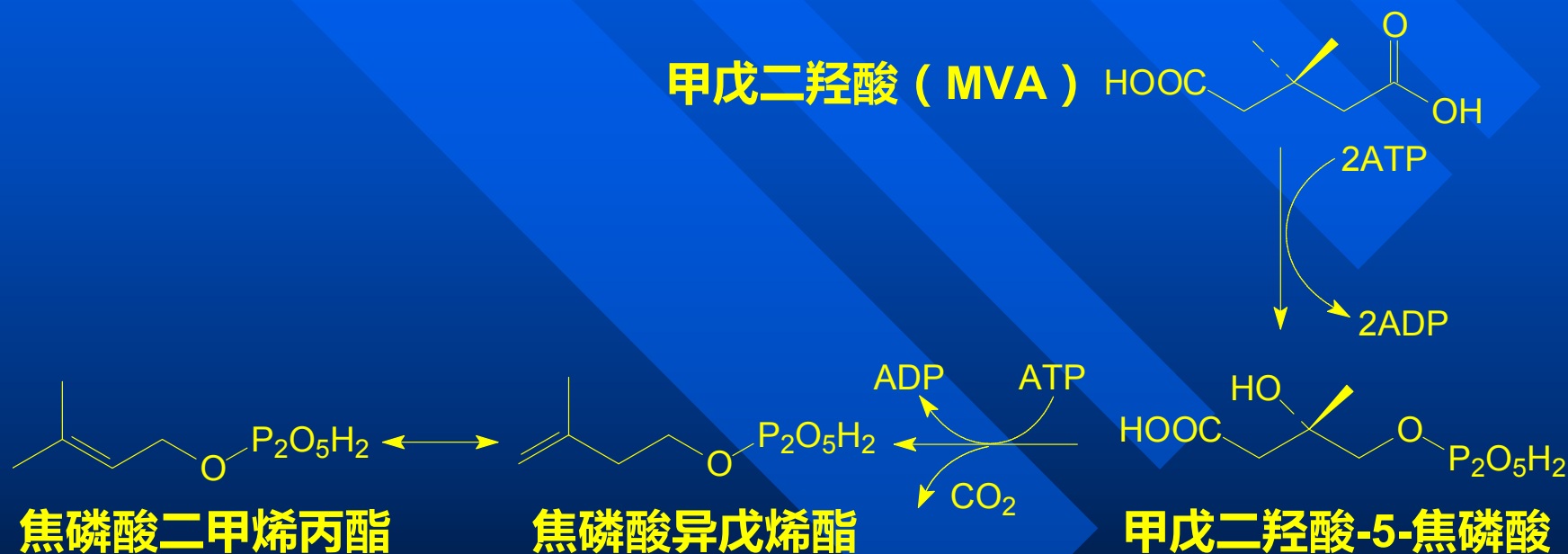
醌类和聚酮类化合物合成示意图：



上述多酮环合则生成各种醌类化合物或聚酮类化合物。

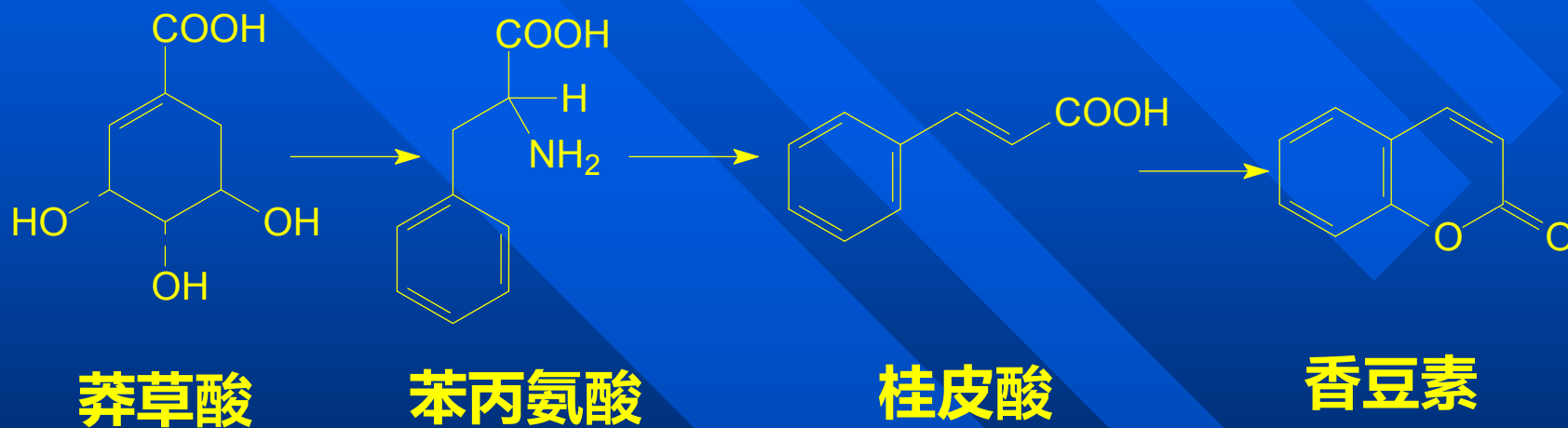
- 甲戊二羧酸途径 (*mevalonic acid pathway*, *MVA*途径)
- 该途径由乙酰辅酶A出发，生成甲戊二羧酸，再进一步生成：焦磷酸二甲烯丙酯 (*DAPP*)、焦磷酸异戊烯酯(*IPP*)等异戊烯基单位，经过互相连接以及氧化、还原、脱羧、环合或重排等反应，最后生成具有C5单位（异戊烯基单位）的化合物，如**萜类**及**甾体化合物**就是通过这个途径生成的。

起始物质为MVA，在ATP作用下，按如下路线合成。



- 桂皮酸途径 (*cinnamic acid pathway*)
莽草酸途径 (*shikimic acid pathway*)
- 该途径由苯丙氨酸经脱氨酶作用生成桂皮酸，进而生成具有C6-C3骨架的**苯丙素类**、**香豆素类**、**木质素类**、**木脂体类**。

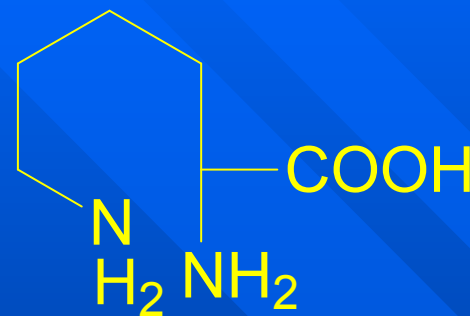
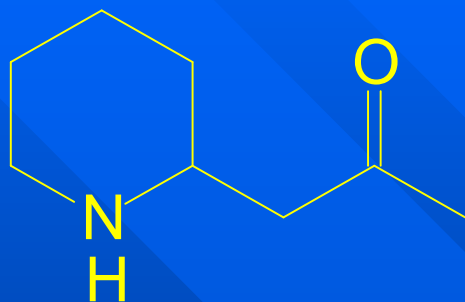
以香豆素生合成简图示意本途径如下：



- 莽草酸通过苯丙氨酸生成桂皮酸，是桂皮酸的前体物质，所以过去一直把桂皮酸途径命名为莽草酸途径。
- 但是由于莽草酸同时又是酪氨酸、色氨酸等芳香酸类的前体，它们与生物碱的生物合成又密切相关，所以若命名为莽草酸途径将无法限定仅由桂皮酸而来的苯丙素类化合物。所以现在已重新更名为桂皮酸途径。

■ 氨基酸途径 (*amino acid pathway*)

该途径就是氨基酸脱羧成为胺类，再经过甲基化、氧化、还原、重排等一系列化学反应转变为生物碱的过程。大多数生物碱类成分由此途径生成。



石榴皮碱

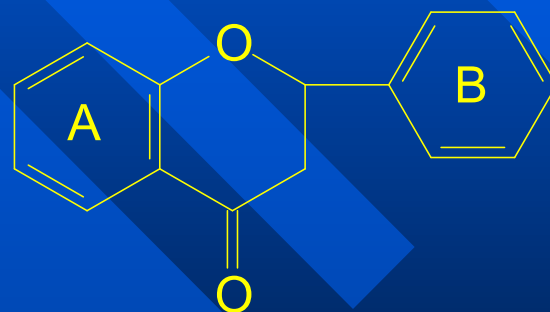
赖氨酸

■ 复合途径

- 许多二次代谢产物由上述生物合成的复合途径生成。即分子中各个部分由不同的生物合成途径产生。



查耳酮



二氢黄酮

- 一些茛类生物碱分别来自甲戊二羟酸途径及莽草酸途径或醋酸—丙二酸途径。

■ 常见的复合生成途径有以下几种：

1. 醋酸-丙二酸-莽草酸途径
2. 醋酸-丙二酸-甲羟戊酸途径
3. 氨基酸-甲羟戊酸途径
4. 氨基酸-醋酸—丙二酸途径
5. 氨基酸-莽草酸途径