

## 土壤微生物的作用

| 作用    | 物质或过程                 | 微生物种类、特点                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 有机物积累 | 生物物质                  | 藻类、蓝细菌、光合细菌                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 有机物分解 | 淀粉                    | 能分解淀粉的微生物种类很多，包括细菌、放线菌和真菌中的大多数种类。真菌中的曲霉、根霉和毛霉等分解淀粉的能力很强。                                                                                                                                                                                                                                                     |
|       | 纤维素                   | <p>1. 好气性纤维素分解细菌：食纤维菌属、生孢食纤维菌属、纤维单胞菌属等的一些种，是有机质腐败过程中常见的纤维素分解菌。</p> <p>2. 厌气性纤维分解菌：主要是芽孢梭菌属的一些种（奥氏芽孢梭菌），有些是水田土壤中分解纤维素的主要种类，有些在堆肥、厩肥的高温阶段对有机物质的分解起重要作用。</p> <p>3. 其它纤维素分解微生物：</p> <p>①放线菌能够分解纤维素，如链霉菌属的一些种和小单胞菌属的一些种。②真菌对纤维素具有很强的分解能力，主要有木霉、镰刀霉、青霉、曲霉等属的一些种，另外担子菌也是一类很强的纤维素分解菌，在酸性土壤以及木材腐朽中，纤维素分解主要是真菌的作用。</p> |
|       | 果胶物质                  | <p>1. 好气性细菌有：许多芽孢杆菌如枯草杆菌、多粘芽孢杆菌、浸软芽孢杆菌等，也有无芽孢杆菌如软腐欧氏杆菌等。</p> <p>2. 厌气性细菌：如蚀果胶梭菌和费新尼亚浸麻梭菌。</p> <p>3. 真菌：常见的青霉、曲霉、木霉、根霉、毛霉等都有这种能力。也有一些放线菌，它们活跃在草堆和林地落叶层中，进行果胶物质的好气性分解。</p>                                                                                                                                     |
|       | 半纤维素                  | 能分解纤维素的微生物大多能分解半纤维素外，有许多微生物不能分解纤维素，但能分解半纤维素。真菌如根霉、曲霉、青霉、镰刀菌等，细菌如许多芽孢杆菌。植物残体在土壤中进行分解时，半纤维素比纤维素分解速度要快。                                                                                                                                                                                                         |
| 氮素循环  | 氨化作用<br>蛋白质转化为<br>氨态氮 | 土壤中有有机营养型的微生物绝大多数能够分解蛋白质，产生氨，具有氨化作用，只是它们的生活习性和氨化作用的强弱不同，有的是好气性的，如大芽孢杆菌、枯草杆菌，还有霉菌中的毛霉、曲霉、青霉、木霉等，有的是厌气性的，如腐败梭菌。有的是兼厌气性的，如荧光极毛杆菌、粘质赛氏杆菌和普通变形杆菌等。一些好热性的放线菌在堆肥的高温阶段分解蛋白质起重要作用                                                                                                                                     |

|      |                      |                                                                                                                                           |
|------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 尿素的氨化<br>尿素转化为氨态氮    | 很多细菌都含有尿酶，能水解尿素，其中有些种类的作用特别强，称为尿素细菌。它们只能以尿素为氮源，以单糖、双糖、淀粉和有机酸等为碳源和能源，在强碱性环境中生长良好，尿素细菌是好气性或兼厌气性细菌。                                          |
|      | 硝化作用<br>将氨态氮氧化成硝态氮   | <b>亚硝酸细菌和硝酸细菌。</b><br>酸度是影响硝化作用的主要因素，在酸性环境中自养硝酸细菌很少生长，PH 低于 5 时硝化作用率微不足道，最适宜的 pH 是 6.6-8.0，在中性或偏碱性土壤中数量最大，在酸性土壤中加入石灰，可明显提高硝化作用。           |
|      | 反硝化作用<br>微生物还原硝酸氮和氮气 | <b>反硝化细菌</b> 分为有机营养型和无机营养型两类，有机营养型的种类很多，包括多种假单胞菌和其他无芽孢细菌和芽孢杆菌，如极毛杆菌属、色杆菌属、棒杆菌属等。反硝化细菌形成氮气（脱氮作用）时，造成氮肥损失。                                  |
|      | 生物固氮作用<br>大气氮转化为氨态氮  | 现已经发现具有固氮作用的微生物都是原核生物，包括某些细菌、放线菌和蓝细菌，不同类型的固氮微生物生活和固氮方式不同。                                                                                 |
|      |                      | <b>自生固氮菌</b><br>自生固氮微生物种类较多，它们分布在细菌、蓝细菌的不同科、属、和生理群中，有好气的、厌气的、兼厌气的、和光合固氮细菌。                                                                |
|      |                      | <b>共生固氮菌</b><br>A: 根瘤共生体：<br>豆科植物+根瘤菌<br>非豆科植物+弗氏菌（放线菌）<br>B: 红萍共生体：红萍+鱼腥藻<br>C: 地衣共生他：真菌+蓝细菌<br>D: 根乃拉草共生体：根乃拉草+蓝细菌<br>E: 裸子植物共生体：苏铁+蓝细菌 |
|      |                      | <b>根际联合固氮菌</b><br>介于共生固氮和自生固氮作用的中间形式，称之为根际联合固氮作用。这种固氮作用既不同于共生固氮、也不同于自生固氮作用，因它不形成根瘤一样的特殊结构，但又有较强的专一性。                                      |
| 磷的循环 | 有机磷转化为无机磷            | <b>分解核酸和磷脂的微生物。</b><br>土壤中分解有机磷化物的微生物种类很多，它们将有机磷化物分解成植物可吸收的磷酸盐。不同的微生物分别作用于不同有机磷化物的水解过程。例如，常见的有蜡质芽孢杆菌，多粘芽孢杆菌等是分解卵磷脂的主要细菌，其中以               |

|      |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                      | 蜡质芽孢杆菌的数量最多，作用最强。解磷大芽孢杆菌、极毛杆菌能分解核酸和卵磷脂。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|      | 土壤固定磷转化为水溶性植物有效磷     | <p><b>解磷微生物</b></p> <p>微生物的代谢作用产生的有机酸、碳酸以及硝化作用和硫化作用产生的硝酸和硫酸等均能加强磷酸钙的溶解性，使不溶性的 <math>\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2</math> 转化为可溶性的 <math>\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2</math> 从而提高了土壤中可给性磷素的含量。土壤中有些细菌或者真菌产酸能力特别强，如假单胞菌、无色杆菌、青霉、镰刀菌、曲霉等。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 钾素循环 | 溶钾作用                 | 主要解钾菌：胶质芽孢杆菌、扭脱杆菌等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 硫素循环 | 硫化作用<br>单质硫或硫化氢转化为硫酸 | <p>A: 硫化细菌：主要种类有：氧化硫杆菌、排硫杆菌、氧化亚铁硫杆菌、脱氮硫杆菌。</p> <p>B: 丝状硫细菌：以贝氏硫细菌为代表</p> <p>C: 光和硫细菌：包括绿硫细菌和紫硫细菌。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 反硫化作用                | <p>硫酸盐还原菌，主要是脱硫弧菌属和脱硫肠杆菌属中的一些种。</p> <p>通气不良和有机质的大量分解，会造成缺氧环境条件，反硫化细菌生长很旺盛，使土壤中的硫酸盐还原成 <math>\text{H}_2\text{S}</math>，再加上有机物质分解所产生的 <math>\text{H}_2\text{S}</math>，也不能被氧化，会造成 <b><math>\text{H}_2\text{S}</math> 积累过多，毒害作物根系，出现烂根现象。</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|      | 硫的同化                 | $\text{SO}_4^{2-}$ 被动植物和微生物所利用，形成生命体一部分。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|      | 有机硫的分解               | 含硫有机物包括蛋白质分解产生的 $\text{H}_2\text{S}$ ，在土壤内积累较多时对植物根系有害。但它可以进一步氧化成硫酸盐，作为植物的养分被吸收。构成了硫素的生物循环。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 铁的转化 | 铁的氧化                 | <p>在有氧情况下，微生物也可以氧化 <math>\text{Fe}^{2+}</math> 为 <math>\text{Fe}^{3+}</math>，称为铁化细菌。但是还没有发现将 <math>\text{Fe}^{3+}</math> 还原为 <math>\text{Fe}^{2+}</math> 的微生物。</p> <p>铁细菌有丝状铁细菌和单细胞铁细菌。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 锰的转化 | 氧化与还原                | <p>土壤中锰的转化是四价锰的氧化物 <math>\text{MnO}_2</math> 和二价锰离子的氧化还原作用。</p> <p><math>\text{MnO}_2</math> 不溶于水，植物不能利用，水溶性的 <math>\text{Mn}^{2+}</math> 可以被利用，<math>\text{Mn}^{2+}</math> 可以被微生物氧化为 <math>\text{MnO}_2</math> 沉淀。如铁细菌在氧化 <math>\text{Fe}^{2+}</math> 同时也氧化 <math>\text{Mn}^{2+}</math>，形成 <math>\text{MnO}_2</math> 沉淀。</p> <p>能氧化 <math>\text{Mn}^{2+}</math> 的微生物：细菌中的产气杆菌，真菌中的芽孢霉，放线菌中的诺卡氏菌。相反土壤中的不溶性 <math>\text{MnO}_2</math> 也可由微生物的还原作用转化为可溶性的 <math>\text{Mn}^{2+}</math>。</p> <p>在富含有机质和排水不良的土壤中，由于 <math>\text{MnO}_2</math> 的还原作用，提高了水溶性 <math>\text{Mn}^{2+}</math> 的含量，有时，<math>\text{Mn}^{2+}</math> 含量过多会造成毒害作用—<b>锰中毒</b>。</p> |

|      |        |                      |
|------|--------|----------------------|
| 微量元素 | 螯合物质   | 微生物产生铁载体、有机酸、氨基酸等螯合剂 |
| 抗病原菌 | 拮抗作用   | 拮抗菌及优良菌种             |
| 植物生长 | 生物刺激素  | 微生物及优良菌种，多种植物促进生长机制。 |
| 抗害虫  | 杀虫物质   | 微生物及优良菌种             |
| 土壤解毒 | 抗生素分解  | 微生物及优良菌种             |
|      | 吸收重金属  |                      |
|      | 重茬毒素分解 |                      |
|      | 病原毒素分解 |                      |
|      | 农药残留   |                      |
| 土壤结构 | 粘性物质   | 细菌、真菌、放线菌            |
| 腐殖质  | 腐植酸形成  | 众多微生物，机制不明。          |
|      |        |                      |