

## 第八章 微生物在农业中的应用

### 第一节 微生物肥料

### 第二节 微生物农药

### 第三节 有机废弃物处理

### 第四节 微生物在发酵工业中的应用

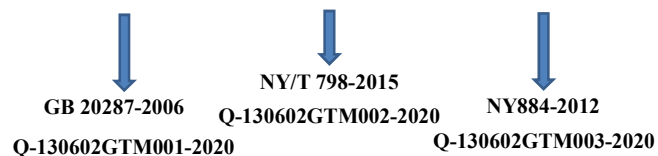
### 第五节 微生物在食品加工中的应用

### 第六节 食用菌

## 第一节 微生物肥料

**微生物肥料：**含有特定微生物活体，应用于农业生产，通过其中所含微生物的生命活动增加植物养分供应量或促进植物生长、提高产量、改善农产品品质及农业生态环境的制品。

**微生物肥料类型：**农业微生物菌剂、复合微生物肥料和生物有机肥。



## 第一节 微生物肥料

传统有机肥、微生物肥料的技术指标

肥料	形态	有效活菌	有机质	总养分	杂菌率	水分	有效期	pH
有机肥	粒状、粉状	-	≥45.0%	≥5.0%	-	≤30.0%	-	5.5~8.5
生物有机肥	粒状、粉状	≥0.2亿/g	≥40.0%	-	-	≤30.0%	≥6个月	5.5~8.5
复合微生物肥	液体	≥0.5亿/mL	-	6.0~20.0%	≤15.0%	-	≥3个月	5.5~8.5
	固体	≥0.2亿/g	≥20.0%	8.0~25.0%	≤30.0%	≤30.0%	≥6个月	5.5~8.5
农业微生物菌剂	液体	≥2.0亿/mL	-	-	≤10.0%	-	≥3个月	5.0~8.0
	粉剂	≥2.0亿/g	-	-	≤20.0%	≤35.0%	≥6个月	5.5~8.5
	颗粒	≥1.0亿/g	-	-	≤30.0%	≤20.0%	≥6个月	5.5~8.5

3

## 第一节 微生物肥料

传统有机肥、微生物肥料无害化指标要求

项目	有机肥	生物有机肥	复合微生物肥	农业微生物菌剂
粪大肠杆菌 个/g (mL)	≤100	≤100	≤100	≤100
蛔虫卵死亡率 %	≥95	≥95	≥95	≥95
砷及其化合物(以As计) mg/kg	≤15	≤15	≤15	≤75
镉及其化合物(以Cd计) mg/kg	≤3	≤3	≤3	≤10
铅及其化合物(以Pb计) mg/kg	≤50	≤50	≤50	≤100
铬及其化合物(以Cr计) mg/kg	≤150	≤150	≤150	≤150
汞及其化合物(以Hg计) mg/kg	≤2	≤2	≤2	≤5

- 农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心
- 农业农村部微生物产品质量监督检验测试中心（武汉）

4

## 第一节 微生物肥料

### 微生物肥料的特点：

- 含有一定数量的特定功效微生物活菌；
- 可促进有机质分解转化，提高地力，改良土壤结构；
- 对人畜无害，不污染环境；
- 用量小，成本低；
- 肥效慢但持久；
- 部分微生物肥料对作物品种有选择性；
- 施用效果受土壤气候等环境因子影响；
- 不能与农药混施。

5

## 第一节 微生物肥料

**农业微生物菌剂：**由一种或一种以上目的微生物经工业化生产增殖后直接使用或经浓缩、载体吸附而制成的活菌制品。



6

## 第一节 微生物肥料

农业微生物菌剂类型及其作用

菌剂类型	菌种	主要作用
根瘤菌菌剂	根瘤菌属、中华根瘤菌属、慢生根瘤菌属等	与豆科植物共生固氮
固氮菌菌剂	肺炎克雷伯氏菌属、固氮螺菌属等	自生和（或）联合固氮
解磷类微生物菌剂	解磷巨大芽孢杆菌等	将不溶磷转化为可溶磷
硅酸盐微生物菌剂	胶冻样芽孢杆菌等	分解硅酸盐类矿物，产生有效钾
光合细菌菌剂	紫色非硫细菌	将光能转化为生物能
菌根菌剂	外生菌根、内生菌根	协助植物吸收养分和水分
促生菌剂	促生菌	分泌促生物质、抵御胁迫、增加养分
生物修复菌剂	-	降低有害物质的毒害
有机物料腐熟菌剂	能够分解有机物料微生物	分解、腐熟、转化有机物料

## 第一节 微生物肥料

**微生物种类数：**单一菌剂、复合菌剂

**菌种：**细菌接种剂、放线菌接种剂、真菌接种剂

**剂型：**液体、粉剂、颗粒

## 第一节 微生物肥料

**根瘤菌菌剂**：通过大量繁殖优良根瘤菌而制成的微生物制剂，是应用最早、研究最深、应用最广的高效菌肥。



高效根瘤菌分离



分离、培养



工厂生产



## 第一节 微生物肥料

### 根瘤菌菌剂

#### 使用方法

拌种法-最常用的方法，简单易行

土壤混菌-接种菌的固氮效率高

#### 使用效果

增产 豆科绿肥增产12~67%，花生增产15%作用

种植豆科植物新区，效果更为显著

## 第一节 微生物肥料

**固氮菌菌剂**：是指除了与豆科植物共生时可以固氮的根瘤菌以外的能在自由生活状态可以固氮的微生物制剂。

### 固氮菌菌剂分类

完全自生固氮菌

联合固氮菌-与植物根部形成松散联合，但不形成共生组织

自生固氮和联合固氮效率低于根瘤固氮

水稻根际每公顷固氮量：0.013~0.025kg (66-72d)

多品种根际联合固氮量：0.02~0.026kg (95-107d)

苜蓿：250 kg hm<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup>

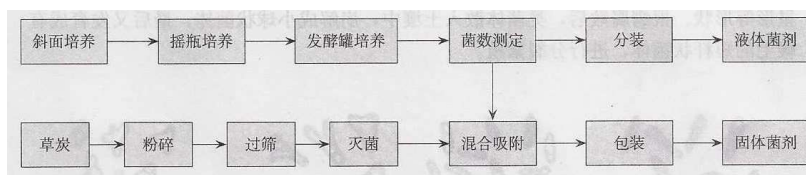
大豆、花生：100 kg hm<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup>

11

## 第一节 微生物肥料

### 固氮菌菌剂

#### 固氮菌菌剂的生产流程



液体菌剂—发酵培养后养分基本耗尽，且分装后条件发生变化，使保存时间较短

固体菌剂—载体多为有机质丰富，易透气的物质，发酵后的菌体还能繁殖

冻干制剂—活菌数高，体积小，易于运输和保存，使用方便，但成本高

12



## 第一节 微生物肥料

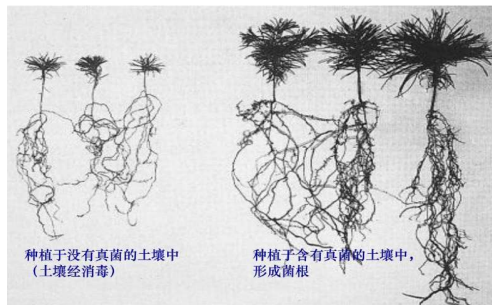
**菌根菌剂：**外生菌根和内生菌根（丛枝菌根）。

↓  
乔木和灌木

↓  
应用于育苗造林、引种、野生食用菌（松茸、块菌）等方面

彩色豆马勃，寄生范围广、抗逆性强、易培养

↓  
难以纯培养  
广谱宿主性



13

## 第一节 微生物肥料

### 菌根菌剂

丛枝菌根（AM）菌剂的生产及使用

#### 盆栽培养法

培养基质准备（沙土） → AM真菌接种 → 消毒后的宿主种子播种

适用于盆栽活体繁殖或保存AM真菌宿主植物多选择根系发达的多年生草本植物或一年生植物，如苜蓿、烟草、玉米、高粱等

#### 培养基培养法

消毒后的宿主种子在培养基上催芽萌发，生长侧根 → AM真菌接种

**使用：**利用侵染AM菌根的植物根段和有大量活孢子的根际土作为肥料应用于名贵花卉、苗木、药材和经济作物，也有小规模田间试验

14

## 第一节 微生物肥料

**促生菌剂：**植物根际促生菌剂，这类微生物存在于植物根圈，在生长代谢过程中能产生促进植物生长的物质。

### 促生菌剂的宿主植物及其效应

**宿主：**大麦、小麦、水稻、玉米、花生、菜豆、蔬菜和经济作物

**机制：**分泌植物促生物质，如氮素、生长素、赤霉素、激素、维生素和氨基酸

对豆科植物结瘤具有促进作用

产生毒素抑制杂草生长（不抑制农作物生长）

对土传病害的生物调控，如产生铁载体竞争铁离子，产生抗生素抑制病原菌、分泌胞外酶产生氰化氢或是促进根部木质素增加、诱导植物产生抗性

15

## 第一节 微生物肥料

### 促生菌剂

#### 促生菌剂使用注意事项

根际促生菌与宿主植物的关系

根际促生菌的专一性（促生作用是特定菌株的属性）

根际促生菌能否定殖与根圈，形成局部数量优势

因地制宜（土壤条件、气候条件、作物品种、施肥水平）

16



## 第一节 微生物肥料

### 解磷类微生物菌剂

土壤中的磷只有1%作用能被植物直接吸收利用

微生物转化固定的磷成为有效磷是发挥土壤潜在肥力资源的有效途径

无机磷细菌：氧化硫硫杆菌、硅酸盐细菌



有机磷细菌：假单胞菌、巨大芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌



17

## 第一节 微生物肥料

### 解磷类微生物菌剂

#### 提高肥料的措施

- 无机、有机磷细菌肥料混合使用（提高无效磷的总转化率、配合有机肥，为磷细菌生长繁殖提供环境）
- 磷细菌肥与固氮菌肥混合使用（磷细菌提供有效磷，固氮菌提供氮化物）
- 磷细菌与纤维素分解菌混合使用

18

## 第一节 微生物肥料

### 微生物肥料

**复合微生物肥料：**由特定微生物与营养物质复合而成，能提供、保护或改善植物营养，提高农产品质量或改善农产品品质的活体微生物制品。

微生物有益菌+大量元素（N、P、K）

微生物有益菌+微量元素

微生物有益菌+植物生长调节剂

微生物数量；  
复合后，肥料性质对微生物的抑制作用



19

## 第一节 微生物肥料

### 微生物肥料

**生物有机肥：**目的微生物经工业化生产增殖后与主要以动植物残体（畜禽粪便、农作物秸秆等）为能量来源并经无害化处理的有机物料复合而成的活菌制品。

特点

- 营养全、腐熟彻底、病原菌和虫卵少
- 含有功能菌和有益菌，改良土壤、促生增产
- 含有大量有机质，易于功能菌存活，改善作物根际微生物群
- 提高化肥利用效率

综合了有机肥和微生物肥料的优点



20

## 第二节 微生物农药

### 微生物农药

利用微生物活体或其代谢产物对有害生物进行防治的一类农药制剂。

<b>优点</b>	<b>缺点</b>
选择性强	药效缓慢
不污染环境	易受环境干扰
不易使害虫产生耐药性	有效期短
	质量稳定性差

#### 防治对象分类:

微生物杀虫剂: 对昆虫有致病或致死作用的微生物制剂

微生物除菌剂: 微生物及其代谢产物和由他们加工而成的具有抑制植物病害的活性物质制剂。

微生物除草剂: 利用寄主较为专一的植物病原微生物或其代谢产物, 将影响人类经济活动的杂草种群控制在危害水平下的制剂。

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 1) 细菌杀虫剂

##### 苏云金芽孢杆菌

*Bacillus thuringiensis*

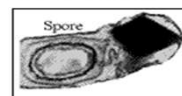
Gram-positive, spore-forming soil bacterium

开发时间最早、用途最广、产量最高、应用最成功

杀虫范围广, 对烟青虫、棉铃虫、斜纹夜蛾、稻纵卷叶螟等多种昆虫具有毒杀作用

#### 杀虫机制

- 芽孢: 在昆虫肠道萌发增殖, 穿透肠壁进入血液, 引起昆虫败血症。
- 毒素 ( $\delta$ -内毒素等), 存在于碱溶性蛋白质晶体 (伴胞晶体), 从口腔进入昆虫肠道, 伴胞晶体经肠道蛋白酶消化后释放出对昆虫有毒力的毒蛋白。



## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 1) 细菌杀虫剂

毒效检测

苏云金芽孢杆菌的生产

固体发酵法

液体深层通气法

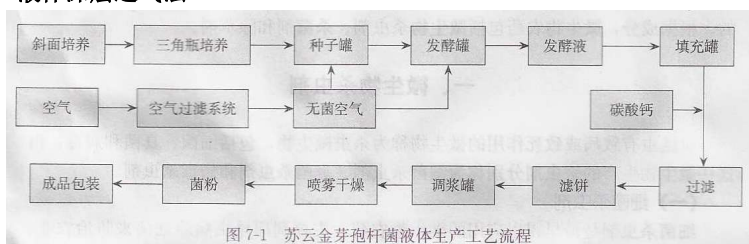


图 7-1 苏云金芽孢杆菌液体生产工艺流程

苏云金芽孢杆菌的使用

喷雾、喷粉、泼浇等方法

避免阳光直射，环境温度15℃以上（有利于昆虫发病）

23

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 2) 真菌杀虫剂

具有触杀性能，并具有广谱的防治范围、残效长，扩散力强等特点  
广泛用于防治农业害虫，其中白僵菌应用较多。

**白僵菌** 广谱型寄生真菌，属半知菌亚门白僵菌属，能侵染鳞翅目、直翅目、鞘翅目等昆虫。



球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)杀死金龟甲、松毛虫

24



## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 2) 真菌杀虫剂

##### 白僵菌的致病机制

分生孢子接触到虫体萌发，分泌几丁质酶，溶解虫体表皮侵入，或由气门进入；

大量繁殖，产孢子，弥漫在血液中，影响血液循环；

吸取养分和体液，分泌白僵菌素破坏组织，产生的代谢产物（如草酸盐类）在虫体血液中聚集，使血液pH下降，2~3 d即死亡。

##### 白僵菌的生产和使用

白僵菌对营养物质要求不严，在以黄豆饼粉或玉米粉等为原料的培养基上生长良好，并形成分生孢子。培养物干燥后制成白僵菌制剂。

白僵菌菌剂主要用于防治松毛虫和玉米螟。白僵菌可作为环境因子，持续多年控制昆虫病害。

25

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 3) 病毒杀虫剂

##### 昆虫病毒

宿主特异性强、能在害虫群体内流行、持效作用强，80%的昆虫病毒都是农林业中常见的鳞翅目害虫的病原体。

核型多角体病毒、颗粒体病毒应用最多，如棉铃虫多角体病毒、斜纹夜蛾多角体病毒、草原毛虫多角体病毒已进入商品化生产。

致病机制：通过口器侵入虫体，多角体被胃液硝化，放出病毒粒子侵入细胞核，在核内繁殖并形成多角体。



UF 棉铃虫幼虫的环节处被核型多角体病毒感染

26



## 第二节 微生物农药

### 微生物杀虫剂

#### 4) 农用杀虫抗生素

微生物产生的对害虫有毒杀作用的次级代谢产物

**有效浓度：**抗生素对微生物产生抑制作用的最低浓度。有效浓度越低，抗菌作用越强。

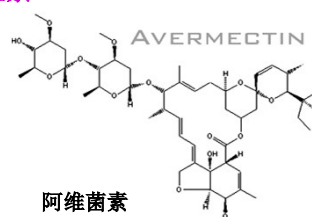


*Streptomyces avermitilis*

阿维菌素和多杀菌素属大环内酯类抗生素。

具有广谱杀虫活性  
药效快，持效长  
不污染环境

对昆虫的选择性  
强，速效低毒低  
残留



27

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀菌剂

**微生物杀菌剂类型：** 微生物活菌杀菌剂  
农用抗生素

#### 1) 微生物活菌杀菌剂

放射土壤杆菌K84—防治果树的根癌（冠瘿）病

草生欧氏杆菌—防治梨火疫病

地衣芽孢杆菌—防治黄瓜及烟草炭疽病

枯草芽孢杆菌—防治甘蓝黑腐病

假单胞菌—防治水稻纹枯病

拮抗木霉+拮抗细菌—防治蔬菜和甜瓜的苗期病害

#### 木霉作用机制

- 产生抗生素
- 重寄生作用（立枯丝核菌、苹果树腐烂病菌）
- 溶菌作用（葡聚糖酶、几丁质酶、纤维素酶等）
- 竞争作用（镰刀菌）



#### 木霉菌杀菌剂



- 枯萎病
- 立枯病
- 猝倒病
- 根腐病
- 黄萎病

规格 500克

28

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀菌剂

#### 2) 农用抗生素

应用效果最好，  
面积最大。

名称	主要应用对象	使用浓度 (mg/L)	药 理	备 注
链霉素	果树和蔬菜的细菌病害	100~200	①内吸并转运；②能和多种农	含链霉素 15%；土霉
农霉素 100 (agrimycin-100)	桃树的细菌性穿孔病、柑 橘溃疡病等细菌性病害	10~15	药混合使用；③对人畜毒性低， 无残毒	素 10% 的混合制剂
灭瘟素 S (blasticidin-S)	稻瘟病（苗瘟、叶瘟、穗 颈瘟）	10~20	①不内吸，从损伤或感病处渗 入并运转；②40mg/L 开始引起 药害；③对皮肤、黏膜、肺有接 触毒性，需注意保护；④不污染 环境和食物	
春雷霉素 (kasugamycin)	稻瘟病（苗瘟、叶瘟、穗 颈瘟）	40	①内吸性强，并转运；②对人、 畜、鱼无药害；③遇碱失效，不 能与碱性农药混用	日本称春日霉素
庆丰霉素 (fungin)	稻瘟病	60~80	①无药害；②对人、畜鱼无毒	
井冈霉素 (Validomycin)	小麦、瓜类白粉病 稻纹枯病	50	①药效可保持 3 周；②无药害； ③对人、畜、鱼无毒	井冈霉素与高效霉素 (Validomycin) 和农抗 5102-丁抗生素有效成分 相同
多抗霉素 (polyoxins)	烟草赤星病 甜菜褐斑病 人参黑斑病	100~200 赤星单位/mL	①无药害；②对人畜安全；③ 不宜与碱性农药混用；④易产生 抗性	与多氧霉素-B 有效成 分相同
放线酮 (actidione)	茶叶云枯病 甘薯黑斑病	20~30	①内吸性强；②对植物能引起 不同程度的药害；③对人畜有 一定的毒性，不可入口；④不宜与 碱性农药混用	公主岭霉素、内疗素 等抗生素的有效组分与 放线酮近似

29

## 第二节 微生物农药

### 微生物杀菌剂

#### 2) 农用抗生素

##### 井冈霉素的作用机制

内吸作用很强。能快速被水稻纹枯病菌细胞吸收并在菌体内传导，干扰  
和抑制菌丝正常生长，使其失去致病性。

##### 井冈霉素的优点

药效高，有效成分45-75 g/ha，即可达到90%以上的防治效果。

耐雨水冲洗，喷药不受阴雨天影响。

安全，不会对作物造成伤害。

增产效果明显，增产525 kg/ha以上

药效周期长，保持14-28 d。



30

## 第二节 微生物农药

### 微生物除草剂

#### 类型

- 用杂草的病原微生物直接作为除草剂

“鲁保一号”利用专性寄生于菟丝子的黑盘孢目长孢属的真菌制成，防治效果达70-95%。

- 利用微生物产生的对杂草具有毒性的次生代谢产物防除杂草

双丙氨膦有强烈的杀草活性、放线菌酮能使水浮萍枯死、茴香霉素能使稗草幼根的40-60%受抑制。

研究和应用相对较少

31

## 第三节 有机废弃物处理

有机废弃物包括农业废弃物（如秸秆、树叶、人畜粪便等）、生活垃圾、污水等。

传统的处理方法：填埋、焚烧、露天堆放（易造成二次污染）。

生物处理法：堆肥、沼气发酵（**废弃物稳定化、无污染和能源化等优点**）。

32

### 第三节 有机废弃物处理

#### 堆肥

**堆肥：**是指依靠自然界广泛分布的细菌、真菌、放线菌等微生物，有控制地促进可被生物降解的有机物向稳定的腐殖质转化的过程。

微生物学过程：**好氧堆肥**和**厌氧堆肥** 熟化时间长  
产生硫化氢等有害气体



33

### 第三节 有机废弃物处理

#### 堆肥

**好氧堆肥过程：**有氧条件下，利用好氧微生物分泌的胞外酶将有机固废分解为溶解性有机物质，再渗入细胞中。微生物经过代谢活动，把一部分有机物转化成无机物，为生命活动提供能量，另一部分转化为营养物质，形成新的细胞体，使微生物不断繁殖。

**潜育期** → **中温期** → **高温期** → **成熟期**

微生物不繁殖  
堆温基本没有变化

中温好氧微生物繁殖  
易降解有机物的分解  
堆温升高至50°C左右

堆温升高达65-70°C  
高温好氧微生物占优势  
分解复杂有机物  
杀灭有害物质  
腐殖化过程

堆温回落至40°C左右  
中温好氧微生物开始活跃  
分解残余有机质（木质素）  
腐殖质积累

无芽孢细菌、芽孢细菌、霉菌

有机质分解量较小  
分解过程缓慢利于腐殖化

芽孢细菌、高温放线菌属

34



### 第三节 有机废弃物处理

#### 堆肥

腐熟的堆肥，表面呈白色或灰白色（放线菌），内部呈黑褐色或棕褐色；有机物料完全腐熟，质地松软，无粪臭，散发出泥土气味，不招蚊蝇；pH8-9。

表 12-2 成熟堆肥的特性

项目	指标
N(%)	>2
C/N	<20
灰分(%)	10~20
水分(%)	10~20<40
P(%)	0.15~1.5
持水量(%)	150~200
阳离子交换量(mol/kg)	75~100
还原糖(%)	<0.35
颜色	棕黑
气味	泥土气

35

### 第三节 有机废弃物处理

#### 堆肥

##### 影响因素

##### 有机质含量（20-80%）

- 过低，不能产生足够的热量以维持高温，影响进程和质量
- 过高，堆制过程需氧量增加，常引发部分厌氧发酵，有机质分解不彻底，产生有毒气体

##### 营养平衡

- 碳氮比（25~35）过低，温度上升快，但最高温低，易出现氮损失；过高，堆温最高温高，但上升慢，容易缺氮影响微生物增殖。
- 碳磷比（75~100）

##### 通气量

- 为堆肥充氧外，还能够调节堆温和排除过多水分
- 不足，堆表面好气，堆内厌气，降低堆制速度，延长堆制时间
- 过量，热量散失，浪费资源

36



### 第三节 有机废弃物处理

#### 堆肥

##### 影响因素

##### 水分

- 过高，不利于升温和通风
- 过低，不能满足微生物生长所需，影响有机物分解速度
- 适宜含水量45~60%，最佳含水量45~50%

##### 温度

- 过低、过高，影响微生物活性
- 一般控制在55℃
- 通气和水分来调节温度

##### 粒径

- 粒径越小越有利于微生物的附着和作用
- 粒径过小，影响堆料的透气性能
- 一般控制在1.2~6.0 cm

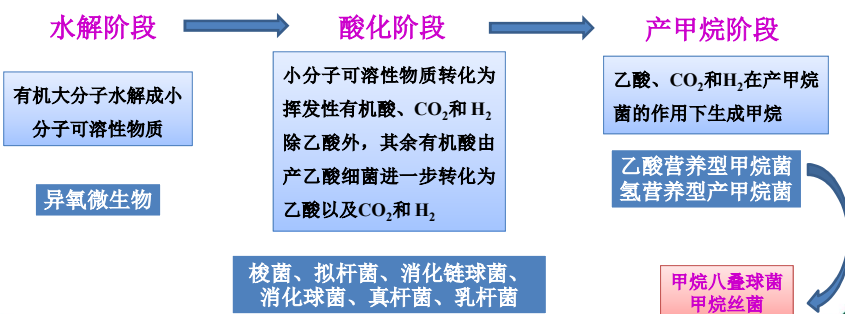
37

### 第三节 有机废弃物处理

#### 沼气发酵

**沼气发酵：**是在厌氧条件下，微生物分解转化有机废物的作用，其产物是一种可燃气体（主要成分是甲烷**热值高**、**燃烧不产生二次污染**的清洁能源）。

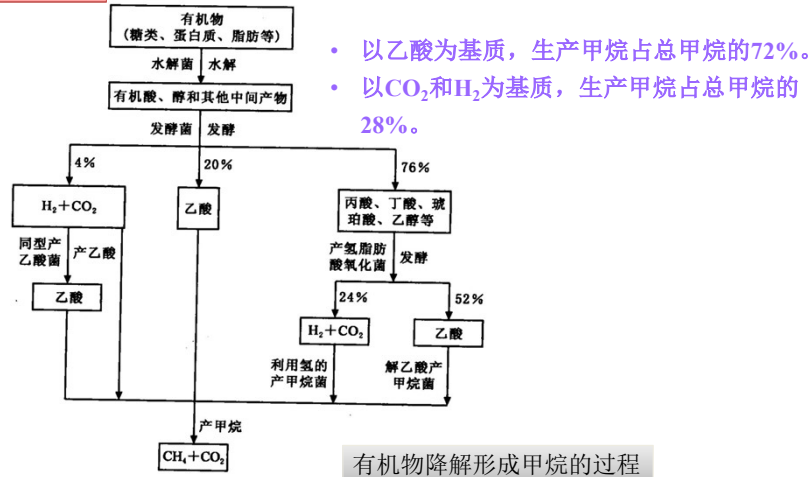
##### 沼气发酵过程



38

### 第三节 有机废弃物处理

#### 沼气发酵



39

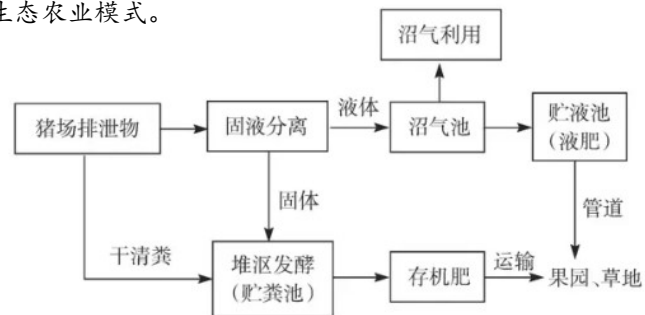
### 第三节 有机废弃物处理

#### 沼气发酵

##### 农村沼气发展生态模式

##### ◆ 南方“猪-沼-果”模式

以沼气为纽带，带动畜牧业、林果业等相关农业产业发展的生态农业模式。



40

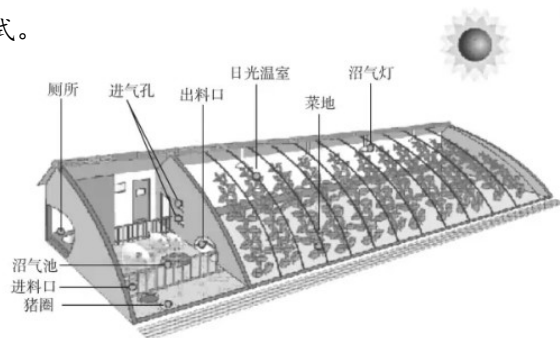
### 第三节 有机废弃物处理

#### 沼气发酵

农村沼气发展生态模式

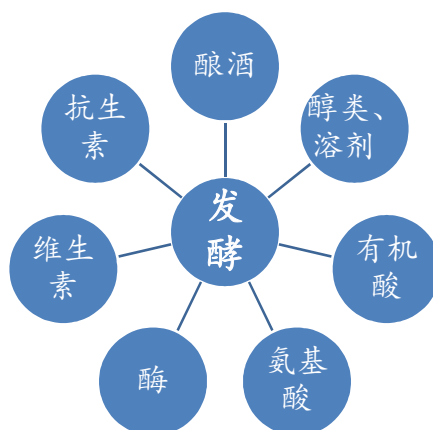
##### ◆ 北方“四位一体”模式

一种把沼气池、厕所、禽畜舍和日光温室优化组合在一起的生态农业模式。



41

### 第四节 微生物在发酵工业中的应用



42

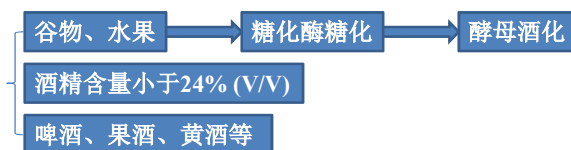
## 第四节 微生物在发酵工业中的应用

### 酿酒

酿酒历史悠久，6000年前农业生产时就出现

酒的制造工艺

- 原料经微生物发酵后产生含一定酒精的液体（酿造酒）
- 将酿造酒经过蒸馏，提高酒精含量（蒸馏酒）



43

## 第四节 微生物在发酵工业中的应用

### 酿酒

#### 啤酒发酵

大麦汁（大麦浸泡发芽后，经烘焙和液化所得），经啤酒酵母发酵成为芳香醇和的饮料啤酒。发酵过程：主发酵（高温，7-10d）和后发酵；（较低温，数周）。发酵中96%左右的可发酵性糖生成乙醇和CO<sub>2</sub>，其余2%合成酵母新细胞，2%转化为高级醇、有机酸、脂类、醛类、含硫化合物等副产物（生涩感）。

#### 白酒发酵

方式：固体发酵或半固体发酵。

酒曲：大酒曲和小酒曲（糖化、发酵、香味物质）

大酒曲：以小麦为主要原料经发酵制成的形状较大并含有多种菌（霉菌、酵母菌和细菌）和酶的曲块。

小酒曲：以米粉或米糠为原料，在发酵制造中加入中草药等辅料制成，其中微生物主要是霉菌和酵母菌。

44

## 第四节 微生物在发酵工业中的应用

### 氨基酸

谷氨酸、赖氨酸、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、精氨酸等都是发酵法生产的。

谷氨酸生产规模最大，全球年产量超300万吨，占总氨基酸生产总量的2/3。

谷氨酸生产菌：棒状杆菌属、短杆菌属、小杆菌属。

影响因素：1) 碳氮比：4:1菌体繁殖，3:1谷氨酸形成（尿素）  
2) 生物素：谷氨酸生产菌必须生长因子（亚适量）

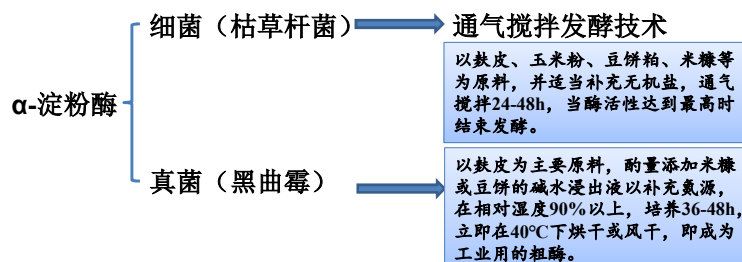
45

## 第四节 微生物在发酵工业中的应用

### 酶

生物体中含有的一种具有催化功能的蛋白质，能够使生物体内发生各种各样的生物化学变化。

**淀粉酶**：最早实现工业化生产，并且是迄今为止用途最广、产量最大的一个酶制剂品种，占整个酶制剂生产的50%。 $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶、异淀粉酶。



46



#### 第四节 微生物在发酵工业中的应用

醇类、溶剂类（乙醇、丙酮-丁醇）

有机酸（柠檬酸）

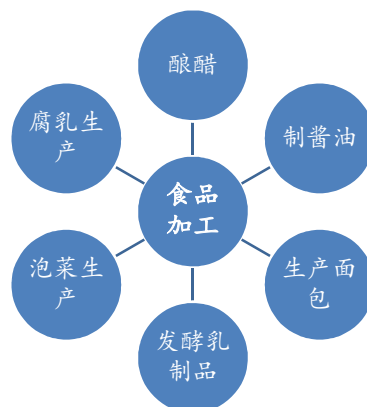
抗生素（青霉素、赤霉素、井冈霉素、阿维菌素）

维生素（维生素B12、维生素B2、维生素C）

47

#### 第五节 微生物在食品加工中的应用

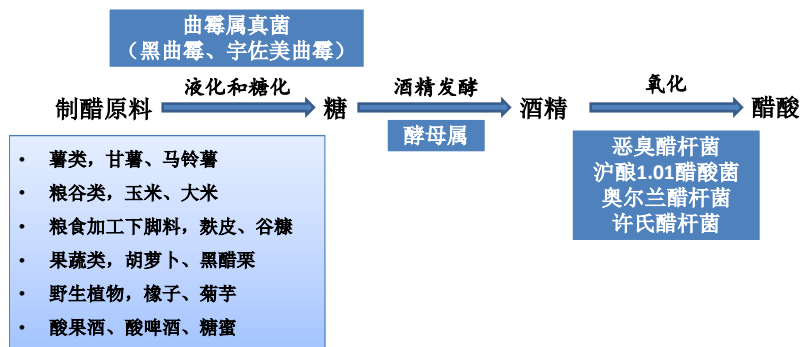
微生物用于食品生产及加工是人类利用微生物**最早、最重要**的一个方面。



48

## 第五节 微生物在食品加工中的应用

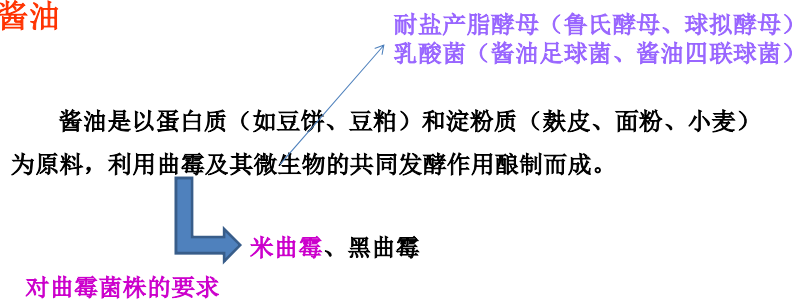
### 酿醋



49

## 第五节 微生物在食品加工中的应用

### 制酱油



- 不产生黄曲霉毒素
- 蛋白酶、淀粉酶活力高, 有谷氨酰胺酶活性
- 生长快速、培养条件粗放、抗杂菌能力强
- 不产生异味, 制曲酿造的酱制品风味好

50

## 第五节 微生物在食品加工中的应用

面包生产（啤酒酵母）、腐乳生产（毛霉）

发酵乳制品

发酵乳制品：酸奶和奶酪。

生产菌种：乳酸菌（干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌、嗜酸乳杆菌、乳酸乳杆菌）。

双歧杆菌酸奶生产工艺：共同发酵法和共生发酵法。

共同发酵法：双歧杆菌与保加利亚乳酸菌等共同发酵的生产工艺。

共生发酵法：双歧杆菌与兼性厌氧酵母菌同时在脱脂牛乳中混合培养，利用酵母在生长过程中的呼吸作用，创造一个适合于双歧杆菌生长的繁殖、产酸代谢的厌氧环境。



51

## 第六节 食用菌

食用菌是能盖形成大型肉质或胶质的子实体或菌核类组织并能提供人们食用或药用的一类大型真菌。

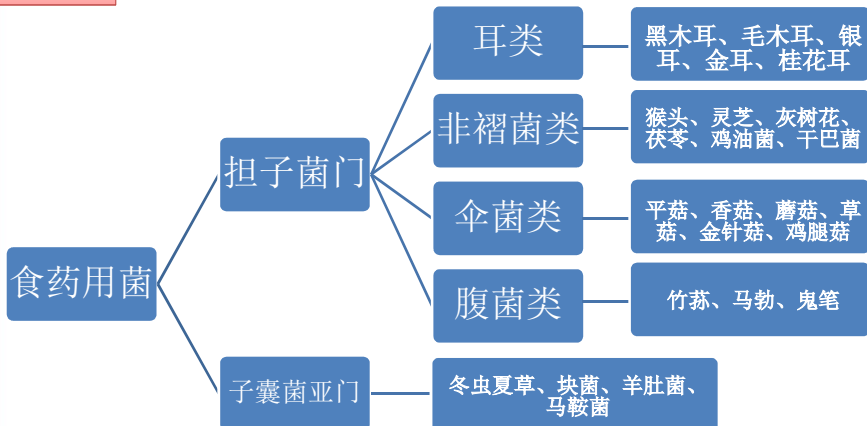
食用菌促进农业生态系统的良性循环

食用菌产业是一项变废为宝、化害为利的有机物转化途径  
食用菌产业是农村经济中最具活力、发展潜力的新兴产业  
发展食用菌能够减少农作物秸秆的剩余量同时促进有机农业发展

52

## 第六节 食用菌

### 食用菌



53

## 第六节 食用菌

### 生活条件-营养

#### ➤ 碳源

碳源：麦秸、稻草、棉籽壳、木材、木屑、豆秆、玉米芯

配置时，添加0.5~1%葡萄糖或蔗糖促进菌丝萌发和快速生长

#### ➤ 氮源

氮源：麦麸、米糠、各种饼肥、粪肥、蛋白胨等

#### ➤ 无机盐

大量元素： $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_4$

微量元素：铁、铜、锌、镁等

#### ➤ 生长因子

B族维生素

54

## 第六节 食用菌

### 生活条件-环境

#### ➤ 温度

最适、最低、最高

比菌丝生长温度低

前高后低，孢子萌发温度>菌丝生长温度>子实体分化和发育温度

怕高温、喜适温、耐低温

生长温度：5-35℃

适宜温度：20-30℃

#### ➤ 水分和湿度

水分：60-65%；配料时料水比1:1.1-1.3。

湿度：菌丝生长期湿度 60-70%；子实体分化和发育阶段湿度80-90%。

55

## 第六节 食用菌

### 生活条件-环境

#### ➤ 氧气

食用菌是好氧型真菌，对氧需求量前少后多

#### ➤ 酸碱度

大多数宜在偏酸性环境中生长，2.5-8.5。

草菇喜碱环境（8.0），而猴头菌最耐酸（2.4）

#### ➤ 光照

菌丝生长阶段不需要光线，子实体分化和发育阶段需要散射光刺激

56



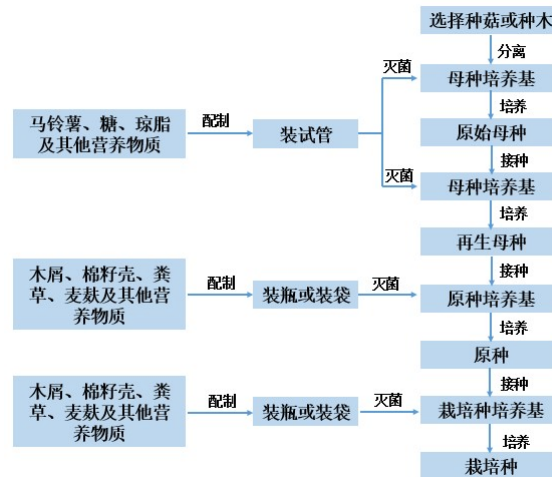
## 第六节 食用菌

### 食药两用菌制种

母种、原种、栽培种

食用菌菌种生产采样三级繁育程序。

优点：菌种数量扩大；菌丝体使用栽培基质，菌丝越来越粗壮，分解基质的能力变强，生产成本降低。



食药两用菌制种程序

57

## 第六节 食用菌

### 食药两用菌生产

表 7-8 平菇发酵料生产操作流程及操作技术要点	
操作流程	操作技术要点
配料	根据当地的资源，生产时可选择如下一种配方： ① 棉籽壳 97%，生石灰 3%，石膏 1% ② 棉籽壳 45%，玉米芯 45%，生石灰 3%，石膏 1% ③ 玉米芯 90%，麦麸 15%，生石灰 3%，过磷酸钙 1%，石膏 1%
拌料	1. 将棉籽壳、玉米芯等主料混合铺在地面上，把麦麸、过磷酸钙等辅料均匀撒在料上面，先干拌 2~3 遍 2. 把生石灰溶于水中，边拌料上洒水边翻料，翻 2~3 遍。有条件的也可用拌料机拌料
发酵	1. 把拌好的料堆成宽 1.5~2.0m、高 1.2m、长度不限的堆，每隔 30cm 打通气孔至堆底，孔径 3~5cm，料堆上面覆盖草帘或遮阳网 2. 建堆后 2~3d，当料堆内 30cm 处温度达到 60℃ 时，保持 24h 进行第一次翻堆 3. 待料温再次升到 60℃，保持 24h 再翻堆。整个发酵共翻堆 3~4 次，历时 6~9d
装袋播种	1. 选用 (24~28) cm×(45~50) cm×0.015cm 高密度低压聚乙烯塑料袋 2. 按干料 10%~15% 准备好栽培种 3. 拌入 0.1% 多菌灵、调好培养料含水量 4. 用 1% 石灰水浸泡（或袋口）外壁，以及播种人员的手等进行消毒 5. 去掉袋表层老化表皮，把菌种掰成核桃大小的块状放在消毒后的袋内 6. 待发酵好的培养料温度降至 28℃ 左右时，开始装袋播种。层播法接种，一般 3 层菌种 2 层料或 4 层菌种 3 层料
发菌管理	1. 将菌袋码放起来，层数依温度而定，料温控制在 20~20℃，温度过高及时散堆，温度低时可堆 4~6 层 2. 一周后进行翻袋，检查菌丝生长情况，挑出污染袋，加大通风换气，保持空气清新，以后每 7~10d 翻 1 次袋，结合翻袋将上下内外料袋交换位置，以利发菌均匀
码袋料袋	当菌丝长满料袋后，摆放到出菇场，按每行 3~5 层袋摆式排列，行距 60cm 以上，采取两端出菇
出菇期管理	1. 采用通风、撒青草等方法调控温度，低温型品种温度应控制在 10℃ 左右，中温型品种温度应控制在 22℃ 左右，高温型品种温度应控制在 28℃ 左右 2. 空间相对湿度保持在 85%~90%，利用喷雾器将水雾化后向空中或地面喷洒增加湿度。相对湿度低时，水不能直接喷向菌袋，当菌袋长到 2cm 大小时可将少量水雾化后直接轻喷于菌体表面 3. 每天通风，供给足够氧气，通风不良，会出现小菌、长柄的畸形菇
采收	1. 在菌盖充分展开，菌盖与菌柄连接处下部出现白绒毛，即将菌袋置于背光处保湿 2. 一手按住菌体顶部，一手拿住菌柄转动，以防采摘时带下过多培养料；对于菌土微发菌的采收法，可采用刀割法采收，即用刀沿菌盖和菌柄连接处切下
采后管理	1. 菌体采摘后，及时清理料面，去除残菌菌根及死菇、烂菇等 2. 停止喷水后 3~7d 利用调控生产场所内的温度、湿度和通气等，催发下一潮菇生长，如此往复管理
补充营养液	1. 配制 0.2% 尿素或 0.2% 尿素+0.1% 磷酸二氢钾 2. 对于码袋出菇的料袋，在采收两茬菌后用补水器将营养液注入菌袋 3. 对于菌堆出菇方式，可直接从菌堆上面水盘中加入

58

## 第六节 食用菌

### 食药两用菌生产

常用的原种和栽培种培养基配方及其适用菌类

主料	培养基配方	适于培养的菌类
棉籽壳	棉籽壳99%，石膏1%，含水量60±2% 棉籽壳84-89%，麦麸10-15%，石膏1%，含水量60±2% 棉籽壳54-69%，玉米芯20-30%，麦麸10-15%，石膏1%，含水量60±2%	侧耳属、木耳、金针菇、滑菇等大多数木腐菌类
木屑	阔叶树木屑78%，麦麸20%，糖1%，石膏1%，含水量58±2% 阔叶树木屑63%，棉籽壳15%，麦麸20%，糖1%，石膏1%，含水量58±2%	香菇、木耳、平菇、金针菇等大多数木腐菌类
腐熟料	腐熟麦秸或稻草（干）77%，腐熟牛粪粉（干）20%，石膏粉1%，碳酸钙2%，含水量62±1%，pH7.5 腐熟棉籽壳（干）97%，石膏粉1%，碳酸钙2%，含水量55±1%，pH7.5	双孢蘑菇、大肥菇、姬松茸等
谷粒	小麦、谷子、玉米或高粱97-98%，石膏2-3%，将谷粒煮至熟而不烂，滤去多余水分，晾至表面无水分，拌入石膏粉	除银耳外食药两用菌

59

## 第六节 食用菌

### 食药两用菌生产

**种植**

成长的喜悦

简单的种植，陪伴的美味，体验着成长的乐趣。




60