

# 天麻有性繁殖技术

沈业寿 主编



安徽大学生命科学学院

# 天麻有性繁殖技术

沈业寿 主编

（限内部使用）



安徽大学生命科学学院

2000年10月第一版第一次印刷 2001年10月第二版第一次印刷

2010年6月第三版第一次印刷

安徽省食用菌技术协会 服务窗口：3204396913@qq.com



检查有性繁殖试验结果（第一代麻种）



蜜环菌（自菌索长出的子实体）

# 前 言

天麻是我国特产的名贵中药材，其药用在我国已有两千多年历史，对某些病症具有显著的疗效，因此，经济价值极高。建国以来，我国的科技人员和广大产区的药农一起，经过多年的研究，已基本掌握了天麻生长发育的规律，积累了很多人工栽培天麻的经验，使天麻的栽培面积由小到大，栽培天麻，已成为山区人民致富的好产业。但长期以来，由于人们一直采用无性繁殖方式栽培，使得野生种源日渐减少，多代无性繁殖后，种麻退化严重，产量低而不稳，商品品质变劣，严重影响天麻生产产业的发展。而有性繁殖可以获得较多的优质种麻，是解决种源不足、种麻退化，选育优良品种的最有效途径。然而由于天麻的有性繁殖过程包括萌发菌的培养、蜜环菌的培养、种麻的栽植、人工授粉、天麻种子的采收、菌叶拌种、播种培育和无性繁殖等多套工序，要想掌握必须系统学习与实践。

应广大麻农的要求，在自己多年教学与实践的基础上，参考了一些文章、书籍，利用业余时间编写成册，供天麻栽培专业户、技术推广人员及有关致力于中药研究的人员参考。

限于编者水平，书中可能有错误之处，希望各位同行和广大读者在使用过程中随时提出批评和指正，不胜感激。

编者

2010.6

于安徽大学

# 目 录

一、概述	.....
二、天麻的生物学特性	.....
(一) 天麻的形态特征	.....
(二) 天麻的生态环境	.....
(三) 天麻的生活史	.....
(四) 天麻的生长特性	.....
三、天麻的共生菌	.....
(一) 菌丝体	.....
(二) 菌索	.....
(三) 子实体	.....
(四) 生物学特性	.....
四、主要制种设备及消毒药品	.....
(一) 主要制种设备	.....
(二) 消毒药品	.....
五、纯菌种的分离技术	.....
(一) 孢子分离法	.....
(二) 组织分离法	.....
(三) 基内菌丝分离法	.....
六、菌种、菌材的生产技术	.....
(一) 培养基	.....

(二) 菌种的生产.....

(三) 菌材的培育.....

七、天麻种子的培育.....

(一) 栽植箭麻.....

(二) 抽苔管理.....

(三) 人工授粉.....

(四) 果实采收.....

八、播种和管理.....

(一) 播种.....

(二) 管理.....

(三) 采收.....

九、无性繁殖.....

(一) 畦(窖、坑)栽培法.....

(二) 箱栽法.....

(三) 塑料袋栽培法.....

十、病虫害防治.....

(一) 病害及其防治.....

(二) 害虫及其防治.....

十一、天麻的采收与加工.....

(一) 天麻的采收.....

(二) 天麻的加工.....

## 一、概 述

天麻的药用价值，早在公元前一百多年，我国第一部药书《神农本草经》中就有记载，至今有二千余年历史。天麻又名神草，仙根，赤箭，定风草等，俗称山萝卜，水洋芋等。到目前为止，全世界已发现该属植物约有 30 余种。分布于热带、亚热带、温带及寒温带的山地。东起新西兰、新喀里多尼亚岛，西至马达加斯加。南由澳大利亚、新西兰，北抵中国的东北、前苏联远东地区。主要包括中国、印度、泰国、不丹、尼泊尔、锡金、日本、斯里兰卡、马达加斯加、澳大利亚、新西兰、马来西亚、印度尼西亚，以及朝鲜、菲律宾、前苏联远东的阿穆尔州、沿海边疆区，千岛群岛等地区。菲州大陆和欧洲、美洲未发现本属植物。

我国天麻属 (*Gastrodia*) 植物已发现有 13 个品种，即天麻 (*G. elata*)、原天麻 (*G. anqusta*)、细天麻 (*G. gracilis*)、南天麻 (*G. javanica*)、疣天麻 (*G. tuberculata*)、勐海天麻 (*G. menghaiensis*)。其中细天麻、南天麻主要分布在台湾省，疣天麻在云南省中部地区发现，原天麻分布于云南省丽江、石屏及四川省峨媚的高山区。此外，据文献记载台湾还有夏天麻 (*G. flabilabella*)、春天麻 (*G. fontinalis*)、秋天麻 (*G. autumnalis*)、北插天麻 (*G. peichatieniana*)、冬天麻 (*G. hiemalis*)、无喙天麻 (*G. appendiculata*)、八代天麻 (*G. confusa*)。

我国天麻分布区，主要分布的是 *G. elata*。有六个变型：红天麻 (*G. elata f. elata*)、黄天麻 (*G. elata f. flavida*)、绿天麻 (*G. elata f. Viridis*)、乌天麻 (*G. elata f. Glauca*)、松天麻 (*G. elata f. alba*)、毛天麻 (*G. elata f. pilifera*)。

在野生环境条件下，红天麻主要分布在海拔 800m~1500m 的山区，乌天麻主要分布在海拔 1500m 以上的高山。现在通过人工杂交，已培育出乌红天麻。目前我国主要栽培品种为乌红天麻、乌天麻和红天麻。

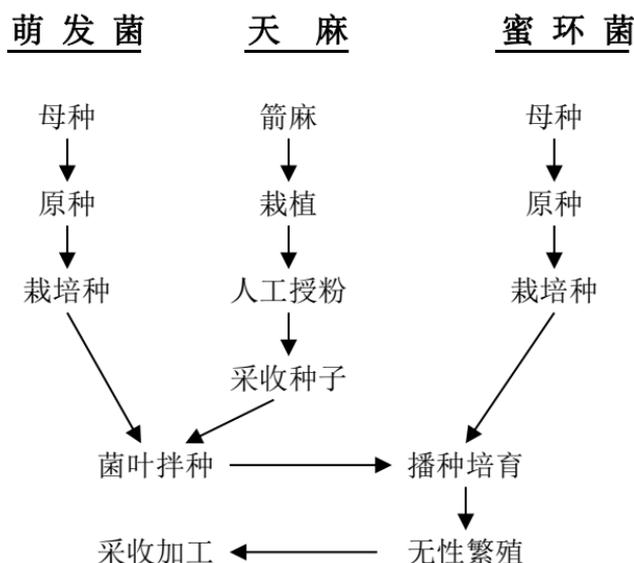
天麻的药用部分是地下块茎。现代药物分析，主要化学成分有：（1）酚类及甙类化合物：有天麻素（天麻苷），对羟基苯甲醛、4, 4' -二羟基二苯基甲烷、4, 4' -二羟基二苄醚、4-乙氧甲苯基4' -羟苄基醚、4-乙氧甲苯基4' -羟苄基醚等。1981年日本学者又从天麻中分离出另外3个化合物，即双-(4-羟苄基)醚-单-B-D-吡喃葡萄糖甙、4-羟基苄基甲醚、4-(4' -羟基苯氧基)苄基甲醚。（2）甾醇及有机酸类：从天麻中分离得到的甾醇化合物有B-谷甾醇，豆甾醇和胡萝卜甙；分离得到的有机酸有柠檬酸、柠檬酸单甲酯、柠檬酸双甲酯、琥珀酸、棕榈酸、L-焦谷氨酸。（3）多糖：从天麻中分出3种杂糖复合物。GE-I组成为葡萄糖：甘露糖：木糖：阿拉伯糖（70：1：0.5：0.3）；GE-II组成为葡萄糖：甘露糖（19：1）；GE-III是葡萄糖及微量甘露糖。此外天麻中还含有葡聚糖。

天麻味甘，性微温，临床上用于主治头晕目眩，耳源性眩晕，中风惊痛，肢体麻木，半身不遂，言语蹇涩，特别是对神经性头痛和高血压头痛有奇效。药理研究表明天麻具有镇惊、抗癫痫、镇静、安眠、镇痛、促智抗衰老、抗缺血缺氧、降压、增强抗炎免疫等作用。天麻也是一种强身健体、抗衰老、改善学习的上等保健佳品。

由于天麻的药用价值高，热带地区又不产，靠稀少的野生天麻入药，远远不能满足人们的需要，因此天麻的价格高昂。近年人工栽培天麻技术有了很大突破，目前已达到不受自然条件、土地面积、人力等各方面条件限制的水平。山区、

平原、农村、城镇、室内、室外都可种植。天麻生产不与农、林、牧争地、争肥、争劳力，是一项投资少、见效快、收益大、易管理的家庭副业，是山区脱贫的好途径、劳动致富的好门路。因此在我国陕西、云南、贵州、四川、湖南、湖北、江西、浙江、安徽、福建、广东、广西、河北、甘肃等省、区广为种植，发展很快。

天麻在人工栽培条件下连续两三代以后就会产生生理退化，经多代无性繁殖退化严重，产量迅速下降，个体形态由短粗变细，种麻减少，分生能力差，蜜环菌的抗逆性下降。三老（老种麻、老菌柴、老窝子）最易使天麻感染病害，轻者引起天麻生长不良而退化，重者导致腐烂甚至无收。因此采用有性繁殖和速生高产栽培技术是天麻更新复壮，防止退化，提高抗逆性，获得高产的保证。天麻的有性繁殖过程如下图：



## 二、天麻的生物学特性

### (一) 天麻的形态特征

天麻 (*Gastrodia elata*) 是兰科植物，多年生，草本，异养。天麻成株由地下块茎、地上块茎、花、果实与种子组成。在漫长的演变过程中，天麻变成了无根、无绿叶，不含叶绿素，不能进行光合作用，不能从土壤中吸收无机盐类，全靠与蜜环菌共生而生长的特殊植物。

天麻花的构造，花冠不整齐，呈唇形，雌雄同花，合蕊柱，雄蕊的花药呈帽状在合蕊的顶端，难脱落，雌蕊的柱头在合蕊柱的基部凹陷处，靠昆虫授粉率低，需人工授粉。

天麻的果实为蒴果，有 6 条纵裂。每果含种子万粒以上，成熟的种子青灰色，粉末状，光滑，种皮薄，两端延伸呈翅状 (图 1)。

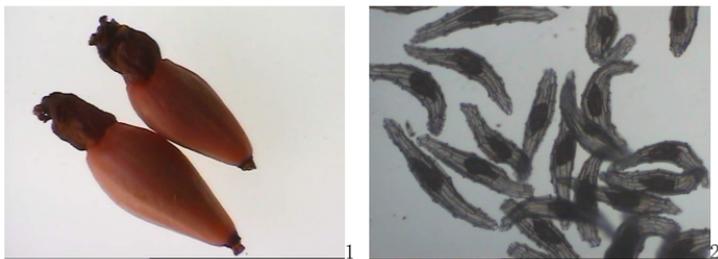


图 1 天麻的蒴果和种子

1. 蒴果 2. 种子

天麻药材的性状，块茎呈扁长椭圆形，略弯曲，皱缩，外皮不易脱落，长 6cm~20cm，宽 2cm~8cm。表面黄白色或浅黄棕色，半透明，有不规则沟纹，并可见横环纹。头尾两端钝圆，顶端有残留茎痕，下端有圆脐疤痕，质坚，不易折

断。断面角质，平滑，黄白色至淡黄棕色。嗅特异，味甘。

## （二）天麻的生态环境

天麻属于高海拔条件下生长的药用植物，野生天麻多分布于海拔 700m~2800m 的山区，其垂直分布特征和高山区的气候条件有关。

天麻是异养植物，种子的萌发率取决于萌发菌的质量和数量，生长需蜜环菌提供营养。所以，天麻的种子萌发和生长所需的生态环境条件要求，必须与萌发菌和蜜环菌的要求基本一致。原则上要求提供一个凉爽、湿润、有一定的森林覆盖度的良好环境。最忌酷热。

在人工栽培条件下，只要人为控制夏季高温和冬季低温，满足蜜环菌生长的条件，就可实现在平原、低山或南方炎热地区以及东北低温地区栽种天麻。

天麻种子在 15℃~25℃之间都能萌发，但发芽最适宜的温度是 22℃~25℃，超过 30℃种子发芽受到抑制。播种初期，温度不够时，要采取增温措施，温度较高时，应在天麻畦床上搭遮荫棚，四周洒水降低温度。栽培床要保持湿润潮湿状态即可。

天麻和蜜环菌生长的最适宜温度均为 15℃~25℃，因此当天麻栽培层的温度升到 14℃左右时，天麻的块茎开始萌动生长；当温度升到 20℃以上时，天麻进入迅速生长期；温度超过 30℃以上时，天麻的生长受到抑制。

天麻的生长土壤要求通气性良好，富含腐殖质的砂质壤土，含水量一般在 50%~65%之间，土壤 pH 以 5.0~6.5 为宜。

天麻从下种到收获，整个无性繁殖过程都在地下，因此对阳光无明显要求。天麻无性繁殖对空气湿度要求不严，而在有性生殖过程中，以箭麻抽苔出土到果实成熟，要求空气

相对湿度应保持在 85%左右。

### (三) 天麻的生活史

天麻的生活史应包括由种子萌发到新的种子成熟的全过程。自然条件下，天麻完成一个生活史需要 3 年~4 年，但在人工控制下天麻完成一个生活史的时间可缩短 2 年整（24 个月）的时间。天麻完成一个世代，从种子开始，在共生萌发菌的作用下，萌发形成原球茎。原球茎又与蜜环菌共生，生长发育成米麻，白麻，箭麻，禾麻（图 2）。

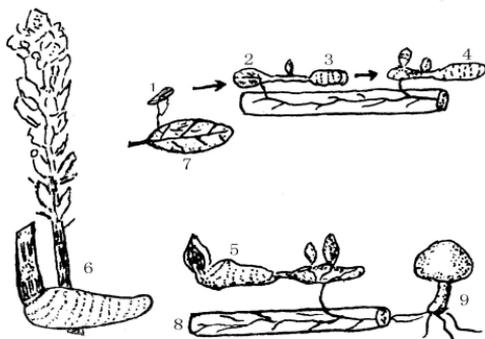


图 2 天麻的生活史

1. 种子 2. 原球茎 3. 米麻 4. 白麻 5. 箭麻  
6. 禾麻 7. 菌叶（萌发菌） 8. 菌材 9. 蜜环菌

**1. 种子** 天麻种子呈纺锤形至新月形， $670\ \mu\text{m} \times 12\ \mu\text{m}$ ，种子由胚及种皮两部分构成，无胚乳。种皮膜质，由一层无色透明的长方形薄壁死细胞组成。种子尖端孔裂，种胚位于种子中部，椭圆形，由数十个原胚细胞和分生细胞组成。

**2. 原球茎** 原球茎是由种子发育而成。种子在 5 月~7

月被播种到萌发菌菌床之后，吸水膨胀，种皮变软，萌发菌侵染供养，促使种子萌发形成原球茎。原球茎形态与种胚相似。原球茎具有组织分化，可分为原球柄和原球体两部分。

**3. 米麻** 原球茎在蜜环菌侵染供给养分的条件下，逐渐长成米麻。米麻与白麻在解剖学上相似，但个体小于白麻。米麻作为无性繁殖扩种用最为适宜。

**4. 白麻** 米麻在适宜的温度条件下（13℃左右），顶芽首先萌动，而后侧芽萌动，随着气温升高，顶芽和侧芽生长成柄状茎。柄状茎继续生长，膨大形成新的块茎，此时，顶芽具生长锥并有白色粗壮的幼芽，故称白麻。白麻有明显的环节，节处有薄膜鳞片，鳞片腋内可见突起的潜伏芽。大白麻可做种栽培，也可入药，中小白麻不能入药，只能做种麻栽培。

**5. 箭麻** 白麻的顶芽萌动生长出侧芽，此时的侧芽随着气温逐渐升高生长加快，顶芽的先端生长膨大形成具混合芽的箭麻。箭麻有三大特征：顶生花茎芽，尾部的脐点和周身的环纹。箭麻天麻苷等药用成分含量较高，一般以箭麻作为商品麻采收加工。

**6. 禾麻** 箭麻的混合芽经低温休眠后，于次年抽苔出土，即禾麻。

禾麻茎圆柱形，不分枝。茎高1 m~1.3m，直径1cm~1.5cm，有5节~7节，节上有鞘状包茎的膜质鳞片互生。前期禾麻茎肉质实心，海绵状，果子成熟后，茎变为中空，颜色变深。

天麻花序为总状花序，长30 cm~40cm，花序发育时花原基以螺旋状的方式不断由基部向顶分化形成花芽。花色因品种不同而不同，有桔红色、黄红色、红棕色、水红色、淡黄色、淡绿色和白色等。一般每株可开30朵~70朵花，花朵的

多少与种箭麻的大小和气候条件及栽培基质有关。雌雄同株，自花授粉。

#### （四）天麻的生长特性

1. **避光性** 天麻除了在禾麻阶段需要部分的散射光外，从种子播种直到箭麻收获都生长在地下，具有避光性特点。

2. **向气性** 天麻在栽培土壤透气性不好的情况下，有向气性生长的趋势。

3. **向湿性** 当栽培土层水分不足时，天麻有向湿度大的地方生长的特性。

4. **负向地性** 天麻在野生条件下，多分布于 10cm 左右的土层中，不同生育形态的块茎其分布也有层次之分，小白麻分居在最底层，大白麻居中间层，箭麻居最上层（距地面 6cm~7cm），近地表 2cm 左右的土层中可见许多箭麻的混合芽。这种渐向地表接近的生长趋势说明了天麻的负向地性。

5. **退化性** 天麻经多代无性繁殖后会出现退化现象，表现为产量大幅度下降、箭麻单个重量降低、被蜜环菌侵染的箭麻数增加、箭白麻数量减少、块茎体形细长、种麻色泽加深、被病害侵染的机率大大增加等。

发生退化的主要原因是天麻在较长时期的栽培繁殖过程中受到人的干预造成，人工栽植减弱了天麻群体间竞争生长的能力，多代无性繁殖促使天麻的生长发育繁殖机能逐渐减退甚至消失。目前已知的退化防治措施是在天麻的生产过程中采用有性繁殖与无性繁殖交替进行的栽培方式，尽量避免栽种第 3 代以后的无性繁殖栽培的天麻种。因为，无性繁殖杂交一代和杂交二代的鲜天麻各性状均表现出显著的杂种优势。但我们应清楚的认识到的，有性繁殖虽然可以解决天麻产量下降问题，却不可避免天麻品种的退化，因此天麻优良品种的选育才是确保天麻稳产高产的关键。

### 三、天麻的共生菌

与天麻共生的蜜环菌 (*armillaria mellea*) 和萌发菌[小菇属 (*Mycena*) 的紫箕小菇 (*Mycena asmundicola*)、石斛小菇 (*M. demdrobii*)、兰小菇 (*M. orchicola*) 等]均属高等担子菌，在生长和发育过程中，首先要经过一段时间的营养阶段，然后进行无性繁殖和有性生殖产生孢子。其营养阶段的营养体，称为菌丝体，繁殖阶段的繁殖体称孢子体。

#### (一) 菌 丝 体

当蜜环菌或萌发菌在自然基质上或培养基上生长时，首先看到的是丝状物。生物学上把每一根细丝称作菌丝，一团菌丝则称为菌丝体。

蜜环菌和萌发菌的菌丝体都是由孢子萌发产生的。菌丝具复杂的分枝和横隔膜。接种在培养基上的菌丝体，经培养长成菌落。

#### (二) 菌 索

蜜环菌的菌丝相互平行交织在一起形成菌索。菌索外貌很象高等植物的根（又称作菌根），有一个颜色较深的外层，中央菌髓和一个生长的尖端（生长点）。能抵抗不良环境而保持休眠状态，当环境条件适宜时，从尖端生长点恢复生长。幼嫩的菌索为棕红色，生长点白色，有光泽，发光。菌索衰老后，颜色变为黑褐色至黑色，表面失去光泽，不再发光。菌索的生长活力与荧光成正比，因此我们可以根据菌索能否发光或其发光的强弱来判断菌索的死活及其生活力。老化的菌索成空壳，失去再生能力。

### (三) 子 实 体

子实体是蜜环菌和萌发菌的产孢机构，伞状，除产孢组织外，还包括有各种对孢子的保护、形成、传播有作用的组织，拟组织及辅助结构。菌盖由表皮、菌肉和子实层（子实层内的担子产生担孢子）组成，子实体是纯菌种分离的好材料。

1. **蜜环菌** 蜜环菌子实体中等大小。菌盖肉质，直径4 cm~14cm，扁半球形，后平展，中部钝或稍下凹，淡土黄色至浅黄褐色，老后棕褐色，中部有平伏或直立的小鳞片，有的近光滑，边缘具明显的条纹。菌肉白色，菌褶白色或稍带肉粉色，直生至延生，稍稀，老熟常出现褐色斑痕。菌柄长5 cm~14cm，粗0.7cm~1.9cm，圆柱形，基部稍膨大，常弯曲，与盖面同色，有纵条纹或毛状小鳞片，纤维质，内部松软，后中空。菌环上位，白色，幼时双层，松软。孢子椭圆形或近卵圆形，无色或稍带黄色，光滑， $(7\sim 11)\mu\text{m}\times(5\sim 7.5)\mu\text{m}$ ，孢子印白色。

2. **小菇属** 小菇属中目前报道较多的是紫萁小菇和兰小菇。

(1) **紫萁小菇** 子实体散生或丛生，菌盖直径0.15 cm~0.5cm，发育前期半球形，灰色，密布白色鳞片，后平展，中部微突、灰褐色，边缘不规则，白色，甚薄，柔软，无味无臭，盖表细胞球形成宽椭圆形，有刺疣， $13\sim 19\mu\text{m}\times 10\sim 15\mu\text{m}$ ，菌褶白色、稀疏，9片~32片，离生，放射状排列，不等长，缘侧密布具刺疣、梨形的囊状体， $23\sim 31\mu\text{m}\times 9\sim 11\mu\text{m}$ ；菌柄长0.8cm~3.1cm，中生直立、中空、圆柱形，上部白色，基部褐色，稀疏散布白色鳞片。

(2) **兰小菇** 子实体单生，菌盖直径1.5mm~3mm，冒状或近半展，边缘具细褶皱，稍内卷，具浅灰褐色条纹，

表面密布白色柔毛至白色至近白色颗粒状柔毛。菌褶近直生，不等长，不分叉，表面粗糙，解剖镜下观察密布白色柔粉粒。菌柄中生，细长， $13\sim 23\times 0.5\sim 1\text{mm}$ ，中空，纤弱，浅污黄色至透明状污白色，具细柔毛，基部具圆盘基，稍膨大。

#### (四) 生物学特性

##### 1. 蜜环菌

(1) 寄生性 蜜环菌是一种兼性寄生菌，适应性很强，即能利用枯死的树干、树根枯枝落叶、杂草等营腐生生活，又能寄生在活树根、树干皮下的皮部和木质部之间，分解吸收树木的初腐液和皮层组织，引起活树发生根腐病。

(2) 营养 蜜环菌能利用的碳源和氮源极为广泛。据报道，蜜环菌可浸染 600 多种针、阔叶树和甘蔗、草莓、马铃薯、槲类等，蜜环菌能利用多种单糖、双糖及淀粉等多糖作碳源，就菌丝生长而言，以玉米淀粉效果最好，葡萄糖次之，蔗糖较差。因此，含大量淀粉的植物是蜜环菌良好的营养物。蜜环菌可利用硫酸铵、氯化铵、磷酸二氢氨等无机氮化合物及天门冬酸胺、蛋白胨等有机氮作氮源。在固体发酵中，花生饼粉、酵母浸膏、玉米浆、麸皮等均可作为氮源和生长因子的来源，其中以花生饼粉、酵母浸膏的效果较好。

(3) 温度 蜜环菌的菌丝体在  $5^{\circ}\text{C}$  以上开始生长，但最适宜温度是  $23^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，此温度也是菌丝和菌索发光最强的温度。低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，菌丝体进入休眠状态，在  $-30^{\circ}\text{C}$  也不会死亡；但高于  $30^{\circ}\text{C}$  菌丝停止生长， $40^{\circ}\text{C}$  以上可导致菌丝体死亡。

(4) 湿度 蜜环菌喜欢在湿润条件下生长发育。在自然条件下，空气湿度在 80% 以上时，蜜环菌生长发育良好，空气湿度低于 60% 时，菌丝生长缓慢以至停止生长。蜜环菌菌丝体

能耐一定程度的干旱，当空气湿度为20%，木材基质的绝对湿度仅8%时，经两周菌丝仍不会丧失生命力。但是，空气和土壤干燥，蜜环菌浸染寄主的能力会减弱。人工培养蜜环菌，木材基质含水量保持60%，空气湿度70%~85%时，有利于菌丝生长发育。

(5) 空气 蜜环菌是一种好气性真菌，菌丝、菌索和子实体都需要在良好的通气条件下，才能正常生长发育，蜜环菌没有氧气就不能生存，但菌索有运送氧气的功能。因此，能在固体培养基中穿透一定的距离，这也是为什么蜜环菌能在湿透的段木中生存，在培养菌材和伴栽天麻时，须选择透气性好的土壤，栽培覆盖土不宜过厚的缘故。

(6) 光线 蜜环菌与其它大多数食、药用菌一样，菌丝和菌索生长不需要光线，子实体育育则需要散射光，无光照子实体会产生畸形或不孕。

(7) 酸碱度 蜜环菌菌体在pH3~8之间均可生长，最适pH为5~6，超过7.0时生长便严重受阻。微酸性土壤最适合蜜环菌生长，重粘土、碱土和盐土不适合蜜环菌生长。

## 2. 小菇属

(1) 寄生性 小菇属是一类兼性腐生（弱寄生）菌，多腐生于高山林间落叶上，对纤维素有强烈的分解能力，秋冬树叶脱落于地面，接触土表保湿的枯枝朽叶。小菇属真菌又可侵入具有生命力的天麻种子中，使种子共生萌发，因此小菇属一类真菌，主要营腐生生活，但也兼有寄生的特性。

(2) 营养 以葡萄糖作为碳源，添加3%的麦麸时，萌发菌菌丝生长效果最好。

(3) 温度 菌丝在20℃~28℃温度范围内均能生长。以25℃左右菌丝生长最快，低于20℃或高于25℃菌丝生长速度明显减慢，30℃菌丝停止生长。

(4) 湿度 萌发菌和蜜环菌一样，都是在湿润的条件下才能正常的生长，空气相对湿度都必需在 80%以上，其生长随着空气湿度的降低和基质中的含水量减少，生活力下降直至死亡。

(5) 空气 萌发菌是一类好气真菌，它们在森林中主要分布在林间枯枝落叶层及表层土壤中，在培养过程中发现，如果培养料装得太多或瓶盖太紧，菌丝生活力减弱甚至死亡。

(6) 光线 萌发菌和多数药用真菌一样，其菌丝体的生长不需要光线，但子实体的形成需要光线刺激。

(7) 酸碱度 pH 值对萌发菌生长的影响较大，在培养过程中 pH 值向酸性方向变化。中性及偏酸性条件均利于小菇属真菌的菌丝生长，但以 pH 值 5~6 最适宜，碱性条件不利于菌丝生长。

## 四、主要制种设备及消毒药品

### (一) 主要制种设备

1. **灭菌设备** 是将配制好的培养基（料）及器皿进行灭菌的设备（图3）。常用的有高压灭菌器和常压灭菌灶（也可用大油桶建造成蒸汽发生器）。高压灭菌器有手提式、立式和卧式等类型。采用高压蒸汽灭菌，一般在0.1Mpa~0.15Mpa压力下，母种培养基灭菌30分钟左右，原种、栽培种培养基需灭菌2小时~4小时。采用常压灭菌灶灭菌原种、栽培种培养基，依据被灭菌材料的多少，一般在蒸汽上来后还需灭菌10小时~18小时。

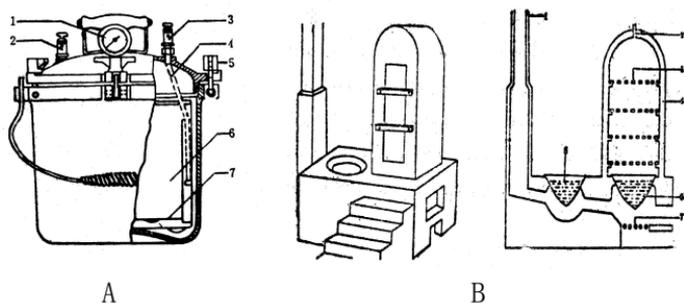


图3 灭菌设备

- A. 手提式高压灭菌锅剖面：1. 压力表 2. 安全阀 3. 放气阀 4. 软管  
5. 紧固螺栓 6. 灭菌锅腔 7. 筛架 B. 常压灭菌灶：1. 烟囱 2. 泄气孔  
3. 隔层 4. 锅壁 5. 后锅 6. 前锅 7. 炉栅

2. **接种工具** 接种工具可以自己制作，最普通的制作材料是自行车或人力车钢丝。一般钢丝在烧灼后易生锈，最好采用不锈钢丝、电焊条或镍合金钢丝制作。常用的接种工具

有接种铲、接种钩、接种刀、手术镊等（图4）。

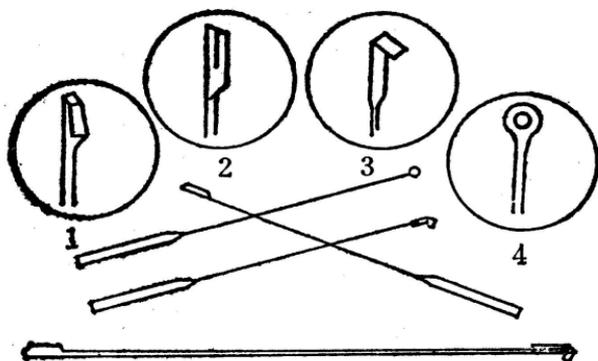


图4 接种工具

1. 接种铲 2. 接种刀 3. 接种耙 4. 接种环

**3. 接种室和接种箱** 接种室和接种箱又叫无菌室和无菌箱。它们的设置或放置不宜与灭菌室及培养室距离过远，以免在搬运灭菌物品过程中造成杂菌污染。接种室和接种箱是专供蜜环菌和萌发菌菌种分离和转接使用。接种箱可用木材和玻璃制成，尺寸自定，可单人操作也可双人操作（图5）。也可用铁丝和塑料薄膜制作简易接种箱。

接种室是进行大生产时转接菌种的场所。接种室可设在大房间的一角，里外两小间，与外界空气隔绝，防止空气流动，里间为接种间（面积为 $2 \times 2.5\text{m}^2$ ），外间为缓冲间（面积为 $1 \times 2\text{m}^2$ ）。接种室应有天花板，天花板不宜过高，约2.5m高。

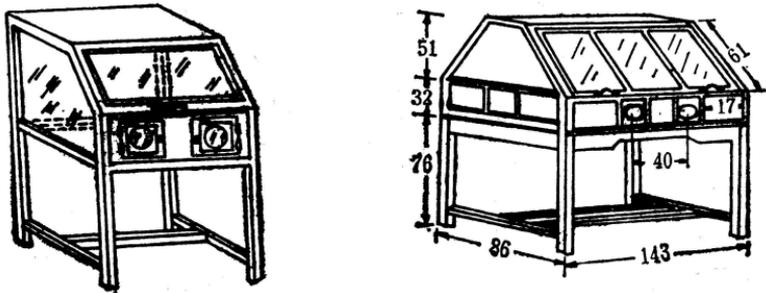


图5 单人、双人接种箱

## (二) 消毒药品

制种需用的消毒药品主要有甲醛、高锰酸钾、升汞、乙醇、石炭酸、硫磺、来苏尔和新洁尔灭等。

75%乙醇：取 95%乙醇 75ml，加蒸馏水 20ml 摇匀即可。主要用于人手的皮肤消毒。

0.1%升汞：取升汞 1g，用少许酒精溶解，再加水定容至 1000ml 即成。纯菌种分离时用。

漂白粉：通常使用 2%~5%的水溶液。用于器皿的清洗或接种室的墙壁及空气灭菌。

石炭酸：又名苯酚。5%的苯酚水溶液可用于接种室（箱）及栽培场地的喷雾消毒，对人的刺激性比甲醛稍好一些，但也不宜长期使用，因该药品对人具有一定的毒性。

硫磺：燃烧时发出蓝色火焰，生成二氧化硫气体，二氧化硫遇水或水蒸汽生成亚硫酸都具有还原性而有杀菌作用。接种室和接种箱消毒常用量为  $15\text{g}\sim 20\text{g}/\text{m}^3$ 。

新洁尔灭：是一种烷基类消毒剂。其化学名称十二烷基二甲基苯甲基溴化铵。灭杀菌能力很强，对细菌、真菌均有效，并可反复使用，常用 1:1000~5000 倍的水溶液喷洒、喷雾、冲洗或浸泡均可达到消毒的目的。

## 五、纯菌种的分离技术

蜜环菌和萌发菌都是天麻的共生菌，萌发菌菌种的优劣关系到天麻种子的萌发率，蜜环菌菌种的优劣直接影响天麻的产量和质量，因此掌握纯菌种的分离技术就显得十分重要。

蜜环菌和萌发菌的纯菌种分离技术，大体上可归纳为三种，即孢子分离法、组织分离法和基内菌丝分离法。

### （一）孢子分离法

是利用蜜环菌、萌发菌子实体产生的孢子，在适宜培养基上萌发，长成菌丝或菌索而获得纯菌种的一种方法。孢子分离法可分为群孢子（多孢子）分离法和单孢子分离法。

#### 1. 群孢子分离法

（1）整菇插种法 就是将整只成熟的种菇经过表面消毒后插入孢子收集器内获得孢子（图6）。然后把孢子悬液接种到培养基上培养，待孢子萌发后，挑选优良性状的菌株扩大繁殖得纯菌种。

（2）钩悬法 在无菌条件下，把近成熟的子实体先用无菌水冲洗几次，然后用无菌纱布把水吸干，取一小块菇片挂在钩子的一端，另一端钩在三角瓶口（瓶底装有培养基），菇片距培养基表面2cm~3cm（图7），置25℃培养，待培养基表面上可见到雾状的孢子时，再在无菌条件下取出钩子及菇片，塞好棉塞，继续培养至可看到菌落。然后挑取少许菌落进行转管，扩大培养成菌种，鉴定后供使用。

2. 单孢子分离法 采用单孢子分离法，可选育出性状优良的菌株，但分离工作比较烦琐，需要一定的设备方可实现。

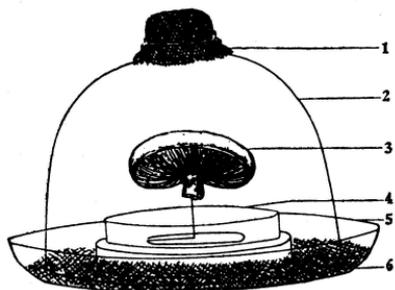


图6 整菇插种法

1. 包口纱布
2. 玻璃钟罩
3. 种菇
4. 培养皿
5. 搪瓷盘
6. 纱布

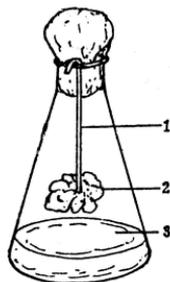


图7 钩悬法

1. 挂钩
2. 种菇
3. 培养基

先进的技术是用单孢子分离器进行分离。目前采用比较多的是平板稀释法、毛细管法和划线法。下面主要介绍我们常采用的定标法。

(1) 孢子悬浮液的制备 将用孢子收集器到的孢子，用少量无菌水配制成孢子悬浮液，使每滴孢悬液在显微镜的低倍镜下有1个~2个孢子。

(2) 定标分离 吸取孢悬液0.1ml加入到灭菌冷至45℃左右的试管培养基中，迅速振荡均匀，倾入无菌培养皿轻摇匀，冷凝后置25℃恒温箱培养一定时间后取出，用显微镜(图8)通过培养皿背面观察。当见到已萌发的单孢子时(周围无孢子)，转动转换器，用装有定标针头的物镜定出标点。然后挑取定点处的孢子至试管斜面，25℃恒温培养即得单孢菌株。单孢子分离用于异宗配合菌类的杂交育种和同宗配合菌类的分离育种。

杂交、分离获得的菌株，经鉴定后，选取优良的菌株供大生产使用。

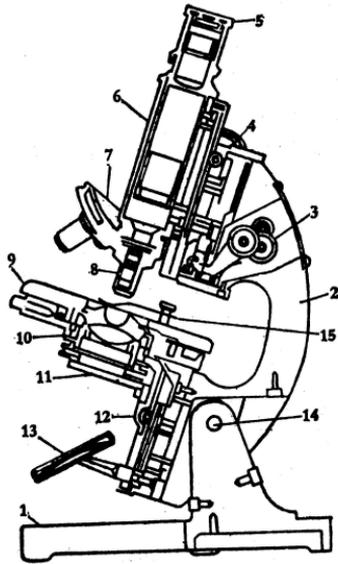


图 8 生物显微镜剖面

1. 镜座 2. 镜臂 3. 细调节器 4. 粗调节器 5. 接目镜 6. 镜筒  
7. 旋转器 8. 接物镜 9. 载物台 10. 集光器 11. 滤光器  
12. 集光器齿杆 13. 反光镜 14. 倾斜关节 15. 标本固定夹

## (二) 组织分离法

1. **子实体分离法** 选取优质、八九分成熟的子实体作种菇。分离工作需在无菌条件下进行，先切去菇柄基部，将菇盖以 75%酒精棉球擦拭进行表面消毒，用解剖刀从菌柄中部纵切开，自纵切面菌盖表皮内取一小块组织移接到培养基上，置 25℃左右培养。待组织块上长出白色绒毛状菌丝，经转管扩大培养即得菌种（鉴定后供使用）。

2. **菌索分离法** 先用 75%酒精棉球将菌索表面黑褐色菌鞘轻轻擦拭 2~3 次，然后剥去，抽出白色菌髓部分，用无菌

刀切成小段接种到培养基上恒温培养即得菌种（鉴定后供使用）。

### （三）基内菌丝分离法

1. **菇木分离法** 选取树皮完好，菌索、菌丝生长繁茂的段木1根~2根，充分晾干后去皮，锯取中间1cm~2cm厚并长有菌体的一片作为种木。在接种箱内或净化工作台上，将种木浸入0.1%升汞液中1分钟，取出用无菌水冲洗几次，再用无菌纱布将水吸干，然后用无菌刀切去木块四周，把中心部分切成薄片移入培养基上恒温培养（图9）。挑取自木片上长出的菌丝，经多次转管纯化后即得菌种（必需鉴定）。

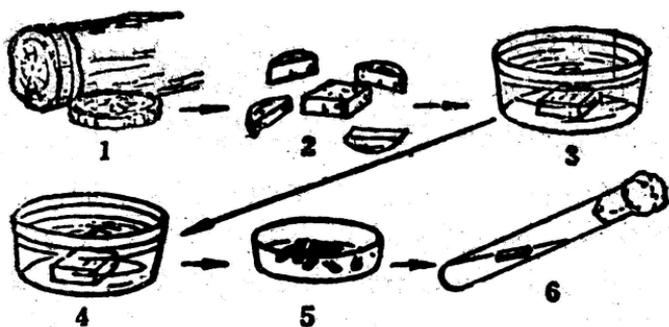


图9 菇木分离法

1. 菇木锯成薄片
2. 切去薄片四周
3. 浸入升汞水消毒
4. 无菌水漂洗
5. 切成小片
6. 接入斜面培养

2. **原球茎分离法** 取天麻的原球茎用清水洗净，带回实验室，在无菌室里用0.1%升汞液浸1分钟，再用无菌水冲洗

几次，用灭过菌的纱布吸去原球茎表面上的水分，用无菌刀片切成小块分别接种到试管斜面或平皿的培养基上，25℃下培养，待小块上长出菌丝，再将白色菌落分别转入新试管斜面上培养，去杂后，进一步鉴定。

#### （四）菌种的鉴定

经分离得到的纯菌种，选取菌丝或菌索生长好的试管，通过培养性状、共生现象观察，营养和抗逆性等研究，再接种到适生寄主的基质中进行鉴定，从中选育出生活力、适应性强，菌丝、菌索生长均匀旺盛的优质菌种作种。

经分离、选育出的优良品种，首先要进行小面积种植试验，证明确系优良菌株，才能进行大面积推广种植。同时还应该认识到，遗传是相对的，变异是绝对的，遗传中有变异，变异中有遗传。生物是不断进化的，在短期内看来是遗传的性状，从长远的观点来看，又必然会发生变化，遗传中包含着变异。因此分离、选育出的良种不是一劳永逸的，必须不断更新，才能确保种植天麻的优质丰产。

## 六、菌种、菌材生产技术

菌种有液体菌种和固体菌种两种，本书只介绍固体菌种的生产。我国固体菌种的生产大多采用的是三级生产法，即母种 → 原种 → 栽培种。

### (一) 培养基

培养基是人工配制的适合蜜环菌和萌发菌生长的营养物质。它是进行科学研究、生产及应用等方面的基础，所以我们可以根据其使用目的，配制不同的培养基。

#### 1. 母种培养基

(1) 马铃薯 100g, 葡萄糖 20g, 琼脂 15g~20g, 水 1000ml。

(2) 马铃薯 200g, 葡萄糖 20g, 磷酸二氢钾 3g, 硫酸镁 1.5g, 蛋白胨 2g, 复维片 2 片, 琼脂 15g~20g, 水 1000ml。

(3) 马铃薯 100g, 玉米粉 50g, 葡萄糖 10g, 琼脂 15g, 水 1000ml。

#### 2. 原种培养基

(1) 萌发菌 ①阔叶树木屑 73%, 白糖 1%, 麸皮 25%, 石膏粉 1%, 含水量 60%左右。②玉米粉 20%, 麸皮 18%, 阔叶树木屑 60%, 蔗糖 1%, 石膏粉 1%。

(2) 蜜环菌 ①阔叶树木屑 84%, 麸皮(或玉米粉, 以下同。) 10%, 石膏粉 1%, 磷酸二氢钾 1%, 糖 1%, 3%马铃薯汁。②阔叶树木屑 77%, 麸皮 20%, 白糖 2%, 石膏粉 1%。③阔叶树枝 70%, 阔叶树木屑培养基 30% (配方、配制方法同栽培种培养基)。

#### 3. 栽培种培养基

(1) 萌发菌 ①阔叶树木屑片 78%, 麦麸 20%, 糖 1%,

石膏粉 1%。②阔叶树树叶 40%，阔叶树木屑 40%，麸皮 18%，白糖 1%，石膏粉 1%，水 120%。③阔叶树树叶 50%，阔叶树木屑 49%，葡萄糖 1%。④麦秸 50%，阔叶数叶 40%，麦皮 10%。含水量均为 60%~70% 左右。

(2) 蜜环菌 ①直径 1cm 左右，长 2cm~4cm 的阔叶树枝 80%，20%的木屑培养基（木屑 80%，麸皮 18%，石膏粉 1%，糖 1%，含水量 60%左右）。先将树枝用 1%糖水（或淘米水）浸泡或煮至内部浸透，取木屑培养基料 2/3 与枝条混匀后装入瓶内，适度装实，再把余下的木屑培养基料（1/3）盖在每瓶的表面，灭菌后备用。②柞、桦枝条（直径 1cm，截长 5cm 左右）100%，营养液（1%糖，0.4% 磷酸二氢钾，0.4% 硫酸镁）。将枝条放入营养液中浸泡 24 小时，取出装入瓶中，加营养液至瓶的 1/4 左右，灭菌后备用。

## （二）菌种的生产

1. 母种的生产 从孢子分离培养、组织分离培养或基内菌丝分离培养获得的菌丝体、菌索，通过鉴定后确认是优良菌株，才能用于生产，生产上称该种为母种（试管种）。母种是菌种之母，绝对不允许有杂菌混入，因此要求每步操作过程都要认真进行。母种的转接是在无菌条件下在酒精灯火焰旁进行，一支试管一般可转接 20 支~30 支（图 10）。

2. 原种和栽培种的生产 把母种接种到原种培养基上进行培养，用来扩接栽培种的菌种称原种。把原种转接到栽培种培养基上进行扩大培养，直接用于栽培的菌种称栽培种。在接种箱或接种室内的酒精灯火焰旁，取一小块母种或一小块原种转接入原种瓶或栽培种瓶培养基的中央洞穴上（图 11），恒温培养至长满瓶即成。一支母种可转接 4 瓶~7 瓶原种，一瓶原种可转接 50 瓶~70 瓶栽培种。

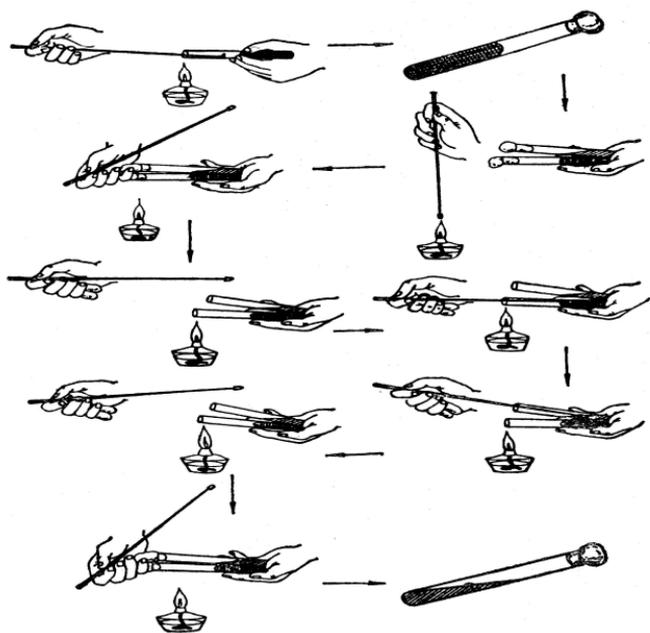


图 10 斜面试管（母种）接种方法

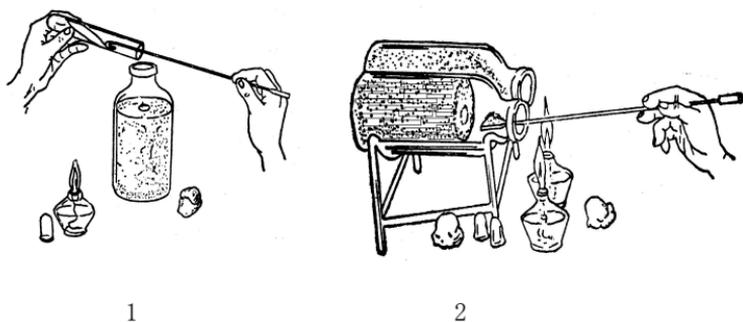


图 11 原种、栽培种的转接（在接种箱内进行）

1. 原种的转接      2. 栽培种的转接

### (三) 菌材的培育

1. 菌材的砍伐 培养蜜环菌的木材除松、杉、柏、樟、桉树等含芳香气味的树种外，其它阔叶树如各种栎树（麻栎、栓皮栎、泡栎）、栗树、橡树、桦树、枫树、椴树等树种都适合蜜环菌生长。伐树适期为秋季落叶至初春发芽之前。

(1) 菌枝的准备 一般选用 2 厘米~3 厘米粗的柞树或桦树，斜砍成截长 5cm~6cm 的小段备用。

(2) 菌棒的准备 一般选粗 5 厘米~10 厘米的树干或枝桠，截长 20cm~40cm，在木棒的两面或三面每隔 3cm~5cm 砍 3~4 排鱼鳞口，砍至木质部，用于接种。

(3) 菌材的处理 用水 50 公斤。硝酸 0.5 公斤，硫酸镁 0.5 公斤配成营养液，把菌枝、菌棒放在营养液中浸泡一小时捞出，风干表面水分就可以用了。

2. 菌床的设置 人工有性繁殖栽培天麻产的高低，主要取决于蜜环菌菌材培育的好坏，设置一个好的菌床，又是培育好蜜环菌菌材的关键。

(1) 室外菌床 室外培育蜜环菌菌材一般在夏季和秋季进行，场地应选择在透气性良好，有一定的坡度和遮蔽度的沙质壤土地段为好。①菌材坑的设置：在选好的地段上挖一个深 40cm~60cm，宽 30cm~50cm，长不定或 1.5m~2m 的坑，坑底铺 5cm~10cm 厚沙备用。②排木接菌：先排一层新段木，间距 2cm~4cm（或枝材），用沙填好空隙；第二层排接有蜜环菌的菌材（或一根新段木一根菌材），空隙填沙；第三层、第四层重复第一、二层排法，依次排至离地面 10cm 左右为止（图 12）。或直接排放砍口接蜜环菌枝条种的新段木 2 层~4 层（目前多采用此法）。③覆盖：顶部覆沙 10 cm~15cm。

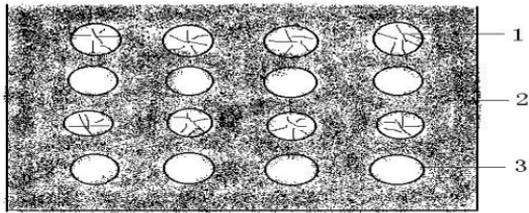


图 12 菌材培育方法

1. 接有蜜环菌的段木 2. 沙层 3. 新段木

(2) 室内菌床 室内菌床可以仿室外菌床进行，区别在于育菌池是用砖、水泥建成。池的大小可同室外的坑，但池内的填充料以细沙为主腐殖土为辅（ $V:V=80:20$ ），最好用山林自然腐殖土，也可用人造腐殖土（土 100kg，加入阔叶树木屑 20kg，麸皮 10kg，树叶 10kg，干畜粪 10kg，石灰 1kg，含水量 60%左右，堆积发酵，并注意翻堆。发酵好的腐殖土应无霉变）。无论山林腐殖土还是人造腐殖土，都要拌入 0.2% 的多菌灵和喷洒 1:500~1000 倍的菇虫净等农药堆制覆盖薄膜进行灭菌杀虫。室内菌床也可以采用堆培法：在平地上先铺 3cm~5cm 厚基础培养料（阔叶树木屑 60%~70%，细沙 40%~30%，多菌灵 0.1%，硫酸铵 0.1%，含水量 60%~65%。），再放一层新段木，缝隙处摆新枝，上面放一层接种的菌材，撒上基础培养料填充空隙。如此重复 2~3 次，或同上直接排放砍口接蜜环菌枝条种的新段木 2~4 层，上面盖 5cm~10cm 厚基础培养料，表面用薄膜覆盖以防水分散失，但要注意通风换气。

菌枝的培育方法参照上面进行。

培养好的菌材（菌枝或菌棒）供有性繁殖培育麻种和无性繁殖栽培使用。

## 七、天麻种子的培育

天麻种子的培育过程包括栽植箭麻、抽苔管理、人工授粉和果实采收。

### (一) 栽 植 箭 麻

1. **箭麻的选留与贮藏** 作为培育种子的箭麻，要经过一个较长的低温阶段（ $-1^{\circ}\text{C}$ 左右约40天），因此要选择顶端箭芽红润饱满，生活力强，个大，新鲜健壮，无伤痕、无病虫害，重量在150g~200g的箭麻作种。若进行有性杂交，必须选两个以上品种。箭麻，经摊凉，表皮水分有所损失后，进行贮藏以备春栽使用。存贮地点，室内、室外都可以，关键是预防冻害。埋箭麻使用的中粒沙含水量20%左右，宁干勿湿，以防麻种腐烂。在室外贮藏选择排水良好、土壤疏松、避风向阳的场所；室内贮藏，必须通风良好；埋麻穴的大小可根据贮量多少而定，一般室外以35cm深的条形小窑为宜，室内可用沙箱藏。贮存时窑底铺一层10cm左右的粗沙与煤渣混合料，然后在上面铺一层中粒沙，在沙层上以间距5cm摆放箭麻，一层摆满后盖沙再摆第二层，如此可摆放2层~3层，之后盖细沙土10cm，表面盖稻、麦草等作物秸秆，防寒保暖，并定期检测覆盖材料含水量，并及时调节，以确保麻种质量。

2. **箭麻的栽植** 利用温室或拱棚栽植箭麻，是目前较为实用的方法。温室及拱棚搭建可仿蔬菜用棚室建造，大小可根据育种规模而定，若一家一户进行少量栽植，可在当地箭麻出土的自然季节前20天左右用小拱棚地池栽植。但不论使用哪种方法栽植都要选择地势高、背风向阳且能够进行通风的场所。栽植箭麻的容器可用筐，箱、花盆或池、窖等。箭

麻本身贮藏有丰富的养分，能满足抽苔、开花、结果的需求，栽植时不必用菌材伴栽。箱、筐、盆式栽培可以搬动，操作、管理方便，是较实用的栽植方式。若栽植量较大，可以采用畦地式栽植。用箱、筐栽植箭麻时，先在箱、筐底铺 10cm~15cm 厚的湿润沙壤土，箭麻以 10cm 左右间隔平放于土面，顶芽向上，再覆盖 5cm~10cm 沙壤土即可。应注意冬季防冻和整个栽植期的土壤干湿度。畦地式栽植，在平整的栽植床上实行宽窄行种植，小行距 15cm，大行距 35cm 左右，株距不小于 15cm 其它同箱、筐式栽植。

## (二) 抽苔管理

当土壤温度达到 13℃ 以上时，箭麻开始抽苔出土。由于苔茎脆嫩易断，室外要搭棚遮阴（阴度 70%），插杆绑架，防止烈日曝晒和风吹倒伏，若遇久晴不雨要浇水，保持空间相对湿度在 85% 左右，同时要防鼠害和虫害。具体方法如下：

1. **遮阳** 天麻花葶最忌阳光直射、直射光会导致花葶变黑，造成倒伏。遮光的最佳方法是在棚室的塑料薄膜下，拉一层遮阳率为 70% 的黑色遮阳网，少量育种可用其它材料创造三分光照七分阴的遮光效果。

2. **保湿** 天麻抽苔、开花、结果在 4 月~6 月的高温期，培养基质水分损失比较大，必须及时给培养料补水，保持基质湿润而不水渍。

3. **打顶** 天麻顶端花序成果机率低，应在现蕾结束后将顶端“花蕾堆”摘掉，既可减少养分损失，又可使整株蒴果饱满，保证种子质量。

4. **防倒伏** 天麻花葶中空，一般 200g 重箭麻，葶高在 1m 左右，如遇风吹或果穗过重极易发生折断，因此插杆固葶非常重要。

### (三) 人工授粉

由于天麻花构造特殊，花药被药帽盖住，药帽不会自行脱落，花药粘润成块状不会自行散发，尤其是温室或拱棚栽植，很少有传播昆虫活动，所以必须进行人工授粉。

4月~5月份，当温度达到19℃以上时，天麻开始开花。天麻的花为总状无限花序，顶生，长10cm~30cm，一般每株开花40朵~60朵，自下而上开放，花期半月左右，夜晚开花多，早晨次之，因此，授粉工作必须在上午十二点钟前结束为宜，授粉最迟于次日上午完毕。天麻可以同株同花、同株异花、异株异花授粉。异株异花授粉可以开展品种选育工作。授粉工作是从基部第一朵花开始，开放一朵授粉一朵，并作好标记，以免遗漏。授粉时左手固定花托，右手持小镊子，轻轻拨开药帽，取出药帽下的花粉块，放在另一朵或另一株一朵花的粘盘柱头上（图13）。授粉的整个过程要求细心，授粉位置准确，切不可刺破子房。人工授粉只要按规程操作，一般授粉成功率在90%以上。

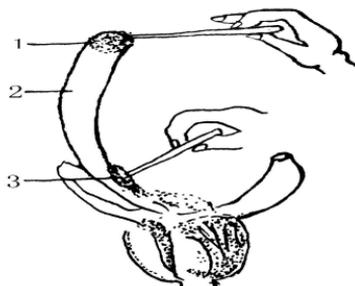


图13 天麻人工授粉

1. 采粉（花帽、药室） 2. 雌雄合蕊柱 3. 授粉（粘盘柱头）

#### (四) 果实采收

授粉后经 15 天~20 天，果实自下而上逐渐成熟，用手轻捏，果实由硬变软，果实的纵裂稍突起即将裂开时，为采收适期。收获种子最好随采随播，最迟应在纵裂线裂开前 3 天~4 天播完。若一时无法播完，最好放置在 4℃左右的冰箱内保藏，严禁曝晒蒴果。成熟蒴果内的种子松软易撒，色淡灰黄色，在果实开裂前是最佳播种期，过早种子白色未成熟不会撒开；过迟种子呈棕黄色已失去发芽率。如将种子先播于萌发菌中用塑料袋装着，可延长播种时间。

果实开裂后采收的种子发芽率极低，应每天进行检查，天麻种子的寿命短，存放时间不得超过 10 天，否则发芽率降低或全部死亡。

# 八、播种和管理

## (一) 播种

### 1. 播种前准备

(1) 播种期 播种期主要决定于种子的采收期，采用温室育种的，可提早收获提早播种。播种期越早，萌发后的原球茎生长时间越长，长的就越大，接蜜环菌的机率和天麻的产量也就越高。当年就有大量白麻达到移栽标准。

自然条件下，因不同地区海拔高度不同，种子成熟期和播种期是不同的（温度不同），一般 500 米以下的低海拔可在 4 月底~5 月下旬播种；500 米~1000 米的地区可在 5 月下旬~6 月下旬播种；1000 米以上的地区，一般在 6 月中旬~7 月中旬播种。

(2) 播种场地 场地的选择与无性繁殖栽培天麻的场地条件基本相同，由于天麻种子的萌发和幼嫩的原球茎需湿润的环境，所以首先要考虑水源条件。此外，播种需要足够的蜜环菌材，碎树枝与树叶，所以选场时还应考虑这些材料的供应。室外一般选半阴半阳，坡度较小，沙壤土层深厚，pH 值在 5.5~6 左右的林地与荒地。播种前铲除场地上的杂草、石块，坡陡的地方应先作成小梯田，菌材伴播的，则边挖穴边伴播，如用预先培养好的菌床伴播，也应开挖菌床与播种同时进行。穴的大小与深浅与无性繁殖基本相同。室内可用清洁的细河沙，人为创造适宜的环境条件，同上法进行。

(3) 树叶与树枝 壳斗科落叶树叶是萌发菌的天然培养基质，越纯越好。新鲜细碎树枝是蜜环菌最喜欢浸染的培养物。播种前必需备足。

播种时，自树林中收集到的潮湿树叶可直接使用，若是

干的树叶树枝，使用前用清水浸泡几小时，吸足水后使用。

(4) 菌叶拌种 ①播前关键的一项工作是萌发菌与天麻种子要充分拌匀。将采收的天麻果实放入一个广口瓶中捣碎，若种量太少可掺入一点面粉混匀（每 50~70cm×30~50cm 为一个萌发床用果实 5 枚~10 枚），用 120 目左右的网布或双层纱布盖住瓶口。②把已培养好的萌发菌三级树叶（或木屑片）菌种从瓶中掏出，放在干净的瓷盘中，将菌叶适度碎散开。③将装有种子的广口瓶瓶口朝下，向菌叶瓷盘中振动撒播，边撒播边用手轻轻搅拌，使种子附着在萌发菌上，最后把拌有种子的萌发菌菌叶再拌入已清洗预湿（含水量 60%左右）的壳斗科树种的树叶中。此项工作应在无风的环境中操作，以防微小的种子被风吹走。

## 2. 播种

(1) 菌床播种 首先在菌床底部铺 10cm 粗沙砾，再铺河沙 10cm，然后铺一层蜜环菌菌材，间距 2cm~4cm，用基础培养料（见菌材的培育）填充缝隙，铺一层洗净预湿的壳斗科树树叶，再铺一层拌好种子的菌叶，上面再放一层阔叶树树叶（青杠树叶等），可根据当地的气候特点和海拔高度，此过程可重复一至二次，最后覆盖 10cm~15cm 厚的沙壤土（或腐殖土）。室外播种为防日晒和保湿，需在表面覆盖一层树叶或草之类的遮蔽物。

(2) 菌种播种 是指不需预先培育蜜环菌菌材，直接用拌有萌发菌的菌叶、蜜环菌枝条菌种和木段一起伴播的方法。此法对蜜环菌枝条种的用量需求大，否则影响接菌。首先在选好的场地上挖 20cm~30cm 深，60cm~70cm 宽，长度不限的畦沟，挖松整平后，平铺一层湿润树叶，在树叶上均匀撒放菌叶，再在菌叶上铺一薄层湿润树叶，其上均匀撒播成熟的纯蜜环菌枝条种和菌材（每穴 10 根菌材和 2 袋~3 袋枝

条种），并撒一些新鲜碎树枝，间隙处可用基础培养料（见菌材的培育）或拌有谷壳或木屑的混合沙土填充，然后将砍有鱼鳞口的新鲜木段，口朝下盖压菌材和枝条菌种层上，间距3cm~5cm，再用基础培养基填充间隙，撒上一层湿树叶，如前法播第二层，最后覆土10cm厚，表层盖一层树叶保湿即可，覆土与填充土的湿度不得低于60%，否则边播边喷水增湿。

## （二）管理

管理工作非常重要，不可忽视。

1. **温度** 天麻种子最适宜的发芽温度是22℃~25℃。若播种初期或春季温度不够，应加盖塑料薄膜或草帘以提高地温，促进早萌发、早接菌。7月~8月份当温度超过28℃时，要注意通风降温，严防高温烂麻。冬季要严防低温冻伤。

2. **水分** 有性繁殖对水分的要求尤为突出，播种时如果湿度不够，要喷水增湿，土壤湿度保持在60%。播种前、中期，随着气温的升高，要始终保障适宜的含水量，干旱时要喷水抗旱，雨季应注意开沟排水，严防因干旱造成缺水或因积水造成湿度过大。后期，由于气温下降天麻生长缓慢或停止生长，应酌情逐渐降低土壤含水量（60%→50%→40%）。

3. **阳光** 伴播后，夏季高温期间，特别是低海拔地区，应搭荫棚遮荫，严防阳光直射造成高温，加速水分蒸发缺水，室、棚内湿度应保持在80%以上。畦床上一定要覆盖树叶层或稻草层，以利保湿，沙土湿度在60%左右。当年不采挖的，高海拔地区冬季除覆膜外，还应在白天去掉遮荫物，利用阳光照射提高地温。

4. **透气性** 蜜环菌是好气菌，注意透气性管理，才能确保蜜环菌正常生长，也就有利天麻的生长。

具体管理上，晴天要注意喷水保湿，雨天不能有积水。

还要注意干旱喷水时不要直接喷在盖土上，应在盖土层上先盖一层树叶后喷水，避免土壤板结。其次是不要在畦床上踩踏，避免踩伤天麻，造成土壤板结。培育二十天后，隔几天检查一次，观察天麻种子的发芽及原球茎形成情况。

**5. 防害** 天麻播种子后，畦床四周应打好栅栏，防止人畜践踏，还要注意防止山老鼠、白蚂蚁、病虫等危害，避免造成损失。

### (三) 采 收

天麻种子播种后，不要经常翻挖，否则影响幼麻的生长，在播种当年，如精心管理，年底就能长成米麻和少量小白麻，这时的米麻和小白麻长势好的可以挖出作为无性繁殖栽培用种，但不宜翻栽，待第二年形成大量的白麻、米麻和少量的箭麻时，就可进行无性繁殖。

采收方法同天麻无性繁殖栽培的采收。采收时要细心，将白麻、米麻、箭麻分开盛放，避免种麻的损伤，病、损的天麻另放。

收获的种麻供移栽（或贮藏），商品麻应及时加工处理。

## 九、无性繁殖

无性繁殖又叫营养繁殖，是在适宜的温、湿度条件下，利用有性繁殖得到的白麻、米麻，与长有旺盛蜜环菌菌材共栽，一年即可长成箭麻或白麻的过程。无性繁殖可采用固定菌材伴栽法（即培养菌材的畦或窖，就是以后作栽植天麻的畦或窖）、活动菌材伴栽法（培菌材和栽植天麻不在同畦或窖）和“三下窝”栽培法（采取菌种、麻种、新鲜段材或枝条三者同时“下窝”）。三下窝栽培法是60年代初采用的方法，这种栽培方法需种量大，产量低，生产周期长；70年代改进的活动菌材伴栽法，虽缩短了生长周期，但是培养菌材与栽培天麻异地，加大运输成本和工作量；固定菌材栽培法是近年来提倡的较为理想的栽培方法，可提高产量，节约成本。

栽培形式有畦栽、箱筐栽、窖栽、池栽、袋栽和瓶栽等。

### （一）畦（窖、坑）栽培法

1. **场地的选择及栽培季节** 天麻自然繁殖大多生长在海拔1000m~2800m的高山地带。随着科学的发展和人工栽培天麻的研究深入，实践证明，不论在任何地区，只要创造一个适宜天麻及其伴生菌生长发育的生态环境条件，天麻都能人工栽培。山区可利用其自然生态环境好的地区，野外的山坡、山洞、田地、菜地等栽培，自然条件差的地区，可选用空闲的房屋、地下室、防空洞等场所进行。野外栽培要选择沙质壤土地块，且有一定的坡度和遮盖度，室内栽培用土应选择腐殖土（人造腐殖土）、沙壤土或细纱。

天麻的栽培以10月底至次年4月为宜，但以冬栽最好，因为此时的天麻处于休眠状态，而在来年天麻开始萌动前，

蜜环菌完全可在这一段低温条件下生长侵入，所以可提高接菌率，使两者建立起良好的共生关系，奠定高产基础。

## 2. 栽培过程 以固定菌材伴栽法为例介绍。

(1) 挖畦(坑、窖)消毒 采用方框式或平行式排放菌材栽培天麻，畦底宽 50cm 左右，采用田字格式摆放菌材栽培，畦底宽 1m。畦的长度不限(窖、坑栽以 50~70×40~60×30cm)。畦的深度可根据栽培地的光照强度、山势坡度、地下水水位高低、土壤保水性等条件因地制宜。畦内消毒以 m<sup>2</sup> 坑撒生石灰 50g、呋喃丹 50g 杀菌灭虫。

(2) 起挖菌材(菌枝) 将培养好的蜜环菌菌材和菌枝分别从坑中起挖出来，若来不及及时使用，应用杂草或薄膜覆盖保湿，并注意尽量不损坏已长好的蜜环菌菌索。伴栽天麻的菌材，菌索要长得旺盛、粗壮、呈棕红色，生长点呈乳白色。

(3) 选好粗壮种麻 选有性繁殖培育出来的生活力强，健壮饱满，色泽正常，无创伤、病斑的米麻或白麻。一般麻种应在 3g~30g，若用大白麻(个重 10g 以上)作种，必须经灭芽处理，即用消过毒的小刀削去白麻顶端白色嫩芽。每削一次小刀要消毒一次。去芽后的白麻在太阳下稍晒一晒，使伤口渗出液干成一层薄膜即可栽培。

(4) 下种 将菌材以“田”或“方框”形排于坑底(山区常将菌材以 5cm~10cm 间隔平行排列)，每平方米定位排放菌材 10 根~15 根，空地处用菌枝平行于菌材填充，将有性繁殖的麻种点播于菌材的两端及两边，头朝上，尾朝下，偏度 30 度左右，每平方米用种 0.25kg~0.5kg 左右(图 14、15)。若播两层，第二层可重复第一层进行，但必须将菌材与第一层错开。

最后，用沙壤土或腐殖土填充菌材和菌枝空隙，并在菌

材顶部覆盖 10cm~20cm 厚（呈龟背形），土表盖树枝、杂草遮阴保湿。平时要保持覆盖土层湿润，雨天要防积水，直至收获。

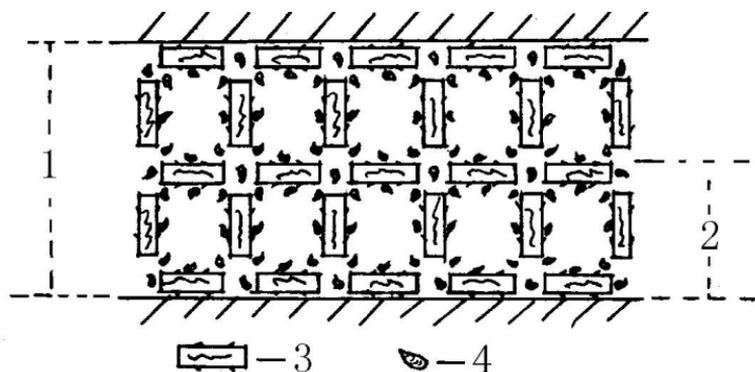


图 14 田式或方框式栽培示图

1. 田字式 2. 方框式 3. 菌材 4. 种麻

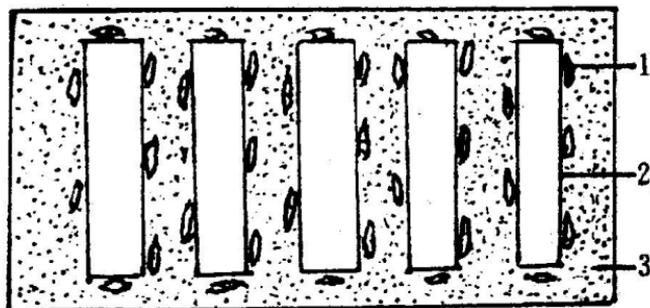


图 15 平排式栽培示图

1. 种麻 2. 菌材 3. 覆沙

## (二) 箱栽法

利用室内、房前屋后、庭院、山洞、地下室等可用空间，箱栽天麻，成本低、方便、生产周期短、产量高，是农村发展庭院经济和城镇业余致富的好途径。

### 1. 备料

(1) 箱：可选用 50~60×30~40×30 厘米的木箱、塑料筐或纸箱等为栽培容器。以 10 平方米范围放置 40 箱左右备料。

(2) 蜜环菌：菌种 10 瓶~20 瓶(袋)，一代成熟菌材 600 根(直径 5cm~10cm，长 40cm~50cm.)。若菌材数量有限，可备占菌材用量 1/3 的新段木代替菌材。

(3) 麻种：2 公斤~6 公斤。

(4) 其它：粗沙 1 吨左右，煤渣(腐殖土或人造腐殖土) 100 公斤~200 公斤；基础培养料 10 公斤~20 公斤等。

### 2. 箱栽

(1) 栽种时间：10 月底至次年 4 月为栽种适期。山洞、地下室及人工控温的房间可周年下种，菌材培育可四季进行。

(2) 栽培过程：先在箱底铺一层煤渣、沙或腐殖土 3cm~6cm，选培养成熟的一代菌材 8 根~10 根，间距 5cm~10cm(若采用菌材加新材的方法，可在两根菌材中间加一根新材.)，每隔 10cm~13cm 靠紧菌材放种麻一个，菌柴两端各放一个。间隙填放基础培养料并点播菌种，然后盖腐殖土或人造腐殖土 5cm。继后同法摆放第二层，并在土表加盖阔叶树叶保湿。

(3) 管理：天麻栽种后要精细管理，经常检查室内的温湿度，冬季 5℃~15℃，夏季以土温不超过 25℃为好。为了保证空气相对湿度，可在箱旁边放置盛满水的容器以调节湿度。晴天每隔 2 天~3 天浇一次水，阴雨天不浇水，以树叶湿润为度。同时还要注意防虫防霉菌污染。

### (三) 塑料袋栽培法

袋栽天麻具有操作简单、产量高、污染率低、成功率高，并能有效地利用栽培空间等优点，是一项高产、高效的栽培技术，如应用得当，就能获得较高的经济效益。同时由于采用袋栽，可利用每年修剪下来的大量的果树、桑树、板栗等阔叶树枝条和植物秸秆作原料，因而，不必消耗大量木材破坏森林资源。

#### 1. 栽培基质

(1) 木屑培养基 木屑 84%，麦麸 10%，石膏粉 1%，土豆 3%，磷酸二氢钾、硫酸镁各 0.1%~0.3%。

(2) 其它基质 材质：4cm~8cm 段木组成；枝质：1cm~2cm 的枝条组成；代料：玉米芯组成。

(3) 覆土的制备 将木屑、沙土和稻壳以 2:1:1 的比例混匀，喷洒 6% 的甲醛，用塑料薄膜密封灭菌 1 天~2 天后，揭膜让甲醛挥发后，调节 60% 左右含水量备用。或用腐殖土、人造腐殖土、沙等透气保水性能好的材料代替。

2. 塑料袋 20~40×40~60cm 的聚丙烯或聚乙烯塑料袋。

3. 装袋灭菌 将培养基质装至袋高的一半，稍用力压实，用线绳扎紧。按常规方法灭菌。

4. 接种培养 灭菌后，待料温降至室温，在无菌室（或接种箱）内，按常规方法接入蜜环菌菌种。22℃~25℃培养。

5. 播种 将发好菌的袋口打开，装入 4 个~8 个种麻，然后盖土至离袋口 5 厘米左右，将袋口稍扎，保证微透气。或敞口栽培，但要注意保湿。

也可采用先在袋内装入半瓶（或袋）蜜环菌菌种，铺平后，再装入培养基质达袋的 1/3 高度，然后放入 15 克左右的种麻和半瓶菌种，继续装入培养料达到袋的 2/3 高度，再放

入 15 克种麻和半瓶菌种，然后将培养基质装至距离袋口 6 厘米~8 厘米，最后放入剩下的半瓶菌种，稍压实后扎好袋口。

**6. 管理** 管理的关键是温湿度控制。同时要注意通风换气，保证室内空气新鲜。确保天麻和蜜环菌始终在适宜的环境条件下生长。

(1) 温度 高温的季节应注意降温，低温的季节应注意增温保温。降温采取通风和喷水的措施；升温采用加温的措施；保温采用覆盖薄膜或关闭门窗的措施等。

(2) 湿度 天麻栽培的成功关键就在于湿度管理，覆土过干，会使天麻生长速度减慢，品质下降。过湿，会导致天麻块茎腐烂。袋内含水量一般控制在 60%左右。

(3) 氧气 要保证室内氧气充足，每天应通风一次，高温季节应在早晚气温低的时候进行，低温季节应在中午气温较高时进行。

在整个栽培期间，要经常检查发菌情况，一旦发现染菌，就应该立即剔除或隔离，以免病菌孢子传播扩散。

# 十、病虫害防治

## (一) 病害及其防治

对于天麻产量影响较大的病害主要有两类：一类是生理性的块茎腐烂病；另一类是由于受到有害微生物侵染而引起的病害称为病原性病害。

### 1. 块茎软腐烂病

(1) 症状及病因 发生软腐烂病的块茎，皮部萎黄、中心组织腐烂，掰开茎内部变成异臭稀浆状，有的组织内部充满黄白色或棕红色的蜜环菌菌索，严重时整窖腐烂。致病的主要原因是：①栽培场地选择不当，采用碱性土壤栽培导致失败。②长期处于高温环境，种麻在贮运过程中受阳光直射，或在 27℃ 以上的环境下时间过长，或受水浸泡等。

(2) 防治措施 ①严格选择菌材和菌床，栽培场地要选择偏酸的沙质土。②严格挑选种麻，选择无病虫害、健壮、没有受高温高湿危害的麻种；严格田间管理，控制适宜的温度和湿度，避免穴内长期积水或干旱。

### 2. 蜜环菌病理侵染

(1) 症状及病因 蜜环菌和天麻之间是一种共生兼寄生的营养关系，在生长过程中，天麻最适生长对水份的需求范围要小于蜜环菌生长对水份的需求，当土壤中含水量大时，仍然适宜蜜环菌生长而不适宜天麻生长，这就打破了蜜环菌的正常生理侵染，导致病理侵染，侵入天麻块茎中柱层，致使天麻溃烂。在不利天麻生长的条件下，蜜环菌菌索亦可由母麻通过营养茎侵入新生麻，新生麻腐烂后，体内充满蜜环菌菌索，粗壮的菌索附在天麻块茎表皮层，可分泌一些化学物质，引起天麻表皮层溃烂，颜色变黑。

(2) 防治措施 栽培要选择排水通气性较好的腐殖质土

及砂壤土，并选择有性繁殖过的白麻、米麻做种麻，增强天麻生长势，提高抗逆能力。在种植过程中，应注意开设排水沟，特别是连续暴雨后，栽培穴内积水时，应及时排除积水。在秋末冬初季节，除要排好积水外，还要经常抽穴检查，若发现天麻被蜜环菌危害时，应提前采收

### 3. 杂菌

(1) 症状及病因 危害天麻及菌材的真菌主要有三类。

①霉菌：黄霉菌和绿霉菌主要污染菌材，进而危害天麻，在菌材或天麻表面呈片状或点状分布，部分发粘并有霉菌味，影响蜜环菌及天麻的正常生长，易造成天麻腐烂，严重影响产量。②镰刀菌：首先由菌丝感染天麻，使天麻块茎出现黑点、黑斑最后引起块茎腐烂，产量和品质显著降低。③小蜜环菌：菌丝及菌索类似蜜环菌，但菌索在菌材表面呈扇形分布，且不发荧光，这类杂菌能抑制蜜环菌的生长，使天麻得不到养分而全部死亡。

(2) 防治措施 ①选择排水、通气良好的地势及土质进行栽培。②培养菌材时，要选用无污染的菌枝和菌棒，且随砍随育。菌棒或菌枝已染上杂菌，轻者刮去日晒，或用0.1%高锰酸钾溶液消毒后再用，亦可用1%的石灰水浸泡12小时左右再用，重者弃之不用。③每穴培养的菌材数量不易过多，一般控制在150根左右；种植天麻时，要选用纯正优良蜜环菌种，适当加大其接种量，造成蜜环菌生长优势，抑制杂菌生长。④加强温、湿、气的管理，破坏杂菌的生长环境，减少杂菌的发生数量。⑤大力推广天麻有性繁殖育种技术，提高天麻的抗逆能力。

## (二) 虫害及其防治

天麻的虫害主要有蛴螬、跳虫、蝼蛄、介壳虫、白蚁等。

**1. 蛴螬、蝼蛄** 每100m<sup>2</sup>内用90%敌百虫或50%辛硫磷0.15公斤加少量水稀释，拌细土10公斤~15公斤制成毒土撒施。可用50%氯丹0.5kg，麦麸(炒香)25kg，加水7.5kg拌合后，于傍晚时分散置天麻窖表面作毒饵。也可进行人工捕捉杀灭和灯光诱杀。

**2. 跳虫** 跳虫体形小，色白，一般以较高的湿度为生存条件，20℃~25℃最活跃，一年可繁殖6代~7代。主要咬食菌棒皮层内的菌膜，也吃食天麻茎块，使天麻块茎出现坏洞。在发生盛期可用1:500~1000倍的菇虫净或0.1%鱼藤精喷施或浇灌，或用4片/m<sup>2</sup>磷化铝熏杀。

**3. 白蚁** 白蚁除危害菌材外，还蛀食天麻原球茎及块茎，在危害盛期可用灭蚁粉毒杀。也可在栽培前用灭蚁灵或白蚁清制成诱杀毒饵，既可防白蚁又能毒杀白蚁。

**4. 壳虫** 主要是粉蚧危害天麻块茎。一般由菌材、新材等树木带入穴内，危害后天麻长势减弱，品质降低。如发生危害，应将此穴天麻及时翻挖，全部加工成商品麻出售，严禁留种，并将此穴菌材焚烧，以防蔓延。

**5. 蚜虫** 危害天麻的蚜虫种类有多种，属同翅目昆虫，其繁殖能力极强，每年致至少发生10代~30代，5至6月份以成虫和若虫群集于天麻花茎及花穗上，刺吸组织汁液，植株被害后，生长停滞、矮小、畸形，花穗弯曲，影响开花结实，导致果实瘦小。在天麻孕蕾及开花期间每亩用50%抗蚜威WP10克对水40公斤均匀喷雾，或每亩用40%氧化乐果乳油，稀释800倍液喷雾，防治效果较好。

# 十一、天麻的采收与加工

## (一) 天麻的采收

天麻的收获应在其停止生长的初冬或还处于休眠状态的早春进行。冬季栽培的天麻，可在次年秋末初冬收获为好；春季栽培的天麻，可在秋末或在次年3月~4月份收获为宜。立春后至立夏前采收的天麻称春麻，立冬后至翌年立春前采收的天麻称冬麻。春麻质量要次于冬麻，常有空心。天麻在采收过程中，要精心采挖，保持麻体完整无损。箱栽的天麻，可将麻箱轻轻地翻转倒出，然后分层收获。畦（窖、坑）栽的天麻，先清除掉上层的覆盖物，轻轻掀起上层菌柴，然后再翻下层菌柴依次收麻。采挖天麻一般都是收、种、藏相结合，就是把小的白麻、米麻进行移栽或当种出售，大的箭麻或有破损的天麻加工入药或储藏。

## (二) 天麻的加工

采收的天麻也不宜久放，应及早加工。一时加工不完的，可放置3天~5天。所以较大面积种植天麻，在收获时，要按每日的加工能力采挖，随采随加工。采收后的天麻要进行归类加工，才能确保质量。

**1. 分级** 天麻加工要分开等级进行，以免在加工过程中难以掌握成熟度。天麻按鲜重分为五个等级：鲜重500g以上（干重50g以上），无损伤、霉变、虫蛀、空心，透明度好的天麻为特级；鲜重150g~500g（干重32g~50g）无损伤、霉变、虫蛀、空心，半透明状的天麻为一级；鲜重75g~149g（干重16g~32g），无损伤、霉变、虫蛀、空心，半透明状的天麻为二级；鲜重25g~74g（干重5g~16g），无霉变、虫蛀、

粉末，有空心、碎块、色次的天麻为三级；鲜重 5g~24g（干重 1g~5g），有虫蛀、空心变色的天麻为等外级。

**2. 清洗** 将各级天麻分别于水中用刷子刷去泥土和鳞片，清洗干净后，再进行蒸、熏及烘干。

**3. 刮皮** 刮皮后加工好的天麻称“明天麻”，现在人工栽培量大，除出口外其余都不刮皮。加工“明天麻”要求刮皮、煮透、上烘床应在当日完成，否则加工后的天麻颜色和品质都会受到严重影响。

**4. 蒸** 将洗净处理后的天麻置蒸笼上旺火蒸 10 分钟~40 分钟（大麻蒸的时间长，小麻蒸的时间短），以蒸至天麻体肉透明无黑心为准（对着光看）。不蒸透的天麻，烘干后易发黑，会影响质量与价格。

**5. 烘干** 蒸好的天麻要及时进行干燥处理，烘干温度，前期控制在 60℃~70℃，待麻体干燥至七、八成时，取出压扁，再将温度保持在 60℃烘干。烘干过程中要经常检查，并注意是否有起泡的麻块，对起泡者，必须用竹签穿刺排出水气，压实。烘干后的商品麻，必须严防虫蛀和霉变，以免影响质量。

参考文献（略）