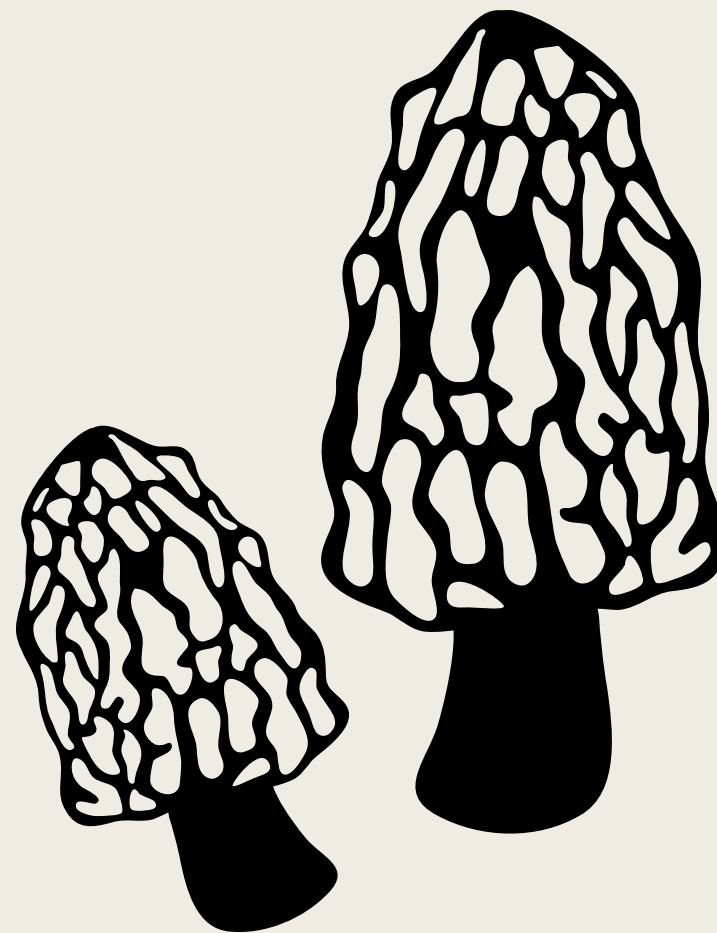


蔬菜栽培与农林复合系统

羊肚菌栽培



益生菌应用方案

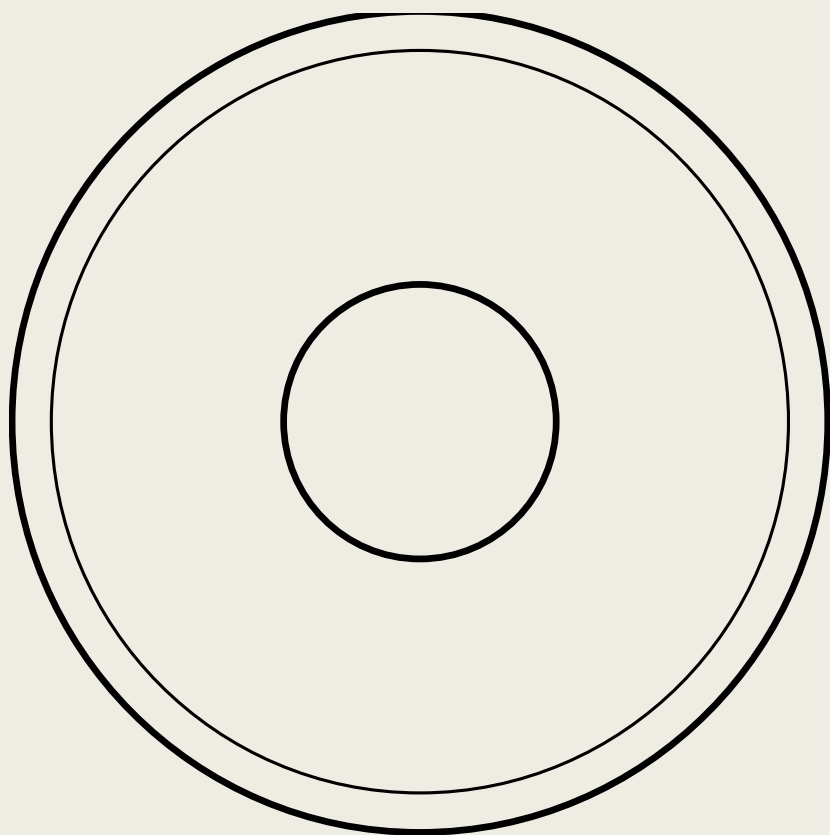


CERAMYCA——专利菌丝体生长系统

版本05062025

www.ceramyca.fr

目录



1. 人工栽培技术现状
2. 栽培关键阶段
3. 栽培所需设备
4. 陶瓷装置系统
5. Serre-Flex柔性温室系统安装
6. 促生遮阳网与出菇苫布
7. 害虫与生物防治
8. 有机基质改良
9. 益生菌改良剂
10. 菌丝体的接收与储存
11. 土壤准备与耕作
12. 灌溉管理
13. 菌丝体接种技术
14. 菌丝体培养阶段
15. 菌丝体营养强化
16. 菌核形成与春化处理
17. 子实体形成前处理
18. 子实体形成诱导
19. 羊肚菌发育调控
20. 病虫害综合防治
21. 标准化采收规程
22. POD系统再生利用

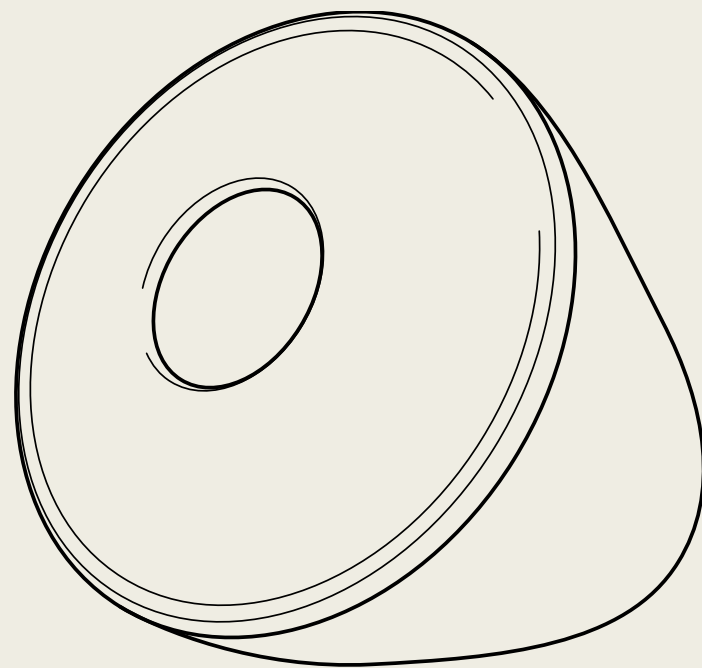
序言

羊肚菌人工栽培技术由Ronald D. Ower与Gary Mills于1985年研发并取得专利，待美国专利保护期届满后，自2015年起已在全球范围内被多家专业种植机构成功应用。

该技术突破的核心在于选用适应当地生物群系的腐生型羊肚菌菌株，由此实证了羊肚菌规模化人工栽培的技术可行性。

POD及Serre-Flex柔性温室系统是专利设备，可实现羊肚菌栽培的益生菌技术路径。

“自古希腊罗马时期，欧洲便使用陶制双耳罐栽培蘑菇，如杨树菇”——杰罗姆·勒格罗，真菌学家。

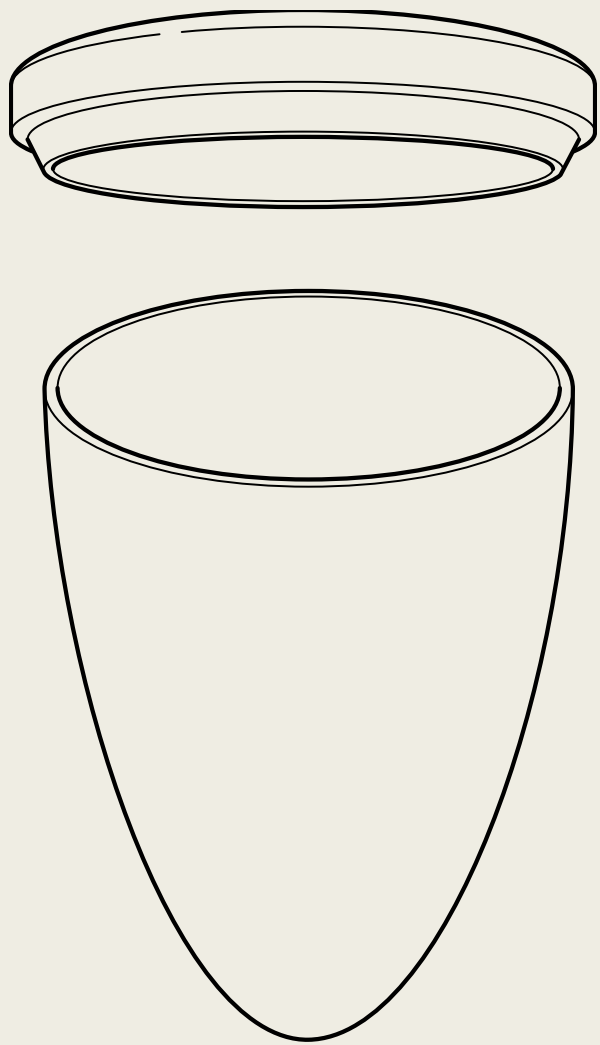


人工栽培技术现状

罗纳德·D·奥尔专利的核心技术在于将播种菌丝体埋入基质进行培养。该发明的创造性体现在生物分离理念：富营养环境（谷物培养基上的羊肚菌菌丝体）与贫瘠基质（土壤）的物理隔离。

传统播种法（俗称“撒播法”或“沟播/穴播法”）现已**被摒弃**。该栽培方法首年实施时效果参差，次年即完全失效，导致种植者面临困境——因首季栽培期间羊肚菌共生菌群被过度消耗，致使土壤中完全缺失这些关键微生物。究其原因，传统播种方式在非栽培季仍持续消耗土壤中的共生菌群。再者，深层形成的菌核在子实体形成阶段无法被有效利用。此技术缺陷已为早期栽培者所熟知，彼时仅能采取若干临时性补救措施。

POD系统通过引导羊肚菌菌丝体向表层定向生长，在栽培周期内及结束后维持土壤菌群活性，从而有效规避传统播种方式的技术缺陷。此外，得益于陶土材质构成，POD系统能够捕获如假单胞菌恶臭假单胞菌等共生细菌。这些细菌在羊肚菌菌丝体的春化处理阶段为其提供脂类营养：POD系统实质上是一个细菌捕获装置，可有效提升羊肚菌的产量、栽培复现性及感官品质。



基于POD系统的栽培关键阶段

- 气候防护设施及先决条件核查
- 菌丝体接收
- 基质制备
- 播种管理（接种操作）
- 菌丝培养（增殖阶段）
- 营养补给
- 菌核形成（春化处理）
- 触发子实体形成
- 采收
- 非季节植被覆盖

羊肚菌菌丝体技术参数

播种

- 10月至12月
- 操作温度需低于20°C
- 菌袋保存温度需控制在2-4°C

菌丝培养

- 最短1.5个月
- 温度梯度：20°C（十月）至13°C（十一月）

春化处理

- 最短1.5个月
- 温度梯度：13°C（十一月）至5°C（十二月）

采收

- 2月至5月
- 空气温度维持20°C
- 基质深度10厘米处温度应保持7-15°C

光照调控

- 阳光直射区域应架设纺织品遮阳幕或遮阳网

温度

- 最低 -8°
 - 最高 +28°
- 隧道内测得

品种

- Importuna
- Septentrionalis
- Sextelata
- Rufobrunnea

设备

- 四分之三林缘式遮荫
- 喷灌、微喷灌、滴灌系统

羊肚菌栽培环境要求

在植入菌丝体前，需确保栽培环境满足以下特性与条件：凡具备下列特性的土壤均适宜羊肚菌栽培：

- 需使用KCl pH值（矿物相pH）调节至8的土壤基质土壤酸度调节可采用碳酸钙（ CaCO_3 ，白垩——镁含量 < 1%）。具体改良剂量需通过土壤检测确定。警告：禁止使用熟石灰/生石灰或海洋源碳酸盐
- 确保目标基质的真菌特性：注意某些树种（针叶树、核桃树等）或植物（鼠尾草、月桂、大蒜、洋葱等）可能携带的单宁或抑制性物质，以及新鲜木屑、各类新鲜枝叶等成分。
- 需使用地表淡水（非含氯自来水，非硬水）。
- 严禁使用化学投入物及抗真菌类农业处理剂。羊肚菌需与其他细菌建立共生关系。
- 警惕看似合理实则不当的操作：例如使用受褐腐病污染的苹果。

栽培所需设备

羊肚菌栽培需配备气候防护棚，其结构采用专利Serre-Flex系统。该防护棚的核心特征在于多功能气候覆盖层的应用：

- 防止基质因降雨和灌溉导致板结（结构塌陷与缺氧），
- 模拟"林缘光照环境"——实现75%遮荫率，
- 维持空气湿度稳定（最大程度防风防干）并保持被动空气循环。

一套灌溉系统RainSystem或其他喷灌系统。

配备Weenat温湿度监测仪可实时获取数据，并能调阅栽培全程记录的历史参数。该工具可精准设定灌溉频次与持续时间。

出菇苫布可有效抑制病原菌，并在子实体形成阶段为羊肚菌提供防损保护。

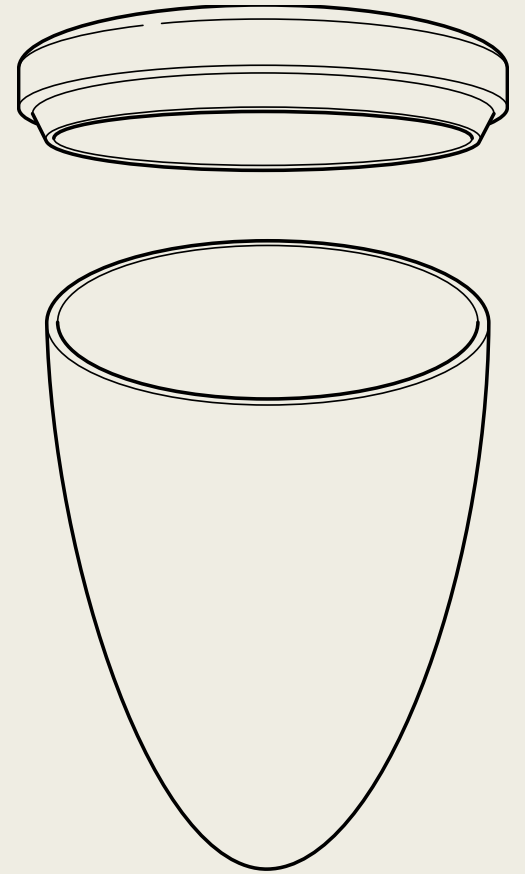
陶瓷基专利装置

该陶瓷装置（专利名称POD）作为**接种体**，采用菌丝体陶瓷封装技术实现羊肚菌播种，为其创造健康、专属且可复制的生长微环境：

- ❖ **经掩埋和封装处理后**，该系统可避免降解或污染，并处于有利的热效应环境中。
- ❖ **在定向引导下**，羊肚菌菌丝体通过POD的开口排出，并以最高成功率连接内源性与外源性营养源。
- ❖ **采用陶土材质制成**，POD作为细菌诱捕装置，可促进营养共生关系形成，从而优化羊肚菌菌丝体发育。
- ❖ **其可重复使用特性**，使种植者能够降低生产成本并精准控制营养供给。

这些因素为基于强健菌丝网络的羊肚菌栽培创造条件，实现可控且线性的产量提升。

POD系统分为两类：**POD jardinier**为独立式装置，无需营养供给；**POD Pro**则专供菜农和农业从业者使用，需配合营养基质。**POD Pro装置可在大规模地块上实现数千次重复使用**，因其无需预先挖掘种植孔。该装置更易于插入土壤且便于后续拔取。



安装Serre-Flex柔性温室系统



Serre-Flex是专为食用菌栽培设计的微气候调控设施，可为不同菌类创造精准适配的生长环境。该系统能有效抵御极端气象条件（温变、强风等），并通过优化空气湿度控制实现预期产量最大化。

1. 按1米间距布设7米拱架（由四根1.75米玻璃纤维杆通过三个铝制连接件使用Sika胶水接合），末端50厘米埋入土中。在温室进出口处设置双重拱架以增强传动齿轮系统的结构稳定性。
2. 将锚固桩居中定位并与首尾拱形支架保持3米间距，进行垂直固定。
3. 采用农业用绳（德尔坦）在各拱架连接器处打绞盘节点，实现拱架系统的衔接。
4. 屋脊线一端通过永久节点连接锚固桩，另一端使用可拆卸节点（或弹簧扣）进行对接。
5. 将9米×50米纺织卷材展开铺设在拱架系统顶部。
6. 使用扣锁束紧纺织物两端，通过锚固装置完成整体张拉固定。9毫米扣锁具备熔断功能：当纺织物承受超负荷张力时，扣锁将优先断裂使温室实现保护性倾倒。
7. 最后，在温室两侧放置负重袋（或铲土堆）以保持气候调控织物处于紧绷状态。

重要提示： Serre-Flex柔性温室系统需在干燥天气条件下进行安装。

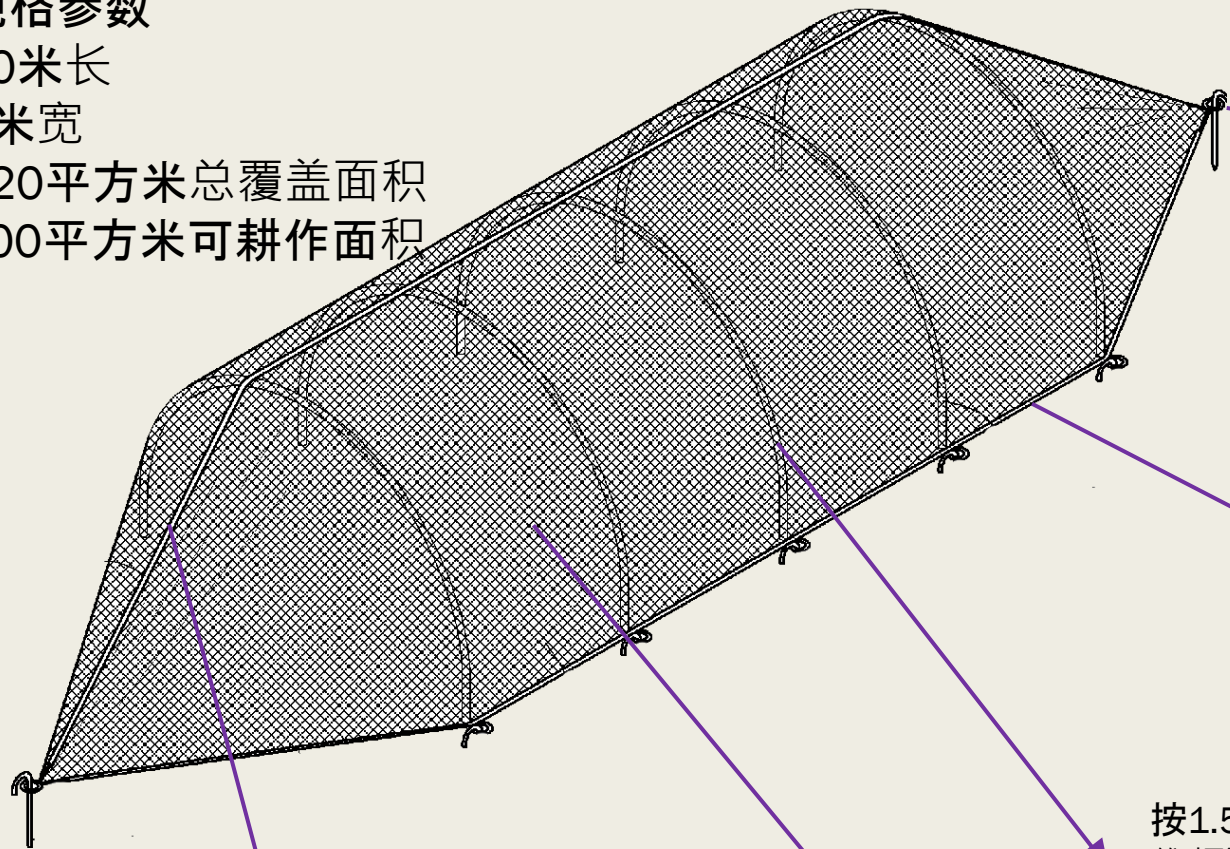
规格参数

40米长

3米宽

120平方米总覆盖面积

100平方米可耕作面积



屋脊线施工：使用农业用绳（德尔坦绳）连接各拱形支架，在拱架最高处的铝制连接件位置打绞盘节点。

将9米×50米规格的网卷铺展于拱架系统上方

在温室两侧放置负重袋（或铲土堆等），使气候调控织物保持紧绷状态

按1.5米间距（+版本为1米）布设7米拱架（由4根1.75米玻璃纤维杆通过3个铝制连接件使用西卡胶粘接组成），末端插入土壤50厘米深。针对Serre-Flex柔性温室系统的织物版本，应在温室进出口处设置双重拱架，以提升雨天环境下载动齿轮的结构稳定性。

居中并拧紧锚固桩，间距3米，正对温室首尾两端的拱形支架（经典版需双支架，+版则无需）。使用扣锁束紧纺织物两端，通过锚固装置完成整体张拉固定。9毫米扣锁具备熔断功能：当纺织物承受超负荷张力时，扣锁将优先断裂使温室实现保护性倾倒。

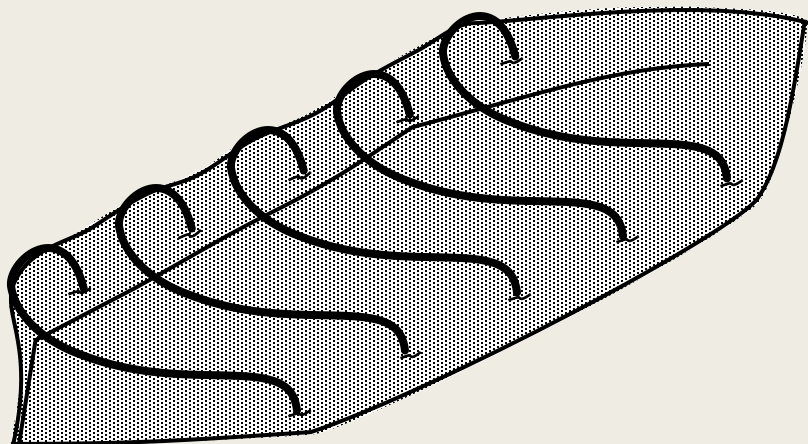
重要提示： Serre-Flex柔性温室系统需在干燥天气条件下进行安装。

一棚双模：Serre-Flex柔性温室系统

- **工作模式（播种或子实体形成）：**Serre-Flex柔性温室系统通过均匀张紧其两侧锚固桩，实现全天候隧道式作业环境。建议选择晴朗首日进行Serre-Flex柔性温室系统的升起和固定操作，便于工作模式部署。理想适用于播种或采收作业。
- **雪地模式或风暴模式：**当温室处于倾倒状态时，屋脊结构将被锁定至某一锚固桩，以防止起苗操作。采用倾倒模式安装Serre-Flex柔性温室系统时，首日降雨更有利于结构固定。该设计可有效提升冬季菌丝培养效率，或在风暴期间显著降低风荷载影响。



常规注意事项



使用9mm宽扣锁（非标配件），可在极端天气下为处于'工作'模式的Serre-Flex柔性温室系统提供安全冗余：当系统过载时，熔断装置将触发使温室自动倾倒。

建议使用此类扣锁实现双重锚固：既固定气候调控织物于锚定点，同时固定屋脊结构于锚定点。

符合规范安装时的指示抗风等级：
可抵御70公里/小时阵风。超过该风速阈值时请放倒Serre-Flex柔性温室系统。

Serre-Flex柔性温室系统须在晴朗天气条件下进行安装。

收货时，包装箱内包含连接器、锚固装置及独立包装的屋脊结构组件。

安装时请使用外部粘合剂（如Sikaflex11FC型胶粘剂），将连接件与杆件进行可靠固定。此常规安全措施可有效降低网布穿孔风险。

架设屋脊结构时，须确保各杆件间张力持续均匀，通过屋脊结构维持温室整体结构完整性。屋脊结构必须始终在两杆件间保持张紧状态，严禁出现松弛。

完成屋脊结构张紧后，您将明确观察到装置存在特定方向的下垂趋势。

组装注意事项



建议预先采用喷涂方式标记支架杆件，再将其打入地下50厘米。

组装说明



屋脊结构实现各拱形支架的互联。每个拱形支架采用交错式节点固定：首节点位于连接件左侧，次节点位于右侧，依此类推。



组装说明

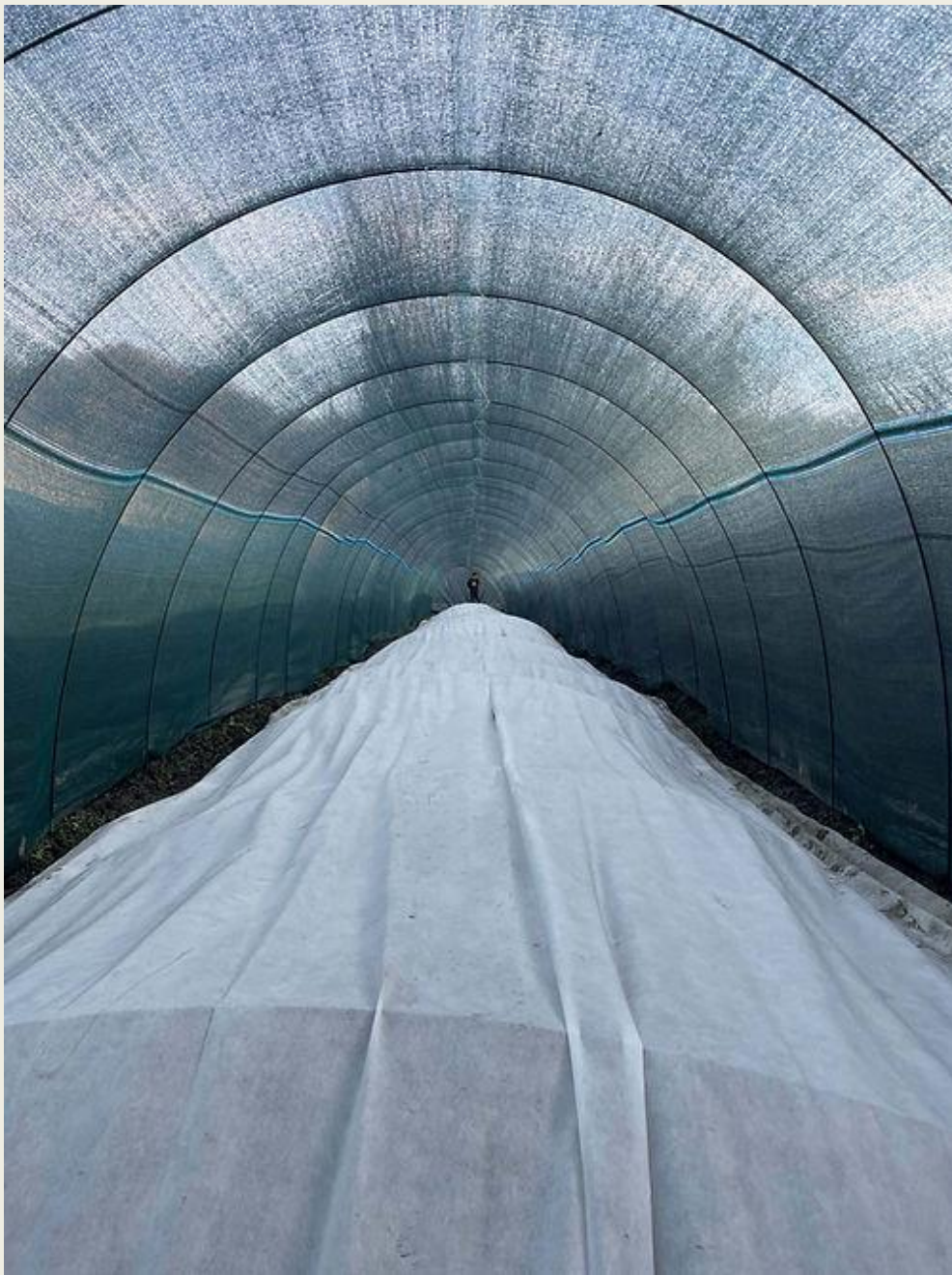


温室侧边可通过沙袋配重或土方压载进行固定。织物/网布**必须**保持充分张紧状态！

组装说明



「糖果结」由两个**9毫米扣锁**呈交错嵌套结构构成。一个装置用于收拢纺织布，另一个用于固定地锚。这些扣锁还可作为熔断装置，当温室承受过强自然外力时启动保护机制。



促生遮阳网与出菇苫布

Serre-Flex柔性温室系统下方设有配备促生膜的拱形小棚，用于菌丝培养阶段保护播种，促进菌丝体扩展及春化处理。

促生棚的拱架系统（两根带胶合铝连接件的1.75米支架）按2米间距布置，可覆盖两至三块栽培板。切勿强迫其仅覆盖单块栽培板，否则支撑杆会发生断裂！

促生膜通过防雨击、抗风寒和防霜冻确保栽培顺利进行。子实体形成阶段可替换为出菇苫布（选配件）以维持稳定湿度。

害虫与生物防治

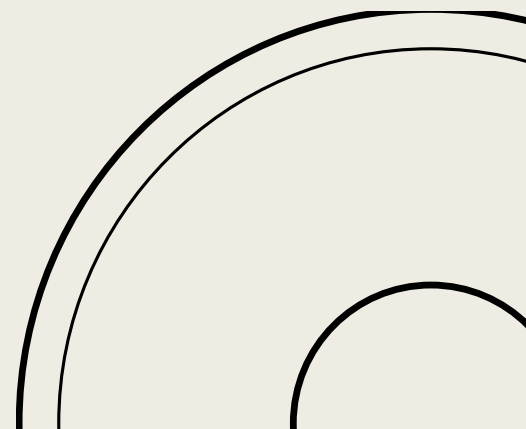
有时需防范典型侵袭并预判某些已知害虫的行为。以下是您在此次防治战中的盟友，始终应用于**有机栽培体系**。

- 苏云金杆菌（BTi）可显著降低蕈蚊幼虫种群数量——即**蘑菇蝇**。请严格遵守所购产品的剂量建议。
- **磷酸铁盐**是春季防控外部蛞蝓种群的有效手段。若磷酸铁盐含量为3%，请按产品说明严格控制用量。使用时需遵循制造商剂量标准，仅在羊肚菌原基显现时施用，切勿提前使用。
- 可将混合30% CaCO_3 （**碳酸钙**）或熟石灰的煮熟小麦堆置于温室附近，以降低栽培期间啮齿类动物种群密度。这些动物将放弃侵袭栽培区域，转而取食该易获取的替代食源。



菌丝体的接收与储存

- 专业种植者应通过冷链运输接收菌丝体，接收时段为十月中旬至十一月中旬。若对货物状态存疑，须立即向承运方提出书面保留意见。
- 如条件允许（参见下文「播种管理」步骤），建议在菌丝体到货后即刻投入使用。
- 若无法立即使用接收菌丝体，须拆箱并将各菌袋分层置于2°C恒温冷藏区。若无置物架，可采用堆叠纸箱替代方案，但需确保培养袋间保持物理隔离。
- 请保留POD系统的运输包装箱，其内置缓冲气泡膜可确保非生产季安全储存防破损。



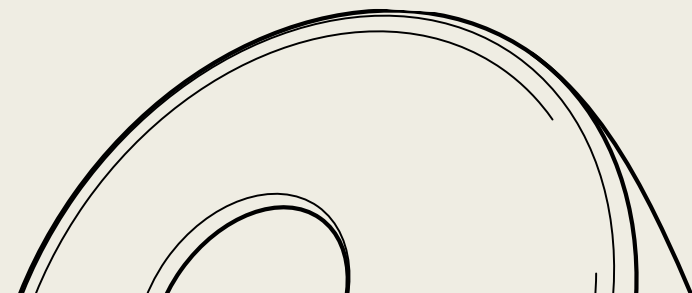


CERAMYCA供应的生物菌丝体采用15升容量专用培养袋封装。我们对其菌种纯度实施全生产周期质控。建议尽早接种以实现最佳生物转化率。

土壤准备与耕作

土壤基质处理是羊肚菌栽培的三大技术支柱之一。需充分认知该栽培周期跨越多个物候阶段且需耐受极端环境胁迫。构建抗侵蚀的土壤工程体系，是本栽培模式实施过程中必须突破的核心技术瓶颈。

- 若您首次尝试栽培且地块此前未进行过种植，则需实施多次假播种处理，以最大限度减少地块杂草数量。
- 若需通过施加改良剂调节土壤中有害生物种群或平衡土壤pH值，应在翻耕后立即进行施加，并确保在末次土壤处理前完成。
- 土壤处理应形成鸡蛋大小的块状结构，带宽0.8米至1.5米，并根据现有工具条件最大限度实施起垄处理（确保排水通畅）。





块状起垄的土壤处理：右图中，中间两条带区经翻耕后已完成旋耕（旋转耙）处理，其余区域仅完成翻耕并等待后续旋耕。



有机基质改良

栽培羊肚菌属于腐生真菌其所需养分源自硬木（阔叶树）等已分解有机质。作为次级分解者其无法耐受新鲜腐殖质：添加物须完成氨化分解阶段并稳定于pH值8的环境。任何会引发后续数月亚硝化及硝化反应（持续数月的进程）的新鲜碳源或氮化物均不适宜羊肚菌培育。尽管制定植被覆盖策略具有参考意义，但无法以此作为构建充足碳源的有效途径。

通过土壤检测可量化土壤腐殖质含量并测算有机质占比。随后需考虑补偿性添加物：至少两年陈化的落叶木碎屑堆肥是理想添加材料，其呈现碳氮比（C/N）约为9。该添加物需埋入并混合于土壤表层10至15厘米处。

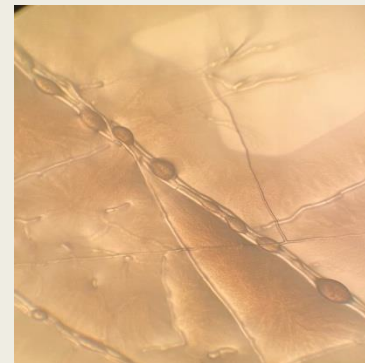
推荐方案

- 初始阶段在翻耕与碎土之间按20升/平方米的添加量进行基质改良，即可构建高效平衡的土壤体系。若有机质缺乏（含量低于5%）则加倍至40升/平方米；如土壤特性不适宜羊肚菌栽培（采用全模拟基质或室内栽培），需再次加倍至80升/平方米。
- 年度维护仅需每平方米10升水量即可。

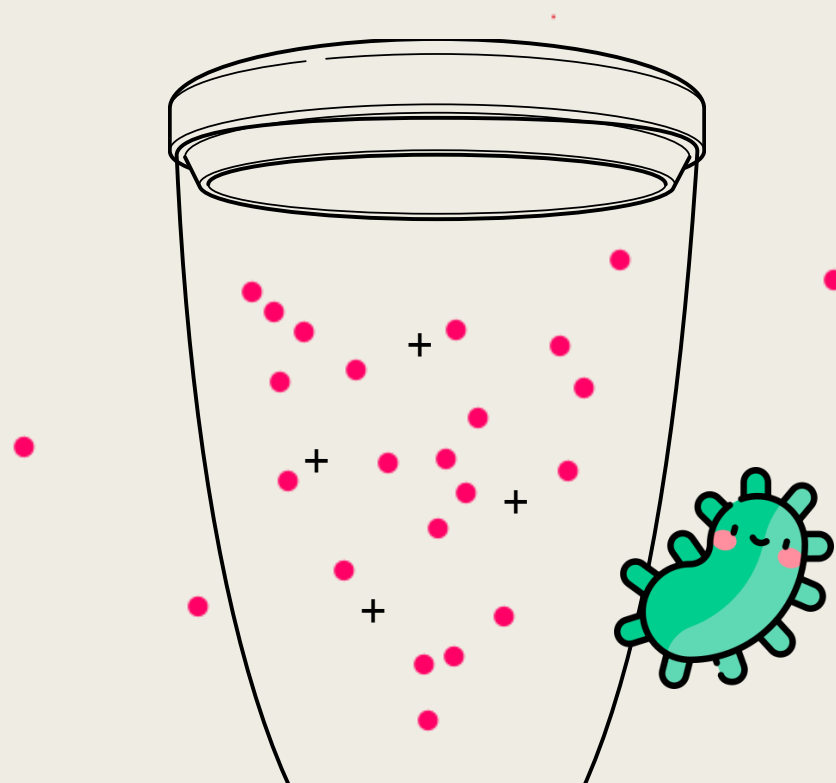


益生菌改良剂

- 在羊肚菌播种前日完成有机碳质改良后，请立即向土壤接种假单胞菌Putida，以强化该羊肚菌共生菌的土壤定殖。该液态活性改良剂需通过大量灌溉实施，操作须于羊肚菌播种前即刻完成。该装置须覆盖南泰型隧道以实现紫外线防护。其将与菌丝体同期交付。该撒布工序是实施高产羊肚菌播种的关键步骤。该菌种在未耕作土壤中呈自然随机分布，但在非生长季裸露土壤中可能缺失，或因前茬羊肚菌栽培导致菌群衰减。植被覆盖层的掩埋是最低前提要求，在商业化栽培中不可作为羊肚菌菌丝体消耗的补偿措施。POD系统采用的陶土材质凭借其多孔结构及氧化铁成分，可有效捕获假单胞菌。该菌体在接触初期即与羊肚菌菌丝体融合，并于春化处理前自主储备营养，最终以可吸收脂质形式反哺菌丝体，形成严格共生体系。无此菌则无羊肚菌！警告：非封装播种（传统方法）会大量消耗共生菌群。进行试验的种植者观察到，自栽培第2年起产量开始下降，原因是羊肚菌菌丝体在非生长季持续存留于土壤中。这些播种模式已被弃用。
- 同时，在灌溉系统中接种苏云金芽孢杆菌以色列亚种（需稀释的粉剂），以强化对害虫幼虫（如菇蝇）的生物防治。



假单胞菌共生体系
与羊肚菌菌丝体菌丝



灌溉与湿度管理

羊肚菌栽培的不同阶段需选择适配的灌溉系统。土壤性质在很大程度上决定应选用的灌溉类型。水分需求主要集中在子实体形成阶段。不同地域条件与土壤质地均需进行差异化的需水量评估。**按每100平方米种植面积计算，整个生长季平均需水量约为10立方米。**

必须遵循的恒定技术规范：

- 播种作业需在土壤完全饱和后实施
- 栽培基质必须**持续保持湿润**状态
- 严禁对处于扩展阶段的菌丝体实施灌溉
- **禁止**对高度不足3/4厘米的幼嫩羊肚菌进行浇水

我们首推的「Rain System」解决方案具有卓越的土壤普适性，可兼容所有土壤类型。该系统既可实现细雨式精准灌溉，又能快速完成大流量灌溉作业（与雾化系统形成技术对比）。该装置倒扣于地面时，可通过毛细作用实现类似滴灌系统的精准灌溉。最后，该系统成本较低。

Rain System型灌溉管道建议配套使用Weenat监测仪（气象站与土壤张力计），可远程监测空气湿度及土壤张力值（即土壤湿度）。Ceramyca团队还可根据需求实时跟踪您的环境参数，为栽培管理提供决策支持。



播种管理（接种阶段）

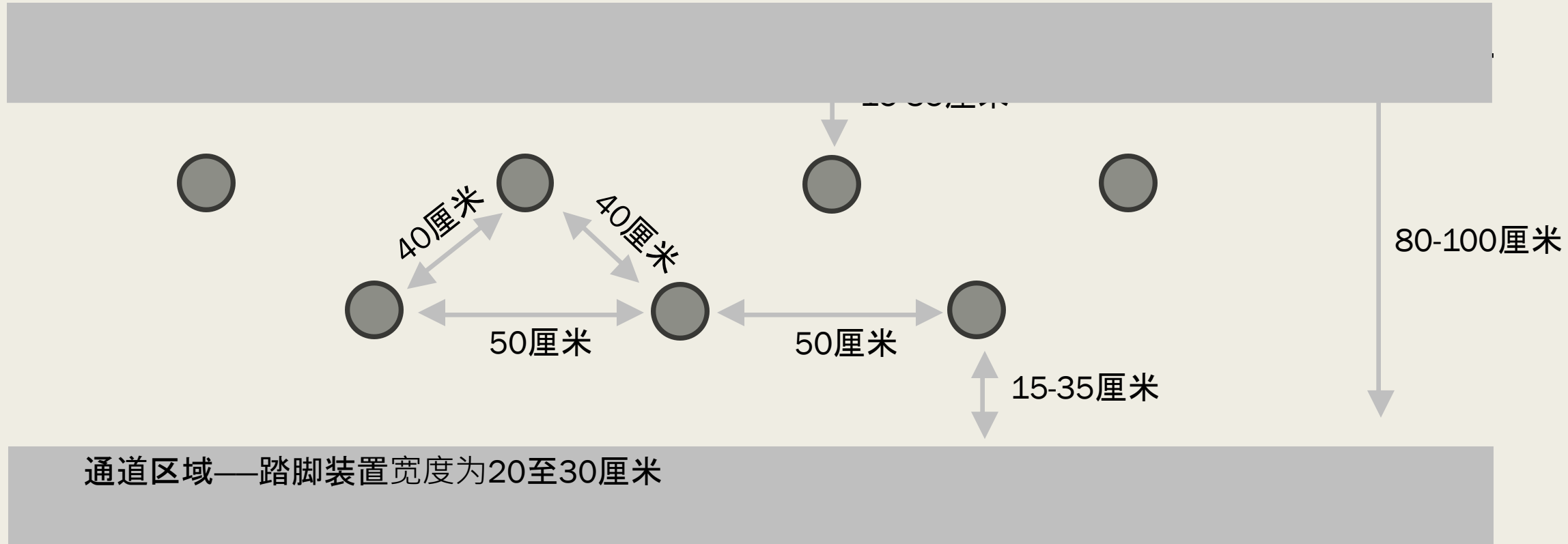


POD系统的成功启动取决于两大关键要素：适宜基质中的水分有效性和有利的温度条件。

- 当气候庇护所内空气温度不超过且将不再超过20摄氏度时，必须启动羊肚菌播种。该测量需在日间温度峰值时，于气候庇护所内距地表10厘米处实施。
- 此时栽培基质的水分饱和至关重要，可确保菌丝体在POD系统内的良好启动。初始灌溉（可通过降雨实现）须先于播种操作完成。其目标是通过陶瓷壁的毛细作用，使POD系统及其内容物保持湿润。
- 揉搓收到的菌丝体菌袋（无需开封且无需谨慎操作，菌丝体并不脆弱）。菌丝体经分散处理后，需将POD系统充分填充，注意避免压实菌丝体。
- 将POD系统按梅花状交错排列，覆盖2-3厘米土层以形成平整表面（示意图见下页）。
- 在栽培垄上方搭建促菇隧道（小型生菜栽培棚），覆盖菌丝培养专用织物或出菇苫布。



POD系统最优布局方案



此布局设计可最大化POD系统间的接触效应，促进优质菌核生成，并实现外源营养的高效接入。在Serre-Flex柔性温室系统内，可配置三条宽0.80米的栽培带，与五组踏脚装置相邻布局。因此，一个栽培面积为100平方米的Serre-Flex标准隧道可容纳400组POD系统。

菌丝体培养阶段



羊肚菌菌丝体的培养阶段具有显著示范效应，因其菌丝体发育速度极快。

- 若在最佳热力学条件下进行播种，POD系统上方将在一周内显现菌丝体萌发点。这些萌发点将引发菌丝爆燃现象，经10-15天培养后，其扩展直径可达约15-20厘米。
- 若在不利温度条件下播种，虽可观测到萌发点，但菌丝体的爆燃扩展将发生于表土首厘米层之下，无法通过肉眼识别。
- 注：菌丝体的良好发育取决于多项要素，包括土壤质量及其处理方式、张力测定稳定性（土壤湿度）、有利热效应、有机质改良剂或钙质改良剂（必要时）的品质。
- 若秋季与入冬期呈现干旱特征，请及时实施维护性灌溉作业。此时应避免直接灌溉栽培垄，建议将灌溉区域转移至踏脚装置。切勿等待土壤表层干涸，否则菌丝体地表发育将停滞，转而进行不可观测的地下发育。



菌丝培养10天后进入增殖阶段：此时可连接
此阶段需进行营养补给。



菌丝体营养强化

当前使用的3升灭菌谷物袋营养液需打破无菌状态，最大限度地将养分供给羊肚菌菌丝体。每个3升营养袋可为两个间距40厘米、呈梅花形排列的POD系统提供养分。

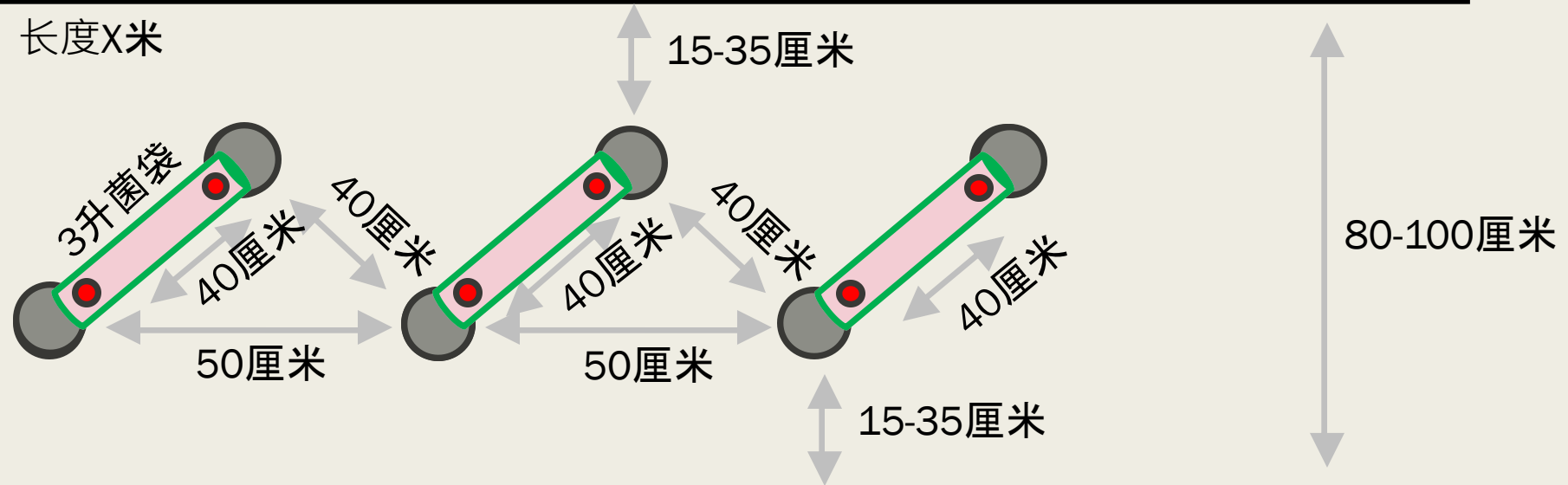
待POD系统产生直径15-20厘米的爆燃现象后，将营养袋置于两个POD系统上方。该现象通常发生于POD系统部署后7-10天。将营养袋的两个传动齿轮分别置于间距40厘米的梅花形排列POD系统爆燃区域上方。

注：请使用防风点火器在每个营养袋三角区打制2欧元硬币大小的孔洞。



POD系统营养层优化配置方案

栽培垄宽度0.8-1米，长度X米



当POD系统完成直径15-20cm的爆燃扩展后，将3L营养袋置于两组POD系统上方。若播种条件良好，该直径范围可在7-10日内达成。PRO系列POD系统上方的营养层铺设周期不得超过10天。

- 将菌袋侧倾，使原接触地面的一侧朝向操作面，
- 使用防风点火器打制两个2欧元硬币大小的孔洞，随后将菌袋复位。您已成功将外源营养接入POD系统。

菌核形成与春化处理

菌核形成是决定性的新阶段。菌核体积越大、活性越强且数量越多，栽培产量将相应提升。

- 爆燃现象初始呈白色，并在营养基质未完全消耗期间持续扩展。只要表层菌丝体持续生长，即可接入外源营养源，例如灭菌处理的全熟谷物菌袋。
- 当菌丝体褐化（转呈橙红色）后，营养转化过程即从所有已定殖的培养基质中启动，优先支持菌核的形成。此阶段充分体现羊肚菌的独特生物学特性：从富营养基质（接种体内容物、有机质及补充营养）中汲取养分，通过贫营养介质（土壤）进行转运，最终形成作为营养储备的菌核，并在此基质上完成羊肚菌群的子实体发育。该阶段持续时间因地域和气象条件而异，介于1.5至4个月之间。





POD系统表面典型菌核
经2个月春化处理形成

准备子实体形成阶段



子实体形成需满足三个关键要素的协同作用。当三要素同时具备时，可激活蘑菇的防早发机制：此为天然形成的生物安全系统。

- 1. 菌核的充分发育取决于播种工序的精准实施。
- 2. 羊肚菌菌核的逆境激活温度阈值为7°C，土壤温度上限可达15°C。
- 3. 光反应过程需在气候调控织物或遮阳网层下进行，并优先采用出菇苫布覆盖完成。

需实时监测土壤温度，当地温回升时应恢复 $\frac{3}{4}$ 遮荫率以维持光反应条件。土壤温度测量应在基质深度10厘米处实施，于清晨时段测定（反映土壤热惯性温度）。

注：在降雪地区，一旦脱离积雪损毁风险范围，若您的Serre-Flex柔性温室系统处于倾倒状态，请立即执行起苗操作，以避免子实体形成过程过早启动。潜在风险在于黑色织物的热效应蓄积，通过热传导引发土壤层温度骤升，从而导致子实体形成阶段过早触发。常规操作中，Serre-Flex柔性温室系统的起苗作业应安排在1月底至2月初进行。

子实体形成诱导



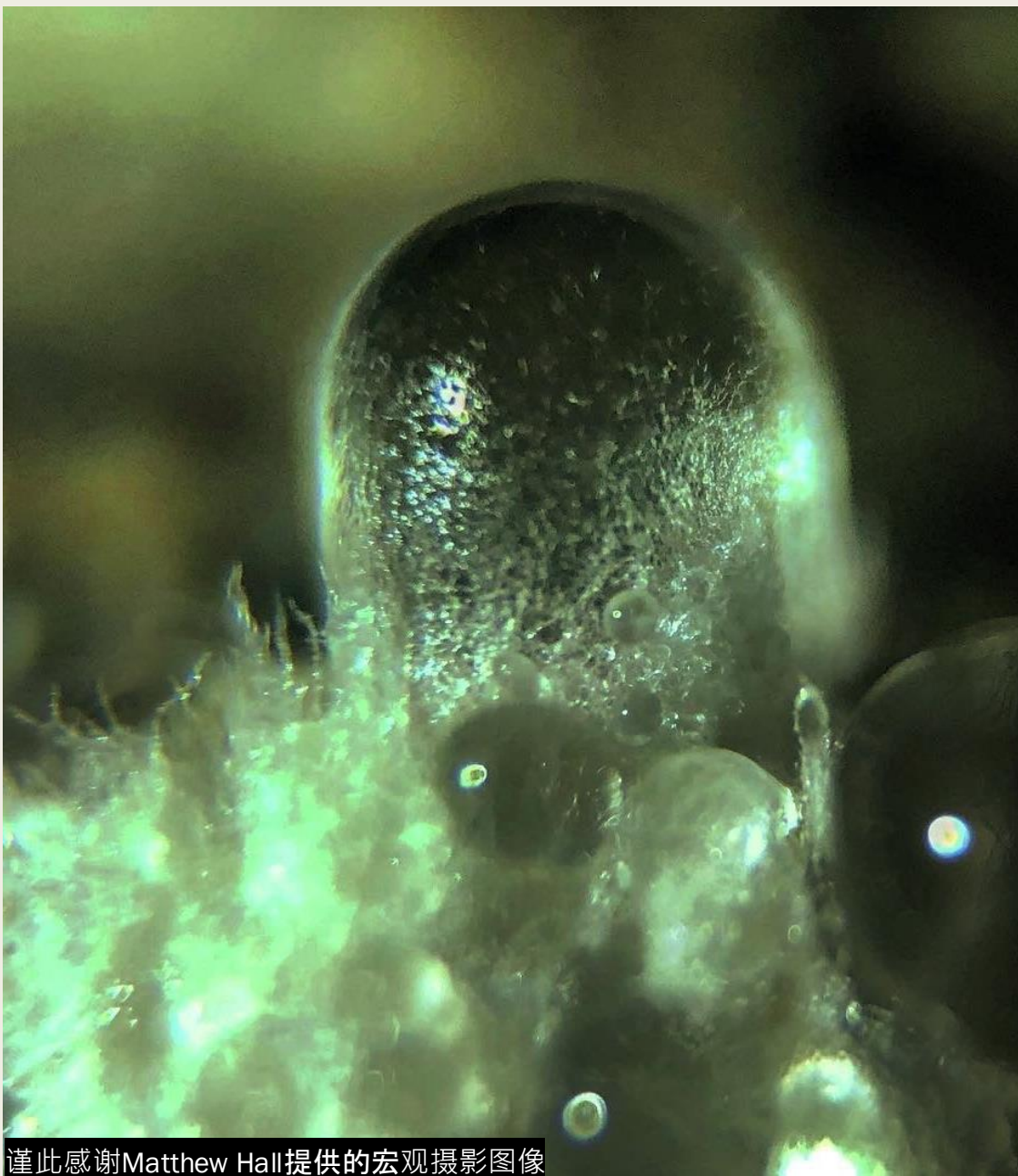
- 当监测到土壤温度在早晨10厘米基质深度处升至7摄氏度时，需立即实施饱和灌溉程序。需注意，该土壤温度阈值通常在下列条件满足时达成：夜间气象温度达4-5摄氏度，且日间最低气象温度连续2-3日维持在14-15摄氏度区间。降雨通常兼具土壤增温效应。完成饱和灌溉后，日间空气湿度*将稳定于85%阈值，此时正式启动原基体形成阶段。

注：所谓饱和灌溉指灌溉至踏脚装置处形成水洼，该水洼将在数小时后自行消失。

注：若此阶段观测到空气湿度过低（常见于粉质或沙质土壤），建议采用南特拱棚支撑的出菇苫布系统以稳定湿度参数。

* 空气湿度测量应在距地面10厘米高度、阴凉处、每日温度峰值时段（约12:00-14:00）进行。

- 子实体形成阶段（原基体分化）将在维持数日适宜环境条件后启动。日间热量积聚与傍晚热量释放协同作用，可触发土壤储水层持续数小时的稳定蒸发过程。
- 为遵循热量积累与释放的物理规律，若需实施巩固性喷淋操作，应严格选择清晨时段进行。严禁在上午晚段、正午、下午或傍晚初期实施喷淋，此操作将阻断热量积累与释放机制，从而抑制蒸发作用。该阶段日间空气湿度呈周期性波动，喷淋后可达85%，随后逐渐降至75%。



谨此感谢Matthew Hall提供的宏观摄影图像





羊肚菌发育调控

经历数日蒸发过程后，原基体随环境空气湿度下降（与土壤持水能力同步递减）逐步发育为**2-4厘米**的羊肚菌幼体。当监测到表层土壤（**10厘米深度**）日间空气湿度 $\leq 65\%$ 时，须于次日上午实施巩固性灌溉。

若栽培基质呈现干燥且出现原基体，严禁直接对栽培床实施喷灌作业。如配置RainSystem系统，应将其倒置安装于踏脚装置，通过毛细作用进行巩固性渗灌。

羊肚菌子实体高度达**2厘米**后，可于清晨采用喷灌设备对栽培带实施分次灌溉（每次**10分钟**作业）。推荐采用滴灌系统实施精准灌溉，无需根据羊肚菌生长阶段反复调整灌溉时机。注意：滴灌系统需采取预防性启用策略，切勿待表层干燥显现后方启动。否则将无法形成有效的毛细作用传导。为实现设备最佳运行效能，通常需配置土壤张力计进行精准监测。

如何实现原基体存活率最大化

- 使用**出菇苫布**覆盖南特拱棚结构（具备温/风致干燥防护及雨水溅蚀缓冲功能）
- 实施灌溉时应严格避免热冲击现象。必要的维持性灌溉应严格限定于清晨时段，**当羊肚菌群发育高度未达2厘米时，必须采用毛细灌溉技术避免直接水接触。**

害虫、病原菌及物理损伤



温度过高导致头部脱水



菇蝇

(头部刺伤
头部)



蛞蝓啃食损伤



冻裂 (因结冰)



害虫、病原菌及物理损伤



教堂状菌柄：土壤pH值异常
或土壤中存在栽培抑制剂



羊肚菌同时被蕈蚊（菇蝇）刺伤头部，并遭线虫或跳虫
侵害菌柄



羊肚菌先感染蓝藻细菌（菌柄发红表明水分
过多），随后被Dactylium Dendroides（生物
分解者）侵染





标准化采收规程

为优化采收称重产量及羊肚菌群运输可行性，必须严格遵循以下最佳实践。

- 成熟羊肚菌采收总高度应控制在10/12厘米（含菌柄），切割后菌柄长度校准为8/10厘米。无需让羊肚菌继续生长，在此阶段采收可将菌核的能量重新分配给其他生长中的羊肚菌。此时子实体头部（菌盖）的蜂窝状结构在'腹部'区域已展开，但顶端部位尚未完全开放。已采收羊肚菌的菌柄呈白色至乳白色。这些标准可能因不同品种存在细微差异。
- 禁止在灌溉或降雨后进行采摘作业，此举会导致风味物质稀释而降低品质，并阻碍羊肚菌通过菌柄排出多余水分，从而引发蓝藻细菌污染（菌柄发红现象）。该污染会导致产品无法运输，并可能感染同一周转箱内的健康样本。
- 采摘后应立即使用完全填充的容器运输或配送羊肚菌群。运输包装中留有空间将引发系统性破损：羊肚菌质地脆弱，无法承受运输颠簸。





POD系统再生利用

每个新栽培季均可重复使用POD系统。请妥善保存配送时的原始包装纸箱！

- 季末时，请使用双齿小叉（普通两齿园艺叉即可）挖掘POD系统，
- 将POD系统及其内容物置于阳光下晾晒，
- 完全干燥后，清空POD系统内容物并放回原始配送包装箱存储。
- 在下一栽培季开始前，将POD系统浸入石灰水（按850克熟石灰与1000升水配制的饱和溶液）中处理30分钟。替代方案：将POD系统置于日光下连续曝晒多日。
- 重新填充POD系统基质。

