

吕德亮 / 丁积善 / 吴家源 / 唐能敦 / 译

蘑菇译文集



• 轻工业出版社 •

蘑菇译文集

吕德亮

吴家源

丁积善

唐能敦

译

轻工出版社

内 容 提 要

本书从国际蘑菇栽培者协会出版的《蘑菇科学》五~八卷中及其他有关书刊中选译了部分资料汇编成。内容包括：国外蘑菇培养料制备、栽培技术管理、病虫害防治等方面的科研成果和先进经验，及菌种制备、鲜菇保藏等。所选资料内容丰富、针对性强，对解决我国蘑菇生产中普遍出现的一些问题具有一定参考价值，可供从事蘑菇栽培的有关科研、生产技术人员参考。

蘑 菇 译 文 集

吕德尧 丁积善 译
吴家源 唐能教 译

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32 印张：12 1/2 字数：271 千字

1982年10月第1版第1次印刷

册数：1-3,984 定价：1.40元

统一书号：15044·1693

译者的话

蘑菇鲜美可口，营养丰富，被称之为“蛋白新资源”。蘑菇栽培，原料便宜，可利用多种农业和工业废料；收益较大，可增加农村副业收入，有力地支援外贸出口，为四化建设积累资金。

早在三十年代，我国就有人从事蘑菇栽培，但为数寥寥，只为达官显贵服务。解放后栽培规模迅速发展，产量猛增，但与世界上先进国家相比，单产较低，技术落后。为能学习国外科学种菇的先进经验，进一步发展我国蘑菇栽培业，我们从国际蘑菇栽培者协会出版的《蘑菇科学》(Mushroom Science)五~八卷及其它有关书刊中选译了部分资料，汇编成这本书。

书中着重介绍了培养料制备、栽培技术管理、病虫害防治，并对菌种制备、鲜菇保藏等作了适当介绍。由于译者水平有限，加之时间仓促，选题不当和译得不妥之处在所难免，同时蘑菇栽培技术不断地在发展，故本书仅供学习和工作上的参考。敬请读者对本书的缺点给予指正。

在翻译过程中，承蒙四川省轻工科技情报中心站、四川省纺织科技情报中心站和四川省轻工业研究所的大力支持和热心帮助，谨在此表示深切的谢意。

译者

1980年于成都

目 录

培养料制备	(1)
培养料和堆制方法	(1)
用嗜热真菌堆制培养料	(14)
培养料堆制末期出现的几种真菌	(18)
培养料在堆制和出菇期的化学成分	(23)
麦秸和马粪混合培养料在堆制时 的微生物变化	(41)
水分对蘑菇培养料堆制的影响	(56)
硫酸铵、碳酸钙、过磷酸钙、石 膏的混合及其对前发酵和菇产量的影响	(74)
培养料的氮追加	(99)
栽种时蘑菇培养料的营养追加	(114)
栽培技术管理	(133)
覆土后的栽培措施	(133)
蘑菇栽培的环境因素	(138)
覆土类型及技术	(174)
培养料和覆土的 pH 值对菇产量的影响	(181)
疏松覆土层对蘑菇菌丝束和产量的影响	(191)
栽种和出菇期所需的水量及培养料有 机养分	(201)
利用温度对蘑菇生长的影响控制采菇	(218)
采菇成熟度对产量的影响	(227)
病虫害防治	(233)

蘑菇的病害和杂菌	(233)
蘑菇的主要虫害及其控制	(247)
蘑菇病毒病的传播、预防和控制	(254)
蘑菇褐斑病病原菌 <i>V. malthousei</i> 的蔓延及栽培措施对它的控制作用	(283)
蘑菇菌丝与虫口密度的关系	(295)
控制蘑菇虫害的新材料和新方法	(306)
线虫 (Eelworm) 防治——一种实用覆土灭菌法	(313)
覆土中的农药对蘑菇生长发育的影响	(323)
其它	(341)
关于蘑菇制种的几个具体问题	(341)
延长鲜菇保鲜期的方法	(354)
贮藏气体组成对蘑菇采后生长的影响	(366)
蘑菇的品质评定：失水、色泽及硬度间的关系	(379)

培养料制备

培养料和堆制方法

保罗·J·伍斯特

蘑菇培养料制备往往是农村下脚料与水的混合，并用翻堆机翻动的，这一制备技术往往通过反复实践才能掌握。培养料的一般配料有如马粪、干草-玉米芯混合料、谷草以及最近工业上处理固体废料的一些副产物。这种副产物之一就是纤维素，它是由一位搞土木工程的同事R.W.林肯(R.W. Regan)博士把大宗固体废料作堆制处理后所产生的，虽然他的意图并不是去寻找一种具有内在价值的最终产物。此外，在最近几年里宾州的希斯勒(Schisler)博士和一位德国科学家格雷伯(Grabbe)博士，他们俩也都对城市垃圾作为一种蘑菇培养料的主要配料作过研究。

培养料可以用某些方法来确定其部分质量指标，但要测量另一些品质特性时就显得难以捉摸了。通过二、三十年的反复实践，几乎人人都知道培养料含氮量与菇产量有着什么样的关系，不过即使如此，评论一下这个课题也决不会显得多余，所以我们将在下文作进一步讨论。然而还有一个课题，那就是翻堆机，虽然它对培养料的质量十分重要，但却从未作过很多讨论，凡是比较熟悉培养料堆制的人都知道，在近

五年来所制造的翻堆机,从技术上看,与六十年代初期或中期所用的有了显著的改进。当前使用的翻堆机,无论在机械性能和管理上都能更有效地进行培养料翻堆。培养料的质量一般都是以一定数量和质量的菇床上的蘑菇产量来表示的,所以在缺乏新型翻堆机的情况下,要堆制出优质的培养料,蘑菇栽培者就只能少量或很少量地进行翻堆。培养料堆制的另一个巨大变化是时间缩短了,仅在3~5年以前,堆制培养料要花14~18天的时间,而现在一般就只要9~12天了。堆制时间为什么能缩短呢?最重要的一个原因或许就是开始堆制时不断向培养料喷水的缘故,这样,好气发酵就能迅速进行。作为一种有益的副作用来说,随着堆制时间从7天延长到22天,这时培养料发生更大的收缩。这种收缩作用可通过各种优点来加以评论(表1)。

表 1 **堆制时间与装床面积及菇产量之间的关系 (以百分计)**

堆 制 天 数	菇 产 量, 公 斤/米 ² (得到的%)	装 床 面 积, 米 ² (损失的%)
7	—	—
15	15	17
19	10	20
22	5	27

* 原文如此。根据文中内容应“(损失的%)”——译注。

上表表明,随着堆制时间的延长,装床面积减少,菇产量增加。由于装床面积和菇产量间的差额就是成本,所以人们就不能满足于历年经营方式的经济效益,而且通过改变堆制操作就能熟练地掌握菇产量和装床之间的关系。要取得这

方面的改进，那怕是翻堆时间，机械操作知识，或有关营养料或水的添加，或二者的添加时间等各个方面，每个人都必须懂得什么叫堆料，而且还要知道进行何种分析才能有助于判断培养料处理是否合理。

要使堆制获得成功，就必须顾及下列几个方面的标准：温度、pH值、水分、结构、颗粒大小及分布、通气和混合、营养料（城市垃圾和蘑菇培养料都是如此）。

堆制培养料的关键

1974年荷兰J.P.G. 格里茨(J.P.G.Gerrits) 发表的一篇文章曾恰当地讨论过堆制培养料的几个关键问题，他的那项研究虽为的是发展麦秸培养料（表2）。但是在他的研究中出现的一些问题对培养料堆制的某些特性确有着一定的代表性。图1表明温度变化时限和后果可受麦秸长度所影响，栅栏麦秸是先经喷水打湿的，而碎麦秸则是先切成5~8厘米的短节后才行喷水。这两种麦秸在喷水前都预先撒上一些尿素、鸡粪或麦芽。

与栅栏麦秸相比，无论在堆制-预湿阶段还是在整个翻

表2 麦秸/鸡粪培养料配方（鲜重计）

配 料	重 量 (公斤)	氮 (%)	水 (%)
麦 秸	1000	0.5	15
鸡 粪	1000	2.4	38
尿 素	20~20.5	43.0	0
石 膏	60	0	0

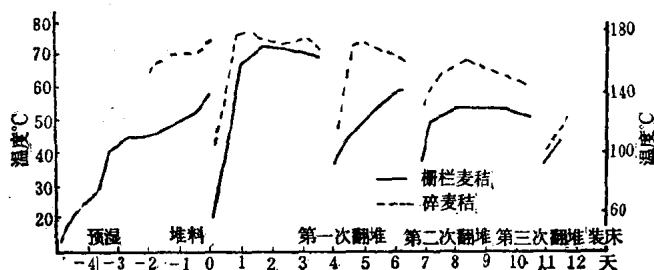


图1 普通麦秸和碎麦秸在堆制过程中的温度变化

堆期间，碎麦秸均易达到较高的温度。因为前发酵的目的是通过堆料把温度升高至66℃或更高的温度，而且，翻堆前的温度或许还会更高，所以，碎麦秸就比栅栏麦秸更易达到66℃。这两种麦秸还有一个有趣的现象是栅栏麦秸大约一共需要2500升的水，而碎麦秸则为3400升。为什么长度不同的这两种麦秸所需要的加水量会有如此的差别呢？显然有一个原因就是因为在堆料温度反映了较大的微生物作用，所以培养料中的微生物群落就需要耗用和排出更多的水分。此外，碎麦秸暴露出较大的表面积，这就意味着它有更大的细菌作用面积。再者碎麦秸在温度和水分上所发生的变化又指出在“干物料:水:空气的比例”上的确有着某种关系。格里蒂先生在他的研究报告中对这一关系作了讨论。

培养料配料，水分和空气间关系对正在学习或已经学过操纵新型培养料翻堆机的人来说并不是一件陌生事，因为他们个个都知道各种配料必须作适当的堆制以使培养料堆有一定的松紧度和含水量，否则就会影响培养料质量，也就是说不会达到预期的菇产量。

培养料的物理分析

我在上文提过的那位宾州土木工程师 R. W. 林肯博士早在进行着纤维素分解的研究，他的目的是寻找一种能缩小堆料纤维素体积的方法，以使这种物料更易处理，然而这为我们了解堆制性质提供了一些有益的或许也是必不可少的知识。

林肯博士早期的研究表明,若能提供一些适当的细菌营养物,那么堆制速度就与培养料的含水量和结构有关。水分和结构不能作为两个独立的因子来看待,问题是在于:“在具有一定结构和含水量的堆料中还存在着别的什么因素呢?”这就是游离空气空隙 (free air space, 简称 FAS)。所谓 FAS, 即为各个粒子被混合在一起的时候所留下的空隙。任何物料中的 FAS 数量都是可以计算的,虽然它们分布得很不均匀,且由此会使计算造成较大的误差。根据个人的经验可提出用以计算 FAS 的下列方程式。读者如有兴趣可参阅林肯博士的一篇资料“培养料最佳堆制过程的控制环境参数, Compost Science, Jan-Feb: 10~15, March~Apr: 1:8~15, May-June: 16~22)

游离空气空隙

$$= 100 \times \left[\frac{1 - \text{体积湿重(克/厘米}^3\text{)} \times \text{干物质(\%)} }{\text{比重(克/厘米}^3\text{)}} \right] \times \text{干物质(\%)} \quad (2)$$

图 2 表明被试物料在含水量和 FAS 间的关系, 图中所有直线都证明随着含水量的增加, FAS 减少; 同时由每条直线上的小黑点也可看出在最佳堆料含水量下 FAS 可达

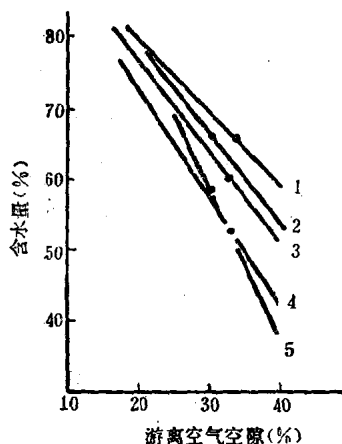


图2 有机固体废料含水量与游离空气空隙的关系 -

1—废纸 2—混合垃圾 3—黑泥浆
4—黑泥浆+矿渣 5—中饲料+大量废料
·—最佳水分点

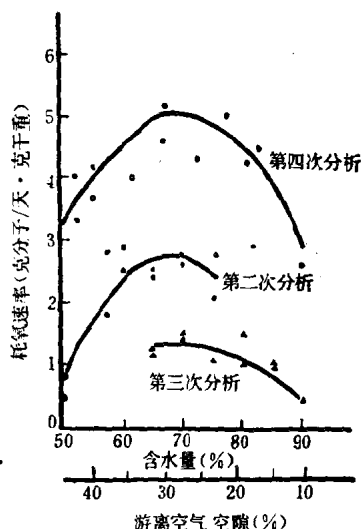


图3 耗氧速率与水分和游离空气空隙的关系

30~35%。图3更精确地表明了堆制过程及其水分和FAS的关系。这是以所消耗的氧对含水量和FAS作图的，所以可看出氧的消耗数与堆料菌生长有着密切关系。这里所谈的堆料是城市垃圾混合物（废纸、废盒加上垃圾）。重复试验发现，大约在70%水分和25~30%FAS时，耗氧量最大。根据这些现象及别处发表的其它数据，林肯博士认为城市垃圾的最佳堆制条件是：67%水， $32 \pm 3\%$ FAS， 59°C (138°F) 的温度，pH 8左右，每克干主配料需加2毫克氨基氮（每公斤培养料）， $0.47 \sim 0.58 \text{ 米}^3/\text{天} \cdot \text{公斤}$ ，其中挥发性物质含10%的残留空气。这些条件中有一些与蘑菇培养料制备并无什么关

系，因为该试验的目的是确定某些条件，尽可能缩小堆料体积，而并不是为了制备适于蘑菇生长的培养料。然而即使如此，FAS 概念仍不失是使菇农在气候、季节或培养料有所变化时仍能获得较好培养料的一个控制因素。实际上，因增加回旋式翻堆机的速度或增加翻堆机推行速度，以及营养物添加方法、时间和种类，加水时间和数量的不同等等常常造成堆料成分的不均性。至于在实际应用上，目前看来还没有一种简单可靠的方法可用来测量大堆堆料中的FAS，但这并不是说我们就不应当考虑FAS了。

装床密度和菇产量

看一下城市垃圾堆制过程与蘑菇培养料制备有着什么关系之后，就能转过来谈一谈蘑菇培养料及影响其效能的诸因素这个正题上来了。早在数年以前就知道蘑菇栽种时增加培养料的干重就可提高菇产量，许多蘑菇栽培研究者采用不同的堆制料和堆制方案所作的研究得出了上述结论，但多数研究人员同时还提出了另一个增加产率所必需考虑到的问题。如果采用短期堆制法，湿重增加50、100或125%时，菇产量就分别提高25、70和75%（14.65、16.45和16.94公斤/米³）。其后E.B.兰伯特博士曾说过传统菇床每加厚2.54厘米培养料，菇产量增加数就可再增加80%。用“荷兰”法制取的培养料在栽种时装床密度为20.51、27.83和29.78干重公斤/米³时，后二者的单产就能较前者分别增加26和31%。就个人的经验来看，单产增加与栽种时干重公斤数的增加不呈平行关系，事实是有一个临界干重数，超过此值时，菇产量就可能下降，其原因或许与下列两个因素有关：（1）装床较

密或较厚时，培养料内的潜热往往无法控制。(2)生物体(菌丝、根状菌索和蘑菇)所产生的二氧化碳在数量上超过了通风系统能把二氧化碳稀释至要求程度的能力，这样就不利于蘑菇子实体出土。无论是哪种原因，由每平方米菇床干重料的增加所带来的菇产量增加不呈直线关系，这意味着进一步加厚菇床料层不会导致单产再有增加。从目前的经济效果来看，主培养料——玉米芯、马粪、干草、谷草等的成本费是十分重要的因素，因为在1967年它们的费用约占培养料总费用的60%。当培养料配料价格比较便宜的时候，仍还有个别的菇农想节约其用量，而在今天原料、设备及原料处理费用都比较高的情况下，经济收支就应以主要投资费对净利润的差额来衡量了。

此外，培养料的“真正”费用还与堆制阶段中发生的物料收缩有关，对于收缩所引起的原料费用损失我不想再多说什么，但希望读者最好能知道一些康尼·拉斯马森(Connie Rasmussen)在六十年代所得的研究结果。采用拉斯马森的“正常+75%活性”堆制法，分别作了三个试验，其中前发酵15天，后发酵12天，结果发现在前发酵阶段干物质分别损失31、27和30%，后发酵阶段则分别损失18、20和19%，把两个阶段里的“损失”加起来就显得相当可观了。另一篇讨论后发酵阶段的文章目前正在排版付印中，因此我想较多地谈一谈该文所讨论的培养料收缩问题。然而，一般来说，完全可以说无论是前发酵还是后发酵时间越长，培养料收缩损失就越大，这时，培养料作为其中微生物的养分而被消耗，结果就放出大量的热。前发酵阶段温度低于66~68.5℃时，就必然会发生上述情况。所以堆制时间越长，意味着培养料损失越大，这种说法是有一定道理的。

含氮量和蘑菇单产

至于大家比较熟悉的培养料的含氮量问题，我曾从一度在爱尔兰工作过的迪德·奥多诺戈(Diedre O'Donogh)的研究报告中摘录了一部分试验结果。她在350份栽种前的“商品菇床”中采了一些试样并作了含氮量分析，由于试样来自许多堆制方法各不相同的菇场，所以分析结果当然会有很大差别。然而把含氮量对菇单产(公斤/米²)作图时，就会得到一条很好的相关直线，它表明含氮量与单产呈正相关。如看一下她在“蘑菇科学”第八卷中所发表的数据，那就会清楚看出有些数据点很接近于此相关直线，而另一些数据点则离此直线较为远一些；后者的数据表明在某一特定的含氮量下，单产无论高低与否都是正常现象，这就是说，声称含氮量与单产无多大关系的怀疑论者或者就是爱尔兰菇农，他们的单产一般与正常值有偏差，而且与含氮量显然不呈正相关。怀疑含氮量的重要性并不奇怪。对蘑菇培养料中的氮循环的确还要作更多的研究，而且当今石油化学品和粮食价格逐渐有所增长的情况下，氮源追加物的价格也在稳步猛增。我在上文提到了格里蒂所作的麦秸培养料的一些研究结果。他在同一报告里还谈到了另一些情况，如开始堆制时含氮量越高，那么堆制过程中的氮损失就越大，这有力地表明必须选择适当的含氮物料，且用量也要合适才能生产出有效的蘑菇培养料，否则含氮量损失的确会提高培养料成本费。

培养料的化学分析

一般，培养料制备者都要在实验室作培养料分析，在没有商品实验室的地方，大多数国立学校均可协助乳品和家禽业作有关的分析，但他们所作的饲料分析数据看来与蘑菇培养料关系不大，如纤维素含量、可消化蛋白，NE（净能量）都很少分析。另一方面，水分、灰分、氮和游离氮抽出物都是评价蘑菇培养料的特殊指标。

至于水分对培养料的影响，大多数人都比较熟悉，对此无需多加赘述，但是，很少有人知道麦秸和干草的持水能力似乎是与它们的堆制程度有关。就我所知，解释这一现象的最好方法是把培养料配料持水能力与海绵体特性相比较。新的海绵体其细胞完整，而且每个细胞都具有持水能力——经软化后的麦秸、干草或玉米芯就是这样。但陈海绵由于细胞破裂，水分不能粘着在破裂细胞上，于是就丧失了持水能力。与此一样，主培养料经过堆制后也会出现这样的情况。在培养料含水量与组织之间的关系上还有一个大家很熟悉的规律，即秆长呈绿色的培养料几乎不会过湿，而秆短呈褐色的培养料由于水分太多就会影响后发酵，这或许是与上文所谈的游离空气空隙概念有关。不过，我无意在这里对培养料含水量这个课题作更多的讨论，而想把它留给另一位作者来叙述。

一切植物性物料和增补物都含有灰分（矿物盐），而且又因为氮含量通常是以干重计算的，而灰分一般又较非灰分为重，所以通过培养料的灰分含量就能更好地估计培养料中的氮含量。马粪的灰分一般虽是在25~30%间，但高的可达

47%。如果正常灰分含量为30%，但经堆制的马粪中含量比此值要大1.5倍，这时我们在评价培养料中的氮含量时就应注意这一点。在较高灰分含量下的较低氮含量，大致可相当于正常灰分含量下的预计氮含量。

知道了灰分含量后，也就可求得用以控制培养料质量的另一个因素即碳。早在象三十年代威克司曼 (Waksman) 博士那样的一些研究工作者就已认识到培养料的碳氮比（碳/氮）是很重要的。许多从事蘑菇培养料工作的人都觉得人手缺乏，难于进行碳含量测定。但有机质中的碳含量比较固定，熟练的生物化学家设计出了一个经验法则。若我们由100%减去灰分%，那么得到的就是试样中的有机质部分。由于大多数有机质中的碳含量均为47%，所以再把有机质%乘以0.47就可算出样品中的碳%，即碳/氮比中第一项成分的%含量。

碳/氮比中的第二项成分氮%，可用多种方法分析，每一种分析方法都有一定的固有偏差，所以人们应当自始至终采用同一个分析方法，以期把测得的结果值作为培养料质量控制的一个基准或检验点。试验表明栽种时的培养料含氮量应在2.0~2.2%的范围内（凯氏法），但这并不是说超过或低于这一范围时就不能用来栽培蘑菇了。在评价分析报告时，我们应当认识到含氮量乘以6.25即为蛋白质含量。

培养料堆制前的氮素追加比通常应以干重计算。马粪的最高含氮量大致在1.70左右，而混合培养料（干草和玉米芯）的上限值大约为1.85%，马粪的最低值是1.5%，混合料为1.6%。这些都是堆制前的数据，就个人的经验来看，堆制前的含氮量与配料结构性质（密度、紧密度等）及碳/氮比有关。近年来，有很多研究人员采用易于获得的碳水化合物来