西藏野生硬田头菇的分离鉴定及生物学特性

文璐琼，贡桑央金，何建清

（西藏农牧大学植物科学学院，西藏 林芝 860000）

摘 要：为对一株大型真菌进行分离鉴定并研究其生物学特性，通过组织分离纯化后得到菌株 XZHTTG，采用形态学鉴定及 ITS 分子生物学鉴定，单因素及正交试验研究其生物学特性，得到该菌株为硬田头菇 *Agrocybe dura*，单因素试验结果表明：最佳碳源是可溶性淀粉 20 g/L、最佳氮源是蛋白胨 2 g/L、最佳无机盐是硫酸钙 0.5 g/L、最佳温度是 30 ℃、最佳 pH 值是 5.0；正交试验结果表明：最佳碳源是可溶性淀粉 20 g/L、最佳氮源是 0 g/L、最佳 pH 值是 5.0、最佳无机盐是硫酸钙 0.5 g/L、最佳温度是 26 ℃，在最优配方及最适温度下约 9 d 就可以长满培养皿，相较于基础配方提前 1～2 d。

关键词：硬田头菇；分离鉴定；单因素试验；正交试验；生物学特性

中图分类号：S646.9 **文献标识码**：A

Isolation, identification and biological characteristics of wild *Agrocybe dura* from Xizang

Wen Luqiong, Gongsangyangjin, He Jianqing

(College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi Xizang 860000, China)

Abstract: A wild macrofungal strain XZHTTG was isolated via tissue separation. Morphological observation and ITS sequence identification confirmed the strain as *Agrocybe dura*. Single-factor experiments showed the optimal culture conditions: soluble starch 20 g/L as carbon source, peptone 2 g/L as nitrogen source, calcium sulfate 0.5 g/L, temperature 30 ℃ and pH 5.0. Orthogonal test results indicated the optimized formula: soluble starch 20 g/L, nitrogen source 0 g/L, calcium sulfate 0.5 g/L, temperature 26 ℃, pH 5.0. The strain fully covered petri dishes in about 9 days under optimized conditions, 1－2 days faster than the basic medium treatment.

Key words: *Agrocybe dura*; isolation and identification; single-factor experiment; orthogonal experiment; biological characteristics

硬田头菇 *Agrocybe dura* (Bolt.Fr.) Sing.，该子实体隶属于担子菌门(Basidiomycota)、伞菌纲(Agaricomycetes)、伞菌目(Agaricales)、球盖菇科(Strophariaceae)、田头菇属 *Agrocybe*[1]。春、夏、秋三季，该物种常出现在草地、菜园以及农田等环境中。在我国的一些区域，例如四川与山西等地，均能发现该物种的自然分布。这种生物不仅可被作为食材加以利用，还具备产生一种名为田头菇素(化学名称为 agrocybin)的生物活性物质的能力。田头菇素归类于聚乙炔类抗生素范畴，展现出对包括革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌在内的多种细菌，以及众多真菌种类的显著抑制作用，体现了其广泛的抗菌谱[2]。目前，硬田头菇的研究还较少，田头菇属研究方向主要是对柱状田头菇的开发和利用。柱状田头菇别名又叫柳松茸、茶树菇，它富含有益于健康的活性

收稿日期：2025－10－01

基金项目：西藏农牧大学研究生创新计划项目（YJS2024-08）。

作者简介：文璐琼(1998—)，女，硕士研究生，研究方向为野生大型真菌的开发及驯化栽培，E-mail：1727656486@qq.com。

通信作者：何建清(1971—)，女，本科，教授，主要从事农业微生物资源开发及利用研究，E-mail：hejianqingxz@ 163.com。

物质，皂苷类成分、三萜类皂苷以及多糖等物质在其构成中占据显著位置。正是这些独特的生物活性成分，共同铸就了该菌非凡的营养保健效能与广泛的药用潜力[3]。

田头菇这类真菌展现出诸多标志性的形态学特点。其菌盖表皮结构是由形态各异的细胞组合而成，具体包括了近似球形的细胞、形似梨子的细胞、膨胀如泡的细胞以及棒状细胞等多种类型；其菌褶多数情况下呈现为直接贴生于菌柄或是微微弯曲生长的形态，同时伴有囊状体的存在；菌幕则存在覆盖有菌幕和未覆盖菌幕的差异，而绝大多数种类都具备菌环这一特征；在菌柄的基部，常常可以发现白色的、类似根须的菌索结构；孢子的颜色则介于蜜黄色与浅褐色之间，其表面相对平滑，某些种类还能辨识出芽孔的存在[4]。

田头菇属这一分类单元是由学者 Singer 在 1936 年正式提出并确立的，该属的模式种被指定为 *A.praecox*（Pers.）Fayod。根据国际真菌名录（SIF）所提供的统计数据，全球范围内田头菇属共计有 155 个不同的种类及变种被记录在案。我国目前已经明确确认存在的田头菇种类有 10 个，以及 1 个变种，如田头菇 *A.praecox*、柱状田头菇 *A.cylindracea*、平田头菇 *A.pediades*[5-8] 等。现代关于田头菇的研究表明，田头菇属真菌具有抗氧化、抗癌、抗菌、抗疲劳、抗衰老、促进免疫反应、凝集动物细胞等功能[9]。曹惠明等[10]研究表明，该菌种的深层发酵液在抑制微生物方面表现出色，其效果超过了常用的食品防腐剂苯甲酸和山梨酸。这一发现为天然抗氧化剂及新型食品防腐剂的研发提供了新的潜在资源。不过，该发酵液中具体的生物活性单体成分仍有待分离与确认，其详细的药理机制也需要后续研究的进一步揭示。

本研究以在西藏林芝采集到的一株野生田头菇属真菌为试验材料，结合形态学鉴定和分子生物学鉴定[11]，并采用单因素试验与正交试验相结合的方法，系统考察了不同环境条件对目标菌株菌丝生长状况的影响，以期通过多维度参数的优化分析，为后续深入开展该菌株的生物学特性研究及产业化应用开发提供重要的理论依据和实验参考。

1　材料与方法

1.1　供试菌株

在西藏农牧大学草地上发现的一株野生子实体，通过组织分离法对采摘到的子实体进行纯化，编号为 XZHTTG，并将其保存在西藏农牧大学真菌实验室内。

1.2　供试培养基

采用马铃薯胡萝卜琼脂培养基（PCA 培养基）对菌株进行培养，该配方是：马铃薯（去皮煮汁）200 g、胡萝卜 20 g、琼脂 20 g、水 1 000 mL、pH 自然。基础培养基的配方是：马铃薯（去皮煮汁）200 g、果糖 20 g（碳源）、蛋白胨 2 g（氮源）、磷酸二氢钾 1 g、硫酸镁 0.5 g（无机盐）、琼脂 20 g、水 1 000 mL、pH 自然。

1.3　形态学鉴定

对采集的子实体进行菌盖、菌褶及菌柄的观察与拍照记录[12]。组织分离后，取剩余子实体的菌褶部分置于显微镜下，观察担子及担孢子的形态[13]。采用插片法来观察菌丝形态：将盖玻片以 45°角斜插入 PCA 培养基中，待菌丝沿玻片生长后，挑取盖玻片与培养基交界处的菌丝，放到显微镜下进行观察[14]。

1.4　分子鉴定

磁珠法提取 DNA，磁珠表面带有特殊涂层，能特异性地吸附 DNA。操作时，将裂解后的样本与磁珠混合，DNA 就会结合到磁珠上。随后用磁铁吸附住磁珠（同时吸附了 DNA），洗去其他杂质（如蛋白质、细胞碎片），最后将纯净的 DNA 从磁珠上洗脱下来，得到的就是模板 DNA，用于下一步实验。使用 ITS1 和 ITS4 引物进行 PCR 扩增，经过 30～35 个循环，目标 ITS 片段的 DNA 数量被指数级放大。随后将 PCR 产物加入琼脂糖凝胶的孔中，通电后，DNA 带负电，会向正极移动。DNA 片段越小，移动得越快。通过与已知长度的标准品（DNA Marker）对比，可以判断扩增出的片段大小是否正确（真菌 ITS 区域通常为 500～800 碱基对左右）。成功的话，会在特定位置看到一条明亮的条带。将含有正确大小条带的 PCR 产物纯化后，送至专业的测序公司——武汉市天一华煜基因科技有限公司测序。将得到的未知 ITS 序列，上传到 NC-

BI GenBank 等国际公共数据库。使用 BLAST 工具进行比对，数据库会返回一堆与之最相似的已知真菌序列及其物种信息、相似度百分比。通常相似度越高，亲缘关系越近（例如，＞97％相似度可能同属，＞99％可能同种，但需谨慎判断）。选取 BLAST 比对结果中相似度高的序列，以及一些作为外群或参考的序列，与自己的序列放在一起。通过 MEGA 11.0 软件分析多条序列之间的差异（突变位点），计算它们之间的进化距离，然后用树状分支图的形式展示它们的亲缘关系远近。

1.5 生物学特性分析

1.5.1 单因素试验

将分离纯化后的菌株 XZHTTG 无菌操作接种至 PCA 培养基上，然后放置于 26 ℃恒温培养箱中静置培养，以备单因素试验使用。

碳源、氮源、无机盐试验中，选择基础培养基的基础上，将基础培养基中的碳源替换为 20 g/L 的乳糖、木糖、蔗糖、麦芽糖、葡萄糖、果糖、可溶性淀粉、以及一组不添加碳源的 CK 进行对照。氮源替换为 2 g/L 的蛋白胨、酵母粉、酵母膏、大豆粉、尿素、硫酸铵、硝酸钾、以及一组不添加氮源的 CK 进行对照。无机盐替换为 0.5 g/L 的硫酸钙、硫酸镁、硫酸锌、硫酸亚铁、硫酸锰，以及一组不添加无机盐的 CK 进行对照。

温度、pH 试验在 PCA 培养基的基础上，设置温度在 22、24、26、28 ℃和 30 ℃的恒温培养箱内进行培养。设置 pH 在 5.0、6.0、7.0、8.0、9.0 进行培养。为保证实验结果的准确性与可靠性，每个处理组均设置 5 个重复。

每日采用“十”字交叉法测量菌落直径（精确至 0.1 mm），同步记录菌丝生长特征（包括菌丝密度、颜色的情况）。当任一平板菌落覆盖面积达到培养皿总面积 90％时（计算公式：$\pi r^2/\pi R^2 \geqslant 0.9$，其中 r 为菌落半径，$R=45$ mm），终止测量并统计最终数据[15]。

菌丝生长速度（V，mm/d）的计算公式为：

$$V_i=(d_i-d_0)/D \quad (1)$$

式中：d_i 为最后一次测量时菌落的直径（mm）；d_0 为第一次测量时菌落的直径（mm）；D 为培养时间（d）[16]。

1.5.2 正交试验

根据单因素试验结果，选择其中 5 个关键培养条件进行优化，设置 4 个不同水平的试验梯度或选项进行试验，试验因素水平表见表 1[17]。

表 1 正交试验因素水平表

水平	因子				
	碳源（A）/g·L^{-1}	无机盐（B）/g·L^{-1}	pH（C）	温度（D）/℃	氮源（E）/g·L^{-1}
1	CK	CK	5.0	24	CK
2	果糖	硫酸钙	6.0	26	硝酸钾
3	可溶性淀粉	硫酸镁	7.0	28	蛋白胨
4	木糖	硫酸亚铁	8.0	30	酵母粉

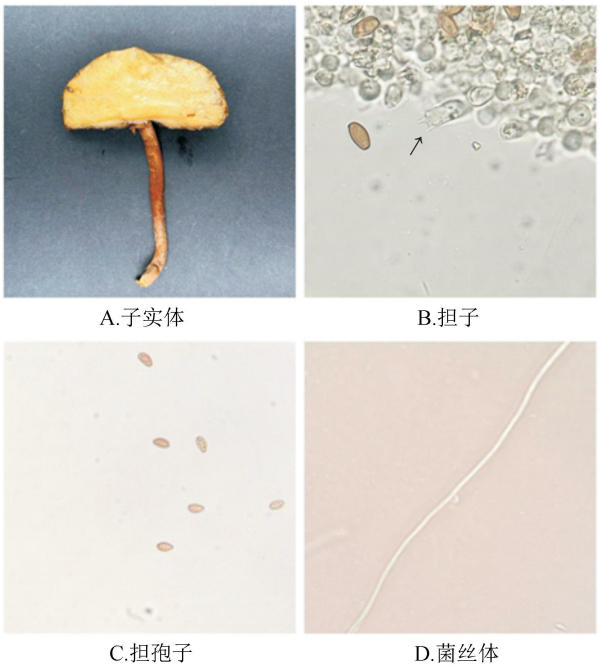
1.6 数据分析

使用 EXCEL、SPSS、MEGA 等软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 形态学鉴定结果

如图 1 所示，菌株 XZHTTG 子实体大，菌盖直径约为 9 cm，菌盖平展，颜色淡黄色、光滑，具裂纹、裂口。菌褶为褐色，弯生。菌柄长 10 cm，粗 1 cm，纤维质内部充塞，基部弯曲膨大。菌环易脱落。担孢子一端有芽孔，椭圆形（12.50～15 μm）×（7.50～10.00 μm）。褶侧囊体无色，不规则袋状（5.00～7.50 μm）×（12.50～22.50 μm）。显微镜下观察到菌丝体具有锁状联合。菌株 XZHTTG 的形态特征与硬田头菇的形态特征相符。



A.子实体 B.担子 C.担孢子 D.菌丝体

图 1 菌株 XZHTTG 的形态特征

2.2 分子生物学鉴定结果

如图 2 所示，菌株 XZHTTG 经测序获得长

度为 717 bp 的 ITS 序列，该序列已提交至 NCBI GenBank，登录号为 SRR34061966。以该 ITS 序列为查询对象，利用 NCBI 在线 BLAST 工具对核酸数据库进行全局比对，筛选高相似度序列（≥99%相似性）。基于比对结果，采用 MEGA 11.0 软件通过邻接法，构建系统发育树。菌株 XZHTTG 与数据库中 *Agrocybe dura* 的序列相似性达 99.56%，并以 99%的支持率与该种聚在同一分支。结合形态学特征，将该菌株鉴定为田头菇属的硬田头菇 *Agrocybe dura*。

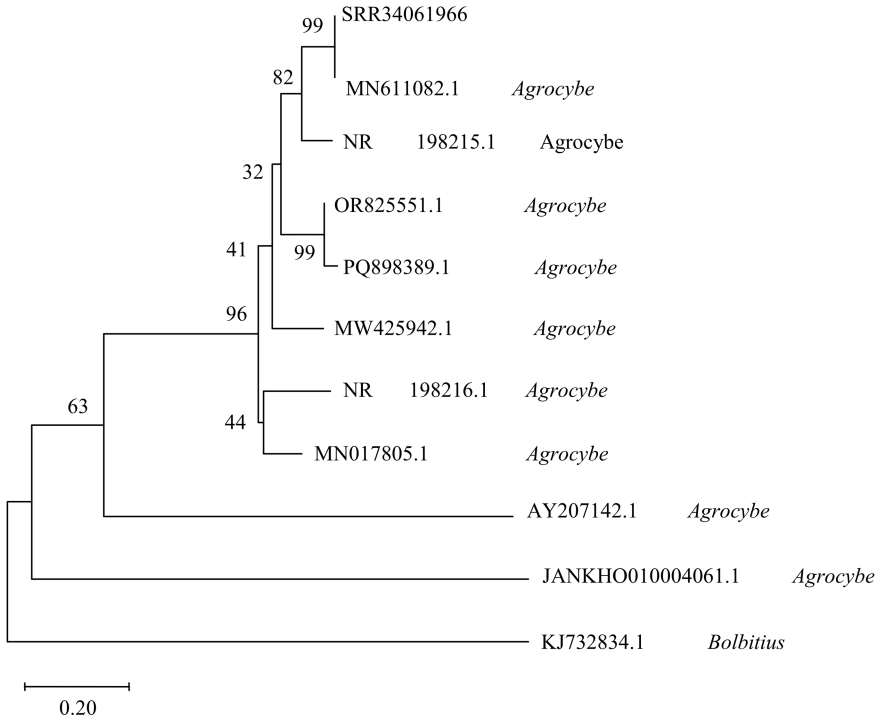


图 2　基于 ITS 的序列构建系统发育树

2.3　单因素试验结果

2.3.1　碳源对菌株 XZHTTG 菌丝生长的影响

如图 3 和表 2，试验分析 7 种不同的糖，分为 3 大类单糖、二糖、多糖，从而了解菌株 XZHTTG 菌丝生长对不同类型糖的“消化”和“喜好”（下同）。结果表明，从菌丝生长速度来看，菌株 XZHTTG 偏好：CK＞果糖＞可溶性淀粉＞木糖＞麦芽糖＞蔗糖＞葡萄糖＞乳糖，其中 CK、果糖、可溶性淀粉差异不显著。综合菌丝生长速度和长势，菌丝长势最好的是可溶性淀粉。

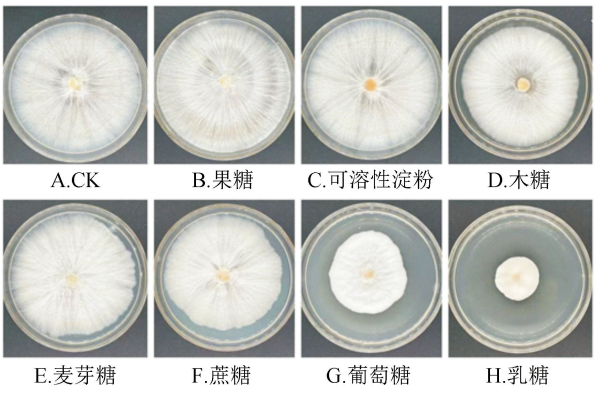


图 3　不同碳源条件下菌丝生长的情况

表 2　不同碳源条件下菌丝生长的速度

碳源	菌丝日均生长速度 /mm·d^{-1}	显著性差异 0.05	显著性差异 0.01	菌丝长势
葡萄糖	3.25±0.19	e	C	＋＋
果糖	5.43±0.82	ab	A	＋＋＋
麦芽糖	4.40±0.76	cd	ABC	＋＋＋
蔗糖	4.07±1.61	de	BC	＋＋＋
可溶性淀粉	5.29±1.08	abc	AB	＋＋＋
乳糖	2.00±0.13	f	D	＋
木糖	4.50±1.07	bcd	ABC	＋＋＋
CK	5.64±0.68	a	A	＋＋＋

注：“＋”代表菌丝生长态势偏弱；“＋＋”代表菌丝生长态势较好；“＋＋＋”代表菌丝生长态势十分旺盛。同一列数据中，不同小写字母表明它们之间存在显著差异（$p<0.05$）；不同大写字母表明它们之间存在极显著差异（$p<0.01$）。下同。

2.3.2　氮源对菌株 XZHTTG 菌丝生长的影响

如图 4 和表 3，试验分析了 2 类氮源，有机和无机共 7 种氮源，结果表明，从菌丝生长速度来看，菌株 XZHTTG 偏好：CK＞硝酸钾＞蛋白胨

>酵母粉>大豆粉>酵母膏>硫酸铵>尿素，其中 CK 显著优于其他氮源。综合菌丝生长速度和长势，菌丝长势最好的是蛋白胨。

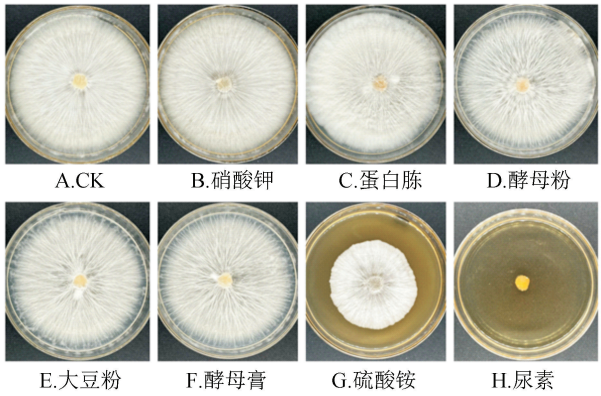


图 4　不同氮源条件下菌丝的生长情况

表 3　不同氮源条件下菌丝生长的速度

氮源	菌丝日均生长速度/mm·d^{-1}	显著性差异 0.05	显著性差异 0.01	菌丝长势
蛋白胨	6.43±0.43	bc	BC	＋＋＋
酵母膏	6.00±0.39	d	C	＋＋＋
尿素	0.00±0.00	f	E	－
硫酸铵	4.68±0.26	e	D	＋
酵母粉	6.41±0.17	bc	BC	＋＋＋
大豆粉	6.09±0.82	cd	BC	＋＋＋
硝酸钾	6.55±0.29	b	AB	＋＋＋
CK	7.01±0.25	a	A	＋＋＋

2.3.3　无机盐对菌株 XZHTTG 菌丝生长的影响

如图 5 和表 4，试验分析了 5 种无机盐，结果表明，从菌丝生长速度来看，菌株 XZHTTG 偏好：硫酸钙>硫酸镁>CK>硫酸亚铁>硫酸锌>硫酸锰，其中硫酸钙、硫酸镁、CK 显著优于其他无机盐。综合菌丝生长速度和长势，菌丝长势最好的是硫酸钙。

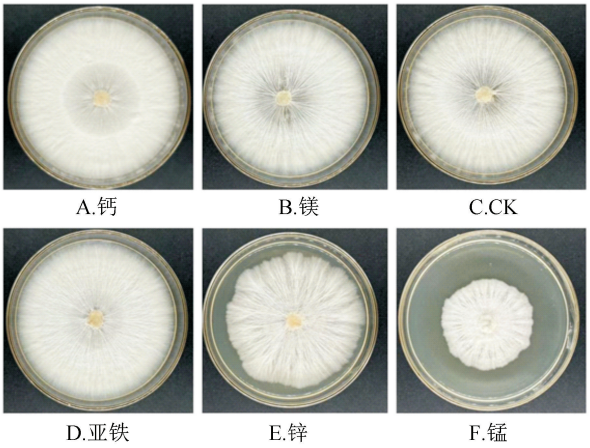


图 5　不同无机盐条件下菌丝的生长情况

表 4　不同无机盐条件下菌丝生长的速度

无机盐	菌丝日均生长速率/mm·d^{-1}	显著差异 0.05	显著差异 0.01	菌丝长势
硫酸亚铁	6.05±0.32	b	A	＋＋＋
硫酸钙	6.78±0.73	a	A	＋＋＋
硫酸镁	6.74±0.44	a	A	＋＋＋
硫酸锌	4.63±0.20	c	B	＋
硫酸锰	3.54±0.24	d	C	＋
CK	6.61±1.05	a	A	＋＋＋

3.3.4　温度对菌株 XZHTTG 菌丝生长的影响

如图 6 和表 5，试验分析了 5 个不同梯度的温度，结果表明，从菌丝生长速度来看，菌株 XZHTTG 偏好：30 ℃>28 ℃>26 ℃>24 ℃>22 ℃，其中 30 ℃和 28 ℃显著优于其他温度。综合菌丝生长速度和长势，菌丝长势最好的是 30 ℃。

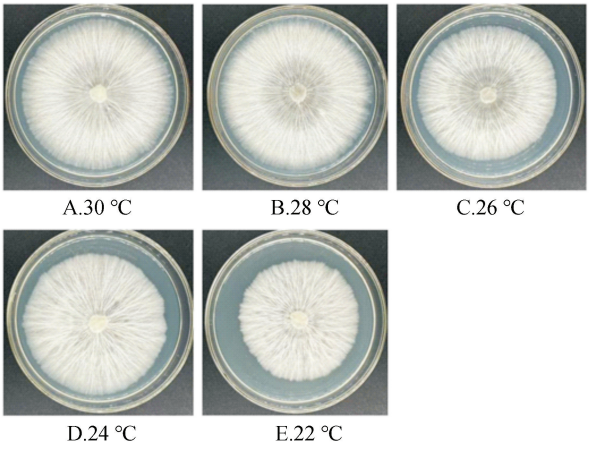


图 6　不同温度条件下菌丝的生长情况

表 5　不同温度条件下菌丝生长的速度

温度/℃	菌丝日均生长速度/mm·d^{-1}	显著差异 0.05	显著差异 0.01	菌丝生长势
22	5.34±0.38	c	C	＋＋
24	5.85±0.32	b	B	＋＋
26	5.90±0.22	b	B	＋＋
28	6.37±0.28	a	A	＋＋＋
30	6.62±0.09	a	A	＋＋＋

2.3.5　pH 对菌株 XZHTTG 菌丝生长的影响

如图 7 和表 6，试验分析了 5 个不同水平的 pH 梯度，结果表明，从菌丝生长速度来看，菌株 XZHTTG 偏好：5.0>6.0>7.0>9.0>8.0，其中，pH 为 5.0 显著优于其他 pH。综合菌丝生长速度和长势，菌丝长势最好的 pH 为 5.0。


A.pH5.0　B.pH6.0　C.pH7.0


D.pH9.0　E.pH8.0

图 7　不同 pH 水平条件下菌丝的生长情况

表 6　不同 pH 水平下菌丝生长的速度

pH	菌丝日均生长速度 /mm·d^{-1}	显著性差异 0.05	显著性差异 0.01	菌丝生长势
5.0	7.26±0.26	a	A	＋＋＋
6.0	6.20±0.72	b	B	＋＋＋
7.0	5.76±0.42	bc	B	＋＋
8.0	5.50±0.66	c	B	＋＋
9.0	5.63±0.71	c	B	＋＋

2.4　正交试验结果及分析

如图 8 和表 7，采用正交试验设计，分析了最适碳源、氮源、无机盐、温度及 pH 对菌丝生长的影响。根据极差分析结果（表 8），各因素对菌丝生长的影响程度从大到小依次为：pH＞无机盐＞氮源＞温度＞碳源，其极差 R 值分别为 2.72、2.05、1.93、1.73 和 1.09。碳源（A）的均值从大到小分别是 k3、k2、k4、k1，无机盐（B）的均值从大到小分别是 k2、k1、k3、k4，pH（C）的均值从大到小分别是 k1、k2、k3、k4，温度（D）的均值从大到小分别是 k1、k2、k3、k4，氮源（E）的均值从大到小分别是 k2、k3、k4、k1，氮源（E）的均值从大到小分别是 k1、k2、k4、k3。确定最佳组合为 $A_3B_2C_1D_2E_1$。即碳源可溶性淀粉为 20 g/L，无机盐硫酸钙为 0.5 g/L，pH 为 5.0，温度为 26 ℃，氮源为氮源 CK，此时菌丝生长速率最快，效果显著。

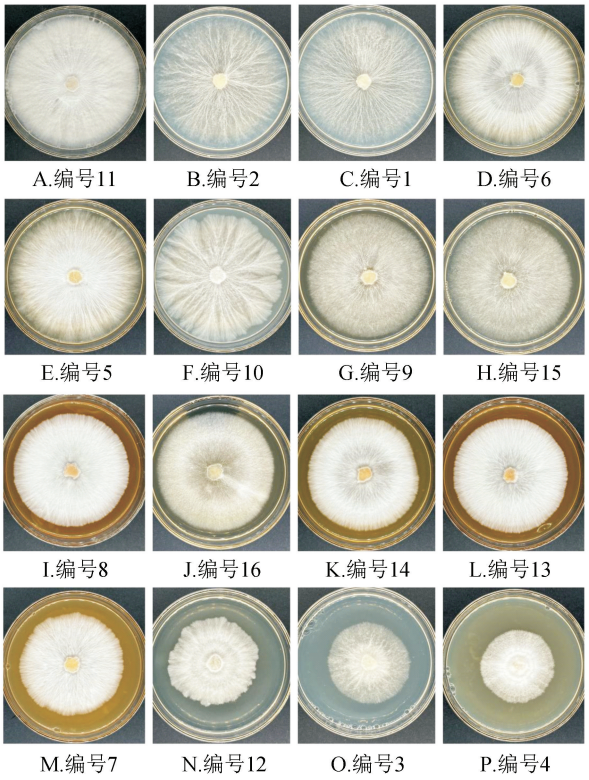

A.编号11　B.编号2　C.编号1　D.编号6
E.编号5　F.编号10　G.编号9　H.编号15
I.编号8　J.编号16　K.编号14　L.编号13
M.编号7　N.编号12　O.编号3　P.编号4

图 8　不同正交条件下菌丝的生长情况

表 7　正交试验结果

正交设计表 编号	A	B	C	D	E	菌丝生长速度 /mm·d^{-1}	菌丝长势
1	1	1	1	1	1	7.38±0.30	＋＋＋
2	1	2	2	2	2	7.76±0.26	＋＋＋
3	1	3	3	3	3	4.35±0.33	＋＋
4	1	4	4	4	4	3.49±0.16	＋
5	2	1	2	3	4	6.83±0.18	＋＋＋
6	2	2	1	4	3	7.21±0.39	＋＋＋
7	2	3	4	1	2	5.20±0.07	＋＋
8	2	4	3	2	1	6.67±0.20	＋＋＋
9	3	1	3	4	2	6.75±0.25	＋＋＋
10	3	2	4	3	1	6.77±0.24	＋＋＋
11	3	3	1	2	4	8.11±0.00	＋＋＋
12	3	4	2	1	3	4.63±0.32	＋＋
13	4	1	4	2	3	5.50±0.21	＋＋
14	4	2	3	1	4	5.64±0.14	＋＋

续表 7 正交试验结果

正交设计表						菌丝生长速度/mm·d^{-1}	菌丝长势
编号	A	B	C	D	E		
15	4	3	2	4	1	6.67±0.00	＋＋＋
16	4	4	1	3	2	6.42±0.24	＋＋＋
K1	22.98	26.46	29.12	22.84	27.48		
K2	25.91	27.37	25.89	28.04	26.12		
K3	26.25	24.33	23.40	24.38	21.70		
K4	24.23	21.21	20.95	24.12	24.07		
k1	7.66	8.82	9.71	7.62	9.16		
k2	8.64	9.12	8.63	9.35	8.71		
k3	8.75	8.11	7.80	8.13	7.23		
k4	8.08	7.07	6.98	8.04	8.02		
R	1.09	2.05	2.72	1.73	1.93		
影响程度	C＞B＞E＞D＞A						
最优因子	$A_3B_2C_1D_2E_1$						

表 8 正交试验结果的方差分析

来源	III 类平方和	自由度	均方	F	显著性
修正模型	250.265a	15	16.684	307.205	＜0.01
截距	6 171.746	1	6 171.746	113 639.228	＜0.01
A	17.474	3	5.825	107.246	＜0.01
B	56.160	3	18.720	344.686	＜0.01
C	91.522	3	30.507	561.724	＜0.01
D	37.383	3	12.461	229.440	＜0.01
E	47.727	3	15.909	292.930	＜0.01
误差	7.821	144	0.054		
总计	6 429.832	160			
修正后总计	258.085	159			

注：a R^2＝0.970(调整后 R^2＝0.967)。

3 讨论与结论

3.1 讨论

在碳源试验中，确定了菌株 XZHTTG 最适合的碳源是 20 g/L 的可溶性淀粉，与李晶等[16]从贵州采集到的茶树菇菌株生长的最适碳源为玉米淀粉相似，同时，与杨珍福等[17]从云南采集到的野生茶树菇对碳源不敏感相似，即碳源对其生长影响不大。

在氮源试验中，确定了菌株 XZHTTG 最适的氮源是不添加氮源的氮源 CK，与张松[18]从广东微生物研究所引种的菌株柱状田头菇氮源含量为 1 g/L 时菌丝生长量最大，含量为 2 g/L 时，菌丝生长量反而下降，这一点与菌株 XZHTTG 相似。说明菌株 XZHTTG 是一种低碳低氮的真菌。

在无机盐试验中，确定了菌株 XZHTG 最佳的无机盐是硫酸钙 0.5 g/L，与凌亚飞[19]引自丽水林科所的柱状田头菇的大量矿物质试验中，确定了镁、钙、钾等都对柱状田头菇菌丝体的生长有重要作用相似，这与它在细胞组成酶活性和新陈代谢中所起的作用有关。

在温度试验中，菌株 XZHTTG 最适的温度是 26 ℃，与洪震[20]的试验表明柱状田头菇超过 34 ℃不再生长，以 24 ℃～26 ℃为生长的温度最适宜相似。

在 pH 试验中，菌株 XZHTTG 最适的 pH 是 5.0，与凌亚飞[21]引自丽水林科所的柱状田头菇的试验表明柱状田头菇在 pH 4.0～8.0 范围内均能正常生长，而以 pH 5.5 时最适相似。

3.2 结论

通过形态学鉴定和分子生物学鉴定，将采集

于西藏农牧大学校园内一株野生子实体 XZHT-TG 鉴定为硬田头菇 *Agrocybe dura*。该菌株生长最佳的碳源是可溶性淀粉 20 g/L、最佳氮源是不添加氮源的氮源 CK、最佳无机盐是硫酸钙 0.5 g/L、最佳 pH 是 5.0、最佳温度是 26 ℃。

本研究针对的是西藏野生的硬田头菇，目前关于硬田头菇的研究非常少，特别是西藏本土的菌种更是十分稀有，因此针对该菌株的生物学特性试验对田头菇属具有十分重要的意义。

参考文献：

[1] 王龙，周庆平，李伶俐，等.基于 NCBI 核酸数据库的田头菇属 *Agrocybe* 真菌系统发育探析 [J].科技视界，2022(25)：5-8.

[2] 卯晓岚.中国大型真菌 [M].郑州：河南科学技术出版社，2000：241.

[3] 巩攀.田头菇多糖提取物对有氧性运动疲劳恢复的作用 [J].中国食用菌，2021，40(3)：94-98.

[4] 王龙，周庆平，石国华，等.茶树菇 *Agrocybe cylindracea* 及近缘种种质资源研究现状 [J].北方园艺，2021(15)：134-142.

[5] Singer R.The Agaricales in modern taxonomy：Mycologia [M]. 4th edition. Koenigstein：Koeltz Scientific Books，1986.

[6] 杨祝良，臧穆，刘学系.杨柳田头菇：无孔组的一个滇产新种 [J].云南植物研究，1993，15(1)：18-20.

[7] 王锋尖，李为民，周向宇，等.中国田头菇属一新记录种：坚实田头菇 [J].河南农业大学学报，2018，52(6)：951-955.

[8] 金鑫，图力古尔.中国田头菇属三新记录种 [J].菌物学报，2012，31(5)：795-799.

[9] 才晓玲，安福全，邹瑶，等.柱状田头菇研究进展 [J].食用菌学报，2011，18(2)：65-69.

[10] 曹惠明.李德舜，苏忠锐，等.从杨树菇中开发新型食品防腐剂的初步研究 [J].菌物系统，2003，22(3)：445-451.

[11] 徐莉娜.一株野生马鞍菌的分类鉴定、人工栽培及发酵工艺研究 [D].太原：山西大学，2019：19-20.

[12] 张云龙.一株野生食用菌鉴定及其生物学特性研究 [D].邯郸：河北工程大学，2020：29-30.

[13] 郑菲菲，吴志新，李莉娟，等.传统插片法接种方法的改进与应用：以水产微生物学实验放线菌的形态结构观察为例 [J].安徽农学通报，2022，28 (1)：138- 139.

[14] 陈鹏，宋佳，郭璞，等.中国东北地区三种蜜环菌的生物学特性及奥氏蜜环菌人工培养 [J].菌物学报，2023，42 (1)：297-311.

[15] Sasovods I S J P I T，Pitomnikovodstva I T，Vseros U N G.Method of detection of simples fungi in garden cultures：RU2002108063A [P].2003-04-27.

[16] 李晶，韩冲，陈青君，等.1 株野生茶树菇的鉴定及其母种培养条件研究 [J].中国农学通报，2015，31(25)：70-74.

[17] 杨珍福，陈惠，郭相，等.两株田头菇属野生菌株的鉴定及生物学特性 [J].北方园艺，2021(6)：116-122.

[18] 张松.柱状田头菇生物学与栽培特性的研究 [J].华南师范大学学报(自然科学版)，1996(1)：64-69.

[19] 凌亚飞.矿质元素、维生素、激素对柱状田头菇菌丝体生长的影响 [J].浙江万里学院学报，2000(1)：28-32.

[20] 洪震.茶菇及其栽培 [J].食用菌.1981(1)：6-7.

[21] 凌亚飞.培养条件对柱状田头菇菌丝生长的影响 [J].浙江万里学院学报，1999(3)：9-12.