

菌材物种调查及其与天麻产量和质量相关性分析

李仰华¹, 南铁贵², 钱润², 蒋超², 李慧³, 杨全¹, 袁媛^{1,2*}

(1. 广东药科大学 中药学院, 广州 510006; 2. 中国中医科学院 中药资源中心, 北京 100700;
3. 江西中医药大学 院士工作站, 南昌 330004)

[摘要] 目的:作为蜜环菌和天麻能量获得的来源,菌材物种基原多样并在天麻产业发展中发挥着重大作用。为了探讨不同基原菌材物种对天麻质量的影响,该文通过文献和实践生产基地调查,系统分析了天麻生产用菌材的基原、木质纤维素含量以及单位面积天麻产量和质量。方法:对贵州、云南、湖北和陕西4个主要产区天麻及其菌材进行收集,并通过DNA特征片段鉴定菌材物种基原;分别利用高效液相色谱法和灼烧法对菌材木质纤维素含量进行测量;采用苯酚-硫酸法对各产区天麻的多糖含量进行测定;比较使用不同基原菌材所产单位面积天麻质量和多糖含量,并分析其与栽培菌材状况之间的关系。结果:栽培天麻使用的菌材物种基原多样,且桦木科树种利用最为广泛。各基原菌材的木质纤维素组成比例存在差异,其中蓝果树科纤维素含量最高、桑科半纤维素含量最高、蔷薇科木质素含量最高。菌材基原不同对天麻产量和多糖含量具有一定影响,产量最高可达1 285.51 g,最低仅379.30 g;多糖平均质量分数为241.1 mg·g⁻¹,变化幅度为87.95~411.2 mg·g⁻¹。天麻产量和多糖含量与菌材纤维素含量具有极强的正相关性、与木质素含量具有强负相关性。结论:栽培天麻使用菌材基原不同将影响天麻的产量和质量,选择合适的基原将有利于蜜环菌营养物质的吸收、提高天麻的产量,上述结果将为天麻栽培过程中菌材物种的选择提供依据。

[关键词] 天麻; 菌材; 物种调查; 分子鉴定

[中图分类号] R284.2;R289;R22;R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2020)19-0029-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20202061

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20200723.1357.025.html>

[网络出版日期] 2020-7-23 14:59

Survey on Woods Species and Its Relation with Yield and Quality of *Gastrodia elata*

LI Yang-hua¹, NAN Tie-gui², QIAN Run², JIANG Chao², LI Hui³, YANG Quan¹, YUAN Yuan^{1,2*}

(1. School of Traditional Chinese Medicine (TCM), Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China; 2. National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;
3. Academician Workstation, Jiangxi University of TCM, Nanchang 330004, China)

[Abstract] **Objective:** As a source of energy for *Armillaria mellea* and *Gastrodia elata*, the woods species as fungus material of *G. elata* are diverse and play an important role in the development of *G. elata* industry. In order to explore the impact of different woods species on the quality of *G. elata*, the plant origins and lignocellulose content of the woods, the yield and quality of *G. elata* per unit area were systemically analyzed through literature research and investigation on production bases. **Method:** *G. elata* and its cultivated woods were collected from four main producing areas (Guizhou, Yunnan, Hubei, and Shaanxi), and the the plant origins of the woods were identified by DNA fragments. The content of lignocellulose in the woods was

[收稿日期] 20191228(006)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81891013);中央本级重大增减支项目(2060302);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(ZZ10-008);国家科技基础性工作专项(2015FY111500)

[第一作者] 李仰华,在读硕士,从事中药资源与鉴定学研究,E-mail:liyanghai_09@163.com

[通信作者] *袁媛,研究员,博士生导师,从事中药鉴定与分子生药学研究,Tel:010-64087649,E-mail:y_yuan0732@163.com

determined by high-performance liquid chromatography and loss-on-ignition method. The content of polysaccharides of *G. elata* from these 4 areas was determined by Phenol-sulfuric acid method. The yields and polysaccharide content of *G. elata* cultivated with different woods species were compared and their correlation with the woods was analyzed. **Result:** The woods as fungus material of *G. elata* were diverse in species, and betulaceae was the most widely used species in cultivation of *G. elata*. There were differences in the composition ratio of lignocellulose in the woods. Nyssaceae had the highest cellulose content, Moraceae had the highest hemicellulose content and Rosaceae had the highest lignin content. Different woods species had certain effects on the yield and polysaccharide content of *G. elata*. The maximum yield of *G. elata* was 1 285.51 g and the lowest yield was 379.30 g. The average mass fraction of polysaccharide content was 241.1 mg·g⁻¹, with a range of 87.95-411.2 mg·g⁻¹. The yield and polysaccharide content of *G. elata* were highly positively correlated with the cellulose content of the woods, and highly negatively correlated with the lignin content. **Conclusion:** Different woods have a significant impact on the yield and quality of *G. elata*. Choosing the appropriate woods species will be beneficial to the absorption of nutrients for *A. mellea* and the yield increase of *G. elata*. This study can provide a scientific basis for the selection of woods species during the cultivation of *G. elata*.

[Key words] *Gastrodia elata*; woods; species survey; molecular identification

天麻是一种常用的名贵中药材,为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* 的干燥块茎,具有息风止痉、平抑肝阳及祛风通络的功效,用于治疗小儿惊风、癫痫抽搐、破伤风、头痛眩晕、肢体麻木及风湿痹痛等病症^[1]。现代研究结果表明,天麻具有丰富的化学成分,其中活性成分以酚类和多糖类为主,天麻多糖对人体具有降压、抗肿瘤、延缓衰老及增强免疫等多种药用及保健作用^[2]。天麻多糖含量与其商品规格、等级和经验鉴别优劣的结果相符合,可作为天麻质量评价的指标^[3]。2018年国家卫生健康委员会发布《关于征求将党参等9种物质作为按照传统既是食品又是中药材物质管理意见的函》,将天麻列入药食两用名单,带动了我国天麻产业的可持续发展。

天麻与蜜环菌之间存在特殊的共生关系,即蜜环菌可通过侵入菌材并分解其木质纤维素,以此为自身和天麻的生长提供营养^[4]。木质纤维素结构复杂,主要由纤维素、半纤维素和木质素组成,纤维素在木质纤维素中为最简单的成分,半纤维素和木质素包裹在纤维素的外面,形成了一种天然屏障^[5]。菌材的主要成分含量在品种间各自存在相对稳定的比例,而且在组成比例上有所不同,致使蜜环菌对不同菌材的侵入程度存在差异。在当前的栽培模式中,需使用各种树木枝条生产蜜环菌菌材。菌材由于材质不同,其提供营养的能力也有所不同。材质疏松的菌材易被蜜环菌侵染,结菌快、天麻营养吸收速率高;材质坚硬的菌材耐腐蚀性强,蜜环菌难以入侵,树材营养消耗较慢。因此,菌材的状

况对于天麻的产量和质量极其重要。随着天麻的药用与食用价值日益受到重视,其菌材的培养以及对蜜环菌和天麻生长的影响状态日渐重要。目前在实际生产中使用菌材的物种繁多,但有关物种与天麻产量的相关性研究报道较少。

为探索天麻产量、质量与栽培菌材状况之间的关系,本研究首先通过文献调研对天麻生产使用菌材物种情况进行了系统梳理,其次采集贵州、云南、湖北、陕西主产区菌材及天麻样本,利用DNA特征片段鉴定菌材的物种基原^[6],并对其木质纤维素含量及天麻多糖含量进行测定。在此基础上,比较使用不同基原菌材所产天麻重量和多糖含量,以期为天麻生产用菌材物种的选择提供理论依据。

1 材料

1.1 文献调研与样品收集 生态环境是影响天麻自然分布的首要因素,我国学者先后在云南昭通、湖北利川、陕西汉中等地开展天麻的人工栽培获得成功并进行推广,通过文献和实际调研,结果显示当今主产区主要为云南、贵州、湖北、安徽、陕西等地^[7]。据文献调研,使用的菌材物种基原多以壳斗科、桦木科、蔷薇科为主^[8-14],调查结果见表1。

依据历史产区变迁研究结果,选择天麻主产区贵州大方、云南昭通、湖北英山、陕西汉中,收集生产用菌材样品18份,保存于中国中医科学院中药资源中心,由金艳副研究员鉴定各菌材样品均为正品,符合性状要求,具体的鉴定结果见表2。同时收集0.25 m²内生产的天麻样品,并对其产量进行测算。

表1 文献中的主产区菌材物种基原情况

Table 1 Original species of the main producing area in literature

科名	属名	种名
壳斗科 Fagaceae	栎属 <i>Quercus</i>	白栎 <i>Quercus fabri</i>
		栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>
		麻栎 <i>Q. acutissima</i>
	栗属 <i>Castanea</i>	锥栗 <i>Castanea henryi</i>
		栗 <i>C. mollissima</i>
		茅栗 <i>C. seguinii</i> Dode
	锥属 <i>Castanopsis</i>	扁刺锥 <i>Castanopsis platyacantha</i>
		高山锥 <i>C. delavayi</i>
	柯属 <i>Lithocarpus</i>	柯 <i>Lithocarpus glaber</i>
		白柯 <i>L. dealbatus</i>
	水青冈属 <i>Fagus</i>	水青冈 <i>Fagus longipetiolata</i>
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>		
亮叶桦 <i>Betula luminifera</i>		
桦木科 Betulaceae	桦木属 <i>Betula</i>	白桦 <i>B. platyphylla</i>
		柁木属 <i>Alnus</i>
	柁木 <i>Alnus cremastogyne</i>	
	尼泊尔柁木 <i>A. nepalensis</i>	
蔷薇科 Rosaceae	榛属 <i>Corylus</i>	榛 <i>Corylus heterophylla</i>
	桃属 <i>Amygdalus</i>	桃 <i>Amygdalus persica</i>
	苹果属 <i>Malus</i>	苹果 <i>Malus pumila</i>
	花楸属 <i>Sorbus</i>	花楸树 <i>Sorbus pohuashanensis</i>
	樱桃属 <i>Cerasus</i>	樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i>
豆科 Leguminosae	山楂属 <i>Crataegus</i>	山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i>
	槐属 <i>Sophora</i>	槐 <i>Sophora japonica</i>
漆树科 Anacardiaceae	合欢属 <i>Albizia</i>	合欢 <i>Albizia julibrissin</i>
	漆属 <i>Toxicodendron</i>	漆 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>
樟科 Lauraceae	盐肤木属 <i>Rhus</i>	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>
	木姜子属 <i>Litsea</i>	木姜子 <i>Litsea pungens</i>
杨柳科 Salicaceae	檫木属 <i>Sassafras</i>	檫木 <i>Sassafras tzumu</i>
	杨属 <i>Populus</i>	冬瓜杨 <i>Populus purdomii</i>
大风子科 Flacourtiaceae		响叶杨 <i>P. adenopoda</i>
柞木属 <i>Xylosma</i>		柞木 <i>Xylosma racemosum</i>
	女贞属 <i>Ligustrum</i>	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>
胡桃科 Juglandaceae	胡桃属 <i>Juglans</i>	胡桃 <i>Juglans regia</i>
	化香树 <i>Platycarya</i>	化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>
榆科 Ulmaceae	榆属 <i>Ulmus</i>	榆树 <i>Ulmus pumila</i>
桑科 Moraceae	桑属 <i>Morus</i>	桑 <i>Morus alba</i>
卫矛科 Celastraceae	十齿花 <i>Dipentodon</i>	十齿花 <i>Dipentodon sinicus</i>
胡颓子科 Elaeagnaceae	胡颓子属 <i>Elaeagnus</i>	牛奶子 <i>Elaeagnus umbellata</i>
蓝果树科 Nyssaceae	喜树属 <i>Camptotheca</i>	喜树 <i>Camptotheca acuminata</i>
虎耳草科 Saxifragaceae	鼠刺属 <i>Itea</i>	滇鼠刺 <i>Itea yunnanensis</i>
金缕梅科 Hamamelidaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>
大风子科 Flacourtiaceae	山羊角 <i>Carriera</i>	山羊角树 <i>Carriera calycina</i>
山茱萸科 Cornaceae	灯台树属 <i>Bothrocaryum</i>	灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i>
大戟科 Euphorbiaceae	乌柏属 <i>Sapium</i>	山乌柏 <i>Sapium discolor</i>

表2 实验材料及DNA特征片段鉴定情况

Table 2 Source of materials and identification of DNA signature fragments

No.	产地	推测基原	参考序列	相似性/%
1	贵州大方	桦木科	NC_039995.1	100
2	贵州大方	桦木科	NC_039995.1	100
3	贵州大方	桦木科	MH205735.1	99.01
4	贵州大方	大戟科	NC_042906.1	100
5	贵州大方	大戟科	NC_042906.1	100
6	贵州大方	大戟科	MK056235.1	100
7	云南昭通	桦木科	MG386369.1	99.46
8	云南昭通	蓝果树科	KX897128.1	100
9	云南昭通	金缕梅科	KT026599.1	98
10	云南昭通	桦木科	NC_037473.1	99.86
11	陕西汉中	蔷薇科	MK526720.1	100
12	陕西汉中	未知		
13	陕西汉中	桑科	MK526206.1	100
14	陕西汉中	未知		
15	陕西汉中	桦木科	MG386366.1	99.50
16	湖北英山	桦木科	MK525290.1	100
17	湖北英山	未知		
18	湖北英山	未知		

1.2 仪器和试剂 Veriti™ 型聚合酶链式反应(PCR)仪(Applied Biosystem公司),5810R型高速冷冻离心机(Eppendorf公司),VORTEX-2 GENIE型漩涡震荡仪(Scientific Industries公司),SYNGENE型凝胶成像系统(GENE公司),Nanodrop 2000型微量核酸定量分析仪(Thermo Fisher公司),F-7000型荧光分光光度计(Hitachi公司),MS-S型1/10万电子天平[梅特勒-托利多(上海)有限公司],MM 400型球磨机(Retsch公司),Pacific T-II型超纯水仪(Thermo Fisher公司),SB-800 DTD型超声波清洗器(宁波新芝生物科技股份有限公司),D9145AZ型电热干燥箱(上海恒科仪器有限公司),TU-1901型紫外分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),FD-720型红外线水分测量仪(KETT公司),2695型高效液相色谱仪(Waters公司),Vulcan3-550型马弗炉(Neytech公司),MLS-3751型高压灭菌器(SANYO公司)。

SpeedSTAR HS *Taq* DNA聚合酶, *r Taq* DNA聚合酶, 2 000 bp DNA Marker (Takara公司,批号RR070A, R001A, 3427A); Plant Genomic DNA Kit植物基因组DNA提取试剂盒(Tiangen公司,批号DP305), *D*-纤维二糖, *D*-木糖, *L*-阿拉伯糖(Dr.

Ehrenstorfer GmbH公司,批号DRE-C11067000, HPC-680274, DRE-C10297500), *D*-无水葡萄糖(上海源叶生物科技有限公司,批号TG0048,纯度98%),其他试剂均为国产分析纯。

2 方法

2.1 菌材物种鉴定

2.1.1 DNA提取 取菌材样品,粉碎后取粉末10 mg置洁净的2 mL离心管中,利用Plant Genomic DNA Kit植物基因组DNA提取试剂盒进行DNA提取。用Nanodrop 2000微量核酸定量分析仪测定其DNA浓度,并根据吸光度 $A_{260/280}$, $A_{260/230}$ 判断DNA质量,用于PCR反应或于-20 °C保存备用。

2.1.2 PCR扩增及电泳检测 取所提取的DNA,使用*rbcL*通用引物对木材进行PCR扩增。引物序列上游:5'-ATGTCACCACAAACAGAAAC-3';下游:5'-TCGCATGTACCTGCAGTAGC-3'。引物由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。PCR反应体系为50 μ L,包含dd H₂O 37.4 μ L, 10 \times PCR buffer (Mg²⁺ plus) 5 μ L, dNTP (10 mmol \cdot L⁻¹) 3 μ L, 上游及下游引物各(10 μ mol \cdot L⁻¹) 1 μ L, *r Taq* DNA聚合酶或SpeedSTAR HS *Taq* DNA聚合酶(5 U \cdot μ L⁻¹) 0.6 μ L, DNA模板2 μ L。扩增结束后取PCR产物5 μ L,加6 \times Loading buffer 2 μ L于EtBr染色的1.5%琼脂糖凝胶电泳检测,SYNGENE凝胶成像系统观察、成像。

2.1.3 测序及数据处理 取阳性扩增产物以对应引物进行测序,测序由睿博兴科生物技术有限公司完成。使用BioEdit 7.2.6软件对测序峰图进行校对、去除引物序列及拼接,获得对应测序结果。序列均经NCBI数据库(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)进行BLAST比对,获得最相似物种信息。

2.2 木质纤维素含量测定^[15-18]

2.2.1 样品制备 以纯水和乙醇对菌材样品进行重复性洗脱,去除样品中包含的无机盐、可溶性糖、含氮化合物、叶绿素、脂质和蜡质等。纯化后的标准样品经过两步酸解,其中的纤维素、半纤维素和果胶等结构性多糖被水解为单糖的形式并溶解于水解液中。

2.2.2 含量测定 在高效液相色谱仪上获得纤维二糖、葡萄糖、木糖、阿拉伯糖及半乳糖醛酸的浓度值,以计算纤维素、半纤维素含量。在紫外分光光度计上320 nm处获得 A 计算酸溶木质素含量,酸解后分离的固形物经马弗炉灼烧,以前后差值得出酸不溶木质素含量。

2.3 天麻多糖含量测定^[3]

2.3.1 标准曲线制备 精密称定葡萄糖对照品10 mg,加水定容至10 mL,配置成1 g·L⁻¹的葡萄糖标准溶液。准确移取1 g·L⁻¹的葡萄糖标准液0.1~0.6 mL于10mL量瓶中,并用蒸馏水补充至2 mL,以2mL蒸馏水作对照。分别加入6%苯酚溶液1 mL,浓硫酸5 mL,摇匀定容至10 mL。放于沸水浴中15 min后取出,冷却至室温,在490 nm处测定A。以葡萄糖浓度为横坐标,A为纵坐标绘制标准曲线,得到回归方程为Y=6.514 3X-0.00 47 (R²=0.998 8),结果表明葡萄糖质量浓度在0.01~0.06 g·L⁻¹与A呈良好的线性关系。

2.3.2 供试品溶液制备 在本课题组已建立糖类含量检测方法^[19-20]的基础上,对供试品溶液制备方法进行了调整,即精密称定天麻0.5 g,加入90 °C去离子水30 mL,超声提取(120 W,40 kHz)30 min,离心(8 000 r·min⁻¹)10 min取上清液,上清液补加95%乙醇使乙醇最终体积分数为80%,4 °C醇沉12 h,再次离心后水浴蒸干乙醇,沉淀加热水定容至50 mL。精密吸取供试液1 mL于试管中,分别加入6%苯酚溶液1 mL,浓硫酸5 mL,摇匀定容至10 mL。放于沸水浴中15 min后取出,冷却至室温在490 nm处测定A。

3 结果

3.1 菌材物种基原鉴定 在来自4个主产区的18份菌材样本中,有14份样本经DNA特征序列对其物种基原进行了鉴定。序列长度约为800 bp,PCR产物电泳检测结果见图1,测序比对结果见表2。结果表明,各产区所使用的菌材种类多样,其中桦木科菌材利用最为广泛,其次是大戟科。

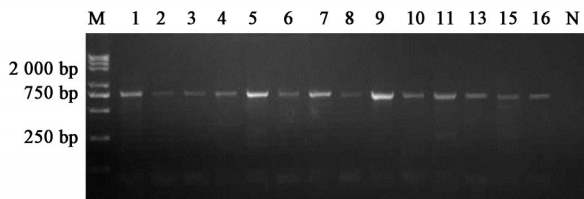


图1 菌材物种PCR扩增

Fig. 1 Specific PCR identification of tree species as fungus material

3.2 菌材木质纤维素含量分析 分别对已鉴定物种基原菌材的纤维素、半纤维素、木质素进行含量测定,结果表明在菌材的纤维素含量最高,其次是木质素,半纤维素含量最低。在不同基原物种菌材中,蓝果树科菌材中的纤维素质量分数最高为

48.34%;蔷薇科最低为38.37%。桑科菌材的半纤维素质量分数最高为23.17%;蓝果树科最低为18.29%。蔷薇科菌材的木质素质量分数最高为40.43%;蓝果树科最低为33.37%。见表3。

表3 不同菌材木质纤维素质量分数

Table 3 Lignocellulose content of different fungus material %

科名	n	纤维素	半纤维素	木质素
桦木科(x±s)	7	42.62±2.12	20.95±0.54	36.43±2.33
大戟科(x±s)	3	42.42±0.54	19.53±0.39	38.05±0.25
蓝果树科	1	48.34	18.29	33.37
金缕梅科	1	41.30	18.81	39.88
桑科	1	41.29	23.17	35.54
蔷薇科	1	38.37	21.21	40.43

3.3 天麻产量及多糖含量与菌材状况相关性分析 随机收集每1/4 m²内栽培的天麻样品,对其产量及多糖含量进行测算及检测,见表4。结果表明,不同基原物种菌材栽培的天麻产量及多糖含量存在差异,天麻产量最高可达1 285.51 g,最低仅379.30 g。多糖平均质量分数为241.1 mg·g⁻¹,变幅为87.95~411.2 mg·g⁻¹。通过Pearson相关性分析,发现天麻产量及多糖含量与菌材纤维素含量则表现出极强的正相关性,相关系数分别为0.978和0.970(P<0.01);与木质素含量具有强负相关性,相关系数分别为0.846和0.866(P<0.05);而半纤维素含量与天麻产量及多糖含量无相关性,见表5。

表4 天麻产量及多糖含量

Table 4 Yields and content of polysaccharides of *Gastrodia elata*

科名	n	产量/g	多糖质量分数(x±s)%
桦木科(x±s)	7	620.00±108.06	25.45±1.78
大戟科(x±s)	3	622.48±125.31	22.44±3.49
蓝果树科	1	1 285.51	31.51±3.10
金缕梅科	1	546.39	23.35±5.99
桑科	1	619.50	23.52±7.18
蔷薇科	1	379.30	18.4±2.72

表5 天麻产量和多糖含量与菌材状况的相关性(n=6)

Table 5 Correlation with lignocellulose content in fungus material (n=6)

类别	纤维素	半纤维素	木质素
天麻产量	0.978 ²⁾	-0.518	-0.846 ¹⁾
天麻多糖含量	0.970 ²⁾	-0.474	-0.866 ¹⁾

注: ¹⁾P<0.05, ²⁾P<0.01。

4 讨论

菌材是蜜环菌和天麻赖以生长和繁殖的物质基础,富含丰富的营养物质,主要包括纤维素、半纤维素和木质素。不同菌材间木质纤维素含量的差异影响着蜜环菌对营养物质的吸收,即蜜环菌对不同菌材的侵入程度不同,对天麻的产量有一定的影响。因此,在天麻栽培过程中,菌材物种的选择十分重要。本研究通过文献调研对天麻主产区菌材使用物种进行总结,现今可用于天麻栽培的菌材种类繁多,其中壳斗科、桦木科、蔷薇科树种运用较为广泛。通过采集天麻4个主产区菌材样本,利用对DNA特征片段鉴定菌材物种,进一步验证菌材物种使用现状。这些产区使用菌材物种不一,其中较多以桦木科树种作为天麻伴栽菌材。

木质素、纤维素、半纤维素是菌材中的三种木质纤维素。由于木质素是一种结构复杂的聚合物,其可与半纤维素结合,包围纤维素分子,致使微生物不易与纤维素分子接触,从而降低了菌材的利用率和营养价值。本研究通过对天麻产量、多糖与菌材木质纤维素含量进行分析,发现利用纤维素含量高、木质素含量低的蓝果树科菌材栽培天麻,其产量及多糖含量最高;而利用纤维素含量低、木质素含量最高的蔷薇科菌材栽培天麻,其产量及多糖含量较低,说明纤维素含量较高的菌材伴栽天麻效果较好。该结果从一定程度上解释了不同物种菌材对蜜环菌营养物质吸收和天麻产量的影响不同,为天麻栽培过程中菌材物种的选择提供了依据。在天麻产业发展中,需要消耗大量的菌材,在选择合适树种的基础上,如何高效、持续而环保地发挥菌材树种在天麻栽培中的作用,还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:58.
- [2] 黎光富,李刚凤,史荣荣. 天麻多糖化学成分与药理作用研究综述[J]. 现代农业科技,2016(7):289-290.
- [3] 雷有成,李建蕊,肖佳佳,等. 天麻商品等级与天麻素和天麻多糖的相关性研究[J]. 中草药,2015,46(3):418-423.
- [4] 徐锦堂,冉砚珠. 天麻种子发芽营养来源的研究[J]. 中国医学科学院学报,1990(6):431-434

- [5] 李阿敏,李国庆,常艳,等. 白腐菌降解木质素的研究进展(综述)[J]. 食药菌,2015,23(2):95-101.
- [6] 蒋超,崔占虎,袁媛,等. PCR增强剂对药材DNA分子鉴定的影响[J]. 中国中药杂志,2013,38(16):2571-2576
- [7] 刘大会,龚文玲,詹志来,等. 天麻道地产区的形成与变迁[J]. 中国中药杂志,2017,42(18):3639-3644.
- [8] 黄维金,吴兴波,王秋颖. 滇西南地区不同道地树种对蜜环菌生长的影响[J]. 中国现代中药,2015,17(5):475-478
- [9] 黄明进,罗春丽,刘红昌,等. 贵州8种树材对天麻蜜环菌生长的影响[J]. 贵州农业科学,2014,42(2):115-118.
- [10] 屈建中. 蜜环菌材的培养技术和再利用[J]. 湖北林业科技,2016,45(2):87-88.
- [11] 任思竹,陈青君,程继鸿. 蜜环菌对15种不同树种枝条的侵染效果[J]. 中国农学通报,2014,30(22):69-73.
- [12] 赵施迪,张博华,杨德才. 天麻仿野生种植区菌材树种选择与森林资源保护对策研究[J]. 资源开发与市场,2015,31(6):645-648.
- [13] 白祖云. 昭通市天麻菌材树种选择研究[J]. 林业调查规划,2018,43(5):149-152.
- [14] 马勋静,田治蛟,戴堃,等. 昭通天麻产业发展中菌材的探析[J]. 园艺与种苗,2017(8):35-38.
- [15] 国家能源局. NB/T34057. 1-2017,木质纤维素类生物质原料化学成分的测定第1部分:标准样品的制备[S]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [16] 国家能源局. NB/T34057. 2-2017,木质纤维素类生物质原料化学成分的测定第2部分:标准样品的纯化[S]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [17] 国家能源局. NB/T34057. 3-2017,木质纤维素类生物质原料化学成分的测定第3部分:水分的测定[S]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [18] 国家能源局. NB/T34057. 5-2017,木质纤维素类生物质原料化学成分的测定第5部分:纤维素、半纤维素、果胶和木质素的测定[S]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [19] 梁宇庭,周骏辉,南铁贵,等. 柱前衍生化UPLC-MS/MS测定12种单糖含量的方法学研究及其应用[J]. 中国中药杂志,2018,43(22):4469-4473.
- [20] 宋瑞琦,南铁贵,袁媛,等. 不同产地猪苓多糖含量及猪苓多糖中的单糖组成研究[J]. 中国中药杂志,2019,44(17):3608-3614.

[责任编辑 顾雪竹]