

16个产地北苍术苍术素含量测定及HPLC指纹图谱的建立

杜灵均^{1,2*}, 杜婧艳¹, 王建舫^{3,4}, 周志杰⁵, 尹 鑫⁵, 田晔林^{1#}

¹北京农学院园林学院, 北京

²北京农业职业学院, 北京

³北京农学院动物科学技术学院, 北京

⁴兽医学(中医药)北京市重点实验室, 北京

⁵承德市农林科学院, 河北 承德

Email: dulingjun8501@126.com, #tianyelin@126.com

收稿日期: 2021年6月11日; 录用日期: 2021年7月7日; 发布日期: 2021年7月14日

摘要

目的: 北苍术具极高的药用价值, 随着野生资源过度开采濒临灭绝, 人工种植北苍术刚刚起步, 很多问题亟待解决。本研究旨在通过运用HPLC法对收集的16个产地的野生及人工种植的北苍术进行苍术素含量测定, 筛选含量高地点的北苍术作为种源, 并建立指纹图谱为北苍术质量评价提供理论依据。方法: 高效液相色谱法: waters2695-2998高效液相色谱仪。色谱柱Venusil MP C18 (4.6 × 250 mm, 5 μm, 150A), 流速: 1.0 mL·min⁻¹, 柱温: 30℃。以甲醇为流动相A, 以水为流动相B, 甲醇: 水 = 83:17。检测波长: 254 nm。结果: 河北承德地区的北苍术苍术素的含量高, 尤其是滦平邓厂与北京密云交界处含量最高, 为1.226%, 北京房山区四马台村的最低仅0.011%。通过HPLC指纹图谱的建立, 得出不同地点北苍术由于生长年限、地区和生境等因素的不同, 峰图及相似度差异显著。结论: 承德地区可作为北苍术种子生产基地及其成为人工种植北苍术的首选地区。

关键词

北苍术, 苍术素含量, 高效液相色谱, 指纹图谱, 相似度评价

Determination of Atractylin in *Atractylodes lancea* from 16 Producing Areas and Establishment of HPLC Fingerprint

Lingjun Du^{1,2*}, Jingyan Du¹, Jianfang Wang^{3,4}, Zhijie Zhou⁵, Xin Yin⁵, Yelin Tian^{1#}

*第一作者。

#通讯作者

文章引用: 杜灵均, 杜婧艳, 王建舫, 周志杰, 尹鑫, 田晔林. 16 个产地北苍术苍术素含量测定及 HPLC 指纹图谱的建立[J]. 农业科学, 2021, 11(7): 630-643. DOI: 10.12677/hjas.2021.117087

¹School of Landscape Architecture, Beijing Agricultural University, Beijing

²Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing

³School of Animal Science and Technology, Beijing Agricultural University, Beijing

⁴Beijing Key Laboratory of TCVM, Beijing

⁵Chengde Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Chengde Hebei

Email: dulingjun8501@126.com, #tianyelin@126.com

Received: Jun. 11th, 2021; accepted: Jul. 7th, 2021; published: Jul. 14th, 2021

Abstract

Objective: *Atractylodes lancea* has extremely high medicinal value. With the over-exploitation of wild resources on the verge of extinction, artificial cultivation of *Atractylodes lancea* has just started and many problems need to be solved urgently. The purpose of this study is to determine the content of Atractylon in wild and artificially planted *Atractylodes lancea* collected from 16 producing areas by HPLC, to select *Atractylodes lancea* from high content sites as provenance, and to establish fingerprint to provide theoretical basis for quality evaluation of *Atractylodes lancea*. **Methods:** High performance liquid chromatography: waters2695-2998 High performance liquid chromatography. Chromatographic column Venusil MP C18 (4.6 × 250 mm, 5 μm, 150A), flow rate: 1.0 mL·min⁻¹, column temperature: 30°C. Methanol is used as mobile phase A, water is used as mobile phase B, and methanol: water = 83:17. Detection wavelength: 254 nm. **Results:** The content of *Atractylodes lancea* was high in Chengde area of Hebei Province, especially at the junction of Luanping Deng Factory and Miyun of Beijing, with the highest content of 1.226%, while the lowest content was only 0.011% in Simatai Village of Fangshan District of Beijing. Through the establishment of HPLC fingerprint, it is concluded that due to the different growth years, regions, habitats and other factors of *Atractylodes lancea* in different locations, the peak figure and similarity are significantly different. **Conclusion:** Chengde region can be used as the seed production base of *Atractylodes lancea* and the first choice area for artificial cultivation of *Atractylodes lancea*.

Keywords

Atractylodes chinensis, Atractylin Content, High Performance Liquid Chromatography, Fingerprints, Similarity Evaluation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

北苍术[*Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz]为菊科多年生草本植物，别名赤术、枪头菜等[1]。主分布于内蒙古、河北、山西、东北等地[2]。生长于阴凉、低山阳坡林缘或可种植于草中及林下[3]。上品苍术在《神农本草经》中原名叫“术”。在梁代陶弘景《名医别录》中记载，“术”又分为白术和赤术[4] [5]。

《本草纲目》称其为“仙术”。《中华人民共和国药典》(2015 版一部) (以下简称药典)中记载，正品苍术为菊科苍术属植物茅苍术[*A. lancea* (Thunb.) DC.]或北苍术的干燥根茎[6]。有健脾、燥湿、解郁和辟秽之功效[7]。北苍术还含有丰富的营养物质具保健作用[8]。利用 GC-MS 测定其主要成分为苍术醇、苍术酮、桉叶醇等[9]，并含大量的脂肪酸类成分，对冠心病患者有食疗作用[10]。苍术可提高肠道 IgA 水平

的作用机制[11]，参与肠道免疫调节活性，促进胃排空速度，对消化系统的研究意义重大[12][13][14]。并有降血糖[15]、利尿[16][17]及抗炎抗肿瘤作用[18]。苍术素为其主要药用成分，药典规定其含量达到0.3%即可入药[6]。

高效液相色谱法(HPLC)因分离效能高，分析速度快，广泛用于中药材及其制剂的定性定量分析[19]，药典(1985版)规定使用时只有8个种类规定使用HPLC法进行检测，到2005版药典时增加到1327种，是药典所有方法中发展最快的一种分析方法[20][21]。药典(2000版)中，分光光度法、气相色谱法、液相色谱法、薄层扫描法等都可进行药物含量测定，对于非挥发性成分高效液相色谱法是主要的测定手段[22]。近年来，色谱分析法在中药材领域使用广泛。陈文婷等用GC法同时对不同种类苍术中的六种成分进行鉴定的可靠的研究方法，为后续对苍术质量评价有一定的指导意义[23]。曾志采用气相色谱-质谱联用技术分析了北苍术和茅苍术的挥发油成分，采用色谱指纹图谱进行比较，均检出了苍术的主要药效成分 β -桉叶油醇、苍术酮和苍术素，且相对含量较高[24]。本研究依据药典(2015版)中关于苍术素含量测定方法对收集的16个不同地点的野生及人工种植的北苍术的苍术素含量进行测定，筛选含量最高的地点的北苍术作为种源进行人工种植的种源，并建立指纹图谱及进行相似度分析，旨在为北苍术质量评价提供一定的理论依据，为保护野生资源和发展人工种植提供理论指导。

2. 材料与方法

2.1. 实验样品

样品来源于河北安国、北京和承德种植基地及野外采集，共16份，编号为S1~S16(表1)。其中野生样品采集北苍术根部用流水冲洗干净，进行阴干处理。

Table 1. Sources of test materials

表 1. 实验样品来源

样品编号 Sample number	获取时间 Harvest time	生长方式 Growth situation	取样地点 Sample sources
S1	春季	野生	安国药材市场(河北省承德地区)
S2	春季	野生	安国药材市场(山西省)
S3	秋季	人工种植 1 年生	安国药材市场(东北)
S4	秋季	人工种植 3 年生	安国药材市场(东北北潮)
S5	春季	野生	安国药材市场(内蒙)
S6	秋季	人工种植 3 年生	安国药材市场(山西)
S7	2018年10月底	人工种植 4 年生	北京延庆区小河屯实验基地
S8	2018年11月中旬	野生	北京门头沟区百花山自然保护区
S9	2018年11月中旬	野生	北京怀柔区北农林场
S10	2018年11月中旬	人工种植 1 年生	北京怀柔区孙栅子村
S11	2018年12月中旬	野生	北京房山区四马台村
S12	2018年12月中旬	野生	内蒙古赤峰市
S13	2018年12月中旬	人工种植	河北省隆化县
S14	2018年12月中旬	野生	河北省滦平县虎什哈金台子村
S15	2018年12月中旬	野生	河北省滦平县邓厂与北京密云区交界处
S16	2018年12月中旬	野生	河北省丰宁县天桥镇

注：全文样品编号同表1中的编号。

2.2. 实验方法

2.2.1. 标准溶液的制备

将苍术素标准品(购自上海同田生物有限公司, 编号: E-0341)用甲醇(色谱纯)溶解, 配制成 0.1 mg/mL 的溶液。

2.2.2. 供试品溶液的制备

将 16 份北苍术样品用粉碎机研磨成粉末, 过 60 目筛, 精密称量 0.2 g 放入 50 mL 刻度离心管中, 倒入甲醇溶液 50 mL, 用天平称定重量后超声(功率 200 W, 频率 40 kHz, 温度 30°C)处理 1 h, 置于室温中放冷后再次称定重量, 用甲醇补充让重量与超声前一致后用三层滤纸法进行过滤处理, 取续滤液。

2.2.3. 色谱条件设定

根据苍术素检测条件[6], 使用 Waters2695 高效液相色谱仪, Waters2998 PAD 检测器(美国 Waters 公司, Waters2695-2998), Venusil MP C18 (4.6 × 250 mm, 5 μm, 150A)柱(购自天津艾杰尔生物公司)。设定流速为 1.0 mL·min⁻¹, 柱温为 30°C。流动相为甲醇:水 = 83:17。检测波长: 254 nm。每次进样量为 20 μL。

2.2.4. 标准曲线

将制备的苍术素标准溶液进样量分别设置为 2.5 μL、5 μL、10 μL、15 μL、20 μL、25 μL, 上机检测后以苍术素标准品/(mg/mL)及峰面积/(μv×s)为横纵坐标绘制标准曲线, 通过其获得线性回归方程后进行计算。

2.2.5. 精密度实验

将苍术素标准品溶液制备成 0.1 mg/mL 的溶液后分装于色谱进样瓶中, 上机检测设置为每次进样量 20 μL, 连续进样 6 次, 通过其峰面积计算 RSD 值(相对标准偏差)。

2.2.6. 重复性实验

选取一份含量较高的北苍术样品制备 6 份, 设置每次进样量 20 μL, 连续进样 6 次, 计算 RSD 值。

2.2.7. 稳定性实验

选取一份含量较高的北苍术样品进行制备, 进行上机检测, 通过计算 RSD 值检测制备 24 h 后样品稳定性。

2.2.8. 加样回收率考察

选取一份含量较高的北苍术样品并加入 1 mg 苍术素标准品制备成混合溶液, 通过色谱仪进行检测, 计算加样回收率和 RSD 值。

2.2.9. 不同产地北苍术 HPLC 指纹图谱的建立

利用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》软件进行指纹图谱的建立及相似度计算, 根据生成峰图进行实验数据分析, 并验证实验的准确性。

3. 结果与分析

3.1. 方法学验证

3.1.1. 线性关系结果分析

经过线性实验, 以苍术素标准品(mg/mL)为横坐标, 以峰面积(μv×s)为纵坐标, 绘制标准曲线, 计算回归方程(图 1), 苍术素回归方程为 $Y = 331352X - 99172$, $R^2 = 0.9999$, 表明苍术素在进样质量为 0.02~0.25 μg 之间呈线性关系。

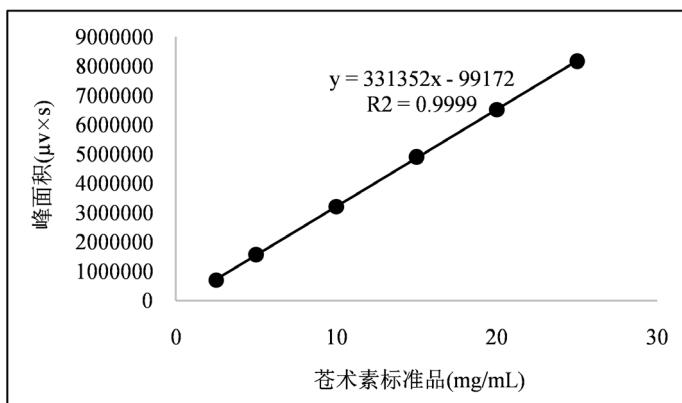


Figure 1. Linear regression equation
图 1. 线性关系回归方程

3.1.2. 精密度结果分析

制备标准品溶液连续进样 6 次，通过所得谱图结果进行计算。计算 RSD 值($n = 6$)为 0.38%，实验结果表明仪器精密度良好，结果可靠。

3.1.3. 重复性结果分析

制备 12 号北苍术样品 6 份，设置每次进样量 20 μL ，连续进样 6 次，通过计算 RSD 值($n = 6$)为 2.43%。实验结果表明实验方法合理，实验结果可靠。

3.1.4. 稳定性结果分析

通过制备样品在 24 h 内进行上机检测，计算得到 RSD 值($n = 6$)为 1.58%，实验结果表明供试品溶液在 24 h 内进行测定，实验结果稳定，样品没有降解现象，能够保证实验的准确性。

3.1.5. 加样回收率结果分析

制备 12 号样品并加入 1 mg 苍术素标准品制备成混合溶液，通过色谱仪进行检测，计算加样回收率为 100%，RSD ($n = 6$)为 3.27%。

3.2. 苍术素含量

16 个产地北苍术干燥根状茎药用成分苍术素含量如表 2 所示，色谱结果图如图 2，图 3 所示。

对 16 份北苍术干燥的根状茎进行检测，参照药典(2015 版) [6] 中对苍术素含量测定方法进行样品制备检测等，药典要求检测结果理论板数按苍术素峰计算不低于 5000，苍术素含量不低于 0.3% 为合格可入药。研究结果得出有 11 个地点北苍术含量达到入药标准，5 个地点的未达入药标准。其中河北滦平邓厂与北京密云交界处北苍术样品含量最高，为 1.226%；最低的为北京房山区四马台村，仅有 0.011%。

16 个北苍术样品苍术素的含量从高到低依次是：河北滦平邓厂与北京密云交界处(1.226%)>河北丰宁天桥镇(0.925%)>河北滦平虎什哈金台子村(0.680%)>内蒙古赤峰(0.596%)>河北隆化(0.486%)>北京延庆区(0.474%)>河北承德(0.396%)>山西野生(0.363%)>内蒙野生(0.337%)>怀柔区北农林场(0.326%)>门头沟区百花山(0.320%)>怀柔区孙棚子村(0.298%)>东北北潮(0.275%)>东北(0.238%)>山西人工种植(0.199%)>房山区四马台村(0.011%)。

研究表明河北省承德市、隆化县、滦平县虎什哈金台子村、丰宁县天桥镇、滦平县邓厂与北京密云区交界处的苍术素含量分别是 0.396%、0.486%、0.680%、0.925% 及 1.226%，都超出了药典(2015 版)规定的 0.3%。

北京延庆区小河屯、门头沟区百花山自然保护区、怀柔区北农林场、怀柔区孙栅子村、房山区四马台村 5 个地点的北苍术苍术素的含量分别是：0.474%、0.320%、0.326%、0.298% 及 0.011%，有 2 个样品的含量未达到药典标准。

从安国药材市场购买了 6 个北苍术样品，6 个样品分别来自山西(2 个)、东北(2 个)、内蒙古(2 个)。山西的两个样品苍术的含量分别为 0.363% 和 0.199%，东北的两个样品的含量依次为 0.238% 和 0.275%，内蒙古的 2 个样品苍术素分别为 0.337% 和 0.596%。根据研究结果表明东北的 2 个样品均未达到药典标准。内蒙古的样品含量都达到了药典的规定。山西野生的样品达到了药典标准，人工种植的 3 年生样品未达标。

Table 2. Content of atrectylin in rhizoma atracylodes from 16 producing areas

表 2. 16 个产地北苍术入药成分苍术素含量

样品序号 Sample number	进样量(μL) Injection volume	保留时间(min) Retention time	峰面积 Peak area	含量(%) Content
S0	20	13.256	6,529,054	
S1	20	13.254	1,028,161	0.396
S2	20	13.264	942,307	0.363
S3	20	12.791	617,972	0.238
S4	20	12.784	714,274	0.275
S5	20	13.271	873,973	0.337
S6	20	13.252	517,845	0.199
S7	20	13.247	1,229,308	0.474
S8	20	13.264	829,129	0.320
S9	20	13.244	846,618	0.326
S10	20	13.248	773,160	0.298
S11	20	13.256	28,722	0.011
S12	20	13.252	1,545,229	0.596
S13	20	13.256	1,260,501	0.486
S14	20	13.069	1,762,320	0.680
S15	20	12.935	3,177,195	1.226
S16	20	13.038	2,397,693	0.925

注：《中华人民共和国药典》(2015)：按干燥品计算，苍术中含苍术素(C₁₃H₁₀O)不得少于 0.30%。

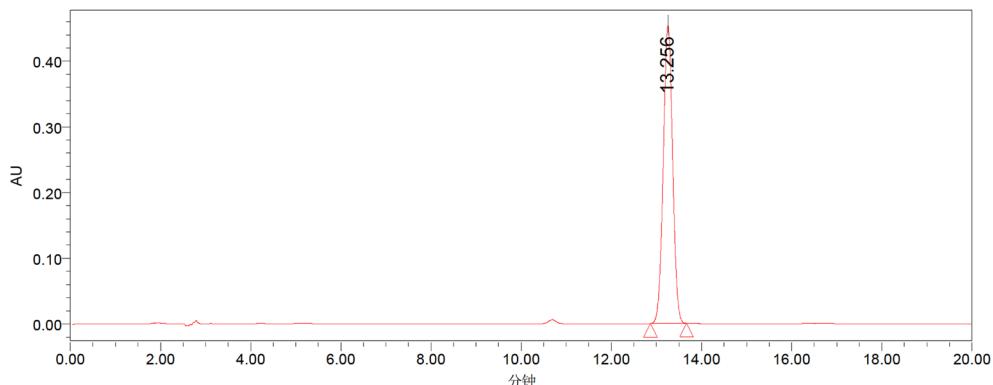
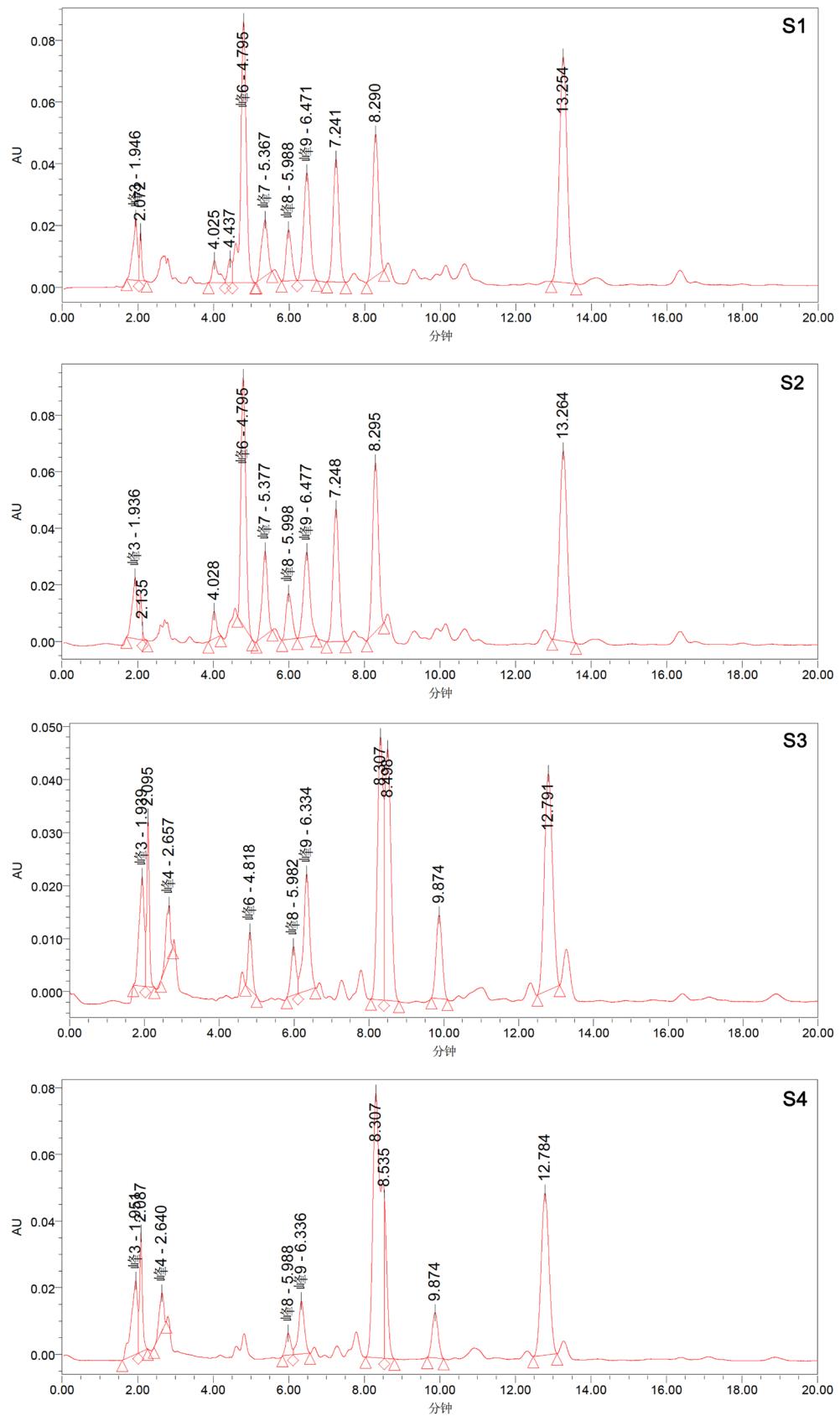
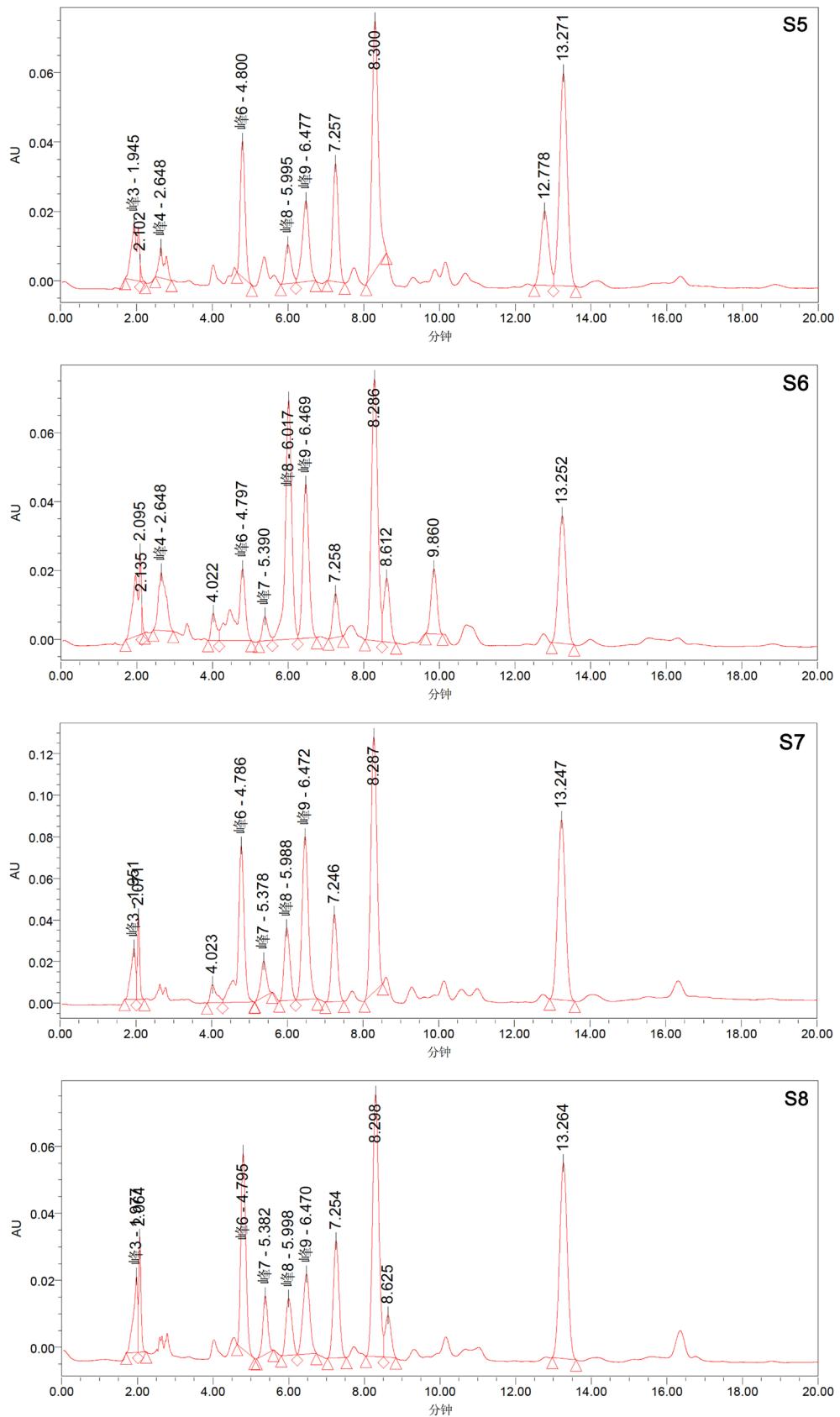
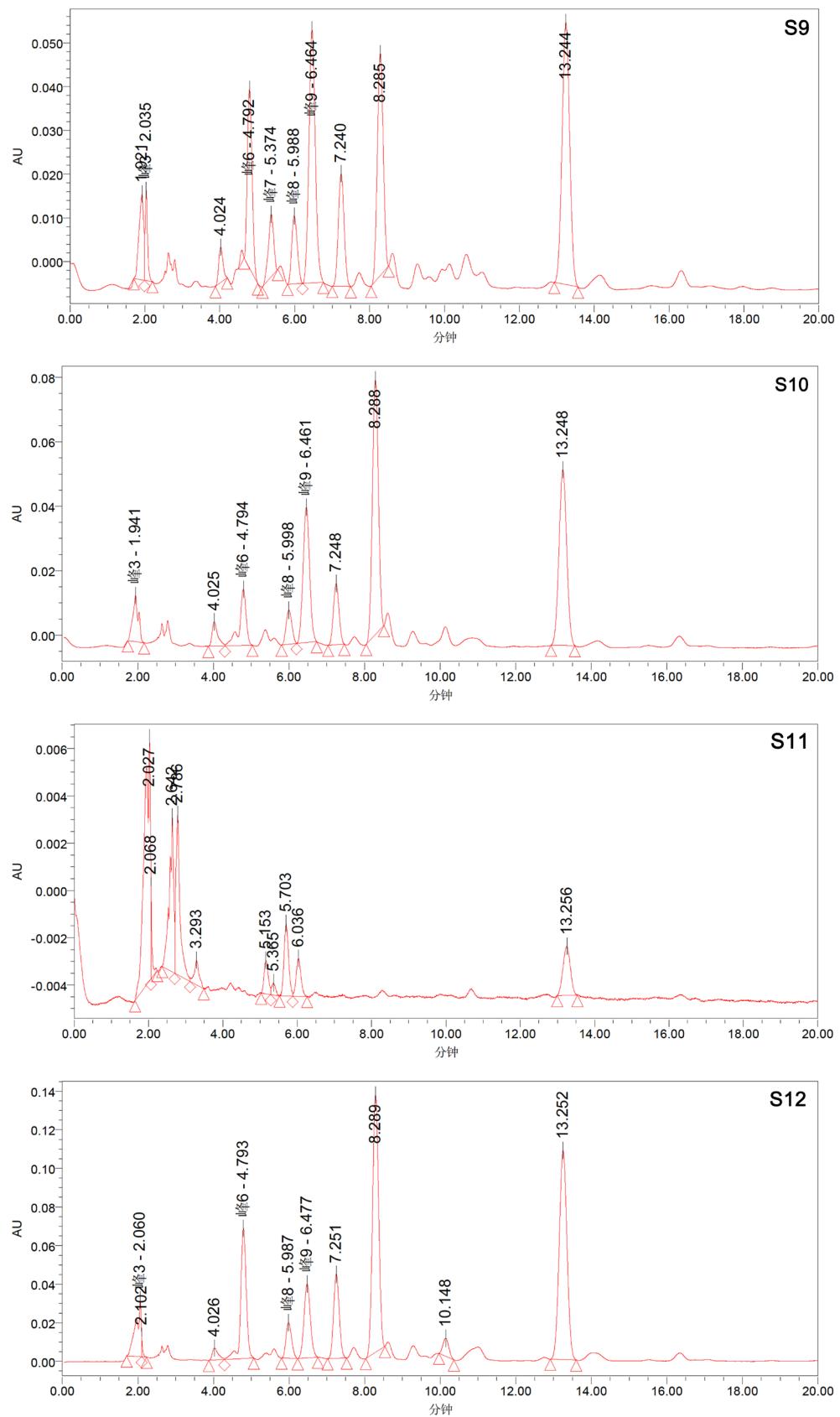


Figure 2. The HPLC chromatograms of Atisine chloride Atractyldin of *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz (Reference substance)

图 2. 苍术中苍术素 HPLC 色谱图(对照品)







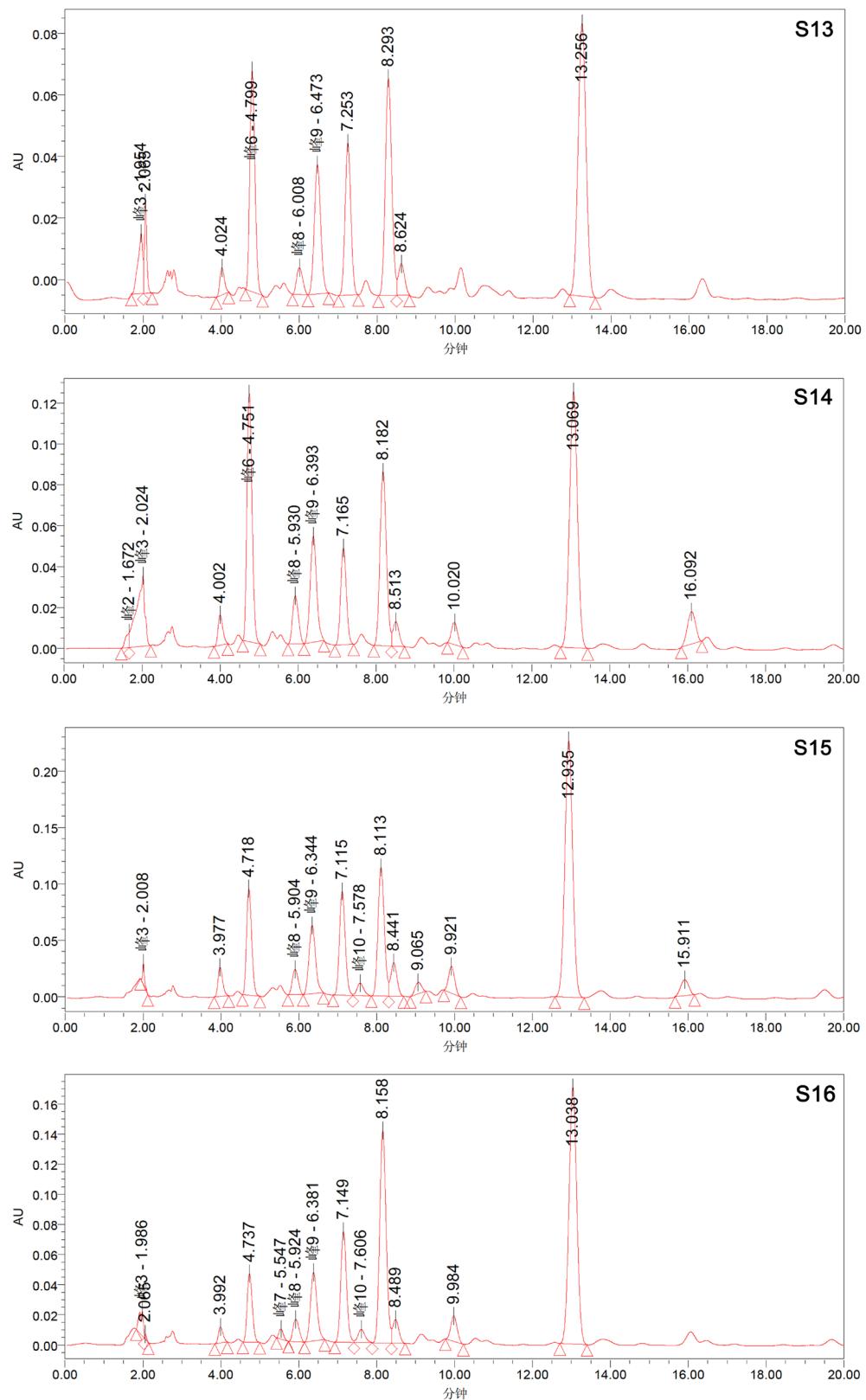


Figure 3. The HPLC chromatograms of Atisine chloride Atractyldin of *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz (Sample S1~S16)

图 3. 苍术中苍术素 HPLC 色谱图(样品 S1~S16)

3.3. 16 个产地北苍术 HPLC 指纹图谱建立及相似度评价

将苍术素标准品及 16 个产地北苍术样品数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》，相似度是以特征指纹图谱为基础，计算出待鉴药材与标准药材间的相似程度，可以显示二者在特征指纹上的相似性，以苍术素标准品为参照图谱生成对照峰 R (图 4)，进行多点校正，通过色谱图上重叠峰进行对比，非共有峰占比较大，表明各样品间含量差距明显(图 5)。通过将色谱图匹配到《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》中通过相似度软件进行计算(表 3)，与对照谱图进行比对，北苍术样品相似度在 0.202~0.941 之间，不同地点谱图之间重叠基本全为非共有峰，结果表明 16 个产地北苍术样品差异显著。

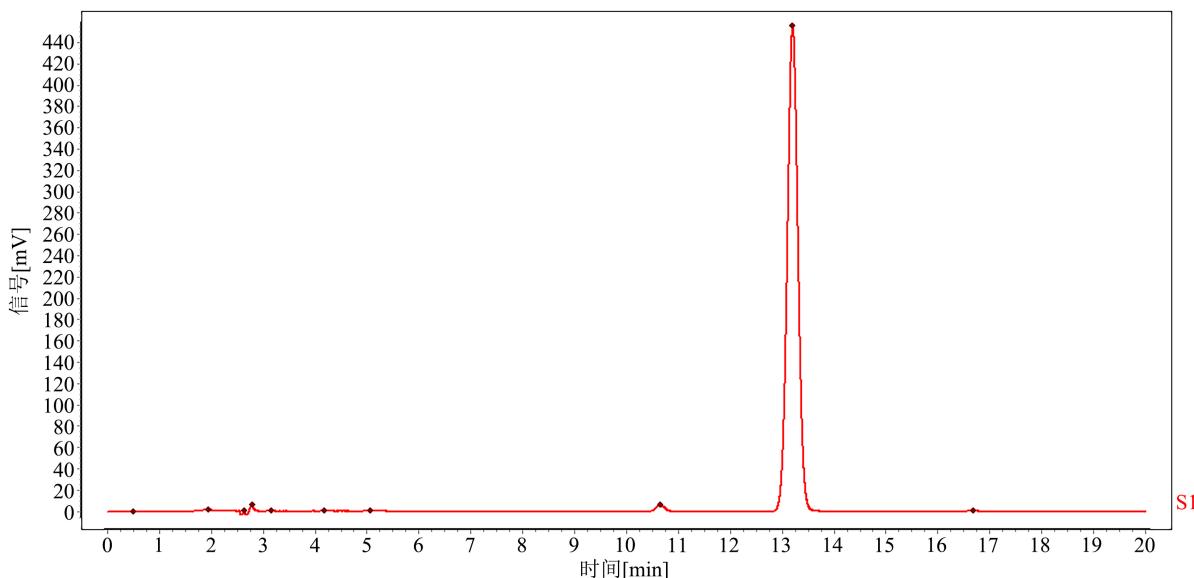


Figure 4. HPLC control atlas of *Atractylodes lancea*

图 4. 北苍术 HPLC 对照图谱

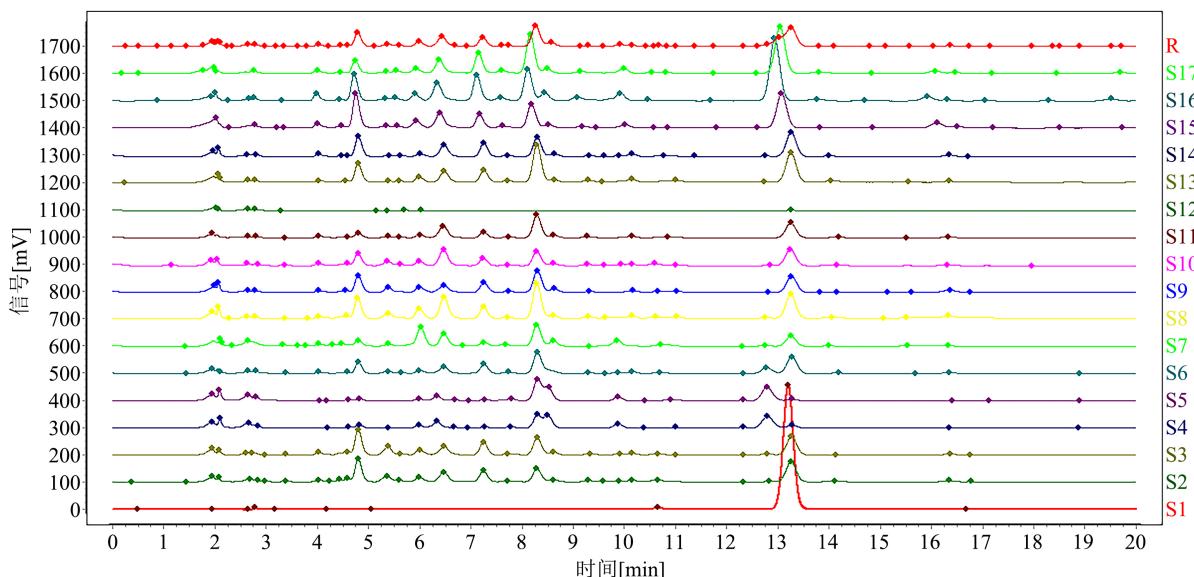


Figure 5. HPLC fingerprint matching results of *Atractylodes lancea* from 16 different areas. Note: R is the reference fingerprint

图 5. 16 个不同产地北苍术 HPLC 指纹图谱匹配结果。注：R 为对照指纹图谱

Table 3. Similarity calculation results of HPLC spectra of *Atractylodes lancea* samples from 16 different areas
表 3. 16 个不同产地北苍术样品 HPLC 图谱相似度计算结果

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
S1	1															
S2	0.982	1														
S3	0.458	0.517	1													
S4	0.429	0.513	0.867	1												
S5	0.888	0.911	0.643	0.747	1											
S6	0.700	0.720	0.635	0.647	0.766	1										
S7	0.918	0.930	0.571	0.634	0.946	0.804	1									
S8	0.927	0.937	0.519	0.584	0.927	0.759	0.958	1								
S9	0.937	0.927	0.535	0.516	0.899	0.761	0.964	0.905	1							
S10	0.844	0.851	0.581	0.682	0.944	0.783	0.963	0.907	0.928	1						
S11	0.191	0.166	0.117	0.091	0.177	0.215	0.149	0.158	0.236	0.158	1					
S12	0.893	0.888	0.501	0.610	0.941	0.741	0.952	0.961	0.895	0.942	0.163	1				
S13	0.970	0.948	0.493	0.505	0.927	0.703	0.940	0.945	0.943	0.911	0.184	0.951	1			
S14	0.499	0.546	0.344	0.387	0.491	0.463	0.540	0.530	0.530	0.468	0.216	0.470	0.484	1		
S15	0.390	0.431	0.327	0.355	0.419	0.396	0.441	0.430	0.430	0.408	0.027	0.385	0.394	0.930	1	
S16	0.385	0.438	0.358	0.473	0.494	0.452	0.501	0.492	0.492	0.497	0.035	0.468	0.422	0.908	0.971	1
R	0.911	0.914	0.580	0.615	0.935	0.777	0.941	0.932	0.932	0.922	0.202	0.934	0.940	0.678	0.627	0.663

3.4. 讨论与结论

3.4.1. 生年限与苍术素含量相关

本研究中人工种植北苍术样品有一年生、三年生和四年生。其中 S3 (东北)、S10 (北京怀柔孙栅子村) 为一年生, S4、S6 为三年生, S7 为四年生, 从谱图中可以看出没有共有峰, 峰谱差异显著, 其相似度计算在 0.202~0.941 之间, 并且通过苍术素含量对比, 发现差异显著, 野生样品生长年限不详, 但苍术素含量普遍高于人工种植的样品, 其中人工种植四年生样品与野生样品相似度差异不大, 可以得出生年限与苍术素含量有关, 建议人工种植 4 年以上才可收获。

3.4.2. 生方式与苍术素含量相关

本研究采集的样品有从山上采集的野生样品和人工种植的样品。其中 S1、S2、S5、S8、S9、S11、S12、S14、S15、S16 等 10 个样品为野生样品, S3、S4、S11、S6、S7、S10、S13 等 6 个样品为人工种植样品。野生样品除了北京房山区四马台村的含量未达到药典标准外, 其它的全部达标; 河北省野生样品中苍术素的含量都高, 为良好的种源。人工种植的样品中, 东北 1 年生、3 年生、山西 3 年生的、怀柔 1 年生的均未达标, 建议人工种植 4 年以上方可进入药材市场。高丽等用 RE-HPLC 法对湖北、四川、安徽、江苏、河南、陕西等 17 个不同地点的野生苍术和人工种植的苍术进行了苍术素含量的测定, 结果表明不同产地苍术素含量差异较明显, 种植技术、地理环境与生长年限对苍术素含量有影响[25], 这与本研究结果一致。

根据 HPLC 指纹图谱野生样品相似度在 0.580~0.940 之间，人工种植品相似度在 0.202~0.941 之间，样品间基本为非共有峰，差异显著。

3.4.3. 生长地域与苍术素含量相关

本研究收集的 16 个样品分别来自于河北省(5 个)、内蒙古(2 个)、北京(5 个)、山西省(2 个)、东北地区(2 个)，根据苍术素含量对比，河北省含量普遍偏高，其次是内蒙赤峰、北京怀柔区、延庆区，东北地区北苍术样品在进行含量测定时均不达标，且相似度较其他地点差异显著，峰谱与其他地点均为非共有峰，差异显著。有文献报道指出药材生长环境不同，温度、湿度和光照会对药用植物成分积累产生较大影响[26]，东北地区气候、土壤等环境因子是造成差异显著的主要原因。湖北襄阳保康和河南信阳桐柏县茅苍术的苍术素含量不达标，且不同产地苍术素含量有所差异[25]；山西运城县栽培北苍术苍术素含量高达 0.93% [27]；吉林省集安产的北苍术苍术素含量最高为 0.80%，白山的最低仅 0.22% [28]，主要原因是生长环境和生长年限不同所致。本研究中河北省 5 个地方的样品含量高于其它地区，这与生长环境息息相关。河北省承德地区的野生北苍术可以作为优质种源进行种子生产。

3.4.4. 结论

本研究运用高效液相色谱法对 16 个产地的北苍术入药成分苍术素进行含量测定，建立了 16 个不同地点北苍术 HPLC 指纹图谱，结果表明河北滦平邓厂与北京密云交界处的样品含量最高，承德地区的样品中苍术素的含量都高，该地区可作为北苍术种子生产基地及北苍术人工种植的首选地域。建议人工种植时采用块茎繁殖的北苍术至少种植 4 年以上收获，这样才能保证药效。

目前，北苍术人工种植刚起步，研究时难以收集到生长年限一致的材料，因此材料中主要药用成分苍术素含量的多少是否与生长年限和地域相关，有待深入研究。在本研究中发现产地不同含量差异显著，东北地区、北京地区、承德地区的北苍术含量差异明显，可能与生长气候、土壤等自然环境有关，这也有待于后续研究，以得到更准确的结论。另外，用种子直播种植的与用块茎种植的区别有待以后探究。

基金项目

2019 校专项 - 科技创新服务能力建设 - 科研基地建设 - 林果业生态环境功能提升协同创新中心(2011 协同创新中心)，项目代码为 PXM2019_014207_000099 北京市属高等学校创新团队建设与教师职业发展计划项目，项目代码为 IDHT20180509。

参考文献

- [1] 南京中医药大学. 中药大辞典(上册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 1482-1486.
- [2] 徐国钧. 中国药材学[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996: 571-574.
- [3] 王春霞, 王宪文, 李庆. 北苍术林地栽培技术[J]. 中国林副特产, 2005, 6(3): 28
- [4] 楼之岑, 秦波. 常用中药材品种整理和质量研究(北方编)第三册[M]. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1996: 743
- [5] 肖培根. 新编中药志(第一卷) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 501.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 2015 版第一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 161.
- [7] 于金玲, 梁颖. 关苍术的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(1): 12-14.
- [8] 钱士辉, 汪六英, 段金廉, 冯慧. 茅苍术化学成分及其生物活性研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2006, 25(2): 8-11.
- [9] 吉力, 敖平, 潘炯光, 杨京玉, 杨健, 胡世林. 苍术挥发油的气相色谱质谱联用分析[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(3): 182-185.
- [10] Resch, M., Steigel, A., Chen, Z.L. and Bauer, R. (1998) 5-Lipoxygenase and Cyclooxygenase-1 Inhibitory Active Com-

- pounds from *Atractylodes lancea*. *Journal of Natural Products*, **61**, 347-350. <https://doi.org/10.1021/np970430b>
- [11] Yu, K.W., Kiyohara, H.H., Matsumoto, T., Yang, H.-C. and Yamada, H. (1998) Intestinal Immune System Modulating Polysaccharides from Rhizomes of *Atractylodes lancea*. *Planta Medica*, **64**, 714-719. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957564>
- [12] Kimura, M., Diwan, P.V., Yanagi, S., Konno, Y., Nojima, H. and Kimura, I. (1995) Potentiating Effects of β -Eudesmol-Related Cyclohexylidene Derivatives on Succinylcholine-Induced Neuromuscular Block in Isolated Phrenic Nerve-Diaphragm Muscles of Normal and Alloxan-Diabetic Mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, **18**, 407-410. <https://doi.org/10.1248/bpb.18.407>
- [13] Chou, L.C. and Chang, C.C. (1992) Antagonism by Beta-Eudesmol of Neostigmine-Induced Neuromuscular Failure in Mose Diaphragms. *European Journal of Pharmacology*, **216**, 199-206. [https://doi.org/10.1016/0014-2999\(92\)90361-7](https://doi.org/10.1016/0014-2999(92)90361-7)
- [14] Yu, K.W., Kiyohara, H., Matsumoto, T., Yang, H.-C. and Yamada, H. (2001) Structural Characterization of Intestinal Immune System Modulating New Arabino-3,6-Galactan from Rhizomes of *Atractylodes lancea* DC. *Carbohydrate Polymers*, **46**, 147-156. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00294-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00294-0)
- [15] Konno, C., Suzuki, Y., Oishi, K., Munakata, E. and Hikino, H. (1985) Isolation an Hypoglycemic Activity of Atractans A,B and Cmgktcans of *Atractylodes Japonica* Rhizomes. *Planta Medica*, **51**, 102-103. <https://doi.org/10.1055/s-2007-969418>
- [16] Suto, K., Kakinuma, S., Ito, Y., Sagara, K., Itokawa, H. and Itokawa, H. (1998) Determination of *Atractylodes* Rhizome Using Supercritical Fluid Chromatography On-Line Coupled with Supercritical Fluid Extraction by the Direct Induction Method. *Journal of Chromatography A*, **8**, 252-255. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00225-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00225-8)
- [17] Satoh, K., Yasuda, I., Nagai, F., Ushiyama, K., Akiyama, K. and Kano, I. (1991) The Effects of Crude Drugs Using Diuretic on Horse Kidney($\text{Na}^+ \text{K}^+$)-Adenosine Triposphatase. *Yakugaku Zasshi*, **111**, 138-145. https://doi.org/10.1248/yakushi1947.111.2_138
- [18] Resch, M., Steigel, A., Chen, Z.L. and Bauer, R. (2001) Further Phenols and Polyacetylenes from the Rhizomes of *Atractylodes lancea* and Their Anti-Inflammatory Activity. *Planta Medica*, **67**, 437-442. <https://doi.org/10.1055/s-2001-15817>
- [19] 肖蓉. 河北道地药材指纹图谱研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2005.
- [20] 李玲, 刘键, 周践, 李修禄. 从历版中国药典分析方法的统计与研究看我国药物分析方法的发展[J]. 药物分析杂志, 1998(5): 59-62.
- [21] 王丽峰. 高效液相色谱在中草药质量控制中的应用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [22] 钟东会. HPLC 在药物分析及中药指纹图谱研究中的应用[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2004.
- [23] 陈文婷, 陈阳, 张意涵, 李琴瑜, 范燕豪, 安叡, 侯剑伟, 王新宏. GC 法同时测定不同种类苍术中 6 种成分[J]. 中成药, 2018, 40(5): 1124-1129.
- [24] 曾志, 叶雪宁, 庞世敏, 张涛, 沈妙婷. 北苍术和茅苍术挥发油成分的比较[J]. 应用化学, 2012, 29(4): 470-476.
- [25] 高丽, 王小梅, 张丹丹, 黄显章, 王旭, 李超. RP-HPLC 法测定 17 批不同产地苍术中苍术素的含量[J]. 南阳理工学院学报, 2018, 10(6): 99-102.
- [26] 李志荣, 叶方, 杨光义, 杜士明, 王刚, 杜婷, 等. 鄂西北地区不同生长条件和品种柴胡中总皂苷含量比较[J]. 中国药师, 2012, 15(11): 1536-1537.
- [27] 黄瑞平, 孙敏宁, 潘红玲. 茅苍术与北苍术中苍术素含量的比较[J]. 中国中医药科技, 2015, 22(4): 398-399.
- [28] 肖春萍, 夏炎, 张强. 吉林省不同产地北苍术的质量评价研究[J]. 长春中医药大学学报, 2018, 34(5): 872-875.