

北沙参品质形成影响因素及产业发展分析

冉志芳^{1,2}, 郭凤丹¹, 张翠翠¹, 尹鑫¹, 林慧彬¹, 管仁伟^{1*}

1. 山东省中医药研究院, 山东 济南 250014

2. 山东中医药大学, 山东 济南 250355

摘要: 北沙参 *Glehniae Radix* 是我国常用传统中药材, 其药用历史悠久, 具有重要的临床价值。目前, 北沙参的商品来源主要以人工种植为主, 其品质优劣受多种因素影响。因此, 从影响北沙参品质形成的种质、生态环境因子和采收加工等方面对其相关研究进行概述, 并在此基础上分析目前北沙参产业发展存在问题, 基于此提出思考与解决方向, 以期为指导北沙参生态种植、提高北沙参药材品质及其产业发展提供参考。

关键词: 北沙参; 品质成因; 生态环境; 采收加工; 产业发展

中图分类号: R282 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)06-2207-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.06.031

Analysis of influencing factors of quality formation and industrial development of *Glehniae Radix*

RAN Zhifang^{1,2}, GUO Fengdan¹, ZHANG Cuicui¹, YIN Xin¹, LIN Huibin¹, GUAN Renwei¹

1. Shandong Academy of Chinese Medicine, Jinan 250014, China

2. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China

Abstract: As a commonly used traditional Chinese medicine in clinical practice, Beishashen (*Glehniae Radix*) has a long history of medicinal use with important clinical value. At present, the main source of *Glehniae Radix* is artificial cultivation, and its quality is closely related to various factors. Therefore, this article provides an overview of the research progress on the correlation between the germplasm, ecological environment factors, and harvesting and processing of the quality formation of *Glehniae Radix*. Based on this, the existing problems in the development of *Glehniae Radix* industry was analyzed, and the thinking and solution directions were put forward. This provides a reference for guiding the ecological planting of *Glehniae Radix*, improving the quality of *Glehniae Radix* medicinal materials and its industrial development.

Key words: *Glehniae Radix*; quality causes; ecological environment; harvesting and processing; industrial development

北沙参 *Glehniae Radix* 源于伞形科植物珊瑚菜 *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq. 的干燥根, 性微寒, 味甘、微苦, 始载于《本草汇言》, 具有养阴清肺、益胃生津之功效, 曾被列为中药“八珍之一”^[1-2]。北沙参富含多糖、香豆素类、聚炔类、木脂素类、黄酮及酚酸类等活性成分, 具有增强免疫、镇痛平喘、抗肿瘤、抗氧化、抗菌及降压等药理作用^[3-7], 药用价值极高。此外, 北沙参还被广泛用于食品、保健

品等, 在主产区也常作为蔬菜食用。北沙参在临床治疗、大健康产品研发、康复养生等方面彰显了广阔的开发利用价值。

北沙参作为中医临床常用中药, 其药用来源主要依靠人工种植, 以山东莱阳地区产者质优效佳, 是山东的道地药材。近年来, 北沙参种植区域不断扩大, 从传统产区山东莱阳逐渐发展到了河北安国、内蒙古赤峰等地, 形成了以山东、河北和内蒙

收稿日期: 2024-11-19

基金项目: 山东省中医药科技计划 (Q-2023024); 山东省自然科学基金资助项目 (ZR2024QH087); 山东省中医药高层次人才培养项目专项经费资助 (2023143); 全国中药特色技术传承人才培养项目 (202396); 山东省科技型中小企业创新能力提升工程 (2023TSGC0444); 中药资源保障能力提升项目 (202319); 泰山产业领军人才项目 (tscy20230623)

作者简介: 冉志芳, 女, 助理研究员, 从事中药资源与质量控制研究。E-mail: ranzhifang2920@163.com

*通信作者: 管仁伟, 男, 副研究员, 从事中药资源与质量控制研究。E-mail: grw2005@163.com

古为主的 3 大主产区^[8-9]。药材品质的形成受其基因型、生态环境和栽培措施等共同作用的影响^[10]，由于北沙参产地变迁、生态环境差异、采收加工方式各异等因素，直接或间接地影响了北沙参质量的形成。经查阅文献发现，国内外研究者虽对北沙参进行了较为系统的研究，但目前尚未见有关北沙参品质形成影响因素及产业发展现状的文献综合整理。

基于此，本文重点围绕近年来北沙参种质、生态环境和种植加工等因素与其品质形成的相关性研究展开概述与分析（图 1），并在此基础上进一步结合产业发展存在问题，提出几点未来影响北沙参品质形成因素的研究重点及其产业发展方向的可行性建议，以期为提高北沙参药材品质、指导北沙参生态种植及其产业化发展提供参考。

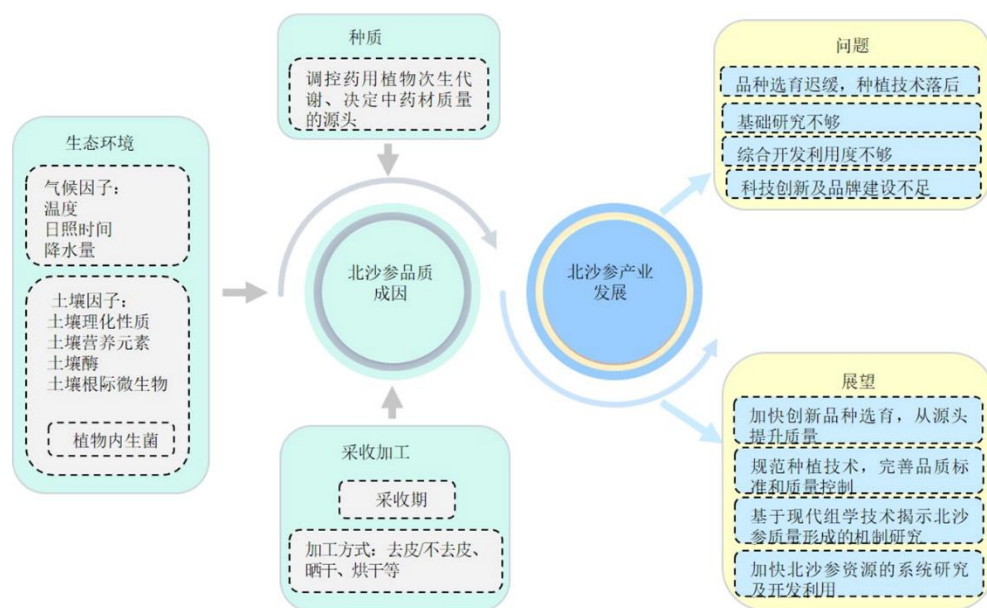


图 1 北沙参品质形成影响因素及产业发展研究

Fig. 1 Influencing factors of quality formation and industrial development of *Glehniae Radix*

1 种质对北沙参品质形成的影响

种质是调控药用植物次生代谢、决定中药材质量的源头。研究表明，种质不同北沙参药效物质基础的含量不同^[11-12]。张晴^[13]从表型特征、香豆素类化合物含量及异戊烯基转移酶的表达量等方面探讨了 8 种不同种源北沙参之间的种质差异，并通过主成分分析对不同北沙参种源进行排名，评分结果显示：海阳>莱阳>金石滩>赤峰>田横岛>日照>情人岛>八仙岛，其中海阳和莱阳种源中有效成分含量最高且药用价值相对较大，被作为优质种源。石俊英等^[14]以选取的白条参（绿叶柄）、红条参（淡红色）及大红袍（紫叶柄）3 种北沙参栽培品种为研究对象，分别对其进行香豆素类、糖类及浸出物等成分含量的差异分析，发现不同栽培品种北沙参间的对比结果显示，总糖、粗多糖、可溶性糖、水浸出物及醇浸出物的含量以白条参中所含最高，显著高于红条参和大红袍，而就欧前胡素含量而言，则以大红袍所含最高。

2 生态环境对北沙参品质形成的影响

2.1 气候因子

气候是影响药材质量的重要因素，研究表明温度、日照时间及降水量等因素对北沙参化学成分的积累具有显著影响^[11]。赵倩^[15]对不同主产区北沙参中水溶性浸出物、多糖和醇溶性浸出物的含量与各气候因子间进行相关性探讨，研究显示，北沙参中水溶性浸出物、醇溶性浸出物及多糖的含量均与经纬度、海拔高度及日照时数之间呈正相关，与相对湿度、年均温度及年均降水量之间呈负相关，表明气候因子在不同程度上影响着北沙参有效成分的积累。李丽霞等^[16]以山东和辽宁 5 个不同种源野生北沙参种子为研究对象，探讨了北沙参种子萌发特性与纬度、温度间的相关性，分析结果表明，北沙参果实、种子千粒重与纬度之间均表现为显著负相关，20~25℃为不同品种北沙参种子萌发的适宜温度，其种子发芽率与纬度之间具显著正相关。

2.2 土壤因子

2.2.1 土壤理化性质 在北沙参种植过程中,适宜的土壤选择至关重要,应优先考虑排水便利、土壤结构疏松且富含养分的砂质或半砂质土壤,如棕壤、褐土和草甸土的缓坡地,不宜选择质地黏重、土壤通透性较差的土壤^[17]。刘智赫等^[18]研究指出,土壤化学性质与北沙参的生物量和根部有效成分的积累均呈现出不同程度的相关性,其中土壤 pH 值、土壤速效养分(土壤碱解氮、速效磷和速效钾)和土壤有机质均与北沙参根部香豆素含量(补骨脂素、佛手柑内酯、欧前胡素、异欧前胡素)和浸出物含量(水溶性浸出物、醇溶性浸出物),及地下部生物量(根长、根粗、根干重)均呈正相关。

2.2.2 土壤营养元素 矿质营养元素作为药用植物生长发育过程中的关键营养物质,影响植物一系列的生理生化反应及代谢活动,对其初生和次生代谢产物的形成和积累具有重要意义^[19-20]。杨树林^[21]探究了不同氮磷钾配比对北沙参产量及质量的影响,结果显示不同氮磷钾配比处理对北沙参香豆素类成分和多糖的含量和积累量均有显著差异。孙窗舒等^[22]采用正交试验研究了施用不同配比磷钾肥对北沙参香豆素类成分的影响,研究显示,北沙参中欧前胡素、异欧前胡素的含量随磷、钾肥的增施而升高,且磷肥影响较大,当施用 P_2O_5 360 kg/hm²+K₂O 270 kg/hm² 时异欧前胡素含量最高,施用 P_2O_5 360 kg/hm²+K₂O 180 kg/hm² 时欧前胡素含量最大。郭严东等^[23]在研究水肥耦合对快速生长期北沙参生长及品质的影响中指出,在轻度和中度水分胁迫下,北沙参中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等抗氧化酶活性、丙二醛、游离脯氨酸、可溶性蛋白及香豆素类成分的含量随氮/钾肥的增施均表现为显著性的升高,表明氮/钾肥的施用对北沙参生长及品质的形成具有重要意义。生物有机肥的施用是目前农业生产上研究的热点,可提高植物养分吸收效率、提高叶片光合作用能力、显著提高作物产量和品质效果等^[24-25]。研究表明,施用生物有机肥,对土壤结构和微生态环境均具有明显的改善作用,影响着北沙参产量和质量的形成。秦梦等^[26]在研究中药废渣生物有机肥对北沙参生长发育、产量及质量的影响中发现,与对照组相比,施用生物肥能够明显促进北沙参的生长发育及有效成分补骨脂素、欧前胡素、异欧前胡素和多糖含量的积累。

2.2.3 土壤酶 土壤酶活性是表征土壤肥力的生物活性指标,是土壤中所有生化反应的原动力,促进土壤有机质的分解转化及有效养分的释放,参与土壤营养物质的循环,进而影响药材品质的形成^[27-28]。研究指出,北沙参土壤酶活性与药材质量的形成密切相关,土壤酶活性的显著增加,能够提高北沙参根系对土壤养分的吸收利用率,丰富土壤的综合肥力,进而促进北沙参生长及品质提升;反之土壤酶活性下降,则不利于北沙参的生长^[29]。

2.2.4 土壤根际微生物 根际微生物对于土壤肥力的形成、帮助植物吸收利用养分、药用植物生长发育、调控药用植物有效成分的合成和积累具有重要作用,是影响药材品质形成的重要因素^[30]。目前有关北沙参根际微生物与药材质量相关性的研究甚少,相关报道也仅停留在北沙参根际微生物多样性的研究,Liu 等^[31]通过高通量测序技术,对北沙参早期、中期和后期不同发育阶段根际微生物的群落组成及动态变化进行了系统研究,发现不同发育阶段北沙参根际微生物群落存在显著差异,且与北沙参的生长发育阶段密切相关,其中有益细菌(如变形菌),病原腐生真菌在北沙参旺盛生长期丰度值达到最高,为北沙参后期产量和质量的提升提供了有利的营养物质。刘智赫^[29]采用高通量测序手段,研究了北沙参在轮作和连作方式下根际微生物群落的动态变化,结果显示经玉米或牛膝轮作后,能够有效改善北沙参的土壤微环境,北沙参根际土壤中有益菌丰度增加,如假单胞菌、根瘤菌及拟杆菌,病原菌数量显著减少。

2.2.5 植物内生菌 植物内生菌是长期共生或寄生在宿主内部组织,对寄主植物无明显致病性的一类微生物,高度复杂的微生物群落结构影响和调控植物众多代谢和生理活动,促进宿主的生长发育及次生代谢产物的合成和积累^[32-33]。目前,有关北沙参内生菌与药材品质形成的相关性研究鲜有报道,仅有部分北沙参内生真菌多样性的研究。候晓强等^[34]利用 ITS-rDNA 序列分子鉴定法探讨了河北、山东不同产区北沙参内生真菌的多样性群落组成,研究发现,不同产区北沙参内生真菌多样性群落组成存在差异,山东产区北沙参内生真菌的多样性丰度高于河北北沙参,其中山东产区北沙参内生真菌的优势菌群为刺盘孢属 *Colletotrichum* 和链格孢属 *Alternaria* 真菌,河北安国北沙参以链格孢属 *Alternaria* 真菌为优势菌

群。此外,侯晓强等^[35]为进一步了解北沙参内生真菌和北沙次生代谢方面的相互影响,从北沙参植株中筛选分离到分属于 4 目,5 科,7 属,8 种的 19 株具有抑菌活性的内生真菌。综合已有研究报道来看,有关北沙参内生菌与有效成分之间的关系仍有待继续深入挖掘,为揭示北沙参药材质量的形成提供更全面的理论依据。

3 采收加工对北沙参品质形成的影响

3.1 采收期

研究表明,适宜采收期、加工方式等亦是影响药材品质的重要因素。孙思邈在《千金翼方》曰“夫药采取不知时节,不以阴干曝干,虽有药名,终无药实,故不依时采取,与朽木不殊,虚废人功,卒无裨益”^[36],可见药材质量与采收和产地加工等诸多环节和因素密切相关。北沙参药材现多为一年一收,民间多在白露至秋分之间采收,而《中国药典》2020 年版则规定夏、秋二季采挖。近年来,为了确定北沙参的最佳采收期以实现其有效成分的最大积累,重点观察了不同采收时间下北沙参中主要有效成分的含量积累情况。张峰^[37]对比了北沙参 6 个采收期(10 月 21 日、10 月 26 日、10 月 31 日、11 月 5 日、11 月 10 日和 11 月 15 日)的产量和有效成分含量差异情况,结果显示,随采收时间的推迟,香豆素、多糖含量及其积累量的变化趋势均呈先增加后降低趋势,在 11 月 5 日采收积累量及含量值达到最高。辛华等^[38]以 9 月 15 日、9 月 30 日、10 月 15 日、10 月 30 日采收的栽培珊瑚菜为研究对象,观察了不同采收期北沙参中补骨脂素、欧前胡素、异欧前胡素和香豆素的含量变化情况,分析发现除补骨脂素外,其余 3 种成分的含量均在 10 月 15 日采收时达到峰值,而随采收时间的增加,则均表现为下降趋势。因此,基于国内外学者对不同采收期北沙参中化学成分含量研究的综合考虑,建议于北沙参化学成分积累程度最大的 10 月中旬对其进行采收。

3.2 加工方式

产地加工是中药材整个生产过程中的关键环节,对药材品质的优劣具有显著影响。《中国药典》2020 年版规定北沙参的加工方法为置沸水中烫后,除去外皮,干燥,或洗净直接干燥。而在探究加工方式对北沙参药材品质的影响研究中显示,带皮北沙参中的主要活性成分含量如香豆素类、木脂素类、聚炔类及挥发油等显著高于去皮处理^[38-40]。成文娜

等^[39]以欧前胡素为指标,对不同产地加工方法加工北沙参进行比较,研究发现,北沙参表皮中欧前胡素含量是北沙参去皮切片含量的 40 余倍,传统的去皮加工工艺造成欧前胡素发生大量损失。辛华等^[38]则以北沙参中有效成分香豆素总量、补骨脂素、欧前胡素、异欧前胡素为指标,对经去皮和未去皮 2 种加工方式处理后的北沙参进行差异分析,结果显示,去皮北沙参中所含香豆素总量、补骨脂素、欧前胡素、异欧前胡素含量较未去皮相比,含量均发生急剧下降,质量分数分别高达 87.7%、100%、82.76%、85.25%,补骨脂素几乎被完全损失掉,提示去皮加工易导致北沙参中药效成分的严重损失。高芳等^[40]探讨了不同加工方式对北沙参中木脂素类成分的影响,发现 *glehlinoside A* 在外皮中(北沙参木栓层)的含量显著高于未去皮与去皮药材,其含量值分别是未去皮的 3.7 倍,去皮的 6 倍,另外 *(-)-secoisolariciresinol-4-O-β-D-glucopyranoside* 的含量同样表现出相似的变化趋势,所在外皮中的含量分别是未去皮的 3 倍,去皮的 5 倍。在对比不同加工方式对北沙参挥发油成分的影响研究中发现,以醛酮类、醇类、芳香类、脂肪烃类物质为代表的化合物种类和相对含量在经去皮处理后,均发生明显下降^[41]。另外,李峰等^[42]研究发现在对比去皮与未去皮北沙参浸出物的含量差异时,北沙参醇溶性浸出物和水溶性浸出物的含量均没有表现出统计学上的显著差异,“去皮”处理对北沙参浸出物含量无太大实际意义。为进一步揭示不同加工方式对北沙参药理活性的差异,荣立新等^[43]探讨了去皮加工北沙参粗多糖和未去皮北沙参粗多糖对阴虚症小鼠免疫功能的影响,结果显示不同加工方式下北沙参粗多糖在增强机体免疫功能方面的差异无统计学意义,说明北沙参可不去皮应用。

在其他的加工处理方式中,大量研究者对不同干燥方法、切制方法和硫磺熏蒸等加工方式进行了比较。李宝国等^[44]比较了北沙参经沸水烫去皮、水洗去皮 2 种加工方式处理对 3 种香豆素类成分的含量差异,结果显示,与水洗去皮相比,3 种香豆素(补骨脂素、欧前胡素和异欧前胡素)成分的总量经沸水烫去皮后出现显著下降,推测这可能与水洗刮皮过程中残存有部分外层栓皮,去皮不彻底有关。利宇恒等^[45]探讨了不同的干燥方式下北沙参中香豆素类成分及多糖含量的差异,发现经不同干燥方法处理的北沙参中香豆素类及多糖类化学成

分含量存在明显差异,不同干燥方法处理过的北沙参按其成分综合含量由高到低排序为 50 °C 热风烘干>70 °C 热风烘干>阴干>微波干燥>60 °C 热风烘干>40 °C 热风烘干>晒干,因此 50 °C 热风烘干被认为是北沙参产地较适宜的干燥方法。李圳等^[46]在不同切制方法对北沙参药材质量的影响研究中发现,不同切制方法制得的北沙参饮片所含香豆素成分均具有较大差异;带皮饮片较去皮饮片质量更优;在趁鲜切制方法中,最适宜的方法为清水洗涤后稍晾干,直接切制;在传统切制方法中,以闷润 19 h 后进行切制方法制得的饮片所含成分最高。孙艳菲^[47]通过高效液相色谱分析测定了加工养护方法硫磺熏蒸对北沙参主要成分香豆素类含量的影响,结果表明,经硫磺熏蒸处理后,欧前胡素、异欧前胡素、补骨脂素、佛手柑内酯及花椒毒素的含量均发生显著下降,且易造成北沙参存在二氧化硫重金属残留超标问题。因此在北沙参的加工环节过程中,硫磺熏蒸应被禁止采用。

4 北沙参产业发展存在的问题

中药材的产业发展与其质量之间相互依存、相互促进。根据已有报道来看,有关北沙参药材质量的研究虽已取得部分进展,但其产业发展仍存在许多实际问题亟待解决,主要体现在以下几个方面:

(1) 品种选育进程迟缓,种植技术落后。生产上,北沙参长期处于就地采收-就地留种-就地再栽培的原始循环状态,种性退化,栽培品种主要以参农根据北沙参形态差异习惯上将其分为的“白条参”“大红袍”及“红条参”3 个农家品种为主,遗传背景不清,生产中缺乏优质高产的优良新品种;另外在种植技术上,目前仅有保定市地方标准《中药材北沙参种子生活力检验技术规程》(DB1306/T 269-2024)、内蒙古自治区地方标准《北沙参种子生产技术规程》(DB15/T 3271-2023)及《北沙参栽培技术规程》(DB15/T 1139-2023)、河北省地方标准《冀西北高寒区北沙参生产技术规程》(DB13/T 1509-2012)等现行的北沙参栽培技术规程作为参考,缺乏绿色高效的生态种植技术及种植标准。(2) 基础研究不够。北沙参药效物质基础不明确,缺乏药材质量标准,缺少前沿技术手段的利用,影响北沙参作用机制的研究不够深入。(3) 综合开发利用度不够。北沙参非药用部位资源浪费严重,未能充分实现高值化利用,缺乏精深加工技术及高附加值产品。(4) 科技创新及品牌建设不足。北沙参产业滞

后缺乏创新性,智能化生产尚未达到先进水平,品牌影响力弱,市场竞争力不强,难以吸引消费者,限制北沙参产业的发展。

5 结语与展望

随着人们对大健康理念认知的不断提升,北沙参作为具有重要药用及食用价值的道地药材,市场应用前景广阔,逐渐引起研究者的高度关注。为进一步提升北沙参药材品质及其产业化发展,针对北沙参目前存在的不足之处,对未来的研究提出以下几点建议。

5.1 加快创新品种选育,从源头提升质量

收集不同北沙参种质资源,建立种质资源圃;加强种质资源的精准鉴定评价体系建设;引入杂交育种、分子标记育种等现代生物技术手段与传统的系统选育相结合进行品种选育,并结合我国不同种植区域的气候环境、栽培条件、抗病抗逆性、收获方式等自然和生产条件差异,因地制宜地选育出适宜当地种植的优质高产北沙参新品种,构建标准化繁育与栽培体系,以此提高品种质量及产量。

5.2 规范种植技术,完善品质标准和质量控制

优化现有栽培技术,加快研发和推广绿色高效生态种植模式,并建立科学的田间管理、采收加工及贮藏方法等相关标准,引导北沙参种植产业向规模化、标准化升级,建立健全的北沙参生态种植基地。药材品质的优劣直接关系到其药效的差异,而《中国药典》2020 年版仅收录了其性状和鉴别,缺少成分含量等指标性成分,无法准确且全面的表征其临床功效。因此,有必要在不同领域根据应用需要建立完善相应的品质标准 and 安全性评估体系,包括对北沙参产品中活性成分含量、微生物污染、农药残留等进行监测和评估,以确保产品的质量和安全性。

5.3 基于现代组学技术揭示北沙参品质形成的机制

注重多学科、多组学交叉分析在探讨北沙参品质形成机制中的应用。(1) 加快北沙参分子生物学水平的研究,目前北沙参分子水平的研究主要以其转录组特征分析为主,如国内外学者通过转录组测序证实了北沙参呋喃香豆素的生物合成途径,获得了编码呋喃香豆素生物合成途径中关键酶的单基因^[48];另外,通过对盐胁迫下的北沙参进行全面的转录组分析,揭示了北沙参耐盐性品质的分子作用机制^[49]。而从北沙参基因组、蛋白组等分子层面的研究还鲜有报道,因此综合现有研究来看,有必要积极引入代谢组学手段及先进

的提取分离技术对北沙参成分进行全面解析,借助基因组学和蛋白质组学等技术手段,从基因、蛋白质水平阐明北沙参体内各有效成分生物合成途径中关键基因的表达及转录调控规律,揭示北沙参主要药效成分与遗传背景及环境因素之间的相互作用机制,从而实现对北沙参栽培的精准调控。

(2) 重视北沙参微生物组学的研究,微生物组又被称为植物的“第 2 基因组”,直接或间接参与次生代谢产物的合成,对药材品质起着至关重要的作用。结合已有研究显示,目前北沙参微生物组的研究仅包括北沙参不同发育阶段根际微生物群落多样性^[31]及不同组织内生菌差异性^[50]等的报道,有关北沙参微生物组学及其品质形成的报道甚少,且研究不够深入。因此,有待着重开展涵盖根际微生物组、叶际微生物组、内生微生物组、种子微生物组^[51-52]等不同生态位的北沙参微生物组学研究,挖掘核心微生物组,从时间和空间尺度上进行多组学的综合分析,旨在揭示微生物对北沙参生长发育和次生代谢产物积累的影响机制,以期阐明北沙参品质形成的微生物动力。

5.4 加快北沙参资源的系统研究及开发利用

加强对北沙参的综合开发及其高值化利用,不局限于传统中医药和保健产品领域,创新研发北沙参在食品、化妆品等领域的应用,以拓宽产品线及市场价值;借助前沿科技力量,开发创新型精深加工技术,高效提纯北沙参中活性组分,创制高附加值的北沙参精深加工产品,从而提升其市场竞争力和经济效益。另外,在北沙参采收加工过程中每年会产生大量的茎叶地上部位及根皮等被当作废弃物扔掉,造成严重浪费。研究表明,北沙参根皮、茎叶等提取物中富含多种活性成分,并拥有较强的抗炎和抗氧化能力,具有开发作为治疗炎症相关通路的药物潜力^[53-54]。因此有必要对北沙参“废弃物”进行深度开发加工,加强北沙参“废弃物”的基础应用研究,实现北沙参根皮、茎叶的高值化利用;将北沙参“废弃物”资源化,开发制为生态肥料,用于植物的生长发育及土壤改良等,或用于作为畜牧业饲料成分的改良剂等,以提升饲养动物的营养摄入和生长性能。总之,通过对北沙参药材全资源的深度开发,深入挖掘北沙参综合开发利用价值,促进北沙参全产业链延伸,提升市场影响力,带动北沙参的产业化发展。综上,有关北沙参品质形成的影响因素研究及其综合开发利用仍有待进一步

深入挖掘,以期全面提升北沙参药材质量,助力农业增效,实现北沙参产业的跨越式发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 103-104.
- [2] 安莹, 张姗姗, 张云, 等. 北沙参化学成分、药理作用研究进展及质量标志物 (Q-Marker) 预测 [J]. 中草药, 2024, 55(2): 640-656.
- [3] Zhang S W, Cheng F, Yang L, *et al.* Chemical constituents from *Glehnia littoralis* and their chemotaxonomic significance [J]. *Nat Prod Res*, 2020, 34(19): 2822-2827.
- [4] Jing Y S, Zhang R J, Ma Y F, *et al.* Structural elucidation, anti-radical and immunomodulatory activities of polysaccharides from the roots of *Glehnia littoralis* [J]. *Nat Prod Res*, 2022, 36(18): 4630-4635.
- [5] 何军伟, 朱继孝, 杨丽, 等. 北沙参不同部位提取物镇咳祛痰作用研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2020, 22(8): 2864-2869.
- [6] Ng T B, Liu F, Wang H X. The antioxidant effects of aqueous and organic extracts of *Panax quinquefolium*, *Panax notoginseng*, *Codonopsis pilosula*, *Pseudostellaria heterophylla* and *Glehnia littoralis* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2004, 93(2/3): 285-288.
- [7] Matsuura H, Saxena G, Farmer S W, *et al.* Antibacterial and antifungal polyine compounds from *Glehnia littoralis* ssp. *Leiocarpa* [J]. *Planta Med*, 1996, 62(3): 256-259.
- [8] 李彩峰, 伊乐泰, 李旻辉. 北沙参化学成分及影响因素研究进展 [J]. 中药材, 2019, 42(7): 1697-1701.
- [9] 董佳伟, 王芳, 刘梦钰, 等. 北沙参生态农业发展前景分析 [J]. 北方园艺, 2022(21): 146-151.
- [10] 孟祥才, 邓代千, 杜虹韦, 等. 高品质道地药材的科学内涵 [J]. 中草药, 2023, 54(3): 939-947.
- [11] 于得才, 王晓琴, 李彩峰. 北沙参种植技术与药材品质研究现状 [J]. 中国民族医药杂志, 2014, 20(10): 58-60.
- [12] 张晴, 白惠茹, 张鑫, 等. 不同种源北沙参香豆素含量及关键酶基因表达量差异研究 [J]. 中药材, 2023, 46(7): 1708-1713.
- [13] 张晴. 不同种源北沙参表型特征、香豆素类化合物含量及 *IPST* 基因表达差异研究 [D]. 烟台: 烟台大学, 2023.
- [14] 石俊英, 张永清, 李宝国, 等. 北沙参栽培品种与药材质量的相关性研究 [J]. 中药材, 2002, 25(11): 776-777.
- [15] 赵倩. 我国不同产区北沙参品质与生态因子相关性的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [16] 李丽霞, 逢玉娟, 高燕, 等. 不同种源野生北沙参种子表型及萌发特性的研究 [J]. 种子, 2021, 40(6): 101-106.
- [17] 崔宁, 高婷, 孟祥霄, 等. 北沙参无公害栽培技术体系研究 [J]. 世界中医药, 2018, 13(12): 2956-2961.
- [18] 刘智赫, 李冰圳, 张倩倩, 等. 不同轮作方式对北沙参生长及药材质量的影响 [J]. 中药材, 2023, 46(2): 272-278.
- [19] 韩志超, 梁运江, 赛春梅. 黄芩质量形成影响因素的研

- 究进展 [J]. 中草药, 2024, 55(1): 320-331.
- [20] 吴洋, 王慧, 房敏峰, 等. 环境因子对药用植物药材形成的影响研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(3): 416-420.
- [21] 杨树林. 不同氮磷钾配比对北沙参产量质量的影响及种子质量的研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2021.
- [22] 孙窗舒, 郑侃, 李伟, 等. 磷钾肥配施对北沙参香豆素成分含量及产量的影响 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(18): 3543-3548.
- [23] 郭严冬, 房海灵, 汤兴利, 等. 水肥耦合对快速生长期北沙参生长及品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2021, 37(25): 76-84.
- [24] 陈莉, 李夕军, 李建芬, 等. 国际生物有机肥研究热点与趋势探析 [J]. 河北农业科学, 2024, 28(5): 90-95.
- [25] 贺超, 王文全, 侯俊玲. 中药药渣生物有机肥的研究进展 [J]. 中草药, 2017, 48(24): 5286-5292.
- [26] 秦梦, 崔施展, 何培, 等. 中药废渣生物有机肥对北沙参产量和品质的影响 [J]. 时珍国医国药, 2022, 33(3): 695-697.
- [27] Zhang Y, Zheng Y J, Xia P G, *et al.* Impact of continuous *Panax notoginseng* plantation on soil microbial and biochemical properties [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 13205.
- [28] 孟彤彤, 崔兴帅, 朱宁, 等. 不同生长年限党参根系微生物群落结构和多样性研究 [J]. 中草药, 2023, 54(15): 4992-5002.
- [29] 刘智赫. 轮作对北沙参品质及其根际微生物群落多样性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2023.
- [30] Zhang W R, Gao R R, Tian L X, *et al.* Integrated microbiome and metabolomics analysis reveal the relationship between plant-specialized metabolites and microbial community in *Phellodendron amurense* [J]. *Front Plant Sci*, 2024, 15: 1363063.
- [31] Liu S L, Gao J X, Wang S M, *et al.* Community differentiation of rhizosphere microorganisms and their responses to environmental factors at different development stages of medicinal plant *Glehnia littoralis* [J]. *PeerJ*, 2023, 11: e14988.
- [32] Deepa N, Chauhan S, Singh A. Unraveling the functional characteristics of endophytic bacterial diversity for plant growth promotion and enhanced secondary metabolite production in *Pelargonium graveolens* [J]. *Microbiol Res*, 2024, 283: 127673.
- [33] Babalola O O, Emmanuel O C, Adeleke B S, *et al.* Rhizosphere microbiome cooperations: Strategies for sustainable crop production [J]. *Curr Microbiol*, 2021, 78(4): 1069-1085.
- [34] 侯晓强, 任秀艳, 付亚娟, 等. 北沙参内生真菌多样性研究 [J]. 广东农业科学, 2015, 42(18): 20-24.
- [35] 侯晓强, 任秀艳, 付亚娟, 等. 北沙参内生真菌的抑菌活性与分类研究 [J]. 中草药, 2015, 46(19): 2932-2936.
- [36] 侯士良. 谈中草药的采收时间 [J]. 中原医刊, 1983, 10(3): 43-44.
- [37] 张峰. 不同施肥和采收期处理对珊瑚菜氮钾吸收利用及产量质量的影响 [D]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- [38] 辛华, 王海霞, 刘汉柱. 不同采收期珊瑚菜中香豆素含量的比较 [J]. 西北植物学报, 2009, 29(2): 379-383.
- [39] 成文娜, 邢树礼, 狄宁宁, 等. 山东道地药材北沙参产地加工方法优选研究 [J]. 滨州医学院学报, 2014, 37(6): 441-443.
- [40] 高芳, 王欢, 原忠. 试论产地加工方法对北沙参质量的影响 [J]. 沈阳药科大学学报, 2012, 29(1): 81-84.
- [41] 张永清, 崔海燕, 胡晶红. 去皮晒干对北沙参挥发油成分的影响 [J]. 中成药, 2013, 35(5): 1030-1034.
- [42] 李峰, 石俊英, 丛志刚, 等. 山东地产药材北沙参浸出物含量测定 [J]. 山东中医药大学学报, 2001, 25(4): 310-312.
- [43] 荣立新, 鲁爽, 刘咏梅. 不同加工方法对北沙参多糖免疫调节功能的实验研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2013, 19(9): 1090-1091.
- [44] 李宝国, 石俊英. HPLC 法测定不同产地北沙参药材中香豆素的含量 [J]. 中药材, 2005, 28(6): 475-476.
- [45] 利宇恒, 王鹏远, 刘超威, 等. 不同干燥方法对北沙参中 5 种香豆素及多糖含量的影响分析 [J]. 广东化工, 2021, 48(2): 44-47.
- [46] 李圳, 夏晨皓, 史佳一, 等. 不同切制方法对北沙参药材质量的影响 [J]. 时珍国医国药, 2024, 35(12): 2790-2796.
- [47] 孙艳菲. 硫磺熏蒸对北沙参、西洋参性状和质量影响的研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2015.
- [48] Li L, Li M M, Qi X W, *et al.* *De novo* transcriptome sequencing and analysis of genes related to salt stress response in *Glehnia littoralis* [J]. *PeerJ*, 2018, 6: e5681.
- [49] Song J J, Luo H M, Xu Z C, *et al.* Mining genes associated with furanocoumarin biosynthesis in an endangered medicinal plant, *Glehnia littoralis* [J]. *J Genet*, 2020, 99: 11.
- [50] Huo X W, Wang Y, Zhang D W, *et al.* Characteristics and diversity of endophytic bacteria in endangered Chinese herb *Glehnia littoralis* based on illumina sequencing [J]. *Pol J Microbiol*, 2020, 69(3): 283-291.
- [51] 黄欢. 植物种子内微生物的作用 [J]. 黑龙江粮食, 2023(12): 69-71.
- [52] 周冬宇, 李杨, 邢咏梅, 等. 药用植物微生物组及其与药用植物次生代谢产物的关系 [J]. 微生物学通报, 2022, 49(9): 3989-4003.
- [53] 许一平, 崔海燕, 沈伟, 等. 北沙参茎叶醇提物及其不同极性部位的体外抗氧化活性研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(7): 785-789.
- [54] Park M Y, Kim H H, Jeong S H, *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory properties of conceivable compounds from *Glehnia littoralis* leaf extract on RAW264.7 cells [J]. *Nutrients*, 2024, 16(21): 3656.

[责任编辑 赵慧亮]