

集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境 案例研究

朱文彬^{1*}, 王 斐², 赵珍嫦^{1,3}, 崔学勇⁴, 项立富², 魏国勇⁵, 王 铭⁶,
侯 钧⁷, 李 泉⁸, 刘锦绣⁹, 姚 盈⁹, 刘泓伯⁹, 孙久蕊¹⁰, 白洪光¹¹

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 集安市市场监督管理局, 集安市 134200; 3. 中国科学院大学, 北京 101408; 4. 花甸镇人民政府, 集安市 134200; 5. 集安市人民政府, 集安市 134200; 6. 集安市人参协会, 集安市 134200; 7. 集安市天力生态农业有限公司, 集安市 134200; 8. 集安市参泉堂人参种植专业合作社, 集安市 134200; 9. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 10. 吉林省彬得参业有限公司, 集安市 134200; 11. 吉林省红五味生物技术有限公司, 集安市 134200

摘 要: 林下参是在近似野生人参森林环境下人工播种, 自然生长的人参品类。集安市地处长白山麓老岭山脉, 其下辖花甸镇是吉林省林下参的核心产区之一, 总面积为 155.49 km², 2024 年总户籍人口 9,414 人, 常住人口 6,174 人, 下辖 1 个社区、8 个行政村。作为集安市林下参分布的主要乡镇, 花甸镇具有优质的水、土、林环境。在此环境下自然生长的林下参, 五形俱全, 六体分明, 满足《野山参鉴定及分等质量》(GB/T18765—2015) 标准中对野山参“五形六体”的要求; 总皂苷、人参皂苷 Rb₁、人参皂苷 Re+Rg₁ 含量均高于《野山参鉴定及分等质量》(GB/T18765—2015) 中对成分含量的要求。2024 年, 集安市花甸镇林下参种植面积 14.60 万亩, 人参全产业链产值达到 160 亿元, 是全国最大的野山参交易集散中心。本研究数据集分析、检测了集安林下参花甸镇温带针阔混交林案例区生境数据, 形成集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集, 包括: (1) 案例范围数据; (2) 自然地理数据; (3) 集安林下参产品数据; (4) 社会经济发展数据等。数据格式包括.xlsx、.shp、.tif、.jpg、.pdf 和.docx 格式, 数据集由 85 个数据文件组成, 数据量为 36.5 MB (压缩为 1 个文件 18.2 MB)。

关键词: 长白山; 集安; 林下参; 地标生境; 案例 31

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.04>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.04>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.06.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.06.V1>.

收稿日期: 2025-11-03; 修订日期: 2026-05-10; 出版日期: 2026-06-25

基金项目: 吉林省市场监督管理局(2025)

*通讯作者: 朱文彬, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhuwb@igsnrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 朱文彬, 王斐, 赵珍嫦等. 集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2026, 10(3): 267–281. <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.04>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.04>.

[2] 朱文彬, 王斐, 赵珍嫦等. 集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.06.V1>.

1 前言

人参作为中药之首，具有促进血细胞再生、调节内分泌、调节机体代谢、调节中枢神经系统等多种药理作用^[1,2]，在我国已有几千年的药用历史。目前野生人参资源已濒临枯竭，被列入国家一级保护物种。农田栽培和林下护育是目前人参的主要种植模式，其产品分别称为园参与林下参。林下参，又称“林下籽”“野山参”，是在近似野生人参森林环境下人工播种，后续不经过人工干预，自然生长 15 年以上的人参品类^[3,4]。与园参相比，林下参采用仿野生栽培模式，其“五形六体”的发育及品质均可与野生人参媲美^[5,6]。集安作为长白山人参核心产区，自清代便有“放山采参”传统^[7]，依托长白山南麓老岭山脉独特的针阔混交林生态系统、温带大陆性季风气候及火山灰质土壤，孕育出皂苷含量显著高于园参的优质林下参（图 1）。

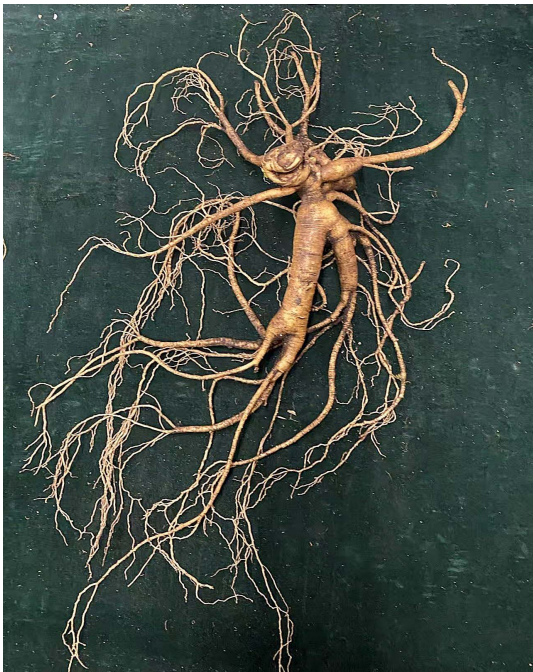


图 1 集安市花甸镇林下参

本研究基于全球变化科学研究数据出版系统世界数据中心和“地标生境”案例技术要求，构建集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例研究数据集，旨在为集安市林下参的生态环境保护和可持续发展提供科学支撑^[8-10]。

2 数据集元数据简介

《集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集》^[11]的名称、作者信息、地理区域、数据年代、数据格式、数据集组成、数据出版与共享平台服务平台、数据共享政策等信息具体见表 1。

表 1 《集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集
数据集短名	Ji'anGinsengCase31
作者信息	朱文彬, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhuwb@igsrr.ac.cn 王 斐, 集安市市场监督管理局, 78530413@qq.com 赵珍嫦, 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院大学, 2558253110@qq.com 崔学勇, 花甸镇人民政府 项立富, 集安市市场监督管理局, 576325664@qq.com 魏国勇, 集安市人民政府 王 铭, 集安市人参协会 候 钧, 集安市天力生态农业有限公司, 15180396378@qq.com 李 泉, 集安市参泉堂人参种植专业合作社, 18827935273@qq.com 刘锦绣, 中国地质大学(北京), jinxiuliu@cugb.edu.cn 姚 盈, 中国地质大学(北京), yaoying20010820@163.com 刘泓伯, 中国地质大学(北京), 1937849173@qq.com 孙久蕊, 吉林省彬得参业有限公司, lnsxbm@163.com 白洪光, 吉林省红五味生物技术有限公司, 1018030202@qq.com 洪 旭, 中国科学院地理科学与资源研究所 杨小玉, 中国科学院地理科学与资源研究所
地理区域	集安市花甸镇
数据年代	2025
数据格式	.xlsx、.shp、.tif、.jpg、.pdf、.docx
数据量	36.5 MB (压缩后 18.2 MB)
数据集组成	案例范围数据、自然地理数据、集安林下参产品数据、社会经济发展数据等
基金项目	吉林省市场监督管理厅(2025)
出版与共享平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1)“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开发, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播(包括通过计算机服务器)“数据”的用户需要与《全球变化数据学报(中英文)》编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[12]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 案例数据研发

3.1 案例区范围

集安市是吉林省辖县级市, 位于吉林省东南部、通化市南部, 地跨东经 125°34'33"–126°32'48"、北纬 40°52'7"–41°35'18", 总面积约 3,348.54 km², 下设 11 个乡镇、4 个街道。该市地处长白山西南麓, 境内老岭山脉自东北向西南横贯全市。案例区花甸镇地处老岭山脉西麓, 位于集安市西北部(图 2), 总面积为 155.49 km², 2024 年总户籍人口 9,414 人,

常住人口 6,174 人，下辖 1 个社区、8 个行政村。

3.2 生态环境数据

3.2.1 地形地貌

林下参适宜生长的区域需要良好排水条件，对坡度有较高要求，一般适合在 15–25° 的坡度范围内种植^[13]。集安市地处长白山南麓，老岭山脉贯穿全境，地形地貌以山地为主，整体地势东北高、西南低。作者基于 SRTM 30-m DEM 数据¹，通过坡度重分类，利用栅格像元统计分析得出，集安市约 42.24% 的土地坡度在 15–25° 之间，位于集安市西北部的花甸镇是重要的林下参种植区域，海拔介于 325 m 至 944 m 之间（图 2），以起伏和缓的丘陵与低山为主，镇内 47.61% 的土地坡度在 15–25° 之间（图 3），占比近半，整体地势南北高、中间低。整个区域内坡度适宜的地形分布广阔，为林下参种植提供了天然排水条件与避害地貌。

3.2.2 植被指数与土地利用

基于 Sentinel-2 卫星 10-m 分辨率数据²，作者计算了集安市及花甸镇的归一化植被指数（NDVI）（图 4）并生成了土地利用类型数据（图 5）。NDVI 结果显示，区域内整体植被覆盖茂密，生态环境本底优良。研究区土地利用类型包括林地、耕地、草地、水域及建设用地，在集安市和花甸镇各类土地利用类型中林地均占据主导地位，集安市林地占比约 81.46%，花甸镇林地占比达 83.17%。丰富的林地资源为林下参的仿野生栽培提供了充裕的原生立地载体与生态位空间，是集安林下参产业发展的先决资源本底。

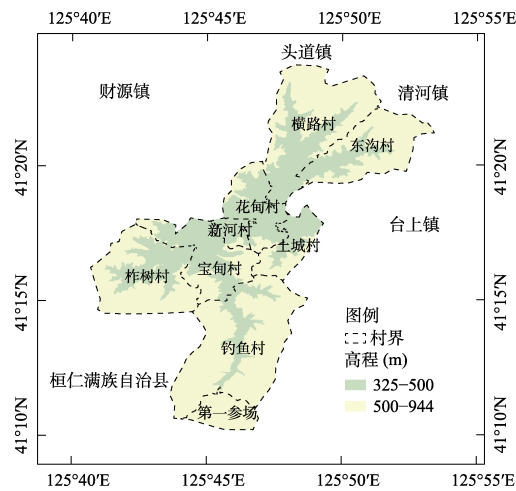


图 2 花甸镇地理位置与高程分类图

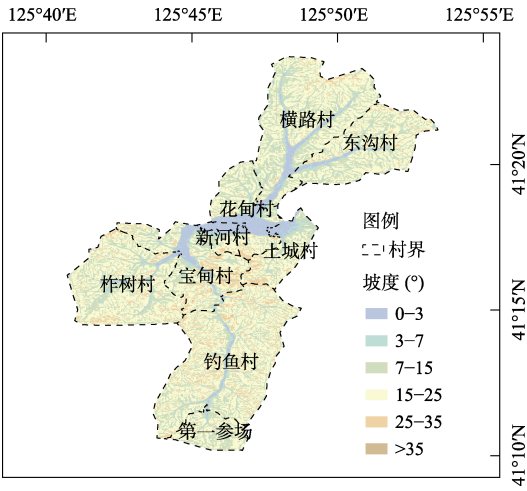


图 3 花甸镇地形坡度分类图

3.2.3 植被条件

林下参属于半阴性植物，生长中需要自然遮荫，忌直射光，喜散射光，故适合生长于遮光条件良好的阔叶、针阔叶混交林中^[14]。集安市林地各组成树种中，主要以柞树、椴树、

¹ NASA, NIMA. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

² European Space Agency (ESA). <https://scihub.copernicus.eu/>.

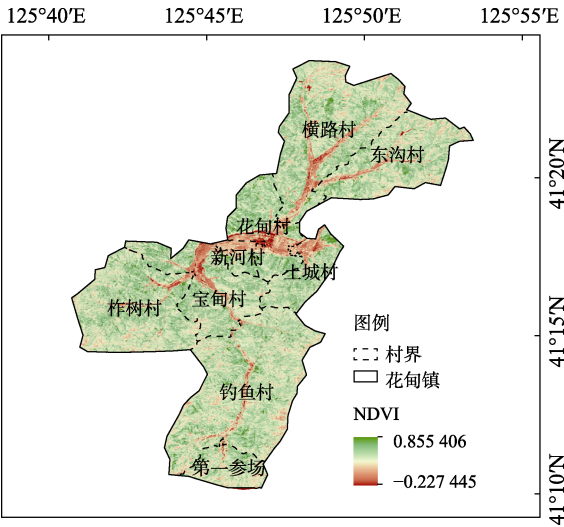


图 4 花甸镇 NDVI 分布图

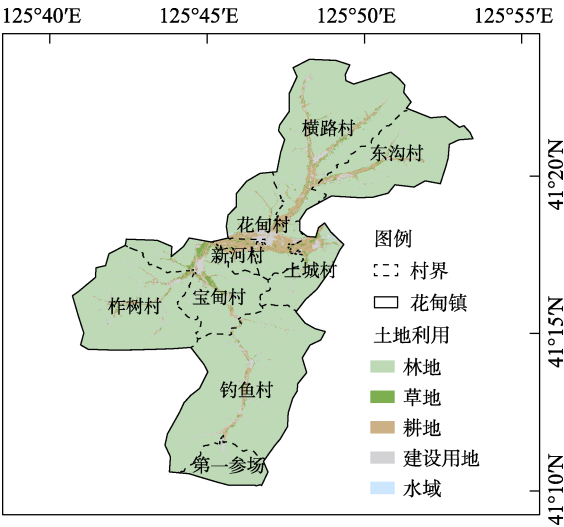


图 5 花甸镇现状土地利用图

红松为主^[15]。集安市林地中具有明显的垂直分层结构：乔木层以柞树、椴树为主，郁闭度在 0.6 至 0.8 之间，为林下参提供第一层荫蔽；其下形成的灌木层以榛柴、胡枝子为主，构成了次遮荫层；地表草本层则由蕨类、山艾蒿等植物构成，形成第三层遮荫屏障^[16]。

这种垂直分层明显的山地生态系统，不仅为林下参提供了天然的荫蔽环境，同时每年大量的植物枯落物分解回归土壤，持续为林地积累丰富的有机质，构成了林下参生长的理想生境。

3.2.4 气候条件

集安市属温带大陆性气候，雨热同期，四季分明。老岭山脉横贯全市形成天然屏障，使得老岭南麓气候更温和，具有半大陆海洋性气候特征：空气湿润、降水丰沛、风力较小，被誉为“吉林小江南”。受此影响，集安市气候在全省有“四最”特征，即年均降雨量最多，

达 800–1,000 mm；年积温最高，达 3,650 ℃；无霜期最长，在 150 d 左右；年均风速最低，为 1.6 m/s。花甸镇多年平均气温为 6.2 ℃，年平均降水量约 880 mm（图 6）。水热同季的温和湿润生境与低胁迫的适生气候场构成了林下参优质发育的基础保障。

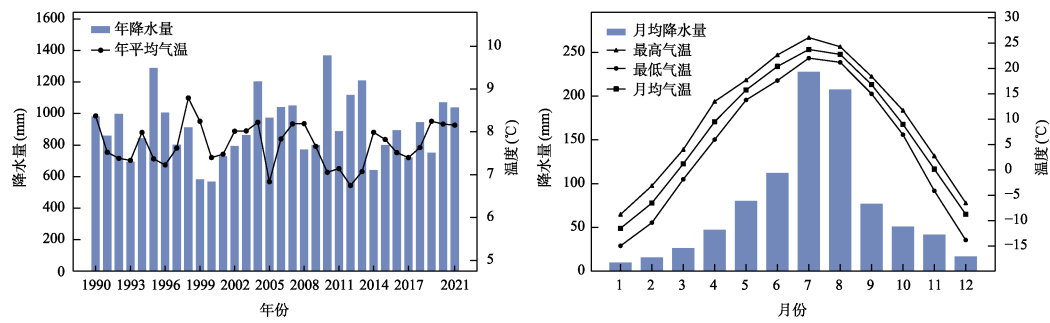


图 6 集安市气候特征统计分析图

3.2.5 土壤环境条件

集安市土壤从海拔 325 向 944 m 呈黑土向暗棕壤过渡，通常呈现弱酸性，有机质和速效性养分含量丰富。本研究对案例区花甸镇的土壤进行了采样与检测，布设了 3 个表层土采样点，采样深度为 0–20 cm；构建了 1 个 1 m 深的土壤剖面，以 20 cm 为间隔分层采集土壤样品（图 7a）。采样过程中，研究人员将剖面修整平整，剔除表面杂质并拍照记录。本研究对土壤样品的肥力情况及环境质量进行了检测，交中国科学院地理科学与资源研究所理化分析中心检测，检测指标包括土壤肥力指标全氮、总磷、全钾、有机碳、碳氮比；土壤环境指标 pH、汞、砷、镉、铅、铜、铬、镍、锌。

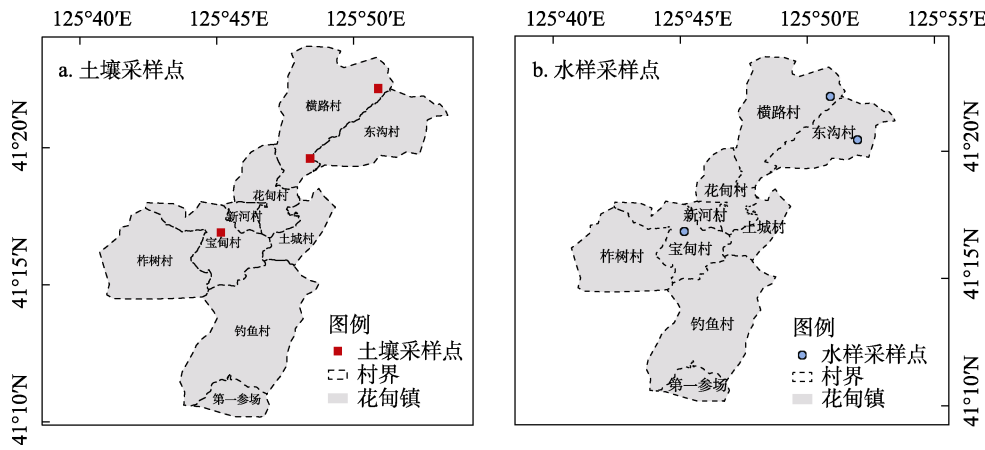


图 7 花甸镇水、土采样点分布图

案例区表层土壤样品养分指标检测结果见表 2。表层土壤 pH 范围 5.33–5.38，均值为 5.36，整体呈弱酸性，符合人参生长对土壤酸碱度的要求。全氮含量范围 1.39–3.11 g/kg，均值为 2.64 g/kg。有机碳含量范围 16.79–42.32 g/kg，均值为 32.78 g/kg，根据土壤有机碳转化为有机质含量的标准换算系数，土壤有机质含量为 28.96–72.93 g/kg。碳氮比范围

12.1–12.8，均值为 12.4。全钾介于 21.92–24.68 g/kg，均值为 23.40 g/kg。全磷介于 382–521 mg/kg，均值为 467 mg/kg。pH 值和有机质含量均满足《地理标志产品 吉林长白山人参》（GB/T 19506—2009）中对林下参生长土壤养分的要求^[17]。

表 2 花甸镇表层土壤肥力指标检测结果统计表

采样点	高程 (m)	pH	全氮 (g/kg)	有机碳 (g/kg)	碳氮比	全钾 (g/kg)	总磷 (mg/kg)
横路村	593.27	5.33	3.31	42.32	12.8	24.68	499
东沟村	398.10	5.38	3.21	39.22	12.2	23.60	521
宝甸村	409.20	5.38	1.39	16.79	12.1	21.92	382
最大值	593.27	5.38	3.31	42.32	12.8	24.68	521
最小值	398.10	5.33	1.39	16.79	12.1	21.92	382
均值	466.86	5.36	2.64	32.78	12.4	23.40	467
限值 ^[17]	/	5.5–6.5	/	1.74	/	/	/

注：/ 表示没有对应标准限值。

案例区表层土壤样品重金属含量检测结果见表 3。表层土壤中重金属镉、铬、铅、铜、镍、锌、汞、砷含量范围分别为 0.09–0.18 mg/kg、88.24–94.24 mg/kg、16.37–23.23 mg/kg、13.90–19.53 mg/kg、26.01–33.48 mg/kg、74.90–77.20 mg/kg、0.04–0.06 μg/kg、6.14–9.15 μg/kg，平均值分别为 0.14 mg/kg、91.25 mg/kg、19.88 mg/kg、16.93 mg/kg、28.96 mg/kg、76.20 mg/kg、0.05 μg/kg、7.29 μg/kg。根据《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618—2018）^[18]中的规定限值，各项检测指标低于规定的风险值，不存在农用地土壤污染风险。

表 3 花甸镇表层土壤重金属含量检测结果统计表

采样点	高程 (m)	镉 (mg/kg)	铬 (mg/kg)	铅 (mg/kg)	铜 (mg/kg)	镍 (mg/kg)	锌 (mg/kg)	汞 (μg/kg)	砷 (μg/kg)
横路村	593.27	0.16	88.24	23.23	19.53	26.01	77.20	0.06	9.51
东沟村	398.10	0.18	91.28	20.03	13.90	27.38	74.90	0.05	6.21
宝甸村	409.20	0.09	94.24	16.37	17.36	33.48	76.50	0.04	6.14
最大值	593.27	0.18	94.24	23.23	19.53	33.48	77.20	0.06	9.51
最小值	398.10	0.09	88.24	16.37	13.90	26.01	74.90	0.04	6.14
均值	466.86	0.14	91.25	19.88	16.93	28.96	76.20	0.05	7.29
限值 ^[18]	/	≤0.3	≤150	≤90	≤50	≤70	≤200	≤1,800	≤40,000

注：/ 表示没有对应标准限值。

深层土壤的检测结果显示，土壤剖面 pH 值随土壤深度的变化而略有波动，整体呈弱酸性，土壤酸碱度在垂直方向上较为稳定。全氮、有机碳含量均在表层 20 cm 最高，40 cm 处显著下降，之后中下层变化平缓。有机碳在 80–100 cm 深处出现回升。全钾含量随深度逐渐增加；表层全磷含量最高，向下明显降低并保持相对稳定。案例区土壤养分垂向分布具有表聚性，垂直异质性小，在土壤剖面中分布较为均匀，为人参根系的垂直伸展提供了

更大的潜力和空间，满足其对养分的持续需求。

表 4 花甸镇土壤剖面养分含量检测结果统计表

深度 (cm)	pH	全氮(g/kg)	有机碳 (g/kg)	碳氮比	全钾 (g/kg)	全磷 (mg/kg)
20	5.46	1.10	8.40	7.49	24.28	377
40	5.35	0.50	3.20	6.02	31.05	257
60	5.38	0.50	3.20	6.24	32.38	280
80	5.41	0.60	3.90	6.58	32.46	278
100	5.45	0.60	7.20	11.2	33.09	285

不同深度土层重金属汞、砷、镉、铅、铬、铜、镍、锌含量均未超过国家标准，整体的土壤环境污染风险较低（表 5）。汞、砷、镉元素的含量在剖面各深度变化极小，分布均匀；镍、锌、铬、铅、铜元素整体呈现随深度增加而缓慢升高的趋势。重金属含量绝对值处于较低水平，均远低于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618—2018）中的风险筛选值^[18]。

表 5 花甸镇土壤剖面重金属含量检测结果统计表

检测指标	标准限值 ^[18]	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
汞 (μg/kg)	≤1,800	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
砷 (μg/kg)	≤40,000	5.27	4.18	4.53	4.39	3.89
镉 (mg/kg)	≤0.3	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07
铅 (mg/kg)	≤90	20.95	21.65	25.13	27.69	24.99
铬 (mg/kg)	≤150	91.05	87.86	83.54	101.24	101.66
铜 (mg/kg)	≤50	19.70	23.23	21.81	24.46	24.63
镍 (mg/kg)	≤70	32.23	39.79	42.78	47.18	46.21
锌 (mg/kg)	≤250	74.91	81.51	90.70	93.18	93.44

3.2.6 水环境条件

集安市水资源丰富，水资源总量达 17.65 亿 m³，其中可利用地表水资源 8.70 亿 m³，花甸镇境内河道属于浑江流域，流域面积 156.4 km²。与土壤采样点的空间分布相对应，本研究对案例区水样检测，布设了 3 个表层水采样点（图 7b），样品送交中国科学院地理科学与资源研究所理化分析中心及河南华测检测技术有限公司分析，检测指标包括环境指标 pH、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、阴离子合成洗涤剂、氯化物、硫化物、全盐量；重金属指标镉、铬、锌、铅、铜、镍、砷、汞。

案例区水样检测结果见表 6，地表水 pH 值在 7.53 至 7.56 的极窄范围内波动，水体酸碱度稳定；悬浮物含量范围介于 1–2 mg/L，均值为 1.67 mg/L；生化需氧量含量范围介于 2.4–2.6 mg/L，均值为 2.47 mg/L；化学需氧量含量为 6 mg/L；阴离子合成洗涤剂和硫化物均未检出，低于方法检测限；氯化物含量范围介于 2.20–2.91 mg/L，均值为 2.63 mg/L；全盐量含量范围介于 60–63 mg/L，均值为 61.33 mg/L，远低于标准限值。总体而言，指标检测结果均远低于《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021）限值^[19]，水体质量整体优良。

表 6 花甸镇水环境指标检测结果统计表

样品 编号	高程 (m)	pH	悬浮物 (mg/L)	生化需 氧量 (mg/L)	化学需 氧量 (mg/L)	阴离子 合成洗涤剂 (mg/L)	氯化物 (mg/L)	硫化物 (mg/L)	全盐量 (mg/L)
横路村	571.8	7.53	2	2.4	6	未检出	2.77	未检出	61
东沟村	389.4	7.56	1	2.4	6	未检出	2.20	未检出	60
宝甸村	360.2	7.53	2	2.6	6	未检出	2.91	未检出	63
最大值	571.8	7.56	2	2.6	6	未检出	2.91	未检出	63
最小值	360.2	7.53	1	2.4	6	未检出	2.20	未检出	60
均值	440.47	7.54	1.67	2.47	6	未检出	2.63	未检出	61.33
限值 ^[19]	/	5.5–8.5	100	100	200	8	350	1	1,000

注：/ 表示没有对应标准限值。

案例区水样重金属含量检测结果见表 7。六价铬、砷和汞元素所有样品全部未检出，镍、铜、锌、镉、铅的含量分别介于 0.02–0.04 μg/L、0.20–0.36 μg/L、0.26–28.20 μg/L、未检出–0.002 μg/L、0.004–0.007 μg/L；均值分别为 0.03 μg/L、0.26 μg/L、11.62 μg/L、0.0015 μg/L、0.0057 μg/L。水样重金属含量均远低于《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021）的风险筛选值^[19]，且检测结果还满足《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）中Ⅰ类水的标准^[20]，表明案例区不存在农用水污染风险，水质优良。

表 7 花甸镇水样重金属检测结果统计表

采样点	高程 (m)	铬 (μg/L)	镍 (μg/L)	铜 (μg/L)	锌 (μg/L)	镉 (μg/L)	铅 (μg/L)	砷 (μg/L)	汞 (μg/L)
横路村	571.8	未检出	0.03	0.20	0.26	未检出	0.004	未检出	未检出
东沟村	389.4	未检出	0.04	0.21	28.20	0.002	0.007	未检出	未检出
宝甸村	360.2	未检出	0.02	0.36	6.46	0.001	0.006	未检出	未检出
最大值	571.8	未检出	0.04	0.36	28.20	0.002	0.007	未检出	未检出
最小值	360.2	未检出	0.02	0.20	0.26	未检出	0.004	未检出	未检出
均值	440.47	未检出	0.03	0.26	11.62	0.0015	0.0057	未检出	未检出
限值 ^[19]	/	≤100	≤200	≤1,000	≤2,000	≤10	≤100	≤100	≤1,000
限值 ^[20]	/	≤10	/	≤10	≤50	≤1	≤10	≤50	≤0.05

注：/ 表示没有对应标准限值。

3.3 集安林下参产品特性数据

集安林下参品种以长脖、二马牙为主，生长势较强，主根较粗壮，兼顾产量与形态美感。成熟林下参芦头细长弯曲，呈现“雁脖芦”特征，芦碗稀疏；主根细长纺锤形，皮老纹深，铁线纹连贯（图 8）；须根须长柔韧，珍珠点明显，参疤常见，满足《野山参鉴定及分等质量》（GB/T 18765—2015）^[3]标准中对野山参“五形六体”的要求。



图8 林下参生长生境及生长图片

本研究对集安林下参产品进行了随机抽样，样品送至集安溯源检验检测认证有限公司进行分析，成分检测指标包括水分、总灰分、酸不溶性灰分、人参总皂苷、人参皂苷 Rb_1 、人参皂苷 $Re + Rg_1$ ；重金属检测指标为总砷、铅、铜、镉、总汞，检测结果见表8及表9。集安林下参水分、总灰分、酸不溶性灰分、人参总皂苷、人参皂苷 Rb_1 、人参皂苷 $Re + Rg_1$ 含量分别为 6.67%–11.70%、3.90%–4.26%、0.63%、6.11%–6.33%、0.68%–2.9%、0.93%–3.10%，均值分别为 9.19%、4.08%、0.63%、6.22%、1.79%、2.05%，均符合《野山参鉴定及分等质量》（GB/T 18765—2015）^[3]中对人参成分含量的要求。重金属总砷、总汞均未检出；铅、铜、镉的含量分别为 0.37 mg/kg、3.30 mg/kg、0.07 mg/kg，集安林下参各重金属含量均远低于《中华人民共和国药典》标准中的规定限值^[1]。

表8 花甸镇林下参成分检测结果统计表

样品编号	水分(%)	总灰分(%)	酸不溶性灰分(%)	人参总皂苷(%)	Rb_1 (%)	$Re+Rg_1$ (%)
1	11.7	3.90	0.63	6.33	0.68	0.93
2	6.67	4.26	0.63	6.11	2.90	3.10
均值	9.19	4.08	0.63	6.22	1.79	2.05
限值 ^[3]	8.00	5.00	1.00	4.40	0.40	0.60

表9 花甸镇林下参重金属含量检测结果统计表

样品编号	总砷 (mg/kg)	铅 (mg/kg)	铜 (mg/kg)	镉 (mg/kg)	总汞 (mg/kg)
1	未检出	0.37	3.30	0.07	未检出
限值 ^[1]	≤2.00	≤0.50	≤20.00	≤0.50	≤0.10

4 林下参经营管理

4.1 社会经济状况

基于《吉林省统计年鉴》数据^[21]，2022年集安市总人口 20.53 万人，其中乡村人口 11.99 万人。2019 至 2023 年，全市地区生产总值由 55 亿元增至 79.3 亿元，年均增长 8.7%，总体呈波动上升态势。产业结构中，第一产业占比稳定在 12%左右（图9）。

人参产业是集安市的传统优势与支柱产业。2022 年，林下参产值占第一产业增加值的

62.5%，农民 60%的收入直接或间接来源于人参种植^[22]。依托“长白山人参核心产区”的地理优势，集安市构建了“参旅融合、生态赋能”的发展模式，先后获评“中国人参之乡”“国家林下经济示范基地”等称号，有效促进了工农业生产和农民增收，为地方经济发展提供了重要支撑。

案例区花甸镇 2024 年总户籍人口 9,414 人，常住人口 6,174 人。人参产业是当地重要的农业经济支柱，2021 年，全镇人参种植面积约 4,770 亩，同年产值达 2,878 万元；2024 花甸镇仅林下参种植面积 2,537 亩，以人参产业为主导，已形成相当规模。

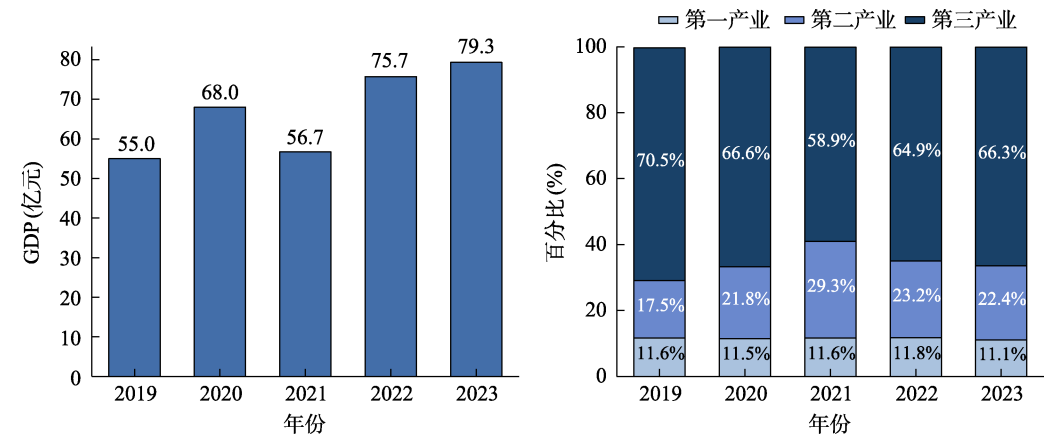


图 9 集安市经济发展情况统计图

4.2 林下参种植历史与传统

人参是集安的核心产业标签。集安拥有近 400 年人工栽培历史，素有“国参故里”美誉。20 世纪 90 年代，面对传统伐林栽参导致的生态压力，集安首创“林下籽播”技术，模拟野山参自然生长环境，实现生态种植。2013 年，国家全面禁止毁林种参，集安市积极响应政策，全力推广林下籽播技术，在此过程中，花甸镇凭借其良好的森林生态条件，成为林下籽播技术规模化应用的先行区与典范窗口。

依托生态种植转型成果，2017 年集安市现代农业产业园获评首批国家现代农业产业园，是全国唯一人参类国家级产业园，为产业集约化奠定基础。2018 年，集安市高标准编制人参产业园发展规划，确定“一核一心七基地”产业布局^[22]。2022 年，集安市新建 5 个人参产业重大技术生产示范基地；2023 年，国家人参及地产中药材检验检测中心投入运营；2024 年，首创人参市场法治服务中心，严打假冒伪劣、规范交易秩序。

花甸镇现已完成人参种植模式的根本转型，实现了从林地向林下、从粗放式向标准化的跨越。以此为基石，当地以打造全产业链为核心举措，成功探索出“生态+”的全新发展模式，从而走出了一条质量、效益、结构全面提升的绿色可持续发展新路。

4.3 林下参种植与加工管理

4.3.1 选地与整地

林下参对生长环境有特定要求。选择郁闭度为 0.6–0.8，林内无阳光直射的阔叶混交林

种植,林地坡度需大于 10° 且小于 25° ,以利于排水,防止积水形成^[23]。林内土壤要求质地疏松、腐殖质含量高、蓄水透气性好,如黑沙腐殖质土、砂壤土或壤土等^[13]。

为保障林下参幼苗存活率,种植前需进行适当的林地清理。具体包括:清除过于密集的乔木、杂草、1 m 高度以下的灌木丛,以及林地上的枯枝落叶。若林地上仅存少量枯枝落叶,则无需清理,可将其作为天然肥料,为林下参提供养分^[24]。

4.3.2 备种与田间管理

人参种子类型多样,常见的有二马牙、长脖、圆膀圆芦等类型,三者各有特点。其中,二马牙具有芦头长、肩头尖、主根长及腿部明显等形态特征,且其人参皂苷 Rb1、Re 等有效成分含量较高^[25],因此参农多选择二马牙品种,栽种在以柞树、椴树、榛柴为主的林地中^[26]。种植前,需对人参种子进行人工催芽;待种皮软化、颜色变为深红色时即可采收种子。采收后,搓去果皮和果肉,获得纯净种子,随后进行播种。目前主流的播种方式为秋播:将种子点播于沟内,覆土后盖严,此后不再进行人工干预,任其自然生长。

集安林下参种植遵循“五不原则”^[26]:不移植、不刨土、不搭棚、不施肥、不除草,整体采用粗放式管理模式。具体措施包括:参地周围用铁丝网围栏,禁止人畜进入^[27];生长期不施用化肥与农药。幼苗栽种后的前三年内无需除草,之后则需去除高于参叶的杂草。栽培5年以上的林下参,需定期清理林中的树枝、灌木等,以维持适宜的光照条件^[28];栽培8年以上的林下参还需摘花疏蕾,避免过多的花蕾影响人参产量。

4.3.3 采收与加工

林下参生长15年后采收为佳,采收季节为9至10月茎叶枯黄期。采收后,参农将带土的鲜参送往镇内专业合作社或加工点,进行严格的刷洗与初步处理。处理过程采用传统方法与现代标准相结合的方式:在流动洁净水中轻柔刷去泥土,同时仔细剔除破损部位,并依据参形、大小、完整度进行初步分选。通过统一处理,合作社确保了出镇原料的洁净度与分级一致性,为后续晾晒、烘干乃至精深加工奠定了品质基础。

2024年,集安市人参相关经营主体已超过1,800户,覆盖种植、加工、销售全产业链。其中,人参加工企业达126户,包括1户国家级农业产业化重点龙头企业、4户省级重点龙头企业以及16户规模以上工业企业。加工能力方面,全市年加工总能力为9,000吨,实际年加工量约为6,000吨;其中7户精深加工企业年加工量达600余吨,占总加工量的10%。集安市已实现对人参根、茎、叶、花、果实的全株开发利用,精深加工产品种类居全国前列,开发出人参食品、药品、保健品、化妆品等4大系列共600多个品种^[29,30]。

4.4 林下参产业可持续发展

4.4.1 政策支持

政府政策支持是促进集安人参产业蓬勃发展的强大动力。集安市以龙头企业为依托,推动纵向产业融合,形成了“接二连三”的完整产业链。该模式以传统种植业为基础,以先进种植技术为关键驱动,以产品深加工为支撑,并积极拓展观光农业这一增长点,最终导向生态农业的可持续发展^[30]。

集安市高标准编制人参产业园发展规划,确定“一核一心七基地”产业布局,构建“企业+基地”的生产模式,提高基地综合利用水平^[31]。坚持全产业链开发、全链条做强、高端

化发展，着力打造千亿级人参产业^[32,33]。2024 年，集安市人参产业对当地农民的贡献率高达约 80%，全市人参全产业链产值达 160 亿元，产业高质量发展全面提速。

花甸镇积极承接并落实市级政策，通过打造标准化种植基地、深化“致富能人+基地示范”利益联结模式、强化产学研合作以及探索“生态+”产业融合等具体措施，将市级的规划蓝图转化为镇级的生动实践。

4.4.2 科技助力

集安市拥有全国唯一以人参为主导产业的国家级现代农业产业园。近年来，该市通过产学研协同创新，依托全国首个国家级人参加工领域科技小院——吉林人参科技小院集群等平台，联合吉林农业大学等科研机构，聚焦林下参的稀有皂苷转化、益生菌发酵等前沿技术，构建起“专家智库+技术孵化”双轮驱动模式，推动林下参产业从传统种植向精深加工转型。为进一步保障林下参品质，吉林人参“一参一码”追溯平台于 2024 年 6 月正式上线，该平台采用“二维码+区块链”技术构建三级溯源体系，可查询林下参的产地、参龄、皂苷含量等关键数据，实现全程品质管控。位于清河镇的中国·清河（澳洋）野山参国际交易中心作为林下参的主要交易市场，已全面落实“一参一码”溯源系统，真正做到质量层层把关。

4.4.3 文旅融合

集安市以人参文化为核心，推动林下参产业与文旅活动深度融合。打造“集安·清河野山参小镇”，依托这一平台，举办“中国农民丰收节暨集安·清河野山参节”，开展参王评选、人参百家宴、数字藏品发行等创新活动；建成吉林仙参谷旅游养生度假区，开设参膳养生、森林康养等项目。

花甸镇积极探索“生态+”路径，结合林下参基地发展森林旅游、采挖体验等项目，吸引游客参与人参全周期农事活动，推进参旅融合发展。

4.4.4 林下参生态环境溯源

为更好的实时监测集安林下参生长情况，在集安市仙参谷设立了地标生境地面站（图 10），监测指标包括空气温度、空气湿度、风速、气压、降水、光照强度、负氧离子、土壤湿度、电导率等，实时监测林下参生长状态和环境条件。



图 10 案例区地标生境地面站

5 结论

集安市花甸镇林下参生境资源适宜且丰富,孕育出品质优越的集安林下参产品。集安林下参人参总皂苷含量高,富含人参皂苷 Rb_1 、人参皂苷 $Rc+Rg_1$ 等有益成分,药用价值高。为巩固集安林下参产业在全国的优势地位,作者建议重点加强以下三方面:(1)继续完善和推进林下参及其衍生产品的标准化生产,不断提高林下参及其衍生产品安全质量的科学研究水平、生产技术水平及管理水平。(2)继续完善和建设林下参产业的创新研发体系,对林下参科研项目给予重点扶持,对新产品、新技术和新工艺给予鼓励和支持。(3)继续加强集安林下参的品牌建设,建设品牌标准体系、创新品牌营销模式,从而巩固市场优势、增强消费者信任,以品牌赋能撬动产业整体价值跃升。(4)继续推进花甸镇“生态+”发展路线,注重生态保护与产业发展的结合,将人参种植与生态保护和可持续发展有机结合。

作者分工: 朱文彬负责总体设计与论文指导;赵珍嫦负责论文撰写和制图工作;朱文彬、赵珍嫦、姚盈、刘泓伯、王斐、项立富参加了实地考察和采样工作;刘锦绣为工作完成提供了详细指导,姚盈、刘泓伯完成了样品数据整理;王斐、项立富提供了行业标准、林下参种植面积数据;侯钧、孙久蕊、白洪光提供了集安林下参产业发展的经济数据;崔学勇、魏国勇提供了集安市花甸镇的产业、社会数据;王铭、李泉为林下参辨别,评价提供了细致指导。

致谢: 感谢集安市各级领导的支持与配合,以及在采样过程中协助的工作人员;感谢中国科学院地理科学与资源研究所王振波研究员、刘闯研究员、宋献方研究员对项目的启动、研究路线以及数据集质量和论文撰写给与指导,笔者一并深表谢忱。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020年版 一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [2] 王树明, 陈曦, 孙琦等. 人参的化学成分及药理作用研究进展[J]. 感染、炎症、修复, 2024, 25(3): 250–254.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 野山参鉴定及分等质量(GB/T 18765—2015)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [4] 郝乘仪, 李妍. 林下参研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2011, 32(2): 105–108.
- [5] 陈雅茹, 韩梅, 程林等. 林下参皂苷含量与生态因子的相关性研究[J]. 中草药, 2023, 54(8): 2588–2595.
- [6] 王旦丹, 韩路生, 李根悦等. 林下参与园参性状鉴别、化学成分及药理作用差异研究进展[J]. 吉林中医药, 2024, 44(7): 847–851.
- [7] 集安县地方志编纂委员会. 集安县志[M]. 北京: 中华书局, 1995: 287–289.
- [8] 刘闯, 龚克, 刘燕华等. “绿水青山就是金山银山”解题新机制——“优质地理产品生境保护与可持续发展”2021–2030 十年行动计划正式启动[J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(3): 237–248. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.03.03>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.03.03>.
- [9] 宋献方, 于技群, 戚武等. 磐石千塘稻永久基本农田生态环境保护与可持续发展案例研究[J]. 全球变

- 化数据学报, 2022, 6(2): 157–168. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.02.01>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.02.01>.
- [10] 王正兴. “优质地理产品生态地理环境保护与可持续发展案例”第二次研讨会网上会议成功举行[J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(1): 109. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.01.15>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.01.15>.
- [11] 朱文彬, 王斐, 赵珍嫦等. 集安林下参花甸镇温带针阔混交林地标生境案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.06.V1>.
- [12] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. [http://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05\(2017年更新\)](http://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05(2017年更新)).
- [13] 甄广韵. 辽东山区林下参栽植技术[J]. 吉林农业科技, 2017, 46(1): 43–45.
- [14] 陈宏伟, 殷鸣放, 刘娜等. 辽东山区林下人参种植地草本层片群落结构特征研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 61–63.
- [15] 李金清. 集安市森林资源现状分析评价[J]. 农业开发与装备, 2015(11): 31, 47.
- [16] 郑殿家, 赵晓龙, 田永全等. 林下山参种植技术[J]. 人参研究, 2009, 21(1): 34–37.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 地理标志产品 吉林长白山人参(GB/T 19506—2009)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [18] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB 15618—2018)[S]. 北京: 中国环境科学出版集团, 2018.
- [19] 中华人民共和国生态环境部, 国家市场监督管理总局. 农田灌溉水质标准(GB 5084—2021)[S]. 北京: 中国环境出版集团, 2021.
- [20] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准(GB 3838—2002)[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [21] 国家统计局. 吉林统计年鉴: 2019–2023 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2020–2024.
- [22] 丁洪伟, 徐文君. 绿色之路春满园——集安市人参产业实现创新发展纪实[J]. 吉林农业, 2019(10): 16–17.
- [23] 苗馨月, 战宇, 闫宁等. 林下参化学成分及栽培技术研究进展[J]. 特产研究, 2022, 44(6): 129–135.
- [24] 李星硕. 不同立地条件对林下参生长的影响[J]. 现代园艺, 2019(3): 9–10.
- [25] 徐宝红, 马文瑞, 董兴军. 林下种植人参栽培技术[J]. 农业与技术, 2018, 38(22): 120.
- [26] 赵亚宏, 孙文采. 集安市清河镇林下山参考察报告[J]. 人参研究, 2012, 24(4): 45–47.
- [27] 张克. 浅议林下参的栽培及管理[J]. 生物技术世界, 2015(9): 53.
- [28] 张雪, 张立群, 刘倡等. 集安市人参产业发展现状[J]. 人参研究, 2018, 30(3): 53–54.
- [29] 张志财, 陈晓林, 张恺新等. 吉林省人参产业现状及发展对策研究[J]. 吉林农业大学学报, 2023, 45(6): 649–655. DOI: 10.13327/j.jjlau.2023.1901.
- [30] 姜卓简, 范静, 黄婧玉. 农户参与农村产业融合的意愿及其影响因素——基于集安市人参产业融合的调查分析[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2018, 19(6): 37–42.
- [31] 张恺新, 王可欣, 张瑞等. 吉林省人参种植业发展现状及对策研究[J/OL]. 特产研究, 2026(1): 1–5. <https://doi.org/10.16720/j.cnki.tcyj.2024.117>.
- [32] 吉林省人民政府. 吉林省长白山人参产业发展“十四五”规划 [EB/OL]. (2021-12-28) [2025-08-27]. <http://xxgk.jl.gov.cn/PDFfile/202112/8328020.pdf>.
- [33] 吉林省人民政府. 吉林省人民政府办公厅关于加快推进吉林省人参产业高质量发展的实施意见 [EB/OL]. (2022-05-26) [2025-08-27]. http://xxgk.jl.gov.cn/szfgkml/202205/t20220526_8460167.html.