

DOI:10.14188/j.ajsh.2023.01.005

燕山地区白头翁生境伴生植物资源调查与分析

徐宁伟^{1,2}, 刘云霞³, 李婧实⁴, 苏文楠⁵, 马威⁶, 姚楠¹, 缪馨月⁷,
徐兴友⁴, 郑金双^{5*}, 王文颇^{5*}

(1. 河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600;

2. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071001;

3. 昌黎县农业农村局, 河北 昌黎 066600;

4. 河北科技师范学院 海洋资源与环境学院, 河北 昌黎 066600;

5. 河北科技师范学院 农学与生物科技学院, 河北 昌黎 066600;

6. 首都师范大学 生命科学学院, 北京 100048;

7. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 调查与白头翁共存的伴生植物种类、相似性、生活型、分布区类型等, 探讨其生态适应性和地理分布规律, 针对性地提出白头翁资源保护利用建议, 以期为燕山地区白头翁种质资源的保护和利用提供参考。采用访问调查、路线调查和典型样地调查法, 对燕山地区白头翁生境伴生植物进行调查与分析。燕山地区从冀东的秦皇岛地区到冀北的承德地区都有白头翁的分布, 多生于向阳的山地草坡上, 喜光、耐旱、适于阳生性环境。白头翁生境伴生植物共56科128属164种, 主要优势科为菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)、禾本科(Gramineae)、蔷薇科(Rosaceae)、唇形科(Labiatae)、百合科(Liliaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、萝藦科(Asclepiadaceae)等, 其中乔木共5科5属7种, 灌木共22科38属46种, 草本植物共35科85属111种。调查的样地间相似系数普遍较低, 说明燕山地区不同地区白头翁生境差别较大, 其伴生植物具有多样性的特点。伴生植物属的分布区类型可分为14个, 群落具有明显温带性质。燕山地区白头翁生境多样性及伴生植物的多样性, 反映出燕山地区白头翁生态适应多样性特点, 有利于其引种栽培。

关键词: 燕山; 白头翁; 伴生植物; 相似性; 分布区

中图分类号: R282.71

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)01-0041-11

Investigation on the associated plant resources of *Pulsatilla chinensis* ecological environments in Yanshan area

XU Ningwei^{1,2}, LIU Yunxia³, LI Jingshi⁴, SU Wennan⁵, MA Wei⁶, YAO Nan¹, MIAO Xinyue⁷,
XU Xingyou⁴, ZHENG Jinshuang^{5*}, WANG Wenpo^{5*}

(1. College of Horticulture Science & Technology, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli 066600, Hebei, China; 2. College of Landscape and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, Hebei, China;

3. Changli Agriculture Bureau, Changli 066600, Hebei, China; 4. College of Marine Resources & Environment, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli 066600, Hebei, China; 5. College of Agronomy and Biotechnology, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli 066600, Hebei, China; 6. College of Life Science, Capital Normal

收稿日期: 2022-09-30 修回日期: 2022-12-07 接受日期: 2023-02-20

作者简介: 徐宁伟(1990-), 男, 博士, 实验师, 研究方向: 景观规划设计与植物逆境生理。E-mail: xuningwei1899@163.com

* 通讯联系人: 郑金双(1986-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 药用植物栽培与育种, E-mail: jinshuangk@163.com; 王文颇(1963-), 男, 教授, 研究方向: 药用植物资源保护与利用, E-mail: wangwenpo@126.com

基金项目: 河北省重点研发计划项目(20322504D)

引用格式: 徐宁伟, 刘云霞, 李婧实, 等. 燕山地区白头翁生境伴生植物资源调查与分析[J]. 生物资源, 2023, 45(1): 41-51.

Xu N W, Liu Y X, Li J S, et al. Investigation on the associated plant resources of *Pulsatilla chinensis* ecological environments in Yanshan area [J]. Biotic Resources, 2023, 45(1): 41-51.

University, Beijing 100048, China; 7. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shanxi, China)

Abstract: The purpose of this study is to provide a scientific basis for protection and sustainable utilization of *Pulsatilla chinensis*. Based on the detailed investigation into the associated plant resources combining with the interview, route survey and sampling survey methods, the species composition, structural characteristics, life form and regional components of associated plants of *P. chinensis* in the Yanshan area were investigated. The wild *P. chinensis* distributed on the sunny hillsides from Qinhuangdao to Chengde. There were 164 species of plants associated with *P. chinensis*, belonging to 56 families and 128 genera. The most representative families were Compositae, followed by Leguminosae, Gramineae, Rosaceae, Labiatae, Liliaceae, Ranunculaceae, and Asclepiadaceae. Among these associated plants, there were 5 families, 5 genera and 7 species of arbors, 22 families, 38 genera and 46 species of shrubs and 35 families, 85 genera and 111 species herbs. The similarity coefficient among various plots is generally low, which indicates that the habitats of *P. chinensis* in different regions of Yanshan are quite different, and its associated plants have diversity characteristics. The distribution area types of associated plant genera can be divided into 14, and the community has obvious temperate characteristics. Results of this study demonstrate that introduction and cultivation of *P. chinensis* in the Yanshan area are feasible and necessary.

Key words: Yanshan area; *Pulsatilla chinensis*; associated plant; similarity; distribution area

0 引言

白头翁 [*Pulsatilla chinensis* (Bge.) Regel] 又名老婆子、花毛姑朵花,系毛茛科(Ranunculaceae)白头翁属(*Pulsatilla* Mill.)多年生草本^[1],生山坡、平地、干草坡等向阳地,分布于东北、华北、西北、华东等地^[2]。白头翁干燥根为常用传统中药,性寒、味苦,在我国已有上千年的应用历史。目前国内外关于白头翁的相关研究多集中在化学成分及药理机制等方面。白头翁的化学成分主要为三萜皂苷类及三萜酸类,此外还有小分子类成分,如白头翁素、白头翁灵、木脂素类、香豆素类和甾醇类等^[3]。朝鲜白头翁根部分离出来的SB365对胃癌细胞的生长和增殖具有抑制作用^[4];白头翁提取物作为抗癌候选药,能有效抑制ATC细胞的生长,对甲状腺癌的治疗具有一定功效^[5]。此外,白头翁在抗菌、抗炎、抗病毒、抗肿瘤、抗氧化、促进免疫以及抗血吸虫病等方面均具有一定作用^[6~10]。

由于白头翁的药用价值较高,其需求连年增长,供需缺口加大。供应国内外市场的白头翁完全依赖野生品,连年采挖,野生资源逐渐枯竭,产量逐年减少,供需矛盾不断加剧,白头翁种质资源的搜集、评价、栽培、保存迫在眉睫。目前有关白头翁种质资源及生境特点的研究较少,燕山地区所在的承德、唐山、秦皇岛等地市是白头翁的重要产区,开展这一地区白头翁野生种质资源及生境伴生植物的调查研究,对野生白头翁的引种及近自然栽培具有重要意义。本次研究对燕山地区与白头翁共存的伴生植物种类、相似性、生活型、分布区类型等进行调查与分

析,以期对燕山地区白头翁种质资源的保护与利用提供参考。

1 调查内容与方法

1.1 调查区概况

燕山是中国北部著名山脉之一^[11]。广义燕山系坝上高原以南,河北平原以北,白河谷地以东,山海关以南的山地,山地中多盆地和谷地,如承德、平泉、滦平、兴隆、宽城等谷地,遵化、迁西等盆地,是燕山地区主要农耕地^[12]。燕山处于暖温带大陆性季风气候区,年均温6~10℃,7月20~25℃,10℃以上持续期为195~205 d,活动积温约2 600~3 800℃^[13]。

1.2 调查方法

于2021年6月至9月进行调查,重点为表1所示的37个地点。采用访问调查、路线调查和典型样地调查法^[13,14]。每一调查地在白头翁分布点选择6个间距15 m以上、面积5 m×5 m的样方,鉴定样方内的植物种类,记录样地的地理信息^[15]。对任意2个不同的白头翁样地的伴生植物,统计其共有种数,用*j*表示,样地A和样地B的物种数分别用*a*和*b*表示,2个样地伴生植物采用Sorenson指数作为相似系数的方法计算分析,相似系数用*C*表示,*C*值越接近1,表明两地伴生植物相似性越高。计算公式为: $C = 2j/(a+b)$ ^[16]。

表1 白头翁采集地点概况

Table 1 Sampling sites of *Pulsatilla chinensis*

样地号	采集地点	经度	纬度	海拔/m	坡向	坡度/°
1	绥中王台	119°39'21"	40°16'26"	319	东北	40

续表

样地号	采集地点	经度	纬度	海拔/m	坡向	坡度/°
2	抚宁代庄	119°28'53"	40°00'39"	81	北	20
3	抚宁孤石峪	119°29'15"	40°04'48"	384	西北	35
4	抚宁兔儿山	119°09'05"	39°51'38"	230	东	38
5	昌黎碣石山	119°10'52"	39°44'20"	588	东	10
6	卢龙冯家山	119°06'01"	39°47'48"	139	东	25
7	卢龙下新庄	118°58'55"	40°03'37"	145	北	33
8	卢龙石门	118°51'47"	39°44'24"	78	南	35
9	青龙都山	118°58'12"	40°27'55"	550	东南	40
10	青龙拉马沟	118°57'07"	40°25'30"	325	东南	30
11	青龙写字洞	119°06'28"	40°34'34"	277	北	20
12	青龙盘岭沟	119°12'45"	40°29'41"	422	北	45
13	青龙茶叶洞	119°08'41"	40°16'29"	156	西	40
14	滦州华山峰	118°22'06"	39°57'40"	187	北	35
15	迁安王庄子	118°28'43"	39°59'01"	206	东	35
16	迁安白羊峪	118°42'03"	40°11'52"	267	东南	30
17	迁西仁字峪	118°20'43"	40°05'45"	130	北	35
18	迁西洒河桥	118°15'16"	40°20'00"	178	南	28
19	遵化党峪	118°00'22"	40°00'02"	106	东	30
20	遵化秋科峪	117°58'04"	40°17'19"	169	西南	25
21	丰润蘑菇峪	118°13'09"	40°02'50"	136	东	20
22	兴隆前苇塘	117°24'10"	40°23'54"	523	北	40
23	蓟州于各庄	117°35'55"	40°06'28"	58	南	30
24	蓟州九龙山	117°30'21"	40°08'03"	97	西南	35
25	宽城崖门子	118°34'05"	40°36'09"	393	西	30
26	宽城金山街	118°29'34"	40°37'54"	367	西	15
27	平泉党坝	118°35'04"	40°45'34"	432	东	25

续表

样地号	采集地点	经度	纬度	海拔/m	坡向	坡度/°
28	平泉县城	118°39'21"	41°00'49"	535	南	20
29	承德扁担沟	118°08'55"	40°49'32"	425	西北	30
30	承德张家店	118°11'34"	40°49'01"	326	西南	15
31	承德双峰寺	118°00'02"	40°05'35"	429	西北	15
32	隆化牌岔子	117°49'57"	41°16'42"	574	北	15
33	隆化辛店	117°43'24"	41°24'58"	590	西	30
34	隆化大连沟	117°45'09"	41°28'30"	621	西北	30
35	滦平二道沟门	119°21'07"	40°00'05"	471	北	40
36	丰宁郎栅子	116°52'59"	41°20'52"	841	东	40
37	围场大字	117°38'22"	41°59'58"	930	南	25

1.3 数据统计与分析

应用Excel软件进行数据统计及分析。

2 结果与分析

2.1 燕山地区白头翁资源概况

通过对37个样点的考察,发现燕山地区从冀东的秦皇岛地区到冀北的承德地区都有白头翁的分布,主要分布在植被稀疏的低山丘陵,呈现分布点减少趋势,秦皇岛、唐山地区的白头翁分布面积大于承德地区。

2.2 燕山地区白头翁生境伴生植物

2.2.1 种类概况

燕山地区白头翁生境伴生植物所属科及其种类在样地出现频次见表2。白头翁的伴生植物共有56科128属164种,种类最多的是菊科(Compositae),随后依次是豆科(Leguminosae)、禾本科(Gramineae)、蔷薇科(Rosaceae)、唇形科(Labiatae)、百合科(Liliaceae)、毛茛科、萝藦科(Asclepiadaceae);具有3种的科有壳斗科(Fagaceae)、桑科(Moraceae)、藜科(Chenopodiaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、椴树科(Tiliaceae)和鸢尾科(Iridaceae);桦木科(Betulaceae)、榆科(Ulmaceae)、远志科(Polygalaceae)、漆树科(Anacardiaceae)、卫矛科(Celastraceae)、鼠李科(Rhamnaceae)、葡萄科(Vitaceae)、伞形科(Umbelliferae)、报春花科(Primulaceae)、木犀科(Oleaceae)、旋花科(Convolvulaceae)。

ae)、玄参科(Scrophulariaceae)、桔梗科(Campanulaceae)和薯蓣科(Dioscoreaceae)等14个科只有2种植物;其余27科仅有1种植物,包括卷柏科(Selaginellaceae)、松科(Pinaceae)、柏科(Cupressaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、蓼科(Polygonaceae)、苋科(Amaranthaceae)、马齿苋科(Portulacaceae)、防己科(Menispermaceae)、罂粟科(Papaveraceae)、十字花科(Cruciferae)、景天科(Crassulaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、牻牛儿苗科(Geraniaceae)、蒴藋科(Zygophyllaceae)、芸香科(Rutaceae)、苦木科(Simurubaceae)、藤黄科(Guttiferae)、堇菜科(Violaceae)、胡颓子科(Elaeagnaceae)、柿树科(Ebenaceae)、马鞭

草科(Verbenaceae)、车前科(Plantaginaceae)、茜草科(Rubiaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、败酱科(Valerianaceae)、莎草科(Cyperaceae)和鸭跖草科(Commelinaceae)。

伴生植物在37个生境中出现的次数各不同,出现频次6次以上的伴生植物有42种,其中白莲蒿(*Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm.)、荆条[*Vitex negundo* L. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd.]、委陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.)、苈草[*Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino]等4种植物出现频次在20次以上,出现频次2~5次的伴生植物有69种,53种伴生植物只出现1次,未发现共有伴生种。

表2 燕山地区白头翁生境伴生植物所属科及其种类在样地出现频次

Table 2 List and frequency of the associated plants of <i>Pulsatilla chinensis</i> in the Yanshan area		
科名	种名(出现频次)	种数量
卷柏科(Selaginellaceae)	卷柏[<i>Selaginella tamariscina</i> (P. Beauv.) Spring.] (6/37)	1
松科(Pinaceae)	油松(<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.) (14/37)	1
柏科(Cupressaceae)	侧柏[<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco] (4/37)	1
胡桃科(Juglandaceae)	核桃楸(<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.) (2/37)	1
桦木科(Betulaceae)	榛(<i>Corylus heterophylla</i> Fisch.) (5/37)、鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i> Hance) (1/37)	2
壳斗科(Fagaceae)	麻栎(<i>Quercus acutissima</i> Carruth.) (3/37)、槲栎(<i>Q. aliena</i> Bl.) (2/37)、蒙古栎(<i>Q. mongolica</i> Fisch.) (2/37)	3
榆科(Ulmaceae)	榆(<i>Ulmus pumila</i> L.) (12/37)、大果榆(<i>U. macrocarpa</i> Hance) (3/37)	2
桑科(Moraceae)	蒙桑[<i>Morus mongolica</i> (Bur.) Schneid.] (1/37)、山桑[<i>M. mongolica</i> (Bur.) Schneid. var. <i>diabólica</i> Koidz.] (1/37)、葎草[<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr.] (3/37)	3
蓼科(Polygonaceae)	叉分蓼(<i>Polygonum divaricatum</i> L.) (3/37)	1
藜科(Chenopodiaceae)	小藜(<i>Chenopodium serotinum</i> L.) (5/37)、藜(<i>C. album</i> L.) (1/37)、猪毛菜(<i>Salsola collina</i> Pall.) (12/37)	3
苋科(Amaranthaceae)	反枝苋(<i>Amaranthus retroflexus</i> L.) (2/37)	1
马齿苋科(Portulacaceae)	马齿苋(<i>Portulaca oleracea</i> L.) (2/37)	1
石竹科(Caryophyllaceae)	女娄菜(<i>Silene aprica</i> Turcz. (4/37)、霞草(<i>Gypsophila oldhamiana</i> Miq.) (12/37)、石竹(<i>Dianthus chinensis</i> L.) (9/37)	3
毛茛科(Ranunculaceae)	瓣蕊唐松草(<i>Thalictrum petaloideum</i> L.) (1/37)、东亚唐松草[<i>T. minus</i> var. <i>Hypoleucum</i> (Sieb. et Zuet.) Miq.] (6/37)、大叶铁线莲(<i>Clematis heracleifolia</i> DC.) (1/37)、棉团铁线莲(<i>C. hexapetala</i> Pall.) (1/37)、褐紫铁线莲(<i>C. fusca</i> Turcz.) (3/37)	5
防己科(Menispermaceae)	蝙蝠葛(<i>Menispermum dauricum</i> DC.) (1/37)	1
罂粟科(Papaveraceae)	白屈菜(<i>Chelidonium majus</i> L.) (1/37)	1
十字花科(Cruciferae)	花旗竿[<i>Dontostemon dentatus</i> (Bge.) Ledeb.] (1/37)	1
景天科(Crassulaceae)	景天三七(<i>Sedum aizoon</i> L.) (2/37)	1
虎耳草科(Saxifragaceae)	大花溲疏(<i>Deutzia grandiflora</i> Bge.) (4/37)	1

续表

科名	种名(出现频次)	种数量
蔷薇科(Rosaceae)	华北绣线菊(<i>Spiraea fritschiana</i> Schneid.) (7/37)、三裂绣线菊(<i>S. trilobata</i> L.) (8/37)、土庄绣线菊(<i>S. pubescens</i> Turcz.) (1/37)、山楂(<i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.) (2/37)、龙牙草(<i>Agri- monia pilosa</i> Ledeb.) (9/37)、地榆(<i>Sanguisorba officinalis</i> L.) (11/37)、牛迭肚(<i>Rubus cratae- gifolius</i> Bge.) (1/37)、委陵菜(<i>Potentilla chinensis</i> Ser.) (25/37)、西伯利亚杏[<i>Armeniaca si- birica</i> (L.) Lam.](5/37)、欧李[<i>Cerasus humilis</i> (Bge.) Sok.] (4/37)	10
豆科 (Leguminosae)	豆茶决明[<i>Cassia nomame</i> (Sieb.) Honda](2/37)、苦参(<i>Sophora flavescens</i> Ait.) (3/37)、草木 樨(<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb.) (1/37)、花木蓝(<i>Indigofera kirilowii</i> Maxim.) (11/37)、紫穗 槐(<i>Amorpha fruticosa</i> Linn.) (2/37)、刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) (4/37)、米口袋(<i>Guel- denstaedtia multiflora</i> Bge.)(1/37)、锦鸡儿[<i>Caragana sinica</i> (Duc'hoz) Rehd.] (7/37)、膜荚黄 耆[<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bge.] (2/37)、胡枝子(<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.) (8/ 37)、美丽胡枝子[<i>L. formosa</i> (Vog) Koehne] (1/37)、达乌里胡枝子[<i>L. davurica</i> (Laxm.) Schindl.] (4/37)、绒毛胡枝子[<i>L. tomentosa</i> (Thunb.) Sieb. ex Maxim.] (5/37)、多花胡枝子 (<i>L. floribunda</i> Bge.) (8/37)、阴山胡枝子[<i>L. inschanica</i> (Maxim) Schindl.] (11/37)、鸡眼草 [<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.] (2/37)、假香野豌豆(<i>Vicia pseudo-orobus</i> Fisch. et Mey.) (1/37)、三籽两型豆(<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> Benth.)(1/37)、野大豆(<i>Glycine soja</i> Sieb. et Zucc.) (1/37)	19
牻牛儿苗科 (Geraniaceae)	牻牛儿苗(<i>Erodium stephanianum</i> Willd.) (1/37)	1
蒺藜科 (Zygophyllaceae)	蒺藜(<i>Tribulus terrestris</i> L.) (1/37)	1
芸香科(Rutaceae)	崖椒(<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb.) (5/37)	1
苦木科(Simarubaceae)	臭椿[<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle] (11/37)	1
远志科(Polygalaceae)	远志(<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.) (3/37)、西伯利亚远志(<i>P. sibirica</i> L.) (2/37)	2
大戟科 (Euphorbiaceae)	雀儿舌头[<i>Leptopus chinensis</i> (Bge.) Pojark.] (6/37)、叶底珠[<i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehd.] (12/37)、铁苋菜(<i>Acalypha australis</i> L.) (1/37)	3
漆树科 (Anacardiaceae)	盐肤木(<i>Rhus chinensis</i> Mill.) (1/37)、毛黄栌(<i>Cotinus coggygia</i> Scop. var. <i>pubescens</i> Engl.) (1/37)	2
卫矛科(Celastraceae)	白杜卫矛(<i>Euonymus maackii</i> Rupr.) (2/37)、南蛇藤(<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.) (2/37)	2
鼠李科 (Rhamnaceae)	小叶鼠李(<i>Rhamnus parvifolia</i> Bge.) (11/37)、酸枣[<i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>spinosa</i> (Bge.)] (17/37)	2
葡萄科(Vitaceae)	葎叶蛇葡萄(<i>Ampelopsis humudifolia</i> Bge.) (4/37)、白蔹[<i>A. japonica</i> (Thunb.) Makino] (1/ 37)	2
椴树科(Tiliaceae)	糠椴(<i>Tilia mandshurica</i> Rupr. et Maxim.) (1/37)、蒙椴(<i>T. mongolica</i> Maxim.) (1/37)、孩儿 拳头(<i>Grewia biloba</i> G. Don) (11/37)	3
藤黄科(Guttiferae)	黄海棠(<i>Hypericum ascyron</i> L.) (2/37)	1
堇菜科(Violaceae)	东北堇菜(<i>Viola mandshurica</i> W. Bekr.) (3/37)	1
胡颓子科 (Elaeagnaceae)	沙棘(<i>Hippophae rhamnoides</i> Linn.) (1/37)	1
伞形科 (Umbelliferae)	北柴胡(<i>Bupleurum chinense</i> DC.) (7/37)、防风[<i>Saposhnikovia divaricata</i> (Trucz.) Schischk.] (3/37)	2
报春花科 (Primulaceae)	狭叶珍珠菜(<i>Lysimachia pentapetala</i> Bge.) (1/37)、狼尾花(<i>L. barystachys</i> Bge.) (2/37)	2
柿树科(Ebenaceae)	黑枣(<i>Diospyros lotus</i> L.) (2/37)	1
木犀科(Oleaceae)	大叶白蜡(<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance) (1/37)、暴马丁香(<i>Syringa reticulata</i> (Blume) Hara var. <i>amurensis</i> (Rupr.) Pringle] (4/37)	2
萝藦科 (Asclepiadaceae)	徐长卿(<i>Cynanchum paniculatum</i> (Bge.) Kitagawa)(2/37)、蔓生白薇(<i>C. versicolor</i> Bunge (2/ 37)、细叶白前[<i>C. thesioides</i> (Freyn) K. Schum.] (5/37)、萝藦[<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino] (7/37)	4

续表

科名	种名(出现频次)	种数量
旋花科 (Convolvulaceae)	圆叶牵牛[<i>Pharbitis purpurea</i> (L.) Voisgt] (6/37)、裂叶牵牛[<i>P. hederacea</i> (L.) Choisy] (1/37)	2
马鞭草科(Verbenaceae)	荆条[<i>Vitex negundo</i> L. var. <i>heterophylla</i> (Franch.) Rehd.] (26/37)	1
唇形科(Labiatae)	水棘针[<i>Amethystea caerulea</i> L.] (1/37)、黄芩[<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi] (2/37)、藿香[<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et Mey.) O. Ktze.] (3/37)、糙苏[<i>Phlomis umbrosa</i> Turcz.] (2/37)、益母草[<i>Leonurus artemisia</i> (Lour.) S. Y. Hu] (2/37)、丹参[<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bge.] (3/37)、百里香[<i>Thymus mongolicus</i> Ronn] (1/37)、木香薷[<i>Elsholtzia stauntoni</i> Benth.] (1/37)	8
玄参科 (Scrophulariaceae)	返顾马先蒿[<i>Pedicularis resupinata</i> L.] (2/37)、地黄[<i>Rehmannia glutinosa</i> (Gaertn.) Lir-bosch.] (3/37)	2
车前科(Plantaginaceae)	平车前[<i>Plantago depressa</i> Willd.] (4/37)	1
茜草科(Rubiaceae)	茜草[<i>Rubia cordifolia</i> L.] (18/37)	1
忍冬科(Caprifoliaceae)	锦带花[<i>Weigela florida</i> (Bge.) A. DC.] (1/37)	1
败酱科(Valerianaceae)	黄花龙牙[<i>Patrinia scabiosaeifolia</i> Fisch.] (2/37)	1
桔梗科 (Campanulaceae)	桔梗[<i>Platycodon grandiflorus</i> (Jacq.) A. DC.] (4/37)、展枝沙参[<i>Adenophora divaricata</i> Franch.] (10/37)	2
菊科(Compositae)	阿尔泰狗娃花[<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr] (1/37)、紫菀[<i>Aster tataricus</i> L.] (1/37)、小飞蓬[<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.] (3/37)、火绒草[<i>Leontopodium leontopodioides</i> (Willd.) Beauv.] (3/37)、旋复花[<i>Inula japonica</i> Thunb] (4/37)、小花鬼针草[<i>Bidens parviflora</i> Willd.] (1/37)、细叶鬼针草[<i>B. parviflora</i> Willd.] (1/37)、鬼针草[<i>B. bipinnata</i> L.] (14/37)、野菊[<i>Dendranthema indicum</i> (L.) Des Moul.] (1/37)、茵陈蒿[<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.] (17/37)、大籽蒿[<i>A. sieversiana</i> Willd.] (5/37)、黄花蒿[<i>A. annua</i> Linn.] (3/37)、白莲蒿[<i>A. gmelinii</i> Weber ex Stechm.] (27/37)、野艾蒿[<i>A. tavandulaefolia</i> DC.] (15/37)、南牡蒿[<i>A. eriopoda</i> Bge.] (11/37)、兔儿伞[<i>Syneilesis aconitifolia</i> (Bge.) Maxim.] (1/37)、苍术[<i>Atractylodes lancea</i> (Thunb.) DC.] (1/37)、泥胡菜[<i>Hemistepta lyrata</i> (Bge.) Bge.] (1/37)、祁州漏芦[<i>Stemmacantha uniflora</i> (L.) Dittrich] (13/37)、蚂蚱腿子[<i>Myriopsis dioica</i> Bge.] (3/37)、细叶鸦葱[<i>Scorzonera pusilla</i> Pall.] (3/37)、桃叶鸦葱[<i>S. sinensis</i> Lipsch.] (16/37)、苦菜[<i>Ixeris chinensis</i> (Thunb.) Nakai] (5/37)、抱茎苦苣菜[<i>I. sonchifolia</i> (Bge.) Hance] (5/37)	24
禾本科 (Gramineae)	大花臭草[<i>Melica grandiflora</i> (Hack.) Koidz.] (1/37)、早熟禾[<i>Poa annua</i> L.] (5/37)、纤毛鹅观草[<i>Roegneria ciliaris</i> (Trip.) Nevski var. <i>ciliaris</i>] (3/37)、大画眉草[<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Janch.] (1/37)、马唐[<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.] (1/37)、狗尾草[<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.] (11/37)、金狗尾草[<i>S. lutescens</i> (Weigel) F. T. Hubb.] (1/37)、大油芒[<i>Spodiopogon sibiricus</i> Trin.] (9/37)、荻草[<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino] (22/37)、白羊草[<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng] (1/37)、黄背草[<i>Themeda japonica</i> (Willd.) Tanaka] (12/37)	11
莎草科(Cyperaceae)	矮丛苔草[<i>Carex humilis</i> Leyss. var. <i>nana</i> (Levl. et Vant.) Ohwi] (16/37)	1
鸭跖草科 (Commelinaceae)	鸭跖草[<i>Commelina communis</i> L.] (5/37)	1
百合科(Liliaceae)	知母[<i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bge.] (1/37)、小黄花菜[<i>Hemerocallis minor</i> Mill] (1/37)、山丹[<i>Lilium pumilum</i> DC.] (5/37)、野韭[<i>Allium ramosum</i> L.] (1/37)、玉竹[<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce] (2/37)、黄精[<i>P. sibiricum</i> Delar. ex Redoute] (3/37)、龙须菜[<i>Asparagus schoberioides</i> Kunth] (2/37)	7
薯蓣科(Dioscoreaceae)	穿龙薯蓣[<i>Dioscorea nipponica</i> Makino] (5/37)、薯蓣[<i>D. opposita</i> Thunb.] (1/37)	2
鸢尾科(Iridaceae)	野鸢尾[<i>Iris dichotoma</i> Pall.] (7/37)、马蔺[<i>I. lactea</i> Pall. var. <i>chinensis</i> (Fisch.) Koidz.] (1/37)、矮紫苞鸢尾[<i>I. ruthenica</i> Ker-Gawl.] (1/37)	3
总计		164

3。相似系数均值介于 0.150~0.338,极大值在 0.313~0.563,极小值在 0.000~0.111;有 11 对样地伴生植物的相似系数大于或等于 0.500,其中 2 号

2.2.2 伴生植物相似性分析

各样地伴生植物与其余样地相似系数统计见表

样地与4号、7号、10号的相似系数分别为0.563, 0.514, 0.500, 9号样地与15号、16号的相似系数分别为0.500, 0.545, 6号与14号、15号与16号、16号与17号、17号与18号、23号与24号、32号与33号样地的相似系数分别为0.500, 0.542, 0.510, 0.560, 0.500和0.545。

表3 各样地伴生植物与其余样地相似系数统计

Table 3 Species similarity of associated plants

样地号	均值($\bar{x}$)	标准差(s)	极大值	极小值	极差
1	0.179	0.077	0.343	0.000	0.343
2	0.316	0.119	0.563	0.000	0.563
3	0.150	0.081	0.372	0.000	0.372
4	0.270	0.123	0.563	0.061	0.502
5	0.255	0.105	0.471	0.000	0.471
6	0.285	0.115	0.500	0.050	0.450
7	0.276	0.111	0.514	0.056	0.459
8	0.284	0.090	0.480	0.108	0.372
9	0.312	0.101	0.545	0.057	0.488
10	0.331	0.109	0.500	0.085	0.415
11	0.268	0.082	0.480	0.103	0.377
12	0.249	0.076	0.378	0.048	0.331
13	0.280	0.088	0.484	0.085	0.399
14	0.308	0.099	0.500	0.103	0.397
15	0.320	0.105	0.542	0.095	0.446
16	0.338	0.120	0.545	0.087	0.458
17	0.284	0.117	0.560	0.089	0.471
18	0.248	0.117	0.560	0.045	0.515
19	0.251	0.106	0.455	0.000	0.455
20	0.264	0.112	0.440	0.000	0.440
21	0.226	0.087	0.385	0.083	0.301
22	0.228	0.077	0.452	0.111	0.341
23	0.253	0.110	0.500	0.057	0.443
24	0.261	0.087	0.500	0.071	0.429
25	0.256	0.084	0.452	0.048	0.404
26	0.166	0.094	0.333	0.000	0.333
27	0.257	0.079	0.400	0.093	0.307
28	0.160	0.096	0.345	0.000	0.345
29	0.252	0.071	0.367	0.098	0.270
30	0.191	0.070	0.320	0.048	0.272
31	0.229	0.080	0.400	0.063	0.338
32	0.211	0.111	0.545	0.057	0.488
33	0.163	0.108	0.545	0.000	0.545
34	0.153	0.070	0.313	0.000	0.313
35	0.232	0.068	0.356	0.063	0.293
36	0.234	0.072	0.400	0.054	0.346
37	0.194	0.077	0.400	0.065	0.335

2.2.3 生活型组成

白头翁生境伴生植物中乔木植物稀少, 仅见油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、侧柏[*Platycladus orientalis* (L.) Franco]、核桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、麻栎(*Quercus acutissima* Carruth.)、槲栎(*Quercus aliena* Bl.)、蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)和黑枣(*Diospyros lotus* L.)等7种, 占总种数的4.27%, 隶属5科5属, 在白头翁生境中零星分散分布; 灌木植物共有22科38属46种, 占总种数的28.05%, 其中包括榆科、桑科、苦木科、卫矛科、椴树科和木犀科7属10种乔木的幼苗或伐桩苗; 草本植物共35科85属111种, 占总种数的67.68%, 种类最多, 其中菊科23种、禾本科11种。

2.2.4 分布区类型

按照吴征镒、李锡文等对植物属的分布区类型划分^[17~21], 白头翁生境伴生的种子植物属的分布区类型数量结构见表4, 白头翁生境伴生的127属种子植物可分为14个分布区类型, 缺少热带亚洲和热带美洲间断分布类型。世界分布属共20属, 在白头翁生境中出现频次比较多的主要是鬼针草属(*Bidens* L.)和猪毛菜属(*Salsola* L.)。热带成分的属共27属, 占非世界分布总属数的25.23%, 其中, 泛热带分布属20属, 占非世界分布总属数的18.69%, 占热带分布属的74.07%, 在白头翁生境中出现频次最多, 主要有牡荆属(*Vitex* L.)、枣属(*Ziziphus* Mill.)、一叶萩属(*Securinega* Juss.)、木蓝属(*Indigofera* L.)、狗尾草属(*Setaria* Beauv.)、牵牛花属(*Pharbitis* Choisy.); 其次是热带亚洲至热带非洲分布, 共有3属, 占非世界分布总属数的2.80%, 占热带分布属的11.11%, 以苘草属(*Arthraxon* Beauv.)和菅属(*Themeda* Forsk.)占主导; 旧世界热带分布属共有2属, 占非世界分布总属数的1.87%, 占伴生植物热带分布属的7.41%, 常见扁担杆属(*Grewia* L.); 热带亚洲(印度-马来西亚)分布和热带亚洲至热带大洋洲分布属均为1个, 总计占非世界分布总属数的1.87%, 占伴生植物热带分布属的7.41%, 雀儿舌头属(*Leptopus* Decne.)为热带亚洲至热带大洋洲分布属, 在白头翁生境中多有分布; 热带地理成分是构成白头翁生境伴生植物分布区的重要组成部分。

温带成分的属共78属, 占非世界分布总属数的72.90%, 是构成白头翁生境伴生植物分布区的主体。其中, 北温带分布属有34属, 旧世界温带分布属有17属, 东亚分布属有12属, 东亚及北美洲间断分布属有7属, 温带亚洲分布属有4属, 地中海、西亚

至中亚分布属有3属,中亚分布属有1属,分别占非世界分布总属数的31.78%,15.89%,11.21%,6.54%,3.74%,2.80%和0.93%,占伴生植物温带分布属的42.50%,21.25%,15.00%,8.75%,5.00%,3.75%,1.25%和2.50%,主要代表属有蒿属(*Artemisia* L.)、榆属(*Ulmus* L.)、地榆属(*Sanguisorba* L.)、龙牙草属(*Agrimonia* L.)、绣线菊属(*Spiraea* L.)、唐松草属(*Thalictrum* L.)、委陵菜属(*Potentilla* L.)、松属(*Pinus* L.)、沙参属(*Adenophora* Fisch.)、胡枝子属(*Lespedeza* Mill.)、蛇葡萄属(*Ampelopsis* Michx.)、萝藦属(*Metaplexis* R.Br.)、锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.)、牻牛儿苗属(*Erodium* L'Her.)和蚂蚱腿子属(*Myriopholis* Bge.)等。中国特有分布属仅有2属。

3 结论与讨论

3.1 燕山地区白头翁及其伴生植物资源特点

3.1.1 白头翁分布差异显著

白头翁是个广布种,主产欧、亚两大洲,在我国华北、西北、东北等地均有分布,燕山是河北省白头翁资源的主要产地。调查发现白头翁多生于向阳的

山地草坡上,分布以低山山坡草丛、干旱多石的坡地或林缘为主,喜阳光,较耐干旱,从燕山的东南到西北呈现分布减少的趋势,说明大气候条件影响白头翁的分布。从生境地形来看,白头翁在同一山坡的中上位和中下位均可分布,可见白头翁能够在同一区域内占据不同的生态位,可适应光照、水分等轻微差异,小气候对白头翁的存活影响不大。对河北省涉县太行山区野生白头翁的分布进行研究,发现太行山区白头翁生于海拔300~900 m的山坡草地、林缘、荒野向阳处,以海拔600~850 m较多,在干旱的草丛、灌丛或排水、通风良好的山坡多有分布,与本研究结果一致^[22]。总体来说,白头翁属阳生性种类,适于在阳生性环境生长。

3.1.2 草本伴生植物占优势

燕山地区白头翁生境伴生植物共56科128属164种,其中乔木植物仅7种,种类较少且分布稀疏零散;灌木植物46种,出现频次较多的有白莲蒿、荆条、酸枣[*Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bge.)]、小叶鼠李(*Rhamnus parvifolia* Bge.)、榆(*Ulmus pumila* L.)幼苗、叶底珠[*Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd.]、花木蓝(*Indigofera kirilowii* Max-

表4 白头翁生境伴生种子植物属的分布区类型数量结构
Table 4 Areal types of the associated plants of *Pulsatilla chinensis* in the Yanshan area

类型	属数	占总属数比例/%
1.世界分布	20	—
2.泛热带分布	20	18.69
4.旧世界热带分布	2	1.87
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	1	0.93
6.热带亚洲至热带非洲分布	3	2.80
7.热带亚洲(印度-马来西亚)分布	1	0.93
热带成分合计	27	25.23
8.北温带分布	27	25.23
8-4 北温带和南温带间断分布“全温带”	6	5.61
8-5 欧亚和南美洲温带间断分布	1	0.93
9.东亚和北美洲间断分布	7	6.54
10.旧世界温带分布	15	14.02
10-1 地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布	2	1.87
11.温带亚洲分布	4	3.74
12.地中海区、西亚至中亚分布	1	0.93
12-2 地中海区至中亚和墨西哥至美国南部间断分布	1	0.93
12-3 地中海区至温带—热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布	1	0.93
13.中亚分布	1	0.93
14.东亚分布	12	11.21
温带成分合计	78	72.90
15.中国特有分布	2	1.87
合计(不含世界分布)	107	100.00

im.)、阴山胡枝子 [*Lespedeza inschanica* (Maxim) Schindl.]、臭椿 [*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle] 幼苗、孩儿拳头 (*Grewia biloba* G. Don) 等; 草本植物 111 种, 集中分布在菊科和禾本科, 出现频次较多的有委陵菜、地榆、苓草、黄背草 [*Themeda japonica* (Willd.) Tanaka]、狗尾草 [*Setaria viridis* (L.) Beauv.]、茜草 (*Rubia cordifolia* L.)、茵陈蒿 (*Artemisia capillaris* Thunb.)、桃叶鸦葱 (*Scorzonera sinensis* Lipsch.)、野艾蒿 (*Artemisia tavandulaefolia* DC.)、鬼针草 (*Bidens bipinnata* L.)、祁州漏芦 [*Stemmacantha uniflora* (L.) Dittrich]、南牡蒿 (*Artemisia eriopoda* Bge.)、矮丛苔草 [*Carex humilis* Leyss. var. *nana* (Levl. et Vant.) Ohwi]、猪毛菜 (*Salsola collina* Pall.)、霞草 (*Gypsophila oldhamiana* Miq.)、展枝沙参 (*Adenophora divaricata* Franch.) 等。白头翁伴生植物中乔木种类较少, 所在群落较矮, 这与白头翁喜光、耐旱、适于阳生性环境的特点有关, 乔木下空间郁闭度高、采光较差, 不适合白头翁的生长, 与绣球茜 (*Dunnia sinensis* Tutcher) 的某些生境特点类似^[23]。

3.1.3 伴生植物相似性较低

物种趋同适应性和依赖性可通过群落物种组成体现, 物种相似性则揭示了物种与环境的内在关联^[24]。对燕山 37 个样地白头翁生境伴生植物相似性分析, 各样地间相似系数普遍较低, 仅有的 11 对伴生植物相似系数大于或等于 0.500 的样地, 多处在同一县市或距离较近, 地形、地貌、土壤、水分相似, 绝大部分样地间的相似系数小于 0.500, 可见燕山地区不同地区白头翁生境差别较大, 其伴生植物具有多样性的特点。

3.1.4 分布区类型较为多样

燕山地区白头翁生境伴生植物分布区类型较为多样, 属有 14 个分布区类型和 5 个变型。植物分布区温带性质突出, 在 127 属中, 温带成分的属占 78 属, 世界分布、热带分布、中国特有属均相对较少, 体现与其他地区的广泛联系, 又表现出以温带成分占绝对优势, 与镜泊湖熔岩台地种子植物分布区调查结果类似, 表明大气候环境对白头翁的分布有着强烈的影响^[25]。

3.2 燕山地区野生白头翁资源的保护与利用

3.2.1 全面普查燕山地区野生白头翁资源

燕山地区蕴含丰富的野生白头翁及其他植物资源, 充分了解这些植物资源对于后续的保护和开发十分必要。然而, 本次调查选取的样地具有随机性, 未能完全覆盖整个燕山地区, 致使调查的伴生植物

种类难免会有所遗漏, 应增加目的性线路调查^[26], 对燕山地区野生白头翁资源及其伴生植物进行全面普查, 完善其数据资料。值得一提的是, 在调查过程中对白头翁资源蕴藏量的估算也十分重要, 可通过线路样方法、植被+土壤类型图面积法分别估算单位面积蕴藏量和总分布面积^[27], 采用公式“蕴藏量=单位面积蕴藏量×资源分布总面积”来估算野生白头翁资源蕴藏量。

3.2.2 保护野生白头翁资源及其适生区域

近年来, 由于中药市场药材价格飞涨, 燕山地区当地居民对野生白头翁资源进行无序采挖, 致使其生境及其他伴生植物遭到严重破坏, 保护野生白头翁资源及其适生区域已迫在眉睫。首先, 政府应加大管控和宣传力度, 禁止对白头翁等野生药材的肆意采挖, 引导当地居民形成保护生态环境的意识^[26]。其次, 开展燕山地区野生白头翁种质资源的收集与保存工作, 建立种质资源库和种质资源圃, 保证白头翁种质资源的可持续性^[28]。再次, 建立系统全面的野生白头翁农艺性状、群体遗传评价体系, 为资源的合理有效保护提供参考^[29]。

3.2.3 选育优良品种, 开发白头翁药材资源

白头翁种质的优劣直接影响药材品质, 优良品种具有药用成分含量高、适应性强、抗逆性好等特点, 通过杂交、回交、分子标记辅助育种等方式选育优良栽培品种都是改善药材品质的重要途径^[30]。可充分利用燕山地区科研院所、高校及药材基地, 校企联合, 通过申报课题、科研立项等方式, 选育优良品种, 开发白头翁药材资源。近年来课题组一直致力于研究和选育白头翁及其他道地药材的优良品种和新品种, 目前已收集燕山地区 30 余个不同居群的白头翁种质资源, 正在进行形态多样性、遗传多样性及综合评价研究。

3.2.4 顺应自然生境, 科学种植栽培白头翁

自然环境是物质存在的基本条件, 古代医药学家认为中药药性的形成与药物生长的自然环境因子密切相关^[31]。在优良品种选育基础上, 加强白头翁栽培环节关键技术的试验与研究, 探索最佳栽培技术, 提高药材白头翁的品质; 在白头翁生产基地建设上, 优先考虑原产地及其相似的立地类型, 因地制宜, 适地适药^[31]; 同时通过现代科学技术, 结合植物生境伴生植物、气候、土壤等因子, 积极培育仿生栽培、半野生栽培、近自然栽培白头翁资源^[32]。

参考文献

- [1] 林其娟, 刘子扬, 余秀萍, 等. 燕山地区不同居群白头

- 翁种子萌发的初步评价[J]. 河北科技师范学院学报, 2022, 36(2): 33-38.
- Lin Q J, Liu Z Y, Yu X P, *et al.* Evaluation on seed germination of *Pulsatilla chinensis* in Yanshan area [J]. J Hebei Norm Univ Sci & Technol, 2022, 36(2): 33-38.
- [2] 河北植物志编辑委员会. 河北植物志-第一卷[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1986: 466-467.
- Editorial Committee for Flora of Hebei. Flora of Hebei: Vol. 1 [M]. Shijiazhuang: Sciences Press of Hebei, 1986: 466-467.
- [3] 普乔丽, 於文博, 马丽婷, 等. 白头翁的化学成分、药理作用研究进展及质量标志物的预测分析[J]. 中药材, 2021, 44(4): 1014-1020.
- Pu Q L, Yu W B, Ma L T, *et al.* Research progress of chemical composition and pharmacological action of *Pulsatilla chinensis* and prediction analysis of quality markers [J]. J Chin Med Mater, 2021, 44(4): 1014-1020.
- [4] Hong S W, Jung K H, Lee H S, *et al.* SB365, *Pulsatilla* saponin D, targets c-Met and exerts antiangiogenic and antitumor activities [J]. Carcinogenesis, 2013, 34(9): 2156-2169.
- [5] Park B H, Jung K H, Son M K, *et al.* Antitumor activity of *Pulsatilla koreana* extract in anaplastic thyroid cancer via apoptosis and anti-angiogenesis [J]. Mol Med Rep, 2013, 7(1): 26-30.
- [6] 刘晨晨, 张静, 高思佳, 等. BTW5对体外培养日本血吸虫成虫及童虫的杀灭效果[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2012, 24(5): 533-536.
- Liu C C, Zhang J, Gao S J, *et al.* Schistosomicidal effect of BTW5 on adult and juvenile *Schistosoma japonicum* *in vitro* [J]. Chin J Schistosomiasis Control, 2012, 24(5): 533-536.
- [7] 杨明, 丁立威. 白头翁产销趋势分析[J]. 中国现代中药, 2012, 14(11): 60-62.
- Yang M, Ding L W. Analysis of production and marketing trend of *Pulsatilla chinensis* [J]. Mod Chin Med, 2012, 14(11): 60-62.
- [8] 吕子敏, 邓丽, 廖芳. 原白头翁素对铜绿假单胞菌群体感应系统调控的毒力因子表达量的影响[J]. 现代药物与临床, 2013, 28(2): 155-159.
- Lü Z M, Deng L, Liao F. Effect of protoanemonin on expression of virulence factors regulated by quorum sensing system of *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Drugs & Clin, 2013, 28(2): 155-159.
- [9] 胡伟琼, 魏韶锋, 张红阳, 等. 白头翁抗肿瘤机制研究进展[J]. 中药材, 2018, 41(5): 1241-1246.
- Hu W Q, Wei S F, Zhang H Y, *et al.* Research progress on anti-tumor mechanism of *Pulsatilla chinensis* [J]. J Chin Med Mater, 2018, 41(5): 1241-1246.
- [10] 吴森林, 罗颖颖, 严新, 等. 白头翁皂苷对B16-F10黑色素瘤荷瘤小鼠炎症因子的影响及机制初步研究[J]. 中成药, 2020, 42(6): 1609-1614.
- Wu M L, Luo Y Y, Yan X, *et al.* Effect of *Pulsatilla* saponin on inflammatory factors in B16-F10 melanoma-bearing mice and its mechanism [J]. Chin Tradit Pat Med, 2020, 42(6): 1609-1614.
- [11] Zhang A D, Liu S F, Lin C F, *et al.* Timing of deposition in the Dengzhangzi and Guojiadian Basins of the Yanshan fold-thrust belt, North China [J]. Int Geol Rev, 2020, 62(18): 2344-2365.
- [12] 中国大百科全书总编辑委员会《中国地理》编辑委员会 中国大百科全书出版社编辑部. 中国大百科全书-中国地理[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1993: 561-562.
- Editorial Committee for Encyclopedia of China. Encyclopedia of China: Chinese geography [M]. Beijing: Press of Encyclopedia of China, 1993: 561-562.
- [13] 徐宁伟, 陈强, 朱鑫保, 等. 河北燕山地区叶底珠生境土壤调查与分析[J]. 山东林业科技, 2022, 52(3): 51-56.
- Xu N W, Chen Q, Zhu X Y, *et al.* Survey on soil chemical properties of ecological environments of *Securinega suffruticosa* in Yanshan area [J]. J Shandong For Sci Technol, 2022, 52(3): 51-56.
- [14] 徐宁伟, 史琰, 张雨薇, 等. 秦皇岛滨海地区园林植物资源及应用研究[J]. 中国园林, 2017, 33(11): 105-109.
- Xu N W, Shi Y, Zhang Y W, *et al.* Garden plant resources application in Qinhuangdao coastal area [J]. Chin Landsc Archit, 2017, 33(11): 105-109.
- [15] 徐宁伟, 史琰, 钱思思, 等. 秦皇岛市滨海地区观赏种子植物资源及其多样性[J]. 河北科技师范学院学报, 2016, 30(3): 26-30.
- Xu N W, Shi Y, Qian S S, *et al.* Ornamental spermatophytes resources and their diversities in coastal region of Qinhuangdao [J]. J Hebei Norm Univ Sci & Technol, 2016, 30(3): 26-30.
- [16] 崔国发, 邢韶华, 赵勃. 北京山地植物和植被保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 47-48.
- Cui G F, Xing S H, Zhao B. Study on mountain plants and vegetation protection in Beijing [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008: 47-48.
- [17] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, 增刊IV: 1-139.
- Wu Z Y. Distribution type of seed plant genera in China [J]. Yunnan Botanical Research, 1991, Supplement (IV): 1-139.
- [18] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布

- 区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245-257.
- Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants [J]. Acta Bot Yunnanica, 2003, 25(3): 245-257.
- [19] 吴征镒. 《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 535-538.
- Wu Z Y. Revision of distribution type system of seed plants in the world [J]. Acta Bot Yunnanica, 2003, 25(5): 535-538.
- [20] 吴征镒, 孙航, 周浙昆. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- Wu Z Y, Sun H, Zhou Z K. Floristic geography of seed plants in China [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [21] 李锡文. 中国种子植物区系统计分析[J]. 云南植物研究, 1996, 18(4): 363-384.
- Li X W. Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. Acta Bot Yunnanica, 1996, 18(4): 363-384.
- [22] 王丽芳, 付文浩, 贾慧君, 等. 河北省涉县野生白头翁分布与品质研究[J]. 河北中医, 2015, 37(12): 1917, 1920.
- Wang L F, Fu W H, Jia H J, *et al.* Study on the distribution and quality of wild *Pulsatilla chinensis* in Shexian County, Hebei Province [J]. Hebei J Tradit Chin Med, 2015, 37(12): 1917, 1920.
- [23] 任泽楷, 杨礼香. 珍稀濒危植物绣球茜(*Dunnia sinensis* tutcher)的生境特征和繁殖技术[J]. 生态科学, 2020, 39(3): 25-30.
- Ren Z K, Yang L X. The habitat and propagation techniques of *Dunnia sinensis* Tutcher, a critically rare and endangered plant in Southern China [J]. Ecol Sci, 2020, 39(3): 25-30.
- [24] 冯久莹, 蔡蕾, 贺海洋, 等. 新疆 14 种野生蔷薇属植物生境调查[J]. 林业科学, 2014, 50(11): 44-51.
- Feng J Y, Cai L, He H Y, *et al.* Investigation of habitat characteristics of 14 wild *Rosa* species in Xinjiang [J]. Sci Silvae Sin, 2014, 50(11): 44-51.
- [25] 尹航, 曲秀春, 于爽, 等. 镜泊湖熔岩台地种子植物区系调查分析[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(3): 103-105.
- Yin H, Qu X C, Yu S, *et al.* Flora of lava rock seed plants in Jingpohu Lake [J]. J Northeast For Univ, 2009, 37(3): 103-105.
- [26] 徐文静, 韦柳仲, 王怡然, 等. 鹤岗市东山区野生药用植物资源调查[J]. 生物资源, 2022, 44(2): 205-212.
- Xu W J, Wei L Z, Wang Y R, *et al.* Investigation on wild medicinal plant resources in Dongshan District, Hegang City [J]. Biotic Resour, 2022, 44(2): 205-212.
- [27] 李莉. 不同道地产区大黄资源现状与药材质量特征及其形成机制研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2014: 26.
- Li L. The survey of rhubarb resources and the study on its quality feature and formation mechanism in authentic regions [D]. Changchun: Changchun University of Chinese Medicine, 2014: 26.
- [28] 文香英, 陈红锋. 植物园与野生植物迁地保护[J]. 生物多样性, 2022, 30(1): 37-41.
- Wen X Y, Chen H F. Botanical gardens and *ex situ* conservation of the wild plant species [J]. Biodivers Sci, 2022, 30(1): 37-41.
- [29] 孔庆博, 向婷婷, 邝雪琨, 等. 我国西南和东部地区野生油茶及其近缘物种资源调查、收集与保护[J]. 植物科学学报, 2022, 40(5): 646-656.
- Kong Q B, Xiang T T, Kuang X K, *et al.* Survey, collection, and conservation of wild *Camellia oleifera* Abel. and related species in Southwest and East China [J]. Plant Sci J, 2022, 40(5): 646-656.
- [30] Peleman J D, van der Voort J R. Breeding by design [J]. Trends Plant Sci, 2003, 8(7): 330-334.
- [31] 李明, 刘华, 安钰, 等. 宁夏中药生态农业模式的实践与发展[J]. 宁夏农林科技, 2020, 61(1): 30-34.
- Li M, Liu H, An Y, *et al.* Practice and development of ecological agriculture mode of traditional Chinese medicine in Ningxia [J]. Ningxia J Agric For Sci Technol, 2020, 61(1): 30-34.
- [32] 胡生彬, 杨仕兵. 青海省班玛县野生药用植物资源多样性调查[J]. 生物资源, 2021, 43(4): 381-387.
- Hu S B, Yang S B. Investigation on diversity of wild medicinal plant resources in Banma County, Qinghai Province [J]. Biotic Resour, 2021, 43(4): 381-387.

□

(编辑: 杨晓翠)