

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.05.010

# 山西七里峪茶条槭群落特征及物种多样性研究

王祎玲, 郝晓杰, 闫桂琴\*

(山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041004)

**摘要:** 运用 TWINSpan 对山西七里峪茶条槭群落类型进行划分, 并采用 Patrick 指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Alatalo 指数研究群落的物种多样性。结果表明: TWINSpan 将茶条槭群落的 73 个样方划分为 10 个群丛; 各群丛的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数之间存在差异, 群丛 III 和 VII 的丰富度指数和多样性指数较高, 群丛 I 的多样性指数较低; 各群丛乔木层、灌木层和草本层之间的物种多样性也存在差异, 多样性指数大致表现为草本层高于灌木层高于乔木层。土壤中的有机质、速效钾、含水量是影响茶条槭群落物种多样性的主要因素。

**关键词:** TWINSpan 分类; 茶条槭群落; 物种多样性; 七里峪

中图分类号: Q944 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)03-0326-07

## Community characteristics and species diversity research of *Acer ginnala* in Qiliyu, Shanxi

WANG Yi-Ling, HAO Xiao-Jie, YAN Gui-Qin\*

(College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China)

**Abstract:** Based on a survey of 73 community quadrats, TWINSpan and four indices (Patrick, Simpson, Shannon and Alatalo index) of species diversity were used to analyze differences in richness, evenness and heterogeneity between the communities. The correlation analysis was performed to reveal the relationship between diversity indices and environmental factors. The results showed that *Acer ginnala* communities were classified into 10 associations. Among 10 associations, there were differences of richness indices, diversity indices and evenness indices. The indices of species diversity of the asso. III and VII were higher, while that of the asso. I was lower relatively. The differences of species diversity of arborous layer, shrub layer and herb layer in each association also had occurred. The richness and diversity indices showed similar rule, namely herb layer > shrub layer > arborous layer. The evenness indices of different layer, however, were the other way round. The main factors were physical micro-environmental factors such as organic matter, K<sup>+</sup> and water content in soil for the community structure of *Acer ginnala*.

**Key words:** TWINSpan classification; *Acer ginnala* communities; species diversity; Qiliyu

植物群落是一定地段内不同植物在长期历史过程中逐渐形成的生态复合体, 映射着群落的演进过程和现时环境状况, 携带着群落环境变化及演替趋势的重要信息 (Jernvall & Fortelius, 2004; 苏建荣等, 2010)。不同物种具有不同的群落结构特征, 不

同群落结构形成不同微环境, 限制着群落内生存物种的种类及数量 (Balvanera 等, 2006; 王煜倩等, 2009; 苏建荣等, 2010), 对群落内物种更新起着重要的影响 (苏建荣等, 2010), 因而, 群落及其环境是物种存活的载体, 物种生境地群落结构及其环境对物

\* 收稿日期: 2012-01-10 修回日期: 2012-05-02

基金项目: 山西师范大学校自然基金(YZ06014)[Supported by Natural Science Foundation of Shanxi Normal University(YZ06014)]

作者简介: 王祎玲(1970-), 女, 山西高平人, 副教授, 主要从事植物分子生态学研究, (E-mail) ylwangbj@yahoo.com.cn.

\* 通讯作者: 闫桂琴, 教授, 主要从事植物分子生态学研究, (E-mail) guiqing@dns.sxnu.edu.cn.

种的存活和保护具有重要的作用和意义。

茶条槭(*Acer ginnala*)是多年生落叶灌木或小乔木,由于其叶中没食子酸含量高,人为采伐严重,已趋近濒危状态。茶条槭为七里峪重要树种之一,近年来,在它的繁育(赵晶明等,2003)、遗传学(闫女等,2011)等方面进行了相关研究,但有关茶条槭群落特征及物种多样性尚属空白。本文以七里峪的茶条槭为研究对象,运用 TWINSpan, DCCA 对茶条槭林进行分类和排序,并分析群落结构及物种多样性,探讨茶条槭群落特征与数量及生长状况间的关系,揭示不同群落环境下茶条槭的生长情况,分析适合茶条槭生存的环境类型,为茶条槭的资源保护提供依据,为科学、合理利用茶条槭提供指导。

## 1 研究区概况

研究区在山西七里峪国家级森林公园内(111°40′~112°21′ E, 36°21′~36°45′ N),是重要的水源涵养和生物多样性保护生态功能区。本区气候条件属于暖温带大陆性气候,年均气温 9.3~12.3 °C, ≥ 10 °C 的活动积温在 3 000~4 000 °C 之间,无霜期 160~180 d,年降水量为 500~700 mm。研究区的地带性土壤为褐土,由于海拔高差大,土壤垂直分异明显,从低到高垂直带谱为:石灰性褐土带(800~1 200 m)、褐土性土带(1 200~1 400 m)、淋溶褐土带(1 400~1 700 m)、棕色森林土(1 700~1 900 m)、山地草甸土(1 900~2 354 m)。植被垂直带沿海拔上升依次为灌草丛及农田带(800~1 000 m),低中山针叶林带(1 000~1 300 m),针叶阔叶混交林带(1 300~2 000 m),落叶阔叶林带(1 400~2 150 m),山地矮林和草甸带(2 000~2 354 m)。茶条槭主要分布在海拔 900~1 900 m,从海拔 900 m 开始,茶条槭开始零星出现于鹅耳枥林、辽东栎林、油松林边缘和路边,1 900 m 以上,茶条槭的数量逐渐减少,零星出现于华北落叶松林缘(郝晓杰,2009)。

## 2 研究方法

### 2.1 调查取样

根据实地踏查情况,在茶条槭分布较为集中的海拔 1 300~1 900 m 段,沿海拔梯度每隔 100 m 设置 1 个样地,共 7 个,每个样地随机布设至少 3 个

10 m×10 m 样方,每个样方中设置 4 个 5 m×5 m 的灌木样方和 4 个 1 m×1 m 的草本样方。调查内容包括:①对乔木层进行每木调查,分别记录树高、胸径、冠幅等指标,同时记录幼苗、幼树的树高和株数。②灌木层分别记录植物的类别、高度、基径、株数、盖度等。③草本层分别记录草本植物的种名、株丛数、平均高度、种盖度等。④在样地内,采用梅花取样法,采取 0~30 cm 土层的混合土壤样品,用于分析土壤含水量、pH、有机质、氮、磷、钾等指标。

### 2.2 数据处理

2.2.1 重要值 分别计算乔木层、灌木层(在灌木层包括乔木幼树)和草本层的重要值,计算公式如下:乔木层重要值=(相对盖度+相对高度+相对频度)/300;灌木层重要值=(相对盖度+相对高度)/200;草本层重要值=(相对盖度+相对高度)/200。

2.2.2 群落分类 采用 WinTWINS 软件包中的 TWINSpan(Two Way Indicator Species Analysis)软件进行茶条槭群落的分类。

2.2.3 群落的多样性指数 物种多样性选取以下指数:①Patrick 丰富度指数: $D=S$ 。②综合多样性指数: Simpson 指数  $\lambda = 1 - \sum P_i^2$ ; Shannon-Wiener 指数  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。③均匀度指数: Alatalo 均匀度指数  $E_a = [(1/\lambda) - 1] / [e^{H'} - 1]$ 。

式中: $P_i$  为种  $i$  的相对重要值( $P_i = N_i/N$ );  $N$  为每个群落中全部物种的重要值之和;  $S$  为种  $i$  所在样方的物种总数,即丰富度指数。

群落多样性采用:①群落分层多样性将群落中的乔、灌、草各层的多样性指数分别计算。②群落总体多样性: $D = W_1 D_1 + W_2 D_2 + W_3 D_3$ 。其中  $D$  为群落总体多样性指数; $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  分别为乔、灌、草的多样性指数; $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  分别为给定乔、灌、草的权重系数,这里采用 0.5、0.25、0.25。

### 2.3 土壤因子的测定

对收集的土壤进行土壤含水量、pH 值、有机质、水解性氮、有效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾等 9 项指标的测定。其中:土壤含水量采用烘干法;pH 值采用电极法;有机质含量采用重铬酸钾容量法;水解性氮采用碱解扩散法;有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法;速效钾采用中性醋酸铵浸提—火焰光度法;全氮采用半微量开氏法;全磷采用钼锑抗比色法;全钾采用火焰光度计法。

### 2.4 物种多样性指数与土壤因子的相关性

本文运用 SPSS 软件分析茶条槭群落物种多样



草 (*Carex rigescens*)、宽叶荨麻 (*Urtica laetevirens*)、鹅冠草 (*Roegneria kamoji*)、蝙蝠葛 (*Menispermum dauricum*) 等。

II. 茶条槭+鹅耳枥—连翘—羊胡子草+蛇莓群丛 (Asso. *Carpinus turczaninowii* + *Acer ginnala* — *Forsythia suspensa* — *Carex rigescens* + *Duchesnea indica*) 包含样方 1、2、3、4、5、6、7、8, 分布在海拔 1 300 m 左右的河岸两侧, 鹅耳枥为乔木层的优势种, 连翘为灌木层的优势种, 羊胡子草、蛇莓为草本层的优势种, 此群落中茶条槭高度 2~7 m, 盖度 40% 左右, 常见种有辽东栎、暴马丁香、土庄绣线菊、接骨木 (*Sambucus williamsii*)、卫矛 (*Euonymus alatus*)、美丽胡枝子 (*Lespedeza formosa*)、唐松草 (*Thalictrum aquilegifolium* var. *sibiricum*)、山马兰 (*Kalimeris lautureana*) 等。

III. 茶条槭+山杨—连翘—白羊草群丛 (Asso. *Acer ginnala* + *Populus davidiana* — *Forsythia suspensa* — *Bothriochloa ischcemum*) 包含样方 11、12、13、14、15, 分布在海拔 1 400 m 左右阴坡, 茶条槭、山杨为乔木层的优势种, 连翘为灌木层的优势种, 白羊草为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~7 m, 盖度 24% 左右, 常见种有白蜡树、暴马丁香、辽东栎、土庄绣线菊、六道木 (*Abelia biflora*)、羊胡子草、黄花蒿 (*Artemisia annua*)、木本香薷、唐松草、小车前 (*Plantago minuta*) 等。

IV. 茶条槭—连翘—野艾蒿群丛 (Asso. *Acer ginnala* — *Forsythia suspensa* — *Artemisia lavandulaefolia*) 包含样方 18、21、23、25, 分布在海拔 1 500 m 左右阳坡林缘, 茶条槭为乔木层的优势种, 连翘为灌木层的优势种, 野艾蒿为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 2~5 m, 盖度 44% 左右, 常见种有暴马丁香、土庄绣线菊、美丽胡枝子、蛇莓、白羊草、羊胡子草、湖南连翘 (*Hypericum ascyron*)、木本香薷、猪殃殃 (*Galium aparine* var. *tenerum*)、防风 (*Saposhnikovia divaricata*)、心叶堇菜 (*Viola conchordifolia*) 等。

V. 茶条槭—土庄绣线菊—野艾蒿+羊胡子草群丛 (Asso. *Acer ginnala* — *Spiraea pubescens* — *Artemisia lavandulaefolia* + *Carex rigescens*) 包含样方 16、17、19、20、22、24、26、27, 分布在海拔 1 500 m 左右阳坡林缘, 茶条槭为乔木层的优势种, 土庄绣线菊为灌木层的优势种, 野艾蒿、羊胡子草为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~8 m, 盖度 46%

左右, 常见种有白桦 (*Betula platyphylla*)、白羊草、蛇莓、木本香薷、牡蒿 (*Artemisia japonica*) 等。

VI. 茶条槭—虎榛子—唐松草+羊胡子草群丛 (Asso. *Acer ginnala* — *Ostryopsis davidiana* — *Thalictrum aquilegifolium* var. *sibiricum* + *Carex rigescens*) 包含样方 32、33、34、35、36、37、38, 分布在海拔 1 600 m 左右阳坡林缘, 茶条槭为乔木层的优势种, 虎榛子为灌木层的优势种, 唐松草、羊胡子草为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 2~6 m, 盖度 43% 左右, 常见种有暴马丁香、土庄绣线菊、美丽胡枝子、蛇莓、羊胡子草、野菊花、地榆 (*Sanguisorba officinalis*)、防风、仙鹤草 (*Agrimonia pilosa*) 等。

VII. 茶条槭+油松—水栒子—羊胡子草+野艾蒿群丛 (Asso. *Acer ginnala* + *Pinus tabulaeformis* — *Cotoneaster multiflorus* — *Carex rigescens* + *Artemisia lavandulaefolia*) 包含样方 28、29、30、31、41、44、45、46、47、48、49, 分布在海拔 1 600~1 700 m 的阳坡林缘处, 茶条槭、油松为乔木层优势种, 水栒子为灌木层优势种, 羊胡子草为草本层优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~8 m, 盖度 45% 左右, 常见种有暴马丁香、辽东栎、野山楂 (*Crataegus cuneata*)、土庄绣线菊、地榆、蛇莓、峨参 (*Anthriscus sylvestris*)、贯叶连翘 (*Hypericum perforatum*) 等。

VIII. 茶条槭+白桦—土庄绣线菊—白羊草群丛 (Asso. *Acer ginnala* + *Betula platyphylla* — *Spiraea pubescens* — *Bothriochloa ischcemum*) 包含样方 39、40、42、43、59、60、61、62、63、64, 分布在海拔 1 700~1 800 m 的河岸两侧, 茶条槭、白桦为乔木层的优势种, 土庄绣线菊为灌木层的优势种, 白羊草为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~7 m, 盖度 70% 左右, 常见种有山核桃 (*Carya cathayensis*)、毛叶水栒子 (*Cotoneaster submultiflorus*)、野山楂、蛇莓、野艾蒿 (*Artemisia lavandulaefolia*)、木本香薷、唐松草等。

IX. 茶条槭—土庄绣线菊—羊胡子草群丛 (Asso. *Acer ginnala* — *Spiraea pubescens* — *Carex rigescens*)

包含样方 50、51、52、53、54、55、56、57、58, 分布在海拔 1 800 m 左右的半阴坡, 茶条槭为乔木层优势种, 土庄绣线菊为灌木层优势种, 羊胡子草为草本层优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~13 m, 盖度约 60%, 常见种有东北茶藨子 (*Ribes mandshuricum*)、

高山早熟禾(*Poa alpina*)、蛇莓、牡蒿、心叶堇菜等。  
X. 茶条槭+油松-土庄绣线菊-羊胡子草群丛 (*Asso. Acer ginnala + Pinus tabulaeformis - Spiraea pubescens - Carex rigescens*) 包含样方 65、66、67、68、69、70、71、72、73, 分布在海拔 1 900 m 左右的半阳坡林缘, 茶条槭、油松为乔木层的优势种, 土庄绣线菊为灌木层的优势种, 羊胡子草为草本层的优势种, 此群落中的茶条槭高度 3~11 m, 盖度 84% 左右, 常见种有东北茶藨子、虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*)、野艾蒿、蛇莓、唐松草、歪头菜 (*Vicia unijuga*)、地榆、白芷 (*Angelica dahurica*)、银莲花 (*Anemone cathayensis*) 等。

3.2 茶条槭群落的物种多样性

七里峪茶条槭 10 种群落 73 个样地, 共记录维管植物 158 种, 其中乔木 16 种, 灌木 30 种, 草本

112 种。各群丛的多样性指数见表 1。

茶条槭群落乔木层丰富度指数最小, 其次是灌木层, 最大的是草本层。Simpson 多样性指数( $\lambda$ )与 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )的变化趋势基本一致, 几乎均表现为草本层>灌木层>乔木层。均匀度指数表现出与多样性指数基本相反的变化趋势, 即乔木层>灌木层>草本层。

各群丛总的丰富度指数以群丛 VII 最高, 其次是群丛 VIII。乔木层物种丰富度指数大小为: 群丛 III > II > VII > V > VIII > X = I > IV > VI = IX; 灌木层物种丰富度大小为 II > VII > III > VIII > IX > X > V > VI > IV > I; 草本层物种丰富度大小为 VIII > VII > X > IX > VI > V > II > III = IV > I。

茶条槭群落的多样性指数呈现出与丰富度指数基本一致的变化趋势。茶条槭+山杨-连翘-白羊

表 1 不同群丛的物种多样性  
Table 1 Species diversity of different associations

群丛类型 Asso. Type	D			$\lambda$			$H'$			Ea		
	乔木层 Arboreal layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	乔木层 arborous layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	乔木层 arborous layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	乔木层 Arboreal layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer
I	7	13	33	0.798	0.897	0.960	1.788	1.700	1.142	0.051	0.026	0.020
II	12	39	52	0.877	0.958	0.975	2.263	3.205	2.967	0.016	0.002	0.001
III	14	32	41	0.892	0.952	0.968	2.440	3.228	3.267	0.012	0.002	0.001
IV	6	17	41	0.771	0.884	0.964	1.635	2.383	3.210	0.072	0.013	0.002
V	9	22	53	0.817	0.913	0.973	1.934	2.688	2.961	0.038	0.007	0.001
VI	5	20	62	0.667	0.921	0.978	1.326	2.725	2.876	0.181	0.006	0.001
VII	19	38	80	0.842	0.936	0.912	2.026	3.000	2.276	0.028	0.004	0.011
VIII	8	30	82	0.802	0.941	0.961	1.814	3.064	2.616	0.048	0.003	0.003
IX	5	25	65	0.719	0.931	0.969	1.401	2.914	2.727	0.128	0.004	0.002
X	7	24	68	0.793	0.945	0.972	1.739	3.026	2.721	0.056	0.003	0.002
Mean	9.2	26	57.7	0.798	0.928	0.963	1.837	2.793	2.676	0.063	0.007	0.004

表 2 多样性指数与环境因子的相关系数  
Table 2 Correlation coefficients of diversity indexed and environmental factors

项目 Item	速效氮 AN (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效磷 AP (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾 AK (mg · kg <sup>-1</sup> )	土壤全氮 N (mg · kg <sup>-1</sup> )	土壤全磷 P (mg · kg <sup>-1</sup> )	土壤全钾 K (mg · kg <sup>-1</sup> )	pH 值 pH value	含水量 MC (%)	土壤有机质 OR (mg · kg <sup>-1</sup> )
D	0.407	0.279	0.352	0.483	-0.097	-0.340	-0.260	0.249	0.340
$\lambda$	-0.796*	-0.667	-0.902**	-0.691	0.026	0.075	0.151	-0.689	-0.788*
$H'$	-0.685	-0.617	-0.848*	-0.648	0.006	0.016	0.288	-0.648	-0.718
Ea	-0.592	-0.502	-0.771*	-0.578	-0.204	-0.080	0.217	-0.385	-0.579

\* P<0.05, \*\* P<0.01。

草群丛 III 的多样性指数最高, 依次为群丛 II、VII、V、VIII、X、I、IV、IX, 多样性指数最低为群丛 VI。茶条槭群落草本层中的多样性指数最高, 其次是灌木层, 最小的是乔木层。

茶条槭群落均匀度指数呈现出与丰富度指数、物种多样性指数相反的变化趋势。不同群丛均匀度

指数从大到小依次为: VI > IX > IV > I > X > VIII > V > VII > II > III。其中乔木层的均匀度指数最高为 0.063, 草本层居中, 灌木层最低, 仅 0.007。

沿着海拔梯度, 各物种多样性指数随海拔增加出现波动, 乔木层丰富度指数(D)先增后降再增再降的趋势, 1 700 m 的茶条槭群落乔木层丰富度指

数最高, 1 600 m 和 1 800 m 的最小; 灌木层与草本层丰富度指数表现出与乔木层相似的变化趋势。Simpson 多样性指数( $\lambda$ ), 1 400 m 的茶条槭群落乔木层最高, 其次是 1 300 m; 灌木层与乔木层表现出不一样的变化趋势, 1 300 m 最高, 1 400 m 其次; 草本层最高值出现在 1 600 m, 最小出现在 1 700 m。Shannon-Wiener 指数( $H'$ )呈现出与 Simpson 指数不一样的变化趋势, 不管是乔木层, 灌木层还是草本层, 最高值均出现在 1 400 m。1 600 m 乔木层的均匀度指数最大, 灌木层和草本层的均匀度指数最大值出现在 1 200 m。

### 3.3 茶条槭群落物种多样性与环境关系分析

3.3.1 与海拔的相关关系 茶条槭群落各层次的物种丰富度、物种多样性指数和均匀度指数和海拔的相关性表明, 灌木层和草本层的各项指数与海拔之间没有显著的相关性; 乔木层的丰富度指数与海拔有着显著的负相关关系( $R = -0.868, P < 0.05$ ), 随着海拔的上升呈现减少的趋势, 乔木层多样性指数和均匀度指数与海拔之间的关系不显著。说明海拔不是影响茶条槭群落各多样性指数的主要因素。

3.3.2 与土壤因子的相关关系 表 2 为多样性指数与环境因子的相关系数表, 从表 2 可以看出, 丰富度指数与环境因子的相关性不显著; Simpson 指数与速效钾呈现极显著的负相关, 与水解性氮和有机质呈现显著的负相关; Shannon-wiener 指数及均匀度指数与速效钾具有显著的负相关关系。

## 4 结论与讨论

### 4.1 茶条槭群落的分布特征

山西七里峪茶条槭群落中的植物种类并不是特别丰富, 共调查到种子植物 214 种, 分属 54 科 156 属, 主要分布在海拔 1 400 ~ 1 800 地段。采用 TWINSpan 将七里峪茶条槭群落 73 个样方划分为 10 个群丛: 茶条槭—连翘—木本香薷群丛, 鹅耳枥+茶条槭—连翘—羊胡子草+蛇莓群丛, 茶条槭+山杨—连翘—白羊草群丛, 茶条槭—连翘—野艾蒿群丛, 茶条槭—土庄绣线菊—野艾蒿+羊胡子草群丛, 茶条槭—虎榛子—唐松草+羊胡子草群丛, 茶条槭+油松—水栒子—羊胡子草+野艾蒿群丛, 茶条槭+白桦—土庄绣线菊—白羊草群丛, 茶条槭—土庄绣线菊—羊胡子草群丛, 茶条槭+油松—土庄绣线菊—羊胡子草群丛。

茶条槭主要生活在杂林, 在 1 200 ~ 1 300 m 海拔较低的群落环境中, 茶条槭的盖度较高; 在 1 400 m 海拔地段中, 茶条槭群落的盖度出现最低值, 可能由于茶条槭生长在阴坡, 生境条件较差, 数量较少; 在 1 400 m 以上, 出现了以茶条槭为乔木层优势种的群落。茶条槭在中高海拔处数量明显增加, 在高海拔, 茶条槭主要为成年大树, 是乔木层的优势种, 在群落的盖度较大。

### 4.2 茶条槭群落的物种多样性

群落各项物种多样性指数与群丛类型和结构有关, 第一, 丰富度指数随群落中物种数量增加而增加; 第二, 群落结构越复杂, 丰富度指数和多样性指数越大, 均匀度指数越小(张忠华等, 2008)。茶条槭各群丛丰富度指数和多样性指数变化趋势基本相同, 但均匀度指数却不是很高。说明茶条槭群落环境较为优越, 物种多样性高, 群丛土壤有机质含量较高, 干扰相对较小, 生境对物种有较大容纳量。物种多样性较高, 但种间个体数差异较大, 因而均匀度较低。

群丛 III 和 VII 的丰富度指数和多样性指数都较高, 表明其物种多样性丰富, 原因与其分布地、人为干扰等因素有关: 群丛 III 和 VII 分别位于七里峪 1 400、1 600 和 1 700 m 处, 适宜的阳光使得水热条件配合好, 植物种类丰富, 各种植物的配置均匀, 同时一个海拔较高, 一个海拔较低, 旅游、放牧等人为干扰较少, 所以群丛所含物种较多, 多样性指数较高; 群丛 III 乔木层除了茶条槭之外, 还伴生有山杨、辽东栎、元宝枫等, 灌木层有连翘、土庄绣线菊、虎榛子等, 草本层有白羊草、唐松草、小车前、黄花蒿、木本香薷等; 群丛 VII 还有暴马丁香、野山楂、地榆、蛇莓、峨参等。群丛 I 的丰富度指数和多样性指数都较低, 该群丛位于 1 200 m 处, 邻近村庄, 受放牧、旅游等认为干扰, 使得物种数目减少, 丰富度和多样性降低。

群落结构是群落中植物与植物之间、植物与环境之间相互关系的可见标志, 同时也是群落其它特征的基础, 因此从群落结构角度来研究茶条槭群落的物种多样性具有一定的生态学意义(高昆等, 2008)。分别计算茶条槭群落各群丛乔、灌、草各层的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数。由表可知, 10 个群丛的丰富度指数均为草本层高于灌木层高于乔木层, 这是由于各群丛草本层的物种数大于或等于灌木层的物种数, 而灌木层的物种数又高于乔木层的物种数, 表明茶条槭群落的物种丰富度主要有草本层丰富度决定。优势度指数  $\lambda$  的变化

与各群丛的丰富度指数变化相同。

但各群丛草本层、灌木层、乔木层物种丰富度指数和均匀度指数的变化出现分异现象,这主要与群落内某个种群的绝对数量多少及其在群落内的分布有关。在一个特定群落内的乔木、灌木或草本层丰富度指数与物种总数成正比,与总个体数成反比,与个体数在群落内的分布无关,而均匀度指数强调个体在群落内的分布,即群落内个体数分布越均匀,均匀度指数就越高。在某一层级内,当物种丰富度和均匀度指数都高时,多样性指数也高,当丰富度指数低且种群分布不均匀时,多样性指数就低(高昆等,2008),如群丛Ⅶ草本层的丰富度指数和均匀度指数都较高,其多样性指数也较高。因此,一个具有较低物种丰富度指数和较高均匀度指数的群落,其多样性指数可能和一个物种丰富度指数大而均匀度指数低的群落相同(张金屯,2004;高昆等,2008)。

除群丛Ⅶ外,各群丛均匀度指数都是乔木层高于灌木层高于草本层,这是因为尽管乔木层的物种数少于灌木层,灌木层的物种数少于草本层,但各物种的个体数分布较均匀,优势种、伴生种与稀有种的数量差异较小(高昆等,2008)。而草本层物种数量虽多,但各物种个体数分布不均匀,优势种明显,如野艾蒿、羊胡子草等,因而均匀度指数低于灌木层、乔木层。群丛Ⅶ灌木层物种数明显多于草本层,但分布不均匀,使得均匀度指数低于草本层。各群丛内乔木层、灌木层、草本层的 Simpson 多样性指数,除群丛Ⅶ外,均表现为草本层>灌木层>乔木层。群丛Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ的 Shannon-Wiener 指数变化趋势与 Simpson 多样性指数相同,在群丛Ⅱ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ中,Shannon-Wiener 指数为灌木层>草本层>乔木层,而群丛Ⅰ则是乔木层>灌木层>草本层。

环境因子对植物物种丰富度、多样性和均匀度的影响复杂。在影响茶条槭群落物种多样性环境因子中,速效钾、土壤有机质和土壤含水量等是重要因素。由于生境条件的差异,如土壤层厚度及有机质和水分含量等条件的变化,均能导致物种多样性出现波动。在茶条槭群落各群丛中,茶条槭+白桦+土庄绣线菊+白羊草群丛的物种丰富度指数、多样性指数、均匀度指数都较高,而茶条槭+连翘+木本香薷群丛的物种丰富度指数、多样性指数、均匀度指数都较低。这是由于前者分布在海拔 1 700~1 800 m 的河岸两侧,坡度为较为平缓的阳坡,土层较厚,水热条件组合好,群落盖度达 70%,中生植物较多,

有山核桃、连翘、白桦、土庄绣线菊、白羊草等,而后者各项指数都低于前者,其主导因子是土壤,茶条槭+连翘+木本香薷群丛分布于海拔 1 200 m 地段内的半阴坡,生境较为湿润,土层较薄。乔木层茶条槭为单优势种,灌木层优势成分突出,主要为连翘,群落结构较为简单,因而物种丰富度指数、多样性指数较低,加上放牧、人为践踏和砍伐等干扰,也使得该群丛各项指数较低。

由于近年来七里峪旅游业发展较快,旅游活动对茶条槭群落的结构、种类组成、物种多样性和动态演替等产生了重大影响。旅游、放牧等人为干扰因素使得茶条槭群落中优势种茶条槭呈灌木状,地面分支较多,没有明显的主干,同时优势度有所降低,伴生种类增加,如杜梨、东北茶藨子、虎榛子等。因此,在发展旅游业的同时,应对茶条槭群落的生境采取保护措施。

#### 参考文献:

- 张金屯. 2004. 数量生态学[M]. 北京:中国科学技术出版社: 77-97
- 郝晓杰. 2009. 霍山七里峪茶条槭种群生态学研究[D]. 硕士学位论文, 山西师范大学
- Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, et al. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services[J]. *Ecol Lett*, 9(10): 1 146-1 156
- Jernvall J, Fortelius M. 2004. Maintenance of trophic structure in fossil mammal communities site occupancy and taxon resilience [J]. *Am Nat*, 164(5): 614-623
- Lepš J, Šmilauer P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO[D]. Cambridge: Cambridge University
- Gao K(高昆), Zhang F(张峰). 2008. Characteristics of species diversity in *Juglans mandshurica* communities in Lishan Nature Reserve, Shanxi(历山山核桃群落物种多样性特征)[J]. *Ecol Environ(生态环境)*, 17(6): 2 336-2 340
- Li JP(李晋鹏), Shang Guan TL(上官铁梁), Guo DG(郭东罡), et al. 2008. Study on relationship between species diversity of plant community and environment in South Lvliang Mountains, Shanxi(山西吕梁山南段植物群落物种多样性与环境的关 系)[J]. *J Mountain Sci(山地学报)*[J], 26(5): 612-619
- Li JL(李军玲), Zhang JT(张金屯). 2006. Plant species diversity in the middle part of the Taihang Mountain(太行山中段植物群落物种多样性与环境的关 系)[J]. *Chinese J Appl Environ Biology(应用于环境生物学报)*, 12(2): 766-771
- Meng HJ(孟好军), Liu JQ(刘建泉), Liu XD(刘贤德), et al. 2011. Species composition and vertical distribution pattern of a diversity of the *Picea crassifolia* community in Qilian mountains of Gansu, China(祁连山青海云杉群落物种组成及 α 多样性垂直分布)[J]. *Ecol Environ Sci(生态环境学报)*, 20(3): 435-440
- Sun JR(苏建荣), Liu WD(刘万德), Lang XD(郎学东), et al. (下转第 309 页 Continue on page 309)

类短命植物水分和养分的储存提供了足够的细胞空间(秦佳梅等,1998;Lapointe,2001),为该植物每年长达 10 个月的休眠提供了安全保障。

### 3.3 花解剖结构及其生态适应性

花被片中维管束发达是新疆猪牙花的一大特点。文献记载中新疆猪牙花的花被片虽只有 6 枚,下部白色、上部紫红色、反折,但实际调查中发现其花部多样性十分丰富,花被片数目 3、6、9 枚不等,长约 3 cm,花被颜色有白色/紫红色相间、白色/粉红色相间、紫色/粉红色相间、纯白色等多种(图版 II:10-12)。花色是花展示中的一个重要特征,在吸引昆虫访花,提高授粉效率方面有很重要的生物学意义。新疆猪牙花一方面植株矮小,林下环境光线较弱,不易引起昆虫觉察;另一方面,由于花期环境温度较低,访花昆虫种类稀少(笔者野外实地调查结果),存在传粉者竞争。因此,强烈反折的花被片、多样的花色与数量各异的花被片及较长的单花花期对新疆猪牙花有性繁殖成功均具有重要意义。发达的维管组织对维持花被片薄壁细胞的膨压,维持单花近 7 d 花期内花被片的强烈反折形态具有关键作用。

### 参考文献:

中国植物志编辑委员会. 1980. 中国植物志(第 14 卷)[M]. 北京:科学出版社  
 Harper JL. 1967. A Darwinian approach to plant ecology[J]. *J Ecol*, **55**:247-270  
 Hoffmann MH, Ermakov NB. 2008. Biogeographical study of West Siberian hemiboreal forest associations with species range overlay methods[J]. *Flora-Morphol Distr Funct Ecol Plant*, **203**(3):234-242  
 Houle G. 2002. The advantage of early flowering in the spring ephemeral annual plant *Floerkea proserpinacoides*[J]. *New Phy-*

*tol*, **154**(3):689-694

Hu XH(胡兴华), Li JW(李洁维), Jiang QS(蒋桥生), et al. 2010. Responses of leaf characters of *Camellia nitidissima* to different light environments(金花茶叶片性状对不同光环境梯度的响应)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(3):355-361  
 Lapointe L. 2001. How phenology influences physiology in deciduous forest spring ephemerals[J]. *Physiol Plantarum*, **113**(2):151-157  
 Ma M(马森), Li B(李博), Chen JK(陈家宽). 2006. Convergent adaptation of desert plants to their arid habitats(荒漠植物的趋同适应)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **26**(11):3 861-3 869  
 McKenna MF, Houle G. 2000. Why are annual plants rarely spring ephemerals[J]. *New Phytol*, **148**(2):295-302  
 Oguchi R, Hikosaka K, Hiura T, et al. 2006. Leaf anatomy and light acclimation in woody seedlings after gap formation in a cool-temperate deciduous forest[J]. *Oecologia*, **149**(4):571-582  
 Qin JM(秦佳梅), Tian H(田洪), Zhang WD(张卫东). 1998. A good garden flower in early spring: *Erythronium sibiricum*(早春绿化良种猪牙花)[J]. *Jilin Agric*(吉林农业), (12):16  
 Shi HY(施海燕), Wang YF(王一峰), Gao HY(高宏岩). 2010. Adaptation of anatomical structures of the leaves of *Saussurea stella* Maxim to the alpine environment(星状雪兔子植物叶的解剖结构对高山环境的适应性)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(5):621-625  
 Tang WP(唐为萍), Chen SS(陈树思). 2005. Study on anatomical structure of leaf of *Aquilaria agallocha*(沉香叶解剖结构的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **25**(3):229-232  
 Tang ZH(唐中华), Guo XR(郭晓瑞), Yu JH(于景华), et al. 2007. Effects of low light intensity on changes of soluble sugars, alkaloids and phytohormones in *Catharan thusroseus* seedlings(弱光对长春花幼苗中可溶性糖、生物碱及激素含量的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **27**(11):4 419-4 424  
 Xu XL(徐小林), Zheng XF(郑兴峰), Jin B(金彪). 2006. Study on anatomical structure of vegetative organ of *Yucca gloriosa*(凤尾兰营养器官解剖结构研究)[J]. *J Xuzhou Norm Univ*(徐州师范大学学报), **24**(3):64-66  
 Zhang JL(张金龙), Hu BZ(胡宝忠). 2009. Research advance in spring ephemerals(早春类短命植物的研究进展)[J]. *J North-east Agric Univ*(东北农业大学学报), **40**(6):122-126

( 上接第 332 页 Continue from page 332 )

2010. The relationships of *Paeonia ludlowii* and habitat community characteristics(濒危植物大花黄牡丹与生境地群落特征的关系)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), **23**(4):487-492  
 Tian ZP(田中平), Zhuang L(庄丽), Li JG(李建贵), et al. 2011. Relationship between community structure of wild fruit forests and their environment on north-facing slopes of the Iri Valley(伊犁河谷北坡野果林群落结构及其与环境的关系)[J]. *Chinese J Appl Environ Biology*(应用与环境生物学报), **17**(1):39-45  
 Wang YQ(王煜倩), Nie EB(聂二保). 2009. Quantitative analysis of the *Vitex negundo* var. *heterophylla* communities in Taihang Mountain, Shanxi Province(山西太行山南段峡谷区荆条灌丛数量分析)[J]. *Pratacultural Sci*(草业科学), **26**(11):32-36  
 Yan N(闫女), Wang D(王丹), Gao YH(高亚卉), et al. 2010.

Genetic diversity of *Acer ginnala* populations at different elevation in Qiliyu based on ISSR markers(七里峪不同海拔茶条槭种群的遗传多样性)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **46**(10):50-56

Zhong ZH(张忠华), Hu G(胡刚), Liang SC(梁士楚). 2008. Numerical classification and species diversity of *Cinnamomum burmannii* community in karst hills of Guilin(桂林岩溶石山阴香群落的数量分类及其物种多样性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(2):191-196  
 Zhao JM(赵晶明), Zhang YL(张玉兰), Yu LM(于立明), et al. 2003. The seed selection and its specialwoods foster of *Acer ginnala*(茶条槭良种选择及其专用林培育)[J]. *Special Economic Animal and Plant*(特种经济动植物), **5**:18