

DOI: 10.5846/stxb202004140886

张童, 林乐乐, 黄治昊, 王泳腾, 彭杨靖, 苏腾伟, 崔国发. 燕山山脉软枣猕猴桃的居群结构与动态研究. 生态学报, 2021, 41(4): 1412-1420.

Zhang T, Lin L L, Huang Z H, Wang Y T, Peng Y J, Su T W, Cui G F. Population structure and dynamics of *Actinidia arguta* in the Yanshan Mountains. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(4): 1412-1420.

燕山山脉软枣猕猴桃的居群结构与动态研究

张 童, 林乐乐, 黄治昊, 王泳腾, 彭杨靖, 苏腾伟, 崔国发*

北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083

摘要:为探究层间藤本植物软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*)在群落中的生长格局和居群动态变化,以燕山区域内的野生软枣猕猴桃为研究对象,采用样圆法分区域进行了野生软枣猕猴桃的居群结构调查,编制了特定时间生命表并绘制存活曲线。结果表明:燕山区域 I—II 径级(幼苗阶段)种群个体分别占总数量的 15.39%(东段)、31.25%(中段)和 30.76%(西段),总体居群结构呈“倒金字塔”型,种群表现出衰退趋势。调查区域软枣猕猴桃的高度结构基本符合连续发育特征,相对完整。燕山东段和中段的软枣猕猴桃较明显地趋近 Deevey-II 型指数函数模型,燕山西段介于 Deevey I 型与 II 型之间,但更接近 II 型;燕山山脉软枣猕猴桃居群整体呈现衰退型特征。软枣猕猴桃有较高的保护价值,但其居群数量稀少,自然更新能力较弱,种群未来的生长繁衍不容乐观,应加强关注与保护力度。

关键词:燕山山脉;软枣猕猴桃;年龄结构;生命表;存活曲线

Population structure and dynamics of *Actinidia arguta* in the Yanshan Mountains

ZHANG Tong, LIN Lele, HUANG Zhihao, WANG Yongteng, PENG Yangjing, SU Tengwei, CUI Guofa*

School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: *Actinidia arguta* is an interlayer plant found in forest communities and is a second-class key protected wild plant of China, yet this species has not received adequate attention in previous studies. Comparative study of the vertical pattern of *A. arguta* in the community in the same mountain range is conducive to the induction of the main causes affecting the population structure and distribution pattern of the species. To explore the growth pattern and population dynamic change of *A. arguta*, an interlaminar liana plant in the community, the population structure of wild *A. arguta* in eight national nature reserves in the Yanshan area was investigated using the sample circle method. A specific time life table of *A. arguta* was compiled and a survival curve was drawn. The results showed that (1) The number of individuals in diameter class I—II (seedling stage) accounted for 15.39% (east section), 31.25% (middle section), and 30.76% (west section) of the total population, all of which were not more than half of the total population. With the increase of diameter class, except for the fluctuation in the west section of Yanshan Mountain, the number of individuals in the middle and east sections decreased gradually and the overall population structure of *A. arguta* was an “inverted pyramid” type, showing a decreasing trend. (2) The height structure of *A. arguta* in the survey area conformed to the characteristics of continuous development and was relatively complete. The height structure of the eastern section of Yanshan was generally low, with grade I (< 5 m) accounting for 51.62% and no grade IV (> 15 m) plants; trees were distributed in each height level of the middle section of Yanshan, with grade II height (5—10 m) accounting for 58.80% of the total; no grade IV (> 15 m) plants appeared in the western section of Yanshan; however, the distribution of grade I and grade II (0—10 m) plants was uniform, accounting for 15.38% each, and the third grade (10—15 m) accounted for 69.24%. (3) In the east and middle

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0507203)

收稿日期:2020-04-14; 网络出版日期:2020-12-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fa6716@163.com

sections of Yanshan, *A. arguta* was obviously close to Deevey II index function model. In the west section of Yanshan, it was between Deevey I and II, but was closer to II. The survival curve was consistent with the results of the life table. The overall population structure of *A. arguta* in the Yanshan region showed a declining pattern. As an important germplasm resource in China, *A. arguta* is widely distributed in the Yanshan area; however, the population is seriously damaged and the species is rare. To promote the sustainable population of *A. arguta*, the protection and management of this species should be strengthened by investigating the natural distribution of wild *A. arguta* populations and conducting a scientific analysis of the investigated species and the surrounding environment.

Key Words: Yanshan Mountain; *Actinidia arguta*; age structure; life table; survivorship curve

植物居群结构是植物居群的基本特征,包括居群的数量、年龄、性比、密度、高度等结构要素,反映出种群的生存状况、受干扰状态及其未来发展趋势,在一定程度上可表示出居群和环境之间的相互关系及其在群落中的地位、作用^[1-3]。在居群动态研究中,年龄结构对分析以往居群结构、目前受干扰状态和预测未来居群动态有重要意义,是分析居群动态的基础指标^[4]。编制生命表、绘制存活曲线等手段是研究植物居群结构与数量动态变化的主要方法,结合生存分析函数,将抽象的数据量化,直观显示出居群内不同径级个体数量的变化,对揭示居群生存现状具有重要意义^[5-6]。

软枣猕猴桃 *Actinidia arguta* 是猕猴桃科 Actinidiaceae 猕猴桃属 *Actinidia* 大型落叶藤本。软枣猕猴桃的根茎叶均可入药,并具有止泻、清热等功效;果实光滑无毛、食用方便且营养丰富,富含多酚类、维生素和 20 多种氨基酸。目前对软枣猕猴桃的研究主要集中在果实品质^[7-9]、植物栽培^[10-12]和化学成分^[13-14]研究等方面。据《中国植物志》记载,中国从最北的黑龙江岸至南方广西境内的五岭山地均有软枣猕猴桃分布。但根据实地走访调查发现软枣猕猴桃人工种植比例低、苗木价格高、人工种植成活率低等原因导致软枣猕猴桃种植成本居高不下,进而导致野生软枣猕猴桃的采摘与破坏情况日益严重,使得野生软枣猕猴桃数量锐减。软枣猕猴桃作为《国家重点野生动植物保护名录》(第二批)中国家二级保护野生植物和森林群落中的层间植物,并未受到应有的关注。比较研究同一山脉软枣猕猴桃居群的垂直格局,有利于归纳影响物种生长分布的根本原因。本文燕山区域内野生软枣猕猴桃为研究对象,旨在通过对软枣猕猴桃不同居群的空间分布格局和动态的研究,探究其格局的成因和阐述居群的动态变化。

1 研究区域概况

燕山山脉南邻华北平原,东濒渤海,西连黄土高原,北接蒙古高原,是华北平原向蒙古高原过渡的区域。行政区域上包括河北省、北京市两地的北部山区,东西长约 500 km,南北宽约 150 km^[15]。燕山山脉西起北京的关沟地区,东至渤海。燕山山脉是阻隔风沙东移南迁的重要自然屏障,是蓟运河、潮白河等水库的水源地,同时也是重要的旅游景观区和生态景观区,在促进首都社会经济发展、维护北京生态安全中具有举足轻重的地位,有着巨大的生态价值,发挥着极其重要的生态作用^[16-18]。

燕山山地属温带大陆性季风气候区,北与内蒙古高原接壤,降雨分布不均,主要集中在夏季,风大风频,土壤风蚀与水蚀交互发生,土地沙化和水土流失较为严重^[19]。燕山山地和华北地区具有典型的代表性,对于指导华北地区软枣猕猴桃在石质山地乃至相同类型的地区迁地保护具有重要的指导意义。

针对燕山山地的东段、中段和西段 3 个区域共 8 个自然保护区分别进行调查(图 1,表 1)。

2 研究方法

2.1 样方设置和野外调查

经充分走访踏查,发现燕山山脉的软枣猕猴桃分布较为分散且数量不一,因此选择在 8 个小气候不同的自然保护区进行调查(表 1)。软枣猕猴桃为藤本植物,存在缠绕附近高大乔木或铺地生长等情况,故选择样

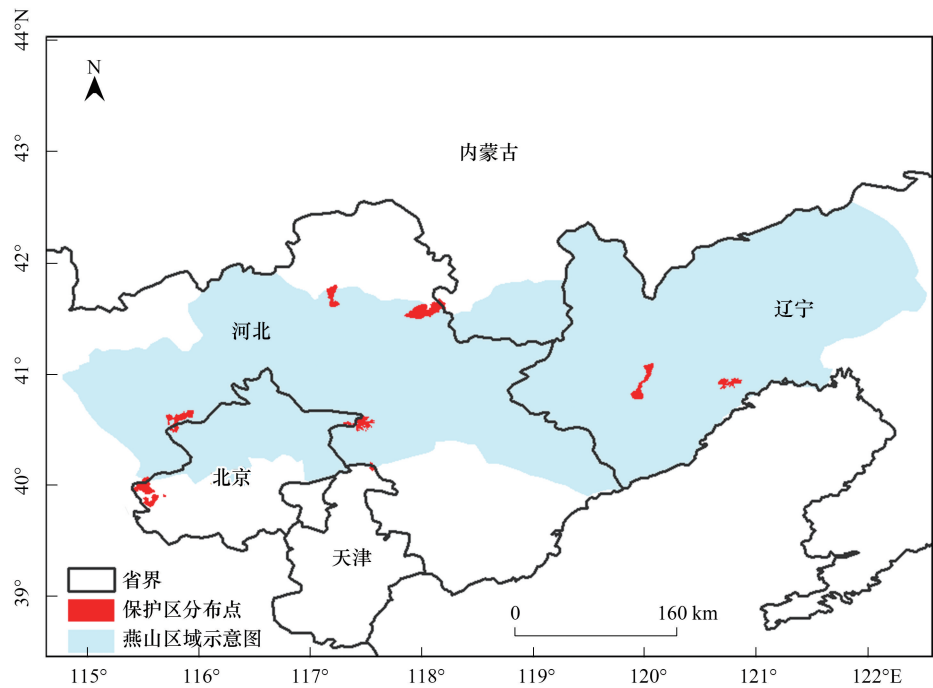


图 1 燕山山脉示意图

Fig. 1 Sketch map of the Yanshan Mountains

圆法进行野外调查^[20-21]。根据事先踏查情况总结,本文样圆半径设置为 5 m,样圆面积达 78.5 m²。共计设置了 35 个样圆,总面积达 2747.5 m²。

利用 GPS 定位,以目标物种为中心,记录样圆内软枣猕猴桃的地径、主干高度、缠绕高度等指标,同时记录样圆内出现的乔木、灌木(藤本)植物种类、数量、胸径、盖度及高度等指标。

表 1 样地基本特征

Table 1 Characteristics of different sample areas

编号 Number	名称 Name	地理位置 Geographical	海拔 Altitude/m	年均温 Annual average temperature/℃	年降水量 Annual precipitation/mm	年平均日照 Annual sunshine hours/h
A	辽宁白狼山国家级自然保护区	119°52'30"—120°04'04"N 40°46'28"—41°05'53"E	1000—1500	9	430	2672.7
B	辽宁红螺山国家级自然保护区	120°39'22"—120°52'17"N 40°52'00"—40°57'59"E	900.8—710	8.2—9.2	560—630	2692—2842
C	河北茅荆坝国家级自然保护区	117°08'21"—118°13'06"N 41°29'57"—41°47'53"E	580—1860	7.9	537.6	2600
D	河北雾灵山国家级自然保护区	117°17'—117°35'N 40°29'—40°38'	2118	7.6	763	2870
E	天津八仙山国家级自然保护区	117°31'55"—117°33'53"N 40°10'47"—40°13'56"E	1052	10	800	2700
F	北京百花山国家级自然保护区	115°25'—115°42'N 39°48'—40°05'	2049	6—7	450—720	2657.6
G	北京松山国家级自然保护区	115°43'44"—115°50'22"N 40°29'9"—40°33'35"E	629—2198	8.5	493	2836.3
H	河北大海陀国家级自然保护区	115°42'57"—115°57'N 40°32'14"—40°41'40"E	870—2241	5.5	483.3	2827

2.2 种群结构的划分

2.2.1 相对年龄结构

种群的年龄结构是指种群内不同年龄的个体在种群内的所占比例与数量情况^[22]。相对年龄结构分级:用立木的大小级代替相对年龄结构的方法常被用来分析具有明显主干树木的年龄结构分析^[23]。软枣猕猴桃为大型落叶木质藤本。地径指苗木靠近地表面处的直径(《花卉术语》LY/T 1589—2000)。利用地径来划分软枣猕猴桃的年龄结构,其根茎向下扎根较深,经抽样测量软枣猕猴桃的根离地 0 cm 处、10 cm 处、50 cm 处、120 cm 处的直径,发现 0—50 cm 区间内软枣猕猴桃的地径基本一致。因此,本文利用软枣猕猴桃离地 0 cm 处的地径来代替相对年龄结构的方法分析其年龄结构,调查数量共计 132 株。

本文将软枣猕猴桃的地径分为 7 级。Ⅰ级:地径<2 cm;Ⅱ级:地径 2—4 cm;Ⅲ级:地径 4—6 cm;Ⅳ级:地径 6—8 cm;Ⅴ级:8—10 cm;Ⅵ级:10—12 cm;Ⅶ级:>12 cm(表 2)。由于藤本植物生长极为旺盛,依据此分级标准将调查样地内所研究居群的个体进行分级统计,绘制居群立木级分布图。

表 2 软枣猕猴桃不同居群的年龄结构

Table 2 Age structure of different populations of *Actinidia arguta*

区域 Region	径级 Diameter class	径级指标/cm Diameter indexes	生长期 Growing period	株数/株 Number of seedling	所占比率/% Percentage
东段 Eastern region	Ⅰ	<2	幼苗	1	3.85
	Ⅱ	2—4		3	11.54
	Ⅲ	4—6	小径级藤本	10	38.46
	Ⅳ	6—8		4	15.38
	Ⅴ	8—10	中等径级藤本	3	11.54
	Ⅵ	10—12		2	7.69
	Ⅶ	>12	大径级藤本	3	11.54
共计 Total				26	100.00
中段 Middle region	Ⅰ	<2	幼苗	7	8.75
	Ⅱ	2—4		18	22.50
	Ⅲ	4—6	小径级藤本	23	28.75
	Ⅳ	6—8		16	20.00
	Ⅴ	8—10	中等径级藤本	11	13.75
	Ⅵ	10—12		4	5.00
	Ⅶ	>12	大径级藤本	1	1.25
共计 Total				80	100.00
西段 Western region	Ⅰ	<2	幼苗	4	15.38
	Ⅱ	2—4		4	15.38
	Ⅲ	4—6	小径级藤本	5	19.23
	Ⅳ	6—8		2	7.70
	Ⅴ	8—10	中等径级藤本	6	23.08
	Ⅵ	10—12		5	19.23
	Ⅶ	>12	大径级藤本	0	0.00
总计 Total				26	100.00

2.2.2 高度结构

高度结构分级:软枣猕猴桃为落叶藤本缠绕植物,在生长过程中借助乔木树种作为支柱向上生长。因此以缠绕的最高乔木高度为准;若无缠绕乔木情况,则以软枣猕猴桃铺地长度为高度计算,用以反映居群内个体在垂直空间的结构状况和动态特征。因样圆内出现多株软枣猕猴桃同时缠绕一株乔木的情况,故此本次调查共记录 117 株软枣猕猴桃的高度数据。依据文献和实际调查情况,本文以 5 m 为一个高度级统计各居群内的

软枣猕猴桃相对高度,并绘制高度级分布图^[24-26](表3)。

表3 软枣猕猴桃不同居群的高度结构

Table 3 Height structure of different populations of *Actinidia arguta*

区域 Region	高度级 Height class	高度指标/m Height index	株数/株 Number of seedling	所占比率/% Percentage
东段 Eastern region	I	<5	16	51.62
	II	5—10	9	29.03
	III	10—15	6	19.35
	IV	>15	0	0.00
共计 Total			31	100.00
中段 Middle region	I	<5	12	16.44
	II	5—10	43	58.90
	III	10—15	13	17.81
	IV	>15	5	6.85
共计 Total			73	100.00
西段 Western region	I	<5	2	15.38
	II	5—10	2	15.38
	III	10—15	9	69.24
	IV	>15	0	0.00
总计 Total			13	100.00

2.3 静态生命表的编制

生命表是描述种群死亡过程的有用工具,其能反映种群多个世代重叠的年龄动态过程中的一个特殊时间^[27]。因调查软枣猕猴桃是野生种群,利用不同径级结构的个体数来研究特定时间内的种群动态,以径级为自变量,存活株树为因变量拟合方程,同时编制软枣猕猴桃静态生命表^[28-29]。

公式如下:

$$l_x = \frac{a_x}{a_0} \times 100 \tag{1}$$

$$D_x = l_x - l_{x+1} \tag{2}$$

$$q_x = \frac{d_x}{l_x} \times 100\% \tag{3}$$

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2} \tag{4}$$

$$T_x = L_x + L_{x+1} + \cdots + L_{x+n} \tag{5}$$

$$e_x = \frac{T_x}{l_x} \tag{6}$$

式中,-表示负值; x 为年径级; a_x 为每个径级的个体数; l_x 为 x 径级开始时标准化存活个体数; d_x 为从 x 到 $x+1$ 径级间隔期内标准化死亡数; q_x 为从 x 到 $x+1$ 径级间隔期内的死亡率; L_x 为从 x 到 $x+1$ 径级间隔期内的存活个体数, T_x 为从 x 为年径级至更高径级的个体总数。

2.4 存活曲线拟合

研究种群的死亡过程常用存活曲线来描述。曲线分为3种类型:I型是凸型的存活曲线。表示种群再接近于生理寿命之前,只有个别的死亡,即几乎所有个体都能达到生理寿命。II型呈对角线的存活曲线。表示各年龄期的死亡率是相等的。III型:凹型的存活曲线。表示幼体的死亡率很高,以后的死亡率低而稳定^[30]。

3 结果与分析

3.1 不同居群的相对年龄结构

根据调查结果统计显示,在燕山山脉 3 个区域居群样地内软枣猕猴桃分布数量相差较大,东段 26 株,中段 80 株,西段 26 株。从年龄结构(图 2)可以看出,燕山山脉均有各个径级的软枣猕猴桃分布,燕山东段小径级藤本(Ⅲ—Ⅳ)居多,占区域比例的 44%;燕山中段以幼苗藤本居多,占区域比例的 40%;燕山西段幼苗和中等径级藤本占比相同,均为 36%。

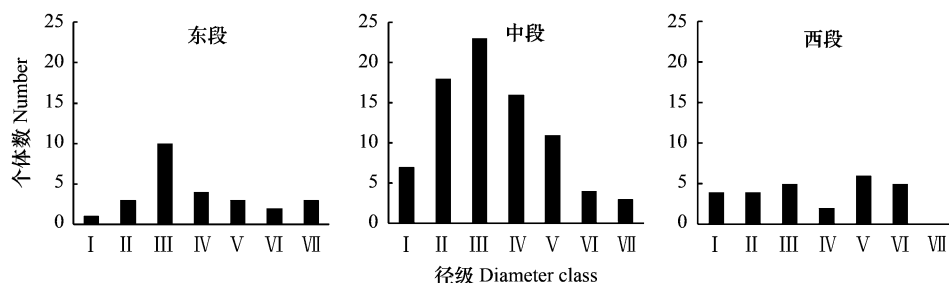


图 2 软枣猕猴桃居群的径级结构

Fig. 2 Diameter class of *Actinidia arguta* population

I 级:地径<2 cm; II 级:地径 2—4 cm; III 级:地径 4—6 cm; IV 级:地径 6—8 cm; V 级:8—10 cm; VI 级:10—12 cm; VII 级:>12 cm

3.2 不同居群的高度结构

植物种群的高度结构可在群落垂直结构中直观显示出不同高度个体在群落中的地位。其中,燕山东段的高度结构整体偏低, I 级(<5 m)占比高达 51.62%,且无 IV 级(>15 m)植株出现;燕山中段每个高度级均有树木分布,其中 II 级高度(5—10 m)占比最高 58.80%;燕山西段同样无 IV 级(>15 m)植株出现,但 I 级 II 级(0—10 m)植株分布均匀,各占 15.38%, III 级(10—15 m)的高大植株占 69.24% (图 3)。

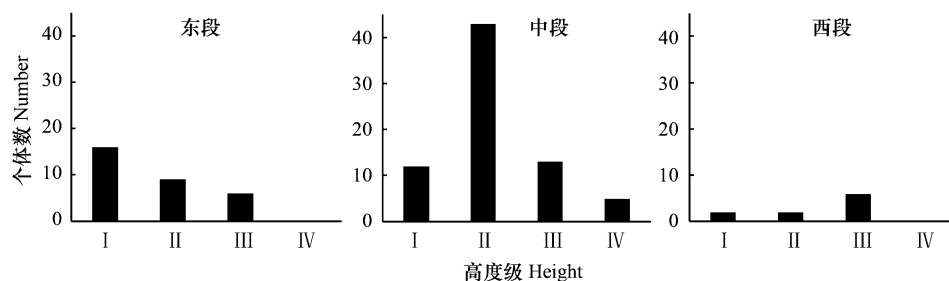


图 3 软枣猕猴桃居群的高度结构

Fig. 3 Height structure of *Actinidia arguta* population

I 级(<5 m); II 级高度(5—10 m); III 级高度(10—15 m); IV 级(>15 m)

3.3 特定时间生命表

e_x 是指进入 x 龄期的个体,平均活多长时间的估计值,因此称之为生命期望或平均余生。据表 4 可知,软枣猕猴桃种群不同径级个体存活数差别较大,根据 3 个区域的软枣猕猴桃居群从幼苗到大径级藤本的死亡(q_x)趋势大致分为 4 个阶段。

东部区域:幼苗阶段(I — II 级)软枣猕猴桃存活个体数量(l_x)呈上涨趋势,说明幼藤对环境有一定的适应能力,能良好生长;从幼苗到小径级藤本阶段(III — IV 级)存活个体数量(l_x)显著上升又迅速下降,这表明小径级藤本未能很好的适应环境,竞争力较弱;在中径级藤本(V — VI)和大径级藤本(VII —)中平稳过渡,个

体数量出现一定的波动,生命期望(e_x)在Ⅶ径级达到峰值26.33,说明软枣猕猴桃在此期间生存能力最强。

中部区域:幼苗阶段(Ⅰ—Ⅱ级)软枣猕猴桃存活个体数量(l_x)显著上升,幼藤期个体占据的空间小,个体间竞争力低,且软枣猕猴桃处于冠层低处,受灾害天气影响较少,因此这个阶段软枣猕猴桃死亡率最低,Ⅰ径级生命期望达到峰值11.07;从幼藤到大径级藤本(Ⅶ—)软枣猕猴桃的死亡率(q_x)逐渐上升,在Ⅵ径级处达到峰值0.80,说明软枣猕猴桃幼藤逐渐长大,为了获取更多光照,已缠绕至林冠层上方,并向周围高大树木水平进行攀援。在林冠层上方区域,软枣猕猴桃个体之间和缠绕乔木均达到竞争力最强势的时期,内部竞争和种群外部竞争导致了其较高的死亡率。

西部区域:软枣猕猴桃在Ⅱ径级时生命期望达到峰值5.83,说明幼苗阶段的软枣猕猴桃生命力旺盛。但存活个体数量(l_x)在小径级藤本、中径级藤本出现波动,死亡率逐渐升高,在中径级藤本(Ⅳ)中死亡率达到最高(-1.5),说明软枣猕猴桃植株自身生长能力出现问题,无法适应生长环境的变化,如干旱、严寒等自然灾害。此外,在调查过程中,也发现缠绕乔木倒塌、死亡以及人为砍伐痕迹等,这可能也是造成中径级藤本死亡率高的原因之一。

表 4 软枣猕猴桃居群静态生命表
Table 4 Static life table of *Actinidia arguta* poulation

	x	a_x	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x	$\ln a_x$	$\ln l_x$
东段 Eastern region	Ⅰ	1	1000	-2000	-2.00	2000	25500	25.50	0.00	6.91
	Ⅱ	3	3000	-9000	-3.00	7500	23500	7.83	1.10	8.01
	Ⅲ	10	12000	9000	0.75	7500	16000	1.33	2.49	9.39
	Ⅳ	4	3000	1000	0.33	2500	8500	2.83	1.10	8.01
	Ⅴ	3	2000	0	0.00	2000	6000	3.00	0.69	7.60
	Ⅵ	2	2000	-1000	-0.50	2500	4000	2.00	0.69	7.60
	Ⅶ	3	3000	3000	1.00	1500	79000	26.33	1.10	8.01
中段 Middle region	Ⅰ	7	7000	-12000	-1.71	13000	77500	11.07	1.95	8.85
	Ⅱ	18	19000	-2000	-0.11	20000	64500	3.40	2.94	9.85
	Ⅲ	23	21000	5000	0.24	18500	44500	2.12	3.05	9.95
	Ⅳ	16	16000	4000	0.25	14000	26000	1.63	2.77	9.68
	Ⅴ	11	12000	7000	0.58	8500	12000	1.00	2.49	9.39
	Ⅵ	4	5000	4000	0.80	3000	3500	0.70	1.61	8.52
	Ⅶ	1	1000	0	0.00	500	500	0.50	0.00	6.91
西段 Western region	Ⅰ	4	4000	1000	0.250	3500	21000	5.25	1.39	8.29
	Ⅱ	4	3000	-2000	-0.67	4000	17500	5.83	1.10	8.01
	Ⅲ	5	5000	3000	0.60	3500	13500	2.70	1.61	8.52
	Ⅳ	2	2000	-3000	-1.50	3500	10000	5.00	0.69	7.60
	Ⅴ	6	5000	1000	0.20	4500	6500	1.30	1.61	8.52
	Ⅵ	5	4000	4000	1.00	2000	2000	0.50	1.39	8.29
	Ⅶ	0	—	—	—	—	—	—	—	—

x 为年径级; a_x 为每个径级的个体数; l_x : 标准化存活数(Standardized survival); d_x : 标准化死亡数(Standardized deaths); q_x : 死亡率(Mortality rate); L_x : 从 x 到 $x+1$ 径级间隔期内的存活个体数(Individuals who survived the interval from x to $x+1$); T_x : x 年径级至更高径级的个体总数(Total number of individuals from x to greater than level x); e_x : 生命期望(Life expectancy)

3.4 存活曲线

迪维以相对年龄(以平均寿命的百分比表示的年龄,记作 x) 作为横坐标,存活 l_x 的对数作纵坐标,绘制软枣猕猴桃种群存活曲线图。采用指数函数和幂函数进行存活数和径级关系的拟合,依据决定系数来判定模型拟合效果^[27]。将软枣猕猴桃居群的存活曲线进行回归分析(东段相关系数 $R^2 = 0.2419$ 、中段相关系数 $R^2 = 0.457$ 、西段相关系数 $R^2 = 0.0387$),发现各区域拟合相关系数并未表现出显著的相关性。故此根据软枣猕猴桃的特定时间生命表的结果绘制各居群的存活曲线(图4)。

将存活曲线与 Deevey 存活曲线对比发现,燕山东段和中段的软枣猕猴桃存活曲线更接近 Deevey-Ⅱ型曲

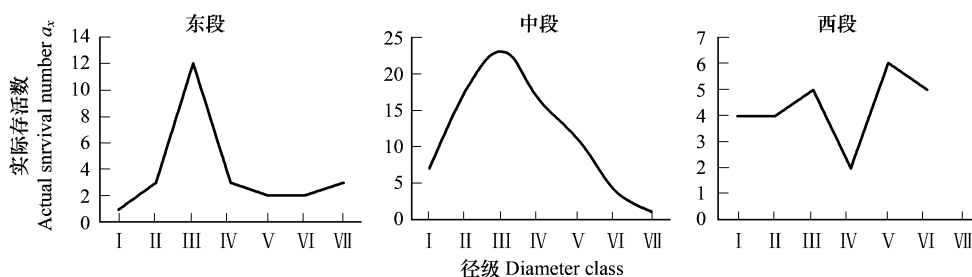


图4 软枣猕猴桃种群的存活曲线

Fig. 4 Survivorship curve of *Actinidia arguta* population of the Yanshan Mountains

线,西段介于 Deevey I—II 型,接近 II 型。因此,软枣猕猴桃 3 个区域内的居群均处于衰退状态。

4 讨论与建议

4.1 软枣猕猴桃居群结构的基本特征

植物居群结构是对居群个体生长过程中立地条件优劣及对环境适应性的一种体现,这一过程中居群的发展过程具有一定的波动性。对燕山区域的软枣猕猴桃野生居群基本结构分析表明:软枣猕猴桃在燕山中段数量分布较多,东西二段区域分布相对较少。但经统计发现燕山区域 I—II 径级(幼苗阶段)种群个体分别占总数量的 15.39% (东段)、31.25% (中段)和 30.76% (西段),均未超过居群数量的半数,且随着径级增加,除燕山西段出现上下浮动外,东段中段区域个体数量逐渐减少,总体居群结构呈“倒金字塔”型,种群呈衰退趋势。

软枣猕猴桃属于缠绕型攀援藤本,支柱木的高度对软枣猕猴桃能否获取光照有较大影响。群落内立木的数量以燕山中段为首(73 株),西段最少(13 株)。其中,燕山东段和西段均虽无 IV 级(>15 m)高度立木分布,但 3 个区域的高度结构相对呈连续发育,具有相对完整的高度结构,有利于藤本植物向上发展。但由于软枣猕猴桃的幼苗数量相对较少,随着立木植株的生长发育,不利于幼苗更新,进而对软枣猕猴桃居群未来的生长发育产生不利影响。

4.2 软枣猕猴桃居群结构的生存动态

结合特定时间生命表和软枣猕猴桃的存活曲线发现,燕山东段和中段的软枣猕猴桃相对明显的趋近 Deevey-II 型,燕山西段介于 Deevey I—II 型,但更接近 II 型,因此燕山 3 个区域的软枣猕猴桃居群均处于衰退状态。然 3 个区域衰退原因各不相同。从幼藤阶段到小径级藤本阶段存活个体数量显著上升,而这一区域内的 I 级(<5 m)高度的植株居多。争夺大部分光照及养分,说明燕山东段的幼藤种内竞争激烈,对环境变化敏感,天然更新幼苗后期存活困难。燕山中段幼藤(40%)阶段存活个体居多,个体数量逐渐上升,小径级藤本阶段出现峰值,这一阶段也正是 II 级(5—10 m)高度的个体植株占比最多的,表明其能获取到充足的光照,从中径级藤本开始居群数量出现下降的趋势,原因主要来源于居群内部或外部物种对生存空间的竞争导致。燕山西部各径级个体分布较为均匀,小径级向中径级过渡时出现下降趋势,并且无大径级藤本存活,且在燕山西段区域,III 级(10—15 m)高度的植株个体较多,说明此区域的软枣猕猴桃到达中龄期后自身生长能力不足,在与其他成熟种群竞争中处于弱势,并且对自然灾害的出现应对能力较差,是导致居群衰退的主要原因。在野外调查过程中,发现燕山西段调查区域内出现大规模的人为砍伐痕迹,在走访周边社区也印证了这一点。因此西段软枣猕猴桃衰退原因与人为活动也有一定联系。

4.3 软枣猕猴桃居群的适应性保护和恢复对策

藤本植物的居群结构特征及动态变化一直缺少关注,软枣猕猴桃作为我国重要的种质资源植物看似广泛分布燕山一带,但经实地调查发现居群受人为破坏严重且数量稀少。通过调查野生软枣猕猴桃居群自然分布状态,对调查物种及周边环境进行科学分析,加强对其野生居群的保护和抚育管理的针对性,是促进其居群可

持续的核心。针对燕山三段区域内不同的衰退原因,则提出不同的保护建议。燕山东段:建议适度人工抚育或就地保护,在合理合法条件下,有计划的移除部分幼苗附近的植物,降低种内竞争,给予其充足的光照等条件。燕山中段:此区域软枣猕猴桃生存力相对较好,因此建议加大对软枣猕猴桃的关注力度,在合法合规情况下,适度清理对猕猴桃成年植株造成压迫的其他植物个体,并持续监测其数量动态变化。燕山西段:此区域情况较为严峻,居群内部自身生长状态不佳,外部人为活动干扰较大,因此着重建议燕山西部的保护区加大对软枣猕猴桃保护的投入,减少人为干扰,并对游客及周边社区进行保护宣传,提高公众的保护意识。

致谢:野外调查得到天津八仙山国家级自然保护区、河北大海陀国家级自然保护区、河北省承德市隆化县环保局、河北茅荆坝林场、辽宁白狼山国家级自然保护区的帮忙,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 赵阳, 齐瑞, 焦健, 陈学龙, 曹家豪, 冯宜明, 杨萌萌. 琼海-则岔地区紫果云杉种群结构与动态特征. 生态学报, 2018, 38(20): 7447-7457.
- [2] 康佳鹏, 马盈盈, 马淑琴, 薛正伟, 杨丽丽, 韩路, 柳维扬. 荒漠绿洲过渡带怪柳种群结构与空间格局动态. 生态学报, 2019, 39(1): 265-276.
- [3] 黄小, 朱江, 姚兰, 艾训儒, 王进, 吴漫玲, 朱强, 陈绍林. 水杉原生种群结构及空间分布格局. 生物多样性, 1-12. [2020-04-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3247.q.20191231.1155.006.html>.
- [4] 付玉斌, 司马永康, 祁荣频, 郝佳波, 毛云玲, 尹艾萍, 陈少瑜, 刘冬芬, 张荣贵. 木质藤本植物黑老虎的居群结构与动态. 东北林业大学学报, 2015, 43(9): 23-29, 51-51.
- [5] 肖书礼, 付梦媛, 杨科, 陈小红. 极小种群野生植物峨眉含笑种群结构与数量动态. 西北植物学报, 2019, 39(7): 1279-1288.
- [6] 杨小平, 周龙, 蒋丽丽, 艾克拜尔·毛拉, 王瑾. 野生樱桃李的种群统计与生存分析. 干旱区资源与环境, 2020, 34(2): 154-160.
- [7] 仇占南, 张茹阳, 彭明朗, 张文, 李天忠, 朱元娣. 北京野生软枣猕猴桃果实品质综合评价体系. 中国农业大学学报, 2017, 22(2): 45-53.
- [8] 孙宏策, 毕云杰, 时得友, 朱雪彤, 李丽丽, N. V. 扎依温科, N. V. 斯克列普琴科, 刘德江. 软枣猕猴桃果品加工与贮藏保鲜研究进展. 食品与发酵工业, 1-7 [2020-04-11]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023715>.
- [9] 连政, 黄圆博, 贾佳林, 朴一龙, 曹丽. 不同采收期对软枣猕猴桃采后品质和细胞壁降解的影响. 中国果树, 2019, (4): 69-71.
- [10] 李红莉, 龙作义, 李雪, 逢宏扬, 杨燕超, 孙强. 赤霉素对东北软枣猕猴桃种子萌发的影响. 种子, 2017, 36(3): 20-22.
- [11] 刘丹, 陈鑫, 李然红, 孙雪芳. NaCl 胁迫对软枣猕猴桃幼苗生长发育的影响. 北方园艺, 2017, (7): 31-35.
- [12] 郭志欣, 顾地周, 闫中雪, 沈红梅, 袁浩, 张学士, 王秋爽. 软枣猕猴桃优良品系“2008-07”组织培养繁殖技术研究. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42(11): 93-98.
- [13] Matich A J, Young H, Allen J M, Wang M Y, Fielder S, McNeillage M A, Macrae E A. *Actinidia arguta*: volatile compounds in fruit and flowers. Phytochemistry, 2003, 63(3): 285-301.
- [14] Ahn J H, Park Y, Jo Y H, Kim S B, Yeon S W, Kim J G, Turk A, Song J Y, Kim Y, Hwang B Y, Lee M K. Organic acid conjugated phenolic compounds of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) and their NF- κ B inhibitory activity. Food Chemistry, 2020, 308: 125666.
- [15] 娄安如, 刘文华. 燕山山脉植物群落的间接梯度分析与数量分类. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 37(3): 391-395.
- [16] 郭子良, 崔国发. 中国自然保护综合地理区划. 生态学报, 2014, 34(5): 1284-1294.
- [17] 郭子良. 中国自然保护综合地理区划与自然保护区体系有效性分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [18] 赵良平. 燕山山地森林植被恢复与重建理论和技术研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [19] 丛明晔, 曹迪, 陈国平, 陈宝政, 孙丰宾. 燕山和太行山过渡区植物多样性垂直变化特点. 植物研究, 2017, 37(5): 673-681.
- [20] 任达, 张芸香, 郭晋平, 王建让, 陈顺治. 基于目标树中心样圆法的华北落叶松天然林抚育间伐生长效应研究. 中国农学通报, 2016, 32(28): 11-15.
- [21] 曹艳杰. 《样圆法》在林业规划调查设计中的应用. 内蒙古林业调查设计, 2006, 29(2): 39-40.
- [22] 朱强, 艾训儒, 姚兰, 朱江, 吴漫玲, 黄小, 王进, 洪建峰. 鄂西南川陕鹅耳枥种群结构与动态. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(8): 93-100.
- [23] 付玉斌, 司马永康, 方波, 余鸿, 王跃华, 赵文书. 篦子三尖杉的居群结构与动态研究. 广东农业科学, 2015, 42(11): 48-54.
- [24] 朱贵珍, 丁彦芬, 卓启苗, 余慧, 董丽娜. 南京紫金山红桧种群结构及动态特征. 东北林业大学学报, 2020, 48(1): 29-33.
- [25] 杨彪, 张全建, 龚旭, 段晨松, 张远彬. 雅砻江冬麻豆 (*Salweenia bouffordiana*) 种群结构与动态特征. 生态学报, 2020, 40(4): 1184-1194.
- [26] 胡璇, 舒琪, 漆良华, 徐瑞晶, 郭雯, 张建, 商泽安. 海南岛甘什岭特有植物无翼坡垒种群结构与动态. 热带作物学报, 1-9 [2020-04-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1019.s.20200323.1143.016.html>.
- [27] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 1987.
- [28] 王进, 姚兰, 艾训儒, 朱江, 刘松柏. 鄂西南不同区域亮叶桦种群结构与动态特征. 应用生态学报, 2020, 31(2): 357-365.
- [29] 桂亚可, 潘萍, 欧阳勋志, 臧颢, 国瑞, 李杨. 赣中闽楠天然种群数量特征及分布格局. 生态学报, 2019, 38(10): 2918-2924.
- [30] 谢春平, 赵柏松, 刘大伟, 方彦. 霸王岭自然保护区黑桫欏种群结构特征分析. 四川农业大学学报, 2018, 36(6): 765-771.