

# 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群数量特征比较

冯琳骄<sup>1</sup>, 陆彪<sup>2</sup>, 卢倩倩<sup>1</sup>, 侯毅兴<sup>1</sup>, 周龙<sup>1,①</sup>

(1. 新疆农业大学园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆特克斯县林业和草原局, 新疆 伊犁 835500)

**摘要:** 运用静态生命表、存活曲线和生存分析函数等方法, 综合分析新疆伊犁和塔城天山樱桃 (*Cerasus tianschanica* Pojark.) 种群动态变化。结果表明: 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群均以幼龄个体为主, 属于增长型种群, 但中龄和老龄个体占比较小。从静态生命表看, 2 个地区天山樱桃种群的生命期望 ( $e_x$ ) 总体随着龄级的增加逐渐下降, 均在 I [ $0.0 \text{ m}^3 < \text{体积}(V) \leq 0.1 \text{ m}^3$ ] 龄级最大, 分别为 3.758 2 和 2.380 0。塔城天山樱桃种群的  $e_x$  峰值低于伊犁天山樱桃种群。数量动态分析结果显示: 2 个地区的天山樱桃种群总体呈增长趋势, 但增长缓慢, 对外界干扰具有较高的敏感性, 且塔城天山樱桃种群较伊犁天山樱桃种群对外界随机干扰的敏感性更高。存活曲线显示: 2 个地区天山樱桃种群均更趋向于 Deevey-II 型。基于上述研究结果, 建议对新疆伊犁和塔城天山樱桃种群进行适当的人工抚育, 促进其种群更新。

**关键词:** 天山樱桃; 年龄结构; 静态生命表; 存活曲线; 生存分析

中图分类号: Q948.15; S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)05-0074-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.05.09

**Comparison on quantitative characteristics of *Cerasus tianschanica* populations in Ili and Tacheng of Xinjiang** FENG Linjiao<sup>1</sup>, LU Biao<sup>2</sup>, LU Qianqian<sup>1</sup>, HOU Yixing<sup>1</sup>, ZHOU Long<sup>1,①</sup> (1. College of Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Tekes County Forestry and Grassland Bureau of Xinjiang, Ili 835500, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(5): 74-80

**Abstract:** The dynamic variations of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang were comprehensively analyzed by using multiple methods including static life table, survival curve, and survival analysis function. The results show that the *C. tianschanica* populations in Ili and Tacheng of Xinjiang are mainly composed of young individuals, and are of growth type, but the proportions of middle-aged and elderly individuals are relatively small. In general, according to static life table, the values of life expectancy ( $e_x$ ) of *C. tianschanica* populations in two areas gradually decrease with the increase of age class, and are both the largest at I [ $0.0 \text{ m}^3 < \text{volume}(V) \leq 0.1 \text{ m}^3$ ] age class, which are 3.758 2 and 2.380 0 respectively. The peak value of  $e_x$  of *C. tianschanica* population in Tacheng is lower than that in Ili. The result of quantity dynamic analysis shows that the *C. tianschanica* populations in two areas show an increasing trend, but the growth is slow and highly sensitive to external interference, and the sensitivity of *C. tianschanica* population in Tacheng to random external interference is higher than that in Ili. The survival curve shows that the *C. tianschanica* populations in two areas both more tend to be Deevey-II type. Based on above research results, it is suggested that appropriate artificial raise of *C. tianschanica* populations in Ili and Tacheng of Xinjiang should be carried out to promote their population regeneration.

**Key words:** *Cerasus tianschanica* Pojark.; age structure; static life table; survival curve; survival analysis

收稿日期: 2022-02-08

基金项目: 国家科技部重点研发计划项目(2016YFC0501501); 新疆维吾尔自治区林业和草原局研发专项(XJFG202003)

作者简介: 冯琳骄(1993—), 女, 新疆库尔勒人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培生理方面的研究。

①通信作者 E-mail: zhoulong2004@126.com

引用格式: 冯琳骄, 陆彪, 卢倩倩, 等. 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群数量特征比较[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(5): 74-80.

天山樱桃(*Cerasus tianschanica* Pojark.)为落叶灌木,在中国仅分布在新疆伊犁和塔城的野果林中<sup>[1]</sup>,是中国濒临灭绝的树种之一<sup>[2]</sup>,具有抗旱、耐寒、早花和早果等特点,可为李属(*Prunus* Linn.)及樱属(*Cerasus* Mill.)的果树提供矮化砧木的材料,有较高的经济价值。近年来,由于天山樱桃所在区域的生境恶化以及放牧等人类活动频繁,天山樱桃种群数量逐渐缩小,与新疆野苹果[*Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem.]、野核桃(*Juglans regia* Linn.)、野扁桃(*Amygdalus ledebouriana* Schldtl.)和准噶尔山楂(*Crataegus songorica* K. Koch)等物种已列入中国优先保护物种,是中国具有生物多样性国际意义的优先保护物种和中国濒危重点保护植物<sup>[3]</sup>。目前,对天山樱桃的研究主要集中于种质资源遗传多样性和繁殖生物学特性,例如:李春侨等<sup>[4]</sup>研究了不同居群天山樱桃遗传多样性水平及遗传结构,王超等<sup>[5]</sup>研究了天山樱桃花芽分化规律,彭妮等<sup>[6]</sup>研究了天山樱桃种子萌发特性,周龙等<sup>[7]</sup>对天山樱桃的无性繁育技术进行了试验,为其繁育提供了技术支撑。而有关天山樱桃种群生态学方面的研究还未见报道,制约了对天山樱桃这一物种的利用和保护。因此,需对不同生境天山樱桃种群进行种群数量动态方面的研究,探究导致天山樱桃种群濒危的原因。

种群动态研究种群数量在时间和空间上的变化规律,可以反映种群生存现状及发展动态,揭示种群对环境资源的利用和适应以及种群的生存特性和生存潜力<sup>[8]</sup>。生命表、存活曲线和生存分析是种群统计和种群数量动态变化研究的重要工具,可揭示种群存活状况及植物与环境间的适合度。采用种群结构分析与生命表方法揭示天山樱桃种群数量动态及变化规律,对其物种多样性保护和管理具有重要意义<sup>[9]</sup>。

本文以新疆伊犁和塔城野果林中的天山樱桃种群为研究对象,统计天山樱桃个体数量,将静态生命表中的部分参数指标与存活曲线相结合,并进行生存分析,以期探索天山樱桃种群的生态濒危机制,为天山樱桃种群及群落的保护和管理提供理论依据。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

新疆伊犁野果林位于天山西部的伊犁谷地,是伊犁河谷中气候最温和且富有“海洋性”气候的地

段<sup>[10]</sup>。该区域春季湿润,年平均气温 7.7 °C,年降水量在 600 mm 以上,处于典型的逆温带<sup>[11]</sup>,冬季气温越低,逆温现象越明显<sup>[12]</sup>,土壤类型主要为山地黑钙土。该区域主要植物种类有新疆野苹果、野杏[*Armeniaca vulgaris* var. *ansu* (Maxim.) Yü et Lu]、野樱桃李(*Prunus divaricata* Ldb.)、野山楂(*Crataegus cuneata* Sieb. et Zucc.)、野蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb.)、黑果小檗(*Berberis atrocarpa* Schneid.)和金丝桃叶绣线菊(*Spiraea hypericifolia* Linn.)等。

新疆塔城野果林位于新疆巴尔鲁克山国家级自然保护区,巴尔鲁克山是一座东西向的独立山脉,全长 250 km,最宽处约 80 km,平均海拔 2 000 m,最高峰为孔塔坎普峰,高达 3 252 m。山区年平均气温 5.3 °C,年降水量 478.9 mm,年平均空气相对湿度 61%,土壤类型主要为山地灰褐色森林土<sup>[13]</sup>。该区域主要植物种类有新疆野苹果、野杏、野山楂、野扁桃、金丝桃叶绣线菊和锦鸡儿[*Caragana sinica* (Buc'hoz) Rehd.]等,其中野扁桃是塔城野果林特有物种。

### 1.2 研究方法

1.2.1 野外调查 2020年6月,由于天山樱桃呈不连续的片状或斑块状分布,在伊犁和塔城野果林选取天山樱桃分布集中且植株生长势较好的地段,根据其实际分布情况共设置 13 个样方。采用每木检尺法调查和记录样方内天山樱桃植株的个体数、株高和冠幅,同时记录各样方的地理坐标、海拔、坡度、坡向和盖度等生境特征。各样方基本信息见表 1。

1.2.2 种群年龄结构划分 参考郝红敏等<sup>[14]</sup>的方法,采用“空间代替时间”的方法,以体积大小代替龄级。以天山樱桃的体积( $V$ )为标准,划分为 7 个龄级: $0.0 \text{ m}^3 < V \leq 0.1 \text{ m}^3$  为 I 龄级, $0.1 \text{ m}^3 < V \leq 0.5 \text{ m}^3$  为 II 龄级, $0.5 \text{ m}^3 < V \leq 1.0 \text{ m}^3$  为 III 龄级, $1.0 \text{ m}^3 < V \leq 1.5 \text{ m}^3$  为 IV 龄级, $1.5 \text{ m}^3 < V \leq 2.0 \text{ m}^3$  为 V 龄级, $2.0 \text{ m}^3 < V \leq 2.5 \text{ m}^3$  为 VI 龄级, $V > 2.5 \text{ m}^3$  为 VII 龄级。

1.2.3 种群年龄结构的数量动态分析 采用陈晓德<sup>[15]</sup>推导的种群年龄结构数量动态指数( $V_n$ )的计算方法,对 2 个地区天山樱桃的种群数量动态进行定量描述, $V_n$  为正值、负值和零时分别表示种群相邻龄级个体数量呈增长、衰退和稳定的动态关系。

1.2.4 种群静态生命表编制与存活曲线分析 参考谢宗强等<sup>[16]</sup>的方法编制天山樱桃种群静态生命表。采用匀滑技术对天山樱桃种群  $x$  龄级的个体数( $a_x$ )

表1 新疆伊犁和塔城天山樱桃13个样方的基本信息<sup>1)</sup>Table 1 Basic information of the 13 quadrats of *Cerasus tianschanica* Pojark. in Ili and Tacheng of Xinjiang<sup>1)</sup>

分布区 Distribution area	样方编号 No. of quadrat	样方面积/m <sup>2</sup> Quadrat area	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude	坡度/(°) Slope	坡向 Aspect	盖度/% Coverage	天山樱桃个体数 Number of <i>C.</i> <i>tianschanica</i> individuals
伊犁 Ili	1	30×20	E80°46'46"	N44°24'52"	1 080	—	—	34	67
	2	10×8	E80°45'43"	N44°23'25"	1 000	—	—	21	20
	3	25×10	E80°47'02"	N44°26'32"	1 160	38	南 South	10	26
	4	20×10	E81°57'34"	N43°15'12"	1 270	37	西南 Southwest	41	31
	5	30×20	E81°57'22"	N43°15'43"	1 400	40	北 North	21	82
	6	20×10	E81°57'19"	N43°15'47"	1 500	45	南 South	16	45
	7	30×10	E81°57'11"	N43°14'54"	1 200	38	南 South	25	71
塔城 Tacheng	1	10×10	E82°48'30"	N46°05'37"	1 170	21	东南 Southeast	46	21
	2	20×10	E82°48'27"	N46°05'36"	1 170	26	西南 Southwest	33	70
	3	30×5	E82°29'50"	N45°55'36"	1 040	24	西南 Southwest	12	34
	4	30×5	E83°31'31"	N46°09'13"	1 060	26	南 South	35	43
	5	25×10	E83°34'08"	N46°09'38"	790	27	南 South	12	28
	6	30×5	E83°33'15"	N46°08'42"	900	28	西南 Southwest	25	73

<sup>1)</sup>—: 无数据 No datum.

进行处理,得到匀滑后  $x$  龄级的个体数( $a_x$ )<sup>[17]</sup>。

以天山樱桃种群的龄级为横轴,标准化存活个体数的自然对数值  $\ln(l_x)$  为纵轴,绘制2个地区天山樱桃种群的存活曲线。参照罗西等<sup>[18]</sup>的方法,分别采用指数函数模型  $N_x = N_0 e^{-bx}$  和幂函数模型  $N_x = N_0 x^{-b}$  对天山樱桃种群存活曲线进行检验,其中,  $N_x$  为  $x$  龄级内存活个体数,  $N_0$  为种群形成初期的个体数,  $b$  为死亡率,  $x$  为龄级。

1.2.5 生存分析方法 以天山樱桃种群静态生命表为基础,参考刘鑫等<sup>[19]</sup>的方法,引入生存分析的4个函数,绘制生存率曲线、累计死亡率曲线、死亡密度曲线和危险率曲线,进一步分析天山樱桃的种群动态。

### 1.3 数据分析

利用 EXCEL 2010 软件进行数据统计和制图,利用 SPSS 20.0 软件进行模型拟合和统计检验。

## 2 结果和分析

### 2.1 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构

新疆伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构见图1。由图1可以看出:伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构存在较大差异。伊犁天山樱桃种群年龄结构呈不规则“金字塔”型,植株个体主要集中在 I [ $0.0 \text{ m}^3 < V \leq 0.1 \text{ m}^3$ ] 和 II ( $0.1 \text{ m}^3 < V \leq 0.5 \text{ m}^3$ ) 龄级,2个龄级的个体数之和为173,占该地调查个体总数(346)的50.0%,IV ( $1.0 \text{ m}^3 < V \leq 1.5 \text{ m}^3$ ) 龄级个体数

也较多(67),其他龄级个体数较少,表明伊犁天山樱桃种群幼龄级个体较多,中龄级和高龄级植株个体占比较小,属于增长型种群。塔城天山樱桃种群年龄结构呈“纺锤”型,个体数随着龄级的增加呈先增大后减少的趋势,II龄级个体数最多(126),占该地调查个体总数(277)的45.5%,VI ( $2.0 \text{ m}^3 < V \leq 2.5 \text{ m}^3$ ) 龄级的个体数最少,仅1株,表明塔城天山樱桃种群

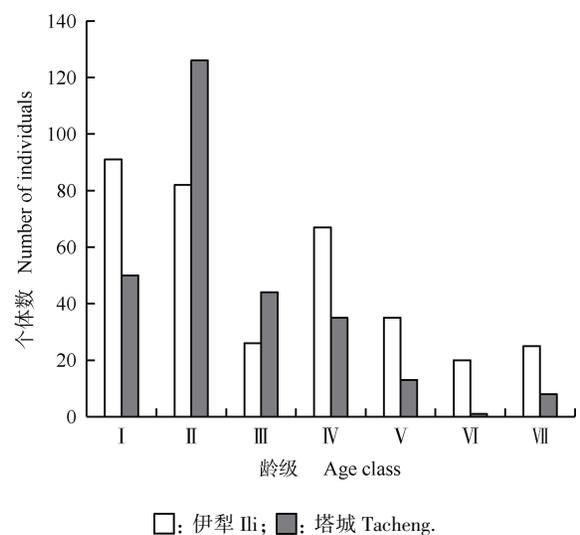


图1 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构  
Fig. 1 Age structure of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang

幼龄级个体较多, 中龄级和高龄级植株个体占比较小, 属于增长型种群。2 个地区的天山樱桃种群均以幼龄个体为主, 属于增长型种群, 但中龄与老齡个体占比较小, 2 个地区的天山樱桃种群存在衰退风险。

### 2.2 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群数量动态

新疆伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构的数量动态指数见表 2。由表 2 可以看出: 伊犁天山樱桃种群的数量动态指数波动幅度较大, 种群稳定性较弱, 其中, III [0.5 m<sup>3</sup> < 体积 (V) ≤ 1.0 m<sup>3</sup>] 到 IV (1.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.5 m<sup>3</sup>) 龄级的数量动态指数 (V<sub>3</sub>) 小于 0, 说明该种群从 III 向 IV 龄级过渡时受到强烈的环境筛作用, 出现较高的死亡率。塔城天山樱桃种群的 V<sub>1</sub> 值小于 0,

说明该种群从 I (0.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 0.1 m<sup>3</sup>) 向 II (0.1 m<sup>3</sup> < V ≤ 0.5 m<sup>3</sup>) 龄级过渡时, 受到阻碍。总体上看, 伊犁天山樱桃种群呈“增长—衰退—增长—衰退”的波动变化, 塔城天山樱桃种群呈“衰退—增长—衰退”的波动变化。新疆伊犁和塔城天山樱桃种群的忽略外部干扰时整个种群数量动态指数 (V<sub>pi</sub>) 和外部干扰时整个种群数量动态指数 (V<sub>pi</sub>') 均大于 0, 说明 2 个地区天山樱桃种群总体呈增长趋势, 但增长缓慢, 对外界干扰具有较高的敏感性。塔城天山樱桃种群的随机干扰风险极大值 (P<sub>max</sub>) 大于伊犁天山樱桃种群, 说明塔城天山樱桃种群较伊犁天山樱桃种群对外界随机干扰具有更高的敏感性。

表 2 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群年龄结构的数量动态指数<sup>1)</sup>

Table 2 Quantity dynamic index of age structure of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang<sup>1)</sup>

分布区 Distribution area	数量动态指数/% Quantity dynamic index						V <sub>pi</sub>	V <sub>pi</sub> '	P <sub>max</sub>
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>			
伊犁 Ili	9.89	68.29	-61.19	47.76	42.86	-20.00	28.69	0.20	0.71
塔城 Tacheng	-60.32	65.08	25.71	62.86	92.31	-85.50	35.79	5.11	14.29

<sup>1)</sup> V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>: 分别表示种群从 I [0.0 m<sup>3</sup> < 体积 (V) ≤ 0.1 m<sup>3</sup>] 到 II (0.1 m<sup>3</sup> < V ≤ 0.5 m<sup>3</sup>)、II 到 III (0.5 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.0 m<sup>3</sup>)、III 到 IV (1.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.5 m<sup>3</sup>)、IV 到 V (1.5 m<sup>3</sup> < V ≤ 2.0 m<sup>3</sup>)、V 到 VI (2.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 2.5 m<sup>3</sup>)、VI 到 VII (V > 2.5 m<sup>3</sup>) 龄级的数量动态指数 Representing quantity dynamic indexes of population from I [0.0 m<sup>3</sup> < volume (V) ≤ 0.1 m<sup>3</sup>] to II (0.1 m<sup>3</sup> < V ≤ 0.5 m<sup>3</sup>), II to III (0.5 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.0 m<sup>3</sup>), III to IV (1.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.5 m<sup>3</sup>), IV to V (1.5 m<sup>3</sup> < V ≤ 2.0 m<sup>3</sup>), V to VI (2.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 2.5 m<sup>3</sup>), VI to VII (V > 2.5 m<sup>3</sup>) age class respectively; V<sub>pi</sub>: 忽略外部干扰时整个种群数量动态指数 Quantity dynamic index of whole population when external interference is ignored; V<sub>pi</sub>': 外部干扰时整个种群数量动态指数 Quantity dynamic index of whole population under external disturbance; P<sub>max</sub>: 随机干扰风险极大值 The maximum value of random interference risk.

### 2.3 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群静态生命表

新疆伊犁和塔城天山樱桃种群静态生命表见表 3。由表 3 可以看出: 随着龄级的增加, 伊犁和塔城天山樱桃种群的标准存活个体数 (l<sub>x</sub>) 逐渐下降, 在各龄级均出现个体死亡的情况。随着龄级的增加, 伊犁和塔城天山樱桃种群的生命期望 (e<sub>x</sub>) 总体上逐渐下降, 且均在 I [0.0 m<sup>3</sup> < 体积 (V) ≤ 0.1 m<sup>3</sup>] 龄级最大, 分别为 3.758 2 和 2.380 0, 说明伊犁和塔城天山樱桃

种群在幼苗期生长活动最旺盛, 生存质量也最高。塔城天山樱桃种群 e<sub>x</sub> 峰值低于伊犁天山樱桃种群, 说明塔城天山樱桃种群中个体竞争较强, 种群处在淘汰期。伊犁和塔城天山樱桃种群的个体死亡率 (q<sub>x</sub>) 均在 IV (1.0 m<sup>3</sup> < V ≤ 1.5 m<sup>3</sup>) 到 V (1.5 m<sup>3</sup> < V ≤ 2.0 m<sup>3</sup>) 龄级间隔期间上升至最大值, 分别为 0.245 6 和 0.628 5, 说明伊犁和塔城的天山樱桃种群在 IV 龄级进入生理衰退期。

表 3 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群静态生命表<sup>1)</sup>

Table 3 Static life table of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang<sup>1)</sup>

龄级 Age class	a <sub>x</sub>	a <sub>x</sub> '	l <sub>x</sub>	d <sub>x</sub>	q <sub>x</sub>	L <sub>x</sub>	T <sub>x</sub>	e <sub>x</sub>	ln(l <sub>x</sub> )	ln(a <sub>x</sub> ')	K <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>
伊犁 Ili												
I (0.0 m <sup>3</sup> < V ≤ 0.1 m <sup>3</sup> )	91	91	1 000	99	0.098 9	951	3 758	3.758 2	6.907 7	4.510 8	0.104 1	0.901 0
II (0.1 m <sup>3</sup> < V ≤ 0.5 m <sup>3</sup> )	82	82	901	143	0.158 5	830	2 808	3.115 8	6.803 6	4.406 7	0.172 6	0.841 4
III (0.5 m <sup>3</sup> < V ≤ 1.0 m <sup>3</sup> )	26	69	758	132	0.173 9	692	1 978	2.608 6	6.310 0	4.234 1	0.191 0	0.826 0
IV (1.0 m <sup>3</sup> < V ≤ 1.5 m <sup>3</sup> )	67	57	626	154	0.245 6	549	1 286	2.052 6	6.439 9	4.043 0	0.281 8	0.754 4
V (1.5 m <sup>3</sup> < V ≤ 2.0 m <sup>3</sup> )	35	43	473	110	0.232 5	418	736	1.558 1	6.158 0	3.761 2	0.264 6	0.767 4
VI (2.0 m <sup>3</sup> < V ≤ 2.5 m <sup>3</sup> )	20	33	363	88	0.242 4	319	319	0.879 6	5.893 4	3.496 5	0.277 6	0.757 5
VII (V > 2.5 m <sup>3</sup> )	25	25	275	—	—	—	—	—	5.615 7	3.218 8	—	—

续表3 Table 3 (Continued)

龄级 Age class	$a_x$	$a_x'$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$\ln(l_x)$	$\ln(a_x')$	$K_x$	$S_x$
塔城 Tacheng												
I ( $0.0 \text{ m}^3 < V \leq 0.1 \text{ m}^3$ )	50	100	1 000	140	0.140 0	930	2 380	2.380 0	6.907 7	4.605 1	0.150 8	0.860 0
II ( $0.1 \text{ m}^3 < V \leq 0.5 \text{ m}^3$ )	126	86	860	420	0.488 3	650	1 450	1.686 0	6.756 9	4.454 3	0.670 1	0.511 6
III ( $0.5 \text{ m}^3 < V \leq 1.0 \text{ m}^3$ )	44	44	440	90	0.204 5	395	800	1.818 1	6.086 7	3.784 1	0.228 8	0.795 4
IV ( $1.0 \text{ m}^3 < V \leq 1.5 \text{ m}^3$ )	35	35	350	220	0.628 5	340	405	1.157 1	5.857 9	3.555 3	0.990 3	0.371 4
V ( $1.5 \text{ m}^3 < V \leq 2.0 \text{ m}^3$ )	13	13	130	50	0.384 6	105	165	1.269 2	4.867 5	2.564 9	0.485 5	0.615 3
VI ( $2.0 \text{ m}^3 < V \leq 2.5 \text{ m}^3$ )	1	8	80	40	0.500 0	60	60	0.750 0	4.382 0	2.079 4	0.693 1	0.500 0
VII ( $V > 2.5 \text{ m}^3$ )	8	4	40	—	—	—	—	—	3.688 8	1.386 2	—	—

<sup>1)</sup>  $a_x$ :  $x$  龄级的个体数 Number of individuals in  $x$  age class;  $a_x'$ : 匀滑后  $x$  龄级的个体数 Number of individuals in  $x$  age class treated by smoothing treatment;  $l_x$ :  $x$  龄级的标准化存活个体数 Standardized survival number of individuals in  $x$  age class;  $d_x$ : 从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间标准化死亡个体数 Standardized death number of individuals from  $x$  to  $x+1$  age class;  $q_x$ : 从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间的种群个体死亡率 Individual mortality rate of population from  $x$  to  $x+1$  age class;  $L_x$ : 从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间平均存活个体数 Average survival number of individuals from  $x$  to  $x+1$  age class;  $T_x$ : 大于等于  $x$  龄级的个体总数 Total individual number greater than or equal to  $x$  age class;  $e_x$ :  $x$  龄级个体的生命期望 Life expectancy in  $x$  age class;  $\ln(l_x)$ :  $l_x$  的自然对数 Natural logarithm of  $l_x$ ;  $\ln(a_x')$ :  $a_x'$  的自然对数 Natural logarithm of  $a_x'$ ;  $K_x$ : 从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间的消失率 Fatality rate from  $x$  to  $x+1$  age class;  $S_x$ : 从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间的存活率 Survival rate from  $x$  to  $x+1$  age class.  $V$ : 体积 Volume. —: 无数据 No datum.

2.4 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群存活曲线

新疆伊犁和塔城天山樱桃种群存活曲线见图 2, 存活曲线检验模型见表 4。

由图 2 可以看出:伊犁和塔城天山樱桃种群的存活量随着龄级的增加呈下降趋势,伊犁天山樱桃种群的存活曲线变化趋势较平缓,塔城天山樱桃种群的存活曲线斜率较大,说明伊犁天山樱桃种群的存活能力高于塔城天山樱桃种群。塔城天山樱桃种群的早期死亡率较高,更早进入衰退期。

由表 4 可以看出:伊犁和塔城天山樱桃种群指数函数模型和幂函数模型拟合结果均达到显著水平,且

2 个地区天山樱桃种群指数函数模型的  $R^2$  值均高于幂函数模型,且  $P$  值更小,说明天山樱桃种群在各生活史阶段的死亡率较稳定。伊犁和塔城天山樱桃种群的存活曲线更趋向 Deevey- II 型。

表 4 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群存活曲线检验模型  
Table 4 Survival curve test model of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang

分布区 Distribution area	模型方程 <sup>1)</sup> Model equation <sup>1)</sup>	$R^2$	$F$ 值 $F$ value	$P$ 值 $P$ value
伊犁 Ili	$N_x = 7.3e^{-0.035x}$	0.971 4	169.685	0.000
	$N_x = 7.2x^{-0.102}$	0.818 2	22.505	0.005
塔城 Tacheng	$N_x = 8.3e^{-0.106x}$	0.951 6	98.354	0.000
	$N_x = 7.8x^{-0.304}$	0.785 9	18.349	0.008

<sup>1)</sup>  $x$ : 龄级 Age class;  $N_x$ :  $x$  龄级内存活个体数 Survival number of individuals within  $x$  age class.

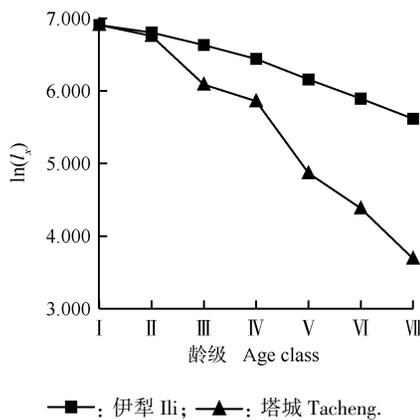


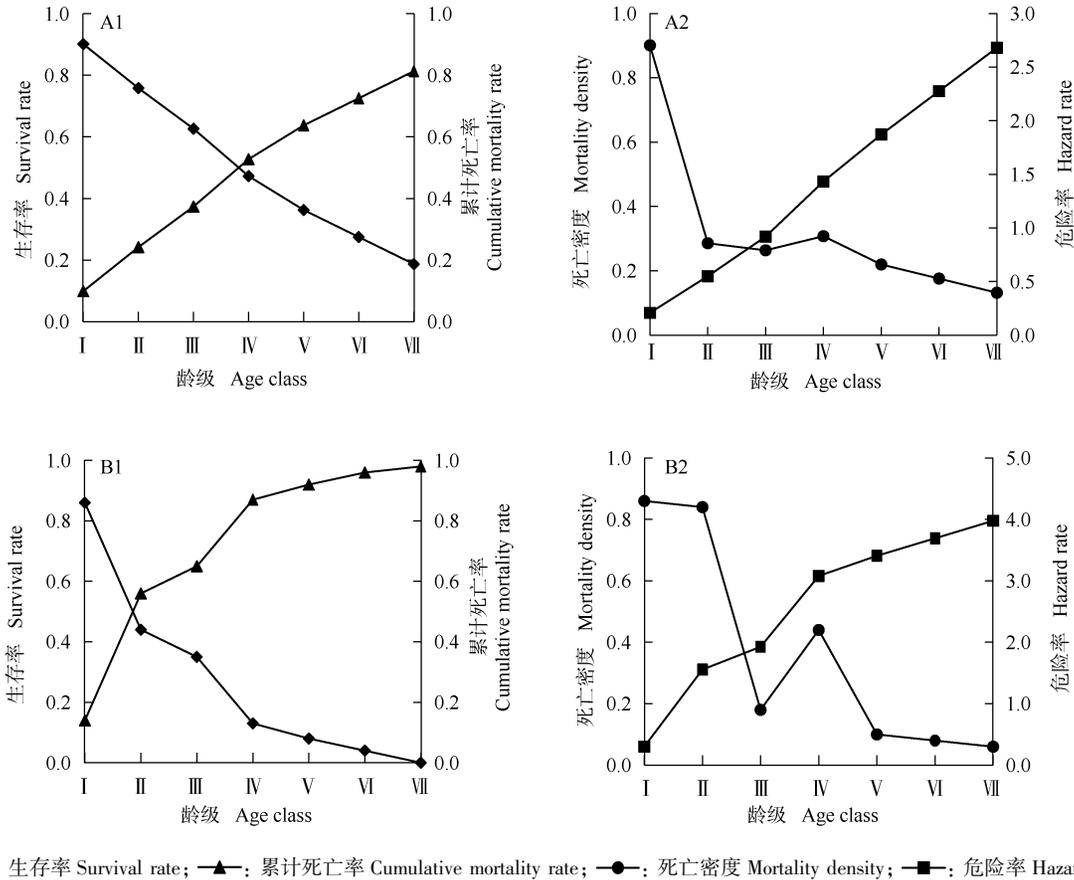
图 2 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群存活曲线  
Fig. 2 Survival curve of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili and Tacheng of Xinjiang

2.5 新疆伊犁和塔城天山樱桃种群生存分析

新疆伊犁和塔城天山樱桃种群生存函数曲线见图 3。由图 3 可以看出:随着龄级的增加,伊犁和塔城天山樱桃种群均呈生存率下降、累计死亡率上升的趋势,伊犁天山樱桃种群在 IV [ $1.0 \text{ m}^3 < \text{体积}(V) \leq 1.5 \text{ m}^3$ ] 龄级达到平衡,塔城天山樱桃种群在 II ( $0.1 \text{ m}^3 < V \leq 0.5 \text{ m}^3$ ) 龄级达到平衡,说明塔城天山樱桃种群较伊犁天山樱桃种群更早进入衰退期。2 个地区天山樱桃种群的死亡密度与危险率曲线差异明显,伊犁天山樱桃种群的死亡密度从 I ( $0.0 \text{ m}^3 < V \leq 0.1 \text{ m}^3$ ) 向 II 龄级过渡时锐减,随后总体缓慢下降,说明伊犁天山樱桃种群在 II 龄级时个体死亡的可能性较大。塔城天山樱桃种群的死亡密度从 I 向 II 龄级

过渡时略有下降,从Ⅱ向Ⅲ( $0.5\text{ m}^3 < V \leq 1.0\text{ m}^3$ )龄级过渡时锐减,从Ⅲ向Ⅳ龄级过渡时明显上升,从Ⅳ向Ⅴ( $1.5\text{ m}^3 < V \leq 2.0\text{ m}^3$ )龄级过渡时明显下降,随后缓慢下降,说明塔城天山樱桃种群在Ⅲ和Ⅴ龄级时个体

死亡的可能性较大。2 个地区天山樱桃种群的危险率均呈上升趋势,但塔城天山樱桃种群的危险率波动幅度较大,表明其受环境影响更明显。



I:  $0.0\text{ m}^3 < V \leq 0.1\text{ m}^3$ ; II:  $0.1\text{ m}^3 < V \leq 0.5\text{ m}^3$ ; III:  $0.5\text{ m}^3 < V \leq 1.0\text{ m}^3$ ; IV:  $1.0\text{ m}^3 < V \leq 1.5\text{ m}^3$ ; V:  $1.5\text{ m}^3 < V \leq 2.0\text{ m}^3$ ; VI:  $2.0\text{ m}^3 < V \leq 2.5\text{ m}^3$ ; VII:  $V > 2.5\text{ m}^3$ . V: 体积 Volume.

图 3 新疆伊犁 (A1 和 A2) 和塔城 (B1 和 B2) 天山樱桃种群生存分析函数曲线

Fig. 3 Survival analysis function curve of *Cerasus tianschanica* Pojark. populations in Ili (A1 and A2) and Tacheng (B1 and B2) of Xinjiang

### 3 讨 论

#### 3.1 天山樱桃种群结构特征

随着时间的变化,植物种群不同生活史阶段的植物个体及生存率不断变化,通过对比各种群年龄结构,可以反映种群的数量动态变化<sup>[20]</sup>。申仕康等<sup>[21]</sup>在研究濒危植物猪血木 (*Euryodendron excelsum* H. T. Chang) 自然种群结构及动态时发现,猪血木种群中的幼龄个体丰富,但中龄和老龄个体数量稀少,为稳定型种群。本研究中,新疆伊犁和塔城天山樱桃种群

的年龄结构也以幼龄个体为主,中龄和老龄个体数量相对较少。野外调查发现,天山樱桃种子自然萌发率低,种群数量主要依靠根蘖繁殖来维持,而根蘖苗对环境变化的适应能力较弱,且 2 个地区天山樱桃种群所在地在旅游风景区内,也是当地主要的放牧场所,因此,天山樱桃很容易遭到人为破坏及食草动物的采食和破坏,很难补充中老年个体,最终导致种群数量减少。

#### 3.2 天山樱桃种群数量特征

本研究中,新疆伊犁和塔城天山樱桃种群的存活曲线更趋向于 Deevey-Ⅱ型,通过比较,塔城天山樱

桃种群的存活曲线斜率较伊犁天山樱桃种群更大,将更早进入衰退期。种群数量动态结果显示:塔城天山樱桃种群较伊犁天山樱桃种群对外界随机干扰的敏感性更高。生存分析结果也表明:塔城天山樱桃种群的个体衰退略早于伊犁天山樱桃种群。伊犁天山樱桃种群位于气候温和湿润的伊犁河谷内,河谷内水土保持情况较好,新疆野苹果、野樱桃李和野杏等果树形成物种多样的天然混交林,林下灌木、草本植物种类也较多,物种多样性较丰富,群落结构较完整<sup>[12,22]</sup>;塔城天山樱桃种群位于气候干燥的巴尔鲁克山国家级自然保护区内,该区土层较薄,石砾较多,旱生植物占比较高,生长条件与伊犁相比较差<sup>[23]</sup>。因此塔城天山樱桃种群抵抗自然风险的能力低于伊犁天山樱桃种群,更早进入衰退期。

综上所述,新疆伊犁和塔城天山樱桃种群均以幼龄个体为主,属于增长型种群,但增长缓慢,对外界干扰具有较高的敏感性,塔城天山樱桃种群较伊犁天山樱桃种群对外界随机干扰的敏感性更高。因此,今后对天山樱桃的保护工作中,采集种子和人工辅助种子萌发处理后,撒播于适宜的生境或在苗圃内播种育苗,待幼苗成熟后移栽至其原生境中。同时,对天山樱桃所在的整个生态系统加以维护,根据天山樱桃所在地的生境特征,控制放牧强度,积极开展野生资源保护宣传工作,加强游客和牧民的保护意识。

#### 参考文献:

- [1] 林培钧,崔乃然. 天山野果林资源:伊犁野果林综合研究[M]. 北京:中国林业出版社,2000:27.
- [2] 周龙,秦伟,苏向辉,等. 天山樱桃种质资源调查研究[J]. 现代农业科技,2010(21):157-158.
- [3] 羊海军,崔大方,许正,等. 中国天山野果林种子植物组成及资源状况分析[J]. 植物资源与环境学报,2003,12(2):39-45.
- [4] 李春侨,周龙,陆彪,等. 天山樱桃野生居群遗传多样性ISSR分析[J]. 分子植物育种,2017,15(6):2420-2426.
- [5] 王超,周龙,彭妮,等. 天山樱桃花芽形态分化研究[J]. 西北农业学报,2015,24(5):97-101.
- [6] 彭妮,周龙,王超,等. 天山樱桃种子萌发特性研究[J]. 经济林研究,2015,33(3):145-149.
- [7] 周龙,彭妮,王超,等. 不同激素处理对天山樱桃绿枝扦插生根效果研究[J]. 新疆农业科学,2013,50(12):2236-2240.
- [8] 金慧,赵莹,尹航,等. 长白山濒危植物牛皮杜鹃(*Rhododendron chrysanthum*)种群数量特征与动态分析[J]. 生态学杂志,2017,36(11):3123-3130.
- [9] 金慧,赵莹,刘丽杰,等. 长白山区濒危植物朝鲜崖柏种群数量特征及动态[J]. 应用生态学报,2019,30(5):1563-1570.
- [10] 经建永,颜刚刚,欧阳丽婷,等. 新疆野生欧洲李表型性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报,2020,29(2):28-37.
- [11] 刘影,赵玉,张相锋. 新疆珍稀濒危植物野生樱桃李的研究进展[J]. 安徽农业科学,2010,38(22):11754-11756.
- [12] 侯博,许正. 中国伊犁野生果树及近缘种研究[J]. 干旱区研究,2006,23(3):453-458.
- [13] 巴贺贾依娜尔·铁木尔别克,马剑英,努尔巴依·阿布都沙力克. 新疆巴尔鲁克山维管束植物区系分析[J]. 干旱区研究,2015,32(5):926-933.
- [14] 郝红敏,路荣,贾超,等. 水蚀风蚀交错带黑沙蒿灌丛斑块种群结构及动态特征研究[J]. 西北植物学报,2017,37(4):773-781.
- [15] 陈晓德. 植物种群与群落结构动态量化分析方法研究[J]. 生态学报,1998,18(2):214-217.
- [16] 谢宗强,陈伟烈,路鹏,等. 濒危植物银杉的种群统计与年龄结构[J]. 生态学报,1999,19(4):523-528.
- [17] 穆振北,陈妍,王李睿,等. 福建天宝岩国家级自然保护区猴头杜鹃天然种群数量动态和稳定性分析[J]. 植物资源与环境学报,2021,30(1):44-51,68.
- [18] 罗西,郭秋菊,姚兰,等. 濒危植物鹅掌楸的天然种群结构特征[J]. 中南林业科技大学学报,2021,41(7):115-123.
- [19] 刘鑫,焦健,王婷,等. 巴丹吉林沙漠南缘沙地芦苇种群生态特征[J]. 干旱区研究,2022,39(1):220-229.
- [20] 杨小平,王海鸥,蒋丽丽,等. 伊犁地区不同新疆野苹果种群的年龄结构分析[J]. 分子植物育种,2021,19(12):4133-4141.
- [21] 申仕康,马海英,王跃华,等. 濒危植物猪血木(*Euryodendron excelsum* H. T. Chang)自然种群结构及动态[J]. 生态学报,2008,28(5):2404-2412.
- [22] XU Y, CHEN Y, LI W, et al. Distribution pattern of plant species diversity in the mountainous Region of Ili River Valley, Xinjiang [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011, 177:681-694.
- [23] 冯琳骄,褚佳瑶,高林,等. 新疆伊犁和塔城地区天山樱桃群落特征与植物区系的比较[J]. 经济林研究,2021,39(3):156-164.

(责任编辑:张明霞)