

海南岛野生茶树空间分布及种群动态研究

李苑菱, 张 丽, 杨小波, 李东海, 张 凯, 吴庭天

(1. 海南大学 热带农林学院, 海口 570228; 2. 热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室, 海口 570228)

摘要:野生茶树具有很强的环境适应能力, 对不良自然环境具有强抗逆性, 是栽培茶树品种杂交育种和改良品种的重要基因库。在对海南岛自然分布的野生茶树资源全面开展调查工作的基础上, 从种群径级结构、静态生命表、存活曲线等种群特征方面以及野生茶种群空间分布格局与分布特征方面进行分析, 结果表明: 1) 野生茶树主要分布在五指山市、琼中县、白沙县、乐东县等中西部山区; 2) 野生茶树主要分布在坡度为 $0 \sim 30^\circ$ 、海拔为 $900 \sim 1\,200\text{ m}$, 以及坡向为半阳坡与半阴坡的区域; 3) 野生茶树种群为集群分布, 野生茶树种群内幼树、中树居多, 大树、老树很少, 种群结构表现为稳定型; 4) 野生茶树种群死亡率随着径级的增加呈递增趋势, 种群生命期望值随着径级增加呈递减趋势, 种群存活曲线从整体上看接近 Deevey-I 型, 说明野生茶树种群处于相对稳定的状态, 随着种群个体的生长发育, 其生存力逐渐下降。因此, 在对海南岛野生茶树资源进行开发利用过程中, 要加强对野生茶树资源的保护与收集工作, 建立起海南岛野生茶树种质资源库。

关键词:野生茶树; 种群特征; 径级结构; 空间分布格局; 生命表

中图分类号:S718.54 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6622(2017)02-0081-07

DOI:10.13466/j.cnki.lyzygl.2017.02.014

Study on Spatial Distribution and Population Dynamics of Wild Tea in Hainan Island

LI Yuanling, ZHANG Li, YANG Xiaobo, LI Donghai, ZHANG Kai, WU Tingtian

(1. College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources, Haikou 570228, China)

Abstract: Wild tea trees have strong environmental adaptability and strong resistance to adverse natural environment. They are the important gene pool of cultivated tea varieties of hybrid breeding and improved varieties. The population diameter structure, static life table and survival curve, as well as the spatial distribution pattern and distribution of wild tea populations are studied and population characteristics based on the investigation of the natural distribution of wild tea plant resources in Hainan Island are analyzed. The results show that: 1) Wild tea trees are mainly distributed in the central and western mountains of Wuzhishan city, Qiongzong county, Baisha county and Ledong county in Hainan; 2) Wild tea trees are mainly distributed at the slope range of $0 \sim 30^\circ$, elevation range of $900 \sim 1\,200\text{ m}$, slope range for the semi-sunny and semi-shady slope area in Hainan; 3) The spatial distribution patterns of wild tea populations is clustered, the wild tea population is of stable type because the young trees and middle aged trees are in the majority, and the big trees and old trees are rare; 4) The mortality of wild tea population increased with the increase of diameter, the life expectancy of wild tea population decreases with the increase of diameter, and the population survival curve is close to Deevey-I type, which indicates that the population of wild tea is in a relatively stable state, and the population viability decreases with the growth and development of individual. Therefore, in the development and utilization of wild tea tree resources in Hainan Island, it is necessary to strengthen the protection and collection of wild tea tree resources and establish the wild tea germplasm resource base in Hainan.

Key words: wild tea tree, population characteristics, diameter structure, spatial distribution pattern, life table

收稿日期: 2016-11-30; 修回日期: 2017-02-26

基金项目: 国家自然科学基金(31460120)

作者简介: 李苑菱(1992-), 女, 海南澄迈人, 在读硕士, 研究方向: 植物生态学与植物资源学。Email: liyuanlinghn@163.com

通讯作者: 杨小波(1962-), 男, 海南海口人, 教授, 博导, 主要从事植物生态学与植物资源学方面的研究工作。

Email: yanfengxb@163.com

0 引言

长久以来,种群动态始终被认为是种群生态学的核心问题,在生态学发展过程中,种群数量结构与动态变化也一直是研究热点^[1]。种群动态的主要研究内容包括种群结构、分布格局、数量变动和种群调节等,通过种群结构与其数量动态变化的研究,可预测种群的发展及演化趋势,种群结构与其空间分布的研究对阐明种群动态特征、种群更新及群落稳定性与演替规律具有重要意义^[2-3]。

野生茶树,属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)多年生常绿小乔木或乔木植物,是指没有经过人工栽培驯化,存在于天然林中已有悠远生长历史,与栽培茶种有亲缘关系的茶组植物^[4-5]。野生茶树有很强的环境适应能力,对不良自然环境表现出很强的抗逆性,包括抗病虫害、抗寒性及抗旱性等,因此在茶树育种、栽培生产及开发利用方面都有着巨大的作用^[6-7]。野生茶树在我国主要分布于西南与华南一带,20世纪80年代,中国作物种质资源考察队在海南岛境内发现了野生大茶树的分布,其分布范围十分广泛,分布资源极为丰富^[8]。但由于受到当地居民多年过度采摘以及开荒种田等人为活动的影响,造成森林生境破碎化,野生茶种群在海南岛分布范围及数量不断缩小,分布资源不断减少,目前已被列为国家二级重点保护野生植物^[9]。

关于野生茶树的研究,主要集中在野生茶树资源方面。早期许多学者主要对野生茶树的地理分布、生态系统、种质资源等方面进行了相关的工作^[10-13]。早在1990年,郭远安^[8]就对海南10个市县的野生茶开展过调查研究,认为主要分布在沿五指山、黎母山、雅加大岭三大山脉走向的地区。随着科学技术的飞速发展,野生茶树的基因遗传方面的研究逐渐成为研究热点,生化分析、分子标记等技术手段被广泛应用于对野生茶树资源遗传多样性及亲缘关系等方面的研究^[14-16]。周萌等^[17]使用27对EST-SSR引物对云南100份野生茶树资源和22份栽培品种进行了遗传多样性和亲缘关系的分析;陈亮等^[18]根据茶树种质资源的分子生物学和茶树原产地的茶树特征,将茶组植物分成5种3变种,认为野生茶树主要属于大厂茶(*C. tachangensis*)、厚轴茶(*C. crassicolumna*)、大理茶(*C. taliensis*)和秃房茶(*C. gymnogyna*);而海南岛所

分布的野生茶树初步认定为普洱茶(*C. sinensis* var. *assamica*),为大叶种茶^[19]。

然而针对野生茶树种群动态的相关研究却并不多,仅见柴勇等^[20]对云南哀牢山野生古茶树群落优势树种的种群结构和分布格局进行了研究。海南是野生茶资源较丰富的地区之一,有必要在郭远安^[8]调查研究的基础上,开展野生茶树资源种群动态特征、群落结构特征及其生化活性成分分析等更为深入的研究工作。本研究基于海南岛野生茶树种群的调查研究工作,分析海南岛野生茶树种群结构特征及空间分布特征,揭示海南岛野生茶树的种群动态特征及其分布规律,旨在为海南岛野生茶树资源的保护与开发利用提供科学依据,也为进一步建立海南岛野生茶树种质资源库奠定良好的基础。

1 研究区域概况

海南岛位于中国大陆最南端,地理坐标为18°10'~20°10'N,108°37'~111°03'E,地处热带北缘,属热带季风气候。本地区:气候温和,长夏无冬,年平均气温22~27℃,最热月份的平均温度只有28.4℃,最冷的月份平均气温为17.2℃^[21];雨量充沛,年平均降水量为1639mm,有明显的多雨季和少雨季,每年的5—10月份是多雨季,而11月至翌年4月为少雨季节^[22];四周低平,中间高耸,以五指山、鹦哥岭为隆起核心,向外围逐级下降,山地、丘陵、台地、平原构成环形层状地貌,梯级结构明显;土壤主要成土母质岩为花岗岩、玄武岩,主要的土壤类型有砖红壤、赤红壤和黄壤^[23]。

2 研究方法

2.1 野外调查

对海南岛所分布的野生茶树资源进行全面调查,采用“样方法”和“实测法”相结合的方式进行调查。当野生茶树分布范围较大,呈散生或团状分布,且连片分布时采用“样方法”;而当分布区域狭窄,分布面积小以及种群数量少,可以直接计数,其分布点、范围和资源都较清楚时采用“实测法”。野外调查时间为2013年7月至2015年8月,调查区域范围囊括全省,共18个市县。

在“样方法”调查中,设置 20 m×20 m 的样方,并记录样地地理坐标、海拔、坡度、坡向优势种、伴生种等生境指标,对所设立样方内的所有野生茶进行调查,测定其胸径、树高、冠幅、坐标等。“实测法”即是对野生茶进行定位,调查内容与“样方法”相同。此次调查中,共计 56 个分布点(图 1),其中实测点 18 个,设置样方 38 个,样方调查总面积为 15 200 m²。

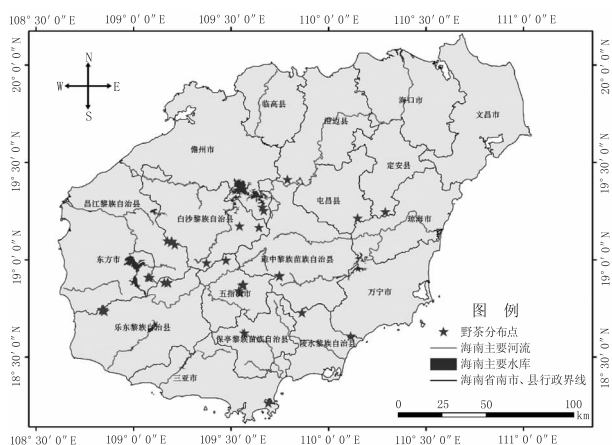


图 1 海南岛野生茶树种群调查点分布图

Fig. 1 Distribution of investigation points of Wild Tea population in Hainan Island

2.2 数据处理

2.2.1 空间分布格局分析检验

利用种群“样方法”调查数据,采用扩散系数法(C)、负二项分布参数(K)、Cassie 指标($1/K$)、丛生指标(I)、Green 指数(GI)平均拥挤度(m^*)和聚块性指标(PAI)等 7 项指数测定种群聚集强度^[24-25],对野生茶树种群空间分布格局进行分析。

2.2.2 划分径级结构

龄级的划分是研究种群生命表、生存分析、存活曲线等的关键^[26]。因野生茶为重点保护植物,用生长锥对年轮钻取对其种群破坏较大,因此采用空间代替时间的方法,用立木级结构代替年龄结构进行分析^[27-30]。结合野生茶树生物学特性和生长情况^[20,31]来划分径级,各径级划分为:I 级为幼苗($DBH < 1.0$ cm);II 级为幼树($1 \text{ cm} \leq DBH < 5$ cm);III 级($5 \text{ cm} \leq DBH < 10$ cm)与 IV 级($10 \text{ cm} \leq DBH < 15$ cm)为中树;V 级为大树($15 \text{ cm} \leq DBH < 20$ cm);

VI 级为老树($DBH \geq 20$ cm)。统计各径级内个体数目,以径级为纵坐标,径级内个体数为横坐标,利用 GraphPad Prism 5 软件绘制野生茶种群径级结构图。

2.2.3 种群静态生命表编制

静态生命表是判定种群趋势的重要指标,可反映种群现实状况以及种群与环境的竞争关系^[32]。首先,统计各径级株数,对数据进行计算并进行匀滑处理;其次,依据野外调查各径级存活数据(N_x),计算出从第 x 径级起到超过 x 径级的存活个体总数(T_x), x 龄级标准化存活数(L_x),死亡数(D_x),死亡率(Q_x),生命期望值(E_x)及消失率(K_x);最后,编制静态生命表^[33-34]。利用 GraphPad Prism 5 软件绘制野生茶种群的存活曲线、死亡率曲线及消失率曲线。Deevey 将个体存活概率随相对年龄的变化分为 3 个基本模式,即 I 型、II 型和 III 型。I 型为凸形曲线,显示年轻个体存活率较高;II 型为对角线,显示各年龄阶段死亡率相等;III 型为凹形曲线,表明幼年期死亡率很高。

3 结果与分析

3.1 野生茶树种群分布特征

把海南岛各市县区域野生茶的分布(图 2)与不同海拔(图 3)、坡度(图 4)、坡向(图 5)等 3 种地形因子对野生茶分布的影响进行统筹思考,综合分析海南岛野生茶种群的分布规律。由图 2 可知:野生茶树主要分布在五指山、琼中和白沙地区,即中部山区,且分布范围广泛;野生茶树在 11 个市县区域内均有分布(图 2),但在琼北、琼东以及琼南地区则几乎没有踪迹。由图 3 可知,在不同海拔段中均有野茶分布,而在 900~1 200 m 海拔范围内的野茶分布点最多,说明野茶主要分布在高海拔地区;由图 4 可知,不同坡度段中除了 75~90° 的坡度段没有野茶分布,其余均有分布,且在 0~15°,15~30° 的坡度范围内野茶分布点最多,说明野茶主要分布在地势平缓的地区;由图 5 可知,在 8 个坡向中均有野茶分布,而在东南坡、南坡、西北坡上的野茶分布点最多,在北坡与西南坡上分布最少,说明野茶主要分布于半阳坡、半阴坡等地区。综合结果表明:海南岛野生茶树主要分布的坡度范围为 0~30°、海拔范围为 900~1 200 m、坡向范围

为半阳坡与半阴坡;海南岛野生茶树主要分布在五指山、琼中、白沙、乐东等中西部山区。

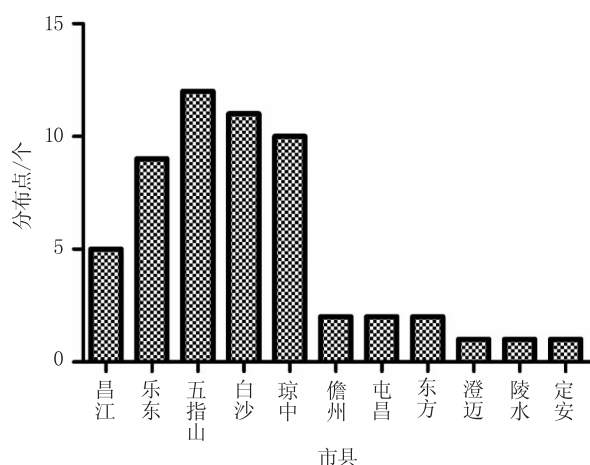


图2 各市县区域野生茶树种群的分布

Fig. 2 Distribution of Wild Tea populations in different counties

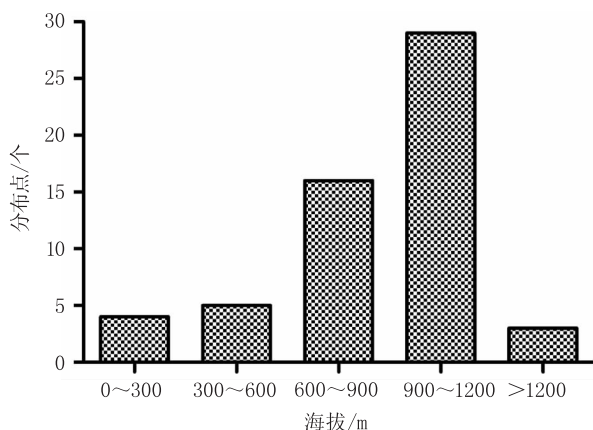


图3 不同海拔下野生茶树种群的分布

Fig. 3 Distribution of Wild Tea populations in different altitude

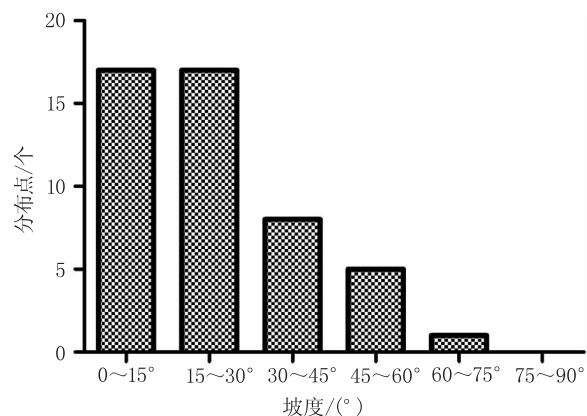


图4 不同坡度下野生茶树种群的分布

Fig. 4 Distribution of Wild Tea populations in different slopes

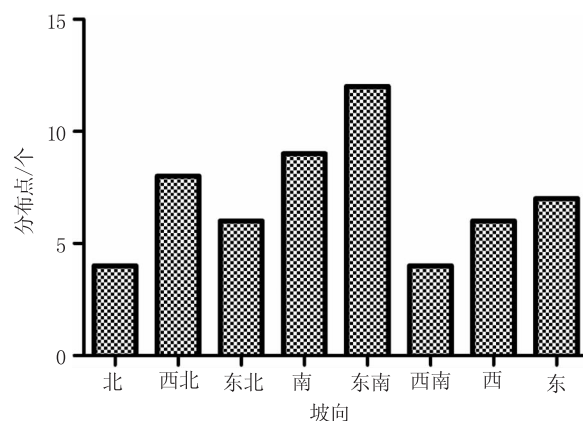


图5 不同坡向下野生茶树种群的分布

Fig. 5 Distribution of Wild Tea populations in different slope directions

3.2 野生茶树种群空间分布格局

对野生茶种群的空间分布格局指数和集群程度进行分析(表1)可以得出: $K = 1.4737 > 0$, $Ca = 0.679 > 0$, $GI = 0.0859 > 0$, $I = 3.1786 > 0$, $m^* = 7.8628 > 1$, $PAI = 1.6786 > 1$,并且通过方差均值比率法, $C = 4.1786 > 1$, $t = 9.2671$;综合各项指数进行分析,结果表明:海南岛野生茶种群空间分布格局为集群分布。

3.3 野生茶树种群特征分析

3.3.1 野生茶树种群径级结构

野生茶种群的径级Ⅰ、径级Ⅱ、径级Ⅲ、径级Ⅳ、径级Ⅴ和径级Ⅵ的个体数分别为37株、96株、75株、27株、14株、3株,分别占总体的14.68%、38.10%、29.76%、10.71%、5.56%、1.19%。由图6可看出,野生茶种群Ⅱ级的个体数量最多,Ⅲ级次之,Ⅰ级、Ⅳ级个体数稍少,Ⅴ级、Ⅵ级的个体数最少。因此,野生茶种群的中树(Ⅲ级、Ⅳ级)所占比例最高,占总体数的40.47%;其次为幼树(Ⅱ级),占总体数的38.10%;而幼苗(Ⅰ级)、大树(Ⅴ级)、老树(Ⅵ级)所占比例较小,即呈中部宽,基部、顶部窄的种群结构,中幼树长成大树潜力大,目前在群落中发展稳定,说明种群为稳定型种群,且具有一定的更新能力。

表 1 野生茶树种群空间分布格局
Tab. 1 Distribution patterns of Wild Tea population

物种	均值	方差	扩散系数 <i>C</i>	<i>t</i> 值	负二项参数 <i>K</i>	Cassie 指数 <i>Ca</i>	格林指数 <i>GI</i>	丛生指数 <i>I</i>	平均拥挤度 <i>/m*</i>	聚块性指数 <i>PAI</i>	分布型
野茶	4. 6842	19. 5733	4. 1786	9. 2671	1. 4737	0. 679	0. 0859	3. 1786	7. 8628	1. 6786	聚集分布

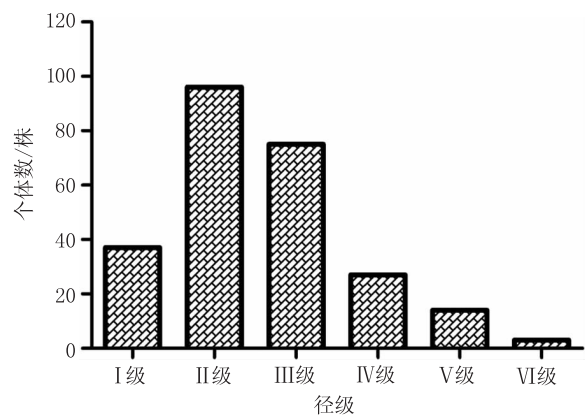


图 6 野生茶树种群径级结构
Fig. 6 Histogram of DBH classes of Wild Tea population

3.3.2 野生茶树种群静态生命表分析
生命表反映的是多个世代重叠的径级动态历

表 2 野生茶树种群静态生命表
Tab. 2 The static life table of Wild Tea population

径级	存活数 (<i>N_x</i>)	标准化存 活数(<i>L_x</i>)	标准化存活 数对数(<i>lgL_x</i>)	死亡数 (<i>D_x</i>)	死亡率 (<i>Q_x</i>)	从 <i>x</i> 龄级及以上各龄级 的存活个体数 (<i>T_x</i>)	生命期望 值(<i>E_x</i>)	消失率 (<i>K_x</i>)
I	37	66.5	1.82	—	—	252	6.81	—
II	96	85.5	1.93	21	0.22	215	2.24	0.52
III	75	51.0	1.71	48	0.64	119	1.59	0.91
IV	27	20.5	1.31	13	0.48	44	1.63	0.88
V	14	8.5	0.93	11	0.79	17	1.21	1.73
VI	3	1.5	0.18	3	1.00	3	1.00	—

3.3.3 存活曲线 死亡率曲线和消失率曲线
存活曲线是特定年龄存活率和死亡率对径级的相关曲线,曲线的走势反映了种群的生存率和死亡率随年龄的变化趋势,是反映种群动态的重要特征。通过对存活曲线(*lgL_x*)、死亡率曲线(*Q_x*)及消失率曲线(*K_x*)的分析,对野生茶种群的动态特征有了更

程中的一个特定时间,以野外调查数据为基础,依照生命表编制方法编制野生茶树的静态生命表(表 2)。对表 2 进行分析可知,由于第 I 级个体数比第 II 级少,导致死亡率(*Q_x*)出现为负的现象,从第 II 级开始死亡率变为正数,此后死亡率随径级增加而逐渐增大,在第 IV 级时出现死亡率小于第 III 级的情况,但其总体趋势不变,并在第 VI 级达到最大,这与存活数一栏中第 VI 级的个体数较少相吻合。生命期望值(*E_x*)反映的是 *x* 龄期开始时径级内个体的平均期望生存能力,由 *E_x* 值可知,野生茶种群的 *E_x* 值在第 I 级达到最高(6.81),表明此阶段野生茶的生存质量最高,是野生茶的生理活动旺盛期。而随着径级的增加,*E_x* 值呈下降趋势,说明随着种群个体的生长发育,其生存力逐渐下降。

加深入的了解。由图 7 可以看出,海南岛野生茶种群的存活曲线从整体上看接近 Deevey-I 型,曲线呈凸型,表示种群的大多数个体均能实现其平均的生理寿命,在达到平均寿命时,几乎同时死亡。I 级幼苗存活率低于 II 级幼树,II 级幼树存活率最高,此后,随着径级增加存活率呈下降趋势,并在 VI 级达

到最小值,最大存活个体数发生在幼树或中树阶段,表明其幼苗数量虽少但存活率较高,而至大树阶段死亡率增加,使存活数量逐渐减少。

野生茶种群死亡率曲线在径级 I 出现断点,从径级 II 到径级 III 阶段呈上升趋势,在径级 IV 出现波动短暂下降,此后继续呈上升趋势,说明径级 IV 为该种群的生理寿命,在达到该种群的生理寿命后,死亡率开始增大,至第 VI 级出现峰值。消失率曲线在径级 I 与径级 VI 出现断点,在径级 II 到径级 IV 阶段为 Deevey-I 型,曲线呈凸型,表明该阶段存活率较大,这与存活曲线结果一致,而径级 IV 到径级 V 阶段消失率急速上升,存活率下降,这是由于野生茶种群接近生理衰老而出现消失高峰的现象。

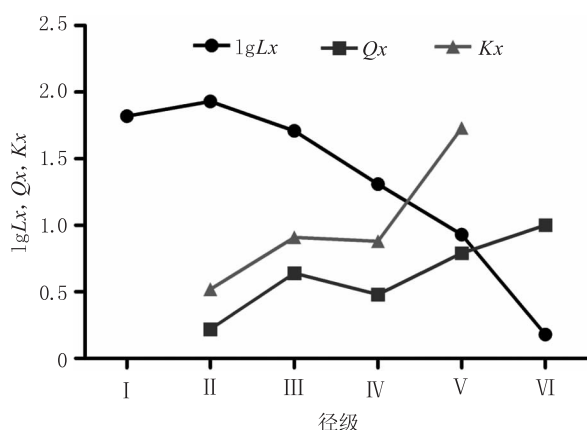


图7 野生茶树种群存活($\lg Lx$)曲线 死亡率(Qx)曲线及消失率(Kx)曲线

Fig. 7 Survival curve ($\lg Lx$), mortality rate (Qx) and disappearance rate (Kx) of Wild Tea population

4 结论与讨论

野生茶树资源丰富多样,分布十分广泛,且存在着不同程度的连续性变异,以及从原始形态结构到次生(进化)形态结构比较明显的阶段性变异,在物种类型、生态型、形态特征、生化成分上均存在丰富的遗传多样性^[35]。因此野生茶树资源对栽培茶树的品种改良以及对探究茶树起源演化具有重要的作用。对海南岛 18 个市县区域开展野生茶树资源的调查研究,结果表明:野生茶树主要分布在五指山、琼中、白沙、乐东等中西部山区,且分布范围广泛;野

生茶树在 11 个市县区域内均有分布,但在琼北、琼东以及琼南地区则几乎没有踪迹;野生茶树主要分布在坡度为 $0 \sim 30^\circ$,海拔为 $900 \sim 1\,200\text{ m}$,以及坡向为半阴坡与半阳坡的区域。相比前人的研究,本研究在野生茶种群分布点上更加细化,调查范围更全面。本文对海南岛野生茶种群在地形因子影响下的分布特征进行相关的研究分析,以期为深入研究野生茶的种群特征提供良好的基础。

种群空间分布格局的形成,不仅与其自身的生物学特性相关,还与其所处的群落环境相关,种群分布格局的形成起源于种群自身特性与生境环境的相互作用^[36]。研究结果表明,海南岛野生茶种群格局指数(C 值)为 $4.1786 > 1$, t 值 $= 9.2671$,种群分布格局呈集群分布。而相关研究结果表明^[20],在云南哀牢山地区的野生茶种群分布格局呈随机分布,但其聚集程度较高。这说明野生茶种群的聚集分布格局主要与其自身特性有关,但物种生境的不同也会对种群的分布产生一定的影响。从野生茶树自身的特性分析,由于野生茶的果实为蒴果,不易被动物取食,种子保存率较高,且因其幼苗喜湿耐荫的特性,使其成活率较高^[10],这些因素导致它们在小范围内个体数量较多、种群密度较大而呈聚集分布。另外,因人为砍伐等干扰活动的影响而导致的生境变化可能是野生茶种群呈聚集分布的原因之一,森林生境的破碎化引起种群边缘环境的剧烈变化,从而导致其环境相对干燥,环境郁闭度下降,见光度增加^[9];而光强度会影响苗木叶绿素含量和 RuBP 羧化酶活性,不同光环境中的同一物种的叶片总蛋白含量基本一致,单位酶活性却有很大的变化,在长时间的暴晒下,幼苗的叶绿素会被漂白,使幼苗无法存活^[37],因此不利于野生茶幼苗的生长,致使野生茶种群更新能力下降,从而限制其种群的生长分布范围。

种群结构一直是生态学研究的核心内容之一,是种群发育过程中个体实现其增长机会的一种表达,种群结构及存活曲线在一定程度上可以反映出种群的数量动态变化及发展趋势^[38]。研究结果显示,海南岛野生茶种群幼树、中树的个体数较多,幼苗次之,大树及老树个体数较少,种群结构为稳定型;种群死亡率整体上呈现随径级增加而递增的趋

势,而种群生命期望值 I 级幼苗达到最高,之后随着径级增加呈递减趋势;种群存活曲线从整体上看接近 Deevey-I 型,说明野生茶种群发展比较稳定,其现有生境适合幼年期到成年期的生长。分析其原因,可能是:由于野生茶树喜湿耐旱、耐瘠薄和高抗寒性、抗病虫害的生长特性,使其幼苗存活率较高^[39]。因野生茶种群具有较好的初期存活率,保证了其种群未来具有较大的发展空间,其幼树、中树的数量丰富,在群落中显现出旺盛的生命力,在群落演替过程中有取代原有优势种群成为群落新的主宰者的发展潜力;且由于其幼苗数量不足与其大树稀少的特点,为群落中下层的其它树种提供了充裕的生长空间,利于群落向着多样性丰富的方向发展。

野生茶树生长环境优越,海拔较高,常年云雾缭绕,土层中含有丰富有机质,在茶树分类、演化、变异等方面具有较高的价值^[40]。由于野生茶树具有生长势强、高抗寒性与高抗病性等目前开发利用上所急需的优异性状,是培育茶树抗逆新品种最重要的资源^[41]。研究结果表明,海南岛野生茶树分布广泛,但种群现存个体数量却不断减少,生存环境遭到破坏,茶树资源日益减少。因此,应建立野生茶树自然保护区,采用原生境就地保护或近地种质资源圃以及迁地保护、室内试管苗种质保存等方法进行保护;建立全面的海南岛野生茶树种质资源数据库,促进茶树资源的整合、保护、利用与共享,并进一步开展对海南岛野生茶树种质资源的分类、鉴定、评价和遗传多样性分析以及功能性基因发掘等相关研究工作。

参考文献:

- [1] 丁鑫. 珍稀树种福建柏种群生态学研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2013: 22-25.
- [2] 张建亮. 珍稀濒危植物掌叶木种群生态学研究——以广西木论国家级自然保护区为例[D]. 南宁: 广西师范大学, 2010: 18-28.
- [3] 苏小青. 不同演替阶段中黧蒴栲种群的大小结构与分布格局[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(6): 499-504.
- [4] 马建强, 姚明哲, 陈亮. 茶树种质资源研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, 35(1): 11-16.
- [5] 陈宗懋. 中国茶经[M]. 上海: 上海文化出版社, 1992: 495-498.
- [6] 段志芬. 云南野生茶树资源农艺性状及主要生化特性研究[D]. 昆明: 中国农业科学院研究生院, 2013: 1-4.
- [7] 李剑. 陕西茶树种质资源鉴定与评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008: 1-6.
- [8] 郭远安. 海南岛野生茶树的调查[J]. 广东农业科学, 1991(2): 45-46.
- [9] 罗静. 我国野生茶树的现状、特征及保护[J]. 吉林农业, 2012(4): 9-10.
- [10] 郭元超. 野生茶树种群的形态与分布研究[J]. 福建省农学院学报, 1989, 4(2): 28-36.
- [11] 詹梓金, 林茂锋. 福建野生茶资源的地理分布与生态型[J]. 福建农学院学报, 1991, 20(4): 427-443.
- [12] 唐一春, 杨盛美, 季鹏章, 等. 云南野生茶树资源的多样性、利用价值及其保护研究[J]. 西南农业学报, 2009(2): 518-521.
- [13] 宋维希, 李荣福, 刘本英, 等. 云南省普洱市野生茶树地理分布和多样性[J]. 中国农学通报, 2014, 30(10): 83-91.
- [14] 高辉, 申仕康, 张金萍, 等. DNA 分子标记在茶种资源遗传多样性研究中的应用[J]. 种子, 2011, 30(5): 57-60.
- [15] 王亨洪, 童华荣, 李兰英, 等. 川渝地区野生大茶树的挥发性组分及萜烯指数分析[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 168-172.
- [16] 刘振, 王新超, 赵丽萍, 等. 基于 EST-SSR 的西南茶区茶树资源遗传多样性和亲缘关系分析[J]. 分子植物育种, 2008, 6(1): 100-110.
- [17] 周萌, 李友勇, 孙雪梅, 等. 基于 EST-SSR 标记的云南野生茶树遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 22-27.
- [18] 陈亮, 王平盛, 山口聪. 应用 RAPD 分子标记鉴定野生茶树种质资源研究[J]. 中国农业学报, 2002, 35(10): 1186-1191.
- [19] 杨小波. 海南植物图志[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [20] 柴勇, 朱华, 孟广涛, 等. 云南哀牢山古茶树群落优势树种的种群结构与分布格局[J]. 林业科学研究, 2011, 24(3): 277-284.
- [21] 《海南年鉴》编辑委员会. 海南年鉴[M]. 海口: 海南年鉴社, 2010.
- [22] 海南省地方志办公室. 海南省志: 自然地理志[M]. 海口: 海南出版社, 2011.
- [23] 龚子同, 张甘霖, 漆智平. 海南岛土系概论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [24] Gittins R R. Canonical analysis: a review with applications in ecology [M]. Berlin: Springer Overflag, 1985.
- [25] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [26] Johnson J B. Stand structure and vegetation dynamics of a subalpine tree fen in Rocky Mountain National Park, Colorado[J]. Journal of Vegetation Science, 1997, 8(3): 337-342.

(下转第 138 页)