

文章编号:1004-8227(2006)01-0048-06

长江上游玉龙雪山植物物种多样性形成的探讨

吴之坤^{1,2}, 张长芹^{1*}, 黄媛^{1,2}, 张敬丽^{1,2}, 孙宝玲^{1,2}

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 玉龙雪山位于云南省西北部的丽江市, 是界于澜沧江和金沙江之间云岭山脉的主峰。南临丽江坝, 东、西、北三面均为金沙江环绕, 处于中国三大植物多样性中心之一的横断山区的核心地带, 具有很高的植物物种多样性。该区有藻类植物 31 科 72 属 196 种, 地衣植物 17 科 20 余种, 在苔藓植物中有苔类 45 种、藓类 130 种, 蕨类植物约有 220 多种, 种子植物有 171 科 804 属 2 646 种(不含栽培种及种下等级), 其中中国特有种 1 631 种, 占本区种子植物总数的 61.46%。对玉龙雪山植物物种多样性的形成进行了探讨, 认为玉龙雪山丰富的植物物种多样性主要来源于 3 个第三纪古植物区系成分即古北大陆、古地中海以及古南大陆成分, 其中以古北大陆成分为主。之后的新构造运动及第四纪冰期冰川的反复作用, 形成了玉龙雪山复杂多样的生态环境。来源于以上 3 个古植物区系成分的植物物种在以后的进化过程中经过不断分化、发展以及与临近区域的交流, 形成了现在丰富的植物物种多样性格局。

关键词: 玉龙雪山; 植物物种多样性; 生态环境**文献标识码:** A

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式。包含两个方面: 一是指一定区域内物种的总和(主要是从分类学、系统学和生物地理学角度对一个区域内物种的状况进行研究), 可称为区域物种多样性; 二是指生态学方面物种分布的均匀程度(常常是从群落组织水平上进行研究)^[1]。本文中的物种多样性指的是前者, 即玉龙雪山地区植物物种的总和。拟通过区域调查及资料查阅对玉龙雪山植物物种多样性的形成进行初步的分析。

1 玉龙雪山概况

东喜马拉雅—横断山区域被认为是世界上 25 个生物多样性最热点地区之一^[2], 同时也是中国的 3 个植物多样性热点地区之一^[3]及云南的两个生物多样性中心之一^[4]。这一区域被怒江、澜沧江、金沙江等南北向江河深切, 地形极为复杂, 河谷深切而狭窄, 两岸山体高大, 河谷与山体间的垂直高差一般在 3 000 m 以上。因此, 本地区垂直分布明显, 从山脚到山顶往往具备热带、亚热带到高山寒带各类型的

植被, 是世界上高山植物区系最丰富的区域^[5]。

玉龙雪山位于云南省丽江市西北部, 处于北纬 27°10'~27°40'、东经 100°10'~100°20' 之间, 是我国纬度最南的一座雪山, 也是欧亚大陆距赤道最近的海洋性冰川区。该山坡向基本为北北东、南南西走向, 其西北临长江石鼓第一湾和金沙江虎跳峡, 东麓是海拔约 3 000 m 的干海子盆地, 南面是丽江盆地。玉龙雪山南北长 35 km, 东西宽 13 km, 主山脊上有 13 座海拔 5 000 m 以上的高峰, 主峰扇子陡海拔 5 596 m, 耸立于群峰之上, 与南麓的雪嵩村相比(海拔 2 700 m)相对垂直高差近 3 000 m, 而与西北部的金沙江虎跳峡相比高差达 3 900 m 左右。

玉龙雪山地处横断山系核心地带, 是这一地区高山植物种类最集中的地点, 基本上可以作为云南西北部高寒山区群落垂直分布的典型。在植物区系成分上, 玉龙雪山山地低海拔的森林植被和中国—日本植物区系相似, 亚高山以上的植被以中国—喜马拉雅成分为主^[6]。在植物区系的性质方面, 玉龙雪山在纬度上属于北亚热带区域, 具备有亚热带的成分, 并且作为滇中高原地区植被与滇西北高山植

收稿日期: 2005-04-28; **修回日期:** 2005-06-20**基金项目:** 国家自然科学基金(30571137)、云南省自然科学基金项目(2005C0051M、2001C0057M)、国家科技部基础工作专项重点项目(2001DEA10009)资助。**作者简介:** 吴之坤(1980~), 男, 贵州省天柱人, 博士研究生, 主要从事保护生物学及系统学研究。*** 通讯作者:** E-mail: zhangchangqin@mail.kib.ac.cn

被水平分布及垂直分布的联系者,其山麓及坝区的植被与滇中高原的植被之间存在一定联系,但因山体本身十分高峻,地形极为复杂,由之而引起的气候及土壤的复杂性影响并加深了山区植物种类和植被类型的丰富性和复杂性^[7]。金沙江河谷地带有一些热带成分,具有热带为主的亚热带性质^[8],但在山体的山麓及云雾线以上的植物成分则又以温带为主,这里成了许多现代温带分布的裸子植物及被子植物中世界温带分布的一些大属如杜鹃属(*Rhododendron*)、报春属(*Primula*)、绿绒蒿属(*Meconopsis*)、龙胆属(*Gentiana*)等高山植物的形成与分化中心,并富有特有属种^[6]。因此,本区区系以温带成分占有明显优势。据统计,玉龙雪山约有藻类植物31科72属196种,地衣植物17科20余种,在苔藓植物中有苔类45种、藓类130种,蕨类植物约有220多种,种子植物171科804属2646种(不含栽培种及种下等级)^①。在这些植物中,以玉龙雪山或丽江命名的植物有139种,作为种子植物模式标本产地的植物达800种左右。玉龙雪山约有20种植物被列入国家重点保护名录,例如金铁锁(*Psammosilene tunicoides*)、云南黄连(*Coptis teeta*)、栌菊木(*Nouelia insignis*)、领春木(*Euptelea pleisperma*)、华榛(*Corylus chinensis*)、棕背杜鹃(*Rhododendron fictolacteum*)、云南榧树(*Torreya yunnanensis*)、长苞冷杉(*Abies georgei*)、黄牡丹(*Paeonia delavayi*)、桃儿七(*Sinopodophyllum hexandrum*)、天麻(*Gastrodia elata*)、扇蕨(*Neocheiropteris almatopedata*)、短柄乌头(*Aconitum brachypodum*)、玉龙蕨(*Sorolepidium glaciale*)等^[6,9,10]。

2 植物区系及植物多样性的形成

植物区系的形成是长期自然历史演化发展的结果,主要受到历史因素(这里主要指地质历史及植物类群发展的历史)、生态环境以及植物自身的生物学性质等综合作用的影响,而多样性格局是由生态学 and 进化过程、历史事件和地理环境共同导致的^[11]。植物自身的生物学因素对于植物在一个地区的分布来说固然是最重要的因素,然而历史因素及生态环境对于植物类群特别是特有类群的形成以及植物区系的发展具有很大的影响作用。从这两个方面来分

析玉龙雪山植物物种多样性的形成,有助于进一步了解和研究玉龙雪山的植被。

2.1 地质历史过程

植物区系是某一地区中所具有的植被,对该地区地质历史过程的了解,有助于了解这一地区植物区系的发生及发展。玉龙雪山在三叠纪时是滇西古生代大地槽的一部分,在古生代及中生代曾数度遭受海侵海退及造山运动的影响;三叠纪晚期,发生了印支运动,滇西地槽褶皱上升^[12]。中生代造山运动时,本区受强烈褶皱滇西地槽固结,此后即成陆地,至第三纪开始垂直上升造陆运动,一直延续到第四纪,至此玉龙雪山才最后形成^[13]。在玉龙雪山的上升机制方面,学者们有不同的看法:有认为是地垒式上升的^[14,15],有认为是在主压应力方向为近东西向应力场作用下,沿双剪型逆冲断裂而迅速抬升的^[16]。但在玉龙雪山上升的年代上,看法基本一致,均认为中生代中晚期、早第三纪以及上新世末到中更新世晚期这3个阶段上升得较快。特别是上新世末到晚更新世的新构造运动,对于玉龙雪山地貌的形成有非常大的影响,由于该山处于我国东部和西部的交接地带,为我国第一级地貌阶梯向第二级地貌阶梯的过渡地带,因此这里是新构造运动强烈的地区^[14],在新构造运动中,玉龙雪山发生了多次间歇性抬升,造成夷平面的进一步解体和多级剥蚀面的产生,也使得上新世之前还处于统一的准平原面上的玉龙雪山、丽江盆地、鹤庆盆地、拉石海盆地以及盆地间的山地产生了断层,这一时期,由于山体的不断上升及盆地与河谷的下陷,金沙江的主要支流,包括玉龙雪山东麓的黑水与白水和北麓的大深沟及西麓的仁和、中义、新联等支沟均于此时形成,同时玉龙雪山也于这个阶段海拔高于4000m,从而进一步形成了玉龙雪山地区高山深谷的地貌特征,也由于新构造运动的强烈差异升降,导致了该地区以垂直分异为主的气候—植被—土壤带的形成^[14,15]。

玉龙雪山在滇西古地槽形成陆地到抬升为我国纬度最南的极高山过程中,对植被影响最大的几次事件是历史上几次冰期的发生。特别是第四纪冰期的几次冰期中发生的冰川作用,对玉龙雪山地形、地貌、土壤、植被等方面产生了剧烈影响。作为中国最南和欧亚大陆纬度最低的山区发育有现代冰川的雪山,玉龙雪山保存有多次更新世冰川作用的遗迹。

① 杨亲二. 滇西北丽江玉龙雪山种子植物区系的初步研究, 硕士学位论文, 1987.

对于在历史上发生过的冰川作用的次数、时间以及命名上,不同研究者有不同的看法^[13,15,17-19]。大多数学者认为:在第四纪冰期中玉龙雪山至少发生过 3~4 次冰川作用,其中得到普遍认同的是后两次冰川作用,也就是大理冰期和丽江冰期^[17]。之后的全新世虽然也发生了一些小的冰期,但对玉龙雪山植被的影响不是太大。当这些冰期来临时,气候变冷,湿度也发生变化,冰川下延,甚至达到了海拔 2 800 m 左右的山麓,植物为了生存被迫下移;冰期过后,气温回升,冰川倒退植物又往上移,如此循环,使上下不同层次的植被得到交流。冰川倒退后留下的终碛以及冰碛,对于土壤的形成,又产生了一定影响。

2.2 玉龙雪山植物区系的历史成分

根据汤彦承对植物区系地理成分的概念,认为所谓的“历史成分”就是一个现代植物区系在演变过程中,从历史上继承一个或几个古植物群遗留下来的成分^[20]。从这个意义上来说,要了解玉龙雪山植物区系的发生与发展过程,就需要从这一区域的古植物区系的成分上来加以分析。如前所述,玉龙雪山在中生代之前一直是海洋环境,这一时期对于玉龙雪山的植物区系没有很大影响。直到中生代造山运动发生后到早第三纪,这一地区变为陆地,此时,玉龙雪山植物区系的形成才成为可能。从地质年代代表上看,中生代时虽然裸子植物已经在陆地上盛行,但由于没有见到植物化石的相关记录,因此对于裸子植物在这一区域有无分布,现在还无法确定。受第三纪喜马拉雅造山运动的影响特别是新第三纪中新世,喜马拉雅造山运动进入高潮时期,组成古南大陆的南亚大陆板块迅速向北移动,并俯冲于欧亚板块之下,使古地中海海槽逐渐消失,地壳发生强烈褶皱隆起与断裂。根据 Akhmetiev 对早中新世古植物区系区划,当时东亚植物区的主体部分已形成^[20]。陶君容对丽江宝相寺早第三纪植物化石的研究结果表明,在早第三纪时存在于这一地区的化石植物主要有: *Palibinia Pinnatifida*、*Palibinia kouowin*、*Palibinia Latifolia*、*Araliophyllum* sp.、*Debregeasia fangi*、*Phyllites* sp.。从这些化石植物叶片特征来分析,他认为这反映了当时植物生长环境较为干燥,气温较高,植物稀少,而这些植物多是矮小或略高的灌木;在晚第三纪植物化石中,在离玉龙雪山不远的剑川、维西两地的植物化石主要有: *Berryophyllum*、*Quercus*、*Phoebe*、*Cinnamomum*、*Sassafras*、*Pistacia*、*Rhus*、*Paliurus* 等,还有少量裸子植物 *Picea*、*Pinus*、*Cupressus* 等,这些植物组成常

绿和落叶阔叶混生的植被,稍远的山区分布着松、云杉等,这一植物组合明显代表了一个有山地起伏区的植被特征,气候变得温暖湿润,在低海拔较平缓处生长着常绿和落叶混交林,到具有一定海拔高度的山区,则分布着针叶类,云杉的出现明显是温带性质;进入上新世,这一地区的植物受到山体上升的影响,又完全不同于前期的植物,这时候主要是一些高山栎类,如: *Quercus Prequyavaefolia*、*Q. lanpingensis*、*Q. obliquifolia*、*Q. premomimotricha*、*Q. lancefolia*、*Q. pannosa*、*Q. gilliana*、*Q. senescens*、*Q. monimoreichat* 等,这些高山栎类化石完全表现出亚热带山区或近似于温带至暖温带的气候特征,也说明这些高山栎类植物在此阶段开始加速分化^[21]。因此,这些化石可以反映当时玉龙雪山上的一些植被特征,玉龙雪山最早的植物区系,应该是形成于这一时期。到了上新世末至中更新世晚期的新构造运动,使玉龙雪山在这一时期强烈隆起,同时云南准平面也解体,于是基本形成了玉龙雪山接近于现在的地形。

玉龙雪山位于古北大陆南端与古地中海区的交界处,由于特殊的地理位置,在历史上比较强烈的地质运动中它明显受到了古地中海退缩和古南大陆俯冲的影响。而且中新世后喜马拉雅山脉的急剧隆升,季风气候的形成,北半球中高纬度地区气温也急剧下降^[22]。正是由于其所处的古地理古环境位置,古地中海成分和古南大陆成分必然渗透或迁移过来,而古北大陆成分也必然会南移。所以,在其区系成分起源上可区分出三大区系成分:古北大陆、古地中海和古南大陆成分^[5]。以现在的区系成分来看,它以古北大陆成分为主。古北大陆在晚白垩世和早第三纪时期,主要是为数众多的落叶阔叶树种如桦木科 (*Betulaceae*)、金缕梅科 (*Hamamelidaceae*)、壳斗科 (*Fagaceae*)、木兰科 (*Magnoliaceae*)、槭树科 (*Aceraceae*)、杨柳科 (*Salicaceae*)、胡桃科 (*Juglandaceae*)、山茱萸科 (*Cornaceae*)、椴树科 (*Tiliaceae*)、水青树科 (*Tetracentraceae*) 等现在东亚—北美间断分布的亚热带及温带的特征类群,也有一些常绿树种,如:十大功劳属 (*Mahonia*)、常春藤属 (*Hedera*)、冬青属 (*Ilex*) 和樟科的一些属^[20,23],现在这些科属在玉龙雪山区系中都有分布^[24],以及现在玉龙雪山上分布有的五福花属 (*Adoxa*)^[24]、杜鹃属植物、落新妇族 (*Astilbeae*)、忍冬属 (*Lonicera*) 等都是古北大陆的成分^[5,20,23]。在晚白垩世到始新世时,古地中海区系是一个喜湿热的以常绿乔灌木为特征的亚热带类型,特征植被是

以常绿的樟科和壳斗科为主的照叶林^[22],还有一些棕榈科植物(如 *Trachycarpus*, *Livistonia*, *Chamaerops*, *Sabal*)也是这一区系的组成特征^[22]。早第三纪后期和新第三纪古地中海气候逐步旱化,原来的暖湿植物区系在地中海地区逐步消失,而在横断山及喜马拉雅山和东亚其他地区得以保存和发展,现在分布于横断山及东喜马拉雅山的亚热带森林即是其后裔^[22]。因此,现在玉龙雪山植物区系中分布的各种栎类、刺参属(*Acanthocalyx*)、绿绒蒿属(*Meconopsis*)、木姜子属(*Listea*)、木兰科(*Magnoliaceae*)的一些种如滇藏木兰(*Magnolia campbellii* Hook. f. et Thoms)、滇木莲(*Manglietia yunnanensis* Hu)等、栎菊木属(*Noulie*)、金铁锁属(*Psammosilene*)等应该是古地中海区系的成分^[20,22],但本区区系与古地中海区系联系不是太大,古地中海或泛地中海成分在本区仅有 23 种^①。而在金沙江干热、干暖河谷中分布的一些热带性质的成分如地黄连属(*Munronia*),则可能是古南大陆成分渗透进来后在地质演变中适应当地环境而遗留下来的植物,这些热带成分在本区区系中虽然所占比例不大,但也反映出本区与古热带区系的渊源关系。

本区植物特有化程度较高,根据杨亲二先生的统计,本区有中国特有种 1 631 种,占本区植物总数的 61.64%。其中以横断山脉特有和云南特有(主要是滇西北特有种)占绝大部分^①。按照汤彦承等对被子植物“新特有”以及“古特有”的划分,认为中新世是这一划分的分界线。大凡起源于中新世以前的属可视为“古特有属”,起源于中新世及其后的可归为“新特有属”,理由是:①东亚植物区系的主体部分形成于早中新世;②在中新世,植物长距离的传播基本停止^[20]。尽管后来在地质历史上发生了上新世末至晚更新世的新构造运动,玉龙雪山得以大幅的抬升,而且在更新世中还发生了对植被影响巨大的第四纪冰期中几次的冰川作用,但玉龙雪山植物区系的历史成分主要是在继承了以上 3 个第三纪古植物区系的成分后,在后来的历史事件中与临近区域不断的交换,并且使原有的类群在新的环境中不断地分化、发展而形成的。因此虽然本区区系含有一些古老成分,有些明显是第三纪甚至第三纪以前古热带区系的孑遗分子,但整体来说,本区古老成分较少,有些古老的科如杉科、木兰科、金缕梅科、山茶科在本区的种类十分稀少,本区的特有属大部分是

新特有,这表现了玉龙雪山植物区系分化强烈及年轻的一面。

2.3 复杂多样的生态环境

2.3.1 多样的土壤类型

玉龙雪山在地质历史的隆升过程中,因受到隆升机制及冰川作用的影响,形成了峰岭众多、高耸陡峭、巨壑深渊的复杂地形。在本区的地质组成中,山体岩石主要为古代大地槽的深海沉积物和泥盆、石炭纪的石灰石,厚达 3 000 m;其次是石炭、二叠纪的玄武岩和灰岩以及三叠纪地层中的灰岩和第三纪地层中的角砾石;上新世时的湖相沉积物和第四纪冰碛、冰水沉积、近代洪积物、冲积物等^[7,13]。这些多样的地层成分,为玉龙雪山土壤多样性奠定了基础。玉龙雪山森林土壤类型丰富,垂直分异规律性明显。本区土壤的垂直分布大致可分为 5 大类:(1)2 000~2 200 m 以下谷地多属棕红壤带,主要生长树林灌草;(2)2 400~2 600~3 100 m 多属红棕壤带,主要生长着云南松一栎林;(3)3 100~3 900 m 棕壤、暗棕壤带,主要生长着云杉、冷杉等暗针叶林;(4)3 900~4 900 m 寒冻土带,主要生长流石滩植物;(5)4 900 m 以上为永冻积雪带。因此,按《中国土壤》分类系统,玉龙雪山山地森林土壤细分计有 5 个土纲,10 个土类,17 个亚类^[6],同时山区因小地形,小环境的不同,又形成了一些局部性的土壤类型。

2.3.2 复杂的气候条件

玉龙雪山在纬度上处于亚热带南亚季风气候区。受来自印度洋强盛的夏季风控制,70%的降水集中于每年 5~9 月的西南夏季风盛行季节,来自西南方向的印度洋暖湿气流受横断山系的阻挡后绕道从东南方到达玉龙雪山,使横亘南北的玉龙雪山成为降水屏障。所以,东坡迎风面的降水偏多,在同海拔的地段由于受到地形影响东坡降水大于西坡。冬季高空主要受西风环流南支和陆源冬季风控制,降水只占全年的 30%^[25]。随着海拔的升高,气候也会随之变冷变湿,玉龙雪山地区的年平均降水量从海拔 2 393 m 的 772 mm 到海拔 3 200 m 干海子的 1 600 mm 至海拔 4 800 m 以上的积累区可以达到 2 400~3 100 mm。从海拔 2 393.2 m 的丽江开始,年平均气温为 12.6℃到云杉坪海拔 3 240 m 年平均气温 5.4℃,再上到玉龙雪山高处海拔 5 400 m 处年平均气温为 -7.5℃,全年月平均气温均在 0℃以下,雪线处海拔 4 800 m 的年平均气温为 -3.3℃~

① 杨亲二. 滇西北丽江玉龙雪山种子植物区系的初步研究. 硕士学位论文, 1987.

-4.7℃^[25~27]。而且由于季风及焚风效应的影响,在金沙江河谷中又形成了典型的干热河谷气候。因此在不同的海拔高度上,玉龙雪山形成了不同的气候带。按邱莲卿等的划分,基本上可以分成:①潮湿低温气候型(海拔 3 100~4 000 m);②苔原气候型(海拔 4 000~5 000 m);③高冰漠气候型(海拔 5 000 m 以上);④干燥草原气候型(指金沙江河谷地带)^[7]。在形成这种垂直气候带谱的同时,由于坡度、坡向等地形的影响,在同一高度上不同的地点又形成了不同的局部小气候,这更增加了玉龙雪山气候的复杂性。

复杂多样的生态环境是玉龙雪山典型的高山植被垂直带谱形成的基础。玉龙雪山山体高峻,具有足够的海拔高度,从山脚(河谷)到山顶具备中亚热带、温带至寒带完整的垂直自然景观,而且东西坡由于受地貌、坡向和气候的影响,山地垂直带自然景观存在显著差异(图 1)。同时,这样复杂的生态环境也为原有物种在新的环境条件下分化而形成新的种类,以及临近区域的植物在冰期时的迁入避难并且新的环境下产生新的适应提供了场所。

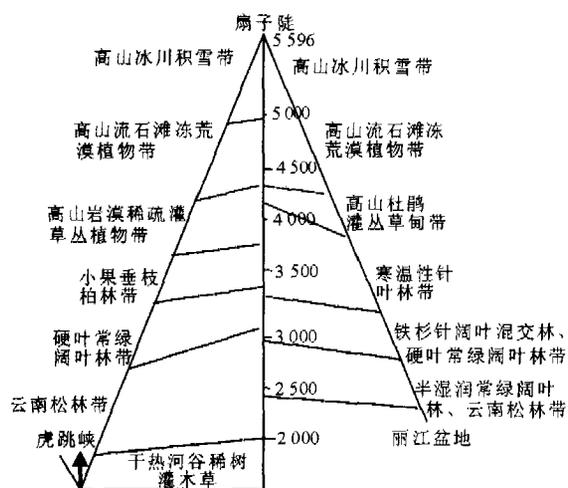


图 1 玉龙雪山植被垂直分布图(单位: m)^①

Fig. 1 Vertical Vegetation Distribution in Yulong Mountains

3 结语

综上所述,玉龙雪山之所以具有很高的植物物种多样性及典型的高山植物垂直谱带,与其地质历史发展、区系发生以及复杂多样的生态环境密切相关。由于其特殊的地理位置,在隆起过程中继承了 3 个第三纪古植物区系成分,之后的新构造运动及

第四纪冰期冰川的反复作用,造成了玉龙雪山复杂多样的生态环境。特别是在第四次冰期中,温度的大幅度变化,冰川的反复进退,相应的各垂直谱带上的植物也不断地反复下延与上移,使不同高度上的植物得到了交互适应,在新的环境条件下物种的分化和交流形成了新的种类。其复杂的生态环境,也为临近区域植物种类在冰期到来时的迁入避难与发展,提供了一定的条件。而且金沙江的形成与下切,也为沿江植物的交流带来了一定的便利。于是,在众多因素的综合作用下,玉龙雪山在历史进程中形成了如今丰富的植物物种及典型的高山植物垂直谱带。

虽然玉龙雪山具有丰富的植物物种特别是特有种及典型的高山植物垂直带谱,但近年来由于大力开发旅游以及当地居民的乱砍滥挖,人为活动加剧,其物种受到了很大影响。有些物种数量在急剧下降甚至已经消失如紫玉盘杜鹃(*Rhododendron uvatifolium*)。物种一旦在一个地方消失,再恢复将是很困难的事情。因此,如何保护玉龙雪山上的物种多样性是一个急需解决的问题。

参考文献:

- [1] 蒋志刚,马克平,韩兴国. 保护生物学[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1997. 20~37.
- [2] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. Nature, 2000, 403 (24): 853~858.
- [3] 应俊生. 中国种子植物物种多样性及其分布格局[J]. 生物多样性, 2001, 9 (4): 393~398.
- [4] 李锡文. 中国特有种子植物属在云南的两大生物多样性中心及其特征[J]. 云南植物研究, 1994, 16(3): 221~227.
- [5] 李锡文,李捷. 横断山脉地区种子植物区系的初步研究[J]. 云南植物研究, 1993, 15(3): 217~231.
- [6] 云南省林业调查规划院. 云南自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社, 1989. 201~214.
- [7] 邱莲卿,金振洲. 丽江玉龙雪山植物群落概况[J]. 云南大学学报, 1957, (4): 19~130.
- [8] 金振洲,欧晓昆,区普定,等. 金沙江干热河谷种子植物区系特征的初探[J]. 云南植物研究, 1994, 16(1): 1~16.
- [9] 云南省生态经济学会. 大自然博物馆:云南自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社, 1997.
- [10] 管宁生. 对云南丽江玉龙雪山开展生态旅游的探析[J]. 云南林业科技, 1999, (2): 77~80.

① 转引自云南省林业调查规划院. 云南自然保护区. 1989.

- [11] 叶万辉. 物种多样性与植物群落的维持机制[J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 17~24.
- [12] 李铁松. 玉龙雪山冰川公园的旅游资源特色及其保护[J]. 资源开发与市场, 1999, 15(5): 311~312.
- [13] 任美镔, 刘振中, 雍万里, 等. 丽江和玉龙山地貌的初步研究[J]. 云南大学学报, 1957, (4): 9~18.
- [14] 明庆忠, 景才瑞. 滇西北玉龙山新构造运动研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 1991, 25(2): 224~228.
- [15] 李铁松. 玉龙山上升历史与第四纪冰川演化[J]. 成都理工大学学报, 1999, 26(3): 238~240.
- [16] 王运生, 王士天, 李渝生. 滇西北玉龙雪山隆升机制[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 313~317.
- [17] 郑本兴. 云南玉龙雪山第四纪冰期及冰川演化模式[J]. 冰川冻土, 2000, 22(1): 53~61.
- [18] 赵希涛, 曲永新, 李铁松. 玉龙山东麓更新世冰期作用[J]. 冰川冻土, 1999, 21(3): 242~248.
- [19] 明庆忠. 滇西北玉龙雪山第四纪冰川作用的探讨[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 1996, 16(3): 93~103.
- [20] 汤彦承, 李良千. 试论东亚被子植物区系的历史成分和第三纪源头——基于省沽油科、刺参科和忍冬科植物地理的研究[J]. 植物分类学报, 1996, 34(5): 453~478.
- [21] 陶君容. 中国晚白垩纪至新生代植物区系的发展演变[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 40~126.
- [22] 孙航. 古地中海退却与喜马拉雅—横断山的隆起在中国喜马拉雅成分及高山植物区系的形成与发展上的意义[J]. 云南植物研究, 2002, 24(3): 273~288.
- [23] 孙航. 北极—第三纪成分在喜马拉雅—横断山的发展及演化[J]. 云南植物研究, 2002, 24(6): 671~688.
- [24] 吕正伟. 丽江地区高山园林与种子植物名录[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1999. 288~294.
- [25] 何元庆, 姚檀栋, 杨梅学, 等. 中国典型山地温冰川水化学空间分布特征与近期冰川动态[J]. 山地学报, 2000, 18(6): 481~488.
- [26] 何元庆, 姚檀栋, 杨梅学, 等. 玉龙山白水 1 号冰川区大气降水—冰雪—水文系统内 $\delta^{18}\text{O}$ 研究的新结果[J]. 冰川冻土, 2000, 22(4): 391~393.
- [27] 何元庆, 姚檀栋, 杨梅学, 等. 玉龙山温冰川浅冰芯记录现代指示意义[J]. 冰川冻土, 2000, 22(3): 235~241.

ANALYSIS ON THE FORMATION OF PLANT SPECIES DIVERSITY IN THE YULONG MOUNTAINS, UPPER REACHES OF YANGTZE RIVER

WU Zhi-kun^{1,2}, ZHANG Chang-qin¹, HUANG Yuan^{1,2}, ZHANG Jing-li^{1,2}, SUN Bao-ling^{1,2}

(1. Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

2. Graduate School of The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The Yulong Mountains located in Lijiang, northwest of Yunnan, is the highest peak in Yunling Mountains range of Hengduan Mountains system. It is encircled by Jinsha River (the upper reaches of Yangtze River) from east, west and north. As one of the three plant diversity centers of plant species in China and according to preliminary statistics, there are about 196 species of algae (belonging to 72 genera and 31 families), 20 species of lichens (belonging to 17 families), 45 species of liverwort and 130 species of moss, 220 species of fern, 2 646 species of seed plant (representing 804 genera and 171 families). Among these seed plant, 1 631 species are endemic in China, there is about 61.64% of the total seed plants in this small area. The formation of plant species diversity in this region is discussed in this paper. Through paleobotanical data and paleogeologic analysis, it is considered that the richness of plant species diversity in this region is originated from three Tertiary flora—Arctic-tertiary flora, Tethyan Tertiary flora and Boreotropical flora. with the elements of Arctic-Tertiary flora having a most important place. Then under the repeating effects of Neotectonic movement and Quaternary glaciations, for the various climate and environment, these flora further developing, differentiation and evolution in this region, and exchanged with neighboring regional flora, formed the richness of plant species diversity in this area.

Key words: Yulong Mountains; plant species diversity; ecological environment