



大鲵的生物学研究进展

段 延,熊 斌,颜文博,王杨科

(陕西理工大学 生物科学与工程学院,陕西 汉中 723000)

摘要:大鲵是我国珍贵稀有的物种资源,具有广泛的社会经济生态价值。目前在世界上,只有美国、日本和中国有分布,并且这3个地区的大鲵在形态上有一定的差异。大鲵是我国两栖物种中特有的濒危物种之一,其可以作为生物多样性、生物进化、性别决定分子机制等问题的研究材料。近年来,野生大鲵在自然界中的数量急剧下降,为了保护 and 人工养殖的要求,人们对它的研究力度不断加大,著述颇多。文章对近期大鲵在生物学方面的研究资料进行了整理与回顾,并简要探讨了大鲵今后主要的研究工作,以期为后续学者提供参考。

关键词:大鲵;生物学;研究进展

大鲵(*Megnalobatrachus davidianus*),在我国属于国家二级珍惜保护物种,曾被纳入《濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录I中,属于极危物种。大鲵起源于3.5亿年前的泥盆纪时期,素有“活化石”之称,具有很高的科研、药用、营养及食用价值。因此,随着人们对大鲵功效的认识,从而对大鲵的需求日益增加。20世纪70年代末,大鲵被我国相关科研人员进行了首次人工繁殖,取得了极大成功^[1],之后的几十年间,大鲵被我国各地人员陆续进行养殖和繁殖,其作为一种养殖业得到了迅猛发展,目前已在水产养殖业中成为高效养殖的优良品种之一。由于20世纪末全国各地大面积养殖大鲵,我国也成为世界上最大的养鲵国家。在此种形势下,迫于养殖与利用技术的要求,学者们对大鲵做了深入的研究。其中近些年来大鲵的生物学研究发展迅速,在此,对大鲵的研究进展进行综述。

1 形态

大鲵俗称娃娃鱼,属脊索动物门(Chordata),两栖纲(Amphibians),有尾目(Caudal),隐鳃鲵科(Cryptobranchidae),体表皮裸露富有粘性,皮肤光滑且有弹性,皮肤布满不规则点状或斑块状青灰色斑纹,体色时常会根据外界环境的改变而发生变化。腹部灰白色,口大致呈半圆形,头部宽扁,犁骨及颌骨具齿,犁骨齿相对较为发达,是食物捕捉的主要器具,大鲵成体用肺呼吸,不具鳃,眼位于头部两侧位,眼间隔宽而平坦,无眼睑,鼻

孔小圆形,位于眼前每侧1个。椎体双凹型,腹部肥胖,约占体长的1/2,背部有一条不明显的退化背鳍延伸至尾部末端。大鲵有前肢1对、后肢1对,前肢4指,后肢为5趾,肢体形状与蛙肢相似。大鲵的运动主要靠四肢来完成,两后肢腹部间具有一生殖孔,外端与排泄孔相吻合,雌鲵没有受精器^[2-3]。

大鲵是体形最大的两栖动物中的一种,全长可达1 m以上,体重可超过50 kg。大鲵,外形有点类似蜥蜴,相比之下整体更为肥壮扁平。其皮肤一般光滑,背面一般棕褐色,具有不规则的深色斑纹,腹面浅褐色或灰白色,背部颜色可随环境不同体色深浅有变化,但多呈灰褐色^[4]。

中国大鲵皮肤湿、软、粘滑,表面有成对的疣瘤,头部显出特定形状。其皮肤下有两种腺体,均在体表开口处^[4]。一种是颗粒腺,受到惊吓时颗粒腺收缩会使体表分泌一种白色的粘液,另一种则是呈白色的粘液腺,其形状为不规则圆形,具有较大腺细胞,核位于基部,分泌物则是水样透明液体。中国大鲵两种皮肤腺表面均含有薄层的平滑肌纤维,收缩时可将腺腔中粘蛋白排出,其中一种为高度糖基化修饰的高分子量蛋白家族,可在组织的修复和细胞再生功能方面起作用。

中国大鲵皮肤的颜色多种多样,以褐色、浅棕色、红棕色、绿褐色或暗黑色为底色,杂以深浅不一的斑纹^[4]。近些年来,一些地区相继有红色、棕红色和白色大鲵出现。其中白色大鲵与同龄普通大鲵相比较体型明显较小,说明其生长速度较为缓慢。经查阅有关资料和询问有关专家,白色大鲵究竟属新的物种还是变异品种,目前仍没有一个较为肯定的学术定论,有待进一步研究。

2 分类

隐鳃鲵科含有2属3种:位于亚洲东部为大

收稿日期:2017-12-04

第一作者简介:段延(1986-),男,陕西省咸阳市人,在读硕士,从事动物保护研究。E-mail:6275761@qq.com。

通讯作者:颜文博(1978-),男,山东省曲阜市人,博士,讲师,从事保护生物学研究。E-mail:yanwb_26@163.com。

鲵属(*Andrias*),位于北美为隐鳃鲵属(*Cryptobranchus*),大鲵属在日本有日本大鲵(*Genus andrias*),在中国有中国大鲵(*Andrias davidianus*),在北美为美国隐鳃鲵(*Cryptobranchus alleganniesis*)。中国大鲵与日本大鲵形态特征极为相近,之前被视为一个种,现在多数研究者主张将其分为两个独立的种,其主要理由是我国大鲵头部及躯干部的每个疣粒是由两个紧密成对排列的小疣组成,日本大鲵,疣是单个排列不成对^[5]。有鳃裂的为美国隐鳃鲵,而中国大鲵和日本大鲵没有鳃裂。

3 大鲵的分布

3.1 美国隐鳃鲵

美国隐鳃鲵(*Cryptobranchus alleganniesis*),位于美国东部纽约至密西西比一带,西至密苏里州、阿帕拉契山脉及欧扎克山脉溪流中。

3.2 日本大鲵

日本大鲵(*Andrias japonicus*),主要分布在本州岛岐阜西部,及四国、九州局部的山区河流中。日本大鲵,也叫大山椒鱼,是大鲵属的两个种之一,主要栖息在海拔 300~700 m 的山间溪流中,目前是日本国宝级别保护动物。

3.3 中国大鲵

3.3.1 中国大鲵整体分布状况 中国大鲵集中分布于黄河、长江及珠江广大流域。为了讨论中国大鲵在各地区分布上的亲缘关系,通过对其细胞中的线粒体 DNA 做多样性分析^[6],得到大鲵遗传分化在地理区域上呈连续性,其中长江流域与黄河流域、长江流域与珠江流域地理种群间遗传差异性较小,黄河流域和珠江流域却存在着较大的地理种群间遗传分化,而长江流域种群则作为黄河流域种群和珠江流域种群的桥梁,与这 3 条河流的地理分布一致。其原因可能是地理学障碍与气候特征种系地理学结构的形成过程中起着重要作用^[7]。

近些年来,大鲵在分布上出现了变化。中国大鲵原产地主要有四大区域:一区域为湖南湘西自治州和张家界;二区域为湖北神农架和房县;三区域为陕西汉中;四区域是贵州同仁、四川宜宾和兴文等地。其它少量位于湖北合峰、江西靖安、河南卢氏县、广西玉林、甘肃文县等。然而近几年,中国大鲵在分布上有了很大变化^[8-9]。如图 1 显示,目前中国大鲵主要分布在大陆第二台阶一系列大山系中,从北面秦岭直到眠山、大巴山、大娄山、武陵山,形成较大分布区,其它的分布区则多

数位于中南部山区,包括河南、山西、陕西、甘肃、青海和四川等 17 个省市自治区。长江流域中,中上游流域包含有大部分栖息地,有湖南、河南、陕西、四川等;下游流域有大别山、九龙山、黄山。黄河流域主要分布在山西历山、河南新安县和卢氏县、甘肃秦岭北坡水县及陕西洛南县。珠江流域,大鲵则分布在珠江上游支流柳江和北江等地区^[10]。明显可以看出,大鲵的栖息地明显已呈岛屿化、片断化,栖息范围局限在很小的区域内,而且这些区域依然在不断缩小。



图 1 大鲵在中国的分布^[10]

Fig. 1 The distribution of giant salamander in China

3.3.2 一些地区的大鲵分布状况 一些地区也有关大鲵自然分布状况的分布介绍^[11-13]。贵州岩下野生大鲵种群栖息地位于一个以地下河网为依托,地面水网与地下河流相连的集中分布区。

调查资料得知 20 世纪 60 年代以前大鲵广泛分布于安徽省黄山市境内,包含的地区有祁门县、休宁县、黟县、歙县、黄山区和黄山。从 60 年代开始,特别是 70 年代至 80 年代末期,由于人为因素的影响,大鲵资源的分布区已缩小了 90% 以上,主要分布新安江上游各大支流的中、下游。因为这些地区水源、森林植被、河岸植被及水质均保护较好。然而从 90 年代起,非法倒卖大鲵日益猖獗,大鲵资源在不到 5 年时间内已步入枯竭阶段。

陕西省野生大鲵的系统性资源调查与资源评估情况尚不清楚,但据资料记载及 1980 年后期大鲵成为非法猎捕对象反映出的情况来看,沿秦岭、大巴山和米仓山的南部 30 余县区均有野生大鲵的分布,从种群数量上看,秦岭南部是大鲵分布最为集中的区域^[12]。汉中主要发展了大面积的养殖,根据各地资源发展情况看,区域职能分布特点明显,繁殖主要以勉县、留坝县、略阳县、城固县的山区为主,养殖重点在城固县、略阳县、勉县、南郑县、洋县的平川地区,而且勉县已成为全市颇具规

模的繁育基地,城固县的成鲵交易集散地全国有名;特别是用于繁殖的亲鲵比例之高、繁殖场分布之多、规模之大,在全国都是少见的。

张家界市享有“娃娃鱼之乡”的美称,大鲵广泛分布。历史上,张家界市全域分布有野生大鲵,储藏量十分丰富。水平分布上,全市 102 个乡镇中,沿溪河的 70 个乡镇都有大鲵,主要的是 26 个乡镇,垂直分布上,大鲵一般生活在海拔 250~650 m。20 世纪 60 年代为了以养殖促进保护,张家界市在全国率先开展了大鲵养殖。1973 年全国第一个大鲵研究所在桑植县双泉水库成立了,对大鲵进行系统的基础研究和养殖试验并开展养殖。据统计,至 2014 年底,张家界市大鲵养殖量到达 103.4 万尾,完成商品鲵加工销售 9.86 万尾,人工繁殖大鲵幼苗 30.7 万尾,培育能繁亲本 1.73 万尾,全市开发大鲵深加工产品 95 个^[13]。

4 生长特点

我国特产大鲵为现生两栖类中最大的种类,有尾类的身体仍保留着正常的尾,但四肢很短小,因多水栖生活,所以产生了退化现象,如没有锁骨,肩带大部分是软骨成分,耳没有鼓膜^[14]。大鲵的食物。全年食物有螃蟹、线虫、昆虫幼成虫、马陆、青蛙、鱼、大鲵幼体、铁线虫等动物;4-12 月,大鲵的主要食物是螃蟹,也食少量昆虫的幼成虫,还有树枝落叶和砂石等;6-10 月食鱼等^[15]。

大鲵胚胎发育的试验结果发现其胚胎发育进程较为缓慢,这与其孵化的水温密切相关。在水温 14~16℃,受精卵到胚胎孵化,需要 32~40 d 才能先后孵出^[16]。其孵化后的幼体经历 28~30 d 左右卵黄囊才能消失,从而开口主动摄食,幼体全身变为棕黑色,其尾部显得宽大有力,此时游泳能力较强。其鲜艳的外鳃明显露出于头两侧,再经过一段时间方可完成完全变态。大鲵体重的增加随体长的增长而越来越快,但是不同的年龄段,体长每增加 1 cm,体重增加的幅度差异较大,随年龄的增长而增重较快。但在繁殖期,体重增长较慢。同时,大鲵由于是变温动物,随着水温降低其新陈代谢也相应减缓,也是其体重增长缓慢的原因之一。但池养大鲵休眠期变短,性成熟年龄与野外种群相似,体重增长相对快些^[17]。但通过雌雄大鲵生长速度的比较试验,在两组体重相近,饵料、投饵方式、温度、饲养条件等一致的情况下,最终试验得出雌性大鲵生长速度略慢于雄性,

其增重率雄性比雌性快 2.0%^[1]。

不同年龄段的大鲵生长速度存在着差异^[18]。不同时期大鲵的个体上也存在着差异(图 2)。20 世纪 50、60 年代捕获的个体一般在 3~4 kg,80 年代的个体一般在 1.5~2.0 kg,而 90 年代中后期捕获的个体一般在 0.6~1.5 kg,特别是从 2000 年以后在野外捕获的大鲵大多为 1 kg 左右,几乎已很难发现较大个体的野生大鲵。

对中国大鲵子二代适应能力及生长优势的研究表明,子二代中国大鲵较野生大鲵具有更好的耐不良水质、耐高温、耐低氧、耐盐度、耐酸碱性及耐苦味饵料,即子二代中国大鲵有更好的适应性,更易于饲养。从生长优势方面,表现出大鲵子二代生长速度快^[19]。

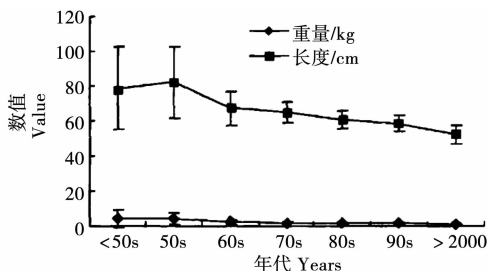


图 2 不同时期捕获大鲵的重量与长度变化

Fig. 2 The weight and length of the giant salamander captured at different times

5 栖息环境

野生动物对栖息地的选择和利用是生态学研究的重要领域之一,国内部分学者初步报道了野生大鲵的生态学研究近况,主要集中在针对大鲵栖息地的定性描述^[20-22]。国外对日本大鲵的研究起步早,内容极其丰富,主要集中在个体生态学和繁殖生态学方面^[23-24]。

自然界中大鲵栖息在水质清新、水流湍急的山溪或河岸边岩洞、大石下、石隙或水草繁茂的凹坑内。水质浑浊,会使其呼吸受阻,甚至导致死亡。研究表明,水深、洞口宽、水流速度、河底组成等生态因子对于大鲵栖息洞穴选择最为重要,而其中海拔和洞口高度的影响不大。

6 繁殖生物学

由于近些年野生大鲵的数量规模有明显减少的趋势,大多数学者都对大鲵在各地的资源量进行调查评估,与此同时对大鲵的繁殖规律做了深入的研究。关于大鲵繁殖的生态环境研究,其中包括非生物因子和生物因子。对张家界国家级大

鲵保护区境内野生大鲵的栖息繁殖洞穴进行生态学考察。对海拔、洞口的宽度与高度等多个生态因子进行定量观测和主成分分析,结果表明,影响大鲵选择繁殖洞穴的主要因子是洞口宽度、洞底组成,以及洞穴中水的透明度、pH、流速、饵料丰富度 6 个因子。对大鲵繁殖洞穴相连河段进行调查,发现多为山溪流。对繁殖洞穴中水的溶解氧、化学耗氧量、硫化物等 5 项主要指标进行检测,除硫化物外,其它指标多达到国家饮用水的水质标准,可见大鲵自然繁殖对洞穴与水质的要求较高^[24]。

大鲵的自然繁殖时间为每年的 5-9 月,8 月为繁殖高峰,有研究发现最小产卵雌性个体为 350 g,产卵前有明显的发情行为^[25]。通过大鲵性腺发育的组织学研究,得出 5-10 月卵巢均有成熟卵,大鲵产卵主要在初秋(8 月上、中旬),但主要成熟季节是夏季,繁殖的盛期是夏末秋初,夏季少见繁殖,其中主要原因是温度较高,其活动较少。大鲵通过产卵繁殖,体外受精^[26]。

大鲵的自然繁殖率很低,除去人为盗捕等社会因素外,其中自然环境因素主要有:①被天敌吃掉。大鲵把卵产在洞口,流水常把部分卵带冲断带走。这些卵带失去了亲鲵的保护。常被其它大鲵、青蛙、鱼及鸟类等吃掉,孵出的小鲵苗也常会被天敌吃掉;②大鲵的产卵高峰在初秋。鲵苗长到 4~5 cm 随后始冬眠。部分体弱者不能安全过冬。③大鲵自身因素。夏季是雌性大鲵的性成熟季节,雄性在春末夏初性腺发育,夏季是高峰期,秋季繁殖结束后,性腺处于规律性变化^[27]。繁殖季节的水位变化会影响到大鲵精子的活性与寿命^[28],也会影响其繁殖。

7 疾病研究

大鲵主要疾病有细菌病、真菌病、寄生虫病等。细菌性疾病主要有赤皮病、腐皮病、腹胀病、白点病、打印病、出血病、肠炎病、烂尾病等;真菌性疾病主要是水霉病等;寄生性疾病主要有线虫病、吸虫病等。其中细菌性疾病主要是由荧光假单胞菌、嗜水气单胞菌、疖疮型点状产气单胞杆菌等引起。汪开毓等^[29]从大鲵细菌性疾病中分离出嗜水气单胞菌,经过药敏试验,得到嗜水气单胞菌对氟苯尼考、环丙沙星、链霉素、丁胺卡那霉素和氟喹诺酮最敏感,新霉素次之,而对四环素、青霉素、强力霉素、磺胺异噁唑、头孢菌素、氟哌酸的

敏感性较差。赵虎等^[30]鉴定了恶臭假单胞菌,药敏试验表明该细菌对舒普深、呋喃妥因、诺氟沙星等敏感。另外,还有专家对大鲵迟钝爱德华菌感染、腹水病病原菌^[31-32]做了研究。除此之外,李川等对水霉病做了研究,提出用毒副作用小、低残留的中草药抑制水霉病,表明 $0.4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的大黄可得到较好效果。大鲵非寄生性疾病中^[33],主要有水质原因引起的气泡病、碱中毒、弯体病和温度原因引起的感冒等。关于寄生虫病,在贵州省发现的 3 种吸虫^[34]:贵阳拟牛头吸虫(*Bacephalopais kweiyangensis* Chu 1950)、无棘吸虫(*Liolopocapulans* Cohn1902)、东方后格吸虫(*Opisthio-glyphe orientalis* Rim Wallace1961),另外在四川省沐川县发现大鲵寄生吸虫一新属新种:新鲵居吸虫属,新属(*Neoandrincola* gen. nov.)^[35]。

8 大鲵的利用价值

大鲵为肉食动物,其肉细嫩,味道鲜美,含有丰富的蛋白质、氨基酸和微量元素等,测定其大肌肉中的组成为 81.78% 的水分、14.05% 的蛋白质、3.46% 的脂肪和 0.71% 的灰分。大鲵肉中,色氨酸水解过程被破坏,其它的 17 种氨基酸均可被检出。以 FAO 评分模式及鸡蛋蛋白必需氨基酸含量为标准,大鲵肉中必需氨基酸含量高且分布均衡,含有 13 种脂肪酸,饱和脂肪酸占比 24.09%,不饱和脂肪酸占比为 75.91%,不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比例为 3.15,远高于牛肉、猪肉、对虾等其它肉类^[36-37],具有很好的抗氧化作用^[37]。大鲵不同组织,游离脂肪酸不同,血清、肝脏与尾部游离脂肪酸组成相似,肌肉、胃与皮肤组成相似^[38]。罗庆华^[39]分析大鲵食品的现状,提出蛋白质氨基酸类与功能性油脂类等保健食品可作为大鲵特色食品开发的主要方向,发现不同养殖方式的大鲵肌肉的营养成分差异较大。

大鲵肌肉中锌含量相当高,是常见淡水鱼和海水鱼类的数倍,含有一定量的硒^[40]。现代医学研究表明,大鲵肉营养丰富,经常食用可健脑益智、提高免疫力、延缓衰老、促进造血功能,有防止心脑血管疾病、恶性肿瘤、恶性贫血等功效。大鲵粘液具有多种蛙皮素,蛙皮素有较强的抗菌性,因此,大鲵粘液有望开发成一种新的抗生素药物^[41]。

大鲵皮的组织构造具有较细的胶原纤维,粒面层有大量腺体,强度低,组织疏松等特点,颜色

坚牢度没有明显的变化,皮革的各种观感性能良好^[42]。

9 展望

大鲵作为一种优质、濒危的水生生物学研究材料,研究者需对其研究的深度和广度不断加强。英国评出百种濒危两栖动物,中国娃娃鱼位居首位。中国大鲵自然蕴藏量约 9 万尾,多数位于丘陵山区,在经济发达地区,由于工业污染导致大鲵资源严重匮乏,在很大程度上限制了人们对大鲵的研究。因此,后续研究中,应将如何提高大鲵种群数量作为首选课题,包括如何加强野生大鲵的保护措施、如何对大鲵进行人工繁育等。除此之外,对大鲵在遗传学方面、进化地位、分类学归属问题的研究也是非常重要的,对探讨脊椎动物进化有很大的指导意义,值得长期关注。

参考文献:

- [1] 陈云祥,王伟军,阳爱生,等. 雌雄大鲵生长速度的比较实验[J]. 水利渔业,2007,27(1):31-32.
- [2] 彭克美,陈喜斌,冯悦平. 中国大鲵的形态观察和内脏解剖学研究[J]. 湖北农业科学,1998(5):41-44.
- [3] 卞伟. 大鲵生物学及养殖技术[J]. 科学养鱼,1996(10):15.
- [4] 方荣盛. 我国的大鲵[J]. 生物学通报,1985(1):9-10.
- [5] 唐以杰,曾小龙. 中国大鲵皮肤的皮肤的组织学观察[J]. 广东科技,1999(7):26-27.
- [6] 陶峰勇,王小明,郑合勋. 中国大鲵五地理种群 *Cytb* 基因全序列及其遗传关系分析[J]. 水生生物学报,2006,30(5):626-628.
- [7] 陶峰勇,王小明,郑合勋. 中国大鲵四种群的遗传结构和地理分化[J]. 动物学研究,2005,26(2):162-167.
- [8] 宋延龄,李善元. 海南坡鹿对大鲵生境的选择与利用[C]//中国动物学会. 中国动物学会成立 60 周年纪念论文集. 北京: 科学出版社,1994:457-461.
- [9] 魏辅文,周昂,胡锦矗,等. 马边大风顶自然保护区大鲵对生境的选择[J]. 兽类学报,1996,16(4):241-245.
- [10] 章克家,王小明,吴巍,等. 大鲵保护生物学及其研究进展[J]. 生物多样性,2002(3):291-297.
- [11] 栗海军,喻理飞,马建章. 贵州岩下自然保护区的野生大鲵资源现状及历史动态[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(7):652-657.
- [12] 六爱华,鲁振省. 陕西省大鲵资源保护及管理初探[J]. 水利渔业,2007,27(4):69-71.
- [13] 湖南张家界大鲵养殖规模首次突破百万尾[J]. 科学养鱼,2015(1):48.
- [14] 饶发祥. 大鲵生活史的初步综述[J]. 天津水产,1992(1):49-51.
- [15] 宋鸣涛. 大鲵的食性分析[J]. 动物学研究,1989(11):192-193.
- [16] 岳香. 大鲵的生殖与发育观察[J]. 生物学通报,2008,43(12):5-7.
- [17] 王文林. 池养大鲵生长发育的初步研究[J]. 淡水渔业,

1999,29(4):20-23.

- [18] 葛荫格,郑合勋,李继海. 大鲵年龄与生长的初步研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),1995,23(1):59-61.
- [19] 刘鉴毅,谭永安,谭启森,等. 中国大鲵子二代适应能力及生长优势的研究[J]. 四川动物,2006,25(2):388-390.
- [20] 成文法. 大鲵生态习性与行为学研究及其保护[C]//赵尔宓,陈壁辉. 中国黄山国际两栖爬行动物学学术会议论文集. 北京: 中国林业出版社,1993:296-299.
- [21] 宋鸣涛. 陕西省大鲵生活习性的初步调查[J]. 动物学杂志,1982,17(6):11-12.
- [22] 陶峰勇,王小明,章克家. 大鲵栖息地环境的初步研究[J]. 四川动物,2004,23(2):83-87.
- [23] Tochimoto T. Ecological studies on the Japanese giant salamander(*Andrias japonicus*) in the river in Hyogo Prefecture (1) Marking of animals for recognition[J]. Japan Assoc Zool Aqua,1990,31(4):112-116.
- [24] 罗庆华,刘清波,刘英. 野生大鲵繁殖洞穴生态环境的初步研究[J]. 动物学杂志,2007,42(3):114-119.
- [25] 王文林,蒋发俊,王炳立. 大鲵的自然繁殖习性调查[J]. 水利渔业,2000,20(6):12.
- [26] 葛荫格,郑合勋. 大鲵的自然繁殖周期[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),1994,22(2):68-70.
- [27] 李培青,相学军,朱必才. 中国大鲵生殖激素的初步研究[J]. 生物学杂志,2008,25(3):30-32.
- [28] 彭亮跃,肖亚梅,刘筠. 低温和超低温保存对中国大鲵成熟精子的影响[J]. 水生生物学报,2011,35(2):326-329.
- [29] 汪开毓,黄锦炉,陈德芳,等. 中国大鲵细菌感染综合症的感染[J]. 科学养鱼,2009,25(3):54-55.
- [30] 赵虎,张鹏,陈玖华. 大鲵患臭假单胞菌的分离及鉴定[J]. 河南水产,2008,20(4):40-41.
- [31] 吴中明,王欢,敖弟书,等. 大鲵的迟钝爱德华菌感染[J]. 遵义医学院学报,2007,30(4):464-466.
- [32] 孟彦,曾令兵,杨焱清,等. 大鲵腹水病原菌的分离与鉴定研究[J]. 西北农林科技大学学报,2009,37(3):77-81.
- [33] 李川,何登菊,牟洪民,等. 大鲵水霉病中草药治疗试验[J]. 河北渔业,2010,38(1):33-57.
- [34] 金大雄. 贵州省大鲵的三种吸虫[J]. 动物学报,1974,20(4):420.
- [35] 张同富,杨明琅. 四川大鲵寄生吸虫一新属新种[J]. 动物分类学报,1997,22(2):125-127.
- [36] 黄世英,郭文韬,杨志伟. 人工养殖大鲵肉营养成分分析[J]. 时珍国医国药,2009,20(5):1-2.
- [37] 李林强,咎林森,任正东. 中国大鲵油脂脂肪酸组成、抗氧化及流变性研究[J]. 中国粮油学报,2009,24(9):82-86.
- [38] 刘绍,阳爱生,彭国平. 饲养中国大鲵软骨与肌肉中几种重要矿物质的 ICP-AES 法测定与分析[J]. 食品工业科技,2007(8):255.
- [39] 杨红生,杨干荣,王辉. 大鲵六种组织中游离脂肪酸的分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),1992,20(1):115-116.
- [40] 罗庆华. 中国大鲵营养成分研究进展及食品开发探讨[J]. 食品科学,2010,31(19):390-392.
- [41] 张神虎. 大鲵药用价值及人工养殖[J]. 广西农业生物科学,2001,20(4):309-310.
- [42] 徐达宇,雷明智. 我国大鲵皮资源与制革[J]. 中国皮革,2010,39(11):49-53.



东非狼尾草的特性及利用研究进展

许 喆¹, 欧阳青², 任 健¹

(1. 云南农业大学 草业科学, 云南 昆明 650201; 2. 云南省草地动物科学研究院, 云南 昆明 650220)

摘要:东非狼尾草在草坪建植、水土保持、放牧草地建设及退化草地改良等方面具有广阔的应用前景。为了更好地利用东非狼尾草种质资源,介绍了东非狼尾草的营养价值、生长特性、抗逆性及其利用情况,总结了目前存在的问题并对未来发展方向提出了建议。针对东非狼尾草目前在种子生产、品种选育等方面开展的不多的现状,未来应加强种质资源收集评价、种子生产及育种方面的研究。

关键词:东非狼尾草; 营养繁殖; 生物学特性; 水土保持

东非狼尾草(*Pennisetum clandestinum*)又名铺地狼尾草、隐花狼尾草,分类上属于禾本科狼尾草属,是一种暖季型牧草,原产于东非高原^[1],先后引入澳大利亚、美国夏威夷等地^[2-3]。目前,广泛分布在中国、美国、南非、澳大利亚、新西兰等多个国家,成为当地重要的牧草资源。

1 东非狼尾草的生物学特性

东非狼尾草是一种矮生多年生草本植物,适应海拔 1 500 m 以上,年降雨量超过 1 000 mm 的温带和亚热带地区^[4],最适宜生长的温度范围为 16~25 ℃,最低温度为 2~8 ℃,不耐长时间霜冻,

在澳大利亚能忍受 35~40 ℃ 高温^[5-6]。在光照充足、温度适宜的地方,每天匍匐茎伸长可超过 2.54 cm^[7]。

种子适宜的发芽温度为 19~29 ℃,44 ℃ 水温浸种 12 h 以上时,发芽指数降低,幼苗阶段施用氮肥和磷肥有利于植株生长^[8]。东非狼尾草适宜的播种量为 1~3 kg·hm⁻²,以浅播为宜。

东非狼尾草小穗长 10~20 mm,着生着两朵小花,下面 1 个多为不育小花,上面 1 个为两性花或雄花、雌花^[9]。东非狼尾草花期长,在云南 3 月开始开花,8-9 月为盛花期,由于其营养繁殖力强,生殖生长受到了抑制^[10]。种子着生位置靠近地表,成熟后仍然包被于叶鞘内,造成收种困难,这也是该草种引入国内 20 余年仍未实现种子商业化的主要原因^[11]。有研究表明,人工锤打脱粒法和木刀脱粒机法(筛孔直径 D=0.5 cm)有利于

收稿日期:2017-12-27

基金项目:云南农业大学教改资助项目(2017YAUJY019)。

第一作者简介:许喆(1992-),女,山东省泰安市人,在读硕士,从事牧草资源开发研究。E-mail:496409847@qq.com。

通讯作者:任健(1971-),男,四川省彭山县人,博士,副教授,从事牧草资源开发研究。E-mail:renjian172@126.com。

Research Progress on Biology of Chinese Giant Salamander

DUAN Yan, XIONG Bin, YAN Wen-bo, WANG Yang-ke

(School of Biological Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

Abstract: Chinese giant salamander (*Andrias davidianus*) is an endangered amphibian in China. It has a great economic and ecosystem value. And now in the world there are three kinds of giant salamander, locating in China, America and Japan respectively, and they have a few differences in some aspects. Nowadays, Chinese giant salamander has declined steeply in both distribution range and population number since 1950s, because of excessive hunting for commercial trade and loss of habitat that lead many people do lots of research on it. The giant salamander in biology research data were collected and reviewed in recent years, the main research work of giant salamander was also discussed briefly, to provide reference for the further research of scholars.

Keywords: Chinese giant salamander; biology; research progress.