

江山仙霞岭自然保护区黑麂资源研究

陈卓¹, 余著成¹, 周晓², 余杰¹, 王梅芳¹, 童哲¹, 徐林莉¹

(1. 江山仙霞岭省级自然保护区管理中心, 浙江江山 324100; 2. 浙江省森林资源监测中心, 浙江杭州 310020)

摘要 于2018年12月至2020年7月, 根据保护区地形图、植被分布和当地的实际情况, 按公里网格布设了89台红外相机及30条样线, 以红外相机法与样线法对仙霞岭自然保护区内黑麂进行研究。结果表明: 共14个公里网格相机拍摄到黑麂活动影像, 黑麂相对多度为3.38, 拍摄率为0.34%, 其分布范围为红外相机拍摄到各兽类分布范围的第8位; 黑麂分布集中区位于保护区内的高峰、大龙岗等核心区, 种群密度为(7.25±2.63)只/km², 全区密度为(4.77±1.36)只/km²。

关键词 黑麂; 红外相机; 种群密度; 仙霞岭自然保护区

中图分类号 S759.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)01-0122-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.01.027



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on *Muntiacus crinifrons* Resources in Xianxialing Nature Reserve, Jiangshan

CHEN Zhuo¹, YU Zhu-cheng¹, ZHOU Xiao² et al (1. Jiangshan Xianxialing Provincial Nature Reserve Management Center, Jiangshan, Zhejiang 324100; 2. Zhejiang Forest Resources Monitoring Center, Hangzhou, Zhejiang 310020)

Abstract From December 2018 to July 2020, according to the topographic map of the nature reserve, vegetation distribution and local conditions, 89 infrared cameras and 30 transect lines were arranged according to the kilometer grid. Infrared camera method and transect method were used to study the *Muntiacus crinifrons* in Xianxialing Nature Reserve. The results showed that 14 km grid cameras captured the black muntjac moving images, the relative abundance of the black muntjac was 3.38, and the shooting rate was 0.34. The distribution range of *Muntiacus crinifrons* was the 8th in the distribution range of all mammals captured by the infrared camera; the concentration areas of *Muntiacus crinifrons* were located in the core areas such as Gaofeng and Dalonggang within the reserve, with a population density of (7.25±2.63) ind./km² and a total density of (4.77±1.36) ind./km².

Key words *Muntiacus crinifrons*; Infrared camera; Population density; Xianxialing Nature Reserve

黑麂(*Muntiacus crinifrons*), 又称乌獐、红头鹿、蓬头鹿, 隶属偶蹄目(Artiodactyla)鹿科(Cervidae)鹿属(*Muntiacus*), 是鹿属中体型较大的种类, 成体体重21~26 kg。通体棕褐色, 前部偏棕, 后部近黑。尾较长, 尾背面黑色, 腹面纯白。角小, 仅有一叉, 角柄长于角冠, 头顶两角之间有长的明显簇状刚毛, 毛色鲜棕。黑麂为中国特有物种, 典型的亚热带山地森林动物, 被列为国家一级重点保护野生动物, 在濒危野生动植物物种国际贸易公约(CITES)和国际自然与自然资源保护联盟(IUCN)名录中分别被列入附录I和易危(VU)级别, 现存种群主要栖息在浙江和安徽两省, 与皖、浙接壤的赣、闽山区也有少量分布。

近年来, 随着山区的开发和过量采伐森林等人为活动影响的加剧, 使黑麂栖息地受到严重破坏, 其分布区面积不断缩小, 现存的种群主要分布在27.5~31.0°N, 117.0~121.5°E, 面积约为7.65万km²[1-2]。在以上分布区内有2个分布中心, 一是浙江西南的遂昌分布中心, 包括白云山和牛头山一带; 二是皖浙分布中心, 包括黄山和九华山, 东至浙江天目山, 南至开化的石耳山一带[3-4]。由于栖息地的大规模丧失和人类的大量捕杀, 黑麂数量正在逐年下降, 1987年估计为5000~6000头。2005年, 郑祥等[5-6]对浙江省黑麂资源进行专项调查, 估计浙江的黑麂数量为3500~4000头。江山仙霞岭省

级自然保护区东临遂昌分布中心, 北望皖浙分布中心, 身处武夷山生物多样性保护优先区域浙江—福建—江西的咽喉地带, 因此对仙霞岭自然保护区的黑麂开展研究, 可为黑麂的系统保护提供有效的管理理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 仙霞岭自然保护区位于浙江省江山市南部山区, 是钱塘江源头之一, 南临福建省浦城县。地理坐标为118°33'42"~118°41'05"E, 28°15'26"~28°21'11"N, 保护区总面积69.91 km²。仙霞岭自然保护区大地构造上位于江山—绍兴深断裂带西南端之南东侧, 属华南褶皱系浙东南褶皱带丽水—宁波隆起龙泉—遂昌断隆的北部, 岩浆活动强烈, 其基底地层为早—中元古宙陈蔡群变质岩系。保护区属仙霞岭中低山区, 地貌类型属构造侵蚀中低山地貌。山势挺拔陡峭, 峰峦嵯峨, 保护区及周边地区海拔1000 m以上山峰28座, 大多数分布在浙、闽边界和江山市与遂昌县、衢州区交界一带。区内最高峰大龙岗, 海拔1501.0 m。保护区地处中亚热带北缘, 亚热带湿润季风气候区, 四季分明, 光温适宜。由于保护区山多且高, 受地形地势等诸多因素影响, 小气候特征明显, 区内气温偏低且日较差大, 雨量充沛, 日照相对偏少, 立体气候明显, 年际变化大。保护区属钱塘江水系一级支流江山港的支流——周村溪, 全长25 km, 流域面积123.1 km², 是一条小支流众多、集雨面积较大的山区溪流。保护区下游已建有峡口水库和白水坑水库, 是当前江山市水质最优良的饮用水源地。区内有6个植被型组、10个植被型、13个植被亚型、25个群系(组), 有国家重点保护植物南方红豆杉(*Taxus wallichiana*)、伯乐树(*Bretschneidera sinen-*

基金项目 浙江省林业发展和保护专项资金项目(201916); 江山仙霞岭省级自然保护区综合科考及总规编制项目(ZC2018ZFCG-0811)。

作者简介 陈卓(1995—), 男, 湖北宜昌人, 助理工程师, 从事野生动植物保护研究。

收稿日期 2022-03-04; **修回日期** 2022-03-25

sis)、榿树(*Torreya grandis*)、榉树(*Zelkova schneideriana*)、鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)、凹叶厚朴(*Magnolia officinalis*)等 28 种;有国家重点保护动物黑麂(*Muntiacus crinifrons*)、黄腹角雉(*Tragopan caboti*)、白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*)、黑熊(*Ursus thibetanus*)、藏酋猴(*Macaca thibetana*)、中华鬣羚(*Capricornismilneedwardsii*)等 47 种。

1.2 研究方法

1.2.1 红外相机法。红外相机调查技术具有装置隐蔽及能够持续全天候工作的特点,适合探测活动隐秘、数量稀少的

动物。随着红外相机调查的成熟和成本降低,尤其近 20 年来,红外相机技术已成为陆地生态系统大中型兽类和地面活动鸟类的重要常规监测技术。笔者运用地理信息系统软件(Arcgis 10.2)将仙霞岭自然保护区叠加到 CGCS2000 国家大地坐标系的公里网格上,于 2018 年 12 月至 2020 年 7 月,按公里网格布设 89 台红外相机,尽可能地保证覆盖面广,且分布均匀,但是保护区内地形切割剧烈,多悬崖陡壁,有些位置很难到达,布设相机偶有偏差。该研究红外相机监测位点布设见图 1。

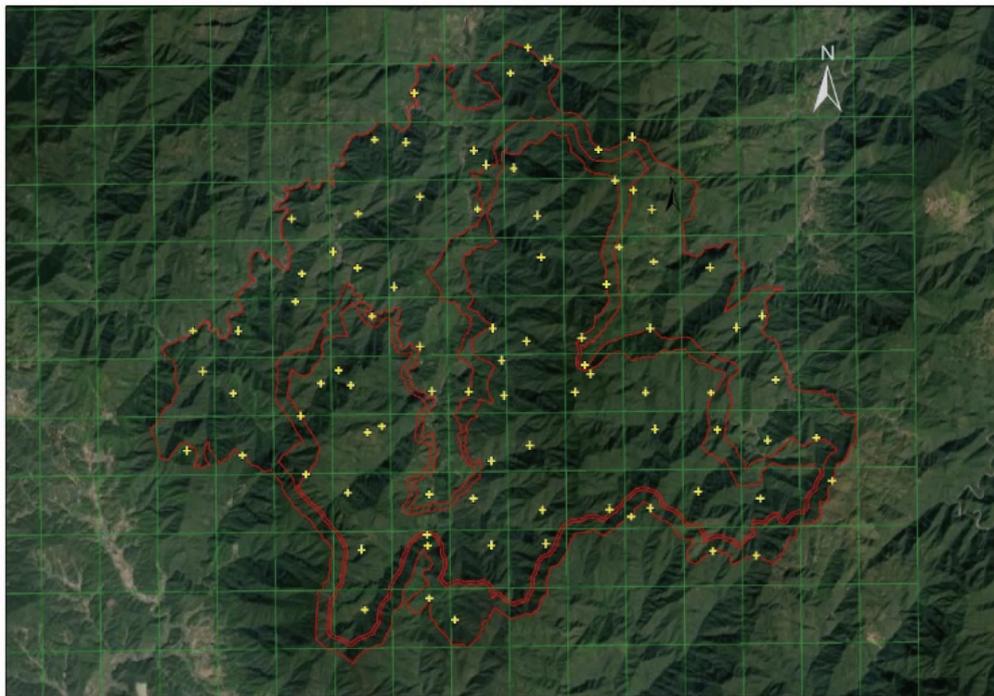


图 1 仙霞岭保护区红外相机监测位点

Fig. 1 Infrared camera monitoring sites in Xianxialing Nature Reserve

调查前,根据保护区的地形图和植被分布情况,选择各网格内要调查的植被类型和相机的大致布设位点。根据地形图到达预定区域后,选择动物痕迹(粪便、足迹和遗落物等)较多或动物足迹、水源较多的地方作为调查点安装相机。摄像机固定在离地面 50~80 cm 的树干上,镜头与地面大致平行。同时详细记录红外相机的位置、GPS 定位、海拔高度、植被类型及特征等环境因子的数据。该研究使用东方红鹰系列红外相机,每次触发连续拍摄 3 张照片和 1 段 10 s 视频。

1.2.2 样线法。黑麂是一种生活在茂密山林中的大型哺乳动物,在野外几乎不可能观察到它。然而,黑麂会在活跃的场所留下足迹和粪便等活动痕迹。栖息地留下的活动痕迹越多,说明该地区黑麂种群密度越高。结果表明,黑麂、小鹿和毛冠鹿的生境无明显重叠。同时,黑麂脚印和粪便的规模 and 外观特征容易区别于其他同域分布的鹿科动物,如黑麂的足迹明显大于小鹿,黑麂粪便颗粒大,常常附着堆放在一起,而且小鹿的颗粒少,附着力低,外观特点比较松散;毛冠鹿的脚印介于两者之间,但它的粪便相对短而圆^[3]。因此,可以通过该地区黑麂的足迹链和粪便痕迹等间接指标来确

定黑麂的种群密度。

根据当地的实际情况,采用分层抽样样线统计法,在仙霞岭自然保护区的试验区、缓冲区、核心区共设置 30 条样线统计鹿科动物的种群密度大小。在保护区大子坑、东坑口、徐罗—高峰、龙井坑、平福坑样地遵循随机等概率原则布置样带(图 2),每条样线长度见表 1。样线单侧宽度为 10 m。每一季度按照所设样线调查 1 次,发现新鲜的痕迹时,用全球卫星定位系统(GPS)定位并记录发现地的生境因子。

1.3 数据分析

1.3.1 相对多指数。该调查共布设红外相机 89 台,进行为期 570 d 的调查。野外调查后,将照片和视频数据进行物种鉴定,并将数据输入数据库进行处理和分析。根据相机拍摄的对象、种类、类别等进行分类整理,如兽类、鸟类、未识别兽类、未识别鸟类等。整理完成后再整理黑麂相关数据。

以红外相机的拍摄数据为基础,计算黑麂的相对多度指数(relative abundance index, RAI):

$$RAI = (\text{独立有效探测数} / \text{总有效相机工作日}) \times 1000$$
 式中,独立有效探测数,即单个红外相机机位上拍摄到某物

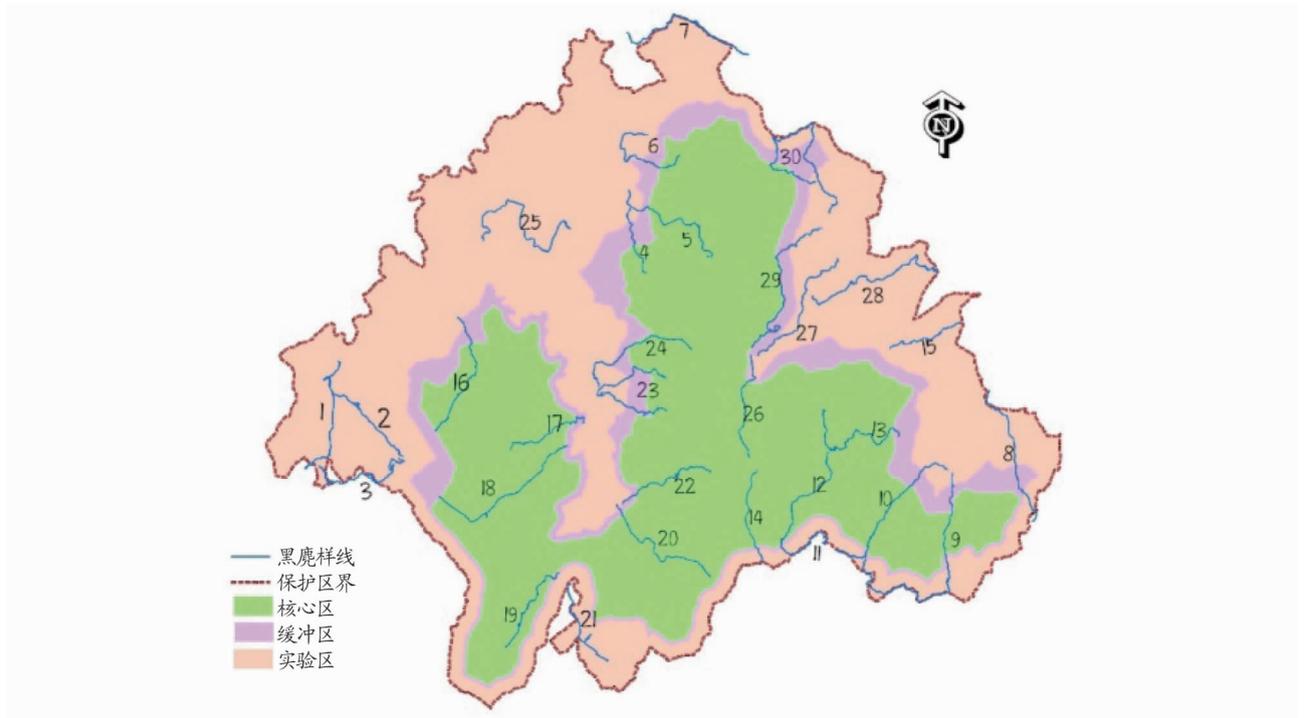


图2 仙霞岭保护区黑鹿调查样线布设

Fig. 2 Layout of *Muntiacus crinifrons* transect in Xianxialing Nature Reserve

表1 仙霞岭保护区各样线布设长度

Table 1 The length of various lines in Xianxialing Nature Reserve

区域 Region	样线号 Sample wire number	长度 Length/m
大子坑	1	3 879
Dazikeng	2	2 570
	3	3 914
东坑口	4	1 626
Dongkengkou	5	2 368
	6	2 811
	7	3 896
龙井坑	8	2 841
Longjingkeng	9	2 303
	10	3 569
	11	3 027
	12	4 235
	13	3 541
	14	1 609
	15	1 450
徐罗一高峰	16	3 160
Xuluo-Gaofeng	17	1 837
	18	3 086
	19	3 159
	20	2 546
	21	2 407
	22	2 190
	23	3 615
	24	2 487
	25	3 666
平福坑 Pingfukeng	26	1 930
	27	2 400
	28	3 415
	29	4 057
	30	5 516

种记录为该物种的1次有效探测,30 min内拍到的多张同一物种照片或多段视频合并记作1次独立有效探测;有效相机工作日,即单台红外相机持续工作24 h记为1个有效相机工作日。

1.3.2 拍摄率。拍摄率(CR)以每个红外相机在有效工作

日拍到的黑鹿独立照片数为衡量标准,有效工作日是指每台相机工作周期内除去相机维护、损坏并正常运转的天数,按以下公式计算:

$$\text{拍摄率} = \frac{\text{该物种被拍摄的独立照片数}}{\text{该相机有效工作日}} \times 100\%$$

1.3.3 种群密度。样线内种群密度的计算公式:

$$D_{ij} = \frac{N_{ij}}{A_{ij}t}$$

式中, D_{ij} 为*i*样地第*j*样线黑鹿的种群密度; N_{ij} 为*i*样地第*j*样线的活动痕迹数; A_{ij} 为*i*样地中第*j*样带的面积; t 为累计时间, $t=3$ d。

以各样地每条样线黑鹿的种群密度为样本,计算公式为:

$$\bar{D}_i = \frac{\sum_{j=1}^R L_{ij} D_{ij}}{\sum_{j=1}^R L_{ij}}$$

$$\text{Var}(D_i) = \frac{\sum_{j=1}^R L_{ij} (D_{ij} - \bar{D}_i)^2}{\sum_{j=1}^R L_{ij} (R-1)}$$

式中, \bar{D}_i 为*i*样地中黑鹿的平均密度, L_{ij} 为*i*样地中第*j*样带长, R 为样带数目, $\text{Var}(D_i)$ 为种群密度方差。区间估计为:

$$\bar{D}_i \pm t_{\alpha/2} \times \sqrt{\text{Var}(D_i) / R}, \alpha = 0.20。$$

1.3.4 潜在栖息地。参考程宏毅等^[7]2006年对九龙山黑鹿栖息地评价方法,确定仙霞岭自然保护区黑鹿潜在栖息地适宜性评价方法与程序:①根据黑鹿的生活习性和理想条件下生态生境的环境要求,分析了黑鹿生境质量的主要影响因素;②根据选择的因子建立黑鹿潜在栖息地生态适宜性评价准则,对各影响因素进行综合性权重赋值;③对仙霞岭自然保护区黑鹿潜在栖息地进行适宜性分析,根据结果提出生态防护、保护建议。

根据以往黑麂生物学与行为生态学的研究成果,以及结合仙霞岭自然保护区环境的具体情况,找出黑麂栖息地影响因子的特征,作为评价黑麂栖息地质量的指标。分析表明,影响仙霞岭保护区黑麂栖息地质量的因素可以划分为植被因素和海拔高度两大类。①根据鲍毅新等^[8]对九龙山和古田山 2 个保护区的研究可知,黑麂通常在海拔 800 m 以上的区域活动,海拔>800 m 为适宜栖息地,600~800 m 为次适宜栖息地,<600 m 为不适宜栖息地。②在研究九龙山和古田山保护区黑麂栖息地的植被类型表明,黑麂的最适宜植被是阔叶林和针阔混交林,黑麂的次适宜栖息地是针叶林和灌木林,而不适宜黑麂生活的则是人工林、竹林和草甸(表 2)。

2 结果与分析

2.1 红外相机调查结果 经统计,2018 年 12 月至 2020 年 7 月,保护区范围内红外相机累计有效工作时长 18 042 个工作

日,共拍摄动物照片视频 33 140 份,其中,黑麂拍摄照片视频 436 份,占 1.32%;有效照片数 6 026 份,其中黑麂有效照片数 61 份,占 1.01%(表 3),共 14 个公里网格相机拍摄到黑麂活动影像资料,其分布范围为红外相机拍摄到各兽类分布范围的第 8 位;黑麂相对多度为 3.38;拍摄率 CR=0.34%,仅次于小鹿、猪獾、鼬獾、野猪、果子狸。该次红外相机布设为整个保护区的全面摸底调查,布设位点未考虑黑麂适宜栖息环境因子,因此其拍摄黑麂信息存在偏少情况(图 3)。

表 2 黑麂栖息地环境影响因子

Table 2 Environmental impact factors of *Muntiacus crinifrons* habitat

等级 Grade	海拔 Altitude//m	植被类型 Vegetation type
适宜 Suitable	>800	阔叶林、针阔混交林
次适宜 Suboptimal	600~800	针叶林、灌木林
不适宜 Unsuitable	<600	竹林、草甸等

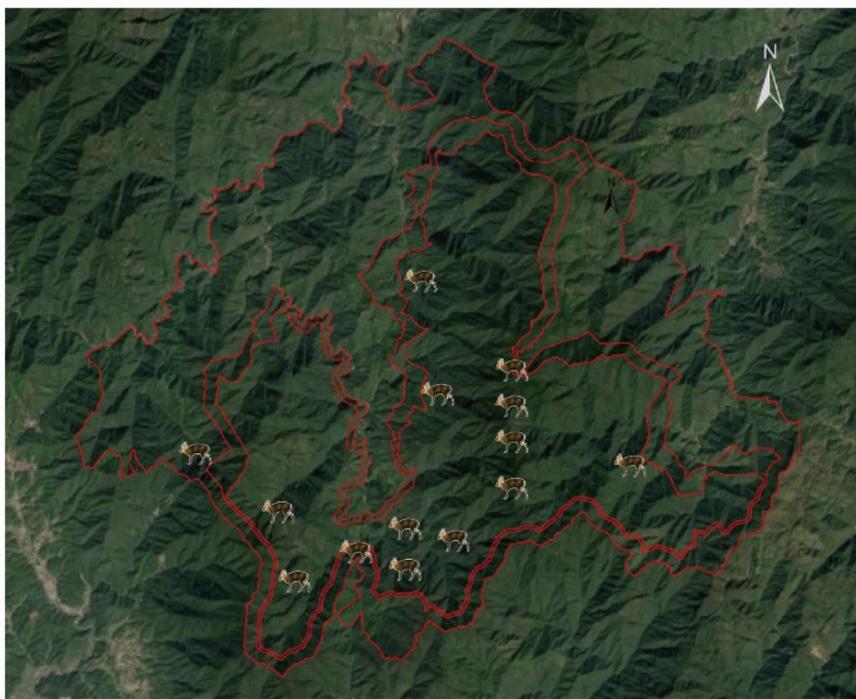


图 3 黑麂在仙霞岭保护区主要分布区域

Fig. 3 Main distribution areas of *Muntiacus crinifrons* in Xianxialing Nature Reserve

表 3 黑麂相机位点拍摄信息

Table 3 *Muntiacus crinifrons* camera location capture information

位点号 Site No.	有效照片视频数 Number of valid photos and videos	有效照片数 Number of valid photos
81	16	3
92	16	2
94	32	6
107	12	2
110	48	7
120	16	2
123	28	4
124	16	2
125	12	1
130	72	9
136	36	5
143	64	8
146	20	4
147	48	6

2.2 种群密度 样带法调查结果(表 4)显示,仙霞岭保护区黑麂分布集中区位于高峰、大龙岗等核心区,徐罗—高峰的种群密度为(7.25±2.63)只/km²,龙井坑的种群密度为(4.42±3.54)只/km²,平福坑的种群密度为(4.33±1.45)只/km²,东坑口的种群密度为(1.94±1.13)只/km²,大子坑的种群密度为(2.41±1.50)只/km²,全区密度(4.77±1.36)只/km²。

2.3 潜在栖息地 江山仙霞岭自然保护区总面积 70.85 km²,其中海拔 800 m 以上区域有 41.32 km²,海拔 600~800 m 有 19.52 km²,占保护区总面积的 85.9%;保护区范围内阔叶林和针阔混交林 49.13 km²,针叶林和灌木林 15.82 km²,占总面积的 91.7%。

从海拔因素考虑黑麂的适宜生境 41.33 km²,次适宜生境 19.52 km²,占总生境面积的 85.9%。从植被因素考虑黑

鹿的适宜生境 49.13 km², 次适宜生境 15.81 km², 占总生境面积的 91.7%。在空间上, 黑麂主要分布在水源充足、海拔 800 m 以上的区域, 且主要为阔叶林和针阔混交林 2 种类型的植被生境。黑麂潜在栖息地面积示意图 4。

3 讨论

3.1 黑麂区域分布差异 对鹿群的大量研究表明, 食物资源的质量和数量对鹿群种群密度的波动起着重要作用。从该研究结果来看, 造成仙霞岭自然保护区黑麂分布不均匀的一个重要原因是各功能区的生境差异, 黑麂更青睐于栖息地质量优越的核心区地带, 如徐福年区域、大龙岗区域; 而很少

表 4 黑麂各区种群密度

Table 4 Population density of *Muntiacus crinifrons*

区域 Region	样线总数 Total number of sample lines//条	3 d 内的 痕迹数 Number of traces in 3 d	平均密度 Average density 只/km ²	估计区间 Estimation interval 只/km ²
大子坑 Dazikeng	12	6	2.41	1.50
东坑口 Dongkengkou	16	5	1.94	1.13
徐罗一高峰 Xuluo-Gaofeng	40	49	7.25	2.63
龙井坑 Longjingkeng	32	24	4.42	3.54
平福坑 Pingfukeng	20	18	4.33	1.45
全区 All region	120	102	4.77	1.36

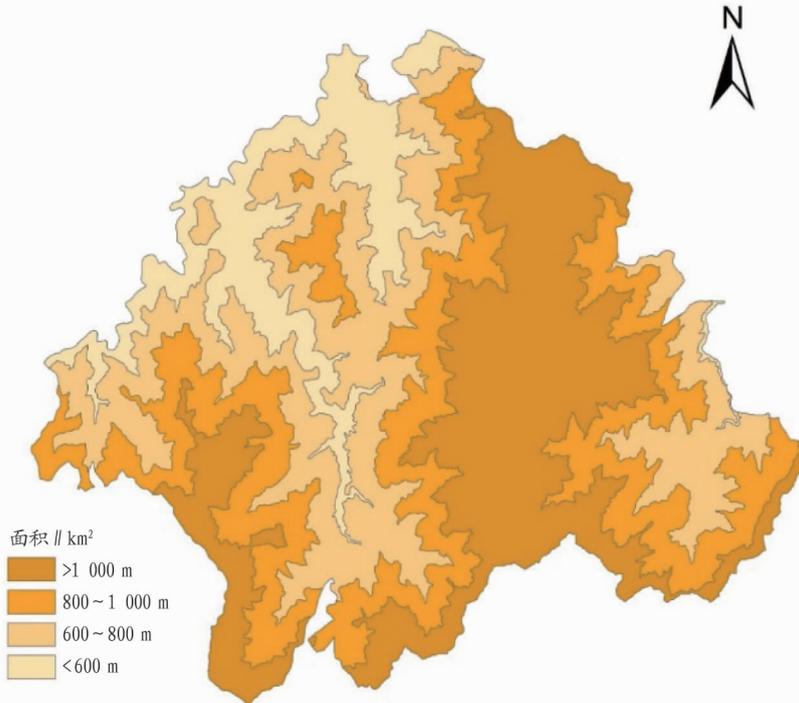


图 4 仙霞岭自然保护区黑麂潜在栖息地面积示意

Fig. 4 Diagram of potential habitat area of *Muntiacus crinifrons* in Xianxialing Nature Reserve

有人类干扰强烈、食物极度贫乏的试验区, 如村庄附近的大子坑、东坑口区域; 在缓冲区内, 黑麂种群密度也保持较高水平, 这不仅与黑麂生活在高海拔地区的生物学特性有关, 也与生境条件有关。试验区多位于低山低丘陵区, 农业气候条件相对优越, 土地复垦指数高, 人类活动强烈。同时, 森林附近的村庄也对黑麂的活动构成了巨大威胁。因此, 试验区仅为黑麂的流浪和偶食区, 由于内部食物资源短缺, 竞争压力大, 气候条件恶劣, 冬季会有部分黑麂个体迁至山麓觅食繁殖。缓冲带黑麂种群密度较高, 可能是由于缓冲带海拔较高, 适合黑麂的分布, 且有良好的植被条件和自然条件, 也可以容纳一定数量的黑麂种群。核心区高密度的拥挤效应和生理压力, 使一些营养不良、体质较弱的个体受到从核心区到缓冲区、气候季节变化、领土内食物资源的自然变化等因素的影响, 促使其经常迁移寻找合适的栖息地, 而缓冲区作为良好的迁移通道, 较高的种群密度也是合理的。核心区森林资源保存良好, 适合黑麂栖息的面积大, 条件好, 人类活动少, 因此黑麂种群密度高且稳定。

3.2 仙霞岭保护区在黑麂保护中的作用与地位 与其他野生动物一样, 栖息地的退化和破碎化对黑麂种群的生存有着深远的影响。生境破碎化后, 在黑麂适宜生境的斑块周围分布有不适宜生境。种群中的个体受到隔离效应的影响, 正常群体建立和迁移受到隔离或限制。同时, 由于适宜生境斑块面积的不断减少, 种群规模变小, 各种随机因素对种群的影响增大, 潜在的近交和遗传漂变的可能性增大, 遗传杂合度相应减小, 种群遗传多样性下降, 影响了黑麂的生存和进化潜力。生境破碎化导致适宜生境的丧失, 在一定程度上降低了黑麂的生态功能。生境破碎化直接阻碍了黑麂的正常传播和迁移, 限制了黑麂的传播和群落的建立, 最终导致遗传多样性的丧失^[9-10]。仙霞岭保护区是遂昌分布中心的重要组成部分, 保护区优良的生境可以扩大遂昌分布中心范围, 增加黑麂的安全活动区域, 形成大块连续的栖息地, 黑麂个体可以通过扩散和迁移, 探索新的栖息地, 寻找生存所必需的资源, 减少相关个体之间的资源竞争, 避免近亲繁殖, 从而

(下转第 130 页)

养分元素进入土壤,而榆林的形成增加了沙地表面的粗糙程度,改善了土壤容重、通气状况以及保水能力,也增加了土壤养分的储量^[14];土壤速效磷含量表现出了特异性,在土壤表层表现出随林龄增长先降低后升高的趋势,中层表现出随林龄增长先升高后降低的趋势,而到了深层又表现出随林龄增长先降低后升高的趋势,这是由于磷在土壤中容易被固定^[15],沙质土壤的单粒结构保水保肥的性能较差,且在树木生长初期郁闭度较低,表层土壤更容易被淋失后在中层发生沉积,而随着林龄增长,郁闭度增高,表层土壤的磷含量也越来越高。这说明榆林不仅可以起到防风固沙的作用,而且可以在很大程度上改善土壤理化性质。

(3) 土壤 pH 在 25~40 a 的阶段随着树龄的增加不断降低,这是由于植物根系分泌物中含有一些低分子的有机酸^[16],地表也会沉积更多的腐殖质,因此随树木生长年限的增加土壤酸性会不断增强,这与崔丽娜等^[17] 研究结果一致。土壤 pH 与土壤速效氮、速效磷、速效钾含量极显著负相关,有机酸在根系周围的土壤中富集,能促进土壤中对氮、磷、钾的释放,提高植物对养分的吸收^[18],而土壤中的微生物活动如解磷微生物也能分泌有机酸,降低土壤 pH,活化土壤中的养分,促进不同磷酸盐、钾盐等土壤化合物中养分的释放,从而提高土壤养分的有效含量。

参考文献

[1] 李金亚,徐斌,杨秀春,等. 锡林郭勒盟草原沙化动态变化及驱动力分

- 析:以正蓝旗为例[J]. 地理研究,2011,30(9):1669-1682.
- [2] 王晓. 浑善达克沙地榆树疏林生态系统组成、空间格局分布及其对放牧干扰的响应[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [3] 贺海升. 不同管理模式对内蒙古典型草原土壤质量影响综合评价研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2019.
- [4] 魏晓帅. 呼伦贝尔沙地樟子松人工林土壤特性及根内真菌群落特征[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [5] 夏志光,赵雨森,孔祥飞,等. 栗钙土区栽植沙枣、榆树对土壤理化性质的影响[J]. 东北林业大学学报,2009,37(5):30-32.
- [6] 高祥斌. 园林绿地建植与养护[M]. 重庆:重庆大学出版社,2014.
- [7] 苏楞高娃. 浑善达克沙地榆树疏林的空间分异性研究[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2013.
- [8] 赵娜. 浑善达克沙地榆分布与地面因素关系的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [9] 张志永,朱媛君,时志杰,等. 浑善达克沙地榆树疏林植被和土壤的空间分异特征[J]. 生态环境学报,2019,28(10):1936-1944.
- [10] 赵娜,胡春元,李钢铁,等. 浑善达克沙地中部地区榆树分布密度与土壤养分状况关系的研究[J]. 现代农业,2009(7):61-64.
- [11] 韩瑛. 冻融与生物炭添加对黑土磷素有效性的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2019.
- [12] 徐用兵. 华北潮土土壤质量演变及不同土地利用方式下的质量评价[D]. 北京:中国农业科学院,2021.
- [13] 郭雨华. 中国西北地区退耕还林工程效益监测与评价[D]. 北京:北京林业大学,2009.
- [14] 高国雄. 毛乌素沙地东南缘人工植被结构与生态功能研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [15] 张微微. 长期不同施肥下潮土有效磷对磷盈亏的响应关系及差异机制[D]. 北京:中国农业科学院,2020.
- [16] 吴佳,涂书新. 植物根系分泌物对污染胁迫响应的研究进展[J]. 核农学报,2010,24(6):1320-1327.
- [17] 崔莉娜,郭弘婷,李维扬,等. 不同林龄杉木人工林菌根侵染特征研究[J]. 生态学报,2019,39(6):1926-1934.
- [18] 李丽娟. 三峡消落带四种适生植物根部土壤养分、酶活和细菌群落多样性特征[D]. 重庆:西南大学,2020.

(上接第 126 页)

扩大其分布范围,增加个体和种群的生存机会。增加不同种群间的基因交换以减少遗传漂变,这对缓解黑鹿的濒危状态、集中保护、恢复生物多样性都具有重要意义。

仙霞岭自然保护区植物资源丰富、植被类型多样化、山高坡陡、生境复杂,因此区内黑鹿的种群密度较高,但西部、北部、南部毗邻的江山市、玉山县、上饶市、浦城县等地区,交通发达、人口密度高、森林植被破坏严重,给黑鹿种群的迁移扩散造成较大的阻力。程宏毅等^[11-12] 研究发现,分属遂昌分布中心和皖浙分布中心的黑鹿栖息地被完全割裂,2个中心之间的2种黑鹿几乎不可能相互迁移、繁殖和交配,遗传多样性、遗传结构和系统测试也表明,黑鹿种群分布中心之间存在明显的分化,几乎不存在基因流动,长期存在这种状态所导致的近亲繁殖对黑鹿的发展极为不利,这必然会导致生存能力下降。仙霞岭保护区地处遂昌分布中心西北部,北望皖浙分布中心,但二者基因交流已发生中断,所幸又因保护区位于武夷山多样性保护优先区域,且是浙、闽、赣3省优先保护区的咽喉要道位置,近些年在江西铜钹山、武夷山等地均发现有黑鹿活动种群^[13],仙霞岭保护区恰好可以作为连接遂昌分布中心与江西、福建等地交流廊道,连接几地,有助于促进黑鹿种群间扩散和基因交流,防止遗传衰竭,防止近亲交配^[11]。

3.3 建议 为了更好地对黑鹿进行保护,建议保护区继续

加强黑鹿的繁殖、栖息地选择与利用等种群生态学研究;增加红外相机的布设数量,并定期结合样带法,对黑鹿的种群数量变化进行长期监测;对黑鹿的栖息地状况进行定期评估,以便采取有针对性的保护对策与措施。

参考文献

- [1] 盛和林. 中国特产动物——黑鹿[J]. 动物学杂志,1987,22(2):45-48.
- [2] 盛和林. 中国鹿科动物[M]. 上海:华东师范大学出版社,1992:149-159.
- [3] 郑伟成,刘军,潘成椿,等. 中国特有动物黑鹿的研究[J]. 野生动物,2012,33(5):283-288,293.
- [4] 季国华,郑伟成,王华,等. 基于分子及传统方法对九龙山自然保护区黑鹿资源研究[J]. 浙江林业科技,2015,35(4):1-6.
- [5] 郑祥,鲍毅新,葛宝明,等. 九龙山自然保护区黑鹿的种群密度、分布与保护[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版),2005,28(3):313-318.
- [6] 郑祥,鲍毅新,葛宝明,等. 古田山自然保护区黑鹿资源分布与保护现状[J]. 自然资源学报,2005,20(4):508-513.
- [7] 程宏毅,鲍毅新,陈良,等. 黑鹿(*Muntiacus crinifrons*) 栖息地片断化对种群基因流的影响[J]. 生态学报,2008,28(3):1109-1119.
- [8] 鲍毅新,程宏毅,周襄武,等. 黑鹿(*Muntiacus crinifrons*) 3个种群的遗传多样性[J]. 生态学报,2008,28(8):4030-4036.
- [9] SMITH D F, LITVAITIS J A. Foraging strategies of sympatric lagomorphs: Implications for differential success in fragmented landscapes[J]. Canadian journal of zoology, 2000, 78(12):2134-2141.
- [10] RODRIGUEZ A, DELIBES M. Population fragmentation and extinction in the Iberian lynx[J]. Biological conservation, 2003, 109(3):321-331.
- [11] 程宏毅,鲍毅新,陈良,等. 黑鹿皖-浙分布中心种群的遗传多样性[J]. 动物学报,2008,54(1):96-103.
- [12] 程松林,邹思成,袁荣斌. 江西武夷山国家级自然保护区黑鹿及其生境调查初报[J]. 江西科学,2012,30(5):594-598.
- [13] 鲍毅新,郑祥,葛宝明. 浙江黑鹿栖息地评价及保护对策[J]. 生态学报,2006,26(8):2425-2431.