

桑根达来不同林龄榆树林土壤养分特征

林灏, 李钢铁*, 李俊杰, 张月欣 (内蒙古农业大学沙漠治理学院, 内蒙古呼和浩特 010018)

摘要 [目的]研究正蓝旗桑根达来镇榆树林土壤养分随林龄增加的变化趋势及其规律。[方法]选择桑根达来镇3种不同林龄(10、25、40 a)榆树林为研究对象,测定了0~10、10~20、20~40 cm 土层土壤 pH、速效氮、速效磷、速效钾、有机质含量共5个指标。采用双因素分析法、相关性分析研究不同林龄榆树林土壤养分在不同垂直深度土层中的含量特征及其相互关系。[结果]林龄对榆树根系土壤的速效氮、速效磷、速效钾含量及 pH 有显著或极显著影响;土层对土壤的速效磷、有机质含量及 pH 有显著影响;二者的协同作用对速效磷有极显著影响。随林龄增加,榆树林土壤有机质和速效氮、速效钾含量呈上升趋势;速效磷在表层及深层土壤中先降低后升高,在中层土壤中先升高后降低。随着土壤深度的加深,土壤有机质、速效氮、速效钾含量均呈现较明显的表聚现象。土壤 pH 随林龄增加逐渐降低,且与速效氮、速效磷、速效钾的含量呈显著负相关,土壤酸性越高,土壤养分含量越高。[结论]该研究可为该地区榆树林的养分管理、提质增效及近自然改造提供重要的理论依据。

关键词 榆树林;土壤养分;双因素方差分析;相关性分析

中图分类号 S718.51+6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)01-0127-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.01.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Soil Nutrient Characteristics of Elm Forests of Different Ages in Sanggendalai

LIN Hao, LI Gang-tie, LI Jun-jie et al (Desert Control College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018)

Abstract [Objective] To study the change trend and law of soil nutrients of elm forest in Sanggendalai Town, Zhenglan Banner with the increase of forest age. [Method] Three elm forests of different ages in Sanggendalai Town were selected (10, 25 and 40 a) as the research object. Five indexes of soil pH, available nitrogen, available phosphorus, available potassium and organic matter in 0-10, 10-20 and 20-40 cm soil layers were measured. The content characteristics and relationship of soil nutrients in different vertical depths of elm at different forest ages were studied by two factor analysis and correlation analysis. [Result] The content of available nitrogen, available phosphorus, available potassium and pH value of elm root soil were significantly affected by forest age; soil layer had significant effects on the content of available phosphorus, organic matter and pH value of soil; the synergistic effect of the two had a very significant effect on available phosphorus. The contents of soil organic matter, available nitrogen and available potassium increased with the increase of forest age; available phosphorus first decreased and then increased in surface and deep soil, and first increased and then decreased in middle soil. With the deepening of soil depth, the contents of soil organic matter, available nitrogen and available potassium showed obvious surface aggregation. Soil pH decreased gradually with the increase of forest age, and showed a significant negative correlation with the contents of available nitrogen, available phosphorus and available potassium. The higher the soil acidity, the higher the soil nutrient content. [Conclusion] This study can provide an important theoretical basis for nutrient management, quality and efficiency improvement and near natural transformation of elm forest.

Key words Elm forest; Soil nutrients; Two factor analysis of variance; Correlation analysis

正蓝旗桑根达来镇位于锡林郭勒盟南部,正蓝旗中段、浑山达克沙地腹地、地处高原、南北走向。桑根达来镇的草原总面积为 16.14 万 hm^2 , 占全镇土地总面积的 98.83%, 当前可利用草原面积 14.25 万 hm^2 ^[1]。草原的土壤以风沙为主, 极其脆弱。黑栗钙土分布在塔拉沙丘陵之间, 栗钙土分布在东南低丘, 少量的草甸土分布在湖盆洼地。浑善达克沙地属于榆树疏林草原, 由于气候变化和人类不合理的开发利用, 造成了浑善达克沙地原已固定的沙丘再度活化, 流动沙丘逐年增多, 活动沙丘逐年增加。植被覆盖率逐年下降, 可用的草地逐年退化, 可用的耕地利用率逐年下降。沙漠化土地类型也在发生变化, 草场沙化率达 78% 以上。许多草场和牧场因为过度放牧等原因造成了土地荒漠化面积进一步扩大, 造成了桑根达来生态环境脆弱^[2], 土壤肥力的维持和提高已经成为当地环境保护和管理的关键。为了恢复当地生态系统的稳定性, 充分发挥防风、固沙、节水的作用, 需要对

桑根达土壤进行研究。

土壤养分是土壤肥力的重要部分, 土壤养分作为衡量土壤质量的重要指标, 碳、氮、磷和钾等营养元素不仅代表土壤肥力状况, 也是植物生长发育的必需营养元素^[3]。魏晓帅^[4]通过研究表明, 樟子松人工林土壤理化性质随林龄增加在不同沙地中表现不同, 毛乌素沙地土壤容重和养分含量明显降低, 科尔沁沙地养分含量明显升高, 呼伦贝尔沙地土壤养分则呈现先增加后降低趋势, 沙地土壤理化性质受有机质影响较大, 因此测定土壤中氮、磷、钾及有机质的含量可以在一定程度上表现出土壤养分的变化特征。夏志光等^[5]通过实地考察与试验调查的方法, 对赤峰市巴林右旗的黄花林场沙漠化撂荒的栗钙土区在栽植沙枣和榆树后的土壤理化性质变化进行了分析。结果表明, 沙枣和榆树的生长可使土壤密度有效降低, 从而改善土壤孔隙状况, 提高土壤表层有机质含量和速效氮含量, 有效改善土壤水、气、热状况, 土壤肥力得到提高, 有效防止土壤荒漠化加剧。

榆树(*Ulmus pumila* L.), 又称春榆、白榆, 是榆树科落叶乔木。榆树是一种根系发达, 耐旱, 耐寒, 对土壤条件适应性强的普通树种。在环境保护、涵养水源、防风固沙等方面发挥着重要作用^[6], 是干旱半干旱沙区造林的理想树种。同时

基金项目 国家自然科学基金项目“基于菌根技术的浑善达克沙地榆树生态适应性机制研究”(RZ200001669)。

作者简介 林灏(1997—), 男, 内蒙古兴安盟人, 硕士研究生, 研究方向: 沙区植物资源保护与利用。* 通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事沙区植物资源保护与利用研究。

收稿日期 2021-12-27

通过对桑根达来所在的浑善达克沙地的研究表明,榆树是该地的建群种,浑善达克沙地以草原植被为主,针阔叶乔木、榆树疏林等超地带性植被明显^[7]。赵娜^[8]研究了浑善达克沙地榆树林树木密度与土壤养分含量之间的关系,发现土壤养分含量的分布情况表现为树木分布密集区>树木分布稀疏区>树木零散分布区,即土壤速效氮、速效磷、速效钾及有机质的含量与树木密度成正比。这说明榆树虽然会对营林地的土壤养分造成消耗,但种植榆树对土壤肥力状况的改善更为明显。这就为大规模榆树造林及改善当地生态系统稳定性提供了可能,但目前对榆树林的研究主要集中于土壤养分与榆树空间位置和土壤养分含量与榆树密度关系的探讨^[9-10],而对于不同林龄及土层榆树林的土壤养分差异性研究鲜见报道。因此,笔者以桑根达来3种树龄榆树林为研究对象,采集0~10、10~20和20~40 cm土层的榆树根系土壤,探究不同林龄土壤养分变化特征及其随树龄的变化规律,以期为该地区榆树林的养分管理、提质增效及近自然改造提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 研究区概况 研究区位于浑善达克沙地,地处内蒙古高原,地理坐标为42°23′09″~44°15′02″N,116°20′19″~118°26′16″E。海拔高度为1 200~1 700 m。该区域属于中温带大陆性季风气候区,年均气温2~4℃,年均降水量250~540 mm,年均蒸发量1 300~1 900 mm。土壤以风沙土为主,丘间低地和固定半固定沙丘相间分布。浑善达克沙地主要分布在锡林郭勒盟和赤峰市境内,东缘延生到克什克腾旗,西部从正镶白旗延伸到镶黄旗、苏尼特右旗,腹地位于正蓝旗,南缘位于多伦县,北部接锡林浩特市、阿巴嘎旗、苏尼特左旗。该沙地种子植物1 191种,草该植物共有900种,占该区总种数的85.2%;榆树(*Ulmus pumila* L.)是浑善达克沙地的建群种,从数量上在木本植物中占绝对优势,此外还有沙地云杉(*Piceameyeri* Rehd. et Wils.)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、山杨(*Populus davidiana* Dode)、辽东栎(*Quercus wutaishansea* Mary)等数量较少的乔木。

1.2 样地设置 依据相似可比的原则,在外业调查中,将样地尽量选择而立地条件相同或相似的风沙土区,在进行林业调查时,用生长锥法获得榆树林的实际林龄。选择3个不同林龄(10、25、40 a)榆树林为研究对象,选取营林措施、海拔、坡向、坡度、土壤母质等立地条件基本一致或相近的林地,分别设置3块20 m×20 m的样地,样地间隔20 m,共9块。

1.3 样品采集 采样时间为2020年8月(植物生长旺盛时期),在每个样方内按“Z”字体路线寻找长势较为一致的3株榆树为采样点,作深度为40 cm土层的土壤剖面,依次采取0~10、10~20、20~40 cm土层土壤样品,根据树龄与土层编号后装入自封袋。土样过2 mm筛,去除凋落物和石块等杂物。将过筛后的土样在室内风干,用于土壤氮、磷、钾、有机质及pH的测定。

1.4 样品的测定 在实验室内对所收集的土壤样品进行养分元素的测定:土壤的pH采用电位法测定;速效磷含量采用

碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定^[11];速效钾含量采用NH₄OAC浸提-火焰光度法测定;速效氮含量采用碱解扩散法测定;有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定^[12]。

1.5 数据分析 采用Excel 2016进行试验数据统计,运用SPSS对林龄和土层深度及二者协同作用对榆树根系土壤养分各项指标的影响进行双因素方差分析,用单因素方差分析同一土层和林龄对其相关指标的影响,并对各项指标之间进行相关性分析,探究各养分含量的相互作用规律。

2 结果与分析

2.1 林龄和土层处理对土壤养分双因素方差分析 通过双因素方差分析可知(表1),林龄对榆树根系土壤的速效氮、速效磷、速效钾含量及pH有显著影响,而对有机质含量无显著影响;土层对土壤的速效磷、有机质含量及pH有显著影响,对速效氮和速效钾含量无显著影响;二者的协同作用仅对速效磷含量有极显著影响,对速效氮、速效钾、有机质含量及pH无显著影响。

表1 林龄和土层处理对土壤养分双因素方差分析结果

Table 1 Effects of forest age and soil layer treatment on soil nutrients by two-way ANOVA

指标 Index	林龄 Forest age	土层 Layer	林龄×土层 Forest age×Layer
速效氮 Available nitrogen	*	ns	ns
速效磷 Available phosphorus	**	*	**
速效钾 Available potassium	**	ns	ns
有机质 Organic matter	ns	*	ns
pH	**	*	ns

注:*、**分别表示处理间在0.05、0.01水平差异显著和极显著;ns表示处理间差异不显著。

Note: * and ** indicate significant and extremely significant differences between treatments at 0.05 and 0.01 levels respectively; ns means no significant difference between treatments.

2.2 不同林龄榆树林土壤养分特征

2.2.1 速效氮含量变化情况。由图1a可知,桑根达来榆树根系土壤的速效氮含量在35.93~51.26 mg/kg,0~10、10~20 cm土层的速效氮含量随着林龄的增长总体呈上升趋势,20~40 cm土层速效氮含量呈先下降后上升趋势。10 a时土壤的速效氮含量随垂直方向深入呈上升趋势,而25 a与40 a土壤速效氮含量随垂直方向深入呈先上升后下降的趋势。3个林龄各土层土壤速效氮含量差异不显著。

2.2.2 速效磷含量变化情况。从图1b可见,速效磷含量在25.5~134.4 mg/kg,在0~10与20~40 cm土层中速效磷含量随着林龄的增长呈先降低后升高趋势,在10~20 cm土层中速效磷含量呈先升高后降低趋势,25 a速效磷含量显著高于其他2个龄级。10 a与25 a随土层深度增加,速效磷含量先升高后降低,40 a随土层深度增加速效磷含量先降低后升高,其中25 a时10~20 cm土层土壤速效磷含量最高,0~10 cm土层土壤速效磷含量最低。25 a与40 a的各土层土壤速效磷含量差异显著。

2.2.3 速效钾含量变化情况。从图1c可见,速效钾含量在49.46~132.93 mg/kg,速效钾含量随林龄的增长总体呈上升趋势,且3种林龄的土壤速效钾含量均随着土层垂直方向加

深呈现先降低后升高趋势,25 a 尤为明显,随林龄增加 20~40 cm 土层土壤速效钾含量升高幅度更明显。3 种林龄的土壤速效钾含量均随土层深度垂直方向增加呈先降低后升高的趋势,在 10 a 时各土层土壤速效钾含量差异不大。

2.2.4 有机质含量变化情况。从图 1d 可见,有机质含量在 11.43~16.01 g/kg,在 0~10 cm 土层中随林龄增长有机质含量有略微下降,10~20 cm 土层中随林龄的增长有机质含量呈上升趋势,林龄对 20~40 cm 土层的榆树根系土壤有机质含量作用不显著。10 a 土壤有机质含量随土层深度垂直方

向增加呈先降低后升高的趋势,25 a 土壤有机质含量随土层深度垂直方向增加呈降低趋势,40 a 土壤有机质含量随土层深度垂直方向增加呈先升高后降低的趋势。

2.2.5 pH 变化情况。从图 1e 可见,pH 在 3 个土层中均呈现出随林龄增大呈先上升后下降的趋势,但 0~10 和 10~20 cm 土层 10~25 a 期间上升不明显,25~40 a 期间 pH 下降幅度很大。在 40 a 的土层中土壤 pH 随土层深度垂直方向增加呈明显的上升趋势,而其他林龄中各土层深度的 pH 差异不明显。

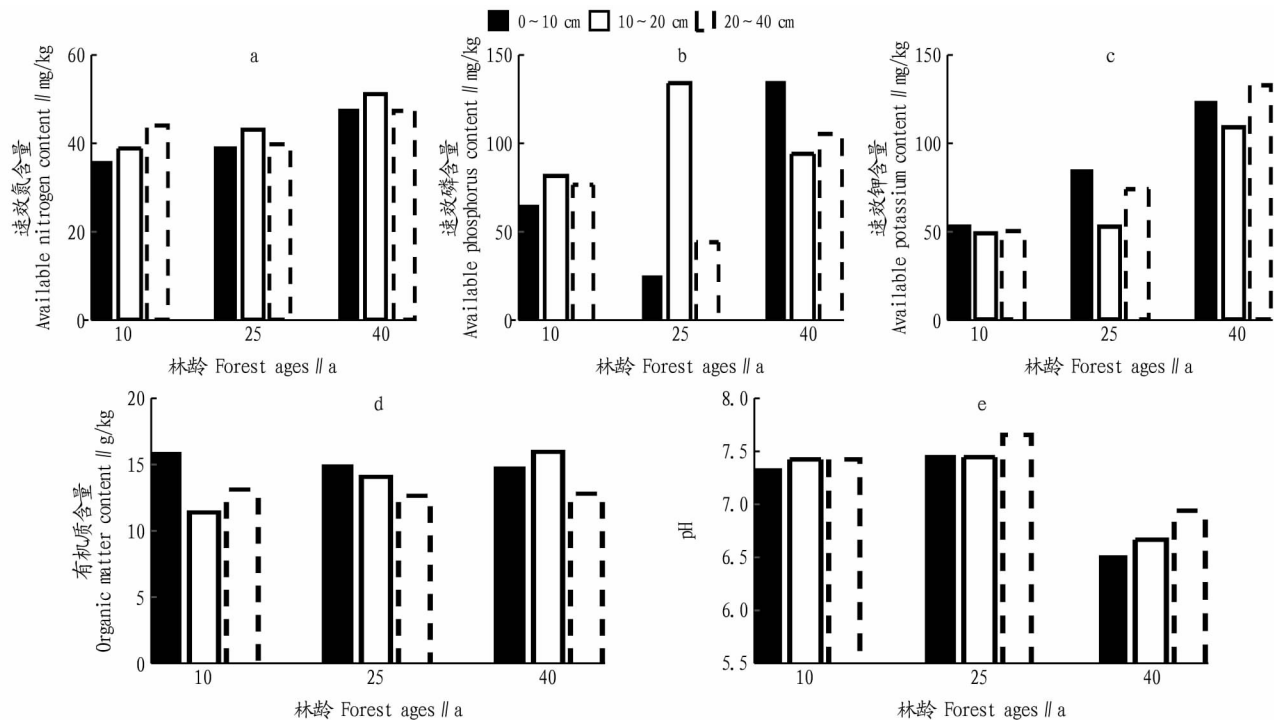


图 1 不同林龄榆树根系土壤理化性质

Fig. 1 Physical and chemical properties of elm root soil at different forest ages

2.3 土壤养分因子相关性分析 土壤养分各因子之间存在不同程度的相关性(表 2),pH 与速效氮、速效磷和速效钾含

量间存在极显著负相关($P < 0.01$),速效氮与速效钾和速效磷间存在显著正相关($P < 0.05$)。

表 2 土壤理化性质相关性分析

Table 2 Analysis of soil physical and chemical properties

指标 Index	pH	速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	有机质 Organic matter
pH	1				
速效氮 Available nitrogen	-0.551 **	1			
速效磷 Available phosphorus	-0.593 **	0.418 *	1		
速效钾 Available potassium	-0.704 **	0.425 *	0.291	1	
有机质 Organic matter	-0.168	-0.091	-0.064	0.135	1

注: *、** 分别表示处理间在 0.05、0.01 水平差异显著。

Note: * and ** indicate significant differences between treatments at 0.05 and 0.01 levels respectively.

3 结论与讨论

(1) 通过双因素方差分析可知,树木生长年限是榆树根系土壤氮、磷、钾及 pH 的重要影响因素,而随着榆树林土层垂直方向加深,土壤速效磷、有机质含量、pH 有较大的分布差异性,而树木生长年限和土层深度的协同作用共同决定了榆树林根系土壤速效磷含量情况,这与郭雨华^[13]的研究结

果一致。

(2) 桑根达来的榆树根系土壤养分指标随着林木生长年限不同存在一定的差异,土壤速效氮、速效钾、有机质含量随着树木生长年限的增加均呈不同程度的升高趋势,这是由于随着林龄的不断增加,冠幅不断增加,地表枯落物不断增多,枯落物在土壤动物和微生物的分解作用下形成腐殖质产生

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.