

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 05. 004

龙胜县森林火险等级区划

文娟¹, 张伟², 王秋华³, 黄淑莹², 莫奇京¹, 阳文程⁴, 胡嘉春⁴

(1. 广西壮族自治区森林资源与生态环境监测中心, 广西 南宁 530028; 2. 广西壮族自治区林业勘测设计院, 广西 南宁 530011; 3. 西南林业大学 土木工程学院/云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224; 4. 龙胜各族自治县林业局, 广西 龙胜 541700)

摘要:以广西龙胜县为研究区, 调查分析该县森林火险状况及影响要素, 结合森林资源载量及森林防火实际, 选取树种(组)燃烧类型、人口密度、气象因子、火灾次数等 11 项主要林火影响因子, 综合运用层次分析法(AHP)、聚类分析法及 ArcGIS 空间分析法, 区划森林火险等级。结果表明, 各村(分场)可区划为 I (高火险区)、II (中火险区)、III (低火险区) 3 个火险等级; I、II、III 级火险区面积分别占研究区总面积的 35.47%、38.33%、26.20%。高火险区主要分布在东部和南部, 中火险区集中于西部和北部, 低火险区分散在高、中火险区之间。区划结果有利于总结、突出研究区森林火情特点和重点。

关键词:森林火险; 火险等级区划; 火险因子; 龙胜县

中图分类号: S762.31 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)05-0020-06

引文格式: 文娟, 张伟, 王秋华, 等. 龙胜县森林火险等级区划[J]. 林业调查规划, 2023, 48(5): 20-25.

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 05. 004

WEN Juan, ZHANG Wei, WANG Qiuhua, et al. Forest Fire Risk Classification in Longsheng County[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(5): 20-25. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 05. 004

Forest Fire Risk Classification in Longsheng County

WEN Juan¹, ZHANG Wei², WANG Qiuhua³, HUANG Shuying², MO Qijing¹,
YANG Wencheng⁴, HU Jiachun⁴

(1. Guangxi Forest Resources and Environment Monitoring Center, Nanning 530028, China; 2. Guangxi Forest Inventory and Planning Institute, Nanning 530011, China; 3. Yunnan Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control, School of Civil Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
4. Longsheng Bureau of Forestry, Longsheng, Guangxi 541700, China)

Abstract: The forest fire risk situation and influencing factors in Longsheng County of Guangxi were investigated and analyzed. Based on the forest resource carrying capacity and actual forest fire prevention, 11 main forest fire influencing factors were selected, including tree species (groups) combustion type, population density, meteorological factors, and fire frequency. The analytic hierarchy process (AHP), cluster analysis, and ArcGIS spatial analysis were comprehensively used to classify the forest fire risk level. The results showed that all forest zones from different villages (forest farm branches) could be divid-

收稿日期: 2022-04-01.

基金项目: 广西林业厅林业科技青年基金项目(桂林科研 2016 第 22 号); 广西林业科技项目(桂林科研[2015]第 32 号)。

第一作者: 文娟(1984-), 女, 广西全州人, 硕士, 高级工程师。研究方向为森林资源调查与生态环境监测工作。Email: 190612637@163.com

责任作者: 张伟(1979-), 男, 广西贵港人, 硕士, 正高级工程师。主要从事森林资源调查与生态环境监测工作。

ed into three fire risk levels: I (high fire risk area), II (medium fire risk area), and III (low fire risk area); the areas of Level I, II, and III fire danger zones accounted for 35.47%, 38.33%, and 26.20% of the total research area, respectively. High risk areas were mainly distributed in the east and south, medium risk areas were concentrated in the west and north, and low risk areas were scattered between high and medium risk areas. The zoning results were conducive to summarizing and highlighting the characteristics and key points of forest fire in the research area.

Key words: forest fire; forest fire risk zoning; fire risk factor; Longsheng County

森林火险区划以综合分析致火因子为基础,将研究区进行火险等级区划,为科学部署防火力量,提高防火工作综合水平奠定基础^[1-2]。国内外学者做了大量的森林火险区划研究工作,森林资源、路网密度、火源类型、可燃物种类、气候气象等因子是当前世界各国学者研究森林火险的主要对象^[3-12]。国外以美国、加拿大、澳大利亚等国处于世界领先水平^[13]。20世纪50—60年代,借鉴加拿大、美国等国的先进方法,中国的森林防火预测研究工作进入起步阶段,国家林业部于1992年发布的林业行业标准《全国森林火险区划等级》标志着中国森林火险研究水平上升到新的高度,但张景群认为此标准适用于省级以上大区域的森林火险区划,对指导县级、森林公园、林场等小尺度区域的区划工作意义不大^[14-15]。目前,国内外以县级作为森林火险区划对象的研究还较少^[16-18]。

2014年,龙胜县按照广西自治区防火处关于推行全区森林火险区划细分细化的要求,开展了县级森林火险区划。本研究以龙胜县森林资源数据为基础,选取并收集该县2009—2013年期间(区划期)森林火灾次数、气象因子、人口密度等林火影响因子资料,以ArcGIS为依托,结合层次分析、聚类分析等方法,于2016年完成县级森林火险等级区划研究,为县域尺度上的森林火险区划提供参考,为推进县级森林防火精细化管理提供依据,并对比区划期(2009—2013年)与对比期(2014—2020年)森林火灾次数,验证火险区划结果的实用性。

1 研究区概况

龙胜县地处广西壮族自治区东北部,桂林市西北部,位于北纬25°29′21″~26°12′10″,东经109°43′28″~110°21′14″。全县行政区面积2450 km²,总人口17.34万,其中:农村人口、少数民族人口分别占总人口的63.0%、75%以上^[19]。县域内平均海拔700 m以上的山地占全县土地面积的47.3%。最高

海拔1940 m,最低海拔163 m。地理上属亚热带季风气候,年均温18℃,历年最高年均气温18.7℃,历年最低年均气温17.3℃,极端最高温39.5℃,极端最低温-4.8℃,年均降雨量1544 mm^[20]。

全县林地面积207251.9 hm²,其中:有林地170593.0 hm²,占林地面积的82.3%;灌木林地21188.8 hm²,占10.2%;未成林造林地8552.4 hm²,占4.1%,森林覆盖率75.2%。全县各区划单元森林蓄积量占比超过55%的树种组分别为杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、软阔类、硬阔类。按照《全国森林火险区划等级》LY/T 1063—2008标准,依据树种组的蓄积比例及优势树种(组)的燃烧难易程度划分树种(组)燃烧类型,并规定杉木、软阔、硬阔类属于可燃类,因此,龙胜县的树种(组)燃烧类型均划为可燃类。

龙胜县森林覆盖率在广西名列前茅,其森林资源丰富,其中花坪国家级自然保护区主要以珍稀孑遗树种银杉(*Cathaya argyrophylla*)和典型常绿阔叶林为主,其中银杉有“植物熊猫”美誉,是我国植物学家继水杉之后发现的第二种植物活化石,具有高保护价值。境内少数民族聚居,刀耕火种、居住木楼、林田相连等林情、火情特点,提高了区域内森林火灾发生的风险,增加了森林火灾蔓延的危险性以及人民生命财产的破坏性。

研究期(2009—2020年)内,全县共发生森林火灾54次,年均4.5次,其中2009—2013年为火险区划期;2014—2020年为火险区划结果对比期。火灾发生原因全部为人为因素,发生时间主要在春、秋两季,受害森林全部为人工林。防火期为9月至翌年5月,期间气候干旱,清明节祭祀、造林整地、农作物收割等人为活动频繁,属森林火灾多发时段。

2 研究方法

2.1 最小区划单元

为保证森林火险区划与行政区划、林业区划相

衔接,保障每个区划单元森林火险防控责任到人,本研究以村作为区划基本单位,研究区域内的林场、自然保护区、森林公园分别以分场(工区)、管理站(所)、园区(片区)或所在村为区划基本单元。

2.2 因子选取

气候、地形、地物类型和人类活动等是影响森林火险的主要因子^[21],应根据森林火险区划对象的林火特点和可获取的有效数据,灵活选取合理的因子进行森林火险区划^[17]。《全国森林火险区划等级》LY/T 1063—2008 行业标准选取的森林火险因子为树种(组)燃烧类型、人口密度、防火期月平均降水量、平均气温、平均风速、路网密度。本研究综合分析龙胜县的林情、火情,结合火险因子采集数据的可获取性和完整性,在行业标准的基础上补充增加了相对湿度、距用火及迷信习惯地距离(应用 ArcGIS 软件测算各区划单元林地边缘与周边农田、采伐迹地、坟地等生产用火、迷信用火频繁区域最近距离)、重要保护目标、平均海拔和历年火灾等因子进行研究。参照《全国森林火险区划等级》、专家和研究区森林防火工作人员意见,采用层次分析法(AHP)赋予各因子权重^[22](表 1)。

2.3 森林火险等级评价

以龙胜县林业局会同气象局、统计局、交通局等部门提供的森林资源数据和森林火险因子数据为基础,应用数理统计法计算各区划单元的森林火险因子权值之和及三项综合得分值。

将最小区划单元的各项火险因子的实际数值与表 1 中的级距对应,并把相应的权值累加,得出该区划单元的权值之和,即:森林火险因子权值之和=火险因子 A 权值+B 权值+C 权值+D 权值+E 权值+F 权值+G 权值+H 权值+I 权值+J 权值+k 权值。

为衔接国家森林火险等级,本研究参照《全国森林火险区划等级》LY/T 1063—2008 行业标准,将研究区的森林火险等级分为 3 级,即 I 级高危险区、II 级中危险区、III 级低危险区,应用聚类分析法确定综合得分值的阈值(表 2)。根据各区划单元 3 项综合得分值,对照表 2 中的标准分值,取其中对应值高的火险等级作为区划单元初步的森林火险等级。运用 ArcGIS 软件的图库关联、空间分析功能,分析初步的森林火险等级分布情况,结合龙胜县森林资源分布特点、森林火灾发生时空规律、森林防火工作经验、重点保护目标分布、当地用火及迷信习惯等情况,同时征询林火专家及森林防火工作人员意见,确定各区划单元的最终火险等级。

表 1 火险因子及其类别权重

Tab. 1 Fire risk factors and category weights

火险因子	类别	权重
A. 树种(组)燃烧类型	难燃类	0.04
	可燃类	0.10
	易燃类	0.20
B. 人口密度/(人·hm ⁻²)	≤0.6	0.03
	0.7~1.3	0.14
	≥1.4	0.12
C. 防火期月平均降水量/mm	≥53	0.04
	52.9~24.6	0.11
	≤24.5	0.23
D. 防火期月均相对湿度/%	≥75	0.02
	75~55	0.04
	≤55	0.08
E. 防火期月平均气温/℃	≤7.5	0.03
	7.6~14.0	0.15
	≥14.1	0.19
F. 防火期月平均风速/(m·s ⁻¹)	≤1.7	0.02
	1.8~2.6	0.09
	≥2.7	0.16
G. 阻隔网密度/(m·hm ⁻²)	≤1.5	0.04
	1.6~2.5	0.08
	≥2.6	0.05
H. 距用火及迷信习惯地(坟地、炭窑、农田、甘蔗地、采伐迹地、拟整地造林地、庙宇等地)距离/m	0~5	0.08
	5~20	0.04
	≥20	0.02
I. 距重要保护目标(主要指保护区、油库、国境线、高速路两侧、名胜风景区、森林公园、名胜古迹和革命纪念地等)距离/km	0~5	0.08
	5~20	0.04
	≥20	0.02
J. 平均海拔/m	≥1000	0.02
	500~1000	0.04
	≤500	0.08
K. 历年火灾/次	0~5	0.02
	5~10	0.04
	≥10	0.08

3 结果与分析

3.1 区划结果总体分析

应用森林火险评价方法,计算并确定龙胜县各区划单元的最终火险等级。区划结果为,全县 I 级、

表 2 森林火险等级阈值
Tab.2 Forest fire risk level threshold

火险等级	综合得分值 (权值之和×森林资源数量)	标准分值
I 森林火灾 危险性大	综合得分值 $A = \text{权值之和} \times \text{有林地、灌木林地与未成林地之和}(\text{hm}^2)$	>1551
	综合得分值 $B = \text{权值之和} \times \text{活立木总蓄积量}(\text{m}^3)$	>67433
	综合得分值 $C = \text{权值之和} \times \text{YGW}\%$	>62.99
II 森林火灾 危险性中	综合得分值 $A = \text{权值之和} \times \text{有林地、灌木林地与未成林地之和}(\text{hm}^2)$	$1239 \sim 1551$
	综合得分值 $B = \text{权值之和} \times \text{活立木总蓄积量}(\text{m}^3)$	$58485 \sim 67433$
	综合得分值 $C = \text{权值之和} \times \text{YGW}\%$	$59.87 \sim 62.99$
III 森林火灾 危险性小	综合得分值 $A = \text{权值之和} \times \text{有林地、灌木林地与未成林地之和}(\text{hm}^2)$	<1239
	综合得分值 $B = \text{权值之和} \times \text{活立木总蓄积量}(\text{m}^3)$	<58485
	综合得分值 $C = \text{权值之和} \times \text{YGW}\%$	<59.87

说明:YGW%为有林地、灌木林地和未成林造林地与该地区总面积之比。

II级、III级火险区面积分别占全县土地总面积的35.47%、38.33%、26.20%,分别涉及基本区划单元46、46、39个。中、高级火险区面积高达73.80%,说明龙胜县森林火险风险较大,森林防火任务重。因此,针对不同火险区进行分区施策、因害设防,对提高森林防火监测效率和综合扑救能力具有现实指导意义。火险等级分布情况如图1所示。

3.2 区划结果布局分析

研究区内的中、高级火险区面积高达73.80%,树种(组)燃烧类型全部为可燃类,存在火灾发生后易蔓延的风险;研究期内,引发森林火灾的火源全部为人为火源,其中炼山造林、农事用火等生产性火源,祭祀用火、电线短路等非生产性火源,以及外省烧入火源等(以下简称“三类火源”)引起的火灾次数分别占火灾总次数的64.8%、31.5%、3.7%。总体布局为东南部高于西北部。

高火险区主要分布在东部和南部,区域内分布有花坪、猫儿山国家级自然保护区,龙胜温泉国家森林公园,建新省级保护区及龙脊风景名胜区等5处

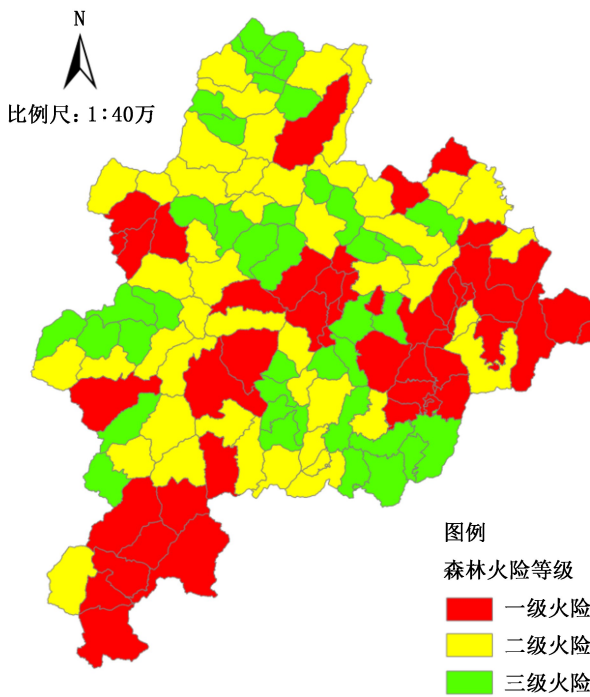


图 1 研究区森林火险等级
Fig.1 Forest fire risk level in the research area

重要目标,部分保护区与景区、村庄边界相连,兼具森林资源丰富、保护价值高、人为活动活跃、火险隐患大、森林资源保护责任重的特点,全县30%以上森林和活立木蓄积集中分布在该区。研究期内,该区共发生森林火灾23次,由生产性、非生产性、外省烧入“三类火源”引起的火灾次数分别占区域火灾总次数的56.5%、34.8%、8.7%;其中区划期火灾次数14次,由“三类火源”引起的火灾次数分别占区域火灾总数的64.3%、28.6%、7.1%;对比期火灾次数9次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为44.4%、44.4%、11.2%。高火险区人为火源类型最丰富,主要有炼山造林、农事用火、祭祀用火、未成年玩火、痴呆玩火、野外生活用火、纵火、电线短路等类型。

中火险区主要分布于西部和北部,并且大部分与高火险区接壤。研究期内,该区共发生森林火灾22次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为81.8%、18.2%、0.0%;其中区划期火灾次数14次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为92.9%、7.1%、0.0%;对比期火灾次数8次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为62.5%、37.5%、0.0%。火源类型相较高火险区要少一些,主要是炼山造林、农事用火、祭祀用火、电线短路等类型。

低火险区分散在中、高火险区之间,该区森林资

源相对较少,人口密度较低。研究期内,该区共发生森林火灾 9 次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为 44.4%、55.6%、0.0%;其中区划期火灾次数 6 次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为 33.3%、66.7%、0.0%;对比期火灾次数 3 次,“三类火源”引发火灾次数占比分别为 66.7%、33.3%、0.0%。火源类型最少,主要是农事用火、人为玩火、电线短路等类型。

3.3 区划期和对比期火灾情况分析

高、中、低火险区研究期(2009—2020 年)内的森林火灾次数分别为 23 次(年均 1.9 次),22 次(年均 1.8 次),9 次(年均 0.8 次),其中:区划期分别为

14 次(年均 2.8 次),14 次(年均 2.8 次),6 次(年均 1.2 次);对比期分别为 9 次(年均 1.3 次),8 次(年均 1.1 次),3 次(年均 0.4 次)。经对比分析各火险区的区划期和对比期森林火灾次数得知,森林火灾主要发生在高火险区,其次是中火险区,低火险区最少,说明各火险区充分反映了区域特点,其火险等级与实际森林火灾风险相对应,火险区划结果符合当地林情火情。同时,从区划对比期开始,各火险区森林火灾次数呈逐年下降趋势,年均火灾次数也明显下降,说明火险等级区划结果在森林防火工作中的应用效果,提升了龙胜县森林防火成效和质量。研究期内各火险区年度森林火灾情况详见表 3。

表 3 各年度森林火灾次数
Tab. 3 Number of forest fires per year

火險等級	年發生次數	年均次數	區劃期							對比期									
			小計	年均次數	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	小計	年均次數	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
I 高火險區	23	1.9	14	2.8	2	3	4	3	2	9	1.3	1	2	3	2		1	0	
II 中火險區	22	1.8	14	2.8	5	3	2	1	3	8	1.1	5	1		1	1		0	
III 低火險區	9	0.8	6	1.2	2	1	2	1		3	0.4	2		1				0	
合計	54	4.5	34	6.8	9	7	8	5	5	20	2.9	8	3	4	3	1	1	0	

4 结论与建议

本研究基于龙胜县森林资源、森林火灾、气象数据等资料,综合应用层次分析、聚类分析和 ArcGIS 空间分析法,将研究区分为 I 级(高火险区)、II 级(中火险区)、III 级(低火险区)3 个火险等级,面积分别占研究区总面积的 35.47%、38.33%、26.20%。高火险区主要分布在研究区的东部和南部,中火险区比较集中于西部和北部,低火险区分散在高、中火险区之间。区划结果有利于总结、突出研究区森林火情特点和重点。县森林防火部门将火险区划结果应用到实际工作中,以村为最小基本单元开展针对性的森林防火工作,实行分类指导,分区施策,结合各火险区特点和需求制定防火制度,因地制宜地加强基础设施布设,合理配置人员和设备,森林防火监测预报、指挥调度、扑救效率等综合能力得到很大提升,主要体现在分区施策后森林火灾主要发生在高、中火险区,对比期年均森林火灾次数比区划期减少 36.5%,火灾次数在对比期呈逐年下降趋势,说明火险等级区划结果符合实际情况,火险等级区划对推行精细化森林防火工作起到了良好的指导作用,在

防控森林火灾、保护森林资源、维护森林生物多样性等方面发挥了积极效果。但各区划单元火险等级不会永久固定不变,县域规划、土地开发利用、种植结构调整、保护区移民搬迁等情况将促使各基本区划单元的森林面积、树种结构、人口密度、路网密度等因子发生变化,导致森林火灾发生风险随之变化,使现有森林火险区划等级不能适应变化后的林情火情。今后森林火险等级应结合县域规划、土地开发、林地保护利用等项目的规划时间、内容进行调整、变更,以便使区划结果与时俱进、动态管理,适应森林防火工作需要。

参考文献:

- [1] 姚树人,文定元. 森林消防管理学[M]. 北京:中国林业出版社,2002.
- [2] 刘祖军. 基于 3S 技术森林火险区划研究[D]. 福州:福建农林大学,2008.
- [3] CHUVIECO E, CONGALTON R G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping[J]. Remote Sensing of Environment, 1989,29(2):147-159.

- [4] JASWAL R K, MUKHERJEE S, RAJU K D, et al. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2002, 4(1): 1-10.
- [5] GHOBADI G J, GHOLIZADEH B, DASHLIBURUN O M. Forest fire risk zone mapping from geographic information system in northern forests of iran[J]. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 2012, 4(12): 818-824.
- [6] ERTEN E, KURGUN V, MUSAOLU N. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study [C]//XXth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress. Maslak Istanbul: ISPRS, 2004.
- [7] 吴超, 徐伟恒, 黄邵东, 等. 林火监测中遥感应用的研究现状[J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2020, 40(3): 172-179.
- [8] 邓欧, 李亦秋, 冯仲科, 等. 基于空间 Logistic 的黑龙江省林火风险模型与火险区划[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 200-204.
- [9] 胡海清. 我国森林燃烧性研究综述[J]. 森林防火, 1986(2): 4-5.
- [10] FLANNIGAN M D, WOTTON B M. A Study of interpolation methods for forest fire danger rating in Canada[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1989, 19(8): 1059-1066.
- [11] MARTELL D L. A Markov chain model of a forest fire danger rating index[J]. Proceedings of the 10th Conference on Fire and Forest Meteorology, 1989: 225-231.
- [12] WILLIAM R F. Evaluating the adequacy of a fire-danger rating network[J]. Forest Science (American), 1984, 30(4): 1045-1058.
- [13] 王露秋. 基于 GIS 技术的洪雅县森林火险等级区划[D]. 成都: 四川农业大学, 2018.
- [14] 张景群. 对森林火险区划“标准”的商榷[J]. 森林防火, 1994, 19(1): 4-6.
- [15] 张景群, 王得祥, 刘强, 等. 镇坪县森林火险区划的研究[J]. 西北林学院学报, 1994, 9(1): 27-33.
- [16] 范阔, 谢士琴, 陈玥璐, 等. 河北省围场县森林火险区划研究[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(4): 162-163.
- [17] 苗庆林, 田晓瑞, 陈立光. 基于层次分析法的森林火险区划——以徂徕山林场为例[J]. 火灾科学, 2013, 22(3): 113-117.
- [18] 赵鹏武, 葛晨赫, 王嘉夫, 等. 内蒙古大兴安岭森林火险等级评价与区划研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2020, 40(6): 1-8.
- [19] 广西壮族自治区统计局. 广西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [20] 龙胜县志编纂委员会. 龙胜县志[M]. 上海: 汉语大词典出版社, 1992.
- [21] 王伟. 基于森林火险指数的森林火险区划研究[J]. 林业资源管理, 2015(4): 80-82.
- [22] 翟洪波, 刘德晶, 韩彦君, 等. 全国森林火险区划等级: LY/T 1063—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

责任编辑: 许易琦

(上接第 19 页)

- [2] 胡璐, 董峻. 草原综合植被盖度增加几何?[J]. 中国生态文明, 2018(1): 88.
- [3] 姜亮亮, 马林. 草原监测工作现状及发展对策探讨[J]. 大连民族大学学报, 2018(4): 319-322, 337.
- [4] 刘加文. 《草原法》修订实施十年来成效斐然[J]. 中国畜牧业, 2013(6): 62-64.
- [5] 冯立涛. 新疆草原监测方法研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2011.
- [6] 草原资源与生态监测技术规程: NY/T 1233—2006[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2006.
- [7] 张希永. 天然草原监测技术要点[J]. 农村科技, 2012(11): 54-55.
- [8] 章超斌, 李建龙, 张颖, 等. 基于 RGB 模式的一种草地盖度定量快速测定方法研究[J]. 草业学报, 2013, 22(4): 220-226.
- [9] 章文波, 符素华, 刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, 37(3): 402-408.
- [10] 陈祖刚, 巴图娜存, 徐芝英, 等. 基于数码相机的草地植被盖度测量方法对比研究[J]. 草业学报, 2014(6): 20-26.
- [11] 郝欣宇. 浅析卫星遥感影像在林业建设中的应用[J]. 科技创新, 2020(7): 139-140.
- [12] 林辉. GIS 在林业资源管理中的应用[J]. 林业调查规划, 2000(1): 20-21.
- [13] 闫瑞华. 基于 3S 技术的草原资源监管系统应用实践[J]. 电子技术与软件工程, 2021(14): 195-196.
- [14] 杨培林. 草原普查中地面调查的方法和有关专业词汇的界定[J]. 甘肃农业, 2016(11): 21-23, 28.
- [15] 白雪萍. 草地动态监测需要掌握的基础知识[J]. 新疆畜牧业, 2012(6): 54-56.
- [16] 鲁岩, 唐川江, 张绪校, 等. 四川省草原生产力及保护工程效益监测[J]. 草学, 2019, 3(246): 63-68.

责任编辑: 陈旭