



云贵高原生态草牧业立体发展模式探索：以云南省永善县为例

孙佳美 刘智全 钟瑾 王天威 王相权 孙昌荣 高树琴 潘庆民

Exploration of the stereo development mode of ecological grass-based livestock husbandry in Yunnan-Guizhou Plateau: An example from the Yongshan County, Yunnan Province

SUN Jiamei, LIU Zhiquan, ZHONG Jin, WANG Tianwei, WANG Xiangquan, SUN Changrong, GAO Shuqin, PAN Qingmin

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0371>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于CiteSpace中国草牧业研究的文献计量分析

Bibliometric analysis of grass-based livestock husbandry in China

草业科学. 2021, 38(5): 976 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0618>

畜牧领域专业学位研究生“双导师三段制”培养模式探索与思考：以兰州大学为例

Exploration and thinking on the “Double-supervisor Three-Stages System” training mode for professional degree graduates in the animal husbandry: Taking Lanzhou University as an example

草业科学. 2021, 38(2): 393 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0085>

国家重点生态功能区退牧还草工程实施效果评价：以宁夏盐池县为例

Implementation effects of the grazing withdrawal project in national key ecological function zones: A case study of Yanchi County in Ningxia Hui Autonomous Region

草业科学. 2020, 37(1): 201 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0233>

野大麦内生真菌共生体作为生态草的潜力浅析

Potential analysis of wild barley endophytic fungal symbiont as an ecological grass

草业科学. 2021, 38(9): 1715 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0051>

定西市草产业现状及转型发展对策

Present situation of grass industry and countermeasures of transformational development in Dingxi

草业科学. 2018, 12(7): 1811 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0051>

“互联网+”背景下,草业企业O2O模式分析——以内蒙古草都农牧业发展有限责任公司为例

Analysis of the O2O model of grassland industry under the background of “Internet +” :A case study of Inner Mongolia Caodu Agriculture Development Co., Ltd.

草业科学. 2018, 12(3): 686 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0184>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0371

孙佳美, 刘智全, 钟瑾, 王天威, 王相权, 孙昌荣, 高树琴, 潘庆民. 云贵高原生态草牧业立体发展模式探索: 以云南省永善县为例. 草业科学, 2022, 39(2): 381-390.

SUN J M, LIU Z Q, ZHONG J, WANG T W, WANG X Q, SUN C R, GAO S Q, PAN Q M. Exploration of the stereo development mode of ecological grass-based livestock husbandry in Yunnan-Guizhou Plateau: An example from the Yongshan County, Yunnan Province. Pratacultural Science, 2022, 39(2): 381-390.



云贵高原生态草牧业立体发展模式探索: 以云南省永善县为例

孙佳美¹, 刘智全^{1,2}, 钟瑾³, 王天威³, 王相权⁴,
孙昌荣⁴, 高树琴^{1,2}, 潘庆民^{1,2}

(1. 中国科学院植物研究所 植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院生态草牧业工程实验室, 北京 100093;
3. 中国科学院微生物研究所 微生物资源前期开发国家重点实验室, 北京 100101; 4. 永善县农业农村局, 云南 永善 657300)

摘要: 发展生态草牧业是我国新时代农业结构调整的重要内容。南方草山草坡可利用面积约 $4.7 \times 10^5 \text{ km}^2$, 具有丰富的光、热、水、土资源, 牧草生长期长、生产力高, 蕴藏着巨大的生态草牧业发展潜力。同时, 南方草山草坡地形复杂, 植被和气候呈现出明显的垂直分异。但是, 迄今对南方草牧业模式的探索较少。为此, 在云南省昭通市永善县开展生态草牧业科技示范工作, 根据不同海拔的气候和植被特点, 探索适合云贵高原不同海拔的草山草坡草牧业发展模式。得出: 在高海拔(2 500 m 以上)地区, 发展以放牧为主的草牧业模式; 在中海拔(1 500~2 500 m)地区, 发展放牧与舍饲结合的草牧业模式; 在低海拔(1 500 m 以下)地区, 发展以舍饲为主的草牧业模式, 从而在云贵高原形成生态草牧业立体发展模式。在此基础上提出未来南方草山草坡发展生态草牧业需进一步考虑草畜平衡、生态草牧业全产业链技术研发以及“科技+政府+企业+农牧户”模式的推广, 以期为南方草山草坡生态草牧业发展提供决策依据。

关键词: 生态草牧业; 草山草坡; 天然草地; 栽培草地; 草产品加工; 放牧; 舍饲

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2022)02-0381-10

Exploration of the stereo development mode of ecological grass-based livestock husbandry in Yunnan-Guizhou Plateau: An example from the Yongshan County, Yunnan Province

SUN Jiamei¹, LIU Zhiquan^{1,2}, ZHONG Jin³, WANG Tianwei³, WANG Xiangquan⁴,
SUN Changrong⁴, GAO Shuqin^{1,2}, PAN Qingmin^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. Engineering Laboratory for Grass-based Livestock Husbandry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;
3. State Key Laboratory of Microbial Resources, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
4. Yongshan Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Yongshan 657300, Yunnan, China)

Abstract: The development of ecological grass-based livestock husbandry is an important part of the structural adjustment of agriculture in the new era. There are $4.7 \times 10^5 \text{ km}^2$ hill grasslands in southern China, with abundant light, heat, water, and soil resources. Grass has a long growing season, high productivity, and huge potential for the development of ecological grass-based livestock husbandry. Moreover, vegetation and climate show obvious vertical differences due to complex terrain

收稿日期: 2021-06-20 接受日期: 2021-09-26

基金项目: 中国科学院科技扶贫项目 (KFJ-FP-201905)

第一作者: 孙佳美 (1990-), 女, 河北阳原人, 助理研究员, 博士, 主要从事草地生态学研究。E-mail: sunjiamei@ibcas.ac.cn

通信作者: 潘庆民 (1967-), 男, 山东济阳人, 研究员, 博士, 主要从事草地生态学研究。E-mail: pqm@ibcas.ac.cn

conditions. However, grass-based livestock husbandry development in hill grasslands in southern China has rarely been reported. Therefore, we conducted technology demonstrations in Yongshan County, Zhaotong City, Yunnan Province. Accordingly, three modes were explored based on climate and vegetation characteristics at different elevations. At high elevations (above 2 500 m), the mode centered on grazing; at middle elevations (1 500 ~ 2 500 m), the mode centered on both grazing and house feeding; and at low elevations (below 1 500 m), the mode centered on house feeding. This stereo development mode system has been formed in the region. Therefore, we made suggestions for the development of ecological grass-based livestock husbandry in southern China and can provide a basis for future decision-making.

Keywords: ecological grass-based livestock husbandry; hill grassland; natural grassland; cultivated pasture; grass products processing; grazing; house feeding

Corresponding author: PAN Qingmin E-mail: pqm@ibcas.ac.cn

近年来,随着我国社会经济的发展,居民膳食结构发生了巨大改变,最显著的特征是对乳、肉等动物性食品的消费量显著增加^[1],比20世纪80年代翻了3倍^[2]。目前,我国畜产品的产量和品质无法满足居民日益增长的畜产品消费需求,导致我国乳、肉等畜产品大量依赖进口。由于我国是传统的农业大国,长期的“重农轻牧”思想导致我国畜牧业发展缓慢^[3]。迄今,我国畜牧业产值在农业中占比与发达国家相比仍然很低。为破解这一农业产业发展困局,中国科学院提出了发展生态草牧业的新理念^[4-5],即通过天然草地管理和人工种草,采用草产品加工技术,获取优质饲草料,进行高效畜牧养殖和加工,提供优质安全的肉、奶等畜产品,提高畜牧业的产值,是我国农业结构调整的重要内容和方向^[2-3]。我国自2015年中央一号文件提出“加快发展草牧业”的战略部署^[2],随后2016年、2017年和2018年中央一号文件均将“发展草食畜牧业,推动农牧循环发展”作为加快转变农业发展方式的基本任务,只为深入推进农业结构调整,提高草牧业在我国现代农业中的占比,保障国家大粮食安全。

我国草地以秦岭淮河为界可以分为北方草地和南方草山草坡。纵观我国畜牧业发展态势不难发现,北方草地作为我国传统的畜牧业基地^[6],畜牧业发展相对较早也比较成熟。但是,由于北方草地受水热条件限制,生产功能提升的潜力有限^[7-8]。而我国南方地区光、热、水、土资源均十分丰富,草山草坡可利用面积约 $4.7 \times 10^5 \text{ km}^2$ ^[9],并且牧草生长期长、生产力高^[10-12],蕴藏着巨大的生态草牧业发展潜力。因此,在南方草山草坡进行生态草牧业发展模式探索,对于我国南方地区农业供给侧结构调整和

整体粮食安全具有重大意义。

目前,我国南方草牧业处于初始阶段,未形成完整的产业体系和发展模式。相对于广袤的北方草地,南方草地以海拔高差大、立体气候明显的草山草坡为主,尤其是云贵高原地区,高海拔地区气温低,分布有连片草地,而低海拔地区草地面积少,分布零散,土地以农田为主。因此,南方地区发展草牧业,不能照搬北方草牧业发展模式,而应针对草山草坡立体结构进行模式探索。目前,南方草牧业发展模式仍采用传统畜牧业模式,夏季饲喂青贮玉米(*Zea mays*),种类较为单一,冬季以精料为主,缺乏先进的青贮技术,整体成本较高,同时牲畜育肥效率低下,无法形成规模化养殖。为此,本研究以对南方草山草坡颇具代表性的乌蒙山区云南省永善县为例,分析其发展生态草牧业的潜力、存在的问题和科技瓶颈,结合中国科学院生态草牧业团队在该县开展的生态草牧业科技示范工作,探索适合不同海拔的南方草山草坡草牧业发展模式,以期为我国南方草山草坡发展生态草牧业提供思路和参考。

1 永善县草山草坡发展生态草牧业的潜力

云南是我国草原资源大省,草地类型丰富,分布有各种草地植物199科1404属4958种,也是南方草地的典型代表省份^[13]。永善县隶属于云南省昭通市,土地总面积2789 km²,属中亚热带湿润气候区,最高海拔3199.5 m,最低海拔380 m,海拔高低悬殊,气候垂直变化显著。全县耕地面积5.7万hm²,草地面积6.1万hm²,水域及水利设施用地面积3578.71 hm²,近年来在国家退牧还草、石漠化综合治理、退耕还草等项目的支持下,栽培草地面积约1.8万hm²;可利用天然草原中

有万亩连片草地 33 个, 面积 2.6 万 hm^2 , 土壤有机质含量丰富, 发展草牧业的土地和植物资源优势明显。

永善县地处云贵高原北部、四川盆地边缘, 属亚热带、暖温带共存的立体气候, 在水平和垂直方向上均差异显著。年平均气温 $16.6\text{ }^\circ\text{C}$, 年平均日照时数 1 131.2 h, 无霜期长, 四季不明显, 具有冬无严寒、夏无酷暑的特点, 牧草生长周期长, 配合管理措施可做到四季常青; 多年平均降水量 895 mm, 降水充沛, 气候适宜, 良好的自然条件使其草地具有生长迅速、生产潜力高、生长期长、营养元素全面、利用时间长的特点, 发展草牧业的水热资源优势明显。

调研显示, 畜牧业是永善县的重要支柱产业, 近年来永善县主要依托半山以上的草地和土地资源, 大力发展肉牛、肉羊、半细毛羊 (*Ovis aries*) 等具有地域特色的畜牧业。全县 2017 年末存栏黄牛 4.9 万头, 出栏黄牛达 1.3 万头, 拥有肉牛规模养殖场 38 个, 冻精改良技术人员 30 人, 年完成冻精改良牛 1.3 万头以上。2017 年末存栏羊 15.6 万只, 出栏羊达 10.1 万只, 并拥有自主培育的国家级品种马楠半细毛羊, 该品种被农业农村部审核为农产品地理标志登记保护品种, 具有重要的推广应用价值。

综合分析, 永善县发展生态草牧业具有良好的资源禀赋和养畜基础。根据其植被和气候的立体分布特点, 通过加强科技的支撑作用, 在种草、制草、养畜等草牧业产业链的各个环节, 进行先进技术的示范与推广, 补齐短板, 能够显著提高水、热等自然资源利用率, 发挥南方草山草坡的草牧业发展潜力。

2 永善县生态草牧业发展存在的问题

2.1 天然草地退化严重, 牧草产量低, 优质牧草比例低

由于自然和人为因素的影响, 永善县天然草地出现大面积退化 (图 1), 植被和土壤状况均发生了改变, 存在优质牧草种类减少、比例降低, 家畜不采食的有毒有害物种扩展蔓延, 土壤流失加剧、有机质含量降低等问题, 导致草地生产力显著降低, 造成草地载畜量下降, 严重制约着草地畜牧业生产。导致该区域草地退化的原因有自然因素和人为因素。从自然因素来看, 南方草地具有坡度陡、土层薄、降水量大的特点, 虽然植被覆盖度大, 但易形成疏丛性草原, 而非形成深厚结实的草皮层^[14], 对土壤的

保护性较弱, 不耐践踏, 因此水土流失现象时有发生^[15], 引起天然草地土壤质量的显著下降。从人为因素来看, 牲畜超载过牧也是引起草地退化的重要原因, 过度放牧使草地优质牧草连续被超量采食, 营养繁殖和种子繁殖更新的正常机制被阻断, 生态调控功能减弱, 地表践踏过重, 土壤保水保肥性能下降, 水土流失加剧, 进而引起草地生态系统失调, 草地植被退化, 优质牧草比例迅速减少, 蒿类、毒草、牛羊不采食的物种逐渐增多, 天然草地逐渐退化。



图 1 永善县马楠乡天然草地退化现状 (摄于 2020 年 6 月)
Figure 1 Current natural grassland degradation status in Ma'nán Village, Yongshan County (Taken in June 2020)

2.2 栽培草地建植水平低, 品种单一

永善县通过争取中央、省、市项目资金投入已完成栽培草地种植 1.8 万 hm^2 , 目前, 可利用栽培草地面积 9 000 hm^2 , 已有的栽培草地主要建植在坡度较大的退耕地以及石漠化治理土地上, 因种植条件差, 加上种植技术、管理模式以及收获加工技术落后, 栽培草地建植水平低, 品种单一, 产量低。同时, 受传统种植粮食作物观念的影响, 栽培草地在种植和管理模式上均照搬农作物生产模式。但是, 作物的栽培以收获籽实为主要目标, 而牧草的栽培管理以收获地上营养体为主要目标。因此, 栽培草地建植在播种技术、水肥管理、病虫害防治、收获技术等方面与农作物管理均存在较大差异, 甚至有些技术措施需要反向调节^[16-17]。目前, 在该区域建植栽培草地的相关技术尚不成熟, 缺乏完备的技术体系。例如, 栽培草地建植以三叶草 (*Trifolium repens*)、多年生黑麦草 (*Lolium perenne*)、一年生黑麦草 (*Lolium multiflorum*)、鸭茅 (*Dactylis glomerata*) 等牧草的单播为主, 没有考虑物种之间的互作机制和互惠效应; 种植的青贮饲料主要是当地的籽实型玉米 (*Zea mays*), 而且品种单一, 缺乏多样化的饲用型作物品种。因此, 栽培草地在从品种选择与配置、田间管理到收获的各个环节, 均需要科技的支撑。

2.3 牧草加工环节技术落后, 饲草品质不佳

目前,永善县牧草加工技术仍处于起步阶段,科技含量低,具有较大的提升空间。调研显示,当地牧草利用多数是直接粉碎的原始利用方式。部分农户或公司开始青贮饲料(主要是青贮玉米),但是青贮技术落后,存在粉碎度和紧实度不足的问题,而且在牧草青贮过程中没有添加微生物菌剂,造成青贮霉变、牧草营养损失严重。缺乏科技含量高的牧草加工技术,尤其是系统化、规模化的青贮饲料加工技术^[18-19]。牧草加工技术的瓶颈限制导致饲草品质不佳,并且饲草在贮运过程中品质缺乏保障。而生态草牧业,特别强调“制草”,即草产品加工在产业链条中的桥梁和纽带作用,目前该区域的草产品加工水平无法满足草牧业的发展需求,需要根据该区域适宜牧草的生育特点和品质特性结合贮藏环境的特点,来确定最佳的饲料加工方式,保障牧草品质和饲养家畜时的转化效率。

2.4 畜牧业规模化、产业化程度低,经济效益差

龙头企业建设是发展规模化、产业化畜牧业的关键,云南深山农牧林开发有限公司(以下简称“深山公司”)是永善县的畜牧业龙头企业,公司在5年内已经分两期投入了千万资金在溪洛渡镇新拉村花秋社建设存栏1200头的肉牛育肥养殖基地1个,在马楠乡马楠村建设高山半细毛羊养殖基地1个,这些硬件建设为其畜牧业发展提供了良好的基础条件,但是科技支撑力量相对不足,缺少先进的科学技术支撑,因此规模化、产业化程度仍然较低,经济效益较低,因此要将畜牧业与先进的生态草牧业技术耦合,保证规模化生产中饲养、生产、加工、贮存等一系列过程均注入先进配套技术,将饲草料生产与家畜养殖结合为统一整体,种养结合,从而有效推进当地企业的规模化、产业化发展,大大提高畜牧业经济效益。

3 南方草山草坡生态草牧业示范模式探索

针对南方山区复杂的地形条件,根据不同海拔高度草地或农田的地形地貌、土地类型、气候条件等分异特征,2019年开始,本研究在永善县选择了3个具有代表性的不同海拔高度的草地和农田,聚焦草牧业“种草-制草-养畜”3个核心环节,针对各个环节的科技瓶颈问题,开展了研究与示范工作,

初步探索出适合高、中、低海拔地区的“马楠模式”、“花秋模式”和“雪柏模式”,为南方草山草坡发展生态草牧业提供了模式参考。

3.1 高海拔地区的“马楠模式”:以放牧为主的草牧业模式

永善县海拔高差大,最高海拔可达3199.5 m,立体气候明显,当海拔大于2500 m,则具有明显高山山区小气候,具体呈现多雨、低温、潮湿的特点,对甜高粱(*Sorghum bicolor*)、青贮玉米等籽实作物生长不利,但对牧草的生长影响较小^[20]。年雾天超过200 d,空气湿润,能够为牧草提供良好的水分条件,因此成为多种优质牧草和草食家畜较为适宜的生态环境,具有发展草牧业的生态条件。同时位于高海拔的草山草坡远离县城与工业生产区域,工业和农药污染少,适合建立自然放牧模式的生态牧场,能够减少舍饲养殖投入,放牧的牛羊也不容易染病,能够生产出无疫病、无污染和无药残的生态畜产品,可打造具有云贵高原特色的草牧业产品。因此,本研究认为在南方草山草坡高海拔(>2500 m)地区,可以在天然草地改良的基础上,发展以放牧为主的生态草牧业模式,并在永善县马楠彝族苗族自治县马楠村(海拔2830 m)进行了研究与示范工作,初步形成了适合南方草山草坡高海拔(>2500 m)地区的“马楠模式”。

3.1.1 示范区概况

该区域具有连片天然草地,由深山公司租赁,总面积1000 hm²,平均海拔为2830 m。深山公司通过土地租赁和雇佣当地农民两种形式,带动当地贫困户实现脱贫。草地的利用方式主要是放牧牛羊。2019年草地已经严重退化(图1),牧草鲜草产量约7500 kg·hm⁻²。经过考察发现,限制该区域草牧业发展的关键问题有3个:1)牧草生长环节。草地严重退化,植被盖度低,存在大量的地面裸斑,生产力水平低下;草丛群落以劣质草为主,优质牧草缺乏,牧草品质差。2)土壤状况。土壤严重退化,砾石、砂粒较多,土壤养分不足。3)家畜管理环节。随机自由放牧,管理粗放,缺乏规划。

3.1.2 示范内容

由于草地退化是该示范区发展生态草牧业的最主要的限制性环节,本研究首先开展了退化草地改良技术示范,主要包括牧草品种选择与搭配技术和

浅耕翻补播技术。在牧草品种的选择与搭配上, 依据生态位互补原理, 采用了“两禾一豆”模式, 即选择适合当地的两种优质禾本科牧草和一种豆科牧草进行混合补播。其中, 禾本科牧草为羊茅(*Festuca ovina*)和鸭茅, 豆科牧草为白三叶。为提高补播牧草的成活率, 采用旋耕补播技术, 2020年4月25日, 先用旋耕机对退化草地进行旋耕, 耕层深度20 cm, 然后人工撒播混匀的牧草种子于旋耕土壤表面。为解决土壤养分匮乏的问题, 在旋耕前人工撒施了氮肥(尿素)和磷肥(过磷酸钙), 以补充土壤养分, 其中, 氮肥用量为 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 磷肥用量为 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。2020年5月, 补播的牧草出苗良好, 7月, 完全覆盖地表。图2a和图2b分别为改良前(4月)和改良后(7月)的田间植被长势。根据8月的产量测定结果, 改良后鲜草产量提高了149.3% ($P < 0.05$), 干草产量提高了69.2% ($P < 0.05$) (图2c)。自8月开始, 在改良的天然草地上进行划区轮牧技术示范(图2d), 把 26.7 hm^2 改良草地划分为5个区, 每区 5.3 hm^2 , 放牧800只羊, 8 d换一个小区, 40 d一个轮牧周期。于盛草期, 在改良后草地上放牧的羊停喂精料, 育肥效果良好。

3.1.3 效益分析

根据该高海拔草牧业模式, 经过天然草地改良能够显著提高草地产量 ($P < 0.05$), 平均 $11.3 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ (两茬合计), 每公顷可养半细毛羊 (*Ovis aries*) 羔羊 (8个月出栏) 35~40只 (每只羔羊每天饲喂1~1.5 kg干草), 改良 1000 hm^2 草地即生产干草约1.1万t, 可养羊3万~4万只, 每只羊毛利润500元, 总利润1500万~2000万元。

3.2 中海拔地区的“花秋模式”: 放牧与舍饲结合的草牧业模式

相较于高海拔地区的小气候, 永善县中海拔地区温度和降水条件均比较适中, 有大片的天然草地分布, 同时能够进行栽培草地种植, 因此适合打造天然草地与栽培草地结合的生态草牧业模式, 其内涵是通过天然草地恢复管理和高产栽培草地种植, 经过草产品加工, 获取优质高效的饲草料, 形成放牧与舍饲结合的畜牧养殖生产体系, 从种草、制草、养畜到产品加工, 各个环节之间相互关联、相互制约, 充分协调种植、养殖、草产品加工等环节的收益分配, 促进草牧业的可持续发展。因此, 在南方草山

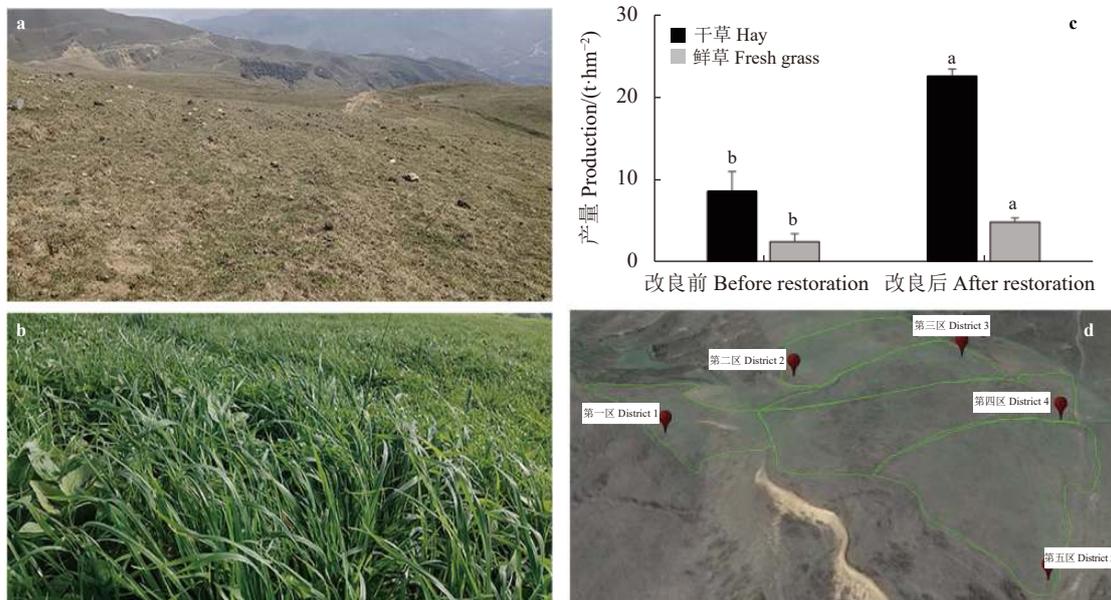


图 2 在永善县马楠乡高海拔草山草坡进行以放牧为主的草牧业模式示范

Figure 2 Demonstration of grazing centered grass-based livestock husbandry mode at high elevation in Ma'nán Village, Yongshan County

a. 改良前的天然草地; b. 改良后的天然草地; d. 划区轮牧管理措施。c 图中不同小写字母表示干草产量或鲜草产量在草地改良前后差异显著 ($P < 0.05$)。

a. The natural grassland before restoration; b. The natural grassland after restoration; d. Rotational grazing management. Different lowercase letters indicate significant differences of hay production or fresh grass production between before and after grassland restoration at the 0.05 level.

草坡中海拔地区 (1 500~2 500 m) 地区, 基于以上生态草牧业理念, 进行天然草地改良与高产栽培草地种植, 充分地利用土地资源, 结合先进的草产品加工技术, 发展放牧与舍饲结合的生态草牧业模式, 因此在永善县溪洛渡镇新拉村花秋四社 (海拔 1 750 m) 进行了研究与示范工作, 初步形成了适合南方草山草坡中海拔 (1 500~2 500 m) 地区的“花秋模式”。

3.2.1 示范区概况

该区域具有连片草地, 同时也分布有面积较大的栽培草地, 由深山公司租赁, 总面积 80 hm², 平均海拔 1 750 m。草地的利用方式主要是肉牛养殖, 公司现已建成牛舍 1.56 万 m², 西门塔尔牛存栏 511 头, 饲料仓库 2 个 (1 096 m²), 青贮窖 4 个 (5 280 m³), 饲草饲料配送机 3 台, 饲料粉碎机 3 台, 具有良好的草牧业配套设施。经考察, 发现限制该区域草牧业发展的关键问题有 4 个: 1) 天然草地退化严重, 植被盖度较低, 生产力水平低, 缺乏优质的豆科和禾本科牧草。2) 栽培草地种植品种单一, 产量较低, 种植成本高。3) 草产品加工技术含量低, 现有青贮饲料粉碎程度不够, 有轻微发霉现象, 草产品质量低。4) 养殖与放牧模式粗放, 缺乏科学合理的轮牧规划。

3.2.2 示范内容

该生态草牧业模式主要包括三大环节: 种草、制草和养畜。种草环节包括天然草地与栽培草地, 首先针对退化天然草地开展了天然草地改良技术示范, 根据优质牧草补播技术, 基于生态位互补原理进行优质牧草物种搭配, 采用“两禾一豆”模式, 禾本科牧草选取多年生黑麦草和鸭茅, 豆科牧草选取白三叶。牧草补播流程及肥料添加均与“马楠模式”一致, 中海拔地区示范面积 6.7 hm² (图 3a), 实施时间为 2020 年 5 月 8 日, 出苗状况良好, 6 月底牧草即可完全覆盖地表, 植被盖度显著提高 ($P < 0.05$)。随后在示范区内进行肉牛放牧, 盛草期放牧的西门塔尔牛可停喂精料, 育肥效果良好。其次在该区域引进了科甜系列甜高粱进行示范种植, 由于示范区海拔在 1 500 m 以上, 积温较低, 种植甜高粱等作物需铺设地膜, 需要大量覆膜、除草等人工操作, 不利于企业的规模化运营, 因此采用企业与农户协议收饲料的模式, 不仅能够为企业提供充足的优质饲草, 同时能够带动农户创收; 在每年的 3 月深山公司根据当年养殖量进行青贮饲料需求规划, 并统一采购科甜系列甜高粱, 与农户进行交接, 种植、收获



图 3 放牧与舍饲结合的草牧业模式在永善县新拉村中海拔草山草坡的示范

Figure 3 Demonstration of grazing and confinement centered grass-based livestock husbandry mode at middle elevation in Xinla village, Yongshan County

a. 改良后的天然草地示范; b. 甜高粱青贮窖; c. 规模化舍饲养殖; d. 自然放牧养殖。

a. Demonstration after natural grassland restoration; b. Silage cellar of sweet sorghum; c. Scale confinement feeding husbandry; d. Natural grazing husbandry.

均委托农户。农户根据当年气象条件进行收获, 深山公司进行回收。制草环节主要是青贮饲料规模化加工, 采用了中国科学院微生物研究所自主研发的微生物菌剂青贮草产品加工技术, 根据示范地饲草理化指标与本底微生物筛选了适合当地青贮的高效微生物菌剂两种, 提出该地区不同牧草减损保质的生产加工技术体系, 在 2020 年进行了 1 000 t 的青贮示范 (图 3b), 有效提升了当地青贮技术水平, 改善了饲草发酵品质, 能够提高青贮饲料适口性及营养水平, 抑制二次发酵, 使饲草稳定长期高效保存。养畜环节包括规模化舍饲养殖技术 (图 3c) 与合理放牧技术 (图 3d) 示范, 规模化舍饲养殖技术主要基于青贮饲料, 通过青贮饲料以草定畜, 实现饲草周年供应; 合理放牧技术示范主要基于改良后的天然草地, 规划科学合理的划区轮牧。通过本模式的示范, 能够形成“政府引导 + 科技支撑 + 企业带动 + 农户参与”的草牧业模式, 提高当地生态草牧业技术含量, 同时有效带动当地贫困农牧户创入, 巩固扶贫成效。

3.2.3 效益分析

中海拔地区缺乏连片草地, 因此, 在中海拔地区改良天然草地 66.7 hm², 鲜草产量达 37.5 t·hm⁻² (两茬累计), 可生产鲜草 2 500 t, 结合与牧户协议收粮

进行青贮草产品 1 000 t, 可养殖育肥牛(10 个月) 500 头, 每头牛利润 4 000~5 000 元, 年利润 200 万~250 万元。

3.3 低海拔地区的“雪柏模式”: 以舍饲为主的草牧业模式

南方草地以草山草坡为主, 地形复杂, 地貌多样, 山地多, 平地少, 海拔落差大, 低海拔地区水热条件充沛, 居住密度高, 交通便利, 因此低海拔平整土地开发利用程度较高, 大部分开发为耕地, 少见天然草地分布, 在发展畜牧业时主要以利用边际土地种植高产栽培草地为主; 调研显示低海拔地区土地流转价格较高, 缺乏规模化龙头企业, 大部分为农户自持经营家庭式小农场, 养畜方式以舍饲为主, 因此在南方草山草坡低海拔 (< 1 500 m) 地区, 可以以高产栽培草地种植为基础, 结合优质草产品加工技术, 发展以舍饲为主的生态草牧业模式, 并在永善县溪洛渡镇雪柏村 (1 280 m) 进行研究示范,

初步形成了适合南方草山草坡低海拔 (< 1 500 m) 地区的“雪柏模式”。

3.3.1 示范区概况

该区域主要以种植高产人工草为主, 示范工作与永善县运昌肉牛养殖场进行合作, 该养殖场为当地贫困农户自持, 运营完全由家庭成员完成, 养殖以西门塔尔肉牛为主, 存栏 48 头。经过考察, 发现限制该家庭养殖场发展的关键问题有 3 个: 1) 栽培草地种植品种单一, 以青贮玉米为主, 建植水平低。2) 冬闲田利用率低, 以种植萝卜 (*Scrophularia ningpoensis*) 苗作为牧草为主要利用方式, 产量较低。3) 青贮技术缺乏, 周年以直接饲喂人工青草料为主, 冬季草地产量低, 缺乏优质青贮饲料。

3.3.2 示范内容

针对当地栽培草地种植品种单一, 引进了 10 个中国科学院植物研究所自主研发的“科甜系列”甜高粱品种, 示范面积 1.3 hm² (图 4a), 为解决土壤养分

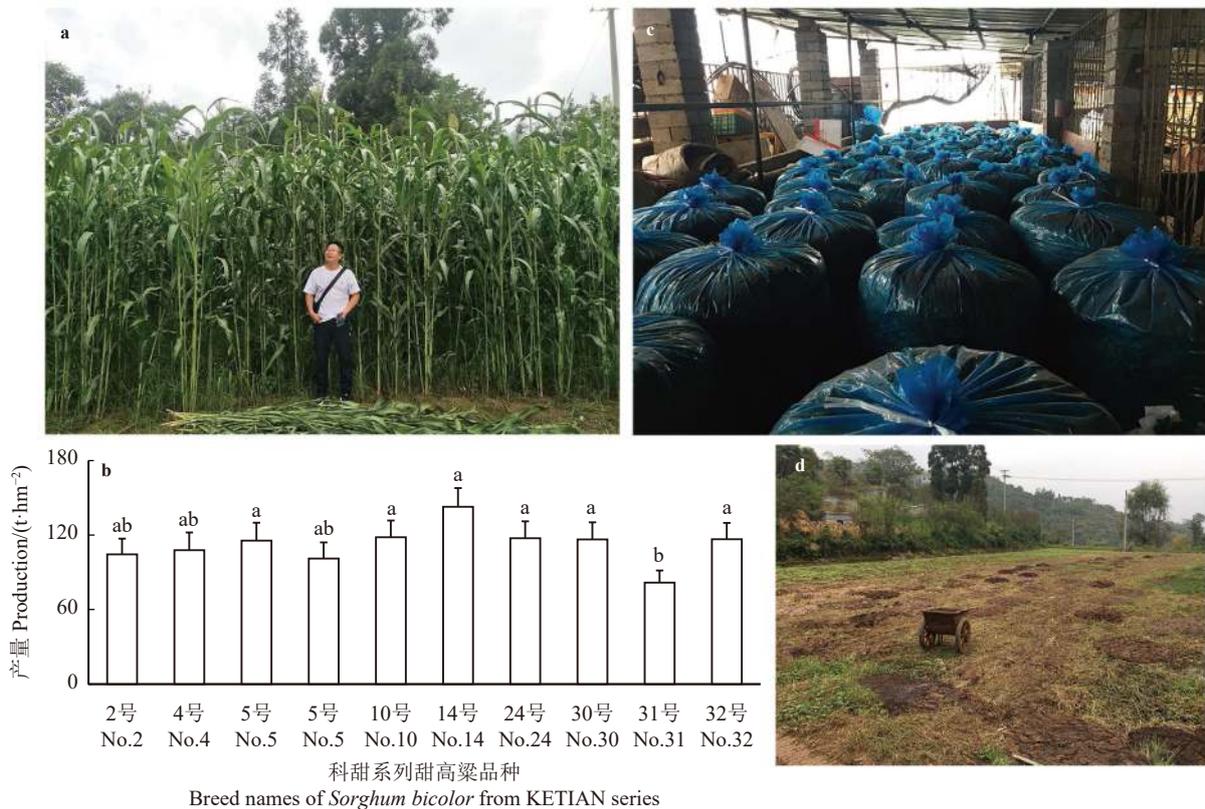


图 4 以舍饲为主的草牧业模式在永善县雪柏村低海拔草山草坡的示范

Figure 4 Demonstration of confinement centered grass-based livestock husbandry mode at low elevation grassland in Xuebai village, Yongshan County

a. 栽培草地种植示范; c. 结合微生物菌剂的小型青贮袋; d. 有机肥还田。b 图中不同小写字母表示不同品种间差异显著 ($P < 0.05$)。
a. Cultivated pasture establishment; c. Small silage bags combined with microbial bacteria; d. Organic fertilizer recycling. Different lowercase letters indicate significant difference between different breeds at the 0.05 level.

匮乏的问题,提高饲草产量,在播种前人工撒施氮肥(尿素)和磷肥(磷酸二铵),以补充土壤养分,其中,氮肥用量为 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;磷肥用量为 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。基于甜高粱高产饲料地种植技术进行种植,2020年4月17日进行施肥,然后采用旋耕机进行旋耕,耕层深度 10 cm ,播种密度 $15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,于2020年4月18日进行行播,行距 60 cm ,播种深度 $3\sim 4\text{ cm}$ 。播种后长势良好,产量调查显示其产量均高于 $75\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,平均 $105\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ (图4b),于7月15日开始刈割,切碎后进行直接饲喂,适口性良好。基于科甜系列甜高粱收获与管理技术于8月6日进行第1茬刈割,留茬 $5\sim 8\text{ cm}$,第2茬于10月20日进行刈割收获。对于刈割后的饲草结合微生物菌剂进行青贮饲料加工,由于甜高粱含水量较高,因此为降低其含水量利用周边耕地剩余秸秆,既能充分利用农地秸秆,增大青贮量,也能提高青贮饲料质量,共进行小型青贮袋加工 20 t (图4c),针对冬闲田引进小黑麦(*Triticosecale* Wittmack)进行种植,进行甜高粱→小黑麦轮作,小黑麦产量可达到 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,能够有效提高土地利用效率,配套养畜提高农户经济收益。最后养畜产生的有机肥可以直接还田发酵(图4d),用作有机肥进行养分补充,从而实现“种草-制草-养畜-粪污处理”的循环式生态草牧业模式。

3.3.3 效益分析

在该家庭农场种植中国科学院植物研究所育成的科甜系列饲用甜高粱, 1.3 hm^2 土地夏季可产鲜草 200 t (割两茬),冬季种植小黑麦可产鲜草 80 t ,可养殖短期(10个月)育肥牛40头,每头牛毛利润 $4\ 000\sim 5\ 000$ 元,年收入 $16\text{万}\sim 20\text{万元}$ 。

4 南方草山草坡生态草牧业示范未来工作思考

本研究通过在云南省永善县的生态草牧业示范初步探索了适合云贵高原不同海拔和不同养殖规模企业的示范模式,实践证明南方丰富的水热资源使草山草坡具有巨大的草牧业潜力,但是为进一步推进草牧业在南方草山草坡的可持续发展,仍需要进一步关注以下内容。

4.1 加强南方草山草坡草畜平衡制度的研究,促进草地资源可持续利用

在云南省永善县的示范研究表明,划区轮牧是

南方草山草坡高效利用的重要方法,这是由于南方草山草坡环境复杂,以丘陵山地为主,机械化刈割水平低,高山草地具有相对封闭的小环境,雾天较多,空气湿度大,水资源充沛,形成了相对广阔的高海拔草地,有适宜进行放牧养殖的条件^[21];同时放牧能有效去除牧草顶端优势,改善其疏丛程度,是南方草山草坡有效的利用方法。但是近几十年来,随着放牧对草地资源的过度利用,大面积草地发生了退化,因此急需加强南方草山草坡草畜平衡制度的研究,制定科学合理的载畜量指标,实施科学的季节性休牧和划区轮牧,发展小面积优质高产的栽培草地,稳定提供畜牧优质牧草,草畜联动、以草定畜,促进退化天然草地的恢复^[22]。从长远来讲,草畜平衡与畜牧业的发展是相辅相成的,草地资源是可再生资源,科学放牧是草地畜牧业可持续发展的有效措施^[23],通过草畜平衡管理合理利用草地资源,能够实现畜牧业可持续发展。

4.2 根据南方草山草坡特色,研发生态草牧业全产业链技术

生态草牧业是从天然草地恢复改良、栽培草地种植、草产品加工利用到畜牧养殖和产品加工的全产业链系统,各个环节之间既相互联系,又相互制约,只有针对南方草山草坡的资源特征,研发生态草牧业全产业链各个环节的先进技术^[5],才能促进生态草牧业的规模化和可持续发展。首先在天然草地方面,针对南方草地的植被和土壤退化特征,研发高效牧草补播、营养元素平衡、土壤修复等技术,结合科学合理的智能放牧管理技术研发,从而改善草地退化现状,提高草地生产力;栽培草地建植与草牧业水平紧密相关,要加紧研发针对南方草山草坡生态环境的密植、冬闲田轮作、水肥调控、土壤快速培肥等多种栽培草地丰产栽培技术,开展高效种植甜高粱、燕麦(*Avena sativa*)、苜蓿(*Medicago sativa*)、黑麦草等栽培草地技术示范^[23]。在草产品加工方面,选育适于南方草地优质牧草草料青贮加工的活力强、产酸高、稳定性好、耐低温、降解纤维素或具益生功能的微生物菌种,研制及生产高效青贮微生物复合菌剂,促进最佳的贮存及青贮加工技术研发,应用于南方草山草坡高品质青贮饲料产品的加工。再次在养殖方面,研发多种家畜不同生长阶段的饲料营养配方,提高饲料转化率,促进畜牧高效

养殖。最后开展养殖粪污处理技术研发, 开发利用有机肥资源, 加强有机肥在天然草地改良和栽培草地种植中的利用, 改善土壤肥力, 提高牧草产量和品质, 实现资源的有效循环利用。通过以上生态草牧业全产业链技术在南方草山草坡的技术研发与应用, 实现南方草牧业规模化、集约化、产业化发展。

4.3 探索“科技 + 政府 + 企业 + 农牧户”模式, 扩大生态草牧业辐射面

南方草山草坡未来要依靠中国科学院的生态草牧业技术力量, 由地方政府组织农牧户, 选择当地畜牧养殖的龙头企业, 总体规划草牧业发展方案,

进行示范, 从而探索“科技 + 政府 + 企业 + 牧户”的生态草牧业模式。这种模式能够借由科技力量补齐南方草山草坡发展生态草牧业的科技短板, 提高南方畜牧业的科技水平。同时通过建立科研人员和政府技术员到企业的沟通渠道, 进而带动农牧户畜牧科技水平的提升, 能够建立有效的科技推广通道。鉴于草牧业在全国范围的快速发展, 其科技从业人员和技术指导人员严重缺乏, 通过探索该模式来进行南方生态草牧业示范, 能够起到良好的科技培训作用, 从而有效扩大生态草牧业科技的辐射面, 推动生态草牧业的进一步发展。

参考文献 References:

- [1] 方精云, 景海春, 张文浩. 迎接草牧业成为我国现代农业半壁江山的时代. *科学通报*, 2018, 63(17): 1615-1618.
FANG J Y, JING H C, ZHANG W H. Greet to the era that grass-based livestock husbandry will become half of our country's modern agriculture. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(17): 1615-1618.
- [2] 高树琴, 胡兆民, 韩勇, 刘智全, 潘庆民, 段瑞, 钟瑾, 景海春. 生态草牧业在我国精准扶贫中的作用和潜力: 中国科学院植物研究所科技扶贫实践与模式探索. *中国科学院院刊*, 2019, 34(2): 223-230.
GAO S Q, HU Z M, HAN Y, LIU Z Q, PAN Q M, DUAN R, ZHONG J, JING H C. On role and potential of grass-based livestock husbandry in poverty alleviation: Practice and pattern exploration of S&T poverty alleviation by Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(2): 223-230.
- [3] 任继周. 我国传统农业结构不改变不行了: 粮食九连增后的隐忧. *草业学报*, 2013, 22(3): 1-5.
REN J Z. The structure of my country's traditional agriculture will not change: The hidden worries after nine consecutive increases in grain. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(3): 1-5.
- [4] 方精云. 我国草原牧区呼唤新的草业发展模式. *科学通报*, 2016, 61(2): 137-138.
FANG J Y. Our country's grassland pastoral areas call for a new grassland development mode. *Chinese Science Bulletin*, 2016, 61(2): 137-138.
- [5] 方精云, 景海春, 张文浩, 高树琴, 段子渊, 王竝晟, 钟瑾, 潘庆民, 赵凯, 白文明, 李凌浩, 白永飞, 蒋高明, 黄建辉, 黄振英. 论草牧业的理论体系及其实践. *科学通报*, 2018, 63(17): 1619-1631.
FANG J Y, JING H C, ZHANG W H, GAO S Q, DUAN Z Y, WANG H S, ZHONG J, PAN Q M, ZHAO K, BAI W M, LI L H, BAI Y F, JIANG G M, HUANG J H, HUANG Z Y. The concept of "Grass-based Livestock Husbandry" and its practice in Hulun Buir, Inner Mongolia. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(17): 1619-1631.
- [6] 潘庆民, 薛建国, 陶金, 徐明月, 张文浩. 中国北方草原退化现状与恢复技术. *科学通报*, 2018, 63(17): 1642-1650.
PAN Q M, XUE J G, TAO J, XU M Y, ZHANG W H. Current status of grassland degradation and measures for grassland restoration in northern China. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(17): 1642-1650.
- [7] 王国刚, 王明利, 王济民, 杨春, 汪武静. 中国南方牧草产业发展基础、前景与建议. *草业科学*, 2015, 32(12): 2114-2121.
WANG G G, WANG M L, WANG J M, YANG C, WANG W J. Foundation, prospects and suggestions for the development of the forage industry in southern China. *Pratacultural Science*, 2015, 32(12): 2114-2121.
- [8] 欧阳克蕙, 王堃. 中国南方草地开发现状及发展战略. *草业科学*, 2006, 23(4): 17-22.
OUYANG K H, WANG K. Present status and developing strategy of grassland in South China. *Pratacultural Science*, 2006, 23(4): 17-22.
- [9] 李昕茹. 藏粮于草: 南方农牧业转型新思路. (2020-09-22)[2021-07-26]. <http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2020/10/358249.shtml>
LI X R. Hiding grain in grass: New ideas for the transformation of agriculture and animal husbandry in Southern China. (2020-09-22) [2021-07-26]. <http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2020/10/358249.shtml>

- [10] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
Department of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, National Animal Husbandry and Veterinary Medicine Station. China's Grassland Resources. Beijing: China Science and Technology Press, 1996.
- [11] 张新时, 李博. 南方草地资源开发利用对策研究. *自然资源学报*, 1998, 13(1): 1-7.
ZHANG X S, LI B. Development and utilization of grassland resources in southern China. *Journal of Natural Resources*, 1998, 13(1): 1-7.
- [12] 毕玉芬, 马向丽. 云南高原特色草地农业的发展潜力分析. *云南农业大学学报*, 2013, 7(3): 11-15.
BI Y F, MA X L. Development potential analysis of Yunnan plateau characteristics of grassland agriculture. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2013, 7(3): 11-15.
- [13] 刘源, 唐昊, 王相权, 汪超, 张永喜, 姜勇. 农牧民补奖政策助力: 云南草丰畜肥现代草牧业发展新景象. *中国畜牧业*, 2020(1): 53-55.
LIU Y, TANG H, WANG X Q, WANG C, ZHANG Y X, JIANG Y. The support of subsidy and reward to rangers: Promote the new sight of modern grass-based livestock husbandry development with abundant grass and heavy animal. *China Animal Industry*, 2020(1): 53-55.
- [14] 何昌茂. 对开发利用我国南方草山草坡发展畜牧业问题的初步探讨. *四川草原*, 1982(1): 1-7.
HE C M. A preliminary discussion on the development and utilization of grasslands in southern China to develop animal husbandry. *Sichuan Grassland*, 1982(1): 1-7.
- [15] 刘黎明, 赵英伟, 谢花林. 我国草地退化的区域特征及其可持续利用管理. *中国人口·资源与环境*, 2003, 13(4): 46-50.
LIU L M, ZHAO Y W, XIE H L. Study on regional characteristics of rangeland degradation of China and its control strategies for sustainable use and management. *China Population, Resources and Environment*, 2003, 13(4): 46-50.
- [16] 张炳武, 张新跃. 我国南方高效牧草种植系统. *草业科学*, 2013, 30(2): 259-265.
ZHANG B W, ZHANG X Y. Brief introduction of high efficiency forage planting system in south of China. *Pratacultural Science*, 2013, 30(2): 259-265.
- [17] 黄建辉, 薛建国, 郑延海, 玉柱, 李昂. 现代草产品加工原理与技术发展. *科学通报*, 2016, 61(2): 213-223.
HUANG J H, XUE J G, ZHENG Y H, YU Z, LI A. Principles of modern forage products processing and the technology development. *Chinese Science Bulletin*, 2016, 61(2): 213-223.
- [18] 徐春城. 现代青贮理论与技术. 北京: 科学出版社, 2013.
XU C C. *Silage Science and Technology*. Beijing: Science Press, 2013.
- [19] 钟瑾, 倪奎奎, 杨军香, 玉柱, 陶勇. 我国饲用草产品加工技术的现状及展望. *科学通报*, 2018, 63(17): 1677-1685.
ZHONG J, NI K K, YANG J X, YU Z, TAO Y. The present situation and prospect of the processing technology of forage grass in China. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(17): 1677-1685.
- [20] 林祥金. 我国南方草山草坡开发利用的研究. *四川草原*, 2002(4): 1-16.
LIN X J. The research on the development and utilization to grassland in mountain areas of Southern China. *Sichuan Grassland*, 2002(4): 1-16.
- [21] 熊小燕, 徐恢仲, 张继攀, 谭晓山, 赵永聚. 中国南方养羊业的发展现状、潜力和建议. *中国草食动物科学*, 2016, 36(4): 58-62.
XIONG X Y, XU H Z, ZHANG J P, TAN X S, ZHAO Y J. The status, potential and suggestions for the development of sheep farming in southern China. *China Herbivore Science*, 2016, 36(4): 58-62.
- [22] 方精云, 潘庆民, 高树琴, 景海春, 张文浩. “以小保大”原理: 用小面积人工草地建设换取大面积天然草地的保护与修复. *草业科学*, 2016, 33(10): 1913-1916.
FANG J Y, PAN Q M, GAO S Q, JING H C, ZHANG W H. “Small vs. Large Area” Principle: Protecting and restoring a large area of natural grassland by establishing a small area of cultivated pasture. *Pratacultural Science*, 2016, 33(10): 1913-1916.
- [23] 吴文荣, 金显栋, 袁福锦, 杨国荣, 钟声, 薛世明, 黄必志. 不同载畜量对南方人工草地生产性能的影响. *中国草食动物科学*, 2013, 33(4): 36-38.
WU W R, JIN X D, YUAN F J, YANG G R, ZHONG S, XUE S M, HUANG B Z. Effects of grazing capacity on pasture production in Southern China. *China Herbivore Science*, 2013, 33(4): 36-38.

(责任编辑 魏晓燕)