

辽宁省牧草种质资源现状及开发利用对策

马凤江¹, 冯良山¹, 杨姝¹, 吴禹¹, 陈小杏^{2*}, 陈玉华³

(1. 辽宁省农业科学院, 辽宁沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学, 辽宁沈阳 110866; 3. 喀左县农业农村局种子管理站, 辽宁朝阳 122300)

摘要 主要概括辽宁省的自然条件概况, 从辽宁省牧草种质资源丰富度、分布及研究现状进行整理和总结。在现有的基础上, 分析辽宁省牧草种质资源目前存在的收集数量少且保存方式单一、优势种少且存在丧失的危险、育种繁育体系不健全及仪器设备落后等主要问题, 从保护和开发利用出发, 提出全面调查并完善牧草种质资源信息、收集鉴定评价牧草种质、加大育种研究和保护力度、建立健全牧草繁育体系等牧草种质资源开发利用对策。

关键词 牧草; 种质资源; 现状; 开发利用; 对策; 辽宁省

中图分类号 S54 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)01-0050-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.01.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Current Status and Development and Utilization Countermeasures of Grazing Germplasm Resources in Liaoning Province

MA Feng-jiang, FENG Liang-shan, YANG Shu et al (Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract This paper mainly summarized the general situation of natural conditions in Liaoning Province, and summarized the richness, distribution and research status of grazing germplasm resources in Liaoning Province. On the existing basis, the main problems of grazing germplasm resources in Liaoning Province, such as small collection quantity, single preservation method, few dominant species and risk of loss, imperfect breeding system and backward instruments and equipment, were analyzed, from the perspective of protection and development and utilization, the development and utilization countermeasures of grazing germplasm resources, such as comprehensive investigation and improvement of germplasm resources information, collection, identification and evaluation of grazing germplasm, strengthening breeding research and protection, and establishing and improving grazing breeding system, were put forward.

Key words Grazing; Germplasm resources; Current status; Development and utilization; Countermeasure; Liaoning Province

草业的发展离不开对牧草的研究, 目前关于牧草的研究主要包括育种和种质资源两方面, 而牧草育种的基础是牧草种质资源的研究^[1]。种质资源又称遗传资源或品种资源, 种质被定义为用于改良植物的基因集合, 即亲代生物体通过体内的生殖细胞或体细胞传递给子代生物体的遗传物质(包括DNA、RNA)。种质资源一般存在于特定的品种之间, 包括古老地方品种、新选育的推广品种、改良品种等, 而所有牧草物种及其可遗传物质的总和称之为牧草种质资源^[2-5]。牧草种质资源是生物资源的重要组成部分, 因其含有丰富的基因源可作为天然的牧草基因库, 对牧草的新品种选育、改良以及保护具有重要的意义。辽宁省作为我国北方的重要草地之一, 草地植物有着东北植物区系区、华北植物区系区、蒙古草原植物区系区综合交错的特征, 物种丰富, 地位十分重要^[6]。加强辽宁省牧草种质资源的搜集、保护和利用都是当前生态草原建设中的重要任务。

1 辽宁省自然条件概况和牧草种质资源特点

1.1 自然条件概况 辽宁省地处东北地区南部, 属于温带大陆性季风气候区, 坐落于 118°53'~126°46'E、38°43'~43°26'N, 横跨了暖温带和中温带^[7]。辽宁省地形大体为“六山一水三分田”, 山地丘陵呈东西两厢分列、向中部平原下降并向渤海倾斜呈马蹄形, 地势呈自西向东、自北向南向中部倾

斜^[8]。辽宁省土壤区域分布主要为辽东山地丘陵区、辽河平原区、辽西低山丘陵区 3 种类型。植被类型主要包括有针叶林、落叶阔叶林、针叶落叶阔叶林、矮林、栎树蚕场矮林、灌丛、草丛等类型^[9-10]。辽宁省光照充足易积温, 夏天温度平均高达 22.9℃, 冬季由于受西伯利亚和蒙古冷气团控制气温较低, 均达-7.3℃, 而全年平均气温在 7~11℃, 年日照时数为 2 100~2 600 h^[11-12]。辽宁省降水量分布极不均匀, 年均降水量在 600~1 100 mm, 自东南向西北递减, 而辽西较其他区域最低, 其年均降水量不超于 500 mm^[13-14]。

1.2 牧草种质资源现状 据 20 世纪 80 年代普查, 辽宁省天然草原面积仅存 338.88 万 hm², 可利用草原面积占全省草地总面积的 95.6%, 而辽西地区占全省可利用总面积的 46%^[15-16]。截至 2017 年底, 辽宁省天然草地面积仅存 102.13 万 hm²^[17]。但是由于长期的超载过牧(人为因素)以及自然环境比较恶劣(自然因素)等, 导致辽宁省草原区面积越来越少, 并且出现草原“三化”现象, 每年草原“三化”面积都以上升的速度增加^[18-19]。辽宁省作为我国东北草原区的主要部分之一, 退化草地修复以及牧草种质资源的研究已经是迫在眉睫。

1.2.1 牧草种质资源丰富度。 辽宁省草地资源丰富, 包括 9 个草原类型、11 个亚类、34 个组、129 个型。其中, 高等植物涵盖 1 025 种, 共 56 科 389 属; 草地植物涵盖 164 种, 共 46 科 129 属; 草原植物共有 2 200 种, 饲用牧草近 1 000 种, 野生优良牧草约 320 余种^[20]。辽宁省牧草含有禾本科、菊科、豆科、毛茛科、百合科、莎草科等, 其主要以禾本科和豆科为主, 其中, 豆科牧草约 120 余种, 禾本科约 100 余种^[21]。

表 1 为辽宁省主要牧草资源。其中, 豆科(Fabaceae)中

基金项目 辽宁省科技民生项目(2021JH210200032); 辽宁省农业科学院基本科研业务费计划项目(2021GR2926); 辽宁省“兴辽英才计划”项目(XLYC1907089); 沈阳市中青年科技创新人才支持计划项目(RC190085)。

作者简介 马凤江(1977—), 男, 辽宁本溪人, 研究员, 硕士, 从事草类植物种质资源创新、草地生态治理研究。*通信作者, 硕士研究生, 研究方向: 植物学。

收稿日期 2022-02-23

的紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)、沙打旺 (*Astragalus adsurgens*)，禾本科 (Poaceae) 中的黑麦草 (*Lolium perenne*)、羊草 (*Leymus chinensis*) 均为优质牧草；朝牧一号稗子 (*Echinochloa crystalline*) 是辽宁省朝阳市畜牧科学研究所的郜玉田所育成的，于

1990 年通过全国草品种审定委员会审定并推广的。其他大部分优质牧草品种几乎是外来引入品种，因此，培育一批新的本地优质牧草品种是当前解决牧草种质资源的重要难题之一。

表 1 辽宁省主要牧草资源

Table 1 Main grazing resources in Liaoning Province

科名 Family name	属名 Generic name	主要牧草资源 Main grazing resources	
禾本科 Poaceae	黑麦草属 <i>Lolium</i>	黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	
	赖草属 <i>Leymus</i>	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	
	雀麦属 <i>Bromus</i>	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i> 、草地雀麦 <i>Bromus riparius</i>	
	披碱草属 <i>Elymus</i>	披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> 、老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	
	黍属 <i>Panicum</i>	柳枝稷 <i>Panicum virgatum</i>	
	羊茅属 <i>Festuca</i>	紫羊茅 <i>Festuca rubra</i> 、苇状羊茅 <i>Festuca arundinacea</i>	
	冰草属 <i>Agropyron</i>	扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i> 、高冰草 <i>Agropyron elongatum</i> 、中间冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	
	稗属 <i>Echinochloa</i>	稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i> 、朝牧一号稗子 <i>Echinochloa crystalline</i>	
	野古草属 <i>Arundinella</i>	野古草 <i>Arundinella anomala</i>	
	菅属 <i>Themeda</i>	黄背草 <i>Themeda japonica</i>	
	高粱属 <i>Sorghum</i>	苏丹草 <i>Sorghum sudanense</i> 、高丹草 <i>Sorghum bicolor</i>	
	隐子草属 <i>Cleistogenes</i>	糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	
	狼尾草属 <i>Pennisetum</i>	狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i> 、皇竹草 <i>Pennisetum sinense</i>	
	豆科 Fabaceae	苜蓿属 <i>Medicago</i>	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> 、黄花苜蓿 <i>Medicago falcata</i>
		黄耆属 <i>Astragalus</i>	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>
		草木樨属 <i>Melilotus</i>	黄花草木樨 <i>Melilotus officinalis</i> 、白花草木樨 <i>Melilotus albus</i>
胡枝子属 <i>Lespedeza</i>		胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> 、兴安胡枝子 <i>Lespedezadavurica</i>	
百脉根属 <i>Lotus</i>		百脉根 <i>Lotus corniculatus</i>	
小冠花属 <i>Coronilla</i>		小冠花 <i>Coronilla varia</i>	
车轴草属 <i>Trifolium</i>		红三叶 <i>Trifolium pratense</i> 、白三叶 <i>Trifolium repens</i>	
扁蓿豆属 <i>Medicago</i>		扁蓿豆 <i>Medicago ruthenica</i>	
其他科 Other families	聚合草属 <i>Symphytum</i>	俄罗斯饲料菜 <i>Symphytum peregrinum</i> 、聚合草 <i>Symphytum officinale</i>	
	松香草属 <i>Silphium</i>	串叶松香草 <i>Silphium perfoliatum</i>	
	菊苣属 <i>Cichorium</i>	普那菊苣 <i>Cichorium intybus</i>	
	青兰属 <i>Dracocephalum</i>	玉米草 <i>Dracocephalum moldavica</i>	
	苋属 <i>Amaranthus</i> 苦苣菜属 <i>Ixeris</i>	籽粒苋 <i>Amaranthus hypochondriacus</i> 苦苣菜 <i>Ixeris denticulata</i>	

如表 2 所示，李丽萍等^[22]通过试验完成辽宁省牧草品种的区划，筛选出了一批适应辽宁省天然草地的优质牧草品种，形成了辽东山地紫花苜蓿、沙打旺、无芒雀麦 (*Bromus inermis*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*) 区，辽东半岛紫花苜蓿、沙打旺、无芒雀麦、老芒麦 (*Elymus sibiricus*) 区，中部平原紫花苜蓿、沙打旺、中间冰草 (*Agropyron cristatum*)、老芒麦区，辽西低山丘陵紫花苜蓿、沙打旺、无芒雀麦、羊草区 4 个区域。

1.2.2 牧草种质资源分布。辽宁省共包含 3 个植物区系，包括北部的东北植物区系区 (长白山植物区系区)、南部的华北植物区系区以及靠近内蒙古西部的蒙古草原植物区系区，而草地植物有着东北植物区系区、华北植物区系区、蒙古草原植物区系区综合交错的特征^[8,10,23]。辽宁省共有草甸草原和典型草原两大类型草原。辽宁省草地资源主要分布于东部和西部，辽东地区为高草型草地，而辽西地区为矮草型草地。山地灌丛、草丛和疏林草地为辽东地区主要草地植被类型，其草层、植被生产水平较高，但可利用及营养价值较低；典型草原和草甸草原为辽西地区主要草地植被类型，其草

层、植被生产水平较低，但利用、营养价值及优良牧草占比较高^[15-16]。其中，辽西地区是辽宁省重要的草地资源分布区，其地形为低山丘陵，该地大部分季节干旱，加上该地区常年开发土地，植被覆盖度低且出现“三化” (退化、沙化、盐碱化)^[19,24]。

如图 1 所示，张茵等^[25]对 14 个监测点位植被盖度进行检测和分析，发现辽宁西北地区的朝阳等地的植被盖度低于辽宁中部地区的本溪、岫岩，甚至阜蒙县以及义县低于全省综合植被盖度。

1.2.3 牧草种质资源研究现状。目前，辽宁省对牧草种质资源进行了搜集、保存与鉴定评价，并以放入种质资源库以及建立种质资源圃的方式进行保存。对于收集到的种质资源进行整理，归纳牧草种子相关的所有信息。关于牧草种质资源利用方面，在育种上，由郜玉田^[26]育成的朝牧一号稗子具有适应性强、抗旱、高度耐盐碱等特点；辽宁省农业科学院选育的早熟沙打旺在东北及华北地区得到了广泛应用。在牧草新品种引进方面，近 2 年辽宁省农业科学院进行了新一

批的牧草新品种的引选,共收集 86 份牧草种质资源并按照规定进行分类、编号入库;在不同试验区进行试验,筛选出紫

花苜蓿、柳枝稷 (*Panicum virgatum*)、无芒雀麦、胡枝子等优良牧草新品种^[27]。

表 2 辽宁省牧草品种区划^[22]

Table 2 Division of grazing varieties in Liaoning Province

地区 Area	种名 Specific name	属名 Generic name	科名 Family name
辽东山地 Liaodong Mountains	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	苜蓿属 <i>Medicago</i>	豆科 Fabaceae
	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>	黄耆属 <i>Astragalus</i>	豆科 Fabaceae
	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	雀麦属 <i>Bromus</i>	禾本科 Poaceae
	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	豆科 Fabaceae
辽东半岛 Liaodong Peninsula	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	苜蓿属 <i>Medicago</i>	豆科 Fabaceae
	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>	黄耆属 <i>Astragalus</i>	豆科 Fabaceae
	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	雀麦属 <i>Bromus</i>	禾本科 Poaceae
	老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	披碱草属 <i>Elymus</i>	禾本科 Poaceae
中部平原 Central Plains	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	苜蓿属 <i>Medicago</i>	豆科 Fabaceae
	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>	黄耆属 <i>Astragalus</i>	豆科 Fabaceae
	中间冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	冰草属 <i>Agropyron</i>	禾本科 Poaceae
	老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	披碱草属 <i>Elymus</i>	禾本科 Poaceae
辽西低山丘陵 Low mountain and hills in western Liaoning	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	苜蓿属 <i>Medicago</i>	豆科 Fabaceae
	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>	黄耆属 <i>Astragalus</i>	豆科 Fabaceae
	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	雀麦属 <i>Bromus</i>	禾本科 Poaceae
	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	赖草属 <i>Leymus</i>	禾本科 Poaceae

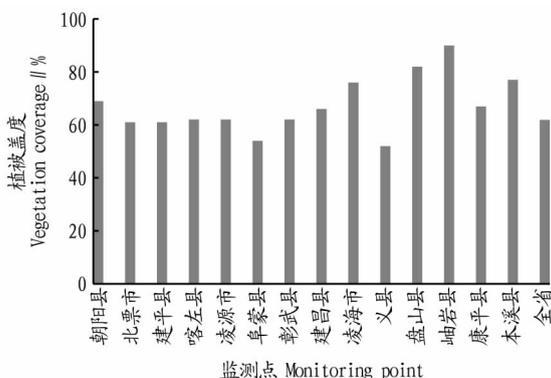


图 1 辽宁省 14 个监测点的植被盖度^[25]

Fig. 1 Vegetation coverage at 14 monitoring points in Liaoning Province

2 牧草种质资源保存利用和开发中存在的问题

虽然辽宁省牧草种质资源有了很大的发展,但种子的供给还远不能满足生态草原建设的需要,而且牧草种质资源在保存、利用和开发上还存在着许多问题,主要存在以下几个方面。

2.1 对牧草种质资源的收集数量较少、保存方式单一 目前,辽宁省对牧草种质资源的总体研究水平还比较落后,专门从事于牧草业的单位以及人员少,技术不过关、科研成果缺乏都是普遍的现象。辽宁省牧草种子生产主要以紫花苜蓿、沙打旺为主^[28]。虽然说这 2 个品种已为优势种,在产量、再生能力和适应性都较强,但品种单一、结构简单使其种子在草地生产潜力的发挥性能减弱。辽宁省在种质资源保存方法上只采用种质资源库、种质资源圃等常规方式的保存,由于受科学技术水平、草业相关制度、本地发展环境等各方面因素的限制,并没有从分子、细胞、组织以及器官水平上进行开展,比如从分子水平上的基因库建立、细胞水平上的花

粉冷冻保存、组织及器官水平上的无性繁殖、组织培养等^[22,29]。而国外已经从现代生物技术分子水平上的一些关键问题出发,着重进行研究包括基因克隆、高效构建基因表达载体等工作^[30]。

2.2 本地牧草优势种少、潜在优势种存在丧失的危险 相对于我国别的省份而言,辽宁省本地牧草优势种类少,野生牧草优势种类开发利用更是寥寥无几。虽然说牧草专家育成了一些适应本地的优质牧草新品种,但大部分的优质牧草种子是通过引进的方式收集的^[31]。对于牧草种子的鉴定,由于缺乏系统性的研究导致出现品种分辨不清、利用价值不明,难以开发利用。比如有一些种子在入库时生活力处于最低限,由于基因鉴定及检测能力差,使其种子生活力提前降低甚至降到更新的标准之下;在种质资源圃保存的材料易出现丢失,尤其在进行异花授粉时容易发生遗传变异。再加上收集和保存不善以及保护方式不当,使一些牧草种质资源出现得而复失的局面,在不知不觉中潜在优势种出现丧失,使辽宁省牧草品种多样性受到严重的危害,对辽宁省牧草种质资源的保护和利用都有着不利的影响^[22,32]。

2.3 牧草良种繁育体系不健全、收集保存投入少及仪器设备落后 目前,辽宁省牧草种子生产还没有形成像农作物种子生产那样统一规范的完整繁育体系,在选育、试验、生产等方面研究都较落后^[33]。牧草种子的生产还存在很大的盲目性甚至跟风性,大部分生产的牧草种子是通过各企业的自主经营,牧草品种质量以及纯度得不到保证,育种者的利益也得不到保障^[34]。此外,辽宁省在牧草种子的收集保存方面投入较少,牧草种子相关的仪器设备落后,导致育种者积极性不高,很多关于牧草种质资源的工作效率不高甚至无法进行^[35-36]。由于辽宁省牧草新品种的更新速度无法满足生态草地建设的需要,出现供给不足现象,牧草种子的需求只能

通过外来引进调入。就辽宁省来看,牧草种子的生产还不完全纳入计划管理的轨道中,在牧草种子市场中出现混乱、价格波动、种子挤压或短缺的现象。

3 牧草种质资源开发利用对策

辽宁省开展生态草原建设起步较早,由于经济、技术、社会等因素,导致在草原建设的发展过程比较缓慢,牧草种质收集、保存以及利用方面存在一定影响。加上辽宁草地“三化”现象极其严重,牧草种质资源的供应已经不能满足草地生态建设的需要,一些具有开发潜力的草种及种群分布正逐渐缩小甚至消失。为了促进辽宁省牧草种质资源的发展以及解决在开发利用中所面临的问题,针对辽宁省牧草种质资源研究现状,提出以下几个方面的开发利用对策。

3.1 开展对辽宁省牧草种质的全面调查,完善牧草种质资源信息 截至目前,辽宁省生态草地面积发生了骤减的变化,草地面积、植被丰富度、植被盖度等都呈现降低的趋势,特别出现草原“三化”现象。为此,通过一些现代信息技术,比如 GPS(全球定位系统)、RS(遥感技术)、GIS(地理信息系统)等技术和常规全面调查方法相结合,彻底清查辽宁省内的牧草种质资源数目、分类及种类等整体概况^[37-39]。得到的全部牧草种质资源严格按照农业农村部相关规定,通过植物分类学鉴定后对其进行整理(包括原产地、种名、属名、科名、学名),编写出一本《辽宁省牧草种质资源名录大全》,让人们更加清楚了解到辽宁省所有的牧草种质资源^[40]。

3.2 加强对牧草种质的收集及鉴定评价 就全国各省市而言,辽宁省牧草种质资源相对稀缺,必须继续加大牧草种质的收集、引进国内外优质牧草品种,对收集和引进的种质材料按试验规定方法、标准及内容在辽宁省不同生态草地区进行点试验^[41]。全面认识了解每份牧草种质材料并对其进行全面的鉴定评价,比如抗逆性(抗旱抗寒、耐盐碱等)、适应性及抗病虫性等与牧草生产性能相关的生物学特性及农艺现状进行观察与鉴定,可采用原生生境、种质圃、实验室、分子标记相结合的评价方法,再从中筛选具有较突出的优良性状材料,方可作为牧草育种提供优良的亲本材料^[42-45]。对于目前现有的牧草种质资源,也可根据不同功能(牧草型、草坪型、观赏型等)、适生温度(冷季型、暖季型)分类,使其有目的地进行推广和应用,更好地发挥牧草种质优势,加快辽宁省草地生态建设。

3.3 加大牧草种质资源保护研究及牧草育种的研究力度 辽宁省目前关于牧草种质资源及育种地研究力度还不够,可根据辽宁省牧草种质资源地濒危程度来制定牧草地保护计划,减缓辽宁省牧草多样性消失,使其濒危牧草得到保护。加大力度研究了解辽宁省牧草种质分布情况,以及主要的牧草品种(引进种、野生牧草种、栽培种)、类型(豆科 Fabaceae、禾本科 Poaceae、其他科)及变种等。常规的牧草保存方式有建立种子库、种质圃,除此之外还可通过建立保护区的方式保存,如牧草园、牧草自然保护区、植物园(寒带植物园、沙生植物园)、动植物自然保护区等^[46]。此外,还可通过器官、组织、细胞以及分子生物技术等对牧草种子进行保

存,比如通过细胞对花粉进行冷冻保存,通过分子建立牧草基因库等^[47-48]。关于牧草育种方面,辽宁省育出的优质牧草品种稀少,大部分是依赖于国内外引进的优质牧草品种,致使牧草品种单一化现象极其严重^[49]。因此,加大对牧草育种的研究是实现草地植物多样化的基础。关于牧草育种,育种目标需因地制宜,以方向抗性为主,抗旱耐盐碱为辅,同时还兼顾牧草的产量及品质;育种的方法必须周期短、见效快,比如可通过选择育种、引种筛选、常规育种与生物技术结合等方法^[50]。

3.4 建立健全牧草培育体系,制定长期发展规划及资金扶持政策 辽宁省在牧草种质培育方面存在很大空缺,一套完整的牧草培育体系可以使牧草种子工作进行顺利。尽快形成育种—基础—登记—商品 4 级种子繁育体系,建立辽宁省牧草种子认证规程,优化招投标制度,同时我国还形成了完整的牧草体系保护格局^[51]。建立相关制度体系后,使其选育出一批适合急需的牧草品种,并投入到生态草地建设中。牧草种质资源收集保存以及新品种的选育是一项长期的工作,而不是一蹴而就的,需要制定一个长期的发展规划^[52]。而在这个过程中,需要有资金的投入,只有在科研经费充足的情况下,牧草业工作才能涉及更广更深入,只有加大资金扶持,牧草业的工作也能顺利展开,保证一支长期扎根于辽宁省牧草种质资源和品种选育工作的稳定队伍^[53]。此外,草业科技人才非常稀缺,就辽宁省农业科学院而言,从事草业相关的技术人才屈指可数,已经严重影响牧草种质创新和草业的发展。建议加大重视草业相关的人才培养,引进草业相关人才,提升草业课题组人才整体水平,形成一个高水平高发展的草业人才队伍。

参考文献

- [1] 方媛. 牧草种质资源与育种研究概况[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(20): 26-27.
- [2] 尹俊, 孙振中, 魏巧, 等. 云南牧草种质资源研究现状及前景[J]. 草业科学, 2008, 25(10): 88-94.
- [3] 周玉蓉. 牧草种质资源研究进展[J]. 新农业, 2020(17): 36-37.
- [4] 杨苗苗. 裸燕麦种子老化处理对其种质资源遗传完整性的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2017.
- [5] 王欣欣, 卢萍, 黄帆, 等. 牧草种质资源遗传完整性的研究进展[J]. 种子, 2015, 34(11): 44-48.
- [6] 白龙, 段博文, 陈曦, 等. 辽宁省西部低山丘陵区草地类型分布及植物区系特征[J]. 草地学报, 2020, 28(6): 1726-1735.
- [7] 易雪, 杨森, 刘鸣彦, 等. 辽宁省植被覆盖度时空变化特征及其对气候变化的响应[J]. 干旱气象, 2021, 39(2): 252-261.
- [8] 高璐, 王学凤, 曲本亮, 等. 基于 RUSLE 模型的辽宁省土壤侵蚀定量研究[J]. 长江科学院院报, 2015, 32(12): 25-29.
- [9] 唐立娜, 王庆礼, 代力民, 等. 辽宁东部山区林地生态分类系统[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 20-24.
- [10] 董厚德. 辽宁植被与植被区划[M]. 沈阳: 辽宁大学出版社, 2011.
- [11] 孙凤华, 吴志坚, 李丽光. 辽宁西部地区的气候变化及干湿状况年代际变化特征[J]. 中国沙漠, 2006, 26(6): 969-975.
- [12] 宋志永. 辽宁北票市草原资源与生态监测成效[J]. 养殖与饲料, 2018(3): 116-117.
- [13] 林毅, 李倩, 唐亚平, 等. 辽宁地区植被 NPP 的模拟分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(34): 75-79.
- [14] 李华欣. 辽宁省降水和旱涝的特征分析[J]. 水资源开发与管理, 2019, 17(6): 27-30, 35.
- [15] 王国山, 刘慧林, 顾恒琴, 等. 辽宁省草原资源调查与研究[J]. 现代畜牧兽医, 2007(12): 24-26.
- [16] 刘慧林, 张道宏. 辽宁省草原植被恢复费征收工作现状与对策[J]. 现代畜牧兽医, 2012(11): 19-21.

- [17] 杨术环,刘慧林,高晓鹏. 2011年辽宁省草原灾害预测及防控对策[J]. 现代畜牧兽医,2011(4):48-50.
- [18] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 森林生态系统服务功能评估规范:GB/T 38582—2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [19] 庄文发,陈冲. 辽宁草原建设现状及建议[J]. 现代畜牧兽医,2008(3):24-25.
- [20] 刘慧林,崔蕾. 辽宁省草原资源与生态监测报告[J]. 现代畜牧兽医,2011(10):49-51.
- [21] 李璐. 试论辽宁草地生态系统的功能价值[J]. 防护林科技,2020(12):56-57.
- [22] 李雨萍,肇恒哲. 辽宁省牧草种子生产现状及发展对策[J]. 草业科学,1993,10(5):17-19.
- [23] 何兴元,陈玮,徐文铎. 辽宁天然林植被特征与可持续发展[C]//中国植物学会. 中国植物学会七十周年年会论文摘要汇编(1933—2003). 北京:高等教育出版社,2003:181.
- [24] 刘慧林,庄文发,王国山,等. 辽宁省草原资源监测结果与对策[J]. 现代畜牧兽医,2008(7):25-27.
- [25] 张茵,姜楠. 辽宁省草原生产力及生态现状分析[J]. 新农村(黑龙江),2018(30):118.
- [26] 邵玉田. 极耐盐碱的饲料作物——朝牧一号稗子[J]. 新农业,2011(6):24.
- [27] 马凤江,杨姝,杜桂娟. 生态草原建设及牧草引进选育开发工作进展[J]. 农业经济,2021(2):31-33.
- [28] 安秀英,郝洪漳. 给辽宁草业提个醒[J]. 中国畜牧业通讯,2001(5):8-9.
- [29] 边革,刘玉英,孙宝成. 辽宁省苜蓿产业发展历史回顾与建议[J]. 现代畜牧兽医,2010(10):42-45.
- [30] 辽宁省农业科学院草业研究所部分优质牧草、草坪品种简介[J]. 辽宁农业科学,2003(6):55.
- [31] 李连波,杨晓峰. 浅谈辽宁省牧草产业发展面临的问题与对策[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2003,5(4):35-36,46.
- [32] 王辉,郑家明,郭晓坡. 辽宁省牧草业发展存在的问题及其解决办法[J]. 农业经济,2003(9):14-15.
- [33] 黄晶. 辽宁省草业发展现状[J]. 新农业,2019(15):59-60.
- [34] 高鹤. 促进林草成果转化助推产业良性发展:辽宁省林业技术推广“十三五”发展情况[J]. 新农业,2021(5):38-39.
- [35] 马凤江,杨姝,杜桂娟. 辽宁省粮改饲及秸秆饲料化利用现状与建议[J]. 农业经济,2017(12):12-13.
- [36] 陶金山,金成宇. 辽宁草原管理踏上信息化高速路[J]. 中国畜牧业,2015(21):52-53.
- [37] 刘慧林,陶金山,张道宏. 辽宁省草原资源管理系统的设计与应用[J]. 草业科学,2014,31(2):334-341.
- [38] 孔晓蕾. 关于建立黑龙江寒地牧草种质资源档案的研究探索[J]. 种子科技,2020,38(7):24,28.
- [39] ZHANG M H,ZHOU Q P,FENG Q S,et al. Study and development of forage germplasm database based on geographic information system (GIS) and VB.net[J]. Pratacultural science,2010,27(4):102-105.
- [40] 李志勇,孙启忠,李鸿雁,等. 分子标记技术在牧草种质资源研究中的应用[J]. 草原与草坪,2010,30(5):91-96.
- [41] SA K J,KIM D M,OH J S,et al. Construction of a core collection of native *Perilla* germplasm collected from South Korea based on SSR markers and morphological characteristics[J]. Scientific reports,2021,11:1-13.
- [42] 周艳春,王志锋,于洪柱,等. 吉林省野生牧草种质资源的考察与搜集[J]. 草业科学,2011,28(2):196-200.
- [43] 张美艳,薛世明,蔡明,等. 西双版纳野生牧草种质资源调查及评价[J]. 草地学报,2017,25(1):155-164.
- [44] 黄春琼,刘国道,白昌军. 热带牧草种质资源收集、保存与创新利用研究进展[J]. 草地学报,2015,23(4):672-678.
- [45] 王鹤桦,刘金海,雷宇鸣,等. 豫南大别山区野生牧草种质资源搜集与评价[J]. 黑龙江畜牧兽医,2021(17):89-95,103.
- [46] HANSON J,ELLIS R H. Progress and challenges in Ex Situ conservation of forage germplasm: Grasses, herbaceous legumes and fodder trees [J]. Plants,2020,9(4):1-16.
- [47] QUESENBERY K,MUNOZ P,BLOUNT A,et al. Breeding forages in Florida for resistance to nematodes[J]. Crop & pasture science,2014,65(11):1192-1198.
- [48] 金京波,王台,程佑发,等. 我国牧草育种现状与展望[J]. 中国科学院院刊,2021,36(6):660-665.
- [49] 刘志鹏,周强,刘文献,等. 中国牧草育种中的若干科学问题[J]. 草业学报,2021,30(12):184-193.
- [50] 程方方. 我国野生牧草种质资源的研究现状与存在问题[J]. 畜牧兽医科技信息,2019(4):161.
- [51] 严学兵,王成章,郭玉霞. 我国牧草种质资源保存、利用与保护[J]. 草业科学,2008,25(12):85-92.
- [52] 洪军,陈志宏,李新一,等. 我国牧草种质资源收集保存现状与对策建议[J]. 中国草地学报,2017,39(6):99-105.
- [53] 张国权,吴立伦. 牧草良种繁育基地的建立[J]. 四川畜牧兽医,2004,31(4):14-16.

(上接第49页)

- [5] WEST T O,MARLAND G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: Comparing tillage practices in the United States[J]. Agriculture ecosystems & environment,2002,91(1/2/3):217-232.
- [6] 师帅,李翠霞,李媚婷. 畜牧业“碳排放”到“碳足迹”核算方法的研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(6):36-41.
- [7] 胡婉玲,张鑫鑫,王红玲. 中国农业碳排放特征及影响因素研究[J]. 统计与决策,2020,36(5):56-62.
- [8] 吴贤荣,张俊鹰,田云,等. 中国省域农业碳排放:测算、效率变动及影响因素研究:基于DEA-Malmquist指数分解方法与Tobit模型运用[J]. 资源科学,2014,36(1):129-138.
- [9] 黄燕,周买春,陈瑛. 中国与巴西农业碳排放动态变化及影响因素分析[J]. 世界农业,2018(6):116-121.
- [10] 张奕楠,张兰婷,韩立民. 农业生态效率评价及提升路径研究:基于山东省17个地级市的实证分析[J]. 生态经济,2021,37(4):118-124,131.
- [11] 曹俐,王莹,雷岁江. 山东省农业碳排放的时空特征与脱钩弹性研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):250-256.
- [12] 杨滨键,孙红雨. 种植业碳减排成本测度与区域责任机制构建:以山东省为例[J]. 生态经济,2021,37(9):102-107.
- [13] 李远玲,王金龙,杨伶. 基于县域尺度的湖南省农业碳排放时空特征分析[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(4):75-84.
- [14] 张红丽,刘芳. 新疆农业碳排放与农业经济增长的响应关系[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):358-363.
- [15] 刘丽娜,王春好,袁子薇,等. 区域农业碳排放 LMDI 分解和脱钩效应分析[J]. 统计与决策,2019,35(23):95-99.
- [16] 张志高,袁征,李贝歌,等. 基于投入视角的河南省农业碳排放时空演化特征与影响因素分解[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(10):152-161.
- [17] 朱通雅. 农业碳排放的驱动因素与退耦效应研究:以长江经济带为例[J]. 安徽农业科学,2021,49(24):118-121,135.
- [18] 李波,张俊鹰. 基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究[J]. 经济经纬,2012,29(4):27-31.
- [19] 段华平,张悦,赵建波,等. 中国农田生态系统的碳足迹分析[J]. 水土保持学报,2011,25(5):203-208.
- [20] 刘思峰,杨英杰,吴利丰,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 7版. 北京:科学出版社,2014.
- [21] 李俊,宋松柏,郭田丽,等. 基于分数阶灰色模型的农业用水量预测[J]. 农业工程学报,2020,36(4):82-89.
- [22] 赵桂生,张海运,刘爱军,等. 基于等维递补灰色GM(1,1)模型的我国农业灌溉用水量预测分析[J]. 数学的实践与认识,2018,48(4):299-304.