

高寒草地健康定量评价及生产—生态功能提升技术集成与示范

董全民^{1,2} 周华坤³ 施建军^{1,2} 董世魁⁴ 尚占环⁵ 汪新川⁶

尚永成⁷ 赵之重¹ 李世雄^{1,2} 王彦龙^{1,2}

(1.青海大学,西宁 810016 2.青海省畜牧兽医科学院,西宁 810016;
3.中国科学院西北高原生物研究所,西宁 810008 4.北京师范大学,北京 100875;
5.兰州大学,兰州 730000 6.青海省牧草良种繁殖场,同德 813201;
7.青海省退牧还草工作领导小组办公室,西宁 810004)

摘 要:本项目以青海省高寒草地(高寒草甸、高寒草原)为研究对象,针对高寒草地健康定量评价及生产—生态功能提升的科学问题及技术需求,统筹考虑草地生态系统的特殊性和生态—生产—生活承载力,从人—草—畜—环境的综合系统出发,以草地生态保护为前提,以发展草地生态畜牧业为抓手,结合全国生态文明先行区、全国草地生态畜牧业示范区、三江源区二期工程建设以及三江源国家公园体制试点方案,开展了高寒草地健康评价及生产—生态功能衰退与结构失调的整合提升研究。通过机制揭示—技术研发—示范应用的全链条设计和一体化实施,在实验点、示范区和区域 3 个层面上结合高寒草地健康评价与退化草地治理工程,可视化诊断了高寒草地健康状态,定量分析了高寒草地退化成因及因子贡献率,揭示了退化演替的生态过程及其特征,阐明了退化高寒草地生态恢复的生理生态学及繁殖生态学机理,驯化选育出适宜高寒草地恢复治理的牧草新品种,研发出不同类型退化草地生态—生产功能提升技术、高寒人工草地生产—生态群落稳定性调控技术,创建了人工草地分类经营与管理技术模式,对退化草地修复治理进行信息化管理,量化了不同恢复措施的生产、生态效益,系统开展了技术体系的示范与推广,兼顾基础理论探析、健康诊断评价、信息技术管理、关键技术突破及创新模式集成,形成适宜该地区的生产—生态功能提升技术体系,为高寒草地生态系统管理和生态畜牧业产业经济发展提供科学依据、技术支撑和示范样板。

关键词:高寒草地;退化;分类分级;健康评价;生产—生态功能

引言

青海省高寒牧区地处青藏高原腹地,是我国最重要、影响范围最大的生态调节区,属于《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》中需要开展生态系统健康评价与功能恢复重建的生态脆

弱区域,也是我国生态系统最为脆弱和农牧民生产生活水平较为低下的区域。由于自然和人为因素的共同影响,青藏高原高寒草地生态系统结构失调、功能衰退、稳定性减弱、恢复能力下降,严重威胁着青海省典型功能区的生态安全、民生改善、经济发展。如何在健康评价的基础上形成适宜该地区的生产—

部人事制度改革,优化选人用人环境。把政治品格、事业需要、岗位要求与干部成长有机结合起来,注重发现储备优秀年轻干部,加强优秀年轻干部的选拔、锻炼和使用,培养科技管理干部的专业能力和职业精神,增强科技干部适应新时代科技创新要求的职业素养和工作能力。

做好今年的科技工作责任重大,使命光荣。要自觉肩负起新时代赋予科技工作的重大使命和责任,不忘初心、牢记使命,担当尽责、苦干实干,坚定不移贯彻新发展理念,坚定不移实施创新驱动发展战略,为决胜全面建成小康社会、建设创新型省份和富裕文明和谐美丽新青海而努力奋斗。

生态功能提升技术体系,实现从农牧民单一的种植、养殖、生态看护向生态—生产—生活良性循环的转变,为高寒草地生态系统管理和生态畜牧业产业经济发展提供科学依据、技术支撑和示范样板,是本项目研究的目标。

1 项目整体思路及技术方案

项目以青海省典型高寒草甸和高寒草原为研究对象,通过机制揭示—技术研发—示范应用的全链条设计和一体化实施,在实验点、示范区和区域 3 个层面上结合高寒草地健康评价与退化草地治理工程,可视化诊断了高寒草地健康状态,定量分析了高寒草地

退化成因及因子贡献率,揭示了退化演替的生态过程及其特征,阐明了退化高寒草地生态恢复的生理生态学及繁殖生态学机理,驯化选育出适宜高寒草地恢复治理的牧草新品种,研发出不同类型退化草地生态—生产功能提升技术、高寒人工草地生产—生态群落稳定性调控技术,创建了人工草地分类经营与管理技术模式,对退化草地修复治理进行信息化管理,量化了不同恢复措施的生产、生态效益,系统开展了技术体系的示范与推广,兼顾基础理论探析、健康诊断评价、信息技术管理、关键技术突破及创新模式集成,最终达到高寒草地生态恢复和生产功能提升、高寒牧区生产和生活条件改善的目的(图 1)。

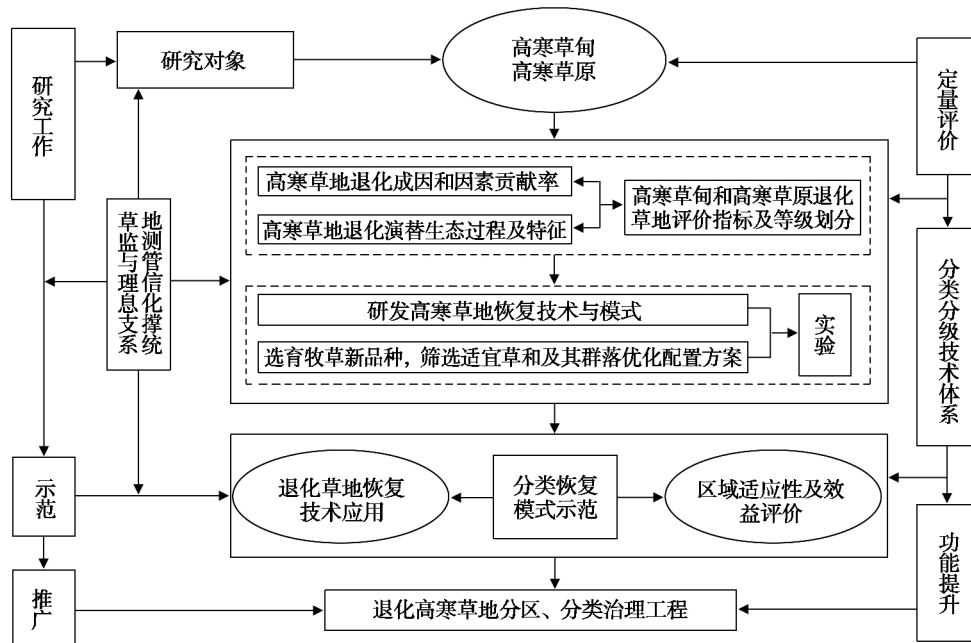


图 1 项目整体思路及技术方案

2 创新成果

2.1 高寒草地退化机理

高寒草地的退化成因、因素贡献率及退化因素多因子假说:运用层次分析法研究高寒草地退化原因以及因素贡献率^[1],结果表明:长期超载过牧和暖干化气候是导致高寒草地退化的主导因子,其中引起高寒草地退化的自然因素(气候暖干化和冻融侵

蚀)占 31.96%,而人类经济活动因素(长期超载过牧、有害生物的危害、人类不合理干扰、畜群结构不合理)则占到 68.04%。项目组提出的退化因素多因子假设认为,气候变化和人类活动是导致该研究草地退化的两大因素,鼠虫害是草地超载过牧后带来的附带产物,对这两种因素所产生的作用起了推波助澜的作用^[2,3](图 2)。

高寒草地退化演替的生态过程及其特征:随

基金项目:国家科技攻关计划重大项目(2001BA606A05) 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2004CB720502) 国家科技支撑计划项目(2007BAC30B04、2012BAC08B03) 国家农业科技成果转化资金项目(2012GB2G200476) 青海省科技支撑项目(2013-N-146)。

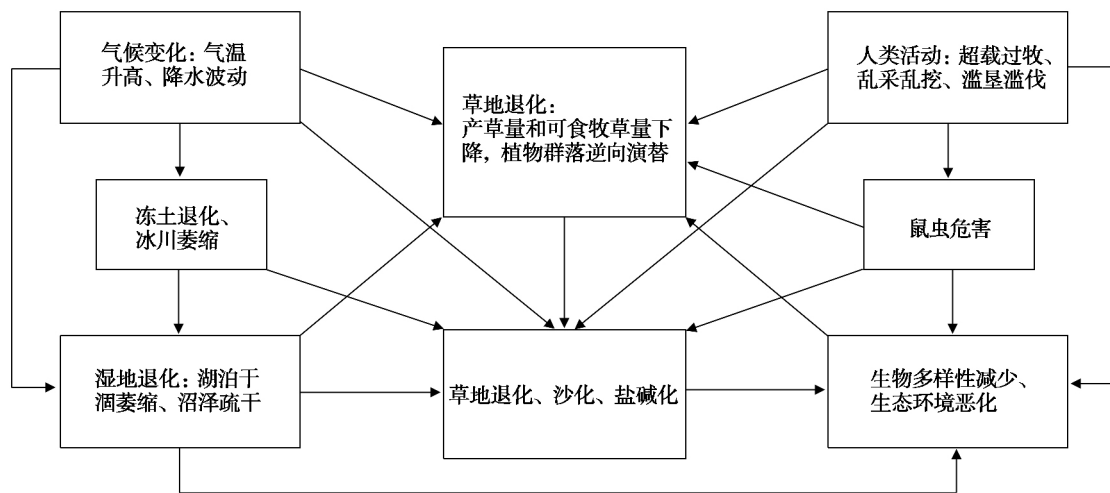


图 2 高寒草地退化多因素及相互作用关系

随着高寒草甸退化程度加大, 植被盖度、草地质量指数和优良牧草生物量比例逐渐下降, 草地间的相似性指数减小(表 1), 分布在各层的植物根系量越来越少, 地下根系具有浅层化特点; 伴随着高寒草甸植被的退化演替和害鼠破坏加剧, 土壤逐渐退化并日益贫瘠化^[4, 5]; 随着高寒草原退化程度加大, 植被盖度、草地质量指数和优良牧草地上生物

量比例逐渐下降, 草地间的相似性指数减小, 植物群落多样性指数和均匀度指数呈单峰式曲线变化规律; 随着退化加剧, 禾草地上生物量显著减少, 杂草类植物地上生物量先增后减, 莎草科植物地上生物量的变化不大(表 2); 随着植被的退化演替, 土壤退化越来越严重, 贫瘠化不断加剧, 到重度退化阶段, 旱生沙生植物出现, 呈现沙化初始景观^[5, 6]。

表 1 不同退化程度高寒草甸植物群落特征和草地质量

退化水平	轻度退化	中度退化	重度退化	极度退化
优势种	矮嵩草 / 致细柄茅 / 垂穗披碱草	羊茅 / 矮嵩草 / 黄芪	矮火绒草 / 甘肃马先蒿 / 甘肃棘豆	细叶亚菊 / 白苞筋骨草 / 甘肃马先蒿
地上生物量(g/0.25m ²)	57.50 ± 11.17 ^b	49.15 ± 12.69 ^b	38.88 ± 5.64 ^c	35.34 ± 14.59 ^c
盖度(%)	92.92 ± 4.40 ^a	80.67 ± 9.36 ^b	71.75 ± 8.61 ^b	55.05 ± 18.97 ^c
高度(cm)	3.73 ± 1.16 ^a	4.23 ± 1.79 ^a	3.02 ± 0.77 ^a	3.71 ± 1.37 ^a
种数(/0.25m ²)	17.17 ± 1.47 ^a	22.33 ± 3.01 ^b	21.83 ± 3.54 ^b	12.67 ± 3.98 ^a
多样性指数	1.56 ± 0.24 ^b	2.17 ± 0.34 ^c	1.83 ± 0.43 ^b	1.58 ± 0.30 ^b
均匀度指数	0.54 ± 0.08 ^b	0.70 ± 0.08 ^c	0.59 ± 0.13 ^b	0.52 ± 0.08 ^a
草地质量指数	2.82 ± 0.11 ^a	2.15 ± 0.43 ^a	0.76 ± 0.22 ^b	0.23 ± 0.15 ^b
优良牧草地上生物量比例(%)	77.59 ± 8.46 ^a	38.58 ± 10.08 ^b	9.50 ± 7.31 ^c	4.22 ± 8.30 ^c

注: 表中数据为平均值±标准差; 不同小写字母表示不同退化草地之间差异显著(P < 0.05)。

表 2 不同退化程度高寒草原植物群落特征和草地质量

退化水平	未退化	轻度退化	中度退化	重度退化
优势种	紫花针茅	紫花针茅 / 矮火绒草 / 苔草	披针叶黄花 / 紫花针茅 / 矮火绒草	细叶亚菊 / 沙生风毛菊 / 梭罗草
地上生物量(g/m ²)	62.68 ± 16.44 b	59.64 ± 19.36 b	103.32 ± 37.40 a	19.36 ± 3.92 a
种数(/m ²)	6.17 ± 1.94 a	8.50 ± 1.87 ab	11.50 ± 1.97 b	8.67 ± 2.16 ab
多样性指数	0.67 ± 0.31 a	1.13 ± 0.29 b	1.59 ± 0.22 b	1.30 ± 0.51 b
均匀度指数	0.37 ± 0.12 a	0.52 ± 0.09 b	0.65 ± 0.08 b	0.60 ± 0.21 b
草地质量指数	2.80 ± 0.06 a	2.29 ± 0.43 a	0.70 ± 0.40 b	0.43 ± 0.87 b
紫花针茅地上生物量比例(%)	79.64 ± 12.15 a	63.45 ± 18.46 a	18.62 ± 8.53 b	7.66 ± 7.37 b

注:表中数据为平均值±标准差,不同小写字母表示不同退化草地之间差异显著(P<0.05)。

2.2 高寒草地健康评价及分级

2.2.1 高寒草地活力—组织—恢复力三维健康评价模型

以玛沁县 4 种不同退化程度的高寒草甸为对象,分别选择活力(包括地上生物量、光合速率有机

质、土壤容重)、恢复力(包括生物多样性、优势种比例)、抵抗力(包括盖度、草地承载力)为草地健康评价指标(表 3),计算健康指数(HI),分别以活力、组织力、恢复力为 X、Y、Z 轴,建立了活力—组织力—恢复力三维模型,使草地健康程度可视化表达^[7]。

表 3 玛沁县高寒草地健康评价指标及其权重

目标层	健康评价指标	权重			
		未退化草地	中度退化草地	重度退化草地	极度退化草地
活力(V)	地上生物量	0.225	0.194	0.207	0.269
	有机质	0.213	0.195	0.221	0.269
	光合速率	0.277	0.214	0.291	0.269
	容重	0.286	0.396	0.221	0.192
组织力(O)	生物多样性	0.491	0.355	0.329	0.417
	优势种比	0.508	0.536	0.671	0.583
抵抗力(R)	盖度	0.360	0.476	0.511	0.650
	承载力	0.640	0.524	0.489	0.340

2.2.2 高寒草甸退化草地分级标准

根据草地类型图和三江源区退化草地的大致分布,结合卫星遥感信息,在已掌握大量退化草地资料的基础上,通过路线调查和重点地区调查相结合的野外作业方案,对 117 个主样地和 357 个副样地进行样地特征参数调查。将上述指标所测得的数据标准化后进行聚类分析,参与聚类的样方共聚为 5 类,

第 1 类为未退化草地,第 2 类为轻度退化草地,第 3 类是中度退化草地,第 4 类为重度退化草地,第 5 类则是极度退化草地即所谓的“黑土滩”。各聚类指标的主成分分析结果表明,原生植被盖度、可食牧草比例、退化指示种的增加比例、草土比以及土壤 0~10cm 有机质含量这 5 个指标总贡献率达到 99.46%,可作为退化高寒草甸分级的主要标准^[8](表 4)。

表 4 退化高寒草甸评价指标及等级划分

退化等级	植被盖度(%)	可食牧草比例(%)	退化指示植被比例(%)	0~10cm有质含量(%)	0~10cm草土比(%)
原生植被	> 90	> 75	< 10	>15	< 20
轻度退化	75 - 90	55 - 75	10 - 30	15 - 10	20 - 35
中度退化	55 - 75	35 - 55	30 - 50	10 - 7	35 - 50
重度退化	45 - 55	20 - 35	50 - 75	7 - 5	50 - 75
极度退化(黑土滩)	< 45	< 20	> 75	< 5	> 75

注:各参数数值范围中左边数值包含在本范围中,右边值包含在下一范围中。

2.2.3 高寒草原退化草地分级标准

以高寒草原群落调查数据为源数据,选择物种丰富度、物种优势度、可食牧草生物量比例、禾本科植物盖度、群落高度、土壤 0~20cm 有机质含量为参数指标,利用聚类分析方法,均得到 4 个类群,将高寒草原退化梯度确定为 4 级(类群):未退化、轻度退

化、中度退化和重度退化(表 5)。从表 5 可以选定物种优势度、可食牧草生物量比例、禾本科植物盖度、有机质含量基本能够保持高寒草原初始状态 95% 以上的绝大部分信息,利用它们可以有效揭示高寒草原植被—环境的生态关系,制定高寒草原退化草地的类型及分级标准^[3]。

表 5 高寒草原退化等级划分标准

退化等级	植物群落优势种	禾本科植物盖度(%)	优势种地上生物量相对比例(%)	可食牧草生物量比例(%)	有机质含量 ²⁾ (g/kg)	草场质量
原生植被	禾本科牧草	> 30	100	> 70	15- 35	质量优良,未退化
轻度退化	禾本科牧草 + 杂类草	20 - 30	40- 85	50- 75	20 - 40	质量中等,比原生植被下降 1 等
中度退化	杂类草	10 - 20	15 - 40	30- 50	5- 20	质量差,比轻度退化植被下降 1 等
重度退化 ¹⁾	毒杂草	< 10	< 15	15- 30	< 9	质量很差,比中度退化植被下降 1 等

注:(1)为沙化或潜在沙化草地;(2)有机质含量测算的表层土样深度为 0~20cm。

2.2.4 三江源区退化高寒草地分布区识别及面积

三江源区高寒灌丛、高寒荒漠和高寒沼泽面积分别为 1280.51 万亩、3480.93 万亩、259.86 万亩,高寒草甸的总面积为 23778.99 万亩,其中未退化、轻中度退化、重度退化和极度退化高寒草甸(黑土滩)的面积分别占 22.62%、28.26%、18.15%和 30.97%;高寒草原的总面积为 12194.07 万亩,其中未退化、轻中度退化、重度退化和极度退化高寒草原的面积分别占 7.56%、18.49%、30.01%和 43.94%^[3](表 6)。

2.3 高寒草地生态恢复机理

2.3.1 阐明了退化高寒草地人工恢复的生理生态机制
人工植被恢复是改良“黑土滩”型极度退化高寒草地的主要技术措施。建植以垂穗披碱草等乡土植物为主的人工草地,是改良极度退化高寒草地的主要技术措施,可有效提高草地植被的盖度和生物量。混播人工草地存在种间生态位的“补偿机制”,更充分地利用水热和养分资源,其产量和稳定性均高于单播人工草地,但混播人工草地由于种间竞争作用,

表 6 三江源区不同草地类型分坡度面积统计(单位:万亩)

草地类型	P1(坡度<7°)	P2(7° ≤ 坡度<25°)	P3(坡度≥ 25°)	总计
高寒灌丛	61.22	630.59	388.70	1280.50
未退化高寒草甸	2976.38	1976.13	425.57	5378.08
轻中度退化高寒草甸	3305.18	2688.71	727.16	6720.00
重度退化高寒草甸	2869.21	1244.14	203.08	316.44
轻度	1802.30	933.02	168.11	2903.43
黑土滩 中度	1634.94	773.26	131.09	2539.29
重度	1246.30	594.40	79.94	1920.70
未退化高寒草原	573.77	330.69	17.78	922.24
轻中度退化高寒草原	1686.68	551.22	16.35	2254.25
重度退化高寒草原	3071.50	72.74	1.27	3659.46
极度退化高寒草原	4754.77	588.70	14.58	5358.12
高寒荒漠草原	3065.66	405.82	9.46	3480.93
高寒沼泽	244.49	14.50	0.92	259.86

需要通过种植牧草的密度调节、杂草防除、施肥灌水等手段来调控其稳定性^[8]。

2.3.2 厘清了退化高寒草地自然恢复的生态效应

围栏封育有利于改善退化高寒草地的植物群落结构,提高植物群落的盖度和生物量,改变草地植物群落的光合作用速率和叶面积指数,有利于退化草地植物的生物量积累和植被恢复,对轻度和中度退化草地的植物生物量、土壤有机碳储量、土壤微生物量碳有显著提高作用^[9]。

2.3.3 系统分析了退化高寒草地人工恢复的生产—生态—经济效应

人工恢复草地植被盖度(≥ 95%)明显高于退化天然草地,水土流失减少、土壤肥力增加,土壤全氮、全磷、全钾损失量比弃荒地和一年生燕麦地分别减少 71.7%和 92.5%、72.8%和 94.5%、71.4%和 91.9%;饲用植物生物量比例高达 99.0%,粗蛋白的收获量是退化天然草地的 2.6~3.5 倍;混播人工草地产投比、劳动生产率都明显高于燕麦地和退化草地,单位面积净收益比燕麦草地和退化草地高 2505 元/年和 14320 元/年(表 7)。

2.4 高寒草地生态—生产功能提升技术

2.4.1 适宜草种的驯化选育

以海拔 2200~4200m 的野生无芒披碱草为材料,驯化选育出适宜在高寒地区种植的高禾草新品

种——同德无芒披碱草,同时,以 1972 年从美国引种贫花鹅观草为材料,历时 43 年,驯化选育出牧草新品种——同德贫花鹅观草。制定了 2 个牧草新品种的栽培技术规程和种子生产加工技术规程,建立牧草新品种种子繁育基地 8750 亩和 1240 亩,分别累计生产原种 157.57 万 kg 和 19.96 万 kg。

2.4.2 适宜高寒退化草地改良的优良牧草引种筛选及牧草引种区划

通过国内外 17 属 50 种多年生禾本科牧草的多年引种筛选试验^[10],筛选出适宜三江源区草地改良的适宜草种 20 余种,提出垂穗披碱草、同德短芒披碱草、同德老芒麦、青海中华羊茅、同德小花碱茅、青海冷地早熟禾和青海草地早熟禾是当前退化高寒草甸治理的首选草种,垂穗披碱草、同德短芒披碱草、同德小花碱茅和青海冷地早熟禾是当前高寒草原治理的首选草种。参照多年来的牧草引种栽培试验结果,依据气候地理条件,将全省划分为温暖地带豆科牧草种植区、凉温带高禾草种植区、冷凉地带矮禾草种植区 3 个牧草种植大区 and 1 个不宜种草区(图 3)。

2.4.3 混播人工草地群落优化配置方案

在草种筛选试验的基础上,采用上繁草和下繁草、疏丛型和根茎型牧草相互搭配的原则,通过不同品种和比例的混播组合研究,三江源区高寒人工草

表 7 围栏封育和人工草地建设等退化草地生态恢复措施的经济效益

投入及产出(每公顷草地)	多年生人工草地	燕麦地	封育天然草地	未封育天然草地
物化劳动投入(元)				
草种	1800	2700	0	0
化肥	1500	1500	0	0
农药	405	405	405	405
草地基本建设费	150	150	600	600
总计(元)	3855	4755	1005	1005
活动投入(工日)				
畜力、械种	30	90	0	0
除草(农药)、肥	18	12	0	0
灌水	15	15	15	15
割草、打种	45	23	23	0
放牧	0	0	0	270
总计(工日)	108	140	38	285
资金折算(元)	1620	2100	570	4275
物化 + 活动总投入(元)	5475	6855	1575	5280
收入(干草 kg/hm ²)				
干草	20250	42000	11790	8730
籽实	24000	0	0	0
收获畜产品	0	0	0	4320
总收入(干草 kg/hm ²)	44250	42000	11790	13050
资金折算(元)	22125	21000	5895	6525
产投比(元 / 元)	4.0	3.1	3.7	1.2
总收入与物化劳动投入比(元 / 元)	5.7	4.4	5.9	6.5
总收入与活劳动投入比(元 / 工日)	13.7	10.0	10.3	1.4
总收入 / 草地面积(元 / hm ²)	22125	21000	5895	7605
净收入 / 草地面积(元 / hm ²)	16650	14145	4320	2325

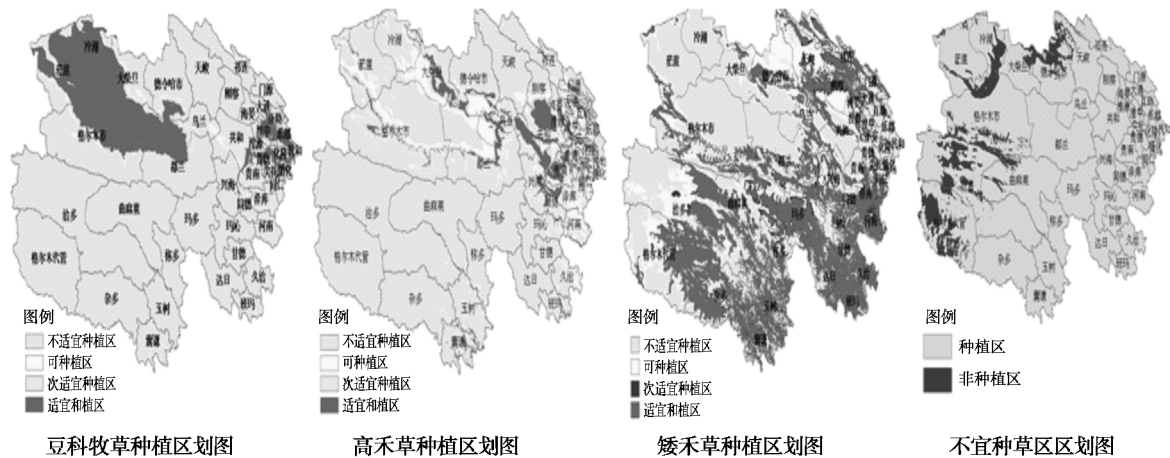


图 3 青海省牧草种植区划图

地生产力高且稳定性好的混播组合是:品种数量以 5 种和 6 种组合为宜,高、矮禾本科牧草混播比例以 1:1 或 3:7 为优。生产—生态性能稳定的混播组合为“垂穗披碱草+青海冷地早熟禾+青海中华羊茅+波伐早熟禾+西北羊茅”和“垂穗披碱草+青海草地早熟禾+青海中华羊茅+青海冷地早熟禾+碱茅+西北羊茅”;生产性能高的刈用型混播组合为“垂穗披碱草(同德短芒披碱草)+青海中华羊茅”,耐牧性强的放牧型混播组合为“垂穗披碱草(同德短芒披碱草)+青海中华羊茅+青海草地早熟禾+青海冷地早熟禾+同德小花碱茅”。

2.4.4 不同退化程度高寒草地分类分级恢复和功能提升技术^[11]

退化高寒草甸修复与功能提升技术 根据草地退化的主要限制因子,提出轻度退化高寒草甸的仿自然恢复技术为:以生物防控为主的鼠害防治、鼠害防治+封育和毒杂草防除+生长季禁牧模式,以降低草地干扰为主的生长季禁牧+轮牧、施肥+封育禁牧、毒杂草防除+施肥+生长季禁牧模式。中度退化高寒草甸的近自然恢复技术为:以提高草地恢复力为目标的鼠害防治+封育、施肥+封育禁牧、毒杂草防除+施肥+禁牧模式,鼠害防治+补播+施肥+禁牧、鼠害防治+补播+毒杂草防除+施肥+禁牧的改良模式。重度退化高寒草甸的半自然半人工恢复技术为:依据地形条件分级治理,坡度小于 7° 且土壤条件较好的重度退化高寒草甸,采用免耕补播或机械翻耕,种植适宜草种,将其改建为半人工草地或人工草地,坡度在 7° - 25° 之间且土壤条件较好的,依据退化程度,采用免耕补播改建为半人工草地,除以上之外的重度退化高寒草甸,采用封育禁牧和鼠害防治的措施,逐步恢复植被及其生态功能。

不同退化草地高寒草原分类恢复技术 轻度退化高寒草原,采用鼠害防治+生长季禁牧、鼠害防治+轮牧、封育禁牧、施肥+封育禁牧、毒杂草防除+施肥+禁牧等措施治理;中度退化高寒草原,采用封育禁牧、鼠害防治+封育、鼠害防治+施肥+封育禁牧、毒杂草防除+施肥+封育禁牧、鼠害防治+免耕补播+施肥+禁牧、鼠害防治+补播+毒杂草防除+施肥+禁牧等措施治理;重度退化高寒草原,采用封育禁牧和鼠害防治+封育禁牧的措施,降低人类和动物干扰,长期自然恢复。

2.5 高寒人工草地群落稳定性维持技术

2.5.1 高寒人工草地生产—生态群落稳定性调控技术

针对三江源区高寒人工草地建植第 3~5 年后开始退化的现状,重点研发了人工草地生产—生态稳定性调控技术,在重度退化高寒草地区域建立了“生产功能提升经营示范型”示范区^[11]。

草地施肥技术 施肥可显著提高禾草类的盖度和地上生物量、降低人工草地杂草类盖度、降低土壤容重和坚实度,促进植物群落的生产功能^[12]。老龄人工草地施肥方案是:单施氮肥 N75-100kg/hm²;单施磷肥 P₂O₅50-75kg/hm²,氮磷合施为 N75kg/hm²+P₂O₅75kg/hm²。

刈割利用技术 三江源区人工草地的利用 2 龄至 3 龄的人工草地为适宜割草期,适宜刈割时间是 8 月 16 日到 8 月 26 日,此时生物量和粗蛋白产量均较高,留茬高度 5cm;4 龄以后以放牧利用为主,放牧时期以 6 月下旬为宜。

放牧利用技术:牧草生长季牦牛最大生产力放牧强度(生态最佳放牧强度)为 7.23 头/hm²,枯草季放牧(10 月—第二年牧草返青前—4 月中下旬)按牧草营养减损和放牧时间折算为 2.68 头/hm²。9.97 头/hm²为垂穗披碱草+星星草混播人工草地牧草生长季放牧的不退化最大放牧强度^[13]。

2.5.2 高寒人工草地分类经营与管理技术模式

针对黑土滩的类型和植被恢复后的利用目标,将黑土滩人工植被分为“刈用型”、“放牧型”和“生态型”人工草地 3 种类型,提出黑土滩人工草地分类经营和管理的技术模式:①放牧型人工草地:鼠害控制+施肥+杂草防除+冬季放牧利用;②刈用型人工草地:鼠害控制+施肥+杂草防除+刈割打草;③生态型人工草地:鼠害控制+围栏封育+施肥。

2.6 高寒草地生态监测技术研发

2.6.1 用于遥感监测和评估高寒草地的基准样地技术

以高寒草地为例,首次在我国草地资源监测中提出该类型的 5 层级基准样地选择方法和技术,第 1 层级是植被生物群区,第 2 层级是土地利用方式层次,第 3 层级是 BOO (best on offer) sites 或干扰体系分类,第 4 层级是研究地点的可靠性历史及研究历史,第 5 层级是实地植被和地况,使草地监测更为

精准,为我国进一步扩大基准样地网络建设提供技术和标准^[14]。

2.6.2 高寒草地营养遥感评价与监测技术

建立了草地营养的高光谱估测模型:在检验多

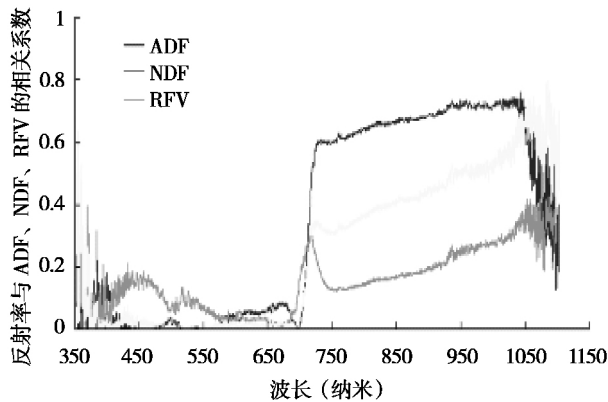


图 4 反射率与 RFV 相关关系

2.6.3 建立了高寒天然草地分类与动态监测支撑信息系统和高寒人工草地建植与管理信息系统

开发了“高寒地区草地分类与动态监测支撑系统 V1.0”和“青藏高原人工草地建植与管理信息系统 V1.0”,完善了高寒人工草地分类与监测、建植与管理等信息管理平台,适用于基层管理者、科研人员通过信息化工具方便地了解这些地区的基本情况 & 放牧系统概况,容易掌握草地分类经营与动态监测基本技术,为高寒草地放牧系统进一步信息化并纳入到国家草畜数字化系统中提供了基础。

3 主要应用与推广

项目实施期间,紧密结合三江源区、青海湖流域、祁连山流域生态治理工程,开展了系统的研究与示范推广,建立不同类型试验示范区 20 万亩,指导推广完成青海省退牧还草及饲草料基地建设 4568.51 万亩,其中:玉树州 1950.41 万亩,果洛州 1323.03 万亩,海南州 478.57 万亩,黄南州 524.5 万亩,海北州 292.0 万亩。指导推广完成退化高寒草地综合治理 1502.47 万亩,其中:三江源区 657.08 万亩,青海湖流域 273.39 万亩,祁连山流域 572.0 万亩。建立同德无芒披碱草和同德贫花鹅观草良种扩繁基地 0.875 万亩和 0.124 万亩,推广面积 78.75 万亩和 9.98 万亩。累计生产同德无芒披碱草和同德贫花鹅观草原种 157.57 万 kg 和 19.96 万 kg。

个草地生产力、营养与光谱数据基础上,建立了草地中性/酸性洗涤纤维(NDF/ADF)、相对饲用价值(RFV)的高光谱评估模型,对高寒草地营养进行遥感评定(图 4 和图 5)。

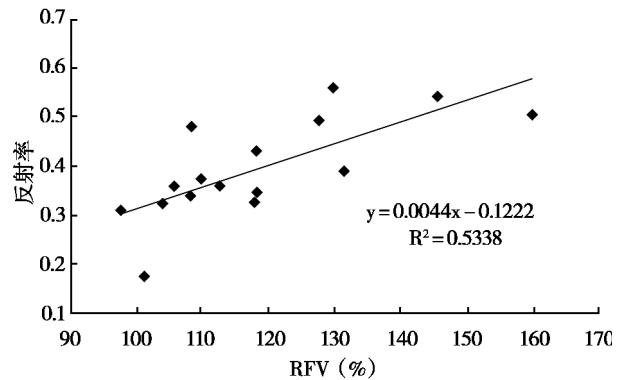


图 5 977nm 处反射率与 RFV 相关关系

4 展望

项目对高寒草地(高寒草甸、高寒草原)退化的自然和人为因素进行了量化研究,提出了高寒草地“退化因素多因子假说”、高寒草地综合评价体系及三维可视化草地退化评价体系,实现了高寒草地退化的驱动因素量化分析与表达和高寒草地退化(健康)程度的量化、可视化表征,为高寒草地的退化防控及恢复治理提供了理论和技术支撑。但在气候变化和人类活动等因素对高寒草地生态系统的作用机制与定量化、精准化方面仍需更加系统地开展长期定位研究,以求客观认知高寒草地生态系统响应全球变化及人类活动的规律与机理,精准揭示不同草地类型、不同环境区域高寒草地退化演替的生态过程及其特征,为高寒草地退化驱动因素的精准控制提供科学依据。

参考文献:

- [1] 周华坤,赵新全,周立,等.层次分析法在江河源区高寒草地退化研究中的应用[J].资源科学,2005,27(4):63-70.
- [2] Dong Quanmin, Zhao Xinquan, Wu Gaolin, et al. A review of formation mechanism and restoration measures of “black-soil-type” degraded grassland in the Qinghai-Tibetan Plateau. Environmental Earth Sciences, 2013, 70 (53): 2359-2370.
- [3] 董全民,尚占环,杨晓霞,等.三江源区退化高寒草地生产生

青海湖裸鲤增殖放流技术集成及示范

史建全 祁洪芳

(青海湖裸鲤救护中心, 西宁 810016)

摘要: 本项目围绕青海湖裸鲤人工增殖放流, 通过繁殖生物学、遗传多样性、淡水人工养殖等多学科的研究, 深刻揭示青海湖裸鲤生命活动基本规律, 在青海湖裸鲤资源的年际变化监测、年龄鉴定比较及资源增长模型研究、人工种群的建立和规模化繁育等技术研究方面取得重大突破。

关键词: 青海湖裸鲤; 人工增殖放流; 技术研究

引言

青海湖是我国面积最大的内陆半咸水湖泊, 1996 年加入《国际湿地保护公约》, 被列为世界上重要湿地, 1997 年被国务院批准为国家级自然保护区, 2007 年被农业部批准为“青海湖裸鲤国家级水产种质资源保护区”。

青海湖裸鲤(以下简称裸鲤)是青海湖中唯一的水生脊椎动物, 处于青海湖鱼鸟共生生态系统的核

心地位, 裸鲤原始资源蕴藏量约 32 万 t。上世纪 50 年代末, 渔业生产开发初期, 产量和渔获物的质量都较高, 60 年代最高年产量达到 2.8 万 t, 到 70 年代年产量逐渐下降到 4000t 左右。70 年代后期以来, 由于气候干旱, 河道来水锐减, 加之在主要产卵河道筑坝截流, 产卵场遭到破坏, 使青海湖鱼产量、渔获物的质量急剧下降, 90 年代年均产量仅为 2263t, 至 20 世纪末, 资源的衰退十分明显, 保护青海湖裸鲤资源是保护青海湖生物多样性的迫切需要。

- 态功能提升与可持续管理 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2017.
- [4] Zhou Huakun, Zhou Li, Zhao Xinquan, et al. Stability of alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(3): 320-327.
- [5] 周华坤, 姚步青, 于龙, 等. 三江源区高寒草地退化演替与生态恢复 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [6] Wu Gaolin, Ren Guohua, Dong Quanmin, et al. Above-and belowground response along degradation gradient in an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau. Clean-Soil, Air, Water, 2014, 42(3): 319-323.
- [7] Li Yuanyuan, Dong Shikui, Wen Lu, et al. Three-dimensional framework of vigor, organization, and resilience (VOR) for assessing rangeland health: A case study from the alpine meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. EcoHealth, 2013, 10(4): 423-433.
- [8] 董世魁, 胡自治, 龙瑞军, 等. 高寒地区多年生禾草混播草地的群落学特征研究 [J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 20-25.
- [9] 董世魁, 温璐, 李媛媛, 等. 青藏高原退化高寒草地生态恢复的植物-土壤界面过程 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [10] 施建军, 马玉寿, 董全民, 等. “黑土型”退化草地优良牧草筛选试验 [J]. 草地学报, 2007, 15(6): 543-555.
- [11] 董世魁, 蒲小鹏, 胡自治, 等. 青藏高原人工草地生产-生态范式 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [12] 施建军, 洪绶曾, 马玉寿, 等. 施肥和杂草防除对三江源区人工草地群落特征的影响 [J]. 草地学报, 2011, 19(5): 724-728.
- [13] 董全民, 赵新全, 李世雄, 等. 基于高寒草地放牧系统次级生产力的优化放牧强度研究 [J]. 草地学报, 2014, 22(5): 919-923.
- [14] 尚占环, 龙瑞军, 马玉寿. 青藏高原江河源区生态环境安全问题分析与探讨 [M]. 草业科学, 2007, 24(3): 1-7.
- [15] 董全民, 马玉寿, 许长军, 等. 三江源区黑土滩退化草地分类分级体系、分布及分类恢复研究 [J]. 草地学报, 2015, 23(3): 441-447.
- [16] 董全民, 施建军, 马玉寿, 等. 人工调控措施下黑土滩人工草地的经济及生态效益分析 [J]. 草地学报, 2011, 19(2): 195-201.