

土壤沙化度对再生植物群落特征及草地生产能力的影

响

任雪¹,郭碧花¹,刘金平^{1*},游明鸿²,曾晓琳¹

(1. 西华师范大学生命科学学院,四川 南充 637009;2. 四川省草原科学研究院,四川 成都 611731)

摘要:【目的】分析土壤沙化度对草地再生植物群落特征及生产能力的影响,为川西北高寒沙化草地的植被修复与重建提供借鉴。【方法】选择植被破坏的4个沙化土地(ND未沙化、LD轻度、MD中度和HD重度),经4年种子自由迁入与自然竞争生长后,测定再生植被群落结构和优势种特点、功能群草种重要值和产量贡献率等指标。【结果】1)土壤沙化度对再生植物群落特征参数影响为基盖度>投影盖度>群落高度>群落密度>物种数,对优势种种类、种数与高度均有显著影响($P<0.05$)。2)土壤沙化度对再生群落中功能群草种重要值及草地生产力有显著影响($P<0.05$),重要值受影响为豆科草类>莎草类>杂类草类>禾草类,产量和贡献率受影响为莎草类>杂类草类>豆科草类>禾草类。LD、MD和HD产量和贡献率最大的分别为禾草类、杂类草类和豆科草类。3)土壤未沙化和轻度沙化草地具有植被自我修复和再生能力,中重度沙化土壤的再生群落结构简单、生产力较低。【结论】川西北高寒草地沙化土地均可形成再生植被,土壤沙化度影响再生植被群落特征和草地生产性能,需依土壤沙化度采取相应的草地复壮技术。

关键词:草地;沙化度;群落特征;优势种;产量

中图分类号:S812.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)02-0022-07

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2023.02.003



川西北高原地处青藏高原东缘,是典型的高寒生态脆弱地带^[1]和国家重点生态功能区^[2],因气候变暖、超载过牧、不合理利用及生态补偿机制缺乏,该区“两化三害”草地占比达73.80%,其中严重退化、沙化的160万hm²草地需进行复壮与治理。草地沙化是草地土壤团粒结构破坏、理化性状衰退、供水供肥能力下降的外在表现,也是植物群落特征改变,导致水土流失使土壤性状恶化的结果。公路修建等基础设施建设中,常因车辆临时性通行或建筑材料堆放,引起不同沙化度草地植被碾压性损伤或破坏。对受损植被修复与草地复壮是实现“生态优先,绿色发展”目标而

必须实施的环节。

沙化土壤对扩散迁入种子的滞留能力,对植物生长所需资源的供给能力,植物对沙化生境的适应方式、生长策略和对沙化土壤的改造能力,决定着沙化草地的自我修复潜力与自然演替方向。土壤与植物相互适应与相互作用是草地形成相对稳定植物群落及生产力的主要动力。诸多学者对沙化草地的土壤结构和水分渗透等物理属性及土壤养分有效性、土壤微生物属性开展系列研究^[3-5],认为沙化草地土壤养分流失、群落多样性下降、生产力减退^[6-8],引起植物群落高度、植被盖度与物种丰富度下降而毒杂草比例上升,改变群落特征和降低草地生产力^[9-12]。但对植被完全破坏的草地修复或植被重建技术研究较少,沙化草地治理技术规范(DB15/T 1878—2020)未涉及受损植被再生技术要点。盲目引进外来植物进行植被重建,可能引发生物入侵等生态问题。故开展不同沙化度草地的植被自然修复能力及再生群落组成研究,

收稿日期:2022-01-30;**修回日期:**2022-03-21

基金项目:四川省交通运输科技项目(2019-ZL-19)

作者简介:任雪(1994-),女,四川南部人,硕士研究生。

E-mail:782615449@qq.com

*通信作者。E-mail:jpgg2000@163.com

分析土壤沙化度与再生植物群落特征及功能群草种的关系,对沙化草地治理、受损植被恢复和草地生产力提升具有重要意义。

土壤理化性质决定了植物可利用营养物质的数量及存在形式,存留植物种类与数量反映了植物对基质的适应能力与生存策略。本研究选取因工程车辆临时通行碾压,造成植被完全破坏的4个不同沙化程度的高寒草地为研究对象,通过浅层翻耕处理,经4年种子自由迁入与植物自然竞争生长后,测定植物群落特征参数和功能群草种产量贡献率等参数,分析沙化土地类型对草种多样性、优势种种类、功能群草种重要值与产量的影响,探究沙化土地类型与再生植被群落特征、草地生产力与生态功能的关系,为受损植被重建、防风治沙植物筛选、沙化草地治理及生态系统修复提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于四川省阿坝州红原县邛溪镇二农场附近进行, E 102°32', N 32°46', 为大陆性高原温带季风气候, 海拔 3 497 m, 年均温 1.1 °C, 极端高温 23.5 °C, 极端低温 -33.8 °C, 年降水量 738 mm, 相对湿度 71%, 年积温 865 °C, 年辐射量 (20.93~29.30) × 10⁶ kJ/m²。草地类型为高寒草甸, 植被类型主要为禾草—嵩草—杂类草草甸。

1.2 试验设计

于2017年7月, 依国家标准(GB 19377-2003), 参照未碾压区域的植被盖度, 分为未沙化(non desertification, ND, 盖度 90%)、轻度沙化(light desertification, LD, 盖度 70%)、中度沙化(moderate desertification, MD, 盖度 45%)和重度沙化(heavy desertification, HD, 盖度 10%) 4个沙化土地类型草地, 多次被临时工程车辆碾压后的车辙里, 原生植被彻底破坏。在沙化土地类型草地对应车辙里, 各划定6个4 m × 2 m样方, 进行20 cm浅层翻耕、除杂、平整处理。未进行其他人为干扰, 经4年种子自由迁入与植物自然竞争生长后, 进行试验指标测定。

1.3 测定项目及方法

群落特征: 抛置0.5 m × 0.5 m样方10次, 测样方

内所有植物的种类和枝条数, 单位面积的枝条数为群落密度, 单位面积内植物种数为物种数; 随机测样方内植株自然高度50次, 均值为群落高度; 网格法测所有植物对地表的覆盖度为投影盖度; 以离地面2.54 cm高度断面的植物基部的覆盖面积为基盖度; 参照郭倩^[13]的方法, 统计群落中盖度占总投影盖度20%以上的植物种为优势种, 统计优势种数; 以第1优势种自然高度为优势种高度。

功能群草种: 针刺法100次, 测样方内禾草类、莎草类、豆科草类和杂类草类4个功能群草种的频度。

相对频度 = (该类频度 / 所有种频度) × 100%

测4个功能群草种的盖度, 相对盖度 [= (该类盖度 / 群落盖度) × 100%]; 测4个功能群草种密度, 相对密度 [= (该类密度 / 群落密度) × 100%]; 计算重要值 [= (相对密度 + 相对频度 + 相对盖度) / 3]。

测样方内植物齐地刈割后, 按4个功能群草种分类, 分别装袋于105 °C下杀青0.5 h后, 75 °C下烘至恒重, 称干重, 换算成单位面积干重为功能群草种干草产量, 计算产量贡献率。

产量贡献率 = 功能群草种产量 / 4个功能群草种总产量 × 100%

1.4 数据分析

采用SPSS 19.0软件统计分析, 用平均值和标准误标识测定结果, 进行单因素方差分析, 并用SNK法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 沙化度对再生植物群落的影响

2.1.1 群落特征 沙化度对再生植物群落特征有极显著影响($P < 0.01$) (表1), 随沙化度增加再生植物群落密度、投影盖度和基盖度均显著逐步下降, 群落高度与物种数先增加后降低($P < 0.05$)。沙化度对再生群落特征影响大小为基盖度 > 投影盖度 > 群落高度 > 群落密度 > 物种数。LD、MD和HD下再生群落密度、投影盖度和基盖度为ND的72.73%、48.20%、24.26%, 78.72%、39.89%、9.98%, 67.11%、33.34%、6.66%。LD的再生群落密度、投影盖度和基盖度显著低于ND, 而物种数比ND增加61.61%, 群落高度增加70.49%。MD的再生群落高度是ND

的 2.03 倍,物种数与 ND 相近,群落密度比 ND 低 51.80%,基盖度与投影盖度仅为 LD 的 1/2。HD 的再生群落高度和物种数最低,群落密度不足 ND 的 1/4,基盖度与投影盖度不足 ND 的 1/10。

表 1 土壤沙化度对再生植物群落特征的影响
Table 1 Effect of soil desertification degree on the characteristics of regenerated plant community

沙化度	群落密度/(枝·m ⁻²)	群落高度/cm	物种数	投影盖度/%	基盖度/%
未沙化 ND	1 324.36±96.33 ^a	7.15±3.38 ^c	8.12±0.32 ^b	96.86±2.64 ^a	48.62±2.63 ^a
轻度 LD	963.24±62.17 ^b	12.19±7.52 ^b	13.09±1.03 ^a	76.25±3.18 ^b	32.63±5.27 ^b
中度 MD	638.37±46.22 ^c	14.53±9.04 ^a	8.36±0.24 ^b	38.64±4.31 ^c	16.21±2.07 ^c
重度 HD	321.25±13.29 ^d	3.25±4.23 ^d	4.33±0.04 ^c	9.67±0.25 ^d	3.24±0.16 ^d
<i>F</i>	113.25	123.24	96.52	377.14	411.08
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:同列不同小写字母,表示沙化度间差异显著($P<0.05$)。下同

2.1.2 优势种 沙化度对再生植物群落的优势种种类、种数与高度有显著影响($P<0.05$)(表 2)。ND 和 LD 的优势种高度显著低于再生群落高度,优势种种数占总物种数的 28.33% 和 27.50%。MD 下优势种高度大于群落高度,优势种种数占物种数的 44.26%。HD 下优势种高度小于群落高度,优势种数占物种数的 53.11%。虽 ND 和 HD、MD 和 HD 间优势种种数无差异,但随沙化度增加优势种数占群落物种数的比例逐渐增加,优势种对群落特征的影响逐步增大。

沙化度对再生植物群落的优势种种类有极显著影响($P<0.01$)(表 2),除高山嵩草在 ND 与 LD 再生

群落中为共同优势种外,不同沙化度草地再生群落的优势种均不同。高山嵩草在 ND 再生群落中盖度达 46%,为第 1 优势种,在 LD 再生群落中盖度占总盖度的 28%,第 2 优势种。而 LD、MD、HD 的第 1 和第 2 优势种分别为匍匐型蔷薇科鹅绒委陵菜和垫状莎草科高山嵩草、直立型毛茛科草玉梅和直立型十字花科菥蓂、根茎型禾本科赖草和匍匐型豆科地八角。4 个沙化度再生群落中禾本科均为优势种,但随沙化度增加禾本科优势种种类不同,优势种种类和盖度比例差异使不同沙化草地再生植被外观和群落特征不同。

表 2 再生植物群落的优势种
Table 2 Dominant species of regenerated plant community

沙化度	优势种种类(盖度比例)	优势种种数	优势种高度/cm
未沙化 ND	高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i> (46%)+三穗苔草 <i>Carex tristachya</i> (31%)+早熟禾 <i>Poa annua</i> (22%)	2.30±0.03 ^b	5.68±0.64 ^b
轻度 LD	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> (41%)+高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i> (28%)+薹草 <i>Phalaris arundinacea</i> (21%)	3.60±0.04 ^a	4.37±2.11 ^c
中度 MD	草玉梅 <i>Anemone rivularis</i> (32%)+菥蓂 <i>Thlaspi arvense</i> (31%)+垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> (24%)	3.70±0.04 ^a	21.24±3.54 ^a
重度 HD	赖草 <i>Leymus secalinus</i> (48%)+地八角 <i>Astragalus bhotanensis</i> (32%)+藏茴香 <i>Carum carvi</i> (21%)	2.30±0.03 ^b	2.63±0.33 ^d
<i>F</i>	—	7.12	213.21
<i>P</i>	—	0.041	<0.001

2.2 沙化度对再生群落中功能群草种的影响

2.2.1 重要值 沙化度对再生植物群落中 4 个功能群草种重要值有极显著影响($P<0.01$)(表 3),随沙化度增加莎草类重要值显著下降,杂类草类与豆科草类显著增

加($P<0.05$),禾草类快速增加又降低。沙化度对功能群草种重要值影响大小为豆科草类>莎草类>杂类草类>禾草类。LD、MD、HD 再生群落中豆科草类、莎草类、杂类草类和禾草类重要值分别为 ND 的 729.80%、1

864.42%、3 998.08%、47.16%%、25.32%%、4.76%%, 729.22%、1 273.97%、1 060.73% 和 189.43%、175.55%、164.82%。ND 再生群落中莎草类重要值达 77.89%,为单一建群种,LD、MD、HD 再

生群落中 4 个功能群草种重要值均低于 42%,为共建种。不同沙化度土壤再生群落的共建种重要性不同,LD 再生群落中莎草类和禾草类占优,MD 4 个功能群草种相对均衡,HD 则豆科草类和禾草类占优。

表 3 土壤沙化度对再生群落中功能群草种重要值的影响

Table 3 Effect of soil desertification degree on the important value of functional group grass species in regenerative community

沙化度	莎草类/%	禾草类/%	豆科草类/%	杂类草类/%
未沙化 ND	77.89±3.62 ^a	19.39±1.22 ^c	1.04±0.02 ^d	2.19±0.87 ^d
轻度 LD	36.73±3.01 ^b	36.73±2.16 ^a	7.59±1.01 ^c	15.97±1.32 ^c
中度 MD	19.72±1.21 ^c	34.04±3.64 ^{ab}	19.39±3.12 ^b	27.90±0.06 ^a
重度 HD	3.71±0.08 ^d	31.96±4.23 ^b	41.58±3.26 ^a	23.23±3.22 ^b
<i>F</i>	92.18	7.13	186.37	63.26
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2.2 产量 沙化度对再生植物群落总产量和 4 个功能群草种产量均有极显著影响($P<0.01$)(表 4),随沙化度增加再生群落的总产量不断下降($P<0.05$),LD、MD、HD 再生群落的总产量分别比 ND 低 7.14%、48.62%、76.38%,但 LD 和 MD 再生群落的总产量无显著差异。沙化度对功能群草种产量影响大小为莎草类>杂类草类>豆科草类>禾草类。LD、MD、HD 下莎草类、杂类草类、豆科草类和禾草类产量

为 ND 的 52.52%、1.13%、0.32%、541.24%、981.35%、253.15%、174.77%、283.49%、1 078.50%、104.36%、44.04%、16.89%,仅禾草类产量在 ND 和 LD 间无显著差异,其他功能群草种产量在再生群落间有显著差异($P<0.05$)。LD 再生群落中杂类草类产量显著高于 ND 而禾草类产量几无差异。MD 再生群落中莎草类产量低于 ND、LD 而杂类草类达最大值,HD 再生群落中豆科草类产量达最大值。

表 4 再生群落中功能群草种产量

Table 4 Yield of functional group grasses in regenerated community

沙化度	产量/(g·m ⁻²)				总产量/(g·m ⁻²)
	禾草类	莎草类	豆科草类	杂类草类	
未沙化 ND	213.71±11.21 ^a	194.31±31.14 ^a	3.21±0.02 ^d	11.42±0.79 ^d	422.60±7.65 ^a
轻度 LD	223.03±20.12 ^a	102.02±13.21 ^b	5.61±1.24 ^c	61.81±3.39 ^b	392.41±12.31 ^a
中度 MD	94.12±13.34 ^b	2.21±0.12 ^c	9.10±0.52 ^b	112.07±5.26 ^a	217.31±20.02 ^c
重度 HD	36.11±5.26 ^c	0.63±0.03 ^d	34.62±3.38 ^a	28.91±3.18 ^c	100.22±11.38 ^d
<i>F</i>	14.11	276.37	29.48	95.39	47.11
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2.3 产量贡献率 沙化度对 4 个功能群草种产量贡献率均有极显著影响($P<0.01$)(表 5),随沙化度增加莎草类产量贡献率不断下降,豆科草类贡献率逐步增大,禾草类和杂类草类先增后降($P<0.05$)。沙化度对功能群草种产量贡献率影响大小为莎草类>豆科草类>杂类草类>禾草类。莎草类贡献率在 ND 再生群落中为 45.98%,在 LD 中贡献率比 ND 下降了

43.48%,在 MD 和 HD 中贡献率仅 1% 左右。禾草类在 ND 和 LD 再生群落中产量贡献率>50%,在 MD 和 HD 中仍维持较高贡献率,禾草对草地产量贡献率较其他功能群草种最为稳定。莎草类贡献率在 ND 再生群落中最大,禾草贡献率在 LD 中最大,杂类草类在 MD 中最大,豆科草类在 HD 中最大。

表 5 再生群落中功能群草种的产量贡献率
Table 5 Yield contribution rate of functional group grasses in regenerated community

沙化度	产量贡献率/%			
	禾草类	莎草类	豆科草类	杂类草类
未沙化 ND	50.57±11.22 ^b	45.98±1.85 ^a	0.75±0.01 ^d	2.70±0.27 ^d
轻度 LD	56.83±20.16 ^a	25.99±3.05 ^b	1.43±0.04 ^c	15.75±1.34 ^c
中度 MD	43.26±5.61 ^c	1.01±0.04 ^c	4.19±0.32 ^b	51.54±4.03 ^a
重度 HD	36.03±4.27 ^d	0.59±0.03 ^d	34.53±4.27 ^a	28.84±2.82 ^b
F	6.37	129.18	96.54	68.81
P	<0.001	0.002	<0.001	<0.001

3 讨论

土壤是理化性质极其复杂的生态系统,土地沙化程度决定着土壤结构性、通气性、渗透性、吸附性、缓冲性及稳定性等功能性状。沙化草地的地面抗冲刷和地下根系截流能力下降^[14],长期水蚀、风蚀和家畜践踏,致使土壤中粉粒比例下降而砂粒比例增加,改变了土壤质地及水、养、气、热等非生物类生境因子^[15],随土地沙化度增加,土壤含水量与有机质及有效 N、P、K 含量不断下降^[16]。直接决定车辆辗轧形成的车辙区植被再生的水分和养分基础。土壤沙化度与有机质含量呈正相关^[17],包含有机质单粒的土壤团聚体对土壤微生物和酶的活性有重要作用^[18],有机质含量降低破坏了土壤团聚体组成、数量和稳定性^[19],影响了土壤的生物类生境因子。车辆辗轧导致原生植被破坏和土壤板结,也对土壤有机质含量及微生物产生了影响。不同沙化度土壤生物与非生物因子存在差异,使植物在迁入、萌发、生根及生长时,可用生境资源数量与质量不同,遭遇贫瘠和干旱等生境胁迫的潜在风险、频度和强度不同。

受损草地植被自我修复与再生,依赖自身土壤种子库与扩散迁入种子的种类与数量。草地退化对种子库的种子密度和物种丰富度的影响^[20],土壤沙化对种子滞留能力和萌发率及存活率的影响,使不同沙化度草地再生植物群落的物种数差异显著。轻度沙化土壤主要降低了含水量,多种生活型植物均可生长,故物种数最大,与轻度退化高寒草地可增加物种丰富度一致^[21],且形成盖度较大与原生草地外貌特征相似的再生群落。中度沙化土壤理化性状均降低,形成以直立型、深根系植物为优势种的再生群落。重度沙化土壤的供水供肥能力几近崩溃,仅形成结构简单,物

种数、群落密度和盖度均极低的耐沙再生植物群落,未提高土壤截留水肥能力与抗侵蚀能力,易引起土壤输入碳减少与粉粒流失^[18],导致群落结构破坏、内部环境恶化^[22]和土壤荒漠化。中重度沙化土壤有机质流失严重,使土壤质地、水热条件和生物活动恶化,引起有效 N 和碱解 N 等养分的流失^[7,23],适量追施有机肥是提高中重度沙化土壤自我修复能力和提高再生植被群落生态功能的有效措施。

土壤与植被的相互关系是决定群落构建、生产力形成、维持系统稳定性及生物多样性的关键因素。优势种对群落结构和群落环境的形成有决定作用,不同沙化基质再生群落中优势种种类、种数与高度及占物种数的显著差异,加之优势种株丛类型、分蘖能力、拓展能力与竞争力不同,使不同沙化度基质再生植物群落外观和群落特征有显著差异。优势种关键功能属性及功能类型组成决定着植物群落功能特征,优势种可反映地上部分与表层土壤的碳储量^[23],功能群可简化物种功能研究的复杂性^[24]。依据研究目标不同,可按草地植物生活型、生态型、生产型等方法划分功能群,常用禾草类、莎草类、豆科草类和杂类草类 4 类功能群,进行高寒草地健康程度评价和生产力评估^[25]。

4 类功能群在不同沙化土壤再生群落中盖度、密度和频度差异显著,因株丛类型、物候期、茎叶性状、生活史、营养成分及适口性差异,使不同沙化土壤再生群落的外观特征、生态性能及生产能力不同。随土壤沙化度增加,再生群落中莎草类重要值和产量降低,而杂类草类重要值和产量增加,与诸多草地退化降低植物群落生产力的研究结果相似^[12,22]。功能群草种产量与贡献率,一定程度上可反映土壤沙化度对再生草地群落产量组成与饲用价值的影响,但沙化草地中毒害草占比增加,也会影响再生群落的生产性能。

本研究中禾草类重要值、产量及贡献率受土壤沙化度影响较小,是构成再生群落生产力最稳定的功能群。但再生群落中禾草种类及优势度不同,早熟禾、藜草、垂穗披碱草和赖草的生长方式、生产性能、营养成分及适口性差异极大,仅以地上干草产量及贡献率,难以体现地下根系的防沙能力及草地产量品质^[26]。沙化土壤受损植被修复与草地复壮,要现实草地生产、生态及景观功能,故构建植被功能群划分与评价的科学体系,对功能群进行量化测定、合理权重与系统优化,才能全面、准确的评价再生植物群落的实际功能。

4 结论

川西北高寒草地水热条件较好,受损植被均可自我修复再生。土壤沙化度越重再生植物群落密度、盖度及物种多样性越低,土壤沙化度对再生群落外观特征及优势种种类有显著影响($P < 0.05$)。土壤沙化度越重再生群落中莎草类、禾草类重要值、产量及贡献率越低,土壤沙化度对功能群草种重要值及草地生产力有显著影响($P < 0.05$)。未退化和轻度沙化土壤可自我修复和重建受损植被,中重度沙化土壤需追施有机质、补播乡土禾草,可提高再生群落结构和草地生产功能。

参考文献:

- [1] 于伯华,吕昌河. 青藏高原高寒区生态脆弱性评价[J]. 地理研究,2011,30(12):2290—2295.
- [2] 骆建国,郑文靖. 川西北草地沙漠化现状与防治对策研究[J]. 四川林业科技,2006,27(1):63—66.
- [3] 朱昊,柯梅,李子森,等. 放牧对蒿类荒漠草地植物群落和土壤理化性质的影响[J]. 草原与草坪,2017,37(4):68—73.
- [4] Zong N, Shi P L. Soil properties rather than plant production strongly impact soil bacterial community diversity along a desertification gradient on the Tibetan Plateau[J]. Grassland and Science,2020,66(4):197—206.
- [5] 费凯,胡玉福,舒向阳,等. 若尔盖高寒草地沙化对土壤活性有机碳组分的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(5):327—330.
- [6] 蒋双龙,胡玉福,蒲琴,等. 川西北高寒草地沙化过程中土壤氮素变化特征[J]. 生态学报,2016,36(15):4644—4653.
- [7] 朱灵,李易,杨婉秋,等. 沙化对高寒草地土壤碳、氮、酶活性及细菌多样性的影响[J]. 水土保持学报,2021,35(3):350—358.
- [8] 尤全刚,薛娴,彭飞,等. 高寒草甸草地退化对土壤水热性质的影响及其环境效应[J]. 中国沙漠,2015,35(5):1183—1192.
- [9] Fornara D A, Tilman D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation[J]. Journal of Ecology,2008,96(2):341—322.
- [10] 纪磊,干友民,罗元佳,等. 川西北不同退化程度高山草甸和亚高山草甸的植被特征[J]. 草业科学,2011,28(6):1101—1105.
- [11] Lehnert L W, Meyer H, Wang Y, *et al.* Retrieval of grassland plant coverage on the Tibetan Plateau based on an multi-scale, multi-sensor and multi-method approach[J]. Remote Sensing of Environment,2015,164:197—207.
- [12] Wang X X, Dong S K, Yang B, *et al.* The effects of grassland degradation on plant diversity, primary productivity, and soil fertility in the alpine region of Asia's headwaters[J]. Environmental Monitoring & Assessment,2014,186(10):6903—6917.
- [13] 郭倩. 草地群落植物种等级划分及重要值方法改进[D]. 兰州:兰州大学,2017:68—75.
- [14] 周丽,张德罡,负旭江,等. 退化高寒草甸植被与土壤特征[J]. 草业科学,2016,33(11):2196—2201.
- [15] 周华坤,赵新全,温军,等. 黄河源区高寒草原的植被退化与土壤退化特征[J]. 草业学报,2012,21(5):1—11.
- [16] 毛芮,郭碧花,刘金平,等. 寒区公路不同坡度护坡土壤性状和群落特征及功能群差异[J]. 草地学报,2022,30(6):1150—1157.
- [17] 陈乐乐,施建军,王彦龙,等. 高寒地区不同退化程度草地群落结构特征研究[J]. 草地学报,2016,24(1):210—213.
- [18] 李秋嘉,薛志婧,周正朝. 宁南山区植被恢复对土壤团聚体养分特征及微生物特性的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(1):137—145.
- [19] 马丽. 红原高寒沙化草地土壤特征及其与地形因子的关系研究[D]. 绵阳:西南科技大学,2021.
- [20] 赵晓男,唐进年,樊宝丽,等. 高寒地区不同程度沙化草地土壤种子库特征[J]. 草业科学,2020,37(12):2431—2443.
- [21] 王合云,郭建英,董智,等. 退化程度对大针茅草原植物群落结构特征及物种多样性的影响[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(3):106—111.

- [22] 张静,李希来,王金山,等. 三江源地区不同退化程度草地群落结构特征的变化[J]. 湖北农业科学,2009,48(9):2125—2129.
- [23] Lin D M, Anderson-Teixeira K J, Lai J S, *et al.* Traits of dominant treespecies predict local scale variation in forest aboveground and topsoil carbonstocks[J]. Plant and Soil, 2016,409(1/2):435—446
- [24] 王国杰,汪诗平,郝彦宾,等. 水分梯度上放牧对内蒙古主要草原群落功能群多样性与生产力关系的影响[J]. 生态学报,2005,25(7):1649—1656.
- [25] 姜炎彬,张扬建. 西藏天然草地植物功能群分布的初步研究[J]. 植物科学学报,2016,34(2):220—229.
- [26] 聂学敏,芦光新,鲁子豫,等. 不同沙化高寒草地植物群落结构特征及土壤理化特性研究[J]. 草原与草坪,2016,36(4):73—77.

Effects of soil desertification degrees on characteristics of regenerated plant communities and grassland productivity

REN Xue¹, GUO Bi-hua¹, LIU Jin-ping^{1*}, YOU Ming-hong², ZENG Xiao-lin¹

(1. School of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637009, China; 2. Academy of Sichuan Grassland Science, Chengdu 611731, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to understand the problem of restoration and reconstruction of damaged vegetation in Northwest Sichuan Alpine Grassland by analyzing the influence of soil desertification degree on the characteristics and productivity of grassland regeneration plant community. The research could provide reference for vegetation restoration and reconstruction. 【Method】 Four levels of soil desertification (ND non, LD light, MD moderate and HD heavy desertification) of vegetation destruction were selected as sample plots. The effects of soil desertification degrees on characteristics of regenerated plant communities and grassland productivity were studied after four years of free movement of seeds and natural competition of plants, by determined regenerated vegetation community structure, the dominant species characteristics, as well as the grass species important value and yield contribution rate of the functional groups species. 【Result】 1) The influence of soil desertification degree on the characteristic parameters of regenerated plant community was base coverage > projection coverage > community height > community density > species density. All those had a significant effect on the species, number and height of dominant species ($P < 0.05$). 2) The degree of soil desertification had a significant effect on the important value of grass species and grassland productivity of functional groups in the regenerated community ($P < 0.05$). The important value was affected by legumes > sedges > forbs > grasses, and the yield and contribution rate were affected by sedges > forbs > legumes > grasses. The largest yield and contribution rate were grasses, forbs and legumes at LD, MD and HD, respectively. 3) ND and LD soils had the ability of self repair and regeneration of vegetation, and the regenerated community in MD and HD soil had simple structure and low productivity. 【Conclusion】 Sandy land could form corresponding regenerated vegetation, and soil desertification degree affected the characteristics of regenerated vegetation community and grassland production performance. Therefore, corresponding grassland rejuvenation techniques need to be adopted based on soil desertification degree.

Key words: grassland; desertification degree; community characteristics; dominant species; yield