

植生粒对三江源退化高寒草地植物群落组成及生物量的影响

王学朋¹,王婧²,刘文琦¹,刘敏婷²,赵鹏鹏¹,李振华²,李鹏飞¹,刘容²,
赵心笛²,路佳音²,柴琦^{2*}

(1. 中建铁路投资建设集团有限公司,北京 102600;2. 兰州大学草地农业科技学院,
甘肃 兰州 730020)

摘要:【目的】近年来,由于气候变暖和超载过牧,三江源高寒草地出现退化,导致源区生态环境恶化,草地植被多样性和生物量降低,而补播是恢复草地退化常用的有效方法之一,植生粒适用于高寒草原近自然补播恢复,本研究通过探究植生粒对三江源区高寒草地植物组成及生物量的影响,从而为高寒退化草地的恢复及可持续利用提供科学依据。【方法】以三江源退化高寒草地为研究对象,利用组成比例不同的植生粒对其进行补播。【结果】补播5种配方植生粒均增加了以蒿草类植物为优势种的群落重要值,提高了物种数量、植被盖度,并提高了除C处理外的群落的Shannon-wiener多样性指数,降低了Pielou均匀度指数。补播组成为15g草种、8.5g复合肥和71.5g凹凸棒土的植生粒可以更好地促进豆科植物的生长,该配方处理下豆科植物的生物量增加量为8.35g/m²;补播15g草种、15g复合肥和65g凹凸棒土的植生粒显著增加了禾本科植物地上生物量、莎草科植物地上生物量,增加量分别为3.6和8.95g/m²,降低了豆科植物地上生物量,说明该植生粒可以更好地促进禾本科和莎草科植物的生长。【结论】添加植生粒对恢复退化高寒草地植被多样性,增加牧草产量具有重要意义。

关键词:高寒草地;植生粒;重要值;生物量;多样性指数

中图分类号:S812 文献标志码:A 文章编号:1009-5500(2024)01-0022-07

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.01.003



三江源地区通常指89°~103°E、31°~37°N范围内的区域,位于青海省南部,处于青藏高原腹地^[1],是长江、黄河和澜沧江三大河流源区水资源的重要供给地^[2],受地貌和气候的影响,该地区形成了独特的高山植被生态系统,植被水平和垂直地带性十分明显,是全球高海拔生物多样性最集中的地区之一^[3],该区生态系统具有特殊性、复杂性和敏感性,是生态保护的重点区域^[4]。高寒草地作为三江源重要的生态系统之

一^[5],具有分布范围广,异质性大,易遭受破坏等特点^[6]。近年来,由于受到全球气候变暖和人类活动等因素的影响,三江源地区的高寒草甸生态系统不断地退化,具体表现为珍稀动植物消失,植被群落结构组成改变和恶化、牧草产量降低等^[7],甚至出现了大面积的“黑土滩”^[8],这使得源区生态环境愈加恶劣,严重威胁到人类的生存和发展。

目前针对退化草地的修复措施主要有围栏封育、施肥、补播以及人工草地建植等^[9]。其中人工补播能够有效地提高可食用牧草的比例,有研究表明,相比于单一地进行围栏封育,封育后再补播是一种更为有效的“黑土滩”退化草甸改良恢复措施^[10]。

植生粒(seed fertilizer clays)是一种集种子、养分与粘土等为一体的团聚体,它可以增加种子的重量,提高播种均匀度,有效地趋避鸟、鼠、兔等危害,增强

收稿日期:2023-03-09;修回日期:2023-10-13

基金项目:CZ铁路生态脆弱地带高寒草甸恢复技术研究项目(CSCEC-2021-S-2)

作者简介:王学朋(1990-),男,河北唐山人,工程师,硕士。

E-mail:734758777@qq.com

*通信作者。E-mail:chaiqi@lzu.edu.cn

种子抗旱能力,延长种子生命力,提高播区成苗率。补播时使用植生粒可以减少退化高寒草地的耕作次数,解决草种补播时种子随风飘移、落地稳定性差、播种准确性及发芽率低、整齐度低、根系弱等问题。目前关于利用植生粒进行补播来恢复退化草地的研究很少。

因此,本研究以青海省贵南县退化高寒草地添加植生粒为切入点,系统比较并分析不同组成比例植生粒对退化草地植被恢复及群落多样性的影响,以期为高寒草地生物多样性的保护和恢复及可持续利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验区位于青海省海南藏族自治州贵南县(100°13'~101°33'E,35°09'~36°08'N),境内平均海拔3400~4000 m。该地区属于高原大陆性气候,年平均气温为2.3℃,极端最高气温31.8℃,极端最低气温-29.2℃,≥0℃年积温为1667.8℃,平年均日

照时数为2907.8 h,年均降水量为403.8 mm,平均蒸发量为1378.5 mm,降水较为集中,雨热同季。该地区土壤质地为壤土,大多呈微碱性或碱性。主要草地类型为高寒草甸,常见植物共289种,隶属52科,以禾本科、莎草科、豆科、蔷薇科和藜科为主,主要植物有藏北嵩草(*Kobresia humilis*)和矮生嵩草(*K. littledalei*),矮火绒草(*Leontopodium nanum*),垂穗披碱草(*Elymus nutans*),西伯利亚针茅(*Stipa capillata*),黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)等^[11]。

1.2 试验设计

1.2.1 植生粒组成及比例 选择多年生垂穗披碱草草种,该草种具有再生性强,分蘖能力强,抗逆性高的优点,被广泛应用于退化草地的改良和人工草地的建设。

将草种分别与凹凸棒土、杀虫剂、杀菌剂、尿素、磷酸二胺以及植物生长调节剂按表1中比例混合均匀,再用造粒挤压器挤压,使得材料不脱离种子,形成植生粒。

表1 植生粒材料

Table 1 The material of seed fertilizer clays

编号	草种	凹凸棒土	杀虫剂	杀菌剂	尿素	磷酸二胺	植物生长调节剂
A	15	70.0	4.00	0.95	5.00	5.00	0.05
B	15	71.5	4.00	0.95	4.25	4.25	0.05
C	15	65.0	4.00	0.95	7.50	7.50	0.05
D	15	72.5	4.00	0.95	3.75	3.75	0.05
E	15	75.0	4.00	0.95	2.50	2.50	0.05

1.2.2 样地设置 选取退化高寒草地,于7月初围栏封育建立试验区,并播种植生粒。试验采用单因素完全随机设计,6种处理(5种植生粒+对照),每个处理4次重复,一共设24个小区。试验区总面积为400 m²,其中每个小区面积为2 m×3 m,小区间设纵向缓冲带间隔为1.5 m,横向缓冲带间隔为1 m,播种方式为开沟穴播,穴播间距设置为10 cm,每个小区播种600颗。

1.2.3 试验调查内容及方法 于8月末植物生长旺盛季对植生粒处理样地做植被调查,样方规格为1 m×1 m,4次重复,调查并记录样方内群落的物种组成和整个群落的盖度和多度,然后对于群落内每一个样方分种,测量和记录其盖度、频度和高度,并刈割其地上部分,分别装袋,带回实验室置于105℃烘箱内杀青30 min,然后于65℃烘干至恒重,用电子天平称重,

测定地上生物量。

1.3 数据分析

补播样地物种多度和群落α多样性指数计算^[12-14]:

$$\text{物种重要值: } IV = (RF + RC + RI) / 3;$$

Shannon-wiener多样性指数:

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i);$$

$$\text{Simpson优势度指数: } D = 1 - \sum (P_i)^2;$$

$$\text{Pielou均匀度指数: } JP = -\sum P_i \ln(P_i) / \ln N;$$

式中:RF为相对频度,RC为相对盖度,RH为相对高度, P_i 为样地中第*i*种的生物量占全部生物量的比例, N 为样地中的物种数。

采用SPSS 26.0软件进行方差分析,用Duncan进

行多重比较。采用Excel 2016进行数据分析并制图。

2 结果与分析

2.1 补播植生粒对退化高寒草地物种组成及重要值的影响

本研究共调查到8科19属27种植物(表2),试验区植物群落属嵩草类,该区域草地主要以藏北嵩草和矮生嵩草为主,其重要值均在17%以上,矮生嵩草最大重要值达到25.93%,藏北嵩草最大重要值达到23.28%,占据优势地位。伴生种有垂穗披碱草、矮火

绒草、西伯利亚针茅、早熟禾(*Poa annua*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)及黄帚橐吾等。

未添加植生粒的草地一共有植物18种,补播植生粒的草地较未添加植生粒的草地均增加了物种种类,且在一定程度上改变了物种组成。其中补播A种植生粒处理较其他处理增加的物种数最多,出现了23种植物;补播C种植生粒处理增加了优势种藏北嵩草和矮生嵩草的重要值,较对照新增了丛生黄芪、红棕苔草、垂头菊、蒲公英和紫菀5个物种。

表2 不同植生粒处理下的重要值

Table 2 Important values under different seed fertilizer clay treatment

植物种	重要值/%					
	CK	A	B	C	D	E
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	—	6.61	4.74	3.67	8.80	4.57
早熟禾 <i>Poa annua</i>	6.46	—	3.94	5.03	5.33	6.31
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	6.40	6.26	5.30	6.27	5.49	5.48
落草 <i>Koeleria cristata</i>	7.68	7.44	6.93	6.10	9.57	8.77
西伯利亚针茅 <i>Stipa capillata</i>	5.88	5.51	4.18	4.96	4.52	4.99
丛生黄芪 <i>Hedysarum algidum</i>	—	—	5.27	—	—	3.92
多枝黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>	—	3.50	—	1.54	—	—
黑萼棘豆 <i>Oxytropis melanocalyx</i>	2.98	2.62	3.32	2.05	2.59	2.32
矮生嵩草 <i>Kobresia littledalei</i>	21.00	21.58	23.01	25.93	19.01	19.71
藏北嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	18.51	17.42	17.65	20.96	21.94	23.28
红棕苔草 <i>Carex przewalskii</i>	3.16	—	3.19	3.58	2.95	4.24
黑褐穗苔草 <i>Carex atrofusca</i>	4.76	4.31	3.23	4.17	4.74	3.85
矮火绒 <i>Leontopodium nanum</i>	10.63	8.23	13.76	10.23	11.84	9.69
垂头菊 <i>Cremanthodium reniforme</i>	—	1.84	1.71	—	1.18	2.23
火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	3.10	3.61	5.19	3.83	3.20	3.10
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	—	2.38	2.02	1.82	—	1.07
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	4.28	4.06	4.48	4.31	3.97	4.76
紫菀 <i>Aster tataricus</i>	—	—	1.84	0.87	1.63	—
多裂委陵菜 <i>Potentilla multifida</i>	2.38	2.44	2.17	1.52	1.72	2.14
二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	2.42	3.06	2.66	3.13	2.38	2.76
翻白草 <i>Potentilla discolor</i>	2.42	6.46	—	1.20	2.53	—
隐瓣山莓草 <i>Sibbaldia procumbens</i>	2.31	2.58	1.83	2.61	2.59	2.73
达乌里龙胆 <i>Gentiana dahurica</i>	—	1.79	—	—	—	—
青藏龙胆 <i>Gentiana futtereri</i>	2.50	1.13	2.43	—	—	—
黄白龙胆 <i>Gentiana prattii</i>	—	1.28	—	—	—	—
狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i>	5.07	4.27	6.08	5.21	4.53	5.08
肉果草 <i>Lancea tibetica</i>	—	3.15	—	—	—	—

注:“—”表示该植物在草地样方中不存在。

2.2 补播植生粒对高寒草地地上生物量和植物盖度的影响

补播植生粒后,除补播B种植生粒的小区外,其他

补播小区的植物群落地上部生物量均有所增加(图1-A)。补播C种植生粒下的小区内的植物群落地上生物量均高于其他处理且显著高于空白对照、A种

植生粒和B种植生粒($P<0.05$,下同)。C、D、E 3种植生粒补播下的样地的地上生物量无显著性差异。

补播植生粒的小区植物群落总盖度均显著高于空白对照,C种植生粒处理下的小区植被总盖度高于

其他植生粒补播的小区,随着A—E肥料粘粒中尿素含量的先增加后降低,其盖度也呈现出先升后降的趋势,但5个植生粒处理下小区的植被盖度差异不显著(图1-B)。

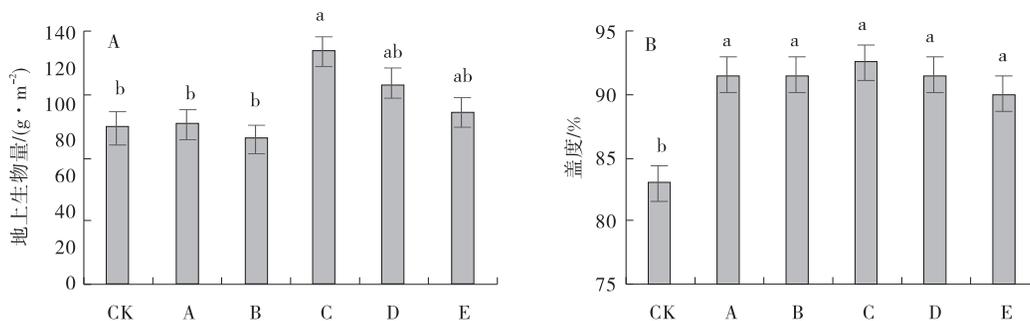


图1 不同植生粒下植物群落地上生物量(A)和盖度(B)的变化

Fig. 1 Differences of plantcommunity aboveground biomass (A) and cover (B) under different seed fertilizer clay particles

注:不同小写字母表示不同植生粒处理间的差异显著($P<0.05$)。

2.3 补播植生粒对植被不同功能群的影响

植物群落各生活型功能群地上生物量对各植生粒的响应不同,不同植生粒补播对同一类群草的植物生物量影响存在差异(表3)。对于禾草类和莎草类植物而言,补播C种植生粒可显著增加其植物生物量,对于豆科类植物而言,补播B种植生粒对其植物生物量有显著的提升作用,另外补播B种植生粒还能有效地降低退化草地上毒草类植物的生物量。

此外,补播同一种植生粒对不同类群草的植物生

物量的影响也不同,补播A、E种植生粒提高民禾草类、豆科类和毒草类的植物生物量(较CK而言,下同),而降低莎草类植物生物量;补播B种植生粒对禾草类、莎草类和毒草类的植物生物量均有降低作用,但对豆科类植物生物量为提升作用;补播C种植生粒可以提高禾草类,莎草类和毒草类的植物生物量,降低豆科类植物生物量;补播D种植生粒可以提高禾草类和毒草类植物生物量,降低莎草类和豆科类生物量。

表3 不同类群植物生物量的差异性变化

Table 3 Variation of plant biomass in different rate

(g·m⁻²)

处理	禾草类	莎草类	豆科草类	毒草类
CK	3.125±0.612 ^{bb}	12.023±0.749 ^{Ba}	2.465±1.207 ^{ABb}	2.050±0.236 ^{Ab}
A	3.808±1.144 ^{ABb}	11.555±0.769 ^{Ba}	5.125±3.596 ^{ABb}	4.488±2.389 ^{Ab}
B	2.988±0.539 ^{Bb}	10.908±0.877 ^{Ba}	7.875±0.063 ^{ABb}	0.550±0.202 ^{Ab}
C	6.725±0.853 ^{Ab}	20.968±0.709 ^{Aa}	0.700±0.168 ^{Bb}	4.300±1.683 ^{Ab}
D	3.775±0.890 ^{Bb}	10.781±0.587 ^{Ba}	0.360±0.139 ^{Bb}	3.075±1.893 ^{Ab}
E	3.925±0.761 ^{ABb}	11.764±0.967 ^{Ba}	2.700±0.163 ^{ABb}	4.088±0.434 ^{ABb}

注:数据为平均值±标准误,不同大写字母表示同类草不同植生粒处理间的差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示同一植生粒处理不同类草间的差异显著($P<0.05$)。

2.4 补播植生粒对退化高寒草地植物群落多样性的影响

补播不同组成比例植生粒对植物群落多样性存在一定影响(表4)。主要表现为:补播植生粒后提高了除C处理外的群落的Shannon—wiener多样性指数,Shannon—Wiener指数较对照整体表现为增加,但不同处理间Shannon—Wiener指数无显著性差异,而Simpson优势度指数较对照均减小。补播植生粒降低

了除A处理外的其他植生粒处理植物群落的Pielou值,这说明植生粒会降低群落中物种分布均匀程度,即增加群落的空間异质性。

3 讨论

植生粒构成主要为草种、凹凸棒土、杀虫剂、杀菌剂、尿素、磷酸二胺以及植物生长调节剂。研究结果表明添加植生粒后,高寒草甸在生长季短期内提高了

表4 植物群落多样性指数
Table 4 Plantcommunitydiversityindex

处理	Shannon—Wiener 指数	Simpson 指数	Pielou 指数
CK	2.287±0.077 ^a	0.883±0.009 ^a	0.889±0.033 ^a
A	2.416±0.083 ^a	0.881±0.010 ^a	0.927±0.047 ^a
B	2.322±0.089 ^a	0.872±0.011 ^{ab}	0.858±0.021 ^a
C	2.219±0.054 ^a	0.852±0.009 ^b	0.841±0.015 ^a
D	2.306±0.034 ^a	0.873±0.002 ^{ab}	0.853±0.012 ^a
E	2.303±0.047 ^a	0.869±0.004 ^{ab}	0.875±0.028 ^a

注:数据为平均值±标准误,不同小写字母表示各植生粒处理间的显著性差异($P<0.05$)。

其群落物种数量,主要原因是植生粒本身含有尿素、磷酸二胺等养分,例如周娟娟等^[15]对西藏沼泽化高寒草甸进行短期养分添加后,发现P添加对植物多样性具有显著的正向促进作用。此外,植生粒可以有效地趋避草种子被鸟、鼠、兔等采食,凹凸棒土也具有一定的保肥性和保水性,这些因素也可能是添加植生粒可以在短期内提高高寒草甸植物物种数量和植被盖度的原因之一。而不同配比比例的植生粒对于草地群落的物种数量、植被盖度和地上生物量以及植物群落多样性具有不同的影响。

植物群落物种组成是决定草原群落性质、结构和功能的重要因素之一,青藏高原退化高寒草地主要优势种为藏北嵩草和矮生嵩草^[16]。在不同植生粒补播的作用下,各处理草地群落的物种数量、植被盖度和地上生物量均有所提高,这与邓华平等^[17]的研究结果一致,补播禾草可增加高寒草地草群高度和植被盖度,补播当年莎草类地上生物量降低,禾草类地上生物量增加^[18]。补播后草地各植物类群在盖度和优势度上和对照草地相比均有不同程度的提高,其中草地总盖度、杂类草和毒草优势度显著提高。B种植生粒处理下豆科植物地上生物量是空白对照的3.19倍,且均显著高于其他植生粒,B种植生粒处理下豆科植物地上生物量较对照增加了8.35 g/m²,说明氮磷添加可以显著增加高寒草甸植被的地上生物量,这与陈慧敏等^[19]的养分添加对三江平原沼泽化草甸植物群落组成和地上生物量的影响的研究结论相似。C种植生粒显著增加了禾草类植物地上生物量、莎草类植物地上生物量,降低了豆科类植物草地上生物量($P<0.05$),这一结果与王长庭等^[20]的研究结论相似,氮素的添加抑制了豆科类植物的生物固氮作用,从而降低了其地

上生物量,也可能是因为氮肥是一种速效养分,禾本科植物对氮素的竞争能力较强,在短时间内对氮素吸收利用率高,导致地上部分迅速生长,使得植株高度和植被盖度增加,这是各功能群物种间竞争的结果^[21-22]。

植物群落多样性是衡量群落内物种分布的均匀程度和数量的一个指标,它与植被生长的环境有密切的关系,是群落特征的综合体现^[23]。本研究结果表明:高寒草地植物群落 Shannon—Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数在不同植生粒处理下变化趋势大体相同,均与对照无显著差异。B种植生粒处理下植物群落多样性指数与空白对照差异不显著。C种植生粒处理较对照降低了植物群落的 Shannon—Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数,显著降低了 Simpson 优势度指数,整体上降低了植物群落多样性,增加了群落的空间异质性。C种植生粒中氮素含量较高,氮素添加后,使优势种植物如禾本科类植物的生物量显著提高,这加剧了种间竞争,从而形成高植株物种对矮植株的光抑制,导致群落多样性降低,这与向雪梅等^[24]研究结果一致。而曹丰丰等^[25]研究了短期氮添加对祁连山植物多样性的影响,结果也表明氮素添加降低了群落植物的物种多样性。这有可能是因为氮素的添加使得禾本科植株快速增长,其密度增加后抢占了群落中其他物种的生存空间,从而导致其群落多样性的下降,也有可能是因为群落植物物种丰富度和多样性指数的变化除与植被本身特性有关外,还会受到草原土壤基质的改善程度、种间与种内竞争的影响^[26]。有关研究表明,草地植物生长状况主要受温度、降水和日照影响,在高原地区,影响植物生长的主导因素为温度,但降水也有一定影响^[27]。当水分相对

充足时,植生粒增加了土壤的有效资源,竞争力较强的优势种群覆盖度和高度快速增加,使弱勢种群生长受到抑制,甚至被淘汰^[28]。

4 结论

1) 补播植生粒有利于提高退化高寒草地植物群落的物种数、植被盖度和地上生物量,并在一定程度上提高草地生产力;

2) 补播组成为 15 g 草种、8.5 g 复混肥和 71.5 g 凹凸棒土的植生粒可以更好地促进豆科植物的生长;

3) 补播组成为 15 g 草种、15 g 复混肥和 65 g 凹凸棒土的植生粒显著增加了禾本科植物地上生物量、莎草科植物地上生物量,但降低了豆科植物地上生物量。

参考文献:

- [1] 姚秀萍,谢启玉,黄逸飞. 中国三江源地区降水研究的发展与展望[J]. 大气科学学报,2022,45(5):688-699.
- [2] 谢绮丽,杨鑫,郝利娜. 2001-2020年三江源区植被覆盖时空变化特征及其影响因素[J]. 水土保持通报,2022,42(5):1-11.
- [3] 程静,陈红翔,韩永贵. 三江源地区生态经济系统协调发展评价及其时空演变特征[J]. 水土保持研究,2022,29(6):336-343.
- [4] 王晓芬,吴玉鑫,肖海龙,等. 三江源退化高寒草原植物种间亲和性和土壤团聚体特征[J]. 草地学报,2021,29(9):2001-2009.
- [5] 陈懂懂,赵亮,贺福全,等. 三江源高寒草地常见可食牧草在不同分布区的营养成分分析[J]. 草原与草坪,2021,41(4):134-142.
- [6] 霍莉莉,陈懂懂,李奇,等. 三江源地区草地植物功能性状与蒸散发关系研究[J]. 草地学报,2022,30(8):2182-2190.
- [7] 张光茹,张法伟,杨永胜,等. 三江源高寒草甸不同退化阶段植被和土壤呼吸特征[J]. 冰川冻土,2020,42(2):662-670.
- [8] 尚占环,董全民,施建军,等. 青藏高原“黑土滩”退化草地及其生态恢复近10年研究进展——兼论三江源生态恢复问题[J]. 草地学报,2018,26(1):1-21.
- [9] 王瑞涇,冯琦胜,金哲人,等. 青藏高原退化草地的恢复潜力研究[J]. 草业学报,2022,31(6):11-22.
- [10] 张永辉,王汝富,许国成,等. 草地补播对甘南“黑土滩”型退化草甸生产特征的影响[J]. 中国草食动物科学,2022,42(3):42-46.
- [11] 王婧,张健全,刘天阳,等. 高原鼠兔扰动对高寒草地土壤种子库的影响[J]. 草原与草坪,2018,38(4):20-25+34.
- [12] 陈芙蓉,程积民,刘伟. 不同干扰对黄土区典型草原物种多样性和生物量的影响[J]. 生态学报,2013,33(9):2856-2866.
- [13] 蒙旭辉,李向林,辛晓平,等. 不同放牧强度下羊草草甸草原群落特征及多样性分析[J]. 草地学报,2009,17(2):239-244.
- [14] 许晴,张放,许中旗,等. Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数若干特征的分析及“稀释效应”[J]. 草业科学,2011,28(4):527-531.
- [15] 周娟娟,刘云飞,王敬龙,等. 短期养分添加对西藏沼泽化高寒草甸地上生物量、植物多样性和功能性状的影响[J/OL]. 草业学报:2023,32(11):17-29 [2023-10-03].
- [16] 杨增增,张春平,董全民. 补播对中度退化高寒草地群落特征和多样性的影响[J]. 草地学报,2018,26(5):1071-1077.
- [17] 郑华平,陈子萱,牛俊义. 补播禾草对玛曲高寒沙化草地植物多样性和生产力的影响[J]. 草业学报,2009,18(3):28-331.
- [18] 陈子萱,田福平,武高林. 补播禾草对玛曲高寒沙化草地各经济类群地上生物量的影响[J]. 中国草地学报,2011,33(4):58-62.
- [19] 陈慧敏,石福习,杨桂生. 养分添加对三江平原沼泽化草甸植物群落组成和地上生物量的影响[J]. 生态学杂志,2016,35(6):1440-1446.
- [20] 王长庭,王根绪,刘伟. 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响[J]. 生态学报,2013,33(10):3103-3113.
- [21] Walker M D, Webber P J, Arnold E H, *et al.* Effect of interannual climate variation on aboveground phytomass in alpine vegetation[J]. Ecology,1994,75(2):393-408.
- [22] Hautier Y, Niklaus P A, Hector A. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication[J]. Science,2009,324(10):636-638.
- [23] 孙岩,何明珠,王立. 降水控制对荒漠植物群落物种多样性和生物量的影响[J]. 生态学报,2018,38(7):1-9.
- [24] 向雪梅,德科加,林伟山,等. 氮素添加对高寒草甸植物群落多样性和土壤生态化学计量特征的影响[J]. 草地学报,2021,29(12):2769-2777.

- [25] 曹丰丰,刘瑞雪,黄国柱,等. 短期氮添加对祁连山亚高山草地生产力及植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2021,41(12):5034—5044.
- [26] Zheng H P, Chen Z X, Wang S R, *et al.* Effects of fertilizer on plant diversity and productivity of desertified alpine grassland at Maqu[J]. *Gansu. Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 16(5): 34—39.
- [27] GAO T, XU B, YANG X C, *et al.* Aboveground biomass and their changes in the eastern Inner Mongolia grasslands during 2001—2011 [C]// International Conference on Agro—Geoinformatics IEEE, 2012: 1—4.
- [28] Wedin D A, Tilman D. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grassland [J]. *Science*, 1996, 274(5293): 1720—1723.

Effect of seed fertilizer clays regeneration on community composition and biomass of degraded alpine grassland in Sanjiangyuan

WANG Xue-peng¹, WAMG jing², LIU Wen-qi¹, LIU Min-ting², ZHAO Peng-peng¹,
LI Zhen-hua², LI Peng-fei¹, LIU Rong², ZHAO Xin-di², LU Jia-yin², CHAI Qi^{2*}

(1. *China State Construction Railway Investment & Engineering Group Co, LTD, Beijing 102600, China*; 2. *College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China*)

Abstract: [Objective] In recent years, climate warming and overgrazing have led to the degradation of the alpine grassland in Sanjiangyuan, resulting in the deterioration of ecological environment in the source area, and a decline in the grassland vegetation diversity and biomass. Reseeding is a commonly used and effective method for restoring degraded grasslands. Some studies have shown that seed fertilizer clays are suitable for near—natural reseeding restoration of alpine grasslands. To provide a scientific basis for the restoration and sustainable utilization of degraded alpine grassland, this study explored the effects of seed fertilizer clay on the plant composition and biomass of alpine grasslands in the source area of Sanjiangyuan [Method] This study focused on the degraded alpine grassland in Sanjiangyuan as the research object, and used seed—fertilizer clay with different proportions to reseed it. [Result] The results showed that the addition of five seed fertilizer clays increased the important values of the dominant grass species, the number of species, and vegetation coverage. It also increased the Shannon—wiener diversity index of the communities except for the C treatment, which decreased the Pielou evenness index. It was found that the addition of 15 g grass seeds, 8.5 g compound fertilizer and 71.5 g attapulgite clay promoted the growth of leguminous plants, increasing their biomass by 8.35 g/m². Furthermore, the addition of 15 g grass seeds, 15 g compound fertilizer, and 65 g attapulgite clay fertilizers significantly increased the aboveground biomass of grasses and sedge plants while reduced the aboveground biomass of leguminous plants. The biomass of gramineous plants and sedge plants increased by 3.6 g/m² and 8.95 g/m², respectively, indicating that the seed fertilizer clay can better promote the growth of gramineous and sedge plants. [Conclusion] In conclusion, reseeding of seed fertilizer clays is important for restoring the vegetation diversity of degraded alpine grasslands and increasing the forage yield.

Key words: alpine grassland; seed fertilizer clays; important value; biomass; diversity index

(责任编辑 刘建荣)