

专性除草剂毒杂净一号对高寒荒漠草地刺叶柄棘豆群落结构的影响

李欢^{1,3}, 张晓强^{1,3}, 张彩军^{2,3}, 苏军虎^{2,3}, 孙小妹^{1,3*}

(1. 甘肃农业大学, 资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学-新西兰梅西大学草地生物多样性研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】分析刺叶柄棘豆的专性除草剂的防治效果及其对高寒荒漠草地群落结构的影响, 为高寒荒漠草地毒杂草的治理及退化生态系统的修复提供科学依据。【方法】于2020年5月和2021年5月分别在哈尔腾乡哈尔腾村, 利用大疆MG-1P智能植保无人机喷洒生物保护剂和除草剂毒杂净一号, 调查群落结构特征, 探明除草剂的防治效果。【结果】1) 喷施专性除草剂使刺叶柄棘豆重要值显著下降, 在2020年和2021年分别降低44.24%和55.30%; 其他植物种的重要值有所提高, 其中针茅的重要值增幅最大且显著高于其他物种; 2) 专性除草剂喷施显著降低灌木多度和刺叶柄棘豆多度, 两年间分别下降20.9%和85.9%; 3) 专性除草剂喷施对灌木高度、草本和群落冠层高度并未产生显著影响; 4) 专性除草剂的喷施使灌木和灌草的Simpson多样性指数两年间分别显著降低14.1%和5.78%, 使灌木植物的Margalef丰富度指数两年间平均显著增加13.23%; 然而草本植物的Shannon-Wiener指数、Margalef丰富度指数和Pielou均匀度指数并未受到显著影响。【结论】喷施专性除草剂毒杂净一号可以有效灭除毒杂草刺叶柄棘豆, 并未对其他植物物种产生显著的抑制效应, 优化群落结构。

关键词: 刺叶柄棘豆; 毒杂草; 专性除草剂; 生物多样性; 群落结构

中图分类号: S812.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)05-0151-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.05.017



草地是陆地生态系统的重要组成部分, 约占全球陆地总面积的30%^[1]。荒漠草地作为我国干旱半干旱地区陆地生态系统的关键类型, 具有防风固沙、保持水土、提供牧草和畜产品等重要的生态服务功能, 呈现出对气候变化和人类活动响应较为敏感的特性^[2]。

收稿日期: 2023-03-15; **修回日期:** 2023-08-26

基金资助: 甘肃省农业大学科技创新基金(青年导师扶持基金)(GAU-QDFC-2022-21), 国家级大学生创新创业训练计划(202110733017), 甘肃省自然科学基金项目(20JR5RA024), 甘肃省自然科学基金重点项目(23JRRA1404), 国家自然科学基金项目(32060386)

作者简介: 李欢(2001-), 女, 甘肃酒泉人, 硕士研究生。

E-mail: 2244329818@qq.com

*通信作者。E-mail: sunxm@gsau.edu.cn

近年来, 由于全球气候变化及人类对草地的不合理利用等, 荒漠及高寒荒漠草地生态系统表现出草地沙化、土壤物理结构破坏、土壤养分流失^[3]、肥力下降, 植被群落覆盖度、生物量及物种多样性显著下降^[4], 优质牧草占比下降, 毒杂草占比加重, 甚至逐渐成为群落优势种^[5-6]。例如, 夹竹桃科(Apocynaceae)植物老瓜头(*Vincetoxicum mongolicum*)、大戟科(Euphorbiaceae)植物乳浆大戟(*Euphorbia esula*)^[7]、菊科(Asteraceae)植物黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*)、龙胆科(Gentianaceae)植物秦艽(*Gentiana macrophylla*)、唇形科(Lamiaceae)植物密花香薷(*Elsholtzia densa*)、瑞香科(Thymelaeaceae)的狼毒(*Stellera chamaejasme*)等为荒漠及高寒荒漠草地的主要毒杂草^[8], 会在退化严重区域形成以毒杂草为单优群落的毒草退化型草地景观^[9], 例如, 以狼毒、掌

叶囊吾为优势种的高寒草甸极度退化区,在春季呈现出黑褐色秃斑状的裸露土地——“黑土滩”景观^[10]。

毒杂草凭借超强的环境适应力和拓殖力,以及分泌产生的次生代谢物来抑制周围其他植物的生长发育^[11],从而迅速拓殖^[12],使群落结构改变、生物多样性下降,导致草地生态系统服务功能降低^[13]。对于毒杂草的防治有机械防治、化学防治和生物防治。机械防治是通过人力手工或使用除草器械以达到清除毒杂草的效果;化学防治是通过喷施有关除草剂等一系列化学试剂以达到防治毒杂草的效果;专性除草剂的使用,对其所对应毒杂草的防治效果显著,对群落其他物种的影响较小,甚至几乎没有影响^[14]。生物防治是利用生物间的颉颃或相克作用,利用一些草本或微生物达到防治毒杂草的效果^[15]。但生物防治方法具有不可控性,因此毒杂草的防治多采用机械防治和化学防治^[16]。人为使用除草剂可有效防治毒杂草,毒杂草的防治可干预草地土壤营养物质和资源的再分配以及草地群落的演替方向,以达到治理草地退化的效果^[17]。

高寒荒漠草地生态系统有着无法替代的重要生态功能,但由于该生态系统受低温、干旱等严苛的环境条件影响,较高寒草地、荒漠草地植被的种类更少、盖度更低^[18]、生态系统更脆弱敏感;在相同的干扰作用下,高寒荒漠草地更易退化^[19-20]。高寒荒漠草地中毒杂草刺叶柄棘豆(*Oxytropis aciphylla*)凭借自身起防御作用的硬刺而不被家畜啃食,以及快速的繁衍能力,导致高寒荒漠草地的物种单一化、草地沙化更为严重^[14]。为维持高寒荒漠草地群落的结构稳定性和正常的生态服务功能,针对毒杂草刺叶柄棘豆占据优势的现状,需人为控制毒杂草刺叶柄棘豆的多度。本研究以甘肃省阿克塞哈萨克族自治县的退化高寒荒漠草地(刺叶柄棘豆覆盖度>60%)为研究区域,调查喷施专性除草剂毒杂净一号后对刺叶柄棘豆的防治效果及其群落结构的影响,为高寒荒漠草地毒杂草的治理及退化生态系统的修复提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

研究区位于甘肃省酒泉市阿克塞哈萨克族自治县哈尔腾乡,平均海拔3 800 m,年均气温2.1℃,年均降水量73 mm,年均蒸发量2 000 mm。试验区域为刺

叶柄棘豆+蒙古韭(*Allium mongolicum*)群落,伴生种为灌木亚菊(*A. fruticulosa*)、垫状驼绒藜(*Krascheninikovia compacta*)、小甘菊(*Cancrinia discoidea*)、针茅(*Stipa capillata*)等。

1.2 试验设计

2020年5月和2021年5月分别在哈尔腾乡哈尔腾村南河坝和大哈尔腾,选定5个0.5 hm²生境异质性低的样区,每个样区内设5个10 m×10 m的样方。选择天气晴朗无风的早晨,利用大疆MG-1P智能植保无人机先喷洒生物保护剂,后喷施除草剂。提前规划好航线,喷幅4 m,飞行速度3.0 m/s,飞行高度1.8 m,喷洒流量0.8 L/min。生物保护剂喷施量为3 L/(667 m²),专性除草剂毒杂净一号(源于北京森迪生化科技开发有限公司,主要以防治刺叶柄棘豆和镰形棘豆(*O. falcata*)为主。按说明书建议喷施浓度:第1次防治75 mL/(667 m²),第2次扫残75 mL/(667 m²)。专性除草剂毒杂净一号的有效成分为2,4-D丁酯+活性剂和稳定剂,其配比为1:1;保护剂的主要成分为枯草芽孢杆菌和胶冻样类芽孢杆菌。

1.3 群落调查

2020年、2021年的5月和8月分别统计样方内灌木的物种丰富度、密度、株高与冠幅,在样方4个角分别统计1 m×1 m小样方内草本的物种、密度、株高和分盖度,计算物种的重要值、冠层高度和生物多样性等指标。生物多样性的计算分灌木多样性(所有灌木物种)、草本多样性(所有草本物种)和灌草多样性(所有灌木+草本物种)三层。

重要值=(相对盖度+相对密度+相对高度)/3

盖度=(植被的垂直投影面积/地表面积)*100%

多度(密度,株/m²)用单位面积或空间内物种的个体数表征

冠层高度用样地中所有植物的冠层枝、叶离地面的垂直距离的平均值表征

Shannon—Wiener指数用以表示物种多样性变

$$化:H=-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Simpson指数用以表示生态优势度: $D=1-$

$$\sum_{i=1}^s p_i^2$$

Pielou均匀度指数用以表示群落均匀度: $E=$

$$-\frac{\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i}{\ln S}$$

Margalef 物种丰富度指数用以表示群落物种丰富

$$\text{度}: D = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中: P_i 为第 i 个种在全体物种中的重要性比例, 如以个体数量而言, N_i 为第 i 个种的个体数量, N 为总个体数量, 则有 $P_i = N_i/N$; S 为物种总数。

1.4 数据分析

使用 SPSS 26.0 软件进行数据分析, 用配对样本 T 检验比较喷施专性除草剂前后物种重要值、多度、高度、生物多样性等指标的差异, 选择 Duncan 新复极差法进行物种间重要值的差异显著性检验, 作图在

GraphPad Prism 5.0 上实现。

2 结果与分析

2.1 对群落中物种重要值的影响

分析 2020 年和 2021 年喷洒除草剂前后群落物种的重要值可知(表 1), 前期刺叶柄棘豆、蒙古韭和针茅的优势度并无差异, 且显著高于其他物种($P < 0.05$); 喷施除草剂后, 针茅的重要值显著高于其他物种($P < 0.05$), 刺叶柄棘豆的重要值分别降低 44.24% 和 55.30%, 而其他物种的重要值有所提高。在 2020 年喷洒除草剂后, 除小甘菊外, 其他物种的重要值都有所提高, 其中针茅的增幅最大为 13.5%。在 2021 年专性除草剂喷洒后, 灌木中灌木亚菊的重要值增幅最大为 44.9%, 而草本中针茅的增幅最大为 29.5%。

表 1 喷施专性除草剂对物种重要值的影响

Table 1 Changes in species importance value of desert grassland community after spraying specific herbicides

物种	重要值			
	2020		2021	
	处理前	处理后	处理前	处理后
刺叶柄棘豆(<i>Oxytropis aciphylla</i>)	0.165±0.01 ^{ab}	0.092±0.01 ^c	0.217±0.02 ^a	0.097±0.01 ^b
垫状驼绒藜(<i>Krascheninnikovia compacta</i>)	0.009±0.01 ^c	0.009±0.01 ^d	0.097±0.01 ^c	0.144±0.04 ^{ab}
灌木亚菊(<i>Ajania fruticulosa</i>)	—	—	0.158±0.01 ^{ab}	0.287±0.04 ^a
麻黄幼苗(<i>Ephedra sinica</i>)	—	—	0.006±0.01 ^d	0.011±0.01 ^c
蒙古韭(<i>Allium mongolicum</i>)	0.144±0.06 ^{ab}	0.151±0.06 ^b	0.179±0.06 ^{ab}	0.232±0.07 ^a
针茅(<i>Stipa capillata</i>)	0.299±0.08 ^a	0.346±0.08 ^a	0.246±0.04 ^a	0.349±0.04 ^a
沙蒿(<i>Artemisia desertorum</i>)	0.284±0.12 ^a	0.313±0.12 ^a	0.059±0.02 ^c	0.091±0.03 ^{ab}
红花岩黄芪(<i>Corethroedendron multijugum</i>)	0.013±0.01 ^d	0.014±0.01 ^{cd}	0.015±0.01 ^{cd}	0.027±0.02 ^c
冰草(<i>Agropyron cristatum</i>)	0.048±0.04 ^c	0.048±0.04 ^c	—	—
小甘菊(<i>Cancrinia discoidea</i>)	0.038±0.03 ^c	0.027±0.02 ^c	—	—

注: “—”代表所选样方内该物种不存在, 不同小写字母表示物种间重要值的差异显著性($P < 0.05$)。

2.2 对物种多度和冠层高度的影响

2020 年和 2021 年专性除草剂喷施显著降低了灌木多度和刺叶柄棘豆多度($P < 0.05$)(表 2), 其中灌木多度分别下降了 11.84% 和 29.91%, 刺叶柄棘豆多度分别下降了 89.77% 和 82.14%; 除草剂的喷洒对草本多度的影响并不显著。此外, 除草剂喷施对灌木、草本和群落冠层高度并未产生抑制效应(表 3)。喷施专性除草剂后, 2020 年灌木高度、草本高度和冠层高度分别显著增加 2.08%、3.94% 和 2.96%, 2021 年灌木高度、草本高度和冠层高度分别显著增加 5.37%、

11.98% 和 8.43% ($P < 0.05$)。

2.3 对群落生物多样性的影响

在 2020 年和 2021 年喷洒专性除草剂显著降低了灌木和灌草的 Simpson 指数和 Shannon—Wiener 指数($P < 0.05$), 其中灌木和灌草的 Simpson 多样性指数在两年间平均降低了 14.1% 和 5.78%、Shannon—Wiener 指数降低了 14.09% 和 9.73%, 而仅在 2020 年使草本的 Simpson 指数发生下降, 同时对草本的 Shannon—Wiener 指数的影响并不显著(图 1-A~D)。同样, 专性除草剂喷施对草本的 Margalef 丰富度指数

表 2 喷施专性除草剂对物种多度的影响

Tab. 2 Species abundance variation of desert grassland communities sprayed with specific herbicides

名称	2020年		变幅/%	2021年		变幅/%
	处理前	处理后		处理前	处理后	
灌木多度/(株·m ⁻²)	70.33±14.31 ^A	62±14.37 ^B	-11.84	29.25±3.57 ^a	20.5±2.03 ^b	-29.91
刺叶柄棘豆多度/(株·m ⁻²)	13±1.53 ^a	1.33±0.34 ^b	-89.77	7±1.36 ^a	1.25±0.25 ^b	-82.14
草本多度/(株·m ⁻²)	441.33±56.17 ^a	433.33±56.67 ^a	-1.81	140.25±52.44 ^a	130.75±46.12 ^a	-6.77

注:不同大写字母表示处理前后差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示处理前后差异显著($P<0.05$)。

表 3 喷施专性除草剂对物种冠层高度的影响

Tab. 3 Changes of species canopy height of desert grass community sprayed with specific herbicide

名称	2020年		变幅/%	2021年		变幅/%
	处理前	处理后		处理前	处理后	
灌木高度/cm	8.18±0.19 ^b	8.35±0.18 ^a	2.08	7.27±1.12 ^b	7.66±1.30 ^a	5.37
草本高度/cm	5.33±0.32 ^b	5.54±0.33 ^a	3.94	6.01±0.6 ^b	6.73±0.91 ^a	11.98
冠层高度/cm	6.75±0.19 ^b	6.95±0.19 ^A	2.96	6.64±0.53 ^b	7.20±0.85 ^a	8.43

注:不同大写字母表示处理前后差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示处理前后差异显著($P<0.05$)。

和 Pielou 均匀度指数的影响也不显著,但显著增加 2020 年灌木和灌草以和 2021 灌木的 Margalef 丰富度指数 ($P<0.05$),却降低了灌木和灌草在 2020 年和 2021 年的 Pielou 均匀度指数(图 1-E—图 1-H)。灌木的 Margalef 物种丰富度指数在两年间平均增加了 13.23%,灌木及灌草的 Pielou 均匀度指数分别平均降低了 14.55% 和 9.69%。

3 讨论

高寒荒漠草地因低温、水分亏缺的环境条件导致其生态系统的物质循环较缓慢、土壤中养分资源较匮乏。刺叶柄棘豆与丛枝菌根之间良好的共生关系^[21],使刺叶柄棘豆根际形成庞大的菌丝网络系统,在促进其最大限度吸收土壤中水分和养分的同时,菌丝与其分泌的粘性物质还能促进土壤微粒形成团粒结构,减少土壤中水分和养分的流失,从而提高刺叶柄棘豆的抗旱性和耐贫瘠性^[22]。此外,刺叶柄棘豆叶短小且全株多刺的形态特征可有效抵御牛羊的啃食,从而成为优势种群,但抑制其他物种的生存,造成群落生物多样性下降,这与陈彤等^[23]在加拿大一枝黄花入侵对本土植物群落动态的影响及其机制的研究结果相似,随着加拿大一枝黄花入侵的深入,本土植物的物种多样性逐渐下降。因此,高寒荒漠草地的生态系统服务功能会受到刺叶柄棘豆的影响而下降。

目前对毒杂草刺叶柄棘豆的防治方法包括物理防治和化学防治^[24]。由于刺叶柄棘豆根系较发达,须深挖至地下 10 cm 以上才可根除,但会导致草地出现新的裸斑;若仅切除地上部分,其仍会继续萌芽^[25-26]。因此,对刺叶柄棘豆的物理防治存在耗时、耗力、耗财的弊端,很难在草场治理中大面积推广。化学防治适合在刺叶柄棘豆分布面积较大、密度较高时使用^[24],但除草剂需连续使用 2~3 年才可根除刺叶柄棘豆,而反复使用除草剂易造成环境污染,还可能杀灭群落中的其它植物^[27]。本研究利用毒杂净一号专性除草剂防除刺叶柄棘豆,调查群落结构及生物多样性表明:除草剂喷洒后使刺叶柄棘豆重要值和多度显著下降,草本植物平均多度并未受到显著影响,灌木、草本和群落冠层高度亦未受到抑制效应。这与陈明等^[14]在使用新型除草剂防治天然草地狼毒和棘豆试验中的研究结果相似。此效果也与专性除草剂毒杂净一号作用靶专一旦且为内吸附传导有关^[28]。此外,由于试验在喷施除草剂前先喷施了保护剂,保护剂能够在不降低除草剂对靶标杂草的活性的前提下有选择地保护草地其它物种免受除草剂的伤害^[29,31]。由此可见,使用专性除草剂毒杂净一号对于刺叶柄棘豆的防治效果更佳。

专性除草剂的喷施使刺叶柄棘豆消除的同时,使灌木植物的物种丰富度指数显著提高;草本植物针茅

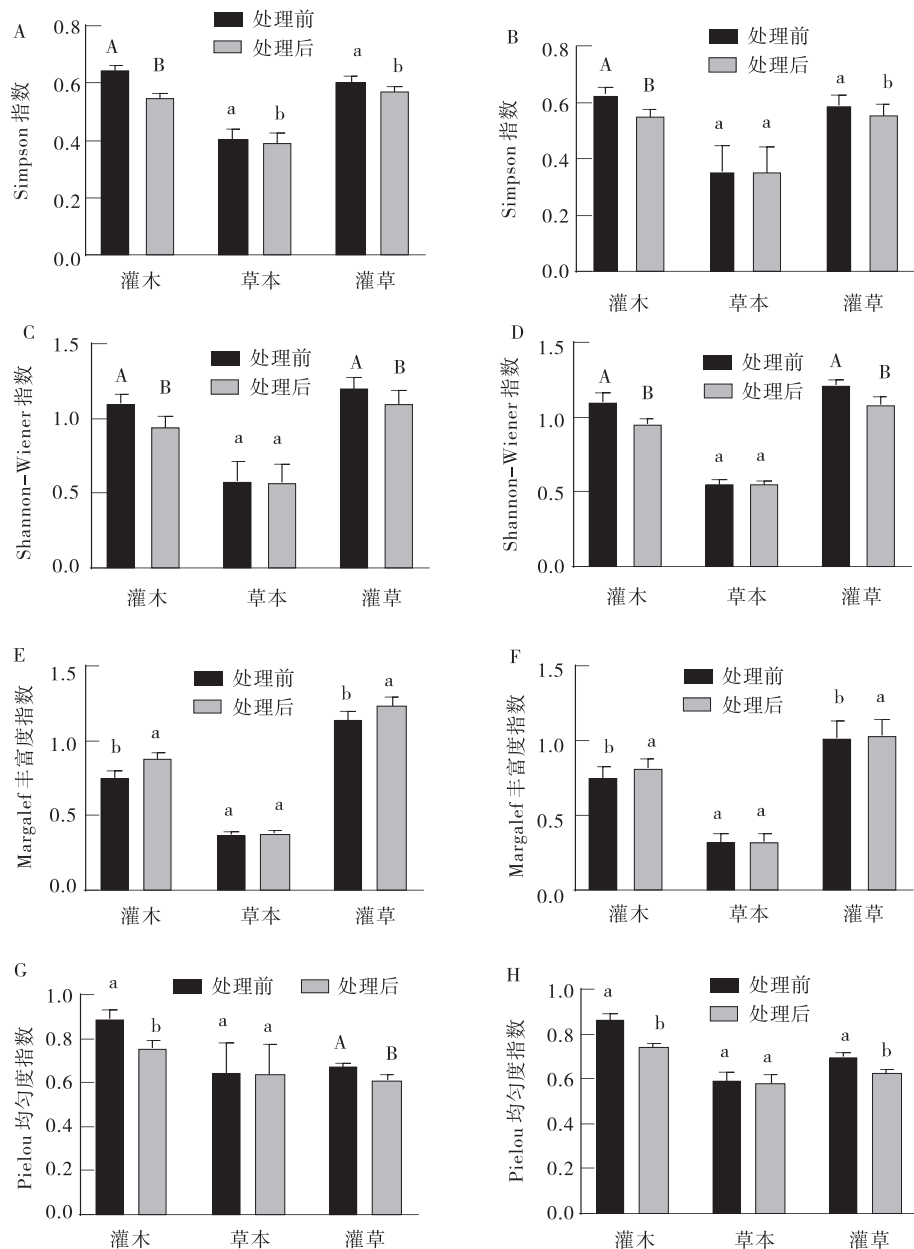


图 1 2020 年(左)和 2021 年(右)生物多样性分析变化

Fig. 1 Changes in α diversity index in 2020 (left) and 2021 (right)

注:不同大写字母表示处理前后差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示处理前后差异显著($P < 0.05$)。

重要值平均增幅高于其他物种。这和赵成章等^[32]在治理毒杂草型退化草地的研究结果一致,对群落中优势毒杂草狼毒的防治,使植物间竞争减弱,并为其其他植物的生长提供空间资源,草地植被群落特征变化明显。优势毒杂草刺叶柄棘豆被防治后,被其所截获的地表及浅层土壤水量减少,能够节存出更多的水分,助于土壤种子库中种子的萌发^[33],实现群落物种丰富度的提高。同时也可能为恶劣生境中一些禾本科植物的生存创造机会,如针茅。因为禾本科植物其强大的分蘖能力和庞大的根系系统在毒杂草被防治后,其

适合度提高,进而增加物种优势度。李鸿林在两种除草剂对狼毒—矮嵩草草地群落重要值及多样性的影响的研究中,也证实了禾本科植物由于具有强的分蘖能力和资源竞争力而提升了禾本科植物的优势度^[34]。

4 结论

喷施专性除草剂毒杂净一号使刺叶柄棘豆重要值显著下降;其他植物物种的重要值有所提高,其中针茅的重要值增幅最大且显著高于其他物种。专性除草剂喷施显著降低灌木多度和刺叶柄棘豆多度,而

对草本植物多度的影响并不显著。“毒杂净一号”喷施对灌木高度、草本和群落冠层高度并未产生抑制效应。专性除草剂的喷洒使灌木植物和灌草植物的Simpson多样性指数和Shannon—Wiener指数显著降低,使灌木植物的丰富度指数显著增加,却显著降低灌木植物和灌草植物的均匀度指数;草本植物的Shannon—Wiener指数、丰富度指数和均匀度指数并未受到显著影响。喷施专性除草剂毒杂净一号对毒杂草刺叶柄棘豆防除效果明显,并未对其他植物物种产生显著的抑制效应,且可促进灌木植物的丰富度。

参考文献:

- [1] 刚成诚,王钊齐,杨悦,等. 近百年全球草地生态系统净初级生产力时空动态对气候变化的响应[J]. 草业学报, 2016,25(11):1—14.
- [2] 陈宸,井长青,邢文渊,等. 近20年新疆荒漠草地动态变化及其对气候变化的响应[J]. 草业学报, 2021,30(3): 1—14.
- [3] 唐庄生,安慧,邓蕾,等. 荒漠草原沙漠化植物群落及土壤物理变化[J]. 生态学报, 2016,36(4):991—1000.
- [4] 郝爱华,薛娴,彭飞,等. 青藏高原典型草地植被退化与土壤退化研究[J]. 生态学报, 2020,40(3):964—975.
- [5] 张宇恒,张莉,张秀娟,等. 退化程度对玛沁高寒草甸植物群落及土壤持水能力的影响[J]. 草业科学, 2022,39(2): 235—246.
- [6] 宋梅玲,王玉琴,王宏生,等. 狼毒型退化草地质量提升综合改良技术研究[J]. 草原与草坪, 2022, 42(5): 142—151.
- [7] 方楷,宋乃平,魏乐,等. 围栏封育对荒漠草地群落结构和品质的影响[J]. 草业科学, 2012,29(3):459—464.
- [8] 程晓月,后源,任国华,等. “黑土滩”退化高寒草地6种常见毒杂草水浸液对垂穗披碱草的化感作用[J]. 西北植物学报, 2011,31(10):2057—2064.
- [9] 崔博亮,安彦明,张起鹏,等. 坡度对亚高寒草甸狼毒群落植物多样性的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(5): 823—834.
- [10] 徐松鹤,尚占环,龙瑞军,等. “黑土滩”退化草地、高寒湿地及其交错区植物群落结构多样性[J]. 草原与草坪, 2007(4):45—49.
- [11] 高承芳,翁伯琦,王义祥,等. 植物化感作用对牧草影响的研究进展[J]. 中国草地学报, 2009,31(3):92—99.
- [12] 赵成章,樊胜岳,殷翠琴,等. 毒杂草型退化草地植被群落特征的研究[J]. 中国沙漠, 2004,25(7):129—134.
- [13] 王宏生,鲍根生,王玉琴,等. 不同草地管理措施对狼毒型退化草地植物生产力的影响[J]. 草业科学, 2018,35(11):2561—2567.
- [14] 陈明,胡冠芳,刘敏艳. 2种新型除草剂防治天然草地狼毒和棘豆试验研究[J]. 草业学报, 2006,24(4):76—80.
- [15] 王晓宇,赵萌莉,卢萍,等. 内蒙古棘豆属有毒植物及其对家畜的危害[J]. 畜牧与饲料科学, 2007, 15(7): 51—53.
- [16] 宋梅玲,王玉琴,鲍根生,等. 不同草地管理措施对狼毒型退化草地群落结构及牧草品质的影响[J]. 草业科学, 2018,35(10):2318—2326.
- [17] 任康,郭坤,郑景明,等. 青藏铁路西格段沿线不同植被恢复模式的生态效益[J]. 生态学杂志, 2019,38(3): 627—636.
- [18] 张苗苗,陈伟,林丽,等. 青海省不同高寒草地土壤主要养分及可溶性有机碳特性研究[J]. 草业学报, 2019,28(3):20—28.
- [19] 王树茂. 人类生产活动对草地生态系统生物多样性的影响[J]. 草原与草坪, 2004(4):21—23+27.
- [20] 杨齐,赵万羽,李建龙,等. 新疆天山北坡荒漠草地退化现状及展望[J]. 草原与草坪, 2009(3):86—91.
- [21] 赵丹丹,李涛,赵之伟. 丛枝菌根真菌—豆科植物—根瘤菌共生体系的研究进展[J]. 生态学杂志, 2006(3): 327—333.
- [22] 刘雪伟,贺学礼. 沙坡头地区猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)根际AM真菌时空分布研究[J]. 河北农业大学学报, 2008(5):52—56+65.
- [23] 陈彤,刘文莉,张崇邦等. 加拿大一枝黄花入侵对本土植物群落动态的影响及其机制[J]. 植物生态学报, 2012, 36(3):253—261.
- [24] 李保平,孟玲. 杂草生防作用物对本土生物群落的影响[J]. 生态学报, 2007(8):3513—3519.
- [25] 李萍. 天祝县草地有毒植物的种类、危害及防治[J]. 甘肃畜牧兽医, 2022,52(12):31—35.
- [26] 陆阿飞. 棘豆属有毒植物对三江源区玉树州草地的危害及防治措施[J]. 云南畜牧兽医, 2015(6):30—32.
- [27] 王春庆. 青海省草原棘豆属有毒植物危害调查[J]. 草业与畜牧, 2008(7):34—38.
- [28] 毕亚玲,李君君,戴玲玲,等. 杂草对除草剂非靶标抗性机理研究进展[J]. 植物保护, 2020,46(5):1—5,12.
- [29] 刘玉琛,叶非. 除草剂安全剂作用机制研究进展[J]. 植物保护, 2007,191(6):5—10.
- [30] Davies J. Herbicide safeners—commercial products and

- tools for agrochemical research [J]. Pesticide Outlook, 2001, 12(1): 10–15.
- [31] 胡利锋, 刘小安, 孙兰, 等. 除草剂安全剂作用机理研究进展[J]. 农药学报, 2017, 19(2): 152–161.
- [32] 赵成章, 樊胜岳, 殷翠琴. 喷施灭狼毒治理毒杂草型退化草地技术研究[J]. 草业学报, 2004, 20(8): 87–94.
- [33] 马原, 郭小平, 罗超, 等. 不同降水条件对于旱矿区土壤表层种子库的激活效应[J]. 草业科学, 2022, 39(5): 876–887.
- [34] 李鸿林. 两种除草剂对狼毒—矮嵩草草地群落重要值及多样性的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(9): 1645–1648.

Effects of specific herbicide ‘Duzajing No.1’ on the-community structure of *Oxytropis Spinosa* in alpine desert grassland

LI Huan^{1,3}, ZHANG Xiao-qiang^{1,3}, ZHANG Cai-jun^{2,3}, SU Jun-hu^{2,3}, SUN Xiao-mei^{1,3*}

(1. College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 3. Gansu Agricultural University-New Zealand Massey University Center for Grassland Biodiversity Research, Lanzhou 730070, China.)

Abstract: [Objective] This study aims to explore the effects of the specific herbicide ‘Duzajing No. 1’ on the growth of *Oxytropis spinosa* and its impact on community structure in alpine desert grassland, providing a scientific basis for controlling poisonous weeds and restoring degraded alpine desert grasslands. [Method] In May 2020 and May 2021, the biological protective agent and herbicide ‘Duzajing No. 1’ were applied using a DJI MG—1P intelligent plant protection unmanned air vehicle (UAV), and the herbicide’s effect on biodiversity was investigated. [Result] 1) The specific herbicide significantly reduced the importance value of *O. spinosa*, which decreased by 44.24% in 2020 and 55.30% in 2021. The importance value of other plant species increased, with *Stipa capillata* showing the largest increase, significantly higher than that of other plant species. 2) The herbicide significantly reduced the abundance of shrubs and *O. spinulosa*, with average decreases of 20.9% and 85.9%, respectively, over two years. 3) The specific herbicide had no significant effect on shrub height, herbaceous plant height, or community canopy height. 4) The herbicide significantly reduced the Simpson diversity index of shrubs by 14.1%, and significantly increased the Margalef richness index of shrubs by 13.23% over the two years. However, the Shannon—Wiener index, Margalef richness index, and evenness index of herbaceous plants were not significantly affected. [Conclusion] The results indicate that spraying the specific herbicide ‘Duzajing No. 1’ effectively reduces the abundance of *Oxytropis spinosa* without significantly inhibiting other plant species, thus optimizing community structure.

Key words: *Oxytropis spinulosa*; poisonous weed; specific herbicides; biodiversity; community structure

(责任编辑: 康宇坤)