

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201911036

大狼毒种群扩散增殖对滇西北亚高山草甸 土壤养分及微生物特性的影响*

单贵莲^{1#}, 尹海燕^{1#}, 刘 洋², 梅文君¹, 谢 勇³, 初晓辉^{1**}

(1. 云南农业大学 草业科学系, 云南 昆明 650201;

2. 云南省林业与草原局, 云南 昆明 650224;

3. 云南省昆明市动物疫病预防控制中心, 云南 昆明 650223)

摘要:【目的】探讨毒害草扩散蔓延区草地的适应性管理策略。【方法】以大狼毒分盖度分别为 5.4%、20.8% 和 45.5% 的滇西北退化亚高山草甸为研究对象, 开展大狼毒种群扩散增殖对草地土壤碳、氮、磷含量及微生物数量的影响研究。【结果】随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加至 45.5%, 滇西北亚高山草甸 0~10 和 >10~30 cm 土层有机碳、速效氮、全磷、速效磷、微生物量碳、氮和磷含量以及细菌、真菌和放线菌数量均显著增加 ($P<0.05$)。【结论】大狼毒种群在草地中的扩散增殖有利于草地土壤养分的转化和肥力状况的改善, 良好的土壤状况促进了土壤微生物的生长繁殖。

关键词: 退化亚高山草甸; 大狼毒; 扩散增殖; 土壤养分; 土壤微生物; 管理策略

中图分类号: Q 949.753.508

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2021) 03-0494-06

Effect of *Euphorbia jolkinii* Boiss Proliferation on the Soil Nutrients and Microbial Characteristics of Subalpine Meadow in Northwest Yunnan

SHAN Guilian¹, YIN Haiyan¹, LIU Yang², MEI Wenjun¹, XIE Yong³, CHU Xiaohui¹

(1. Department of Grassland Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Forestry and Grassland Bureau of Yunnan Province, Kunming 650224, China;

3. Kunming Municipal Animal Disease Prevention and Control Center, Kunming 650223, China)

Abstract: [Purpose] In order to explore the adaptive management strategy of grassland in the spreading area of poisonous plants. [Method] The degraded subalpine meadow with different coverage (5.4%, 20.8% and 45.5%) of *Euphorbia jolkinii* Boiss were chose, and the effects of proliferation of *E. jolkinii* on soil carbon, nitrogen, phosphorus and microbial quantity of degraded subalpine meadow in Northwest Yunnan were studied. [Result] The contents of organic carbon, available nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus,

收稿日期: 2019-11-18

修回日期: 2021-01-19

网络首发时间: 2021-04-22 13:29:35

*基金项目: 国家自然科学基金项目 (31501999); 云南省自然科学基金项目 (2016FB047); 云南省教育厅科学研究基金项目 (2015Z105, 2015Y204); 云南农业大学青年基金项目 (206ZR06)。

作者简介: #对本文贡献等同, 为并列第一作者。单贵莲 (1982—), 女, 云南沾益人, 博士, 教授, 主要从事草地资源利用与管理研究。E-mail: shanguilian8203@126.com; 尹海燕 (1992—), 女, 云南宣威人, 硕士研究生, 主要从事草地生态系统恢复演替研究。E-mail: 1207386008@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 初晓辉 (1980—), 男, 云南大理人, 硕士, 高级实验师, 主要从事草地资源利用与管理研究。E-mail: 478491637@qq.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20210421.1630.001.html>



and the number of bacteria, fungi and actinomycetes in 0-10 cm and >10-30 cm soil layers were significantly increased with the coverage of *E. jolkinii* increasing from 5.4% to 45.5% ($P<0.05$).

[**Conclusion**] The diffusion and proliferation of *E. jolkinii* in grassland is conducive to the transformation of soil nutrients and the improvement of soil fertility. Good soil conditions promote the growth and reproduction of soil microorganisms.

Keywords: degraded subalpine meadow; *Euphorbia jolkinii* Boiss; proliferation; soil nutrients; soil microbes; management strategy

云南省是中国天然草地分布大省,有天然草地 1 526.67 多万 hm^2 ,草地面积居全国第 7 位^[1]。在云南省的西北部,分布着大面积连片的高寒草甸,它不仅是滇西北重要的生态屏障,也是当地畜牧业发展的物质基础。然而,由于人类与家畜数量的增加,滇西北高寒草甸正面临着草地大面积退化,草地畜牧业生产能力逐渐下降的问题。滇西北高寒草甸退化后,毒害草呈现日渐扩散的态势,草地毒草化趋势日趋严峻,“毒害草”型退化草地也因此成为滇西北高寒草甸的主要类型之一^[2]。“毒害草”型退化草地是由于草食动物及啮齿类动物过盛,优良牧草的产量供不应求,草地植物群落中的建群种、盖度、多度和地上生物量等均以毒害草为主的草地^[3]。滇西北“毒害草”型退化草地主要有大狼毒型、瑞香狼毒型、黄帚橐吾型和棉毛橐吾型等四大类型^[2],以大狼毒型分布最广。

大狼毒型草地是滇西北最为典型的“毒害草”型草地。大狼毒(*Euphorbia jolkinii* Boiss)属大戟科大戟属多年生毒害草型草本植物,该物种的扩散增殖会给高寒草甸的群落结构带来显著影响。尹海燕等^[4]研究指出:随着群落中大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,滇西北亚高山草甸地上生物量和总盖度显著增加,植物总密度、优良牧草产量和物种多样性指数均显著下降,毒害草地上生物量及所占比例显著增加。随着地上植被的改变,大狼毒型草地土壤环境又会发生怎样的变化?目前,前人尚未开展过相关研究。因此,本研究以迪庆州小中甸镇不同大狼毒分盖度的退化亚高山草甸为研究对象,分析大狼毒种群扩散对滇西北亚高山草甸土壤养分与微生物特性的影响,该研究对制定中国毒害草扩散蔓延区草地适应性管理策略具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域自然概况

研究区地处青藏高原南缘香格里拉市小中甸镇和平社区区哇迪小组,位于 $\text{N}26^{\circ}52'\sim 27^{\circ}46'$, $\text{E}99^{\circ}20'\sim 99^{\circ}60'$,海拔 3 200 m,属低纬度高海拔地区,气候类型属寒温带山地季风气候,气温偏低,热量不足,年均气温 6.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温 $2\,006.9^{\circ}\text{C}$,年均降雨量 800~1 000 mm,主要集中在 6—9 月,占全年降水量的 75%。年日照时间 2 180.3 h,年平均相对湿度为 70%,无霜期 244 d,日温差大,太阳辐射强烈^[4]。

1.2 试验设计

本研究在前期草地群落学调查的基础上,在区哇迪小组选取 1 块地势平坦开阔、总面积约 $400\text{ m}\times 200\text{ m}$ 的大狼毒型退化亚高山草甸为研究样地。研究样地位于 $\text{N}27^{\circ}32'16''$, $\text{E}99^{\circ}49'21''$,海拔 3 210 m。研究样地于 2017 年 5 月开始封育禁牧,封育之前自由放牧,放牧强度约为每公顷 3 头藏猪和 0.5 头牦牛。研究样地植被组成为大狼毒、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、西南委陵菜(*Potentilla fulgens*)和绶草(*Spiranthes sinensis*)等,土壤类型为亚高山草甸土。研究样地植被和土壤类型一致,但样地中大狼毒植株大小自北向南呈现出小、中、大且大狼毒分盖度和密度呈现出低、中、高的过渡性变化趋势。本研究依据大狼毒数量特征的变化,将研究样地划分为 S、M 和 L 号 3 块样地(S 号样地面积约为 $100\text{ m}\times 200\text{ m}$,M 号样地面积约为 $160\text{ m}\times 200\text{ m}$,L 号样地面积约为 $140\text{ m}\times 200\text{ m}$),S、M 和 L 号样地中大狼毒植株个体大小、分盖度、密度差异显著(表 1)。S、M 和 L 号样地进一步细分为 3 块小样地(标记为 S1、S2 和 S3;M1、M2 和 M3;L1、L2 和 L3),彼此互为重复。

表 1 研究样地大狼毒数量特征

Tab. 1 The quantitative characteristics of *E. jolkinii* in the study plots

样地 sites	冠幅/cm crown width	株高/cm height	分枝数 branch numbers	分盖度/% coverage	密度/(株·m ⁻²) density/(plant·m ⁻²)
S	7.2	19.5	1.6	5.4	1.5
M	35.0	28.2	8.1	20.8	3.6
L	57.5	45.6	18.0	45.5	6.8

1.3 土壤样品的采集

于 2017 年 8 月中旬植物生长旺盛期和 2018 年 5 月上旬植物返青前期,在样地内采用直径 5 cm 的土钻采集 0~10 cm 和>10~30 cm 土层的土壤样品,每个小样地采集 5 钻土,将同一土层的样品混合为 1 个混合样品,作为 1 次重复,即 S、M 和 L 号样地各土层共获得 3 份混合样品(即 3 次重复),带回实验室,用于土壤碳、氮、磷含量、微生物数量及生物量的测定。

1.4 土壤样品的测定

1.4.1 土壤养分含量的测定

样品风干,研磨过 1 mm 土壤筛,采用油浴加热重铬酸钾氧化—滴定法测定土壤有机碳含量;采用碱解扩散法测定土壤速效氮含量;采用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法测定土壤全磷含量;采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定土壤速效磷含量。

1.4.2 土壤微生物数量和微生物中碳、氮、磷含量的测定

新鲜样品研磨过 1 mm 土壤筛,采用熏蒸提取—滴定分析法测定土壤微生物量碳含量;采用熏蒸提取—茚三酮比色法测定土壤微生物量氮含量;采用熏蒸提取—全磷测定法测定土壤微生物量磷含量;采用稀释平板计数法测定真菌、放线菌和细菌数量,真菌采用虎红琼脂培养基,放线菌采用高氏一号培养基,细菌采用营养琼脂培养基。

1.5 数据统计分析

运用 SPSS 17.0 对数据进行方差分析和 LSD 多重比较,采用 Microsoft Office Excel 2007 作图。

2 结果与分析

2.1 大狼毒种群扩散增殖对亚高山草甸土壤养分含量的影响

如图 1 所示:随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,亚高山草甸 0~10 cm 和>10~30 cm

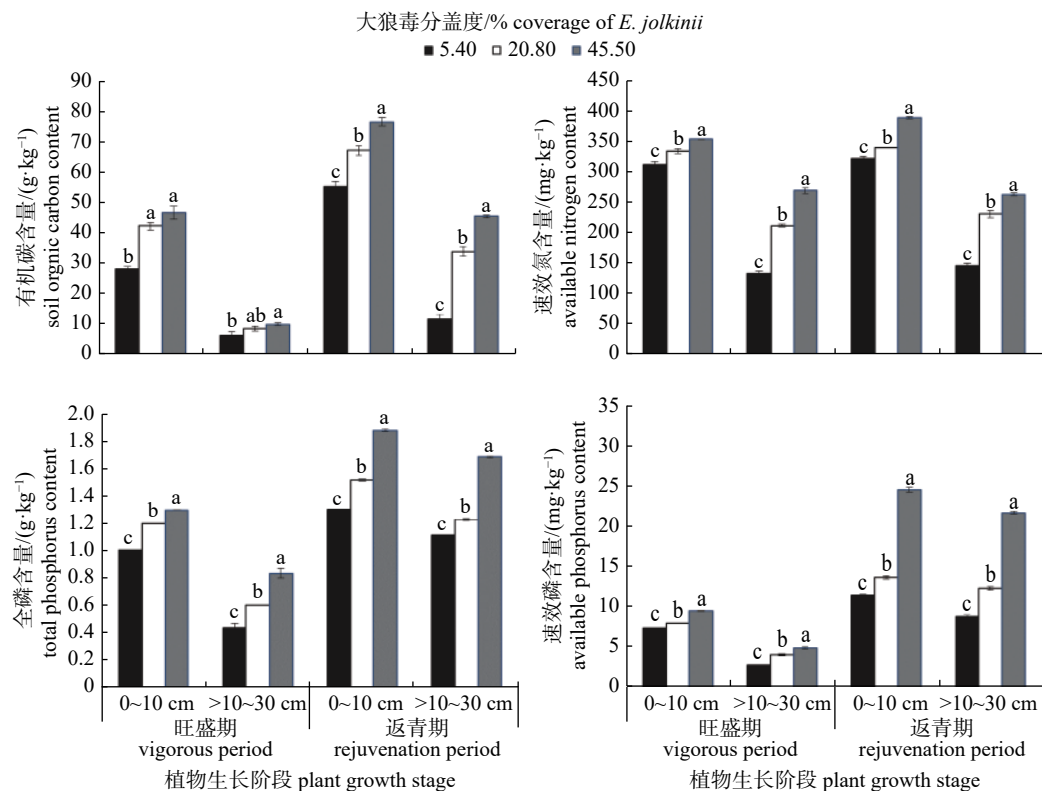
土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量均显著增加 ($P<0.05$)。随着样地中大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,植物生长旺盛期草地 0~10 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量分别增加 68.3%、13.6%、30% 和 30.6%,>10~30 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量分别增加 58.2%、103.2%、92.3% 和 77.9%。植物返青前期草地 0~10 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量分别增加 38.5%、20.9%、44.2% 和 115.1%,>10~30 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量分别增加 308.1%、81.2%、51.3% 和 150.2%。说明大狼毒种群的扩散增殖有利于滇西北亚高山草甸土壤养分的转化和肥力状况的改善。

由图 1 还可以看出:相同大狼毒分盖度下,土壤有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量以植物返青前期高于植物生长旺盛期,分析原因可能是植物生长周期结束后大量枯落物进入土壤,经将近半年的腐烂分解后形成营养物质储存于土壤中,使得植物返青前期土壤养分含量较高。植物生长期,土壤中储存的营养物质被大量调用,以供植物生长发育所需,因此和植物返青前期相比,植物生长旺盛期土样养分含量相对较低。

2.2 大狼毒种群扩散增殖对亚高山草甸土壤微生物数量及生物量的影响

如图 2 所示:随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,亚高山草甸 0~10、>10~30 cm 土层细菌、真菌和放线菌数量均显著增加 ($P<0.05$)。随着样地中大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,植物生长旺盛期草地 0~10 cm 细菌、真菌和放线菌数量分别增加 135.5%、318% 和 102.8%,>10~30 cm 细菌、真菌和放线菌数量分别增加 280%、255% 和 61.6%。植物返青前期草地 0~10 cm 土层细菌、真菌和放线菌数量分别增加 327%、67.2% 和 66%,>10~30 cm 土层细菌、真菌和放线菌数量分别增加 1753%、127.5% 和 473%。说明大狼毒种群的扩散增殖改善了滇西北亚高山草甸的土壤环境,微生物繁殖增生。主要原因可能是大狼毒地上部生物量大、根系发达,能产生大量的凋落物、根系分泌物及死亡根系,能更好地为微生物的生长发育提供丰富的碳、氮源^[5]。

如图 3 所示:随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,亚高山草甸 0~10、>10~30 cm 土层微生物量碳、氮和磷含量均显著增加 ($P<0.05$)。



注: 不同小写字母表示同一测定时期同一土层不同样地间差异显著 ($P < 0.05$); 下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences in different plots ($P < 0.05$); the same as below.

图1 大狼毒种群扩散对亚高山草甸土壤有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量的影响

Fig. 1 Effect of *E. jolkinii* spread on the contents of soil organic carbon, available nitrogen, total phosphorus and available phosphorus contents of sub-alpine meadow

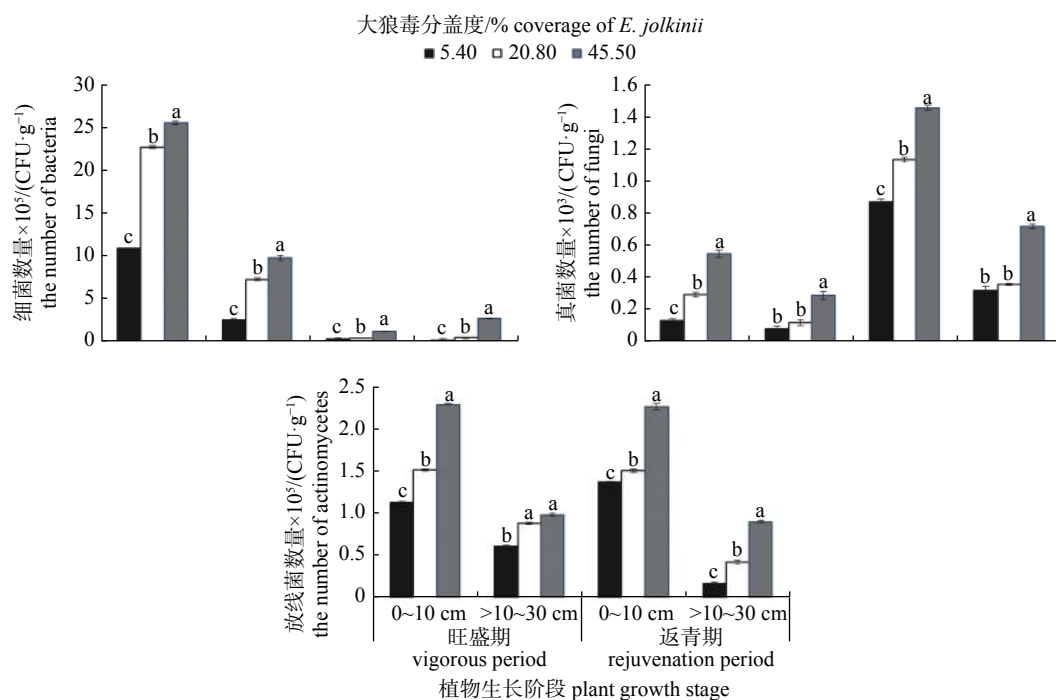


图2 大狼毒种群扩散对亚高山草甸土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响

Fig. 2 Effect of *E. jolkinii* spread on the numbers of bacteria, fungi and actinomycetes of sub-alpine meadow

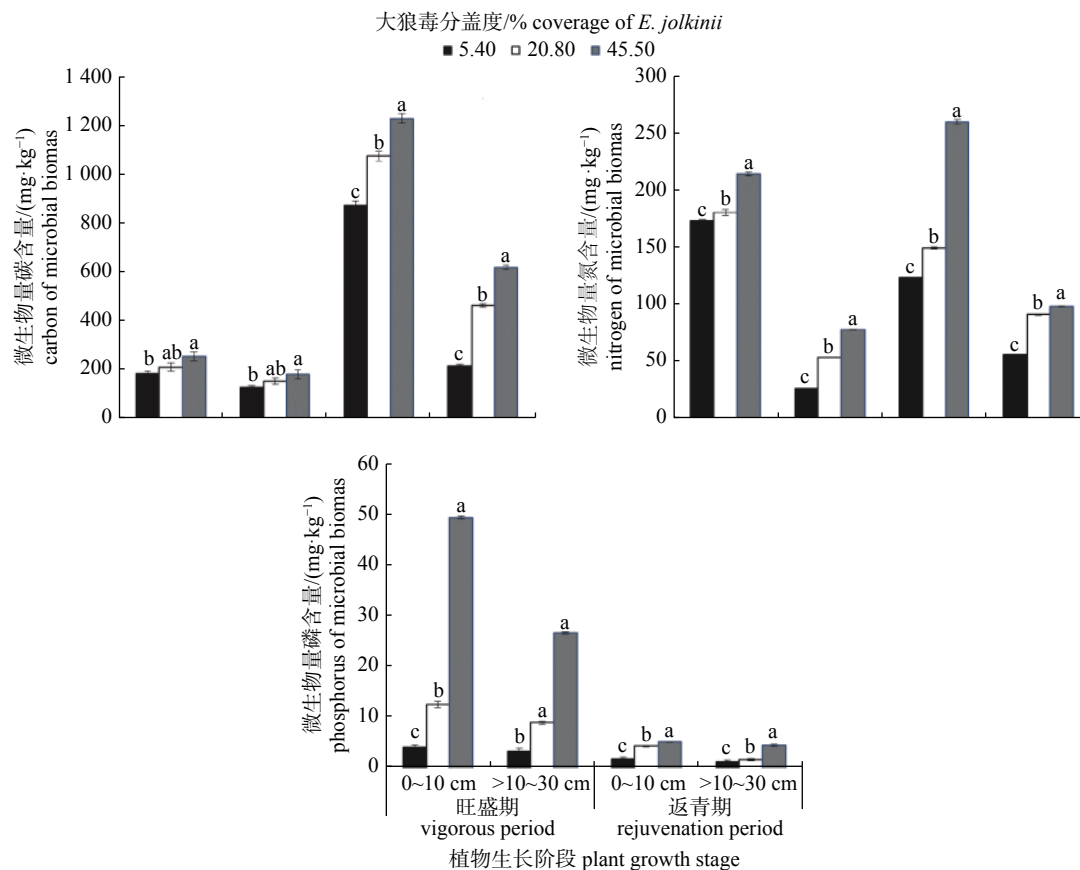


图 3 大狼毒种群扩散对亚高山草甸土壤微生物量碳、氮和磷含量的影响

Fig. 3 Effect of *E. jolkinii* spread on the contents of carbon, nitrogen and phosphorus of microbial biomass in sub-alpine meadow

随着样地中大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%，植物生长旺盛期草地 0~10 cm 土层微生物量碳、氮和磷含量分别增加 38.4%、24.1% 和 1089%，>10~30 cm 土层微生物量碳、氮和磷含量分别增加 45.9%、201.3% 和 711%。植物返青前期草地 0~10 cm 土层微生物量碳、氮和磷含量分别增加 40.9%、111.4% 和 196%，>10~30 cm 土层微生物量碳、氮和磷含量分别增加 191.3%、74.4% 和 289%，以磷含量的增幅最大。

就土壤微生物量碳、氮和磷含量随季节的变化来看，2018 年 5 月上旬植物返青前期 (图 3) 土壤微生物量碳含量显著高于 2017 年 8 月中旬植物生长旺盛期 (图 3)。而土壤微生物量磷含量正好呈相反的变化趋势 (图 3)，以大狼毒分盖度为 45.5% 的样地为例，0~10 cm 土层 8 月中旬土壤微生物量磷含量是 5 月上旬的 9.8 倍。分析植物生长旺盛期土壤微生物量磷含量高于植物返青前期的原因是大狼毒对土壤中磷的吸收能力较强，大狼毒旺盛生长期需要从土壤中吸收大量的可用磷，并将土壤中的磷集中于大狼毒根际周

围^[6]，因此植物生长旺盛期土壤微生物量磷含量明显高于植物返青前期。

由图 2、3 还可见：随着土层加深，土壤微生物数量及微生物量碳、氮和磷含量呈现逐渐降低的变化趋势，这主要是由于土壤微生物以异养微生物为主，凋落物和根系分泌物主要集聚在土壤表层，为微生物生命活动提供充足的能量，随着土层的加深根系分泌物和凋落物逐渐减少，可为微生物提供的营养物质减少，微生物自身代谢减慢，因此导致微生物数量和生物量降低^[7-9]。

3 讨论

关于毒害草扩散对草地土壤环境的影响，大量研究表明：瑞香狼毒 (*Stellera chamaejasme* L.) 种群的扩散能显著提升土壤养分含量，且存在明显的“肥岛效应”^[10-14]。狼毒种群的扩散显著增加了土壤有机质含量^[14-16]。狼毒斑块内土壤全氮、铵态氮和硝态氮含量均高于斑块间^[17]。瑞香狼毒种群的扩散显著增加了土壤全磷和速效磷含量^[14]。瑞香狼毒发生区土壤微生物量碳、氮和磷含量均

显著高于邻近未生长瑞香狼毒的草地^[13,18]。说明狼毒种群的扩散可加速土壤养分的转化,有益于土壤肥力的改善和保护。也有研究表明:瑞香狼毒生长过程中可造成 0~30 cm 根际土壤全磷和速效磷含量减少,根际土壤营养元素循环减慢,土壤肥力下降^[19-20]。

本研究结果显示:随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,亚高山草甸 0~30 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量,细菌、真菌和放线菌数量,以及微生物量碳、氮和磷含量均显著增加 ($P<0.05$)。说明大狼毒种群的扩散增殖有利于草地土壤养分的转化和肥力状况的改善。改善的土壤肥力状况更好地为微生物的生长发育提供丰富的碳氮源^[5],因此土壤微生物数量增加,微生物量碳、氮和磷含量提高。表明由于大狼毒种群扩散增殖导致草地生态系统产草量增加,但可食草产量减少^[4],通过家畜采食从草地生态系统中移走的养分减少,不可食草本植物(大狼毒、西南委陵菜和绶草等)大量枯枝落叶经过分解后释放出养分,从而改善了草地生态系统的土壤养分状况。本研究与前人在瑞香狼毒上的研究结论^[10-18]一致。

4 结论

(1) 随着大狼毒分盖度由 5.4% 增加到 45.5%,滇西北亚高山草甸 0~10、>10~30 cm 土层有机碳、速效氮、全磷和速效磷含量,细菌、真菌和放线菌数量,以及微生物量碳、氮和磷含量均显著增加 ($P<0.05$),说明大狼毒种群在草地中的扩散增殖有利于土壤养分的转化和肥力状况的改善,良好的土壤状况促进土壤微生物的生长繁殖。

(2) 相同大狼毒分盖度下,土壤有机碳、速效氮、全磷、速效磷和微生物量碳含量及真菌数量以植物返青前期高于植物生长旺盛期,细菌数量和微生物量磷含量以植物生长旺盛期高于植物返青前期。

[参考文献]

- [1] 谢勇,尹海燕,初晓辉,等.放牧和封育对滇西北亚高山草甸土壤养分及微生物特性的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(6):1121. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390x(n).2017.06.022.
- [2] 席赠濮,杜凡,汪健.香格里拉市亚高山退化草甸植物群落学研究[J].西南林业大学学报,2013,33(2):75. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1914.2013.02.016.
- [3] LU H, WANG S S, ZHAO Q W. Damage and control of major poisonous plants in the western grasslands of China: a review[J]. The Rangeland Journal, 2012, 34(4): 329. DOI: 10.1071/RJ12057.
- [4] 尹海燕,初晓辉,单贵莲,等.不同大狼毒覆盖度退化亚高山草甸群落结构及物种多样性研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2019,34(3):473. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201804052.
- [5] ZAK D R, HOLMES W E, WHITE D C, et al. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links?[J]. Ecology, 2003, 84: 2042. DOI: 10.1890/02-0433.
- [6] 张静.高寒草甸退化草地毒害草(狼毒)对土壤肥力的影响[D].西宁:青海大学,2012.
- [7] 李洪杰,刘军伟,杨林,等.海拔梯度模拟气候变暖对高山森林土壤微生物生物量碳氮磷的影响[J].应用与环境生物学报,2016,22(4):599. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2015.12022.
- [8] 熊鸿焰,李延轩,张锡洲,等.水旱轮作后免耕水稻土微生物数量和生物量的变化特征研究[J].土壤,2008,40(6):920. DOI: 10.3321/j.issn: 0253-9829.2008.06.012.
- [9] 漆良华,张旭东,周金星,等.湘西北小流域不同植被恢复区土壤微生物数量、生物量碳氮及其分形特征[J].林业科学,2009,45(8):14. DOI: 10.3321/j.issn: 1001-7488.2009.08.003.
- [10] NEVISON C D, ESSER G, HOLLAND E A. A global model of changing N_2O emissions from natural and perturbed soils[J]. Climatic Change, 1996, 32(3): 327. DOI: 10.1007/BF00142468.
- [11] PARTON W J, MOSIER A R, OJIMA D S, et al. Generalized model for N_2 and N_2O production from nitrification and denitrification[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1996, 10(3): 401. DOI: 10.1029/96GB01455.
- [12] XU R, WANG M, WANG Y. Using a modified DNDC model to estimate N_2O fluxes from semi-arid grassland in China[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(4): 615. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00009-9.
- [13] 安冬云,韩蕾,武菊英,等.瑞香狼毒对农牧交错带草原土壤特性的影响[J].草地学报,2016,24(3):559. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2016.03.012.
- [14] 孙天舒.草地瑞香狼毒种群扩散对土壤养分有效性的影响[D].沈阳:东北大学,2013.
- [15] 张红林.青海湖狼毒种群分布机理研究[D].西宁:青海大学,2014.
- [16] 张静,李希来.狼毒种群数量对青海环湖地区草地土壤肥力的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2016(1):1. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2016.0001.
- [17] 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. DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0202.
- [18] SUN G, LUO P, WU N, et al. *Stellera chamaejasme* L. increase soil N availability, turnover rates and microbial biomass in an alpine meadow ecosystem on the eastern Tibetan Plateau of China[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(1): 86. DOI: 10.1016/j.soilbio.2008.09.022.
- [19] 范燕敏,武红旗,孙宗玖,等.围封对天山北坡荒漠草地土壤有机碳的影响[J].草地学报,2014,22(1):65. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2014.01.011.
- [20] 杨合龙,孙宗玖,管光玉,等.封育对伊犁绢蒿荒漠草地土壤养分的影响[J].中国草地学报,2015,37(2):107.

责任编辑:何承刚