

# 春季不同时期休牧对高寒草甸珠芽蓼繁殖策略的影响

白梅梅<sup>1</sup>,徐晶晶<sup>2</sup>,史志嵩<sup>2</sup>,徐长林<sup>1</sup>,魏孔涛<sup>1</sup>,鱼小军<sup>1\*</sup>,戚新和<sup>2</sup>,瞿丹<sup>2</sup>,金辉亮<sup>2</sup>

(1. 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;2. 甘肃省林业科技推广总站,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**【目的】研究春季不同时期休牧对珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)繁殖的影响,确定最佳休牧期,为高寒草甸春季更合理的休牧提供科学依据。【方法】设置了分别从土壤解冻临界期、土壤解冻后期、牧草返青初期、牧草返青后期、当地传统休牧期到牧草枯黄期5个不同休牧时期的样地(T1、T2、T3、T4、T5),测定同样地中珠芽蓼生长与繁殖的相关指标。【结果】T1珠芽蓼株高、叶面积、比叶面积、地上生物量高于T5,其中株高与叶面积对繁殖特性的影响大于其他生长指标。随着休牧时间的推迟,珠芽蓼植株对繁殖器官的投入越少。花序轴长占比、花数量占比、花大小、花生生物量占比随休牧推迟也呈下降趋势。同样地内珠芽蓼的珠芽轴长占比大于花序轴长占比、珠芽数量占比大于花数量占比、珠芽生物量占比大于花生生物量占比。【结论】珠芽蓼以营养繁殖为主要繁殖方式,在土壤解冻临界期休牧可促进其有性繁殖。

**关键词:**珠芽蓼;春季休牧;有性繁殖;营养繁殖;高寒草甸

**中图分类号:**S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)04-0019-07

**DOI:**10.13817/j.cnki.cycp.2024.04.003



青藏高原的生态系统极其脆弱,恶劣的自然气候环境和人为干扰等因素都可能导致青藏高原草地退化严重<sup>[1-2]</sup>。草地退化导致当地的生态经济功能下降、畜牧业经济发展受到限制,因此,草地生态修复极其重要<sup>[3]</sup>。休牧是一种成本最低、操作最简单的退化草地恢复措施。通常春季休牧集中在牧草返青期,但随着全球气候变暖,天然草地在返青前土壤已经出现冻融交替的现象。如果在返青前放牧,家畜践踏会使草皮从草地上剥离,牧草根系受到损伤,影响其后期的生长与繁殖<sup>[4]</sup>,同时会改变土壤结构导致养分流失。因此,确定更加合理准确的休牧时期有利于草地植被

群落生产力的提高和植物顺利返青。

繁殖是物种形成、发展及进化的根本,是维持草地生物多样性的基础<sup>[5-6]</sup>。休牧措施主要通过调控芽库、种子库等来恢复退化草地<sup>[7]</sup>。资源在生长和繁殖之间的分配是植物资源分配研究的主要内容之一,繁殖分配的变化体现出了植物对环境的适应<sup>[8]</sup>。植物繁殖模式(有性繁殖和营养繁殖)也对环境变化表现出较强的规律性,同时提高了植物自身在不同环境中的适合度<sup>[9]</sup>。繁殖策略是每一个物种的繁殖特性及物种在繁殖过程中所表现的一系列特征,是在漫长的自然选择过程中形成的,它体现了物种对生存的环境的适应性。营养繁殖的植株存活率较高且消耗的资源较少,可以迅速扩散以便快速占领空间,有性繁殖可以促进植物的基因交流,有利于增加物种的遗传多样性<sup>[10]</sup>。珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)是蓼科(Polygonaceae)蓼属的多年生草本植物,植株顶部有上部着生花、下部着生珠芽的穗状花序。其珠芽可在母株上萌发叶芽,成熟脱落入土生根并生长为新植株,花可通

收稿日期:2022-11-26;修回日期:2023-04-04

基金资助:国家自然科学基金(31760695);甘肃省草原生态修复治理科技支撑项目(2021GSLY)

作者简介:白梅梅(1997-),女,甘肃庆阳人,硕士研究生。

E-mail:1308627952@qq.com

\*通信作者。E-mail:yuxj@gsau.edu.cn

过传粉授精形成种子。因此珠芽蓼既能进行有性繁殖,又能进行营养繁殖。珠芽蓼在我国主要分布在青海、甘肃、西藏、云南等地,其蛋白质含量丰富,草质柔软多汁,是高海拔地区重要的优质牧草资源<sup>[11]</sup>。现有研究表明,在不同生境中珠芽蓼有性繁殖与营养繁殖的资源分配比例有比较明显的差异,而海拔、温度、营养<sup>[12]</sup>和微环境<sup>[13]</sup>都能影响珠芽蓼的有性繁殖和营养繁殖。随着海拔升高,珠芽蓼通过降低营养生长、增加繁殖生长的能量权衡,来维持种群数量,并且更多地倾向营养繁殖<sup>[14]</sup>。围栏封育会增加珠芽蓼在生长和营养繁殖方面的投资,降低对有性繁殖的投资<sup>[15]</sup>。还有研究表明,土壤解冻期休牧利于线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*)和垂穗披碱草(*Elymus nutans*)的有性繁殖<sup>[16]</sup>,但不同时期休牧对珠芽蓼繁殖的影响未见报道。

本试验在武威市天祝县抓喜秀龙乡的高寒草甸上进行,从植物繁殖生态学角度,研究春季不同时期休牧对珠芽蓼繁殖策略的影响,分析在春季不同时期休牧下珠芽蓼营养繁殖与有性繁殖的变化,阐明不同休牧时期下珠芽蓼的繁殖对策,筛选出利于珠芽蓼繁殖的最佳休牧时期,为高寒草甸可持续利用和科学管理提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

本研究野外采样于2021年8月初,在甘肃农业大学天祝高山草原试验站(37°40'N,102°32'E)附近进行。试验点位于青藏高原东缘,行政区域属于甘肃省

武威市天祝藏族自治县抓喜秀龙乡。该地区海拔2 960 m,为大陆性高原季风气候,全年仅有冷暖两季之分,冷季为10月—翌年5月,暖季为6—9月。研究区草地类型属于高寒草甸,土壤类型为亚高山草甸土,建群种为线叶嵩草,优势种为珠芽蓼、垂穗披碱草、矮生嵩草(*K. humilis*);伴生种有草地早熟禾(*Poa pratensis*)、圆穗蓼(*P. macrophyllum*)、球花嵩(*Artemisia smithii*)等。

### 1.2 样地设定

试验从2018年1月开始,选取植被均一、地形平坦的草场,以土壤解冻情况、牧草返青情况以及当地传统休牧时期,作为各时期休牧开始的依据。通过观测确定土壤解冻和牧草返青的具体日期,设置5个春季不同时期休牧样地,并用围栏划分。在开始休牧试验时,为保证每个样地中家畜在放牧期的正常采食量,按照下列方程计算出每个样地的面积,将植被均一的草场划分成5个面积对应的样地,用围栏分隔开,记为T1—T5。此后每年放牧时根据土壤解冻和牧草返青情况,对(牛+羊)数量进行调整,使牧草利用率为80%。

$$A = \frac{(Y - B) \times D \times T}{C \times E}$$

式中:A 草地面积(m<sup>2</sup>);Y 一头家畜一天总需草量(牦牛的总需草量为5.8 kg干草,藏羊的总需草量为1.7 kg干草<sup>[17]</sup>);B 一头家畜一天补饲草量(根据实地调查:牦牛的补饲草量为1.23 kg干草,藏羊的补饲草量为0.22 kg干草);D 放牧天数(表1);T 放牧家畜头数(表1);C 样地产草量(测定样方为2 895 kg/hm<sup>2</sup>);E 牧草利用率(80%)。

表1 休牧时期划分及样地面积

Table 1 Design of rest grazing period and sample area

样地	处理	判断标准	休牧时期	放牧时期	放牧天数	放牧家畜头数	样地面积/m <sup>2</sup>
T1	土壤解冻临界期	土壤开始解冻>0.9 cm	3月19日~第2年2月28日	3月1日~3月18日	18	4(牦牛+藏羊)	1 881
T2	土壤解冻后期	土壤解冻深度>10 cm	4月2日~第2年2月28日	3月1日~4月1日	32	4(牦牛+藏羊)	3 344
T3	牧草返青初期	牧草返青30%	4月14日~第2年2月28日	3月1日~4月15日	46	4(牦牛+藏羊)	4 807
T4	牧草返青后期	牧草返青70%~80%	5月2日~第2年2月28日	3月1日~5月1日	62	4(牦牛+藏羊)	6 478
T5	传统休牧 CK	优势牧草高5 cm	5月21日~第2年2月28日	3月1日~5月20日	81	16(牦牛+藏羊)	33 855

### 1.3 测定指标与方法

于2021年8月,分别从每个样地随机选择50片珠芽蓼植株上位置相同的叶子,带回实验室测量叶面

积,然后于烘箱中65℃烘干至恒重后称重。从每个样地随机选择珠芽蓼50株,用卷尺测量每个植株的自然高度(齐地面量到花序顶部,单位:cm),然后将这各样

地50株珠芽蓼整株挖取带回实验室,测量每个植株的花序轴长与珠芽轴长,计算花序轴长占比和珠芽轴长占比<sup>[14]</sup>,并统计每个植株上的花数量与珠芽数量,计算花数量占比和珠芽数量占比<sup>[15]</sup>。将地上和地下植物组织分开置入烘箱烘干后,分别称其干重;地上部分再加上珠芽与花的重量(重量单位:g)。

比叶面积=叶片干重/叶面积

花数量占比=花数量/(花数量+珠芽数量)×100%

珠芽数量占比=珠芽数量/(花数量+珠芽数量)×100%

花生物量占比=花生物量/(地上生物量+地下生物量)×100%

珠芽生物量占比=珠芽生物量/(地上生物量+地下生物量)×100%

花大小=花生物量/花数量

珠芽大小=珠芽生物量/珠芽数量

繁殖投入占比=(珠芽生物量+花生物量)/(地上生物量+地下生物量)×100%

花序轴长占比=(花序轴长/株高)×100%

珠芽轴长占比=(珠芽轴长/株高)×100%

## 1.4 统计分析

本试验采用 Microsoft Excel 2017 软件进行数据整理、绘图和制表;采用 SPSS 19.0 软件对所测数据统计分析,并用 Duncan 法对各测定数据进行多重比较,用平均值和标准误表示测定结果,再对各指标进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同时期休牧对珠芽蓼生长特性的影响

随着休牧时间推迟,珠芽蓼株高、叶面积、比叶面积和地上生物量呈下降趋势(图1)。T1的株高为31.04 cm,显著高于其他样地( $P<0.05$ ),较T2—T5分别高12.21%、18.73%、27.62%、39.27%。各样地的叶面积显著高于T5( $P<0.05$ ),T1的为16.76 cm<sup>2</sup>,较T5高26.87%。比叶面积在各样地间的差异并不显著。T1、T2和T3的地上生物量没有显著差异,T4和T5的地上生物量显著低于其他样地( $P<0.05$ ),T1的地上生物量为0.69 g/株,较T4、T5分别高65.79%、98.52%。各样地间的地下生物量没有显著差异。

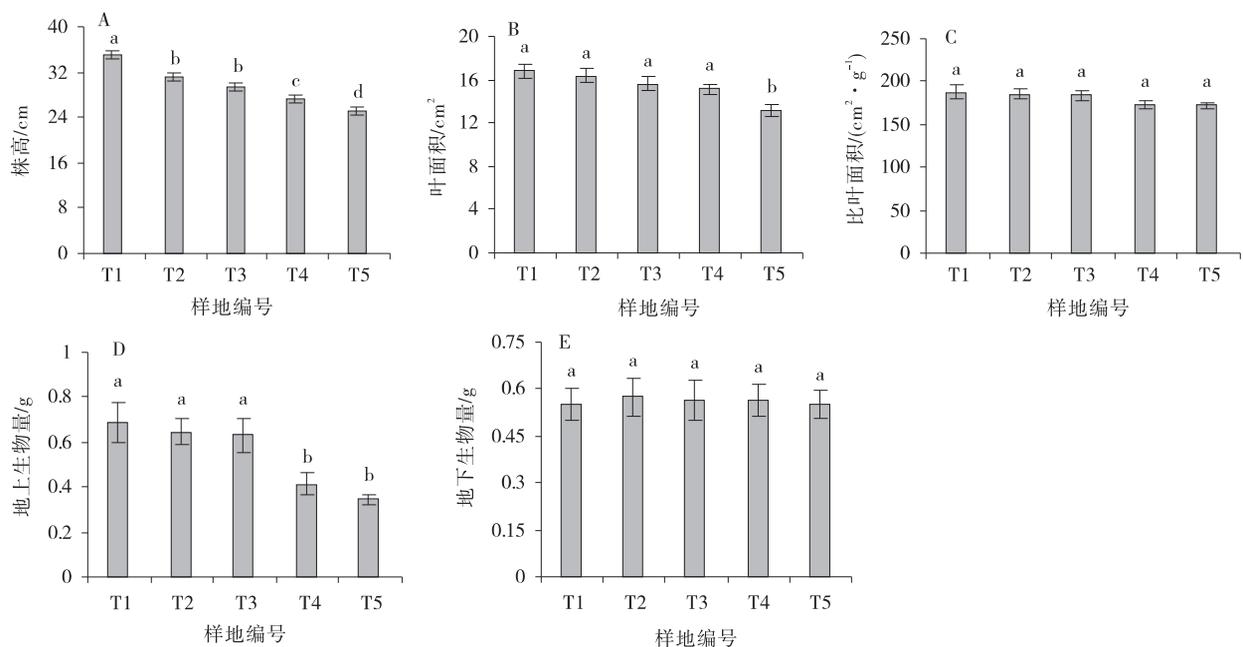


图1 不同样地珠芽蓼的株高(A)、叶面积(B)、比叶面积(C)、地上生物量(D)、地下生物量(E);

Fig. 1 Plant height (A), leaf area (B), specific leaf area (C), aboveground biomass (D) and underground biomass (E) of *P. viviparum* different plots.

注:不同小写字母表示某一指标在不同样地间差异显著( $P<0.05$ ),下同。

## 2.2 不同时期休牧对珠芽蓼繁殖特性的影响

随着休牧推迟,珠芽蓼花序轴长占比、花数量占比、花大小、珠芽大小、花生物量占比和繁殖投入占比呈下降趋势,珠芽轴长占比和珠芽数量占比呈上升趋势(图2)。各样地的珠芽轴长占比大于花序轴长占比、珠芽数量占比大于花数量占比、花生物量占比大于珠芽生物量占比、珠芽大小大于花大小。T1的花序轴长占比为8.62%,显著高于其他样地( $P<0.05$ ),较T4和T5分别高200.88%、551.42%。T5的珠芽轴长占比为49.32%,显著高于其他样地( $P<0.05$ ),较T1-T4分别高360.93%、218.19%、185.09%、91.68%。花数量占比与珠芽数量占比各样地间均存在显著差异( $P<0.05$ ),T1的花数量占比最高,为

48.20%,较T2-T5分别高29.92%、65.64%、119.69%、246.02%,T5的珠芽数量占比最高,为86.07%,较T1-T4分别高66.22%、36.88%、21.44%、10.24%。T1的花生物量占比显著高于其他样地( $P<0.05$ ),较T2-T5分别高154.97%、481.57%、623.68%、692.18%,T5的珠芽生物量占比比较其他样地高。花大小各样地间没有显著差异,但T1的花大小高于其他样地。T1的珠芽大小为3.39 mg,显著高于其他样地( $P<0.05$ ),较T2-T5分别高14.92%、41.25%、46.12%、93.10%。T5的珠芽蓼繁殖投入占比为11.56%,显著低于其他样地( $P<0.05$ ),较T1低46.21%。

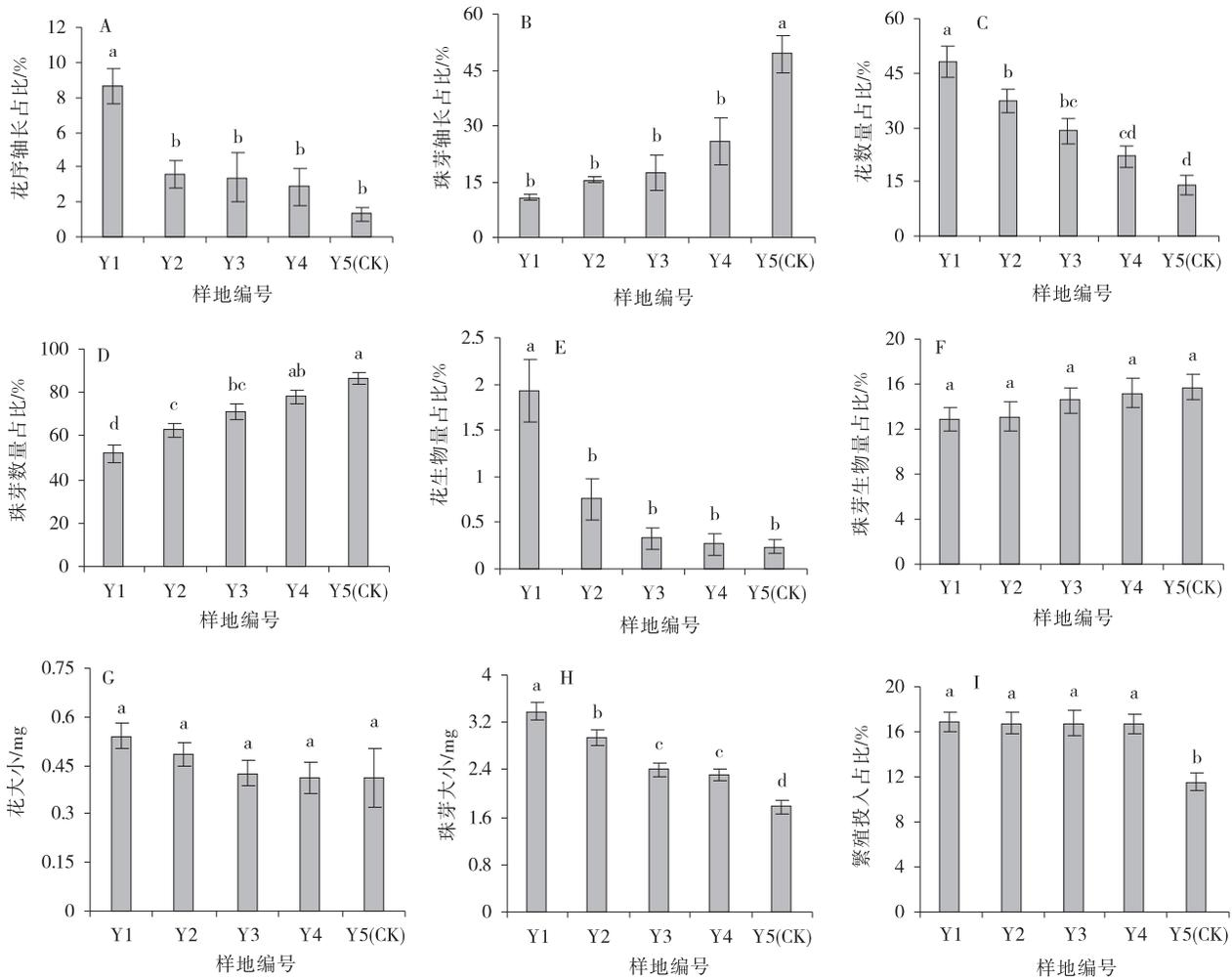


图2 不同样地珠芽蓼的花序轴长占比(A)、珠芽轴长占比(B)、花数量占比(C)、珠芽数量占比(D)、花生物量占比(E)、珠芽生物量占比(F)、花大小(G)、珠芽大小(H)、繁殖投入占比(I);

Fig. 2 The proportion of inflorescence length of per plant (A), the proportion of bulbils length of per plant (B), the proportion of flowers number (C), the proportion of bulbils number (D), the proportion of flowers biomass (E), the proportion of bulbils biomass (F), flower size (G), bulbil size (H), reproductive proportion (I) of *P. viviparum* in different plots.

### 2.3 珠芽蓼繁殖特性与生长性状的相关性

珠芽蓼株高与叶面积对繁殖特性的影响大于其他生长指标。珠芽蓼株高、叶面积、比叶面积、地上生物量,与花序轴长占比、花数量占比、花生物量占比、花大小、珠芽大小、繁殖投入为正相关关系,与珠芽轴长占比、珠芽数量占比、珠芽生物量占比为负相关关系(表2)。其中株高与花序轴长占比、花大小,叶面积与花数量占比、珠芽数量占比、珠芽大小繁殖投入,比叶面积与花数量占比、珠芽数量占比、花生物量占比、

珠芽生物量占比,地上生物量与珠芽轴长占比、花数量占比、珠芽数量占比、花生物量、珠芽生物量为显著相关( $P < 0.05$ )。株高与花数量占比、珠芽数量占比、花生物量占比、珠芽生物量占比、珠芽大小,叶面积与珠芽轴长占比、花生物量占比、珠芽生物量占比为极显著相关( $P < 0.01$ )。地下生物量与花数量占比、花生物量占比、珠芽大小、繁殖投入为正相关关系,与花序轴长占比、珠芽轴长占比、珠芽数量占比、珠芽生物量占比、花大小为负相关关系。

表2 珠芽蓼生长特性与繁殖特性的相关性分析

Table 2 Correlation Analysis of Growth and Reproductive Characteristics of *P. viviparum*

指标	株高	叶面积	比叶面积	地上生物量	地下生物量
花序轴长占比	0.940*	0.780	0.731	0.741	-0.150
珠芽轴长占比	-0.875	-0.985**	-0.860	-0.913*	-0.523
花数量占比	0.998**	0.932*	0.914*	0.917*	0.212
珠芽数量占比	-0.998**	-0.932*	-0.914*	-0.917*	-0.212
花生物量占比	0.989**	0.964**	0.933*	0.946*	0.299
珠芽生物量占比	-0.989**	-0.964**	-0.933*	-0.946*	-0.299
花大小	0.941*	0.773	0.800	0.770	-0.013
珠芽大小	0.982**	0.943*	0.859	0.869	0.261
繁殖投入	0.696	0.903*	0.659	0.743	0.629

注:\*\*在0.01级别相关性显著,\*在0.05级别相关性显著。

## 3 讨论

### 3.1 春季不同时期休牧对珠芽蓼生长特性的影响

春季休牧可以给草地群落提供休养生息的机会,有效保护草地生态环境<sup>[16]</sup>,但随着全球气候变化,在牧草返青前土壤已经出现冻融交替,此时放牧会影响牧草后续生长。繁殖是植物生活史进程中的重要环节,本试验依据土壤解冻和牧草返青期的观测,并考虑“土”、“草”两个因素设置不同休牧时间,首次研究了春季不同时期休牧对珠芽蓼繁殖的影响。

本研究中,关于不同时期休牧对植物株高的影响与Bai等<sup>[18]</sup>、Peng等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。植物越高,能获得更多的光热资源用于植株个体的建设,增加叶片投入,扩大叶面积可以增加叶片与太阳光的接触面积,吸收光能合成更多物质与能量,增加单位面积干物质含量及其他构件的投入。

珠芽蓼株高、叶面积与繁殖特性的相关性更为密切,植株的高度变化导致植物所获得的资源多少发生了变化,因此植物对繁殖的投入也会发生相应的变

化。随着休牧时间提前,珠芽蓼的繁殖投入占比均呈上升趋势。植物个体越大,对繁殖的投入越高;但植物对繁殖器官的投入增加后,需要额外增加对营养器官的投入,以保障植物繁殖过程的进行及其支撑。植物生长发育是繁殖的前提,但是当投资到繁殖的资源过少时,会直接影响植物后代的延续。如果植物在繁殖上投入过多的资源,势必减少在存活、生长方面的资源<sup>[20-21]</sup>,T1的地下生物量低于其他样地也是因为这个原因。因此植物将有限的资源合理分配到繁殖器官与营养器官非常重要。

### 3.2 春季不同时期休牧对珠芽蓼繁殖策略的影响

植物生长、繁殖以及不同繁殖方式之间的权衡是繁殖策略的基本特征<sup>[22-23]</sup>。珠芽蓼利用珠芽进行营养繁殖,用小花授粉结实后形成的种子进行有性繁殖。本研究中,各样地的珠芽轴长及生物量占比均大于花序轴长及生物量占比,说明珠芽蓼总体上以营养繁殖为主;随着休牧提前,珠芽轴长及生物量占比逐渐较小,花序轴长及生物量占比逐渐增加,表明休牧提前可以促进珠芽蓼对有性繁殖的投入,这与青藏高原

原高寒草甸上矮生嵩草<sup>[18]</sup>、线叶嵩草<sup>[19]</sup>的研究结果相似。珠芽蓼有性繁殖投入增加,其种群有性繁殖的机会也会相应增加,会提高后代适应自然选择的能力,加速进化进程,有利于后续种群的繁衍;其种子成熟后掉落到草地上,发芽、生长为新植株,这有利于物种的遗传多样性<sup>[12,8]</sup>,能促进植物的基因交流,增加种群的遗传多样性<sup>[24]</sup>,但有性繁殖通常需要传粉媒介的协助,对环境的要求较高。珠芽蓼的珠芽成熟后掉落,重新生长成新植株,可以使群落迅速扩散快速占领空间<sup>[25]</sup>,但通过这种繁殖方式会导致种群遗传变异率降低,对环境变化的应对能力变差<sup>[26]</sup>。两种不同的繁殖方式的投入在资源有限的前提下,通常会出现权衡。本研究发现珠芽蓼花与珠芽生物量占比、数量占比等各指标在不同样地间差异显著,说明春季不同时期休牧对珠芽蓼的繁殖策略产生了影响。

为保护珠芽蓼的生长与繁殖,建议从土壤解冻临界期开始休牧。本研究因野外试验条件的限制,在设置休牧时期时考虑到10月至翌年2月时间段草地植被枯萎、土壤已经冻结,放牧过程对其影响不显著,故从3月1日开始放牧;每个休牧时期的样地没有重复,但是本研究中的地块彼此相邻植被一致,研究结果也可以反映出不同休牧期对植物繁殖特性的影响。

#### 4 结论

春季不同时期休牧显著影响了高寒草甸优势植物珠芽蓼的生长特性和繁殖特性。随着休牧时间的推迟,珠芽蓼花序轴长占比、花数量占比、花大小、花生物量占比和繁殖投入占比、株高、叶面积、比叶面积和地上生物量呈下降趋势。各样地的珠芽轴长占比大于花序轴长占比、珠芽数量占比大于花数量占比、花生物量占比大于珠芽生物量占比,珠芽蓼总体上以营养繁殖为主。但随休牧时间提前,有性繁殖投入及大部分生长指标呈上升趋势。因此从土壤解冻临界期开始休牧,可以保护珠芽蓼的生长与繁殖。

#### 参考文献:

[1] 李晓婷,郭伟,倪向南,等. 高寒草甸植物物候对温度变化的响应[J]. 生态学报,2019,39(18):6670-6680.  
[2] 何思源, Kieth R. 青藏高原高寒草甸牧民对草场制度变迁的适应性研究[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2019,28(4):83-92.

[3] 李重阳,樊文涛,李国梅,等. 基于NDVI的2000—2016年青藏高原牧户草场覆盖度变化驱动力分析[J]. 草业学报,2019,28(10):25-32.  
[4] 彭珍,徐长林,鱼小军. 不同时期休牧对秦艽根系生理特性的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(3):69-74.  
[5] Wu G L, Li W, Li X P, et al. Grazing as a mediator for maintenance of offspring diversity: sexual and clonal recruitment in alpine grassland communities[J]. Flora,2011, 206(3):241-245.  
[6] Xiao H, Peng Z, Xu C L, et al. Yak and Tibetan sheep trampling inhibit reproductive and photosynthetic traits of *Medicago ruthenica* var. *inschanica* [J]. Environmental Monitoring and Assessment,2018,190(9):507.  
[7] 白欣. 封育年限对黄土高原典型草原繁殖更新与芽库的影响[D]. 洛阳:河南科技大学,2017.  
[8] 张茜,赵成章,马小丽,等. 高寒草地狼毒种群繁殖分配对海拔的响应[J]. 生态学杂志,2013,32(2):247-252.  
[9] 张玉凤,陈荣健,马辉,等. 不同环境因素对两种结实率菊苣繁殖策略的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2018,54(5):705-710.  
[10] Weppler T, Stöcklin J. Variation of sexual and clonal reproduction in the alpine *Geum reptans* in contrasting altitudes and successional stages[J]. Basic and Applied Ecology,2005,6(4):305-316.  
[11] 魏希杰,杜江,王伟,等. 高寒地区不同处理方法对野生珠芽蓼种子发芽率的影响[J]. 草学,2022(2):28-35.  
[12] 马辉,张玉凤,李亚红,等. 不同水分处理对两种结实率菊苣表型性状与繁殖策略的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2019,55(4):490-496.  
[13] 彭德力,张志强,牛洋,等. 高山植物繁殖策略的研究进展[J]. 生物多样性,2012,20(3):286-299.  
[14] 宋昕旖,聂瑾璐,杨梦涵,等. 祁连山不同海拔珠芽蓼光合特性和繁殖策略[J]. 应用与环境生物学报,2021,11(21):1-13.  
[15] 潘黎梅,孟丽华. 围栏封育对珠芽蓼繁殖策略的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2021,56(3):103-108.  
[16] 彭珍. 春季不同时期休牧对高寒草甸线叶嵩草和垂穗披碱草繁殖及根系的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2020.  
[17] 许鹏. 草地资源调查规划学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:120-121.  
[18] Bai M M, Wei K T, Ma K K, et al. Rest grazing from the critical period of soil thawing promotes the propagation of *Kobresia humilis* in alpine meadow[J]. Ecological Engi-

- neering, 2022, (179): 106634.
- [19] Peng Z, Bai M M, Xu C L, *et al.* Effects of different rest grazing periods on the reproduction and root characteristics of *Carex apillifolia* in subalpine meadow [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2022, 38: e02248.
- [20] Cheplick G P. Life—history variation in a native perennial grass (*Tridens flavus*): reproductive allocation, biomass partitioning, and allometry [J]. *Plant Ecology*, 2020, 221 (2): 103–115.
- [21] Obeso J R. The costs of reproduction in plants [J]. *New Phytologist*, 2002, 155(3): 321–348.
- [22] 李梓萌, 刘鞠善, 吴金凤, 等. 氮沉降对草地植物生殖策略的影响 [J]. *中国草地学报*, 2021, 43(7): 106–114.
- [23] 范邓妹, 杨永平. 不同生境下珠芽蓼(蓼科)的繁殖策略比较 [J]. *植物分类与资源学报*, 2009, 31(2): 153–157.
- [24] Honnay O, Bossuyt B. Prolonged Clonal growth: Escaperoute or route to extinction [J]. *Oikos*, 2005, 108 (2): 427–432.
- [25] Pluess A R, Stocklin J. The importance of population origin and environment on clonal and sexual reproduction in the alpine plant, *Geum repans* [J]. *Functional Ecology*, 2005, 19(2): 228–237.
- [26] 张玉芬, 张大勇. 克隆植物的无性与有性繁殖对策 [J]. *植物生态学报*, 2006, (1): 174–183.

## Effects of rest grazing in different periods of spring on the reproductive strategy of *Polygonum viviparum* in alpine meadow

BAI Mei-mei<sup>1</sup>, XU Jing-jing<sup>2</sup>, SHI Zhi-he<sup>2</sup>, XU Chang-lin<sup>1</sup>, WEI Kong-tao<sup>1</sup>, YU Xiao-jun<sup>1\*</sup>, Qi Xin-he<sup>2</sup>, QU Dan<sup>2</sup>, JIN Hui-liang<sup>2</sup>

(1. 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; 2. Gansu Forestry Science and Technology Extension Station, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** [Objective] To study the effects of rest grazing at different periods in spring on the propagation of *Polygonum viviparum*, determine the optimal rest grazing period, and provide a scientific basis for more effective rest grazing management of alpine meadow in spring. [Method] Five different rest grazing periods (T1, T2, T3, T4, T5) were established, corresponding to the critical period of soil thawing, the late stage of soil thawing, the early stage of grass regreening, the late stage of grass regreening, the local traditional grazing rest period until the yellowing stage of grass. The growth and reproductive characteristics of *P. viviparum* in different plots were assessed. [Result] The results showed that plant height, leaf area, specific leaf area and aboveground biomass in T1 were higher than those of T5. Plant height and leaf area had a greater impact on reproductive characteristics compared to other growth indices. As the rest grazing period was delayed, *P. viviparum* allocated less energy to reproductive organs. The proportion of inflorescence length, flower number, flower biomass, and flower size also showed a downward trend. Conversely, the proportion of bulbil length was greater than that of inflorescence length, the proportion of bulbil number was greater than that of flower number, and the proportion of bulbil biomass was greater than that of flower biomass across the different plots. [Conclusion] The primary reproductive mode of *P. viviparum* is vegetative reproduction. Grazing rest during the critical period of soil thawing can promote its sexual reproduction.

**Key words:** *Polygonum viviparum*; spring grazing; sexual reproduction; vegetative reproduction; alpine meadow

(责任编辑 康宇坤)