

# 青藏高原多稳态高寒草甸生态系统蒸散特征对比研究

舒 锴<sup>1,2</sup>, 柯 浔<sup>1,2</sup>, 辛 莹<sup>1,2</sup>, 郭小伟<sup>1</sup>, 曹广民<sup>1</sup>, 杜岩功<sup>1</sup>, 周华坤<sup>1</sup>

(1. 青海省寒区恢复生态学重点实验室, 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**在青海海北高寒草地生态系统国家野外科学观测研究站,以禾草-矮嵩草群落、矮嵩草群落、小嵩草群落、杂类草-黑土滩次生裸地4种演替稳态高寒草甸为研究对象,利用小型蒸渗仪法和烘干法等,研究多稳态高寒草甸的蒸散量、土壤含水率、贮水量变化特征。结果表明:随放牧强度增加,生长季盛期,4种演替稳态高寒草甸生态系统每日平均蒸散量出现下降趋势;4种稳态高寒草甸总蒸散量分别是禾本-矮嵩草群落 235.2 mm,矮嵩草群落 209.1 mm,小嵩草群落 203.1 mm,杂类草-黑土滩次生裸地 150.3 mm,均低于同期降水量。多稳态高寒草甸表层0~10 cm土壤含水率呈逐渐减小的趋势,且8月含水率降低速度较快,9月含水率下降不明显。禾本-矮嵩草群落10~20 cm土壤含水率变化不明显,其余3种草甸10~20 cm土层含水率均呈减小的趋势,但变化幅度低于表层土壤;高寒草甸0~10、10~20 cm土层贮水量均呈先降低后增加的趋势,生长季4种演替稳态高寒草甸生态系统各土层贮水量均逐渐减小。

**关键词:**多稳态高寒草甸;蒸散量;土壤含水率;贮水量

**中图分类号:**S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)06-0083-06

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyyep.2019.06.012

水是人类生存和发展必不可少的物质<sup>[1-2]</sup>,水资源紧缺是我国的基本国情之一。随着社会发展,我国水资源危机日益严重,环境和农业生产用水问题已经成为重大问题。高寒草甸是青藏高原重要草地类型之一,占高原植被面积的51.5%,在青藏高原水循环中起重要作用<sup>[3]</sup>,同时也是青藏高原水源涵养的主体基质,其涵养强度达1 847 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>,高寒草甸生态

系统与水资源之间的关系是青藏高原地区草地植被建设的核心<sup>[5]</sup>。

受气候变化和人类活动影响,高寒草甸已发生大面积退化,呈现出“多途径、多稳态、重危害”的退化演替格局,退化演替方向由禾本科-矮嵩草群落类型,经由矮嵩草群落、小嵩草群落逐渐退化到杂类草-次生裸地4种长期稳定存在且短期内极难恢复的多稳态高寒草甸生态系统<sup>[6-7]</sup>。所谓多稳态是指在一定的时间和空间尺度上,生态系统由于某种外界干扰而出现的保持长期不变的多种稳定状态。在一定随机干扰强度内,系统不会从一种稳态跃迁到其他稳态。而青藏高原多稳态高寒草甸则是由于原生高寒草甸长期遭受不同强度放牧导致的。其退化主要表现在生物多样性、草地生产力、土壤贮水量,持水能力和水源涵养功能的下降<sup>[8]</sup>以及群落组成和结构的变化,加之高寒草甸生态系统脆弱,退化区居民生活受到极大的影响,同时也威胁着发源于青藏高原地区的众多重要江河流域的生态安全。

**收稿日期:**2019-04-03; **修回日期:**2019-07-22

**基金项目:**青海省自然科学基金(2018-ZJ-914)“多稳态高寒草甸关键水文过程对人类干扰的响应机制”;国家自然科学基金(31770532)“高寒草甸氧化亚氮排放特征对不同种类硝化抑制剂响应”资助

**作者简介:**舒锴(1995-),男,陕西省略阳县人,硕士研究生。E-mail:shukai@nwipb.cas.cn  
杜岩功为通讯作者。  
E-mail:ygdu@nwipb.cas.cn

蒸散是影响高寒草甸水量和能量平衡的主要因素,在草地生态系统水循环过程中具有重要作用<sup>[9]</sup>。放牧导致高寒草甸退化而引起生态系统蒸散作用加强<sup>[10]</sup>,土壤水分散失加剧,植物受到干旱胁迫<sup>[11]</sup>,从而导致植被进一步退化形成负反馈。也有研究表明退化促使高草草甸土壤水分主要损失过程由蒸腾转变为蒸发作用,但是对蒸散总量的影响尚不确定<sup>[12]</sup>。草地退化直接造成土壤干燥化,持水能力急剧减弱,实行人工改良措施后,高寒草甸土壤含水率和贮水量也不会有明显改善<sup>[13-14]</sup>。从土壤水分亏缺分析,重牧不利于水源涵养,但禁牧也影响水源涵养功能的提高,只有适度放牧有利于水源涵养<sup>[15]</sup>。

目前,已有的研究主要集中于矮嵩草草甸生态系统蒸散量的研究,而对于高寒草甸退化演替过程蒸散及贮水量研究较少。试验基于微型 Lysimeter 对青藏高原地区不同放牧强度高寒草甸蒸散特征进行对比分析,解析高寒草甸蒸散强度和水分涵养功能对不同放牧强度的响应规律及发生机理,探究人类活动对高寒草甸生态系统水分收支平衡的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验设在青海海北高寒草甸生态系统国家野外科学观测研究站(海北站),位于青藏高原东北隅祁连山谷地,N 37°29',E 101°12',海拔 3 280 m。属于典型的高原大陆性气候,无明显的四季之分,非生长季寒冷且漫长,年平均气温-1.7℃,年降水量 426~860 mm,其中 80% 分布于植物生长季 5~9 月。

优势物种为矮嵩草(*Kobresia humilis*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、羊茅(*Festuca rubra*)、麻花芎(*Gentiana straminea*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)、小嵩草(*Kobresia pygmaea*)等。土壤类型为草毡寒冻锥形土(高山草甸土),发育年轻,全量养分丰富而速效养分贫乏。

### 1.2 试验地设置和试验内容

试验设置于海北站冬季放牧样地平台,放牧时间为每年 10 月~次年 4 月底。自 20 世纪 80 年代,由于各牧户长期以不同数量家畜进行放牧经营,高寒草甸呈现出“禾草-矮嵩草群落、矮嵩草群落、小嵩草群落和杂类草-次生裸地”4 种演替稳态。放牧强度分别为轻度(4 羊单位/hm<sup>2</sup>)、中度放牧(8 羊单位/hm<sup>2</sup>)、重度放牧(12 羊单

位/hm<sup>2</sup>)和极重度放牧(16 羊单位/hm<sup>2</sup>)。

2018 年 7~9 月底,基于小型 Lysimeter 逐日测定多稳态高寒草甸生态系统蒸散量。Lysimeter 由 2 mm 厚,直径为 24 cm,深为 20 cm(植物根系分布密集区),容量为 8 L 铁皮桶制成,在铁皮桶四周及底部,均匀钻开小孔,维持与周边土壤环境一致。在 Lysimeter 下方设置圆盘状盛水器,用于测定渗漏量。各稳态类型草甸各设置 3 组重复,观测时间为每天 8:00~20:00,每隔 4 h 观测 1 次并计算蒸散量<sup>[16]</sup>:

$$\Delta S = P + Q - \Delta R - E \quad (1)$$

式中: $\Delta S$  为蒸渗仪内土壤水分变化量(mm); $P$  为降水量; $Q$  为渗漏量; $\Delta R$  为地表径流量; $E$  为蒸散量。

试验土壤深度未达到地下水水位,可忽略地下水对试验的影响;降水量由试验地区自动气象站测得。观测结果发现没有渗漏发生,即  $Q=0$ 。且样地地势平坦,植被分布均匀,地表径流可以忽略,即  $\Delta R=0$ 。故微型蒸渗仪的质量变化( $\Delta S$ )即为蒸散量。

每月月中旬通过烘干法测定土壤质量含水率。用土钻收集 0~10、10~20 cm 土壤,装入铝盒称重,105℃ 烘干至恒重后称重,计算土壤质量含水量:

$$\theta_m = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $\theta_m$  为土壤质量含水率; $\omega_1$  为土壤鲜重; $\omega_2$  为土壤干重。

土壤贮水量:自然条件下一定深度土壤贮存的实际水量(mm)<sup>[17]</sup>。

$$W = F \times H \times SD \times 10 \quad (3)$$

式中: $W$  为土壤贮水量; $F$  为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>); $H$  为土壤厚度(cm); $SD$  为土壤质量含水率(%);10 为将土层定为 mm 的转换系数。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据整理和汇总,不同放牧强度高寒草甸蒸散值,质量含水量及贮水量之间显著性检验采用 SPSS 16.0 单因素方差分析方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 多稳态高寒草甸蒸散量对放牧强度响应特征

蒸散是植被及地面整体向大气输送的水汽总通量,不仅影响植物生长发育节律与生物量,还影响区域大气环流,起到调节气候的作用。随着放牧强度增加,生长季高寒草甸生态系统蒸散量呈逐渐减小趋势(图

1),蒸散量最高和最低值分别出现在 7 月禾草-矮嵩草群落与 9 月杂类草-次生裸地。7 月杂类草-黑土滩次生裸地的日蒸散值显著小于其他 3 种群落类型( $P < 0.05$ ),其他 3 种群落类型日蒸散值之间无显著性差异;8~9 月矮嵩草群落,小嵩草群落和杂类草-黑土滩次生裸地日蒸散均显著低于禾本-矮嵩草群落( $P < 0.05$ ),矮嵩草群落日均蒸散值与小嵩草群落之间无显著性差异。从季节动态分析,各类型草甸日蒸散量为 7 月  $>$  8 月  $>$  9 月,平均值依次为禾本-矮嵩草群落 ( $2.61 \pm 0.4$ )mm,矮嵩草群落( $2.32 \pm 0.40$ )mm,小嵩草群落( $2.25 \pm 0.21$ )mm,杂类草-黑土滩次生裸地 ( $1.67 \pm 0.65$ )mm;且到生长末期(9 月)蒸散量减少的速率较快。生长季盛期(7~9 月)4 种稳态高寒草甸总蒸散量分别是禾本-矮嵩草群落 235.2 mm(a),矮嵩草群落 209.1 mm(b),小嵩草群落 203.1 mm(b),杂类草-黑土滩次生裸地 150.3 mm(c);分别占到同期降水的 98.3%、87.4%、84.9%和 62.8%。

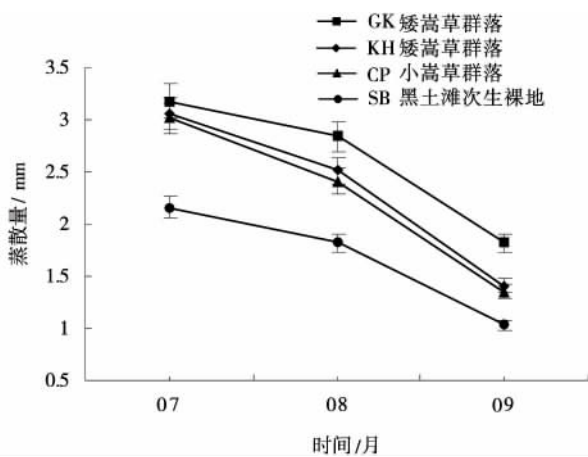


图 1 多稳态高寒草甸日蒸散值月动态

Fig. 1 Monthly dynamics of daily evapotranspiration value in multi-stable alpine meadow

2.2 放牧强度对高寒草甸土壤湿度和贮水量影响

高寒草甸生态系统土壤湿度变化主要受降水和蒸散过程共同的影响,土壤贮水量直接或间接地通过地表过程影响植被的水分利用效率。随放牧强度增加,多稳态高寒草甸生态系统土壤质量含水率和贮水量均呈下降趋势。各稳态类型平均含水率从禾本-矮嵩草群落到杂类草次生裸地分别为  $37.37 \pm 1.28\%$ ,  $35.65 \pm 1.3\%$ ,  $30.48 \pm 0.9\%$ 和  $34.44 \pm 1.38\%$ ,土壤含水率最高为禾本-矮嵩草群落,最低为小嵩草群落。从 7 月~9 月,4 种演替稳态高寒草甸土壤含水量均呈逐渐

减小趋势(图 2),生长季 7~9 月土壤湿度平均值分别  $40.16 \pm 1.41\%$ ,  $34.11 \pm 1.35\%$ 和  $31.21 \pm 0.89\%$ ,7 月土壤湿度显著高于其他月份( $P < 0.05$ ),最高值和最低值分别出现于 7 月、9 月,相差达到 28.67%。

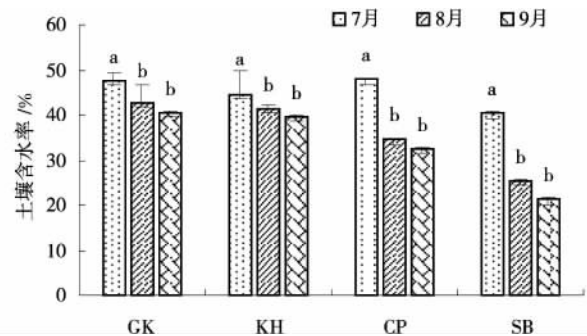


图 2 多稳态高寒草甸 0~10 cm 土层含水率

Fig. 2 Variation characteristics of water content in 0~10 cm soil layer of multi-stable alpine meadow

注:不同小写字母表示在差异显著( $P < 0.05$ ),下同

随着各类型草甸退化程度的加重,0~10 cm 土层含水率呈逐渐减小的趋势(图 2),从 7~8 月含水率降低速度快,并且差异达显著水平( $P < 0.05$ ),8~9 月含水率下降不明显。10~20 cm 土层含水率呈微弱减小的趋势,但是未达显著性水平(图 3)。从季节变化看,除禾本-矮嵩草群落 10~20 cm 土壤含水率变化不明显,其余各类型草甸 10~20 cm 土层含水率均呈减小的趋势,其变化特点与 0~10 cm 土层含水率变化特征相似,但变化幅度较 0~10 cm 土层小。

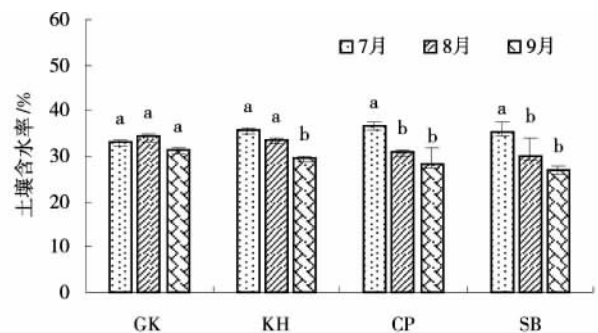


图 3 多稳态高寒草甸 10~20 cm 土层含水率

Fig. 3 Water content of 10~20 cm soil layer in multi-stable alpine meadow

由于杂类草-次生裸地容重极其显著高于其他样地,土壤粗骨性增加,土壤水分及容下渗而成为无效水,故在计算土壤贮水量时将其忽略。随着退化程度加重,土壤贮水量显著下降(表 1)。从季节动态分析,7~9 月,3 种类型草甸总贮水量均逐渐减小。7 月初至

8月下旬,站区降水呈减少趋势,且在这个时期植被处在生长最旺期,蒸散量较高,所以各类型草甸均出现了贮水量下降的情况。

表1 各月不同演替状态草甸土壤贮水量

Table1 Soil water storage of grassland in different succession states in each month /mm

月份	禾本-矮嵩草群落	矮嵩草群落	小嵩草群落
07月	60.53±1.58 <sup>a</sup>	46.57±3.48 <sup>b</sup>	45.40±0.43 <sup>c</sup>
08月	57.68±3.53 <sup>a</sup>	43.62±0.58 <sup>b</sup>	35.21±0.32 <sup>c</sup>
09月	53.86±0.68 <sup>a</sup>	40.08±0.46 <sup>b</sup>	32.57±2.14 <sup>c</sup>
平均	57.35±1.93 <sup>a</sup>	43.42±1.51 <sup>b</sup>	37.73±0.96 <sup>c</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 多稳态高寒草甸蒸散变化

生态系统蒸散过程是一个较为复杂的综合性过程,受到各个环境因素和生物因素的制约,而各个因素又会存在相互影响<sup>[18]</sup>。通过对比站区大型蒸渗仪的数据发现,观测得到的蒸散值与大型蒸渗仪观测结果总体上比较接近,但是略大于大型蒸渗仪的观测结果。不同尺度的蒸渗仪观测的蒸散值会存在差异,小尺寸蒸渗仪的观测结果会偏大于大尺寸蒸渗仪的观测结果<sup>[19]</sup>。这一特点也与前人的研究相吻合,说明研究结果可信。

探究了不同放牧压力下草地发生退化演替后的蒸散分异特征,结果表明随着群落演替的发生,蒸散发生了显著的变化,其原因可能是由于退化使得植被减少,而植物的蒸腾又是蒸散的主要部分,因而放牧导致植被的减少是整个群落蒸散减少的主要原因。同时,过度放牧导致土壤含水率下降,而土壤水分是蒸散的来源,土壤含水率降低也是导致蒸散量减少的主要原因。此外,对退化高寒草甸反照率的研究表明,随着该高寒草甸的退化,花朵鲜艳的杂类草占群落植物总量比例增加,从而增加了地表反照率,所以降低了净辐射对蒸散的贡献,使得退化草甸蒸散量减少<sup>[20]</sup>。从季节动态分析,各类型群落蒸散都随着季节变化发生了显著性变化,说明群落蒸散与植被生长状况以及气候条件密切相关。尤其是植被生长中后期降水增多,土壤含水率增大,也驱动了生态系统蒸散,使得各群落的蒸散值达到全年最大。蒸散是SPAC(土壤-植物-大气连续体)系统中的核心环节,其变化会导致气候发生变化从而进一步影响区域水循环和水资源的分布,使得该区

域生态系统趋于退化。由于试验条件的限制,仅仅在植被生长中后期进行了观测,故而未得到整个植物生长周期的蒸散变化;同时,研究还未对各演替群落蒸散分异的驱动因子以及蒸散分异带来的水文生态学效应进行详细探究,这将是以后工作的重要内容。

#### 3.2 多稳态高寒草甸持水特征

土壤含水率与土壤贮水量都是反映土壤持水性能的指征,受到土壤组成、结构,植被截留以及生物量等多种因素的影响,且很大程度上影响高寒草甸生产力。已有的研究表明自然放牧的草地由于受到家畜采食践踏的影响,土壤结构发生变化,孔隙度减小,土壤含水率和贮水量均降低<sup>[21]</sup>,与此次研究结果基本一致。同时冬季放牧也使得残留的凋落和立枯物因牲畜的采食、践踏和风折而发生损失,从而减少了植被对水分的截流和保持,使得土壤水分在天气较好的情况下迅速散失。从土壤水分收支状况分析,随着退化的加剧,群落蒸散降低,水分散失减少,但是土壤含水量和贮水量却降低,说明随着退化的加剧,群落整体蒸散降低,但是土壤结构变化,使土壤保水能力下降。同时有研究表明随着高寒草甸退化演替的发生,植物根系有向表层土壤集中的趋势,增加了植物根系对土壤水分的吸收,这都是引起土壤含水量降低的重要原因。7~9月,各类型群落土壤含水率逐渐降低,7~8月降低的幅度比8~9月降低的幅度大。但是降水量的减少却反之,同时从土壤水分支出上分析蒸散量在生长后期迅速下降,故而说明土壤含水率和降水量的减少与植被生长状况有极大关联。尤其是进入植被生长中后期,植被的密度和盖度都显著减少,从而降低了土壤对水分的截流,所以这一阶段土壤含水率下降显著。值得注意的是高寒草甸退化演替中出现的杂类草-黑土滩群落,该群落的土壤含水率低,但是贮水量高。造成这一现象的主要原因是由于植被的退化,孔隙度减小,容重增加,从而使得计算得出的贮水量大,但是由于土壤通气性差,土壤结构差,植被少,所以总体的持水能力较差。因此,对于重度退化高寒草甸的生态系统功能评估要结合多方面的因素来进行。

土壤含水量、土壤理化性质、植被盖度、放牧程度等环境因子都会影响到高寒草甸生态系统的水分循环,包括蒸发蒸腾<sup>[22]</sup>。放牧会导致一系列的土壤理化性质和植被特征发生变化,但是草甸的水文学特征,包括蒸散发,含水量和渗透性能是变化最敏感

的因子之一,同时也是草地退化过程中起到正反馈作用的关键因素。放牧导致草地水文生态功能发生了一系列变化,使得草地水分循环强度减弱,水源涵养功能下降。由于试验只对多稳态高寒草甸生长中后期进行了研究,故结论尚有一定的局限性,期望在后期研究中加以补充。

#### 4 结论

(1)随着退化程度的加剧,多稳态高寒草甸蒸散日均值呈下降趋势;从7~9月,各类型草甸日均值蒸散呈显著减小趋势。

(2)随着退化程度的加重,各类型草甸0~10 cm土层含水率呈逐渐减小的趋势,且从7~8月含水率降低速度快,8~9月含水率下降不明显。除禾本-矮嵩草群落10~20 cm土壤含水率变化不明显以外,其余各类型草甸10~20 cm土层含水率均呈减小的趋势,其变化特点与0~10 cm土层含水率变化特征相似,但变化幅度较0~10 cm土层小。随着草甸退化程度的加重,3种类型草甸贮水量呈降低趋势,7~9月,3种类型草甸贮水量均逐渐减小。

#### 参考文献:

- [1] Eshtawi T, Evers M, Tischbein B, *et al.* Integrated hydrologic modeling as a key for sustainable urbanwater resources planning[J]. *Water Research*, 2016, 101(3): 411—414.
- [2] Luciana C M, Principe R E, Márquez J A, *et al.* Succession of algal communities in headwaters: a comparison of pine afforested and natural grassland streams [J]. *Ecological Research*, 2017, 12(3): 1—12.
- [3] 穆东升. 充分开发空中水资源为保护“三江源”生态环境作贡献—在全国人工影响天气工作会议上的发言[J]. *青海气象*, 2004(1): 2—4.
- [4] 李婧, 杜岩功, 张法伟, 等. 草毡表层演化对高寒草甸水源涵养功能的影响[J]. *草地学报*, 2012, 20(5): 836—841.
- [5] 温鲁哲, 陈喜, 王川子, 等. 基于蒸渗仪测量的水文要素影响因素分析[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(4): 252—255.
- [6] 王建兵, 张德罡, 曹广民, 等. 青藏高原高寒草甸退化演替的分区特征[J]. *草业学报*, 2013, 22(2): 1—10.
- [7] Schefferm, Carpenter S R, Foley J A, *et al.* Catastrophic shifts in ecosystems[J]. *Nature*, 2001, 413(6856): 591—596.
- [8] 徐翠. 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响[D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2013.
- [9] 常虹, 孙海莲, 刘欣超, 等. 内蒙古东乌旗草原生态系统水源涵养量与价值研究[J]. *畜牧与饲料科学*, 2016, 37(5): 24—27.
- [10] Xiaotao H, Geping L, Feipeng Y E, *et al.* Effects of grazing on net primary productivity, evapotranspiration and water use efficiency in the grasslands of Xinjiang [J]. *Journal of Arid Land*, 2018(4): 1—13.
- [11] 杨永胜, 张莉, 末亚西, 等. 退化程度对三江源泽库高寒草甸土壤理化性质及持水能力的影响[J]. *中国草地学报*, 2017, 39(5): 54—61.
- [12] Babel W T, Biermann H, Coners E, *et al.* Pasture degradation modifies the water and carbon cycles of the Tibetan highlands [J]. *Biogeosciences Discussions*, 2014, 11(23): 6633—6656.
- [13] Pan T, Hou S, Wu S L, *et al.* Variation of soil hydraulic properties with alpine grassland degradation in the eastern Tibetan Plateau [J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017, 21(4): 2249—2261.
- [14] 王根绪, 沈永平, 钱鞠, 等. 高寒草地植被覆盖变化对土壤水分循环影响研究[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(6): 653—659.
- [15] 贺慧丹, 祝景彬, 末亚西, 等. 高寒草甸土壤贮水量对封育措施的响应[J]. *水土保持研究*, 2018, 25(3): 210—216.
- [16] 季辰, 朱忠礼, 徐自为. 高精度称量式蒸渗仪数据处理方法研究[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 52(5): 628—634.
- [17] 乐炎舟, 左克成, 张金霞, 等. 海北高寒草甸草地生态系统定位站的土壤类型及其基本特点[C]//高寒草甸草地生态系统(第一集). 北京: 科学出版社, 1982: 19—33.
- [18] 杨炳玉, 申双和, 张富存, 陶苏林, 汪秀敏, 赵华. 不同尺寸蒸渗仪测定作物蒸散的田间试验研究[J]. *中国农业气象*, 2015, 36(2): 161—169.
- [19] Castelli M, Anderson M C, Yang Y, *et al.* Two-source energy balance modeling of evapotranspiration in Alpine grasslands [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2018, 209: 327—342.
- [20] 李婧梅, 蔡海, 程茜, 等. 青海省三江源地区退化草地蒸散特征[J]. *草业学报*, 2012, 21(3): 223—233.
- [21] 祝景彬, 贺慧丹, 李红琴, 等. 高寒草甸草地土壤贮水量对牧压梯度的响应[J]. *中国草地学报*, 2018, 40(4): 88—94.
- [22] Huang X, Luo G, Lv N, *et al.* Spatio-temporal patterns of grassland evapotranspiration and water use efficiency in arid areas [J]. *Ecological research*, 2017, 32: 752—758.

# Comparative study on evapotranspiration characteristics of Multi-stable alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau

SHU Kai<sup>1,2</sup>, KE Xun<sup>1,2</sup>, XIN Ying<sup>1,2</sup>, GUO Xiao-wei<sup>1</sup>, CAO Guang-min<sup>1</sup>,  
DU Yan-gong<sup>1</sup>, ZHOU Hua-kun<sup>1</sup>

(1. *Key Laboratory of Restoration Ecology in Cold Region of Qinghai Province, Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China*; 2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** This study aims to clarify the response of alpine meadow evapotranspiration to different grazing intensities. It is helpful to deepen the study of water cycle process in degraded ecosystems of alpine meadows, and to reveal the grassland degradation mechanism from the perspective of ecological hydrology. In this study, we taken 4 successional stable alpine meadows (Gramineae-*Kobresia humilis* community; *K. humilis* community; *K. pygmaca* community; forb-black soil type secondary bare land) as research objects, and the evapotranspiration, soil moisture content and water storage of the multi-stable alpine meadow were studied by using the mini lysimeter method and the drying method. The results showed that with the increase of grazing intensity, the average daily evapotranspiration of the four successional stable alpine meadow ecosystems decreased during the peak season of growth; the total evapotranspiration of the four stable alpine meadows was respectively 235.2 mm for Gramineae-*Kobresia humilis* community, 209.1 mm for *K. humilis* community, 203.1 mm for *K. pygmaca* community, and 150.3 mm for forb-black soil type secondary bare land, all of which were lower than the precipitation; the moisture content of 0~10 cm soil layer showed the trend of gradual reduction, and the rate of reduction in August is faster, and the decrease in water content in September is not obvious. The soil moisture content of 10~20 cm in Gramineae-*K. humilis* community was not obvious, and that of other 3 alpine meadows decreased, but the change range was lower than that of the 0~10 cm soil layer; the water storage capacity of 0~10 cm and 10~20 cm soil layer showed an increasing trend after decreasing in alpine meadow. In the growing season, the water storage capacity of each soil layer in the 4 successional stable alpine meadow ecosystems decreased gradually. By reducing the grazing intensity to restore the degraded alpine meadow ecosystem, the water storage capacity of the ecosystem will be significantly increased, and the grassland production function will be improved.

**Key words:** multi-stable alpine meadow; evapotranspiration; soil water content rate; water storage