

禁牧对安西荒漠化草原芨芨草光合 生理生态特征的影响

赵 鸿,王润元,郭 锐,刘宏谊,王鹤龄

(中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,甘肃 兰州 730020)

摘 要:对安西温性荒漠化草原退牧还草围栏建设工程区芨芨草光合生理生态特征进行了监测分析。结果显示,与放牧区相比较,围栏禁牧草场环境中气温和叶温相对较低,空气湿度相对较高,二者环境有显著差异,表明禁牧极大地改善了草原牧草的生长环境。同时,禁牧区草地主要植物类群芨芨草叶片的光合速率较高,有利于其生长和干物质的积累。

关键词:禁牧;放牧;草原;光合生理生态特征;影响

中图分类号:F304

文献标识码:A

引 言

我国拥有天然草场近4亿 hm^2 ,约占国土面积的42%,草原是我国畜牧业发展的重要物质基础和农牧民赖以生存的基本生产资料,在维护生物多样性中起到种质基因库的作用。近几十年来,由于超载过牧、乱采滥挖、滥垦等,草原退化、沙化现象越来越严重,草原面积不断缩小。截至目前,已有90%的可利用草原不同程度地退化,并且正以每年120~130万 hm^2 的惊人速度扩展^[1],有研究显示,适度放牧能使牧草产量增加^[2],且利于草场植物多样性的增加^[3-4],但超载过畜等不合理利用能够减少草地植被覆盖度和物种多样性^[5],改变物种和群落组成^[6-7],过度放牧是导致高寒草场退化的根本原因^[8]。对高寒草甸植被的影响研究证明,随着放牧强度的提高,主要植被类群的生物量不断下降^[9],草群结构趋向于简单化^[10]。草原生产力不断下降,草原生态环境持续恶化,生物多样性和稳定性急剧减弱,严重威胁着草原生态系统和草地畜牧业的可持续发展。而且草原生态环境极为脆弱,一旦遭到破坏就很难恢复。

地处河西走廊西北部的安西,有大片天然草原。近年来,该地区草原退化现象十分严重,为此,甘肃省于2003年在安西、玛曲等地实施了退牧还草工程。为了及时、客观、准确地了解退牧对草地植物的恢复效果,本文以安西温性荒漠化草原为研究对象,对禁牧与放牧条件管理下,通过监测牧草生育期内的光合作用,就草地主要植物类群芨芨草叶片光合生理生态特性进行对比分析,为草原植被遥感长势监测和遥感估产提供依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区自然概况

研究区位于甘肃省安西县桥子乡(40°17'N,96°08'E),海拔1306 m。该区地处河西走廊西北部,深居内陆,全年日照总时数3360 h,≥10℃的积温3661.5℃,年平均气温8.8℃,平均日较差16.1℃,年较差35.3℃,极端最高气温42.8℃,极端最低气温-29.1℃;年均降水量45.7 mm,降水变率大,年蒸发量3140.6 mm,年相对湿度39%~41%,无霜期138~146 d;全年平均沙尘暴日为137 d,浮尘29.3次,其地带性土壤为灰棕色荒漠土,还有零星

收稿日期:2006-07-26;改回日期:2006-12-18

基金项目:甘肃省退牧还草科技支撑项目“甘肃省退牧还草效益遥感监测研究(甘退牧200301)”资助

作者简介:赵鸿(1977-),女,甘肃临洮人,硕士,主要从事气候变化、农业生态等方面的研究工作。E-mail: zhaohonglt@126.com; hongzhl@yaho.com.cn

分布的草甸盐土、风沙土和沼泽土。

1.2 主要仪器及试验介绍

采用美国 CI-301PS 型便携式光合作用测定仪进行活体监测,分别测定芨芨草植株叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(E)、气孔导度(C)以及光合有效辐射(PAR)、气温(T)、空气湿度(RH)、大气 CO_2 浓度等指标。具体测法:在样地中,随机设置 5 个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的样方,每个样方随机选取 4 株形态和长势基本一致的植株,每株测一片叶,每次共测 4 片叶,被测叶位基本相同,每片叶测 5 个数据,取其平均值代表该时次的各指标值,在软件 SPSS10.0 下对数据进行统计分析。

试验于 2005 年 7 月 13 日 10:00~15:00 进行,当天天气晴朗无云无风。

2 结果和分析

2.1 芨芨草光合生理特征及其差异

测定结果表明,禁牧与放牧区植株净光合速率 P_n 、蒸腾速率 E 、气孔导度 C 和细胞间隙 CO_2 浓度等光合生理特征明显不同(图 1):在一天中的 10:00~15:00,芨芨草叶片净光合速率的变化较大,且禁牧区净光合速率始终高于放牧区(图 1a),前者平

均为 $4.0\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,后者平均为 $1.8\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,二者有显著差异($P < 0.05$)(表 1)。说明禁牧区植株通过光合作用积累干物质的能力高于放牧区,从而使禁牧区牧草有较高的光合产出,可提高产量。由图 1(a)还可以看出,2 种管理状态下,都存在光合“午休”现象,但出现的迟早不同。分析该试验中气孔导度的变化,如图 1(b),可以看出禁牧区气孔导度变幅较大,平均为 $129.0\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而放牧区变化较平缓,平均为 $103.2\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,禁牧区明显高于放牧区,有极显著差异($P < 0.01$)。由图 1(c)可知,在一定温度范围内,随光合有效辐射的增加,气孔慢慢张开,气孔导度增大,蒸腾速率逐渐增大,13:00 左右达到最大,以后随光照的减弱逐渐减小。但禁牧区植株蒸腾速率基本上都高于放牧区,前者平均为 $4.7\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,后者平均为 $4.3\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,存在显著差异($P < 0.05$)。通过 2 种草原管理状态下芨芨草叶片细胞间隙 CO_2 浓度的对比分析(图 1(d)),可知禁牧区植株叶片细胞间隙 CO_2 浓度平均为 $235.0\ \text{mg/g}$,明显低于放牧区 $253.0\ \text{mg/g}$,有显著差异($P < 0.05$)(差异显著性分析均见表 1)。

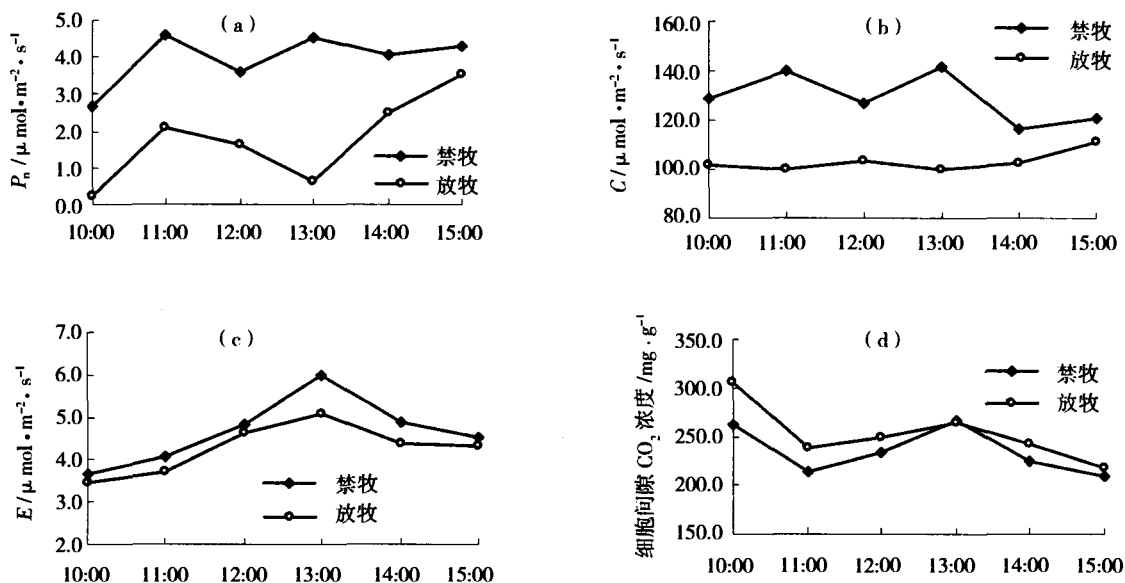


图 1 禁牧与放牧区芨芨草叶片光合生理特性及其变化

Fig. 1 Changes of photo-physiological characteristics of *Achnatherum splendens* in the enclosure and the grazing pasture

表 1 禁牧与放牧区芨芨草叶片光合生理特征的差异显著性

Tab. 1 Difference significance on photo-physiological characteristics of *Achnatherum splendens* in the enclosure and the grazing pasture

植被管理 状态	光合速率 $/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	蒸腾速率 $/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	气孔导度 $/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	胞间 CO_2 浓度 $/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
禁牧	4.0*	4.7*	129.0**	235.0*
放牧	1.8	4.3	103.2	253.0

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

Note: * correlation is significant at the 0.05 level, ** correlation is significant at the 0.01 level.

2.2 封育对芨芨草生长环境的影响

对围栏内外主要植被类群芨芨草叶片生长的环境因子进行对比分析,结果表明禁牧与放牧区植株光合有效辐射 PAR 、气温 T_a 、叶温 T_l 、空气相对湿度 RH 等环境因子明显不同(图 2):禁牧区 PAR 始终高于放牧区,且变化趋势不太一致(图 2a),禁牧区 PAR 平均为 $2011.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,放牧区平均为 $1567.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,有极显著差异($P < 0.01$)(表 2),说明禁牧区牧草对光的利用率较高。该试验中 2 种草原管理状态下空气湿度的变化见图 2b。由图可见,一天中 10:00~15:00 观测期间内,在 13:00 以前禁牧区湿度比放牧区高出较多,13:00 以后湿度逐渐接近,差距减小。禁牧区空气湿度平

均为 17.4%,放牧区为 16.2%,前者高于后者,二者有明显的差异($P < 0.05$)。禁牧与放牧 2 种状态下,气温的变化趋势相似(图 2c),温度的变化和湿度的变化曲线相反,呈反位相。13:00 左右温度达到最大值,但禁牧区气温总是低于放牧区,前者气温平均为 36.7°C ,后者平均为 37.8°C ,呈极显著差异($P < 0.01$)。叶温的变化趋势和气温极为相似(图 2d),禁牧区牧草叶片温度平均为 35.6°C ,明显低于放牧区 36.7°C ,有显著差异($P < 0.05$)。大气 CO_2 浓度在禁牧区为 285.8 mg/g ,稍高于放牧区 278.2 mg/g (图略),但显著性分析结果显示二者无显著差异(差异显著性分析均见表 2)。

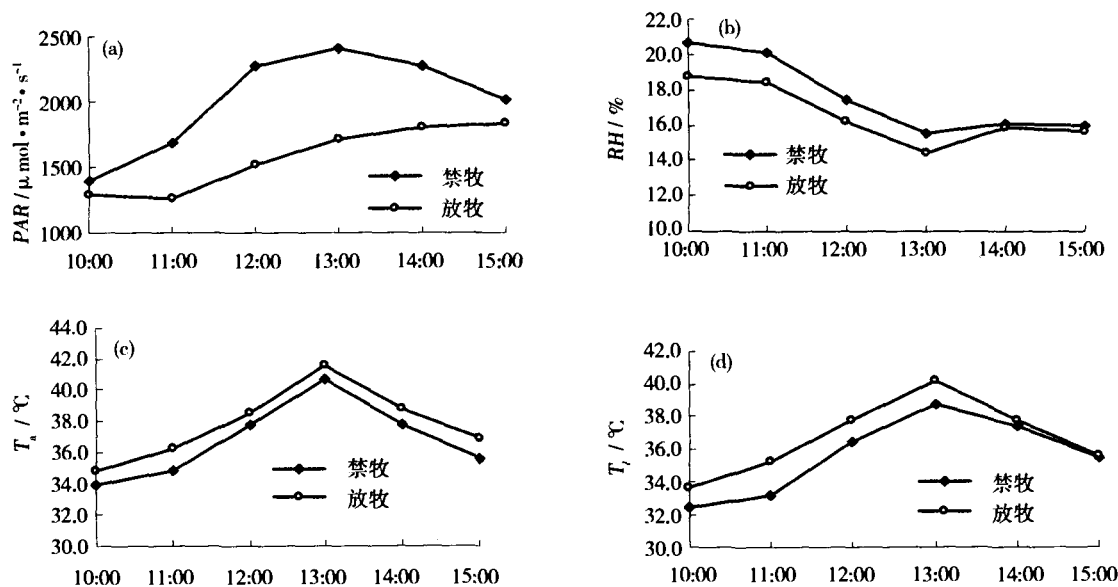


图 2 禁牧与放牧区芨芨草叶片生长的环境因子及其变化

Fig. 2 Changes of environment factors for *Achnatherum splendens* growth in the enclosure and the grazing pasture

表 2 禁牧与放牧区芨芨草叶片生长环境的差异显著性

Tab. 2 Difference significance on environment factors in the enclosure and the grazing pasture

植被管理 状态	光合有效辐射 / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	气温 / $^{\circ}\text{C}$	叶温 / $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 /%	大气 CO_2 浓度 / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
禁牧	2 011.0**	36.7**	35.6*	17.4*	285.8
放牧	1 567.3	37.8	36.7	16.2	278.2

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

Note: * correlation is significant at the 0.05 level; ** correlation is significant at the 0.01 level.

3 结论与讨论

通过对安西县桥子乡退牧还草围栏建设工程区禁牧与放牧状态下芨芨草光合生理生态特征进行监测,结果表明禁牧草原环境中气温和叶温相对较低,湿度相对较高,空气环境明显较好,可见围栏禁牧封育极大地改善了安西县草原生态环境,这样有利于植株在适宜的温度下进行光合作用,将更多的 CO_2 等无机物转化成有机物质。温度是影响植物光合作用的重要因子^[11],有研究表明高温会限制作物的生产力,温度增加时,植物的呼吸速率相应增加,导致净光合速率减少 3% ~ 53%^[12]。在生长期中,对植物离体原生质体、叶绿体、类囊体在试管中进行变温处理(32 $^{\circ}\text{C}$ 升到 42 $^{\circ}\text{C}$)后,光反应中光系统 II 的活性突然减小,使该系统中电子传递受阻,从而影响其光合作用^[13]。湿度也是影响光合作用的主要因子之一,在光照满足的条件下,湿度越大,越有利于植株光合作用的进行,反之,植株光合作用将受到限制,在干旱区,水分在植物生长的每个生育期都是非常重要的^[14]。本研究中禁牧区草地主要植被类群芨芨草叶片光合速率和光合有效辐射高,使草原植被积累干物质的能力较高,有利于牧草产量的提高,同时光能利用率也有一定程度的提高。另外,禁牧区芨芨草叶片蒸腾速率较高,蒸腾作用的增大有一定程度的降温效应^[11],主要体现在蒸腾作用可有效地避免叶片温度升得过高,由于水具有很高的蒸发热,当大气温度高于一定值时,蒸腾作用可使叶温低于气温,一方面避免了热伤害,另一方面也改善了植株的生长环境。

因此,在天然草原由于超载过牧等造成退化的前提下,实施禁牧管理措施,以自然的力量对草原进行修复,是在草原建设上最直接、经济且效果显著的方法之一。尤其是禁牧后靠生态力量自我修复,成本低,见效快。总之,禁牧对于改善草原生态环境是十分可行的,有利于资源与经济协调发展,同时推动和提升草畜产业的健康发展。

参考文献:

- [1] 高永革,樊江文. 草地生态与生产[M]. 北京:中国农业科技出版社,1997.
- [2] Milchunas DG, Sala OE, Lauenroth WL. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure[J]. *Amer Natur*, 1988(132): 87-105.
- [3] Howitt RE. How economic incentives for growers can benefit diversity[J]. *California Agr*, 1995, 49(6):28-33.
- [4] 李希来. 高寒草甸草地与其退化产物“黑土滩”生物多样性和群落特征的初步研究[J]. *草业科学*, 1996, 13(2): 21-23.
- [5] 张堰青. 不同放牧强度下高寒灌丛群落特征和演替规律的数量研究[J]. *植物生态学和地植物学学报*, 1990, 14(4): 358-364.
- [6] Laycock WA. Implications of grazing versus no grazing on today's rangelands[A]. Vavra M, Laycock WA, Pieper RD, Ecological implications of Livestock Herbivory in the west[C]. Colorado: Society for Range Management, 1994.
- [7] 周兴民,张松林. 矮蒿草草甸在封育条件下群落结构和生物量变化的初步观察[A]. 中国科学院西北高原生物研究所. 高原生物学集刊[C]. 北京:科学出版社,1986. 1-7.
- [8] 刘伟,王启基,王溪,等. 高寒草甸“黑土型”退化草地的成因和生态过程[J]. *草地学报*, 1999, 7(4): 300-307.
- [9] 韩发,贲桂英,师生波. 不同放牧强度下高寒灌丛植物的生长特点[J]. *植物生态学和地植物学学报*, 1993, 17(4): 331-338.
- [10] 王启基,周立. 放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应分析[A]. 中国科学院西北高原生物研究所. 高寒草甸生态系统(第四集)[C]. 北京:科学出版社,1995. 353-364.
- [11] 曹仪植,宋占午. 植物生理学[M]. 兰州:兰州大学出版社,1998.
- [12] Todd GW. Photosynthesis and respiration of vegetative and reproductive parts of wheat and barley plants in response to increasing temperature[J]. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 1982(62): 57-62.
- [13] Al-Khatib K, Paulsen GM. High temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals[J]. *Crop Science*, 1999, 39(1): 119-125.
- [14] Deng X P, Shan L, Shinobu I. Effect of drought environments on the photosynthesis of spring wheat in the semi-arid area of Loess Plateau[A]. In: Lafflen JM, Tian JL, Huang C-H, eds. Soil Erosion and Dryland Farming[C]. New York: CRC Press, 2000, 15-24.

(下转第 78 页)

规范、增加技术含量的宗旨。可以首先从职责范围、通信方式和作业指挥等方面进行改革。市级应该建立适合本地情况的人工影响天气业务技术系统,建立有一定技术含量的业务流程。

(2) 市级人工影响天气业务技术系统依靠 GPRS 技术,可以实现直接指挥作业点的作业指挥模式,通过减少指挥环节,争取更多的作业时间,提高了安全可靠,同时也提高了指挥和作业水平。该指挥模式由于采用 GPRS 技术,可为更高层次的指挥提供技术支持。

(3) 通过宽带数据通讯网,应用分布式数据库技术,实现异地数据共享和异地事务处理的功能,使市、县人影办数据库资料传递更方便。

参考文献:

- [1] 德力格尔. 青海省人工影响天气综合指挥系统[M]. 北京:气象出版社,2000. 252-257.
- [2] 周毓荃,张存. 河南省新一代人工影响天气业务技术系统的设计、开发和应用[J]. 应用气象学报,2001,12(增):173-184.
- [3] 王以琳,边道相,刘文,等. 山东飞机人工增雨作业决策系统[J]. 应用气象学报,2001,12(增):185-193.
- [4] 刘贵华,岳治国,罗俊颖,等. 人工增雨(雪)作业技术系统设计方法[M]. 北京:气象出版社,2003. 270-274.
- [5] 李红斌,濮文耀. 火箭增雨作业中雷达和3S技术的应用[J]. 气象科技,2004,32(4):247-250.
- [6] 扬晓霞,王以琳,李昌义,等. 山东聊城冰雹天气气候特征和影响系统[J]. 干旱气象,2006,24(4):9-14.
- [7] 王以琳. 山东飞机人工增雨效益估算系统[J]. 青岛海洋大学学报,2000,30(3):390-396.

New Operation Flow for Municipal and County Levels' Weather Modification

WANG Yilin

(Shandong Provincial Research Institute of Meteorology, Ji'nan 250031, China)

Abstract: In order to promote innovation of the meteorology operation system and construction of municipal and county levels' weather modification system, and take advantage of municipal command decision of weather modification to improve communication of operation instruction and lighten workload of county level's weather modification operation, the new operation flow for municipal and county levels' weather modification is put forward in this paper. It uses radar to command operation and GPRS to transmit operation instruction so as to improve the technology of rain enhancement and hail suppression and ensure actual effect and veracity of operation instruction sending. The new flow strengthens municipal level's management function in weather modification.

Key words: weather modification; operation flow; operation technique system

(上接第 66 页)

Effect of Enclosure on Photo-physiological Characteristics of *Achnatherum splendens* in Deserted Grassland of Anxi

ZHAO Hong, WANG Runyuan, GUO Ni, LIU Hongyi, WANG Heling

(Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The photo-physiological characteristics of *Achnatherum splendens* both in the enclosure and the grazing pasture were monitored in Anxi. The results showed that the difference was significant between them. The air temperature and leaf temperature were relatively lower and the relative humidity was higher in the enclosure compared with those in the grazing grassland. These indicated that the environment of grass growth was greatly improved by enclosure means. At the same time, there was higher photosynthetic rate of *Achnatherum splendens* in the enclosed grassland. This was beneficial to growth of grass and accumulation of dry matter.

Key words: enclosure; grazing; grassland; photo-physiological characteristics; effect