

# 气候变化对黄土高原达乌里胡枝子种群分布格局的影响\*

程杰<sup>1</sup> 程积民<sup>1,2\*</sup> 呼天明<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西北农林科技大学动物科技学院, 陕西杨凌 712100 <sup>2</sup>中国科学院-水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 2000—2009年, 采用野外样带调查与多点定位监测结合的方法, 研究了区域气候变化对达乌里胡枝子种群分布和生长的影响。结果表明: 受气温的影响, 达乌里胡枝子种群的适宜生长范围由西北向东南呈明显的地带性分布, 种群分布的适宜温度在 7.4℃~10℃, 平均密度为 13.9株·m<sup>-2</sup>, 生殖枝数量平均为每丛 11.4枝, 生长稳定; 受降水梯度的影响, 达乌里胡枝子种群的水平分布已由典型草原地带的建群种或优势种扩展为森林草原地带的伴生种, 并从伴生种上升为优势种。在荒漠草原地带的沟谷半阳坡及沙丘附近也常以偶见种出现, 并从年降雨 300~500 mm 的适宜区, 已逐渐扩大到降雨量较低的 270 mm 和较高的 600 mm 区域; 达乌里胡枝子种群分布的海拔高度由 1100~1700 m 扩展到 600~1950 m 的范围。在全球气候变暖背景下, 达乌里胡枝子种群生态幅在逐渐扩大。

**关键词** 黄土高原 达乌里胡枝子 分布密度 气候梯度

**文章编号** 1001-9332(2011)01-0035-06 **中图分类号** Q948.3 **文献标识码** A

**Distribution responses of *Lespedeza davurica* community on Loess Plateau to climate change**  
CHENG Jie<sup>1</sup>, CHENG Jimin<sup>1,2</sup>, HU Tianming<sup>1</sup> (<sup>1</sup>College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling 712100 Shaanxi China; <sup>2</sup>State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2011, 22(1): 35-40.

**Abstract** Field survey and position monitoring were conducted from 2000 to 2009 to study the effects of climate change on the distribution and growth of *Lespedeza davurica* community on Loess Plateau. As affected by air temperature, the appropriate growth region of *L. davurica* community on the Plateau had an obvious zonal distribution from northwest to southeast. For the distribution of *L. davurica* community, the suitable air temperature was 7.4℃-10℃, average population density was 13.9 plants·m<sup>-2</sup>, and reproductive branch was averagely 11.4 per cluster. As affected by precipitation gradient, the horizontal distribution of *L. davurica* community changed from a constructive or predominant species in typical grassland region into a companion species in forest steppe region, and then, the community gradually became dominant species. The *L. davurica* community appeared as an occasional species on the half sunny slope of gullies and valleys and the sand dunes in desert steppe region, and extended gradually from its optimal region with yearly precipitation 300-500 mm to the region with yearly precipitation 270-600 mm. Also, the *L. davurica* community extended from its optimal altitude 1100-1700 m to 600-1950 m. Under the background of global climate change, the eco-breadth of *L. davurica* community expanded gradually.

**Key words** Loess Plateau; *Lespedeza davurica*; distributed density; climate gradient

\* 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目 (10502-Z8)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-441-149)、国家基础研究发展计划重点项目 (2007CB106803) 和国家自然科学基金重点项目 (40730631) 资助。

\*\* 通讯作者。E-mail: gyxjm@ms.iswc.ac.cn

2010-06-01 收稿, 2010-10-21 接受。

达乌里胡枝子 (*Lespedeza davurica*) 系豆科胡枝子属, 温带中旱生小半灌木, 具有抗寒、耐旱和耐土壤贫瘠的特性, 适生于年积温在  $1700\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 2750\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 降水量  $300 \sim 400\text{ mm}$  的气候条件下<sup>[1-2]</sup>, 是森林破坏及草原退化后的一种次生植被类型, 广泛分布于我国华北、西北和东北等地区, 在日本、朝鲜及原苏联的远东和东西伯利亚地区也有分布<sup>[3-4]</sup>. 达乌里胡枝子为优等饲用植物, 其主根入土深度在  $0.9 \sim 1.3\text{ m}$ , 侧根水平分布约  $26 \sim 62\text{ cm}$ , 在茎枝的基部接近表土处常生长着许多不定根<sup>[5]</sup>, 不仅是改良干旱、退化或沙化草地的重要植物之一, 也是山地、丘陵和沙地优良的水土保持植物. 近年来, 有关达乌里胡枝子种群的研究多集中于种群的分布、利用、演替、生产力及水分平衡等方面<sup>[2-6]</sup>, 而对黄土高原植被恢复演替序列中达乌里胡枝子种群分布格局及其与气候影响的关系尚未见研究报道.

本研究在定位监测研究的基础上, 结合达乌里胡枝子种群区域地带水平与垂直分布调查, 分析气候变化对达乌里胡枝子种群生长分布格局及生态幅的影响, 以期为全球气候变化与生物响应的研究提供科学依据.

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区自然概况

研究地点由黄土高原 ( $35^{\circ}12' \sim 39^{\circ}38' \text{ N}$ ,  $106^{\circ}21' \sim 113^{\circ}36' \text{ E}$ ) 的西北向东南, 海拔  $450 \sim 2900\text{ m}$  范围, 经过干旱-半干旱-半湿润区气候带, 囊括森林草原、典型草原和荒漠草原 3 个植被地带类型. 该区域年均气温在  $7.3\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最热月 (7月) 年均气温在  $20.5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 26.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最冷月 (1月) 年均气温在  $-12\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -23.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温在  $2326\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 3430\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 年降水量  $200 \sim 700\text{ mm}$ , 年均潜在蒸发量  $1860\text{ mm}$ , 干燥度  $0.97 \sim 2.8$  无霜期  $119 \sim 195\text{ d}$  土壤以原生或次生黄土及石灰性褐土为主. 达乌里胡枝子种群在黄土高原常与铁杆蒿 (*Artemisia sicro-rum*)、芨蒿 (*A. giraldii*)、白羊草 (*Bohriochloa ischaemum*)、中华萎凌菜 (*Potentilla chineses*)、本氏针茅 (*Stipa bungeana*)、冷蒿 (*A. frigida*)、猪毛菜 (*Salsola collina*)、茵陈蒿 (*A. capillaris*)、百里香 (*Thymus mongolicus*)、星毛萎凌菜 (*P. acaulis*)、短花针茅 (*S. breviflora*)、米口袋 (*Gucklenstaedtia multiflora*)、木地肤 (*Kochia prostrata*)、马刺苋 (*Portulaca oleracea*)、骆驼蓬 (*Peganum harmala*)、硬毛棘豆 (*Oxytropis hirta*) 和盐爪爪 (*Kalidium foliatum*) 等呈片状或零星状镶

嵌分布.

### 1.2 样地选择

2000—2009年 9月 15—30日, 采用 GPS 定位系统, 利用点面结合的方法, 在森林草原、典型草原和荒漠草原 3 个植被类型地带进行调查测定. 定位监测固定样地 (点) 分别设在陕西省铜川市广阳镇红土坡和朱家河、宁夏回族自治区原州区官厅乡及内蒙古自治区准格尔旗黑岱沟; 面上调查测定从山西的晋城大车掌、临汾窑都区、灵石水峪镇、方山峪口镇、五寨三岔镇和右玉东王庄, 经陕西的铜川、淳化石桥乡、彬县西坡镇、吴起白豹乡、靖边青阳岔、神木六道沟及府谷大昌汗, 到内蒙古自治区的准格尔旗、鄂尔多斯添漫梁、杭锦旗锡尼镇、临河狼山镇和宁夏回族自治区的大武口贺兰山东麓、灵武古城、中卫、同心兴仁镇、海原南越、原州河川、彭阳草庙及甘肃省的西峰白马镇、平凉安国镇、天水北道镇、定西华家岭及白银进入青海省的民和川口、湟中新庄镇、大通上孙家寨、乐都语文乡等地, 共计 56 个样地. 在各类型区选取具有代表性的达乌里胡枝子种群类型样地各 1 个, 面积为  $100\text{ m}^2$ , 同一类型区重复 3 次. 每一样地设面积  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  样方 5 个, 在达乌里胡枝子生长成熟期, 在样方内随机进行全面测定, 然后再各选取 3 个典型株丛, 以株丛为单元进行测定取样, 共调查测定样方 280 个. 在样方的选择上, 为了减少其他牧草根系的参入, 尽可能选择达乌里胡枝子单一种群植株进行测定.

### 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 株丛径的测定** 在达乌里胡枝子株丛基部确定中心点, 然后以水平垂直的 4 个方向, 测定 15 个典型株丛的平均值作为株丛丛径.

**1.3.2 株丛生殖枝的测定** 在每个株丛中随机选择 5~10 个生殖枝, 测定其自然高度, 平均值为株丛生殖枝高度; 然后对随机选取的 15 个典型株丛, 再分别统计其生殖枝的数量.

**1.3.3 地上生物量的测定** 采用刈割法将植株齐地面剪下, 按株丛称其鲜质量后, 在室内阴干及烘箱 ( $60 \pm 5$ )  $^{\circ}\text{C}$  烘干至恒量.

**1.3.4 地下生物量的测定** 将样方内植株的地上部刈割后, 用直径为  $9\text{ cm}$  的根系取样器, 在靠近达乌里胡枝子株丛基部的 4 个方向进行取样, 钻取  $0 \sim 50\text{ cm}$  深土壤, 每  $10\text{ cm}$  分为一层, 共取 5 层, 重复 3 次, 并将同一层土壤混合, 分为 4 等份, 随机取其中一份样品带回室内, 放在两层纱布内缓慢漂洗沉淀, 再放到滤纸上吸取明水, 待根系水分无掉落时剔除

杂物,再将每层的根系分别装入纸袋,在 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量。

#### 1.4 数据处理

气象数据选用就近气象站和试验定位测定资料,采用 DPS 软件和 Excel 软件处理原始数据,数量特征间的关系均采用函数进行规律性描述。

### 2 结果与分析

#### 2.1 气温变化对达乌里胡枝子种群分布的影响

由图 1 可以看出,在黄土高原的森林草原和典型草原地带,达乌里胡枝子种群密度的变化明显受年平均气温的影响,年平均气温为  $10^\circ\text{C}$  左右时,达乌里胡枝子的生长密度最大,可达到  $18 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,但种群生长持续期较短,植物群落结构极不稳定;年平均气温在  $8.4^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$  之间时,种群分布密度较为稳定,平均为  $13.9 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 。此外,气温的升高或降低,种群的生长密度均发生较大的变化,尤其在较高的种群密度分布中,丛生殖枝数量明显下降,死亡现象严重,其幼苗数量也显著减少。即年平均气温在  $9.0^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$  之间时,丛生殖枝数量变化幅度较大,建群种生长极不稳定;  $7.6^\circ\text{C} \sim 9.0^\circ\text{C}$  之间时,丛生殖枝数量变化幅度甚小,种群生长分布相对较为稳定;当气温再降低时,种群密度与生殖枝数量急剧下降。随着气温的变化,达乌里胡枝子种群地上和地下生

物量变化差异也较大,但总的变化趋势基本一致。年平均气温超过  $9.5^\circ\text{C}$  时,其地上和地下生物量均出现下降趋势;气温在  $7.4^\circ\text{C} \sim 9.5^\circ\text{C}$  之间时,生物量呈现不稳定趋势;当气温低于  $7.4^\circ\text{C}$  时,生物量大幅度下降。这说明达乌里胡枝子种群在黄土高原的适宜生长气温在  $7.4^\circ\text{C} \sim 10.0^\circ\text{C}$  之间,气温过高或过低都会影响达乌里胡枝子种群的分布密度与生长势。

#### 2.2 降雨量对达乌里胡枝子种群分布的影响

在黄土高原地区,水分是植物生长的决定性因素。受地形、地貌与植被类型的影响,天然降雨的时空变化差异较大。由图 2 可以看出,从不同地带降雨量的变化趋势来看,达乌里胡枝子种群生长密度、丛生殖枝数量,以及地上和地下生物量的变化与降雨量的分布趋势基本一致,均随降雨量的下降呈抛物线型变化。降雨量在  $500 \sim 600 \text{mm}$ ,达乌里胡枝子种群平均分布密度达  $15.1 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,丛生殖枝数量平均每丛为 9.2 枝,地上和地下生物量平均为 479.9 和  $372.2 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ;降雨量在  $400 \sim 500 \text{mm}$  范围内,种群密度平均为  $11.4 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,丛生殖枝数量为每丛 7.5 枝,地上和地下生物量平均达 296.7 和  $290.4 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ;降雨量在  $270 \sim 400 \text{mm}$  区域内,种群密度平均仅为  $6.6 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ,丛生殖枝数量为 4.8 枝,地上和地下生物量平均达 230.3 和  $279.4 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  (图 2)。多年的定位监测也发现,当降雨量超过  $600 \text{mm}$

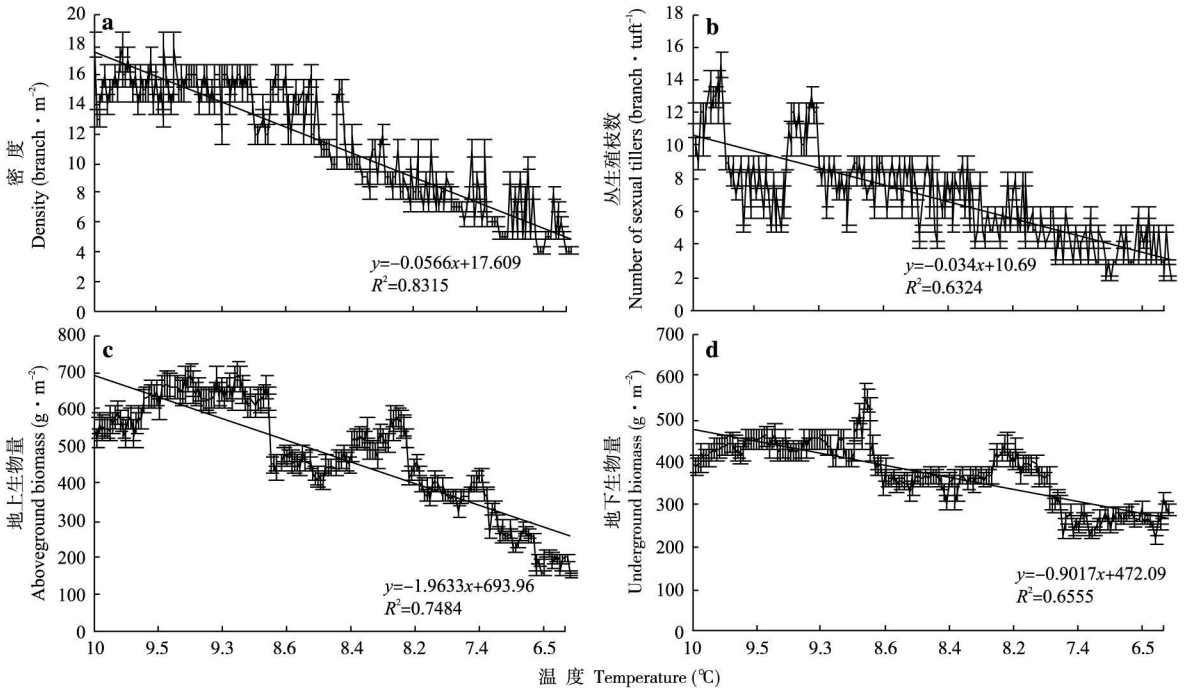


图 1 温度与胡枝子种群密度 (a)、丛生殖枝数量 (b)、地上生物量 (c) 和地下生物量 (d) 的关系

Fig 1 Relationships between temperature and species density (a), number of sexual tillers (b), aboveground (c) and underground biomass (d) of *Lespedeza davurica* community

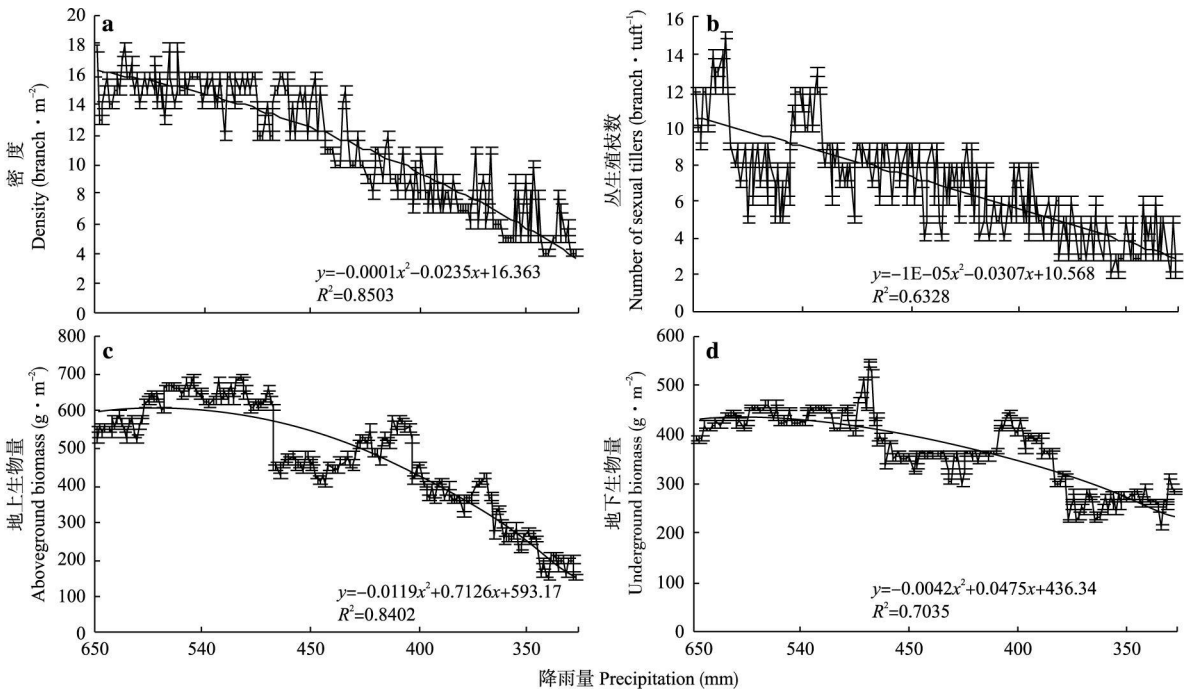


图 2 降雨量与胡枝子种群密度 (a)、丛生殖枝数量 (b)、地上生物量 (c) 和地下生物量 (d) 的关系

Fig 2 Relationships between precipitation and species density (a), number of sexual tillers (b), aboveground (c) and underground biomass (d) of *Lepedeza davurica* community.

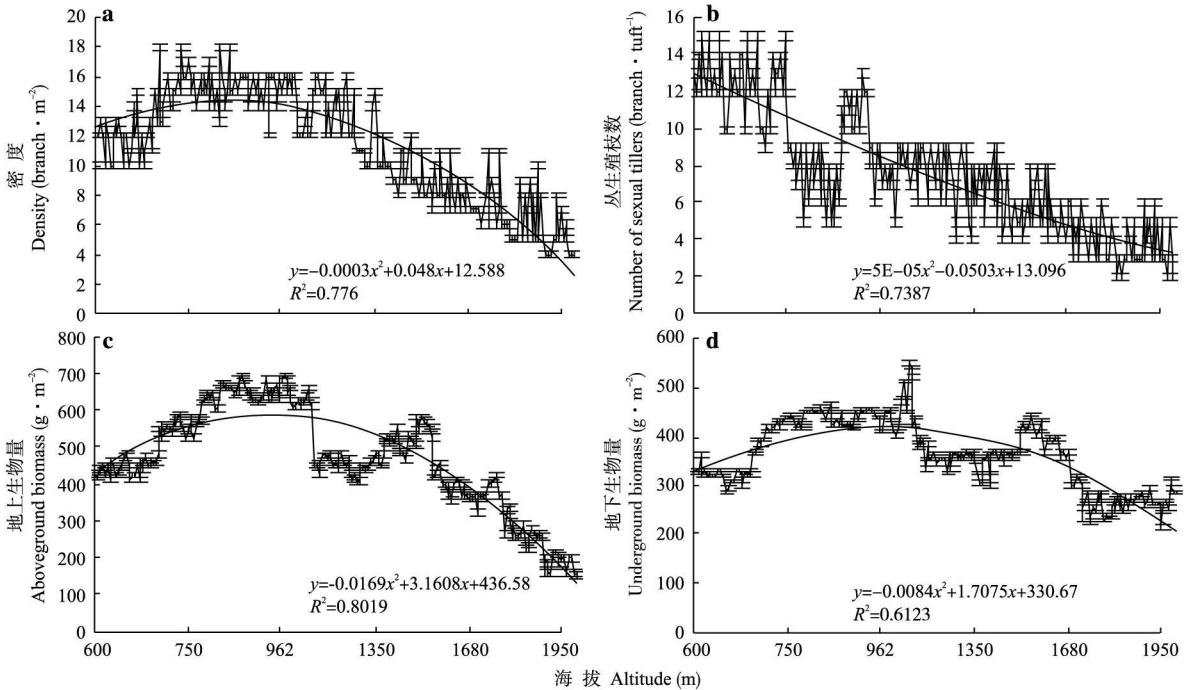


图 3 海拔与胡枝子种群密度 (a)、丛生殖枝数量 (b)、地上生物量 (c) 和地下生物量 (d) 的关系

Fig 3 Relationships between altitude and species density (a), number of sexual tillers (b), aboveground (c) and underground biomass (d) of *Lepedeza davurica* community.

时,其种群的密度、丛生殖枝数量及地上和地下生物量均呈显著下降趋势,进一步表明达乌里胡枝子种群的适宜生长地带主要是典型草原的阳坡、半阳坡

和半阴坡,但当草地植被遭到严重退化、沙化或旱化时,采用封禁措施能使达乌里胡枝子种群在 2~3 a 内较快地侵入<sup>[7-10]</sup>,可形成片状与星毛萎凌菜、冷

蒿或本氏针茅等镶嵌分布, 成为群落演替的初级阶段, 但种群再生能力较弱, 耐牧力不强, 如不及时保护, 群落会很快退化. 当降雨量低于 270 mm 时, 其种群几乎所见无几. 可见, 达乌里胡枝子种群适宜的降雨范围为海拔 600~ 270 mm 的地区.

### 2.3 海拔梯度对达乌里胡枝子种群分布的影响

由图 3 可以看出, 从森林草原、典型草原到荒漠草原地带均有达乌里胡枝子种群分布. 但从海拔梯度分布看, 在海拔 600~ 1350 m 范围, 随海拔梯度的上升, 种群密度稳定增加, 且生长旺盛; 当海拔高度为 1950 m 时, 种群密度由  $11.4 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$  减少到  $4 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 2000~ 2900 m 海拔范围几乎无此种群的分布. 这说明达乌里胡枝子种群较喜温暖, 适宜在水热条件同步的地区生长, 随海拔高度的增加, 降雨量虽然有所提高, 但由于气温降低, 尤其是受  $\geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$  积温的影响, 种子的成熟率和发芽率极低, 直接影响种群的生长与自然更新, 其地上和地下生物量分别由 668 和  $462 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  下降到 150 和  $189 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 与其海拔高度呈显著的负相关关系.

### 3 讨 论

研究表明, 达乌里胡枝子种群分布适宜于海拔 1100~ 1700 m 的低山丘陵地区<sup>[1]</sup>, 在黄土高原腹地的子午岭林区达乌里胡枝子种群的分布在海拔 1100~ 1450 m, 一般多出现在梁峁阳坡和半阴坡, 常与铁杆蒿、芨蒿、白羊草、山桃 (*Prunus davidiana*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、白刺花 (*Sophora viciifolia*)、丁香 (*Syringa pekinensis*)、酸枣 (*Ziziphus jujuba*) 等伴生<sup>[11]</sup>. 达乌里胡枝子种群多生长在低山丘陵陡坡坡地, 尤其是在阳坡、半阳坡水分条件较差、生境十分干旱、灰褐土上分布; 在山西的雁北地区和晋西北一带多分布于海拔 1400 m 以下的山坡、沟谷, 常以建群种或优势种出现, 与白茅 (*Imperata cylindrica*)、铁杆蒿、冷蒿、百里香、二色棘豆 (*O. bicolor*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、花苜蓿 (*Trigonella ruthenica*)、多裂萎凌菜 (*P. multifida*) 等伴生<sup>[12]</sup>, 在海拔 1400 m 以上多以偶见种出现, 生长缓慢, 自然繁殖更新能力较差. 这是由于达乌里胡枝子种群在营养生长期常受干旱的影响, 开花期常受  $\geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$  积温和多风的影响, 直接抑制种群生态幅的扩展. 在陕西中北部, 达乌里胡枝子种群多分布在海拔 1100~ 1700 m 的半阳坡和半阴坡<sup>[13]</sup>, 多与本氏针茅、大针茅、冷蒿、星毛萎凌菜、翻白草 (*Potentilla chinensis*)、猪毛蒿 (*A. scoparia*) 等镶嵌分布. 本研究

通过 10 年的野外调查与定位监测, 结果表明, 受全球变暖的影响, 达乌里胡枝子种群的分布受到气候变化梯度的影响, 原适宜在典型草原地带以建群种或优势种分布为主的种群, 现已扩展到森林草原和荒漠草原地带, 分别以次优势种或伴生种形式出现, 表明受气温、降雨等的影响, 达乌里胡枝子种群在黄土高原的分布范围逐渐发生变化, 生态幅逐渐扩大, 尤其在荒漠草原地带的山桃、沙棘、柠条 (*Caragana korshinskii*) 等灌木林下, 生长旺盛, 可为禾本科植物的自然繁殖更新创造良好的维地域生长环境, 使其种群周围出现了大量的禾本科植物幼苗和一、二年生的其他植物种群.

达乌里胡枝子种群生态幅的变化反映出明显的气候环境梯度, 尤其与气温、降雨量和海拔变化的耦合关系, 对揭示草地植被群落生态类型特性及其与气候变化的关系有着重要意义. 本研究表明, 在不同植被地带, 影响达乌里胡枝子种群生长的主要因素是气温和降雨量, 其次为海拔梯度. 但是, 达乌里胡枝子种群生境所处地的水分和土壤质地也是决定草地群落类型分布的主要因素. 由于该种群具有很强的环境适应能力, 在干旱和半干旱环境中, 常与其他禾本科及豆科植物共生组成群落, 并能正常生长<sup>[14-17]</sup>. 目前, 黄土高原达乌里胡枝子种群的分布已从降雨量 300~ 500 mm 的生长区扩大到 270~ 600 mm 的区域范围, 海拔高度由 1100~ 1700 m 扩展到 600~ 1950 m 的范围, 即在山西的雁北和晋中、陕西的长城沿线和渭北高原及宁夏的南部和甘肃的陇东一带均为建群种、优势种或伴生种分布. 这表明在全球气候变暖背景下, 随着黄土高原气温的升高和降雨量的变化, 典型指示植物——达乌里胡枝子种群的分布范围与生态幅在逐渐扩大, 已成为该区气候变化的重要标志性植物.

### 参考文献

- [1] Li Y-A (李延安), Jia L-M (贾黎明), Yang L (杨丽). A review of the research and development of the utilization value and cultivation techniques for high output of *Lespedeza*. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research* (河北林果研究), 2004 19(2): 185-192 (in Chinese)
- [2] Su JK (苏加楷), Geng H-Z (耿华珠), Ma H-L (马鹤林). Introduction and Domestication of Wild Heritage. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 153-169 (in Chinese)
- [3] Sun Q-Z (孙启忠), Han J-G (韩建国), Gui R (桂

- 荣), *et al* Biomass in *Lepedeza davurica* Grassland of China (中国草地), 2001, **23**(4): 21-26 (in Chinese)
- [4] Li C-L (李昌林), Chen M-J (陈默君). Germination of seed and seedling growth of *Lepedeza* Heilongjiang *Animal and Veterinary Sciences* (黑龙江畜牧兽医), 1994(7): 18-21 (in Chinese)
- [5] Chen S-H (陈世璜). Plant Roots Patterns of Inner Mongolia Grassland Hohhot Inner Mongolia People Press 1986 (in Chinese)
- [6] Xu Z-R (徐泽荣). Research of biological property and economic characters on wild *Lepedeza cuneata* *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), 1993, **2**(3): 76-80 (in Chinese)
- [7] Rajaniemi TK, Vittoria J. Root competition can cause a decline in diversity with increased productivity. *Journal of Ecology*, 2003, **91**: 407-416
- [8] Zamfir M, Goldberg DE. The effect of initial density on interactions between bryophytes at individual and community levels. *Journal of Ecology*, 2000, **88**: 243-255
- [9] Chen M-J (陈默君), Li C-L (李昌林), Qi Y (祁永). Studies on biological features of *Lepedeza* and its nutrient values. *Resources Science* (资源科学), 1997, **19**(2): 74-81 (in Chinese)
- [10] Zhu Z-C (朱志诚), Jia D-L (贾东林). A preliminary studies on the biomass of *Lepedeza davurica* community. *Grassland of China* (中国草地), 1994(3): 25-28 (in Chinese)
- [11] Wang Y-F (王义凤), Jiang S (姜恕), Sun S-Z (孙世州), *et al* Vegetation Resources and Rational Use of Loess Plateau Beijing China Science and Technology Press 1991 (in Chinese)
- [12] Ma Z-Q (马志清), Shangguan T-L (上官铁梁), Teng C-D (滕崇德), *et al* Shanxi Vegetation Beijing China Science and Technology Press, 2001: 81-82 (in Chinese)
- [13] Lei M-D (雷明德). Shaanxi Vegetation Beijing Science Press, 1999: 254-256 (in Chinese)
- [14] Bao Q-L (鲍青龙), Song M (松梅), Sun Q-Z (孙启忠), *et al* Productivity research of *Lepedeza davurica* and *Lepedeza juncea* Inner Mongolia Prataculture (内蒙古草业), 2008, **20**(2): 14-16 (in Chinese)
- [15] Ma Y-Q (马毓泉). Flora of Inner Mongolia Hohhot Inner Mongolia People Press, 1989: 351-352 (in Chinese)
- [16] Luo D-L (骆东玲), Zhang JT (张金屯), Chen LM (陈林美). The niche characteristics of *Bothriochloa ischaemum* in the middle and southeast areas of Shanxi. *Journal of Shanxi University (Natural Science)* (山西大学学报·自然科学版), 2003, **26**(1): 76-80 (in Chinese)
- [17] Cheng J (程杰), Hu T-M (呼天明), Cheng JM (程积民). Responses of distribution of *Bothriochloa ischaemum* community in semiarid and semihumid areas of Loess Plateau to climate. *Acta Agrestia Sinica* (草地学报), 2010, **18**(2): 167-171 (in Chinese)

---

作者简介 程杰,男,1980年生,博士研究生.主要从事草地生态研究,发表论文8篇. E-mail chengjiesyr@163.com  
责任编辑 李凤琴

---