

毛乌素沙地锦鸡儿(*Caragana*)种群形态变异*

王洪新 胡志昂 钟敏 钱迎倩

(中国科学院植物研究所, 北京, 100044)

Q949.751.9

A

摘要 以柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)人工种群为对照,研究了自然分布在内蒙古毛乌素沙地各类生境(硬梁、覆沙硬梁、覆沙软梁、覆沙滩地和沙丘)的9个锦鸡儿种群的具分种意义的形态特征的变异。荚果长度在一个植株内是比较稳定的性状;但在各个种群内,种群间变异很大,覆盖了小叶锦鸡儿(*C. microphylla*)、中间锦鸡儿(*C. intermedia*)和柠条锦鸡儿3个种的范围。同一生境不同种群以及不同生境种群的比较,说明,决定荚果长度的主要是遗传因素,环境因子如水分条件可能只起次要作用。每个自然种群荚果长度的分布出现几个峰值,说明种群遗传组成的异质性。小叶形状和被毛的资料也说明各个种群内和种群间的异质性。看来,该地区锦鸡儿是上述3种锦鸡儿的杂种带(Hybrid zone),形态变异资料也说明毛乌素沙地在遗传多样性方面也是生态过渡带。

关键词: 锦鸡儿, 种群, 形态变异, 遗传异质性, 生态过渡带。

从大气环流、气候、自然地带、地质地貌、水文、土壤和生物区系的大量调查资料都说明内蒙古毛乌素沙地是具有特殊地理景观的生态过渡地带;无论在景观、生态系统和物种等方面均表现出丰富的生物多样性^[1]。但至今未见该地区生物遗传多样性的研究报道。

近来作者研究了鄂尔多斯高原沙地灌丛优势种生态遗传学,通过形态、种子蛋白、同工酶和DNA水平上检测灌丛优势种的遗传多样性,研究基因型、生态型和物种分化及与环境的关系。本文作为系列报道的第1篇,首先分析该地区锦鸡儿种群在具有分种意义的形态特征上的变异。选择锦鸡儿作为研究对象,一方面是因为它是本地区灌丛的建群种,另一方面又是优良的固沙、水土保持和绿化植物,更是优良的饲用植物,在生态和经济上均有重要意义。

1 材料与方法

1.1 野外调查和取样 于1993年7月在中国科学院植物研究所鄂尔多斯沙地草地生态研究站的生态学家帮助下,调查、标记生态站附近9个自然锦鸡儿种群。采集了346株植物的果实、枝条和叶样品。各种群的地理位置见图1,其生态类型等列于表1。

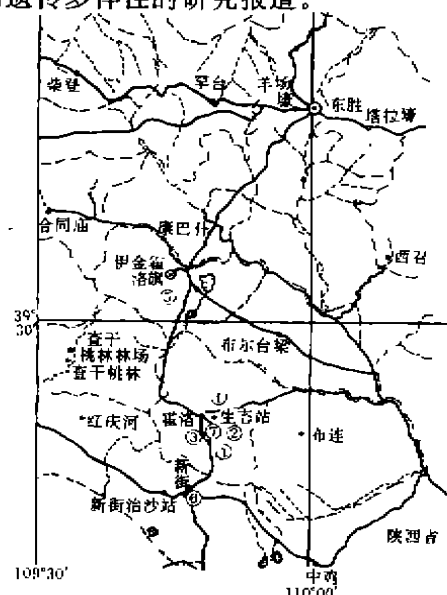


图1 毛乌素沙地锦鸡儿种群取样位点
Fig. 1 Sampling *Caragana* populations in Maowusu Sandy Grassland

* 本研究为国家攀登项目的一部分。

本研究工作得到中国科学院植物研究所张新时、杨宝珍、高琼、孔德珍、董学军和鄂尔多斯沙地草地试验站谢海生、吴勇、阿拉腾宝的支持和帮助,特此致谢。

收稿日期 1994 07 09, 修改稿收到日期: 1994 08 26。

表 1 毛乌素沙地锦鸡儿种群

Table 1 *Caragana* populations in Maowusu Sandy Grassland

种群编号 No. population	个体数 Sample	生态类型 Ecological types
1	50	覆厚沙软梁 Smooth ridge with heavy sand cover
2	50	覆沙滩地 Lowland with sand cover
3	50	覆沙软梁 Smooth ridge with sand cover
4-1	50	覆沙硬梁 Hard ridge with sand cover
4-2	13	硬梁 Hard ridge
5	50	覆沙软梁 Smooth ridge with sand cover
6-1	21	覆厚沙软梁 Smooth ridge with sand cover
6-2	24	覆厚沙软梁 Smooth ridge with heavy sand cover
7-1	26	沙丘底部 At the bottom of sand dune
7-2	12	沙丘顶部 On the top of sand dune

1.2 形态特征分析

1.2.1 荚果长度 每个植株随机取 10 个发育正常、完全成熟的荚果分别测量长度。绘制各个种群、各种长度荚果的分布频率(以种群荚果总数为 1.0),并计算平均荚果长度。

1.2.2 小叶形状和被毛 小叶形状主要按椭圆形(包括倒卵状椭圆形)和倒披针形区分,被毛分为长柔毛(半直立或半紧贴)和伏贴绢毛。

2 结果与分析

2.1 采样地简况

2.1.1 第 1 地点位于生态站东南 1—2km 处的石灰庙 4 队。软梁覆厚沙,没有保护,羊啃食较严重。取样种群约 200 余株,植株高度 1m 左右。种群编号 1。

2.1.2 第 2 地点位于石灰庙 1 队,覆沙滩地,取样种群 150 株左右,植株高 0.5—1.5m。牧民用铁丝网保护,结实较好,种群编号 2。

2.1.3 第 3 地点位于霍洛苏木小霍洛作业区,210 号国道 170km 处。覆沙软梁。种群在杨树林的行间分布。林场用铁丝网圈起,锦鸡儿也得到保护。取样种群约 200 株,高 1—1.5m,种群编号 3。

2.1.4 第 4 地点位于霍洛苏木石板台,嘎查四社。为覆沙很浅的硬梁。取样种群约 200 株,株高约 1m,种群编号为 4-1,坡顶为裸露硬梁,没有覆沙,共有 20—30 株,株高 0.5m 左右,种群编号为 4-2。

2.1.5 第 5 地点位于伊金霍洛旗红海子乡车家渠大队六社,210 号国道 143km 处。覆薄沙软梁。取样种群有数百株,株高 1m 左右,种群编号 5。

2.1.6 第 6 地点位于新街治沙站附近的公路边。覆沙厚的软梁地,成行地人工种植柠条锦鸡儿,种子来自伊盟西北。分枝较少,植株高大,可达 4—5m,也零星生长有自然分布的锦鸡儿,株高 1m 左右,分枝很多和其它自然种群的株形,株高类似,种群编号为 6-1,人工林作为自然种群的参照物,种群编号为 6-2。

2.1.7 第 7 地点位于生态站内软梁地的沙丘上,高约十几米。沙丘底部坡度较小,平坦,水分状况较好,株高 1—2m 之间,编为种群 7-1。沙丘顶部高出约 10m,坡度大,植株矮小,0.5—1m。编号为种群 7-2,共约 30 株,其中幼树多,结果树少。

2.2 形态变异

2.2.1 荚果长度

总共测量了 346 植株, 3429 个果实的长度。结果表明本地区锦鸡儿荚果长度变异很大, 最短的仅 18mm, 最长达 44mm。但是每个植株所结荚果变异幅度不大。以结最短荚果 (18mm) 的 3 个植株为例, 荚果平均长度和标准误差分别为 $23 \pm 1.4\text{mm}$, $22 \pm 2.1\text{mm}$ 和 $20 \pm 1.7\text{mm}$ 。最长荚果植株的平均荚果长度和标准误差为 $40 \pm 3.1\text{mm}$, 其它植株情况类似。说明荚果长度对一个植株而言的确是稳定的性状。荚果长度的变异发生在植株之间或种群之间。表 2 列出各种群荚果的平均长度。图 2 表示各个种群不同长度荚果的分布频率。

从图 2 可看出: ① 种群荚果变异幅度很大。即使是柠条锦鸡儿的荚果长度也有达 34mm 的, 自然种群的荚果长度从不足 20mm 直至超过 35mm, 5 个种群超过 40mm。刘焱心⁽²⁾根据荚果长度是按短于 25mm 或 25—35mm, 或 35mm 以上区分柠条锦鸡儿, 中间锦鸡儿和小叶锦鸡儿。也就是说本地区每个自然种群的荚果长度都覆盖了 3 个种的范围。② 虽然每个种群都有不同峰值, 但大体上在 3 个范围: 23—25mm, 26—29mm, 34—35mm, 基本上是分种的尺度。说明本地区可能是这 3 个种的相互杂交的杂交带。另一种提法是本地区柠条主要是中间锦鸡儿, 即小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿的杂种种群。③ 图 2A 是同一地点天然种群与柠条锦鸡儿人工种群荚果长度的分布。两者除重叠的部分外, 柠条锦鸡儿荚果长度在 25mm 左右, 而当地自然种群的荚果长度在 34mm 左右, 表 2 的数据也说明自然种群荚果平均长度 29.3mm, 显著长于人工种群 (26.2mm)。已知荚果长度受两个因素的影响: 一是遗传因素, 一般是多基因编码的; 二是环境因素, 如水分条件。这个地点两种群的差别只能归之于遗传因素。④ 图 2B 是同一地点但海拔差 10m 左右的两个种群的荚果长度分布。沙丘底部的水分条件比顶部好, 植株高度也证明这一点。但顶部的长荚果比底部多, 顶部的荚果 (平均 28.9mm) 长于底部 (26.7mm), 只能是遗传因素起了作用。⑤ 图 2C 也是同一硬梁地但差别在于是否覆沙。覆沙种群结更多 30—40mm 的长荚果。荚果平均长度为 31.4mm。不

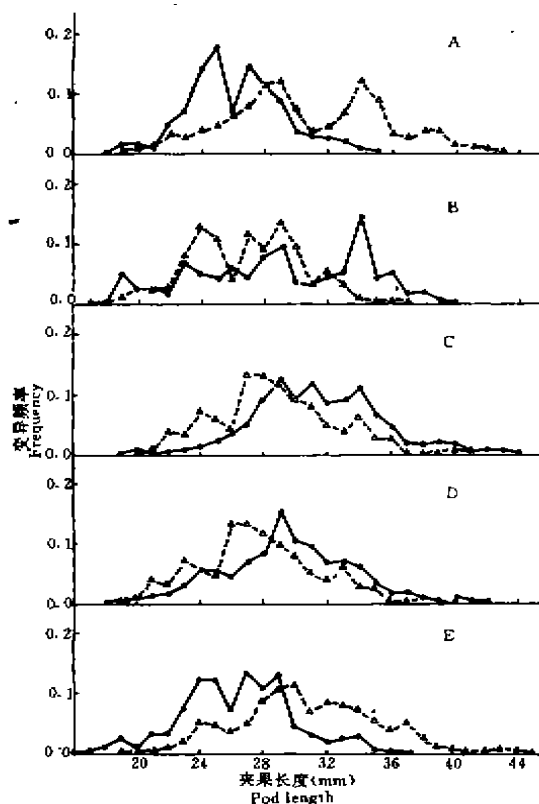


图 2 毛乌素沙地锦鸡儿种群不同长度荚果的分布频率。A. 第 6 采样地的柠条锦鸡儿人工林 (实线) 和天然种群 (虚线); B. 沙丘底部 (虚线) 和顶部 (实线) 种群; C. 覆沙的 (实线) 和不覆沙的 (虚线) 硬梁种群; D. 种群 3 (实线) 和种群 5 (虚线); E. 种群 1 (实线) 和种群 2 (虚线, 滩地覆沙)。

Fig. 2 Frequency distribution of pod length of *Caragana* populations in Maowusu sandy grassland.

- A. Artificial forest of *Caragana korshinskii* (6-2, solid line) and a natural *Caragana* population (6-1, dashed line) at the location 6.
B. The bottom population (7-1, dashed line) and the top population (7-2, solid line) of sandy dune.
C. The population in hard ridge without sand cover (4-2, dashed line) and a population in hard ridge with sand cover (4-1, solid line).
D. The population 3 (solid line) and 5 (dashed line).
E. The population 1 (solid line) and 2 (dashed line, in low-land with sand cover).

覆沙的硬梁地荚果平均长度为 28.7mm,较短的(21—29mm)荚果更多。⑥ 图 2D 是性质类似的覆沙软梁地。图 2E 分别是覆沙很厚的软梁地和覆沙滩地。荚果长度分布也不同。

表 2 毛乌素沙地锦鸡儿种群荚果平均长度

Table 2 Average pod length of *Caragana* populations in Maowusu sandy grassland

种群编号 No. population	生态类型 Ecological types	荚果平均长度(mm) Average pod length
1	覆厚沙软梁	Smooth ridge with heavy sand cover
2	覆沙滩地	Lowland with sand cover
3	覆沙软梁	Smooth ridge with sand cover
4-1	覆沙硬梁	Hard ridge with sand cover
4-2	硬梁	Hard ridge
5	覆沙软梁	Smooth ridge with sand cover
6-1	覆厚沙软梁	Smooth ridge with heavy sand cover
6-2	覆厚沙软梁	Smooth ridge with heavy sand cover
7-1	沙丘底部	At the bottom of sand dune
7-2	沙丘顶部	On the top of sand dune

2.2.2 小叶形状和被毛的变异

检查了各种群每个植株小叶的形状和被毛情况,结果列于表 3。

刘嫖心^[2]把小叶被毛作为区别柠条锦鸡儿和中间锦鸡儿的特征之一,本文结果表明,在毛乌素各个锦鸡儿种群都有不同被毛类型的植株,柠条锦鸡儿人工种群小叶有伏贴绢毛的植株占优势。类似的有种群 3、4-1、4-2、7-1 和 7-2。种群 5 和 6-1 相反,以长柔毛为主。种群 1 则两种被毛差不多。

表 3 毛乌素沙地锦鸡儿小叶形状和被毛

Table 3 Leaflet shape and pubescence of *Caragana* in Maowusu sandy grassland

种群编号 No. of population	检查植株数 Numbers of plants	小叶形状 Leaflet shape		被毛 Hair	
		披针形 Lanceolate	椭圆形 Oblong	柔毛 Pubescence	伏贴绢毛 Appressed
1	44	23	21	20	24
2	47	7	40	18	29
3	48	12	36	8	40
4-1	43	14	29	15	28
4-2	13	1	12	3	10
5	44	18	26	30	14
6-1	18	5	13	15	3
6-2	22	20	2	2	20
7-1	24	1	23	7	17
7-2	12	1	11	1	11

富家乾^[3]把小叶形状作为区别柠条锦鸡儿和中间锦鸡儿的特征之一,本研究检查的结果是柠条锦鸡儿人工种群确以披针形小叶为主,而多数自然林以椭圆形小叶为主。只有种群 1 和 5 两种小叶的植株数相近,而且有一些植株同时有披针形小叶和椭圆形小叶的。

3 讨 论

内蒙古地区的锦鸡儿在分类学上原来只有一个种:小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*),分布很广,有很多变异。1907 年后俄

国分类学家 Komarov 根据鄂尔多斯西北部、库布齐沙漠、贺兰山的标本,建立了柠条锦鸡儿(*C. korshinskii*)新种,特点是植株高大、树皮金黄色、荚果短而宽,是沙漠旱生灌木^[3]。1977 年 Kuang 和 H. C. Fu 又建立了中间锦鸡儿 *C. intermedia* 新种。形态特征反映为上述两种的中间类型,是干草原和荒漠草原的沙生旱生灌木^[3],也就是说在生态类型上也是典型草原旱生灌木

小叶锦鸡儿和沙漠旱生灌木柠条锦鸡儿的中间类型。徐朗然等报道中间锦鸡儿和柠条锦鸡儿杂交,得到生长正常的后代,认为中间锦鸡儿应该是柠条锦鸡儿的一个亚种^{*}。

富家乾⁽³⁾在内蒙古植物志和刘嫒心⁽²⁾在中国植物志中都把荚果形状作为分种的首选特征。其中关键是荚果长度。设想一个披针形或矩圆状披针形长约 25mm 的果实长度发生突变被拉长到 40mm,结果就近似圆筒形,顶端也由短渐尖变为斜长渐尖,果皮也变薄些。虽然没有报道锦鸡儿荚果长度的遗传分析,但很多作物的果长证明是由少数几个基因控制的,例如 Elmerston 和 East1913 对玉米穗长的经典研究⁽⁴⁾。

已知果实长度的变异,一般呈正态分布。一个锦鸡儿植株荚果长度的标准误差不到平均值的 1/10,说明环境的影响不大。第 6 地点两个种群荚果长度频率分布的差异也说明遗传因素起了主要作用。一般讲来,水分状况良好有利于果实伸长。而第 4 地点水分条件差的种群比水分条件好的种群有更多的长荚果,反映两个种群在遗传上并不完全相同。从图 2 可以看出,除了柠条锦鸡儿人工种群的荚果长度分布可以认为是一个简单的正态分布外,各个自然种群的荚果长度分布呈现不只一个峰值,进一步说明种群在遗传上可能是异质的。种群之间荚果长度分布的不同也暗示遗传结构上的差别。作者有关毛乌素地区锦鸡儿种子蛋白变异的报道将提出证据证明种群内、外的高水平遗传多样性⁽⁶⁾。

小叶形状和被毛也被刘嫒心在中国植物志⁽²⁾,富家乾在内蒙古植物志⁽³⁾上用作区分 3 种锦鸡儿的分类特征。大豆卵形叶(*Lo*)对椭圆形叶(*lo*)为显性、直立茸毛、半紧贴或紧贴茸毛都是单基因控制的性状⁽⁵⁾。估计锦鸡儿的披针形叶和椭圆形叶,长柔毛与伏贴绢毛也有其简单的遗传基础。本文报道的叶形和被毛在种群内外的分布也说明本地区锦鸡儿种群的遗传异质性。

根据两个植物志对 3 个锦鸡儿种形态和生态分布的描述,本文报道的形态变异也说明毛乌素沙地在锦鸡儿遗传多样性上也表现出过渡地带性。

这个异质性的起源有两种可能的解释。一种可能是在本地区 3 种锦鸡儿混合分布于各个种群中,只是所占百分数不同。另一种可能是:在本地区 3 种锦鸡儿种内和种间反复杂交和渗入形成杂种种群,

基于区分 3 种锦鸡儿的形态特征是由少数基因编码,即相互间仅是个别基因位点上有不同的等位,而分布区又在本地区重叠。看来,还是回到一百年前 3 个种归并为一个种为好。当然这有待更多的研究来证实。

参 考 文 献

- 1 张新时.毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式.植物生态学报,1994,18(1):1—16
- 2 刘嫒心.锦鸡儿属.中国植物志,42 卷 第一分册,北京:科学出版社,1993,13—67
- 3 富家乾.锦鸡儿属.内蒙古植物志 第二版,第 3 卷,呼和浩特:内蒙古人民出版社,1989,215—238
- 4 Gardner E J. *Principles of Genetics*. 5th Ed. John Wiley & Sons Inc. 1975,杨纪珂,汪安琦译.遗传学原理.北京:科学出版社,1984,313—314
- 5 王金陵,杨庆凯.大豆质量性状遗传.大豆遗传育种学.王连铮,王金陵编.北京:科学出版社,1992,27—28
- 6 王洪新等.毛乌素沙地锦鸡儿种群种子蛋白多样性及其生物学意义.生态学报,1994,14(4):372—380

* 中国植物学会 55 周年学术论文摘要, 1989, 188.

MORPHOLOGICAL VARIATIONS OF *CARAGANA* POPULATIONS IN THE MAOWUSU SANDY GRASSLAND

Wang Hongxin Hu Zhiang Zhong Min Qian Yingqian

(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100044*)

Compared with artificial forest of *Caragana korshinskii*, morphological variation within and among nine natural populations of *Caragana* at different ecological niches including hard ridge, hard ridge with sand cover, smooth ridge with sand cover, lowland with sand cover and sand dune was investigated. The results showed that pod length was a stable character within a single individual, but varied widely within a population and among populations to such an extent that variation covered a range of three species (*C. korshinskii*, *C. intermedia*, and *C. microphylla*). A comparison between populations in same and different niches indicates that the major factor which influenced pod length was genetic one rather than environmental. More than one peak appeared in a pod length distribution curve implied genetic heterogeneity within and among populations. The data on leaflet shape and pubescence supported genetic diversity existed among individuals. It seems that peashrub plants in Maowusu region is a hybrid zone among three species of *Caragana*. Morphological variation of *Caragana* agreed that Maowusu Sandy Grassland belongs to an ecotone in a sense of genetic diversity.

Key words: *Caragana* (peashrub), population, morphological variation, genetic heterogeneity, ecotone.