

# 内蒙古野生马蔺种质农艺性状遗传多样性研究

王育青<sup>1</sup>, 秦艳<sup>1</sup>, 王晓晶<sup>2</sup>, 尹强<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院草原研究所/国家牧草产业技术体系鄂尔多斯综合试验站/农业部鄂尔多斯沙地草原生态环境重点野外科学观测试验站, 呼和浩特 010010; <sup>2</sup>科尔沁右翼前旗畜牧业局, 内蒙古兴安盟 137400)

**摘要:**以收集自内蒙古 11 个盟市的 20 个野生马蔺种质材料为研究对象, 通过对其 13 个农艺性状指标进行主成分分析、相关性分析和聚类分析, 探讨不同种质间的亲缘关系、遗传变异特性及其原因, 为马蔺的开发利用、资源保护和育种应用提供理论依据。结果表明: (1) 不同来源的马蔺种质农艺性状表现出不同程度的变异性, 变异系数范围为 9.72% ~ 300.00%, 变异系数较大的性状是千粒重、胚长和发芽率, 变异系数较小的性状是株高和叶宽。 (2) 千粒重、发芽率、吸水率、胚长、胚乳长、种子长、生殖枝数、营养枝数、叶宽、株高 10 个主要性状是引起不同来源马蔺种质农艺性状分化的主要指标。 (3) 各农艺性状间存在不同程度的相关性, 经度、纬度、海拔高度是引起马蔺种质变异的主要因素, 胚长、千粒重、吸水率易受生态环境因子的影响。 (4) 来源不同的 20 个马蔺种质聚为 4 类, 绝大多数种质材料表现出明显的地域性, 经、纬度相近或小生境相似的种质聚为一类。

**关键词:** 马蔺; 农艺性状; 遗传多样性; 生境

## Research on Agronomic Traits Genetic Diversity of Wild *Iris lactea* var. *chinensis* in Inner Mongolia

WANG Yu-qing<sup>1</sup>, QIN Yan<sup>1</sup>, WANG Xiao-jing<sup>2</sup>, YIN Qiang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Grassland Research of CAAS/Erdos Comprehensive Research Station Forage Industrialization Technological System of PRC/  
Erdos Key Research Station for Field Observation of Ecological Environment on Sandy Grassland MOA of PRC, Hohhot 010010;

<sup>2</sup>Animal Husbandry Bureau of Khorchin Right-Wing Qian County, Xing'an League 137400)

**Abstract:** Take 20 wild *Iris lactea* var. *chinensis* germplasm materials collected from 11 leagues of Inner Mongolia as the research object, through the principal component analysis, correlation analysis, and cluster analysis for the 13 agronomic traits, to discuss the genetic relationship between different germplasm, genetic variation characteristics, and the reasons, and to provide theoretical basis for the development and utilization, resources protection, and breeding of *Iris lactea* var. *chinensis*. The results showed that: (1) The agronomic traits of *Iris lactea* var. *chinensis* germplasm of different sources showed different degree of variability, and the variation coefficients range of 9.72% - 300.00%, the traits with larger variation coefficients were thousand-grain weight, embryo length, and germination rate, the traits with smaller variation coefficients were plant height and leaf width. (2) 10 main traits of thousand-grain weight, germination rate, water absorption rate, embryo length, endosperm length, seed length, reproductive shoot number, vegetative shoot number, leaf width, and plant height were the major indexes which led to agronomic traits differentiation of *Iris lactea* var. *chinensis* germplasms of different sources. (3) There were different degree correlation among the agronomic traits, longitude, latitude, and altitude were the main factors causing the variation of *Iris lactea* var. *chinensis* germplasm, embryo length, thousand-grain weight and water absorption rate were easily affected by

收稿日期: 2013-12-30 修回日期: 2014-01-23 网络出版日期: 2014-06-18

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140618.0826.002.html>

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAD13B07); 国家牧草产业技术体系项目(CARS-35); 国家自然科学基金项目(31200540)

第一作者研究方向为草场改良。E-mail: wyq1960@sohu.com

通信作者: 秦艳, 研究方向为植物资源保护与利用。E-mail: qinyan\_80@163.com

environment factors. (4) 20 *Iris lactea* var. *chinensis* germplasm of different sources had been clustered into 4 classes, the vast majority of the germplasm materials showed obvious regionality, the regionality in similar longitude, latitude or habitat would be clustered into one class.

**Key words:** *Iris lactea* var. *chinensis*; agronomic traits; genetic diversity; habitat

马蔺 (*Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch.) Koidz), 又名马莲、兰花草, 是鸢尾科鸢尾属多年生草本植物, 分布广泛, 绿期长, 花高贵淡雅, 抗性强, 是绿地建植、城市绿化、盐碱地改良的优质植物资源<sup>[1]</sup>。马蔺在我国主要分布于西北、华北、东北及西藏等地, 其能够适应盐碱地、荒漠及盐化草甸等多种生境, 形成了一系列适应生境特点的形态学特征及适应特性<sup>[2-3]</sup>。

遗传多样性是生物多样性最重要的部分, 物种或种群进化潜力和适应环境的能力取决于其遗传多样性的大小<sup>[4]</sup>, 植物性状是研究物种变异和进化的传统方法之一<sup>[5]</sup>。目前, 利用形态性状揭示植物的遗传多样性仍然为许多学者所应用<sup>[6-7]</sup>。马蔺的形态结构因不同生态地理位置发生明显变化, 形成不同生态型, 特别是作为同化器官的叶片对适应不同生境有重要的生理和生态学意义<sup>[8]</sup>。生活在旱生、盐碱地及湿生等环境下的马蔺植株在长期进化过程中形成了特殊的适应性结构, 同时其抗旱性和耐盐碱能力大大提高, 对防止草地进一步退化及保持地区生态平衡起到重要作用<sup>[9]</sup>。

目前, 关于马蔺生物学特性、抗性、系统繁育、品种选育等方面的研究较多, 而对其野生种质农艺性状遗传多样性方面的研究较少。国外学者对鸢尾科植物种子的形态学特征与生态环境关系做了研究,

发现生态环境因子对鸢尾属植物的种内变异产生了显著影响<sup>[10-11]</sup>。国内学者也对鸢尾属植物种质材料形态结构等方面进行了探讨<sup>[12-14]</sup>。王桂芹<sup>[15]</sup>通过对不同生境下生长的马蔺叶片进行横切实验发现, 在栽培地区马蔺植株叶片为线性, 采自盐碱地的叶片为月牙形, 而在湿生环境下为半月牙形, 而且叶片的厚度亦有所增加, 这是植物体避免盐分胁迫的适应能力。不少学者还通过形态、生理和分子标记探讨了不同居群马蔺种质材料的亲缘关系, 证实了野生马蔺种质材料间存在丰富的遗传多样性<sup>[16-18]</sup>。

试验以收集自内蒙古 11 个盟市的 20 个野生马蔺种质材料为研究对象, 对其进行农艺性状和种质间亲缘关系的研究分析, 为探讨马蔺种质的遗传变异特性、亲缘关系及种质材料收集提供理论依据, 进而为马蔺的开发利用、资源保护和育种应用奠定基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

以野生马蔺为试验材料, 采集自内蒙古不同生态类型区的 20 个样地中, 样地之间相距在 100 km 以上, 采集地跨越 12 个经、纬度, 采集时间为 2008-2009 年。马蔺种质材料采集地的分布情况(从西到东)见图 1, 样地生境条件见表 1。



图中编号同表1  
The number is the same as table 1  
图 1 马蔺种质材料采集地分布图

Fig. 1 Distribution of *Iris lactea* var. *chinensis*

表1 马蔺种质材料采样地生境条件

Table 1 Location of the natural germplasm investigated in *Iris lactea* var. *chinensis*

序号 Number	采集地 Sample plot	经度(E) Longitude	纬度(N) Latitude	海拔(m) Altitude	生境 Habitat	湿度(%) Humidity	温度(℃) Temperature
1	阿拉善盟阿拉善左旗渠景滩	105°19'42"	37°58'52"	1334	沙地	14.6	26.7
2	乌海市巴彦陶亥镇	106°59'51"	39°03'28"	1119	路边盐碱地	27.8	26.0
3	巴彦淖尔市临河区城郊	107°29'56"	40°49'06"	1029	荒地	8.7	35.0
4	鄂尔多斯市达拉特旗	109°59'54"	40°19'01"	1035	沙地	10.9	23.1
5	鄂尔多斯市准格尔旗	110°55'40"	40°12'20"	1033	湿地	8.0	24.7
6	呼和浩特市西郊	110°55'39"	40°12'21"	1104	湿地	13.0	22.5
7	呼和浩特市武川县	111°23'15"	41°07'15"	1579	盐碱地	7.8	16.3
8	乌兰察布市四子王旗	111°20'34"	41°08'20"	1482	荒漠化草原	15.3	26.5
9	锡林郭勒盟太仆寺旗	115°23'29"	41°49'32"	1465	典型草原	14.6	16.2
10	赤峰市巴林右旗大板镇	118°36'17"	43°29'43"	621	农田	0.2	17.9
11	赤峰市巴林左旗林东镇	119°16'43"	44°12'11"	580	山地阳坡	31.1	17.6
12	赤峰市天山镇到开鲁县路边	120°25'14"	43°43'03"	309	盐碱地	13.3	21.6
13	通辽市郊	121°50'08"	43°35'58"	202	湿地	2.3	20.2
14	通辽市科左中旗腰林毛都镇	122°12'48"	44°04'25"	167	湿地	6.0	19.7
15	兴安盟科右中旗	121°50'12"	44°50'38"	193	沙地	14.5	21.3
16	兴安盟扎赉特旗	122°30'07"	46°31'28"	228	草甸	5.3	19.0
17	呼伦贝尔市阿荣旗	122°09'56"	48°47'59"	713	针叶林区	34.8	12.0
18	呼伦贝尔市牙克石市	121°11'53"	48°56'10"	736	草甸	37.9	6.1
19	呼伦贝尔市海拉尔城郊	119°55'58"	49°14'40"	616	湿地	0	16.9
20	呼伦贝尔市新巴尔虎右旗	117°00'03"	49°02'26"	597	草甸草原	2.2	25.6

## 1.2 试验方法

**1.2.1 农艺性状测定** 对所选的20个样地中生长的野生马蔺进行农艺性状观测,测定的具体性状及记载标准见表2。

**1.2.2 数据处理与分析** 对原始数据进行基本统计分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。采用Pearson相关系数进行相关性分析,利用非加权组平均法(UPGMA, unweighted pair-group method with arithmetic means)进行聚类分析。在聚类分析中,由于各性状数值的单位不统一,首先对数据进行标准化处理,居群间距离为欧氏距离(ED, euclidean distance),利用SPSS软件(Version 13.0 for Windows, 2003)进行聚类并形成树状图,其他统计分析采用Excel Office 2003与SPSS软件结合进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状基本参数统计分析

通过对20个不同样地采集的马蔺种质材料的13个农艺性状进行观测,并对测定的数值进行基本统计分析(表3)。

表2 马蔺农艺性状及记载标准

Table 2 The main agronomic traits and their criteria for *Iris lactea* var. *chinensis*

农艺性状 Agronomic traits	记载标准 Criteria for recording
株高 PH	随机取30株,测定地上部分到植株顶端的长度,取其均值
叶宽 LW	随机取30株,测定叶片长度,取其均值,3次重复
生殖枝数 RSN	随机取30株,数每株的生殖枝个数,取其均值
开花数 FN1	随机取30株,数每株的开花个数,取其均值
结果数 FN2	随机取30株,数每株的结果个数,取其均值
营养枝数 VSN	随机取30株,数每株的营养枝个数,取其均值
单株产量 YPP	随机取30株,测定每株的重量,取其均值
种子长 SL	随机取30粒,测量每粒种子的长度,取其均值,设3次重复
千粒重 TGW	随机选取100粒种子称重,取其均值,8次重复
胚乳长 EL1	随机取30株,用游标卡尺测量长度,3次重复
胚长 EL2	随机取30株,用游标卡尺测量长度,3次重复
发芽率 GR	随机选取100粒种子,测定其发芽率,取其均值,设4次重复
吸水率 WAR	随机选取100粒种子,测定其吸水率,取其均值,设4次重复

PH: Plant height, LW: Leaf width, RSN: Reproductive shoot number, FN1: Flower number, FN2: Fruit number, VSN: Vegetative shoot number, YPP: Yield per plant, SL: Seed length, TGW: Thousand-grain weight, EL1: Endosperm length, EL2: Embryo length, GR: Germination rate, WAR: Water absorption rate. The same as below

表 3 马蔺农艺性状的基本参数统计

Table 3 The basic statistic data of 20 materials of *Iris lactea* var. *chinensis* based on 13 agronomic traits

农艺性状	平均值	最大值	最小值	标准差	方差	变异系数(%)
Agronomic traits	Mean	Max.	Min.	SD	Variance	CV
株高(cm)PH	82.14	92.55	66.48	7.98	63.68	9.72
叶宽(cm)LW	0.89	1.55	0.62	0.12	0.014	13.48
生殖枝数(个)RSN	11.60	21	3	5.65	31.92	48.70
开花数(个)FN1	33.90	68	7	15.32	234.70	45.19
结果数(个)FN2	15.70	23	6	5.14	26.42	32.74
营养枝数(个)VSN	74.95	112	36	21.54	463.97	28.74
单株产量(kg)YPP	22.03	42.19	9.37	8.71	75.86	39.54
种子长(cm)SL	0.45	0.51	0.38	0.33	0.11	73.33
千粒重(kg)TGW	0.02	0.03	0.01	0.06	0.004	300.00
胚乳长(cm)EL1	0.06	0.07	0.05	0.05	0.003	83.33
胚长(cm)EL2	0.03	0.04	0.02	0.05	0.003	166.66
发芽率(%)GR	9.77	29.32	0.15	8.91	79.39	91.19
吸水率(%)WAR	17.7	28.39	10.89	5.84	34.11	32.99

可以看出,不同性状在不同马蔺种质间表现出不同程度的变异性,且不同性状间的变异系数相差较大,变异系数范围为 9.72% ~ 300.00%。13 个农艺性状中,变异系数较大的为千粒重、胚长、发芽率、胚乳长和种子长等种子性状,而变异系数较小的是株高、叶宽和营养枝数等数量性状。

不同性状在不同地区表现出的变异性差异可能与其地理分布有关。

## 2.2 农艺性状主成分分析

通过多因变量的主成分分析,能清楚地显示各农艺性状在变异结构中的作用。基于鉴定的马蔺 13 个农艺性状数据获得主成分分析结果(表 4)。

表 4 马蔺农艺性状主成分分析

Table 4 The principal components for *Iris lactea* var. *chinensis* based on agronomic traits

农艺性状	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
Agronomic traits	First principal component	Second principal component	Third principal component	Fourth principal component
株高 PH	0.15	0.01	-0.25	0.92
叶宽 LW	-0.04	-0.15	0.82	-0.09
生殖枝数 RSN	0.51	0.74	0.24	-0.13
开花数 FN1	-0.16	-0.10	0.67	0.18
结果数 FN2	-0.08	-0.64	0.38	0.18
营养枝数 VSN	0.08	-0.66	0.43	0.26
单株产量 YPP	0.59	0.34	0.27	0.08
种子长 SL	0.83	-0.42	-0.07	-0.17
千粒重 TGW	0.94	-0.13	-0.02	0.12
胚乳长 EL1	0.85	0.14	-0.57	-0.31
胚长 EL2	0.89	-0.33	0.13	0.06
发芽率 GR	0.19	0.39	-0.26	0.07
吸水率 WAR	0.94	-0.13	-0.05	0.12
特征值 CV	4.68	2.04	1.73	1.18
贡献率 CR	35.97	15.66	13.27	9.11
累计贡献率 CCR	35.97	51.62	64.89	73.99

如表4所示,20个马蔺种质第1主成分代表了农艺性状35.97%的变异,第2主成分代表了15.66%的变异,第3主成分代表了13.27%的变异,第4主成分代表了9.11%的变异,前4个主成分累计贡献率达到了73.99%,基本上代表了13个农艺性状的总变异。第1主成分特征向量分量绝对值较大的为千粒重、吸水率、胚长、胚乳长和种子长,表明第1主成分基本上代表了种子性状特性;第2主成分特征向量绝对值较大的为生殖枝数、营养枝数、结果数;第3主成分中特征向量分量绝对值大的有叶宽和开花数。结合基本统计分析和主成分分析结果,发现千粒重、发芽率、吸水率、胚长、胚乳长、种子长、生殖枝数、营养枝数、叶宽、株高10个主要性状是引起不同来源马蔺种质农艺性状分化的主要指标。

### 2.3 农艺性状聚类分析

基于农艺性状分析不同来源马蔺种质的欧氏距离系数,采用UPGMA方法进行聚类,获得树状图(图2)。

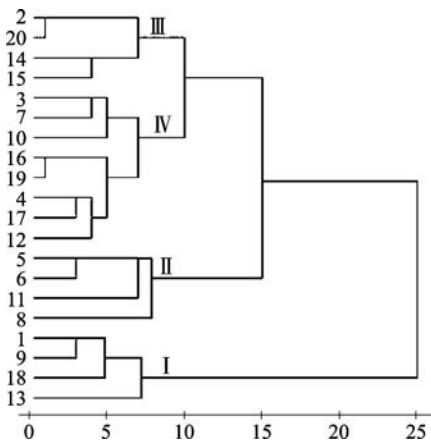


图2 20个马蔺种质农艺性状树状图

Fig.2 Dendrogram of 20 *Iris lactea* var. *chinensis* germplasm based on 13 agronomic traits

马蔺种质以欧式距离8作为划分标准时,可聚为4类。第I类包括来源于呼伦贝尔市牙克石市、通辽市城郊和锡林郭勒盟太仆寺旗及阿拉善盟阿拉善左旗4份材料;第II类包括来源于鄂尔多斯市准格尔旗、呼和浩特市西郊、乌兰察布市四子王旗和东部区赤峰市巴林左旗4份材料;第III类包括来源于通辽市科左中旗、兴安盟科右中旗和呼伦贝尔市新巴尔虎右旗和乌海市4份材料;第IV类包含有其他8份种质材料,不同来源的种质均单独聚类,但是来自鄂尔多斯市达拉特旗的种质变异较大。聚类分析

结果显示,来源不同的绝大多数种质材料表现出较明显的地域性,经、纬度接近的种质聚为一类,材料1、材料2、材料4和材料11的聚类情况与其地理分布的相关性不明显。

### 2.4 农艺性状及其与环境因子的相关性

采用Pearson相关系数对供试马蔺种质农艺性状之间及其与生态环境因子进行相关性分析,13个农艺性状之间的相关性分析结果见表5。

分析表明,13个农艺性状中变异系数较大的前5个性状的相关性如下:千粒重与胚乳长、胚长、吸水率和种子长之间均呈极显著正相关性;胚长与种子长、胚乳长和吸水率之间均呈极显著正相关性;发芽率与生殖枝数之间呈显著正相关性;胚乳长与胚长、吸水率之间均呈极显著正相关性,与单株产量之间呈显著正相关性;种子长与吸水率之间呈显著正相关性。此外,生殖枝数与单株产量之间呈极显著正相关性,与结果数之间呈显著负相关性;其他性状间的相关性不显著。因此,马蔺各种质的不同农艺性状间存在密切的联系,变异性较大的种子性状之间的相关性较为显著,可能与其所处的生境条件有关。

农艺性状的分化是指其在形态学和生物学特性等方面对环境压力适应的广泛程度。马蔺的13个农艺性状与5个生态环境因子的相关性见表6,由表6可知,胚长与经度呈极显著负相关性,与纬度呈显著负相关性,与海拔高度呈极显著正相关性;千粒重和吸水率与经度呈显著负相关性,与海拔高度呈显著正相关性;种子长与经度呈显著负相关性;发芽率与湿度呈显著正相关性;株高与纬度呈显著负相关性。以上结果表明,不同生态环境因子对同一农艺性状的影响及同一生态环境因子对不同农艺性状的影响均不同,经度、纬度和海拔高度是引起马蔺不同种质发生变异的主要生态环境因子,与聚类分析结果相吻合。胚长、千粒重、吸水率易受生态环境因子影响,这与变异分析结果和主成分分析结果相一致。

## 3 讨论

### 3.1 不同马蔺种质农艺性状分析

植物种质多样性及其与生境或地理位置的关系一直是植物遗传学研究的重点。李景欣等<sup>[19]</sup>通过对天然冰草种群遗传多样性的RAPD分析,证明了冰草物种的变异与其生境密切相关。杜欣<sup>[20]</sup>利用ISSR和RAPD技术,对新疆喜盐鸢尾居群的遗传多

表 5 马蔺农艺性状间的相关性分析

Table 5 Correlation analysis among 13 agronomic traits for *Iris lactea* var. *chinensis*

性状 Traits	偏相关系数 Pearson correlation coefficients												
	株高 PH	叶宽 LW	生殖枝数 RSN	开花数 FN1	结果数 FN2	营养枝数 VSN	单株产量 YPP	种子长 SL	千粒重 TGW	胚乳长 EL1	胚长 EL2	发芽率 GR	吸水率 WAR
株高	1												
叶宽	-0.08	1											
生殖枝数	-0.09	0.03	1										
开花数	0.10	0.13	0.01	1									
结果数	0.05	0.15	-0.35*	0.13	1								
营养枝数	0.09	0.10	0.25	0.05	-0.01	1							
单株产量	0.08	-0.04	0.46**	0.01	-0.04	0.22	1						
种子长	0.06	-0.08	0.05	-0.04	0.14	-0.23	0.31	1					
千粒重	0.21	-0.04	0.21	-0.14	-0.06	-0.04	0.29	0.65**	1				
胚乳长	-0.04	-0.04	0.33	-0.27	-0.12	0.09	0.39*	0.58**	0.64**	1			
胚长	0.10	0.07	0.17	0	0.11	-0.12	0.34*	0.69**	0.76**	0.55**	1		
发芽率	-0.11	-0.19	0.36*	-0.34	-0.11	0.02	0.04	0	0.11	0.10	-0.02	1	
吸水率	0.16	-0.06	0.19	-0.10	-0.07	-0.05	0.29	0.65*	0.94**	0.62**	0.77**	0.08	1

\*\* 和 \* 分别表示在 0.01 和 0.05 水平上显著相关,下同

\*\* and \* respectively means significance at 0.01 and 0.05 levels, the same as below

表 6 马蔺农艺性状与生态因子的相关性分析

Table 6 The correlation test between 13 agronomic traits and ecological factors for *Iris lactea* var. *chinensis*

性状 Traits	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔高度 Altitude	湿度 Humidity	温度 Temperature
株高 PH	-0.32	-0.37*	0.16	-0.01	0.06
叶宽 LW	0.06	-0.13	0.10	-0.13	0.02
生殖枝数 RSN	-0.01	0.09	0.01	0.17	0.02
开花数 FN1	0.02	0.03	0.19	0.08	-0.07
结果数 FN2	-0.10	-0.02	0.11	-0.17	0.19
营养枝数 VSN	0.08	0.12	0.11	-0.17	0.19
单株产量 YPP	-0.25	-0.06	0.08	-0.07	0.02
种子长 SL	-0.41*	-0.19	0.28	-0.02	0.21
千粒重 TGW	-0.44*	-0.31	0.34*	0.03	0.23
胚乳长 EL1	-0.33	-0.18	0.16	0.06	0.18
胚长 EL2	-0.49**	-0.41*	0.44**	-0.04	0.29
发芽率 GR	0.10	0.28	-0.06	0.34*	-0.05
吸水率 WAR	-0.43*	-0.28	0.35*	0.02	0.23

样性进行分析,结果证实相同地理位置的居群间的遗传距离较近,地理位置与遗传距离之间具有一定的相关性。李强栋<sup>[8]</sup>对我国北方 5 省区不同生境的 23 份野生马蔺种质材料进行酯酶和过氧化物酶同工酶谱分析,认为不同居群马蔺种质材料可划分

为 5 大类群,相似生境或生态地理位置的不同居群种质材料基本可聚为同一大类。牟少华等<sup>[21]</sup>研究表明,马蔺群体间的亲缘关系远近与其所处的地理位置有很大的关系,尤其与纬度因子关系更加密切。

本研究对不同马蔺种质农艺性状的基本统计分析显示,农艺性状变异丰富,生殖器官指标比营养器官指标稳定,质量性状指标比数量性状指标可靠。通过主成分分析,揭示了一些指标的重要作用和指示作用,对解除种子休眠、增加株型和花色美观、提高抗逆性等提供了理论指导。研究分析发现选用指标越多,指标间可能更容易相互影响,进而影响其贡献率,但是选用指标较少,还可能造成偏差,影响真实结果。因此,需要进一步筛选研究适宜农艺性状指标来更好地评价马蔺种质的遗传多样性。

通过对内蒙古境内不同地区马蔺种质进行聚类分析,结果表现出明显的地域性,相近生态型种质大多聚在一起,但也存在个别种质聚类不一致的现象,原因可能是:(1)由人为干扰和测定误差造成;(2)小生境同为湿地或沙地的种质,却没有聚在一起,可能与当地形成的小气候有关;(3)与海拔高度和降雨量有关,从东到西,随着海拔高度的升高,降雨量的减少,胚长逐渐增大,吸水率逐渐增大,呈现显著正相关性。聚类分析结果表明,20 个不同马蔺种质可聚为 4 类:第 I 类中 3 个种质分别生长在草

甸草原、湿地和典型草原,它们的种子性状表型相似,所以归为一亚类;而另一个种质生长于沙地,尽管其小生境比其他3个种质的小生境更恶劣,但其单株产量、千粒重、吸水率等指标却相对较大,说明其抗逆性较强,由于该马蔺种质为黄色花,建议将其划分为另一亚类。第Ⅱ类主要来源于内蒙古中西部,但来源于巴林左旗的马蔺种质也聚在本类,其原因可能是均处于同一纬度范畴(最大相差只有4°)。4个不同种质分属于3种小生境,来源于准格尔旗和呼和浩特市西郊的马蔺种质小生境均为湿地,四子王旗马蔺种质生长在荒漠化草原,巴林左旗马蔺种质生长于山坡地带。虽然小生境相差较大,但4个马蔺种质在千粒重、胚乳长和种子长等农艺性状上均表现出相似特性,故聚为一类。第Ⅲ类的4个种质小生境均处于水分充足地带,分别是湿润的草甸草原、低凹的湿地、雨水较充足的沙湿地和荒漠化地区经常有水的盐碱地。第Ⅳ类分为2个亚类,来自中西部的种质聚在一起,来自东部的种质聚在一起。综上所述,不同来源马蔺种质的亲缘关系由地理分布和小生境共同决定,个别种质呈现不一致性,可能是个别生态因子起到关键性作用,试验结果与以上学者的观点基本一致。

### 3.2 取样地点对马蔺农艺性状聚类分析的影响

农艺性状聚类分析表明,材料1、2、4、11与其地理分布的相关性不大,不同于其他材料,表现出特殊性。主要原因:(1)可能是由马蔺种质的变异引起的。统计分析结果表明,不同性状在不同种质间表现出不同程度的变异性,变异系数范围为9.72%~300%,变异系数较大的3个性状为种子千粒重、胚长和发芽率,变异系数较小的是株高和叶宽。(2)材料1采集地为阿拉善地区,属荒漠区。与其他群落相比,在马蔺与荒漠植物混生的群落中,以灌木植物为主,植被覆盖度较大,地下水位较高,因而马蔺在荒漠中生存的小环境较好,种子能较好的成熟,故与草原区的马蔺种质种子特性相差不大。当然,也不排除取样误差所致,有待于继续深入研究验证。(3)材料2采集地是乌海市巴彦陶亥镇的村庄道边,为典型的农区盐碱地,取样时逢降雨,马蔺与西伯利亚白棘混生,呈镶嵌分布,但大部分群落被家畜啃食,只有一个群落保护较好,代表性可能不够强。(4)材料4采集地是鄂尔多斯市达拉特旗草原所试验站,群落为改良的沙地草场上残留的天然植被。由于生存条件发生了变化,小生境较优越,可能对聚类分析结果产生影响。(5)材料11采集地是

赤峰市巴林左旗的山地半阳坡中部,根据马蔺生长特性,出现在山地属稀缺情况,可能导致种质农艺性状出现分化。

因此,马蔺农艺性状是由大尺度地理分布和小生境(样地)共同决定的,部分种质与地理分布相关性较小可能是由样地差异引起的,属于个别现象。总的来看,来源不同的绝大多数马蔺种质表现出明显的地域性,经、纬度相近或小生境相似的种质聚为一类,小气候立地条件和保护措施可能造成了聚类的特异性。

### 参考文献

- [1] 王育青. 马蔺繁殖生物学特性及遗传多样性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010
- [2] 刘德福, 陈世璜, 陈敬文, 等. 马蔺的繁殖特性及生态地理分布的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1998, 19(1): 1-6
- [3] 张德望, 曹文侠, 蒲小鹏, 等. 东祁连山杜鹃属植物形态特征及其生态适应性[J]. 草原与草坪, 2003(1): 27-37
- [4] 张永明, 金洪, 马万里, 等. 濒危植物绵刺8个种群遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2686-2694
- [5] 王江民, 陈素梅, 滕年军, 等. 基于形态性状的菊属与亚菊属植物亲缘关系研究[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(6): 1031-1037
- [6] 戴思兰, 陈俊愉. 中国菊属一些种的分支分类学研究[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(1): 27-34
- [7] 冯国郡, 李宏琪, 叶凯, 等. 甜高粱种质资源在新疆的多样性表现及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 398-405
- [8] 李强栋. 不同居群马蔺种质材料同工酶谱特征分析[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011
- [9] 孙跃春. 马蔺种子休眠解除技术与适宜萌发条件研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004: 9-30
- [10] Kholina A B, Boltentkov E V, Ily ushko M V, et al. Intraspecific ariation in the fruit and seeds of three *Iris* L. species in the Russian Far East[J]. Rastitelnye Resursy, 1997, 33: 59-68
- [11] Hans-Jurgen T. Seedling morphology in Trisaceae: Indications for relationships within the family and to related families[J]. Flora, 2003, 198: 220-242
- [12] 孙颖. 东北野生鸢尾属6种植物种子生物学及种苗发育过程的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2005
- [13] 孙明洲. 用结构学方法对中国北方鸢尾属植物的分类学研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2004
- [14] 牟少华. 我国部分鸢尾属(*Iris*)植物系统位置研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005
- [15] 王桂芹. 不同生态环境马蔺植物体解剖结构比较[J]. 内蒙古民族大学学报: 自然科学版, 2002, 17(2): 127-129
- [16] 王康, 董宽虎, 孙彦, 等. 马蔺 ISSR-PCR 反应体系的建立与优化[J]. 草地学报, 2008, 16(6): 581-589
- [17] 张敏, 黄苏珍. 鸢尾属植物遗传多样性的 RAPD 和 ISSR 分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(2): 6-11
- [18] 王育青, 王晓晶, 王建光. 马蔺 ISSR-PCR 反应体系的建立与优化[J]. 中国草地学报, 2010, 32(2): 80-85
- [19] 李景欣, 云锦凤, 郭军. 16个天然冰草种群遗传多样性 RAPD 分析[J]. 草地学报, 2005, 13(3): 190-193
- [20] 杜欣. 利用 ISSR 和 RAPD 分子标记对新疆喜盐鸢尾居群遗传多样性的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2008
- [21] 牟少华, 彭镇华, 郅光发, 等. 马蔺种质资源 AFLP 标记遗传多样性分析[J]. 安徽农业大学学报, 2008, 35(1): 95-98