

中国枸杞种质资源主要形态学性状调查与聚类分析

袁海静¹, 安巍¹, 李立会², 曹有龙¹, 刘伟华², 董立国³, 李丁仁¹, 王孝¹

(¹国家枸杞工程技术中心, 银川 750002; ²中国农业科学院作物科学研究所农作物种质资源中心, 北京 100081;

³宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 银川 750002)

摘要: 为了进一步研究中国枸杞种质资源的遗传多样性及其之间关系, 本研究利用主成分和聚类分析方法, 对宁夏保存的 31 份中国枸杞以及 1 份美国枸杞、1 份韩国枸杞种质资源的主要形态学性状进行了分析。结果表明, 这些枸杞资源形态差异较大, 遗传多样性程度较高; 枸杞叶片形状、枝条硬度和颜色、果实颜色、花器等性状的演化, 尤其是果实的颜色由黑色→红色→黄色演变, 叶片形状由披针→条状披针→条状演变的趋势较为明显; 宁夏黄果枸杞与中宁黑果枸杞的遗传距离较远, 与宁夏枸杞栽培种宁杞 1 号、宁杞 2 号遗传距离较近, 再次证明宁夏黄果枸杞是宁夏枸杞的 1 个变种; 枸杞株高、冠幅、地径、自然株型、叶片形状、枝条硬度、叶面状态、果实颜色、花的形状等在枸杞遗传性状中起支配作用, 可作为枸杞新品种选育的参考指标; 中国枸杞种质资源可以分为 10 个类群, 与 7 种 3 变种植物学分类结果相似; 计算出了各个遗传类群之间、33 份枸杞材料之间的遗传距离。

关键词: 枸杞; 种质资源; 形态学性状; 主成分; 遗传类群

The Investigation and Cluster Analysis of Main Morphological Characters for Germplasm of Chinese Wolfberry

YUAN Hai-jing¹, AN Wei¹, LI Li-hui², CAO You-long¹, LIU Wei-hua²,

DONG Li-guo³, LI Ding-ren¹, WANG Xiao¹

(¹State Wolfberry Engineering Technique Center, Yinchuan 750002; ²Crop Germplasm Resource Center, Crop Sciences Research Institute, CAAS, Beijing 100081; ³Desertification Control Research Institute, NAAFS, Yinchuan 750002)

Abstract: For further study genetics diversity and relation of Chinese wolfberry germplasm, main morphological characters of 31 landrace wolfberry samples originally from China, 1 sample from USA, and 1 sample from Republic of Korea conserved in Ningxia were analyzed by principal component and cluster methods in this paper. Results showed that these wolfberry materials had bigger differences for morphological characters and higher diversity for genetics. Evolution trends of morphological characters including leaf shape, wattle firmness and color, fruit color, and flower organ, especially, fruit color from black→red→yellow, and leaf shape from lanceolate→strip lanceolate→strip evolution trends were obvious. Genetic distance was longer between Ningxia yellow-fruit-wolfberry and Zhongning black fruit wolfberry, compared with genetic distance between Ningxia yellow-fruit-wolfberry and Ningxia wolfberry cultivars such as Ningqi 1 and Ningqi 2. It confirmed again that Ningxia yellow-fruit wolfberry was a mutation variety of Ningxia wolfberry. Among genetic characters, wolfberry plant height, crown, ground diameter, natural plant type, foliage shape, wattle firmness, leaf position, fruit color, and flower form played dominant roles. Therefore, they could be referent breeding indices for new cultivar selection. Chinese wolfberry germplasm could be clustered into 10 genetic groups. It was similar to botanical classification result including 7 species and 3 mutations. Genetic distances among groups, as well as 33 wolfberry materials, had been identified.

Key words: Wolfberry; germplasm; morphological character; principal component; genetic group

收稿日期: 2012-10-09 修回日期: 2012-11-23 网络出版日期: 2013-06-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130607.1741.024.html>

基金项目: 宁夏自然科学基金项目 (2007Zr157)

第一作者从事作物遗传育种、枸杞生物技术、分子标记研究。E-mail: huaijinyuan838@hotmail.com

通信作者: 李立会。E-mail: lilihui@caas.net.cn

枸杞属于茄科 (Solanaceae), 枸杞属 (*Lycium* Linn.), 约有 80 多个种^[1-3], 是一个世界分布属, 多数种分布于南、北美洲, 以美国亚利桑那州和阿根廷形成 2 个分布中心, 并以南美洲的种类最为丰富; 欧亚大陆约 10 余种, 中亚种类最多。我国多数种类分布于西北和华北, 只有 1 种枸杞分布于南方各省^[1]。中国枸杞分别属于 7 种、3 变种。中国枸杞 7 个种为黑果枸杞、截萼枸杞、新疆枸杞、宁夏枸杞、柱筒枸杞、中国枸杞、云南枸杞; 3 变种为红枝枸杞、北方枸杞、黄果枸杞^[1-3]。我国主要的生产栽培种宁夏枸杞 (*Lycium barbarum* L.) 遍及北方各地, 南方也有引种^[3]。据有关资料, 该种于 1740 ~ 1743 年间从中国引入法国, 后来在欧洲、地中海及其沿岸国家, 以及俄罗斯欧洲部分的南方、克里米亚、高加索广为盆栽^[3]。宁夏地区分布的枸杞有宁夏枸杞、黑果枸杞、截萼枸杞 3 个种和黄果枸杞 1 个变种^[3]。枸杞具有耐干旱和沙荒、耐盐碱性强等特性^[4-5], 在润肝清肝、滋肾益气、生津助阳、补虚劳、强筋骨、祛风明目、利大小便、治噎于消渴方面的药用和保健作用明显^[6]。因此枸杞既是我国重要的经济作物^[7], 又是重要的药用植物。宁夏回族自治区是我国枸杞的重要种植地之一。2011 年, 宁夏枸杞种植面积已超 70 万亩, 占全国种植总面积的 60% 以上, 宁夏枸杞总产量达 9 万 t^[8]。目前, 宁夏枸杞产品出口 30 多个国家和地区。

中外科研工作者一直非常重视枸杞的研究。20 世纪 70 年代到 21 世纪初, 对枸杞的研究主要集中在形态学分类^[1-3, 9]、染色体^[10-13]、组织培养^[14-18]、栽培技术^[2, 19-22], 以及病虫害防治、药理学、临床应用实验、产品研发等方面^[23-33]。2008 年以来, 由于生物技术的发展, 科研人员利用分子生物技术手段对中国枸杞遗传资源的多样性进行了研究^[34-36]。有文献表明, 可以通过细胞学技术观察枸杞叶片构造 (如气孔类型和分布、气孔指数和气孔大小、表皮细胞角质膜厚度和叶片内部厚度等) 的差异, 作为枸杞分类的辅助手段^[37]。

从近年发表的枸杞遗传多样性研究文献来看, 所采用的枸杞种质资源材料样本量较少, 而且中国枸杞资源中 7 种、3 变种之间的相关性、遗传距离、起主导作用的性状等方面研究较少。针对上述问题, 本研究采用较大样本, 探讨枸杞遗传资源的形态学多样性, 以及枸杞种质资源样本间、类群间的关系, 为枸杞的分类及其深入研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料和试验地点

参试材料为宁夏保存的基础枸杞种质资源 33 份, 其中包括涵盖我国枸杞种质资源 7 种、3 变种的 31 份材料, 以及来自美国和韩国各 1 份枸杞种质资源。参试材料于 1995 年在宁夏农林科学院枸杞资源圃移栽定植, 行距 3.0 m, 株距 1.0 m。于 2010 年观察记载形态学性状, 树龄 15 年, 各种性状已充分表现出来。

试验在宁夏农林科学院中国枸杞工程技术研究中心的芦花台园林场枸杞试验基地进行。

1.2 形态学调查方法

2010 年 3 - 11 月, 每份材料选取 6 个株系, 对地上部分形态特征, 如株高、东西冠幅、南北冠幅、生长势、地径、自然株型、主干色泽、枝条硬度、叶面形态、叶片形状、叶片形态、花形状、花颜色、果实颜色等 14 个性状进行调查, 取平均值作为各参试品种 (种系) 各性状的代表值。

1.3 统计分析及数据处理方法

1.3.1 数据转换 33 份资源中绝大部分测定数据为定性数据, 这些定性数据可分为有序多态数据和无序多态数据。对于定量数据 (株高、冠幅、地径), 在其取值范围内将数据分级转化为有序多状态数据。分别用 0、1、2、3 表示。生长势: 弱 0、中 1、强 2; 自然株型: 匍匐 0、自然半圆形 1; 主干色泽: 灰色 0、褐色 1; 枝条硬度: 软 0、中等 1、硬 2; 叶面状态: 反卷 0、平展 1、正卷 2; 叶片形状: 采用演化分支法, 确定为 2 个性状演化分支 (即叶片形状演化 1: 条状→条状披针→披针, 叶片形状演化 2: 条状→椭圆披针→椭圆); 花形状: 漏斗 0、筒状 1、直筒状 2; 花颜色: 白色 0、紫色 1; 果实颜色: 黄色 0、红色 1、黑色 2。

1.3.2 相关分析 采用 Spearman 秩相关系数计算枸杞资源性状间的相关系数^[38]。

1.3.3 主成分分析 主成分分析是将原来众多具有一定相关性的指标, 重新组合成一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标^[38]。数据进行标准化处理, 选择特征值大于 1 的前几个主成分作为从不同方面来表征总体遗传方差的主要因素。

1.3.4 聚类分析 利用特征值大于 1 的前 n 个主成分得分, 采用组间联结法聚类, 计算品种间、类群内及类群间的欧氏遗传距离, 比较聚类结果。

应用 IBM SPSS statistics 20.0 和 Excel 2010 进行分析。

2 结果与分析

2.1 枸杞种质资源形态学性状间的相关分析

本试验枸杞材料种植为南北行向,枸杞树行宽为 3 m,株距为 1 m,枸杞南北冠幅的生长受到一定的限制,所以枸杞树的東西冠幅总要比南北冠幅大些。尽管如此,从表 1 中可以看出,(1)宁夏枸杞种质资源的株高与植株的东西冠幅、南北冠幅、地径、自然株型(由匍匐株型→自然半圆形株型演变)呈极显著正相关($P < 0.01$)。株高与生长势、枝条硬度、叶片形状演化 1(条状→条状披针→披针)、花形状变化(漏斗→筒状→直筒状)呈正相关,但没有达到显著水平($P > 0.05$)。然而株高与果实颜色、叶片形状演化 2 等性状呈一定程度的负相关。虽然这种负相关没有达到显著水平,但是却表达出了随着不同种质资源的株高增加,果实的颜色由黑色→红色→黄色演变、叶片形状由椭圆→椭圆披针→条状演变的趋势,花的形状呈现由漏斗状向筒状方向演变趋势等信息。(2)东西冠幅与南北冠幅、地径、生长势、叶片形状 1 呈极显著正相关。这说明冠幅是枸杞的一个重要性状。(3)地径与自然株型、生长势呈极显著或显著正相关,与叶面状态呈显著负相关。这说明随着不同枸杞种质资源的地径增加,枸杞生长势增强,叶片状态由正卷向反卷状态演变趋势明显。(4)自然株型与枝条硬度、花的形状呈极显著正相关;与叶片形状演化 2 呈极显著负相关($r = -0.810^{**}$),这说明随着不同枸杞种质资源自然匍匐株型向自然半圆形演变,其叶片形状由椭圆向条状方向演变、花的形状由漏斗状向直筒状方向演变趋势极显著。(5)枸杞种质资源主干色泽与枝条硬度呈显著正相关,即枸杞不同种质资源主干色泽由浅演变深时,其枝条硬度由软变硬,说明主干色泽是枸杞种质资源主要性状之一。(6)枸杞种质资源的枝条硬度与叶片形状演化 2 呈极显著负相关,与花形状呈显著正相关。即随着枸杞不同种质资源枝条由软变硬时,叶片形状由椭圆向条状演变的趋势极显著;花的形状由漏斗状向直筒状方向演变的趋势显著。这说明枝条硬度也是枸杞种质资源主要性状之一。(7)叶片形状演化 1 与叶片形状演化 2 呈极显著正相关,与果实颜色呈显著负相关。这说明不同枸杞种质资源的叶片由条状→条状披针→披针演变的同时,叶片由条状→椭圆披针→椭圆演变亦非常明显;而果实的颜色演变,即由黑色→红色→

黄色演变也明显。上述结果表明,株高、冠幅、地径、自然株型、花形状、主干色泽、枝条硬度、叶片形状演化 1、叶片形状演化 2、果实颜色等均为枸杞种质资源重要的形态学性状。

2.2 枸杞种质资源植物性状主成分分析

参试材料各遗传性状间的主成分、特征值、方差、累积贡献率均存在较大的差异。前 5 个主成分的方差值较大,累积贡献率达 77.020% (表 2)。其中第 1 主成分的方差值最高,为 29.583%,占主导地位。第 1 主成分中的株高、植株东西冠幅、地径、南北冠幅、花形状等的特征向量为较大的正值。其中株高的主成分载荷指数最高,为 0.422;次之是东西冠幅,为 0.409。这说明随着株高的增加,东西冠幅、地径等也增加,花形状呈现由漏斗状→筒状→直筒状演变的趋势,故称第 1 主成分为株高因子。第 2 主成分遗传方差贡献率为 21.596%,叶片形状演化 2 主成分载荷指数最高,为 0.462,而枝条硬度、主干色泽为较大的负值。这说明随着叶片形状演变(条状→椭圆披针→椭圆),枝条硬度由软向硬演变、植株主干色泽由灰色向褐色演变的趋势,因此称第 2 主成分为叶片形状演化 2 因子。第 3 主成分的遗传方差贡献率为 9.217%。其特征向量中果实颜色为载荷绝对值最大的负值,为 -0.568;花颜色为较大的正值,为 0.516。这说明当果实的颜色由黑色→红色→黄色演化时,花颜色显示出由白色向紫色演化的趋势,故称第 3 主成分为果实颜色因子。在第 4 主成分中遗传方差贡献率为 8.954%,其花颜色的特征向量值为较大正值,叶片形状演化 1、花形状为负值。这说明随着种质资源的植株生长势的增强,叶片形状由披针→条状披针→条状方向演变的趋势,故称第 4 主成分生长势因子。第 5 主成分中遗传方差贡献率为 7.669%,叶面状态特征向量为绝对值较大的负值,为 -0.573;花颜色特征向量为较大的正值,为 0.470。这说明叶面由正卷→平展→反卷状态演化时,花颜色展示出由白色→紫色演化的趋势。因此,亦称第 5 主成分为叶面状态因子。

2.3 聚类分析

将 33 份枸杞种质资源在上述 5 个主成分中的得分作为综合指标,进行聚类分析。结果表明,当欧氏距离 $D^2 = 10.5$ 时,参试的 33 份枸杞种质资源可分为 10 类(图 1)。从表 3 中可以看出,类群 1 和类群 2 是两大高产、优质、适应性强的遗传类群。

表 1 33 份枸杞种质资源形态学性状的相关分析

Table 1 Morphological character correlation analysis about 33 wolfberry germplasm samples

性状 Traits	株高 PH	东西冠幅 EWC	南北冠幅 NSC	地径 GD	生长势 TRG	自然 株型 NPT	主干 色泽 MSC	枝条 硬度 WF	叶面 状态 FP	叶片 形状 演化 1 LS1	叶片 形状 演化 2 LS2	花形状 FF	花颜色 FC ₁	果实 颜色 FC ₂
株高	1													
东冠幅	0.782 **	1												
南北冠幅	0.592 **	0.593 **	1											
地径	0.616 **	0.661 **	0.534 **	1										
生长势	0.303	0.569 **	0.396 *	0.408 *	1									
自然株型	0.556 **	0.296	0.254	0.484 **	-0.060	1								
主干色泽	-0.088	-0.175	-0.307	-0.139	-0.296	0.319	1							
枝条硬度	0.277	0.155	0.050	0.026	-0.285	0.486 **	0.370 *	1						
叶面状态	-0.111	-0.330	-0.260	-0.356 *	0.151	-0.226	-0.140	-0.240	1					
叶片形状演化 1	0.328	0.476 **	0.305	0.314	0.200	-0.046	-0.144	-0.181	-0.075	1				
叶片形状演化 2	-0.223	0.051	0.026	-0.224	0.193	-0.810 **	-0.312	-0.507 **	0.097	0.466 **	1			
花形状	0.343	0.249	0.177	0.332	-0.048	0.550 **	0.241	0.407 *	-0.274	0.014	-0.498 **	1		
花颜色	-0.142	-0.201	-0.283	0.013	0.076	-0.066	0.152	0.036	0.165	-0.022	0.008	-0.304	1	
果实颜色	-0.300	-0.193	-0.177	-0.214	-0.103	0	0	0	-0.134	-0.356 *	-0.129	-0.318	0	1

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, PH; Plant height, EWC; East-west-crown, NSC; North-south-crown, GD; Ground diameter, TRG; Trend rate of growth, NPT; Natural plant type, MSC; Main stem color, WF; Watlle firmness, FP; Foliage position, LS1; Leaf shape 1, LS2; Leaf shape 2, FF; Flower form, FC₁; Flower color, FC₂; Fruit color.

表 2 枸杞种质资源形态学性状主成分的特征向量及贡献率

Table 2 Eigenvector and contribution rate of wolfberry germplasm morphological character principal components

性状 Traits	主成分 Principal components				
	1	2	3	4	5
株高	0.422	0.051	0.114	0.082	-0.085
东西冠幅	0.409	0.202	-0.053	0.036	0.152
南北冠幅	0.344	0.195	-0.227	0.016	-0.075
地径	0.394	0.087	0.018	0.194	0.155
生长势	0.179	0.332	0.071	0.426	-0.086
自然株型	0.329	-0.343	0.049	0.179	-0.052
主干色泽	-0.016	-0.361	0.294	-0.159	0.324
枝条硬度	0.166	-0.377	0.073	-0.067	0.134
叶面状态	-0.192	0.109	0.421	0.265	-0.573
叶片形状演化 1	0.176	0.321	0.247	-0.345	0.272
叶片形状演化 2	-0.167	0.462	0.013	-0.291	0.216
花形状	0.285	-0.260	0.074	-0.295	-0.258
花颜色	-0.115	-0.014	0.516	0.442	0.470
果实颜色	-0.151	-0.122	-0.568	0.393	0.265
特征值	4.142	3.024	1.290	1.254	1.074
方差(%)	29.583	21.596	9.217	8.954	7.669
累积贡献率(%)	29.583	51.180	60.397	69.351	77.020

类群 1 是以宁夏老的优良农家品种大麻叶、小麻叶、黑叶麻叶等为主。类群 2 中的材料最多,有 11 份材料。这两大类群中的绝大多数材料为宁夏传统的栽培品种或近年新选育的高产优质品种。这说明宁夏具有生产高产优质枸杞的生态优势。宁杞 1 号、宁杞 2 号是宁夏农林科学院培育的 2 个高产、优质的新品种,其特级果、甲级果率高,这 2 个新品种均被聚在类群 2 中。宁杞 1 号、宁杞 2 号是从宁夏传统枸杞品种麻叶系列中通过自然单株选优培育而成的品种。宁杞 1 号与大麻叶、小麻叶、黑叶麻叶遗传距离分别为 2.24、1.94、2.30 欧氏距离;宁杞 2 号与大麻叶、小麻叶、黑叶麻叶遗传距离分别为 1.91、2.00、2.31 欧氏距离;而宁杞 1 号与宁杞 2 号遗传距离为 1.69 欧氏距离。说明宁杞 1 号、宁杞 2 号、大麻叶、小麻叶、黑叶、麻叶在遗传方面彼此均有差异,但是差异不大。宁杞 1 号、宁杞 2 号之间,以及二者与亲本之间的遗传距离相近而又不同,说明通

过枸杞芽变植株选择新品种是一条行之有效的途径。值得注意的是,类群 3、5、6、8、10 均为一种材料所组成,与类群 1、类群 2 遗传距离远。分别是截萼、黄果变、宁夏黄果、青海黑果、白花。说明这些材料不仅与类群 1、类群 2 遗传差异较大,彼此之间也存在着不同程度的差异。在类群 7 中,虽然中宁黑果、黑果(杂)可聚类为同一类群,但是二者的遗传背景还存在着一定的差异,其遗传距离为 2.24 欧氏距离;此外,还可以看出,云南、美国、韩国、蔓生枸杞同聚为第 9 类,野生种枸杞的特征明显。值得注意的是白花枸杞单独成为第 10 类,与其他 32 份材料遗传距离均较远,在 5.500~9.219 欧氏距离之间,说明白花枸杞与其他 32 份材料遗传差异大。

3 讨论

3.1 中国枸杞种质资源形态及遗传多样性

宁夏保存的 33 份枸杞种质资源的叶片形状、叶面形态、枝条硬度、花颜色和花形状等性状分析结果表明,中国枸杞种质资源不仅在形态学方面具有多样性,而且还显示出枸杞种质资源从野生种到栽培种的演化规律,这对探讨枸杞从野生种到栽培种演变问题具有重要意义。野生种枸杞果色有黑果、红果和黄果类型。黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr.)是中国枸杞 7 个种之一,栽培枸杞绝大多数为红果类型,这可能与人们对红色枸杞的偏爱,加上育种家不断强化红果枸杞选育有关。黄果枸杞(*Lycium barbarum* L. var. *auranticarpum* K. F. Ching)除了果实颜色、大小、性状等与宁夏枸杞存在区别之外,枝条几乎都有短棘刺,这一性状近于野生性状。而黄果的叶狭窄,条形或条状披针形,这一性状又近于宁夏栽培枸杞。本研究表明:(1)宁夏黄果枸杞与中宁黑果枸杞遗传距离较远,为 8.124 欧氏距离;中宁黑果枸杞与红果枸杞宁杞 1 号、宁杞 2 号遗传距离分别为 6.527、7.089 欧氏距离;而宁夏黄果枸杞与宁杞 1 号、宁杞 2 号的遗传距离分别为 3.362、4.103 欧氏距离,遗传距离较近。即宁夏黄果枸杞与中宁黑果枸杞的遗传距离是其与宁杞 1 号距离的 2.42 倍、与宁杞 2 号距离的 1.98 倍。(2)由表 1 得知,枸杞种质资源的叶片形状由条状→条状披针→披针演变时,与枸杞果实的颜色由黑色→红色→黄色演变相关性达到显著水平,其相关系数 $r = -0.356$ 。上述两点可以证明,黄色枸杞是红色枸杞的变异种,与前人认为黄果枸杞是宁夏枸杞的 1 个变种^[13,39]的植物学分类结果相一致。

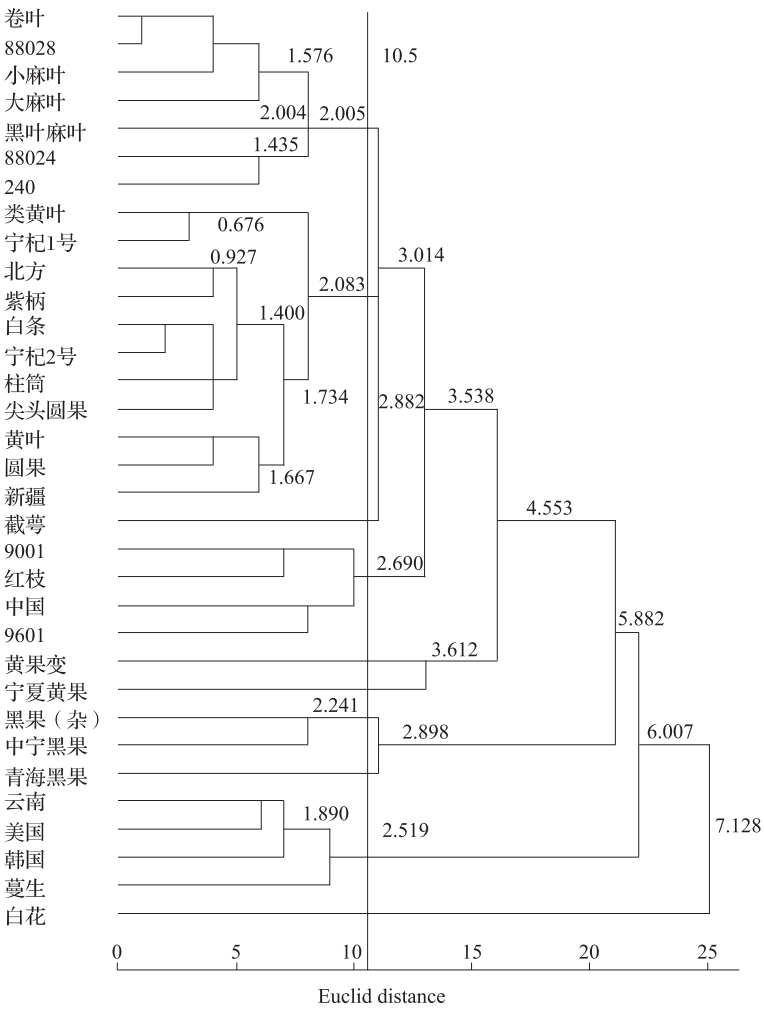


图 1 33 份枸杞种质资源组间联结法聚类树状图

Fig. 1 33 wolfberry germplasm cluster tree by the coupling between the clustering groups

表 3 33 份枸杞种质资源聚类结果与性状特点汇总表

Table 3 Cluster result and characteristic of 33 wolfberry germplasm

类群 Group	种质名称 Germplasm name	特征 Characteristic
1	卷叶、88028、小麻叶、大麻叶、黑叶麻叶、88024、240	多数为宁夏传统的当家品种、长果类，产量较高，优质、适应性强
2	类黄叶、宁杞 1 号、北方、紫柄、白条、宁杞 2 号、柱筒、尖头圆果、黄叶、圆果、新疆	多为条状披针形叶，部分为长果类，且特级果、甲级果率高；部分为圆果类，果实中等、圆或卵圆形。高产、优质，适应性强
3	截萼	花萼裂片断裂成截头，综合产量性状居中
4	9001、红枝、中国、9601	老枝红褐色，综合产量性状居中
5	黄果变	条状叶，叶片平展，果味较甜，产量低
6	宁夏黄果	条状披针形叶，短果类，浆果小、果味甜，果实成熟后成黄色，产量低
7	黑果（杂）、中宁黑果	果实成熟后成紫黑色，果实产量低
8	青海黑果	果实成熟后成紫黑色，果实产量低
9	云南、美国、韩国、蔓生	果实产量低
10	白花	坐果率高，产量居中，果粒小，自交不亲和

3.2 中国枸杞种质资源的创新和利用

本研究结果表明,类群 1 和类群 2 是两大高产、优质、适应性强的遗传类群,宁夏高产优质枸杞新品种宁杞 1 号、宁杞 2 号均归属于类群 2,这一分析结果与李彦龙等^[34]结论相同。本研究不但计算出了各遗传类群之间的距离,还计算出 33 份枸杞种质资源材料之间的遗传距离,找出了之间的相互关系,这对枸杞种质资源研究创新和利用具有重要意义。本研究表明,株高、冠幅、地径、叶片形状、花颜色、生长势、叶面状态、果实颜色等性状在枸杞遗传性状中起支配作用,这些性状可作为枸杞种质资源创新、新品种选育选择的主要参考指标。至于中国枸杞种质资源主要农艺性状单元区段变异位点和互作关系尚需分子标记和鉴定。

参考文献

[1] 路安民. 中国枸杞属的分类[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999:3-10

[2] 钟筌元. 枸杞高产栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2005:8-17

[3] 秦国峰. 枸杞是我国重要的经济植物资源[M]. 银川:宁夏人民出版社,1982:1-9

[4] 刘天驰. 枸杞资源在干旱、半干旱地区的开发利用[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999:232-234

[5] 袁汉民,吴洪相,赵晓明,等. 宁夏中部干旱带水分高效利用问题的思考[J]. 现代农业科技,2007(28):107-110

[6] 薛立文,李以暖. 枸杞子的营养和保健功能[J]. 广东微量元素科学,2000,7(6):1-4

[7] 陈清华,王朝良. 宁夏枸杞产业发展优势和提升出口竞争力的对策[J]. 农业现代化研究,2008,29(2):151-154

[8] 廉军. 宁夏枸杞今年种植超 70 万亩价涨量增农民增收[EB/OL](2011-07-15)[2012-04-30] <http://www.cnr.cn>

[9] 赵建华,安巍,石志刚,等. 枸杞种质资源若干植物学数量性状描述指标的探讨[J]. 园艺学报,2008,35(2):301-306

[10] 冯显逵. 宁夏枸杞的核型分析[J]. 宁夏农业科技,1985(3):28

[11] 崔秋华,张玉珍. 枸杞染色体核型分析. 宁夏枸杞研究[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999:22-23

[12] 陈瑞阳,陈成彬,宋文芹,等. 中国主要经济植物基因组染色体图谱(第五册);中国药用植物染色体图谱[M]. 北京:科学出版社,2009:658-659

[13] 秦垦,田英,李云霄,等. 宁夏枸杞雄性不育种质个体 YX-1 的发现与鉴定[J]. 西北植物学报,2006,29(9):1838-1841

[14] 袁海静,曹有龙,刘兰英. 枸杞外植体生根培养基改良的研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(36):11906-11907,11932

[14] 陈维伦,郭车红. 枸杞叶片愈伤组织的诱导及植株再生[J]. 植物生理学通讯,1980(6):40-41

[16] 牛德水,邵启全,王莉. 枸杞下胚轴、茎端和幼嫩子房的愈伤组织诱导及其植株再生[J]. 遗传,1983,5(6):24-26

[17] 任玉芬,和焕然,陈宝香. 枸杞组织培养研究初报[J]. 宁夏农林科技,1986(3):21-22

[18] 韩素英,齐力旺,杨云龙,等. 宁杞 1 号组织快速繁殖技术研究[J]. 林业科技通讯,1995,4(2):17-19

[19] 曹有龙,巫鹏举,刘欣,等. 大果枸杞(宁杞 3 号)栽培技术[M]. 银川:宁夏人民出版社,2006:47-96

[20] 安巍,焦恩宇,石志刚,等. 枸杞规范化栽培及加工技术[M]. 北京:金盾出版社,2005:25-105

[21] 张晓芹. 枸杞在园林中的应用及栽培管理技术[J]. 河北农业科学,2007,11(2):30-31

[22] 尹志荣,张永宏,桂林国,等. 微咸水滴管对枸杞产量及土壤水盐运动的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(7):162-167

[23] 赵春杰,吕耀龙,刘敏,等. 枸杞纯生保健啤酒的研制[J]. 农产品加工,2009(4):58-59,92

[24] 白寿宁. 宁夏枸杞研究[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999:819-972

[25] Luo Q, Li Z, Huang X, et al. Lycium barbarum polysaccharides: Protective effects against heat-induced damage of rat testes and H₂O₂-induced DNA damage in mouse testicular cells and beneficial effect on sexual behavior and reproductive function of hemicastrated rats[J]. Life Sci,2006,79(7):613-621

[26] Cheng C Y, Chung W Y, Szeto Y T, et al. Fasting plasma zeaxanthin response to *Fructus barbarum* L. (wolfberry; *Kei Tze*) in a food-based human supplementation trial [J]. Brit J Nutr,2005,93(1):123-130

[27] Chan H C, Chang R C, Koon-Ching I A, et al. Neuroprotective effects of *Lycium barbarum* Lynn on protecting retinal ganglion cells in an ocular hypertension model of glaucoma[J]. Exp Neurol,2007,203(1):269-273

[28] Yu M S, Leung S K, Lai S W, et al. Neuroprotective effects of anti-aging oriental medicine *Lycium barbarum* against beta-amyloid peptide neurotoxicity[J]. Exp Gerontol,2005,40(8-9):716-727

[29] Gan L, Zhang S H, Yang X L, et al. Immunomodulation and antitumor activity by a polysaccharide-protein complex from *Lycium barbarum* [J]. Int Immunopharmacol,2004,4(4):563-569

[30] Lee D G, Park Y, Kim M R, et al. Anti-fungal effects of phenolic amides isolated from the root bark of *Lycium chinense* [J]. Biotechnol Lett,26(14):1125-1130

[31] Lee D G, Jung H J, Woo E R. Antimicrobial property of (+)-lyoniresinol-3alpha-O-beta-D-glucopyranoside isolated from the root bark of *Lycium chinense* Miller against human pathogenic microorganisms[J]. Arch Pharm Res,2004,28(9):1031-1036

[32] Noguchi A, Sasaki N, Nakao M, et al. cDNA cloning of glycosyltransferases from Chinese wolfberry (*Lycium barbarum* L.) fruits and enzymatic synthesis of a catechin glucoside using a recombinant enzyme (UGT73A10)[J]. J Mol Catal B-Enzym,2008,55(1-2):84-92

[33] Zou S, Zhang X, Yao W B, et al. Structure characterization and hypoglycemic activity of a polysaccharide isolated from the fruit of *Lycium barbarum* L. [J]. Carbohydr Polym, 2010, 80(4):1161-1167

[34] 李彦龙,范云芳,戴国礼,等. 枸杞种质遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 中草药,2011,42(4):770-773

[35] 石志刚,安巍,焦恩宇,等. 基于 nrDNA ITS 序列的 18 份宁夏枸杞资源的遗传多样性[J]. 安徽农业科学,2008,36(24):10379-10380

[36] 尚洁,李收,张靠稳. 宁夏枸杞遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 植物研究,2010,30(1):116-119

[37] 章英才,张晋宁. 几种枸杞属植物叶片的结构比较[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,1999,20(4):374-378

[38] 苏金明,傅荣华,周建斌,等. 统计软件 SPSS 系列应用实战篇[M]. 北京:电子工业出版社,2002:304-308

[39] 秦国峰. 枸杞属植物的一个新变种——黄果枸杞[J]. 宁夏农业科技,1980(1):21-24