

沙棘生态经济型 优良杂种选育研究

张建国 著



科学出版社
www.sciencep.com

沙棘生态经济型 优良杂种选育研究

张建国 著

国家林业局 948 创新项目(2002-C02)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

应用杂交育种技术,选育生长迅速、适应能力强、果大、丰产性强的无刺或少刺的生态经济型沙棘新品种是我国目前沙棘遗传改良最重要的目标。本书以中国沙棘和蒙古沙棘两个亚种杂交产生的杂种子代为研究对象,从子代分离、生长特性、果实特性、种子特性、生物活性物质、抗逆性和丰产性七个方面对杂种子代的表现特性进行了比较系统的研究和分析,共选出 50 多个生态经济型优良杂种。这些新的优良杂种可应用于我国干旱和半干旱地区的生态环境建设。

本书可供林学、农学、医药、水土保持等领域的基层科技人员、相关科研院所研究人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

沙棘生态经济型优良杂种选育研究/张建国著. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-021342-6

I. 沙… II. 张… III. 沙棘—育种—研究 IV. S793.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031865 号

责任编辑:莫结胜 王新玉 王日臣 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 6 月第一次印刷 印张:10 1/2 插页 26

印数:1—1 500 字数:199 000

定价:75.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

前 言

沙棘属胡颓子科沙棘属植物,是一种落叶灌木、小乔木或乔木。沙棘属植物果实、种子和叶片的生物有效成分十分丰富,同时其水土保持和防风固沙效果非常显著,是一个具有重大经济潜力和生态价值的树种。

我国是沙棘资源最丰富的国家,现有沙棘林 140 万 hm^2 ,占世界沙棘总面积的 90%以上,其中,“三北”地区有 117 万 hm^2 ,占全国的 83.6%。但是,由于中国的沙棘属植物多数种和亚种棘刺多、果小、产果量低,企业和群众种植的积极性不高。目前国内从事沙棘加工的企业,基本上是利用天然野生沙棘资源,对资源和环境造成了极大的破坏。为了解决这一问题,1990 年后,中国林业科学研究院林业研究所、黑龙江省绥棱浆果研究所、齐齐哈尔园艺研究所等单位相继从俄罗斯引进新品种。1998 年,国家林业局科学技术司正式把沙棘优良新品种的引进和区域化试验列为 948 项目,并由中国林业科学研究院林业研究所主持,在全国进行系统的区域化试验研究。整个区域化试验历时 8 年,主要对从俄罗斯、蒙古等国引进的十余个大果、无刺、高产沙棘优良品种在我国的表现特性进行了详细观测和比较分析,确定了其相应的适生区和栽培模式。研究结果发现,俄罗斯大果沙棘品种果大、无刺、经济价值高,但耐旱和耐热性比较低,在我国中西部地区特别是北纬 40° 以南地区适应性比较差,而中国沙棘耐旱、耐热和耐瘠薄能力比较强,适应性比较广,但中国沙棘的缺点是刺多、果小、产量低。如何把二者的优良特性结合,选育出生长迅速、适应能力强、无刺或少刺、果大、产量比较高的生态经济型品种,是我国目前沙棘遗传改良中最主要的育种目标。基于这一技术路线,从 1998 年开始,中国林业科学研究院林业研究所沙棘育种课题组在国家林业局 948 创新项目的支持下,开展大果沙棘和中国沙棘杂交育种,经过近十年的杂交试验,先后共选育出 50 余个生态经济型优良杂种。生态经济型品种的特点不仅是抗逆性强,而且丰产性能比较好,特别适于在我国干旱和半干旱区栽培。本书内容主要是沙棘生态经济型优良杂种选育研究成果。

在本书即将出版之际,作者要特别感谢对本项目研究一直十分关心的国家林业局科学技术司靳芳副司长、杨锋伟处长和杨振寅副处长。此外,还要感谢本项目的成员——中国林业科学研究院磴口沙漠林业实验中心的罗红梅高级工程师和李建雄高级工程师,中国林业科学研究院林业研究所的黄铨研究员、童书振副研究员和段爱国博士,没有他们长期的精心合作和共同努力,也就没有本书。

张建国

2007 年 12 月 10 日

目 录

前言

1 沙棘良种选育进展	1
1.1 沙棘资源概况	1
1.2 沙棘育种进展概况	2
2 实验设计和方法	7
2.1 杂交材料的选择	7
2.2 杂交试验	7
2.3 指标测定	8
3 杂种子代分离情况	10
3.1 杂种 F1 代分离情况	10
3.2 杂种 F1 代生长指标关系分析	16
3.3 优良杂种选育标准	18
4 优良杂种单株生长比较	19
5 优良杂种果实特性比较	28
5.1 1993 年定植优良杂种果实特性比较	28
5.2 1994 年定植优良杂种果实特性比较	32
5.3 1996 年定植优良杂种果实特性比较	37
6 优良杂种种子特性比较	52
6.1 1993 年定植优良杂种种子特性比较	52
6.2 1994 年定植优良杂种种子特性比较	55
6.3 1996 年定植优良杂种种子特性比较	59
7 优良杂种活性物质比较	66
7.1 优良杂种单株果实活性物质比较	66
7.2 优良杂种无性系种子活性物质比较	71
7.3 1994 年定植杂种种子黄酮和维生素 E 比较	73
7.4 优良杂种单株叶片活性物质比较	78
7.5 优良杂种果实、种子和叶片总黄酮含量比较	82
8 生态经济型优良杂种综合评价	84
8.1 1993 年定植优良杂种综合评价	84
8.2 1994 年定植优良杂种综合评价	85
8.3 1996 年定植优良杂种综合评价	87

9 优良杂种插育苗技术..... 89

 9.1 试验材料与方法..... 89

 9.2 实验结果..... 90

 9.3 结果与讨论..... 94

主要参考文献 96

附录 25 个优良杂种单株果实和种子特性指标测定 98

图版 生态经济型优良品种

1 沙棘良种选育进展

1.1 沙棘资源概况

沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 属胡颓子科沙棘属植物, 是一种落叶灌木、小乔木或乔木, 一般高 1~10m, 分布于我国云南的云南沙棘, 一些林分树高可达 20m, 胸径近 2m, 年龄为 200 年左右。2007 年 9 月作者在西藏错纳考察时发现, 沙棘属植物中最古老种群属江孜沙棘, 年龄为 100~1000 年, 树高为 4~15m, 呈乔木状, 面积 20 余公顷。

沙棘雌雄异株, 单性花, 总状花序。沙棘有许多变异类型, 如乔木类型和灌木类型, 稀刺类型和多刺类型, 扁果类型、圆果类型和椭圆果类型, 黄果类型、橘黄果类型和红果类型等。全世界沙棘分布很广, 广泛分布于东经 2°~115°、北纬 27°~68°50' 的欧亚大陆地区。沙棘属植物共有 7 个种 8 个亚种, 7 个种分别是沙棘 (包括云南沙棘和中国沙棘 2 个亚种)、柳叶沙棘、鼠李沙棘 (包括中亚沙棘、蒙古沙棘、高加索沙棘、喀尔巴千山沙棘、溪生沙棘和鼠李沙棘 6 个亚种)、棱果沙棘、江孜沙棘、肋果沙棘和西藏沙棘。除高加索沙棘、喀尔巴千山沙棘、溪生沙棘和鼠李沙棘 4 个亚种分布于欧亚大陆外, 其余种和亚种我国都有分布。沙棘属植物的分类如表 1.1 所示。

表 1.1 沙棘属植物分类系统演化 (Bartish, 2002)

Servettaz (1908)	Rousi (1971)	Avdeyev (1983)	Lian and Chen (1993)	Hyvonen (1996)	Lian et al. (1998)
<i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>rhamnoides</i> subsp. <i>salicifolia</i> subsp. <i>tibetana</i>	<i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>carpatica</i> subsp. <i>caucasica</i> subsp. <i>fluviatilis</i> subsp. <i>gyantsensis</i> subsp. <i>mongolica</i> subsp. <i>rhamnoides</i> subsp. <i>sinensis</i> subsp. <i>turkestanica</i> <i>H. salicifolia</i> <i>H. tibetana</i>	<i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>rahmnoides</i> subsp. <i>saliciolia</i>	Sect. <i>Hippophae</i> <i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>carpatica</i> subsp. <i>caucasica</i> subsp. <i>fluviatilis</i> subsp. <i>mongolica</i> subsp. <i>rhamnoides</i> subsp. <i>turkestanica</i> <i>H. salicifolia</i> <i>H. sinensis</i> subsp. <i>sinensis</i> subsp. <i>yunnanensis</i> Sect. <i>Gyantssensis</i> <i>H. goniocarpa</i> <i>H. gyantsensis</i> <i>H. neurocarpa</i> <i>H. tibetana</i>	<i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>carpatica</i> subsp. <i>caucasica</i> subsp. <i>fluviatilis</i> subsp. <i>gyantsensis</i> subsp. <i>mongolica</i> subsp. <i>rhamnoides</i> subsp. <i>turkestanica</i> subsp. <i>sinensis</i> subsp. <i>tibetana</i> <i>H. salicifolia</i> subsp. <i>salicifolia</i> subsp. <i>sinensis</i> subsp. <i>yunnanensis</i>	Sect. <i>Hippophae</i> <i>H. rhamnoides</i> subsp. <i>carpatica</i> subsp. <i>caucasica</i> subsp. <i>fluviatilis</i> subsp. <i>mongolica</i> subsp. <i>rhamnoides</i> subsp. <i>turkestanica</i> subsp. <i>sinensis</i> subsp. <i>yunnanensis</i> <i>H. salicifolia</i> Sect. <i>Gyantssensis</i> <i>H. goniocarpa</i> subsp. <i>goniocarpa</i> subsp. <i>litangensis</i> <i>H. gyantsensis</i> <i>H. neurocarpa</i> subsp. <i>neurocarpa</i> subsp. <i>stellatopilosa</i> <i>H. tibetana</i>

从表 1.1 可以看出, 沙棘属植物的分类和进化关系仍有很大争议, 需要进一步研究。

在沙棘属植物中, 分布面积最大的是中国沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L. subsp. *sinensis* Rousi)。从分布规律看, 中国沙棘的分布范围主要受气温的影响, 即在西南分布于高海拔地段, 在东北则分布于低海拔地段。在山西、陕西、河北、内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、四川、云南、贵州、西藏等省区均有天然林分布。黑龙江、吉林、辽宁、山东、河南、湖北等省也引种沙棘造林。据统计, 我国现有沙棘林 140 万 hm^2 , 占世界沙棘总面积的 90% 以上, 其中“三北”地区有 117 万 hm^2 , 占全国的 83.6%。

1.2 沙棘育种进展概况

目前, 开展沙棘育种和栽培技术研究的国家主要有中国、俄罗斯、蒙古、芬兰、德国、加拿大、匈牙利、罗马尼亚等。本章将重点对全球沙棘育种的现状和进展进行初步总结, 以推动我国沙棘育种工作。

1.2.1 俄罗斯沙棘育种

原苏联是世界上最早进行沙棘育种的国家, 其在沙棘育种领域的研究成果一直处于世界领先地位。根据 Eliseev 的报道, 在 20 世纪 30 年代早期原苏联就开始了沙棘的选择和育种, 象征着沙棘驯化的开始。在 50 年代和 60 年代, 化学分析反映出的沙棘果实、油、叶片和树皮的重要营养和医疗价值, 极大地刺激了原苏联在沙棘育种和栽培上的研究。原苏联的沙棘育种曾经历了两个阶段, 第一个阶段是被称之为沙棘之父的利萨文科院士从 1933 年开始的沙棘选择育种阶段。他从考察野生沙棘林时选择优良类型和优良单株入手, 采集了 148 个表型优良的单株种子, 从而获得了大量的实生苗, 并研究了其中 15 万株的结果情况, 从大量的样品中选择出第一批栽培品种, 如“阿尔泰新闻”、“卡图尼礼品”、“维生素沙棘”等。第二阶段是从 1959 年开始的杂交育种阶段。著名育种学家潘杰列也娃等采用不同地理生态型的沙棘进行地理远源杂交, 他们把第一阶段育成的品种和高尔基农学院选择的萨彦岭起源的谢尔宾卡 1 号等作为母本, 同地理距离远的各种类型进行杂交, 于 1977 年培育出“巨人”、“金色”、“丰产”、“优胜”、“浑金”、“楚伊”、“阿列依”等品种, 并应用于生产。

俄罗斯沙棘育种工作迄今已历时 60 余年, 共培育出 50 多个新品种, 其特点是果粒大、果穗长、结实多, 无刺或少刺、果柄长、便于采摘, 产量高, 产果量达到 $8\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ 。在优良的栽培条件下, 产果量更高。表 1.2 是国内近十年内引进俄罗斯大果沙棘主要品种的经济性状。从表 1.2 可以看出, 俄罗斯大果沙棘果实百果质量为 $40\sim 80\text{g}$, 果柄长 $1\sim 10\text{mm}$ 。

表 1.2 俄罗斯部分优良沙棘经济性状

品种	株高 /m	百果质量 /g	果柄长 /mm	维生素 C /(mg/100g)	含油率 /%	果实形状	果实 颜色	单株产量 /(kg/株)
阿尔泰新闻	4.0	50	3	47	5.5	圆形	浅橙色	3.2
卡图尼礼品	3.0	40	4.5	69.5	6.5~6.9	卵圆形	浅橙色	14~16.7
金色	2.7	80	2~3	115~165	5.8~6.4	椭圆形	橙色	
楚依	2.5	90	2~3	134	6.2	柱状椭圆形	橙色	9.5~10
橙色	3.0	60	8~10	330	6.0	椭圆形	橙红色	13~22
巨人		80	3~4	157	6.6	圆柱形	橙黄色	11.2~15.5
浑金	2.4	70	3~4	133	6.9	椭圆形	橙黄色	14.5~20.5
优胜		80		118.2	6.5~6.9	长卵圆形	橙黄色	7~8
丰产	3.0	80	3~4	142	4.9	柱状椭圆形	深橙色	16.2~20.3
谢尔宾卡	1.5~2.5	50~82		95~150	2~2.7	圆柱形	深橙色	6~12
弗拉基米尔		30	1~3	140	5.3	卵圆形	黄色	3.8
乌兰格木	1.5~2.0	60	4			卵圆形	橙黄色	

俄罗斯沙棘育种取得巨大成功的原因主要在于育种策略——在广泛选择原始材料的基础上，进行大量地理上的远缘杂交，从而快速选育出一批优良的杂种，缩短了出成果的时间，也节约了劳动力和费用。正如高尔基农学院教授、著名沙棘育种学家叶利谢耶夫（1989）在评价原苏联沙棘育种时指出的那样，俄罗斯沙棘在较短的时间，从野生类型变为栽培果树，主要是在选种的第一阶段，通过栽培从积聚在天然种群中的潜在隐性突变中显示出的新的表现型，往往都具有综合的珍贵的经济性状。而杂交育种的结果表明，各种性状，其中也包括百果质量，在杂交中往往表现出分离现象，这里的杂种优势大概同原始类型等效异位基因综合作用的影响有关。因此，在沙棘遗传改良研究工作中，重视对天然种群的研究和选择，发掘其在长期进化过程中蕴藏在其遗传基础中的优良性状的隐性基因就显得特别重要。现阶段俄罗斯的沙棘育种目标为：高产、矮化、无刺、高生化物质含量、便于机械化采果等综合的优良经济性状，对其抗逆性的要求重点在抗寒性和抗病虫害的能力上。

1.2.2 欧洲沙棘育种

受原苏联的影响，从 20 世纪 60 年代以来，许多国家如芬兰、瑞典、匈牙利、罗马尼亚、德意志民主共和国等欧洲国家也先后开始了沙棘育种和栽培，有了自己的品种和人工林。例如，1990 年，芬兰公布了 Raisa 和 pollinator Rudolf 两个品种。芬兰沙棘育种的目标是减少棘刺和提高维生素 C 含量。瑞典沙棘杂交育种主要选择俄罗斯原生种作为母本及瑞典的雄株为材料，其目的是希望杂种后代具有俄罗斯沙棘的抗病性和瑞典雄株对本地气候的适应性，品质是选择育种的主要目标，如大小形状、味道鲜美等。对雌株栽培的主要目标是高产、适宜机械采收、抗病、耐寒和宜繁殖。雄株栽培的目标是花期长、花粉生命力强、抗

病、耐寒和宜繁殖。德国已培育出 5 个沙棘栽培品种。例如：从海滨沙棘中选出的 Leikova 品种，果实纵径 10~12mm，百果质量 40~50g，果柄长 4~5mm；从喀尔巴阡沙棘中选出的 Flevgo 品种，果实纵径 7~9mm，百果质量 30g，虽然果实比较小，但丰产性好，便于采收。德国选育的沙棘品种总的特点是维生素 C 等成分含量高、果实较大、丰产性好、棘刺少等。法国重点是从野生的溪生沙棘中优选出产量高、味道好、维生素 C 含量高的单株，并通过无性繁殖，成为沙棘种植园的主栽品种，目的就是生产沙棘果实。根据统计，德国和法国沙棘种植面积约有 300 hm²，面积比较小，但已实现了栽培标准化和采收机械化。拉脱维亚在沙棘育种方面也开展了一些研究工作，曾先后从俄罗斯引进大果沙棘品种，如 Maslichnay、Darkatuni、Chuiskaya 等品种，由于这些品种均选自于蒙古沙棘亚种，对海洋性气候适应性比较差，因此开始探索蒙古沙棘、海滨沙棘和溪生沙棘的杂交选育工作。通过蒙古沙棘与海滨沙棘进行杂交，选育出 Sunny、Gold Rain、Mary、Tatjana、Lord 等品种，这些品种保留了蒙古沙棘果大、高产和少刺的特点，同时具有适应温和海洋性气候的特性，这些品种已被少量种植在拉脱维亚、爱沙尼亚、芬兰、瑞典、英国、挪威等国。据不完全统计，2003 年爱沙尼亚、拉脱维亚和立陶宛的沙棘种植面积达到 600 hm²。

1.2.3 中国沙棘育种

我国是沙棘资源最大的国家，但我国沙棘遗传改良起步却比较晚。1985 年在 FAO 的资助下，由中国林科院林业研究所牵头组织开始中国沙棘的遗传改良研究。经过 20 年的艰苦努力，我国沙棘良种选育取得了明显的进展，概括起来主要开展了如下四个方面的研究：

一是群体遗传改良。重点是进行了中国沙棘地理种源试验，基本搞清了中国沙棘的一些主要性状的地理变异模式，如果实大小、百果质量、产量等性状均是呈西南向东北走向的地理变异，即果实由大到小、由轻变重，产量由不稳定到稳定的变异趋势。果实主要生化成分的含量的地理变异模式也是这种倾斜式变异模式，果味由酸变甜，维生素 C 含量由高到低。果实成熟期由中西部地区种源的晚熟到华北地区种源的早熟。在营养生长方面，早期苗木生长量也呈地理变异，即中西部地区的种源生长量比华北地区种源大，但随着植株进入生殖生长期，差异随之缩小。试验还表明，西藏江孜沙棘、新疆中亚沙棘引种到内地，大部分表现不适应而逐渐死亡。中国沙棘优良种源区主要在华北地区，如山西奇岚、右玉、河北蔚县、深鹿、内蒙古凉城、赤峰等。优良种源表现出果大、早熟、产量稳定等特点。如果要培育出高维生素 C 含量的沙棘新品种，则必须选择中西部的甘肃、宁夏种源。此外，随着沙棘地理种源试验的开展，全国各省（区）分别结合资源调查，进行了自然类型的调查和划分，如甘肃省根据果实大小、颜色把中国沙棘划分为 13 个类型，山西省根据果实大小分微果、小果、中果、大果、

特大果 5 个等级，并选出了 10 个优良类型。还有辽宁、青海、新疆、内蒙古和陕西等省（区）也做了同样的工作，其目的是想从大群体中选出小群体（类型）用于生产。中国林业科学研究院林业研究所的科研人员在沙棘种源试验的基础上，在优良种源区对优良小群体（林分）进行了进一步的研究和选择，建立了一批采种母树林。所有的这些研究工作都是沙棘遗传育种工作的完善和补充。

二是个体遗传改良。1987 年，由中国林业科学研究院林业研究所主持组织了全国沙棘选优协作组，连续进行了 3 年选优工作，共选出优树 227 株。1992 年，集中在优良小群体内进行选优，选出 91 株，总计 368 株。对雌株的选优标准主要根据果实直径、百粒鲜果质量、结实量等经济性状，结合果柄长度、棘刺数以及生长性状和适应性等进行综合评价，目测比较，选其最优者。雄株的选择主要考虑树体健壮、树冠匀称、枝条饱满、花芽多而发育充实。所选优良单株均作为种质资源，在种质资源库保存。在选优的同时，采集其自由授粉的种子播种育苗，建立子代测定林，进行子代测定，以淘汰误选单株。通过对子代测定林的留优去劣，就可以成为子一代实生种子园，兼作杂交育种场和采穗圃用，所以又可以把其称之为多功能育种园。我国第一代生态经济型沙棘新品种多数是从优树子代中选出，部分从俄罗斯和蒙古国引进品种的子代实生苗中选出，如表 1.3 所示。

表 1.3 中国选育的优良品种主要经济性状

品种	亲本	亲本产地	类型	果柄长 /mm	果实纵径 /mm	果实横径 /mm	百果质量 /g	选育地点
橘黄大果	中国沙棘	河北涿鹿	大果	3.0	7.4	8.6	30	内蒙古磴口
橘黄丰产	中国沙棘	河北涿鹿	丰产	2.0	6.0	7.1	24	内蒙古磴口
红霞	中国沙棘	河北涿鹿	丰产	2.1	6.0	6.7	28	内蒙古磴口
辽阜 1 号	蒙古沙棘	俄罗斯	丰产	3.5	12.0	9.0	42	辽宁阜新
辽阜 2 号	蒙古沙棘	俄罗斯	丰产	3.5	11.0	8.5	55~60	辽宁阜新
乌兰蒙沙	中亚沙棘	新疆	观赏	3.5	7.5	7.2	32	内蒙古磴口
森森	中国沙棘	中国	丰产	2.0	7.0	7.5	28	内蒙古磴口
乌兰沙林	蒙古沙棘	蒙古国	大果	5.0	13.0	9.0	50~68	内蒙古磴口

三是引进国外优良品种资源。重点是从俄罗斯和蒙古引进大果新品种。1987 年，林业部组团赴原苏联考察沙棘，首次引进原苏联沙棘品种的种子。1989 年中国林业科学研究院赴蒙古考察沙棘，引进“乌兰格木”等 3 个栽培品种。我国第一代无刺、大果、丰产良种品系多出自这两批材料。1990 年后，中国林业科学研究院林业研究所、东北农业大学、黑龙江省绥陵浆果研究所、齐齐哈尔园艺研究所相继从俄罗斯引进新品种，并从子代实生苗中选出了一批优良单株。但是，由于缺乏品种适应性区域化试验，良种推广速度受到很大限制。鉴于此，1998 年国家林业局科技司正式把大果沙棘新品种引进和区域化试验列为农业 948 引进项目。关于俄罗斯大果沙棘品种的适应性，从 1998 年开始，我们在北方 6

个省进行区域化试验，连续 10 年对大果沙棘品种的生态适应性进行了详细观测研究，区试结果表明，从北纬 50°左右地区引进的良种在我国北纬 40°以南地区栽培相当困难，需要进行驯化和与中国沙棘进行杂交，选育适应性强的品种。大果沙棘在我国的适应性范围如图 1.1 所示。



图 1.1 大果沙棘生态气候适应性区划示意图

四是开展生态经济型杂种选育。俄罗斯大果沙棘品种果大，无刺，经济价值高，但耐旱和耐热性比较低，在我国中西部地区特别是北纬 40°以南地区适应性比较差；中国沙棘耐旱、耐热和耐瘠薄能力比较强，适应性比较广，但刺多、果小、产量低，难以调动群众种植的积极性。如何把二者的优良特性结合，选育出生长迅速，适应能力强，无刺或少刺，果大，产量比较高的生态经济型品种是我国目前沙棘遗传改良中的最主要目标。基于这一技术路线，从 1998 年开始，中国林业科学研究院林业研究所沙棘育种课题组在国家林业局 948 创新项目的支持下，融合俄罗斯大果沙棘的特性和中国沙棘抗逆性强的特点，经过近十余年的杂交试验，选育出一批生态经济型优良杂种，其特点是不仅抗逆性比较强，而且丰产性非常优越，更加适应西北干旱和半干旱区的栽培。本书报告内容主要是生态经济型良种的选育成果，育种目标完全不同于俄罗斯和欧洲仅重视果实选育的育种目标，为我国北方干旱和半干旱地区沙棘的栽培奠定了坚实的基础。

2 实验设计和方法

2.1 杂交材料的选择

中国沙棘抗逆性非常强（耐旱、耐高温、耐瘠薄），但果小刺多，经济效益比较低，而俄罗斯和蒙古选育出的沙棘优良品种果大无刺，经济效益比较高，抗寒性强，但耐旱、耐高温、耐瘠薄性比较弱。基于以上品种的特点，为选育适应我国“三北”地区的生态经济型品种，杂交材料选择我国最早从俄罗斯引进的丘依斯克和从蒙古引进的乌兰格木 2 个品种实生苗子代中选出的优良单株为母本。丘依斯克是俄罗斯西伯利亚里萨文科园艺科学研究所通过杂交途径育成的，已在原苏联的阿尔泰边区、克拉斯诺亚尔斯克边区、新西伯利亚州、伊尔库茨克州和库尔干州等 15 个州进行了推广。树高 2.5m，树冠呈叉开式，圆形，枝条稀疏，植株长势较弱，棘刺较少。定植 3~4 年进入结果期，果实早熟，成熟期为 8 月上半旬，产量高无大小年之分，采收不破浆。果实呈柱椭圆形，橙色，粒大，平均单果质量 0.9 g，6~7 年进入盛果期后，单株产量可达 14.6~23.0kg，盛果期 8~10 年。果味酸甜可口，用途广泛。果实含糖 64g/kg，含油 62 g/kg，维生素 C 1.34g/kg，胡萝卜素 37mg/kg。本品种耐严寒，在大田条件下抗病虫害。乌兰格木是蒙古国选育出的无刺或少刺、大果、丰产型品种。树体呈灌丛型，树高可达 1.5~2m，皮棕褐色，单叶互生，线状披针形，长 4~5cm，宽 0.9~1.1cm，叶面暗绿色，叶柄短。果橘黄色，卵圆形，顶部有红晕。果柄长 4mm，百粒鲜果质量可达 60g。父本是从中国沙棘优良种源丰宁种源中选出的优良单株。

2.2 杂交试验

沙棘为风媒传粉植物。为充分利用这一特点，沙棘育种课题组于 1993 年、1994 年和 1995 年在中国林业科学研究院沙漠林业实验中心营造了约 2hm² 中国沙棘优良种源试验林，在试验林的中心部位定植了从丘依斯克和乌兰格木 2 个品种实生苗子代中选出的优良单株（母本）20 余株，苗龄为 2 年。试验林周围 10km 范围无其他沙棘林。1993 年定植的优良单株在 1995 年开始结果，共选取了 5 个结实量比较大的单株进行果实采收，其中丘依斯克有 3 个单株，编号为 C1、C2、C3，乌兰格木有 2 个单株，编号为 C13、C16。获得的杂种于 1996 年

春分别播种，1997 年定植。定植株行距为 $1\text{m} \times 3\text{m}$ ，采用完全随机区组设计，单行小区，小区株数为 10 株，重复次数为 3 次，周围设两行保护行。1994 年定植的优良单株 1996 年开始结果，共选取了 6 个结实量比较大的单株进行果实采收，其中丘依斯克有 3 个单株，编号为 C1、C2、C4，乌兰格木有 3 个单株，编号为 C6、C10、C16，获得的杂种于 1997 年春分别播种，1998 年定植。定植株行距为 $1\text{m} \times 3\text{m}$ 。其中 C10 共定植 76 株，C6 共定植 37 株，C1、C2、C4 和 C16 分别定植 15 株。试验林周围设两行保护行。1995 年定植的优良单株 1997 年开始结果，共选取了 1 个乌兰格木结实量比较大的单株进行果实采收，编号为 S，获得的杂种于 1998 年春进行播种，1999 年定植，定植株行距为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，共定植 15hm^2 2000 余株，并配置了优良雄株品种阿列依，试验林周围设两行保护行。

2.3 指标测定

生长指标测定时间为 2003 年 8 月和 2004 年 8 月，主要测定株高、地径、冠幅。叶片测定长度、宽度，每个杂种随机抽取 30 个叶片，计算平均值。叶片数统计了 10cm 枝条的平均数量。棘刺数随机抽取 10 个 2 年生枝条，计算平均值。产量为 2001~2003 年连续 3 年的单株产量的平均值。果实为每个杂种随机抽取 3 个百果质量 (g)，计算平均值。果实形态指标主要测定纵径 (mm)、横径 (mm) 和果柄长 (mm)，具体为每个杂种随机抽取 100 粒果实，全部测定每一粒纵径、横径和果柄长，然后计算 100 粒果实质量的平均值。种子千粒质量取 3 个样本的平均值。种子形态指标的测定类似果实，随机抽取 100 粒种子，全部测定每一粒的长度、宽度和厚度，然后计算 100 粒种子的平均值。

维生素 C 采用 HPLC 法进行测定。色谱条件柱： μ -Bondapak C_{18} ($0.4\text{cm} \times 30\text{cm}$)。流动相： $0.1\% \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 。流速： $1.0\text{mL}/\text{min}$ 。检测器： $\text{UV}254\text{nm} \times 0.1 \text{AUFS}$ 。维生素 E 采用 HPLC 法进行测定。色谱条件柱： μ -Bondapak C_{18} ($0.4\text{cm} \times 30\text{cm}$)。流动相： $98\% \text{CH}_3\text{OH}-2\% \text{H}_2\text{O}$ 。流速： $1.5\text{mL}/\text{min}$ 。检测器： $\text{UV}280\text{nm} \times 0.1 \text{AUFS}$ 。黄酮也采用 HPLC 法进行测定。流动相：甲醇：水：磷酸 = 55：45：0.3 (V/V/V)。检测波长：368nm。流速： $0.8\text{mL}/\text{min}$ 。进样量： $20\mu\text{m}$ 。脂肪酸采用 HPLC 法进行测定。 N_2 ： $40\text{mL}/\text{min}$ 。INJ： 260°C 。COL： 200°C 。玻璃填充柱： $10\% \text{DEGS}$ 。果实维生素 C、维生素 E 和黄酮含量测定结果如图 2.1 至图 2.3 所示。

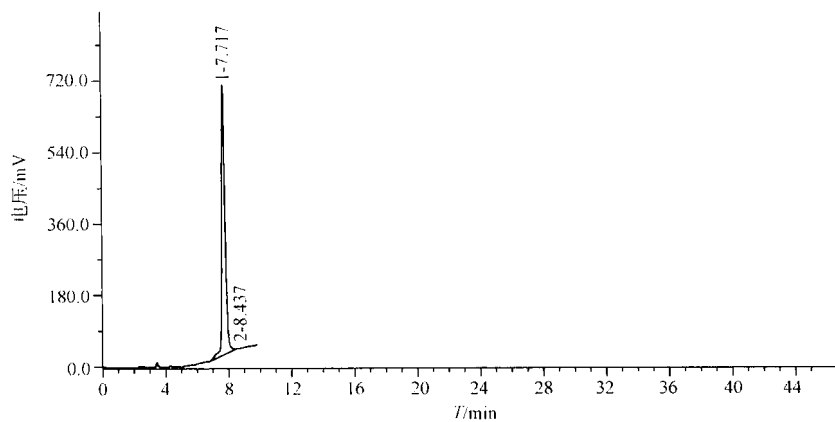


图 2.1 沙棘果实维生素 C 含量测定图

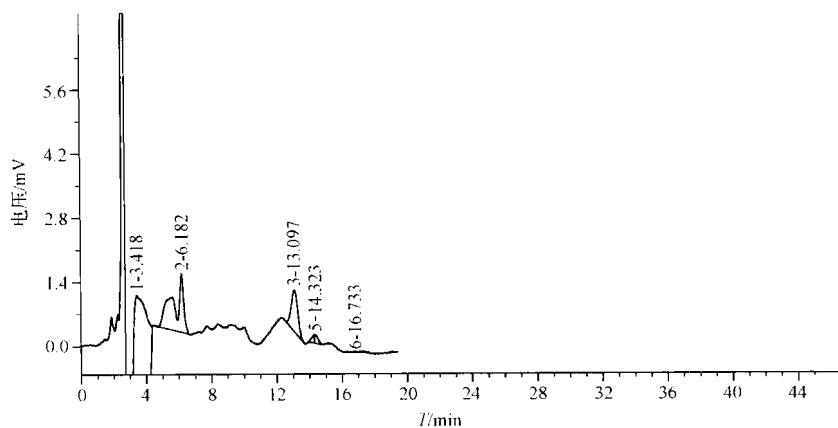


图 2.2 沙棘果实维生素 E 含量测定图

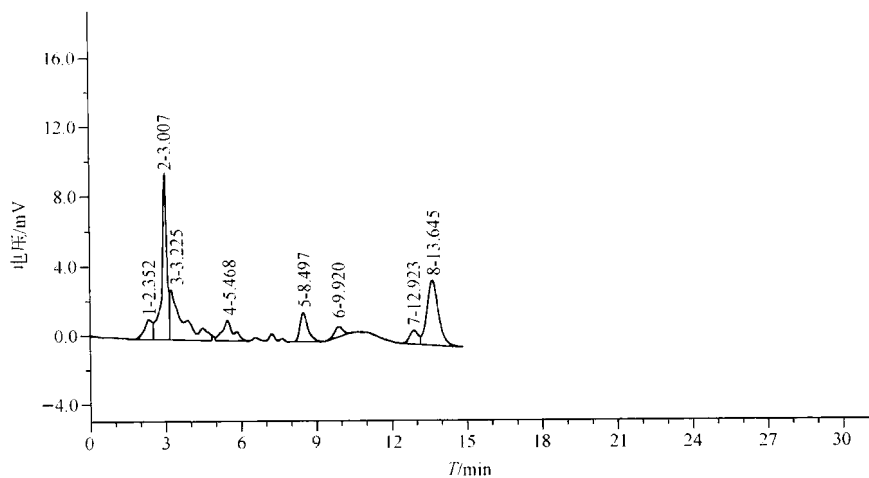


图 2.3 沙棘果实黄酮含量测定图

3 杂种子代分离情况

杂交子代的分离是优良杂种选育的前提。杂种子代分离越显著，选育出优良杂种的可能性就越大。本章主要是针对乌兰格木(母本)与中国沙棘(父本)的杂种 F1 代，重点从生长指标、果实特性和抗沙棘食蝇 (*Rhagoletis batava obseuriosa* Kol.) 的角度对杂种 F1 代的分离情况进行分析和评价，并对 F1 代生长指标的相互关系进行统计分析，最后依据杂种分离特点，提出了优良杂种选育的标准。

3.1 杂种 F1 代分离情况

以 1998 年定植的 6 个家系 130 株试验林对杂种后代分离情况进行统计分析。表 3.1 为乌兰格木 (C10, 母本) 与中国沙棘 (父本) 的杂种 F1 代 69 个单株 7 年生生长指标值。从表 3.1 可以看出，69 个单株株高为 220~598cm，地径为 3.58~12.0cm，冠幅 EW 为 146~468cm，SN 为 106~482cm，主梢为 14~58cm，新梢为 14~40cm。

表 3.1 C10 与中国沙棘杂种 F1 代单株生长指标测定值

F1 代编号	株高 /cm	地径 /cm	冠幅/cm		主梢长 /cm	新梢长 /cm	2 年枝棘刺数 /个
			EW	SN			
C10-1-1	346	5.56	170	182	20	14	3
C10-1-2	335	7.77	346	248	38	27	3
C10-1-3	346	3.58	146	172	46	32	5
C10-1-4	415	8.91	378	300	33	26	2
C10-1-5	278	4.80	195	186	23	15	3
C10-1-7	370	6.58	236	388	45	28	2
C10-1-8	420	7.45	286	389	32	23	4
C10-1-9	416	9.00	278	382	38	24	2
C10-2-1	396	8.25	330	338	30	25	3
C10-2-2	410	9.40	326	376	46	34	3
C10-2-3	460	9.19	238	265	38	27	4
C10-2-5	450	8.42	336	376	32	24	3
C10-2-6	278	5.60	155	206	28	20	1
C10-2-7	442	7.55	286	280	26	21	2
C10-2-8	430	8.78	290	292	52	32	4
C10-2-9	387	7.96	230	240	46	27	3
C10-3-9	392	7.43	268	318	20	18	4
C10-3-8	598	4.77	332	396	32	26	2
C10-3-6	485	9.98	425	382	22	18	3
C10-3-5	276	7.87	248	348	46	38	4

续表

F1 代编号	株高 /cm	地径 /cm	冠幅/cm		主梢长 /cm	新梢长 /cm	2 年枝棘刺数 /个
			EW	SN			
C10-3-4	462	9.68	316	346	45	39	4
C10-3-3	460	8.42	260	279	39	30	2
C10-3-2	452	8.70	318	379	34	29	2
C10-3-1	415	9.64	328	376	32	28	3
C10-4-1	376	8.91	318	284	36	28	3
C10-4-3	435	8.75	318	408	35	23	3
C10-4-4	404	7.03	226	238	32	26	2
C10-4-6	348	7.38	310	298	25	22	2
C10-4-7	466	9.17	306	418	38	32	3
C10-4-8	468	5.56	252	346	32	26	2
C10-4-9	546	12.00	468	482	56	38	1
C10-5-9	422	9.41	272	375	30	27	4
C10-5-8	486	10.04	298	366	25	22	5
C10-5-7	476	8.48	376	362	58	33	3
C10-5-5	415	9.82	318	389	46	28	2
C10-5-4	382	6.55	186	285	29	21	3
C10-5-3	442	8.26	198	384	28	18	2
C10-5-2	390	9.90	356	386	33	31	4
C10-5-1	345	5.64	172	106	52	32	3
C10-6-1	496	8.01	266	298	20	16	5
C10-6-2	402	6.84	314	355	22	20	2
C10-6-3	246	4.67	162	188	25	19	3
C10-6-5	338	9.44	308	352	33	28	3
C10-6-6	485	9.29	306	378	23	18	4
C10-6-7	480	7.19	246	306	20	14	3
C10-6-8	458	8.49	296	345	32	28	4
C10-6-9	368	7.69	302	316	42	31	3
C10-7-9	340	6.10	272	266	38	24	2
C10-7-8	320	6.18	206	198	20	16	4
C10-7-7	482	10.80	368	358	33	24	3
C10-7-6	355	5.55	240	302	22	16	2
C10-7-4	366	9.35	276	316	38	31	4
C10-7-2	330	7.42	235	310	34	280	3
C10-7-1	450	9.47	282	296	32	26	3
C10-8-1	220	6.14	286	258	30	22	4
C10-8-2	352	5.59	256	279	26	20	3
C10-8-3	370	8.21	286	352	32	26	2
C10-8-4	325	5.10	186	236	54	32	3
C10-8-5	412	8.84	298	248	26	20	4
C10-8-6	422	9.11	309	263	26	16	3
C10-8-7	316	5.02	242	278	18	14	1
C10-8-8	575	11.51	382	436	22	16	2
C10-9-9	230	3.69	168	168	27	21	2
C10-9-7	510	11.22	405	332	38	30	4
C10-9-5	372	8.42	312	306	36	29	3
C10-9-3	322	5.68	198	192	14	10	2
C10-9-2	412	11.39	328	378	56	40	3
C10-9-1	436	10.91	402	362	38	31	2