

乌兰格木与中国沙棘杂交新品种选育与评价

段爱国¹, 张建国¹, 罗红梅², 李健雄²

(¹ 中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

² 中国林业科学研究院磴口沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200)

摘要:以引进的蒙古大果沙棘乌兰格木为母本, 中国沙棘为父本, 于1995年开展了杂交选育研究, 共选育出45个优良单株。入选的优良杂种单株大部分的树高、地径、冠幅均显著高于母本乌兰格木, 但低于父本中国沙棘。杂种2年生枝棘刺数为0~6个, 介于父母本之间。优良杂种单株果实百果质量为20.10~63.17g, 其中8个单株出现超亲现象, 其余均明显小于母本, 但较中国沙棘提高0~206.75%。综合评价结果表明, 所选优良杂种单株生态适应性、经济价值分别明显高于母本引进品种、父本中国沙棘, 生态经济价值十分优良。

关键词:沙棘; 蒙古沙棘; 中国沙棘; 杂交育种; 生态经济型

Hybrids Breeding and Evaluation of *H. rhamnoides* subsp. *mongolica* × *H. rhamnoides* subsp. *sinensis* for Multipurpose Use

DUAN Ai-guo¹, ZHANG Jian-guo¹, LUO Hong-mei², LI Jian-xiong²

(¹ Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration; Research Institute of Forestry,

Beijing 100091; ² Experimental Center of Desert Forestry, Inner Mongolia, Dengkou 015200)

Abstract: In order to improve seabuckthorn for both fruit production and rise in soil erosion control, Chinese Seabuckthorn (*H. rhamnoides* subsp. *sinensis*) as male parent was crossed with Mongolian Seabuckthorn (*H. rhamnoides* subsp. *mongolica*) as female parent. The Mongolian cultivar has large fruits and few or nearly no thorn. Crossbreeding trial was started in 1995. Forty-five hybrid individual trees were selected in 1997. Experimental results indicated that the selected 45 hybrids were most significantly larger than the female parents in height, ground diameter and crown width, but most smaller than the male parents. The number of thorns in 2-year-old branches of the hybrids was 0–6, falling between the numbers of thorns in male and female parents. The 100-berryweight of hybrids was 20.10–63.17g, except for eight individuals which showed exceeding parent fact, most significantly smaller than that of the female parents, but 0–206.75% larger than that of the Chinese cultivars. Compared with their parents, The results showed that the hybrids were intermediate in most characters. It also indicated significant correlation of 100-berryweight with berry length, width and length of fruit stem. 1000-seed weight was significantly correlated with length and width, and great significantly with thickness. Comprehensive evaluation results showed that the ecological adaptability and economic value of the selected hybrid individual trees were obviously higher than female parent and male parent respectively, and the ecological and economic value of the selected hybrids was excellent.

Key words: Seabuckthorn; Mongolian seabuckthorn; Chinese seabuckthorn; Crossbreeding; Selection; Eco-economic type

收稿日期: 2011-10-11 修回日期: 2011-12-07

基金项目: 中国林业科学研究院林业研究所重点项目 (ZD200904); 科技部农业科技成果转化资金项目 (2009GB24320470)

作者简介: 段爱国, 博士, 副研究员。研究方向: 林木遗传改良与定向培育、生理生态。E-mail: duanag@forestry.ac.cn

通信作者: 张建国, 博士, 研究员。研究方向: 森林培育、沙棘遗传改良、分子生态。E-mail: zhangjg@forestry.ac.cn

沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)属胡颓子科沙棘属植物,是一个具有重大生态价值和经济潜力的灌木树种,在我国北方干旱和半干旱地区极具栽培价值,是营造防风固沙和水土保持林的先锋树种^[1-3]。沙棘广泛的适应性及用途的多样性决定了沙棘育种工作必然要为多种目标服务^[4],培育生态与经济效益兼顾的良种必然会受到栽培区广大人民的欢迎与重视。但并非每个具体的栽植材料都能生态效益与经济效益“双优”。中国沙棘由于是我国乡土树种,适应性强^[5-6],在我国分布疆域辽阔,但具有刺多、果小、产量低等缺点,需要进行有效的遗传改良;高纬度俄罗斯和蒙古的沙棘选育主要基于沙棘的经济价值,引种至我国后在经济性状上具有其独特的优势^[7-10],但在我国40°N以南区域生长不良。如何将中国沙棘的生态适应幅度宽及引进品种的优良经济性状最佳地进行融合,从而创造出生态适应幅度宽于引进品种,而主要经济性状远优于中国沙棘的生态经济型新品种,是我国沙棘遗传改良的重要方向及沙棘资源培育的现实需求^[11-12]。

乌兰格木是蒙古主栽沙棘品种,属蒙古沙棘亚种(*H. rhamnoides* subsp. *mongolica*),由中国林科院林业所于1989年从蒙古引进,该品种无刺或少刺,果大,产量高。区域化试验结果表明,乌兰格木在我国高纬度区域极具栽培价值^[7,13-14]。为充分融合利用乌兰格木优良基因资源,于20世纪90年代中期,在引种地内蒙古磴口县开展了以乌兰格木为母本、中国沙棘(*H. rhamnoides* subsp. *sinensis*)为父本的杂交选育工作,以期筛选出适应性强、经济价值高的优良沙棘新品种。

1 材料与方法

1.1 杂交材料与试验设计

杂交母本材料为乌兰格木实生苗子代中选出的优良单株^[15],父本为中国沙棘种源试验中选出的优良种源丰宁的优良单株,丰宁具有生长量大、早熟、产量稳定等优良特性。为充分利用沙棘风媒传粉的特点,于1995年在中国林业科学研究院沙漠林业实验中心约2hm²的中国沙棘优良种源试验林的中心部位,定植了从乌兰格木实生苗子代中选出的苗龄为2年的优良单株(母本)20余株。试验林周围10km范围内无其他沙棘林。定植的优良单株于1997年开始结果,选取了1个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

播种,1999年定植。定植株行距为2m×2m。共定植1hm²2000余株。试验林周围设2行保护行。

1.2 指标测定

生长指标测定时间为2003年8月与2004年8月,主要测定株高、地径、冠幅(东西、南北两个方向平均值)及单株产量。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。果实为每个杂种随机抽取3个百果重(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。

1.3 综合评价方法

1.3.1 生态功能和适应能力的评价方法 主要考虑在干旱和半干旱地区的生长特性,选择的主要评价指标有株高、冠幅、地径3个指标。在进行综合评价时,为便于不同量纲指标的组合分析,并结合指标的实际分布范围,构造了如下隶属函数:

株高:

$$\mu_1(x_1) = \begin{cases} \text{株高}/500 & x_1 < 500\text{cm} \\ 1 & x_1 \geq 500\text{cm} \end{cases}$$

地径:

$$\mu_2(x_2) = \begin{cases} \text{地径}/12 & x_2 < 12\text{cm} \\ 1 & x_2 \geq 12\text{cm} \end{cases}$$

冠幅:

$$\mu_3(x_3) = \begin{cases} \text{冠径}/500 & x_3 < 500\text{cm} \\ 1 & x_3 \geq 500\text{cm} \end{cases}$$

适应性综合指数: $E_1 = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3$

1.3.2 经济评价 主要采用百果质量、产量、刺数等指标综合评价。

百果质量:

$$\mu_1(x_1) = \begin{cases} \text{百果质量}/60 & x_1 < 60\text{g} \\ 1 & x_1 \geq 60\text{g} \end{cases}$$

单株产量:

$$\mu_2(x_2) = \begin{cases} \text{单株产量}/10\text{kg} & x_2 < 10\text{kg} \\ 1 & x_2 \geq 10\text{kg} \end{cases}$$

2年生棘刺数:

$$\mu_3(x_3) = \begin{cases} (15 - \text{棘刺数})/15 & x_3 < 15 \text{ 个} \\ 0 & x_3 \geq 15 \text{ 个} \end{cases}$$

经济价值综合指数: $E_2 = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3$

1.3.3 生态经济型品种综合评价 生态经济综合指数: $E = (E_1 + E_2)/2$ 。

2 结果与分析

2.1 优良杂种选优

依据生态经济型沙棘无性系选育标准^[9],即杂种子代优株生长指标较果沙棘品种高 20% 以上,棘刺数比中国沙棘低 50% 以上,单株产量 2kg 以上,百果质量或种子千粒质量比中国沙棘高 10% 以上,在定植的 2000 余株试验林中共选育出优良杂种单株 45 株,入选率约为 2%。

表 1 45 个优良杂种单株与父母本生长比较

Table 1 The growth comparison of forty – five good hybrids and their parents

杂种编号 No. of hybrids	株高 (cm) Height	地径 (cm) Diameter	冠幅 (cm) Crown	主梢长 (cm) Main branch	新梢长 (cm) New branch	株产 (kg) Yields	2 年枝棘刺数 Thorns of two-year branch	叶片 Leaf	
								长 (cm) Length	宽 (cm) Width
S1	360	9.42	460	40	3	23.50	2	6.09	0.81
S2	555	11.65	485	60	18	28.80	1	5.41	0.95
S3	310	8.95	480	65	36	21.50	1	6.49	0.88
S4	150	4.86	155	16	16	1.00	0	6.82	0.81
S5	400	8.92	369	40	38	8.50	4	5.25	0.85
S6	554	11.00	305	55	36	17.30	3	5.88	0.77
S7	185	4.54	205	23	19	0.92	3	6.35	0.84
S8	310	9.90	295	32	18	17.70	2	6.04	0.74
S9	307	9.40	340	90	24	6.70	2	4.59	0.92
S10	310	12.00	410	90	26	14.20	1	5.76	0.98
S11	400	9.00	380	35	22	19.70	2	4.78	0.65
S12	380	7.34	250	138	26	6.80	3	6.43	0.89
S13	480	12.00	290	70	15	9.50	1	6.68	0.84
S14	490	7.10	285	35	22	2.40	6	5.39	0.79
S15	240	5.70	190	25	18	0.65	5	5.62	1.02
S16	340	7.20	180	60	25	6.00	3	6.91	0.91
S17	310	10.00	320	25	22	14.20	2	7.07	0.93
S18	330	9.30	210	27	23	3.80	2	5.86	0.90
S19	340	8.70	285	30	18	6.60	2	6.09	0.84
S20	340	8.70	285	30	25	9.30	2	5.40	0.83
S21	240	6.90	245	65	25	15.40	1	5.12	0.87
S22	310	8.60	310	28	27	15.70	3	5.90	0.90
S23	270	9.80	315	98	33	8.50	4	6.94	0.92
S24	420	10.80	300	30	25	7.90	3	6.49	0.81

2.2 优良杂种单株生长比较

表 1 为从 1999 年定植的杂种试验林中选出的 45 个优良单株与母本乌兰格木、中国沙棘(雌)生长数据比较,测定数据均是 7 年生生长指标。从表 1 可以看出,乌兰格木与中国沙棘杂交产生的 45 个优良单株株高在 150 ~ 555cm 之间,是中国沙棘的 30.80% ~ 112.94%,是其母本乌兰格木的 83.79% ~ 307.26%。相比较,株高高于中国沙棘的有 S2、S6、S14 和 S26,其余单株均低于父本沙棘。与母本乌兰格木相比较,仅有 S4 一个单株株高低于母本。大部分杂种株高显著高于母本、而低于父本,介于父母本之间,所以所选杂种单株的适应性,特别是耐干旱、耐瘠薄能力显著强于母本,而接近父本中国沙棘。

续表

杂种编号 No. of hybrids	株高 (cm) Height	地径 (cm) Diameter	冠幅 (cm) Crown	主梢长 (cm) Main branch	新梢长 (cm) New branch	株产 (kg) Yields	2 年枝棘刺数 Thorns of two-year branch	叶片 Leaf	
								长 (cm) Length	宽 (cm) Width
S25	360	8.95	235	100	30	6.00	1	6.27	0.91
S26	520	16.00	525	90	20	13.50	2	5.73	0.82
S27	300	6.50	190	32	26	16.70	3	5.40	0.88
S28	310	8.76	350	96	30	13.80	3	4.64	0.77
S29	320	7.00	315	22	18	14.10	2	5.40	0.91
S30	290	9.00	350	15	11	16.50	1	4.37	0.70
S31	420	8.90	390	55	23	5.00	1	7.10	0.85
S32	285	11.20	340	43	28	23.50	1	5.91	0.81
S33	350	6.50	285	70	26	4.50	2	5.26	0.77
S34	200	3.80	155	30	25	2.70	3	7.59	0.94
S35	380	11.00	380	45	22	11.70	3	6.96	0.95
S36	380	9.10	335	50	27	9.80	1	6.33	0.97
S37	225	4.50	210	28	30	1.80	1	6.86	0.98
S38	280	9.30	365	55	24	18.10	3	5.49	0.83
S39	340	9.20	405	45	29	21.50	3	6.22	0.88
S40	320	9.12	435	45	30	19.80	1	6.92	0.89
S41	400	6.50	241	85	15	2.60	1	8.40	0.80
S42	350	5.20	206	40	27	5.50	3	5.60	0.90
S43	370	8.15	310	90	35	7.80	3	5.10	0.70
S44	310	9.40	330	60	17	7.80	1	6.10	0.60
S45	340	4.10	242	65	22	7.20	4	5.30	0.70
母本	179	4.70	164	32	14	6.60	1	8.09	1.02
父本	487	9.10	280	60	41	1.20	12	5.75	0.99

45 个杂种单株地径为 3.80 ~ 16.00cm, 父本中国沙棘为 9.10cm, 母本乌兰格木为 4.70cm。很明显, 地径的变化与株高不同, 相比较地径高于父本的杂种单株有 S1、S2、S6、S8、S9、S10、S13、S17、S18、S23、S24、S26、S32、S35、S38、S39、S40、S44, 其余单株均低于父本中国沙棘。S7、S34、S37 和 S45 这 4 个单株地径均小于母本, 其余单株均显著高于母本。

45 个乌兰格木与中国沙棘的杂种单株冠幅在 155 ~ 525cm 之间, 而母本乌兰格木为 164cm, 父本为 280cm, 除 S4、S34 外, 其他绝大部分的杂种冠幅要明显高于母本。S26、S2、S3 等 31 个杂种单株的冠幅高于父本中国沙棘, 其余单株的均低于中国沙棘。

从主梢长比较, 45 个杂种单株为 15 ~ 138cm,

杂种单株之间差异非常明显。需要指出的是由于主梢长度为 1 年的数据, 因此仅反映不同杂种在相同年份的生长差异。绝大多数杂种单株主梢长要高于母本乌兰格木, 与父本中国沙棘比较, 主梢长度高于父本的有 S3、S9、S10、S12、S13、S21、S23、S25、S26、S28、S33、S41、S43、S45, 表现出良好的生长势。

从新梢长比较, 除 S1 和 S30 低于母本乌兰格木外, 其余单株均高于母本。与父本中国沙棘比较, 45 个杂种单株新梢的年平均生长量均小于父本。

从棘刺数量比较, 45 个杂种单株 2 年生枝条棘刺数在 0 ~ 6 个之间, 显著小于父本中国沙棘 (12 个), 但与母本相同或高于母本 1 ~ 5 个棘刺。很明显, 从 2 年生棘刺数来看, 45 个杂种单株的选育是

非常有效的, 杂种单株棘刺数的下降有利于果实的采收。

从叶片长度和宽度比较, 杂种单株叶片长度为 4.37 ~ 8.40cm, 宽度为 0.60 ~ 1.02cm, 可见杂种单株叶片长度和宽度也有明显的差异。与双亲比较, 杂种的叶片长度和宽度与父本中国沙棘的差异要小于母本乌兰格木, 并且杂种叶片长度和宽度均小于母本, 显示出抗逆性要强于母本。

2.3 优良杂种无性系果实产量及特征比较

表 1 表明, 45 个杂种单株的产量为 0.65 ~ 28.80kg, 平均为 11.03kg, 很明显杂种单株产量之间的差异是非常显著的。与亲本比较, 杂种单株的

产量显著高于亲本, 是中国沙棘的 9.2 倍, 是乌兰格木的 1.67 倍。

表 2 表明, 除 S26 的百果质量 (14.40g) 小于 20g 外, 其余 44 个优良杂种单株的百果质量为 20.10 ~ 63.17g, 均高于中国沙棘 (20.05g), 比中国沙棘高 0 ~ 206.75%。与母本乌兰格木百果质量 (41.09g) 比较, 大于母本的杂种单株有 S3、S4、S7、S14、S17、S21、S41 和 S42, 表现为超亲现象, 小于母本的有 S1、S2、S5、S6、S8 ~ S13、S15、S16、S18 ~ S20、S22 ~ S40、S43 ~ S45。从以上的比较可以明显看出, 选出的优良杂种大多数单株百果质量介于父母本之间, 而且杂种单株之间的差异也非常明显。

表 2 45 个优良杂种单株果实特性指标

Table 2 The fruits characters of forty-five good hybrids and their parents

杂种编号 No. of hybrids	百果质量(g) 100 – berry weight	纵径 (mm) Length	横径 (mm) Width	果柄长(mm) Length of stalk	长宽比 Ratio of length to width	杂种编号 No. of hybrids	百果质量(g) 100 – berry weight	纵径 (mm) Length	横径 (mm) Width	果柄长(mm) Length of stalk	长宽比 Ratio of length to width
S1	38.68	8.32	8.75	3.79	0.95	S25	30.17	7.52	7.88	3.10	0.96
S2	34.15	10.52	7.54	3.72	1.40	S26	14.40	6.62	5.94	2.99	1.11
S3	46.05	9.97	8.83	3.46	1.13	S27	20.63	6.77	6.78	2.95	0.99
S4	63.17	11.72	9.88	4.57	1.19	S28	20.10	6.78	6.99	2.00	0.97
S5	23.72	8.36	7.21	3.98	1.16	S29	32.30	7.80	7.95	3.00	0.98
S6	22.57	7.76	7.18	4.51	1.08	S30	29.75	6.98	6.87	2.00	1.01
S7	48.23	10.55	8.86	4.23	1.19	S31	25.70	8.40	7.34	2.20	1.15
S8	38.15	9.13	8.09	3.52	1.13	S32	28.25	8.20	7.70	2.20	1.06
S9	34.28	7.94	8.12	3.64	0.98	S33	27.55	8.12	7.27	3.10	1.10
S10	40.45	8.80	8.69	4.48	1.02	S34	20.70	7.92	7.83	2.50	1.01
S11	33.97	8.66	8.05	4.04	1.08	S35	34.65	7.88	8.33	2.00	0.94
S12	40.35	8.50	8.59	3.32	0.99	S36	27.35	8.17	7.23	3.00	1.13
S13	31.83	8.24	7.87	3.49	1.05	S37	30.95	8.83	7.94	2.20	1.11
S14	42.22	8.21	8.58	3.31	0.96	S38	28.70	7.75	7.83	2.50	0.99
S15	38.55	8.60	8.77	3.51	0.98	S39	27.10	8.25	7.37	2.20	1.12
S16	30.98	8.18	7.87	3.45	1.04	S40	28.50	7.85	7.92	2.20	0.99
S17	53.63	9.97	9.22	3.90	1.09	S41	47.50	8.75	8.42	3.11	1.04
S18	29.88	9.01	7.51	4.40	1.20	S42	41.50	8.71	7.99	4.04	1.09
S19	36.77	8.34	8.28	3.71	1.01	S43	31.20	7.90	7.24	4.37	1.09
S20	35.27	9.14	7.92	2.96	1.16	S44	37.24	8.57	7.38	3.87	1.16
S21	41.33	9.21	8.58	3.29	1.07	S45	22.30	7.04	6.72	2.60	1.05
S22	28.28	7.87	7.59	3.58	1.04	父本	20.05	7.49	7.71	1.90	0.97
S23	30.52	8.76	8.14	3.40	1.08	母本	41.09	9.58	7.77	2.70	1.23
S24	27.33	7.02	7.35	4.06	0.96						

从果实的纵径比较看,优良杂种单株的果实纵径平均值为 6.62 ~ 11.72mm,大于母本乌兰格木(9.58mm)的有 S2 ~ S4、S7 和 S17;小于母本乌兰格木大于父本中国沙棘(7.49mm)的有 S1、S5、S6、S8 ~ S16、S18 ~ S23、S25、S29、S31 ~ S44;小于或接近父本的有 S24 ~ S28、S30 和 S45。很明显杂种单株果实纵径的差异是比较显著的。有 5 个杂种单株果实纵径超过了母本,显示出一定的杂种优势。

从果实的横径比较来看,优良杂种单株的果实横径平均值为 5.94 ~ 9.88mm。与父本中国沙棘(7.71mm)比较,横径小于父本的有 S2、S5、S6、S18、S22、S24、S26 ~ S28、S30 ~ S33、S36、S39、S43 ~ S45,其余单株高于父本。

表 2 表明,45 个杂种单株果实纵横比为 0.94 ~ 1.40,其中 S2 为 1.40,果实呈圆柱形,纵横比在

1.10 ~ 1.20 之间的有 S3 ~ S5、S7、S8、S18、S20、S26、S31、S33、S36、S37、S39 和 S44,果实呈卵圆形,近似母本乌兰格木,其余杂种单株为 1.09 ~ 0.94,果实呈圆形,近似中国沙棘。

从果柄长度看,45 个杂种果柄长度为 2.00 ~ 4.57mm,可见杂种间差异比较明显。与父本中国沙棘果比较,杂种果柄长均大于中国沙棘(1.90mm),而且有 34 个单株也显著高于母本乌兰格木(2.70mm)。杂种子代的果柄长度得到显著提高,这非常有利于果实的采收。

表 3 列出了所选优良杂种果实形态指标回归分析结果。可以看出,百果质量与纵径、横径和果柄长的相关性达到了极显著水平,但与长宽比即果实形态没达到显著水平;而纵径与横径、果柄长和长宽比均达到极显著相关水平。显然,通过果实纵径或横径大小可对杂种百果质量作出有效预估。

表 3 优良杂种果实形态之间的线性相关关系

Table 3 Linear regression between different form indices of fruits of different hybrids

<i>y</i>	<i>x</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>	显著水平 Level of significance
百果重	纵径	-27.4328	7.1727	0.6539	71.7800	0.0000
	横径	-58.8992	11.6003	0.8450	207.1338	0.0000
	果柄长	14.3958	5.6824	0.2010	10.1166	0.0029
	长宽比			0.0254	0.9912	0.3257
纵径	横径	-0.2774	1.0280	0.5222	41.5250	0.0000
	果柄长	6.2296	0.6702	0.2301	11.3583	0.0017
	长宽比	0.4667	7.4707	0.4304	28.6972	0.0000

$y = a + bx$

2.4 生态经济型杂种综合评价

表 4 列出了所选杂种无性系与父、母本生态适应性及经济评价结果。表 4 表明,从生态功能综合评价结果看,所选优良杂种单株 E_1 值在 0.3383 ~ 1.0000 之间,母本乌兰格木 E_1 值为 0.3592,父本中国沙棘 E_1 值为 0.7641,很明显 S4、S7 和 S34 这 3 个单株的 E_1 值接近母本,表明其抗逆性接近母本,生态功能比较弱,而其余杂种单株均明显高于母本,而接近或超过父本中国沙棘,均具有较强的抗逆性。

从经济价值的评价看,母本乌兰格木 E_2 值为 0.6425,父本中国沙棘的 E_2 值为 0.3349,优良杂种单株 E_2 值在 0.4581 ~ 0.9202 间,很明显优良杂种的经济价值均高于父本中国沙棘;与母本相比,S7、S14 ~ S16、S18、S31、S33、S34 和 S37 的 E_2 值低于母本,因此这 9 个单株的经济性能略低于母本,而其余

单株则均具有良好的经济价值。

生态适应性与经济价值的综合评价结果表明,所选优良杂种单株 E 值为 0.4069 ~ 0.9150 之间,引进品种乌兰格木 E 值为 0.5009,中国沙棘的 E 值为 0.5495,很明显优良杂种单株除 S4、S7、S15、S34 和 S37 等 5 个单株 E 值较低外,其余杂种单株均具有较大的生态经济价值,均优于中国沙棘和引进品种乌兰格木。

3 结果与讨论

中国沙棘亚种与蒙古沙棘亚种间杂交已被证明是通过杂交育种选育沙棘优良新品种的有效途径^[2,12]。本试验通过以属蒙古沙棘亚种的大果沙棘品种乌兰格木为母本,与中国沙棘优良种源的优良单株展开杂交,筛选出了 45 个优良杂种单株。选出的 45 个优良杂种单株大部分株高、地径显著高于母

表 4 优良杂种无性系综合评价

Table 4 The comprehensive evaluation for the selected hybrids

杂种编号	株高	地径	冠幅	E ₁	单株产量	2 年枝棘刺数	百果质量	E ₂	E
No. of hybrids	Height	Diameter	Crown		Yields	Thorns of two-year branch	100 – berry weight		
S1	0. 7200	0. 7850	0. 9200	0. 8083	1. 0000	0. 8667	0. 6447	0. 8371	0. 8227
S2	1. 0000	0. 9708	0. 9700	0. 9803	1. 0000	0. 9333	0. 5692	0. 8342	0. 9072
S3	0. 6200	0. 7458	0. 9600	0. 7753	1. 0000	0. 9333	0. 7675	0. 9003	0. 8378
S4	0. 3000	0. 4050	0. 3100	0. 3383	0. 1000	1. 0000	1. 0528	0. 7176	0. 5280
S5	0. 8000	0. 7433	0. 7370	0. 7601	0. 8500	0. 7333	0. 3953	0. 6596	0. 7098
S6	1. 0000	0. 9167	0. 6100	0. 8422	1. 0000	0. 8000	0. 3762	0. 7254	0. 7838
S7	0. 3700	0. 3783	0. 4100	0. 3861	0. 0920	0. 8000	0. 8038	0. 5653	0. 4757
S8	0. 6200	0. 8250	0. 5900	0. 6783	1. 0000	0. 8667	0. 6358	0. 8342	0. 7563
S9	0. 6140	0. 7833	0. 6800	0. 6924	0. 6700	0. 8667	0. 5713	0. 7027	0. 6976
S10	0. 6200	1. 0000	0. 8200	0. 8133	1. 0000	0. 9333	0. 6742	0. 8692	0. 8413
S11	0. 8000	0. 7500	0. 7600	0. 7700	1. 0000	0. 8667	0. 5662	0. 8109	0. 7905
S12	0. 7600	0. 6117	0. 5000	0. 6239	0. 6800	0. 8000	0. 6725	0. 7175	0. 6707
S13	0. 9600	1. 0000	0. 5800	0. 8467	0. 9500	0. 9333	0. 5305	0. 8046	0. 8256
S14	0. 9800	0. 5917	0. 5700	0. 7139	0. 2400	0. 6000	0. 7037	0. 5146	0. 6142
S15	0. 4800	0. 4750	0. 3800	0. 4450	0. 0650	0. 6667	0. 6425	0. 4581	0. 4515
S16	0. 6800	0. 6000	0. 3600	0. 5467	0. 6000	0. 8000	0. 5163	0. 6388	0. 5927
S17	0. 6200	0. 8333	0. 6400	0. 6978	1. 0000	0. 8667	0. 8938	0. 9202	0. 8090
S18	0. 6600	0. 7750	0. 4200	0. 6183	0. 3800	0. 8667	0. 4980	0. 5816	0. 5999
S19	0. 6800	0. 7250	0. 5700	0. 6583	0. 6600	0. 8667	0. 6128	0. 7132	0. 6858
S20	0. 6800	0. 7250	0. 5700	0. 6583	0. 9300	0. 8667	0. 5878	0. 7948	0. 7266
S21	0. 4800	0. 5750	0. 4900	0. 5150	1. 0000	0. 9333	0. 6888	0. 8741	0. 6945
S22	0. 6200	0. 7167	0. 6200	0. 6522	1. 0000	0. 8000	0. 4713	0. 7571	0. 7047
S23	0. 5400	0. 8167	0. 6300	0. 6622	0. 8500	0. 7333	0. 5087	0. 6973	0. 6798
S24	0. 8400	0. 9000	0. 6000	0. 7800	0. 7900	0. 8000	0. 4555	0. 6818	0. 7309
S25	0. 7200	0. 7458	0. 4700	0. 6453	0. 6000	0. 9333	0. 5028	0. 6787	0. 6620
S26	1. 0000	1. 000	1. 0000	1. 0000	1. 0000	0. 8667	0. 2400	0. 7022	0. 9150
S27	0. 6000	0. 5417	0. 3800	0. 5072	1. 0000	0. 8000	0. 3438	0. 7146	0. 6109
S28	0. 6200	0. 7300	0. 7000	0. 6833	1. 0000	0. 8000	0. 3350	0. 7117	0. 6975
S29	0. 6400	0. 5833	0. 6300	0. 6178	1. 0000	0. 8667	0. 5383	0. 8017	0. 7097
S30	0. 5800	0. 7500	0. 7000	0. 6767	1. 0000	0. 9333	0. 4958	0. 8097	0. 7432
S31	0. 8400	0. 7417	0. 7800	0. 7872	0. 5000	0. 9333	0. 4283	0. 6206	0. 7039
S32	0. 5700	0. 9333	0. 6800	0. 7278	1. 0000	0. 9333	0. 4708	0. 8014	0. 7646
S33	0. 7000	0. 5417	0. 5700	0. 6039	0. 4500	0. 8667	0. 4592	0. 5919	0. 5979
S34	0. 4000	0. 3167	0. 3100	0. 3422	0. 2700	0. 8000	0. 3450	0. 4717	0. 4069
S35	0. 7600	0. 9167	0. 7600	0. 8122	1. 0000	0. 8000	0. 5775	0. 7925	0. 8024
S36	0. 7600	0. 7583	0. 6700	0. 7294	0. 9800	0. 9333	0. 4558	0. 7897	0. 7596
S37	0. 4500	0. 3750	0. 4200	0. 4150	0. 1800	0. 9333	0. 5158	0. 5431	0. 4790
S38	0. 5600	0. 7750	0. 7300	0. 6883	1. 0000	0. 8000	0. 4783	0. 7594	0. 7239
S39	0. 6800	0. 7667	0. 8100	0. 7522	1. 0000	0. 8000	0. 4517	0. 7506	0. 7514
S40	0. 6400	0. 7600	0. 8700	0. 7567	1. 0000	0. 9333	0. 4750	0. 8028	0. 7797
母本	0. 3580	0. 3917	0. 3280	0. 3592	0. 6600	0. 9333	0. 3342	0. 6425	0. 5009
父本	0. 9740	0. 7583	0. 5600	0. 7641	0. 1200	0. 2000	0. 6848	0. 3349	0. 5495

本,而低于父本。优良杂种的生长表现与 1993 年开展的杂交试验结果相近^[14],表明所选杂种单株的生态适应性强于作为母本的引进大果沙棘品种。入选的 45 个优良单株棘刺数为 0~6 个,显著小于父本中国沙棘,相对接近于母本乌兰格木棘刺数,相比中国沙棘,采摘难度大大降低。优良杂种单株百果质量多数介于父母本之间,但有 8 个杂种单株百果质量高于母本乌兰格木,表现出超亲现象,且所选杂种单株的平均产量高达 11.03kg,显著高于亲本,很明显,杂种子代的选择是非常有效的。而从选育目标来看,所选优良杂种单株的生态与经济综合价值绝大部分高于双亲,表明中蒙沙棘亚种间的杂交具有明显的杂交优势。

乌兰格木是处于高纬度的蒙古国选育出的大果沙棘品种,引种试验表明该品种较适宜在我国东北,西北,华北高纬度区域栽种^[7],在内蒙古磴口县基于该品种实生后代选育出的大果沙棘新品种乌兰沙林亦表现出优异特性^[4]。本试验结果充分表明,通过杂交制种,融合亲本乌兰格木和中国沙棘各自优良特性选育出的优良杂种单株,具有良好的经济性状与生态适应基础,符合我国沙棘资源建设和综合利用的需要。

沙棘易于无性繁殖,如侧重于考虑其经济效益,45 个优良杂种单株均可无性繁殖利用,既可保证经济效益最大化,同时生态适应性亦优于母本乌兰格木;如侧重于考虑生态效益,且兼顾经济效益,可以

乌兰格木或其实生子代优良雌株为母本,以中国沙棘河北丰宁种源优良雄株为父本,利用杂种优势,建立杂交种子园,生产杂交种子。

参考文献

[1] Rousi A. The genus *Hippophae* L. A taxonomic study[J]. Ann Biotan Fennici,1971,8:177-227

[2] 黄铨,于倬德. 沙棘研究[M]. 北京:科学出版社,2006

[3] 廉永善,陈学林. 沙棘属植物的系统分类[J]. 沙棘,1996,9(1):15-24

[4] 张建国. 沙棘属植物育种研究[M]. 北京:中国林业出版社,2010

[5] 赵汉章,朱长进,徐永,等. 沙棘种源试验研究[J]. 林业科学研究,1992,5(1):14-20

[6] 黄铨,佟金权. 中国沙棘的表型结构与种群变异[J]. 林业科学研究,1993,6(2):175-181

[7] 张建国,段爱国,黄铨,等. 大果沙棘品种适应性及其综合评价[J]. 林业科学研究,2007,20(1):10-14

[8] 单金友,王春艳. 国外沙棘品种在绥陵地区的对比试验研究初报[J]. 沙棘,2002,15(3):13-15

[9] 吴永麟. 引进俄罗斯沙棘品种区域化试验研究[J]. 沙棘,2004,17(2):7-10

[10] 赵洁琼,段爱国,赵江,等. 大果沙棘果园化栽培技术[J]. 国际沙棘研究与开发,2011,(1):13-15

[11] 黄铨. 沙棘的杂种优势及其利用[J]. 国际沙棘研究与开发,2004,2(3):27-32

[12] 张建国,黄铨,罗红梅. 沙棘优良杂种选育研究[J]. 林业科学研究,2005,18(4):381-386

[13] 段爱国,张建国,罗红梅,等. 中国沙棘(♀)×蒙古沙棘(♂)杂种 F₁ 重要选种性状表型多样性与选优研究[J]. 林业科学研究,2012,25(1):30-35

[14] 段爱国,张建国,罗红梅,等. 以乌兰格木为母本的中蒙水棘杂种 F₁ 表型性状分离规律研究[J]. 国际沙棘研究与开发,2011(4):6,24-29

[15] 张建国. 沙棘生态经济型优良杂种选育研究[M]. 北京:科学出版社,2008