

中亚沙棘 × 中国沙棘杂交F₁代优株的基础生长发育指标对比分析

胡建忠^{1*}, 殷丽强², 王丹¹

¹水利部沙棘开发管理中心, 北京

²山合林(北京)水土保持技术有限公司, 北京

Email: bfuswc@163.com

收稿日期: 2021年8月11日; 录用日期: 2021年9月15日; 发布日期: 2021年9月26日

摘要

对于沙棘属植物中亚沙棘、中国沙棘两个亚种间的杂交F₁代实生苗, 大田定植后采用全面测定其树高、地径、冠幅、百果重、果实株产等基础生长发育指标的方法, 从51株中优选出生态、经济效益俱佳的10个F₁代双中杂雌沙棘优株, 其果实株产较蒙中杂雌沙棘高, 并经调查树体感染缩叶病的病枝比例, 优选出4个高抗病沙棘植株(病枝比例均为0), 其中2个高产、2个中产: “双中杂雌沙棘09号” “双中杂雌沙棘38号” 均为高产高抗病沙棘, 株产分别为27.67 kg、12.23 kg; “双中杂雌沙棘39号” 为中产多固形物高抗病沙棘(株产7.32 kg, 可溶性固形物含量17.9%), “双中杂雌沙棘01号” 为中产高抗病沙棘(株产2.80 kg)。这4个高抗病沙棘, 将为以后的生态经济型林分建设和有关沙棘亚种间杂交育种研究工作提供优质材料。

关键词

双中杂雌沙棘, F₁代优株, 生长, 发育, 病枝比例

Analysis of Main Basic Growth and Development Indexes of F₁ Hybrid Superior Plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis*

Jianzhong Hu^{1*}, Liqiang Yin², Dan Wang¹

¹China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing

²M&F (Beijing) Soil and Water Conservation Technique Company Ltd., Beijing

*第一作者。

文章引用: 胡建忠, 殷丽强, 王丹. 中亚沙棘 × 中国沙棘杂交 F₁ 代优株的基础生长发育指标对比分析[J]. 植物学研究, 2021, 10(5): 685-691. DOI: [10.12677/br.2021.105086](https://doi.org/10.12677/br.2021.105086)

Abstract

For the F₁ hybrid seedlings between the two subspecies of seabuckthorn, *H. rhamnoides* ssp. *turkestanica* and *H. r.* ssp. *sinensis*, after field planting, by comprehensively measuring the basic growth and development indexes such as tree height, ground diameter, crown width, 100 fruit weight and fruit yield per plant, 10 F₁ hybrid female superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis* with good ecological and economic benefits were selected from 51 plants, and the fruit yield per plant was higher than that of *Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica-sinensis*, and four highly resistant superior plants were selected (the proportion of diseased shoots was 0) after investigating the proportion of diseased shoots infected with leaf roll disease, two of them were high-yield and two were middle-class. “Shuangzhongzacishaji 09” and “Shuangzhongzacishaji 38” were high-yield and disease resistant ones, and the fruit yield per plant was 27.67 kg and 12.23 kg respectively. “Shuangzhongzacishaji 39” was a middle-class yield, polysolids, and high disease resistant one (fruit yield per plant 7.32 kg, soluble solid content 17.9%), and “Shuangzhongzacishaji 01” was a middle-class yield, high disease resistant one (fruit yield per plant 2.80 kg). Those four high disease resistant superior plants will provide high-quality material sources for the construction of ecological and economic forests and the research on inter-specific hybridization breeding of *Hippophae* in the future.

Keywords

Hippophae rhamnoides ssp. *turkestanica-sinensis*, Superior Plants of F₁ Generation, Growth, Development, Proportion of Diseased Shoots

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

杂交育种是沙棘遗传改良工作中最为有效的基本手段和主要方法。我国以蒙古沙棘(*Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica*)做母本、中国沙棘(*H. r.* ssp. *sinensis*)做父本的蒙中杂交沙棘, 已经取得了一些较好的优良无性系, 并通过了第三方组织的科技成果评价。事实上, 在开展蒙中杂交沙棘的同时, 以中亚沙棘(*H. r.* ssp. *turkestanica*)做母本、中国沙棘作父本杂交, 即“中亚沙棘 × 中国沙棘”杂交育种的探讨也同步在我国开展中。上世纪末, 由我国著名沙棘育种学家、中国林业科学研究院研究员黄铨先生牵头, 在内蒙古磴口通过杂交手段获得了 F₁ 代杂种并繁育实生苗。水利部沙棘开发管理中心用黄铨先生所赠的杂种 F₁ 代实生苗[1], 于 1999 年春季将其定植于内蒙古鄂尔多斯市东胜区九成宫基地, 开展了系列试验。本文正是对这些“中亚沙棘 × 中国沙棘”杂交雌株沙棘(简称“双中杂雌沙棘”)在生长发育方面主要指标的测定分析, 以期科学评价双中杂雌沙棘的地位, 开展有关后续研究, 创造出更好的生态经济功能来服务于“三北”地区的高质量发展。

2. 材料与方法

2.1. 测试材料

2014年秋季取样时,已经定植16年,双中杂交群体尚保留51株,选择其中生态、经济功能均表现较好的10个双中杂雌沙棘优株(编号:01号、04号、05号、08号、09号、15号、36号、38号、39号、50号)开展生长、发育的基础指标测定。

2.2. 测试方法

2.2.1. 形体生长指标

用钢卷尺测定杂种优株的树高和冠幅,用游标卡尺测定优株的地径。

2.2.2. 果叶重量指标

根据比色板记载果色;取样后用分析天平称重测定(鲜果)百果重、(鲜叶)百叶重,统计果密度(粒/10cm);采用收获法,用分析天平称重获得(鲜果)株产。文中凡涉及重量均为鲜重,不再注明。

2.2.3. 含籽率

沙棘鲜果实从-20℃冰箱取出,解冻,称取一定量沙棘鲜全果(约20g左右,精确至0.001g),记为 $M_{全}$,置于干净的培养皿中,剖开每个沙棘果,用镊子取出沙棘籽,剩余的沙棘果肉作为其他指标测试用原料,放于冰箱冷冻保存。将得到的沙棘籽用去离子水冲洗干净,置于烘箱中60度烘至表面无水存在,取出沙棘鲜籽称重,记为 $M_{籽}$,按以下公式计算含籽率(%):

$$\text{含籽率} = (M_{籽} \div M_{全}) \times 100\%$$

2.2.4. 果汁可溶性固形物

将适量沙棘鲜果从-20℃冰箱取出,解冻。解冻后的沙棘鲜果,投入不锈钢榨汁机中压榨取汁,果汁立即用中速滤纸常压过滤,弃去初滤液,收集中间滤液,用手持糖度计进行观测,读取视野中明暗交界线上的刻度,即为果汁中可溶性固形物含量(%)。重复以上操作3次,取平均值。

3. 结果与分析

3.1. 树高、地径、冠幅性状

双中杂雌沙棘优株平均树高达 334.6 ± 37.3 cm,较群体(51株)平均树高值 320.2 ± 44.4 cm大14.4 cm,最矮的226 cm,最高的418 cm;杂雌沙棘优株平均地径达 12.4 ± 2.1 cm,较群体(51株)平均地径值 12.1 ± 2.4 cm稍大0.3 cm,最细的9.5 cm,最粗的16.5 cm;杂雌沙棘优株平均冠幅达 282.2 ± 22.9 cm,较群体(51株)平均冠幅值 255.6 ± 36.9 cm大26.6 cm,最小的238 cm,最大的387 cm。10个优株中,以“双中杂雌沙棘09号”“双中杂雌沙棘15号”的3个指标相对生长值更大一些。详见表1。

Table 1. Comparison of height, diameter and crown width of superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis*
表 1. 双中杂交沙棘优株的高径幅性状对比

| 优株编号 | 树高(cm) | 地径(cm) | 冠幅(cm) |
|-------------|--------|--------|--------|
| 双中杂雌沙棘 01 号 | 226 | 9.5 | 238 |
| 双中杂雌沙棘 04 号 | 330 | 13.6 | 265 |
| 双中杂雌沙棘 05 号 | 300 | 10.2 | 288 |
| 双中杂雌沙棘 08 号 | 305 | 9.9 | 275 |

Continued

| | | | |
|-------------|--------------|------------|--------------|
| 双中杂雌沙棘 09 号 | 405 | 16.5 | 387 |
| 双中杂雌沙棘 15 号 | 418 | 13.8 | 257 |
| 双中杂雌沙棘 36 号 | 342 | 14.2 | 282 |
| 双中杂雌沙棘 38 号 | 360 | 10.2 | 263 |
| 双中杂雌沙棘 39 号 | 330 | 11.5 | 286 |
| 双中杂雌沙棘 50 号 | 330 | 14.4 | 281 |
| 优株平均 | 334.6 ± 37.3 | 12.4 ± 2.1 | 282.2 ± 22.9 |
| 群体平均 | 320.2 ± 44.4 | 12.1 ± 2.4 | 255.6 ± 36.9 |

3.2. 果实基本性状

双中杂雌沙棘优株果色有黄色、橘红色、红色 3 种, 果形系数平均值为 0.90 ± 0.05 , 属扁球体, 较群体(51 株)平均值 0.92 ± 0.05 略小(0.02); 百果重平均值达 15.40 ± 3.28 g, 较群体(51 株)平均值 13.21 ± 2.7 g 大 2.19 g; 果密度平均值达 77.61 ± 19.01 粒/10cm, 较群体(51 株)平均值 65.47 ± 20.51 粒/10cm 大 12.14 粒/10cm; 果实株产平均值达 10.85 ± 4.62 kg, 较群体(51 株)平均值 6.47 ± 3.06 kg 大 4.38 粒/10cm。虽然有百果重、果密度等指标也比较重要, 但果实株产是表中其他各指标的最后体现, 因此至为重要。10 个优株中, 以“双中杂雌沙棘 09 号”的果实株产最高, 明显高于其他 9 个优株。株产大于 10 kg 的“双中杂雌沙棘 09 号”“双中杂雌沙棘 50 号”“双中杂雌沙棘 15 号”“双中杂雌沙棘 38 号”4 个优株果实全为黄色。详见表 2。

Table 2. Comparison of basic fresh fruit characters of superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis*
表 2. 双中杂雌沙棘优株果实基本性状对比

| 优株编号 | 果色 | 果形系数 | 百果重(g) | 果密度(粒/10cm) | 果实株产(kg) |
|-------------|-----|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| 双中杂雌沙棘 01 号 | 橘红色 | 0.96 | 14.02 | 40.5 | 2.80 |
| 双中杂雌沙棘 04 号 | 黄色 | 0.96 | 13.76 | 61.5 | 6.46 |
| 双中杂雌沙棘 05 号 | 黄色 | 0.93 | 11.98 | 72.8 | 7.02 |
| 双中杂雌沙棘 08 号 | 橘红色 | 0.92 | 18.26 | 67.4 | 9.36 |
| 双中杂雌沙棘 09 号 | 黄色 | 0.95 | 19.20 | 83.3 | 27.67 |
| 双中杂雌沙棘 15 号 | 黄色 | 0.89 | 12.14 | 116.0 | 12.32 |
| 双中杂雌沙棘 36 号 | 红色 | 0.90 | 15.70 | 66.4 | 9.01 |
| 双中杂雌沙棘 38 号 | 黄色 | 0.79 | 24.50 | 62.0 | 12.23 |
| 双中杂雌沙棘 39 号 | 红色 | 0.95 | 8.70 | 97.9 | 7.32 |
| 双中杂雌沙棘 50 号 | 黄色 | 0.76 | 15.74 | 108.3 | 14.28 |
| 优株平均 | - | 0.90 ± 0.05 | 15.40 ± 3.28 | 77.61 ± 19.01 | 10.85 ± 4.62 |
| 群体平均 | - | 0.92 ± 0.05 | 13.21 ± 2.73 | 65.47 ± 20.51 | 6.47 ± 3.06 |

注: 百果重、果实株产均指鲜果。

3.3. 果实含籽率

双中杂雌沙棘优株鲜果含籽率平均达 $11.2\% \pm 1.3\%$ (表 3), 以“双中杂雌沙棘 05 号”的含籽率为高, 达 15.1%, 较含籽率最低的“双中杂雌沙棘 08 号”的 9.2% 高 5.9 个百分点。由于含籽率只是对样株的分析, 故无群体测定数值。

Table 3. Comparison of seed contents and soluble solids in fresh fruits of superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis***表 3.** 双中杂交沙棘优株果实含籽率和可溶性固形物对比

| 优株编号 | 鲜果含籽率(%) | 果汁可溶性固形物含量(%) |
|-------------|------------|---------------|
| 双中杂雌沙棘 01 号 | 12.7 | 13.5 |
| 双中杂雌沙棘 04 号 | 10.7 | 16.2 |
| 双中杂雌沙棘 05 号 | 15.1 | 14.3 |
| 双中杂雌沙棘 08 号 | 9.2 | 14.3 |
| 双中杂雌沙棘 09 号 | 11.9 | 12.7 |
| 双中杂雌沙棘 15 号 | 9.6 | 19.1 |
| 双中杂雌沙棘 36 号 | 11.4 | 17.5 |
| 双中杂雌沙棘 38 号 | 10.4 | 13.3 |
| 双中杂雌沙棘 39 号 | 11.5 | 17.9 |
| 双中杂雌沙棘 50 号 | 9.3 | 15.3 |
| 优株平均 | 11.2 ± 1.3 | 15.4 ± 1.8 |

3.4. 果汁可溶性固形物

双中杂雌沙棘优株果实的果汁可溶性固形物含量平均达 15.4%±1.8% (表 3), 以“双中杂雌沙棘 15 号”“双中杂雌沙棘 39 号”“双中杂雌沙棘 36 号”“双中杂雌沙棘 04 号”“双中杂雌沙棘 50 号”的果汁可溶性固形物含量为高, 分别达 19.1%、17.9%、17.5%、16.2%、15.3%, 均在 15% 以上。与含籽率一样, 由于只是对样株的分析, 故无群体数值用于对比。

3.5. 叶、枝基本性状

叶、枝梢的基本性状数据, 反映了其光合作用能力大小。从百叶重来看, 优株平均值为 6.8 ± 1.3 g, 较群体的 6.1 ± 1.0 g 大 0.7 g; 从新梢密度来看, 优株平均值为 9.0 ± 1.8 枝/枝, 较群体的 8.9 ± 1.8 枝/枝大 0.1 枝/枝。其中以“双中杂雌沙棘 08 号”的百叶重、新梢密度这 2 个指标相对较高。这 2 个指标均是正向性指标, 数值越大, 优株的性状越好。从新梢刺数来看, 优株平均值为 0.8 ± 0.7 个/枝, 较群体的 1.1 ± 0.8 个/枝小 0.3 个/枝, 即优株较群体的新梢刺数少了 27%。详见表 4。

Table 4. Comparison of basic characters of leaves and branches of superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica-sinensis***表 4.** 双中杂交沙棘优株叶枝基本性状对比

| 优株编号 | 百叶重(g) | 新梢密度(枝/枝) | 新梢刺数(个/枝) | 病枝比例(%) |
|-------------|--------|-----------|-----------|---------|
| 双中杂雌沙棘 01 号 | 5.7 | 6.3 | 0.3 | 0.0 |
| 双中杂雌沙棘 04 号 | 6.2 | 9.3 | 0.7 | 10.3 |
| 双中杂雌沙棘 05 号 | 7.5 | 11.3 | 0.0 | 16.7 |
| 双中杂雌沙棘 08 号 | 8.2 | 10.7 | 2.0 | 5.6 |
| 双中杂雌沙棘 09 号 | 6.1 | 8.0 | 1.0 | 0.0 |
| 双中杂雌沙棘 15 号 | 7.0 | 10.7 | 0.0 | 6.8 |
| 双中杂雌沙棘 36 号 | 10.0 | 4.7 | 0.3 | 21.5 |

Continued

| | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 双中杂雌沙棘 38 号 | 4.6 | 10.0 | 0.0 | 0.0 |
| 双中杂雌沙棘 39 号 | 7.8 | 8.0 | 2.7 | 0.0 |
| 双中杂雌沙棘 50 号 | 4.9 | 10.7 | 1.0 | 12.3 |
| 优株平均 | 6.8 ± 1.3 | 9.0 ± 1.8 | 0.8 ± 0.7 | 7.3 ± 6.3 |
| 群体平均 | 6.1 ± 1.0 | 8.9 ± 1.8 | 1.1 ± 0.8 | 11.9 ± 10.9 |

注：百叶重指鲜叶。

3.6. 病枝比例

测试期间，正值内蒙古自治区鄂尔多斯市范围内沙棘缩叶病大发作[2]。从感染缩叶病的病枝比例(表 4)来看，优株平均值为 $7.3\% \pm 6.3\%$ ，较群体的 $11.9\% \pm 10.9\%$ 少了 4.6 个百分点，即优株较群体的病枝比例少了 39%。这个指标均为负向性指标，足见优株表现还是明显好于其群体。

从 10 个优株中“优中选优”，发现无病枝比例的植株有 4 个，分别为“双中杂雌沙棘 01 号”、“双中杂雌沙棘 09 号”、“双中杂雌沙棘 38 号”、“双中杂雌沙棘 39 号”，且其中“双中杂雌沙棘 09 号”为 10 株中株产最高(27.67 kg)的一株，“双中杂雌沙棘 38 号”株产(12.23 kg)也很高，“双中杂雌沙棘 39 号”株产(7.32 kg)较高，“双中杂雌沙棘 01 号”株产(2.80 kg)中等，产量也不错。

4. 讨论

以进入盛果期双中杂雌沙棘与蒙中杂雌沙棘[3]的一些生长发育指标(表 5)来对比，双中杂雌沙棘优株平均树高为 334.6 ± 37.3 cm，冠幅为 282.2 ± 22.9 cm，较蒙中杂雌沙棘优株平均树高、冠幅分别大 141.4 cm、65.9 cm，说明双中杂雌沙棘树体庞大，生态效益好。百果重平均值达 15.40 ± 3.28 g，较蒙中杂雌沙棘优株平均百果重 34.02 ± 5.08 g 小 18.62 g，后者较前者大 1 倍以上；果实株产平均值达 10.85 ± 4.62 kg，较蒙中杂雌沙棘优株平均果实株产 8.07 ± 3.21 kg 高 2.78 kg (相当于高 34.4%)。说明从这几个基础指标来看，蒙中杂雌沙棘虽然果实较大，但产量仍以双中杂雌沙棘为高，经济效益较好。详见表 5。

Table 5. Main basic growth and development indexes of superior plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica-sinensis*
表 5. 蒙中杂雌沙棘主要基础生长发育指标

| 优株编号 | 树高(cm) | 冠幅(cm) | 果形系数 | 百果重(g) | 果实株产(kg) | 备注 |
|------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------|
| 蒙中杂雌优 1 号 | 170 | 186 | 0.99 | 41.20 | 4.4 | |
| 蒙中杂雌优 10 号 | 238 | 189 | 1.02 | 35.80 | 5.2 | 母株来源于俄罗斯 |
| 蒙中杂雌优 12 号 | 220 | 233 | 1.06 | 30.60 | 5.0 | |
| 蒙中杂雌优 2 号 | 162 | 233 | 1.35 | 25.41 | 9.6 | |
| 蒙中杂雌优 5 号 | 191 | 216 | 1.47 | 40.28 | 8.6 | 母株来源于蒙古 |
| 蒙中杂雌优 54 号 | 178 | 241 | 1.07 | 30.80 | 15.6 | |
| 平均 | 193.2 ± 23.9 | 216.3 ± 19.3 | 1.16 ± 0.17 | 34.02 ± 5.08 | 8.07 ± 3.21 | |

注：百果重、果实株产均指鲜果。

相比中国沙棘果汁的可溶性固形物含量 11.5% (山西交城)~14.4% (山西古交) [4]，双中杂雌沙棘优株果汁的可溶性固形物含量达 $15.4\% \pm 1.8\%$ ，属于高含可溶性固形物类型。

双中杂雌沙棘优株百叶重(6.8 ± 1.3 g)与蒙中杂雌沙棘百叶重 6.14 (树体下位)~8.17 (树体上中位) [5]相

比, 下限稍低, 上限基本上相同。

此外, 双中杂雌沙棘果形系数为 0.90 ± 0.05 , 纵径小于横径, 呈扁球体; 而蒙中杂雌沙棘为 1.16 ± 0.17 , 纵径大于横径, 呈长球体。而这个特征, 在沙棘属植物中已具普遍性, 即大果沙棘的果实多为长球体(梨形)或长圆柱体, 而小果沙棘的果实多为扁球体(苹果型) [6] [7]。

5. 结论

通过中亚沙棘做母本、中国沙棘作父本的亚种间杂交, 从中选择出 10 个综合性状较好的双中杂雌沙棘 F_1 代优株“双中杂雌沙棘 01 号”“双中杂雌沙棘 04 号”“双中杂雌沙棘 05 号”“双中杂雌沙棘 08 号”“双中杂雌沙棘 09 号”“双中杂雌沙棘 15 号”“双中杂雌沙棘 36 号”“双中杂雌沙棘 38 号”“双中杂雌沙棘 39 号”“双中杂雌沙棘 50 号”。

双中杂雌沙棘优株树高、冠幅平均值达 334.6 ± 37.3 cm、 282.2 ± 22.9 cm, 较蒙中杂雌沙棘的 193.2 ± 23.9 cm、 216.3 ± 19.3 cm 分别大 141.4 cm、65.9 cm, 生态效益较好; 优株平均百果重(15.40 ± 3.28 g)虽然较蒙中杂雌沙棘的 34.02 ± 5.08 g 小 18.62 g, 但平均株产却达 10.85 ± 4.62 kg, 较蒙中杂雌沙棘的 8.07 ± 3.21 kg 高 34.4%, 经济效益同样较好。

从这 10 个双中杂雌沙棘优株中感染缩叶病的病枝比例衡量, 选择出 4 个高抗病沙棘植株, 其中 2 个高产、2 个中产: “双中杂雌沙棘 09 号”为高产高抗病沙棘(株产 27.67 kg、病枝比例 0), “双中杂雌沙棘 38 号”也为高产高抗病沙棘(株产 12.23 kg、病枝比例 0), “双中杂雌沙棘 39 号”为中产多固形物高抗病沙棘(株产 7.32 kg, 可溶性固形物含量 17.9%, 病枝比例 0), “双中杂雌沙棘 01 号”也为中产高抗病沙棘(株产 2.80 kg, 病枝比例 0)。这 4 个高抗病沙棘, 将是以后生产和有关研究工作的主要优质材料来源。

此外, “双中杂雌沙棘 08 号”“双中杂雌沙棘 15 号”的病枝比例较低, 分别为 5.6%、6.8%, 而且株产还较高, 分别达 9.36 kg、12.32 kg, 特别是“双中杂雌沙棘 15 号”的可溶性固形物含量在 10 个优株中最高, 达 19.1%, 有进一步试验筛选出高产多固形物高抗病沙棘的优先条件, 值得给与格外关注。

基金项目

水利部财政项目“水土保持业务”(126216223000200001)。

参考文献

- [1] 黄铨, 于倬德. 沙棘研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 342-361.
- [2] 胡建忠, 卢顺光, 高岩, 王丹. 我国沙棘主要病虫害研究综述[J]. 林业世界, 2021, 10(3): 83-90.
- [3] 胡建忠, 卢顺光. 沙棘杂种 F_1 代无性系区域试验示范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020: 19-30.
- [4] 陈汉鑫, 李晓庆, 王林, 等. 山西野生沙棘结实性状和果实营养成分研究[J]. 经济林研究, 2019, 37(3): 153-160.
- [5] 金争平, 温秀凤. 沙棘雌株叶产量调查估测方法探讨[J]. 国际沙棘研究与开发, 2014, 14(1): 18-25.
- [6] 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.
- [7] 廉永善, 郑洪. 沙棘在甘肃省的种下类型的研究[J]. 沙棘, 1988, 1(3): 17-24.