

“三北”地区盐碱地宜林性评价*

杨光滢¹⁾ 朱灵益¹⁾ 韦少敏²⁾ 于九如²⁾

(1) 中国林业科学研究院林业研究所, 100091, 北京; 2) 天津大学, 300072, 天津; 第一作者 57 岁, 女, 副研究员)

摘要 通过实地调查, 汇集 150 位专家对“三北”盐碱地宜林性评价结果的有关资料, 运用模糊综合评判方法排序和 DEA 方法优选, 评选出“三北”地区 5 个不同自然区(黑龙江片: 黑龙江大部, 内蒙古东北部, 吉林北部; 吉、蒙片: 内蒙古东部, 吉林西部; 京、津、辽片: 北京, 天津, 辽宁西部, 河北北部; 青、甘、蒙片: 青海北部, 甘肃大部, 宁夏全部, 陕西北部, 内蒙古中西部; 新疆片: 新疆全部) 盐渍化(轻、中、重)土地的适宜树种, 并进行了“三北”地区盐碱地分类和宜林评价, 为“三北”防护林地区盐碱地造林提供科学依据。

关键词 盐碱地造林; 宜林性评价; 树种选择; “三北”地区
分类号 S728.5

从 50 年代起, 生产单位就开始在盐碱地上造林, “三北”地区级以上有 30 多个科研、教学单位从事盐碱地造林、引种、育种的试验研究, 积累了丰富的盐碱地造林经验, 获得了许多科研成果^[1-21], 确定了许多树种的适生盐碱地含盐量范围, 这些都为这次的宜林性评价提供了有利条件。本文汇总了专家几十年来在“三北”地区盐碱地造林的经验, 并且进行量化排序。

1 研究区概况

“三北”地区东起黑龙江宾县, 西至新疆维吾尔自治区乌孜别里山口, 北抵国界线, 南沿天津、汾河、渭河、洮河下游, 布尔汉布达山和喀喇昆仑山, 横跨 73°26' ~ 127°50' E, 33°30' ~ 50°12' N, 占国土总面积的 42.4%。气候变幅很大, 年降水量为 10 ~ 500 mm, 年蒸发量为 1 500 ~ 4 000 mm^[22]。“三北”地区盐碱地面积 2 984.98 万 hm²(表 1), 占全国盐碱地面积的 82.2%, 轻度、中度、重度盐碱地面积分别占“三北”地区盐碱地面积的 48.8%、35.4%、15.8%。盐碱地面积主要分布在新疆、内蒙古自治区, 分别占“三北”盐碱地面积的 44.8% 和 25.6%^[1]。盐碱地是

表 1 全国盐碱地面积^[23]

地 区	盐 碱 地 面 积 / × 10 ⁴ hm ²			合 计
	轻 度	中 度	重 度	
新 疆	537.35	527.52	271.24	1 336.11
内 蒙 古	465.53	154.23	143.25	763.01
12 个 省 (区) ^①	453.65	376.29	55.92	885.86
“三北”	1 456.53	1 058.04	470.41	2 984.98
全 国	1 793.98	1 352.13	484.42	3 630.53

① 12 个省(区): 北京、天津、河北、山西、陕西、内蒙古、甘肃、宁夏、青海、吉林、辽宁、黑龙江。

* 本文系林业部“八五”国家科技攻关课题“三北”地区盐碱地造林技术研究”的部分内容。

1) 毛振珑. “三北”防护林地区土壤与地貌. “三北”防护林地区农业区划办公室, 1986. 1998-03-23 收稿。

我国北方地区重要土地资源,人口密集的东北和黄淮海平原有盐碱地面积约 $5 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 开发盐碱地以满足经济发展需要是当前主要任务之一。

2 宜林性评价方法

2.1 专家评审

2.1.1 调查区的划分 按自然条件分为 5 个调查区: (1) 黑龙江片(黑龙江大部,内蒙古东北部,吉林北部); (2) 吉、蒙片(内蒙古东部,吉林西部); (3) 京、津、辽片(北京,天津,辽宁西部,河北北部); (4) 青、甘、蒙片(青海北部,甘肃大部,宁夏全部,陕西北部,内蒙古中西部); (5) 新疆片(新疆全部)。

按盐渍化程度分为 3 个等级^[24], 详见表 2。

表 2 不同地区的含盐量及适用的调查区

地 区	土壤含盐量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$			适用调查区
	轻 度	中 度	重 度	
海滨、半湿润半干旱区	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~6.0	黑龙江片, 吉、蒙片, 京、津、辽片
干旱、半荒漠区	2.0~4.0	4.0~6.0	6.0~8.0	青、甘、蒙片
荒 漠 区	3.0~5.0	5.0~7.0	7.0~10.0	新疆片

2.1.2 评审树种的选择原则 选择当地的或引进的耐盐碱乔木、灌木和经济树种; 选择易繁殖、生长快、经济价值高又具有改良土壤作用的树种。

2.1.3 评价内容及等级^[1] 生长势: 好、中、差、死; 材积: 正常、少、极少; 成活率: 高($> 80\%$)、中($60\% \sim 80\%$)、差($< 60\%$); 受害程度: 1 级(生长正常), 2 级(叶缘褪绿, 发黄), 3 级(生长发育受严重抑制, 部分叶变色枯萎); 经济效益: 好、中、差; 生物量(灌木): 多、中、少; 权重: 各因素的相对重要程度。

2.1.4 评审结果量化汇总 根据公式: $\mu_{ij} = 1/L \sum_{k=1}^L \mu_{ijk}$ 对评审结果进行量化汇总。式中: $i=1, 2, \dots, S$; $j=1, 2, \dots, n$; μ_{ij} ——第 i 个因素, 第 j 个树种的专家集体评价均值; μ_{ijk} ——第 k 个专家对第 i 个因素第 j 个树种的意见; L ——参加评审的专家数; S ——因素个数; n ——树种个数。

2.2 模糊综合评判

模糊综合评判法是将专家对被调查树种受各因素影响程度提出权重意见, 然后进行综合分析, 并对待判树种进行排序。本文利用 Blin 法和 Borda 法^[25]对各树种进行排序。

2.2.1 Blin 法 设 m 个意见(U_1, U_2, \dots, U_m)中每一个都把 X 排成一个线性序, 其中 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, U_i 的权重为 ρ_i 。对于第 k 个意见 U_k , 令:

$$\mu_{uk}(x_i, x_j) = \begin{cases} 1 & \text{若 } x_i \text{ 先于 } x_j \\ 0.5 & \text{若 } x_i \text{ 和 } x_j \text{ 并列} \\ 0 & \text{若 } x_i \text{ 后于 } x_j \end{cases}$$

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^m \rho_k \mu_{uk}(x_i, x_j) \quad \text{其中: } \sum_{k=1}^m \rho_k = 1$$

由此可得 $n \times n$ 模糊关系矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$, 易见① $r_{ij} = 0$, ② $r_{ij} + r_{ji} = 1$ (i, j)。

由于在偏序扩张后再求一致性指标比较麻烦,所以一般用 0.5 截竞赛矩阵 R 。在 $R_{0.5}$ 中,当 $r_{ij} > 0.5$ 时, r_{ij} 变为 1, 表示 X_i 先于 X_j 超过或等于半数, X_i 得分为 1; 当 $r_{ij} < 0.5$ 时, r_{ij} 变为 0, 表示 X_i 先于 X_j 没有超过半数, X_i 得分为 0, 因此又把 $R_{0.5}$ 称为得分矩阵, 矩阵中每行元素之和则分别为 X 元素的得分值, 据此可以对 X 中各元素进行排序。

表 3 树种权重及得分

因素集	权重%	新疆杨	二白杨	胡杨	旱柳	白榆	沙枣
	ρ_k	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
生长势	18	9	8	9	8	8	9
材积	25	9	9	9	8	8	8
成活率	21	9	8	9	8	8	9
病虫害程度	11	9	8	9	8	8	9
经济效益	25	9	8	8	7	6	6

举例: 青、甘、蒙片的宁夏、内蒙古、榆林地区轻盐碱地乔木树种的排序, 经专家评定 6 种乔木树种的权重及得分如表 3。

构造竞赛矩阵 $R = (r_{ij})_{6 \times 6}$, 其中: $r_{ij} = \sum_{k=1}^5 \rho_k \mu_{ik}(x_i x_j)$

得:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.875 & 0.625 & 1 & 1 & 0.75 \\ 0.125 & 0 & 0.25 & 0.75 & 0.75 & 0.5 \\ 0.375 & 0.75 & 0 & 1 & 1 & 0.75 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0.625 & 0.375 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0.375 & 0 & 0.25 \\ 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0.625 & 0.75 & 0 \end{bmatrix}$$

用 0.5 截矩阵 R 得:

$$R_{0.5} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

从 $R_{0.5}$ 可见得分向量为 5、3、4、1、0、3, 因此由大到小的排序为 $X_1, X_3, X_2, X_6, X_4, X_5$, 即新疆杨、胡杨、二白杨、沙枣、旱柳、白榆。

2.2.2 Borda 法 设 $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 是 X 元素的一个线性序 $\forall x \in X$, 令 $B_i(X)$ 表示第 i 个意见中, 后于 x 的元素个数。又令:

$$B(X) = \sum_{i=1}^m \rho_i \beta_i(X)$$

式中 ρ_i 为各因素的权重, 且 $\sum_{i=1}^m \rho_i = 1$ 。

$B(X)$ 称为 X 的 Borda 数, X 中元素按 Borda 数的大小得到一个新的排序。

按第 1 因素排序 $L_1: X_1 = X_3 = X_6, X_2 = X_4 = X_5$;

按第 2 因素排序 $L_2: X_1 = X_2 = X_3, X_4 = X_5 = X_6$;

按第 3 因素排序 $L_3: X_1 = X_3 = X_6, X_2 = X_4 = X_5$;

按第 4 因素排序 $L_4: X_1 = X_3 = X_6, X_2 = X_4 = X_5$;

按第 5 因素排序 $L_5: X_1 = X_2 = X_3, X_4 = X_5 = X_6$;

由于权重分配为 0.18、0.25、0.21、0.11、0.25, 则 Borda 数学计算分别为: $B(X_1) = 4.25$, $B(X_2) = 2.375$, $B(X_3) = 3.875$, $B(X_4) = 1.25$, $B(X_5) = 0.875$, $B(X_6) = 2.375$ 。

Borda 数大小顺序为 $X_1, X_3, X_2, X_6, X_4, X_5$, 即新疆杨、胡杨、二白杨、沙枣、旱柳、白榆。这与 Blin 法计算的排序结果一致。

2.3 有效性评价

有效性评价用 DEA (Data Envelopment Analysis) 法, 即数据包络分析。该方法是按照多指标投入和多指标产出, 对同类型单位进行相对有效性评价的一种新的效率评价方法, 这里效率的含义是投入与产出的比例。在此, 选择 DEA 中 C^2GS^2 模型对树种进行相对有效性评价。

C^2GS^2 模型为:

其中 $e^T = (1, 1, \dots, 1) \quad Em,$

$$\min[0 - \epsilon(e^T S^- + e^T S^+)]$$

$$e^T = (1, 1, \dots, 1) \quad Es,$$

$$S_{0t} = \begin{cases} \lambda X_j + S^- = QX_k \dots \dots \dots (2) & j=1 \\ \lambda Y_j - S^+ = Y_k & j=1 \\ \lambda = 1 & j=1 \\ \lambda = 0 & j=1, 2, \dots, n \end{cases}$$

$$S^- \quad 0, S^+ \quad 0,$$

上述模型称为技术有效性模型, 它用来评价每单元在现有管理基础、现有技术上是是否最大限度地利用了自身条件获得尽可能大的产出, 以达到相对技术有效。

DEA 评价是用于对同一种植条件下, 不同树种之间相对生长状况是否最优的一种评价方法, 若 DEA 有效即说明该树种在同一种植条件进行种植, 相对其它树种是最优的。

从表 4 可知, 6 个树种中只有胡杨无效, 从投入即生长势、材积、成活率、病虫害程度各分量指标分析, 胡杨材积产量没有达到相对最优。

从表 4 可知, 6 个树种中只有胡杨无效, 从投入即生长势、材积、成活率、病虫害程度各分量指标分析, 胡杨材积产量没有达到相对最优。

表 4 纯技术有效模型(C^2GS^2)效率值

树 种	新疆杨	二白杨	胡 杨	旱 柳	白 榆	沙 枣
效率值	1.000 00	1.000 00	0.944 44	1.000 00	1.000 00	1.000 00
DEA 有效性	有 效	有 效	无 效	有 效	有 效	有 效

注: DEA 无效是表明在上述 6 个树种中, 胡杨在轻盐碱地种植, 相对于其它 5 个树种的产出即生长情况, 没有达到最大。

3 结果与分析

(1) 用模糊综合评判方法对盐碱地适宜树种进行了排序及 DEA 评价(表 5~7)。根据排序结果选出了适宜不同盐碱地的造林树种共 44 种, 其中乔木 25 种, 灌木 12 种, 经济树种 7 种。各树种的适宜性见表 8~10。

(2) 用 Blin 法和 Borda 法对各等级盐碱地上专家推荐树种进行排序, 两种排序方法结果基本一致, 乔木树种排序相差 1 个等级, 占乔木树种排序总数的 10%, 灌木占总排序数量 1.5%, 经济树种排序完全一致。根据这两种排序结果, 综合选出适合当地栽植的适宜树种和辅助树种。

(3) 除根据专家推荐和模糊综合评判排序选出各地区适宜树种和辅助树种外, 按各地生产实践经验选出参考树种供造林选用。盐碱地区造林除了考虑盐碱含量外, 还要考虑寒冷气候对林木生长和冻害的影响。例如京津辽片轻、中度盐碱地造林的参考树种为刺槐, 但在辽宁北部不宜栽植刺槐。

(4) 对用模糊综合评判排序选出的乔灌木树种进行了验证。试验结果表明野外林木生长状况与排序结果相吻合。如陕西定边县轻盐碱地上 15 年生新疆杨单株材积 0.1442 m^3 , 在相同立地条件下 20 年生沙枣的单株材积仅 0.05627 m^3 , 在相同立地条件下 6 年生沙棘的地上部分生物量鲜质量为 $4436.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而 5 年生沙柳仅 $2239.2 \text{ kg} / \text{hm}^{-2}$, 沙棘年生物量约为沙柳的 2 倍。

表5 轻度盐碱地树种排序及DEA评价

地域	树种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值	地域	树种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值
黑龙江片	乔木 黄菠萝	2	4	1.925	4	1	京津、辽片	经济 苹果	0	3	0.36	3	1
	胡桃楸	1	5	1.005	6	1		树种 梨	1	2	0.99	2	1
	白桦	3	3	2.205	3	1		枣	2	1	1.62	1	1
	紫椴	0	6	1.035	5	1		乔木 新疆杨	5	1	4.250	1	1
	小黑杨	5	1	5.665	1	1		二白杨	3	3	2.375	3	1
	水曲柳	4	2	3.930	2	0.875		胡杨	4	2	3.875	2	0.944
	旱柳	5	1	5.445	2	1		旱柳	1	4	1.250	4	1
吉蒙片	乔木 花曲柳	1	3	0.535	3	1	青、甘、蒙片	白榆	0	5	0.875	5	1
	黄菠萝	0	4	0.485	4	1		沙枣	3	3	2.375	3	1
	旱柳	2	2	2.370	1	1		灌木 柠条	1	5	1.310	6	1
	小黑杨	3	1	2.370	1	1		紫穗槐	3	3	3.165	4	1
	灌木 侧柏	0	4	0.625	3	1		沙柳	2	4	2.500	5	1
	杞柳	3	1	2.700	1	1		白刺	0	6	0.660	7	1
	紫穗槐	1	3	0.610	4	1		怪柳	4	2	3.865	3	1
	胡枝子	2	2	1.585	2	1		枸杞	5	1	4.775	1	0.870
京津、辽片	乔木 群众杨	5	1	4.575	1	1	新疆片	沙棘	5	1	4.575	2	1
	刺槐	1	5	2.255	5	1		乔木 新疆杨	5	1	3.450	1	1
	109柳	4	2	2.580	3	1		白榆	3	3	3.140	3	0.889
	白腊	3	3	3.110	2	0.960		银白杨	4	2	3.190	2	1
	黑松	0	6	0.090	6	1		新疆 大叶白腊	0	6	0.700	6	1
	白榆	2	4	2.390	4	1		沙枣	2	4	2.560	4	1
	灌木 紫穗槐	1	3	1.795	2	1		白柳	1	5	1.960	5	1
	侧柏	0	4	0.165	3	1		灌木 沙棘	2	1	1.555	1	1
	杞柳	2	2	1.960	1	1		紫穗槐	1	2	1.325	2	1
	白腊条	3	1	1.960	1	1		侧柏	0	3	0	3	1

注:黄菠萝(*Phellodendron amurense* Rupr.)、胡桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)、小黑杨(*Populus × xiaohei* T. S. Hwang et Liang)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)、旱柳(*Salix matsudana* Koidz.)、花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla* Hance)、群众杨(*P. × xiaozhuania* Hsu et Liang cv. 'Popularis')、刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)、109柳(*Salix* sp.)、中国白蜡(*Fraxinus chinensis* Rosb.)、黑松(*Pinus thunbergii* Parl.)、白榆(*Ulmus pumila* L.)、新疆杨(*P. alba* L. var. *pyramidalis* Bge.)、二白杨(*P. gansuensis* C. Wang et H. L. Yang)、胡杨(*P. euphratica* Oliv.)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、银白杨(*P. alba* L.)、大叶白蜡(*Fraxinus chinensis* var. *rhynchophylla* Hemsl.)、白柳(*Salix alba* L.)、侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、杞柳(*Salix integra* Thunb.)、紫穗槐(*Ampelodesmosmos fruticosa* Linn.)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、柠条(*Caragana microphylla* (Pall.) Lam.)、白刺(*Nitraria sibirica* Pall.)、枸杞(*Lycium chinense* Mill.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、苹果(*Malus* spp.)、梨(*Pyrus* spp.)、枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)。

表 6 中度盐碱地树种排序及 DEA 评价

地域	树 种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值	地域	树 种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值		
黑龙江片	乔木	小黑杨	2	1	1.965	1	青、甘蒙片	乔木	新疆杨	3	3	2.965	3	1	
		小青杨	0	3	0.240	3			二白杨	1	5	0.890	5	1	
		白 榆	1	2	0.855	2		1	胡 杨	4	2	4.240	2	1	
	灌木	杞 柳	1	1	0.640	1		1	旱 柳	2	4	1.710	4	1	
		胡枝子	0	2	0.240	2		1	白 榆	0	6	0.545	6	1	
吉蒙片	乔木	旱 柳	1	2	1.170	2	1	灌木	沙 枣	5	1	4.350	1	0.722	
		青皮柳	2	1	1.830	1	1		柠 条	1	5	1.290	6	1	
		沙 枣	0	3	0	3	1		紫穗槐	2	4	1.785	5	1	
	灌木	丁香	1	3	1.680	3	0.815		沙 柳	0	6	1.290	6	1	
		紫穗槐	0	4	0.015	4	1		白 刺	3	3	3.545	4	1	
		杞 柳	2	2	2.790	2	1		怪 柳	5	1	6.930	1	1	
		沙 棘	3	1	3.975	1	1		枸 杞	4	2	5.285	3	1	
京津、辽片	乔木	白 腊	4	2	3.700	2	1	新疆片	乔木	银白杨	1	3	1.095	3	1
		群众杨	0	6	0.800	6	1			白 榆	2	2	1.355	2	1
		小叶杨 × 胡杨	2	4	1.925	5	1			小叶白腊	0	4	0.520	4	1
		刺 槐	1	5	2.030	4	1			胡 杨	3	1	2.770	1	1
		沙 枣	5	1	4.150	1	1		灌木	怪 柳	2	1	1.095	2	0.889
		火炬树	3	3	2.245	3	1			枸 杞	1	2	1.190	1	1
	灌木	杞 柳	0	4	0.725	4	1			沙 棘	0	3	0.655	3	1
		紫穗槐	1	3	0.770	3	1		经济树种	桑 树	2	1	1.560	1	1
		枸 杞	3	1	2.445	1	1			杜 梨	0	3	0.630	3	1
		怪 柳	2	2	2.000	2	1			山 杏	1	2	0.660	2	1

注: 小青杨(*Populus pseudo-simonii* Kitag.)、青皮柳(*Salix* sp.)、小叶杨(*P. simonii* Carr.)、火炬树(*Rhus typhina* Nutt.)、丁香(*Syzygium aromaticum* (L.) Merr.)、杜梨(*Pyrus betulefolia* Bge.)、桑树(*Morus alba* L.)、山杏(*Armeniaca sibirica* (L.) Lam.)、小叶白蜡(*Fraxinus bungeana* DC.)、怪柳(*Tamarix* spp.)、沙柳(*Salix mongolica* Siuzev.)。

表 7 重度盐碱地树种排序及 DEA 评价

地域	树 种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值	地域	树 种	Blin 数	排序	Borda 数	排序	C ² GS ² 模型效率值		
黑龙江片	灌木	怪 柳	1	1	1	1	青甘蒙片	乔木	旱 柳	1	5	1.305	4	1	
		枸 杞	0	2	0	2		1		白 榆	2	4	1.305	4	1
吉蒙片	灌木	怪 柳	3	1	2.185	1		0.875		沙 枣	4	2	3.920	2	1
		枸 杞	0	4	0.820	4		1	灌木	柠 条	1	5	0.910	5	1
		白 刺	2	2	1.655	2		0.875		紫穗槐	2	4	1.210	4	1
京津、辽片	乔木	沙 枣	0	2	0.340	2		1		沙 柳	0	6	0.910	5	1
		杜 梨	1	1	0.540	1		1		白 刺	4	2	4.860	2	1
	灌木	怪 柳	2	1	1.560	1		1		怪 柳	5	1	6.060	1	1
		枸 杞	1	2	0.810	2		1		枸 杞	3	3	3.630	3	1
		沙 棘	0	3	0.600	3		1		沙 棘	4	2	3.630	3	1
青甘蒙片	乔木	新疆杨	3	3	1.965	3	1	新疆片	乔木	胡 杨					
		二白杨	0	6	1.305	4	1		灌木	怪 柳	2	1	1.630	1	1
		胡 杨	5	1	4.900	1	1			白 刺	1	2	0.950	2	0.857
									枸 杞	0	3	0.420	3	1	

表8 适宜轻度盐碱地造林的树种

地区	乔木			灌木			经济林		
	适宜	辅助	参考	适宜	辅助	参考	适宜	辅助	参考
黑龙江片	小黑杨 旱柳	水曲柳 桦木	黄菠萝 胡桃楸 紫椴				山杏		
吉、蒙片	小黑杨 旱柳	花曲柳	黄菠萝	杞柳 胡枝子	紫穗槐	侧柏 (灌木状)			
京、津、辽、片	群众杨 旱柳	白榆 白腊	黑松 刺槐	白腊条 杞柳	紫穗槐	侧柏 (灌木状)	枣树	梨	苹果
青、甘、蒙片	新疆杨 胡杨	二白杨 沙枣	旱柳 白榆	枸杞 沙棘 柺柳	紫穗槐 柠条 沙柳	白刺			
新疆片	新疆杨 银白杨	白榆 沙枣	白柳 大叶白腊	沙棘	紫穗槐	侧柏			

表9 适宜中度盐碱地造林的树种

地区	乔木			灌木			经济林		
	适宜	辅助	参考	适宜	辅助	参考	适宜	辅助	参考
黑龙江片	小黑杨	白榆	小青杨	杞柳	胡枝子		杜梨		
吉、蒙片	青皮柳	沙枣	旱柳	沙棘 杞柳	丁香	紫穗槐			
京、津、辽片	沙枣 白蜡	小叶杨 ×胡杨 火炬树	群众杨 刺槐	枸杞 柺柳	紫穗槐	杞柳	枸杞		
青、甘、蒙片	沙枣 胡杨	旱柳 新疆杨	白杨 白榆	柺柳 沙棘	枸杞 白刺	沙柳 紫穗槐 柠条			
新疆片	胡杨 白榆	银白杨	小叶白腊	枸杞 柺柳	沙棘		桑树	山杏	杜梨

表10 适宜重度盐碱地造林的树种

地区	乔木			灌木		
	适宜	辅助	参考	适宜	辅助	参考
黑龙江片				柺柳	枸杞	
吉、蒙片				柺柳	白刺	沙棘
京、津、辽片	杜梨	沙枣		柺柳	枸杞	沙棘
青、甘、蒙片	胡杨	沙枣		柺柳	白刺	枸杞
新疆片	胡杨			柺柳	白刺	枸杞

参 考 文 献

- 1 龚洪柱主编. 盐碱地造林学. 北京: 中国林业出版社, 1986. 40~43.
- 2 张万儒主编. 中国主要造林树种土壤条件. 北京: 中国科技出版社, 1998. 397~432.
- 3 王世绩, 陈炳浩, 李护群编著. 胡杨林. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- 4 刘名廷. 柺柳属植物育苗技术研究总结. 见: 全国盐碱土绿化开发协作组编辑委员会编. 盐碱土造林绿化与综合开发文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 198~199.

- 5 武智双. 发展胡杨人工林开发利用盐碱地. 内蒙古林业, 1990(5): 10.
- 6 贾福平. 盐碱地造林树种及其特性. 内蒙古林业, 1995(1): 26~27.
- 7 刘建泉. 河西地区盐碱地造林树种选择及改土效益. 甘肃林业科技, 1992(4): 31~34.
- 8 佟晋国. 用盐碱地指示植物选择树种. 河北林业, 1991(5): 8.
- 9 刘名廷. 柽柳属种的耐盐选择及造林试验研究. 新疆林业科技, 1991(4): 1~5.
- 10 辽宁省辽河三角洲海防林体系研究课题组(辽宁省林科院). 辽宁省海堤重盐土营造柽柳技术研究. 辽宁林业科技, 1992(5): 13~16.
- 11 李复胜. 苏打盐碱地人工林生长研究. 东北林业大学学报, 1993, 21(1): 21~26.
- 12 马克胜. 滨洲盐碱土区旱柳生长调查. 山东林业科技, 1994(3): 33~35.
- 13 李必华. 白刺及其开发利用. 山东林业科技, 1994(3): 7~21.
- 14 马克胜. 滨洲盐碱土区刺槐优良无性系造林试验. 山东林业科技, 1994(4): 24~25.
- 15 张忠民. 滨海盐碱地绿化措施. 河北林业, 1995(2): 17.
- 16 刘铭廷. 柽柳属植物育苗技术研究总结. 新疆林业科技, 1992(1): 10~12.
- 17 郭振山. 关于盐碱地造林技术的初步研究. 辽宁林业规划设计, 1995(2): 22~24.
- 18 俞益民. 宁夏盐碱地枸杞栽培技术及研究结果. 内蒙古林业, 1995(3): 28.
- 19 刘佩芳. 杏、李、山楂在盐碱地栽培表现. 落叶果树, 1993(4): 12.
- 20 李岩广. 盐碱地果树丰产措施. 林业月报, 1990(11): 25.
- 21 王遵亲. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1995. 132.
- 22 “三北”防护林体系建设总体规划办公室, 林业部西北调查规划设计院编. 中国“三北”防护林体系建设地图集. 西安: 西安地图出版社, 1990. 64.
- 23 中国科学院, 国家计划委员会, 自然资源综合考察委员会. 土地资源数据集. 北京: 中国人民大学出版社, 1991. 89~175, 331~398.
- 24 中国土壤学会盐渍土专业委员会编. 中国盐渍土分类分级文集. 南京: 江苏科技出版社, 1991. 2.
- 25 张振良. 应用模糊数学. 重庆: 重庆大学出版社, 1991. 48~53.

Studies on the Suitable Plantation Evaluation of Saline Land in the “Three Norths” Area

*Yang Guangying*¹⁾ *Zhu Lingyi*¹⁾ *Wei Shaomin*²⁾ *Yu Jiuru*²⁾

(1) The Research Institute of Forestry, CAF, 100091, Beijing, China;

2) Tianjin University, 300072, Tianjin, China)

Abstract The quantitative process of suitable plantation evaluation of saline land in northern shelterbelt area has been adopted. (1) To collect related test data, (2) investigation in northern shelterbelt area, (3) method of expert evaluation remark, and through fuzzy multifactor decision ordering and DEA optimization, could be used to estimate the salt-tolerance tree species in the area with different salinity (light, medium, heavy), different tree species (tree, shrub, economic forest), different suitability (suitable, assistance, reference) and 5 different nature areas (Helongjing nature area, Beijing Tianjin Liaoning nature area, Jilin Inner Mongolia nature area, Qinghai Gansu Inner Mongolia nature area, and Xinjiang nature area). The results showed the saline soil classification project and suitable plantation evaluation of saline land.

Key words saline land plantation; suitable plantation evaluation; tree species selection; “Three Norths” area