

碱蓬的耐盐能力及其对滨海盐渍土的改良效果

张立宾¹, 徐化凌¹, 赵庚星^{2*}

(1 东营市农业科学研究所, 山东东营 257091; 2 山东农业大学, 山东泰安 271018)

摘 要: 试验研究了碱蓬的耐盐能力及其对滨海盐渍土的改良效果。通过盐水浸泡试验, 发现碱蓬种子在 NaCl 浓度 <20.0 g/kg 的溶液中可正常发芽。盆栽和田间耐盐试验表明, 碱蓬的耐盐能力在 25.0 g/kg 左右, 耐盐极限为 35.0 g/kg 左右。碱蓬种植试验表明, 种植碱蓬能够有效地降低土壤表层含盐量, 增加土壤有机质含量, 提高土壤中 N、P、K 的含量。研究证明碱蓬是一种耐盐能力很强的盐生植物, 对滨海盐渍土具有显著的改良作用。

关键词: 碱蓬; 耐盐性; 滨海盐渍土; 改良

中图分类号: S156.4⁺²

当前, 生态环境的不断恶化和人们不合理的土地开发利用, 导致土壤的盐碱化日趋严重, 已成为一个世界性的难题^[1-2]。据统计, 全世界盐碱地面积近 10 亿 hm^2 , 约占世界陆地面积的 25%^[3]。我国各类盐碱地面积约 0.346 亿 hm^2 , 是世界盐碱地大国之一^[4]。如何开发利用这些盐碱土地资源, 已引起人们的高度重视。研究和实践证明, 在盐碱地上引种耐盐经济植物, 一方面具有一定的经济价值, 同时, 也是生物改良盐渍土的一种有效措施^[5]。

碱蓬 (*Suaeda salsa* (L.)) 为藜科, 属 1 年生草本植物, 一般株高 50 ~ 80 cm, 为无限花序, 种子双凸镜形, 直径 0.5 ~ 1.0 mm, 属高耐盐真盐生植物, 在黄河三角洲地区 5 ~ 30 g/kg 土壤含盐量生境中均有分布^[6-7]。碱蓬的营养成分丰富, 是一种优质的蔬菜和油料作物, 其鲜嫩的茎叶既可炒食, 亦可凉拌; 既可用作鲜菜, 又可制干, 便于贮藏和运输。其种子含油量高达 26%, 且饱和和脂肪酸含量很高, 亚油酸含量约占总脂肪酸的 70%, 保健价值极高。本文将通过研究碱蓬的耐盐性, 确定碱蓬的耐盐能力和对滨海盐渍土的改良效果, 为推动碱蓬在滨海盐渍土地区种植推广和改良利用滨海盐渍土提供理论依据。

1 试验设计与方法

1.1 不同浓度 NaCl 溶液的碱蓬发芽率试验

选择成熟碱蓬种子进行不同浓度 NaCl 溶液对碱蓬发芽率的影响研究, 试验设 8 个处理, 每个处理 3 次重复。在每个培养皿中放入碱蓬种籽 100 粒, 分别加入浓度为 4.0、8.0、12.0、16.0、20.0、24.0 和 28.0

g/kg 的 NaCl 溶液, 以蒸馏水作为 CK。及时补充同浓度溶液, 置于 20 ~ 25℃ 室内, 每天观察发芽情况, 统计发芽率和前 3 天的发芽势。

1.2 碱蓬盆栽耐盐试验

在东营盐生植物园中, 取园土放入 50 个花盆 (直径 60 cm, 高度 50 cm) 中, 把花盆植入地下 2/3, 每盆移栽入 10 棵碱蓬幼苗 (长出 3 片叶)。每隔 5 天浇水 1 次, NaCl 溶液浓度分别为 4.0、8.0、12.0、16.0、20.0、24.0、28.0、32.0、36.0 和 40.0 g/kg, 并设清水 CK。每 5 盆为 1 组, 花盆上方搭建遮雨棚, 测定生长 30 天后的平均株高, 单株生物量及死亡率。

1.3 碱蓬田间耐盐试验

根据土壤检测结果, 在东营盐生植物园, 选择土壤含盐量分别为 <5, 5 ~ 10, 10 ~ 15, 15 ~ 20, 20 ~ 25, 25 ~ 30, 30 ~ 35, >35 g/kg 的地块划分试验小区, 土壤类型为滨海盐渍土, 土壤肥力相近, 试验前检测各小区土壤含盐量和土壤肥力, 若肥力差异大, 施用相当量的有机肥, 小区面积为 6 m^2 , 将碱蓬分别在这 8 个梯度的小区上定植, 共 8 个处理, 每个处理 3 次重复, 随机排列, 株行距为 20 cm × 20 cm。采用育苗移栽的方法种植。定植 60 天后, 调查碱蓬的成株率, 平均株高、每株生物量 (鲜重); 种子成熟后, 测定每 m^2 生物量 (干重) 和种子产量。碱蓬的鲜重、干重及种子产量按常规的烘干、称量法测定。

1.4 碱蓬对滨海盐渍土的改良效果试验

在东营盐生植物园选择土壤含盐量 15 ~ 20 g/kg 的地块, 土壤类型为滨海盐渍土, 划分小区, 小区面积为 6 m^2 , 连续 3 年种植碱蓬, 以裸露小区作为 CK,

①基金项目: 山东省科技攻关项目 (003110114) 资助。

* 通讯作者 (zhaogx@sdaa.edu.cn)

作者简介: 张立宾 (1972—), 男, 山东东营人, 硕士, 副研究员, 主要从事土壤改良与耐盐植物研究。E-mail: zlb919@126.com

每个处理3次重复。种植前后分别测定土壤耕层(0~20cm)含盐量、土壤有机质、全N、速效P、速效K的含量,并进行植被盖度和伴生植物调查。土壤含盐量的测定采用电导法,土壤有机质的测定采用高温外热重铬酸钾氧化-容量法,土壤全N采用开氏消煮法测定,土壤速效P采用碳酸氢钠法测定,土壤速效K采用乙酸铵提取-火焰光度法测定^[8]。

2 结果与分析

2.1 碱蓬的耐盐性

2.1.1 碱蓬发芽率试验结果 从试验结果(表1)来看,盐分抑制碱蓬发芽,但在NaCl浓度<20.0 g/kg的溶液中,碱蓬种子仍可正常发芽,其发芽率、发芽势及生长量均随NaCl浓度的增高而下降,当NaCl浓度为16.0 g/kg时,碱蓬的发芽率仍高达80.6%。当

NaCl浓度>20.0 g/kg时,碱蓬的发芽受到明显抑制,发芽率低于30%,当NaCl浓度达到28.0 g/kg时,碱蓬的种子不能再发芽。

2.1.2 碱蓬盆栽耐盐试验结果 从实验结果(表2)看出,当NaCl溶液浓度<4.0 g/kg时,碱蓬的株高和生物量不仅没有下降的趋势,反而高于CK,说明碱蓬在该NaCl溶液浓度下不受盐胁迫的影响。当NaCl溶液浓度为4.0~24.0 g/kg时,随着NaCl溶液浓度的升高,碱蓬的株高和生物量逐渐降低,死亡率增高。但是,在这个NaCl溶液浓度范围内,碱蓬的株高、生物量和死亡率受浇灌的NaCl溶液浓度的影响不大。当NaCl溶液浓度>24.0 g/kg时,碱蓬的株高、生物量大幅下降,死亡率显著升高,而当NaCl溶液浓度达到40.0 g/kg时,碱蓬植株全部死亡。由此可见,碱蓬能耐24.0 g/kg的盐水浇灌。

表1 不同NaCl浓度条件下的碱蓬种子发芽试验

Table 1 Germination experiment of *Suaeda salsa* seeds in brines different in NaCl concentration

指标	浸泡天数	NaCl 浓度 (g/kg)							
		4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	CK
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	71.0	68.7	66.3	62.7	58.7	21.3	0	73.7
	3	21.0	20.7	18.7	16.3	12.0	6.7	0	24.0
	4	5.3	4.0	2.3	1.3	0.7	0.7	0	2.0
	5	1.0	1.3	0	0.3	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
总发芽率 (%)		98.3	94.7	87.3	80.6	71.4	28.7	0	99.7
发芽势 (%)		92.0	89.3	84.7	78.3	69.7	27.7	0	97.3
前6天平均胚根总长 (cm)		1.6	1.4	1.3	1.2	0.8	0.3	0	1.6

表2 不同浓度NaCl溶液浇灌下碱蓬生长情况

Table 2 Growth of *Suaeda salsa* irrigated with brines different in NaCl concentration

测定项目	NaCl 浓度 (g/kg)										
	0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0
30天后株高 (cm)	40	46	38	37.2	35.1	32.5	28.8	12.3	10.4	5.2	-
30天后生物量 (g)	120	129	113	110	107	93	84	36	23	12	-
死亡率 (%)	0	0	0	0	6	10	14	50	76	90	100

注:生物量是指单株的地上部分鲜重;“-”代表无碱蓬植株。

2.1.3 碱蓬田间耐盐试验结果 生长量是植物对盐胁迫反应的综合体现及对盐胁迫的综合适应,也是植物耐盐性的直接指标。从实验结果(表3)来看,随着土壤含盐量的升高,碱蓬的成株率、株高、生物量和种子产量逐渐降低。但是,在土壤含盐量<25.0 g/kg时,碱蓬的成株率、株高、生物量受土壤含盐量的影响不大,差异不显著。土壤含盐量>25.0 g/kg时,碱蓬的成株率、株高、生物量和种子产量大幅下降,差异显著。当土壤含盐量>35.0 g/kg时,碱蓬成株率

仅为10.5%,碱蓬的株高、生物量和种子产量极低,达到耐盐极限。由此可见,碱蓬可在土壤含盐量<25.0 g/kg的地块上正常生长,形成产量,其耐盐能力为25.0g/kg,耐盐极限为35.0 g/kg。

2.2 碱蓬对滨海盐渍土的改良效果

2.2.1 种植碱蓬前后土壤含盐量变化分析 从试验结果来看滨海盐渍土种植碱蓬3年后,土壤的含盐量从16.4 g/kg降低到12.0 g/kg(图1),土壤脱盐率为26.83%,是一个显著的脱盐过程。这是因为碱蓬是叶

表 3 碱蓬在不同土壤含盐量地块上的生长情况

Table 3 Growth of *Suaeda salsa* in plots different in salt content

土壤含盐量 (g/kg)	成株率 (%)	平均株高 (cm)	生物量 (kg/m ²)		种子产量 (g/m ²)
			鲜重	干重	
<5	96.2	67.6	7.42	2.91	362
5~10	94.4	63.9	7.02	2.82	347
10~15	91.3	59.7	6.68	2.67	319
15~20	87.7	56.3	6.53	2.54	290
20~25	82.9	52.1	6.07	2.37	263
25~30	43.1	35.6	1.73	0.74**	81**
30~35	32.4	27.8	1.11	0.51*	52*
>35	10.5	15.1	0.34	0.13**	5**

注：表中数据为 3 次重复平均值；*表示在 P<0.05 水平差异显著，**表示在 P<0.01 水平差异极显著。

肉质化真盐生植物^[4]，可以从土壤中吸收大量盐分，并积累在植物体中，而且主要积累在地上部分，因而随着碱蓬的收获，土壤盐分就实现了转移。而且种植碱蓬后，植被盖度增加，植物蒸腾取代了地面蒸发，避免了蒸发造成的地表积盐^[9]。因此碱蓬种植促进了土壤含盐量降低，使土壤逐步脱盐。而裸露土壤中，土壤含盐量不但没有降低，反而从 15.7 g/kg 上升到 18.9 g/kg，增加了 20.4%。这是由于裸露的土壤中地表得不到有效的覆盖，而本地区蒸发量远大于降水量(蒸降比为 3.3:1)，使土壤表层继续积盐，从而土壤含盐量增加。

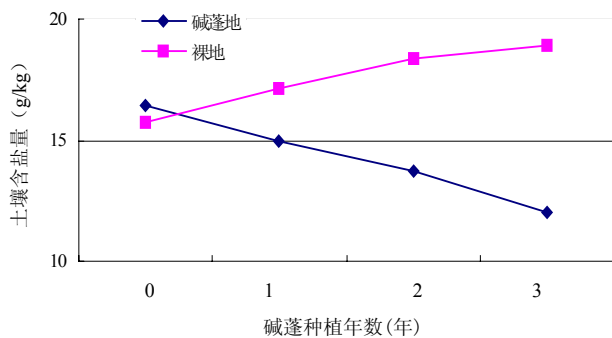


图 1 种植碱蓬 3 年土壤含盐量的变化
Fig. 1 Variation of soil salt content in the 3-year *Suaeda salsa* planting experiment

2.2.2 种植碱蓬对土壤有机质含量的影响 从表 4 可以看出，滨海盐渍土种植碱蓬 3 年后土壤有机质从 3.9 g/kg 上升到 8.7 g/kg，较种植前增加了 56.1%。而在裸露土壤中，有机质含量不但没有增加，反而从 3.7 g/kg 下降为 1.6 g/kg，降低了 36.8%。这是因为种植碱蓬后，其落叶和残留在土壤中的根系腐烂分解后增加了土壤中的有机物质，而且随着土壤含盐量的降低，出现了其他植物，其枯枝落叶和腐烂的根系，也增加了土壤中的有机物质的含量。根系的代谢活动和枯枝

落叶的腐解，促进了土壤微生物的增加，加速了土壤有机质的转化，从而使土壤有机质有了显著的提高。而裸露的土壤中，其有机物质得不到补充，只有消耗，使土壤有机质的含量显著下降。

表 4 种植碱蓬 3 年后土壤有机质的变化

Table 4 Effect of the 3-year *Suaeda salsa* planting experiment on soil organic matter content

处理	种植前土壤 有机质含量	种植后土壤 有机质含量	土壤有机质增加量 占播种前的百分比
	(g/kg)	(g/kg)	(%)
种植碱蓬	3.9	8.7	56.1
裸露	3.7	1.6	-36.8

2.2.3 种植碱蓬对土壤 N、P、K 含量的影响 从表 5 可以看出，种植碱蓬 3 年后，滨海盐渍土壤肥力随着土壤盐分降低有不同程度的增加，土壤全 N 的含量从 0.3 g/kg 增加到 0.8 g/kg，增加了 166.7%；土壤速效 P 从 2.62 mg/kg 增长到 7.67mg/kg，增加了 193.7%；土壤速效 K 从 63 mg/kg 增加到 87mg/kg，增加了 38.1%。相反，CK 土壤 N、P、K 含量分别降低了 66.7%、41.3% 和 26.2%。种植碱蓬后，土壤有机质有了显著的提高，土壤养分也有了明显的增加，土壤微生物的增加，加速了有机物质的分解，促进了土壤无机养分的分解，使土壤中 N、P、K 显著提高。而裸露的土壤中，随着土壤有机质的降低，土壤养分也有大幅损失。

2.2.4 种植碱蓬对滨海盐渍土植物类型的影响 由表 6 可以看出，经过 3 年的碱蓬种植，植被的盖度有了显著的提高，而且随着土壤含盐量的降低，土壤养分含量升高，出现了中亚滨藜，碱茅等植物类型。而裸露土壤由于土壤继续积盐，土壤养分缺乏，仅有的碱蓬数量也在不断下降，地表植被盖度不但没有提高，反而下降了 0.8%，植物类型也只有碱蓬。

表5 种植碱蓬3年后土壤N、P、K含量的变化

Table 5 Effect of the 3-year *Suaeda salsa* planting experiment on N, P and K contents in the soil

处理	种植前土壤 N、P、K 含量			种植3年后 N、P、K 含量			土壤 N、P、K 含量增加量占播种前的百分比 (%)		
	全 N	速效 P	速效 K	全 N	速效 P	速效 K	全 N	速率 P	速率 K
	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)			
种植碱蓬	0.3	2.62	63	0.8	7.67	87	166.7	193.7	38.1
裸露	0.3	2.71	65	0.1	1.59	48	-66.7	-41.3	-26.2

表6 种植碱蓬3年后植被类型的变化

Table 6 Effect of the 3-year *Suaeda salsa* planting experiment on vegetation type

处理	盖度 (%)		植物类型	
	种植前	种植3年后	种植前	种植3年后
种植碱蓬	2.4	95.0	少量碱蓬	碱蓬、中亚滨藜、碱茅
裸露	2.1	1.3	少量碱蓬	极少量碱蓬

注：表中数量指标均为3个1 m²样地平均值。

3 结语

盐地碱蓬具有很强的耐盐能力，其种子可耐 20.0 g/kg 的盐水浸泡而能正常发芽，其发芽率、发芽势和胚根生长量没有明显降低。碱蓬植株能耐 24.0 g/kg 的盐水浇灌，在土壤含盐为 25.0 g/kg 的滨海盐渍土上能够正常生长。在此范围内，其生长虽然随盐水浓度和土壤含盐量的升高而有所下降，但降幅不显著。当浇灌盐水的浓度 > 24.0 g/kg，土壤含盐量 > 25.0 g/kg 时，其株高、生物量和种子产量均有显著下降，这说明碱蓬的耐盐能力在 25.0 g/kg 左右。当土壤含盐量 > 35.0 g/kg 时，碱蓬的成株率、株高、生物量和种子产量都非常低，说明碱蓬的耐盐极限为 35.0 g/kg 左右。

碱蓬作为叶肉质化真盐生植物，可以从土壤中吸收大量盐分，并积累在植物体中，因而随着碱蓬的收获，土壤盐分就实现了转移。而且种植碱蓬后，植物蒸腾取代了地面蒸发，避免了蒸发造成的地表积盐。因此，碱蓬种植促进了土壤脱盐，种植3年后的土壤脱盐率可达 26.83%。

碱蓬落叶和残留在土壤中的根系腐烂分解后增加

了土壤中的有机物质和无机养分，且其根系的代谢活动和枯枝落叶的腐解，促进了土壤微生物数量的增加，从而分解土壤有机质，增加土壤养分。因此，种植碱蓬可以促进土壤有机质和养分的增加。种植3年后的土壤有机质可增加 56.1%，全 N 增加 166.7%，速效 P 增加 193.7%，速效 K 增加 38.1%。

研究证明，碱蓬是一种耐盐能力很强的盐生植物，在滨海盐渍土地区，特别是在其他植物不能生长的重盐渍土地区，可有效促进滨海盐渍土的改良利用，取得良好经济和生态效益。

参考文献：

- [1] 刘庆生, 刘高焕, 励惠国. 辽河三角洲土壤盐渍化现状及特征分析. 土壤学报, 2004, 41 (2): 190-196
- [2] 陈阳, 王贺, 张福锁, 郗金标, 贾恢先. 盐渍生境下野生琵琶柴盐分分布及泌盐特点. 土壤学报, 2004, 41(5): 774-779
- [3] 王遵亲. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993: 325-344
- [4] 俞仁培, 陈德明. 我国盐渍土资源及其开发利用. 土壤通报, 1999, 30 (4): 158-159
- [5] 赵可夫. 盐生植物资源及盐碱土改良利用. 资源与环境, 1989, 1 (1): 40-43
- [6] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物. 北京: 科学出版社, 1999: 26-29, 156-157
- [7] Zhao GX, Lin G, Fletcher JJ, Yuill C. Cultivated land changes and their driving forces-A satellite remote sensing analysis in the Yellow River Delta, China. Pedosphere, 2004, 14 (1): 93-102
- [8] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 87-89, 107-108, 180-181, 194-195
- [9] 秦嘉海, 吕彪, 赵芸晨. 河西走廊盐土资源及耐盐牧草改土培肥效应的研究. 土壤, 2004, 36 (1): 71-75

Salt Tolerance of *Suaeda Salsa* and Its Soil Ameliorating Effect on Coastal Saline Soil

ZHANG Li-bin¹, XU Hua-ling¹, ZHAO Geng-xing²

(1 Research Institute of Agricultural Science of Dongying City, Dongying, Shandong 257091, China;

2 Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: Salt tolerance of *Suaeda salsa* and its soil ameliorating effect on coastal saline soil was studied through a brine soaking experiment. It was discovered that the seeds of *Suaeda salsa* could germinate normally when the brine was less than 20.0 g/kg in NaCl concentration. Pot and field experiments showed that *Suaeda salsa* could stand brine 25.0 g/kg and 35.0 g/kg to the extremity in NaCl concentration. A planting experiment showed that planting *Suaeda salsa* decreased salt content in the topsoil effectively, and increased the contents of soil organic matter, N, P and K, indicating that *Suaeda salsa* is a kind of plant very strong in salt tolerance and its soil ameliorating effect on coastal saline soil is significant.

Key words: *Suaeda salsa*, Salt tolerance, Coastal saline soil, Amelioration