

杨倩, 衡静. 盐分胁迫条件下不同苗木耐盐能力的熵权系数评价[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 135-137.

盐分胁迫条件下不同苗木耐盐能力的熵权系数评价

杨倩^{1,2}, 衡静¹

(1. 河南农业职业学院园艺园林系, 河南郑州 451450; 2. 河南农业大学园艺园林系, 河南郑州 450002)

摘要: 为了解不同苗木在盐分胁迫下的生理反应, 设计不同土壤盐分浓度处理, 分析其出苗率、光合指标及幼苗器官中的 Na^+/K^+ , 并引入熵权系数评价模型, 对不同苗木的耐盐能力进行评价。结果表明: 三叶裂漆在高盐分条件下的出苗率与净光合速率等指标降幅相对较小, 器官中 Na^+/K^+ 变化不大; 复叶槭、茶条槭受盐分胁迫影响, 出苗率与主要光合指标出现大幅下降, 其中复叶槭根的 Na^+/K^+ 值在高盐分条件下骤然上升; 从熵权系数评价模型计算结果来看, 三叶裂漆的熵权系数评价价值最大, 达到 0.966, 为本研究中耐盐能力最强的树种。

关键词: 盐分胁迫; 苗木; 耐盐能力; 熵权系数; 评价

中图分类号: S718.43; Q945.78

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2014)04-0135-03

盐分胁迫对植物生长发育及生理代谢有重要影响^[1-2]。目前已有许多关于盐分胁迫条件下植物生理反应的研究, 郑容妹等研究发现, 盐分浓度达到 2% 以上会迫使绿竹的净光合速率与光呼吸速率大幅下降, 降幅超过 40%^[3]; 张建锋等认为, 随着盐分浓度增大, 植物苗高、地上部分与地下部分的生物量均呈下降趋势^[2]; 汪贵斌等发现, 落羽杉的净光合速率、气孔导度等指标均随盐分浓度的增大而下降^[4]; 而关于盐分胁迫条件下植物净光合速率下降的原因存在很多不同看法^[5-9], 植物在盐分胁迫条件下的应对机制理论有待进一步研究。另外, 研究植物对不同土壤盐分浓度的生理响应、评价不同树种的耐盐能力对充分利用滨海盐渍土资源、改善生态环境也有十分积极的意义。本研究探讨不同树种在不同土壤盐分处理下的出苗率、光合指标及器官 Na^+/K^+ 的变化情况, 分析和评价不同苗木的耐盐能力, 旨在为进一步研究植物耐盐机制及开发盐碱地提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年 4 月在江苏省南京市六合区赵家生态园 (32°22'N, 118°50'E) 进行, 六合区位于南京市北部, 年均气温约为 16℃, 最高气温常出现在 7 月, 试验地年均降水量为 796.8 mm, 年均降水时间 103 d, 降水量在时空上分布不均匀。全年日照总数约为 1 722 h, 年蒸发量约为 1 253.8 mm。

1.2 试验设计

选取三叶裂漆 (*Rhus trilobata*)、美国皂荚 (*Gleditsia triacanthos*)、复叶槭 (*Acer negundo*)、茶条槭 (*Acer ginnala*) 等 4 个树种作为主要试材。将种子进行前期处理, 其中将三叶裂漆种子用 1% Na_2CO_3 溶液浸泡后沙藏 100 d, 将美国皂荚种子用浓硫酸腐蚀 30 s, 将复叶槭种子、茶条槭种子沙藏处理 90 d。

基于前人研究经验^[10], 本研究共设计 5 个不同的土壤盐分浓度处理: CK (0.047%)、T1 处理 (0.1%)、T2 处理 (0.3%)、T3 处理 (0.5%)、T4 处理 (0.7%)。供试土壤为赵家生态园内土壤 (盐分浓度 0.047%) 与江苏省东台市滨海地区盐碱化土壤 (盐分浓度 1.25%) 混合配制而成。每个处理重复 3 次。试验在若干个 8 m (长) × 2 m (宽) × 0.3 m (深) 的蒸渗仪中进行, 蒸渗仪主要材料为水泥与砖块, 在其侧壁与底部铺有塑料薄膜以防止盐分流失。将配制的土壤置入蒸渗仪后, 将种子以条状形式施入蒸渗仪, 并于种子表面覆盖薄膜保温、保湿。

1.3 测定项目与方法

对每个处理随机选取 4 株苗木用于测定耐盐指标。

光合指标测定: 利用英国产的 LGi 便携式光合测定仪测定苗木第 3 张至第 4 张功能叶片的净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s)、胞间 CO_2 浓度 (C_i)、蒸腾速率 (T_r) 等主要光合指标。测定参数为: 叶温 26℃, CO_2 浓度 420 $\mu\text{L/L}$, 光通量 1 000 ~ 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

植株器官中 Na^+ 、 K^+ 浓度测定: 将植株分为叶、茎、根等三部分, 对每部分称取 0.5 g 样品, 用浓 HNO_3 、 HClO_4 进行消化处理, 再利用分光光度法测定样品中的 Na^+ 、 K^+ 浓度^[11-12]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 17.0 软件进行显著性分析, 采用 Matlab 7.1 软件对熵权系数评价模型进行编程。

2 结果与分析

2.1 盐分胁迫对苗木耐盐指标的影响

由表 1 可见, 除三叶裂漆出苗率在 0.1% 盐分水平下有轻微上升外, 其他苗木的出苗率均随盐分增加呈显著下降趋势, 并在 0.7% 盐分浓度水平时降至最低值, 其中复叶槭、茶条槭在 0.7% 盐分水平下无法出苗。

不同盐分含量对苗木净光合速率也有影响, 但 0.1%、0.3% 盐分水平对苗木净光合速率影响不大, 部分苗木在 0.1% 盐分水平下净光合速率略有上升, 而净光合速率大幅下降的情况出现在 0.5% 盐分水平, 这说明土壤盐分含量超出

收稿日期: 2013-11-08

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (编号: 200903001)。

作者简介: 杨倩 (1985—), 女, 河南长葛人, 硕士, 助教, 从事园林园艺研究。E-mail: yangqian8505@126.com。

一定范围才会对苗木净光合速率产生影响。相对而言,三叶裂漆净光合速率降幅较低,0.7%盐分水平时其降幅为43.24%,其他苗木降幅均超过50%。盐分胁迫下气孔导度的变化规律与净光合速率相似,不同苗木气孔导度在0.5%盐分水平显著下降,在0.7%盐分水平下降至最低值,此时三叶裂漆、美国皂荚气孔导度分别为0.62、0.11 mmol/(m²·s)。不同盐分胁迫处理对苗木细胞间CO₂浓度影响不大,除三叶

裂漆细胞间CO₂浓度在5‰盐分水平下出现显著下降外,其他苗木细胞间CO₂浓度在不同盐分条件下变化并不明显。高盐分条件下苗木蒸腾速率下降明显,但不同苗木的变化规律不尽相同,如三叶裂漆、复叶槭、茶条槭在0.1%~0.7%盐分区间呈先上升后下降趋势,而美国皂荚在0.1%~0.7%盐分区间出现骤降,在0.7%盐分水平时其蒸腾速率降至3.4 mmol/(m²·s)。

表 1 盐分胁迫下各苗木出苗率与主要光合指标

土壤盐分 含量	出苗率(%)				净光合速率[μmol/(m ² ·s)]				气孔导度[mmol/(m ² ·s)]			
	三叶裂漆	美国皂荚	复叶槭	茶条槭	三叶裂漆	美国皂荚	复叶槭	茶条槭	三叶裂漆	美国皂荚	复叶槭	茶条槭
0.1	109.7a	98.7a	70.7b	76.3b	8.5a	9.5a	8.2a	9.3ab	0.80bc	0.38b	0.35b	0.48a
0.3	101.7a	84.7b	44.3c	41.0c	11.7a	9.0a	7.1b	9.9a	1.17a	0.31c	0.59a	0.40b
0.5	66.3b	52.7c	22.7d	18.0d	7.3b	4.1b	3.4c	8.5bc	0.78c	0.22d	0.39b	0.35b
0.7	42.7c	34.7d			6.3c	2.2c			0.62d	0.11e		
CK	100.0a	100.0a	100.0a	100.0a	11.1a	8.9a	8.3a	8.1c	0.95b	0.47a	0.33b	0.40b

土壤盐分 含量	细胞间CO ₂ 浓度(μL/L)				蒸腾速率[mmol/(m ² ·s)]			
	三叶裂漆	美国皂荚	复叶槭	茶条槭	三叶裂漆	美国皂荚	复叶槭	茶条槭
0.1	343.0b	312.7a	305.7ab	308.0a	22.1bc	12.7b	13.7b	18.5b
0.3	381.3a	311.7a	327.0a	312.7a	24.0ab	8.7c	13.9b	20.5a
0.5	324.7b	308.3a	294.3b	295.3a	20.6c	6.0d	13.5b	15.5c
0.7	319.3b	302.3a			20.0c	3.4e		
CK	349.0b	311.3a	302.0b	310.0a	25.5a	17.4a	15.3a	16.4c

注:同列数字后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

由图1可见,盐分胁迫对复叶槭的Na⁺/K⁺影响最大,随盐分水平上升,复叶槭幼苗植株叶、茎、根的Na⁺/K⁺均出现明显上升,尤其是复叶槭根的Na⁺/K⁺在0.5%盐分水平时大幅上涨。茶条槭叶、茎的Na⁺/K⁺在0.1%~0.5%盐分水平时的变化规律均为先上升后下降,而根的Na⁺/K⁺随土壤盐

分增加一直呈上升趋势,但增幅不如复叶槭明显。三叶裂漆、美国皂荚幼苗器官中的Na⁺/K⁺在不同盐分处理条件下变化规律不明显。支欢欢认为,三叶裂漆可能是通过吸钾排钠的方式来维持植株体内的Na⁺/K⁺,其具体原因还须试验验证^[10]。

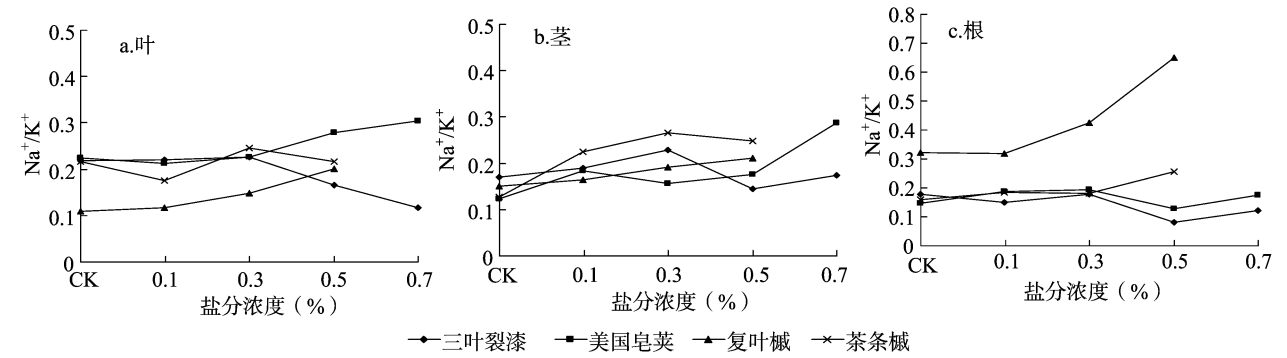


图1 不同苗木各器官的Na⁺/K⁺

2.2 熵权系数建模

选取15个耐盐能力评价指标,分别为0.1%、0.3%、0.5%盐分水平下不同苗木的出苗率、净光合速率,以及叶、茎、根的Na⁺/K⁺。

利用熵权系数评价模型对不同苗木的耐盐能力进行评价,设苗木耐盐能力的评价指标为n个,共有m种苗木,m种苗木对应n个指标的指标值构成评价矩阵为:

$$R = (r_{ij})_{m \times n}, \tag{1}$$

式中: r_{ij} 为第*i*种苗木第*j*个指标值。

对于某个指标*r_j*,有信息熵:

$$E_j = - \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (j=1,2,3,\cdots,n), \tag{2}$$

$$p_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^m r_{ij} \tag{3}$$

第*j*个指标值的熵值为:

$$e_j = \frac{1}{\ln m} E_j \quad (j=1,2,3,\cdots,n); \tag{4}$$

第*j*个指标的客观权重为:

$$\theta_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j); \tag{5}$$

式中: $0 \leq \theta_j \leq 1, \sum_{j=1}^n \theta_j = 1$,试验也考虑决策者的主观判断经验,将决策者的主观权重($w_1, w_2, w_3, \cdots, w_n$)与客观权重 $\theta_j (j=1, 2, 3, \cdots, n)$ 相结合可得最终的指标权重为:

$$\alpha_j = \theta_j \frac{\bar{\omega}_j}{\sum_{j=1}^n \theta_j \bar{\omega}_j} \quad (6)$$

设矩阵 R 中每列最优值为 r_j^* , 对该矩阵中的元素作标准化处理, r_j^* 的大小因为评价指标性质而异。评价指标值分为 2 类: r_j^* 越大越优, 即收益性指标; r_j^* 越小越优, 即损失性指标。整理得:

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{r_{ij}}{r_j^*} & r_j^* = \max \{ r_{ij} \} \\ \frac{r_j^*}{r_{ij}} & r_j^* = \min \{ r_{ij} \} \end{cases} \quad (7)$$

不同苗木的综合评价系数熵权评价价值 λ_i 可表示为:

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^n \alpha d_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (8)$$

权衡上述 15 个耐盐能力评价指标, 熵权评价价值越大说明该苗木耐盐能力越强。

2.3 不同苗木耐盐能力评价

在苗木耐盐能力评价过程中, 本研究倾向于评价苗木在高盐分情况下的耐盐能力, 因此在赋予主观权重过程中, 将 0.5% 盐分水平下指标值的主观权重全部设定为 0.1, 其他指标均为 0.05。由图 2 可见, 根据熵权系数评价价值越大越优的原则, 4 种苗木耐盐能力由强到弱依次为三叶裂漆、美国皂荚、茶条槭、复叶槭。因此认为三叶裂漆为耐盐能力最强的苗木。三叶裂漆在高盐分条件下的出苗率、净光合速率降幅比其他树种要小, 且根、茎、叶的 Na^+/K^+ 变化幅度也小于其他树种, 在高盐分环境下体现了更好的稳定性。

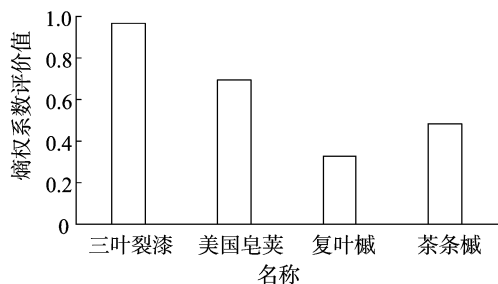


图2 不同苗木耐盐能力熵权系数评价价值

3 结论与讨论

3.1 苗木耐盐指标与土壤含盐量

在一定盐分浓度范围内, 盐分胁迫对苗木出苗率、光合指标及器官中的 Na^+/K^+ 影响不大, 一旦超过该盐分浓度范围, 苗木出苗率、净光合速率、气孔导度等指标会出现大幅下降, 而器官中 Na^+/K^+ 呈上升趋势。三叶裂漆在高盐分条件下出苗率与净光合速率等指标降幅相对较小, 器官中 Na^+/K^+ 变化不大; 复叶槭、茶条槭受盐分胁迫影响, 出苗率与主要光合指标出现大幅下降, 其中复叶槭根的 Na^+/K^+ 在高盐分条件下骤然上升。

李军认为, 0.3% 盐分条件对苗木出苗率有促进作用, 而盐分浓度为 0.6% 时植物生长受到明显限制^[13], 这与本研究结果相似。本研究表明, 0.1%、0.3% 盐分水平对供试苗木出苗率与光合指标影响相对较小, 0.5% 盐分浓度为苗木出苗率、净光合速率、气孔导度等指标大幅下降的转折点。

3.2 耐盐能力评价模型

根据熵权系数评价模型的计算结果, 三叶裂漆的熵权系

数评价价值最大, 达到 0.966, 为耐盐能力最强的树种, 在高盐分条件下其评价指标的稳定性要优于其他树种。

熵权系数评价模型的优势在于能够将主观权重与客观权重有机结合, 从而避免了单独使用主观权重或客观权重的片面性, 且其原理科学、计算简便、实用性很强。相比而言, 在高维数据分析领域常用的投影寻踪分类模型^[14-15]与主成分分析法^[16-17]相对更注重数据的原始信息与结构, 对决策者经验和主观信息考虑不够, 存在一定的片面性, 但如果数据结构庞大, 且各指标具备同等的重要性 (可不考虑主观权重), 也可选择上述 2 种模型进行分析。本研究中由于对高盐度情况下苗木耐盐能力的偏向性, 运用熵权系数评价模型能取得更好效果。

参考文献:

- [1] 乔旭, 黄爱军, 褚贵新. 植物对盐分胁迫的响应及其耐盐机理研究进展[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(11): 2089-2094.
- [2] 张建锋, 张旭东, 周金星, 等. 盐分胁迫对杨树苗期生长和土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(3): 426-430.
- [3] 郑容妹, 郑郁善, 张梅, 等. 盐分胁迫对沿海绿竹光合作用及叶绿素的影响[J]. 竹子研究汇刊, 2002, 21(4): 76-80.
- [4] 汪贵斌, 曹福亮. 土壤盐分及水分含量对落羽杉光合特性的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(3): 14-18.
- [5] 贺林, 王文卿, 林光辉. 盐分对滨海湿地植物番杏生长和光合特征的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(12): 3044-3049.
- [6] 田德龙, 史海滨, 闫建文, 等. 盐分胁迫下水、肥对向日葵光合特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(5): 73-77.
- [7] 王宇超, 王得祥. 盐胁迫对木本滨藜叶绿素合成及净光合速率的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 151-158.
- [8] Saeedipour S. Comparison of some biochemical substances in two indica rice varieties in response to salt stress at seedling stage[J]. Research on Crops, 2010, 11(2): 219-230.
- [9] Sun Y, Lu Z F. Impacts of salt stress on characteristics of photosynthesis and chlorophyll fluorescence of sorghum seedlings[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(16): 3265-3272.
- [10] 支欢欢. 天津滨海地区盐碱土离子分析及耐盐树种筛选研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [11] Hasegawa P M. Sodium (Na^+) homeostasis and salt tolerance of plants[J]. Environmental and Experimental Botany, 2013, 92(10): 19-31.
- [12] Mahmood K. Salinity tolerance in barley (*Hordeum Bulgare* L.): Effects of varying NaCl K^+/Na^+ and NaHCO_3 levels on cultivars differing in tolerance[J]. Pakistan Journal of Botany, 2011, 43(3): 1651-1654.
- [13] 李军. 盐分胁迫条件下蓖麻苗期对外源钙调节的响应[D]. 扬州: 扬州大学, 2011.
- [14] Shao X H, Hou M M, Chen L H, et al. Evaluation of subsurface drainage design based on projection pursuit[J]. Energy Procedia, 2012, 16: 747-752.
- [15] Hou M M, Shao X H, Chen L H, et al. Study on fertilizer N leaching, accumulation, and balance in tobacco fields with N-15 tracing technique[J]. Journal of Food Agriculture & Environment, 2012, 10(2): 1284-1289.
- [16] 王峰, 杜太生, 邱让建. 基于品质主成分分析的温室番茄亏缺灌溉制度[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 75-80.
- [17] Ul-Saufie A Z, Yahaya A S, Ramli N A, et al. Future daily PM10 concentrations prediction by combining regression models and feedforward backpropagation models with principle component analysis (PCA)[J]. Atmospheric Environment, 2013, 77(10): 621-630.