

滩涂互花米草生长盐分区间及其化感作用

成海¹, 陈浩¹, 刘月², 陈亚芹¹, 张亚楠¹, 李洪山²

(1. 江苏盐城国家级珍禽自然保护区管理处, 江苏盐城 224057; 2. 盐城工学院, 江苏盐城 224051)

摘要 以互花米草为试验材料, 比较其在不同盐质量分数下水培(0~2.9%)和土培(0~2.0%)的出苗及生长情况, 并采用不同固液比的互花米草烘干根茎浸提液浓缩液(0, 0.02, 0.04 g/mL)测定对小麦、盐地碱蓬种子发芽率的影响及化感作用。结果表明, 无论在水培还是土培环境下, 互花米草对不同盐质量分数处理呈现出不同的适应性, 盐质量分数高对互花米草出苗具有抑制作用。在盐质量分数为0~2.5%下水培和盐质量分数为0~1.1%下土培, 互花米草均有可出苗, 可知互花米草水培、土培生长盐分区间分别为0~2.5%、0~1.1%。化感作用中, 随互花米草浸提液浓度增加, 7 d时小麦种子的发芽率下降、盐地碱蓬种子的发芽率上升, 可知互花米草根茎浸提液对小麦种子的发芽具有抑制作用, 但对盐地碱蓬种子的作用相反。

关键词 互花米草; 生长区间; 盐分; 化感作用

中图分类号 Q 948 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)14-0067-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.14.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Salinity Interval and Its Allelopathy of *Spartina alterniflora* in Tidal Flats

CHENG Hai¹, CHEN Hao¹, LIU Yue² et al (1. Jiangsu Yancheng National Rare Birds Nature Reserve Management Office, Yancheng, Jiangsu 224057; 2. Yancheng Institute of Technology, Yancheng, Jiangsu 224051)

Abstract Using *Spartina alterniflora* as the test material, the seedling emergence and growth of *Spartina alterniflora* were compared under different salt content hydroponics (0-2.9%) and soil culture (0-2.0%). The effects and allelopathy of different solid-liquid ratios of *S. alterniflora* root and stem extracts (0, 0.02, 0.04 g/mL) on the germination rate of wheat and *Suaeda salsa* seeds were determined. The results showed that *S. alterniflora* showed different adaptability to different salt mass fractions in both hydroponics and soil culture, and high salt mass fractions had an inhibitory effect on the emergence of *S. alterniflora*. The seedlings of *S. alterniflora* could both emerge when the salt mass fractions was 0-2.5% in hydroponics and 0-1.1% in soil culture. The salinity range of *S. alterniflora* hydroponics and soil culture was 0-2.5% and 0-1.1%, respectively. In allelopathy, with the increase of *S. alterniflora* extract concentration, the germination rate of wheat seeds decreased and the germination rate of *Suaeda salsa* seeds increased at 7 d, indicating that *S. alterniflora* root and stem extract had inhibitory effect on the germination of wheat seeds, but the opposite effect on *Suaeda salsa* seeds.

Key words *Spartina alterniflora*; Growth interval; Salt; Allelopathy

互花米草(*Spartina alterniflora*)是禾本科虎尾草族米草属的一种耐盐植物, 根系发达, 一般可深入到土下30 cm, 最多深达100 cm, 互花米草种子成熟期在8—12月份, 长达5个月^[1-3]。互花米草对环境具有广泛的适应, 可以促进泥沙沉积, 有保护滩涂和堤岸的作用, 特别对盐分有较强的适应性, 常生长繁殖在沿海地区^[4-6]。为了改善生态环境, 我国从20世纪80年代开始引进互花米草, 后自主蔓延, 截至目前, 我国沿海互花米草分布密集^[7]。目前由于在沿海环境中能迅速扩散和繁殖, 已经严重威胁到当地的生物物种和资源^[8], 互花米草叶的水浸提液对被入侵生境的本地种具有明显的化感作用^[9]。我国在2003年将互花米草列为首批外来入侵物种^[10], 笔者以氯化钠盐为试剂, 研究互花米草生长盐分区间, 以及互花米草根茎水浸提液对其他植物的化感作用, 以期了解互花米草与其他植物之间的生长关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料 互花米草苗采于江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区内沿海滩涂, 小麦、盐地碱蓬等种子购于市场, 试验用土壤采自盐城市区周边农田。

1.2 水培试验 用清水配制不同质量分数的氯化钠溶液

(以下简称盐溶液), 研究互花米草种子的出苗试验, 设置盐质量分数0、0.3%、0.5%、0.7%、1.0%、1.5%、1.7%、2.0%、2.4%、2.9%, 将互花米草根放入盆钵的不同质量分数的盐溶液中, 用塑料袋封口, 并扎洞使互花米草苗伸出塑料袋直立生长, 每个质量分数盐处理重复4次, 在第5天和第30天观察互花米草出苗情况及苗的生长高度等指标, 计算出苗率、日增长量, 公式如下:

出苗率 = $\frac{\text{出苗数}}{\text{供试数}} \times 100\%$ (1)

日增长量(cm/d) = $\frac{\text{新增株高}}{\text{增长天数}}$ (2)

在得出互花米草适宜生长处理区间的基础上, 将盐溶液质量分数处理差异进一步缩小, 得到明确的互花米草适宜生长的盐溶液质量分数范围, 步骤同上。

1.3 土培试验 设置土壤含盐质量分数为0、0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2.0%, 盆中2/3土, 取1株互花米草苗, 放入土深3 cm处, 每次盆中浇水至土壤渗透而不溢出, 每个处理5次重复, 第5天和第30天观察出苗情况及苗的生长高度等指标, 计算出苗率、日增长量, 公式同“1.2”。

在得出互花米草适宜生长含盐量处理区间的基础上, 将土壤含盐量处理差异进一步缩小, 得到明确的互花米草适宜生长的土壤含盐量大小范围, 步骤同上。

1.4 互花米草对小麦、盐地碱蓬生长的影响

1.4.1 互花米草根茎浸提液的制备。 收集互花米草根茎, 冲

基金项目 2020年江苏省林业科技创新与推广项目“沿海滩涂湿地互花米草控制及碱蓬群落原位恢复技术集成示范”(LYKJ[2020]07)。

作者简介 成海(1972—), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事生态修复与动物保护研究。

收稿日期 2021-09-06

洗干净后烘干研碎,分别称取干重为 10、20 g 研碎根茎放入 500 mL 容量瓶中,在室温下静置 48 h,得到 0.02、0.04 g/mL 的互花米草根茎浸提液,并以清水作为对照组。

1.4.2 发芽试验。把滤纸浸透浸提液放入发芽盒中,每个发芽盒放入 50 粒晾干的种子,每个处理重复 4 次。将发芽盒放在 $(24 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的光照培养箱中,培养 7 d,定时补充相应浓度的浸提液。在第 3 天和第 7 天观察并记录种子的发芽情况,计算发芽率,公式如下:

$$\text{发芽率} = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (3)$$

1.5 数据处理与统计方法 用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析及 Duncan 法进行多重比较,采用 GraphPad Prism 8.2 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 不同盐质量分数处理对水培互花米草出苗的影响 在水培条件下,第 5 天时不同盐质量分数处理下的互花米草有出苗现象,第 30 天时在不同盐质量分数处理的互花米草出苗数全部达到峰值,在水培盐质量分数为 2.9% 时,第 5 天和第 30 日均没有出苗。水培盐质量分数不同,互花米草出苗有差别,数据表明,水培条件下盐质量分数较低的比较高的更有利于出苗,在盐质量分数为 0~2.5% 均可以出苗。较低盐水培环境虽然利于互花米草出苗,但有抑制生长的趋势,较低盐水培苗日增长量比高盐水培苗小。单因素方差分析表明,在不同盐质量分数水培下的互花米草苗高度之间日增长量有显著差异 ($F = 23.75^{**}$),日均株高增加 0.86~1.21 cm,盐质量分数越低,日增长量越小。

进一步细化以盐质量分数为 2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9% 水培进行研究,结果表明,除质量分数 2.5% 盐用量外,其余盐质量分数下的出苗率均为 0,综上所述,互花米草适宜

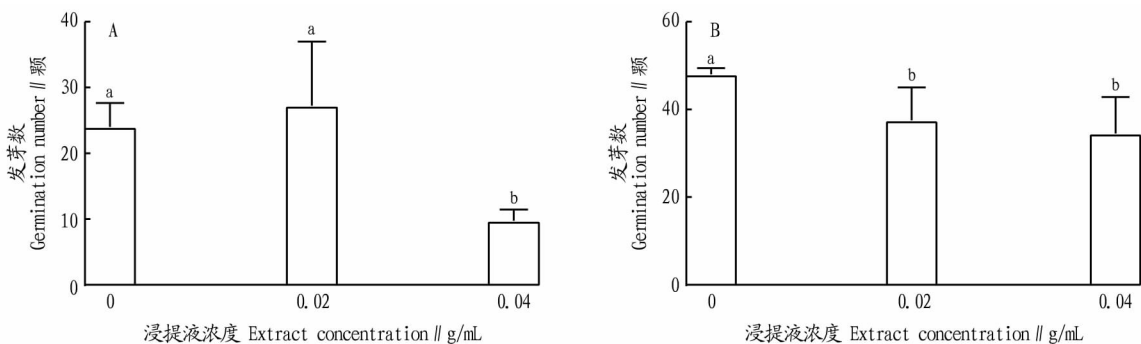
生长盐质量分数为 0~2.5%。

2.2 不同盐质量分数处理对土培互花米草出苗的影响 在土培条件下,第 5 天有互花米草出苗,第 30 天不同盐质量分数下的互花米草出苗数全部达到峰值,在土培盐质量分数 1.2% 以上时,第 5 天、第 30 天都没有互花米草出苗。土壤盐质量分数不同,出苗有所差别,与水培的一样,盐质量分数较低的土壤比其较高的土壤更有利于出苗,方差分析显示土壤不同盐质量分数之间的互花米草生长没有显著差异,日均株高增加 1.30~1.41 cm。

进一步以土壤盐质量分数 0.9%、1.0%、1.1% 进行培养,第 30 天时都有出苗,综合表明,互花米草适宜生长土壤盐质量分数为 0~1.1%。

2.3 互花米草根茎浸提液对小麦发芽的影响 随着互花米草根茎浸提液浓度的增加,小麦的发芽率呈现下降趋势,可见互花米草根茎浸提液对小麦种子的发芽具有抑制作用。在互花米草浸提液为 0.02 g/mL 与对照组处理下相比,其发芽率下降了 21.9%,在互花米草浸提液为 0.04 g/mL 与对照组处理下相比,其发芽率下降了 28.1%。

单因素方差分析显示,第 3 天时 0、0.02、0.04 g/mL 3 种不同互花米草根茎浸提液浓度下的发芽数之间存在极显著差异;根据 Duncan 法多重比较结果(图 1A)可知,互花米草浸提液浓度为 0 与 0.02 g/mL 处理对小麦种子的发芽数无显著差异,互花米草浸提液浓度 0.04 g/mL 的处理对小麦种子的发芽数与其他 2 个处理之间有显著差异。单因素方差分析显示,第 7 天时 0、0.02、0.04 g/mL 3 种不同互花米草根茎浸提液浓度下的发芽数之间存在极显著差异;根据 Duncan 法多重比较结果(图 1B)可知,用互花米草浸提液处理后的发芽数与没有处理过的有显著差异,不同互花米草浸提液浓度处理后的发芽数之间没有达到显著性差异。



注:不同小写字母表示 Duncan 法多重比较差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant differences in Duncan's multiple comparisons ($P < 0.05$)

图 1 第 3 天(A)、第 7 天(B)互花米草浸提液浓度与小麦种子发芽数的关系

Fig.1 The relationship between the concentration of *S.alterniflora* extract and the germination number of wheat seeds on the 3rd day (A) and the 7th day (B)

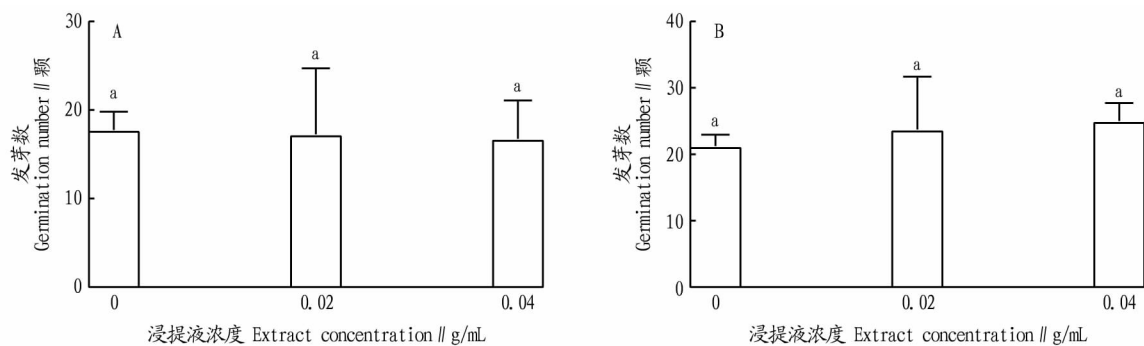
2.4 互花米草根茎浸提液对盐地碱蓬发芽的影响 盐地碱蓬种子在互花米草浸提液浓度为 0.02 g/mL 时,与对照组处理相比,7 d 时的发芽率升高了 11.8%;在互花米草浸提液浓度为 0.04 g/mL 时,与对照组处理相比,发芽率升高了 17.6%。互花米草根茎浸提液对盐地碱蓬种子的初期发芽有抑制作

用。但 Duncan 法多重比较结果(图 2)显示,互花米草根茎浸提液处理与否、处理浓度大小之间均没有达到显著性差异。

通过互花米草浸提液对小麦、盐地碱蓬的化感作用研究表明,互花米草浸提液对小麦发芽有明显的抑制作用,对盐

地碱蓬发芽产生促进作用。一般情况,化感作用是由于互花米草根茎具有有毒性的化学物质,互花米草对其他植物的化

感作用是通过抑制根部吸收利用、酶的活性等,互花米草化感作用多元化。



注:不同小写字母表示 Duncan 法多重比较差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicate significant differences in Duncan's multiple comparisons ($P<0.05$)

图2 第3天(A)、第7天(B)互花米草浸提液浓度与盐地碱蓬种子发芽数的关系

Fig.2 The relationship between the concentration of *Spartina alterniflora* extract and the germination number of *Suaeda salsa* seeds on the 3rd day (A) and the 7th day (B)

3 讨论与结论

互花米草的植株高度与环境盐分有关联,陈伟霖等^[9]研究1%、2%、3%盐质量分数处理下互花米草的生长指标表明,随着盐质量分数的升高,互花米草的植株高度显示出下降趋势。该研究通过水培和土培出苗试验表明,在低盐质量分数处理下,互花米草出苗有一定的促进作用,在高盐质量分数处理下,互花米草的出苗生长受到限制。可能是因为互花米草具有较强的泌盐作用,可将体内过多的盐分泌出体外,能适应一定的盐质量分数环境。当盐质量分数过高,将导致互花米草对水的利用率降低,进而影响其生长。

在水培中,互花米草在不同盐质量分数中生长情况不一致,盐质量分数较高的水培环境抑制了互花米草的生长,盐质量分数较低的水培环境更利于互花米草的生长,水培互花米草的盐分适宜生长区间为0~2.5%。土培中互花米草生长趋势与水培的趋势一致,盐质量分数较高的土壤抑制了互花米草的生长,盐质量分数较低的土壤环境更利于互花米草的生长,但土培互花米草的盐分适宜生长区间比水培小,为0~1.1%。

互花米草根茎浸提液对供试植物发芽有影响,随浓度增加对小麦发芽抑制作用愈明显,但对盐地碱蓬种子发芽没有明显影响。

参考文献

[1] 王卿.互花米草在上海崇明东滩的入侵历史、分布现状和扩张趋势的预测[J].长江流域资源与环境,2011,20(6):690-696.
[2] 秦卫华,王智,蒋明康.互花米草对长江口两个湿地自然保护区的入侵[J].杂草科学,2004,22(4):15-16.
[3] 王卿,安树青,马志军,等.入侵植物互花米草:生物学、生态学及管理[J].植物分类学报,2006,44(5):559-588.
[4] BERTNESS M D.Zonation of *Spartina patens* and *Spartina alterniflora* in New England salt marsh[J].Ecology,1991,72(1):138-148.
[5] 石福臣,鲍芳.盐和温度胁迫对外来种互花米草(*Spartina alterniflora*)生理生态特性的影响[J].生态学报,2007,27(7):2733-2741.
[6] 赵吉强,李丽霞,陈世华,等.不同盐浓度处理对互花米草生长及离子含量的影响[J].安徽农业科学,2011,39(4):1942-1943,1953.
[7] 宋连清.互花米草及其对海岸的防护作用[J].东海海洋,1997,15(1):11-19.
[8] 沈永明,杨劲松,曾华,等.我国对外来物种互花米草的研究进展与展望[J].海洋环境科学,2008,27(4):391-396.
[9] 陈伟霖,梁梓娇,缪绅裕,等.不同盐度下互花米草生长状况的比较研究[J].广东农业科学,2017,44(4):67-72.
[10] 杨东,万福绪.外来入侵种互花米草的研究进展[J].植物保护,2014,40(2):5-10.

(上接第66页)

弱盐渍土段落清除表土40~60 cm,中盐渍土段落清除表土60 cm,强盐渍土段落清除表土60~80 cm,填筑非一弱盐渍土至路床底部设计标高。

参考文献

[1] 杨劲松.中国盐渍土研究的发展历程与展望[J].土壤学报,2008,45(5):837-845.
[2] 王丹阳.基于不同盐渍度的黄三角滨海盐渍土水盐定量反演[D].泰安:山东农业大学,2020.
[3] 付腾飞,张颖,徐兴永,等.山东滨海低平原区盐渍土盐分的时空变异研究[J].海洋开发与管理,2017,34(12):38-45.
[4] 马莉.崇明土壤盐分时空分布特征研究[D].上海:上海师范大学,2017.
[5] 付腾飞.滨海典型地区土壤盐渍化时空变异及监测系统研究应用[D].

青岛:中国科学院研究生院(海洋研究所),2015.
[6] 周忠勤,叶景艳,董军林,等.南通某沿海地区盐渍土分布特征及其腐蚀性研究[J].海洋开发与管理,2014,31(4):42-45.
[7] 廉晓娟,李明悦,王艳,等.基于GIS的天津滨海新区土壤盐渍化空间分布研究[J].安徽农业科学,2012,40(5):2746-2748,2751.
[8] 席人双.含盐量对盐渍土力学特性的影响[J].铁道建筑,2016,56(10):86-88,92.
[9] 张宁宁,骆亚生.易溶盐对黄土强度特性的影响[J].人民黄河,2014,36(8):103-105.
[10] 李宏波,沈晖,沈杰.粉煤灰固化超盐渍土的抗剪强度及耐久性[J].兰州理工大学学报,2015,41(3):140-144.
[11] 潘肖燕.滨海平原区土壤盐分反演及时空演变研究:以黄骅市为例[D].保定:河北农业大学,2020.
[12] 鄂宇迪,徐雅婧,冯君.松嫩平原不同微地貌上土壤剖面盐分组成及其分布特征[J].土壤通报,2021,52(3):535-543.