

施加不同量外源氮和互为伴生种下碱蓬和盐地碱蓬生物量变化的野外模拟实验

起德花^{1,2}, 刘晓玲¹, 王光美^{1*}, 朱书玉³

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东 烟台 264003;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 山东省黄河三角洲自然保护区管理局, 山东 东营 257091)

摘要:2017年5月2日~6月27日,在黄河三角洲滨海湿地生态试验站中,采用野外模拟实验方法,布设了108根PVC管,在盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)和碱蓬(*Suaeda glauca*)互为伴生种条件下,移栽两种植物,在每根管中,优势种的种植密度分别为4株和2株,伴生种的种植密度为1株;在无伴生种条件下,优势种的种植密度为1株。考虑黄河三角洲地区氮沉降情况,以尿素作为外源氮,设置了0 g/m²氮、15 g/m²氮和30 g/m²氮3种外源氮输入量,开展了碱蓬和盐地碱蓬的生物量变化研究。研究结果表明,在有伴生种条件下,当每根PVC管中优势种的种植密度为4株和2株时,随着氮输入量提高,碱蓬和盐地碱蓬平均单株生物量都显著增高;在无伴生种的条件下,当外源氮输入量为15 g/m²氮和30 g/m²氮时,碱蓬生物量[(58.050±2.560) g/株和(58.740±3.170) g/株]显著高于无外源氮输入[(20.850±0.640) g/株],盐地碱蓬生物量[(82.640±1.330) g/株和(111.960±6.400) g/株]显著高于无外源氮输入[(37.500±1.750) g/株]。外源氮输入量提高促进了盐地碱蓬和碱蓬生物量的积累,盐地碱蓬生物量增加幅度更大,对盐地碱蓬生长的促进作用更强。

关键词:外源氮输入量;盐地碱蓬;碱蓬;生物量

中图分类号:X173 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5948(2019)01-119-04

不同植物对氮的吸收能力和利用效率存在差异,土壤中氮的增加对各物种的影响也存在差异,进而导致种间竞争能力发生改变^[1-3]。

盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)和碱蓬(*Suaeda glauca*)同属藜科(Chenopodiaceae)碱蓬属,都为一年生草本盐生植物,形态特征相似。野外调查表明,盐地碱蓬和碱蓬普遍混生。两种植物在黄河三角洲滨海地区分布广泛^[4,5],且具有较高的食用和饲用价值^[6]。一般认为,盐地碱蓬的耐盐能力更强,但竞争能力较弱^[7]。也有研究发现,碱蓬同样具有较高的耐盐能力^[8,9]。

本研究采用野外模拟实验方法,探究不同外源氮输入量下盐地碱蓬和碱蓬生物量的变化,以为未来氮供应条件改变下两种群落生物量变化提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验地

本研究在中国科学院黄河三角洲滨海湿地生态试验站(37°45'46.29"N, 118°58'56.21"E)内开展,实验区域的中心坐标为(37°45'46.67"N, 118°58'55.56"E)。该区气候属暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温为12.9℃,年降水量为550~640 mm,年蒸发量为1 900~2 400 mm,75%的降水集中在6~9月。该区优势植物为碱蓬、盐地碱蓬、芦苇(*Phragmites australis*)和怪柳(*Tamarix chinensis*)。该区水文过程主要受降水和地下水位相互作用影响,在雨季(6~9月)受强降水和较高的地下水位影响,产生小于20 cm的地表积水。

1.2 实验设计

2017年4月,在试验站内碱蓬和盐地碱蓬密

收稿日期:2018-12-28; 修订日期:2019-01-31

基金项目:中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-STZ-ZDTP-023)和山东省林业科技创新项目(LYCX07-2018-39)资助。

作者简介:起德花(1993-),女,彝族,云南省楚雄人,硕士研究生,主要从事植物竞争方面的研究。E-mail: dhqi@yic.ac.cn

*通讯作者:王光美,副研究员。E-mail: gmwang@yic.ac.cn

度相近的混生区,采集0~20 cm深度土壤,作为实验用土。土壤经人工混匀过筛后,测定其pH为8.18,含盐量为6.37%,全碳、全氮、全磷、速效氮和速效磷质量比分别为13.89 mg/g、0.34 mg/g、0.61 mg/g、13.81 mg/kg和6.55 mg/kg。

2017年5月2日,在试验站碱蓬与盐地碱蓬混生区,选取长势良好、植株尺寸相似的碱蓬幼苗和盐地碱蓬幼苗,共分别选择了162株碱蓬幼苗和162株盐地碱蓬幼苗,用于实验。

在植物生长季(5~11月),黄河三角洲大气氮沉降量已达2.26 g/m²[10]。受农田肥料流失和土地利用状况等因素的影响,黄河三角洲地区未来的氮沉降量可能会持续增大[11]。考虑目前黄河三角洲地区和华北地区氮沉降现状,设置3种外源氮输入量分别为0 g/m²氮、15 g/m²氮和30 g/m²氮。本研究以尿素(含氮46.6%)作为外源氮。在每种氮输入量下,进行6次重复实验。将129.3 g、258.6 g尿素分别溶解于5 L去离子水中,配置成浓度分别为25.86 g/L和51.72 g/L的尿素溶液,其对应于15 g/m²氮和30 g/m²氮的外源氮施加量。

实验选用高为33 cm、直径为32 cm且底部不密封的PVC管,作为种植碱蓬和盐地碱蓬幼苗的器皿。实验前,将PVC管埋于地下,管口高出地面3 cm,将混匀土壤装入,土面距离管口2 cm,盆距为33 cm。共布设108根PVC管。其中,每种施肥量对应36根PVC管。

在有伴生种条件下,在每根PVC管中,优势种的种植密度为4株和2株,伴生种的种植密度为1株;在无伴生种条件下,在每根PVC管中,只种植1株植物。

于2017年5月2日,按照种植密度,将两种植物栽入PVC管中。

于2017年5月16日,在碱蓬和盐地碱蓬已完全缓苗并开始生长时,向每根PVC管中施加100 mL配置好的、对应质量浓度的尿素溶液或等量去离子水(0 g/m²氮)。施肥后不再浇水。

2017年6月27日,在外源氮施入42 d后,实验结束。将所有植株整株取出,洗净后,置于烘箱中,于70 °C下,烘干至恒质量,测定其生物量。

1.3 数据处理与分析

采用单因素方差分析方法,分析不同外源氮输入量对盐地碱蓬和碱蓬生物量的影响。利用SPSS22.0软件,进行数据分析。

2 结果与讨论

在碱蓬为优势种、盐地碱蓬为伴生种条件下,当每根PVC管中碱蓬种植密度为4株和2株时,随着外源氮输入量的增加,碱蓬平均单株生物量都显著增高($n=6, p<0.05$),种植密度为4株时,输入氮量为15 g/m²氮和30 g/m²氮下的碱蓬生物量分别为无外源氮输入时的2.40倍和3.18倍。当种植密度为2株时,输入氮量为15 g/m²氮和30 g/m²氮下的碱蓬生物量分别为无外源氮输入时的1.95倍和3.29倍。在碱蓬为优势种、无伴生种条件下,随着外源氮输入量的增加,碱蓬生物量也逐渐增高(表1)。

在盐地碱蓬为优势种、碱蓬为伴生种条件下,当每根PVC管中碱蓬种植密度为4株和2株时,随着外源氮输入量的增加,盐地碱蓬平均单株生物量显著增高($n=6, p<0.05$),当种植密度为4株时,输入氮量为15 g/m²氮和30 g/m²氮下的盐地碱蓬生物量分别为无外源氮输入时的3.59倍和4.66倍。当种植密度为2株时,输入氮量为15 g/m²氮和30 g/m²氮下的盐地碱蓬生物量分别为无外源氮输入时的3.97倍和5.83倍。在盐地碱蓬为优势种、无伴生种条件下,随着外源氮输入量的增加,盐地碱蓬生物量也显著增高($n=6, p<0.05$)。

在无伴生种的条件下,当无外源氮输入时,碱蓬生物量为(20.850±0.640) g/株;当外源氮输入量为15 g/m²氮和30 g/m²氮时,碱蓬生物量分别为(58.050±2.560) g/株和(58.740±3.170) g/株,显著高于无外源氮输入($n=6, p<0.05$),但两者之间无显著差异。在无伴生种的条件下,当无外源氮输入时,盐地碱蓬生物量为(37.500±1.750) g/株;当外源氮输入量为15 g/m²氮和30 g/m²氮时,盐地碱蓬生物量分别为(82.640±1.330) g/株和(111.960±6.400) g/株,显著高于无外源氮输入且两者之间差异显著($n=6, p<0.05$)。

随着外源氮输入量提高,碱蓬和盐地碱蓬生物量都增高。在优势种密度相同,氮输入量也相同的条件下,盐地碱蓬的生物量大于碱蓬的生物量,且盐地碱蓬生物量增加幅度高于碱蓬生物量增加幅度。这说明外源氮输入量提高能促进盐地碱蓬和碱蓬的生长,但对盐地碱蓬生长的促进作用更大。

影响物种生长和物种间相互作用的因素有很多[5]。本研究仅为人工模拟条件下,对3种浓度尿素施加下碱蓬和盐地碱蓬生物量的变化做了初步

表 1 不同外源氮输入量下碱蓬和盐地碱蓬生物量

Table 1 Biomass of *Suaeda salsa* and *Suaeda glauca* under different extraneous nitrogen additive amounts

优势物种	密度(株/管)	氮输入量(g/m ²)	碱蓬生物量(g/株)	盐地碱蓬生物量(g/株)
碱蓬	4(优势种); 1(伴生种)	0	(4.900±0.338) ^a	(8.720±0.900) ^a
		15	(11.793±1.290) ^b	(29.960±2.900) ^b
		30	(15.558±1.583) ^c	(42.940±2.580) ^c
	2(优势种); 1(伴生种)	0	(8.920±0.925) ^a	(15.830±1.510) ^a
		15	(17.360±0.775) ^b	(31.380±2.280) ^b
		30	(29.365±1.805) ^c	(61.760±5.270) ^c
盐地碱蓬	1(优势种); 0(伴生种)	0	(20.850±0.640) ^a	—
		15	(58.050±2.560) ^b	—
		30	(58.740±3.170) ^b	—
	4(优势种); 1(伴生种)	0	(4.990±0.650) ^a	(6.358±0.545) ^a
		15	(7.300±0.870) ^a	(22.808±1.543) ^b
		30	(6.140±1.340) ^a	(29.593±1.880) ^c
2(优势种); 1(伴生种)	0	(7.000±0.280) ^a	(9.465±1.190) ^a	
	15	(16.640±0.690) ^c	(37.550±1.920) ^b	
	30	(12.400±1.460) ^b	(55.155±1.540) ^c	
1(优势种); 0(伴生种)	0	—	(37.500±1.750) ^a	
	15	—	(82.640±1.330) ^b	
	30	—	(111.960±6.400) ^c	

注: 各数据右上角小写字母不同表示数据间差异显著($n=6, p<0.05$)。

探讨。水盐条件是决定滨海湿地植物生长和分布的重要因素^[12]。本研究的盐分胁迫条件为两种植物都能正常适应的范围(6.3‰), 但是, 在不同水盐条件下, 氮输入量对两者生物量变化的影响可能不同, 而伴生的其它物种也可能导致两者生物量变化的趋势^[7]。

3 结论

外源氮输入量增加促进了盐地碱蓬和碱蓬的生长, 使其生物量增大。当每根 PVC 管中优势种的种植密度为 4 株和 2 株时, 碱蓬和盐地碱蓬平均单株生物量都逐渐增高, 盐地碱蓬生物量增加幅度高于碱蓬生物量增加幅度; 在无伴生种的条件下, 当外源氮输入量为 15 g/m² 氮和 30 g/m² 氮时, 碱蓬生物量[(58.050±2.560) g/株和(58.740±3.170) g/株]显著高于无外源氮输入[(20.850±0.640) g/株], 盐地碱蓬生物量[(82.640±1.330) g/株和(111.960±6.400) g/株]显著高于无外源氮输入[(37.500±1.750) g/株]。外源氮输入量增加对盐地碱蓬生长的促进作用相对更强。

致谢: 感谢中国科学院黄河三角洲滨海湿地生态试验站为试验提供研究条件, 以及杨长利、马秀枝

在试验过程中的帮助。

参考文献

- [1]Feng Y L, Lei Y B, Wang R F, *et al.* Evolutionary tradeoffs for nitrogen allocation to photosynthesis versus cell walls in an invasive plant[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, **106**(3): 1853-1856.
- [2]彭扬, 彭培好, 李景吉. 模拟氮沉降对矢车菊属植物 *Centaurea stoebe* 种群生长和竞争能力的影响[J]. 植物生态学报, 2016, **40**(7): 679-685.
- [3]Shao H B. Salt Marshes: Ecosystem, Vegetation and Restoration Strategies[M]. Nova Science Publishers: New York, USA, 2014.
- [4]He Q, Altieri A H, Cui B S. Herbivory drives zonation of stress-tolerant marsh plants[J]. Ecology, 2015, **96**(5): 1318-1328.
- [5]Shao H B, Cui B S, Bai J H. Wetland ecology in China[J]. Clean-Soil, Air, Water, 2012, **40**(10): 1011-1014.
- [6]Sun H, Zhou D, Zhao C, *et al.* Evaluation of yield and chemical composition of a halophyte (*Suaeda glauca*) and its feeding value for lambs[J]. Grass and Forage Science, 2012, **67**(2): 153-161.
- [7]He Q, Cui B S, Bertness M D, *et al.* Testing the importance of plant strategies on facilitation using congeners in a coastal community[J]. Ecology, 2012, **9**(9): 2023-2029.
- [8]Zhang L W, Wang B C, Qi L B. Phylogenetic relatedness, ecological strategy, and stress determine interspecific interactions within a salt marsh community[J]. Aquatic Sciences, 2017, **79**(3): 587-595.

- [9]Kong Y, Zheng Y B. *Suaeda glauca* can be produced hydroponically at moderate NaCl salinity[J]. Hortscience, 2012, **6**(6): 847-850.
- [10]宁凯, 于君宝, 屈凡柱, 等. 黄河三角洲滨海地区植物生长季大气氮沉降动态[J]. 地理科学, 2015, **35**(2): 218-223.
- [11]Yu J B, Zhan C, Li Y Z, *et al.* Distribution of carbon, nitrogen and phosphorus in coastal wetland soil related land use in the Modern Yellow River Delta[J]. Scientific Reports, 2016, **6**: 37940.
- [12]宋创业, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲植物群落分布格局及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2008, **27**(12): 2042-2048.

Biomass Changes of *Suaeda glauca* and *Suaeda salsa* under Reciprocal Companion and Different Additive Amount of Extraneous Nitrogen: A Field Simulation Experiment

QI Dehua^{1,2}, LIU Xiaoling¹, WANG Guangmei¹, ZHU Shuyu³

(1. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, Shandong, P.R.China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R.China; 3. Administration Bureau of the Yellow River Delta National Nature Reserve, Dongying 257091, Shandong, P.R.China)

Abstract: To reveal the biomass changes of *Suaeda glauca* and *Suaeda salsa* as reciprocal companion under different additive amount of extraneous nitrogen, a field simulation experiment was conducted in the Yellow River Delta ecology research station of coastal wetland from May 2 to June 27, 2017. The two species were transplanted in to PVC pipe, with overall 108 PVC pipes laid. There were 3 planting densities (4 plants of dominant with 1 plant of companion, 2 plants of dominant with 1 plant of companion, and only 1 plant of dominant) were set in the experiment. Considering the situation of nitrogen deposition in the Yellow River Delta, 3 kinds of additive amount of extraneous nitrogen (0 g/m² nitrogen, 15 g/m² nitrogen, 30 g/m² nitrogen) were set, urea was as the nitrogen resource of extraneous nitrogen. The results showed that the average biomass accumulation of *Suaeda salsa* and *Suaeda glauca* both enhanced significantly along with increasing extraneous nitrogen input when planted 4 plants of dominant and 2 plants of dominant in each PVC pipe. When the additive amount of extraneous nitrogen were 15 g/m² nitrogen and 30 g/m² nitrogen, the biomass of *Suaeda glauca* was (58.050±2.560) g per plant and (58.740±3.170) g per plant, which were both significantly higher than that [(20.850±0.640) g per plant] without extraneous nitrogen addition. The biomass of *Suaeda salsa* was (82.640±1.330) g per plant and (111.960±6.400) g per plant separately when the additive amount of extraneous nitrogen was 15 g/m² nitrogen and 30 g/m² nitrogen, which were also both significantly higher than that [(37.500±1.750) g per plant] without extraneous nitrogen addition. Increasing additive amount of extraneous nitrogen promoted the biomass accumulation of *Suaeda glauca* and *Suaeda salsa* with an higher increase degree of the biomass of *Suaeda salsa*, indicating that increasing extraneous nitrogen promoted the growth of *Suaeda salsa* more strongly.

Keywords: additive amount of extraneous nitrogen; *Suaeda salsa*; *Suaeda glauca*; biomass