

不同淹水深度对香蒲生长状况及底泥理化性质的影响

康思宇 田琳 陈旭尧 李明珍

长春工程学院水利与环境工程学院

[摘要]项目于2018年6月30日、7月30日、8月29日和9月28日,采集石佛寺水库10cm、20cm、30cm、40cm、50cm、60cm和70cm淹水深度处的香蒲样品和各处15 cm深度底泥样品,并对各处香蒲样品和底泥样品的指标进行测定,探讨了7个不同淹水深度下香蒲种群生长指标和底泥因子的变化情况。研究结果表明:在不同淹水深度下,香蒲的各生长指标差异显著,当淹水深度为50 cm时,香蒲的生长状态最优;4个采样日石佛寺水库15 cm深度处底泥pH为6.01~7.20;随着淹水深度的增加,底泥样品中氨氮(NH₄⁺)含量增大,硝态氮(NO₃⁻)和亚硝态氮(NO₂⁻)含量逐渐减小,电导率逐渐降低。

[关键词]香蒲; 生长状况; 淹水深度; 底泥; 石佛寺人工湿地

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.1498

湿地不仅是一种极其珍贵的自然资源,同时也是一种非常独特的生态系统^[1]。湿地底泥是植物生长的营养库,植被的生长状态也能够直观反映出湿地的健康状况,其中底泥对湿地植被生长的影响最为显著^[2]。

本研究选取石佛寺人工湿地为试验区,选取具有较高经济价值的香蒲为研究对象。在植物生长期内,通过对香蒲种群的形态特征、淹水深度和底泥因子的采样调查,分析了不同淹水深度处底泥因子和植被形态特征的季节性变化,意在研究因库区水体调度导致湿地淹水深度变化对底泥因子和香蒲生长的影响,对维持石佛寺人工湿地香蒲种群稳定生长具有预测作用。

一、研究区概况与研究方法

(一) 研究区概况

石佛寺水库位于距沈阳市47 km处的沈北新区黄家乡和法库县依牛堡乡,是迄今为止辽河干流上唯一的一座大型控制性水利工程。于2009年开始在辽河左岸种植荷花和香蒲等湿地植物,建设人工湿地,同时进行生态蓄水,湿地的总面积约为25.05 km²,其中生态水面的面积为16.13 km²。

(二) 研究方法

将淹水深度分为10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm、60 cm和70 cm,共7个梯度,并在每个水深梯度处设立3个大小为0.5 m×0.5 m的重复样方,间距为5 m,共设样方21个。试验时间选定为香蒲的生长期,自2018年6月下旬开始,9月下旬结束,每月月末的一天进行采样。

在不同水深样方内随机挑选出3株长势较为一致的香蒲,测定每株地上部分的高度以及叶片的叶宽和叶长,测量后装

表2 6月、7月、8月、9月不同淹水深度下香蒲种群生长指标

月份	指标	淹水深度 (cm)						
		10	20	30	40	50	60	70
6月	叶宽 (mm)	8.21	8.35	8.87	9.12	10.35	10.25	9.87
	株高 (cm)	159	195	230	250	272	290	298
	叶长 (cm)	101	120	140	151	156	157	168
	鲜质量 (g)	121	173.5	199.27	201	283	320	354.64
	干质量 (g)	59.56	85.79	92.66	107.48	155.79	163.1	172.36
7月	叶宽 (mm)	8.27	8.37	9.15	9.62	13.96	14.19	15.04
	株高 (cm)	179	182	225	306	320	325	331
	叶长 (cm)	102	123	141	171	216	239	246
	鲜质量 (g)	213.36	232.72	294.99	328.78	527.61	553.01	556.68
	干质量 (g)	106.18	121.2	152.81	201.77	273.71	287.3	295.3
8月	叶宽 (mm)	9.86	10.35	11.97	11.79	19.84	17.81	16.87
	株高 (cm)	259	263	270	342	345	346	350
	叶长 (cm)	123	184	187	245	238	248	250
	鲜质量 (g)	242.18	369.07	378.18	467.9	629.39	688.37	709.08
	干质量 (g)	116.94	225.39	236.34	253.56	382.79	368.57	378.27
9月	叶宽 (mm)	10.54	12.04	12.68	11.64	15.96	15.56	13.54
	株高 (cm)	275	290	327	332	350	352	346
	叶长 (cm)	186	212	224	229	240	237	238
	鲜质量 (g)	215.26	316.28	302.44	423.53	605.02	629.95	651.59
	干质量 (g)	107.12	181.36	177.75	210.1	296.47	291.97	310.87

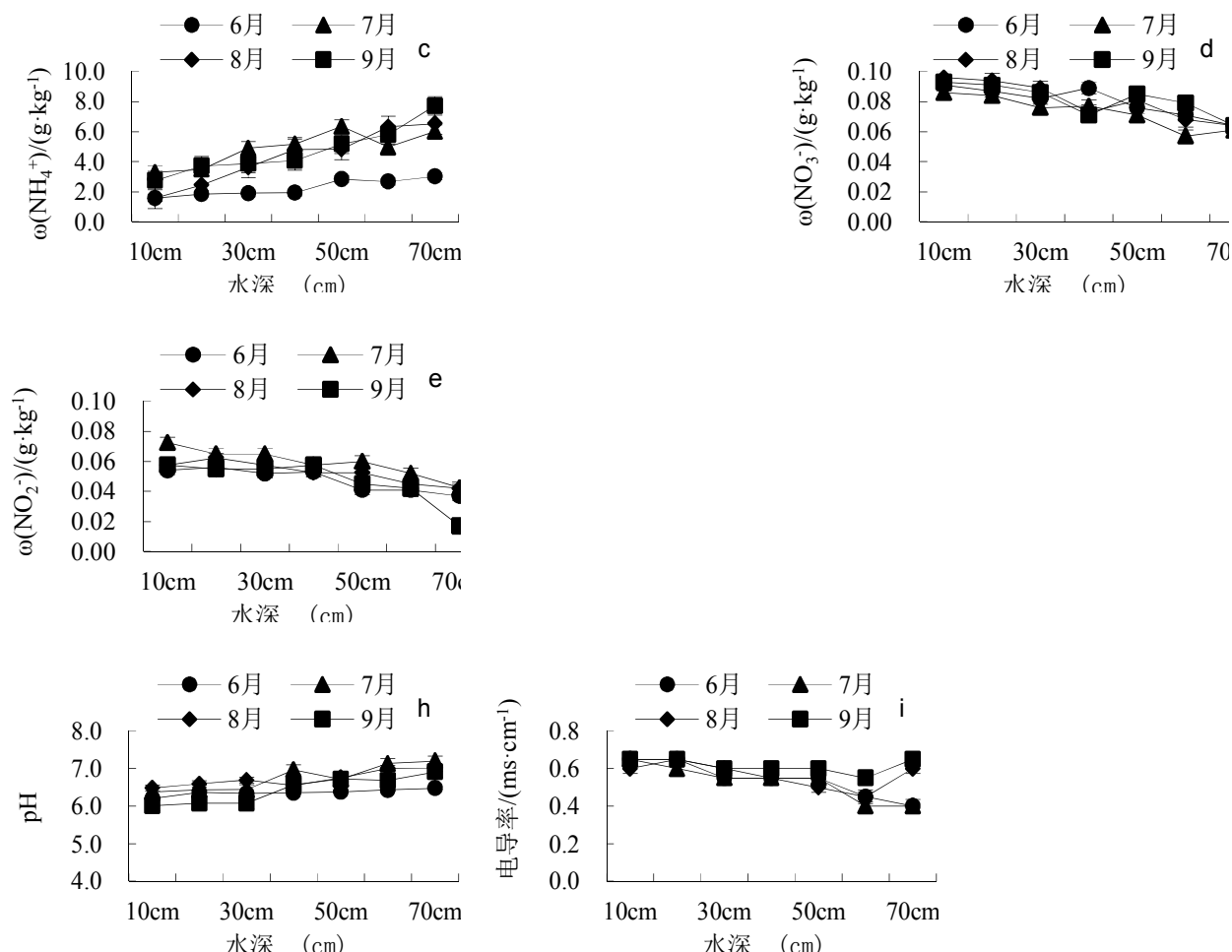


图1 不同水位梯度下底泥 $\omega(\text{NH}_4^+)$ (c)、 $\omega(\text{NO}_3^-)$ (d)、 $\omega(\text{NO}_2^-)$ (e)、pH (h) 和电导率 (i) 的季节变化

袋密封带回实验室，直接称取鲜质量，再称取经由85℃烘箱内烘干至恒温的干质量。

利用活塞式柱状采样器在每个样方内采集底泥样品后装袋密封，带回实验室，待样品完全风干，挑出其中杂物后粉碎，过100目筛，均匀混合后装袋待用。使用电导率仪测定底泥样品的电导率，使用pH剂测出底泥悬液液的酸碱性，使用Cleverchem380全自动间断化学分析仪 (Dec hem-Tech. GmbH, 德国) 测出氨氮 (NH_4^+)、硝态氮 (NO_3^-) 和亚硝态氮 (NO_2^-)。

(三) 数据处理

利用SPSS22.0软件和Microsoft excel 97 - 2003软件进行数据统计分析并作图，在使用相关分析模块分析因素之间的相关性时，显著性水平设为 $p < 0.01$ 。

2 结果与分析

2.2 不同淹水深度下香蒲种群生长指标的季节性变化

表2为不同月份下香蒲种群生长指标随淹水深度的变化情况。其中，香蒲的株高、叶长、鲜质量以及干质量的变化趋势相同，随淹水深度的增加表现为初期增长迅速，后期增长缓慢。同时，随淹水深度的逐渐增加植物叶宽也在缓慢增加。由此推测，水淹对湿地植物的胁迫作用可能主要表现为

缺氧，在缺氧环境影响下诱发出一系列生理形态方面的变化，植物的这种变化是对逆境的响应^[3]。不仅如此，各指标的季节性变化也很明显，充分说明香蒲种群具有较强的形态可塑性，会通过调整形态、群落结构等来适应环境的变化。

2.3 不同淹水深度下底泥因子的季节性变化

由图1可知，底泥氨氮质量分数随淹水深度的增加总体上增加，而硝态氮和亚硝态氮质量分数总体上随淹水深度的增加而减小，与氨氮质量分数变化趋势相反，这可能与底泥含氧量和香蒲种群根部菌群硝化与反硝化作用有关。底泥pH随淹水深度的增加缓慢增加，6月时相对较低，这与水深处的厌氧环境有一定关系。当处于厌氧环境时，在硝化菌和反硝化菌的共同作用下， NH_4^+ 含量升高，pH升高。底泥电导率随淹水深度的增加总体呈逐渐降低的趋势，其中6、7和8月相对较低，这可能与降雨量有一定关系。

2.4 不同淹水深度底泥理化性质和香蒲种群生长指标间的相关关系

利用SPSS软件分析出研究区内香蒲种群生长指标、淹水深度与底泥环境因子之间的相关关系可知，淹水深度与底泥pH间具有极显著正相关关系 ($n=21, p < 0.01$) (表3)，淹水深度与电导率、 $\omega(\text{NO}_3^-)$ 、 $\omega(\text{NO}_2^-)$ 间均具有极其显著

表 3 香蒲生长指标与底泥环境指标的相关系数

各项指标	株高	叶长	叶宽	鲜质量	干质量	水深
pH	0.826*	0.762*	0.790*	0.821*	0.936**	0.915**
电导率	-0.834*	-0.813*	-0.825*	-0.860*	-0.875**	-0.933**
ω (NH_4^+)	0.821*	0.772*	0.826*	0.831*	0.774*	0.841*
ω (NO_3^-)	-0.912**	-0.897**	-0.911**	-0.934**	-0.916**	-0.945**
ω (NO_2^-)	-0.832*	-0.794*	-0.808*	-0.841*	-0.898**	-0.955**
淹水深度	0.944**	0.910**	0.933**	0.955**	0.961**	1

注：“**”代表在 0.01 水平上的显著；“*”代表在 0.05 水平上的显著。

的负相关关系 ($n=21, p<0.01$)。底泥 pH、电导率与植物的干质量间为极显著的相关关系 ($n=21, p<0.01$)。底泥 ω (NH_4^+)、 ω (NO_3^-)、 ω (NO_2^-) 与香蒲株高、叶长、叶宽、鲜质量和干质量间也具有一定相关关系。影响香蒲生长的主要限制因素为淹水深度、底泥 ω (NH_4^+)、 ω (NO_3^-)、 ω (NO_2^-)、pH 和电导率。

3 讨论

本研究表明，湿地香蒲种群的生长、形态特征等与水文状况和底泥理化性质存在密不可分的关系，这与 Nicholls 和于君宝等学者研究结果相一致^[4]。植物会通过调节株高、密度和鲜质量等形态特征，来适应因水淹胁迫造成的底泥氧含量短缺等逆境，也会通过种群内部的自我疏整来适应光照不足的环境，香蒲种群的这种较强的形态可塑性与光合作用有着千丝万缕的关系。

底泥和植物之间有着密不可分的复杂联系，底泥含有植物生长必需的营养元素，为植物的生长创造了可能，而且植物也是影响底泥中元素含量。电导率能够表征底泥的含盐量，对湿地植物的生长与群落的演替具有重要制约作用^[5]。本研究表明底泥电导率随淹水深度的增加而降低，其在 6、7、8 月相对较低，同时降雨量在此期间相对丰盈，这与管博等学者研究结果相一致^[6]。随底泥电导率的降低，植物体内叶绿素含量有增加的趋势。说明较高的含盐量抑制植物对形成叶绿素必不可少的光、营养元素和水等的吸收，影响了光能被叶绿素吸收的过程，减少了光系统 II (PS II) 可利用的从光中吸收的能量，抑制了光合作用电子及能量的传递过程，影响植物的生长^[7]。除此之外，较高的盐度对 Rubisco 酶的活性也有一定影响，同样会对植物的光合作用产生一定抑制作用。

4 结论

淹水深度是影响石佛寺人工湿地香蒲种群形态特征、生长状况的主要因素之一，在淹水深度为 50cm 处植物生长最优。湿地的底泥指标在不同淹水深度处存在一定差异，随着淹水深度的增加，底泥中氨太氮含量增大，硝态氮和亚硝态氮含量逐渐减小，电导率逐渐降低。影响香蒲生长的主要限制因素为淹水深度、底泥氨氮、硝态氮、亚硝态氮含量、pH 和电导率。

参考文献

[1] ENGLE VD. Estimating the provision of ecosystem services by gulf of mexico coastal wetlands [J]. Wetlands, 2011, 31 (1): 179-193.

[2] 吕铭志, 盛连喜, 张立. 中国典型湿地生态系统碳汇功能比较 [J]. 湿地科学, 2013, 11 (1): 114-120.

[3] 晏军, 吴启侠, 朱建强. 中稻灌浆期对淹水胁迫的响应及排水指标研究 [J]. 灌溉排水学报, 2017, 36 (5): 59-65.

[4] Robert J Nicholls. Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the sres climate and socio-economic scenarios [J]. Global Environmental Change, 2004, 14 (1): 69-86.

[5] Bo Guan, Junbao Yu, Xuehong Wang, et al. Physiological responses of halophyte suaeda salsa to water table and salt stresses in coastal wetland of yellow river delta [J]. CLEAN - Soil, Air, Water, 2011, 39 (12): 1029-1035.

[6] 管博, 栗云召, 夏江宝, 等. 黄河三角洲不同水位梯度下芦苇植被生态特征及其与环境因子相关关系 [J]. 生态学杂志, 2014, 33 (10): 2633-2639.

[7] JARUNEE JUNGKLANG, KENJI USUI, HIROSHI MATSUMOTO. Differences in physiological responses to nacl between salt-tolerant sesbania rostrata brems. & oberm. and non-tolerant phaseolus vulgaris l. [J]. Weed Biol Manag, 2003, 3 (1): 21-27.

基金项目：第二松花江源头区春季径流组份及关键因子识别 (320210037)；长春工程学院大学生创新创业训练计划资助项目，桥梁建设对河流影响的研究与预测 (202111437045)；长春工程学院大学生创新创业训练计划资助项目，地震作用下齿墙对重力坝稳定性影响的研究 (202111437237)。

作者简介：康思宇 (1995-)，女，辽宁省，助教，主要从事湿地生态环境研究。

通信作者：田琳 (1989-)，女，吉林省，讲师，主要从事流域水循环过程模拟研究。