

菹草(*Potamogeton crispus*)对水中氮、磷的吸收及若干影响因素*

金送笛

李永函

倪彩虹[†]

王斌**

(大连水产学院养殖系, 大连, 116024)

Q949.714.2

A

摘 要 菹草(*Potamogeton crispus*)对水中氮、磷的吸收与 pH、光照、水温、根/茎生物量比及底泥间隙水与上覆水中营养盐浓度比有关。在 pH 为 8.0-9.5, 水温为 19-28℃ 的实验条件下, 水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度低于 $0.35\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 左右时, 菹草茎、叶优先吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$; 水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度大于 $0.35\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 左右时, 菹草则优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$, 这一选择吸收与 $\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$ 比值无关。强光照、高温(30℃)和高 pH 的协同作用严重影响菹草硝酸盐还原酶活性。在自然条件下, 菹草根茎主要从底泥中吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸收甚微; 茎、叶主要从水层中吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$, 对 $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸收甚少。一般情况下, 浮游植物和菹草对水体中的氮、磷吸收无多大矛盾, 菹草倒伏后腐败分解释放大量营养盐, 为浮游植物的增殖创造了条件。

关键词: 水生植物, 菹草, 光合作用, 营养盐吸收,

氮; 磷;

一般认为水草型水体由于水生植物与浮游植物争夺营养盐导致水体的初级生产力下降。曹萃禾等对太湖、史为良对团结水库^[1,2]的调查结果表明: 有草水体与无草水体的浮游植物与营养盐数量相差不大, 前者甚至超过后者。国外文献报道, 菹草繁茂时, 水中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 明显减少^[3]。为了解菹草吸收营养盐的特点, 探讨其生长、衰败对水中营养盐、浮游生物的影响, 本文进行了不同环境因子对菹草吸收氮、磷的影响以及菹草死亡后腐败分解释放营养盐的研究。

1 材料与方法

1.1 实验菹草植株 采自大连郊区。实验用水含盐量约 0.1‰ 的淡水(由曝气后的去离子水和盐度为 32‰ 的海水配成), 加入一定量的 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 和 MgSO_4 , 使碱度、硬度各为 $2\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ 左右。按实验所设的营养盐浓度, 添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 KNO_3 、 KH_2PO_4 ($\text{PO}_4\text{-P}$ 均按 $\text{N}:\text{P}=7:1$ 配制) 标准液。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 分别用酚二磺酸、奈氏试剂和磷钼兰法光电比色。用酸度计、测氧仪测定 pH、DO。

1.2 按设计的各浓度 向一组试验水中加 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶液, 向另一组中加 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶液。充分吹入 CO_2 , 将试验水分装在 150ml 磨口白玻璃瓶中, 放入形状、重量(0.90g)一致的新鲜菹草枝端, 使瓶中无气泡, 菹草枝叶伸展。加盖后用蜡封口, 每个梯度均设空白对照。把瓶横放于室外盆内水浴中, 自然光照下曝光 4h 后, 测定对照瓶与试验瓶中的营养盐, 按下式计算菹草对营养盐的吸收速率:

* 水利部科技开发基金资助项目。

** 倪彩虹、王斌系 1987、1988 届毕业生。参加这项工作的还有何英、谢元军, 一并致谢。

本文于 1992 年 9 月 2 日收到, 修改稿于 1993 年 5 月 9 日收到

$$v = \frac{(C_0 - C_t)V}{m \cdot t}$$

v ——吸收速率 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

C_0 ——曝光后空白对照瓶中营养盐浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

C_t ——曝光后试验瓶中的营养盐浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

V ——试验瓶中水体积 (l)

t ——曝光持续时间 (h)

m ——菹草重 (g)

在一定 pH、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度下, 人工控温 10℃、20℃、30℃。把试验水和形状、重量一致 (0.56g) 的菹草顶枝放入 150ml 白玻璃瓶中, 自然光照下曝光 4h 后, 测定水温、pH、营养盐浓度。

从营养盐消耗殆尽的培养缸中倒出部分小球藻, 滤去浮游动物, 加入试验水混匀 (小球藻生物量为 $16.5 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), 滴加一定量 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 标准液, 装入 3 个 150ml 玻璃瓶中, 按下述方法进行试验: 1 号瓶, 小球藻—菹草 (0.3g); 2 号瓶, 小球藻; 3 号瓶, 菹草 (0.3g) + 抽滤小球藻以后的水。曝光结束, 测各瓶中的营养盐浓度。

$$v(\text{小球藻}) = (C_3 - C_1)/t$$

$$v(\text{菹草}) = (C_2 - C_1)/t$$

v ——小球藻、菹草吸收营养盐的速率 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

C_1 ——1 号瓶的营养盐浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

C_2 ——2 号瓶的营养盐浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

C_3 ——3 号瓶的营养盐浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

t ——曝光时间 (h)

用 $1 \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ NaOH 和 HCl 调 pH; 用凉、热自来水人工控温。每试验组 (按正交试验设计) 含相同重量的菹草 (150ml 水中含草 0.10g) 和相同浓度的 $\text{NH}_4\text{-N}$ ($0.6 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ($0.6 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ($0.15 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), 的把瓶横放于水浴中, 在强光、适光下曝光 4h 后, 测定菹草硝酸盐还原酶活性^[4]。

1.3 将带根菹草整株洗净除去表面附着物, 根部放入带孔的棕色瓶中 (约 0.08 l), 注入一定浓度营养盐的试验液后密封。将整个装置放入盛有 2 l 试验液的量筒中, 用黑布遮住量筒下半部分 (棕色瓶位置), 进行不同条件下根、茎对营养盐的吸收实验。实验毕, 分别称根、茎重, 测定棕色瓶和量筒中营养盐的浓度, 计算根、茎对营养盐的吸收速率。

1.4 玻璃瓶中装 4 l 蒸馏水和 610g 菹草 (鲜重), 密闭暗处, 缺氧腐败。每隔 4d 测一次营养盐, 直到营养盐浓度不再增加为止。最后测定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的总量。

2 结果与讨论

2.1 菹草对水中有效氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$) 的选择吸收。

在曝光始末 pH 为 8.0—9.5, 水温为 19—28℃、不同 $\text{NH}_4\text{-N}$ / $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度比下, 水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度低于 $0.35 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 左右时, 菹草茎、叶优先吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$, 而水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度大于 $0.35 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 左右时, 菹草则优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ (图 1), 这一选择吸收与 $\text{NH}_4\text{-N}$ / $\text{NO}_3\text{-N}$ 比值无关。菹草对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的吸收速率与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度的关系如图 2, 从图中得到: 维持菹草正常生长

的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的临界浓度(即米氏常数 K_s 值)为 $0.3\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ($21\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)。当 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 两者共存、且 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度大于 $0.007\text{—}0.014\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 时,海藻优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ (淡水藻类也可能如此)⁽⁵⁾。某些浮游植物吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的米氏常数 K_s 值($0.1\text{—}15\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)⁽⁶⁾ 远比菹草的 K_s 值小,故在水层中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度较低时($<0.35\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$),浮游植物优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$,菹草则因具较高的能量(有较高的碳水化合物)选择吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$,导致菹草繁盛时,水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 明显减少。

温度($10\text{—}30^\circ\text{C}$)能改变菹草对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的吸收速率,但不改变对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的选择性吸收顺序(表 1)

表 1 温度对菹草吸收营养盐的影响

Table 1 The effect of temperature on N, P nutrient uptake for *P. crispus*

温度 $^\circ\text{C}$ Temperature	10	20	30
始 pH Initial pH	8.0	8.1	8.1
末 pH Final pH	9.0	9.0	9.5
$\text{NH}_4\text{-N}$ 始浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) $\text{NH}_4\text{-N}$ initial concentration	0.833	0.310	0.825
$\text{NO}_3\text{-N}$ 始浓度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) $\text{NO}_3\text{-N}$ initial concentration	0.594	0.292	0.654
$\text{NH}_4\text{-N}$ 吸收速率 ($\mu\text{g/g} \cdot \text{h}$) $\text{NH}_4\text{-N}$ uptake rate	43.26	6.43	47.81
$\text{NO}_3\text{-N}$ 吸收速率 ($\mu\text{g/g} \cdot \text{h}$) $\text{NO}_3\text{-N}$ uptake rate	11.52	8.97	15.00

2.2 菹草根、茎对有效氮、磷的吸收

表 2 的结果表明,底泥间隙水中的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度大于或小于上覆水中的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度,菹草植株根部吸收 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的速率均大于茎、叶。5 月 7 日 B 组实验表明,当上覆水中几乎无营养盐而底泥中营养盐丰富时,菹草根对泥中氮、磷的吸收速率猛增,Wilhelm 和 Hucher 指出:根/茎生物量比为 $0.015\text{—}0.24$ 的大型水生植物由根从底泥中吸收的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 足以满足其正常生长的需要^(7,8)。Smith 等研究也指出:沉水植物从底泥吸收的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 可输入茎、叶、并释放于水中^(9,10),这与本实验基本相符。

从表 2 中(5 月 30 日 B、C 组)还可知,底泥中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度虽比水层中大 4 倍,但菹草茎、叶对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的吸收速率却比根部大 6—7 倍,这说明,菹草根对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸收甚微。菹草型水体

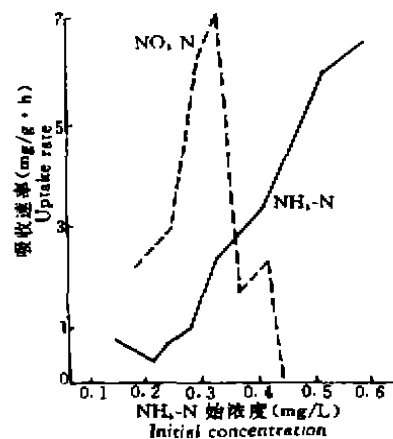


图 1 $\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N} \approx 1$ 时菹草对氮的吸收速率

Fig. 1 The rate of uptake of nitrogen by *Potamogeton crispus* at $\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N} \approx 1$

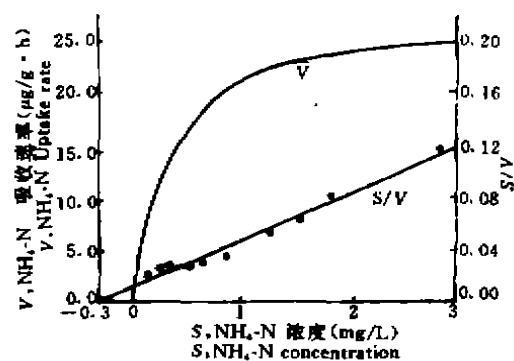


图 2 菹草吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ 与水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度间的关系

Fig. 2 Relation between variations of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration and uptake rate by *P. crispus* in water

的上覆水中,氮、磷浓度较低,菹草在生长初期,几乎完全或大部分靠其根吸收底泥中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$,只有在春末夏初生物量最大时,表层茎、叶对水中氮、磷的吸收速率才增大。

表 2 菹草根茎对水中营养盐的吸收

Table 2 The roots, shoots of *P. crispus* take up nutrient in water

时间 Time		5 月 7 日				5 月 30 日			
组号 Groups		A ₁	A	B ₁	B	0	A	B	C
根/茎生物量比 Root/shoot biomass		0	0.214	0	0.066	0	0.46	0.354	0.358
底泥中营养盐浓度(mg·L ⁻¹) Nutrient concentration in sediment	$\text{NH}_4\text{-N}$	3.46	2.341	3.46	0.827	2.22	0.882	1.016	0.851
	$\text{NO}_3\text{-N}$					1.326	1.092	1.064	1.064
	$\text{PO}_4\text{-P}$	0.85	0.099	0.85	0.058	1.104	0.723	0.75	0.736
水层中营养盐浓度(mg·L ⁻¹) Nutrient concentration in water	$\text{NH}_4\text{-N}$	0.66	0.17	0.0	0.03	0.564	0.273	0.261	0.174
	$\text{NO}_3\text{-N}$					0.375	0.128	0.15	0.119
	$\text{PO}_4\text{-P}$	1.63	1.55	0.0	0.009	0.268	0.262	0.252	0.232
吸收速率 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) Uptake rate	根 Roots	$\text{NH}_4\text{-N}$	5.18		19.94	2.23		1.97	2.15
		$\text{NO}_3\text{-N}$				0.41		0.43	0.41
		$\text{PO}_4\text{-P}$	3.48		6.0	0.66		0.58	0.58
	茎 Shoots	$\text{NH}_4\text{-N}$	36.95		-0.38	1.82		1.49	2.68
		$\text{NO}_3\text{-N}$				4.14		2.68	3.04
		$\text{PO}_4\text{-P}$	1.98		-1.13	0.12		0.23	0.51

2.3 菹草吸收水中营养盐和死亡后腐败分解对浮游植物的影响

在缺氧条件下,每克菹草腐败分解释放营养盐的最大量 $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 $0.698\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 为 $0.235\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 为 $0.378\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, $\text{T}\cdot\text{H}(1/2\text{Ca}^{2+}+1/2\text{Mg}^{2+})$ 达 $0.083\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ 。当小球藻和菹草共存、水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度为 $0.3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 时,小球藻优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$,而菹草选择吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$ (图 3)。菹草和浮游植物对水中氮、磷的吸收并不矛盾。当水中无机氮过剩时,由于菹草和浮游植物均优先吸 $\text{NH}_4\text{-N}$,起到降低水体氮负荷的作用;当水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度较低时,浮游植物仍优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$,菹草茎、叶则选择吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$,并由根部从泥中吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$,故菹草未长出水而前,其生长对水中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量影响不大。对于开阔的浅水体,菹草的阻浪作用降低了水的混浊度,有利于浮游植物增殖。

春末夏初,菹草生物量最大时,表水层茎、叶对水中氮、磷的吸收速率相对增大,但由于底层叶片陆续枯萎、腐败分解释放营养盐,水中仍具足够的营养盐。在菹草繁茂期间,枝叶铺盖水面,遮阴严重,浮游植物的增殖可能受一定影响。初夏(6月),死亡的整株菹草腐败、分解,释放大量的营养盐,提高了水体的初级生产力。所以从全年看,对开阔的自然浅水体,菹草生物量大者其浮游植物丰度往往大于相近条件下的无草水体^[12]。

2.4 温度、光照、pH 对菹草硝酸盐还原酶活性的影响

各单因子影响硝酸盐还原酶活性由大到小顺序为:光照>温度>pH;各生态因子协同作用影响大小顺序为:强光照+高温(30°C)+高 pH>强光照>高温>强光照+高 pH 和高温+高 pH(表 3)。

一般大型水体中 pH8.3 左右, $\text{NH}_4\text{-N}$ 低于 $0.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 左右^[12,13],因此吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$ 合成自身所必需的氨基酸是菹草的重要生理过程。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 还原的过程,需要硝酸盐还原酶的催化^[14,15]。本实验表明:光照、温度、pH 均能影响菹草的硝酸盐还原酶活性。春末夏初,菹草型水

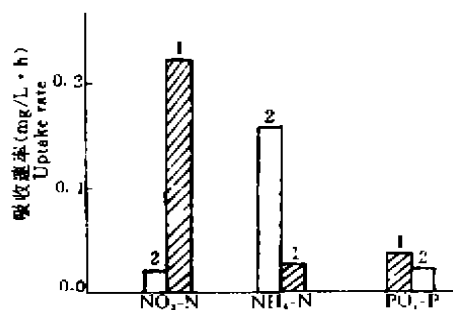


图3 菹草、浮游植物对营养盐的吸收比较

Fig. 3 A comparison between *P. crispus* and phytoplankton in N, P nutrition uptake

1. 小球藻和菹草共存时菹草的吸收速率 The uptake rate for *P. Crispus* under coexistence of *Chlorella* and *P. crispus*
2. 小球藻和菹草共存时小球藻的吸收率 The uptake rate for *Chlorella* under coexistence of *P. crispus* and *Chlorella*

表3 pH、光照、温度对菹草硝酸盐还原酶活性的影响
Table 3 The effect of pH, light intensity and temperature on activity of nitrate reduction enzyme in *P. crispus*

试验号 No	生态因子 Ecological factors				酶活性 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Enzyme activity
	pH 始 Initial	末 Final	温度℃ Temperature	光照 Light	
1	7.86	7.74	20	适	2.871
2	7.86	8.26	20	强	0.810
3	7.90	7.51	30	适	0.875
4	7.90	9.39	30	强	0.407
5	9.95	9.76	20	适	1.368
6	9.95	9.83	20	强	0.712
7	10.00	9.83	30	适	0.751
8	10.00	9.99	30	强	0.190
1,	4.963	5.761	2.119		$T = 7.989$
F,	3.021	2.223	5.865		
R,	1.942	3.538	3.746		

体中,表层、亚表层植株受强光照、高 pH 和高温等因子的影响,使硝酸盐还原酶活性明显降低,菹草对 NO₃-N 的同化率显著下降,加上无机碳源匮乏^[16]而导致菹草的死亡。

3 结论

- 3.1 菹草可直接吸收底泥中的 NH₄-N、PO₄-P,在水层中 NH₄-N 含量较低 ($< 0.35 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) 时,优先吸收 NO₃-N 而与浮游植物选择吸收 NH₄-N 互补。死亡后迅速腐败,释放大量的营养盐,所以菹草对充分调动底质肥力、加速氮、磷循环、丰富水中营养盐、提高水体生产力有着不可低估的积极作用。
- 3.2 温度能改变菹草对氮的吸收速率,但不能改变对 NH₄-N、NO₃-N 的优先吸收顺序。
- 3.3 菹草吸收 NO₃-N 的米氏常数 K_s 值为 $0.3 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ($21 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$),远大于某些浮游植物 K_s 值 ($0.1-15 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)。
- 3.4 在强光照、高 pH 和高温 (30℃) 条件下,菹草的硝酸盐还原酶活性显著降低。

参 考 文 献

- (1) 史为良. 有草与无草两个浅水水库生物生物量的比较. 大连水产学院学报, 1987, (2), 1
- (2) 曹萃禾. 水生维管束植物在太湖生态系统中的作用. 生态学杂志, 1987, 11(2), 1
- (3) Rogers K H and Breen C M. Growth and reproduction of *Potamogeton crispus* in a South African lake. *J. Ecol.*, 1980, 68, 561-571
- (4) 华东师范大学生物系生理教研室主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1980, 73
- (5) Joblin C S, Hamson P J and Duncan M T. *The Physiological Ecology of Seaweed*. Cambridge University Press, ISBN, 0-527-2650 8-8, 1985, 85-87
- (6) 湛江水产专科学校主编. 淡水养殖水化学. 北京: 农业出版社, 1979, 93-95
- (7) Wilhelm Graneli and Doris Solander. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. *Hydrobiologia*, 1988, 70, 245-266
- (8) Hucher D B and Gorham P R. Biphasic mineral nutrition of the submersed aquatic macrophyte *Potamogeton pectinatus*. *Aquat. Bot.*, 1983, 16, 269-284
- (9) Barko J W and Smart R M. Mobilization of sediment phosphorus by submersed freshwater macrophytes. *Freshwat. Biol.*, 1980, 10, 229-298

- [10] Carignan R and Duff J. Phosphorus release by submerged macrophytes, Significance to epiphyton and phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 1982, 27: 419—427
- [11] 李永函. 菹草型水体的理化因子和水生生物状况. 大连水产学院学报, 1992, 6(2): 1—10
- [12] 刘国才. 舍力虎水库菹草资源的研究. 水利渔业, 1990, (2): 23—25
- [13] 濮培民等. 中国湖泊学研究进展. 湖泊科学, 1989, 1(1): 1—10
- [14] 史瑞和等. 植物营养原理. 南京: 江苏科学技术出版社, 1988, 225—245
- [15] (加) R G S 比德韦尔. 植物生理学(上册). 北京: 高等教育出版社, 1983, 164—165
- [16] 金送笛. 几种生态因子对菹草光合作用的影响. 水生生物学报, 1991, 15(4): 295—302

UPTAKE BY *POTAMOGETON CRISPUS* OF NITROGEN AND PHOSPHORUS FROM WATER AND SOME AFFECTING FACTORS

Jin Songdi Li Yonghan Ni Caihong Wang Bin

(Dalian Fisheries College, Dalian, 116024)

The uptake by *Potamogeton crispus* of N and P nutrients from water is related to pH value, light intensity, water temperature, ratio of root/shoot biomass, and ratio of nutrient concentration in the sediment pore water to that in overlaying water. The shoots and leaves of *P. crispus* take up more $\text{NO}_3\text{-N}$ than $\text{NH}_4\text{-N}$ when $\text{NH}_4\text{-N}$ $0 < 35\text{mg/l}$, but take up more $\text{NH}_4\text{-N}$ than $\text{NO}_3\text{-N}$ when $\text{NH}_4\text{-N}$ $0 > 35\text{mg/l}$. A combination of strong light intensity, high temperature (30°C) under the same conditions (pH: 8.0—9.5, water temperature $19\text{—}28^\circ\text{C}$) and high pH value seriously affected the activity of intrate reductase enzyme in *P. crispus*. The root of *P. crispus* predominately takes up $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ from sediment, while shoots and leaves mainly take up $\text{NO}_3\text{-N}$ from water under natural condition. After decaying, *P. crispus* released a large amount of nutrients to the water, which support phytoplankton development.

Key words: aquatic macrophytes, *Potamogeton crispus*, photosynthesis, nutrient uptake, affecting factors.