

文章编号:1674-7054(2010)03-0197-05

生态因子对缘管浒苔氮、磷吸收速率的影响

李 婷¹, 徐安敏^{1,2}, 孙成波¹, 李义军^{1,2}, 王 平², 孙承志²

(1. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025; 2. 海南省昌江南疆生物技术有限公司, 海南 昌江 572000)

摘 要: 采用光照、pH 值、盐度和温度等生态因子对缘管浒苔 N、P 吸收速率的影响进行研究, 试图探讨缘管浒苔用于优化虾塘养殖环境的可行性。结果表明: 光照、pH 值、盐度和温度等生态因子对缘管浒苔 N、P 吸收速率的影响显著。在 0~1 000 lx 光强范围内, 缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率随光强的增加而增大, 1 000~5 000 lx 光强范围内, 其对 DIN、DIP 的吸收速率较大, 平均为 $(0.000\ 30 \pm 0.001\ 2) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.001\ 56 \pm 0.001\ 1) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 超过 5 000 lx 时, 其对 DIN、DIP 的吸收速率显著下降; 在 7.0~9.0 的 pH 范围内, 缘管浒苔对 DIP、DIN 的吸收速率较大, 平均为 $(0.000\ 12 \pm 0.001\ 2) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.001\ 68 \pm 0.001\ 42) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 而在这个范围之外, 其对 DIP、DIN 的吸收速率下降显著; 在 15~25 的盐度范围内, 缘管浒苔对 DIP、DIN 的吸收速率较大, 其对 DIP、DIN 的吸收速率均在盐度为 15 时最大, 分别为 $(0.000\ 21 \pm 0.000\ 05) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.005\ 5 \pm 0.000\ 6) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 在 20~35 ℃ 范围内, 缘管浒苔对 N、P 的吸收速率较高, 35 ℃ 时对 P 的吸收速率达到最大值 $(0.000\ 56 \pm 0.002\ 6) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 30 ℃ 时对 N 的吸收速率达到最大值 $(0.024\ 56 \pm 0.000\ 11) \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 而在这个范围之外, 其吸收速率明显下降。

关键词: 缘管浒苔; 光照; pH 值; 盐度; 温度; 氮、磷吸收速率

中图分类号: Q 178.53

文献标志码: A

水体富营养化已经成为世界性的问题, 氮、磷含量的升高是水体富营养化的重要特征^[1]。防治水体富营养化的根本措施在于控制和减少水体中氮、磷等营养物质的负荷^[2-3]。目前, 常用大型海藻作为水体中营养盐浓度的指示生物, 因为藻体内的营养盐含量与环境水体中的生物可利用的营养盐浓度间存在着密切的关系^[4], 又由于海藻是海洋生态系统中重要的初级生产者、海水养殖的重要对象, 所以一些学者提出用养殖大型海藻的方法吸收水体中的氮和磷以延缓水域的富营养化, 部分大型海藻对氮、磷的吸收情况已经得到广泛关注^[5-7]。缘管浒苔(*Enteromorpha ulva* (L.) J. Agardh) 是石莼目浒苔属中较重要的大型海藻之一^[8], 能够和其他大型海藻一样大量地吸收水体中的营养盐, 合成自身组成成分, 彻底地转移水体中多余的营养盐。缘管浒苔除在海洋生态系统中占有重要地位外, 在医药保健、水产养殖及化学工业等行业中也具有许多可开发的潜力^[9-10]。目前, 国内外对于缘管浒苔生态学方面的研究并不多见, 多数还仅限于食用和药用上的研究^[11]。本试验主要研究光照、pH 值、盐度和温度等生态因子对缘管浒苔 N、P 吸收速率的影响, 试图探讨缘管浒苔用于优化虾塘养殖环境的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验材料 缘管浒苔藻体采自海南南疆三联对虾养殖基地, 选择绿色健壮的未成熟藻体, 样品采回

收稿日期: 2010-05-21

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(2010GB21200382); 2010 海南省重点科技计划项目(090706)

作者简介: 李婷(1984-)女, 福建莆田人, 广东海洋大学水产学院 2008 级硕士研究生。

通信作者: 孙成波(1970-)男, 江苏赣榆人, 博士, 副教授, 从事甲壳动物增殖和病害防治研究和教学工作。

E-mail: sunchb@gdou.edu.cn

后用过滤消毒海水将藻体上的杂藻及淤泥等杂质清洗干净。实验用海水取自三联对虾养殖基地的虾塘，煮沸，取上清，消除微藻的干扰。

1.2 试验方法

1.2.1 光照实验 实验设置 0,500,1 000,2 000,5 000,7 000 lx 共 6 个光照强度梯度,用不同瓦数的灯泡制作光源,采用中性密度 ND 膜(Leefilters,UK)遮挡部分光线协助调节光强,实验过程采用照度计测量光强。缘管浒苔用量各 15 g,进行 10 h 的吸收,每组做 3 个平行实验,实验设置对照组,测量实验后水体中的 N、P 浓度。其他实验条件控制:pH 值 8.0,盐度 20,水温 25 ℃。

1.2.2 pH 值实验 用 NaHCO₃,Na₂CO₃,HCl 调节水体 pH 值,实验设置 6.5,7.0,7.5,8.0,8.5,9.0,9.5 共 7 个 pH 值梯度,缘管浒苔用量各 15 g,进行 10 h 的吸收,每组做 3 个平行实验,实验设置对照组,测量实验后水体中的 N、P 浓度。其他实验条件控制:光强 2 000 lx,盐度 20,水温 25 ℃。

1.2.3 盐度实验 实验设置 5,10,15,20,25,30,35 共 7 个盐度梯度,实验用海水盐度为 20,其余盐度梯度采用添加蒸馏水和海盐调节。缘管浒苔用量各 15 g,进行 10 h 的吸收,每组做 3 个平行实验,实验设置对照组,测量实验后水体中的 N、P 浓度。其他实验条件控制:光强 2 000 lx,pH 值 8.0,水温 25 ℃。

1.2.4 水温实验 用电热恒温棒控制温度,实验设置 10,15,20,25,30,35,40 ℃ 共 7 个温度梯度,缘管浒苔用量各 15 g,进行 10 h 的吸收,每组做 3 个平行实验,实验设置对照组,测量实验后水体中的 N、P 浓度。其他实验条件控制:光强 2 000 lx,pH 值 8.0,盐度 20。

1.3 理化因子的测定 实验期间共测定 PO₄³⁻—P、NH₃—N、NO₃⁻—N 和 NO₂⁻—N 四项理化指标。PO₄³⁻—P 用磷钼蓝法;NH₃—N 用奈氏比色法;NO₃⁻—N 用锌镉还原法;NO₂⁻—N 用重氮—偶氮比色法。试剂配置及测定步骤均按雷衍之的《化学实验》^[12] 进行,测定仪器均按其使用说明书的正确方法使用。

1.4 吸收速率计算

吸收速率 $V = (N_0 - N_n) S / t$

V 为吸收速率, N_0 为实验结束时对照组三氮和磷含量, N_n 为实验过程中各个时间点测量的三氮和磷含量, S 为体积, t 为实验时间。

2 结 果

2.1 光照实验 在 0~1 000 lx 光强范围内,缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率随光强的增加而增大,变化显著($P < 0.05$);在 1 000~5 000 lx 光强范围内,缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率较大,变化不显著($P > 0.05$),当光强超过 5 000 lx 时,缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率显著下降($P < 0.05$),见图 1。

2.2 pH 值实验 在 7.0~9.0 的 pH 范围内,缘管浒苔对 DIP、DIN 的吸收速率较大,变化不显著($P > 0.05$),而在这个范围之外,其对 DIP、DIN 的吸收速率变化显著($P < 0.05$),见图 2。

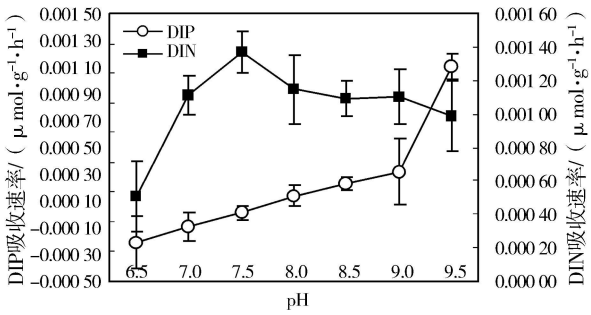
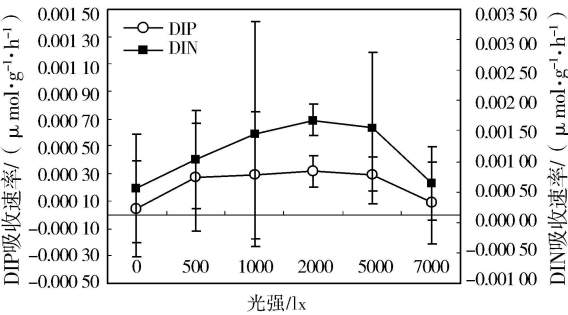


图1 不同光强条件下缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率变化 图2 不同 pH 值条件下缘管浒苔对 DIN、DIP 的吸收速率变化

2.3 盐度实验 在 15~25 的盐度范围内,缘管浒苔对 DIP、DIN 的吸收速率较大,变化不显著($P > 0.05$),而在这个范围之外,其对 DIP 的吸收速率下降不显著($P > 0.05$),对 DIN 的吸收速率下降显著($P <$

0.05),见图3。在盐度为15时,其对DIP、DIN的吸收速率均最大,分别达到了 $(0.000\ 21 \pm 0.000\ 05)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.004 \pm 0.000\ 6)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,其中对 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的吸收速率随着盐度的增大而增大。

2.4 温度实验 在20~35℃的范围内,缘管浒苔对DIP吸收速率较高,变化不显著($P>0.05$),在35℃时,其对DIP的吸收速率最大,达到 $(0.000\ 564 \pm 0.000\ 04)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,高于35℃时,其对DIP吸收速率显著下降($P<0.05$);在20~30℃的范围内,缘管浒苔对DIN的吸收速率较高,变化不显著($P>0.05$),在30℃时,其对DIN的吸收速率最大,达到 $(0.024\ 56 \pm 0.002\ 7)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,而在这个范围之外,吸收速率显著下降($P<0.05$),见图4。

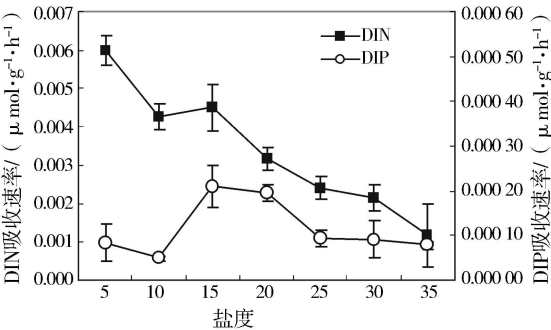


图3 不同盐度条件下缘管浒苔对DIN、DIP的吸收速率变化

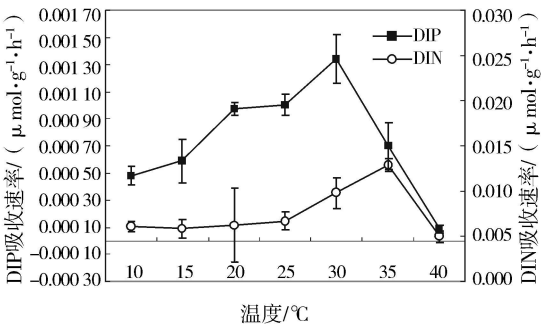


图4 不同温度条件下缘管浒苔对DIN、DIP的吸收速率变化

3 讨论

3.1 光照与缘管浒苔对N、P吸收速率的关系 光强影响大型海藻的光合作用,而光合作用速率与藻类对N、P的同化量呈正相关^[13-14]。光亮条件下,大型藻类对营养盐的吸收速率远高于黑暗条件^[15-16]。本实验中,在0~1 000 lx光强范围内,缘管浒苔对N、P的吸收速率随光强的增加而增大,均表现出正相关的关系,当光强超过5 000 lx时,缘管浒苔对N、P的吸收速率明显下降,这可能与光抑制作用有关^[17]。

缘管浒苔对不同化合态氮的吸收速率随光强不同而变化。在1 000~5 000 lx光强范围内,缘管浒苔对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的吸收速率较大,这除了光合作用增强外,可能还与较强的光强下硝酸还原酶的活性提高有关^[18]。在较弱的光强条件下,如光强为500 lx时,与1 000 lx相比,缘管浒苔对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的吸收速率减少64%,这可能是较弱光强下硝酸还原酶活性降低的结果。此外,藻类对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 及 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的吸收比 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 更依赖于光的存在^[19],实验中,光强为0~500 lx时,缘管浒苔对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的吸收速率明显高于对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 及 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的吸收,这些都表明了弱光环境里,藻类较少利用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 。

3.2 pH值与缘管浒苔对N、P吸收速率的关系 pH值对大型海藻的生理活性影响很大。本实验中,在pH值为6.5和9.5时,缘管浒苔对N、P的吸收速率明显下降,说明pH值影响缘管浒苔对N、P的吸收。有研究表明^[20-21],介质的高pH值,使得 CO_2 含量急剧下降,同时在水中的扩散速度也减慢,海藻处于 CO_2 太少的限制环境中,就有可能发生光抑制,导致营养吸收的降低。另外,pH值变化会影响光合反应系统^[20],甚至造成光合器官的永久性伤害^[20-21]。如某些蓝藻和粗江蕨(*Gracilaria*)在高pH值环境条件下,几分钟内就会产生 O^{2-} 、 H_2O_2 及 OH^- 等对细胞有毒害作用的活性氧化物质^[22],散布在细胞壁及藻体的附近,毒害藻类、抑制藻类的光合作用^[22-23],从而影响到藻类对N、P的吸收。高pH值条件下缘管浒苔对N、P的吸收速率明显下降,也可能是由于光合作用受抑制的原因,另一方面,低pH值使海藻对N、P的吸收速率降低,这可能与细胞吸收营养所需的酶活性有关^[24]。

3.3 盐度与缘管浒苔对N、P吸收速率的关系 盐度对海藻吸收N、P的影响,主要是海水渗透压影响海藻细胞中的水分及对N、P的吸收。王焕明^[25]等发现,同一种江蕨(*Gracilaria tikvahiae*),由于产地的不同,对盐度的适应范围也不同。当把*Gracilaria verrucosa*由高盐度海水中移到低盐度海水时,其光合作用速率下降。本实验的结果显示,盐度为15~25时,缘管浒苔对N、P的吸收速率最大,当盐度低于15、高于25

时,其对 DIN 的吸收速率显著下降,其对 DIP 的吸收速率有所下降,但不显著。

3.4 温度与缘管浒苔对 N、P 吸收速率的关系 本实验中,在 20 ~ 35 ℃ 范围内,缘管浒苔对 N、P 的吸收速率较高,35 ℃ 时对 DIP 的吸收速率达到最大值,30 ℃ 时对 DIN 的吸收速率达到最大值,而在这个范围之外,吸收速率明显下降。可能是因为温度是控制大型海藻氮吸收的重要因子,温度对呼吸作用及光合作用暗反应的酶活性有显著的影响^[26]。在温度较低时,光合作用暗反应的酶活性可能较低,产生的用来还原硝氮盐的底物也较缺乏^[27];而在温度较高时,海藻的呼吸作用也较高,用于生长的能量也就相对较少,相应地也减少了对营养盐的摄入。

参考文献:

- [1] CORREDOR J E, HOWARTH R W, TWILLEY, et al. Nitrogen cycling and anthropogenic impact in the tropical Inter-American seas [J]. *Biogeochemistry*, 1999, 46: 163 – 178.
- [2] BOYD C E, CLAY J W. Shrimp farming and the environment [J]. *Scientific American*, 1998, 9: 15 – 23.
- [3] 董双林, 李德尚, 潘克厚, 等. 论海水养殖的养殖容量[J]. *青岛海洋大学学报*, 1998, 28(2): 254 – 258.
- [4] RYTER J H, CORWIN N, DEBUSK T A. Nitrogen uptake by the red algae *Gracilaria tikvahiae* [J]. *Aquaculture*, 1981, 26: 107 – 115.
- [5] AMERICO I T, MONICA N G, JOSE L E. Nutrient uptake rates by the alien alga *Undaria pinnatifida* when exposed to diluted sewage effluent. [J]. *Hydrobiologia*, 2004, 520: 1 – 6.
- [6] JOSEE A R, HANS B B, FRANCISCO A C. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH_4^+ – N uptake kinetics by *Phragmites australis* [J]. *Aquatic Botany*, 1999, 64: 369 – 380.
- [7] 刘静雯, 董双林. 光照和温度对细基江蓠繁枝变型的生长和生化组成影响[J]. *青岛海洋大学学报*, 2001, 31(3): 332 – 338.
- [8] 徐承斌, 杨同娥. 浒苔在池塘养殖中的危害及防治技术[J]. *齐鲁渔业*, 2002, 19(1): 31.
- [9] AGUILERA MORALES M, CASAS VALDEZ M, CARRILLO DOMÍNGUEZ, et al. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* sp. As a potential food source [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, 18: 79.
- [10] CHOO K S, SNOEIJIS P, PEDERSÉN M. Oxidative stress tolerance in the filamentous green algae *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha ahlneriana* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2004, 298: 111.
- [11] 周慧萍, 蒋巡天, 陈琼华, 等. 浒苔多糖的降血脂及其对 SOD 活力和 LPO 含量的影响[J]. *生物化学杂志*, 1995, 11: 161.
- [12] 雷衍之, 杨凤. 化学实验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 152 – 194.
- [13] 严国安, 李益健, 王志坚, 等. 固定化栅藻对污水的净化及其生理特征的变化[J]. *中国环境科学*, 1995, 15(1): 10 – 13.
- [14] 钱鲁闽, 徐永健, 焦念志. 环境因子对龙须菜和菊花心江蓠 N、P 吸收速率的影响[J]. *中国水产科学*, 2006, 13(2): 257 – 262.
- [15] 刘长发, 张泽宇, 雷衍之. 盐度、光照和营养盐对孔石莼光合作用的影响[J]. *生态学报*, 2001, 21(5): 795 – 798.
- [16] PECKOL P, RIVERS J S. Physiological responses of the opportunistic macroalgae *Cladophora vagabunde* (L) vanden Hock and *Gracilaria tikvahiae* (mclachlan) to environmental disturbances associated with eutrophication[J]. *Exp Mar Biol*, 1995, 190: 1 – 16.
- [17] 荆玉祥, 匡延云, 李德葆. 植物分子生物学[M]. 北京: 科技出版社, 1995: 102 – 114.
- [18] 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995: 74 – 77.
- [19] FALKOWSKI P G. Enzymology of Nitrogen Assimilation [A]. *Nitrogen in the Marine Environment* [M]. New York: Academic Press Inc. 1983.
- [20] DEMMIG ADAMS B, ADAMS W W. Photoprotection and other responses of plants in high light stress [J]. *Annu Rev Physiol Plant Mol Biol*, 1991, 43: 599 – 626.
- [21] HANELT D, HUPPERTZ K, NULTSCH W. Daily course of photosynthesis and photoinhibition in marine macroalgae investigated in the laboratory and field [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1993, 97: 31 – 37.

[22] COLLEEN J, MTOLERA M, ABRAHAMSSON K. The culture and physiology of *Euchenma* (Rhodophyta); its increasing price in East-Africa [J]. *AMBIO*, 2004, 24(7/8): 497 – 501.

[23] BOWLER C. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. *Annu-Rev Plant Pyhsilo Mol Biol*, 1992, 43: 83 – 166.

[24] 许忠能, 林小涛, 计新丽, 等. 环境因子对细基江蓠繁枝变种氮、磷吸收速率的影响[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(3): 417 – 421.

[25] 王焕明, 李少芬, 陈皓明, 等. 江蓠与新对虾、青蟹的混养实验[J]. *水产学报*, 1993, 17(4): 273 – 281.

[26] 姚南瑜. 藻类生理学[M]. 大连: 大连工学院出版社, 1987. 259.

[27] 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995: 74 – 77.

Effects of Some Ecological Factors on the Absorption of N , P by *Enteromorpha linza* Ulva

LI Ting¹, XU An-min^{1,2}, SUN Cheng-bo¹, LI Yi-jun^{1,2}, WANG Ping², SUN Cheng-zhi²

(1. Fisheries college, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;
2. Hainan Changjiang Nanjiang Marine Biotechnology Co. , Ltd , Sanya 572000, China)

Abstract: To explore the feasibility of *Enteromorpha linza* ulva in optimizing shrimp culture environment, the effects of light, pH, salinity, temperature and other ecological factors on the absorption of N, P by *Enteromorpha linza* ulva were analyzed. The results indicated that N, P by Light, pH, salinity, temperature and other ecological factors affected the uptake rate N, P by *Enteromorpha linza* ulva significantly. Within 0—1 000 lx light intensity, the uptake rate of DIN, DIP by *Enteromorpha linza* ulva increased with the increase of light intensity; within 1 000—5 000 lx light intensity range, the uptake rate of DIN, DIP were higher, average was $(0.000\ 30 \pm 0.001\ 2)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.001\ 56 \pm 0.001\ 1)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; above than 5 000 lx, the uptake rate of DIN, DIP decreased significantly. Within pH 7.0—9.0, the uptake rate of DIN, DIP were higher, average was $(0.000\ 12 \pm 0.001\ 2)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $(0.001\ 68 \pm 0.001\ 42)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, while outside this range, the uptake rate of DIN, DIP decreased significantly; Within the salinity range of 15—25, the uptake rate of DIN, DIP were higher, the highest vlue was observed when salinity in 15, the uptake rate of DIN, DIP were $(0.000\ 21 \pm 0.000\ 05)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ and $(0.005\ 5 \pm 0.000\ 6)\ \text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Within 20—35℃, the uptake rate of DIN, DIP were higher, the maximum absorption rate of P reached at 35℃, which was $(0.000\ 56 \pm 0.002\ 6)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, the maximum absorption rate of N maximum reached at 30℃, which was $(0.024\ 56 \pm 0.000\ 11)\ \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, while outside the scope , the absorption rate decreased significantly.

Key words: *Enteromorpha linza* ulva; light; pH; salinity; temperature; the uptake rate of N, P