

陈梦琪, 郑建伟, 蒋跃平, 等. 沉水植物降解及营养盐释放规律[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 411–413.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.129

沉水植物降解及营养盐释放规律

陈梦琪^{1,2}, 郑建伟¹, 蒋跃平³, 关保华²

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏南京 210044; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所/湖泊科学与环境国家重点实验室, 江苏南京 210008; 3. 杭州西溪国家湿地公园生态研究中心, 浙江杭州 310030)

摘要: 设置不同的试验条件, 研究沉水植物的降解和营养盐释放过程及其影响因素。选取苦草和黑藻作为试验材料, 在池塘、温室内和温室外 3 个地点设置不同试验处理组。结果表明: 苦草和黑藻的降解过程具有明显的阶段性, 初期速率较快, 之后基本保持稳定。无论是苦草还是黑藻, 磷的释放都很快, 在 1 周内大量释放; 但是苦草营养盐释放速率低于黑藻。苦草和黑藻的降解以及营养盐的释放速率在有沉积物存在、温度较高的情况下较高。

关键词: 苦草; 黑藻; 降解规律; 氮磷释放速率; 沉积物; 温度

中图分类号: X524 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0411-03

沉水植物作为湖泊生态系统的一个重要组成部分, 对湖泊生态系统的物质和能量的循环起重要作用^[1]。近 40 年来, 对我国各大浅水湖泊的污染控制研究结果表明, 沉水植物可以吸收水中的营养物质, 促进水体营养盐沉降、遏制底泥营养盐向水中再释放等^[2-4]。通过降低沉积物-水之间的营养盐通量, 沉水植物能够有效地净化水质, 保持水体处于较低的营养盐水平, 抑制藻类生长, 提高水体的自净能力^[5]。然而, 沉水植物进入衰亡期后, 会分解释放一部分营养盐^[6], 对水体造成二次污染。沉水植物死亡后, 一部分直接在水中衰亡消解, 释放部分营养盐; 其余部分腐烂沉入水底, 浮于沉积物表层, 和微生物共同作用消耗溶解氧, 释放营养物质^[7]。此外, 不同种类的沉水植物, 由于碳氮磷物质形态及组成比例的差异, 导致在衰亡过程中, 腐烂分解和营养盐的释放速率也不相同^[8]。本试验模拟沉积物有无和不同的温度条件, 将苦草 (*Vallisneria spiralis*) 和黑藻 (*Hydrilla verticillata*) 死亡植株放置在塑料大棚温室内、温室外和原位池塘中, 研究温度和沉积物缺失对不同沉水植物降解过程和营养盐释放的规律, 以期发现沉水植物在死亡后对水体的影响, 为深入研究沉水植物在水体营养盐循环中的作用提供理论补充。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2012 年 11 月底于江苏省无锡五里湖采集苦草和黑藻植株, 带回实验室, 40 ℃ 烘干至恒质量, 试验在南京信息工程大学温室大棚中进行。用水为自来水, 沉积物为校园内池塘中黑色沉积物。将苦草和黑藻洗净去除杂质, 并剪碎至 5 ~ 10 mm 长的小段, 待其风干后分别称量 (150 ± 1) mg 苦草和

(100 ± 1) mg 黑藻, 放入编号好的分解网袋 (200 目尼龙网, 10 cm × 10 cm) 中。苦草和黑藻分别留样测初始生物量和氮 (N)、磷 (P) 含量。其他分为 5 个处理组 (表 1), 每个处理组 3 个重复, 每个重复 6 份样品。处理 A、处理 B、处理 C、处理 D 的样品每批重复放置在 1 个烧杯中, 烧杯均放置在有一定水量的塑料大桶里, 以保证恒温。每隔 1 周从各个烧杯中随机抽取 1 份植物样品测生物量和 N、P 含量。处理 E 样品直接放入池塘中, 同样每隔 1 周从池塘中抽取 1 份测生物量和 N、P 含量。试验地点为塑料大棚温室内外和池塘中, 分别模拟温度的高低、沉积物的缺失和水体原位环境。

表 1 苦草和黑藻初始生物量和氮、磷含量测定的试验设置

处理	处理方式	试验地点	模拟条件
A	200 mL 自来水	温室内	高温 + 缺失沉积物
B	200 mL 自来水 + 3 cm 沉积物	温室内	高温
C	200 mL 自来水	温室外	低温 + 缺失沉积物
D	200 mL 自来水 + 3 cm 沉积物	温室外	低温
E	不作处理	池塘	原位

1.2 样品采集与分析

试验共进行 5 周, 试验开始后, 每周采集 1 次样品, 洗净泥沙和附着物后, 在烘箱中烘干后称质量。将干燥样品粉碎研磨, 用元素分析仪 (意大利, Euro Vector, EA3000) 测定氮含量, 用电感耦合等离子体发射光谱仪 (美国, Leeman, Prodigy) 测定磷含量^[9]。

1.3 数据处理

将所有的样品测量其生物量和 N、P 含量, 按序录入 Excel 表格中, 并计算出各个处理的平均值, 绘制降解曲线。

植物分解速率以 K 表示, 生物量、TN、TP 对应的分解速率分别为 K_s 、 K_N 、 K_P 。以生物量分解速率计算方程为例: $K_s = (S_d - S_0) / (d \times S_d)$, 式中 S_d 为第 d 天生生物量含量, S_0 为初始生物量含量, d 为时间。

2 结果与分析

2.1 苦草降解过程中残存生物量和氮、磷含量的变化

由图 1 可知, 所有处理组生物量均在试验第 1 周明显下

收稿日期: 2014-09-22

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31100341); 浙江省重点科技创新团队项目 (编号: 2012R10039)。

作者简介: 陈梦琪 (1990—), 女, 江苏淮安人, 硕士, 主要从事水生植物生态学研究。E-mail: 215857204@qq.com。

通信作者: 关保华, 博士, 副研究员, 主要从事水生植物生态学研究。

Tel: (025) 86882113; E-mail: bhguan@niglas.ac.cn。

降,之后变化较平稳。池塘组第 1 周分解最快;处理 B 的生物量下降缓慢;处理 D 的生物量基本处于稳定状态,第 1、第 3、第 4、第 6 周均高于其他处理;处理 E 的生物量在试验开始后快速降低。总氮含量的变化趋势同生物量变化趋势相似,在试验第 1 周明显下降,然后上下波动。总体而言,处理 A 总氮含量最高,处理 E 最低。处理 A 和处理 D 的 TN 在前 5 周都明显高于其他处理。所有处理的 TP 含量在第 1 周迅速下降,之后都保持在一个较平稳的状态。其中,处理 E 的 TP 含量最低,处理 A 和处理 C 的 TP 含量在第 1、第 5、第 6 周均明显高于其他处理。总体而言,处理 A、处理 B 的总磷含量高于处理 C、处理 E。

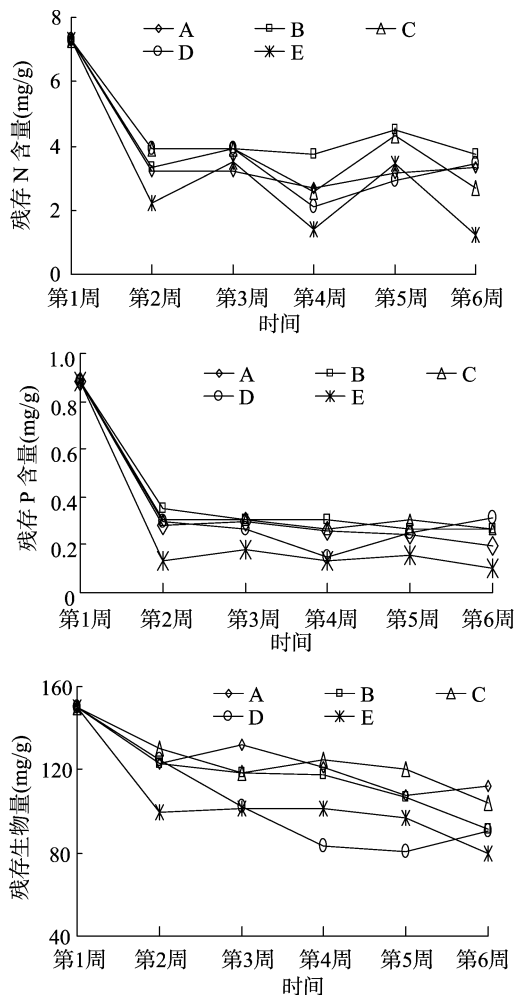


图1 苦草降解过程中残存生物量和氮、磷含量的变化

2.2 黑藻降解过程中残存生物量和氮、磷含量的变化

由图 2 可知,黑藻所有处理组的生物量在第 1 周迅速下降,此后都在该值上下浮动。处理 C 在第 2、第 3、第 4 周基本处于平稳状态,第 5、第 6 周有所回升。且处理 C 和处理 D 的生物量在第 2、第 3、第 5、第 6 周高于处理 A 和处理 B,即温室内分解较慢。和苦草一样,黑藻的 TN 含量变化较大。其中,处理 E 的 TN 含量最低,即黑藻在池塘中的含氮量较低;除了第 1、第 3 周外,处理 A 的 TN 含量都高于处理 B,且处理 A、处理 B 高于处理 C、处理 D,即温室内高于温室外。苦草所有处理组的 TP 含量在第 1 周迅速下降,之后基本保持在稳定状态。黑藻的 TP 含量的变化趋势同苦草基本一致。总体而

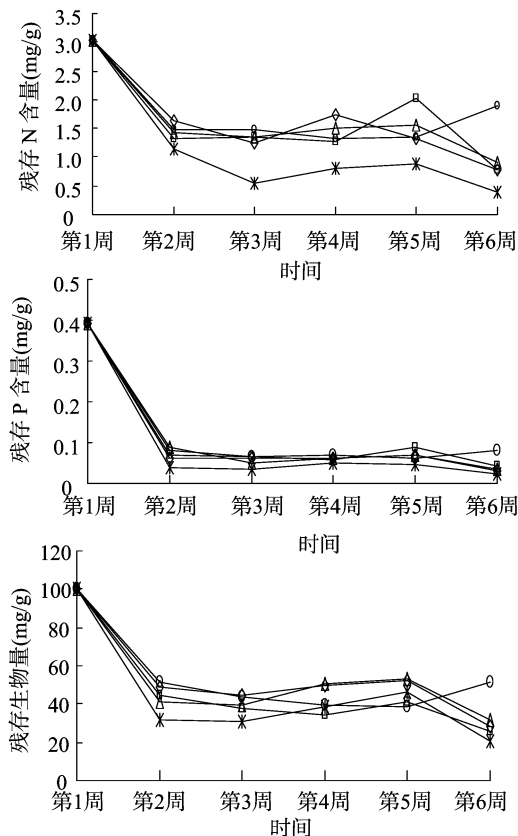


图2 黑藻降解过程中残存生物量和氮、磷含量的变化

言,处理 A 的总磷含量最高,处理 E 总磷含量最低。

2.3 苦草和黑藻的第 1 周分解速率比较

由图 3 可知,第 1 周黑藻处理 B、处理 C、处理 D 的氮分解速率均略高于苦草,苦草的处理 A 和处理 E 略高于黑藻,总体来说,苦草和黑藻差别不大。第 1 周黑藻各处理的磷分解速率均略高于苦草,其中两者处理 A 的差距最大,处理 E 最接近。黑藻的第 1 周生物量分解速率明显高于苦草,黑藻几乎是苦草的 2~4 倍。

3 结论与讨论

沉水植物的降解是一个十分复杂的过程,受众多因素的影响^[10],包括生物及非生物因素,即温度、沉积物、营养盐及微生物分布等都会对沉水植物的降解产生很大的影响^[11]。

3.1 沉水植物的降解过程

沉水植物分解一般都分为 2 个阶段,第 1 个阶段是植物残体的快速溶解阶段,第 2 个阶段是难溶性物质与微生物以及胞外酶作用缓慢分解阶段^[12]。本研究结果也证实了这一点,苦草和黑藻在第 1 周迅速分解,之后分解速率明显下降,甚至在降解后期还出现了 TN、TP 含量上升的情况。这和氮磷在植物体内的存在形式有关,磷相较于氮会快速分解到水体中^[13-14]。

3.2 沉水植物降解过程的影响因素

温度是影响沉水植物降解速率的重要因素之一,温度高使得微生物的活动变得活跃^[15],从而加快了植物的降解速率。潘慧云等在实验室模拟条件下研究发现,金鱼藻和苦草在秋冬低温条件下释放的氮、磷较少,在来年回暖后分解有所

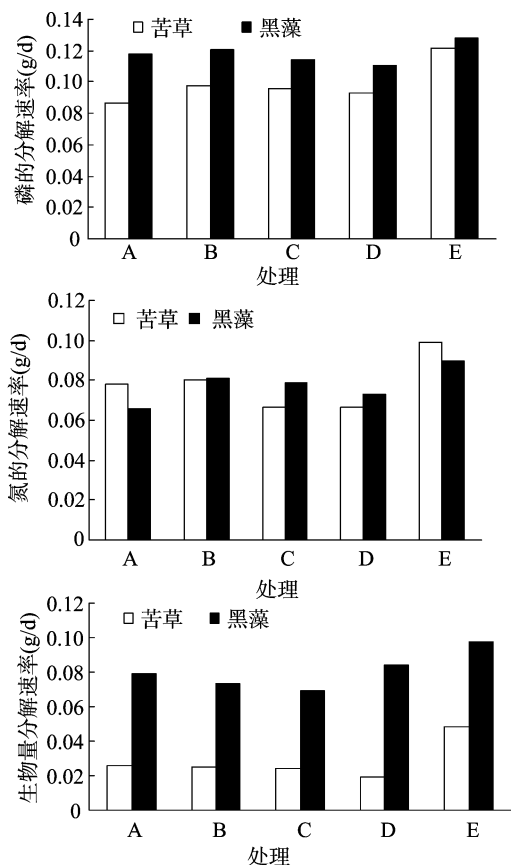


图3 苦草和黑藻第1周生物量和氮、磷分解速率的比较结果

加快^[6]。叶春等在试验中发现,黑藻分解过程有明显的阶段性,其分解速率与周围环境温度显著相关^[11]。本研究也发现,在温度较高的棚内,苦草和黑藻的分解速率均高于棚外。陈见等在研究中发现,沉积物加快了苦草 TN 和 TP 的损失速率^[16],这可能与沉积物中大量微生物促进促进含氮磷的有机物快速分解有关^[17]。本研究发现,在有沉积物的环境中,苦草和黑藻分解速率均高于没有沉积物的环境。而同样是有沉积物的环境,温室外的降解速率明显低于原位池塘中的分解速率,这可能与池塘中微生物种类更多、系统更加复杂有关^[13]。

3.3 不同种沉水植物降解的比较

苦草和黑藻在降解过程中也表现出不一样的规律。李燕对 5 种沉水植物进行分解试验,得出苦草的降解速度要比黑藻慢的结论^[18]。本研究发现,苦草在没有沉积物的处理下,分解速率最大,而池塘中分解相对最慢。表明沉积物虽然有微生物,但也在一定程度上抑制了苦草的分解;而池塘是自然环境,微生物种类较全面,对苦草的综合作用表现为较慢的降解速度。相反,黑藻在池塘中的分解速率最大,棚外无沉积物的环境下分解最慢。明显看出,在温度低、微生物较少的水体中,黑藻较难分解。同时,黑藻在降解过程中,氮一直是上下波动的,由此推测出黑藻不仅仅会释放氮,还会从周围环境中吸收氮。此外,在相同条件下,苦草的降解速率明显低于黑藻,这可能与苦草黑藻自身的氮磷含量有关^[19]。在温室外无土的环境中,黑藻量甚至是苦草的 4 倍,这可能是由于黑藻的碳氮磷比例更适合微生物分解的缘故。因此在秋冬死亡季

节,黑藻应优先于苦草从湖中打捞出来,以防二次污染。

无论是苦草还是黑藻,都在 1 周内快速分解,此后分解变得非常缓慢;苦草在 1 周内分解释放掉 60% 以上的 P 和 50% 以上的 N;黑藻分解速率高于苦草,在 1 周内分解释放掉 80% 以上的 P 和 50% 以上的 N。无论是苦草还是黑藻,P 的释放速率均高于 N。在池塘原位条件下,无论是苦草还是黑藻,其分解速率都高于其他试验条件。

参考文献:

- [1] Carpenter S R, Lodge D M. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes[J]. Aquatic Botany, 1986, 26: 341 - 370.
- [2] 吴玉树, 余国莹. 根生沉水植物范草对滇池水体的净化作用[J]. 环境科学学报, 1991, 11(4): 411 - 416.
- [3] 孙刚, 盛连喜. 湖泊富营养化治理的生态工程[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 590 - 592.
- [4] 许木启, 黄玉瑶. 受损水域生态系统恢复与重建研究[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 547 - 558.
- [5] 高吉喜, 叶春, 杜娟, 等. 水生植物对面源污水净化效率研究[J]. 中国环境科学, 1997, 17(3): 56 - 60.
- [6] 潘慧云, 徐小花, 高士祥. 沉水植物衰亡过程中营养盐的释放过程及规律[J]. 环境科学研究, 2008, 21(1): 64 - 68.
- [7] 类敏, 廖柏寒, 刘红玉. 3 种水生漂浮植物处理富营养化水体的研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 194 - 195.
- [8] 李文朝, 陈开宁, 吴庆龙, 等. 东太湖水生植物生物质腐烂分解实验[J]. 湖泊科学, 2001, 13(4): 331 - 336.
- [9] 中国科学院土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 62 - 136.
- [10] Kochy M, Wilson S D. Litter decomposition and nitrogen dynamics in Aspen forest and mixed - grass prairie[J]. Ecology, 1997, 78(3): 732 - 739.
- [11] 叶春, 王博. 沉水植物黑藻早期分解过程及影响因素研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(17): 260 - 264.
- [12] Rooney N, Kalf J. Submerged macrophyte - bed effects on water - column phosphorus, chlorophyll a, and bacterial production[J]. Ecosystems, 2003, 6(8): 797 - 807.
- [13] 毛丽娜, 王国祥, 张利民, 等. 黑藻群丛对水体氮素和其他主要环境因子日变化的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(6): 811 - 815.
- [14] Jansson P, Berg B. Temporal variation of litter decomposition in relation to simulated soil climate; long - termed eco - position in a scots pine forest[J]. V Can J Bot, 1985, 63(4): 1008 - 1016.
- [15] 熊秉红, 李伟. 我国苦草属植物的生态学研究[J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(6): 500 - 508.
- [16] 陈见, 谢从新, 何绪刚, 等. 冬季苦草分解速率及营养盐释放研究规律[J]. 水生态学杂志, 2011(32): 57 - 63.
- [17] Szabó S, Braun M, Nagy P, et al. Decomposition of duckweed (*Lemna gibba*) under axenic and microbial [- 2pt] conditions: flux of nutrients between litter water and sediment, the impact of leaching and microbial degradation[J]. Hydrobiologia, 2000, 434(1/2/3): 201 - 210.
- [18] 李燕, 王丽卿, 张瑞雷. 5 种沉水植物死亡分解过程中氮磷营养物质的释放[J]. 上海环境科学, 2008(2): 68 - 72.
- [19] 武海涛, 吕宪国, 杨青, 等. 三江平原典型湿地枯落物早期分解过程及影响因素[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4027 - 4035.