

# 几种水生植物对氮素的利用及园林应用

马长乐<sup>1</sup>, 李靖<sup>2</sup>, 敖新宇<sup>2</sup>, 陈玉惠<sup>2</sup>

(1. 西南林业大学 园林学院, 云南 昆明 650224; 2. 西南林业大学 生命科学学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:**对云南省广泛分布的金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus*)、茭草(*Zizania caduciflora*)、菱角(*Trapa japonica*)、苦草(*Vallisneria spiralis*) 5 种水生植物进行了含水量、硝氮、总氮及硝酸还原酶活性测定和比较。结果表明:5 种水生植物吸收利用氮素的能力存在差异,微齿眼子菜和金鱼藻对硝氮的吸收转化能力均较强,菱角对硝氮的吸收累积能力较强但是转化能力弱,环境中的氮素能明显增加茭草对硝氮的转化能力。根据不同植物对氮素利用能力的差异可将其合理的应用于园林造景中。

**关键词:**水生植物;硝氮;总氮;硝酸还原酶;园林造景

**中图分类号:**S 682.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)14-0084-04

在园林绿化设计中,水体是构成景观的重要因素。因此,在各种风格的园林中,水体均有不可替代的作用。园林中各类水体,无论其在园林中是主景、配景或小景,无一不借助水生植物来丰富水体的景观<sup>[1-3]</sup>。水生植物的园林应用主要包括在人工湿地对生活污水的净化处理、城市湿地公园的建设、城市河道的生态修复和建设、城市滨水景观的建设以及公园水景、居住区水景等方面的应用。在人工湿地生活污水处理净化方面,水生植物以其超强的吸收氮、磷等富营养物质和重金属元素、对有机污染物质的降解的能力而备受关注。因此,在水景中广泛使用水生植物,具有十分重要的景观意义和生态意义,但在植物种类的选择及植物配置方面,还缺乏相关理论依据<sup>[4-5]</sup>。

不同水生植物吸收利用氮素的能力不同,硝态氮是植物最重要的氮源,硝态氮在进入植物体后一部分被还原成铵态氮,并在细胞质中进行代谢,其余部分可积累在细胞的液泡中且有时达到较高的浓度也不会对植物产生不良影响,所以硝态氮在植物体内的积累实际上是氮素“贮备”。植物硝态氮含量的高低可在一定程度上反映植物在特定环境下对硝态氮的吸收和保存能力<sup>[6]</sup>。硝酸还原酶(NR)是高等植物氮代谢的关键酶。植物吸

收的硝酸盐,必须通过 NR 进行代谢还原后才能被植物利用,因此 NR 的活性大小可以反映植物对硝态氮的转化能力<sup>[6]</sup>。通过测定植物体内不同形态氮的积累量和氮代谢关键酶的活性来研究植物利用氮素的能力从而合理的应用于园林造景中,国内外相关报道很少。

该研究对云南省广泛分布的金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus*)、茭草(*Zizania caduciflora*)、菱角(*Trapa japonica*)、苦草(*Vallisneria spiralis*) 5 种水生植物不同形态氮及氮代谢关键酶活性进行测定和比较研究,以了解它们利用氮素的能力,为水生植物净水机理的阐述和浅水湖泊、人工湿地等水生植物的合理选择和利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试植物 5 种水生植物金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus*)、茭草(*Zizania caduciflora*)、菱角(*Trapa japonica*)、苦草(*Vallisneria spiralis*) 采自云南大理剑川剑湖,样品采集于 2011 年 5 月,为植物生长较好季节。选取大小一致、生长较好的植株,栽种于西南林业大学露天中水培养池,在同一生境下培养 2 个月后采样分析。

1.1.2 材料预处理 试验材料采集后先用自来水将表面洗干净后分成 3 份,1 份用蒸馏水冲洗后晾干表面水分,用于水分、硝态氮的测定;1 份放入烘箱里烘干粉碎后用于总氮测定;1 份用于硝酸还原酶的诱导及测定。

### 1.2 试验方法

1.2.1 含水量的测定 采用快速水分测定仪测定。首先设定仪器条件(80℃、百分含水量、1 h),然后剪取 1 g 左右处理好的样品放在仪器中的称量盘上,待质量稳定

**第一作者简介:**马长乐(1976-),男,新疆昌吉人,博士,副教授,现主要从事园林植物研究工作。E-mail:machangle@sina.com.

**责任作者:**陈玉惠(1961-),女,云南昆明人,博士,教授,现主要从事植物生理生化研究工作。E-mail:chenyuhui@swfu.edu.cn.

**基金项目:**国家重点基础研究发展计划“973”前期研究专项资助项目(2010CB434807)。

**收稿日期:**2012-03-26

后盖上仪器盖子并按下开始键进行测定,当曲线稳定后按下停止键,同时记下含水量和测定时间即完成测定。每个样品设3次重复。

1.2.2 硝态氮含量的测定 准确称取2 g左右的预处理植物材料,加10 mL去离子水,置入沸水浴中提取30 min。冷却后过滤至25 mL容量瓶中,反复冲洗残渣,最后定容至刻度。共设3次重复。吸取提取液0.1 mL于试管中,加入5%水杨酸-硫酸溶液0.4 mL,混匀后置室温下20 min,再慢慢加入9.5 mL 8% NaOH溶液,待冷却至室温后,在410 nm波长下测吸光值。通过标准曲线计算出硝态氮的浓度,再按以下公式计算其含量<sup>[7]</sup>。硝态氮含量=(D×样品液总量)/样品鲜重。式中:D—标准曲线上查得或回归方程计算得硝态氮浓度。最后根据含水量计算出每100 g干重样品中所含的硝态氮含量。

1.2.3 样品中总氮的测定 采用凯氏定氮法进行测定。准确称取处理好的样品0.1 g左右放入消化管中,加5 g的催化剂和10 mL浓硫酸后放入消化炉中进行消化(先在200℃消化0.5 h再在420℃消化2 h),每个样品设3次重复。采用Kjeltec2300全自动定氮仪进行测定<sup>[8-9]</sup>。

1.2.4 硝酸还原酶活性检测 酶的诱导和粗酶液的制备:将预处理后的植物材料(整株)在自然光照条件下先在自来水中培养24 h,然后分成3组,其中2组分别在(1.0 mmol/L)硝酸钾溶液和硫酸铵溶液中继续培养24 h,另1组在自来水(对照组)中继续培养24 h。每种处理各设3次重复。称取2 g左右的诱导后的植物材料(去除根部后其余部分剪成小段并混合均匀),按1:5的比例加入提取缓冲液(0.1 mol/L磷酸缓冲液,pH 7.5)和少量石英砂,研成匀浆,4℃ 9 800 r/min下离心20 min后,取上清液(酶提取液),备用<sup>[10]</sup>。酶活性测定:取粗酶液0.4 mL于试管中,加入1.4 mL 0.1 mol/L硝酸钾和0.2 mL NADH溶液,混匀,在25℃水浴中保温30 min,空白对照不加NADH和粗酶液,而以0.6 mL 0.1 mol/L pH 7.5磷酸缓冲液代替。保温结束后立即加入1 mL磺胺溶液终止酶反应,再加入1 mL萘胺溶液,显色15 min于4 000 r/min下离心5 min,取上清液在540 nm下测吸光值,以空白对照作为调零管。根据标准曲线计算出反应液中所产生的亚硝态氮总量(μg)并按下列公式计算样品中的酶活性<sup>[10]</sup>。样品中酶活性(μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>)=(X/V2×V1)/W×t。式中:X—反应液酶催化产生的亚硝态氮总量(μg);V1—提取酶时加入的缓冲液体积(mL);V2—酶反应时加入的粗酶液体积(mL);W—样品重量(g);t—反应时间(h)。

## 2 结果与分析

### 2.1 5种水生植物的含水量

由图1可知,5种水生植物的平均含水量分别为苦草90.42%,微齿眼子菜84.41%,菱角80.00%,茭草

83.45%,金鱼藻90.03%。5种水生植物的平均含水量较高,均超过80%,其中2种沉水植物苦草和金鱼藻的含水量最高,超过90%;含水量最低的为浮叶植物菱角,平均含水量仅为80%,其次为挺水植物茭草,平均含水量为83.45%。由图1可知,5种水生植物的含水量大小依次为:苦草>金鱼藻>微齿眼子菜>茭草>菱角。

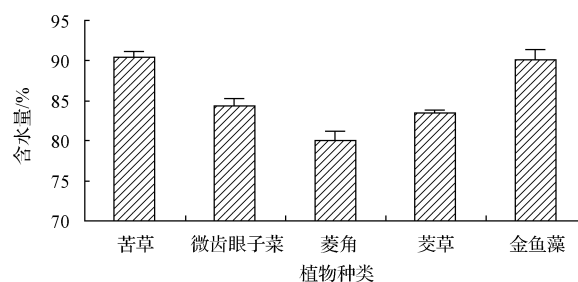


图1 5种水生植物的含水量

Fig. 1 Moisture content of five aquatic plants

### 2.2 5种水生植物的总氮含量

植物组织中总氮(TN)、总磷(TP)的含量不仅是判定其净化污水效能的重要指标,也是人工湿地植物种类筛选的依据之一。由图2可知,供试5种水生植物在中水环境中的总氮含量最高的为金鱼藻和茭草,总氮含量最低的为菱角。5种植物的总氮含量依次为:金鱼藻>茭草>苦草>微齿眼子菜>菱角。

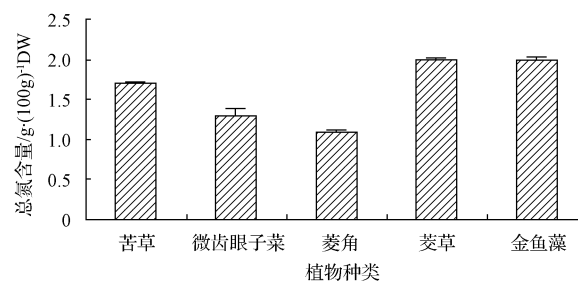


图2 5种水生植物体总氮含量

Fig. 2 Total-N content of five aquatic plants

### 2.3 5种水生植物的硝氮含量

由图3可知,5种水生植物在中水环境中生长时其硝态氮含量间存在明显差异,其中硝态氮含量最高的为菱角,平均含量为158.10 mg/100gDW。5种植物中硝态氮含量最低的为茭草,平均含量仅为15.59 mg/100gDW。5种水生植物的硝态氮含量大小依次为:菱角>金鱼藻>微齿眼子菜>苦草>茭草。以上结果表明,供试5种水生植物在中水环境中生长时,菱角吸收和储存硝态氮的能力相对较强,其次为金鱼藻和微齿眼子菜,苦草和茭草吸收和储存硝态氮的能力相对较弱。

### 2.4 5种水生植物的硝酸还原酶活性

采用硝酸钾和硫酸铵2种形态的氮源(硝氮和铵氮)处理供试植物以考察其对植物硝酸还原酶活性的影

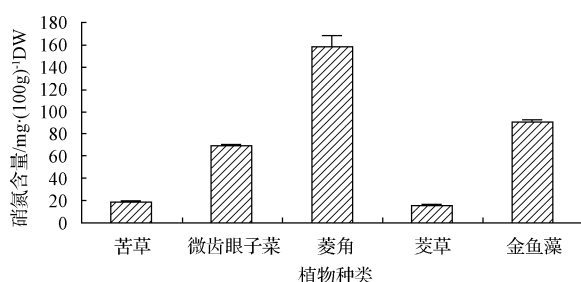


图3 5种水生植物的硝态氮含量

Fig. 3 Nitrate-N content of five aquatic plants

响,结果表明,5种水生植物的硝酸还原酶活性存在明显差异,一定浓度的硝氮(硝酸钾)和铵氮(硫酸铵)对5种水生植物的硝酸还原酶活性的影响也存在一定差异。由图4可知,对照组硝酸还原酶活性最高的为微齿眼子菜,最低的为茭草,5种水生植物硝酸还原酶活性大小依次为:微齿眼子菜>苦草>金鱼藻>菱角>茭草。相对而言,微齿眼子菜转化硝氮的能力较强。

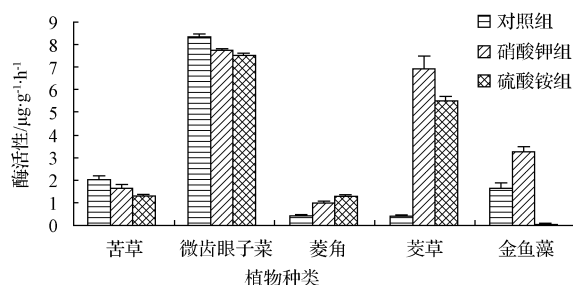


图4 5种水生植物的硝酸还原酶活性

Fig. 4 Nitrate reductase activity of five aquatic plants

经 1.0 mmol/L 的硝氮(硝酸钾)处理后植物硝酸还原酶活性大小依次为:微齿眼子菜>茭草>金鱼藻>苦草>菱角。虽然5种植物中硝酸还原酶活性最强的为微齿眼子菜,但与对照相比其活性却有所下降,苦草与对照相比酶活性也有明显下降,一定浓度的硝氮对微齿眼子菜和苦草的硝酸还原酶活性表现出一定的抑制作用。相同浓度的硝氮对茭草、金鱼藻和菱角3种植物的硝酸还原酶具有明显的诱导作用。其中茭草的酶活性提高最为明显,较对照提高了近16倍。

经 1.0 mmol/L 铵氮(硫酸铵)处理后植物硝酸还原酶活性大小依次为:微齿眼子菜>茭草>菱角>苦草>金鱼藻。试验结果表明,一定浓度的铵氮对3种沉水植物苦草、微齿眼子菜和金鱼藻的硝酸还原酶均有一定的抑制作用,其中抑制作用最强的为金鱼藻,其次为苦草。而相同浓度的铵氮对茭草和菱角的硝酸还原酶却具有明显的诱导作用,诱导最为明显的是茭草,与对照相比酶活性升高达13倍。

### 3 结论与讨论

综合以上试验结果,供试5种水生植物中微齿眼子菜的硝态氮、总氮含量相对较高且硝酸还原酶活性在不同诱导条件下均为5种植物中最高,表明微齿眼子菜对硝态氮的吸收能力和转化能力均较强。但是环境中一定浓度的硝氮和铵氮对微齿眼子菜的硝酸还原酶活性具有一定的抑制作用。

菱角在5种供试植物中硝氮含量最高,总氮含量最低且硝酸还原酶的活性也较低,说明菱角对硝氮的吸收能力较强但是转化能力弱,因而导致硝态氮在植物体内的大量积累。金鱼藻的总氮含量在5种供试植物中最高,且硝态氮和硝酸还原酶活性也相对较高,其对硝氮的吸收和利用能力也很强,但环境中铵氮对其硝氮的利用有较强抑制作用。茭草的总氮含量较高,但硝氮和硝酸还原酶活性较低,且环境中的硝氮和铵氮均可强烈诱导硝酸还原酶活性,因此环境中一定浓度的硝氮和铵氮会增加茭草对硝氮的转化能力。因此茭草在污染较严重的水环境中仍能较好的生长。苦草的硝氮含量较低,总氮含量和硝酸还原酶活性相对较高,但一定浓度的硝氮和铵氮均抑制其硝酸还原酶活性。因此,过高浓度的硝氮和铵氮环境均不利于苦草对氮素的吸收和利用。

试验结果表明,5种水生植物应用于园林绿化,在植物的选择和利用上,浮叶植物菱角适宜在污染程度较低的水景中使用,其吸收累积硝氮的能力很强,在低浓度的硝氮环境中都能很好的生长;挺水植物茭草适宜在污染程度较高的水景中使用,其在中水环境中吸收利用硝氮的能力很弱,而环境中的硝氮和铵氮会增加茭草对硝氮的转化能力;沉水植物苦草适宜在中等污染程度的水景中使用,因为过高浓度的硝氮和铵氮环境均不利于苦草对氮素的吸收和利用,有研究表明,苦草对水中溶解氧的量要求较严格<sup>[1]</sup>,因此苦草适宜在流水中使用。沉水植物微齿眼子菜和金鱼藻吸收和转化硝氮的能力均较强,因此在不同污染程度的水景中可广泛使用。要想进一步证明这5种水生植物对不同形态氮的吸收和转化能力,还需要结合室内模拟试验。

### 参考文献

- [1] 张国华. 水生植物及其在园林中的应用[J]. 现代农业, 2008(3):76-77.
- [2] 林培勋. 厦门地区水生植物资源及其在园林绿化中的应用[J]. 亚热带植物科学, 2004, 33(3):55.
- [3] 黄珂, 吴铁明, 吴哲, 等. 水生植物在园林中的应用现状初探[J]. 林业调查规划, 2005, 30(5):95.
- [4] 田志平, 罗建让. 水生植物在园林中的应用[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6):180-182.
- [5] 宋晓青, 叶青. 浅议城市中人工湿地植物景观的营造[J]. 园林绿化, 2004, 5(4):9-12.



# 城镇密集区植物景观评价体系建立与营建指导

樊瑞莲, 白洁, 罗言云, 陈放

(四川大学 生命科学院, 四川 成都 610064)

**摘要:**将绿地设计规范指标与景观评价相结合,提出了以定量指标为评价基础,采用层次分析法原理来确定指标权重,结合定性指标的修定作用,客观地评价植物景观的体系。并在评价的基础上,提出一些切实可行的创造优秀景观的方法。

**关键词:**城镇密集区;植物;景观评价

**中图分类号:**S 731.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)14-0087-05

目前,在既有景观评价中,常用方法有评分法(SBE)和比较评判法(LCJ)<sup>[1]</sup>。二者皆采用照片为媒介,并临时组成评判团体。在设计方案决策上,常采用层次分析

**第一作者简介:**樊瑞莲(1988-),女,在读硕士,研究方向为风景园林。E-mail: xiaoluhuang@163.com.

**责任作者:**白洁(1968-),女,副教授,硕士生导师,现主要从事植物与园林专业的教学和科研工作。E-mail: baijie@scu.edu.cn.

**基金项目:**“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BAJ10B06)。

**收稿日期:**2012-03-29

法(AHP)与模糊数学评价法<sup>[2]</sup>。这2种方法将数学模型理论引入景观评价领域进行分析,在园林科学发展中,具有十分重要的意义。然而,以上方法过度依赖于评价者的主观意志,在对不同地区不同形式的景观进行评价时,难以得出较为一致和客观的结论。现将已研究的比较透彻的城市绿地设计规范指标引入植物景观评价体系,结合层次分析法原理对植物景观进行评价,初步构成了既能对既有植物景观进行评价,又能对景观设计方案进行评价决策的指标评价体系。

[6] Yanagisawa S, Akiyama A, Kisaka H, et al. Metabolic engineering with Dof1 transcription factor in plants: Improved nitrogen assimilation and growth under low-nitrogen conditions [J]. PNAS, 2004, 101(20): 7833-7838.

[7] 张玉先, 祁倩倩, 罗奥, 等. 锰对大豆氮代谢相关指标及产量品质的影响[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 486-491.

[8] 景丽洁, 袁东海, 王晓栋, 等. 水生植物总氮测定中两种消化方法的比较[J]. 环境污染与防治, 2005, 27(5): 392-394.

[9] 彭建平, 曾淦宁, 周燕, 等. 海藻总氮含量测定方法研究[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(z1): 72-75.

[10] 陶懿伟, 史益敏. 硝酸还原酶活性测定实验中的植物材料选择研究[J]. 上海交通大学学报, 2004, 22(2): 185-187.

[11] 朱增银, 陈灿, 贾海霞, 等. 不同氮源对苦草生长及生理指标的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 48-51.

## Study on Nitrogen Utilization of Several Aquatic Plants and Landscape Application

MA Chang-le<sup>1</sup>, LI Jing<sup>2</sup>, AO Xin-yu<sup>2</sup>, CHEN Yu-hui<sup>2</sup>

(1. College of Landscape Architecture, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. College of Life Science, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

**Abstract:** Nitrate-N, total-N, moisture content and nitrate reductase activity of five aquatic plants (*Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton maackianus*, *Zizania caduciflora*, *Trapa japonica*, *Vallisneria spiralis*), distributing widely in Yunnan Province, were measured and compared. The results showed the absorption and utilization of nitrogen ability of five aquatic plants existed difference. The Nitrate-N absorption and utilization ability of Nitrate-N by *Potamogeton maackianus* and *Ceratophyllum demersum* were higher among five aquatic plants. Absorption ability of Nitrate-N by *Trapa japonica* was high and the conversion ability was weak. Nitrogen of the environment could significantly increase nitrate-N transformation ability of *Zizania caduciflora*. Five aquatic plants could be reasonably applied to landscape design according to N utilization ability differences.

**Key words:** aquatic plants; nitrate-N; total nitrogen; nitrate reductase; garden landscaping