植物资源与环境学报 2003, **12**(1): 43 - 46
Journal of Plant Resources and Environment

新疆引种蕨状满江红的生态适应性及生物学功能初探

姚晓玲[1], 姜彦成[1], 王德萍[1], 黄典典[2], 宋娅丽[3]
(1. 新疆大学生命科学与技术学院,新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011;
3. 中国科学院西北高原生物研究所,青海 西宁 810001)

摘要: 结合新疆的环境特点,对蕨状满江红(*Azolla filiculoides* Lam.)进行了一系列引种适应性试验和生物学功能测定。结果表明:蕨状满江红在新疆有很强的适应性,在5～40 ℃均能生长,其生长最适温度为25～30 ℃,且耐低温;在2～8 g/L的盐溶液及pH 4～10范围内也能生长,并且可降低水体的矿化度及pH值;具有净化养殖水体和很强的富钾能力,植株钾含量最高可达干重的9.66 %;水利用率高,并能有效减少养殖水体表面的蒸发,有保水作用。在新疆的河、湖和水库适量养殖蕨状满江红,可实现其生态与经济价值。

关键词: 蕨状满江红;引种;生态适应性;生物学功能
中图分类号: Q948.13 **文献标识码**: A **文章编号**: 1004-0978(2003)01-0043-04

Pilot study of ecological adaptability and biological function of Azolla filiculoides **introduced in Xinjiang**

YAO Xiao-ling[1], JIANG Yan-cheng[1], WANG De-ping[1], HUANG Dian-dian[2], SONG Ya-li[3] (1. School of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, the Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2003, **12**(1): 43 - 46

Abstract: A series of experiments of ecological adaptability with introduced species *Azolla filiculoides* Lam. were carried out considering environmental characteristics in Xinjiang. The results showed that this species has strong adaptability to local climate in Xinjiang. It can grow in a temperature of 5 - 40 ℃ and the optimal temperature is between 25 - 30 ℃. The species can survive in solution with a salt content of 2 - 8 g/L and pH value of 4 - 10, the salt content and pH value of solution are both reduced. Meanwhile, the water quality can be improved by cultivating of the species. It has a important function in accumulating potassium, whose content in dry weight is up to 9.66 %. Water use efficiency of the species is rather high, and it can reduce evaporation on water surface. According to these characteristics it is possible to realize its ecological and economic values if it is cultivated in rivers、lakes and reservoirs properly.

Key words: *Azolla filiculoides* Lam.; introduced; ecological adaptability; biological function

蕨状满江红(*Azolla filiculoides* Lam.)原以野生状态生长于美国北部阿拉斯加及南部各州,在南美智利、玻利维亚和巴西等地均有分布。它比我国自然分布的满江红〔*A. imbricata* (Roxb.) Nakai〕光合能力高,适应性强[1]。自从1977年经中国科学院植物研究所从国外引入后,在许多地区发展迅速[2],其养殖已被证实为是一项效益明显的实用生态技术[3,4]。蕨状满江红为水生固氮植物,是优质绿肥和鱼类、禽畜饲料。年固氮量高达249～300 kg/hm^2[3];产量高,每公顷鲜重可达105 000 kg[2];耐低温,于-5 ℃短期间内未出现冻害[2];营养丰富,鲜植株含粗蛋白1.5 %左右[3];有很强的富钾能力,能吸收水中含量极低而一般植物难以利用的稀薄钾素,通过其富集返回土壤,给作物提供有效钾素。

作者于1999年7月至2001年9月将蕨状满江红引入新疆,并根据新疆的环境特点,进行了一系列引种养殖的生态适应性和生物学功能等指标的试验与测定,以探索其在新疆生长发育的适宜条件,从而为其在新疆推广养殖提供依据。

收稿日期: 2002-06-10
基金项目: 新疆大学自然科学基金资助项目(200031 0601)
作者简介: 姚晓玲(1966 -),女,四川宜宾人,硕士,副教授,主要从事植物资源利用研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 材料与方法

1.1 材料

蕨状满江红种萍于1999年7月引自辽宁沈阳,放置肥水中培养过冬,置于实验室自然条件下在缺氮营养液中扩繁。

1.2 实验方法

从1999年7月-2001年10月对蕨状满江红的生态适应性和生物学功能等指标作了一系列的分析研究。

1.2.1 生态适应性指标测定 将引入的蕨状满江红在乌鲁木齐及博斯腾湖等不同地域和不同水质的水体中养殖,以其鲜重的增长情况作为生态适应性指标。并测量蕨状满江红在博斯腾湖不同温度下的生长量。

配制12份400 mL缺氮营养液,用NaCl和Na_2SO_4按等比配成2、4、6和8 g/L 4个矿化度水平,每个水平设3个重复,各加入1.5 g蕨状满江红,自然条件下培养10 d;用1 mol/L HCl和1 mol/L NaOH调缺氮营养液的pH分别为4、6、8和10,每个pH水平设3个重复,每个重复400 mL缺氮培养液,各加入1 g蕨状满江红,培养10 d。检测不同矿化度和不同pH值条件下蕨状满江红的生长量。

1.2.2 水利用率测定 配制6份1 000 mL的缺氮营养液[5],分成2组,其中3份各加入3 g蕨状满江红,另3份作对照,培养10 d,测定其水利用效率。

1.2.3 降低养殖水体矿化度的测定 配制12份400 mL缺氮营养液,用NaCl和Na_2SO_4按等比配成2、4、6和8 g/L 4个矿化度水平,每个水平设3个重复。测溶液的电导率,然后各加入1.5 g蕨状满江红,培养10 d,再测其电导率。

1.2.4 水体pH测定 将15份300 mL缺氮营养液分成5组,用1 mol/L HCl和2 mol/L NaOH分别调pH为4、6、7、8和10等5个水平,每个水平设3个重复,各加入蕨状满江红1 g,培养10 d,测各溶液pH。

1.2.5 净化水体作用试验 取蒸馏水、缺氮培养液及富营养化湖泊的水,每种水样分成2组3次重复,测起始溶液吸光值。其中样品组为500 mL水样加入1 g蕨状满江红,另一组500 mL水样作对照。自然条件下生长10 d后,再测各溶液的吸光值。

1.2.6 蕨状满江红富钾试验 将肥水、完全营养液及用完全营养液配成的不同浓度的KCl溶液(浓度分别为2、3和4 g/L)分为2组,分别养殖蕨状满江红和水浮莲(*Pistia stratiotes* L.)。培养10 d,用PLA-SPZC电感耦合等离子体发射光谱仪(美国黎曼公司生产)测定蕨状满江红和水浮莲中钾元素的含量。

2 结果与分析

2.1 不同养殖条件下蕨状满江红的生长状况

引入的蕨状满江红在乌鲁木齐及博斯腾湖等不同地域和不同水质的水体中养殖,均能正常生长。其生长速率主要取决于温度、水质和光照强度。

不同温度下蕨状满江红的生长情况见表1。蕨状满江红在5～40 ℃范围内均可生长,在最适温度25～30 ℃,生长量每3天增加1倍;温度较低时,增加缓慢。气温降至-5 ℃,植株与冰结为一体,融化后植株仍可继续生长,表现出很强的耐寒性。从表1中可见,水温超过20 ℃时,蕨状满江红生长迅速,鲜重4～5 d就可增加1倍,萍体呈嫩绿色。2000年5月下旬至6月初出现连续阴天低温气候,蕨状满江红生长量较之前一时期有所下降,表明光照强度在生长期对其有明显影响。气温超过35 ℃及低于10 ℃时,植株边缘变成紫红色,而后全部变为红色。这是因为低温抑制叶绿素合成,而高温加速叶绿素分解,植株体内叶黄素和胡萝卜素使株体呈现红色。

表1 不同温度下蕨状满江红的生长情况(新疆博斯腾湖,2000-05)
Table 1 Growth situation of Azolla filiculoides **Lam. under different water temperatures (Bosteng Lake, Xinjiang, 2000-05)**

培养日期 Culture date (Date/Month)	平均气温 Average air temperature (℃)	平均水温 Average water temperature (℃)	鲜重始重 First weight of fresh plant (g)	鲜重终重 Last weight of fresh plant (g)	鲜重增长率 Increase rate of fresh weight (%)
1/5-9/5	19.88	17.34	1.0	1.937	93.7
11/5-19/5	24.47	22.30	1.0	3.720	272.0
25/5-3/6	22.17	20.76	1.0	3.150	215.0

水体矿化度及pH值对蕨状满江红生长的影响见表2。由表2可见,在2～8 g/L的高盐浓度培养液中,蕨状满江红均能生长,表明其具有很高的耐盐性。但随矿化度的增高,其生长量增长率依次下降。在pH 4～10范围内,植株都可生长,pH 6时,其生物增长率最高,达到286%,表明其最适pH为6.0,为喜酸性植物。在较强光照下,植株生长速度快,这与其光饱和点高[1]有关。在含盐大于6 g/L的溶液中养殖时植株也变为红色,表明高盐溶液对其叶绿素

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

合成有影响。

2000 和 2001 年 4 月中旬和 5 月上旬,曾先后 2 次在乌鲁木齐红湖和博斯腾湖投放蕨状满江红。经过观察发现,蕨状满江红可以在上述水体中生长。其中在乌鲁木齐红湖污染较严重的莲花池中,投放在裸露水面上的萍体很快被小鸟啄食;而在有芦苇遮挡的地方,萍体可以生长且呈红色。由此说明蕨状满江红生态适应性很强,在污水中依然能生长。

表 2　不同矿化度和 pH 值对蕨状满江红生长的影响(新疆乌鲁木齐,2000-05)
Table 2　Effects of different mineralization degrees and pH values on growth of *Azolla filiculoides* Lam. (Urumqi, Xinjiang, 2000-05)

矿化度(g/L) Degree of mineralization	鲜重始重(g) First weight of fresh plant	鲜重终重(g) Last weight of fresh plant	鲜重增长率(%) Increase rate of fresh weight	pH	鲜重始重(g) First weight of fresh plant	鲜重终重(g) Last weight of fresh plant	鲜重增长率(%) Increase rate of fresh weight
2	1.0	4.593	199.7	4	1.5	3.490	249.0
4	1.0	4.528	194.6	6	1.5	3.862	286.2
6	1.0	2.959	97.3	8	1.5	3.799	279.9
8	1.0	2.220	46.3	10	1.5	2.889	188.9

2.2　蕨状满江红的水利用率

蕨状满江红水利用率指标的测定结果见表 3。

表 3　蕨状满江红的水利用率(新疆乌鲁木齐,2001-06)
Table 3　The water use efficiency of *Azolla filiculoides* Lam. (Urumqi, Xinjiang, 2001-06)

项目 Items	$x \pm s$
对照组蒸发量 Evaporation of CK (mL)	556.67 ±15.90
植株蒸发蒸腾量 Evaporation and transpiration of treatment (mL)	438.33 ±10.92
鲜重 Fresh weight (g)	10.225 ±0.365
干重 Dry weight (g)	0.716 ±0.026
水利用率 Water use efficiency (mg/g)	1.62 ±0.11

初级生产量与水的蒸发蒸腾量成正比,用水利用率(WUE)表示,它是生产的干物质与蒸发和蒸腾的水量之比[6]。一般,灌溉作物中水利用率为 1～2,在干旱和半干旱草原一般为 0.1～1.0[6]。经测定蕨状满江红的水利用率较高,达 1.5～1.7 mg/g。从表 3 可看出,蕨状满江红的蒸发蒸腾量明显小于裸露水表的蒸发量,二者差值平均可达 118 mL。作为干旱、半干旱地区的新疆,潜在的蒸发量很大,以新疆塔里木盆地东缘巴音郭楞蒙古自治州为例,年蒸发量一般为 2 200～2 900 mm,地表水中相当大的一部分水都被蒸发了,而塔里木盆地的年平均降水量不足 100 mm,因此,这种潜在蒸发对极为缺水的新疆来说,是相当巨大的损失。而将蕨状满江红放养在水体表面,不但能有效减少蒸发损失,起到保水的作用,而且可避免由于蒸发而造成的水体矿化度升高。同时提高了水体的第一性生产量,从而也可提供大量优质绿肥和饲料。

2.3　降低养殖水体矿化度的作用

蕨状满江红对不同矿化度水体的电导率影响见表 4。由表 4 可知,在 2～8 g/L 的盐溶液中蕨状满江红都能生长,随矿化度的升高,电导率的降低值依次下降。表明蕨状满江红不仅具有很强的耐受盐胁迫的能力,而且溶液电导率的下降也反映了它能起到生物排盐作用,从而降低水体矿化度。

表 4　蕨状满江红对水体矿化度的影响(新疆乌鲁木齐,2000-06)[1)]
Table 4　Effect of *Azolla filiculoides* Lam. on degrees of mineralization of water (Urumqi, Xinjiang, 2000-06)[1)]

矿化度 Degree of mineralization (g/L)	溶液电导率($\times 10^4$ μs/cm) Conductivity of solution		电导率的降低量 Reduction of conductivity ($\times 10^4$ μs/cm)
	培养前 Culture before	培养后 Culture after	
2	0.42	0.37	0.05
4	0.62	0.58	0.04
6	0.77	0.74	0.03
8	0.96	0.95	0.01

1) 测定温度 t = 23 ℃　Temperature t = 23 ℃

2.4　调整水体 pH 的作用

蕨状满江红对水体 pH 的影响结果见表 5。表 5 表明,蕨状满江红有调整水体 pH 值的功能。能把酸性培养液的 pH 升高,把碱性培养液的 pH 降低。而在 pH 较高的水体中,其降低 pH 的作用更为显著,在 pH6 时,水体 pH 变化最小。实验结果表明,蕨状满江红在 pH 4～10 范围内都可生长,且最适 pH 为 6.0 左右。

2.5　净化水体作用

蕨状满江红对不同水体吸光度的影响见表 6。从表 6 可见,各溶液的吸光值 10 d 后都有所增加,即

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

溶液浊度增加,可能是因为溶液有机质增加。但样品组的吸光度值都低于对照组,因为溶液的混浊度与吸光率成正比,由此说明蕨状满江红的生长可降低水的混浊度,即其具有净化水体的作用。

表5 蕨状满江红对养殖水体pH影响(新疆乌鲁木齐,2001-07)
Table 5 Effect of Azolla filiculoides Lam. on pH values of water (Urumqi, Xinjiang, 2001-07)

pH(培养前) Culture before	pH(培养后) Culture after ($x \pm s$)	pH差值 Difference of pH
4	5.62 ±0.02	1.62
6	5.55 ±0.17	-0.45
7	6.13 ±0.08	-0.87
8	7.16 ±0.06	-0.84
10	8.30 ±0.04	-1.70

表6 蕨状满江红对不同水体吸光值的影响(新疆乌鲁木齐,2000-08)
Table 6 Effect of Azolla filiculoides Lam. on absorption of different water samples (Urumqi, Xinjiang, 2000-08)

处理组 Treatment	吸光度值 OD		
	培养前 Culture before	培养后 Culture after ($x \pm s$)	对照 CK ($x \pm s$)
蒸馏水 Distilled water	0.000	0.020 ±0.006	0.034 ±0.001
缺氮营养液 Azoleless nutritious solution	0.014	0.043 ±0.001	0.065 ±0.001
红湖水 Water from Honghu	0.028	0.078 ±0.002	0.098 ±0.002

2.6 蕨状满江红富钾作用

不同处理中蕨状满江红和水浮莲的钾含量见表7。结果表明,仅在完全营养液中,水浮莲的钾含量略高于蕨状满江红;在KCl浓度为2 g/L溶液中养殖的水浮莲钾含量为4.44%,蕨状满江红钾含量则占干重的8.82%,几乎是水浮莲钾含量的2倍;在3 g/L KCl溶液中,水浮莲开始溃烂;在4 g/L KCl溶液中,水浮莲全部死亡,而蕨状满江红仍继续生长,在KCl浓度为3 g/L的培养液中蕨状满江红钾含量占干重的9.66%。实验证明,蕨状满江红不仅可以耐高盐溶液,并且具有很强的富钾能力。用做绿肥,可有效补充土壤中钾元素含量。

表7 不同处理下蕨状满江红和水浮莲的钾含量比较(新疆乌鲁木齐,2001-08)
Table 7 Comparisons of potassium content of Azolla filiculoides Lam. and Pistia stratiotes L. in different solutions (Urumqi, Xinjiang, 2001-08)

处理 Treatment	钾元素含量 K content (%)	
	蕨状满江红 *Azolla filiculoides*	水浮萍 *Pistia stratiotes*
肥水 Fertile water	3.70	3.17
完全营养液 Perfect nutritious solution	3.88	4.28
2 g/L KCl	8.82	4.44
3 g/L KCl	9.66	死亡
4 g/L KCl	9.14	死亡

3 结论与讨论

通过对新疆引种的蕨状满江红的生态适应性和生物学功能的测定与分析,可以得出以下结论:

蕨状满江红在新疆有很强的适应性,从3月底至10月在自然条件下均可正常生长;蕨状满江红具有较高的水利用率,有降低水体矿化度、调整水体pH值、净化水体和富集钾元素的作用。

新疆深居亚欧大陆腹地,具极端干旱的大陆性荒漠气候,降水少,潜在蒸发量很大,例如,博斯腾湖年蒸发量达14×10^8 m^3;水体矿化度高;pH高;土壤盐渍化严重,土壤缺乏钾元素,而且河、湖及大量水库水面裸露,宝贵的水资源因强烈的蒸发而损耗巨大。在这些水体表面适量养殖蕨状满江红,不但能有效减少水体的蒸发损失,而且能降低水体矿化度及水体pH,还能净化水体,改善水质,从而为其他水生生物生存创造适宜的生态环境,增加物种多样性,优化水生生态系统。蕨状满江红能固氮、富钾,是一种优良的植物资源,在新疆引种蕨状满江红,定期收获做饲料及肥料,还可减轻畜牧业对草地的压力,减少农业化肥施用量。总之,在新疆养殖蕨状满江红不仅可行而且还将会创造出生态效益与经济效益双赢的局面。

参考文献:

[1] 施定基. 满江红(*Azolla*)光合作用特性的研究[J]. 植物生理学报,1981,7(2):113-120.
[2] 吕书缨,严孟荀. 蕨状满江红的引种[J]. 植物杂志,1979,(5):14.
[3] 陈士平. 生物固氮——生态农业的一个重要启动因素[J]. 生态学杂志,1993,12(2):31-33.
[4] 国家环境保护局. 中国生态农业适用模式与技术[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995. 9-12.
[5] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社,1997. 45-47.
[6] 王化信. 降雨利用效率——干旱陆地生态学中一个统一的概念[J]. 新疆环境保护,1985,(增刊2):4-10.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net