

压榨脱水中水葫芦氮磷钾养分损失研究

杜 静, 常志州, 叶小梅, 黄红英

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘 要: 以水葫芦为试验材料, 经机械粉碎, 在 0~12 MPa 的压力条件下, 研究了水葫芦脱水效果及脱水过程中水葫芦氮、磷、钾等养分的损失, 结果表明, 随着压力由 0 增加至 12 MPa 时, 水葫芦含水率由初始的 94.72% 降低至 68.90%, 脱水率高达 91.27%, 其干物质损失率为 29.31%。水葫芦中氮、磷、钾等养分在液相中的比例随挤压压力增加而增加; 当压力为 12 MPa 时, 挤压残渣中氮、磷、钾养分的损失率分别为 52.28%、47.83%、84.83%, 各养分损失与其在水葫芦中的存在形态密切相关, 养分游离性越高, 其损失率越高。

关键词: 水葫芦; 脱水效果; 干物质损失; 养分损失

中图分类号: X 173

文献标识码: A

Losses in nitrogen, phosphorus and potassium of water hyacinth dehydrated by mechanical press

DU Jing, CHANG Zhi-zhou, YE Xiao-mei, HUANG Hong-ying

(Institute of Agricultural Resource and Environmental Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014, China)

Abstract: An experiment was carried out to investigate the effect of dehydration by mechanical press on water removal and NPK losses. The results showed that when the pressure increased from 0 MPa to 12 MPa, the moisture content was reduced from 94.72% to 68.90%. The dehydration rate was up to 91.27% and the dry matter loss was up to 29.31%. The leached NPK increased as the pressure increased. Under a pressure up to 12 MPa, the maximum losses in NPK were 52.28%, 47.83% and 84.83%, respectively. The rates of loss on different nutrients were: total N (Kjeldahl nitrogen) (71.00%) > inorganic nitrogen (42.97%), water-soluble P (68.90%) > organic P (45.03%) and water-soluble K (84.75%). The nutrient losses in water hyacinth under the mechanical press were closely related to the nutrients' water solubility.

Key words: water hyacinth; dehydrating effects; loss of dry matter; loss of nutrient

水葫芦 [*Eichhornia crassioes* (Mart.) Solms.] 原产南美^[1], 为多年生漂浮性草本植物。由于它适应性强、繁殖快, 极易破坏当地的生态系统, 被世界各国公认为最重要的生物入侵物种之一^[2]。长期以来, 各国研究者对水葫芦的危害及其防治措施展开了大量研究。然而, 近年来水葫芦的高生物量引起了研究者的广泛关注, 其资源化利用技术得到快速发展, 包括利用水葫芦具有极强的水体污染修复能力^[3], 应用于水污染治理领域; 利用水葫芦自身含有大量氮磷钾的特点, 制作有机、无机复合肥^[4]; 利用水葫芦生物量大、可再生、易发酵的特点, 作为能源作物产生甲烷气体^[5]。另外, 还有将其作为畜禽饲料^[6-8]、食用菌基质^[1], 甚至

造纸、制作木板、手工艺品和家具^[6]等用途。但是, 水葫芦含水量高达 94% 以上, 比重轻, 体积大, 因此, 有效降低水葫芦水分是水葫芦利用中面临的急需解决的重要技术难题。

目前国内外已有较多关于水葫芦脱水的报道, 1984 年 Solly^[9] 将初始含水量为 95.8% 的水葫芦在 25℃、湿度 68% 条件下自然凉干处理 15 d 后, 可使其含水量仅降低至 72%。2008 年 Innocent 等^[10] 人采用直接烘干的形式, 进行了水葫芦烘干脱水特性研究, 结果表明随着烘干温度的升高, 其烘干率也相应提高。郑建伟等申请并公开了一项凤眼莲自动脱水技术, 可以将水葫芦脱水至含水量 90%。查国君等^[11] 报道了水葫芦机械脱水, 脱水后可获

收稿日期: 2009-06-28 初稿; 2009-08-17 修改稿

作者简介: 杜静 (1982-), 男, 研究实习员, 主要从事农业固体废弃物资源化技术研究 (E-mail: dj1982111@126.com)

通讯作者: 常志州 (1957-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事农业固体废弃物资源化技术研究 (E-mail: czhizhou@hotmail.com)

基金项目: 国家科技支撑计划 (2009BAC63B02)

得含水量为 83.18% 的残渣。以上这些研究报道都只关注于水葫芦的脱水效果，而未涉及脱水过程中水葫芦养分的损失情况。各种物料的脱水过程总是伴随着干物质和养分的损失，因而研究水葫芦脱水过程中氮、磷、钾等养分分配及干物质损失规律，不仅可以对水葫芦脱水方案的选择与制订提供理论指导，而且可以通过调控脱水工艺参数，以期最大程度地减少因脱水而造成的水葫芦养分损失，减轻后续处理难度。因此，本文采用机械板框式压榨脱水方式，研究了不同压力下的水葫芦脱水效果及其氮、磷、钾等养分的损失规律，以期为进一步研究水葫芦脱水技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜水葫芦来自江苏省农业科学院 2 号塘，其基本性状见表 1。

表 1 水葫芦基本性状(以干基计)

Table 1 Basic properties of water hyacinth (on dry basis)

分析项目	有机碳	全氮 (凯氏氮)	硝态氮	有机磷	水溶性磷	全钾	水溶性钾
含量 (g·kg ⁻¹)	403.50	22.66	9.87	4.80	0.35	64.70	55.40

1.2 试验装置

图 1 所示为本试验装置的示意图，压力系统由油压提供。

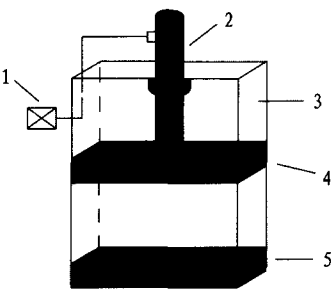


图 1 板框压滤机示意图

Fig. 1 Schematic diagram of filter press

注：1—电动机；2—轴承；3—筛板；4—活动压块；5—固定压块。

1.3 试验设计

试验压力由板框压滤机提供（压力≤12 MPa），取水葫芦试验样品 5 kg 采用绞肉机粉碎成浆状，挤压过程中采用 0.25 mm（60 目）孔径的滤布包裹水葫芦渣，以收集滤液的体积作为操作分界点，设置挤压汁体积 2 000 ml、2 500 ml、3 000

ml、3 500 ml、4 000 ml 共 5 个阶段，对各阶段残渣和挤压汁分别称重后取样（混合样），重复 2 次。

1.4 测试项目及方法

总固体含量：采用 105±5℃ 烘干法^[12]；挥发性固体含量：采用 550~600℃ 灼烧法^[12]；有机碳、总磷、水溶性磷、水解性磷、有机磷、总钾测定参考常规植物样品分析方法^[12-13]；硝态氮、氨态氮、总氮依据吕伟仙等^[14]人改进方法测定；纤维素和半纤维素用范氏洗涤纤维分析法；pH 值用雷磁 pH S-2C 型酸度计；COD 用微波消解分光光度比色法^[16]。

2 结果与分析

2.1 不同挤压程度对水葫芦脱水效果的影响

不同挤压程度下水葫芦的脱水效果以及挤压汁的基本性状如图 2、图 3 所示。从图 2 可以看出，随着残渣重量的不断减少，含水率由 94.72% 逐步降低，且下降的幅度逐渐增大，所获残渣的最低含水率为 68.90%，其脱水率高达 91.27%，水葫芦减重率达 88.00%；而从脱水各阶段的干物质损失率来看，总体趋势上表现出初期损失较快，在第 3 阶段（即水葫芦含水量为 90% 左右）出现明显的脱水分界线，此后，含水量下降较快，而干物质损失下降较慢。挤压脱水初期水葫芦干物质损失率高达 20% 左右，可能是由于经机械粉碎后，大量的组织细胞被破坏致使可溶性物质大量流失造成所致。

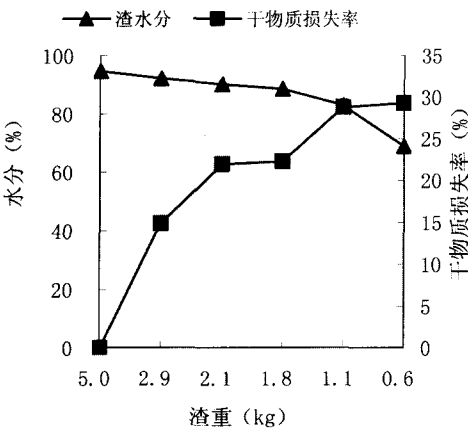


图 2 水葫芦干物质损失及水分含量变化

Fig. 2 Changes on water content and dry matters of water hyacinth

对挤压汁基本性状的分析可知（图 3），随着挤压汁的增多，有机物（以 COD 计）累积量前期增加较快，约占挤压过程中 COD 总累积量的一半，后期呈均匀增加趋势。而从可溶性 COD 与总 COD 的比值来看，挤压初期增幅很大，随后表现

出先升高后降低再逐步升高的趋势，与图 2 中干物质损失变化趋势相一致。

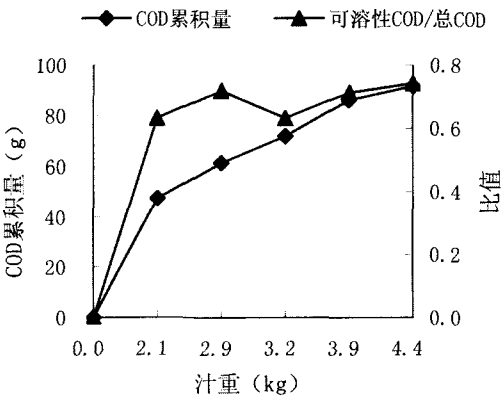


图 3 挤压汁基本性状
Fig. 3 Basic properties of press juice

2.2 不同挤压程度对水葫芦养分损失的影响

由图 4 (a)、(b)、(c) 可知，随着挤压渣的不断减少，总氮、总磷和总钾损失率均呈现稳步上升趋势，即养分由固相部分转移到液相部分，其最大损失率分别达 52.28%、47.83% 和 84.83%；对各损失率组成进一步分析发现，全氮 (71.00%) > 硝态氮 (42.97%)，水溶性磷 (68.90%) > 有机磷 (45.03%)，水溶性钾高达 84.75%，并且有机氮、有机磷与图 2 中干物质损失率变化趋势类似，表明水葫芦中的有机态养分随着干物质损失而损失，其损失率的高低则取决于干物质中各养分含量的高低。另外，由于水葫芦中呈无机游离态的磷素和钾素养分高于氮素，因此各养分中组分损失率最大的是水溶性磷素和钾素。

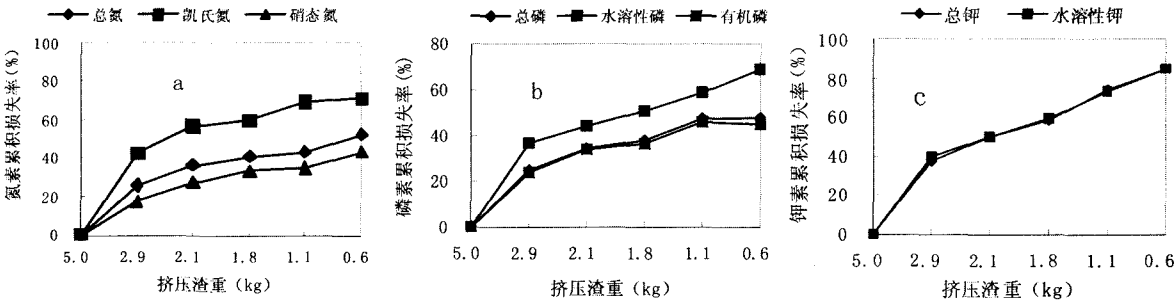


图 4 水葫芦挤压渣中的氮素 (a)、磷素 (b)、钾素 (c) 累积损失率
Fig. 4 Cumulative loss rate of N (a), P (b) and K (c) in water hyacinth

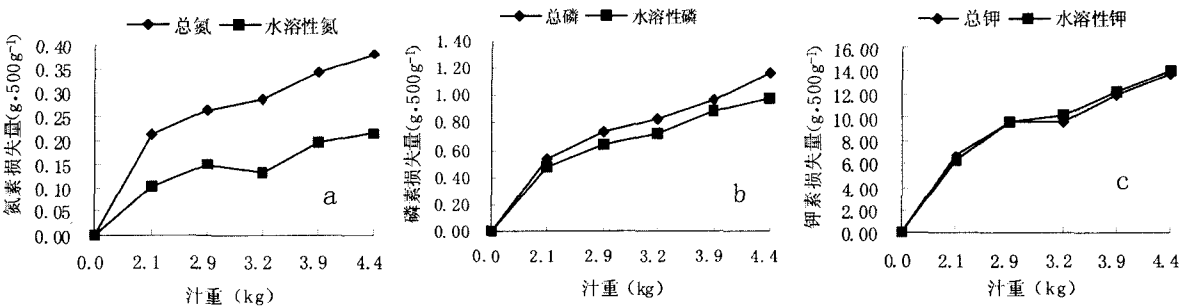


图 5 水葫芦挤压汁中的氮 (a)、磷 (b)、钾 (c) 累积损失量
Fig. 5 Cumulative amounts of N (a), P (b) and K (c) in press juice

从对挤压汁各养分累积损失情况 (图 5) 分析来看，表现为钾素最高，磷素次之，氮素最低；另外，各养分中水溶性养分所占比例同样表现出钾最高，磷次之，氮最低，由此进一步说明了水葫芦挤压过程中养分损失与各养分存在形态 (或游离程度) 密切相关。

3 小结与讨论

在不大于 12 MPa 的压力下持续挤压，随着残渣重量的不断减少，其含水率由 94.72% 降低至 68.90%，脱水率高达 91.27%，其残渣减重率为 88.00%，干物质的最大损失率达 29.31%。

各养分损失与其在水葫芦中的存在形态密切相

关, 养分游离性越高, 其损失率越高, 总养分损失表现为钾>磷>氮; 当压力为 12 MPa 时, 氮、磷、钾养分的最大损失率分别为 52.28%、47.83%、84.83%, 从各养分组分损失情况比较来看, 凯氏氮 (71.00%)>硝态氮 (42.97%), 水溶性磷 (68.90%)>有机磷 (45.03%), 水溶性钾高达 84.75%。

在水葫芦脱水过程中, 养分的流失不可避免。随着脱水率增加, 养分损失增加, 其中磷素和钾素养分损失明显大于氮素; 从养分的各组分分析来看, 以水溶性养分损失尤为严重, 但氮素损失与磷钾不完全相同, 硝态氮 (易溶态) 的损失率反而低于有机态组分 (难溶态), 其原因为: 植物所吸收的硝态氮, 一部分在根中还原成氨, 进而形成氨基酸并合成蛋白质; 另一部分 NO_3^- 和氨基酸等有机态氮进入木质部向茎叶运输, 在叶片中, NO_3^- 进行还原, 进而与酮酸反应形成氨基酸, 它可以继续合成蛋白质, 也可以通过韧皮部再运回根中。因此, 根系可能是植物所吸收硝态氮的主要贮存场所 (有待进一步对水葫芦各部位硝态氮含量进行分析证实), 而水葫芦茎叶细胞可能比根系细胞更易被破坏, 从而导致水葫芦粉碎及挤压脱水过程中硝态氮损失率较低。

参考文献:

- [1] HOLM L G. Distribution and Biology [M]. Hono lulu, Hawaii: University press of Hawaii, 1977: 609.
- [2] MALIK A. Environmental challenge vis opportunity: The case of water hyacinth [J]. Environment International, 2007, 33 (1): 122-138.
- [3] TCHOBANOGLOUS G, MAITSKI F K, THOMSON K, et

- al. Evolution and performance of city of San Diego Pilot scale aquatic wastewater treatment system using water hyacinth [J]. J WPCF, 1989, 61: 11-12.
- [4] 刘剑彤. 有机-无机复合肥 [J]. 科技开发动态, 2004 (12): 20.
- [5] SINGHAL V, RAI J. Biogas p roduction from water hyacinth and channel grass used for phytoremediation of industrial effluents [J]. Bioresource Technology, 2003, 86 (3): 221-225.
- [6] 洪春来, 魏幼璋, 贾彦博, 等. 水葫芦防治及综合利用的研究进展 [J]. 科技通报, 2005, 21 (4): 491-496.
- [7] 海洋三所. 利用新技术将水葫芦变成新的饲料来源 [J]. 福建农业科技, 2005 (2): 60.
- [8] 谭承建, 董强, 王银朝, 等. 水葫芦的危害、利用与防除 [J]. 动物医学进展, 2005, 26 (3): 55-58.
- [9] SOLLY, R K. Integrated Rural Development With Water Hyacinth [C] // Proceedings of The International Conference On Water hyacinth, 1984: 70-78.
- [10] INNOCENT C O. AKENDO, LAWRENCE O, et al. Gitau "Dewatering and Drying Characteristics of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) petiole. part II [C] // Drying characteristics" Agricultural Engineering International: the CIGRE journal Manuscript, 2008, 3 (6): 7-33.
- [11] 查国君, 张无敌, 尹芳, 等. 滇池水葫芦固液分离后的沼气发酵研究 [J]. 中国野生植物资源, 2008, 2 (27): 36-38.
- [12] 中科院成都生物研究所. 沼气常规分析方法 [M]. 北京: 科技出版社, 1979: 17-21.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第 3 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 12.
- [14] 吕伟仙, 葛滢, 吴建之, 等. 植物中硝态氮、氨态氮、总氮测定方法的比较研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 2 (24): 204-206.
- [15] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 (第 3 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.

(责任编辑: 刘新永)