

# 水葫芦青贮条件及水葫芦复合青贮对山羊生产性能的影响

白云峰 周卫星 严少华\* 刘建 张浩 蒋磊

(江苏省农业科学院, 农业资源与环境研究所, 南京 210014)

**摘要:** 本试验旨在建立合理的水葫芦青贮方法及调查水葫芦复合青贮对羊生产性能的影响。通过调整干物质含量、底物(稻草、醋糟、麦麸)及添加剂(糖蜜、玉米粉)组合, 对水葫芦进行了14种青贮处理, 以稻草醋糟复合青贮为对照, 青贮后进行感官评定和营养成分分析, 从中选取3种水葫芦复合青贮。选用180日龄山羊(波尔山羊×徐淮山羊)20只, 随机分为4组, 每组5只, 试验组分别以选出的3种水葫芦复合青贮为粗饲料, 对照组以玉米青贮为粗饲料, 饲喂40d后测定山羊生产性能变化。结果表明: 1) 通过与底物组合, 水葫芦在无外源添加剂的情况下能够自然发酵成功; 水葫芦经挤压脱水后, 与玉米粉、醋糟复合青贮所得产物的pH最低, 需时最短。2) 水葫芦经过挤压脱水仍保持较高的营养价值, 该处理能够提高其在山羊全混合日粮(TMR)中添加比例, 可达到73.16%。3) 饲喂水葫芦复合青贮的山羊的采食量为2152g/d、平均日增重为122g/d、饲料转化效率为6.6。结果提示, 将水葫芦挤压脱水与其他底物、添加剂复合青贮发酵作为粗饲料用于山羊, 可达到中等以上生产水平。

**关键词:** 水葫芦; 青贮; 山羊; 生产性能

中图分类号: S826; S816.5<sup>+</sup>3

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)02-0330-06

水葫芦(water hyacinth, WH)作为外来入侵生物, 近年来常因其爆发式生长, 引发严重环境生态问题, 但同时水葫芦对水体中氮、磷和矿物质具有很强吸收能力, 是富营养化水体生态治理与修复、抑制蓝藻爆发的有效途径之一<sup>[1]</sup>。水葫芦繁殖快、生物量高, 控制性生长可起到净化水质作用。因此, 如何资源化处理和有效利用是其转弊为利的关键。水葫芦粗蛋白质、矿物质等营养素含量较高, 其中粗蛋白质含量15%~21%、钙含量1.9%~2.1%、磷含量约0.45%, 中性洗涤纤维含量50%~60%(风干基础), 是反刍家畜潜在的饲料来源<sup>[2-3]</sup>。我国草原退化导致反刍动物等草食家畜粗饲料资源匮乏, 当前, 牛、羊等家畜多以农作物秸秆为主要粗饲料来源。水葫芦浮生于水面、污泥, 大规模采收困难<sup>[4-5]</sup>, 饲料化利用必须解决规模化机械采收、转驳上岸问题。

为净化太湖水域, 国家启动的支撑计划应急项目“水葫芦安全种养与资源化利用成套技术研究及工程示范”研制出了水葫芦专用打捞船及配套上岸转驳与挤压脱水设备, 解决了上述难题, 为水葫芦的饲料资源化利用提供了有力保障。本研究采用多种处理方式, 将水葫芦加工调制成为青贮饲料, 以解决水葫芦饲料化利用中的水分含量高、适口性差的问题, 并研究其复合青贮在羊育肥试验中的效果, 最终为水葫芦水体净化、青贮饲料加工、家畜生产的水牧循环生产生态模式的形成提供基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

水葫芦取自江苏省农业科学院本部池塘及太湖。池塘水葫芦打捞上岸后经粉碎, 用螺旋挤压机

收稿日期: 2010-08-10

基金项目: 国家支撑计划“水葫芦资源化利用技术集成研究与示范”资助项目(2009BAC63B02)

作者简介: 白云峰(1974—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副研究员, 主要从事动物营养学与畜牧信息化研究。E-mail: Blinkeye@126.com

\* 通讯作者: 严少华, 研究员, 博士生导师, E-mail: shyan@jaas.ac.cn

进行挤压脱水处理,得到水葫芦渣(water hyacinth residues, WHR)。

### 1.2 水葫芦常规营养成分分析

对池塘水葫芦、太湖水葫芦、池塘水葫芦渣进行常规营养成分分析。

### 1.3 青贮方法

试验以水葫芦为原料,进行不同的控制水分处理,分别与不同底物(稻草、醋糟、麦麸)或添加剂(糖蜜、玉米粉)按不同比例混合,设计14种水葫芦复合青贮处理,以稻草醋糟复合青贮为对照,每个处理设12个重复。处理1:水葫芦70%、稻草20%、醋糟10%,水分70%;处理2:水葫芦65%、糖蜜2%、麦麸33%,水分64%;处理3:水葫芦65%、糖蜜2%、醋糟33%,水分66%;处理4:水葫芦(阴干27 h)95%、糖蜜2%、醋糟3%,水分75%;处理5:水葫芦(阴干27 h)100%,水分80%;处理6:水葫芦(阴干48 h)100%,水分54%;处理7:水葫芦(阴干48 h)99.5%、玉米粉0.5%,水分54%;处理8:水葫芦(去根、阴干52 h)95%、糖蜜2%、醋糟3%,水分67%;处理9:水葫芦(去根、阴干52 h)100%,水分67%;处理10:水葫芦渣77%、糖蜜3%、醋糟20%,水分68%;处理11:水葫芦渣(阴干52 h)97%、糖蜜3%,水分67%;处理12:水葫芦渣78%、醋糟22%,水分67%;处理

13:水葫芦渣78%、稻草12%、醋糟10%,水分68%;处理14:水葫芦渣77%、玉米粉15.8%、醋糟7.2%,水分69%;对照:稻草90%、醋糟10%,水分68%。采用Tp-600型环境温度数据记录器监测整个试验期,室内平均温度为25.81℃。室温发酵,分别在发酵后15、20、25和30 d开封各取3个样品(即3个重复),感官评价青贮效果并测定样品pH。

### 1.4 山羊饲喂试验

采用完全随机分组试验设计,选用品种一致、体重接近、180日龄断奶后山羊(波尔山羊×徐淮山羊)20只,随机分为4组,每组5只。预试期7 d,正试期40 d。根据青贮试验结果,选取效果较好的3种水葫芦复合青贮为试验组粗饲料来源,I、II、III组分别采用处理1、处理13和处理14的水葫芦复合青贮,对照组采用玉米青贮。饲粮干物质精粗比为1:1,精饲料与粗饲料以全混合日粮(total mixed ration, TMR)形式饲喂。整个试验期内饲养管理相同,单栏饲养,自由饮水和采食,准确记录采食量、平均日增重,计算干物质采食量、饲料转化率。

### 1.5 数据处理

水葫芦青贮与山羊饲喂试验数据采用SAS 9.01统计软件进行方差分析,差异显著者用LSD法进行多重比较。

表1 全混合日粮组成及营养水平(鲜重基础)  
Table 1 Composition and nutrient levels of total mixed rations (fresh weight basis) %

| 项目 Items                           | I组 Group I | II组 Group II | III组 Group III | 对照组 Control group |
|------------------------------------|------------|--------------|----------------|-------------------|
| 原料 Ingredients                     |            |              |                |                   |
| 水葫芦 WH                             | 51.47      |              |                |                   |
| 水葫芦渣 WHR                           |            | 57.35        | 73.16          |                   |
| 稻草 Rice straw                      | 14.71      | 8.82         |                |                   |
| 醋糟 Vinegar dreg                    | 7.35       | 7.35         | 7.00           |                   |
| 玉米青贮 Corn silage                   |            |              |                | 73.53             |
| 玉米 Corn                            | 14.56      | 14.56        | 14.56          | 14.56             |
| 豆粕 Soybean meal                    | 4.50       | 4.50         | 4.50           | 4.50              |
| 麦麸 Wheat bran                      | 6.62       | 6.62         |                | 6.62              |
| 食盐 NaCl                            | 0.26       | 0.26         | 0.26           | 0.26              |
| 磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>            | 0.13       | 0.13         | 0.13           | 0.13              |
| 石粉 Limestone                       | 0.26       | 0.26         | 0.26           | 0.26              |
| 预混料 Premix <sup>1)</sup>           | 0.13       | 0.13         | 0.13           | 0.13              |
| 合计 Total                           | 100.00     | 100.00       | 100.00         | 100.00            |
| 营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup> |            |              |                |                   |
| 干物质 DM                             | 46.52      | 47.78        | 35.98          | 44.40             |
| 代谢能 ME/(MJ/kg)                     | 5.44       | 5.06         | 3.73           | 4.27              |
| 粗蛋白质 CP                            | 6.02       | 6.25         | 5.22           | 5.52              |
| 钙 Ca                               | 0.26       | 0.30         | 0.29           | 0.23              |
| 总磷 TP                              | 0.17       | 0.18         | 0.13           | 0.17              |
| 中性洗涤纤维 NDF                         | 20.76      | 21.38        | 14.34          | 16.38             |
| 酸性洗涤纤维 ADF                         | 11.53      | 12.29        | 8.61           | 7.38              |

<sup>1)</sup> 预混料为每千克全混合日粮提供 The premix provides the followings per kg of total mixed ration: VA 500 000 IU, VD 50 000 IU, VE 2 000 IU, Zn 3 000 mg, Mn 3 500 mg, Fe 4 000 mg, Cu 1 500 mg, I 260 mg, Co 20 mg, Se 15 mg。

<sup>2)</sup> 代谢能为计算值,其余为实测值。ME is a calculated value, and other nutrient levels are measured values.

## 2 结果

### 2.1 水葫芦常规营养成分分析

由表2可知,生长在江苏省农业科学院池塘中的

水葫芦的粗蛋白质、钙、磷等的含量高于太湖水面放养的水葫芦,而纤维含量反之。试验室检测发现太湖9月份采收的水葫芦样品的中性洗涤纤维(NDF)含量为50.63%,10月份采收的样品则为52.46%。

表2 水葫芦营养成分(风干基础)

Table 2 Nutrient composition of water hyacinth (air-dry basis)

| 项目<br>Items                         | 池塘水葫芦<br>WH form the pool | 太湖水葫芦<br>WH form the Tai lake | 文献资料<br>Reference <sup>[4,6]</sup> | 池塘水葫芦渣<br>WHR form the pool |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 干物质(鲜重基础)<br>DM(fresh weight basis) | 5.02                      | 5.34                          | 5~6                                | 16.15                       |
| 粗蛋白质 CP                             | 20.14                     | 19.84                         | 15~21                              | 15.79                       |
| 钙 Ca                                | 2.11                      | 2.02                          | 1.26~2.7                           | 1.84                        |
| 磷 P                                 | 0.45                      | 0.40                          | 0.44~0.53                          | 0.19                        |
| 粗脂肪 EE                              | 0.91                      | 0.85                          | 0.98~2.10                          | 1.02                        |
| 中性洗涤纤维 NDF                          | 48.10                     | 50.63/52.64                   | 67~72                              | 62.80                       |
| 酸性洗涤纤维 ADF                          | 27.61                     | 29.97                         | 43.2                               | 42.94                       |
| 半纤维素 Hemicellulose                  | 20.49                     | 20.66                         |                                    | 19.86                       |
| 纤维素 Cellulose                       | 21.13                     | 18.91                         |                                    | 20.95                       |
| 粗灰分 Crude ash                       | 14.79                     | 19.09                         | 15.9                               | 10.95                       |

### 2.2 水葫芦复合青贮效果

以青贮后pH变化作为水葫芦青贮质量判定指标,辅以感官评价,结果显示所有通过阴干方法降低水分来达到青贮发酵水分要求的处理(处理4、5、6、7、8、9、11)均表现为腐败恶臭,发酵失败。其余的处理采用了调节干物质含量方式来青贮水葫芦,都获得良好效果,pH低且酸香味明显(表3)。

水葫芦复合青贮营养水平和纤维含量分别见表4和表5。水葫芦与麦麸及糖蜜复合青贮(处理2)

磷、粗灰分含量较高,总能、纤维含量偏低,发酵需30d以上;与醋糟及糖蜜复合青贮(处理3)粗蛋白质含量、纤维含量、总能及磷含量适中,pH降低很快,发酵效果较好;与稻草及醋糟复合青贮(处理1)约需30d,随稻草比例增加(处理1与处理13相比),粗蛋白质含量下降,纤维和粗灰分含量升高,总能偏低。水葫芦与玉米粉、醋糟复合青贮(处理14)pH降低最快,总能和粗蛋白质含量高、纤维含量较低,粗灰分含量最低,营养价值较高。

表3 水葫芦复合青贮pH动态变化

Table 3 Dynamic changes of pH of water hyacinth compound silages

| 处理<br>Treatments | 时间 Time/d                |                          |                           |                          |
|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                  | 15                       | 20                       | 25                        | 30                       |
| 1                | 4.64 ± 0.21 <sup>C</sup> | 4.64 ± 0.01 <sup>D</sup> | 4.54 ± 0.01 <sup>C</sup>  | 4.46 ± 0.05 <sup>B</sup> |
| 2                | 5.04 ± 0.02 <sup>B</sup> | 4.95 ± 0.04 <sup>B</sup> | 4.83 ± 0.01 <sup>A</sup>  | 4.65 ± 0.06 <sup>A</sup> |
| 3                | 4.09 ± 0.02 <sup>E</sup> | 3.93 ± 0.02 <sup>F</sup> | 3.86 ± 0.03 <sup>E</sup>  | 3.73 ± 0.01 <sup>D</sup> |
| 10               | 4.67 ± 0.02 <sup>C</sup> | 4.65 ± 0.01 <sup>D</sup> | 4.54 ± 0.02 <sup>C</sup>  | 4.44 ± 0.02 <sup>B</sup> |
| 12               | 4.38 ± 0.07 <sup>D</sup> | 4.37 ± 0.04 <sup>E</sup> | 4.36 ± 0.05 <sup>D</sup>  | 4.29 ± 0.02 <sup>C</sup> |
| 13               | 4.93 ± 0.05 <sup>B</sup> | 4.83 ± 0.02 <sup>C</sup> | 4.71 ± 0.01 <sup>B</sup>  | 4.71 ± 0.06 <sup>A</sup> |
| 14               | 3.73 ± 0.01 <sup>F</sup> | 3.62 ± 0.05 <sup>G</sup> | 3.42 ± 0.01 <sup>F</sup>  | 3.46 ± 0.01 <sup>E</sup> |
| 对照 Control       | 5.60 ± 0.02 <sup>A</sup> | 5.36 ± 0.11 <sup>A</sup> | 4.77 ± 0.07 <sup>AB</sup> | 4.67 ± 0.07 <sup>A</sup> |

同列数据肩标不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),肩标相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same column, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

表4 水葫芦复合青贮营养水平(风干基础)

Table 4 Nutrient levels of water hyacinth compound silages (air-dry basis)

%

| 处理 Treatments | 总能 GE(MJ/kg)               | 粗蛋白质 CP                    | 磷 P                       | 粗灰分 Crude ash             |
|---------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1             | 15.86 ± 0.03 <sup>BC</sup> | 9.02 ± 0.48 <sup>D</sup>   | 0.14 ± 0.00 <sup>C</sup>  | 11.66 ± 0.12 <sup>C</sup> |
| 2             | 14.94 ± 0.02 <sup>D</sup>  | 12.81 ± 0.24 <sup>AB</sup> | 0.62 ± 0.02 <sup>A</sup>  | 14.46 ± 0.15 <sup>A</sup> |
| 3             | 15.58 ± 0.20 <sup>C</sup>  | 12.88 ± 0.25 <sup>AB</sup> | 0.20 ± 0.00 <sup>B</sup>  | 13.89 ± 0.56 <sup>B</sup> |
| 10            | 16.74 ± 0.16 <sup>A</sup>  | 13.19 ± 0.12 <sup>A</sup>  | 0.13 ± 0.01 <sup>CD</sup> | 8.69 ± 0.10 <sup>E</sup>  |
| 12            | 17.09 ± 0.18 <sup>A</sup>  | 13.66 ± 0.22 <sup>B</sup>  | 0.12 ± 0.00 <sup>DE</sup> | 8.10 ± 0.10 <sup>F</sup>  |
| 13            | 16.10 ± 0.19 <sup>B</sup>  | 10.94 ± 0.27 <sup>C</sup>  | 0.12 ± 0.01 <sup>DE</sup> | 10.37 ± 0.09 <sup>D</sup> |
| 14            | 16.62 ± 0.02 <sup>A</sup>  | 12.54 ± 0.12 <sup>B</sup>  | 0.21 ± 0.00 <sup>B</sup>  | 5.67 ± 0.15 <sup>G</sup>  |
| 对照 Control    | 15.69 ± 0.26 <sup>C</sup>  | 6.32 ± 0.13 <sup>E</sup>   | 0.11 ± 0.00 <sup>E</sup>  | 13.32 ± 0.21 <sup>B</sup> |

表5 水葫芦复合青贮纤维含量(风干基础)

Table 5 Fiber contents of water hyacinth compound silages (air-dry basis)

%

| 处理 Treatments | 中性洗涤纤维 NDF                 | 酸性洗涤纤维 ADF                | 半纤维素 Hemicellulose         | 纤维素 Cellulose              | 木质素 Lignin                  | 酸不溶灰分 AIA                |
|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1             | 66.71 ± 0.56 <sup>AB</sup> | 42.91 ± 0.81 <sup>A</sup> | 23.80 ± 0.94 <sup>AB</sup> | 27.72 ± 4.55 <sup>A</sup>  | 11.86 ± 1.89 <sup>ABC</sup> | 4.68 ± 0.16 <sup>B</sup> |
| 2             | 45.94 ± 1.23 <sup>E</sup>  | 28.24 ± 0.29 <sup>C</sup> | 17.70 ± 0.94 <sup>B</sup>  | 14.30 ± 0.76 <sup>D</sup>  | 9.78 ± 0.83 <sup>BC</sup>   | 4.16 ± 0.38 <sup>C</sup> |
| 3             | 57.99 ± 2.04 <sup>C</sup>  | 36.04 ± 2.60 <sup>B</sup> | 21.95 ± 0.82 <sup>AB</sup> | 20.37 ± 0.59 <sup>BC</sup> | 12.15 ± 2.93 <sup>ABC</sup> | 3.74 ± 0.13 <sup>C</sup> |
| 10            | 59.25 ± 0.28 <sup>C</sup>  | 38.03 ± 0.49 <sup>B</sup> | 21.22 ± 0.43 <sup>AB</sup> | 20.72 ± 0.35 <sup>BC</sup> | 14.23 ± 0.19 <sup>AB</sup>  | 2.82 ± 0.27 <sup>D</sup> |
| 12            | 61.26 ± 0.60 <sup>C</sup>  | 39.74 ± 1.32 <sup>B</sup> | 21.52 ± 1.84 <sup>AB</sup> | 21.90 ± 0.52 <sup>B</sup>  | 15.21 ± 1.57 <sup>A</sup>   | 2.63 ± 0.67 <sup>D</sup> |
| 13            | 65.51 ± 0.71 <sup>B</sup>  | 43.43 ± 1.08 <sup>A</sup> | 22.08 ± 0.51 <sup>AB</sup> | 19.35 ± 7.41 <sup>B</sup>  | 20.38 ± 7.98 <sup>A</sup>   | 3.70 ± 0.08 <sup>C</sup> |
| 14            | 54.39 ± 0.72 <sup>D</sup>  | 25.21 ± 0.84 <sup>C</sup> | 29.18 ± 1.10 <sup>A</sup>  | 16.79 ± 0.64 <sup>CD</sup> | 8.30 ± 1.19 <sup>C</sup>    | 1.11 ± 0.29 <sup>E</sup> |
| 对照 Control    | 69.34 ± 0.88 <sup>A</sup>  | 45.17 ± 1.51 <sup>A</sup> | 24.18 ± 0.64 <sup>AB</sup> | 29.16 ± 3.08 <sup>A</sup>  | 12.48 ± 3.72 <sup>ABC</sup> | 5.30 ± 0.59 <sup>A</sup> |

## 2.2 水葫芦复合青贮对山羊生产性能的影响

由表6可知,各试验组与对照组相比采食量差异均不显著( $P > 0.05$ ),但试验组间 I 组显著低于 III 组( $P < 0.05$ );干物质采食量组间差异均不显著

( $P > 0.05$ )。II、III 组平均日增重低于对照组,但未达到显著水平( $P > 0.05$ ), I 组平均日增重显著低于对照组和 III 组( $P < 0.05$ )。各组饲料转化率差异均不显著( $P > 0.05$ )。

表6 水葫芦复合青贮对山羊生产性能影响

Table 6 Effects of water hyacinth compound silages on performance of goats

| 组别 Groups         | 采食量 Feed intake/(g/d)         | 干物质采食量 Dry matter intake/(g/d) | 平均日增重 Average daily gain/(g/d) | 饲料转化率 Feed conversion ratio |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| I 组 Group I       | 1 671.0 ± 312.4 <sup>B</sup>  | 777.2 ± 145.3 <sup>A</sup>     | 112.8 ± 32.3 <sup>B</sup>      | 7.1 ± 1.1 <sup>A</sup>      |
| II 组 Group II     | 1 979.1 ± 340.1 <sup>AB</sup> | 871.6 ± 134.2 <sup>A</sup>     | 141.2 ± 16.5 <sup>AB</sup>     | 5.8 ± 0.5 <sup>A</sup>      |
| III 组 Group III   | 2 152.5 ± 153.2 <sup>A</sup>  | 777.7 ± 55.3 <sup>A</sup>      | 122.0 ± 30.2 <sup>AB</sup>     | 6.6 ± 1.3 <sup>A</sup>      |
| 对照组 Control group | 1 824.2 ± 280.9 <sup>AB</sup> | 910.4 ± 156.5 <sup>A</sup>     | 152.6 ± 30.9 <sup>A</sup>      | 6.5 ± 1.0 <sup>A</sup>      |

## 3 讨论

### 3.1 挤压脱水对水葫芦常规营养成分的影响

通过对不同水域、不同时期的样品分析发现,水葫芦常规营养成分随不同水体环境、生长季节而异,如生长在江苏省农业科学院池塘的水葫芦的粗蛋白质、钙、磷等的含量高于太湖水面放养的水葫芦,而

纤维含量反之,太湖 9 月份水葫芦样品 NDF 含量为 50.63%,而 10 月份则为 52.46%。本试验结果表明,水葫芦干物质含量一般在 5%~6%,但随着水域、生长期等外界环境变化,其营养成分也随之变化。池塘中生长水葫芦的大部分营养成分有高于河、湖水域的趋势<sup>[7]</sup>。把水葫芦烘干制成草粉或草块,成本过高<sup>[8]</sup>。挤压脱水处理后的水葫芦渣,水分含量从 95% 降低到 84% 左右,对养分有一定损

失,其中,能量和纤维含量略有增高,蛋白质损失 29.91%、钙损失 16.6%、磷损失 58.2%,但挤压脱水处理后仍保持了较高的营养水平<sup>[9]</sup>。

### 3.2 不同底物组合对水葫芦青贮发酵结果的影响

在不使用任何外源添加剂的前提下,通过调整水葫芦与不同原料底物组合,进行复合青贮试验,可以在夏秋季节自然温度条件下青贮成功。水葫芦及水葫芦渣青贮所需时间随底物组合不同而异。本试验表明,水葫芦经粉碎后直接单独青贮较难;通过阴干去水后,补充少量糖蜜、玉米粉来增加可溶性糖含量,青贮仍不成功;通过补充稻草、醋糟、麦麸到达青贮最适水分含量 60%~70%<sup>[10]</sup>,可达到较好青贮效果。水葫芦干物质含量低,经挤压后再调整青贮适宜的干物质含量,即可达到较好青贮效果,同时能增加复合青贮中使用水葫芦的比例,增加水葫芦使用量。水葫芦水分含量很高,相比牧草、农作物秸秆等粗饲料,其单位重量中干物质含量低,但其生物产量远高于上述陆生植物<sup>[11]</sup>。水葫芦可溶性碳水化合物含量低,水葫芦单独青贮很难成功,在本试验中处理 5 高水分(80%)、处理 6 低水分(54%)及处理 8 适中水分(67%)单独青贮发酵均未成功,而补充少量可溶碳水化合物[玉米粉 0.5%(处理 7)、糖蜜 3%(处理 11)]作为添加剂青贮仍失败。这说明控制水分含量在最适青贮范围(60%~70%)是水葫芦青贮发酵成功与否的关键因素,这与刘秦华等<sup>[12]</sup>、吕建敏等<sup>[13]</sup>的研究结果相一致。

### 3.3 水葫芦复合青贮的饲喂效果

水葫芦因适口性差、动物采食量低,直接饲喂家畜往往拒食或采食量很低,同时由于大量水分摄入,导致饲料营养水平偏低而影响生产性能<sup>[14]</sup>。通过与其他饲料原料的复合青贮,既保证了水葫芦青贮成功发酵,同时又改善了适口性,提高了饲喂价值。水葫芦及水葫芦渣不同底物原料组合发酵后,总能、粗蛋白质、磷、纤维及粗灰分等营养指标仍保持在较好水平。通过调节干物质含量,可以在无外源添加剂的条件下,在夏秋季节自然温度环境发酵成功,使之成为反刍动物可利用的青贮饲料资源。在水葫芦复合青贮中,需根据饲喂对象饲养标准和青贮原料营养成分变化,灵活调整精饲料营养水平,以获得最佳生产性能。以水葫芦复合青贮料作为粗饲料,辅以精饲料可提高山羊生产性能。

## 4 结论

① 水葫芦通过与底物组合,在无外源添加剂的

情况下能够自然发酵成功;水葫芦经挤压脱水后,与玉米粉、醋糟复合青贮所得产物的 pH 最低,需时最短。

② 水葫芦经挤压脱水处理后,能够提高其在羊 TMR 中添加比例,可达到 73.16%。

③ 饲喂水葫芦复合青贮的山羊的采食量为 2 152.5 g/d,平均日增重为 122.0 g/d,饲料转化率为 6.6。

### 参考文献:

- [1] 郑建初,常志州,陈留根,等. 水葫芦治理太湖流域水体氮磷污染的可行性研究[J]. 江苏农业科学,2008(3):247-250.
- [2] BYRON H T, HENTAGES J F, O'CONNELL J D, et al. Organic acid preservation of water hyacinth silage[J]. Hyacinth Control, 1975, 13:64-66.
- [3] 白云峰,周卫星,张志勇,等. 凤眼莲的饲料资源化利用[J]. 家畜生态学报,2009,30(4):103-105.
- [4] COMBS G E, HENTGES J F, SHIRLEY R L. Processed aquatic plants for animal nutrition[R]//Annual research report. Gainesville: University of Florida. 1973. (Abstr.)
- [5] 李菊娣. 凤眼莲的营养性评价与优化利用研究[D]. 博士学位论文. 杭州:浙江大学,2006.
- [6] OSMAN H E, EL HAG G A, OSMAN M M. The nutritive value of water hyacinth [M]//OBEID M, KHARTOUM. Aquatic weeds in the Sudan. Sudan: National Council for Research, 1975.
- [7] TRUNG B N. Agricultural potential and utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as forage for fattening pigs in the Mekong delta of Vietnam [J]. Workshop on Forages for Pigs and Rabbits, 2006(8): 21-24.
- [8] BALDWIN J A, HENTGES J F, BAGNALL L O, et al. Comparison of pangolagrass and water hyacinth silages as diets for sheep [J]. Journal of Animal Science, 1975, 40:968-971.
- [9] BAGNALL L O, BALDWIN J A, HENTGES J F. Processing and storage of water hyacinth silage [J]. Hyacinth Control, 1974, 12:73-79.
- [10] OELKER E R, REVENEAU C, FIRKINS J L. Interaction of molasses and monensin in alfalfa hay- or corn silage-based diets on rumen fermentation, total tract digestibility, and milk production by Holstein cows [J]. Dairy Science, 2009, 92:270-285.
- [11] LINN J G, GOODRICH R D, OTTERBY D E, et al.

- Nutritive value of dried or ensiled aquatic plant. II. Digestibility by sheep[J]. *Animal Science*, 1975, 41: 610-615.
- [12] 刘秦华,张建国,卢小良. 乳酸菌添加剂对王草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J]. *草业学报*, 2009, 18(4):131-137.
- [13] 吕建敏,胡伟莲,刘建新. 添加酶制剂和麸皮对稻草青贮发酵品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2005:17(2):58-62.
- [14] AGRUPIS F M. The value of water hyacinth as silage [J]. *Philippine Agricultural Scientist*, 1953, 37(1/2):50-56.

## Ensilaging Water Hyacinth: Effects of Water Hyacinth Compound Silage on the Performance of Goats

BAI Yunfeng ZHOU Weixing YAN Shaohua\* LIU Jian ZHANG Hao JIANG Lei  
(*Institute of Agricultural Resources and Environmental Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjin 210014, China*)

**Abstract:** The trial was conducted to establish a feasible method for water hyacinth silage and to investigate the effects of water hyacinth compound silage on the performance of goats. Fourteen treatments of water hyacinth compound silage were assorted according to the adjustment of dry matter contents, substrates (rice straw, vinegar dreg and wheat bran), and additives (molasses and corn power), and compound silage of rice straw and vinegar dreg was used as the control. Three treatments of water hyacinth compound silage were selected after organoleptic investigation and nutrient components analysis. Twenty goats (Boer goats × Xuhuai goats) of 180 days old were allotted into four groups with five replicates in each. The three selected compound silages were used as the roughages in the experimental groups, and corn silage was used in the control group. Performance changes of goats were evaluated. The results were showed as follows: 1) Water hyacinth was successfully fermented without any additive but assorted with substrates; and the compound silage of water hyacinth dehydrated by extruding ensilaged with corn powder and vinegar dreg had the lowest pH and shortest fermentation time. 2) The water hyacinth still had high nutritional values after dehydrated by extruding and its ratio in total mixed ration for goats was increased to 73.16%. 3) The feed intake of the goats fed water hyacinth compound silage was 2 152 g/d, the average daily gain was 122 g/d, and the feed conversion ratio was 6.6. The results indicate that compound silage of water hyacinth dehydrated by extruding ensilaged with other substrates and additives can be used as roughage for goats, which provides a better than average production level for goats. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(2):330-335]

**Key words:** water hyacinth; silage; goats; performance

\* Corresponding author, professor, E-mail: shyan@jaas.ac.cn