福建农业学报 30(9):836～840,2015
Fujian Journal of Agricultural Sciences
文章编号：1008－0384（2015）09－836－05

陈鑫珠，刘远，高承芳，等．苎麻与杂交狼尾草不同混合比例的青贮效果［J］．福建农业学报，2015，30（9）：836－840.
CHEN X-Z，LIU Y，GAO C-F，et al. Effect of Mixing Ratio of Ramie and Hybrid *Pennisetumon* on Quality of Fermented Silage［J］. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*，2015，30（9）：836－840.

苎麻与杂交狼尾草不同混合比例的青贮效果

陈鑫珠[1]，刘　远[1]，高承芳[1]，张晓佩[1]，李文杨[1]，董晓宁[1*]，翁伯琦[2*]

（1．福建省农业科学院畜牧兽医研究所，福建　福州　350013；
2．福建省农业科学院生态研究所，福建　福州　350013）

摘　要：以苎麻和杂交狼尾草为青贮原料，进行单独和混合青贮效果研究，为生产提供优质青贮杂交狼尾草、苎麻单独和混合青贮奠定基础。试验设计 7 个杂交狼尾草和苎麻混合比例，按鲜重计分别为 100∶0（P100）、70∶30（PR73）、60∶40（PR64）、50∶50（PR55）、40∶60（PR46）、30∶70（PR37）和 0∶100（R100）。结果表明：苎麻单独青贮的青贮料品质最差，表现为青贮料的 pH 值、乙酸、丁酸和氨态氮含量最高，干物质、乳酸和半纤维含量最低；杂交狼尾草单独青贮的青贮品质最好，表现为青贮料的干物质、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维、半纤维素、粗蛋白和乳酸含量最高，pH 值、乙酸、丁酸和氨态氮最低；随着杂交狼尾草混合比例升高，青贮料品质明显提高。

关键词：杂交狼尾草；苎麻；青贮；混合比例
中图分类号：S 816.53　　**文献标识码**：A

Effect of Mixing Ratio of Ramie and Hybrid *Pennisetumon* on Quality of Fermented Silage

CHEN Xin-zhu[1]，LIU Yuan[1]，GAO Cheng-fang[1]，ZHANG Xiao-pei[1]，LI Wen-yang[1]，
DONG Xiao-ning[1]，WENG Bo-qi[2*]

（1．*Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*，*Fujian Academy of Agricultural Sciences*，*Fuzhou*，*Fujian*　350013，*China*；2．*Agricultural Ecology Institute*，*Fujian Academy of Agricultural Sciences*，*Fuzhou*，*Fujian*　350013，*China*）

Abstract：To improve the quality of silage，7 various ratios of the mixture of ramie and hybrid *Pennisetum*，i. e.，100∶0（P100），70∶30（PR73），60∶40（PR64），50∶50（PR55），40∶60（PR46），30∶70（PR37）and 0∶100（R100），were tested. After fermented for 60 days at ambient temperature，the nutritional value of the silages was determined with 3 replicates for each mixture. The results showed that the quality of R100 silage was the poorest among all. It was the highest in pH，acetic acid，butyric acid and ammonia nitrogen contents，and the lowest inlactic acid and hemicellulose contents. The quality of P100 silage was the best，containing the highest amounts of dry matters，water soluble-carbohydrates，neutral detergent fiber，hemicellulose，crude protein and lactic acid，and the lowest on pH，acetic acid，butyric acid and ammonia nitrogen minimum contents among the mixtures. It appeared that the greater the portion of hybrid *Pennisetum* in the mixture，the better the quality of the fermented silage.

Key words：ramie；hybrid *Pennisetum*；silage；mixing ratio

我国蛋白质牧草缺乏，特别是南方地区，夏季高温高湿，不适宜苜蓿等北方优质牧草种植，严重限制了南方草食动物养殖业发展。苎麻 *Boehmerianivea* L. 是苎麻属宿根性多年生草本植物，抗旱性极强，

收稿日期：2015－07－01 初稿；2015－07－28 修改稿
作者简介：陈鑫珠（1985－），女，博士，助理研究员，研究方向：饲料加工与贮藏（E-mail：010622051@163.com）
＊通讯作者：董晓宁（1956－），男，研究员，研究方向：牧草科学（E-mail：xndong@126.com）；
翁伯琦（1957－），男，研究员，研究方向：水土保持（E-mail：wengboqi@163.com）
基金项目：福建省科技重大专项（2012NZ002-1-2）；福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项（2014R1023-5）；福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项（2014R1023-15）；福建省农业科学院青年创新基金（MYQJ2014-7）福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项（2015R1023-14、2014R1023-5）；福建省农业科学院青年创新基金（MYQJ2014-7）；博士科研启动基金（2013DBS-4）；福建省科技重大专项（2012NZ002-1-2）

年鲜草产量约达到 30 万 kg·hm^{-2}，是国家水利部指定的南方水土保持植物[1]。苎麻嫩茎叶营养丰富，粗蛋白含量较高，富含多种维生素、氨基酸以及钙元素，且粗纤维含量较低，可以和苜蓿相媲美，是一种理想的植物性蛋白饲料原料[2]。而且，苎麻的生态适应性强，在南方高温高湿的气候条件下仍能正常生长，且可获得很高的生物产量[3]。因此，在我国南方地区进行苎麻饲料开发利用，具有很强的优势和广阔的市场前景。

杂交狼尾草 *Pennisetumamericanum* × *P. purpureum* 是我国热带、亚热带和温带地区的重要的禾本科牧草，其适应性强、生长速度快和产量高，在南方各省均大面积种植，是草食动物优质的青绿饲料之一[4-5]。杂交狼尾草茎多叶少，茎秆粗纤维含量较高，影响其适口性和品质[6]。南方夏季由于雨水日照充沛，牧草大量剩余，且杂交狼尾草和苎麻的茎秆含水量高，不易晒制干草。在生长旺盛时期进行青贮保存，不仅可以提高适口性，同时还可解决牧草生产季节性不均衡等问题，特别是冬季牧草供应不足等现状，促进草食畜牧业的快速发展[7]。

青贮饲料是牛、羊等反刍动物最基本的结构饲料，其蛋白质含量的高低直接影响动物的营养状况[8]。青贮饲料是将新鲜的青饲料切短装入隔绝空气的密封容器里，经过以乳酸菌为代表的厌氧微生物的发酵作用而制成的一种多汁饲料。一般情况下，经乳酸菌发酵而形成的优质青贮饲料，会保留大量乳酸和芳香族化合物，使饲料本身具有酸香味，柔软多汁，适口性好，可提高饲料的消化利用率[8-10]。目前对苎麻青贮的研究报道较少。因此，本试验以苎麻和杂交狼尾草为原料，进行苎麻、杂交狼尾草单独和混合青贮效果研究，为生产提供优质杂交狼尾草、苎麻单独和混合青贮饲料奠定基础。

1　材料与方法

1.1　原料

杂交狼尾草，种植于福建省农业科学院畜牧兽医所泉头牧草基地，于 2012 年 11 月 25 日人工刈割。

苎麻，种植于福建省农业科学院作物研究所基地，于 2012 年 11 月 25 日人工刈割。

1.2　试验设计

分别用杂交狼尾草（简写 P）和苎麻（简写 R）按鲜重比 100∶0、70∶30、60∶40、50∶50、40∶60、30∶70 和 0∶100 均匀混合，分别简写为 P100、PR73、PR64、RP55、PR46、PR37 和 R100，调制青贮。每个处理设 3 次重复。

1.3　青贮调制

原料杂交狼尾草和苎麻分别切短成 2～3 cm 长小段，混合均匀，按每个混合比例所需原料的重量（试验设计）分别称重装入贴有标签的塑料盆内，再次混匀并装入聚乙烯青贮袋中，每袋 0.8 kg，混合均匀，用抽真空封口机（SINBO Vacuum Sealer）抽真空并密封。常温条件下贮存 60 d 开封，制备风干样测定化学成分和发酵品质。

1.4　项目测定

鲜样刈割后切短，置于烘箱 105℃杀青 0.5 h，再调至 70℃干燥 48 h 测定样品的干物质（dry matter，DM）含量[11]；粗蛋白（crude protein，CP）含量采用凯氏定氮法测定（定氮仪 KDN-103F，上海纤检仪器有限公司）[11]；中性洗涤纤维（neutral detergent fiber，NDF）和酸性洗涤纤维（acid detergent fiber，ADF）含量在范氏法（Van Soest）的基础上使用改进的滤袋分析法（ANKOM A200i，北京）测定[12]：半纤维素（hemicellulose，HC）由公式 HC＝NDF－ADF 计算法得出；可溶性碳水化合物（water soluble-carbohydrates，WSC）含量采用蒽酮-硫酸法测定[12]；缓冲能（buffer ability，BC）采用盐酸、氢氧化钠滴定法测定[13]。CP、NDF、ADF、WSC 和 HC 测定采用风干样品，pH、BC 测定采用鲜样。

青贮袋开封后，青贮饲料化学成分测定方法与原料特性测定方法相同。另称取 20 g 混匀的青贮料放入聚乙烯塑料封口袋中，加入 80 mL 蒸馏水，在 4℃下浸泡 18 h 后过滤，用 pH 计（pHS-3B，上海鹏顺科学仪器有限公司）测定浸提液 pH 值。氨态氮（NH_3-N）含量用凯氏定氮仪直接蒸馏测定。乳酸（lactic acid LA）、乙酸（acetic acid）、丙酸（propionic acid，PA）和丁酸（butyrate acid，BA）含量采用岛津 LC-20AT 型高效液相色谱仪测定。乳酸菌、细菌、酵母菌和霉菌数量分别采用 MRS 琼脂培养基（MRS）、营养琼脂培养基（NA，购于广州环凯微生物有限公司）、马铃薯葡萄糖琼脂培养基（PDA，购于广州环凯微生物有限公司）培养计数[14]。乳酸菌用厌氧培养箱（YQX-Ⅱ型上海新苗医疗器械制造有限公司），37℃培养 2 d；细菌、酵母菌、霉菌在有氧条件下 37℃培养 2～3 d。

WSC、NDF、ADF、HC和CP以干物质基础的百分比表示，LA、AA、PA和BA用新鲜样的百分比表示。

1.5 数据分析

数据经Excel 2007统计软件初步处理后，采用SPSS17.0统计软件进行统计分析。结果用平均数±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 原料特性

青贮原料特性如表1所示。2种原料中，杂交狼尾草pH值(5.72)、缓冲能(87.23 mE·kg^{-1})、WSC（9.24%）和粗蛋白（10.06%）均低于苎麻(7.03、251.13 mE·kg^{-1}，21.34%、18.72%)，而干物质（22.52%）、NDF（71.23%）和HC(29.06%）均明显高于苎麻（12.03%、57.56%和14.29%）。

2.2 青贮化学成分

不同混合比例对杂交狼尾草苎麻混合青贮化学成分的影响见表2。随着苎麻混合比例的提高，青贮料的干物质、中性洗涤纤维和半纤维素含量均呈下降的趋势；除R100处理组外，粗蛋白含量也呈下降的趋势。P100组青贮料的干物质含量最高，其次PR73＞PR64＞PR55、PR46＞PR37＞R100；P100组青贮料的可溶性碳水化合物显著（$P<0.05$）高于其他6个混合比例组，PR73、PR46和R100处理组显著（$P<0.05$）高于PR64、PR55、PR37处理组；R100组青贮料的粗蛋白显著（$P<0.05$）高于其他6个混合比例组，P100组显著（$P<0.05$）高于PR37组；PR73组青贮料的中性洗涤纤维显著（$P<0.05$）高于PR46、PR37和R100处理组，P100、PR64和PR55处理组显著（$P<0.05$）高于R100组；PR55的酸性洗涤纤维最高，显著（$P<0.05$）高于其他6个处理组，其次依次为PR64、PR37＞ PR46、R100＞PR73＞P100；P100组和PR73组青贮料的半纤维素显著高于其他5个处理组，PR64、和PR55和PR46处理组显著高于R100组。

表1 原料特性

Table 1 Characteristics of raw materials

项目	pH	缓冲能/(mE·kg^{-1})	干物质/%	可溶性碳水化合物/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%	半纤维素/%	粗蛋白/%
杂交狼尾草	5.72	87.23	22.52	9.24	71.23	47.17	29.06	10.06
苎麻	7.03	251.13	12.03	21.34	57.56	43.27	14.29	18.72

表2 青贮的化学成分

Table 2 Chemical composition of silages

项目	干物质/%	可溶性碳水化合物/%	粗蛋白/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%	半纤维素/%
P100	21.29±0.13 a	5.74±0.07 a	5.68±0.21 b	68.13±5.28 ab	43.67±2.36 e	24.87±1.27 a
PR73	17.13±1.01 b	4.63±0.28 b	4.82±0.54 bc	69.65±2.81 a	46.71±0.83 de	23.05±2.38 a
PR64	15.89±0.53 bc	3.27±0.22 c	4.78±1.10 bc	67.19±4.02 ab	52.73±1.34 b	14.91±2.48 b
PR55	14.29±0.83 cd	3.68±0.38 c	4.71±0.62 bc	67.61±2.17 ab	53.25±2.22 a	14.36±0.22 b
PR46	14.67±0.24 cd	4.20±0.44 b	4.51±0.00 bc	66.31±7.60 bc	52.02±3.95 cd	14.23±1.91 b
PR37	13.14±1.85 de	3.25±0.25 c	3.89±0.63 c	65.20±0.66 bc	51.40±1.48 bc	14.04±0.95 bc
R100	11.64±0.72 e	4.48±0.25 b	7.04±0.08 a	57.39±1.71 c	47.56±1.66 cde	10.10±1.21 c

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)，未标注字母表示无显著差异，下表同。

2.3 青贮发酵品质

不同混合比例对杂交狼尾草苎麻混合青贮发酵品质的影响见表3。随着苎麻的混合比例提高，青贮料的pH值、乙酸、丁酸和氨态氮呈上升的趋势，乳酸呈下降的趋势。R100组青贮料的pH值显著（$P<0.05$）高于P100、PR73、RP64和PR55处理组；P100组青贮料的乳酸含量显著（$P<0.05$）高于其他6个处理组；R100组青贮料的乙酸含量最高，显著（$P<0.05$）高于除PR46组外的其他5个处理组，依次为PR46＞PR37、PR64＞PR55、P100、PR73；7个处理组青贮料的丙酸含量无显著（$P>0.05$）差异；PR55、PR37

和 R100 处理组青贮料的丁酸含量显著（$P<0.05$）高于 P100 组；R100 组青贮料的氨态氮含量显著（$P<0.05$）高于其他 6 个处理组，顺序为 R100＞PR46、PR37＞PR55、PR64＞PR73＞P100。

表 3　青贮的发酵品质

Table 3　Quality of fermented silages

项目	pH	乳酸/%	乙酸/%	丙酸/%	丁酸/%	氨态氮/%
P100	5.32±0.13 b	1.69±0.11 a	0.68±0.12 bc	0.14±0.03	0.00±0.00 b	0.15±0.01 e
PR73	5.52±0.23 b	0.28±0.29 b	0.65±0.23 bc	1.39±2.26	0.33±0.12 ab	0.43±0.12 d
PR64	5.53±0.09 b	0.12±0.19 b	0.95±1.18 b	0.22±0.04	0.33±0.11 ab	0.63±0.05 cd
PR55	5.53±0.09 b	0.18±0.05 b	0.82±0.24 bc	0.26±0.06	0.52±0.12 a	0.62±0.05 cd
PR46	5.68±0.11 ab	0.02±0.03 b	1.39±0.22 ab	0.73±0.39	0.40±0.33 ab	0.87±0.16 b
PR37	5.69±0.42 ab	0.02±0.03 b	1.20±0.01 b	0.01±0.01	0.55±0.44 a	0.82±0.23 bc
R100	6.02±0.13 a	0.07±0.08 b	1.91±0.65 a	0.40±0.15	0.65±0.37 a	1.31±0.09 a

3　讨论与结论

青贮的关键因素是乳酸菌。青贮发酵进程中，乳酸菌的生长繁殖需要底物，苎麻中可溶性碳水化合物含量较高，但缓冲能也高，通过普通青贮的方法不易降低青贮中的 pH 值，无法抑制不良菌的发酵，蛋白质等营养物质被大量分解，产生氨态氮、腐臭味的丁酸等，严重影响青贮发酵品质。也正是这个原因导致本试验苎麻单独青贮，青贮料的 pH 值、乙酸、丁酸和氨态氮含量最高，干物质和乳酸含量最低，发酵品质最差。通常豆科牧草缓冲能较高，禾本科牧草缓冲能较低，为了促进乳酸菌快速生长繁殖，获得较好的青贮品质，在牧草青贮时豆科牧草通常可以与一些含糖量较高的禾本科牧草或饲料作物等，例如苜蓿玉米秸秆混合青贮、红三叶鸭矛混合青贮等，也可添加甘蔗渣、甜菜渣等[15]。

张英俊等[16]采用葛藤玉米自然混合青贮、葛藤单贮，结果发现混合青贮料品质优良，pH 值显著低于葛藤单贮。王生华[17]研究报道，绿萝卜秧与玉米秸秆混合青贮，既提高了青贮料的适口性、饲料利用率又补充了营养。黄俊等[18]报道，统糠和啤酒糟混合青贮，显著提高青贮料的发酵品质。吴进东[19]报道，乳酸菌用量、原料组成比例和纤维素酶用量对混合青贮料发酵品质的影响均显著，影响大小依次是乳酸菌用量＞原料组成比例＞纤维素酶用量。这些结果与本试验结果相似。本试验杂交狼尾草在苎麻中的混合比例提高，青贮料的品质升高，具体表现为青贮料的干物质、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维、半纤维素、粗蛋白和乳酸含量升高，pH 值、乙酸、丁酸和氨态氮降低。

本试验杂交狼尾草单独青贮，青贮料的 pH 值最低，降到 5.32，相比优质青贮 pH 值 3.8～4.2 的标准，青贮料的 pH 值偏高。王雁等[20]、刘经纬等[21]、郑丹等[22]研究杂交狼尾草青贮，无添加组 pH 值均未达到 4.2 以下，添加丙酸、纤维素酶、乳酸菌等添加剂青贮 pH 显著降低。说明在没有其他任何处理的条件下，杂交狼尾草单独青贮或与苎麻混合青贮，均无法获得优质青贮料，需进一步采用特种青贮法，即添加剂青贮进行研究。本试验未采用苎麻与玉米秸秆进行混合青贮研究，是因为青贮调制时，玉米秸秆已经枯黄，没有可利用的原料，而当时杂交狼尾草还正常生长。

苎麻与杂交狼尾草混合青贮中，随着杂交狼尾草混合比例的升高，混合青贮料的品质明显提高。本试验 PR73 混合比例青贮效果最佳，但依然没有达到优质青贮品质的标准，因此需采用特种青贮的方法，即添加剂青贮。

参考文献：

[1] 梁月．苎麻简介［J］．国际沙棘研究与开发，2012，10（2）：37－37.

[2] 喻春明，王延周，郭运玲，等．饲用苎麻收割高度对产量和粗蛋白质含量影响的研究［J］．中国麻业，2002，24（4）：31－33.

[3] 朱涛涛．苎麻与南方主要牧草的饲用价值比较研究［D］．北京：中国农业科学院，2014.

[4] 黄秀声，陈钟佃，黄勤楼，等．杂交狼尾草打浆后饲喂早中期妊娠怀孕母猪效果研究［J］．草业科学，2011，28（11）：2037－2041.

[5] 魏小蓉．添加山梨酸和乙醇对象草和杂交狼尾草青贮发酵品质的影响［D］．南京：南京农业大学，2010.

[6] 陈钟佃，黄勤楼，黄秀声，等．“闽牧 6 号”狼尾草的选育及田间种植技术［J］．家畜生态学报，2012，33（1）：53－55.

[7] 陈美光，吴德峰. 纤维素酶对杂交狼尾草青贮品质的影响 [J]. 家畜生态学报，2012，33 (2)：85－88.

[8] 李玲，赵秀芬，赵钢. 青贮处理对饲料蛋白质组分的影响 [J]. 中国草地学报，2010，32 (6)：110－112.

[9] 靳玲品，李艳玲，屠焰，等. 应用康奈尔净碳水化合物——蛋白质体系评定我国北方奶牛常用粗饲料的营养价值 [J]. 动物营养学报，2013，25 (3)：512－526.

[10] 王成章，王恬. 饲料学 [M]. 北京：中国农业出版社，2011：114－116.

[11] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2003：46－75.

[12] VAN SOEST P J，ROBERTSON J B，LEWIS B A. Methods for dietary fiber，neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science，1991，74：3583－3597.

[13] 韩雅珊. 食品化学实验指导 [M]. 北京：中国农业科学技术出版社，1996.

[14] MCDONALD P，PLAYNE M J. The buffering constituents of herbage and of silage [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture，1966，17：264－265.

[15] 陈鑫珠. 添加剂、含水率和混合比例对水葫芦玉米秸秆混合青贮品质的影响 [D]. 福州：福建农林大学，2010.

[16] 张英俊，玉柱，罗海玲，等. 葛藤玉米混合青贮品质研究 [J]. 中国畜牧兽医杂志，2006，42 (23)：57－58.

[17] 王生华. 绿萝卜秧与玉米秸秆混合青贮育肥滩羊试验 [J]. 畜牧兽医学报，2008，27 (4)：12－12.

[18] 黄俊，田斌，赵国琦. 啤酒糟与统糠混合发酵饲料品质研究 [J]. 中国畜牧兽医杂志，2008，44 (19)：37－40.

[19] 吴进东. 正交设计优化农作物秸秆混合青贮模式 [J]. 中国饲料，2008，(3)：33－35，40.

[20] 王雁，张新全，杨富裕. 添加丙酸和乳酸菌对杂交狼尾草青贮发酵品质的影响 [J]. 草业科学，2012，29 (9)：1468－1472.

[21] 刘金伟，黄秀声，钟珍梅，等. 不同添加剂对杂交狼尾草青贮效果的影响研究 [J]. 家畜生态学报，2014，35 (6)：51－54.

[22] 郑丹，下条雅敬，邵涛. 凋萎和添加绿汁发酵液对杂交狼尾草青贮发酵品质的影响 [J]. 草业学报，2011，19 (2)：273－276.

（责任编辑：张　梅）