



非玉米青贮在养牛业中的应用研究进展

李振翼¹, 万发春¹, 沈维军¹, 陈 东^{1*}, 李付强²

(1. 湖南农业大学动物科学技术学院, 长沙 410128; 2. 湖南天华实业有限公司, 湖南 娄底 417000)

摘 要:青贮饲料是反刍动物养殖广泛应用一种饲料。不同原料制作的青贮饲料的营养价值和饲喂效果相差很大。我国养牛生产中应用的青贮饲料主要为带穗玉米全株青贮和去穗玉米青贮, 而国外养牛业发达的国家除使用玉米全株青贮以外, 还有大麦、燕麦等各种青贮。为了给我国青贮饲料资源的开发和应用提供借鉴, 本文就非玉米全株青贮的种类、主要产区、饲喂效果和加工调制技术等进行了综述。

关键词:非玉米青贮; 营养价值; 饲喂效果; 加工调制

中图分类号:S816.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9111(2021)01-0048-06

青贮饲料是将含有一定水分的新鲜青绿植物切碎后, 在密闭缺氧环境下, 通过厌氧发酵作用降低饲料 pH 值, 达到长期保存的目的。随着养牛业规模化养殖的迅速发展, 青贮饲料由于具有一次制作可全年使用、可以最大限度地保存青绿饲料的应用价值、适口性好、易消化、保存期长、成本低等^[1] 众多优点, 得到了快速应用和广泛推广。但我国目前推广使用的主要是玉米青贮, 其他青贮饲料虽有研究,

但一直没有得到大面积的推广应用。

1 非玉米青贮的主要种类

非玉米青贮种类很多, 国外应用较为广泛有甜高粱和各种牧草青贮^[2]。我国适合制作非玉米青贮饲料的原料主要有高粱、苜蓿、一般禾本科作物、豆科作物等, 其主要产区见表 1。

表 1 主要青贮原料的主产区

饲草种类	所属科	生长年限	主要产区
苜蓿	豆科	多年生	甘肃、安徽、陕西、新疆、山东等
高粱	禾本科	一年生	内蒙古、甘肃、新疆、重庆、陕西等
小麦	禾本科	多年生	山东、河南、江苏、安徽、河北等
大麦	禾本科	一年生	江苏、甘肃、云南等
燕麦	禾本科	一年生	内蒙古、河北、吉林、山西、陕西、青海、甘肃等
水稻	禾本科	一年生	湖北、湖南、江西、四川、江苏等
油菜	十字花科	一年生	四川、湖北、湖南、安徽等

2 非玉米青贮的营养价值

非玉米青贮的营养价值差异很大(表 2)。苜蓿青贮和油菜青贮的蛋白质含量较高, 分别到达

19.69% 和 12.98%; 水稻秸秆青贮的脂肪含量最高, 为 4.94%; 中型洗涤纤维也以水稻秸秆青贮最高, 达到 70.55%; 苜蓿青贮中的酸性洗涤纤维最高, 油菜青贮两者均较低。

收稿日期: 2020-09-24 修回日期: 2020-09-28

基金项目: 国家肉牛牦牛产业技术体系项目(CARS-37); 湖南省草食动物产业技术体系项目

作者简介: 李振翼(1999—), 男, 本科生, 主要从事动物营养与饲料研究。

* 通讯作者: 陈东(1986—), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事肉牛营养与粗饲料开发研究。

3 影响非玉米青贮品质的主要因素

除常规环境因素外,刈割时期、刈割高度、播种

方式与种植密度是影响饲料青贮品质的共同因素。但由于不同饲料原料的营养成分不同,其影响因素还存在一定的差异。

表 2 主要非玉米青贮的营养成分(干物质基础)

青贮种类	干物质/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%	参考文献
苜蓿青贮	24.14	19.69	3.09	42.30	38.46	于浩然等 ^[3]
高粱青贮	32.90	6.80	3.20	49.00	37.20	Yang 等 ^[4]
全株小麦青贮	36.30	7.80	2.50	54.50	32.30	刘艳芳等 ^[5]
全株大麦青贮	30.90	9.02	3.57	52.00	30.60	Kim 等 ^[6]
燕麦青贮	26.22	8.44	1.79	38.92	31.61	郭金桂等 ^[7]
水稻秸秆青贮	27.69	8.22	4.94	70.55	36.20	顾拥建等 ^[8]
油菜青贮	13.57	12.98	3.07	36.24	26.87	阴法庭等 ^[9]

3.1 苜蓿青贮

高海娟等^[10]研究发现,制作 60 d 的青贮苜蓿品质最好,最适青贮含水量为 70%。在生产实践中,第 1 茬刈割的紫花苜蓿青贮饲料品质更高^[11]。切断长度和种植密度是影响苜蓿青贮质量的重要因素,其中切断长度为 3~4 cm,种植密度 550~600 kg/m² 最佳^[12]。王坤龙等^[13]通过比较紫花苜蓿 3 种青贮方式效果,发现堆贮发酵品质最差,地上和地下青贮饲料饲用价值较高。

3.2 高粱青贮

张华琦等^[14]研究发现,不同的切割长度会影响甜高粱青贮品质,最优切割长度为 1.5 cm。有机肥的施用量也会影响高粱的青贮品质,基肥施用有机肥 75~150 t/hm² 比较合理^[15]。装填时间会显著影响高粱青贮的品质,肖银宝等^[16]研究指出,高粱青贮料延迟装填 3 d 会显著降低青贮品质和营养价值,但大型青贮窖的装填时间往往会超过 3 d。

3.3 小麦青贮

刈割时期、青贮前的萎蔫、干物质含量以及收割高度等都会影响全株小麦青贮的营养价值。李伟等^[17]研究表明,蜡熟期的小麦更适合制作青贮利用。杨青鸿等^[18]研究认为小麦适宜收割高度为距离地面 15 cm。贮存时间也能够影响小麦青贮的品质,干物质损失在贮存 3~6 个月最高,乳酸在 3 个月左右达到最大值,往后明显降低,乙酸则随着贮存时间的延长而升高,干物质和中性洗涤纤维消化率随时间的增加呈下降趋势^[19]。Li 等^[20]发现施氮量也影响小麦青贮的品质,小麦全季最佳施氮量为 150 kg/hm² 左右。

3.4 大麦青贮

影响大麦青贮品质因素与小麦相似。赵准等研

究表明,随大麦生育期的推进,大麦青贮后的乳酸、乙酸和铵态氮含量显著下降,pH 显著提高,大麦青贮发酵品质显著提高,以蜡熟期最好^[21]。Kim 等^[22]研究表明,不同的刈割高度对大麦青贮品质的影响不同,在收获期增加大麦饲草的刈割高度 10~15 cm 能够提高干物质消化率。播期和种植密度^[23]也影响大麦青贮品质,早播大麦青贮原料的品质较好,且在较低的种植密度下,大麦青贮原料品质要高于高密度种植。收割期也影响大麦青贮的品质^[24]。

3.5 燕麦青贮

含水量对燕麦青贮品质影响显著,燕麦青贮的适宜含水量为 65%~70%^[25]。种植模式和收获期是影响燕麦青贮品质的重要因素,赵继丽等^[26]研究表明,燕麦+箭筈豌豆+黑麦种植模式青贮品质最好,开花期收获青贮品质最好。不同的海拔也会对燕麦青贮品质产生影响,陆永祥等^[27]研究认为,与低海拔地区相比,高海拔地区种植的燕麦青贮时其微生物菌群的代谢作用会发生一系列利于青贮发酵品质优化的改变,从而改善发酵品质,并且高海拔地区种植的燕麦青贮后营养成分能更好地得到保存。

3.6 水稻青贮

不同青贮方式会对水稻青贮品质产生影响,在水稻桶装青贮、青贮窖青贮、真空袋装青贮、堆贮青贮中,以真空袋装青贮发酵品质最好,堆贮质量最差^[28]。许能祥等^[29]研究发现,风干时间也会对稻草的青贮品质产生影响,其中风干 3 h 时青贮发酵品质最好。

3.7 油菜青贮

含水量与种植密度能够显著影响饲用油菜青贮发酵品质,含水量过高不利于青贮发酵,而且容易腐

烂,适时晚收和适当增加密度可以降低植株含水量^[30]。

4 饲喂效果

研究表明,非玉米青贮饲料都具有整体或部分替代玉米青贮饲料的潜能,根据营养价值的不同,替代玉米青贮饲料的比例各不相同,且比例适宜时,对生产性能无不利影响,甚至效果更佳。

苜蓿青贮与燕麦青贮在养牛生产中应用较多,且效果均优于玉米青贮。饲喂裹包苜蓿能够显著提高奶牛的干物质采食量,增加乳蛋白率和乳脂率,改善乳品质^[31]。饲喂苜蓿青贮饲料还有利于改善奶牛机体代谢能力,提高乳脂率、乳蛋白率和产奶量^[32]。Harper 等^[33]的研究表明,秋贮燕麦比玉米青贮可提升奶牛产奶量。刚永和等^[34]研究认为,通过拉伸膜裹包青贮的燕麦饲草能够提高草食畜采食量和消化吸收率,增加肉、奶产量和养殖经济收益。谢小峰等^[35]研究表明,燕麦草青贮替代全株玉米青贮能够改善奶牛生产性能。

高粱、小麦和大麦青贮饲料饲喂效果与青贮玉米无太大差异,具有替代玉米青贮饲料的潜能。用青贮甜高粱替代青贮玉米饲喂泌乳中后期奶牛,对奶牛产奶量和乳成分无显著性影响,生产中玉米青贮饲料不足时可以选择甜高粱青贮饲料替代^[36]。袁文焕等^[37]研究显示,使用小麦青贮替代全株玉米青贮对泌乳中后期荷斯坦奶牛的产奶性能和消化率无显著影响,生产中可以利用小麦青贮替代部分全株玉米青贮作为奶牛饲料来源。Harper 等^[38]研究表明,在牛奶产量约为 42 kg/d 的情况下,小麦青贮饲料可以部分替代玉米青贮饲料中的干物质,并且不影响干物质的摄入量,但是牛奶产量可能会略有下降。Migliorati 等^[39]在日粮中用大麦青贮饲料部分或全部替代玉米青贮饲料,发现对奶牛的生产性能、牛奶品质以及奶酪品质没有负面影响。早贮青贮大麦比晚贮青贮大麦可提升奶牛的饲料转化率,且不会对氮利用率造成影响^[40]。

目前水稻、油菜青贮在养牛上应用的报道较少,Tsuruoka 等^[41]研究发现,水稻全麦青贮饲料能够促进日本黑牛肌肉的生长。杨华等^[42]研究表明,与青贮全株玉米相比,饲用青贮油菜饲喂育肥牛效果更优,日增重显著提高,料重比下降,饲料报酬高。

5 加工调制技术

非玉米青贮饲料的调制技术可大致分为三类:混贮,化学和生物添加剂青贮。混贮是提高非玉米青贮品质的主要手段,使用添加剂如可溶性糖、酸

类、菌类与酶制剂等可提高青贮品质。

5.1 混贮

苜蓿在青贮饲料中较为常见,与其他饲料原料混贮能够提高青贮品质。张丁华等^[43]在研究中提出,多花黑麦草和紫花苜蓿混贮效果要优于紫花苜蓿单独青贮,最优比为 55:45。紫花苜蓿与无芒雀麦混贮可增加可溶性糖含量,提高发酵品质^[44]。薛艳林等^[45]研究结果表明,小麦秸秆与苜蓿草渣按照一定比例进行混贮能够提高乳酸含量,降低 pH 值和氨基酸的含量,苜蓿与麦秸的最佳配比为 65:35。郭金桂等^[46]和 Chen 等^[47]研究表明,紫花苜蓿与燕麦混合青贮,发酵品质随着燕麦比例的增加而增加,紫花苜蓿与燕麦最合适的混贮比例为 30:70。

非玉米青贮原料与除苜蓿外其他作物原料混贮也能达到提高青贮品质的效果。Ni 等^[48]研究发现,高粱与饲用大豆混贮利于有饲料保存,提高青贮品质。40% 小麦秸秆与 60% 蒸馏提取精油后的薰衣草秸秆进行混合青贮,其粗蛋白、能量、粗脂肪等营养指标上优于玉米青贮^[49]。Li 等^[50]研究发现,将甘薯藤与水稻稻草以 1:1 的比例混贮,可增加乳酸浓度,提高青贮品质。饲料油菜与玉米秸秆混合青贮能够显著提高营养价值和发酵品质,较好地弥补饲料油菜单贮干物质含量低的缺点^[51]。

5.2 添加剂青贮

大量研究证明,甲酸、乙酸、丙酸以及可溶性糖均有提高青贮品质的功效。于浩然等^[52]研究发现,向苜蓿青贮中添加适量的甲酸添加剂能够改善青贮品质,甲酸添加剂最佳浓度为 6 mL/kg。薛春胜等^[53]研究发现,甲酸、蔗糖、乙酸都能够提高紫花苜蓿的青贮品质。向高粱青贮饲料中添加蔗糖或甲酸都能显著改善发酵品质^[54],添加乙酸和丙酸也具有改善高粱青贮品质的功效,且丙酸效果优于乙酸^[55]。Xia 等^[56]研究发现,向全株小麦中添加糖蜜能够有效地改善青贮特性,其中 4% 的糖蜜效果最佳。李悦铭等^[57]研究表明,添加甲、丙混合酸能够通过改善碳水化合物组分来提升全株小麦青贮的青贮品质,其中 0.3% 甲、丙混合酸效果最好。Liu 等^[58]研究表明,向大麦青贮饲料中添加适量糖蜜可促进乳酸菌活动,改善发酵品质,减少有氧腐败。Hosseini 等^[59]研究表明,通过向大麦青贮饲料中添加甲酸可减少中性洗涤纤维会改善荷斯坦奶牛的生产性能,提高泌乳量甲酸、蔗糖对裸燕麦青贮的发酵品质和饲用价值均有改善效果^[60]。

益生菌和生物酶作为调制剂在青贮产业应用广泛。李旺等^[61]研究发现,添加植物乳杆菌和乳酸片球菌能够提高苜蓿青贮有机酸降低的 pH 值。添加

乳酸菌和纤维素酶能够提高苜蓿青贮饲料乳酸含量,降低 NDF 含量^[62]。王丽学等^[63]测定了 5 种不同的乳酸菌对苜蓿发酵品质的影响,发现乳酸杆菌效果最佳。添加纤维素酶和木聚糖酶可显著降低甜高粱青贮饲料的 NDF、ADF 水平,提高有机酸和可溶性糖含量^[64]。Kim 等^[65]使用植物乳杆菌和丙酸的复合添加剂提高了大麦青贮饲料的体外干物质消化率,乳杆菌还能够显著提高燕麦青贮料有氧稳定性^[66]。陈凌华等^[67]的研究显示,在稻秸青贮中添加乳酸菌可以提高青贮品质,与酶制剂共同添加效果更显著。Zhao 等^[68]研究表明,稻秸中添加乳酸菌、纤维素酶、糖蜜和水进行混合青贮能够改善发酵品质,提高秸秆营养成分。Li 等^[69]研究发现,补充添加内切葡聚糖酶能够提高油菜秸秆青贮饲料中的乳酸浓度,并降低木质纤维素含量。

5 小 结

随着青贮产业的飞速发展,玉米青贮饲料供不应求,非玉米青贮饲料开始应用于畜禽产业,但水稻、油菜在养牛业的饲喂效果、调制技术研究报道仍然较少,机制尚不明确。目前,距离更好的利用非玉米青贮饲料是牛生产中还有一段距离,随对非玉米青贮饲料的更深入的研究,其应用前景将非常广阔。

参考文献:

- [1] 刘忠宽,刘振宇,李江,等. 中国青贮饲料产业发展现状分析[J]. 草学,2020(1):70-75.
- [2] 刘桂瑞,李兆林,李正洪,等. 国内外玉米青贮现状概述[J]. 当代畜禽养殖业,2013(4):51-52.
- [3] 于浩然,格根图,王志军,等. 甲酸添加剂及青贮时间对紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 草业学报,2020,29(3):89-95.
- [4] YANG Y, FERREIRA G, CORL B A, et al. Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation[J]. Journal of Dairy Science, 2019, 102(3): 2266-2274.
- [5] 刘艳芳,马健,李胜利,等. 5 种青贮饲料在奶牛瘤胃中的淀粉降解特性[J]. 中国畜牧兽医,2018,45(4):925-932.
- [6] DONG H K, AMANULLAH S M, LEE H J, et al. Effects of different cutting height on nutritional quality of whole crop barley silage and feed value on Hanwoo heifers[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016, 29(9):1265-1272.
- [7] 郭金桂,宋灵峰,玉柱,等. 混合比例对紫花苜蓿与燕麦混贮品质的动态影响[J]. 中国草地学报,2018,40(1):73-79.
- [8] 顾拥建,古今舜,丁成龙,等. 不同处理对发酵稻秸秆发酵品质的影响[J]. 中国饲料,2017(12):18-20.
- [9] 阴法庭,张风华. 饲料油菜与玉米秸秆混合青贮营养品质[J]. 草业科学,2018,35(7):1790-1796.
- [10] 高海娟,刘泽东,孙蕊,等. 不同贮藏时间对苜蓿青贮品质的影响[J]. 中国饲料,2019(23):95-98.
- [11] 尉志霞,刘强,霍文婕,等. 茬次和一天内不同收获时间对紫花苜蓿青贮发酵质量和体外发酵参数的影响[J]. 草地学报,2019,27(1):235-242.
- [12] 王坤龙,王千玉,王石莹,等. 青贮条件对紫花苜蓿青贮饲料饲用品质的影响[J]. 饲料研究,2015(14):4-7,15.
- [13] 王坤龙,李兆林,尹强,等. 不同青贮方式对紫花苜蓿青贮饲料饲用品质的影响[J]. 饲料博览,2014(11):27-32.
- [14] 张华琦,丁玲,高俊波. 不同切割长度对甜高粱青贮品质的影响[J]. 饲料博览,2016(3):1-3.
- [15] 张艳宜,李霞,王季,等. 裹包层数对甜高粱青贮饲料品质的影响[J]. 草地学报,2017,25(3):670-674.
- [16] 肖银宝,王建福,贺春贵,等. 添加剂及装填时间对不同高粱品种青贮品质的影响[J]. 草业科学,2018,35(12):3020-3027.
- [17] 李伟. 收获期对小麦、黑麦及多年生黑麦草青贮品质的影响[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [18] 杨青鸿,宝牡丹,苏彩霞. 收割时期和收割高度对小麦秸秆营养成分和消化率的影响[J]. 中国饲料,2019(12):31-33.
- [19] 洗霖,杨蒙,徐凯旋,等. 贮存时间对小麦和玉米青贮质量的影响[J]. 中国饲料,2019(2):21-24.
- [20] LI C J, XU Z H, DONG Z X, et al. Effects of nitrogen application rate on the yields, nutritive value and silage fermentation quality of whole-crop wheat[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016, 29(8):1129-1135.
- [21] 赵准,齐军仓,李剑,等. 新疆不同刈割期对春性大麦干草产量和青贮品质影响的研究[J]. 作物杂志,2019(5):180-185.
- [22] DONG H K, AMANULLAH S M, LEE H J, et al. Effects of different cutting height on nutritional quality of whole crop barley silage and feed value on Hanwoo heifers[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016, 29(9):1265-1272.
- [23] 赵准,李剑,宋瑞娇,等. 不同种植密度对大麦产量和青贮品质的影响[J]. 作物杂志,2020(1):110-116.
- [24] 赵准,齐军仓,李剑,等. 播期对青贮大麦产量和青贮品质的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(2):227-233.
- [25] 覃方铨,赵桂琴,焦婷,等. 含水量及添加剂对燕麦捆裹青贮品质的影响[J]. 草业学报,2014,23(6):119-125.
- [26] 赵继丽,李长慧,徐世晓,等. 三江源区燕麦种植模式和收获期对青贮品质的影响[J]. 西北农业学报,2019,28(5):703-712.
- [27] 陆永祥,成启明,陈良寅,等. 不同海拔的燕麦青贮饲料发酵品质和细菌群落特征[J]. 草地学报,2020,28(2):350-357.
- [28] 沈东珍. 不同青贮方式对水稻秸秆发酵品质的影响[J]. 中国饲料,2018(4):75-79.
- [29] 许能祥,顾洪如,董臣飞,等. 稻草在自然风干过程中的养分变化及适宜青贮时间研究[J]. 草业科学,2015,32(8):1344-1351.
- [30] 刘明,来永才,毕影东,等. 种植密度与采收时期对复种饲用油菜产量和品质的影响[J]. 饲料研究,2019,42(8):96-99.
- [31] 范金星,张涛,徐平珠,等. 裹包青贮苜蓿替代苜蓿干草对奶牛产奶量及乳成分的影响[J]. 家畜生态学报,2019,40(11):79-82.
- [32] 李改英,廉红霞,孙宇,等. 青贮紫花苜蓿对奶牛生产性能、尿

- 素氮和血液生化指标的影响[J]. 草业科学, 2015, 32(8): 1329-1336.
- [33] HARPER M T, OH J, GIALLONGO F, et al. Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations[J]. *J. Dairy Sci.*, 2017, 100(7): 5250-5265.
- [34] 刚永和, 张海博, 杜江, 等. 拉伸膜裹包青贮燕麦饲草冬季饲喂幼龄绵羊的效果[J]. 草业科学, 2019, 36(7): 1890-1896.
- [35] 谢小峰, 周玉明. 燕麦草青贮和全株玉米青贮对奶牛产奶量和乳成分的影响[J]. 畜牧与兽医, 2013, 45(9): 35-37.
- [36] CATTANI M, GUZZO N, MANTOVANI R, et al. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality[J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2017, 8(1): 15.
- [37] 袁文焕, 张天琦, 张振强. 饲喂小麦秸秆和小麦青贮对泌乳奶牛采食量、产奶性能和消化率的影响[J]. 中国饲料, 2018(6): 61-64.
- [38] HARPER M T, OH J, GIALLONGO F, et al. Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(8): 6151-6163.
- [39] MIGLIORATI L, BOSELLI L, PIRLO G, et al. Corn silage replacement with barley silage in dairy cows' diet does not change milk quality, cheese quality and yield[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 97(10): 3396-3401.
- [40] COSTA M F, DURCO A O, RABELO T K, et al. Effects of Carvacrol, Thymol and essential oils containing such monoterpenes on wound healing: A systematic review[J]. *J. Pharm. Pharmacol.*, 2019, 71(2): 141-155.
- [41] TSURUOKA K, KURAHARA T, KANAMARU H, et al. Effect of feeding rice whole crop silage on growth rate, levels of vitamin A, β -carotene, vitamin E and IGF-1 in plasma and skeletal muscle protein degradation in Japanese black calves[J]. *Animal Science Journal*, 2019, 90(6): 728-736.
- [42] 杨华, 熊明清, 余陵峰, 等. 青贮饲料油菜对肉牛增重效果的研究[J]. 中国饲料, 2017(2): 16-18.
- [43] 张丁华, 王艳丰, 刘健, 等. 多花黑麦草与紫花苜蓿混合青贮发酵品质和体外消化率的研究[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1725-1732.
- [44] 贺文骅, 崔国文, 崔新, 等. 紫花苜蓿与无芒雀麦不同混播比例对青贮品质的影响[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 407-414.
- [45] 薛艳林, 孙杰, 聂明达, 等. 苜蓿草渣与小麦秸混贮发酵品质的研究[J]. 中国饲料, 2008(2): 42-44.
- [46] 郭金桂, 宋灵峰, 玉柱, 等. 混合比例对紫花苜蓿与燕麦混贮品质的动态影响[J]. 中国草地学报, 2018, 40(01): 73-79.
- [47] CHEN L, GUO G, YUAN X J, et al. Effect of ensiling whole crop oat with lucerne in different ratios on fermentation quality, aerobic stability and in vitro digestibility on the Tibetan plateau[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2017, 101(5): e144-e153.
- [48] NI K K, ZHAO J Y, ZHU B G, et al. Assessing the fermentation quality and microbial community of the mixed silage of forage soybean with crop corn or sorghum[J]. *Bioresource Technology*, 2018, 265: 563-567.
- [49] 李静, 刘建明, 杨光维, 等. 蒸馏提取精油后薰衣草秸秆与野干草、小麦秸制作混合青贮的效果评价[J]. 中国饲料, 2017(12): 13-17.
- [50] LI P, JI S R, WANG Q, et al. Adding sweet potato vines improve the quality of rice straw silage[J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(4): 625-632.
- [51] 阴法庭, 张凤华. 饲料油菜与玉米秸秆混合青贮营养品质[J]. 草业科学, 2018, 35(7): 1790-1796.
- [52] 于浩然, 格根图, 王志军, 等. 甲酸添加剂及青贮时间对紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 草业学报, 2020, 29(3): 89-95.
- [53] 薛春胜, 刘瑞生, 徐建峰, 等. 不同添加剂对陇东紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(2): 456-462.
- [54] 秦立刚, 许庆方, 董宽虎, 等. 不同添加剂对甜高粱青贮品质影响的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37(12): 27-30.
- [55] 郭艳萍, 玉柱, 顾雪莹, 等. 不同添加剂对高粱青贮质量的影响[J]. 草地学报, 2010, 18(6): 875-879.
- [56] XIA C Q, LIANG Y X, BAI S, et al. Effects of harvest time and added molasses on nutritional content, ensiling characteristics and in vitro degradation of whole crop wheat[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2018, 31(3): 354-362.
- [57] 李悦铭, 陈勇, 孟庆翔, 等. 不同浓度甲酸丙酸混合添加剂对全株小麦青贮品质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(8): 77-84.
- [58] LIU B Y, YANG Z Q, HUAN H L, et al. Impact of molasses and microbial inoculants on fermentation quality, aerobic stability, and bacterial and fungal microbiomes of barley silage[J]. *Sci. Rep.*, 2020, 10(1): 5342.
- [59] SEYED M H, MESGARAN M D, VAKILI A R, et al. Altering undigested neutral detergent fiber through additives applied in corn, whole barley crop, and alfalfa silages, and its effect on performance of lactating Holstein dairy cows[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2019, 32(3): 375-386.
- [60] 覃方铨, 赵桂琴, 焦婷, 等. 不同添加剂对青贮燕麦品质的影响[J]. 草原与草坪, 2014, 34(1): 38-43.
- [61] 李旺, 马召稳, 李元晓, 等. 苜蓿青贮优势菌种筛选及应用效果[J]. 动物营养学报, 2020, 32(4): 1883-1890.
- [62] 魏晓斌, 殷国梅, 薛艳林, 等. 添加乳酸菌和纤维素酶对紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 中国草地学报, 2019, 41(6): 86-90.
- [63] 王丽学, 韩静, 陈龙宾, 等. 5种乳酸菌对苜蓿青贮营养和发酵品质的影响[J]. 饲料研究, 2019, 42(1): 104-108.
- [64] 王继成, 晏和平. 不同水平纤维素酶和木聚糖酶对青贮高粱品质的影响[J]. 饲料研究, 2006(5): 57-61.
- [65] KIM D H, AMANULLAH S M, LEE H J, et al. Effect of microbial and chemical combo additives on nutritive value and fermentation characteristic of whole crop barley silage[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2015, 28(9): 1274-1280.
- [66] ZHANG J, GUO G, CHEN L, et al. Effect of applying lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality and aerobic stability of oats-common vetch mixed silage on the Tibetan plateau[J]. *Animal Science Journal*, 2015, 86(6): 595-602.
- [67] 陈凌华, 杨志坚, 程祖铨. 添加酶制剂和乳酸菌对水稻秸秆青贮质量的影响[J]. 中国饲料, 2018(20): 81-85.

- [68] ZHAO J, DONG Z H, LI J F, et al. Evaluation of *Laetobacillus plantarum* MTD1 and waste molasses as fermentation modifier to increase silage quality and reduce ruminal greenhouse gas emissions of rice straw[J]. *Science of The Total Environment*, 2019, 688:143-152.
- [69] LI L Z, LIU C J, QU M R, et al. Characteristics of a recombinant *Lentinula edodes* endoglucanase and its potential for application in silage of rape straw[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 139:49-56.

Research Progress of Non-corn Silage in Cattle Industry

LI Zhen-yi¹, WAN Fa-chun¹, SHEN Wei-jun¹, CHEN Dong^{1*}, LI Fu-qiang²

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128; 2. Hunan Tianhua Industrial Co. Ltd, Loudi, Hunan 417000)

Abstract: Silage is a kind of feed widely used in ruminant breeding. The nutritive value and feeding effects of silage made from different materials are quite different. Silage of corn with ear and corn without ear are the main silage in cattle production in China, while silage of barley, oat and other kinds of corn are widely used in foreign countries with developed cattle industry. In order to provide references for the development and application of silage resources in China, the varieties, main producing areas, feeding effects and processing techniques of non-corn silage were summarized in this paper.

Key words: non-corn silage; nutritive value; feeding effects; processing techniques

(上接第 9 页)

- [9] 汪忠,吐尔逊·司马义,早尔克,等.新疆巴州半野血牦牛牦牛的驯化饲养技术研究[J]. *草食家畜*, 2014(5):36-39.
- [10] 赵晓东,李世林,肖敏,等.麦注牦牛血清生化指标和矿物质元素测定[J]. *畜牧科技*, 2018(6):72-74, 79.
- [11] 欧珠,尼玛次仁,益西吐登,等.西藏半野血牦牛与普通牦牛的毛绒品质分析与比较[J]. *现代农业科技*, 2019(10):180-182.
- [12] 房少新,赵利平.原子吸收光谱法测定甘肃天祝白牦牛肝脏中的微量元素[J]. *中国光谱实验室*, 2011, 28(3):1130-1133.
- [13] 耿文静,王峰,刘哈璐,等.锌对动物毛皮影响的研究进展[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2010(12):41-42.

Study on the Relationship Between the Content of Trace Elements and Cold Resistance of Yak

JIA Yin-hai^{1*}, ZHANG Cheng-fu^{2,3}, JI Qiu-mei^{2,3}, HUANG Guang-yun¹, ZHANG Qiang^{2,3}, JIANG Hui^{2,3}, HUANG Ming-guang¹, TENG Shao-hua¹, ZHU Wen¹, WU Zhu-yue¹

(1. Animal Husbandry Institute of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530001;

2. Institute of Animal Science and Veterinary, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences Lhasa, 850003;

3. State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Nanning 530001)

Abstract: [Objective] This study can analyze the cold-resistant correlation between the quality hair and trace elements in yak hair. [Methods] The yaks different ages of quality wool and the changes of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn in hair were recorded and analyzed by in Tibet Ali area. [Results] The results showed that the wool fineness of semi-wild blood yak increased with the increase of age ($P < 0.05$), In aged 6-8 years old, semi-wild blood yaks have the correlation with the content of iron and calcium in their blood and trace elements, which may be related to the adaption to lack of oxygen conditions of the yak. [Conclusion] The wool quality and trace elements of yak have an increasing tendency with the increase of age, especially in the 6-8 age stage, which will provide scientific basis in the cold resistance improvement of yak and the nutrition and metabolism regulation of other plateau breeds, disease prevention and other aspects.

Key words: trace elements; cold resistant; yak