

不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿青贮品质及微生物数量的影响

张晶龙, 陈毅东, 黄帅*

(宁夏大学农学院, 宁夏草牧业工程技术研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘要: 试验旨在研究不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)青贮发酵品质、营养成分和微生物数量的影响, 为利用碳水化合物添加剂调制优质中间锦鸡儿青贮饲料提供科学依据。试验以孕蕾期和盛花期的中间锦鸡儿为原料, 设置无添加(对照, CK)、葡萄糖(G)、蔗糖(S)和淀粉组(A)处理, 添加量皆为1.5%, 室温下青贮60 d后, 取样测定其发酵品质、营养成分和微生物数量。结果表明: 1) 盛花期对照组和处理组pH值与乙酸含量均极显著低于孕蕾期($P < 0.01$); 而盛花期对照组和处理组粗蛋白(CP)含量、处理组氨态氮占总氮含量均极显著高于孕蕾期($P < 0.01$)。2) 与对照组相比, 3种碳水化合物添加剂均极显著降低了孕蕾期中间锦鸡儿青贮饲料pH值以及孕蕾期和盛花期中间锦鸡儿青贮饲料乙酸含量($P < 0.01$); 极显著增加了盛花期中间锦鸡儿青贮pH值以及孕蕾期和盛花期中间锦鸡儿青贮氨态氮占总氮含量、乳酸菌数量($P < 0.01$)。综合发酵品质和营养成分含量, 盛花期中间锦鸡儿添加1.5%蔗糖后, 其青贮品质最佳。

关键词: 中间锦鸡儿; 碳水化合物添加剂; 青贮; 发酵品质; 营养成分

中图分类号: S816 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2022)05-0021-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2022.05.003



柠条是豆科锦鸡属(*Caragana*)栽培种统称^[1], 广义的柠条包括柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)、中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)。中间锦鸡儿粗蛋白、粗脂肪含量高, 赖氨酸、苏氨酸和缬氨酸含量丰富, 是一种营养价值较高的粗饲料^[2-4]。然而中间锦鸡儿具有的营养物质季节性差异大、茎秆木质化程度高和纤维含量高等特点^[5-6], 严重影响其潜在的饲用价值。

青贮可较大程度保存原料营养物质, 降低纤维含

量, 缓解饲料季节性供应^[7-8]。但是, 中间锦鸡儿具有高蛋白低碳水化合物特点, 不适宜单独青贮。已有研究发现, 将碳水化合物加入豆科牧草中青贮效果较好^[9]。朱慧森等^[10]研究表明, 添加蔗糖可弥补紫花苜蓿缺乏可溶性碳水化合物的缺点, 是苜蓿青贮的首选添加剂。另外, 蔗糖体内含量较高的糖蜜也可以进一步提高紫花苜蓿青贮发酵品质^[11-12]。此外, Bautista-Trujillo等^[13]在玉米青贮中添加糖蜜和乳清, 提高了青贮饲料中乳酸含量, 降低了乙酸含量。Li等^[14]研究表明皇草青贮时添加蔗糖、葡萄糖、糖蜜均提高了青贮饲料粗蛋白含量, 且降低了中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量, 其中糖蜜添加效果最好。目前, 关于中间锦鸡儿添加不同碳水化合物进行青贮的研究较少。因此, 本试验通过研究添加不同的碳水化合物对孕蕾期和盛花期中间锦鸡儿青贮品质的影响, 筛选适宜的碳水化合物添加剂, 从而为调制优质中间锦鸡儿青贮饲料提供科学依据。

收稿日期: 2021-05-17; **修回日期:** 2021-07-23

基金项目: 宁夏重点研发项目(引才专项)(2018BEB04019); 宁夏自然科学基金资助项目(2020AAC03083)

作者简介: 张晶龙(1996-), 男, 山西忻州人, 硕士研究生。

E-mail: 615941120@qq.com。

*通信作者。

E-mail: shuaihuang010@nxu.edu.cn

1 材料和方法

1.1 青贮调制

试验材料采自宁夏盐池县人工柠条林5年以上的中间锦鸡儿,选取枝干粗1 cm以上枝条,用剪刀齐地平茬。分别选取孕蕾期(4月25日)和盛花期(5月4日)样品,在当地工厂揉丝后带回实验室加工,称取适量柠条利用微波炉加热1~2 min快速测定水分含量,在剩余柠条样品中加入蒸馏水使水分含量在60%进行青贮。试验共设3个处理,添加葡萄糖(G)、蔗糖(S)和淀粉(A)处理组,单独青贮为对照组(CON),所有添加剂添加量为鲜重的1.5%,充分混匀,调制后的样品每个处理设3个重复,每个重复称取500 g的样品装入30 cm×20 cm的青贮袋中,用真空包装机抽气密封,室温下青贮60 d后取样测定其青贮品质、营养品质及微生物数量。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 中间锦鸡儿鲜样及青贮营养成分的测定 将中间锦鸡儿鲜样及青贮样品置于烘箱,105 °C杀青30 min,然后在65 °C烘箱烘干至恒重,称干物质(Dry matter, DM)重;采用凯氏定氮法测定粗蛋白(Crude protein, CP)含量^[15];采用ANKOM 2000i纤维自动分析仪测定中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(Acid detergent fiber, ADF)和酸性洗涤木质素(Acid detergent lignin, ADL)含量;采用ANKOMX T15i脂肪分析仪测定粗脂肪(Ether extraction, EE)含量;采用蒽酮-浓硫酸法测定可溶性碳水化合物(Water soluble carbohydrate, WSC)含量^[16];参照《饲料分析及饲料质量检测技术》测定粗灰分(Crude ash, Ash)含量^[17]。

1.2.2 中间锦鸡儿青贮发酵品质的测定 取5 g青贮样品放入锥形瓶中,加入45 mL蒸馏水,用植物组织捣碎机搅碎1 min,过4层纱布及定性滤纸得浸提液,测定滤液pH值;取3 mL滤液过0.45 μm滤膜,滤液使用气相色谱仪分析乙酸(Acetic acid, AA)和丙酸(Propionic acid, PA)含量,参照李成云等^[18]的方法操作;乳酸(Lactic acid, LA)含量按照南京建成A019-2-1乳酸测定试剂盒进行检测^[19];另一部分滤液采用苯酚一次氯酸钠比色法测定氨态氮占总氮含量^[20](Ammonia nitrogen/Total nitrogen, AN/TN)。

1.2.3 青贮发酵品质评定 根据pH值,AN/TN含量和有机酸含量对发酵品质进行综合评定^[21-22]。

1.2.4 微生物数量测定 采用稀释平板涂布法对样品中微生物菌群进行提取、计数。将5 g样品与45 mL灭菌蒸馏水混合,常温摇床1 h后在无菌水中连续稀释至 10^{-6} ,选用MRS琼脂培养基培养乳酸菌(lactic acid bacteria, LAB),选用PDA培养基培养酵母菌(yeast)及霉菌(mold)^[23]。

1.3 数据处理与分析

采用Excel 2019进行数据采集与整理,用SPSS 23.0统计软件进行单因素方差分析(ANOVA),以及Duncan多重比较。

2 结果与分析

2.1 中间锦鸡儿鲜样的营养成分

中间锦鸡儿鲜样营养成分盛花期CP、ADF、WSC、Ash含量,LAB和酵母菌数量高于孕蕾期,而DM、EE、NDF、ADL含量和霉菌数量低于孕蕾期(表1)。

表1 中间锦鸡儿鲜样营养成分

Table 1 Nutrition of fresh *Caragana intermedium*

营养成分	生育期	
	孕蕾期	盛花期
DM/%	66.88	57.86
CP/%	10.07	12.07
EE/%	1.76	1.49
NDF/%	69.34	66.85
ADF/%	41.30	50.56
ADL/%	16.59	16.30
WSC/%	1.98	3.11
Ash/%	4.28	4.67
LAB (log ₁₀ cfu·g ⁻¹)	5.78	6.46
Yeasts(log ₁₀ cfu·g ⁻¹)	5.14	5.63
Molds(log ₁₀ cfu·g ⁻¹)	3.78	3.48

2.2 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿青贮营养成分含量的影响

孕蕾期G和S处理组DM显著高于对照组($P < 0.05$),盛花期3个处理组DM均显著高于对照组($P < 0.05$),且生育期×处理对DM有极显著性影响($P < 0.01$)。盛花期对照组及3个处理组CP含量均极显著高于孕蕾期($P < 0.01$),且生育期×处理对CP含量有显著影响($P < 0.05$)。生育期和碳水化合物添加剂处理

均未对 WSC 含量产生显著影响 ($P>0.05$), 生育期 × 处理对其产生极显著影响 ($P<0.01$)。生育期和碳水化合物添加剂处理均未对 EE 含量有显著影响 ($P>0.05$), 但生育期 × 处理对其有显著影响 ($P<0.05$)。

而生育期、碳水化合物添加剂处理和生育期 × 处理均未对 NDF、ADF 和 Ash 含量有显著差异 ($P>0.05$) (表 2)。

表 2 不同碳水化合物添加剂下中间锦鸡儿青贮营养成分含量

Table 2 Effects of different carbohydrate additives on the nutrient content of *Caragana intermedia* silage

指标	生育期	处理				SEM	P 值		
		CON	G	S	A		生育期	处理	生育期 × 处理
DM/%	孕蕾期	61.43	63.42	70.24	59.58				
	盛花期	58.36	62.53	60.73	63.78				
	平均值	59.90	62.98	65.49	61.68	4.24	0.07	0.03	0.01
CP/%	孕蕾期	12.39	11.73	11.26	10.20				
	盛花期	13.26	13.80	11.44	14.04				
	平均值	12.83	12.77	11.35	12.12	1.42	0.01	0.07	0.02
WSC/%	孕蕾期	0.59	1.23	1.06	0.85				
	盛花期	1.27	0.93	1.04	1.06				
	平均值	0.93	1.11	1.05	0.93	0.25	0.59	0.35	<0.01
EE/%	孕蕾期	4.38	2.28	3.35	2.69				
	盛花期	2.44	3.72	3.64	3.40				
	平均值	3.41	3.00	3.50	3.04	1.02	0.74	0.72	0.03
NDF/%	孕蕾期	65.65	64.91	67.96	63.33				
	盛花期	69.26	63.07	65.02	63.13				
	平均值	67.81	63.99	66.49	63.23	3.39	0.80	0.12	0.37
ADF/%	孕蕾期	49.06	49.14	51.84	48.37				
	盛花期	51.74	48.84	50.11	49.80				
	平均值	50.67	48.99	50.98	49.08	3.08	0.72	0.70	0.72
Ash/%	孕蕾期	6.78	7.67	5.98	6.53				
	盛花期	6.31	5.79	6.48	5.55				
	平均值	6.55	6.73	6.23	6.04	0.93	0.05	0.49	0.13

2.3 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿青贮发酵品质的影响

孕蕾期 3 个处理组 pH 值均极显著低于对照组 ($P<0.01$), 而盛花期 3 个处理组 pH 值则极显著高于对照组 ($P<0.01$), 且生育期和生育期 × 处理对 pH 值均有极显著影响 ($P<0.01$)。孕蕾期和盛花时期 3 个处理组 AN/TN 含量均极显著高于对照组 ($P<0.01$), 盛花时期 3 个处理组 AN/TN 含量均极显著高于孕蕾期 ($P<0.01$), 且生育期 × 处理对其均有极显著影响 ($P<0.01$)。孕蕾期和盛花期 S 组 LA 含量最高, 且显著高于对照组 ($P<0.05$)。孕蕾期和盛花期 3 个处理组 AA 均极显著低于对照组 ($P<0.01$), 盛花期 AA 含量极显著低于孕蕾期 ($P<0.01$), 且生育期 × 处理对其有显著性影响 ($P<0.05$)。孕蕾期和盛花期 3 个处理组对 PA 含量未产生显著差异 ($P>0.05$)。

2.4 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿微生物数量的影响

孕蕾期和盛花期 3 个处理组 LAB 数量均极显著高于对照组 ($P<0.01$)。孕蕾期和盛花期 3 个处理组对酵母菌数量未产生显著差异 ($P>0.05$), 且均未检测到霉菌 (表 4)。

依据不同处理青贮样品检测结果对中间锦鸡儿青贮发酵品质进行评分。孕蕾期和盛花期中间锦鸡儿单独青贮得分为 60 分和 68 分, 不同处理组得分均高于对照组, 盛花期蔗糖处理组得分最高, 为 76.54 分 (表 5)。

3 讨论

3.1 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿营养成分含量的影响

青贮饲料是牛、羊等反刍动物最基本的结构饲

表3 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿青贮发酵品质的影响

Table 3 Effects of different carbohydrate additives on fermentation quality of *Caragana intermedia* silage

指标	生育期	处理				SEM	P值		
		CON	G	S	A		生育期	处理	生育期×处理
pH值	孕蕾期	4.30	4.26	4.18	4.19				
	盛花期	4.05	4.10	4.12	4.25				
	平均值	4.18	4.18	4.15	4.23	0.08	<0.01	<0.01	<0.01
AN/TN/%	孕蕾期	1.40	2.43	1.96	2.14				
	盛花期	1.31	3.44	2.90	2.51				
	平均值	1.36	2.93	2.43	2.32	0.72	<0.01	<0.01	<0.01
LA/%	孕蕾期	5.99	4.28	7.52	7.44				
	盛花期	6.60	4.53	6.97	4.16				
	平均值	6.30	4.41	7.30	5.80	1.76	0.22	0.02	0.09
AA/%	孕蕾期	2.89	0.78	0.88	0.96				
	盛花期	2.56	0.75	0.19	0.92				
	平均值	2.72	0.86	1.70	0.94	0.82	0.01	<0.01	0.02
PA/%	孕蕾期	0.09	0.13	0.10	0.11				
	盛花期	0.10	0.06	0.07	0.08				
	平均值	0.09	0.09	0.09	0.10	0.03	0.10	0.96	0.47

表4 不同碳水化合物添加剂下中间锦鸡儿微生物数量

Table 4 The effect of different carbohydrate additives on the microbial quantity of *Caragana intermedia*

指标	生育期	处理				SEM	P值		
		CON	G	S	A		生育期	处理	生育期×处理
LAB (\log_{10} cfu·g ⁻¹)	孕蕾期	5.35	6.37	6.05	6.43				
	盛花期	5.45	6.18	6.06	6.29				
	平均值	5.39	6.28	6.06	6.36	0.42	0.53	<0.01	0.63
Yeasts (\log_{10} cfu·g ⁻¹)	孕蕾期	5.48	5.42	5.41	5.50				
	盛花期	6.22	5.91	6.30	5.95				
	平均值	5.85	5.66	5.85	5.72	0.61	0.10	0.97	0.96
Molds (\log_{10} cfu·g ⁻¹)	孕蕾期	ND	ND	ND	ND				
	盛花期	ND	ND	ND	ND				
	平均值	ND	ND	ND	ND				

表5 不同碳水化合物添加剂下中间锦鸡儿青贮发酵品质的评分

Table 5 Evaluation of the effect of different carbohydrate additives on the fermentation quality of *Caraganaintermedia*

时期	处理	pH值		氨态氮占总氮		乙酸+丙酸		总分
		含量	得分	含量	得分	含量	得分	
孕蕾期	CON	4.30	10.00	1.40	50.00	2.98	0	60.00
盛花期	CON	4.05	18.00	1.31	50.00	2.65	0	68.00
孕蕾期	G	4.26	14.00	2.43	50.00	0.91	4.54	68.54
盛花期	G	4.10	17.00	3.44	50.00	0.81	5.31	72.31
孕蕾期	5	4.18	17.00	1.96	50.00	0.98	4.00	71.00
盛花期	5	4.12	17.00	2.90	50.00	0.26	9.54	76.54
孕蕾期	A	4.19	17.00	2.14	50.00	1.07	3.31	70.31
盛花期	A	4.25	14.00	2.51	50.00	1.00	3.85	67.85

料,其CP含量的高低直接影响动物的营养状况,通常CP含量越高品质越好^[24]。本试验盛花期各处理CP含量皆高于孕蕾期,说明盛花期中锦鸡儿营养物质含量高于孕蕾期,而不同碳水化合物添加剂对CP含量无显著性影响,这与王保平^[25]研究结果相似。

WSC含量是青贮饲料发酵成功的关键因素,青贮饲料中只有足够数量的WSC,才可能使LAB形成LA,抑制或杀死有害微生物,达到保存青贮饲料的目的^[26]。本试验中孕蕾期和盛花期WSC含量都较低,说明中间锦鸡儿单独青贮效果较差,且添加不同碳水

化合物青贮后WSC含量变化并不显著,这与王保平^[25]糖蜜添加组(除12%)与对照组无显著差异结果相似,推断WSC含量与添加剂和添加量均有关。同时,WSC可以为青贮饲料提供发酵底物,促进LAB生成LA,从而降低pH值^[27]。说明碳水化合物添加剂为LAB的生成提供了充足的底物,这与郭睿等^[28]研究结果基本一致。

青贮饲料中NDF和ADF含量可以反映纤维品质好坏,ADF含量与动物消化率呈负相关,其含量越低,饲用的价值越高^[29-30]。本试验中,2个生育期所有处理对NDF和ADF含量影响均不显著,可能由于青贮过程中可溶性成分被大量消耗,导致纤维成分相对增加,这和Ni等^[8]糖蜜添加剂对大豆青贮中ADF含量无显著影响研究结果相似。

3.2 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿青贮发酵品质的影响

pH值是反映青贮饲料发酵品质的重要指标^[31]。本试验中,孕蕾期处理组pH值极显著低于对照组,虽然盛花期处理组的pH值极显著高于对照组,但各组pH值都较低,尤其是葡萄糖和蔗糖处理组均低于4.20,这与黎英华^[32]研究中间锦鸡儿单独青贮和添加剂青贮后pH值差异较大的结果相似。青贮后较低的pH值表明3种碳水化合物添加剂均可作为中间锦鸡儿青贮过程中乳酸菌发酵提供充足的底物。

AN/TN的比例反映出青贮过程中蛋白质分解状况,一般认为,优质青贮饲料AN/TN的比值越大,青贮质量越差^[21,33]。本试验中,孕蕾期和盛花期处理组的AN/TN含量均高于对照组,这与张欢等^[34]研究紫花苜蓿混贮时高丹草处理组AN/TN含量低于对照组结果不同。可能是因为中间锦鸡儿本身蛋白质含量较高,青贮过程中蛋白质分解严重,氨气释放速率增加,以致AN/TN含量升高,但各处理达到优质标准。

有机酸含量的构成是评价青贮饲料质量的重要依据,其中LA所占的比例越高,乙酸、丁酸所占的比例越低,青贮发酵品质越好。本试验结果显示,孕蕾期蔗糖处理组和淀粉处理组LA含量显著高于对照组,而盛花期只有蔗糖处理组略高于对照组,其他处理组均低于对照组。这与Nkosi等^[36]研究全株玉米青贮中添加糖蜜可以增加LA含量和王保平等^[36]研究添加玉米粉可以提高柠条嫩枝叶青贮乳酸含量和降低

乙酸含量相似,但与其降低丙酸含量结果不一致,说明添加碳水化合物可以促进中间锦鸡儿青贮饲料中LAB发酵提高青贮发酵品质,但可能与青贮原料有一定关系,不同碳水化合物添加剂会影响青贮营养成分。依据不同处理青贮样品检测结果对中间锦鸡儿青贮发酵品质进行评分发现,处理组得分均高于对照组,盛花期蔗糖处理组得分最高。由此证明,不同碳水化合物添加剂均可不同程度提高中间锦鸡儿青贮发酵品质。

3.3 不同碳水化合物添加剂对中间锦鸡儿微生物数量的影响

LAB属革兰氏阳性菌,是一类能够利用碳水化合物代谢产生LA的细菌,它具有降低pH值、抑制微生物活动、减少干物质损失等作用^[37],是青贮成败的关键。本试验各处理下LAB数量增加,霉菌消失,而酵母菌数量变化较小。LAB数量增加说明3种添加剂可以为LAB生成提供充足底物,并在青贮过程中LAB产生LA抑制了有害微生物生理活动,降低了pH值,提高了青贮营养品质。酵母菌数量变化较小的原因可能是由于酵母菌兼性厌氧,可以在厌氧条件下生成乙醇,增加酒香味,并在厌氧条件下厌氧种类代替好氧种类,且酵母菌耐酸性较强,所以青贮环境并未抑制其生长^[38]。这与陶雅等^[39]研究籽粒苋与青贮玉米混贮后,LAB数量增加,霉菌消失,酵母菌数量变化较小结果相似。

4 结论

1) 盛花期中间锦鸡儿发酵品质和营养品质高于孕蕾期。

2) 不同碳水化合物添加剂均可提高中间锦鸡儿青贮品质和营养品质。

3) 生育期和碳水化合物添加剂处理及其交互效应对pH值、AN/TN含量和AA含量有显著影响,但对PA含量、酵母菌数量、EE、NDF、ADF和Ash含量无显著影响。

4) 在盛花期中间锦鸡儿中添加1.5%蔗糖进行青贮,发酵品质和营养品质最佳。

参考文献:

- [1] 牛西午. 柠条研究[M]. 北京: 科技出版社, 2003.
- [2] 高优娜, 常金宝, 周闯. 柠条的营养成分动态变化分析

- [J]. 北方环境, 2011, 23(Z1): 41—43.
- [3] 薛树媛, 金海, 郭雪峰, 等. 内蒙古荒漠草原优势牧草营养价值评价[J]. 中国草地学报, 2007, 29(6): 22—27.
- [4] 高优娜. 鄂尔多斯高原锦鸡儿属几个种的营养价值与饲用价值研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [5] 高琪. 柠条等几种北方干旱地区沙生灌木饲用价值与饲用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [6] 黄帅, 王荣斌, 白玉恒, 等. 柠条营养动态分析及山羊瘤胃降解特性的研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(4): 137—142.
- [7] Yanhong Y, Xiaomei L, Hao G, *et al.* Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn stover and lactic acid bacteria[J]. *Bioresource Technology*, 2019, 279: 166—173.
- [8] Kuikui N, Fangfang W, Baoge Z, *et al.* Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage[J]. *Bioresource Technology*, 2017, 238: 706—715.
- [9] 杨富裕, 周禾, 韩建国, 等. 添加蔗糖对草木樨青贮品质的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(3): 35—38.
- [10] 朱慧森, 董宽虎. 不同添加剂对苜蓿青贮品质动态变化的影响[J]. 草原与草坪, 2009, 29(4): 40—44.
- [11] 宗成, 张健, 邵涛, 等. 添加剂对紫花苜蓿青贮饲料发酵品质的影响[J]. 草业学报, 2020, 29(12): 180—187.
- [12] 罗樱宁, 罗盈, 李文麒, 等. 紫花苜蓿和鸭茅混合青贮贮藏过程中发酵品质的动态变化[J]. 饲料工业, 2020, 41(24): 17—21.
- [13] Gerardo U B, Mario A C, Lucia M C V, *et al.* Effect of Sugarcane Molasses and Whey on Silage Quality of Maize[J]. *Asian Journal of Crop Science*, 2009, 1(1): 34—39.
- [14] Li M, Zi X, Zhou H, *et al.* Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and in vitro gas production of king grass silage[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2014, 197: 206—212.
- [15] 程方方, 杨君辉, 夏茂林, 等. 不同原料水分含量和添加剂对紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(12): 106—109.
- [16] 王子苑, 王小利, 陈兴吉, 等. 含水率和双飞酸钠对发酵全混合日粮青贮发酵品质和霉菌毒素的影响[J]. 草原与草坪, 2022, 42(4): 17—22.
- [17] Xiong Y, Bartle S J, Preston R L. Improved enzymatic method to measure processing effects and starch availability in sorghum grain[J]. *Journal of animal science*, 1990, 68(11): 3861—70.
- [18] 王洪丽, 李成云. 气相色谱法测定苜蓿青贮料中的有机酸[J]. 饲料工业, 2008, 29(16): 58—60.
- [19] 罗建, 林标声, 何玉琴, 等. 微生物发酵饲料中乳酸含量的测定方法比较分析[J]. 饲料博览, 2012(5): 37—39.
- [20] Broderick G A, Kang J H. Automated Simultaneous Determination of Ammonia and Total Amino Acids in Ruminant Fluid and In Vitro Media[J]. *Elsevier*, 1980, 63(1): 64—75.
- [21] 郭旭生, 丁武蓉, 玉柱. 青贮饲料发酵品质评定体系及其新进展[J]. 中国草地学报, 2008, 30(4): 100—106.
- [22] 青贮饲料质量评定标准(试行)[J]. 中国饲料, 1996(21): 5—7.
- [23] Cuo X S, Bai J, Li F H, *et al.* Effects of malate, citrate, succinate and fumarate on fermentation, chemical composition, aerobic stability and digestibility of alfalfa silage[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2020, 268: 114604.
- [24] 陈毅东, 张桂杰, 黄帅. 西北荒漠区沙生植物瘤胃降解特性及饲用价值分析[J]. 饲料研究, 2021, 44(1): 1—5.
- [25] 王保平. 柠条青贮调制技术及柠条饲料在奶牛日粮中应用的研究[D]. 太古: 山西农业大学, 2014.
- [26] 张磊. 添加剂对象草和意大利黑麦草青贮发酵品质及有氧稳定性影响的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [27] Keady T W J. A Review of the Effects of Molasses Treatment of Unwilted Grass at Ensiling on Silage Fermentation, Digestibility and Intake, and on Animal Performance[J]. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 1996, 35(2): 141—150.
- [28] 郭睿, 艾琪, 陈亚飞, 等. 添加残次苹果发酵物对玉米秸秆青贮品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(8): 1—10.
- [29] 李向林, 张新跃, 唐一国, 等. 日粮中精料和牧草比例对舍饲山羊增重的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(2): 85—91.
- [30] 谢燕妮, 陆有飞, 王英群, 等. 添加物对莠术茎叶青贮品质和营养成分的影响[J]. 草原与草坪, 2022, 42(4): 100—105.
- [31] 陈冬梅, 韦毅, 陈耀, 等. 巨菌草与无糠壳高粱白酒糟混合青贮品质及营养成分变化[J]. 饲料研究, 2021, 44(2): 85—88.
- [32] 黎英华. 鄂尔多斯高原主要饲用豆科植物青贮特性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.

- [33] Pan T, Xiang H, Diao T, *et al.* Effects of probiotics and nutrients addition on the microbial community and fermentation quality of peanut hull[J]. *Bioresource Technology*, 2019, 273: 144–152.
- [34] 张欢, 雷晓青, 朱鸿福, 等. 宁夏黄灌区紫花苜蓿与高丹草适宜混贮比例研究[J]. *中国草地学报*, 2020, 42(5): 136–142.
- [35] Nkosi B. D, Meeske R, Palic D, *et al.* Laboratory evaluation of an inoculant for ensiling whole crop maize in South Africa[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 150(1): 144–150.
- [36] 王保平, 董晓燕, 董宽虎. 不同添加剂对柠条嫩枝叶青贮品质的影响[J]. *草地学报*, 2014, 22(5): 1096–1102.
- [37] 王天威, 曹艳红, 杨果, 等. 乳酸菌对青贮品质及草食家畜健康的影响[J]. *中国科学: 生命科学*, 2020, 50(9): 927–938.
- [38] Davidson P M, Taylor T M. Chapter. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds[J]. 2007, 33: 713–745
- [39] 陶雅, 李峰, 高凤芹, 等. 籽粒苋与青贮玉米混贮品质及微生物特性研究[J]. *草业学报*, 2016, 25(12): 119–129.

Effects of different carbohydrate additives on *Caragana intermedia* silage quality and microbial quantity

ZHANG Jing-long, CHEN Yi-dong, HUANG Shuai*

(College of Agriculture, Ningxia University, Ningxia Grassland and Animal Husbandry Engineering Technology Research Center, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to provide a scientific basis for the use of carbohydrate additives to prepare high-quality *Caragana intermedia* silage, the effects of different carbohydrate additives on the fermentation quality, nutrient composition and microbial quantity of *Caragana intermedia* silage were investigated. *C. intermedia* in the gestational stage and the full-bloom stage was used as raw material. Four groups including no addition (CK, control), glucose (G treatment), sucrose (S treatment) and starch (A treatment) were set up, with the addition amount of 1.5%. After 60 days of silage at room temperature, samples were taken to determine the fermentation quality, nutrient composition and microbial number. The results showed that the pH value and acetic acid content of control group and treatment group at full-bloom stage were significantly lower than those at gestational stage ($P < 0.01$). However, crude protein (CP) content in control group and treatment group and ammonia nitrogen content in treatment group in full-bloom stage were significantly higher than those in gestational bud stage ($P < 0.01$). The experiment also demonstrated that compared with the control group, the three carbohydrate additives significantly reduced the pH value and acetic acid content of *C. intermedia* at the gestational bud stage and the full-bloom stage ($P < 0.01$). Besides, the three carbohydrate additives significantly increased the pH value of *Caragana* silage at full flowering stage, the ammonia nitrogen content in total nitrogen and the number of lactic acid bacteria in *Caragana* silage at gestational bud and full flowering stage ($P < 0.01$). In conclusion, according to fermentation quality and nutrient content, the silage quality of *Caragana* was the best when 1.5% sucrose was added at full-bloom stage.

Key words: *Caragana intermedia*; carbohydrate additives; silage; fermentation quality; nutrient composition