

程云辉,潘艺伟,许能祥,等. 添加乳酸菌及不同含水量对多花黑麦草青贮品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(23):160-166.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.23.032

# 添加乳酸菌及不同含水量对多花黑麦草青贮品质的影响

程云辉<sup>1</sup>, 潘艺伟<sup>1,2</sup>, 许能祥<sup>1</sup>, 宦海琳<sup>1</sup>, 张文洁<sup>1</sup>, 刘蓓一<sup>1</sup>, 田吉鹏<sup>1</sup>, 丁成龙<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院畜牧研究所/农业农村部种养结合重点实验室, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学草业学院, 江苏南京 210095)

**摘要:**多花黑麦草是我国南方地区重要的冷季牧草,为探索高效的多花黑麦草青贮加工技术,试验以开花期多花黑麦草为材料,研究不同含水量和乳酸菌添加剂对多花黑麦草青贮品质的影响,探究制作多花黑麦草青贮饲料的适宜含水量和乳酸菌添加技术,为优质多花黑麦草青贮的制作提供理论依据。试验设不同含水量(凋萎与未凋萎)和添加乳酸菌处理,分别测定青贮后 0、1、7、15、30、60 d 微生物含量、发酵品质和营养品质。结果表明,在含水量为 69% 且添加适量的乳酸菌处理组的青贮饲料中乳酸含量显著高于其他处理组( $P < 0.05$ ),干物质、体外消化率提高,氨态氮、中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维含量降低,能够得到优质的多花黑麦草青贮饲料。

**关键词:**多花黑麦草;乳酸菌;发酵品质;营养品质;含水量

**中图分类号:** S816.5<sup>+</sup>3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)23-0160-07

多花黑麦草(*Lolium multiflorum* L.)又叫一年生黑麦草、意大利黑麦草<sup>[1]</sup>,具有适应性广、耐湿性强等特点,较喜湿润温热的气候,适合于南方地区栽培利用。多花黑麦草在春夏季节生长速度快、再生能力强,生物产量高,与农作物争地、争季节竞争小,适于利用南方地区冬闲稻茬进行饲草生产和草食畜禽养殖<sup>[2]</sup>,并可以与粮食或其他作物轮作,有

利于土地资源的高效利用。多花黑麦草适口性好,家畜消化利用率高,粗蛋白含量高,营养丰富<sup>[3]</sup>,是所有草食家畜均喜食的饲草之一,可以直接进行青饲,也可以进行青贮。但是多花黑麦草大部分种植于南方地区,收获季节多阴雨天气,调制青干草非常困难,同时由于产草和收获期过度集中,短时间内直接饲喂很难充分利用<sup>[4]</sup>。将多花黑麦草进行青贮,可以减少多雨高湿气候的影响,并且可以较长时间地保存多花黑麦草,减少其营养成分的损失。

青贮是目前保存饲草的一种重要加工方式,主要集中在玉米、紫花苜蓿、秸秆和高粱等<sup>[5-8]</sup>饲草方面的应用,而在多花黑麦草实际生产中应用相对较少。由于多花黑麦草本身的含水量极高,直接青贮

收稿日期:2020-08-25

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(17)1005]。

作者简介:程云辉(1973—),男,江苏丹阳人,副研究员,从事牧草种质资源、育种及栽培利用研究。E-mail:chengyh@jaas.ac.cn。

通信作者:丁成龙,博士,研究员,从事草饲料的调制加工与利用研究。E-mail:dingcl@jaas.ac.cn。

[19] Vijayan M M, Leatherland J F. High stocking density affects cortisol secretion and tissue distribution in brook charr, *Salvelinus fontinalis* [J]. The Journal of Endocrinology, 1990, 124(2): 311-318.

[20] 张 墨, 李吉方, 温海深, 等. 放养密度对大杂交鲟生长性能的影响及生理应答机制[J]. 海洋科学, 2016, 40(8): 35-41.

[21] Dong J, Zhao Y Y, Yu Y H, et al. Effect of stocking density on growth performance, digestive enzyme activities, and nonspecific immune parameters of *Palaemonetes sinensis* [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2018, 73: 37-41.

[22] Ortuño J, Esteban M A, Meseguer J. Effects of short-term crowding stress on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune response[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2001, 11(2): 187-197.

[23] Ming J H, Xie J, Xu P, et al. Effects of emodin and vitamin C on growth performance, biochemical parameters and two HSP70s mRNA

expression of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala* Yih) under high temperature stress[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2012, 32(5): 651-661.

[24] Sevcikova M, Modra H, Slaninova A, et al. Metals as a cause of oxidative stress in fish: a review[J]. Veterinární Medicína, 2011, 56(11): 537-546.

[25] Tung B T, Rodriguez - Bies E, Thanh H N, et al. Organ and tissue - dependent effect of resveratrol and exercise on antioxidant defenses of old mice[J]. Aging Clinical and Experimental Research, 2015, 27(6): 775-783.

[26] Radak Z, Chung H Y, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise[J]. Free Radical Biology & Medicine, 2008, 44(2): 153-159.

[27] 于丽娟. 运动训练对中华倒刺鲃幼鱼生长、抗氧化及免疫机能的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2014.

会有大量的渗出液流出,渗出液中含有大量的营养物质和糖分,不仅营养损失严重,还会加速有害菌的生长,从而导致多花黑麦草直接青贮不易成功;乳酸菌是青贮过程中被广泛应用的生物添加剂之一,具有促进青贮发酵和提高青贮品质的作用。本试验研究不同含水量和添加乳酸菌制剂对多花黑麦草青贮品质的影响,以期在生产实践提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2019 年 4 月在江苏省农业科学院溧水基地采集试验材料(开花期的多花黑麦草),多花黑麦草品种为邦德。

### 1.2 试验设计

试验设 4 个处理,分别为多花黑麦草直接青贮(CK,含水量 81%)、添加乳酸菌青贮组(W1,含水量 81%)、凋萎青贮组(W2,含水量为 69%)、凋萎且添加乳酸菌青贮组(W3,含水量 69%)。其中,CK、W2 处理喷撒与乳酸菌添加组等量的蒸馏水,乳酸菌添加量  $2 \times 10^5$  CFU/g(以鲜质量计)。将多花黑麦草正常切成 2 ~ 3 cm,混匀后准确称取 300 g/袋样品,抽真空并室温密封保存,在处理 0、1、7、15、30、60 d 开袋取样和品质测定。

### 1.3 测定内容与方法

1.3.1 营养成分和品质分析 (1) pH 值测定。取 20 g 样品加入 180 mL 去离子水于 4 ℃ 冰箱中浸提 24 h,4 层纱布过滤后采用 PHS-3C 型数显酸度计(上海佑科仪器仪表有限公司)测定 pH 值。(2) 干物质含量测定。采用烘箱干燥法测定干物质(DM)含量,称取 200 g 样品装入信封,于 105 ℃ 灭活 15 min,再于 65 ℃ 烘干 60 h 以上至恒质量。烘干样粉碎过 1 mm 筛后用自封袋密封保存,用于常规营养指标测定,测定方法参考《饲料分析及饲料质量检测技术》<sup>[9]</sup>。(3) 中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维测定。采用 van Soest 等的方法<sup>[10]</sup>测定。(4) 粗蛋白含量的测定。采用凯氏定氮法,使用 Kjeltec™ 2300 型全自动凯氏定氮仪(丹麦 FOSS 公司)测定。(5) 可溶性碳水化合物含量测定,采用蒽酮-硫酸比色法测定<sup>[11]</sup>。(6) 氨态氮含量测定,采用苯酚-次氯酸钠比色法测定<sup>[12]</sup>。(7) 有机酸(乳酸、乙酸、异丁酸)测定,采用高效液相色谱仪(安捷伦 1260 型,德国安捷伦科技有限公司)测定,配备示差检测器和 Carboximix® H-NP5 色谱柱(流动相为

2.5 mmol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,流速为 0.5 mL/min,温度为 55 ℃;美国赛分科技有限公司)。

1.3.2 感官品质评定 感官品质按德国农业协会(DLG)青贮质量感官评分标准<sup>[13]</sup>评定,根据气味、结构和色泽 3 项指标进行评分,满分为 20 分,16 ~ 20 分为 1 级,优良;10 ~ 15 分为 2 级,尚好;5 ~ 9 分为 3 级,中等;0 ~ 4 分为 4 级,腐败。

1.3.3 微生物计数 采用平板培养法进行微生物计数。用 0.9% 无菌生理盐水进行梯度稀释。耗氧细菌、乳酸菌、霉菌分别采用营养肉汤琼脂培养基、MRS 肉汤琼脂培养基和马铃薯葡萄糖琼脂培养基培养计数<sup>[14]</sup>。

### 1.4 数据分析

用 SPSS 11.5 软件进行方差分析,用 Excel 2007 软件进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 多花黑麦草原料的品质分析

从表 1 可知,经过晾晒以后多花黑麦草含水量下降,pH 值略上升;可溶性碳水化合物含量增加 0.25 百分点,粗蛋白含量增加 0.19 百分点,酸性洗涤纤维含量下降 1.62 百分点,中性洗涤纤维含量变化不明显;青贮发酵指标氨态氮、乳酸、乙酸、异丁酸含量晾晒前后变化不大;原料中真菌数量增加到 5.26 lg(CFU/g,FW);好气性细菌及乳酸菌数量无明显变化。

表 1 多花黑麦草原料营养成分

营养成分	新鲜	晾晒
含水量(%)	81.00	69.00
pH 值	6.07	6.12
可溶性碳水化合物含量(%,DM)	6.92	7.17
中性洗涤纤维含量(%,DM)	57.76	57.11
酸性洗涤纤维含量(%,DM)	35.24	33.62
粗蛋白含量(%,DM)	9.84	10.03
氨态氮含量(%,DM)	2.49	2.41
乳酸含量(%,FW)	0.00	0.00
乙酸含量(%,FW)	0.10	0.09
异丁酸含量(%,FW)	0.12	0.20
好气性细菌数量的对数值[lg(CFU/g),FW]	7.62	7.64
真菌数量的对数值[lg(CFU/g),FW]	4.79	5.26
乳酸菌数量的对数值[Lg(CFU/g),FW]	5.97	5.92

### 2.2 多花黑麦草青贮过程营养成分含量的动态变化

不同处理多花黑麦草青贮发酵过程中营养成

分变化情况见表 2。不同处理组可溶性碳水化合物含量在青贮 1~60 d 呈下降趋势,尤其在 1~15 d 下降迅速,在 15 d 后开始趋于稳定;其中 W1、W3 组处理在青贮 60 d 时可溶性碳水化合物含量为 1.17%、1.30%,显著高于 CK、W2( $P<0.05$ )。

不同处理组中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量在青贮过程中变化幅度较小。W1、W3 组在青贮 7 d 中性洗涤纤维含量显著低于 CK 组( $P<0.05$ ),分别降低了 1.61、3.19 百分点,W3 组在青贮 1~7 d

酸性洗涤纤维含量显著低于 CK 组( $P<0.05$ )。但中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量在青贮后期趋于稳定,不同处理组间均无显著差异。

青贮过程中粗蛋白含量整体呈逐渐下降趋势,青贮前期粗蛋白含量变化幅度较大。在青贮前期,低水分青贮粗蛋白含量显著高于高水分青贮( $P<0.05$ );青贮后期,在 2 个含水量条件下添加乳酸菌处理组总体显著高于未添加对照组( $P<0.05$ ) (表 2)。

表 2 多花黑麦草青贮饲料营养成分动态变化

营养成分	组别	青贮 1 d	青贮 7 d	青贮 15 d	青贮 30 d	青贮 60 d
可溶性碳水化合物含量(%)	CK	4.27±0.14aD	3.19±0.47abC	1.35±0.57aB	0.73±0.21aA	0.63±0.02aA
	W1	4.07±0.12aC	2.60±0.18aB	1.53±0.85abA	1.37±0.93bA	1.17±0.15bA
	W2	5.69±0.20cD	3.42±0.11bC	1.54±0.19abB	0.86±0.26aA	0.86±0.10aA
	W3	4.86±0.24bD	3.39±0.47bC	1.66±0.15bB	1.43±0.24bAB	1.30±0.02cA
中性洗涤纤维含量(%)	CK	57.20±0.37aA	55.55±0.33bA	53.59±0.71aA	53.52±1.86aA	52.20±2.64aA
	W1	55.67±0.20aB	53.94±2.16aA	52.67±1.15aA	51.16±2.82aA	49.32±1.59aA
	W2	56.14±0.63aA	54.75±0.29abA	52.32±2.62aA	51.64±0.35aA	51.53±2.55aA
	W3	55.03±0.37aA	52.36±0.60aA	51.97±0.79aA	50.30±1.50aA	50.20±0.70aA
酸性洗涤纤维含量(%)	CK	34.80±0.53bB	32.14±0.07bAB	31.54±0.62aAB	30.47±0.56aAB	29.08±0.79aA
	W1	32.41±1.33abB	31.45±0.38bAB	29.35±1.02aAB	28.28±2.31aAB	27.62±0.61aA
	W2	33.16±0.33abB	30.73±0.47abAB	28.58±0.52aA	28.42±0.15aA	28.18±0.92aA
	W3	32.04±0.41aB	28.81±0.27aA	28.59±0.73aA	27.30±0.94aA	27.71±0.54aA
粗蛋白含量(%)	CK	9.12±0.08aB	8.53±0.11aA	8.48±0.29aA	8.40±0.06aA	8.31±0.11aA
	W1	9.25±0.06aC	8.62±0.04aB	8.71±0.08aB	8.62±0.10bB	8.46±0.06abA
	W2	9.73±0.09bD	9.15±0.08bC	9.02±0.02bC	8.82±0.07cB	8.59±0.09bA
	W3	9.91±0.16bC	9.26±0.05bB	9.21±0.06bB	9.11±0.06dB	8.92±0.13cA

注:同行数据后不同大写字母表示相同处理不同青贮时间下差异显著( $P<0.05$ );同列数据后不同小写字母表示相同青贮时间不同处理之间差异显著( $P<0.05$ )。表 4、表 5 同。

2.3 不同处理多花黑麦草青贮发酵品质比较

2.3.1 感官品质 从表 3 可以看出,青贮 60 d 后 CK 组青贮料开袋以后具有较浓的氨味,颜色呈腐败褐色,腐烂变质比较严重,有胀袋现象;W1 组青贮料有轻微的腐败现象,茎叶结构较差,氨味较淡;W2 组青贮料颜色呈黄褐色,无胀袋现象,酸味较大;W3 组青贮料颜色与原料接近,具有酸香味,茎叶结构较完整。综合评分显示,W1 组和 W2 组青贮料感官品质均为尚好,但 W2 组较 W1 组评分更高,分别为 15、10 分;W3 组为 15 分,优良;而 CK 组感官评价为中等。

2.3.2 pH 值 从图 1 可以看出,在青贮 1~7 d 时,CK、W1、W3 处理组青贮料的 pH 值迅速下降到 4.2 以下。而 W2 组在青贮初期 pH 值下降速度较慢,青贮后 15 d 才降至 4.2 左右,可能是由于晾晒

表 3 乳酸菌添加剂和含水量对多花黑麦草青贮感官评定的影响

组别	指标得分			总分
	气味	结构	色泽	
CK	4	4	1	9(中等)
W1	4	4	2	10(尚好)
W2	9	4	2	10(尚好)
W3	12	5	2	19(优良)

使得表面附着的乳酸菌数量减少。在青贮 60 d 后,各组 pH 值均在 4.2 以下,其中 W3 组青贮料的 pH 值最低,为 3.85。

2.3.3 发酵品质 在整个青贮期间,W1、W2、W3 组青贮 60 d 的乳酸含量最高。随着青贮时间的延长,W1、W3 组乳酸含量呈先上或再下降再上升的趋势,而 W2 组呈上升趋势。在青贮 60 d 后,W3 组

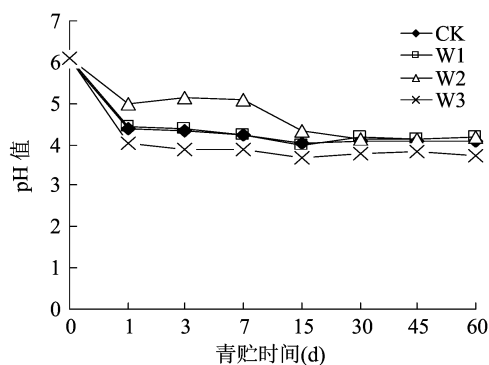


图1 不同处理多花黑麦草 pH 值动态变化

乳酸含量最高,为 5.08%,显著高于 CK 和 W1 组 ( $P<0.05$ );其次是 W2 组,为 4.38%。在青贮过程中乙酸含量逐渐上升,除 CK 组外各处理组青贮 60 d 显著高于其他时间 ( $P<0.05$ ),在相同含水量条件下,添加乳酸菌处理中乙酸含量显著高于未添加乳酸菌处理 ( $P<0.05$ )。各处理组中未检测出丁酸含量,在青贮 60 d 后 W2、W3 组异丁酸含量显著低于 CK 和 W1 组异丁酸含量 ( $P<0.05$ ) (表 4)。

氨态氮含量在不同青贮时间表现出显著差异 ( $P<0.05$ )。随着青贮时间的延长,CK 组氨态氮

表 4 不同处理组多花黑麦草发酵品质的动态变化

品质	组别	青贮 1 d	青贮 7 d	青贮 15 d	青贮 30 d	青贮 60 d
乳酸含量 (%)	CK	0.73 ± 0.06aA	1.60 ± 0.19aA	2.55 ± 0.87aB	0.82 ± 0.10aA	1.80 ± 0.54aA
	W1	1.01 ± 0.04bA	1.75 ± 0.38aABC	1.78 ± 0.43aBC	1.46 ± 0.05abAB	2.33 ± 0.40aC
	W2	0.89 ± 0.04cA	0.99 ± 0.07aA	1.01 ± 0.20aA	1.64 ± 0.344bA	4.38 ± 0.52bB
	W3	2.14 ± 0.24cA	2.76 ± 0.30bA	2.50 ± 0.38aA	1.99 ± 0.21bA	5.08 ± 0.59bB
乙酸含量 (%)	CK	0.18 ± 0.03aA	0.30 ± 0.03aA	0.38 ± 0.15aA	0.42 ± 0.21aA	0.46 ± 0.17aA
	W1	0.27 ± 0.03abA	0.32 ± 0.08abA	0.35 ± 0.05aA	0.37 ± 0.02aA	0.93 ± 0.04bB
	W2	0.29 ± 0.10abA	0.32 ± 0.02abA	0.33 ± 0.07aA	0.35 ± 0.07aA	0.64 ± 0.08abB
	W3	0.35 ± 0.04bA	0.41 ± 0.04bA	0.42 ± 0.06aA	0.48 ± 0.04aA	0.96 ± 0.10bB
异丁酸含量 (%)	CK	0.77 ± 0.07aA	1.63 ± 0.22aA	3.64 ± 0.22bB	1.55 ± 0.77aA	1.64 ± 0.33bA
	W1	0.87 ± 0.11aA	1.59 ± 0.30aA	1.38 ± 0.16aA	1.42 ± 0.14aA	1.48 ± 0.35bA
	W2	2.43 ± 0.71abB	2.27 ± 0.03aB	1.50 ± 0.41aB	2.09 ± 0.42aB	0.00 ± 0.00aA
	W3	1.33 ± 0.12bB	1.83 ± 0.14aB	1.76 ± 0.18aB	1.23 ± 0.13aB	0.00 ± 0.00aA
氨态氮含量 (%)	CK	4.34 ± 0.52aA	5.37 ± 0.05aB	6.30 ± 0.07aC	7.40 ± 0.07bD	8.13 ± 0.18cE
	W1	5.47 ± 0.12bA	5.36 ± 0.18aA	5.85 ± 0.25aAB	6.41 ± 0.31aB	6.32 ± 0.32bC
	W2	5.58 ± 0.41bA	8.27 ± 0.09bB	7.82 ± 0.49bB	7.63 ± 0.16bB	6.61 ± 0.09bC
	W3	4.75 ± 0.18abA	4.40 ± 0.06aA	5.86 ± 0.03aB	6.02 ± 0.26aC	5.55 ± 0.15aB

含量显著增加 ( $P<0.05$ )。W2 组氨态氮含量在青贮 7~30 d 差异不显著,但是青贮 60 d 后显著高于青贮前期 ( $P<0.05$ )。W1 和 W3 组氨态氮含量增加较为缓慢,W3 组氨态氮含量在青贮 60 d 显著下降 ( $P<0.05$ )。在青贮 60 d 时,CK 组氨态氮含量显著高于其他处理组 ( $P<0.05$ ),为 8.13%;W1 和 W2 组氨态氮含量差异不显著,分别为 6.32%、6.61%。W3 组氨态氮含量显著低于其他处理组 ( $P<0.05$ ),为 5.55%。

2.4 不同处理对多花黑麦草青贮料中微生物动态的影响

从表 5 可以看出,乳酸菌剂和青贮时间对多花黑麦草青贮的细菌数量均有一定的影响。不同处理组随着青贮时间的延长,耗氧细菌的数量呈下降趋势,并且均在青贮 60 d 后达到最低值,CK、W1、W2 和

W3 组耗氧细菌数量的对数值分别为 4.81、4.88、4.74、4.68 lg(CFU/g)。在青贮 60 d 时,CK、W1 组耗氧细菌数量显著高于 W2、W3 组 ( $P<0.05$ )。

随着青贮时间的延长,不同处理组乳酸菌数量均呈现先上升后下降的趋势,在处理 1 d 时乳酸菌数量的对数值迅速增长到 8.84 lg(CFU/g) 以上,且在 7 d 时均达到最高值;W3 组在 7 d 时乳酸菌数量的对数值达到最高,为 9.67 lg(CFU/g);其次是 W2 组,为 9.64 lg(CFU/g) (表 5)。在相同青贮时间内,W2、W3 组乳酸菌数量总体显著高于 CK 组乳酸菌数量 ( $P<0.05$ ),在青贮 15~30 d 中,处理组乳酸菌数量均显著高于对照组乳酸菌数量 ( $P<0.05$ )。在青贮到 60 d 时,W3 组乳酸菌数量显著高于 CK 组 ( $P<0.05$ ),乳酸菌数量对数值分别为 7.75、5.88 lg(CFU/g)。

从表 5 可以看出,青贮前期(0 ~ 7 d),W2 和 W3 组真菌数量一般显著低于 W1 和 CK;青贮中期(15 ~ 30 d),W3 组真菌数量一般显著低于其他 3 组,W1 和 W2 组间没有显著差异,但均显著低于 CK;60 d 时,4 组间差异均显著,真菌数量表现为 W3 < W1 < W2 < CK。

表 5 多花黑麦草青贮过程中微生物数量变化

微生物	组别	青贮 1 d	青贮 7 d	青贮 15 d	青贮 30 d	青贮 60 d
细菌数量的对数值[ (lg(CFU/g) ,FW)]	CK	6.87 ±0.30abD	5.76 ±0.12aC	5.08 ±0.30aAB	5.03 ±0.26aB	4.81 ±0.05bA
	W1	6.86 ±0.08abD	6.22 ±0.28aC	5.13 ±0.14aB	4.99 ±0.18aB	4.88 ±0.15bA
	W2	7.45 ±0.13bC	7.91 ±0.04bC	6.49 ±0.33bB	4.89 ±0.20aA	4.74 ±0.06aA
	W3	6.39 ±0.19aB	6.43 ±0.44aB	4.78 ±0.01aA	4.77 ±0.13aA	4.68 ±0.13aA
真菌数量的对数值[ (lg(CFU/g) ,FW)]	CK	5.20c ±0.09cD	4.14 ±0.13cC	3.47 ±0.41bB	3.16 ±0.16cB	2.66 ±0.24dA
	W1	5.17c ±0.24cD	4.38 ±0.11dC	2.65 ±0.13aB	2.61 ±0.14bB	1.70 ±0.12bA
	W2	4.71b ±0.20bC	3.33 ±0.12bB	2.40 ±0.20aA	2.46 ±0.19bA	2.33 ±0.14cA
	W3	3.07a ±0.13aC	2.84 ±0.14aC	2.19 ±0.10aB	1.96 ±0.13aB	1.26 ±0.07aA
乳酸菌数量的对数值[ (lg(CFU/g) ,FW)]	CK	8.84 ±0.02aDE	9.20 ±0.15aE	7.99 ±0.04aBC	6.78 ±0.12aB	5.88 ±0.46aA
	W1	9.33 ±0.48bD	9.38 ±0.85abD	8.44 ±0.02bC	7.55 ±0.10bB	7.00 ±0.41bcA
	W2	9.29 ±0.02bDE	9.64 ±0.02bE	8.52 ±0.01bC	7.45 ±0.38bB	6.32 ±0.46abA
	W3	9.29 ±0.08bC	9.67 ±1.56bD	8.43 ±0.02bB	8.16 ±0.21cB	7.75 ±0.42cA

3 讨论与结论

3.1 不同含水量及添加剂对多花黑麦草青贮营养品质的影响

添加乳酸菌、不同含水量以及二者之间的相互作用在多花黑麦草青贮不同时间的效果有所不同。研究表明,牧草进行青贮时原料含水量在 55% ~ 65%,可溶性碳水化合物含量达 25 ~ 35 g/kg,是青贮可以成功的最低条件<sup>[15]</sup>,而优质青贮则需要 60% ~ 70% 的含水量<sup>[16]</sup>,40 g/kg 以上的可溶性碳水化合物<sup>[17]</sup>。在本试验中,随着含水量的下降,青贮料中可溶性碳水化合物和粗蛋白含量显著提高,说明干物质的提高减少了营养液的渗出,从而减少了微生物对营养物质的消耗<sup>[18]</sup>。在 2 个含水量条件下,多花黑麦草青贮前期添加乳酸菌处理组可溶性碳水化合物含量显著低于其他组,粗蛋白含量显著高于其他组,可能是由于青贮料中乳酸菌数量较多,前期快速生长繁殖利用青贮料中可溶性碳水化合物转化形成乳酸,使 pH 值迅速下降,减少了粗蛋白的分解<sup>[18]</sup>。

酸性洗涤纤维含量是指示饲料质量的关键指标,其含量越高,青贮饲料饲用价值越低<sup>[19]</sup>。本试验中,青贮前期 W2、W3 组的酸性洗涤纤维含量均显著低于 CK 和 W1 组,这可能是由于晾晒后干物质含量增加,更有利于青贮发酵,有效保存了营养

物质,而 CK、W1 组含水量高,青贮前期发酵不良,造成营养物质流失,导致酸性洗涤纤维占比较高。张永辉等研究表明,随着干物质含量的下降,酸性洗涤纤维的含量增加,与本试验结果相似<sup>[5]</sup>。沈益新等研究发现,酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量在凋萎后及使用添加剂情况下差异不显著<sup>[20-21]</sup>,本试验中不同处理组酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维在青贮后期均无显著差异,结果一致。

3.2 不同含水量及添加剂对多花黑麦草青贮发酵品质的影响

青贮原料的含水量在很大程度上影响着青贮的感官品质,本试验中 W2 和 W3 组多花黑麦草经过晾晒含水量下降至 69%,具有较强的酸味、色泽呈黄绿色,感官品质较好。刘玲等研究发现,高冰草青贮的含水量下降,青贮色泽黄绿,氨态氮含量低,气味酸香<sup>[22]</sup>。杨杰等在试验中发现,多花黑麦草含水量在 73% 和 64% 时添加复合青贮剂,其发酵品质均为 1 级优良,说明复合青贮剂对青贮品质具有较好的效果<sup>[23]</sup>。因此,W1 组虽然含水量高达 80%,但是表现出 2 级尚好,可能是由于 W1 组中添加了适当的乳酸菌,在青贮前期,使植物表面的乳酸菌含量占优势,抑制了霉菌的生长繁殖。

青贮中 pH 值、有机酸含量、氨态氮含量对青贮发酵品质有重要影响。本试验中青贮 60 d 后 CK 和 W1 组乳酸含量显著低于 W2 和 W3 组,主要是由于

CK 和 W1 组含水量过多,导致青贮原料发霉腐烂,抑制了乳酸菌的生长繁殖,从而使乳酸含量较低。这与 He 等的试验得出的高含水量和高缓冲能力是造成乳酸菌数量下降的原因结果<sup>[24]</sup>相似。在相同含水量条件下,W1 和 W3 组乙酸含量分别显著高于 CK 和 W2 组,说明添加乳酸菌可以增加乙酸含量,与 Bureenok 等的研究结果<sup>[25-26]</sup>一致。本试验中各处理组未检测出丁酸含量,可能是因为青贮料中丁酸菌数量较少,因此产生的丁酸含量极少未能检测出<sup>[24]</sup>。司华哲等在低水分稻秸青贮中发现添加植物杆菌后显著降低了异丁酸含量<sup>[27]</sup>。本试验中青贮 60 d 后 W2、W3 组异丁酸含量显著低于 CK、W1 组,且在青贮前期 W3 组异丁酸含量低于 W2 组,这与司华哲等研究结果相似。

pH 值是决定青贮能否成功最直接的指标,本试验在 2 个含水量处理下,未添加乳酸菌处理中随着含水量下降,pH 值上升;添加乳酸菌明显降低了 pH 值,说明含水量下降抑制了乳酸菌的活性,添加乳酸菌可以增加青贮料中乳酸菌数量,最大限度地利用可溶性碳水化合物作为底物产生乳酸,使 pH 值下降,这与关皓等的研究结果<sup>[21]</sup>一致。

氨态氮含量主要与青贮中蛋白质和氨基酸的分解相关<sup>[28]</sup>。氨态氮含量越高,表明蛋白质和氨基酸消耗越多,青贮营养品质越差。本试验中多花黑麦草 W2、W3 组氨态氮含量显著低于 CK 组,可能是由于经过晾晒后多花黑麦草含水量下降,有利于乳酸发酵和酸性环境的形成,减少蛋白质的分解<sup>[29]</sup>。W1 组氨态氮含量也显著低于 CK 组,虽然含水量相同,但是 W1 组中添加了乳酸菌添加剂,有利于抑制氨态氮含量的增加,这与葛剑等的研究结果<sup>[30]</sup>一致。

### 3.3 不同含水量及添加剂对多花黑麦草青贮微生物动态变化的影响

李向林等的研究表明,附着在饲草作物表面的乳酸菌只有当其数量达到青贮原料鲜质量的  $10^5$  CFU/g 时,青贮料才能保存完好<sup>[31]</sup>。乳酸菌可以在厌氧的环境下将原料中碳水化合物转化为乳酸,因此青贮的好坏受乳酸菌数量多少的影响。在本试验中,不同处理组乳酸菌含量在 1 d 开始迅速增长,并在 7 d 达到顶峰,然后逐渐下降,但下降幅度较小,趋于稳定。本结论与刘蓓一等试验中稻草和多花黑麦草混合青贮过程中乳酸菌数量的动态变化趋势<sup>[32]</sup>相似。在青贮 60 d 后,W1 和 W3 组乳

酸菌数量分别显著高于 CK 和 W2 组,可能是因为在 W1 和 W3 组中添加了额外的乳酸菌,在青贮后期可以保证青贮饲料中乳酸菌的含量下降较慢,保证了青贮饲料的良好品质。

本试验发现,降低原料含水量和添加乳酸菌均能显著抑制真菌生长,添加乳酸菌对真菌的抑制效应强于降低含水量,二者互作效果最优,这与已有研究<sup>[30-33]</sup>,适当地晾晒可以减少青贮原料自身附着的微生物数量,并且发现对真菌的抑制作用可能要强于对乳酸菌的抑制作用。添加乳酸菌保证了青贮前期 pH 值迅速下降,抑制真菌的数量结果<sup>[34]</sup>一致。

本试验中不同处理组细菌数量随着青贮时间的延长呈逐渐下降趋势,这是由于细菌属于耗氧性细菌,青贮是在密封的条件下,随着青贮袋中氧气的消耗,细菌数量也不断减少。经争辉等研究表明,在高水分条件下添加复合菌可以有效抑制腐败菌的生长繁殖<sup>[35]</sup>,本试验中 W1 组含水量高达 81% 在青贮 7 d 时细菌数量迅速减少与其研究结果相似。W2 组细菌数量在青贮 15 d 以后才迅速下降,这可能由于多花黑麦草进行凋萎处理后水分减少,使得植物内的空气含量增加,导致细菌的生长活动时间延长。而 W3 组中添加了乳酸菌,乳酸菌含量的增加抑制了细菌的生长。

对于高含水量多花黑麦草青贮时经适当晾晒,使含水量降至 69% 时可以制作成较好的青贮料。对于多花黑麦草,含水量在 81% 时不添加乳酸菌青贮不能成功,添加乳酸菌后可以改善青贮饲料,含水量在 69% 时添加乳酸菌可以获得更为优质的青贮饲料。

综上所述,在多花黑麦草青贮时,将含水量控制在 70% 左右,添加适量的乳酸菌添加剂可以获得较为优质的青贮饲料。

### 参考文献:

- [1] 张胜宗,田太明. 多花黑麦草在贵州冬闲田的免耕高产栽培利用技术[J]. 草业与畜牧,2011(10):18-19.
- [2] 董臣飞,丁成龙,许能祥,等. 不同生育期和凋萎时间对多花黑麦草饲用和发酵品质的影响[J]. 草业学报,2015,24(6):125-132.
- [3] 孙旭春. 抗倒酯等 3 种生长调节剂对多花黑麦草种子生产影响的研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [4] 张文洁,董臣飞,丁成龙,等. 收获期对多花黑麦草营养成分和青贮品质的影响[J]. 中国草地学报,2016,38(5):32-37.
- [5] 张永辉,张万祥,曹 蕾,等. 两种微生物添加剂对玉米青贮发酵

- 品质及微生物数量的影响[J]. 甘肃畜牧兽医,2019,49(1): 55-58,60.
- [6] 刘振阳,孙娟娟,姜义宝,等. 双乙酸钠对苜蓿与小麦混合青贮发酵品质和有氧稳定性的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(2): 85-89.
- [7] 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.
- [8] 万江春,李陈建,刘莉,等. 不同含水量和添加剂对新苏2号苏丹草青贮品质的影响[J]. 饲料研究,2015(16):71-74.
- [9] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993:15-68.
- [10] van Soest P J, Sniffen C J, Mertens D R, et al. A net protein system for cattle; the rumen submodel for nitrogen [C]. Stillwater; Oklahoma State University, 1981.
- [11] 范华,裴彩霞,董宽虎. 秸秆的水溶性碳水化合物营养评价[J]. 畜牧兽医杂志,2008,27(2):1-5.
- [12] 梁剑光,朱玲,徐正军. 发酵体系中氨态氮含量的测定及影响因素的探讨[J]. 氨基酸和生物资源,2006,28(3):65-68.
- [13] Hristov A N, Sandev S G. Proteolysis and rumen degradability of protein in alfalfa preserved as silage, wilted silage or hay [J]. Animal Feed Science and Technology, 1998, 72(1):175-181.
- [14] 据泽亮,赵桂琴,覃方铨,等. 青贮时间及添加剂对高寒牧区燕麦-箭筈豌豆混播捆裹青贮发酵品质的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(6):148-157.
- [15] 据泽亮,赵桂琴,柴继宽,等. 不同燕麦品种在甘肃中部的营养价值及青贮发酵品质综合评价[J]. 草业学报,2019,28(9): 77-86.
- [16] 陈鹏飞,白史且,杨富裕,等. 添加剂和水分对光叶紫花苕青贮品质的影响[J]. 草业学报,2013,22(2):80-86.
- [17] Cajaville C, Britos A, Garciarena D, et al. Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation [J]. Animal Feed Science and Technology, 2012, 171(1):14-19.
- [18] 李文麒,吴哲,玉柱. 乳酸菌和晾晒处理对籽粒苋青贮品质的影响[J]. 饲料工业,2020,41(2):24-28.
- [19] Stefanie J W H, Elferink F O. Silage fermentation process and their manipulation [C]. Rome; FAO electronic conference on tropical silage, 2000.
- [20] 沈益新,杨志刚,刘信宝. 凋萎和添加有机酸对多花黑麦草青贮品质的影响[J]. 江苏农业学报,2004,20(2):95-99.
- [21] 关皓,郭旭生,干友民,等. 添加剂对不同含水量多花黑麦草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J]. 草地学报,2016,24(3):669-675.
- [22] 刘玲,陈新,李振,等. 含水量及添加剂对高冰草青贮饲料品质的影响[J]. 草业学报,2011,20(6):203-207.
- [23] 杨杰,顾洪如,翟频,等. 凋萎程度与复合添加剂处理对多花黑麦草青贮品质的影响[J]. 江苏农业学报,2008,24(2): 185-189.
- [24] He L, Chen N, Lv H, et al. Gallic acid influencing fermentation quality, nitrogen distribution and bacterial community of high-moisture mulberry leaves and stylo silage [J]. Bioresource Technology, 2020, 295:122255.
- [25] Bureenok S, Sisaath K, Yuangklang C, et al. Ensiling characteristics of silages of Stylo legume (*Stylosanthes guianensis*), Guinea grass (*Panicum maximum*) and their mixture, treated with fermented juice of lactic bacteria, and feed intake and digestibility in goats of rations based on these silages [J]. Small Ruminant Research, 2016, 134:84-89.
- [26] Li P, Zhang Y, Gou W L, et al. Silage fermentation and bacterial community of bur clover, annual ryegrass and their mixtures prepared with microbial inoculant and chemical additive [J]. Animal Feed Science and Technology, 2019, 247:285-293.
- [27] 司华哲,李志鹏,南韦肖,等. 添加植物乳杆菌对低水分稻秸青贮微生物组成影响研究[J]. 草业学报,2019,28(3):184-192.
- [28] 刘婷婷,张振威,岳春旺,等. 添加糖蜜和青贮添加剂对“张杂谷”全株青贮发酵品质的影响[J]. 中国畜牧兽医,2017,44(5):1382-1387.
- [29] 冯涛,唐海洋,杨文祥,等. 甜高粱凋萎青贮和混合青贮对发酵品质及营养成分保存效果的影响[J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(2):352-357.
- [30] 葛剑,杨翠军,刘贵河,等. 晾晒和添加剂对紫花苜蓿青贮发酵品质和营养成分的影响[J]. 江苏农业学报,2014,30(3): 595-601.
- [31] 李向林,万里强. 苜蓿青贮技术研究进展[J]. 草业学报,2005, 14(2):9-15.
- [32] 刘蓓一,丁成龙,许能祥,等. 不同比例稻草和多花黑麦草混合青贮对饲料 pH、微生物数量及有氧稳定性的影响[J]. 江苏农业学报,2018,34(1):99-105.
- [33] 吴兆海,梁超,王永新,等. 晾晒和添加剂对白羊草青贮的影响[J]. 草地学报,2012,20(4):768-771.
- [34] Wang S, Dong Z, Li J, et al. Effects of storage temperature and combined microbial inoculants on fermentation end products and microbial populations of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silage [J]. Journal of Applied Microbiology, 2018, 125:1682-1691.
- [35] 经争辉,娄宇飞,张梦瑶,等. 饲用复合菌剂对玉米秸秆青贮品质的影响[J]. 中国畜牧杂志,2019,55(10):111-115.