

两种防霉剂添加对高寒地区燕麦干草品质的影响

康晓强,赵桂琴,柴继宽,孙雷雷,王苗苗,李娟宁

(甘肃农业大学 草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘要:以甘肃省张掖市山丹县军马二场种植的燕麦干草为试验材料,在燕麦干草低含水量 15%~17%(A1)和高含水量 28%~30%(A2)条件下,分别添加 0%(B1)、0.2%(B2)、0.4%(B3)的丙酸钙,以及 0%(C1)、0.05%(C2)、0.1%(C3)的苯甲酸钠,打捆并码放在储草棚内贮藏。测定贮藏 0、30、60、90、120、150、180 d 燕麦干草的含水量和营养指标。结果表明:随贮藏时间延长,燕麦干草的含水量、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、无氮浸出物(NEF)和总可消化养分含量均下降。贮藏 180 d,CP 含量平均下降 21.99%,EE 由刚打捆时的 3.17%—3.39%下降至 180 d 的 1.47%—2.45%;A2C2 的含水量最高,为 15.19%,A2C3 的 CP 含量最高,为 8.13%,A1B3 的 EE 含量最高,为 2.45%。随着贮藏时间的延长,粗灰分,中洗纤维和酸洗纤维含量显著增加,A1C1 的粗灰分含量最高,A2B1 的 NDF 含量最高。添加两种防霉剂能显著降低燕麦干草的营养损失,贮藏时间越长防霉剂效果越明显。燕麦干草在含水量 28%~30%条件下添加 0.4%的丙酸钙或者 0.1%的苯甲酸钠再打捆,能显著改善燕麦干草品质。

关键词:燕麦干草;防霉剂;贮藏时间;营养品质

中图分类号:S816;S823.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)06-0108-10

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.06.017

燕麦(*Avena sativa*)作为北方高寒牧区的传统优良牧草,是家畜枯草季节的重要饲草来源,对缓解草畜矛盾、提供均衡饲料、维系草地畜牧业可持续发展和生态建设起着至关重要的作用^[1]。燕麦作为高寒地区人工草地的主要栽培草种,具有适应性强、容易栽培、饲用价值高等特点,成为近年来海拔 2 500 m 以上地区示范推广的首选草种,但其干草的生产一直处于较为落后的状态^[2]。

干草调制作为草产品加工的传统办法,可以把饲

草从旺季保存到淡季,能够解决丰草期大量牧草霉烂、枯草期饲草缺乏等问题,是维持草畜平衡的一项重要措施^[3]。目前,国内干草方面的研究多以豆科牧草为主,有关燕麦干草的研究较少^[4]。由于高寒地区燕麦干草在秋季晾晒和打捆过程中经常遇雨,不可避免地降低了干草的营养价值及饲用效果^[5]。因此,在提高产量的同时,如何提高干草品质是生产中急需解决的问题^[6]。

为了降低损失,高水分打捆有时候是一种不得不采取的的必要措施。但高水分打捆容易产生霉变。干草发霉后,霉菌不但分解干草中的蛋白质和脂肪等营养成分、降低饲草的营养价值与适口性,而且会产生多种毒素,对家畜的健康造成危害,影响畜产品质量和安全,因此必须采取措施控制和防止干草霉变^[7-8]。在诸多措施中,添加防霉剂不失为一种有效且安全的手段^[9-10]。添加一定剂量的防霉剂可以控制干草发霉、改善饲草料的质量、提高利用率、预防畜禽疾病、保证

收稿日期:2020-02-09;修回日期:2020-04-07

基金项目:国家燕麦荞麦体系(CARS-07-C);甘肃省科技计划资助(19ZD2NA002)

作者简介:康晓强(1993-),男,甘肃天水人,硕士研究生。

E-mail:1178237829@qq.com

赵桂琴为通讯作者。

E-mail:zhaogq@gsau.edu.cn

安全生产^[11]。Knapp等^[12]研究了不同丙酸添加量对含水量32.4%的苜蓿干草养分的影响,发现丙酸具有较好的防霉效果;还研究了1.0%无水氨的防霉效果,结果发现高水分苜蓿草捆中添加1.0%无水氨贮存60d未见霉变现象。尹强^[13]研究得出,添加3.0%的CaO和0.4%的陈皮可有效提高苜蓿草捆消化率,且防霉效果最佳。贾玉山等^[14]探讨了CaO添加量对贮藏后苜蓿草捆消化特性的影响,结果表明3.0%的CaO可以有效抑制霉菌生长,提高消化率。丁武蓉等^[15]研究了苜蓿干草在不同含水量下添加防霉剂Siloguard II(SG)和防霉复合添加剂(CA)的效果,结果表明苜蓿干草的粗蛋白、酸性洗涤纤维和可消化干物质含量均达到特级草标准。

目前关于干草防霉剂的研究主要集中在苜蓿和其他饲草上,燕麦干草生产贮藏过程中使用防霉剂的研究报道较少。因此,本研究选用两种不同的防霉剂,研究其在不同含水量和添加量下的防霉效果及对燕麦干草品质的影响,为高寒地区优质燕麦干草生产提供技术支撑。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地在甘肃省张掖市山丹县军马二场,位于甘肃省西北部河西走廊中段,N 38.19°、E 101.19°,海拔2 860 m,年均降水量400 mm,降水多集中在7~9月,年平均气温1℃,昼夜温差大、无霜期80~100 d、年日照时数2 800 h,≥0℃的年积温为1 752℃。试验地土壤全氮含量0.26%、速效氮357.2 mg/kg、速效磷36.90 mg/kg、速效钾224.3 mg/kg、土壤pH值6.80、有机质4.36%。

1.2 试验材料

燕麦干草由甘肃三宝农业科技发展股份有限公司提供,品种为牧乐思。供试防霉剂为丙酸钙和苯甲酸钠,均购自上海中泰化学试剂有限公司。

1.3 试验设计与方法

根据燕麦干草捆标准和前人研究结果^[2],结合山丹县燕麦干草生产实际,设燕麦干草含水量为低含水量15%~17%(A1)和高含水量28%~30%(A2)两个处理,防霉剂选择丙酸钙(B)和苯甲酸钠(C)。丙酸钙浓度设为0(B1)、0.2%(B2)、0.4%(B3);苯甲酸钠浓度设为0(C1)、0.05%(C2)、0.1%(C3),其中B₁、

C₁为对照(表1)。防霉剂的添加量均以燕麦干草重量为基准。共12个处理,每个处理3次重复。

燕麦于2018年10月5日收获,11月1日打捆,于打捆后第0、30、60、90、120、150和180 d取样测定其营养指标。打捆前用水分测定仪持续观测并记录含水量,待降至试验设定含水量时,将相应各比例的防霉剂均匀地喷施于干草表面,待干草水分恢复到试验设定含水量时立即用New Holland(BC5070)打捆机进行打捆,草捆规格50 cm×50 cm×70 cm、平均密度为171 kg/m³,然后置于通风良好的草棚内贮藏。按照设计的时间,从长方捆的两个面取样,采样面为正方形时用三点采样法,采样面为矩形时用五点采样法。样品带回实验室经65℃烘干至恒重,粉碎后进行品质测定。

表1 试验设计

Table 1 Test design

防霉剂	施用剂量	含水量	
		15%~17%(A1)	28%~30%(A2)
丙酸钙(B)	0(B1)	A1B1	A2B1
	0.2%(B2)	A1B2	A2B2
	0.4%(B3)	A1B3	A2B3
苯甲酸钠(C)	0%(C1)	A1C1	A2C1
	0.05%(C2)	A1C2	A2C2
	0.1%(C3)	A1C3	A2C3

1.4 测定指标及方法

1.4.1 含水量 燕麦干草的含水量采用SW606感应式水分测定仪进行测定。试验前期对水分测定仪的精准度进行检测,与烘箱法对比,以确保水分测定仪的准确度。具体方法为取3份草样,每份100 g,先用水分测定仪测定含水量;然后将草样放进烘箱烘干至恒重,计算其含水量。通过比对,该水分测定仪与烘箱法测定的结果差异在1%范围内,可以使用。

1.4.2 营养成分 将带回的草样烘干粉碎,用于营养成分的测定,3次重复。参照任继周等^[16]以及杨胜^[17]的方法进行营养成分测定。粗蛋白质(CP)含量用凯氏定氮法测定;粗脂肪(EE)用索氏提取法测定;粗纤维(CF)用酸碱分次水解法测定;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量均用范式纤维法测定;粗灰分(ASH)用燃烧法测定。

无氮浸出物(NFE)计算公式:

$$\text{NFE}(\%) = 100\% - (\text{EE} + \text{CF} + \text{CP} + \text{ASH})$$

总可消化养分(TDN)计算公式:

$$\text{TDN} = 200.8 - (1.182 \times \text{CP}) - (2.616 \times \text{CF}) - (0 \times \text{EE}) - (0.949 \times \text{NFE})^{[2]}$$

1.5 数据处理

利用 Excel 2010, SPSS 19.0 专业版数据分析软件进行数据处理、方差及相关分析。

2 结果与分析

2.1 干草捆在贮藏过程中水分的变化

2.1.1 低含水量打捆的干草在贮藏过程中水分的变化 打捆前燕麦干草含水量各处理都控制在 15%~17% (除 A1B3 的为 17.24%)。在整个贮藏期间,干草捆的含水量总体呈下降趋势。30 d 内水分变化速度最快,从平均 16.60% 降至 14.53%,其中 A1B2 降幅最大(降低 2.33),A1C3 降幅最小(降低 0.82)。60 d 时出现分化,A1C1 的含水量进一步降至 10.80%,A1B3 和 A1C3 变化不大,A1B1 和 A1B2、A1C2 有所上升;贮藏 90 d 时,A1C1 和 A1B3 的含水量分别回升至 13.84% 和 19.46%;其他处理较为稳定。在随后的贮藏时间,各处理的含水量逐步下降,到贮藏 180 d 时,A1C3 的含水量最高(12.91%),A1B1 最低(8.01%)(图 1)。

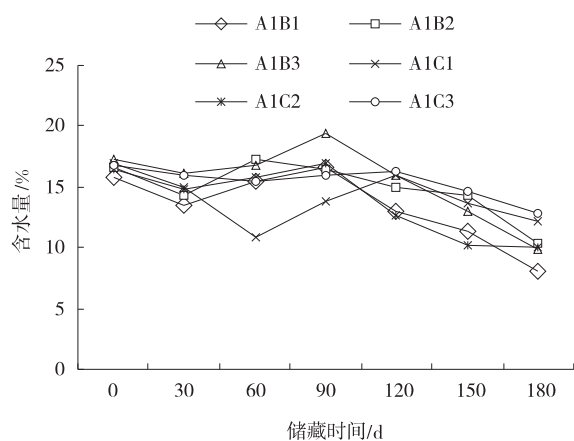


图 1 低含水量打捆的干草在贮藏过程中水分的变化

Fig. 1 Moisture variations of hay baled at low water content during storage

2.1.2 高含水量打捆的干草在贮藏过程中水分的变化 随着贮藏时间的延长,28%~30%含水量下打捆的处理水分整体呈下降趋势。30 d 的变化速度最快。从平均 29.03% 降至 20.06%,降幅为 8.97;其中 A2C1 降幅最大,为 11.98;A2B2 最小(5.77)。贮藏 60~90 d,干草捆含水量总体变化较小。120 d 时,各处理分化加剧,A2B3 含水量最高(20.71%),A2C1 和

A2C3 最低(分别为 12.45% 和 13.15%)。随后进一步下降,至 180 d 时,A2C2 含水量最高(15.19%),A2B3 最低(9.51%)(图 2)。

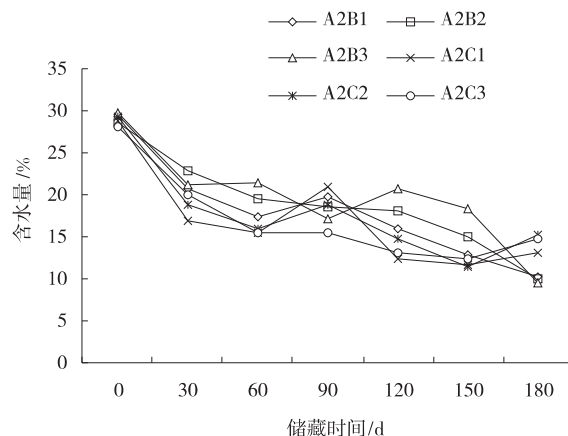


图 2 高含水量打捆的干草在贮藏过程中水分的变化

Fig. 2 Moisture variations of hay baled at high water content during storage

2.2 干草贮藏过程中粗蛋白含量的变化

随着贮藏时间的延长,燕麦干草粗蛋白含量总体呈下降趋势(表 2)。刚打捆的燕麦干草粗蛋白含量在 9.60%~9.79%,在不同含水量下添加不同防霉剂贮藏一段时间后,其 CP 含量发生了显著变化。供试含水量下打捆,贮藏 60 d 各处理的粗蛋白无明显差异,90 d 时,低含水量下有 3 个处理(A1B1, A1B2, A1C1)的 CP 含量显著下降,而 A2 含水量下打捆的处理 CP 间仍无明显差异。贮藏 120 d 时,A2C3 的 CP 含量最高(8.41%)、A1C1 最低(7.59%);到 150 d 时,仍以 A2C3 最高(8.35%),最低为 A1B1(7.35%)。180 d 贮藏,燕麦干草粗蛋白含量降至 7.02%~8.13%,较刚打捆时下降了 16.96%~26.88%;各处理中,以 A2C3、A2B3、A1B3 和 A1C3 的 CP 含量较高,分别为 8.13%、8.05%、7.87% 和 7.85%。

2.3 干草贮藏过程中粗脂肪含量的变化

随着贮藏时间的延长,EE 含量总体呈显著下降趋势,但各处理的变化不同(表 3)。A1C1 在贮藏 60 d 时,EE 含量下降了 6.47,而 A2B2、A2B3 和 A1B2 几乎未降。贮藏 120 d 燕麦干草的 EE 含量为 2.46%~3.10%,较刚打捆时下降了 8.56~22.40;随后 EE 含量进一步下降,到贮藏 180 d 时降至 1.47%~2.45%。这时 A1B3 的 EE 含量最高(2.45%),其次为 A2B2 (2.27%)、A2C3(2.27%)和 A2B3 (2.45%)。

表2 干草贮藏过程中粗蛋白含量的变化

Table 2 The variation of CP content under different treatments during hay storage

%

含水量	试剂	贮藏时间/d						
		0	30	60	90	120	150	180
A1	B1	9.63±0.14 ^{aA}	9.39±0.27 ^{aAB}	9.34±0.02 ^{aAB}	9.22±0.41 ^{aB}	7.68±0.22 ^{bC}	7.35±0.02 ^{cCD}	7.13±0.01 ^{cD}
	B2	9.62±0.28 ^{aA}	9.41±0.07 ^{aAB}	9.30±0.26 ^{aAB}	9.25±0.23 ^{aB}	8.01±0.03 ^{abC}	7.81±0.03 ^{bCD}	7.58±0.09 ^{bD}
	B3	9.70±0.39 ^{aA}	9.62±0.20 ^{aA}	9.59±0.28 ^{aA}	9.56±0.01 ^{aA}	8.38±0.18 ^{ab}	8.10±0.06 ^{abC}	7.87±0.03 ^{aC}
	C1	9.67±0.17 ^{aA}	9.32±0.39 ^{aAB}	9.31±0.04 ^{aAB}	9.24±0.09 ^{aB}	7.59±0.37 ^{bC}	7.44±0.25 ^{cC}	7.18±0.10 ^{cC}
	C2	9.61±0.34 ^{aA}	9.40±0.35 ^{aA}	9.39±0.07 ^{aA}	9.33±0.29 ^{aA}	8.29±0.35 ^{ab}	7.99±0.13 ^{abC}	7.63±0.02 ^{bC}
	C3	9.60±0.31 ^{aA}	9.48±0.07 ^{aA}	9.46±0.13 ^{aA}	9.44±0.01 ^{aA}	8.35±0.18 ^{ab}	8.13±0.18 ^{abC}	7.85±0.08 ^{aC}
A2	B1	9.72±0.29 ^{aA}	9.69±0.22 ^{aA}	9.62±0.29 ^{aA}	9.39±0.24 ^{aA}	7.94±0.19 ^{bb}	7.38±0.01 ^{dBC}	7.02±0.01 ^{dC}
	B2	9.79±0.29 ^{aA}	9.65±0.16 ^{aA}	9.50±0.26 ^{aA}	9.46±0.38 ^{aA}	8.27±0.08 ^{ab}	8.05±0.01 ^{bBC}	7.55±0.02 ^{cC}
	B3	9.78±0.23 ^{aA}	9.72±0.16 ^{aA}	9.67±0.04 ^{aA}	9.55±0.10 ^{aA}	8.36±0.02 ^{ab}	8.24±0.02 ^{ab}	8.05±0.03 ^{bb}
	C1	9.73±0.19 ^{aA}	9.63±0.09 ^{aA}	9.58±0.43 ^{aA}	9.30±0.11 ^{aA}	7.92±0.13 ^{bb}	7.43±0.02 ^{dBC}	7.13±0.03 ^{dC}
	C2	9.74±0.20 ^{aA}	9.64±0.08 ^{aA}	9.62±0.19 ^{aA}	9.54±0.16 ^{aA}	8.26±0.04 ^{ab}	7.82±0.15 ^{cBC}	7.65±0.05 ^{cC}
	C3	9.69±0.31 ^{aA}	9.65±0.03 ^{aA}	9.57±0.08 ^{aA}	9.52±0.07 ^{aA}	8.41±0.09 ^{ab}	8.35±0.03 ^{ab}	8.13±0.02 ^{ab}

注:同列不同小字母表示同一含水量下不同处理间差异显著($P<0.05$),同行不同大写字母表示同一处理下不同贮藏时间差异显著($P<0.05$),下同

表3 干草贮藏过程中粗脂肪含量的变化

Table 3 The variation of EE content under different treatments during hay storage

%

含水量	试剂	贮藏时间/d						
		0	30	60	90	120	150	180
A1	B1	3.39±0.14 ^{aA}	3.31±0.02 ^{aA}	3.30±0.07 ^{aA}	3.18±0.04 ^{abB}	2.55±0.04 ^{dC}	2.26±0.05 ^{dD}	1.70±0.06 ^{dE}
	B2	3.27±0.12 ^{aA}	3.26±0.12 ^{aA}	3.23±0.02 ^{cA}	3.09±0.06 ^{aAB}	2.99±0.08 ^{bAB}	2.70±0.09 ^{abB}	2.11±0.08 ^{cC}
	B3	3.33±0.01 ^{aA}	3.23±0.09 ^{aA}	3.24±0.05 ^{bA}	3.07±0.02 ^{cdB}	2.83±0.03 ^{cC}	2.67±0.05 ^{abCD}	2.45±0.04 ^{aD}
	C1	3.29±0.07 ^{aA}	3.19±0.08 ^{aA}	3.09±0.10 ^{cAB}	3.02±0.02 ^{dB}	2.55±0.04 ^{dC}	2.38±0.05 ^{dD}	1.65±0.03 ^{dE}
	C2	3.29±0.25 ^{aA}	3.12±0.11 ^{aAB}	3.14±0.04 ^{bcAB}	3.12±0.05 ^{bcAB}	2.95±0.05 ^{bbC}	2.84±0.17 ^{aC}	2.05±0.02 ^{cD}
	C3	3.34±0.19 ^{aA}	3.32±0.15 ^{aA}	3.25±0.04 ^{bA}	3.21±0.04 ^{aAB}	3.10±0.09 ^{ab}	2.64±0.06 ^{bC}	2.30±0.04 ^{bD}
A2	B1	3.28±0.16 ^{aA}	3.17±0.14 ^{aAB}	3.18±0.07 ^{bAB}	3.09±0.06 ^{abB}	2.92±0.06 ^{aC}	1.95±0.01 ^{dD}	1.63±0.04 ^{eE}
	B2	3.17±0.09 ^{aA}	3.10±0.14 ^{aAB}	3.15±0.09 ^{bA}	3.07±0.07 ^{abAB}	2.98±0.07 ^{ab}	2.44±0.04 ^{aC}	2.27±0.03 ^{aD}
	B3	3.24±0.09 ^{aA}	3.21±0.05 ^{aAB}	3.23±0.05 ^{aA}	3.09±0.06 ^{abAB}	2.65±0.13 ^{abB}	2.39±0.08 ^{aC}	2.25±0.01 ^{aD}
	C1	3.23±0.10 ^{aA}	3.26±0.04 ^{aA}	3.17±0.10 ^{bA}	3.00±0.02 ^{bb}	2.54±0.08 ^{cdC}	1.96±0.01 ^{dD}	1.47±0.07 ^{dE}
	C2	3.31±0.02 ^{aA}	3.24±0.10 ^{aA}	3.18±0.08 ^{abAB}	3.15±0.05 ^{aAB}	2.46±0.03 ^{dB}	2.25±0.11 ^{bC}	1.81±0.07 ^{bD}
	C3	3.34±0.14 ^{aA}	3.29±0.12 ^{aA}	3.10±0.07 ^{bAB}	3.06±0.05 ^{abAB}	2.69±0.09 ^{bb}	2.58±0.07 ^{abC}	2.27±0.03 ^{aC}

2.4 干草贮藏过程中粗灰分含量的变化

随着贮藏时间的增加,燕麦干草粗灰分含量显著增加(表4),从刚打捆时的5.23%~5.79%增至180d时的6.45%~8.99%。各处理在贮藏初期粗灰分含量差异不大,经过半年的贮藏,其粗灰分含量发生了显

著变化,A2C3、A1B3和A2B3的粗灰分含量较小,分别为6.45%、6.74%和6.98%,A1C1、A2B1和A2C1的较大,分别为8.99%、8.71%和8.61%。所有处理在贮藏180d粗灰分含量都小于12.5%,符合我国干草生产的标准。

2.5 干草贮藏过程中中性洗涤纤维含量的变化

燕麦干草 NDF 含量由打捆时的平均 47.39% 增加至贮藏 180 d 时的 53.12%。各处理间在贮藏 120 d 内 NDF 无显著差异,到 150 d 时出现明显分化,A2C3

的 NDF 最低(49.08%)、A2B1 的最高(52.82%),二者相差 7.08% ($P < 0.05$);贮藏 180 d 时,NDF 进一步增加,后者比前者高 8.65% (表 5)。

表 4 干草贮藏过程中不同处理下粗灰分含量的变化

Table 4 The Variation of crude ash content under different treatments during hay storage

含水量	试剂	贮藏时间/d						%
		0	30	60	90	120	150	
A1	B1	5.44±0.25 ^{ad}	5.50±0.32 ^{ad}	5.76±0.29 ^{cd}	5.99±0.21 ^{abc}	6.79±0.20 ^{ab}	7.72±0.23 ^a	8.22±0.60 ^A
	B2	5.55±0.33 ^{ac}	5.57±0.56 ^{ac}	5.53±0.36 ^{ac}	5.60±0.11 ^{abc}	5.74±0.42 ^{bb}	6.26±0.27 ^{da}	7.15±0.19 ^{ca}
	B3	5.65±0.21 ^{ac}	5.62±0.25 ^{ac}	5.64±0.15 ^{ac}	5.74±0.37 ^{ab}	6.19±0.13 ^{bcab}	6.53±0.27 ^{eda}	6.74±0.21 ^{da}
	C1	5.57±0.42 ^{ae}	5.64±0.49 ^{ae}	5.99±0.08 ^{bd}	6.03±0.49 ^{ad}	6.66±0.23 ^{bc}	7.11±0.31 ^{bb}	8.99±0.09 ^{aA}
	C2	5.70±0.38 ^{ad}	5.77±0.41 ^{ad}	5.70±0.24 ^{ad}	5.77±0.43 ^{ad}	6.06±0.12 ^{cd}	6.56±0.14 ^{cd}	7.36±0.12 ^{ca}
	C3	5.65±0.18 ^{ad}	5.71±0.11 ^{ad}	5.89±0.23 ^{cd}	6.09±0.05 ^{acd}	6.44±0.30 ^{abc}	6.91±0.26 ^{cb}	7.29±0.24 ^{ca}
A2	B1	5.23±0.18 ^{af}	5.92±0.49 ^{ae}	6.29±0.05 ^{de}	6.67±0.14 ^{acd}	6.99±0.14 ^{bc}	7.26±0.50 ^b	8.71±0.36 ^{aA}
	B2	5.63±0.28 ^{ac}	5.74±0.29 ^{ac}	5.83±0.17 ^{bc}	5.93±0.10 ^{bc}	6.49±0.40 ^b	6.94±0.14 ^a	7.17±0.09 ^{ba}
	B3	5.79±0.42 ^{abc}	5.51±0.33 ^{ac}	5.89±0.19 ^{abc}	6.08±0.34 ^b	6.59±0.31 ^a	6.74±0.15 ^{ab}	6.98±0.09 ^{ba}
	C1	5.64±0.41 ^{ad}	5.62±0.39 ^{ad}	5.75±0.25 ^{bd}	6.03±0.44 ^{bcd}	6.53±0.18 ^{bc}	6.84±0.44 ^{ab}	8.61±0.31 ^{aA}
	C2	5.56±0.53 ^{ac}	5.57±0.31 ^{ac}	5.62±0.28 ^{bc}	5.83±0.32 ^{bc}	5.85±0.48 ^{bc}	6.28±0.31 ^{cb}	6.97±0.30 ^{ba}
	C3	5.43±0.58 ^{ab}	5.42±0.42 ^{ab}	5.49±0.35 ^{ab}	5.32±0.49 ^{cb}	5.62±0.49 ^{bb}	5.94±0.26 ^{cb}	6.45±0.15 ^{ca}

表 5 干草贮藏过程中不同处理下中性洗涤纤维含量的变化

Table 5 The variation of NDF content under different treatments during hay storage

含水量	试剂	贮藏时间/d						%
		0	30	60	90	120	150	
A1	B1	47.30±0.38 ^{ab}	47.53±0.27 ^{ab}	47.58±0.34 ^{ab}	48.43±0.33 ^{ab}	49.47±0.38 ^{ab}	51.64±0.26 ^{ab}	53.60±0.14 ^{aA}
	B2	47.28±0.22 ^{ab}	47.32±0.29 ^{ab}	47.59±0.14 ^{ab}	48.36±0.32 ^{ab}	49.41±0.39 ^{ab}	51.29±0.41 ^{ab}	52.62±0.27 ^{aA}
	B3	47.52±0.34 ^{ab}	47.49±0.12 ^{ab}	47.53±0.49 ^{ab}	48.18±0.25 ^{ab}	48.78±0.52 ^{ab}	51.14±0.54 ^{ab}	52.34±0.4 ^{aA}
	C1	47.36±0.35 ^{ab}	47.47±0.14 ^{ab}	47.60±0.34 ^{ab}	48.17±0.21 ^{ab}	49.45±0.05 ^{ab}	51.43±0.32 ^{ab}	53.84±0.09 ^{aA}
	C2	47.47±0.19 ^{ab}	47.48±0.26 ^{ab}	47.51±0.43 ^{ab}	48.23±0.23 ^{ab}	48.89±0.26 ^{ab}	51.05±0.02 ^{ab}	52.50±0.36 ^{aA}
	C3	47.46±0.20 ^{ab}	47.49±0.23 ^{ab}	47.53±0.02 ^{ab}	47.99±0.54 ^{ab}	48.66±0.18 ^{ab}	51.12±0.06 ^{ab}	52.11±0.17 ^{aA}
A2	B1	47.33±0.49 ^{ab}	47.70±0.52 ^{ab}	47.75±0.41 ^{ab}	48.73±0.20 ^{ab}	49.57±0.46 ^{ab}	52.82±0.09 ^{ab}	55.55±0.39 ^{aA}
	B2	47.55±0.36 ^{ab}	47.57±0.36 ^{ab}	47.63±0.21 ^{ab}	48.10±0.11 ^{ab}	48.85±0.51 ^{ab}	51.80±0.63 ^{ab}	53.40±0.31 ^{abA}
	B3	47.40±0.19 ^{ac}	47.49±0.12 ^{abc}	47.51±0.20 ^{bc}	48.12±0.47 ^{abc}	48.62±0.59 ^{abc}	49.50±0.22 ^{ab}	52.36±0.64 ^{abA}
	C1	47.40±0.43 ^{ac}	47.63±0.35 ^{abc}	48.00±0.23 ^{bc}	48.60±0.44 ^{bc}	49.45±0.13 ^{bc}	52.65±0.28 ^{ab}	55.54±0.39 ^{abA}
	C2	47.28±0.29 ^{ab}	47.32±0.26 ^{ab}	47.35±0.40 ^{ab}	48.48±0.56 ^{ab}	48.91±0.04 ^{ab}	51.13±0.43 ^{ab}	52.41±0.38 ^{abA}
	C3	47.39±0.51 ^{ab}	47.40±0.26 ^{ab}	47.51±0.15 ^{ab}	47.81±0.95 ^{ab}	48.52±0.34 ^{ab}	49.08±0.12 ^{ab}	51.13±0.04 ^{ba}

2.6 干草贮藏过程中酸性洗涤纤维含量的变化

贮藏时间的延长导致 ADF 含量显著增加(表 6)。0~90 d 各处理间 ADF 含量无明显变化,到 120

d,A1B1 的 ADF 含量最大(33.59%),比最低的 A2B3(28.73%)高出 16.92% ($P < 0.05$)。贮藏 150 d,各处理间 ADF 含量的差距进一步加大,最高值

(35.63%, A1B1) 比最低值(29.45%, A2B3) 高出 20.99%。燕麦干草贮藏 180 d, ADF 由刚打捆时的平均 28.56% 增至 34.38%; 含量最低的处理是 A2B3(31.49%)。

2.7 干草贮藏过程中无氮浸出物含量的变化

随着贮藏时间的延长, NEF 总体呈下降趋势, 但是大多数处理的下降幅度很小, 与刚打捆时的 NEF 无显著差异(表 7); 只有 A1B1、A1C1 和 A2B1 处理的 NEF 在贮藏 180 d 后与刚打捆时(0 d) 差异明显($P <$

0.05)。A1C1 处理在 180 d 时 NEF 最低, 为 44.73%, 是所有处理中最低的。

2.8 干草贮藏过程中总可消化养分含量的变化

随着贮藏时间的延长, TDN 呈下降趋势(表 8)。贮藏 90 d 时各处理间 TDN 无显著差异; 到 120 d 时, A1C1 的 TDN 最低(52.30%); 到 150 d 时仍为最低。贮藏 180 d, 燕麦干草的 TDN 进一步下降, A1C1 最低(51.17%), 其次是 A2B1、A1B1; A2B3 和 A2C3 的 TDN 最高, 分别为 53.23% 和 53.13%。

表 6 干草贮藏过程中不同处理下酸性洗涤纤维含量的变化

Table 6 The variation of ADF content under different treatments during hay storage

%

含水量	试剂	贮藏时间/d						
		0	30	60	90	120	150	180
A1	B1	28.67±0.26 ^{aC}	29.64±0.34 ^{aC}	29.37±0.31 ^{aC}	29.63±0.35 ^{aC}	33.59±0.33 ^{aB}	35.63±0.28 ^{aB}	36.23±0.35 ^{aA}
	B2	28.58±0.29 ^{aD}	28.62±0.24 ^{aD}	28.82±0.22 ^{aD}	29.51±0.09 ^{aD}	32.21±0.05 ^{abC}	34.26±0.14 ^{abAB}	35.70±0.29 ^{abA}
	B3	28.66±0.24 ^{aC}	28.76±0.15 ^{aC}	28.47±0.34 ^{aC}	29.39±0.15 ^{aC}	29.61±0.76 ^{bcC}	31.30±0.38 ^{bcAB}	32.23±0.11 ^{bcA}
	C1	28.61±0.31 ^{aC}	29.75±0.34 ^{aC}	29.33±0.32 ^{aC}	29.89±0.14 ^{aC}	33.54±0.26 ^{abBb}	35.55±0.27 ^{abAB}	36.49±0.56 ^{aA}
	C2	28.69±0.12 ^{aC}	29.78±0.16 ^{abC}	29.31±0.29 ^{abC}	29.69±0.35 ^{abC}	30.61±0.50 ^{abB}	32.40±0.51 ^{bAB}	34.61±0.13 ^{abA}
	C3	28.67±0.48 ^{aC}	28.80±0.99 ^{abC}	28.72±0.06 ^{abC}	28.98±1.06 ^{abC}	29.40±0.44 ^{bcB}	30.66±0.32 ^{bcAB}	32.52±0.46 ^{bcA}
A2	B1	28.49±0.13 ^{aD}	28.82±0.46 ^{aD}	28.72±0.39 ^{aD}	29.58±0.39 ^{aD}	32.55±0.30 ^{abC}	34.48±0.18 ^{abB}	37.27±0.32 ^{aA}
	B2	28.58±0.45 ^{aD}	28.60±0.47 ^{aD}	28.62±0.44 ^{aD}	28.82±0.50 ^{aD}	30.53±0.29 ^{abC}	33.27±0.3 ^{abB}	35.60±0.31 ^{abA}
	B3	28.67±0.67 ^{ab}	28.67±0.67 ^{ab}	28.65±0.93 ^{abC}	28.67±0.83 ^{abC}	28.73±0.25 ^{bcC}	29.45±0.53 ^{cb}	31.49±0.32 ^{aA}
	C1	28.28±0.28 ^{aD}	28.90±0.75 ^{aD}	29.10±0.07 ^{aD}	29.90±0.48 ^{aD}	32.49±0.37 ^{abC}	34.54±0.31 ^{baB}	36.61±0.75 ^{aA}
	C2	28.42±0.33 ^{aC}	28.44±0.36 ^{abC}	28.96±0.45 ^{abC}	29.45±0.26 ^{abC}	30.90±0.77 ^{abB}	31.58±0.36 ^{bcAB}	33.18±0.21 ^{bcA}
	C3	28.47±0.63 ^{aC}	28.86±0.45 ^{abC}	28.92±0.71 ^{abC}	29.15±0.14 ^{abC}	30.44±0.44 ^{bb}	30.81±0.37 ^{bcB}	31.54±0.55 ^{bcA}

表 7 干草贮藏过程中不同处理下无氮浸出物含量的变化

Table 7 The variation of NFE content under different treatments during hay storage

%

含水量	试剂	贮藏时间/d						
		0	30	60	90	120	150	180
A1	B1	46.78±0.27 ^{aA}	46.29±0.59 ^{aA}	46.27±1.37 ^{aA}	46.24±0.85 ^{aA}	46.20±0.76 ^{aAB}	46.18±0.68 ^{aAB}	46.03±0.98 ^{abB}
	B2	47.03±0.27 ^{aA}	46.87±1.12 ^{aA}	46.64±0.91 ^{aA}	46.57±1.24 ^{aA}	46.50±0.23 ^{aA}	46.44±1.39 ^{aA}	46.43±0.23 ^{aA}
	B3	46.71±1.60 ^{aA}	46.70±0.53 ^{aA}	46.60±1.14 ^{aA}	46.55±0.49 ^{aA}	46.52±0.29 ^{aA}	46.28±0.78 ^{aA}	46.13±0.37 ^{abA}
	C1	46.73±0.57 ^{aA}	46.72±2.26 ^{aAB}	46.71±0.73 ^{aAB}	46.68±1.02 ^{aAB}	45.63±1.27 ^{aAB}	45.24±1.13 ^{aAB}	44.73±0.75 ^{bB}
	C2	46.82±0.39 ^{aA}	46.78±0.98 ^{aA}	46.64±1.31 ^{aA}	46.55±0.89 ^{aA}	46.46±0.78 ^{aA}	46.40±1.09 ^{aA}	46.35±0.12 ^{abA}
	C3	46.71±0.23 ^{aA}	46.67±0.32 ^{aA}	46.59±0.20 ^{aA}	46.50±0.62 ^{aA}	46.41±0.78 ^{aA}	46.52±0.84 ^{aA}	46.32±0.26 ^{abA}
A2	B1	47.24±0.53 ^{aA}	46.82±0.49 ^{aAB}	46.71±1.63 ^{aAB}	46.62±0.31 ^{aAB}	46.45±0.19 ^{aAB}	46.23±1.14 ^{aAB}	46.08±0.02 ^{abB}
	B2	46.99±0.57 ^{aA}	46.94±0.79 ^{aA}	46.90±0.74 ^{aA}	46.71±0.19 ^{aA}	46.66±1.00 ^{aA}	46.61±0.59 ^{aA}	46.48±0.36 ^{aA}
	B3	46.89±0.59 ^{aA}	46.84±0.51 ^{aA}	46.77±0.28 ^{aA}	46.72±0.93 ^{aA}	46.63±1.06 ^{aA}	46.56±0.48 ^{aA}	46.40±0.36 ^{aA}
	C1	46.81±1.39 ^{aA}	46.55±0.68 ^{aA}	46.49±0.65 ^{aA}	46.39±0.96 ^{aA}	46.35±1.42 ^{aA}	46.28±0.55 ^{aA}	46.06±0.34 ^{aA}
	C2	46.72±0.79 ^{aA}	46.69±0.50 ^{aA}	46.59±0.71 ^{aA}	46.57±0.89 ^{aA}	46.54±1.38 ^{aA}	46.50±0.72 ^{aA}	46.19±0.27 ^{aA}
	C3	47.12±1.38 ^{aA}	47.09±0.81 ^{aA}	47.08±0.71 ^{aA}	47.05±0.58 ^{aA}	47.03±0.37 ^{aA}	46.99±0.39 ^{aA}	46.96±0.11 ^{aA}

3 讨论

3.1 贮藏时间对燕麦干草含水量和品质的影响

干草的含水量一般需要控制在 15%~17% 以下, 如果含水量过高, 就会引起霉菌繁殖生长, 影响干草品质, 严重时甚至发生霉变^[18]。给家畜饲喂发霉的干草不仅会造成采食量下降, 更会导致家畜中毒。因此控制含水量是保证干草品质的首要措施。在实际生产中, 受降雨、低温等条件的限制, 有时很难将干草的水

分控制在要求范围内, 必须在含水量尚未降至标准要求时打捆, 以降低损失^[19-21]。而为了避免高水分打捆可能造成的霉变, 又需要添加防霉剂。这样既可保存干草的营养又可避免霉变。山丹军马场地处高寒阴湿地区, 10 月底燕麦干草打捆时经常遇到雨雪干扰, 为了保证质量, 本试验添加了丙酸钙和苯甲酸钠两种防霉剂, 在两个含水量下打捆, 在不同贮藏时间取样分析干草捆水分变化情况。结果发现, 不同含水量打捆的燕麦干草, 在 6 个月的贮藏期间含水量逐步下降。已

表 8 干草贮藏过程中不同处理下总可消化养分含量的变化

Table 8 The variation of TDN content under different treatments during hay storage

含水量	试剂	贮藏时间/d							%
		0	30	60	90	120	150	180	
A1	B1	54.61±0.84 ^{aA}	53.91±0.67 ^{aAB}	54.52±0.84 ^{aA}	53.82±1.40 ^{aAB}	52.83±1.44 ^{abB}	51.92±1.88 ^{abC}	51.71±0.66 ^{abC}	
	B2	54.18±0.96 ^{aA}	54.56±1.20 ^{aA}	54.51±2.47 ^{aA}	53.49±2.16 ^{aAB}	53.48±1.05 ^{abAB}	53.66±0.63 ^{aAB}	52.34±0.67 ^{abB}	
	B3	54.20±1.57 ^{aA}	54.13±1.59 ^{aA}	53.72±1.32 ^{aA}	53.64±1.46 ^{aA}	52.67±0.59 ^{bB}	52.72±1.15 ^{aB}	52.46±1.17 ^{aB}	
	C1	54.12±0.57 ^{aA}	53.56±2.50 ^{aA}	53.52±1.60 ^{aA}	53.46±0.79 ^{aA}	52.30±2.02 ^{bB}	51.78±2.49 ^{bC}	51.17±0.99 ^{bC}	
	C2	54.67±0.53 ^{aA}	54.76±0.73 ^{aA}	54.65±1.73 ^{aA}	54.60±1.24 ^{aA}	54.57±0.92 ^{aA}	52.11±0.92 ^{aB}	52.03±0.18 ^{aB}	
	C3	54.47±1.05 ^{aA}	54.22±0.45 ^{aA}	54.13±0.63 ^{aA}	53.59±1.05 ^{aA}	53.82±0.54 ^{aA}	53.39±0.95 ^{aAB}	52.28±0.20 ^{aB}	
A2	B1	54.48±0.25 ^{aA}	54.43±0.52 ^{aA}	54.82±1.37 ^{aA}	54.35±1.28 ^{aA}	53.61±1.13 ^{aA}	52.15±0.95 ^{aB}	51.21±0.87 ^{bC}	
	B2	54.41±0.60 ^{aA}	54.32±1.52 ^{aA}	54.25±0.82 ^{aA}	54.16±0.74 ^{aA}	54.11±1.03 ^{aA}	52.66±0.75 ^{aB}	52.25±0.43 ^{bB}	
	B3	54.63±0.17 ^{aA}	54.51±0.89 ^{aA}	54.42±2.42 ^{aA}	54.19±0.75 ^{aA}	54.11±0.19 ^{aA}	53.43±2.13 ^{aB}	53.23±1.07 ^{aB}	
	C1	54.38±1.46 ^{aA}	53.84±1.07 ^{aAB}	53.11±0.87 ^{aAB}	53.31±2.85 ^{aAB}	52.56±2.17 ^{aB}	52.31±1.43 ^{aB}	51.75±0.44 ^{bC}	
	C2	54.68±0.28 ^{aA}	53.72±1.46 ^{aAB}	53.52±1.66 ^{aAB}	53.51±2.46 ^{aAB}	52.79±1.83 ^{aB}	52.44±0.79 ^{aB}	52.32±0.41 ^{bB}	
	C3	54.38±0.16 ^{aA}	54.37±0.50 ^{aA}	54.34±0.81 ^{aA}	54.13±2.18 ^{aA}	53.72±1.78 ^{aAB}	53.43±1.32 ^{aAB}	53.13±0.24 ^{aB}	

有研究^[22-24]表明, 干草晾晒过程中自由水开始时散失速率较快, 到后期水分散失会受到细胞壁的阻力影响, 使水分的散失效率降低, 这与本试验中水分散失规律一致。另外, 不同含水量打捆的燕麦干草在贮藏期间其水分变化不尽相同。低含水量打捆的燕麦干草到贮藏 90 d 左右含水量有明显回升, 高含水量打捆的燕麦干草水分回升幅度不及前者(图 1, 图 2)。水分回升主要是由于空气湿度变化引起的, 王坤龙^[25-26]等研究也表明, 当环境中的湿度大于干草捆内的含水量时, 干草会吸水返潮, 导致含水量升高。另外, 不同防霉剂及其添加量对水分回升也有影响。C3 处理在贮藏 90 d 时含水量均未见回升, C2 处理较 60 d 时均有显著回升; 而 B3 的表现又有不同, A1B3 在贮藏 3 个月时含水量较上个月增加了 16.07%, A2B3 却进一步显著下降。

贮藏时间对燕麦干草品质有显著影响。蛋白质含量是衡量燕麦营养价值的重要指标之一, 同时是家畜必不可少的营养物质。丁武蓉等^[27]认为, 干草在贮藏

过程中由于自身细胞的蛋白酶及微生物酶的作用使得其中的真蛋白被分解为肽、游离氨基酸以及氨等非蛋白氮成分, 导致粗蛋白含量下降。贮藏时间越长, 干草粗蛋白损失越大。本研究也得到类似结果, 经过 6 个月的贮藏, A1 和 A2 的粗蛋白含量较刚打捆时分别下降了 21.91% 和 22.0%; 其中在贮藏 90~120 d 内降幅最大, 平均降低了 13.62%, 随后趋于平缓。这种变化可能与贮藏时间以及外界环境条件尤其是湿度变化引起的水分回升有关。粗脂肪、无氮浸出物和可消化总养分含量也随贮藏时间的延长而下降。粗灰分、中洗纤维、酸洗纤维含量则随着贮藏时间的延长显著增加, 燕麦干草品质下降。但短期(3 个月)贮藏对燕麦干草各营养指标无明显影响。这与郭江泽^[24]在苜蓿上的研究结果一致。

3.2 防霉剂对燕麦干草品质的影响

为了尽量避免不良天气对干草品质的影响, 高海拔地区不得不进行高水分打捆, 这时防霉剂的使用就

必不可少。在饲料中添加不超过 0.1% 的苯甲酸钠对许多霉菌如黑曲霉、娄地青霉及啤酒酵母等具有抑制作用;添加 0.3% 左右的丙酸钙对霉菌、好气性芽孢杆菌及革兰氏阴性菌等均有抑制作用,尤其对防止黄曲霉毒素的产生有特效^[28,29]。本研究对不同含水量打捆的燕麦干草均添加了丙酸钙和苯甲酸钠,结果表明,添加防霉剂可显著提高燕麦干草品质,而且贮藏时间越长效果越明显。贮藏 3 个月燕麦干草各营养指标在防霉剂各处理间变化不显著(表 2);贮藏 6 个月后,低含水量(A1)下添加丙酸钙和苯甲酸钠,燕麦干草粗蛋白含量较未添加处理(B1、C1)分别平均高出 8.35% 和 7.80%;高含水量下(A2)添加,粗蛋白含量分别较对照高 11.11% 和 11.07%。粗脂肪含量的变化趋势与粗蛋白相似。低含水量下添加防霉剂对 NDF 无明显影响,各贮藏时间点不同防霉剂处理下 NDF 间差异不显著。但是高含水量下添加防霉剂,NDF 较未添加处理有明显下降(表 5)。而 ADF 均因添加丙酸钙和苯甲酸钠而下降,低含水量下分别平均降低了 6.25% 和 8.02%,高含水量下分别降低了 10.00% 和 12.84%。朝鲁孟其其格^[30]研究了复合型防霉剂对苜蓿干草捆的影响,筛选出了最佳防霉剂配比。刘香萍等^[31]以含水量 25.2% 的苜蓿干草为试验材料,发现添加 1.2% 的氨水和 3.0% 的乙酰胺后苜蓿干草的 CP 含量较对照分别提高 31.81% 和 49.81%,EE 含量分别增加 46.56% 和 56.49%,粗纤维分别降低 30.96% 和 22.47%。由此可知,无论是燕麦还是苜蓿,防霉剂对改善干草营养品质具有显著作用。

另外,本研究发现防霉剂的添加量也有显著影响。添加 0.4% 的丙酸钙后,燕麦干草粗蛋白含量较添加 0.2% 的处理高 3.83% (A1) 和 6.63% (A2)。添加 0.1% 的苯甲酸钠后蛋白含量较添加 0.05% 的处理高 2.88% (A1) 和 6.28% (A2)。粗脂肪含量也有类似的变化趋势。对 ADF 而言,A1B3 比 A1B2 高 9.72%,而 A2B3 较 A2B2 高 11.55%;苯甲酸钠处理也是如此,A1C3 的 ADF 比 A1C2 高 6.04%,A2C3 的 ADF 较 A2C2 高 4.95%。刘海英等^[32]在苜蓿上也得到了类似的结果,添加防霉剂显著提高了苜蓿干草的 CP、EE 和 TDN 含量。Knapp 等^[8]研究了不同丙酸添加量对高水分(32.4%)苜蓿干草捆品质的影响,结果表明,随着丙酸添加量的提高,营养品质也随之改善,0.5%~1.0% 的丙酸为最适添加量。

4 结论

(1) 防霉剂对燕麦干草品质有显著影响,随着贮藏时间的延长,燕麦干草品质下降。添加防霉剂能显著降低营养损失,贮藏时间越长防霉剂效果越明显。

(2) 防霉剂有剂量效应。在甘肃山丹马场及类似的高寒地区,生产燕麦干草时如果不能达到安全含水量,可在 28%~30% 含水量下添加 0.4% 的丙酸钙或者 0.1% 的苯甲酸钠再打捆,能显著提高燕麦干草品质。

参考文献:

- [1] 王巧玲,花立民,杨思维.不同干燥方式对不同生育期燕麦失水和营养成分的影响[J].中国草地学报,2014,36(4):92-98.
- [2] 侯建杰,赵桂琴,焦婷,等.不同含水量及晒制方法对燕麦青干草品质的影响[J].中国草地学报,2014,36(1):69-74.
- [3] 黄文娟.青干草调制、贮存及利用[J].草业与畜牧,2008(9):48-49.
- [4] 张培青,刘海英,贾玉山,等.不同含水量牧草对干草捆品质的影响[J].内蒙古草业,2008,20(2):29-32.
- [5] 唐瑶,陈洋.常见饲料防霉剂的应用及前景展望[J].湖南饲料,2014(6):29-31.
- [6] Bartov I. Comparative effects of antifungal compounds on the nutritional value of diets containing moldy corn for broiler chicks[J]. Poultry science, 1985, 64(6): 1236-1238.
- [7] 成启明,格根图,尹强,等.苜蓿干草捆安全贮藏条件的研究[J].草业学报,2018,27(5):190-200.
- [8] 曹娜,张亚伟,吴浩,等.丙酸盐在反刍动物中的应用[J].中国畜牧兽医,2017,44(12):3519-3524.
- [9] 周书伟,刘自逵.不同丙酸含量的防霉剂对饲料防霉效果的影响[J].湖南饲料,2007(4):27-31.
- [10] 于合兴.添加防霉剂对苜蓿干草贮存品质的影响[J].当代畜牧,2016(15):42-45.
- [11] 陈光吉,吴佳海,娄芬,等.干草产品防霉剂的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2018(5):84-88.
- [12] KNAPP W, HOLT D A, LECHTENBE R, et al.. Propionic acid as hay preservative I [J]. Agron J, 1976, 68(1): 120-123.
- [13] 尹强.天然防霉剂在草捆安全贮藏中的应用研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [14] 贾玉山.氧化钙对高水分苜蓿草捆消化特性的影响[C]//

- 中国草学会饲料生产专业委员会. 中国草学会饲料生产专业委员会第十六次学术研讨会论文集, 2011: 9.
- [15] 丁武蓉, 郭旭生, 杨富裕. 水分及复合添加剂对苜蓿干草贮藏品质的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(3): 241-247.
- [16] 任继周, 吴自立, 李绶章, 等. 草原生态化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987: 10-53.
- [17] 杨胜. 饲料分析及饲料质量监测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1998: 15-98.
- [18] 张华. 饲料霉变的原因、危害及防治措施[J]. 饲料研究, 2004(2): 33-34.
- [19] 张伟毅. 不同贮藏温度下不同含水量苜蓿草捆微生物和品质的变化规律[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [20] Xu Wei, Shi Shang li, Qi Juan. Effect of Different Processing Methods on the Quality of Alfalfa Hay[J]. Journal of animal veterinary advances, 2013, 12(6): 689-693.
- [21] Coblenz W K, Coffey K P, Young A N. Storage characteristics, nutritive value, energy content, and in vivo digestibility of moist, large rectangular bales of alfalfa-orchard grass hay treated with a propionic acid based preservative[J]. Journal of Dairy Science, 2013, 96(4): 2521-2535.
- [22] 杨耀胜. 不同调制方式对苜蓿干草品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [23] 张晓娜, 武红, 贾玉山, 等. 苜蓿干草调制过程中水分散失规律的研究[J]. 种子, 2010, 29(1): 53-57.
- [24] 郭江泽. 苜蓿青干草在调制和贮藏过程中的质量变化规律研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [25] 都帅, 尤思涵, 包健, 等. 天然草地牧草干草品质对刈割时间和晾晒时间的响应[J]. 草原与草坪, 2017, 29(1): 38-427.
- [26] 王坤龙, 王千玉, 王迪, 等. 苜蓿干燥过程中质量变化规律研究[J]. 中国饲料, 2016(10): 15-18.
- [27] 丁武蓉, 杨富裕, 郭旭生. 高水分苜蓿干草捆防霉复合添加剂配方筛选[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 285-292.
- [28] 林传星, 张晓鸣. 饲料中防霉剂应用的研究进展[J]. 广东饲料, 2014, 23(2): 31-32.
- [29] 李建柱, 黄俊文. 不同丙酸型防霉剂的饲料防霉效果的比较[J]. 广东饲料, 2017, 26(8): 20-22.
- [30] 朝鲁孟其其格, 宋志萍, 贾玉山, 等. 复合型防霉剂对草颗粒防霉效果的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2009, 30(4): 109-113.
- [31] 刘香萍, 杨智明, 曲善民, 等. 不同含水量苜蓿干草捆内真菌种类比较研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(1): 33-34.
- [32] 刘海英, 张培青, 贾玉山, 等. 防霉剂对干草捆品质及防霉效果的研究[J]. 内蒙古草业, 2008(2): 38-40.

Effects of two kinds of antifungal agent on quality of oat hay in alpine area

KANG Xiao-qiang, ZHAO Gui-qin, CHAI Ji-kuan, SUN Lei-lei,
WANG Miao-miao, LI Juan-ning

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Oat hay produced on Junma No. 2 Farm, Shandan County of Zhangye City was used as material, and was added 0%(B1), 0.2%(B2), 0.4%(B3) calcium propionate and 0%(C1), 0.05%(C2), 0.1%(C3) sodium benzoate at low moisture content of 15%-17% (A1) and high moisture content of 28%-30% (A2), respectively; Then baled and stored in shelter. The moisture content and nutritive value were tested after 0, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 d storage. The results showed that with the prolonging storage time, crude protein (CP), ether extract (EE), nitrogen free extract (NEF) and total digestible nutrient of oat hay decreased. After

180 days of storage, the CP content decreased by 21.99% averagely, and EE decreased from 3.17%–3.39% at baling to 1.47%–2.45%. The treatment A2C2 had the highest moisture content (15.19%), A2C3 had the highest CP content (8.13%), and the highest EE (2.45%) was observed in A1B3 treatment. The crude ash, NDF and ADF increased significantly with the increasing storage time. The treatment A1C1 had the highest crude ash content while A2B1 showed the highest NDF content. The addition of antifungal agent can significantly reduce the nutritional loss of oat hay. The longer the storage time, the more effective of the antifungal agent. Add of 0.4% calcium propionate or 0.1% sodium benzoate to oat hay with 28%–30% moisture content can significantly improve the quality of oat hay.

Key words: oat hay; antifungal agent; storage time; nutritional quality

.....
(上接 107 页)

Evaluation of drought resistance for 12 *Bromus inermis* germplasms in Xinjiang under PEG stress at germination stage

SUN Ke-meng, SUI Xiao-qing, WANG Yu-xiang, CHEN Ai-ping, ZHANG Bo

(College of Pratacultural and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Key Laboratory of Western Arid Region Grassland Resource and Ecology of Ministry of Education, Xinjiang Grassland Resource and Ecology Key Laboratory, Urumqi 830052, China)

Abstract: 15% polyethylene glycol (PEG-6000) was used to simulate drought stress, the germination rate, germination energy, germination index, and seedling growth index of 12 wild *Bromus inermis* germplasms collected from different regions on the northern slope of Tianshan Mountain in Xinjiang were measured. And the relative value of each index was taken as evaluation index of drought resistance, the drought resistance of *B. inermis* germplasms were evaluated with subordinate function method. The results showed that the germination rate, germination energy, and germination index of *B. inermis* germplasms decreased generally under 15% PEG stress, and the growth of germ and radicle was inhibited. According to the comprehensive evaluation of subordinate function method, B10, B11 and B12 showed a strong drought resistance, B01, B02, B04, B05, B06, B07, B08 and B09 showed a medium drought resistance, and B03 showed a weak drought resistance at germination stage.

Key words: *Bromus inermis*; seed; PEG stress; drought resistance