

不同淋雨模式对苜蓿霉菌生长规律及其品质的影响

李改英¹ 杨艳玲² 傅 彤¹ 廉红霞¹ 高腾云¹

(1. 河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 商丘职业技术学院, 河南 商丘 476000)

摘要: 为了探索淋雨后苜蓿品质的变化情况, 选取晾晒至半干的苜蓿, 采用模拟现场淋雨的方式, 研究不同淋雨模式对苜蓿霉菌的生长规律以及其品质的影响, 分别设对照组、试验 1 组(淋雨 1 次)、试验 2 组(连续淋雨 2 次)、试验 3 组(间隔淋雨 3 次)、试验 4 组(连续淋雨 4 次)。结果表明: 淋雨后霉菌以 2 次曲线形式繁殖, 连续淋雨 2 次和间隔淋雨 3 次检测到了大量的霉菌繁殖, 并且收割后的 4~6 d 是霉菌生长的高峰期, 淋雨 1 次和连续淋雨 4 次霉菌数量相对较少; 粗蛋白质含量没有显著变化($P > 0.05$), 但无论淋雨次数多少, 均造成苜蓿粗脂肪、可溶性糖分含量的下降, 其中淋雨 1 次和连续淋雨 2 次下降缓慢, 间隔淋雨 3 次和连续淋雨 4 次下降严重, 且其含量均从第 6 天开始与对照组差异显著($P < 0.05$); 中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量则呈升高趋势, 并与对照组差异显著($P < 0.05$); 淋雨后, 蛋氨酸和亮氨酸有升高趋势, 谷氨酸、甘氨酸变化有波动, 总氨基酸和其他 13 种氨基酸在淋雨 1 次和 2 次时变化较小, 淋雨增加至 3 次、4 次后均呈下降趋势($P < 0.05$)。

关键词: 紫花苜蓿; 淋雨模式; 霉菌; 品质

中图分类号: S816.5⁺2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)04-0184-05

Effect of Different Rainy Pattern to the Mildew Growth Laws and the Quality of Alfalfa

LI Gai-ying¹, YANG Yan-ling², FU Tong¹, LIAN Hong-xia¹, GAO Teng-yun¹

(1. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002 China;

2. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shangqiu Vocational and Technical College, Shangqiu 476000 China)

Abstract: In order to explore the changes of alfalfa quality after raining, Damp-dry alfalfa and the ways of modeling scene raining were selected to study the different rainy pattern to the mildew growth laws and the quality of alfalfa, the alfalfa was respectively assigned control group, group 1 (raining one time), group 2 (raining two times continuously), group 3 (raining one time every other day), group 4 (raining four times continuously). Results showed: the mildew reproduced quickly as a conic, and plenty of mildew were found for group 2 as well as group 3, and the number of mildew reached maximum after 4~6 days of harvest, while, mildew was less relatively for the group 1 and group 4; The content of crude protein (CP) had no significant change ($P > 0.05$), but no matter what times of raining, the content of crude fat (CF) and soluble sugar (SS) was both downtrend, which declined slowly for the group 1 as well as group 2 and rapidly for the other two groups, besides difference was marked compared with the control group from the 6th day; while ($P < 0.05$), the content of NDF and ADF was uptrend and the difference was marked compared with the control group ($P < 0.05$); after raining, Met and Leu were up-trends, and Glu along with Gly was a fluctuating change, while, the total amino acid and other 13 of 17 kinds amino acid showed a small change when raining one time and two times, but with raining times increasing to three times and four times, the content was notable dropping trends compared with the control group ($P < 0.05$).

Key words: Alfalfa; Raining pattern; Mildew; Quality

紫花苜蓿含有丰富的营养物质, 已经成为畜禽 配合饲料中的常规原料, 尤其在反刍动物日粮中占

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 现代奶牛产业技术体系建设专项资金资助(CARS-37)

作者简介: 李改英(1979-), 女, 河南淅川人, 实验师, 主要从事奶牛集约化饲养研究。

通讯作者: 高腾云(1964-), 男, 河南内乡人, 教授, 博士生导师, 主要从事奶牛集约化饲养方面的研究。

有很大的比例^[1],其推广利用价值日益受到人们的关注。然而苜蓿收获期多雨热同季,在这种温暖、潮湿的环境下,极易出现霉变现象,霉菌的大量繁殖消耗饲料中营养物质并产生大量的霉菌毒素,对畜禽具有极大的危害性。研究证实饲喂产蛋鸡发霉的大麦饲料,对鸡的饲料采食量、饲料转化率和消化率及产蛋量、蛋品质、血液生化指标均造成负面影响^[2],饲喂奶牛发霉的饲料,危害奶牛健康,降低其产奶性能和牛奶品质^[3]。目前对饲料原料的霉变研究较多,针对粗饲料的霉变研究及品质变化的情况,尚无系统报道,生产中也时常发生苜蓿晒制过程中由于淋雨而发生霉变的现象,这种霉变的苜蓿能否继续利用及其品质的变化规律如何,成为生产中普遍关心的问题。鉴此,采用模拟现场淋雨试验的方法,研究不同淋雨模式对苜蓿霉菌生长规律及苜蓿品质的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验所用材料由河南中荷奶业示范中心提供,为第4茬盛花期的紫花苜蓿。

1.2 试验设计

试验共分5组,分别为对照组、试验1组、试验2组、试验3组和试验4组,每组重复2次。每组称晾晒至半干的苜蓿(含水量50%左右)约2 kg,放置室内,采用人工喷水来模拟现场淋雨试验,喷水量以淋透为止,每次喷水500 mL/kg。试验1组只在第1天喷水1次;试验2组在第1天、第2天各喷水1次,共计2次;试验3组在第1、3、5天各喷水1次,共计3次;试验4组在第1、2、3、4天各喷水1次,共计4次;对照组不喷水自然放置。各组均从第2、3、4、6、8、10、12、14天取样做霉菌数量检查,共计8次;在第3、6、10、14天取样做品质分析,共取4次;第14天样品额外测定氨基酸含量及中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的含量。

1.3 测定指标与方法

霉菌测定采用马丁培养基平皿涂布法^[4];粗蛋白质、粗脂肪用常规方法测定;可溶性糖分用蒽酮比色法测定^[5];氨基酸采用酸水解法8800型氨基酸自动分析仪测定^[6];NDF和ADF采用范氏法^[6]。

1.4 数据分析

采用SPSS 11.5单因素方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理苜蓿中霉菌数量的变化

由图1可以看出,对照组在试验过程中检测到

少量霉菌的生长,试验组在试验开始3 d后均检测到了霉菌的大量生长,以试验2组和试验3组霉菌生长最快,试验2组在第6天霉菌数量达到最高峰为 1.09×10^6 cfu/g;试验3组在第4天霉菌数量达到最高为 1.19×10^6 cfu/g,第10天下降到最低为 2.6×10^5 cfu/g,并且在整个试验期内以试验3组霉菌数量最多。试验1组在第6天霉菌数量达到最高峰为 2.4×10^5 cfu/g,试验4组霉菌的生长相对比较缓慢,第6天霉菌开始大量繁殖为 2.0×10^5 cfu/g,第10天后开始下降。可见间隔淋雨为霉菌的生长创造了有利的环境条件。

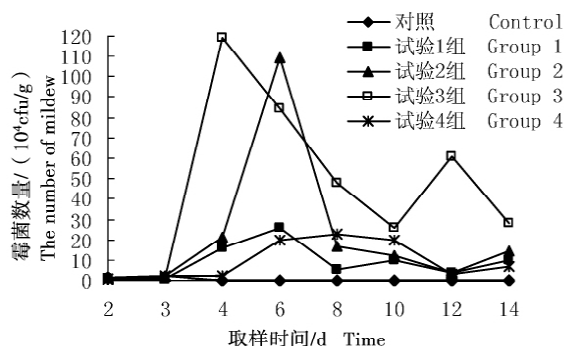


图1 不同处理苜蓿中的霉菌数量

Fig. 1 The mildew number of alfalfa

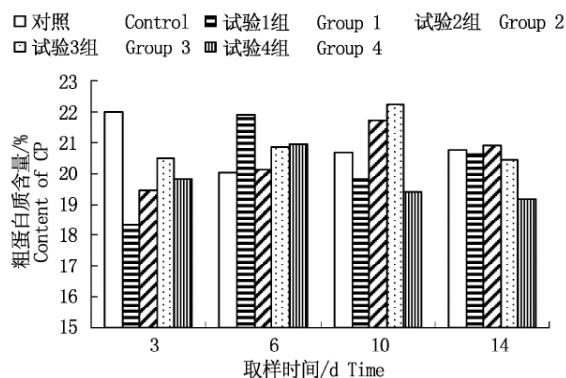


图2 不同处理苜蓿中粗蛋白含量

Fig. 2 Crude protein content of alfalfa

2.2 不同处理苜蓿中粗蛋白质的变化

粗蛋白质是评定饲料品质的重要指标,由图2知随着时间的增加,对照组和试验组的粗蛋白质变化没有明显的规律性,霉变后粗蛋白质含量略有升高的趋势,但差异均不显著($P > 0.05$)。不同组别之间,试验1组和试验4组在第6天达最高,试验2组和试验3组在第10天达最高。随着时间的变化,试验第3天以对照组高于试验组,对照组和试验1、2、3、4组的粗蛋白质含量依次为21.98%、18.33%、19.42%、20.5%、19.85%;第6天对照组略有降低,试验组略有升高,对照组和试验1、2、3、4组分别为20.04%、21.9%、20.13%、20.86%、20.95%;第14天

试验 4 组最低,其他各组比较接近。

2.3 不同处理苜蓿中粗脂肪的变化

从图 3 可知,对照组和试验各组的粗脂肪含量在试验初期比较接近,随着时间的延长均呈现下降趋势。其中对照组和试验 1 组、试验 2 组在前期下降比较缓慢,第 10 天时粗脂肪分别为 4.00%、4.01%、3.85%,相互之间差异不显著($P > 0.05$),试验 3 组和试验 4 组从第 6 天即快速下降,粗脂肪分别为 3.25% 和 2.87%,且与对照组差异显著($P < 0.05$),到第 14 天时试验各组均下降到一个较低的水平,以试验 4 组最低(2.03%),对照组和试验 1、2、3 组分别为 3.55%、2.45%、2.75%、2.39%,均与对照组差异显著($P < 0.05$)。

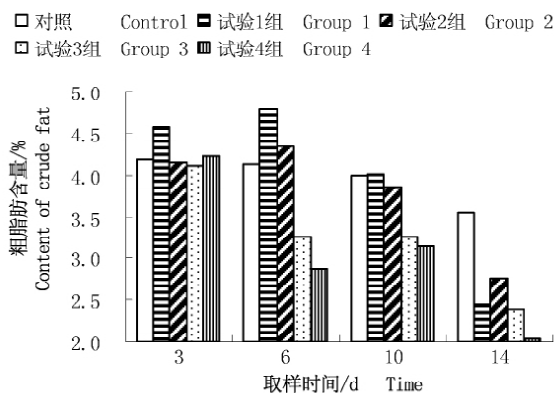


图 3 不同处理苜蓿中粗脂肪的含量

Fig. 3 Crude fat content of alfalfa

2.4 不同处理苜蓿中可溶性糖分的变化

由图 4 知,各组的可溶性糖分含量均为下降趋势,在试验第 3 天对照组和试验 1、2、3、4 组可溶性糖分依次为 4.64%、2.92%、3.56%、3.65%、3.03%,差异不显著($P > 0.05$);第 6 天试验各组均大幅下降,试验 1、2、3、4 组依次为 2.48%、1.51%、1.67%、1.33%,与对照组(3.53%)差异显著($P < 0.05$),随后即维持这样一个稳定的水平且以对照组高于试验各组($P < 0.05$)。

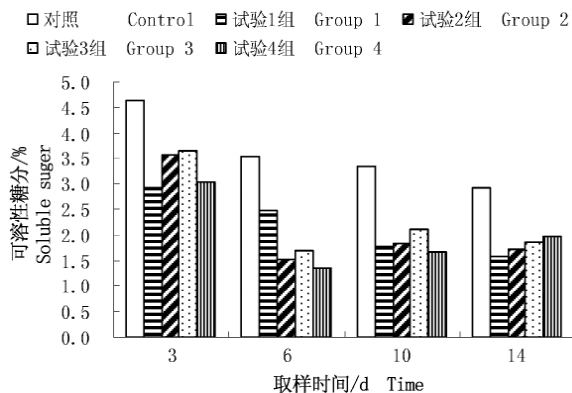


图 4 不同处理苜蓿中可溶性糖分的含量

Fig. 4 Soluble sugar content of alfalfa

2.5 不同处理苜蓿中中性和酸性洗涤纤维的含量

由表 1 知苜蓿霉变后中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维均呈现升高的趋势,且与对照组差异显著($P < 0.05$),试验各组之间以试验 2 组和试验 3 组的含量较低,其中试验 3 组的 NDF 含量除试验 2 组外与其他各组均差异显著($P < 0.05$),ADF 含量在各组中最低,且与对照组和试验其他组差异显著($P < 0.05$)。

表 1 不同处理苜蓿中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量

Tab. 1 The NDF and ADF of alfalfa %		
组别 Group	NDF	ADF
对照组 Control group	49.17 ± 0.73a	38.53 ± 0.67a
试验 1 组 Group 1	58.82 ± 0.88c	47.03 ± 0.44c
试验 2 组 Group 2	53.41 ± 0.77b	46.84 ± 0.98c
试验 3 组 Group 3	53.65 ± 0.02b	42.39 ± 0.91b
试验 4 组 Group 4	57.46 ± 0.34c	49.07 ± 0.52c

注:同行小写不同字母表示差异达显著水平($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下同。

Note: Different letter indicates $P < 0.05$; Same letter indicates $P > 0.05$ 。

2.6 不同处理苜蓿中氨基酸含量的变化

霉变后饲料中氨基酸的含量见表 2。与对照组相比,不同氨基酸之间,蛋氨酸和亮氨酸呈现升高的趋势,天冬氨酸、丝氨酸、丙氨酸、精氨酸、酪氨酸、脯氨酸呈现下降趋势,其余 9 种氨基酸变化有波动,但除了谷氨酸外,淋雨 3 次和淋雨 4 次氨基酸含量还是呈现明显的下降趋势。总氨基酸的含量试验 1 组略高于对照组但差异不显著($P > 0.05$),试验 2、3、4 组均低于对照组,且试验 3、4 组与对照组差异显著($P < 0.05$)。不同组别之间,试验 1、2 组之间氨基酸变化较小,试验 1 组除了天冬氨酸下降幅度达 12% 与对照组差异显著外,其余 16 种氨基酸与对照组均无显著性差异($P > 0.05$);试验 2 组中天冬氨酸、酪氨酸降幅较大,分别达 20.4%、8.7%,蛋氨酸具有升高的趋势,且均与对照组差异显著($P < 0.05$),其余氨基酸与对照组差异不显著;试验 3 组氨基酸降幅最大,天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸均与对照组差异显著($P < 0.05$),只有亮氨酸含量高于对照组,但差异不显著($P > 0.05$);试验 4 组中谷氨酸、蛋氨酸、酪氨酸含量比对照组略高,但差异不显著($P > 0.05$),其余氨基酸均有所下降,其中有 7 种达到差异显著性水平,分别是天冬氨酸、丝氨酸、半胱氨酸、酪氨酸、赖氨酸、精氨酸、脯氨酸。综合分析,随着淋雨次数的增加,霉变对饲料氨基酸的破坏也越严重,霉变后 8 种必需氨基酸中精氨酸、赖氨酸和苏氨酸受破坏力度最大。

表 2 不同处理苜蓿中氨基酸的含量

Tab. 2 The AA of alfalfa

%

组别 Group	对照 Control	试验 1 组 Group 1	试验 2 组 Group 2	试验 3 组 Group 3	试验 4 组 Group 4
天冬氨酸 Asp	2.30 ± 0.01d	2.02 ± 0.19c	1.83 ± 0.00bc	1.58 ± 0.08a	1.61 ± 0.05ab
苏氨酸 Thr	0.80 ± 0.02b	0.79 ± 0.06b	0.80 ± 0.01b	0.68 ± 0.03a	0.72 ± 0.02ab
丝氨酸 Ser	0.96 ± 0.01c	0.93 ± 0.09bc	0.92 ± 0.01bc	0.80 ± 0.03a	0.82 ± 0.01ab
谷氨酸 Glu	2.12 ± 0.05ab	2.23 ± 0.17ab	2.30 ± 0.03b	1.99 ± 0.13a	2.19 ± 0.00ab
甘氨酸 Gly	0.95 ± 0.00a	0.92 ± 0.10a	0.96 ± 0.00a	0.83 ± 0.03a	0.88 ± 0.03a
丙氨酸 Ala	1.15 ± 0.01b	1.06 ± 0.11ab	1.09 ± 0.00b	0.93 ± 0.04a	1.03 ± 0.03ab
半胱氨酸 Cys	0.19 ± 0.00b	0.19 ± 0.01b	0.19 ± 0.00b	0.17 ± 0.00a	0.17 ± 0.00a
缬氨酸 Val	0.77 ± 0.02a	0.77 ± 0.03a	0.77 ± 0.02a	0.59 ± 0.17a	0.71 ± 0.01a
蛋氨酸 Met	0.31 ± 0.03a	0.35 ± 0.02ab	0.39 ± 0.01b	0.31 ± 0.00a	0.37 ± 0.00b
异亮氨酸 Ile	0.54 ± 0.02ab	0.55 ± 0.02b	0.54 ± 0.02ab	0.47 ± 0.04a	0.49 ± 0.01ab
亮氨酸 Leu	0.92 ± 0.67a	1.40 ± 0.09a	1.36 ± 0.03a	1.17 ± 0.08a	1.21 ± 0.01a
酪氨酸 Tyr	0.57 ± 0.02c	0.55 ± 0.02bc	0.52 ± 0.01b	0.41 ± 0.01a	0.43 ± 0.00a
苯丙氨酸 Phe	1.00 ± 0.07b	1.01 ± 0.06b	1.01 ± 0.02b	0.87 ± 0.04a	0.91 ± 0.00ab
赖氨酸 Lys	0.96 ± 0.02b	0.96 ± 0.07b	0.92 ± 0.01b	0.81 ± 0.05a	0.81 ± 0.00a
组氨酸 His	0.38 ± 0.00bc	0.39 ± 0.02c	0.38 ± 0.00c	0.33 ± 0.02a	0.34 ± 0.00ab
精氨酸 Arg	0.83 ± 0.04b	0.81 ± 0.07b	0.79 ± 0.03b	0.60 ± 0.02a	0.64 ± 0.02a
脯氨酸 Pro	0.84 ± 0.01b	0.80 ± 0.07b	0.75 ± 0.00ab	0.66 ± 0.03a	0.67 ± 0.01a
总氨基酸 TAA	15.59 ± 0.33b	15.73 ± 1.20b	15.51 ± 0.17b	13.19 ± 0.78a	14.00 ± 0.11a

3 结论与讨论

3.1 霉变对霉菌数量的影响

在整个试验期,前 3 d,各试验组霉菌繁殖缓慢,随后各组的霉菌生长基本上为先升高后下降的趋势,且以隔天淋雨霉菌数量最多繁殖最快,其次为连续淋雨 2 次,分别在第 4 天和第 6 天达到霉菌生长的最高峰,淋雨 1 次霉菌数量在 6 d 达到高峰后即快速下降,淋雨 4 次霉菌繁殖速度和数量均比较缓慢,且均低于连续淋雨 2 次和间隔淋雨 3 次,原因可能是霉菌的生长过了其对数生长期,同时霉菌生长的过程中产生大量的热和霉菌毒素抑制了霉菌的继续生长,霉菌生长和消亡的基本规律和魏金涛等^[7]的报道一致,但霉菌发生的时间与其不一致,这可能与水分含量有关。试验中发现,淋雨 1 次时苜蓿中的水分持续下降,连续淋雨 2 次和间隔 3 次水分含量介于中间(20% ~ 28%),淋雨 4 次苜蓿中的水分含量在前 6 d 最高(35% ~ 45%),推测当淋雨 1 次时苜蓿中水分,随着时间推移持续下降,不适合霉菌的繁殖,连续淋雨 4 次则前期水分偏高,抑制了霉菌的生长,后者与齐德生等^[8]的报道有一致的地方,当饲料严重霉变时霉菌数量不能反应霉变的实际情况。

3.2 霉变对苜蓿粗蛋白、粗脂肪、可溶性糖分和 NDF、ADF 含量的影响

霉菌自身不仅不制造营养,而且常通分解饲料

养分供其生长繁殖,另外霉菌消耗营养物质的同时,酵母等也快速繁殖并产生大量的热,使饲料中蛋白质、脂肪、糖分等发生变化,营养成分含量和营养价值大大降低。齐德生等^[8]报道,霉变豆粕气味不良,蛋白质溶解度下降,霉菌总数大幅度升高,但粗蛋白含量无明显改变;陈喜斌等^[9]研究表明,随着豆粕中霉菌的生长,豆粕的粗脂肪含量在逐渐减少,霉菌增长与粗脂肪含量降低有较强的负相关性,霉菌生长对豆粕的粗蛋白含量没有显著影响;Paster N 等^[10]研究表明,在高湿度条件下储藏谷物,其脂肪的含量显著降低,蛋白质的含量变化不显著。本试验中对照组和试验各组的粗蛋白质变化没有明显的规律性,且差异不显著,粗脂肪则随着时间的延长呈现下降趋势,这与前人的报道比较一致。霉变后粗蛋白质均出现了略微升高的趋势,ZHANG Wen-ju 等^[11]报道,微生物生长的过程中能转移底物蛋白到菌体蛋白,分解碳水化合物提供能量,同时释放二氧化碳和水,从而会导致蛋白质相对含量的增加,王晶等^[12]报道,苜蓿在青贮后粗蛋白质和总氮有所提高,认为可能因为青贮后呼吸和发酵作用使干物质有所损失而造成的,但试验中粗蛋白质的增加没有显著性差异。苜蓿中粗脂肪随着霉变的进行呈现下降趋势,尤其是间隔淋雨 3 次和连续淋雨 4 次的 2 个试验组在第 6 天既快速下降,霉变较轻的其他两组则下降缓慢,到了第 14 天,各组均降到最低,其中以连续淋雨 4 次粗脂肪含量最低,这也充分证明了

霉菌数量在严重霉变时并不能代表霉变的实际情况。可溶性糖分在第 6 天均快速下降,其中以淋雨 1 次高于其他试验组,随后即达到一致水平,这可能是因为试验第 6 天是霉菌生长的高峰期,分解大量的可溶性碳水化合物,之后霉菌数量不再升高那么糖分含量也就维持不变。关于霉菌对饲料中 NDF 和 ADF 的直接影响报道并不多,由试验结果可知,饲料的木质化程度在升高,从侧面反映了霉变对可溶性碳水化合物的分解加剧,这与田瑞霞等^[13]的报道有一致的地方,霉菌繁殖较多的试验 2 和试验 3 组 NDF 和 ADF 均表现偏低,推测可能是好养性腐败菌和霉菌分解的缘故,但整体上霉变后饲料品质变差。

3.3 霉变对苜蓿氨基酸含量的影响

霉变后饲料粗蛋白质的含量无明显改变,并不能用来准确的评价饲料的霉变程度,陈喜斌等^[14]研究表明,霉变后饲料中的总氨基酸含量会显著的下降,必需氨基酸 > 非必需氨基酸,其中对蛋氨酸、赖氨酸、丙氨酸和异亮氨酸的影响最大。本试验中蛋氨酸和亮氨酸的含量却呈现升高的趋势,在淋雨次数增加后,除谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸和亮氨酸外,其余氨基酸基本呈现下降趋势,天冬氨酸降幅最大,8 种必需氨基酸中以精氨酸、赖氨酸、苏氨酸和组氨酸受破坏最强;从不同的淋雨次数可以看出,淋雨 1 次和淋雨 2 次霉变较轻,氨基酸变幅较小,当淋雨次数增加到 3 次和 4 次时,氨基酸含量大幅下降,以间隔淋雨 3 次氨基酸破坏最严重,但试验 3、4 之间没有差异显著性。推测当淋雨次数为 1 次和 2 次时,由于空气温度比较高,加上取样时的翻动使得水分快速蒸发,霉菌来不及大量繁殖,即使出现了霉菌生长不足以造成饲料品质的严重破坏;淋雨次数增加到 3 次时,由于是间隔淋雨方式,造就了霉菌生长的最佳环境,所以霉菌得以大量繁殖,饲料品质破坏严重;如果是连续淋雨 4 次,并没有检测到大量的霉菌生长,但是苜蓿的温度明显高于其他组,且出现了腐败菌,这可能抑制了霉菌的生长,但是对饲料品质的损害还是比较大的,其氨基酸含量稍低于间隔淋雨组但差异并不显著。

苜蓿淋雨后霉菌呈 2 次曲线形式繁殖,淋雨 2 次和淋雨 3 次检测到了大量的霉菌繁殖,淋雨 1 次

和连续淋雨 4 次霉菌数量相对较少。淋雨后霉变对粗蛋白质含量没有显著的影响,但造成粗脂肪、可溶性糖分和氨基酸含量的下降,降幅随着淋雨次数的增加而增加。此外,随着霉菌对碳水化合物的分解,苜蓿的木质化程度加剧,NDF 和 ADF 的含量均呈现升高趋势。

参考文献:

- [1] 刘 祥,王彦华. 紫花苜蓿在畜禽养殖中的应用研究[J]. 河南农业科学, 2008(8): 20-23.
- [2] Garaleviciene D, Pettersson H, Augonyte G *et al.* Effects of mould and toxin contaminated barley on laying hens performance and health[J]. Arch Tieremath, 2001, 55(1): 25-42.
- [3] 赵守山,段淑霞. 发霉变质饲料对奶牛的危害[J]. 北方牧业, 2007, 33(6): 81-82.
- [4] 傅 彤. 微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院, 2005.
- [5] 宁开桂. 实用饲料分析手册[M]. 北京:农业出版社, 1993: 36-37.
- [6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2003: 105-111.
- [7] 魏金涛,张妮娅,齐德生. 四种常用饲料原料生霉后品质变化规律研究[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(5): 119-124.
- [8] 齐德生,于炎湖,刘 耘,等. 霉变豆粕的品质研究[J]. 粮食与饲料工业, 1999(1): 25-26.
- [9] 陈喜斌,丁斌鹰,陈 宏. 豆粕霉变过程中品质变化规律的研究[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(1): 65-69.
- [10] Paster N, Lisker N. The nutritional value of moldy grains for broiler chicks [J]. Poultry Science, 1982, 61: 2247-2252.
- [11] ZHANG Wen-ju, XU Zi-rong, SUN Jian-yi, *et al.* Effect of selected fungi on the reduction of gossypol levels and nutritional value during solid substrate fermentation of cottonseed meal [J]. J Zhe jiang Univ SCIENCE B, 2006, 7(9): 690-695.
- [12] 王 晶,周 禾,冯 涛. 红三叶、苜蓿青贮前后蛋白质的变化[J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 34-37.
- [13] 田瑞霞,安 渊,王光文,等. 紫花苜蓿青贮过程中 pH 值和营养物质的变化规律[J]. 草业学报, 2005, 14(3): 82-86.
- [14] 陈喜斌,丁斌鹰,陈 宏. 霉变对豆粕营养价值的影响[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(3): 69-73.