

苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究 ——草产品性能试验研究

李飞飞^{1,2}, 田 雪², 苏德荣², 信金娜¹

(1.北京绿冠集团生态研究所, 北京 100102; 2. 北京林业大学草地资源与生态研究中心, 北京 100083)

摘要 本研究选取 5 个苜蓿品种: 中苜 1 号(M1)、皇冠(M2)、驯鹿 AC(M3)、维多利亚(M4)、CW787(M5)与 2 种运动场常用禾本科草坪草: 高羊茅(H1)、草地早熟禾(H2)分别以不同干重比例相混合。按一定干重混合比混合后的 171 个草样在农业部草产品中心测量其粗蛋白含量(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF), 经推算可以得到每种组合的相对饲用价值(RFV)及粗饲料分级指数(GI)。在牧草生产中, 豆科的苜蓿与禾本科草坪的草屑相结合可作为一种新型的混合草颗粒产品, 对其草产品性能进行分析后, 不仅可以适应不同的市场需求, 同时也对牧草营养全面合理搭配提出了新的途径。目前, 国内还未曾见到类似的相关研究报道。

关键词 苜蓿; 草坪草屑; 干重混合比; 草产品性能

Study on the Model of Alfalfa Planting Combined with Sports Turfgrass—Grass Product Performance Experimental Research

LI Fei-fei^{1,2}, TIAN Xue², SU De-rong², XIN Jin-na¹

(1.Ecological Research Institute, Beijing TopGreen Group Co., Ltd., Beijing 100102, China;

2. Grassland Resources and Ecology Research Center, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study selected five kinds of alfalfa varieties: Zhongmu No.1 (M1), Phabulous (M2), AC Caribou (M3), Victoria (M4), CW787 (M5) and two kinds of sports turfgrass: Tall Fescue (H1), Kentucky Bluegrass (H2), blended with different proportion on a dry weight basis, respectively. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), were measured in 171 mixed grass samples in the Grass Product Center of the Ministry of Agriculture. Each combination of relative forage value (RFV) and roughage grading index (GI) were calculated, respectively. In forage production, the mixed grass samples could be considered as a new grass product. After nutritional value analysis, this new grass product could not only meet different market needs, but also be a new way of forage comprehensive nutrition and reasonable collocation. Currently, similar reports are few in our country.

Keywords: Alfalfa; Turfgrass clippings; Grass mixture ratio; Grass product performance

草产品是指具有一定营养价值且符合一定质量标准，经过加工适合运输的流通商品。草产品的形式多种多样，包括鲜草、干草、青贮与氨化牧草、草粉、草块、草颗粒等^[1]。紫花苜蓿作为牧草之王含有丰富的营养物质，是草产品应用中最适宜的草种。我国目前的草产品主要是指紫花苜蓿草产品^[2]，而草粉、草块、草颗粒在市场上应用较少。目前，我国草产品加工量还不到牧草生产量的 8%，配合饲料用草和出口草产品的数量也较少，因此我国的草产业仍具有巨大的市场发展空间。

本研究尝试将豆科牧草紫花苜蓿与禾本科草坪草干草不同比例混合，分析其混合草产品的性能，既适应了不同的市场需求，也为牧草营养全面合理搭配提出了新的途径，同时，也为运动场草坪与苜蓿种植圈相结合提供了实验依据。目前，国内还未曾见到相关研究报道。

混合草产品作为一种新型草产品，有其独特的优势。首先，混合草产品在传统单一草产品的基础上不仅可以高效的利用紫花苜蓿，同时可以使原本作为废弃草屑的禾本科草坪草有效利用，有利于调控草产品的营养成分，有效防止反刍动物鼓胀病及其他消化系统疾病的发生；其次，在混合草产品的制作过程中，由于外界温度、水分、压力改变的共同作用，淀粉的糊化和生物酶的活性增强，纤维素及脂肪的结构发生变化，可以显著改善草料的适口性，从而提高反刍动物的干物质采食量^[3]。第三，混合草颗粒在减少了家畜的进食时间的同时可以减少环境污染，减轻禾本科草屑累积对草坪的影响。

1 研究区概况与试验设计

1.1 研究区概况

试验取样在北京林业大学科研与生产基地进行。北京地处华北平原北端，北纬 39° 34'，东经 116° 28'，东部平原平均海拔 50 m 左右，西部和北部是连绵不断的太行山脉，为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候，其气候特征为：夏季高温多雨，冬季寒冷干燥。均温 8—12℃，全年无霜期 190—200 d，≥10℃的积温 4200℃；年降水量 600 mm 以上，75%集中在夏季。试验基地地势平坦、开阔，光照、通风条件良好。试验地前茬为粮食作物，土壤耕作历史悠久，土壤熟化程度高，耕层结构良好，肥力较好，环境条件正常，无不良因素影响。

1.2 试验设计

1.2.1 试验材料

试验材料为来自国内外的 5 个苜蓿品种，其中美国品种 2 个，加拿大品种 2 个，中国品种 1 个，品种名称及来源见表 1-1。两种禾本科草坪草为运动场常用草坪高羊茅与草地早熟禾。

表 1-1 供试苜蓿品种

Tab.1-1 Alfalfa varieties for test

品种	拉丁名	来源
中苜 1 号	Zhongmu No.1	中国
皇冠	Phabulous	美国
驯鹿 AC	AC Caribou	加拿大
维多利亚	Victoria	加拿大
CW787	CWNo.787	美国

1.2.2 试验方法

苜蓿取样在初花期进行，用牛皮纸信封封装样品放入烘干机 100℃ 烘干 10 小时，冷却后粉碎机粉碎样品过 40 目筛，禾本科草采取同样方式处理。将中苜 1 号 (M1)、皇冠 (M2)、驯鹿 AC (M3)、维多利亚(M4)、CW787 (M5) 与高羊茅 (H1)、草地早熟禾 (H2) 分别按照 0:1、1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1、1:0 七种草样干重比例混合为 5g 的样品，装入塑封袋，其中仅有禾草 (0:1) 与仅有苜蓿 (1:0) 的干草比例为对照组。每种比例样品三个重复，合计 171 个样品，对每一个样品组合进行草产品性能分析，测定粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维等指标。本试验将苜蓿在混合草产品的比例控制在 50%—75%之间，禾本科草在混合草产品中的比例控制在 25%—50%之间，不仅保证了苜蓿作为主要营养物质的主体地位，同时也尽可能高效利用禾本科草屑。

1.2.3 测定指标和数据处理

在农业部草产品监测中心进行相关指标测定，粗蛋白测定采用 Kjeltec TM 2300 全自动凯氏定氮仪。中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维按范氏(Van Soest)测定方法采用 Fibertec M6 半自动纤维素分析仪测定^[4]。

数据处理采用 SAS9.0 软件进行分析。

2 结果分析

2.1 粗蛋白 (CP)

粗蛋白 (CP) 是影响奶牛产奶量的重要因素，紫花苜蓿本身就是一种高蛋白牧草，优质牧草干草的粗蛋白含量通常在 18%以上，是奶牛良好的蛋白质来源。禾本科草坪草的主要用途是景观绿化与运动场草坪，对其饲用价值研究较少。

经分析，五种苜蓿与两种禾本科草在干重混合比例 1:0 仅有苜蓿的情况下，五种苜蓿的粗蛋白质含量按从高到低的排序依次 M1>M2>M5>M4>M3，含量分别为 27.64%、25.28%、24.34%、23.4%、23.22%。高羊茅 (H1) 和草地早熟禾(H2)是两种常用的禾本科草坪草，在混合比例为 0:1 仅有禾草的情况下，两种禾本科草的的粗蛋白质含量 H1>H2，含量分别为 17.64%、12.45%，H1 比 H2 的粗蛋白质含量高 5.01%，两种禾本科草均未达到牧草要求的粗蛋白质含量。高羊茅显著高于草地早熟禾的粗蛋白含量（见表 2-1）。

2.1.1 同一组合，不同比例

试验结果表明，不同苜蓿品种与禾草 H1 混合时，同一组合不同混合比例情况下，粗蛋白含量不同（见表 2-1）。混合比例为 0:1 时，粗蛋白含量最低，为 17.46%。比例为 1:0 即只存在苜蓿情况下，粗蛋白含量最高。①M1H1 混合比例为 1:1 与 1:1.5 时，粗蛋白含量均为 20.11%，差异不显著。2:1 混合比例下，粗蛋白含量为 21.85%，与 2.5:1 及 3:1 的粗蛋白含量差异不显著。2.5:1 粗蛋白含量为 21.5%，3:1 粗蛋白质含量为 22.24%，3:1 比 2.5:1 的粗蛋白含量高 0.74%，差异显著。②M2H1 混合比例为 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1 时，粗蛋白含量分别为 20.15%、20.36%、20.03%、20.49%，这四种比例之间差异不显著。3:1 的混合比例粗蛋白含量为 22.36%，分别比上述四种比例的粗蛋白含量高 2.21%、2%、2.33%、1.87%，差异显著。③M3H1 在 1:1 时粗蛋白含量为 17.58%，与仅有禾草 H1 的情况相比，仅高出 0.12%，差异不显著。混合比为 1.5:1 和 2:1 时粗蛋白分别为 19.22% 和 20.51%，仅相差 1.29%，差异不显著。混合比为 2.5:1 和 3:1 时粗蛋白分别为 20.73% 和 21.17%，2:1、2.5:1、3:1 三种混合比例差异不显著。④M4H1 在 1:1 时为 17.34%，比 0:1 时略少 0.12%，差异不显著，1.5:1、2.5:1、3:1 混合比例的粗蛋白含量分别 20.69%、20.81%、21.17%，三者之间差异不显著，均显著高于混合比例为 2:1 时的粗蛋白含量 19.33%，分别高出 1.36%、1.48%、1.84%。⑤M5H1 在 1:1 时粗蛋白含量为 17.87%，与 0:1 时比较仅高出 0.41%，差异不显著。混合比例为 2.5:1 时粗蛋白含量为 21.75%，含量仅次于仅含有苜蓿时的比例，分别显著高于 1.5:1、2:1、3:1 比例的粗蛋白，这三种比例的粗蛋白含量分别为 20.08%、20.54%、21.05%。（见表 2-1）

不同苜蓿品种与禾草 H2 混合时，同一组合不同混合比例下粗蛋白含量不同（见表 2-1）。混合比例为 0:1 时，粗蛋白含量最低，为 12.45%。比例为 1:0 时，粗蛋白含量最高。①M1H2 在 2:1 时粗蛋白为 22.92%，显著高于混合比例为 1.5:1 的 21.98%，粗蛋白含量相差 0.94%。比例为 1:1、2.5:1、3:1 粗蛋白分别为 22.16%、22.27%、22.71%，三种比例之间差异不显著。②M2H2 在 1:1 与 1.5:1 时分别为 19.62%、19.00%，差异不显著。比例为 3:1 时为 23.17%，显著高于 2.5:1 比例时的 21.63%，高出 1.54%。比例为 2.5:1 时显著高于比例 2:1 的粗蛋白质 20.41%，高出 1.22%。③M3H2 在 1:1 时为 18.64%，显著低于 1.5:1、2.5:1、3:1 的 20.63%、20.40%、20.10%，2:1 粗蛋白含量为 19.73%。2:1 与 1:1 的粗蛋白含量差异不显著。④M4H2 在 1:1 时为 18.88%，仅高于 0:1 的情况，显著低于其它 5 种比例。2:1 时粗蛋白含量为 21.56%，显著低于 2.5:1 的 22.71%。1.5:1、2.5:1、3:1 三种比例之间粗蛋白含量差异不显著，分别为 21.71%、22.71%、22.23%。⑤M5H2 在 1:1、2.5:1、3:1 时分别为 20.50%、21.29%、21.20%，差异不显著。混合比例为 1.5:1、2:1 时粗蛋白含量为 21.84%、22.25%，差异不显著。（见表 2-1）

2.1.2 同一比例，不同组合

总的来说，五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下，粗蛋白含量随着苜蓿比例的提升逐渐升高（表 2-1）。①混合比例为 1:1 时，M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量为 20.11%、20.15%，差异不显著。M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 17.58%、17.34%、17.87%，差异不显著。M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量分别显著高于 M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量。②混合比例为 1.5:1 时，M1H1、M2H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量分别为 20.11%、20.36%、20.69%、20.08%，差异不显著。M3H1 的粗蛋白质含量为 19.22%，显著低于 M2H1、M4H1。③混合比例为 2:1 时，M3H1、M5H1 的粗蛋白质含

第六届中国苜蓿发展大会

量为 20.51%、20.54%，差异不显著。M2H1、M4M1 的粗蛋白质含量分别为 20.03%，19.33%，差异显著。M1H1 的粗蛋白质含量为 21.85%，显著高于其他四种混合比例。④混合比例为 2.5:1 时，M1H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 21.50%、21.75%，差异不显著。M2H1、M3H1、M4H1 的粗蛋白质含量为 20.49%、20.73%、20.81%，差异不显著。M1H1、M5H1 的粗蛋白质含量分别显著高于 M2H1、M3H1、M4H1。⑤混合比例为 3:1 时，M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量分别为 22.24%、22.36%，差异不显著。M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 21.17%、21.17%、21.05%，差异不显著。M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量显著高于 M3H1、M4H1、M5H1。（表 2-1）

五种苜蓿和禾草 H2 在不同混合比例下的粗蛋白质含量见表 2-1。①比例为 1:1 时，M1H2 粗蛋白质含量为 22.16%，显著高于其他四种组合。M2H2、M5H2 的粗蛋白质含量为 19.62%、20.50%，差异不显著。M2H2、M3H2、M4H2 三种组合之间差异不显著。M5H2 的粗蛋白质含量显著高于 M3H2、M4H2。②比例为 1.5:1 时，粗蛋白质含量最高的三种组合为 M1H2、M4H2、M5H2，蛋白质含量分别为 21.98%、21.71%、21.84%，差异不显著。粗蛋白质含量最低的为 M2H2，为 19.00%，显著低于粗蛋白质含量为 20.63% 的 M3H2。③比例为 2:1 时，五种组合粗蛋白质含量差异显著，M1H2>M5H2>M4H2>M2H2>M3H2，蛋白质含量最高的为 22.92%。④比例为 2.5:1 时，五种组合粗蛋白质含量差异显著，M4H2>M1H2>M2H2>M5H2>M3H2，蛋白质含量最高的为 22.71%。⑤比例为 3:1 时，粗蛋白质含量最高的为 M1H2、M2H2、M4H2，蛋白质含量分别为 22.71%、23.17%、22.23%。粗蛋白质含量最低的是 M3H2，为 20.10%。M4H2 与 M5H2 的粗蛋白质含量差异不显著。（表 2-1）

表 2-1 五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的粗蛋白含量

Tab.2-1 Content of crude protein on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Kjeltec TM 2300.

Mixture	Crude Protein (%) Means±SE						
	0: 1	1: 1	1.5: 1	2: 1	2.5: 1	3: 1	1: 0
M1H1	17.46±0.11aE	20.11±0.13bD	20.11±0.12bcD	21.85±0.08BCc	21.50±0.09Ccd	22.24±0.12aBb	27.64±0.40Aa
M2H1	17.46±0.11aD	20.15±0.21bC	20.36±0.31bC	20.03±0.14Ce	20.49±0.03Ce	22.36±0.63aB	25.28±0.17Ab
M3H1	17.46±0.11aD	17.58±0.71De	19.22±0.34Ccd	20.51±0.03BCd	20.73±0.00Be	21.17±0.05Bc	23.22±0.86Ac
M4H1	17.46±0.11aD	17.34±0.49De	20.69±0.09Bb	19.33±0.02Cf	20.81±0.09Be	21.17±0.33Bc	23.40±0.33Ac
M5H1	17.46±0.11aE	17.87±0.13dEc	20.08±0.20bcD	20.54±0.02CDd	21.75±0.24Bc	21.05±0.36Ccd	24.43±0.17Abc
M1H2	12.45±0.50bD	22.16±0.12aBC	21.98±0.06aC	22.92±0.22aB	22.27±0.34BbC	22.71±0.14aBC	27.64±0.40Aa
M2H2	12.45±0.50bF	19.62±0.11bcDE	19.00±0.53dE	20.41±0.07Dd	21.63±0.05Ccd	23.17±0.37aB	25.28±0.17Ab
M3H2	12.45±0.50bD	18.64±0.43Ccd	20.63±0.36Bb	19.73±0.02BCe	20.40±0.12Be	20.10±0.53Bd	23.22±0.86Ac
M4H2	12.45±0.50bE	18.88±0.31cDd	21.71±0.54aBC	21.56±0.24Cc	22.71±0.11AaB	22.23±0.26aBbC	23.40±0.33Ac
M5H2	12.45±0.50bE	20.50±0.28bD	21.84±0.09aBC	22.25±0.01Bb	21.29±0.02CDd	21.20±0.35bCcD	24.43±0.17Abc

注：a：大写字母同行比较，小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著，出现不同字母表示差异显著，采用 0.05 水平下最小显著差法（LSD）比较差异性。（ $P \leqslant 0.05$ ）。

M1=Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; M2=Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin;

M3= Medicago Sativa L.cv. AC Caribou of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. Victoria of Canada origin; **M5**=Medicago Sativa L.cv. CWNo.787 of American origin; **H1**= Tall Fescue; **H2**= Kentucky Bluegrass; Means are shown \pm standard error of the mean (SE)(n=3).^a within a column and ^A within a row, respectively, numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance ($P \leq 0.05$).

2.2 中性洗涤纤维 (NDF)

奶牛营养学界一直将中性洗涤纤维(NDF)作为表示纤维的指标。营养学上将中性洗涤纤维定义为日粮或饲料中纤维素、半纤维素和木质素之和，是饲料中被动物缓慢消化或不被消化的成分。奶牛日粮中的 NDF 能够通过影响奶牛的采食、咀嚼、反刍，来调节瘤胃中的有机酸、PH、微生物数量^[5]。粗饲料中，纤维素的含量通常为 25%—40%，消化率约为 65%。纤维素有助于唾液的分泌和反刍，缺乏易引起乳脂含量降低和消化紊乱^[6]。对于高产奶牛来说，日粮 NDF 的基本原则是在满足高产奶牛对 NDF 的最小需要量的基础上尽可能减少日粮 NDF 含量。通常 NDF 包含纤维素、半纤维素、木质素。

五种苜蓿与两种禾本科草不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。经分析，在比例 1:0 即仅有苜蓿的情况下，M1 苜蓿的 NDF 含量最低为 33.34%，M3 的 NDF 含量最高为 35.92%，M2、M4 的 NDF 含量分别为 35.30%、33.64%。在比例为 0:1 即仅有禾草的情况下，H1、H2 的 NDF 含量为 53.29%、51.47%，相差 1.82%，差异显著。两种禾本科草种均超出了牧草所要求的纤维素正常含量。(表 2-2)

2.2.1 同一组合，不同比例

本试验结果表明，不同苜蓿品种与禾草 H1 混合时，同一组合不同混合比例下 NDF 含量有所不同(表 2-2)。比例为 1:0 仅有苜蓿时，NDF 含量最低，比例为 0:1 仅有禾草时，NDF 含量最高。①M1H1 在比例 1:1 时，NDF 值为 41.33%，显著高于 2:1、2.5:1、3:1 比例的 NDF 含量。1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 四种比例 NDF 含量分别为 39.77%、39.35%、38.39%、38.33%，差异均不显著。②M2H1 在比例 2.5:1 时，NDF 含量较低，为 35.28%，显著低于 3:1 时的 39.06%。比例为 1:1、1.5:1、2:1 时，NDF 含量分别为 41.55%、40.90%、39.60%，差异不显著。③M3H1 在比例 2:1 时，NDF 含量较低，为 39.68%，显著低于 1:1 时的 44.63%。比例为 1.5:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量分别为 42.37%、43.18%、41.11%，差异不显著。④M4H1 在比例 3:1 时，NDF 含量较低，为 36.67%，显著低于 1:1 时的 43.15%。比例为 1.5:1、2:1、2.5:1 时，NDF 含量分别为 40.03%、40.25%、38.71%，差异不显著。⑤M5H1 在比例 2.5:1、3:1 时，NDF 含量较低，为 41.46%、39.84%，差异不显著。比例 1:1 时 NDF 含量为 45.53%，显著高于 1.5:1 时的 43.88%。1.5:1 与 2:1 时的 NDF 含量差异不显著。(表 2-2)

不同苜蓿品种与禾草 H2 混合时，同一组合不同混合比例下 NDF 含量不同(表 2-2)。比例 1:0 时，NDF 含量最低，比例 0:1 时，NDF 含量最高。①M1H2 在 2:1、2.5:1、3:1 时 NDF 含量较低，为 36.89%、36.91%、38.02%，差异不显著。比例 1:1、1.5:1 时 NDF 含量较高，为 39.96%、38.78%，两者差异不显著。②M2H2 在 3:1 时 NDF 含量为 35.54%，与 1:0 时的 NDF 含量差异不显著，显著低于比例 1.5:1 时的 44.35%。比例 1:1、2.5:1 的 NDF 含量为 41.34%、37.83%，显著相差 3.51%。1.5:1 与 2:1 的 NDF 含量差异不显著。③M3H2 在 1:1 时 NDF 含量较高，为 45.72%。比例为 1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 41.93%、40.65%、41.93%、40.58%，差异不显著。④M4H2 在 1:1 时 NDF 含量为 42.07%，显著高于 2:1 的 NDF 含量 39.81%。比例为 1.5:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 38.19%、38.01%、37.67%，

第六届中国苜蓿发展大会

差异不显著。⑤M5H2 在 1.5:1 时 NDF 含量较高，为 44.04%。比例为 1:1、2:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 42.34%、42.24%、40.83%、41.96%，差异不显著。（表 2-2）

2.2.2 同一比例，不同组合

五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。①混合比例为 1:1 时，M5H1、M3H1 的 NDF 含量较高，为 45.53%、44.63%，差异不显著。M1H1、M2H1、M4H1 的 NDF 含量为 41.33%、41.55%、43.15%，差异不显著。②混合比例为 1.5:1 时，M5H1、M3H1 的 NDF 含量较高，为 43.88%、42.37%，差异不显著。M1H1、M2H1、M4H1 的 NDF 含量为 39.77%、40.90%、40.03%，差异不显著。③混合比例为 2:1 时，M5H1 的 NDF 含量最高，为 44.44%，显著高于其他四种组合。M1H1、M2H1、M3H1、M4H1 的 NDF 含量为 39.35%、39.60%、39.68%、40.25%，差异不显著。④比例为 2.5:1 时，M3H1、M5H1 的 NDF 含量较高，为 43.18%、41.46%。NDF 含量最低的组合为 M2H1，为 35.28%。M1H1、M4H1 的 NDF 含量为 38.39%、38.71%，差异不显著。⑤比例 3:1 时，M4H1 的 NDF 含量最低，为 36.67%，显著低于 M5H1 和 M3H1。M1H1、M2H1、M3H1、M5H1 的 NDF 含量为 38.33%、39.06%、41.11%、39.84%，差异不显著。（表 2-2）

五种苜蓿与禾草 H2 在不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。①比例 1:1 时，M1H2 的 NDF 含量最低，为 39.96%，显著低于 NDF 含量为 45.72% 的 M3H2。M2H2、M4H2、M5H2 的 NDF 含量为 41.34%、42.07%、42.34%，差异不显著。②比例 1.5:1 时，M2H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 44.35%、44.04%，差异不显著。M1H2、M4H2 的 NDF 含量较低，为 38.78%、38.19%，差异不显著。NDF 含量为 41.93% 的 M3H2 与 M5H2 差异不显著。③比例 2:1 时，M1H2 的 NDF 含量最低，为 36.89%，显著低于其它四种组合。M2H2、M3H2、M4H2、M5H2 的 NDF 含量为 43.16%、40.65%、39.81%、42.24%。M2H2 与 M5H2 差异不显著，M3H2 与 M4H2 差异不显著。④比例 2.5:1 时，M3H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 41.93%、40.83%，差异不显著。M1H2、M2H2、M4H2 的 NDF 含量为 36.91%、37.83%、38.01%，差异不显著。⑤比例 3:1 时，M3H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 40.58%、41.96%，差异不显著。M1H2、M2H2、M4H2 的 NDF 含量为 38.02%、35.54%、37.67%，差异不显著。（表 2-2）

表 2-2 五种苜蓿与两种禾本科草不同干重混合比例下的 NDF 含量

Tab.2-2 Content of neutral detergent fiber (NDF) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Fibertec M6.

Mixture	NDF (%) Means \pm SE						
	0: 1	1: 1	1.5: 1	2: 1	2.5: 1	3: 1	1: 0
M1H1	53.29 \pm 0.33Aa	41.33 \pm 0.64Bcd	39.77 \pm 0.40BCdef	39.35 \pm 0.25dC	38.39 \pm 0.80Cd	38.33 \pm 1.01bCcde	33.34 \pm 0.52cD
M2H1	53.29 \pm 0.33Aa	41.55 \pm 0.95Bcd	40.90 \pm 0.34BCcde	39.60 \pm 0.41BCcd	35.28 \pm 1.45De	39.06 \pm 0.64abCcd	35.30 \pm 0.61aD
M3H1	53.29 \pm 0.33Aa	44.63 \pm 0.33aBb	42.37 \pm 0.25aBbCcD	39.68 \pm 0.46cDd	43.18 \pm 1.13aBC	41.11 \pm 1.97abCD	35.92 \pm 0.83aE
M4H1	53.29 \pm 0.33Aa	43.15 \pm 0.53Bbc	40.03 \pm 0.98Cdef	40.25 \pm 0.34Ccd	38.71 \pm 0.40Ccd	36.67 \pm 0.88Dde	33.64 \pm 0.46bcE
M5H1	53.29 \pm 0.33Aa	45.53 \pm 0.61aB	43.88 \pm 0.85abC	44.44 \pm 0.40aBC	41.46 \pm 0.29abD	39.84 \pm 0.75abcD	35.20 \pm 0.15abE
M1H2	51.47 \pm 0.47Ab	39.96 \pm 0.86Bd	38.78 \pm 0.53BCef	36.89 \pm 0.36De	36.91 \pm 0.58Dde	38.02 \pm 0.75CcDde	33.34 \pm 0.52cE
M2H2	51.47 \pm 0.47Ab	41.34 \pm 1.03Ccd	44.35 \pm 1.01aB	43.16 \pm 0.17BbC	37.83 \pm 0.13Dd	35.54 \pm 1.07Ee	35.30 \pm 0.61aE
M3H2	51.47 \pm 0.47Ab	45.72 \pm 0.29aB	41.93 \pm 0.31bCcd	40.65 \pm 0.68Cc	41.93 \pm 0.32abC	40.58 \pm 1.31abCc	35.92 \pm 0.83aD
M4H2	51.47 \pm 0.47Ab	42.07 \pm 0.37Bc	38.19 \pm 1.45CDf	39.81 \pm 0.28Ccd	38.01 \pm 0.12CDd	37.67 \pm 0.35cDde	33.64 \pm 0.46bcE
M5H2	51.47 \pm 0.47Ab	42.34 \pm 0.19Cc	44.04 \pm 0.35aBb	42.24 \pm 0.53bC	40.83 \pm 0.77bCc	41.96 \pm 0.76aC	35.20 \pm 0.15abD

注 a: 大写字母同行比较, 小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著, 出现不同字母表示差异显著, 采用 0.05 水平下最小显著差法 (LSD) 比较差异性。 $(P \leq 0.05)$ 。

M1= Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; **M2**= Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin; **M3**= Medicago Sativa L.cv. **AC Caribou** of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. **Victoria** of American origin; **M5**=Medicago Sativa L.cv. **CWNo.787** of American origin; **H1**= **Tall Fescue**; **H2**= **Kentucky Bluegrass**; Means are shown \pm standard error of the mean (SE)(n=3).^a within a column and ^A within a row, respectively, numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance ($P \leq 0.05$).

2.3 酸性洗涤纤维 (ADF)

目前国际优质苜蓿草的质量标准中要求 ADF 含量 $<30\%$, 虽然 ADF 仅包括纤维素, 木质素, 但 ADF 为木质素的测定奠定了基础, 并与饲料营养物质的消化率有很大关系, 而且在评价饲料有效能值的过程中广泛使用^[7]。在牧草方面, 低的 ADF 含量代表高的净能含量。

五种苜蓿与两种禾本科草在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。经分析, 比例为 1:0, M4 的 ADF 含量最高为 23.26%, M3 次之, 为 20.58%。M2、M5 的 ADF 含量为 17.60%、17.41%, 差异不显著。ADF 含量最低的为 M1, 为 15.48%。比例为 0:1 时, H1 和 H2 的 ADF 的含量为 26.66% 和 22.29%, 差异显著。(表 2-3)

2.3.1 同一组合, 不同比例

不同苜蓿品种与禾草品种 H1 混合时, 同一组合在不同混合比例下 ADF 含量有所不同(表 2-3)。比例 1:0 时, ADF 含量最低, 比例 0:1 时, ADF 含量最高。①M1H1 在比例 1:1、2:1、3:1 时 ADF 含量较低, 为 19.68%、20.31%、19.81%, 差异不显著。ADF 含量在 1.5:1、2.5:1 时为 21.78%、21.82%,

均与 2:1 时的 ADF 含量差异不显著。②M2H1 在比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 20.54%、20.26%、21.14%、20.13%、19.78%，差异不显著。③M3H1 在比例 2:1、3:1 时 ADF 含量较低，为 21.23%、19.50%，差异不显著，与 1:1 时 ADF 含量较高的 24.67% 分别显著相差 3.44%、5.17%。比例 1.5:1、2:1、2.5:1 的 ADF 含量为 22.33%、21.23%、22.69%，差异不显著。④M4H1 在混合比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 25.20%、22.81%、25.08%、23.27%、22.56%。比例 1:1、2:1、2.5:1 的 ADF 含量差异不显著，比例 1.5:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量差异不显著。⑤M5H1 在比例 1:1 时的 ADF 含量较高，为 23.77%。比例 1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 21.42%、21.04%、20.91%、21.10%，差异不显著，分别与 1:1 时的 ADF 含量显著相差 2.35%、2.73%、2.86%、2.67%。(表 2-3)

不同苜蓿品种与禾草品种 H2 混合时，同一组合不同混合比例下 ADF 含量不同(表 2-3)。①M1H2 在比例 1:1、3:1 时 ADF 含量较低，为 18.25%、18.56%。ADF 含量在 1.5:1、2.5:1 时较高，为 20.04%、20.36%，两者差异不显著。2:1 时的 ADF 含量为 19.34%。②M2H2 在混合比例 1.5:1 时 ADF 含量较高，为 22.83%。混合比例 1:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 19.85%、21.06%、18.42%、19.70%，显著少于 1.5:1 时的 ADF 含量。③M3H2 在混合比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 22.59%、21.23%、21.42%、22.02%、21.78%，各比例之间差异不显著。④M4H2 在混合比例 1.5:1、2.5:1 时 ADF 含量较低，为 21.16%、21.00%，差异不显著。混合比例为 1:1、2:1、3:1 时 ADF 含量为 22.96%、22.65%、21.83%，差异不显著。⑤M5H2 在混合比例为 1:1、1.5:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 21.28%、20.85%、21.07%、21.07%，差异不显著。混合比例为 2:1 时，ADF 含量为 20.15%，与 1:1 时显著相差 1.13%。(表 2-3)

2.3.2 同一比例，不同组合，

五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。①混合比例为 1:1 时，M1H1、M2H1 的 ADF 含量较低，为 19.69%、20.54%，差异不显著。M3H1、M4H1 的 ADF 含量为 24.67%、25.20%，差异不显著。M5H1 的 ADF 含量为 23.77%，显著低于 M4H1。②混合比例为 1.5:1 时，M1H1、M3H1、M4H1、M5H1 的 ADF 含量为 21.87%、22.33%、22.81%、21.42%，差异不显著。M2H1 的 ADF 含量为 20.26%，ADF 含量显著低于 M3H1、M4H1。③混合比例为 2:1 时，M4H1 的 ADF 含量最高，为 25.08%。M1H1、M2H1、M3H1、M5H1 的 ADF 含量为 20.31%、21.14%、21.23%、21.04%，差异不显著，均显著低于 M4H1 的 ADF 含量。④混合比例为 2.5:1 时，M2H1、M5H1 的 ADF 含量较低，为 20.13%、21.91%，差异不显著。M3H1、M4H1 的 ADF 含量为 22.69%、23.27%，差异不显著。M1H1 的 ADF 含量为 21.82%，显著低于 M4H1。⑤混合比例为 3:1 时，M4H1、M5H1 的 ADF 含量较高，为 22.56%、21.10%，差异不显著。M1H1、M2H1、M3H1 的 ADF 含量为 19.81%、19.78%、19.50%，差异不显著。M1H1、M2H1、M3H1 的 ADF 含量均显著低于 M4H1。(表 2-3)

五种苜蓿与禾草 H2 在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。①比例 1:1 时，M1H2、M2H2 的 ADF 含量较低，为 18.25%、19.85%，差异显著。M3H2、M4H2 的 ADF 含量为 22.59%、22.96%，差异不显著。M5H2 的 ADF 含量为 21.28%，与 M3H2 差异不显著。②混合比例为 1.5:1 时，M2H2、M3H2、M4H2 的 ADF 含量为 22.83%、21.23%、21.16%，差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量为 20.04%、20.85%，与 M3H2、M4H2 差异不显著，显著低于 M2H2。③混合比例为 2:1 时，M4H2 的 ADF 含量

最高, 为 22.65%。M2H2、M3H2 的 ADF 含量为 21.06%、21.42%, 差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量为 19.34%、20.15%, 差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量显著低于 M4H2。④混合比例为 2.5:1 时, M2H2 的 ADF 含量最低, 为 18.42%。M1H2、M4H2、M5H2 的 ADF 含量为 20.36%、21.00%、21.07%, 差异不显著。M2H2 的 ADF 含量显著低于 M3H2 的 22.02%。⑤混合比例为 3:1 时, M1H2、M2H2 的 ADF 含量为 18.56%、19.70%, 差异不显著。M3H2、M4H2、M5H2 的 ADF 含量为 21.78%、21.83%、21.07%, 差异不显著。M1H2 的 ADF 含量显著低于 M3H2、M4H2、M5H2。(表 2-3)

表 2-3 五种苜蓿与两种禾本科草不同干重混合比例下的 ADF 含量

Tab.2-3 Content of acid detergent fiber (ADF) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Fibertec M6.

Mixture	ADF (%) Means±SE						
	0: 1	1: 1	1.5: 1	2: 1	2.5: 1	3: 1	1: 0
M1H1	26.66±0.30Aa	19.68±0.98Cf	21.87±0.55aBbc	20.31±0.53BCdef	21.82±0.50Bbc	19.81±0.25bCcde	15.48±0.17Dd
M2H1	26.66±0.30Aa	20.54±0.55Bef	20.26±0.73Bcd	21.14±0.18Bcde	20.13±0.62Bd	19.78±0.80Bbcd	17.60±0.67Cc
M3H1	26.66±0.30Aa	24.67±0.42aBb	22.33±0.81abCD	21.23±0.32CcDdE	22.69±0.64abC	19.50±0.35dEe	20.58±1.00bDE
M4H1	26.66±0.30Aa	25.20±0.47AaB	22.81±0.40aC	25.08±0.77AaB	23.27±0.15aBC	22.56±1.31aC	23.26±0.23aBC
M5H1	26.66±0.30Aa	23.77±0.26Bbc	21.42±0.66abCcd	21.04±0.17Ccde	20.91±0.09Ccd	21.10±0.79abCcd	17.41±0.20cD
M1H2	22.29±0.09Ab	18.25±0.24Eg	20.04±0.24BCd	19.34±0.14CDf	20.36±0.15Bd	18.56±0.54DEe	15.48±0.17dF
M2H2	22.29±0.09ABb	19.85±0.38CDF	22.83±0.26Aa	21.06±0.16BCcde	18.42±0.97DEc	19.70±0.30CcDdc	17.60±0.67cE
M3H2	22.29±0.09ABb	22.59±0.18Acd	21.23±0.39AaBbcd	21.42±0.21ABC	22.02±0.29AaBbc	21.78±0.98AaBbc	20.58±1.00Bb
M4H2	22.29±0.09ABbC	22.96±0.45ABC	21.16±0.80abCcDd	22.65±0.18ABb	21.00±0.18cDd	21.83±0.49aBbCD	23.26±0.23AA
M5H2	22.29±0.09Ab	21.28±0.23Bde	20.85±0.54BbCcd	20.15±0.15Cef	21.07±0.24BCcd	21.07±0.44aBbCcd	17.41±0.20cD

注: a: 大写字母同行比较, 小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著, 出现不同字母表示差异显著, 采用 0.05 水平下最小显著差法 (LSD) 比较差异性。 $(P \leq 0.05)$ 。

M1= Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; **M2**= Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin; **M3**= Medicago Sativa L.cv. **AC Caribou** of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. **Victoria** of American origin; **M5**=Medicago Sativa L.cv. **CWNo.787** of American origin; **H1**= **Tall Fescue**; **H2**= **Kentucky Bluegrass**; Means are shown ±standard error of the mean (SE)(n=3).^a within a column and ^A within a row, respectively, numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance ($P \leq 0.05$).

2.4 相对饲喂值 (RFV) 与饲料分级指数 (GI)

相对饲喂值 (RFV) 是一种用于比较测定苜蓿干草或青贮苜蓿质量的指数, 常常将全花期苜蓿干草的 RFV 值设定为 100%。RFV 是由苜蓿干草或青贮苜蓿的酸洗纤维和中洗纤维计算而得。苜蓿干草、青贮苜蓿的粗蛋白含量并不反映在相对饲喂值中。在同类的干草中, RFV 越大, 饲草的质量越好。苜蓿通常含有较少的纤维, 因此苜蓿干草比相同成熟阶段的禾本科干草具有较高的相对饲喂值。RFV 是纤维素含量的一个反应指标, 粗蛋白则是含氮量的一个反应指标, 在决定为奶牛买哪一种苜蓿干草、

第六届中国苜蓿发展大会

青贮苜蓿时，蛋白含量的重要性对纤维含量来说仅次于第二位。在评价青贮苜蓿或者苜蓿干草时，相对饲料值越高，苜蓿干草、青贮苜蓿的质量越好。目前国际优质苜蓿的质量标准要求相对饲喂价值高于 150。

RFV 计算公式为： $RFV=DMI(\%BW) \times DDM(\%DM)/1.29^{[8]}$

其中：DMI 为粗饲料干物质随意采食量，单位为%BW；DDM 为可消化干物质，单位为%DM。

1.29 是基于大量动物试验数据所预测的盛花期苜蓿 DDM 的采食量，单位为%BW；除以 1.29，目的是使盛花期的苜蓿 RFV 值为 100，BW 为奶牛体重，DW 为干物质。DMI 的预测模型为： $DMI(\%BW)=120/NDF(\%DM)$ ；DDM 的预测模型为： $DDM(\%DM)=88.9-0.779ADF(\%DM)$

RFV 值越大，表明饲料的营养价值越高。RFV 的优点是其参数预测模型是一种比较简单实用的经济模型，只需在实验室测定饲料的 NDF、ADF 和 DM 即可计算出某粗饲料的 RFV 值。RFV 目前仍在美国粗饲料的管理、生产、流通和交易等各个领域广泛使用，牧草种子生产者也使用 RFV 反映品种的改良进展。RFV 的缺点是只对粗饲料进行了简单的分级，没有考虑粗饲料中粗蛋白质含量的影响，无法利用其进行粗饲料的科学组合和合理搭配。

经分析，五种苜蓿与两种禾本科草不同组合不同比例下的 RFV 如表 2-4 所示。在混合比例为 1:0 仅有苜蓿时，RFV 含量按从高至低的顺序为 M1>M5>M2>M4>M3。混合比例为 0:1 仅有禾草时，RFV 的含量 H2>H1。M1H1 随着苜蓿含量的增多 RFV 逐渐升高。M2H1 在混合比例为 3:1 时的 RFV 值 175.01 低于 2.5:1 时的 RFV 值 193.07。M3H1 在混合比例为 2:1 时的 RFV 值 169.66，高于 2.5:1 与 3:1 时的 RFV 值。M4H1 在混合比例为 1.5:1 时的 RFV 值 165.29，高于 2:1 的 160.31。M5H1 在混合比例为 1.5:1 时的 RFV 值为 153.10，高于 2:1 时的 151.79。M1H2 在混合比例为 2:1 时的 RFV 值较高，为 186.17。M2H2 在混合比例 1:1 时的 RFV 值为 165.25，高于 1.5:1 及 2:1 的 RFV 值。M3H2 在混合比例 1.5:1 时的 RFV 值高于 2.5:1 时的 RFV 值，2:1 高于 3:1 时的 RFV 值。M4H2 在混合比例 1.5:1 时的 RFV 值高于 2:1 时的 RFV 值。M5H2 在混合比例 1:1 时的 RFV 值高于 1.5:1 时的 RFV 值，2.5:1 高于 3:1 时的 RFV 值。（见表 2-4）

混合比例 1:1 时，RFV 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例为 1.5:1 时，RFV 值最高的为 M4H2，最低的为 M2H2；混合比例 2:1 时，RFV 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例 2.5:1 时，RFV 值最高的为 M2H1，最低的为 M3H1；混合比例为 3:1 时，RFV 值最高的为 M2H2，最低的为 M5H2。（见表 2-4）

表 2-4 五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的 RFV

Tab.2-4 Relative feed value (RFV) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively

Mixture	RFV						
	0:1	1:1	1.5:1	2:1	2.5:1	3:1	1:0
M1H1	118.92	165.58	168.09	172.78	174.24	178.32	214.40
M2H1	118.92	163.22	166.28	170.13	193.07	175.01	198.16
M3H1	118.92	145.22	157.00	169.66	153.43	166.81	188.69
M4H1	118.92	149.34	165.29	160.31	170.09	180.92	195.75
M5H1	118.92	143.82	153.10	151.79	162.90	169.19	199.09
M1H2	129.29	173.88	175.79	186.17	184.09	182.11	214.40
M2H2	129.29	165.25	149.17	156.26	183.33	192.53	198.16
M3H2	129.29	145.06	160.56	165.25	159.18	164.91	188.69
M4H2	129.29	157.02	176.40	166.49	177.55	177.54	195.75
M5H2	129.29	158.92	153.48	161.21	165.14	160.71	199.09

卢德勋（2001）在继承 RFV 基础上，提出了粗饲料评定指数 GI^[9]。GI 的特点是综合了影响粗饲料品质的蛋白质和难以消化的纤维物质两大主要指标及其有效能(在绵羊和育肥牛为 ME, 奶牛为 NEL), 并引入动物对该种粗饲料的 DMI, 克服了现行粗饲料评定指标的单一性和脱离动物反应的片面性, 全面、准确地反映粗饲料的实际饲用价值。

$$GI(Mcal)=ME(Mcal/kg) \times DMI(kg/d) \times CP(\%DM)/ NDF(或 ADL)(\%DM)$$

其中, GI 为粗饲料分级指数, 单位为 Mcal; ME 为粗饲料代谢能, 单位为 Mcal/kg; ME 的估测模型 (张吉鹏, 2004) 为 $ME=4.2014+0.0236ADF+0.1794CP$ 。DMI 为粗饲料干物质随意采食量, 单位为 kg/d; CP(%DM)为粗蛋白质占干物质的百分比; NDF(%DM)为中性洗涤纤维占干物质的百分比; ADL(%DM)为酸性洗涤木质素占干物质的百分比。通常认为 $GI>15Mcal$ 为优质牧草。

五种苜蓿与两种禾本科草不同组合不同比例下的 GI 值如表 2-5 所示。经分析, 在混合比例为 1:0 仅有苜蓿时, GI 含量按从高至低的顺序为 M1>M2>M4>M5>M3。混合比例为 0:1 仅有禾草时, GI 的含量 H1>H2。M1H1 随着苜蓿含量的增多 GI 值逐渐升高。M2H1 在混合比例为 3:1 时的 GI 值 15.27 低于 2.5:1 时的 GI 值 16.50。M3H1 在混合比例为 2:1 时的 GI 值 13.10, 高于 2.5:1 与 3:1 时的 GI 值。M4H1 在混合比例为 1.5:1 时的 GI 值 13.10, 高于 2:1 的 11.83。M5H1 随着苜蓿含量的最多 GI 值逐渐升高。M1H2 在混合比例为 2:1 时的 GI 值较高, 为 17.72。M2H2 在混合比例 1:1 时的 GI 值为 11.28, 高于 1.5:1 及 2:1 的 GI 值。M3H2 在混合比例 1.5:1 时的 GI 值高于 2.5:1 时的 GI 值, 2:1 高于 3:1 时的 GI 值。M4H2 在混合比例 1.5:1 时的 GI 值高于 2:1 时的 GI 值。M5H2 在混合比例 2.5:1 时的 GI 值高于 3:1 时的 GI 值。(见表 2-5)

混合比例 1:1 时, GI 值最高的为 M1H2, 最低的为 M5H1; 混合比例为 1.5:1 时, GI 值最高的为

第六届中国苜蓿发展大会

M4H2，最低的为 M2H2；混合比例 2:1 时，GI 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例 2.5:1 时，GI 值最高的为 M4H2，最低的为 M3H1；混合比例为 3:1 时，GI 值最高的为 M2H2，最低的为 M5H2。（见表 2-5）

表 2-5 五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的 GI 含量

Tab.4-5 Content of grading index(GI) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties

Mixture	GI(Mcal)						
	0:1	1:1	1.5:1	2:1	2.5:1	3:1	1:0
M1H1	5.88	11.69	12.70	14.57	15.01	15.73	28.43
M2H1	5.88	11.63	12.16	12.71	16.50	15.27	22.29
M3H1	5.88	8.40	10.51	13.10	11.28	12.72	19.12
M4H1	5.88	8.84	13.10	11.83	14.14	16.12	22.20
M5H1	5.88	8.24	10.40	10.46	13.05	13.49	21.28
M1H2	3.92	14.33	15.11	17.72	17.02	16.43	28.43
M2H2	3.92	11.28	9.45	10.99	15.45	19.43	22.29
M3H2	3.92	8.65	11.83	11.81	11.67	12.19	19.12
M4H2	3.92	10.41	15.36	14.04	16.55	16.37	22.20
M5H2	3.92	11.50	11.63	12.97	13.05	12.28	21.28

3 讨论与结论

要获得混合草颗粒，必须根据苜蓿与草坪草刈割的时间确定。刈割获得的鲜草需要制作成草颗粒的苜蓿量要及时进行烘干处理，其它可以进行青贮或其它处理。运动场修剪下的草屑也需及时进行烘干处理。由于苜蓿与草坪草的健康生长都需要施用一些常规的肥料，农药的残留有可能对草产品的品质产生影响，尤其是对草坪草而言，在尽量减少农药肥料的前提下，还需进行农药残留分析来确定草屑的品质是否达标^[10-11]。

苜蓿收获的最佳时期是现蕾期至初花期。根据苜蓿的生长规律和生长周期，入冬前苜蓿根部会贮存大量的碳水化合物，正是这些碳水化合物才成为苜蓿越冬和春天返青再生长或刈割后再生的能量来源，这些能量可以维持到植株再生到株高的 15—20 厘米。在 15—20 厘米的株高时，苜蓿会利用地上植株的光合作用将合成的碳水化合物输送到根部进行存储，到了开花初期达到最大值。此时刈割，地上部分营养价值较好，产量也高，而且根部贮存的能量为苜蓿的再生提供能量保证，也能保证下一茬草的良好生长和产量。结合对内蒙古紫花苜蓿的实地调查，紫花苜蓿在每年的四月中旬返青，六月初第一茬刈割，七月中旬第二茬刈割，八月底第三茬刈割。干草调制后必须进行打捆贮藏，这样可以最大限度的减少营养物质的损耗及浪费^[10,12]。运动场的草坪大多选用多年生禾草，草坪草的特点是植株细小、草种单一、群落致密，需要经常修剪，修剪草坪要遵守 1/3 原则^[13]，修剪后草屑应根据不同

草种进行分类收集。

目前国际优质苜蓿草的质量标准是，粗蛋白高于 18%，酸性洗涤纤维低于 30%，中性洗涤纤维低于 40%，相对饲用价值高于 150。苜蓿是优质的粗饲料，营养价值全面，禾本科草坪草与苜蓿进行混合制粒可以改善奶牛瘤胃内的发酵环境，大大提高禾本科草的消化率和利用率，另外也可以减缓苜蓿饲料的市场紧缺的现状。

NDF 含量反映了饲草潜在的采食量，饲草料中的 NDF 可以用来确定采食量的高低，采用 NDF 含量较高的饲草料时，瘤胃的充满程度直接限制采食量，反之，可以提高采食量。ADF 含量反映了奶牛能够从饲草中获得的能量数量和消化率。随着纤维含量（ADF 和 NDF）的增加，消化率、能量含量和潜在的饲草采食量减少，这些变化最终影响了生产性能和牛奶单产；奶牛日粮的粗蛋白含量是影响奶牛产奶量的重要因素。高产奶牛日粮的中性洗涤纤维需要量通常是一个范围，过高则会因为肠道的填充作用而影响干物质采食量，降低产奶净能和粗蛋白的摄入量，进而降低产奶量；过低则不能维持奶牛正常的咀嚼和反刍活动，有可能导致瘤胃慢性中毒等代谢疾病，也可能降低乳脂率。

本研究中，在特定的组合或混合比例下，禾本科草并不是仅发挥辅助作用，在某些禾本科草含量相对多的情况下，营养价值反而更高，这可能与干草的粉碎及处理有关系。另外，饲料的适口性受多个因素的影响和限制，包括饲草料自身的特性、试验动物的个体差异和环境因素，而采食量决定维持动物的健康和生产需要的养分的数量^[14]。

总的来说，不同组合不同比例的牧草与草坪草草屑干草混合可以适应不同的市场需要，营养价值高、性能好的混合草产品在牲畜饲料中可广泛推广运用。这种新型草产品，显然是一种创新产品，在国内，尚未有相关研究报道。

参考文献（略）