

# 饲粮不同营养水平对伊犁马妊娠后期体重、 消化代谢及分娩后初乳成分的影响

王贤东, 于全平, 方美烟, 杨光, 陈勇\*

(新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本试验旨在研究饲喂不同消化能(DE)、粗蛋白质(CP)饲粮对妊娠后期伊犁马的体重、营养物质表观消化代谢、初乳成分及乳脂脂肪酸组成的影响, 以确定妊娠后期伊犁马对 DE、CP 的需要量。选取年龄 12~13 周岁、体重为(380±48) kg、胎次为 5 到 6 胎, 处于妊娠后期的伊犁马 25 匹, 经完全随机试验设计分为 5 组(组 I, II, III, IV 和 V), 每组 5 匹马。从组 I~V, 能量饲喂水平分别为 91.28、96.72、102.16、107.61 和 113.05 MJ·d<sup>-1</sup>; 粗蛋白质饲喂水平分别为 0.92、0.99、1.06、1.13 和 1.20 kg·d<sup>-1</sup>。预饲期 10 d, 正饲期 20 d。消化代谢试验结束后及分娩后分别称量体重, 采集初乳测定乳成分和脂肪酸的组成。结果表明, 饲喂不同营养水平饲粮对妊娠后期伊犁马体重、平均日增重、营养物质的表观消化率、氮、磷和能量的代谢、初乳中脂肪、蛋白质、总固形物含量及体细胞数均无显著影响( $P>0.05$ )。但是, 随饲粮 DE、CP 水平的增加, 可消化 Ca 利用率呈显著的线性和二次升高( $P<0.05$ )。饲粮 III、IV 和 V 组乳糖含量显著高于饲粮 II 组( $P<0.05$ )。此外, 研究发现伊犁马初乳中主要的饱和脂肪酸为棕榈酸, 主要的不饱和脂肪酸为油酸和亚油酸。随着 DE、CP 水平增加, 初乳中多不饱和脂肪酸呈极显著的线性升高( $P<0.01$ )。由此可见, DE 和 CP 饲喂水平为 91.28 MJ·d<sup>-1</sup> 和 0.92 kg·d<sup>-1</sup> 已能满足伊犁马妊娠后期的营养需要, 增加饲粮 DE、CP 水平可提高初乳中多不饱和脂肪酸含量。

**关键词:** 伊犁马; 妊娠后期; 消化能; 粗蛋白质; 消化; 代谢; 初乳

中图分类号: S821; S816.11

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2017)02-0272-08

## Effects of Dietary Nutrient Levels on Body Weight, Nutrient Digestion and Metabolism, and Colostrum Composition of Yili Mares during Late Pregnancy Period

WANG Xian-dong, YU Quan-ping, FANG Mei-yan, YANG Guang, CHEN Yong\*

(College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of diets with different dietary digestible energy (DE) and crude protein (CP) on the body weight (BW), nutrients apparent digestibility and metabolism, colostrum composition and fatty acid profile of milk fat of Yili mares during late pregnancy period, to determine requirements of dietary DE and CP of Yili mares during late pregnancy period. Twenty-five Yili mares aged 12-13 years old with BW (380±48) kg, parity of 5-6 in late pregnancy were selected, and were randomly divided into 5 groups (group I, II, III, IV and V), each group with 5 repeats. From group I to V, daily supplied DE were 91.28, 96.72, 102.16, 107.61 and 113.05 MJ·d<sup>-1</sup>, respectively; CP were 0.92, 0.99, 1.06, 1.13 and 1.20 kg·d<sup>-1</sup>. The adaptation period was 10 d, and the trial period lasted for 20 d. BW were weighted at the end of the trial period and after parturition. Colostrums were collected, and milk composition and fatty acid profile were detected. The results showed that there were no sig-

收稿日期: 2016-05-31

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAD45B02)

作者简介: 王贤东(1990-), 男, 新疆霍城人, 硕士生, 主要从事草食动物生产的研究, E-mail: 348233658@qq.com

\* 通信作者: 陈勇, 教授, 博士, E-mail: xjauy@163.com

nificant differences in BW, average daily gain, nutrients apparent digestibility, metabolism of nitrogen, phosphorus and gross energy, and contents of milk fat, protein, total solids and somatic cell count among the 5 groups ( $P>0.05$ ). However, with the increasing of dietary DE and CP levels, the availability of digestible Ca increased linearly and quadratically ( $P<0.05$ ). Lactose content of group III, IV and V were significant higher than that of group II ( $P<0.05$ ). The main saturated fatty acid in mares colostrum was palmitic acid, and the main unsaturated fatty acids were oleic acid and linoleic acid. With the increasing of dietary DE and CP levels, the contents of the polyunsaturated fatty acids (PUFA) in colostrum increased linearly ( $P<0.01$ ). It is concluded that DE and CP feeding levels of  $91.28 \text{ MJ} \cdot \text{d}^{-1}$  and  $0.92 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$  are able to meet the requirement of Yili mare in the late pregnancy, and further increasing the dietary DE and CP levels can improve the content of PUFA in colostrum.

**Key words:** Yili mares; late pregnancy period; DE; CP; digestion; metabolism; colostrum

伊犁马作为中国著名的培育品种, 主要分布在新疆伊犁地区。其骑乘速力和持久力、产奶性能和产肉性能表现突出, 抗病力和适应性强。马妊娠后期正值冬春季交替时期, 饲草料资源缺乏。倘若母马在此阶段未能得到良好的营养供给, 将直接影响初生马驹后天的生长发育。其次, 饲料原料的合理搭配和营养物质的适宜比例不仅能提高营养物质的利用效率, 还可减少对环境的污染, 并降低养殖生产的成本。消化能(DE)和粗蛋白质(CP)是动物最重要的两种营养素。当日粮 CP 不足时, 易引起胎儿流产及泌乳期体重明显下降<sup>[1]</sup>。在妊娠后期, 提高饲料 DE 和 CP 水平后, 胰岛素样生长因子 I 和游离脂肪酸水平下降, 而肌酐和尿素氮水平增加, 表明饲料 DE 和 CP 水平影响伊犁马妊娠后期蛋白质和脂肪代谢<sup>[2]</sup>。妊娠后期胎儿快速发育, 是马妊娠阶段对营养物质需要量最大的时期。因此, 对该阶段马的营养需要开展研究具有重要意义。NRC (2007)<sup>[3]</sup>给出了不同体重和不同生理阶段马匹主要营养的最低需要量, 为我国马的饲养提供了重要参考。但靳伟星等<sup>[4]</sup>研究发现, 400 kg 体重的伊犁马泌乳后期对 DE 和 CP 的最佳需要量分别是  $108.05 \text{ MJ} \cdot \text{d}^{-1}$  和  $1419.32 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ , 明显高于美国 NRC (2007)报道的水平。这表明马的品种不同, 对营养物质的需要量也存在显著差异。

本试验旨在研究饲喂不同 DE、CP 水平的饲料对妊娠后期伊犁马的体重、营养物质消化代谢、初乳成分及脂肪酸组成的影响, 为确定伊犁马的 DE 和 CP 的需要以及建立标准化饲养体系提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物及饲料

选取圈养于伊犁哈萨克自治州昭苏马场无亲缘关系、年龄 12~13 周岁、体重为  $(380 \pm 48) \text{ kg}$ 、胎次为 5~6 胎, 处于妊娠后期(妊娠第 9~10 月龄)的伊犁马 25 匹, 采用完全随机试验设计分为 5 个试验组, 每组 5 匹马。参照美国 NRC(2007)<sup>[3]</sup>的标准, 按照成熟体重为 400 kg 母马妊娠后期日营养需要量设计了 5 种饲料。饲料组成及营养供给水平见表 1。

### 1.2 饲养管理

马匹的饲喂方法按照单栏、定时定量、少给勤添及先粗后精的原则饲喂。粗饲料分 4 次饲喂, 即每天 02:00、09:30、13:30 和 18:00 分别饲喂 5.00、2.00、1.50 和 1.50 kg; 精料补充料每天饲喂 2 次, 即 11:30 和 20:00 各饲喂 1.50 kg, 自由饮水。为保证妊娠后期足够的运动量, 除饲喂及消化代谢试验期间外, 其余时间马匹在运动场自由活动。

### 1.3 样品及数据采集

1.3.1 粪便和尿液的收集 试验预饲期 10 d, 从第 11 天开始, 进入消化代谢试验期至第 30 天结束。消化试验采用全收粪法记录每天的排粪量, 采用专门的孕马尿收集装置收集每天的排尿量。为防止母马在马厩中长时间站立而引发流产, 每个采样周期为连续采样 2 d, 停止 2 d, 共 3 个采样周期。将采样期每匹马当日的粪便和尿液分别混匀后, 粪便采集  $200 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ , 尿液经两层纱布过滤后采集  $80 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。粪便样本经处理后自然阴干, 尿液样本置于  $-20^\circ\text{C}$  冰箱冷冻保存。同一马匹 3 个采样周期

表1 饲粮组成及营养水平(饲喂基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (as-fed basis)

%

项目 Item	饲粮 Diet				
	I	II	III	IV	V
饲粮组成 Diet composition					
草原干草 Pasture hay	46.15	46.15	46.15	46.15	46.15
小麦秸秆 Wheat straw	30.77	30.77	30.77	30.77	30.77
玉米 Corn	9.23	12.31	11.54	6.54	2.72
大麦 Barley	7.67	3.85	1.94	5.97	8.18
麸皮 Wheat bran	3.85	2.31	3.08	2.00	1.54
豆粕 Soybean meal	1.54	3.62	5.27	7.06	8.85
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00
石粉 Limestone	0.06	0.03	0.06	0.05	0.04
赖氨酸盐酸盐 Lys hydrochloride	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00
食盐 NaCl	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
大豆油 Soybean oil	0.00	0.25	0.55	0.82	1.11
矿物质预混料 <sup>1)</sup> Mineral premix	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
维生素预混料 <sup>2)</sup> Vitamin premix	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养供给水平 <sup>3)</sup> Daily supplied nutrients					
消化能/(MJ·d <sup>-1</sup> ) DE	91.28	96.72	102.16	107.61	113.05
粗蛋白质/(kg·d <sup>-1</sup> ) CP	0.92	0.99	1.06	1.13	1.20
赖氨酸/(g·d <sup>-1</sup> ) Lys	38.36	38.41	40.50	45.19	49.95
钙/(g·d <sup>-1</sup> ) Ca	36.09	35.93	36.00	36.00	36.14
磷/(g·d <sup>-1</sup> ) P	26.34	26.34	26.31	26.26	26.59

<sup>1)</sup>. 每千克矿物质预混料中含有: 钴 13 mg, 铜 3 300 mg, 碘 100 mg, 锰 10 g, 硒 27 mg, 锌 10 g, 铁 13 g. <sup>2)</sup>. 每千克维生素预混料中含有: 维生素 A 800 kIU, 维生素 D 88 kIU, 维生素 E 21 kIU, 维生素 B<sub>1</sub> 800 mg, 维生素 B<sub>2</sub> 530 mg. <sup>3)</sup>. 营养供给水平均为计算值

<sup>1)</sup>. Per kg mineral premix contained: Co 13 mg, Cu 3 300 mg, I 100 mg, Mn 10 g, Se 27 mg, Zn 10 g, Fe 13 g. <sup>2)</sup>. Per kg vitamin premix contained: VA 800 kIU, VD 88 kIU, VE 21 kIU, VB<sub>1</sub> 800 mg, VB<sub>2</sub> 530 mg. <sup>3)</sup>. Nutrient supply levels are calculated values

所取样本混合为 1 个样品用于常规营养成分的分析。

1.3.2 饲草料及剩草料的收集 在试验期的第 10、14 和 18 天采集饲草料各 100 g; 记录每天剩草料重量并采集 100 g。饲草料于密封袋中室温保存。

1.3.3 初乳样品的采集 在试验期母马产驹后 12 h 内将母马固定, 经马驹引诱后弃去前 3 把乳液后采集初乳 100 mL, 于 -20 °C 冰箱冷冻保存待测。

#### 1.4 测定指标及方法

1.4.1 体重的测定 包括母马试验期始重、末重(第 30 天)及分娩后重, 计算日增重。

1.4.2 常规营养成分的测定 饲草料、剩草料及粪中的干物质(DM)、有机物(OM)、粗蛋白质(CP)、总能(GE)、中性洗涤纤维(NDF)、钙(Ca)、磷

(P)等含量与尿样中 CP、GE、Ca、P 的含量参照张丽英<sup>[5]</sup>的方法测定。

1.4.3 初乳测定指标及方法 取 50 mL 初乳样品, 充分摇匀后采用 Foss 4000 乳成份测定仪测定乳蛋白质、乳脂肪、总固形物、乳糖含量, 采用 Foss 5000 体细胞计数仪测定体细胞数(SCC)。取 1.0 mL 马乳, 酯化后采用岛津 GC 2010 气相色谱仪, 以面积归一法计算乳中脂肪酸的相对百分比含量<sup>[6]</sup>。

#### 1.5 数据分析

数据采用 SPSS 18.0 进行单因子方差分析, 数据模型为  $X_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$ , 其中  $X_{ij}$  为观察值,  $\mu$  为总体均值,  $\alpha_i$  ( $i=1 \cdots 5$ ) 为饲粮效应,  $\epsilon_{ij}$  为误差; 同时分析不同营养水平的线性和二次效应。显著水平为

$0.01 < P < 0.05$ , 极显著水平为  $P < 0.01$ 。

## 2 结果

### 2.1 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马体重的影响

由表 2 可知, 伊犁马妊娠后期饲喂不同 DE/CP 水平的饲料对各组间母马初始体重、末重、平均日增重、分娩后体重无显著影响 ( $P > 0.05$ )。但随着饲料 DE/CP 水平的增加, 母马的平均日增重有线性

表 2 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马体重的影响

Table 2 Effects of dietary nutrient levels on body weight of Yili mares during late pregnancy

项目 Item	饲料 Diet					SEM	P 值 P-value		
	I	II	III	IV	V		M	L	Q
初始体重 Initial BW	380.80	380.40	380.00	380.80	381.00	6.90	1.000	0.988	0.970
末重 Final BW	420.30	423.50	407.80	409.20	409.60	6.31	0.918	0.464	0.841
平均日增重 ADG	1.32	1.44	0.93	0.95	0.95	0.09	0.221	0.060	0.679
分娩后体重 BW after parturition	377.20	372.50	380.00	378.65	388.80	5.42	0.930	0.484	0.673

同行无肩标字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。M. 主效应; L. 线性效应; Q. 二次效应。下表同

In the same row, values with no letter mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). M. Main effect; L. Linear effect; Q. Quadratic effect. The same as below

表 3 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马营养物质表观消化率的影响

Table 3 Effects of dietary nutrient levels on the nutrients apparent digestibility of Yili mares during late pregnancy

项目 Item	饲料 Diet					SEM	P 值 P-value		
	I	II	III	IV	V		M	L	Q
干物质 DM	57.21	56.40	55.77	57.91	59.66	1.13	0.865	0.459	0.441
有机物 OM	57.97	57.44	56.74	59.63	61.43	1.13	0.726	0.287	0.412
粗蛋白 CP	60.11	72.15	62.11	64.01	64.80	1.41	0.059	0.889	0.322
总能 GE	54.84	54.04	53.35	56.74	58.67	1.21	0.663	0.253	0.371
中性洗涤纤维 NDF	44.92	40.15	43.83	48.31	50.48	1.63	0.318	0.104	0.286
钙 Ca	56.60	54.58	51.82	58.53	52.32	1.69	0.722	0.715	0.942
磷 P	36.99	30.30	31.29	31.40	30.96	1.69	0.758	0.393	0.443

### 2.3 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马营养物质代谢的影响

由表 4 可知, 饲喂不同 DE/CP 水平的饲料对伊犁马妊娠后期 N、GE、Ca 和 P 的表观保留率无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 各组间 N、GE 和 P 的利用率无显著差异 ( $P > 0.05$ )。但是, 饲料 I 组可消化 Ca 利用率显著低于其他各组 ( $P < 0.05$ ), 随饲料 DE/CP 水平的增加呈显著的线性和二次升高 ( $P < 0.05$ ), 可

降低的趋势 ( $P = 0.060$ )。

### 2.2 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马营养物质表观消化率的影响

由表 3 可知, 饲喂不同 DE/CP 水平的饲料对伊犁马妊娠后期 DM、OM、CP、GE、NDF、Ca 和 P 的表观消化率无显著影响 ( $P > 0.05$ )。但是, CP 的表观消化率随饲料 DE/CP 水平的增加有升高的趋势 ( $P = 0.059$ )。

消化能利用率呈线性升高的趋势 ( $P = 0.073$ )。

### 2.4 不同营养水平饲料对伊犁马初乳成份的影响

由表 5 可知, 饲喂不同 DE/CP 水平的饲料对各饲料组伊犁马初乳中的乳脂、乳蛋白、总固形物、体细胞数无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但是饲料 III、IV 和 V 组的乳糖较饲料 II 组分别提高 37.70%、22.84% 和 29.71% ( $P < 0.05$ ), 随着饲料 DE/CP 水平的增加, 乳糖呈线性升高的趋势 ( $P = 0.065$ )。

表 4 不同营养水平饲料对妊娠后期伊犁马营养物质代谢的影响

Table 4 Effects of dietary nutrient levels on nutrients metabolism of Yili mares during late pregnancy

%

营养素 Nutrient	项目 Item	饲料 Diet					SEM	P 值 P-value		
		I	II	III	IV	V		M	L	Q
氮 N	保留率 Retention rate	29.00	35.16	28.48	31.59	25.51	1.31	0.186	0.242	0.171
	可消化 N 利用率 Availability of digestible N	48.06	49.14	46.48	49.05	38.98	1.82	0.381	0.169	0.272
总能 GE	保留率 Retention rate	51.27	50.39	50.60	53.90	55.40	2.20	0.648	0.200	0.463
	可消化能利用率 Availability of DE	93.50	92.93	94.85	94.97	94.39	0.54	0.148	0.073	0.458
钙 Ca	保留率 Retention rate	52.70	53.21	50.33	56.94	50.76	1.63	0.756	0.990	0.789
	可消化 Ca 利用率 Availability of digestible Ca	93.34 <sup>b</sup>	97.38 <sup>a</sup>	97.09 <sup>a</sup>	97.24 <sup>a</sup>	96.86 <sup>a</sup>	0.51	0.045	0.040	0.035
磷 P	保留率 Retention rate	36.98	30.30	31.29	31.40	30.96	1.69	0.758	0.393	0.443
	可消化 P 利用率 Availability of digestible P	99.29	99.01	99.21	99.31	99.20	0.06	0.623	0.796	0.671

表 5 不同营养水平饲料对伊犁马初乳成份的影响

Table 5 Effects of dietary nutrient levels on colostrum compositions of Yili mares during late pregnancy

项目 Item	饲料 Diet					SEM	P 值 P-value		
	I	II	III	IV	V		M	L	Q
乳脂/% Milk fat	1.69	1.67	1.37	1.30	1.58	0.18	0.637	0.407	0.307
乳蛋白/% Milk protein	2.52	4.64	2.88	3.64	2.80	0.56	0.395	0.835	0.317
乳糖/% Lactose	5.40 <sup>ab</sup>	4.51 <sup>b</sup>	6.21 <sup>a</sup>	5.54 <sup>a</sup>	5.85 <sup>a</sup>	0.17	0.013	0.065	0.973
总固形物/% Total solid	12.11	13.11	11.40	11.43	11.10	0.48	0.722	0.308	0.828
体细胞数/( $\times 10^3$ 个 $\cdot$ mL <sup>-1</sup> ) SCC	533.00	332.00	212.60	370.20	333.40	46.82	0.316	0.278	0.130

## 2.5 不同营养水平饲料对伊犁马初乳脂肪酸组成的影响

在本研究中,从伊犁马初乳中共检测出 30 种脂肪酸,其中将丁酸等 10 种含量低于 1% 的饱和脂肪酸(SFA)、肉豆蔻脑酸等 3 种含量低于 0.5% 的单不饱和脂肪酸(MUFA)以及顺-11,14-二十碳二烯酸等 6 种含量低于 0.5% 的多不饱和脂肪酸(PUFA)分别合并计算。由表 6 可知,马初乳乳脂中的

脂肪酸以棕榈酸、油酸、亚油酸为主,含量均超过 10%。辛酸等 29 种脂肪酸在各组间均差异不显著 ( $P > 0.05$ ),顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸(EPA)在各组间存在显著差异 ( $P < 0.05$ ),呈显著的二次先升高再降低 ( $P < 0.05$ ) (因含量低于 0.5%,数据未列出)。随着饲料 DE/CP 水平的提高,乳中棕榈油酸呈显著的线性和二次下降 ( $P < 0.05$ ), $\alpha$ -亚麻酸呈线性升高的趋势 ( $P = 0.055$ )。饲喂不同 DE/

CP 水平的饲料对伊犁马初乳中 SFA 与 MUFA 等含量均无显著影响 ( $P > 0.05$ )。随饲料中 DE/CP 水平的增加, 初乳中 MUFA 呈线性降低趋势 ( $P = 0.059$ ); PUFA 呈极显著的线性升高 ( $P < 0.01$ ); 其

中饲料 V 组 PUFA 较饲料 I 组和 II 组分别提高 31.07% 和 18.88% ( $P < 0.05$ ); 饲料 IV 组 PUFA 较饲料 I 组提高 28.17% ( $P < 0.05$ )。

表 6 不同营养水平饲料对伊犁马初乳脂肪酸组成的影响

Table 6 Effects of dietary nutrient levels on fatty acid profile in colostrum of Yili mares during late pregnancy

项目 Item	饲料 Diet					SEM	P 值 P-value		
	I	II	III	IV	V		M	L	Q
饱和脂肪酸 SFA	44.31	42.56	45.60	42.41	44.21	0.78	0.703	0.951	0.900
辛酸 Octanoate	1.48	1.43	1.47	1.36	1.38	0.10	0.995	0.729	0.989
癸酸 Decanoate	4.51	4.47	5.04	4.47	4.90	0.35	0.980	0.772	0.950
月桂酸 Laurate	4.21	3.96	5.18	4.77	5.17	0.40	0.843	0.369	0.927
肉豆蔻酸 Myristate	5.16	4.41	5.59	5.17	5.67	0.28	0.676	0.400	0.715
棕榈酸 Palmitate	25.78	24.79	24.71	23.13	23.72	0.54	0.607	0.155	0.722
硬脂酸 Stearate	2.03	2.37	2.44	2.28	2.24	0.10	0.732	0.633	0.244
含量低于 1% 的饱和脂肪酸 SFA with a concentration of less than 1%	1.15	1.13	1.18	1.23	1.12	0.03	0.837	0.876	0.506
不饱和脂肪酸 USFA	55.69	57.44	54.40	57.59	55.79	0.78	0.703	0.951	0.900
单不饱和脂肪酸 MUFA	35.99	35.72	31.88	32.34	29.97	1.10	0.368	0.059	0.992
棕榈油酸 Palmitoleate	6.33	5.21	4.71	5.01	5.08	0.20	0.091	0.049	0.050
油酸 <i>Cis</i> -9-Oleic acid	28.19	29.13	25.66	25.96	23.78	1.00	0.489	0.109	0.772
顺-11-二十碳烯酸 <i>Cis</i> -11-Eicosenoate	0.77	0.77	0.82	0.72	0.56	0.06	0.724	0.300	0.375
含量低于 0.5% 的单不饱和脂肪酸 MUFA with a concentration of less than 0.5%	0.70	0.61	0.69	0.64	0.55	0.03	0.436	0.176	0.577
多不饱和脂肪酸 PUFA	19.70 <sup>c</sup>	21.72 <sup>bc</sup>	22.52 <sup>abc</sup>	25.25 <sup>ab</sup>	25.82 <sup>a</sup>	0.69	0.014	0.001	0.841
亚油酸 Linoleate	11.85	12.98	14.95	15.38	13.70	0.66	0.456	0.206	0.211
$\alpha$ -亚麻酸 $\alpha$ -Linolenic acid	7.00	7.84	6.64	8.91	11.2	0.69	0.223	0.055	0.259
含量低于 0.5% 的多不饱和脂肪酸 PUFA with a concentration of less than 0.5%	0.86	0.90	0.92	0.96	0.89	0.04	0.935	0.657	0.510

### 3 讨论

#### 3.1 不同 DE/CP 水平饲料对妊娠后期伊犁马体重的影响

饲料 DE 和 CP 水平并非越高越好。罗佳捷等<sup>[7]</sup>报道, 12.77 MJ · kg<sup>-1</sup> 的 DE 水平对育肥猪增

重效果要好于 12.87、12.98、13.19 MJ · kg<sup>-1</sup> 水平。谭新等<sup>[8]</sup>报道, 在饲料蛋白质水平分别为 12.5%、14.0% 和 15.5% 时, 12.5% 蛋白质水平育肥猪生产性能的效果最好, 这可能与饲料较高的 DE 和 CP 水平超出猪的消化吸收能力有关。在本研究中, 当妊娠后期 DE 和 CP 供应水平超过 91.28 MJ · d<sup>-1</sup> 和

0.92 kg · d<sup>-1</sup>后,并不进一步增加母马体重,表明DE和CP为91.28 MJ · d<sup>-1</sup>和0.92 kg · d<sup>-1</sup>时已能满足其需要。

### 3.2 不同DE/CP水平饲粮对妊娠后期伊犁马营养物质表观消化率的影响

一般而言,饲料中CP和粗纤维对消化率的影响最大,CP含量越多,消化率越高。但S. D. Silva等<sup>[9]</sup>研究发现,随饲粮中蛋白质含量的提高,动物机体对蛋白质的表观消化率呈先上升再下降的变化。本研究也发现,随着饲粮DE/CP水平的提高,NDF的表观消化率亦增加,但是CP的表观消化率在饲粮Ⅱ组达到高峰后开始下降,可能与本试验设计饲粮中CP水平超过了妊娠后期伊犁马对蛋白质的需要量有关。增加能量水平有利于DM和NDF的消化<sup>[10]</sup>。在本试验中,随着DE和CP的增加,DM等营养物质的消化并未受显著的影响,这可能也与试验动物数量偏少有关。J. D. Lohakare等<sup>[11]</sup>研究认为,杂交犊牛的Ca、P消化率不受饲粮蛋白质水平的影响。本试验结果显示,随DE/CP水平增加对Ca、P的表观消化率无显著影响( $P>0.05$ ),但其有降低的趋势,高DE/CP水平是否抑制母马对Ca、P的消化还不清楚。

### 3.3 不同DE/CP水平饲粮对妊娠后期伊犁马营养物质代谢的影响

刘凯等<sup>[12]</sup>报道,增加饲粮CP水平对1岁焉耆马N和P的沉积率均无显著影响,但代谢能和Ca沉积率显著增加。而赵芳等<sup>[13]</sup>发现,增加饲粮CP对1岁伊犁马代谢能无显著影响,但N和P沉积率显著增加,Ca沉积率显著下降。在本试验中,增加DE和CP水平对GE、N和P的代谢均无显著影响。这可能与试验动物的品种和生理阶段有关。

### 3.4 不同DE/CP水平饲粮对伊犁马初乳成分的影响

据刘志安<sup>[14]</sup>报道,放牧伊犁马第4胎次马乳的营养成分除乳脂和乳糖与本试验结果接近外,其余均低于本试验结果。增加饲粮DE/CP水平并不显著增加乳中蛋白质和脂肪的含量,但乳糖增加明显,这与饲粮高营养水平有助于乳糖生成有关;SCC是衡量乳房健康状况及乳品质的一项重要指标。奶牛在产犊后体况持续下降,甚至出现营养负平衡而引发乳房炎,导致乳中SCC水平提高<sup>[15]</sup>。在本研究中,低营养水平饲粮组的SCC水平明显升高,增加DE/CP水平后SCC下降,表明虽然DE和CP为91.28 MJ · d<sup>-1</sup>和0.92 kg · d<sup>-1</sup>时已能满足伊犁马

妊娠后期的需要,但增加适当DE/CP水平更有益于乳房健康。

### 3.5 不同DE/CP水平饲粮对伊犁马初乳脂肪酸含量的影响

本试验马初乳中共检测出30种脂肪酸,含量最丰富的是棕榈酸、油酸和亚油酸,含量最多的MUFA是油酸,这与J. Pikul等<sup>[16]</sup>的报道基本一致。饲料组成是影响乳中脂肪酸组成的因素之一。粗料中的牧草可以提高乳中PUFA质量分数,其中亚油酸和亚麻酸影响最为明显<sup>[17]</sup>。牛乳中USFA主要来源于饲粮及饲粮中的PUFA的不完全生物氢化<sup>[18]</sup>。本试验结果显示,随DE/CP水平的提高可提高马初乳中PUFA含量,这主要与亚油酸和 $\alpha$ -亚麻酸的增加密切相关。

## 4 结论

在本试条件下,DE、CP饲喂量为91.28 MJ · d<sup>-1</sup>和0.92 kg · d<sup>-1</sup>时已能满足伊犁马妊娠后期的需要量;增加饲粮DE/CP水平可提高初乳中PUFA水平。

### 参考文献(References):

- [1] VAN NIEKERK F E, VAN NIEKERK C H. The effect of dietary protein on reproduction in the mare. VII. Embryonic development, early embryonic death, foetal losses and their relationship with serum progesterone[J]. *J S Afr Vet Assoc*, 1998, 69(4): 150-155.
- [2] 王贤东,邓海峰,靳伟星,等. 不同消化能粗蛋白质水平日粮对伊犁马妊娠后期及分娩后血液理化指标的影响[J]. *家畜生态学报*, 2016, 37(6): 30-37.  
WANG X D, DENG H F, JIN W X, et al. Effects of different dietary DE/CP on physical and chemical indexes of serum for Yili mares during late pregnancy period and after deliver[J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2016, 37(6): 30-37. (in Chinese)
- [3] NRC. Nutrient requirements of horses (sixth revised edition)[M]. Washington DC: The National Academies Press, 2007: 1-314.
- [4] 靳伟星,邓海峰,张浩,等. 不同日粮蛋白能量水平对伊犁马产奶性能和乳成分的影响[J]. *中国草食动物科学*, 2014, 34(6): 29-35.  
JIN W X, DENG H F, ZHANG H, et al. Effects of dietary protein and energy levels on performance and milk composition of Yili mares[J]. *China Herbivore*

- Science, 2014, 34(6): 29-35. (in Chinese)
- [5] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术(3版)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 48-193.  
ZHANG L Y. Feed analysis and feed quality detection technology (Third edition) [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009: 48-193. (in Chinese)
- [6] 王贤东. 伊犁马妊娠后期适宜消化能、粗蛋白质需要量的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.  
WANG X D. Requirements of dietary digestible energy and crude protein of Yili mares during late pregnancy period [D]. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [7] 罗佳捷, 肖淑华, 张彬, 等. 不同能量和蛋白质水平对育肥猪生产性能的影响[J]. 饲料博览, 2014(8): 18-21.  
LUO J J, XIAO S H, ZHANG B, et al. Effects of energy and protein levels on growth performance of finishing pig [J]. *Feed Review*, 2014(8): 18-21. (in Chinese)
- [8] 谭新, 蒋小丰, 方热军, 等. 不同粗蛋白质和粗纤维水平对肥育猪生产性能及氮排泄的影响[J]. 饲料工业, 2008, 29(17): 30-34.  
TAN X, JIANG X F, FANG R J, et al. Effect of different crude protein and crude fiber levels on production performance and nitrogen excretion of fattening pigs [J]. *Feed Industry*, 2008, 29(17): 30-34. (in Chinese)
- [9] SILVA S D, PERERA M K. Digestibility in *Sarotherodon niloticus* fry: Effect of dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility [J]. *Aquac*, 1984, 38(4): 293-306.
- [10] 崔祥, 刁其玉, 张乃锋, 等. 日粮能量水平对断奶犊牛生长性能及营养物质消化代谢的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2014, 45(11): 1815-1823.  
CUI X, DIAO Q Y, ZHANG N F, et al. Effects of dietary energy levels on growth performance, digestion and metabolism of nutrients of weaned heifers [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2014, 45(11): 1815-1823. (in Chinese)
- [11] LOHAKARE J D, PATTANAIK A K, KHAN S A. Effect of dietary protein levels on the performance, nutrient balances, metabolic profile and thyroid hormones of crossbred calves [J]. *Asian-Austra J Anim Sci*, 2006, 19(11): 1588-1596.
- [12] 刘凯, 李晓斌, 陈学济, 等. 不同纤维和蛋白质水平饲料对 12 月龄焉耆马营养物质消化代谢、血浆生化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(4): 1274-1284.  
LIU K, LI X B, CHEN X J, et al. Effects of different dietary fiber and protein levels on nutrient digestion and metabolism and plasma biochemical indices of 12 months old Yanqi horse [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(4): 1274-1284. (in Chinese)
- [13] 赵芳, 聂彪彪, 李晓斌, 等. 4 种日粮对 1 岁伊犁马消化代谢、血液生化指标的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(6): 1481-1488.  
ZHAO F, NIE B B, LI X B, et al. Effects of four kinds of diets on nutrient digestion, metabolism and blood biochemical indexes of one-year-old Yili horse [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2016, 43(6): 1481-1488. (in Chinese)
- [14] 刘志安. 放牧伊犁马鲜马乳营养品质研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.  
LIU Z A. Study of fresh mare's milk nutritional quality of grazing Yili horse [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- [15] 李忠秋, 郝伟斌, 刘玉迪, 等. 营养因素对牛奶体细胞数的影响 [J]. 中国饲料, 2014(14): 29-31.  
LI Z Q, XI W B, LIU Y D, et al. Effects of nutritional factors on the number of somatic cells in milk [J]. *China Feed*, 2014(14): 29-31. (in Chinese)
- [16] PIKUL J, WÓJTOWSKI J, DANKO' W R, et al. Fat content and fatty acids profile of colostrum and milk of primitive Konik horses (*Equus caballus gmelini* Ant.) during six months of lactation [J]. *J Dairy Res*, 2008, 75(3): 302-309.
- [17] 黄艳玲, 侯俊财. 不同粗料对牛乳脂肪酸组成的影响 [J]. 中国乳品工业, 2009, 37(7): 27-29.  
HUANG Y L, HOU J C. Effect of different forage on the fatty acid composition in milk [J]. *China Dairy Industry*, 2009, 37(7): 27-29. (in Chinese)
- [18] CHILLIARD Y, FERLAY A, DOREAU M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids [J]. *Livest Prod Sci*, 2001, 70(1-2): 31-48.