

饲料 CNCPS 组分与瘤胃可利用粗蛋白相关性研究

郭冬生, 彭小兰, 王兴平, 龚群辉

(湖南文理学院生命科学院, 动物学湖南省高校重点实验室, 湖南 常德 415000)

摘要:以装有永久性瘤胃瘘管的黄牛作为瘤胃液的供体动物,应用短期人工瘤胃发酵技术和纯化学分析方法,分别测定17种饲料样品的 CNCPS 组分、体外培养发酵24h的 uCP、发酵液的 NH₃-N 浓度和 pH 值,研究饲料 CNCPS 组分与 uCP 的相关性。结果表明,uCP 与饲料中的 NDF、ADF 和 CF 含量呈负相关关系;uCP 与饲料中的 CP、EE 和 NPN 含量呈正相关关系;uCP 与 CNCPS 组分中的 PA、PB₂、PB₃、PC 呈极显著的正相关关系,与 CC、CB₂、CA 呈极显著的负相关关系;与 uCP 关系最显著的 CNCPS 指标为 PB₃ 和 PB₂。

关键词:黄牛;瘤胃;可利用粗蛋白;CNCPS;回归模型

中图分类号:S816.4 文献标识码:B 文章编号:1000-0275(2013)01-0122-06

Study on Correlation Between CNCPS Components of Ruminant Feedstuffs and Rumen Utilizable Crude Protein

GUO Dong-sheng, PENG Xiao-lan, WANG Xing-ping, GONG Qun-hui

(Key Laboratory of Zoology in Hunan Higher Education, College of Life Science, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China)

Abstract: The objective of this experiment was to study the correlation between the utilizable crude protein (uCP) and CNCPS components of the seventeen conventional ruminant feedstuffs through chemical analysis methods and short term artificial rumen technique. In this study, one adult cattle fitted with a perpetual large rumen cannula was used as the donor of rumen fluid, rumen fluid was collected and cultivated *in vivo*. The results showed that there was a positive correlation between the utilizable crude protein and CP, EE, NPN content, however, there was negative correlation between the utilizable crude protein and NDF, ADF, CF. There was significant positive correlation between the utilizable crude protein and PA, PB₂, PB₃ and PC. But there was significant negative correlation between the utilizable crude protein and CC, CB₂ and CA. The regression formula was established as $uCP(\%) = 0.209 PA - 0.438 PB_1 + 0.606 PB_2 + 1.664 PB_3 + 2.330 PC - 1.219 CC - 1.121 CB_2 + 0.275 CB_1 - 1.285 CA + 111.862$ ($R^2 = 0.904$, $n = 17$, $P = 0.008 < 0.01$), which had preferable practical value.

Key words: cattle; rumen; utilizable crude protein; CNCPS; regression model

动物对蛋白质的消化、利用和代谢规律,一直是动物营养研究的重要课题之一。反刍动物由于有特殊的消化器官瘤胃的存在,使研究反刍动物蛋白质营养价值的方法更加复杂化和多样化。针对如何评定反刍动物蛋白质的营养价值,各个国家建立了自己不同的蛋白质体系,其基本共识是进入小肠中的蛋白质主要包括三部分,即微生物蛋白(MCP)、饲料非降解蛋白(UDP)和内源分泌蛋白(ESP)。对大部分饲料而言,UDP含量是相对稳定的,而MCP的合成量主要取决于瘤胃能氮平衡。饲料中代表能量的碳水化合物在瘤胃中降解为挥发性脂肪酸(VFA)和酮酸,饲料中的含氮化合物可以被降解为NH₃和CO₂,瘤胃中的微生物利用酮酸和NH₃合成MCP。因此,MCP的合成数量主要取决于碳水化合物和含氮化合物降解的数量及降解的速度是否协调和匹配。MCP能为生长牛和产奶牛提供进入小肠中的绝大部分的AA,据估测,MCP占小肠代谢蛋白质(MP)的65%~70%,而且MCP中的AA组成比较稳定。

针对如何评定反刍动物蛋白质的营养价值,产生了不同

的蛋白质评定体系,主要包括英国的降解和非降解蛋白质(RDP-UDP)体系、法国的小肠可消化蛋白质体系或PDI体系、美国的可代谢蛋白质体系、德国的可利用粗蛋白质体系(uCP)和康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS, Cornell Net Carbohydrate and Protein System)^[1]。Zhao和Lebzien利用改进的体外降解法,测定了饲料的uCP,实验结果表明:体外培养24h(X, g/kg)的uCP与用回归法计算的uCP(Y, g/kg)相关关系 $Y = 0.85X + 18.0$ ($r^2 = 0.84$, $p < 0.001$)^[2]。该体外培养技术可用于测定单一饲料或混合饲料的可利用粗蛋白。Zhao与Lebzien对小肠可利用粗蛋白体系进行了发展和完善,是将UDP和MCP作为一个指标来测定,避免了人为分开测定的麻烦和方法上的误差^[3]。

CNCPS体系把饲料成分的化学分析与反刍动物瘤胃的消化利用结合起来,化学分析测定的指标反映了动物对饲料的利用情况,是数量化和模型化的代表。CNCPS根据饲料在瘤胃中的降解度,将碳水化合物分为4个部分:CA为糖类,在瘤胃中快速降解;CB₁为淀粉和果胶,为中速降解部分;CB₂

基金项目:湖南省自然科学基金(编号:12JJ9007);湖南省教育厅优秀青年项目(编号:11B088);“动物学”湖南省“十二·五”重点建设学科(编号:湘教发[2011]76)。

作者简介:郭冬生(1973-),男,湖南常德人,副教授,主要从事动物营养与饲料科学研究;彭小兰(1974-),女,湖南常德人,高级实验师,主要从事动物营养与饲料科学研究。

收稿日期:2012-06-03, **修回日期:**2012-11-21

是可利用的细胞壁,为缓慢降解部分;CC 部分是不可利用的纤维类^[9]。CNCPS 把饲料中的蛋白质划分为 3 个部分^[4]:非蛋白氮(NPN)、真蛋白和不可利用蛋白质。这三个部分分别被描述为 PA(NPN)、PB(真蛋白)和 PC(结合蛋白),同时又将真蛋白分为 PB₁、PB₂、PB₃ 三个部分,PB₁ 属于快速降解部分;PB₂ 属于中速降解部分,部分可以进入后部消化道而被动物消化利用;PB₃ 属于慢速降解部分,其大部分经过瘤胃进入后部消化道。PA 和 PB₁ 溶于缓冲溶液,PB₁ 在瘤胃中可以快速降解。PC 含有与木质素结合的蛋白质、丹宁蛋白质复合物和其他高度抵抗微生物和哺乳类酶类的成分,在酸性洗涤剂中不能被溶解(ADIP),在瘤胃中不能被瘤胃细菌降解,在瘤胃后部消化道也不能被消化。CNCPS 评定体系的特点是把饲料化学分析、植物细胞成分和反刍动物消化利用有机结合起来,使测定结果更具有参考价值 and 实际意义。

本试验以黄牛作为瘤胃液的供体动物,以常用 17 种反刍动物饲料作为试验材料,采用 Zhao 和 Lebzien 短期人工瘤胃发酵技术^[5]和纯化学分析方法^[6],研究瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 CNCPS 组分相关性,为实践生产和理论研究提供参考与依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收集 17 种常用反刍动物饲料,包括能量饲料(玉米、高粱、小麦、麸皮、次粉)、蛋白质饲料(豆粕、棉粕、菜粕、大豆、花生饼)和粗饲料(苜蓿、羊草、玉米秸、稻草粉、啤酒糟、玉米青贮、大豆秸),风干,用 40 目的筛子进行粉碎,装在广口瓶中,密封贮存在干燥柜内,用于分析饲料的常规营养价值和 CNCPS 体系的蛋白组分和碳水化合物组分。

1.2 试验方法

1.2.1 常规营养指标测定 饲料样品中的干物质(md)、粗脂肪(EE)、粗灰分(ASH)、粗纤维(CF)、粗蛋白(CP)的测定采用《饲料分析及饲料质量检测技术》^[7]中的方法,具体方法步骤省略。无氮渗出物 $W(\text{NFE}\%) = W(\text{m}_1\%) - W(\text{EE}\% + \text{ASH}\% + \text{CF}\% + \text{CP}\%)$ 。

1.2.2 CNCPS 组分的测定 根据 CNCPS 对蛋白组分和碳水化合物的定义与划分方法,分别测定中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、可溶性粗蛋白(SCP)、非蛋白氮(NPN)、中性洗涤不溶性粗蛋白(NDIP)、酸性洗涤不溶性粗蛋白(ADIP)、木质素(Lignin)和淀粉(starch)^[8,9]。根据 CNCPS 体系公式,分别计算蛋白质组分(PA、PB₁、PB₂、PB₃、PC)和糖类(CA、CB₁、CB₂、CC)组分含量,计算公式如下:

$$\text{PA}(\% \text{m}_d) = \text{NPN}(\% \text{m}_d) \quad (1)$$

公式中 PA 代表非蛋白氮,即 NPN,属于快速降解部分蛋白;

$$\text{PB}_1(\% \text{m}_d) = \text{SCP}(\% \text{m}_d) - \text{NPN}(\% \text{m}_d) \quad (2)$$

PB₁ 表示溶于缓冲液中的真蛋白质,属于快速降解部分蛋白;

$$\text{PB}_2(\% \text{m}_d) = \text{CP}(\% \text{m}_d) - \text{SCP}(\% \text{m}_d) - \text{NDIP}(\% \text{m}_d) \quad (3)$$

PB₂ 表示中性洗涤可溶性蛋白质,属于中速降解部分蛋白;

$$\text{PB}_3(\% \text{m}_d) = \text{NDIP}(\% \text{m}_d) - \text{ADIP}(\% \text{m}_d) \quad (4)$$

PB₃ 表示酸性洗涤可溶性蛋白质,属于缓慢降解部分蛋白;

$$\text{PC}(\% \text{m}_d) = \text{ADIP}(\% \text{m}_d) \quad (5)$$

PC 表示酸性洗涤不溶性蛋白质,即 ADIP,不可利用蛋白质部分;

$$\text{CHO}(\% \text{m}_d) = \text{W}(\% \text{m}_d) - \text{CP}(\% \text{m}_d) - \text{EE}(\% \text{m}_d) - \text{ASH}(\% \text{m}_d) \quad (6)$$

CHO 表示饲料中的总碳水化合物,W 表示重量;

$$\text{CC}(\% \text{m}_d) = \text{Lignin}(\% \text{m}_d) \times 2.4 \quad (7)$$

CC 表示饲料中的不可利用纤维,为木质素的 2.4 倍;

$$\text{CB}_2(\% \text{m}_d) = \text{NDF}(\% \text{m}_d) - \text{NDIP}(\% \text{m}_d) - \text{CC}(\% \text{m}_d) \quad (8)$$

CB₂ 表示可利用纤维,CC 表示饲料中的不可利用纤维,为木质素的 2.4 倍;

$$\text{CNSC}(\% \text{m}_d) = \text{W}(\% \text{m}_d) - \text{CB}_2(\% \text{m}_d) - \text{CC}(\% \text{m}_d) \quad (9)$$

CNSC 表示非结构性碳水化合物,CB₂ 表示可利用纤维,CC 表示饲料中的不可利用纤维,为木质素的 2.4 倍;

$$\text{CB}_1(\% \text{m}_d) = \text{Starch}(\% \text{m}_d) \quad (10)$$

CB₁ 表示饲料中的淀粉部分;

$$\text{CA}(\% \text{m}_d) = \text{CNSC}(\% \text{m}_d) - \text{Starch}(\% \text{m}_d) \quad (11)$$

CA 表示饲料中的糖类,CNSC 表示非结构性碳水化合物。

1.2.3 可利用粗蛋白的测定 以 1 头装有永久性瘤胃瘘管、质量约 500 kg 的黄牛作为瘤胃液的供体动物。每天 8:00 和 16:00 分 2 次分别饲喂黄牛混合日粮 3.0 kg 和羊草 2.0 kg,自由采食玉米秸秆,自由饮水。采用 Zhao 和 Lebzien 提供的试验方法、试验步骤和培养液的配制方法的体外发酵产气技术,测定体外发酵 24h 后瘤胃可利用粗蛋白^[5]。并将测得的可利用粗蛋白(uCP)换算成每 1 Kg 饲料干物质中含粗蛋白的 g 数(g/Kg m_d),液体中的粗蛋白是指总滤液中的含量,计算公式如下:uCP(g/Kg m_d)=[CP(液体,g)+CP(固体,g)-CP(空白,g)]/m_d[饲料,Kg],公式中 CP 表示粗蛋白。

1.3 数据处理

试验数据采用 SPSS statistics 19.0 分析可利用粗蛋白(uCP)和 CNCPS 体系组分多元回归关系,得出多元回归公式和相关系数。用 Excel 2003 通过散点作图,得出趋势线、相关关系和相关系数。

2 结果与分析

2.1 常用反刍动物饲料 CNCPS 组分含量和可利用粗蛋白含量

根据化学分析方法,常用 17 种反刍动物饲料的常规营养成分和 CNCPS 组分含量分别见表 1 和表 2;采用短期人工瘤胃技术测定的 pH、NH₃-N 和 uCP 见表 3。

2.2 常用反刍动物饲料瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与 ADF 和 NDF 相关性分析

体外培养发酵 24h 后瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料中 ADF 和 NDF 含量之间存在负相关关系,一元回归公式分别为 $y = -0.094x + 18.58$, $y = -0.021x + 17.188$, 其相关系数分别为 0.0566 和 0.0053,散点趋势图分别如图 1 和图 2,说明饲料中 ADF 和 NDF 含量越高,瘤胃发酵后可利用粗蛋白就越少,但其相关性很低,饲料中 ADF 和 NDF 是导致瘤胃 uCP 降低的

表 1 17 种常用反刍动物饲料的常规营养成分

(单位:%)

饲料	m _d	ASH	EE	CP	CF	NFE	ADF	NDF	SCP	NPN	ADIP	NDIP	总 CHO	OM	木质素	淀粉
玉米	88.68	1.40	15.11	8.09	1.72	62.36	3.51	10.73	1.96	0.99	0.37	0.52	72.26	98.42	1.28	36.14
高粱	86.70	1.79	15.18	11.34	1.63	56.76	6.04	12.00	1.98	0.18	0.99	1.26	67.35	97.94	1.05	22.20
小麦	91.02	1.57	11.21	13.08	4.55	60.61	3.22	15.13	3.20	2.26	0.34	1.13	71.59	98.28	1.57	28.56
麸皮	90.71	4.95	11.78	15.98	7.38	50.62	13.07	38.19	5.62	2.71	0.54	2.65	63.94	94.54	1.56	16.38
次粉	94.77	1.21	5.57	14.87	0.59	72.53	3.43	17.67	4.77	1.15	0.43	1.17	77.16	98.72	1.54	37.24
豆粕	90.78	5.54	9.44	43.17	5.47	27.16	9.82	25.02	13.20	5.15	0.71	1.09	35.94	93.90	1.46	9.18
棉粕	93.25	4.25	13.39	39.63	22.36	26.92	39.18	46.12	17.01	12.31	1.65	2.15	38.58	95.44	11.09	5.47
菜粕	91.11	7.04	9.99	37.21	10.90	25.97	29.27	46.46	7.39	0.41	1.55	14.09	40.47	92.27	8.84	4.93
大豆	90.44	2.75	27.74	36.42	4.19	19.34	14.64	23.34	17.54	9.49	0.84	1.16	26.02	96.96	1.52	6.23
花生饼	90.65	5.64	15.70	43.30	5.16	20.85	9.06	11.59	18.55	17.44	0.79	1.40	28.69	93.78	1.86	9.14
苜蓿	91.03	8.65	10.24	19.68	16.87	35.59	25.75	36.58	8.27	5.64	1.41	2.34	57.63	90.50	5.03	5.64
羊草	92.10	4.17	9.38	8.07	30.43	40.05	40.70	71.40	4.78	2.36	1.12	2.52	76.53	95.47	6.90	7.48
玉米秸	90.46	14.23	10.67	9.46	22.96	33.14	42.23	64.99	5.82	4.52	0.76	1.84	62.02	84.27	5.19	2.95
稻草	93.23	12.52	7.62	4.56	30.48	30.81	46.63	72.83	1.53	0.96	1.45	2.16	73.51	86.57	4.14	5.02
啤酒糟	94.40	3.60	12.96	28.96	14.13	34.75	23.37	72.96	4.20	0.31	1.41	10.88	51.78	96.19	2.37	3.61
玉米青贮	92.79	5.33	13.66	8.73	26.71	38.36	39.43	63.99	1.54	1.22	1.05	1.76	78.36	92.81	14.54	5.77
大豆秸	90.91	6.54	9.01	4.12	41.57	29.67	59.19	73.37	5.24	4.84	0.93	2.24	70.13	94.26	2.48	6.59

表 2 17 种常用反刍动物饲料的 CNCPS 成分

(单位:%m_d)

饲料	PA	PB ₁	PB ₂	PB ₃	PC	CC	CB ₂	CB ₁	CA	CNSC
玉米	0.99	0.97	6.64	0.15	0.37	3.07	8.51	36.14	77.10	40.96
高粱	0.18	1.80	9.84	0.27	0.99	2.52	10.06	22.20	74.12	51.92
小麦	2.26	0.94	10.04	0.79	0.34	3.77	11.72	28.56	75.53	46.97
麸皮	2.71	2.91	9.35	2.11	0.54	3.74	35.71	16.38	51.26	34.88
次粉	1.15	3.62	9.75	0.74	0.43	3.70	13.78	37.24	77.29	40.05
豆粕	5.15	8.05	33.26	0.38	0.71	3.50	22.97	9.18	64.31	55.13
棉粕	12.31	4.70	23.34	0.50	1.65	26.62	20.69	5.47	45.94	40.47
菜粕	0.41	6.98	19.36	12.54	1.55	21.22	15.69	4.93	54.20	49.27
大豆	9.49	8.05	21.57	0.32	0.84	3.65	21.00	6.23	65.79	59.56
花生饼	17.44	1.11	27.82	0.61	0.79	4.46	6.92	9.14	79.27	70.13
苜蓿	5.64	2.63	11.01	0.93	1.41	12.07	25.77	5.64	53.19	47.55
羊草	2.36	2.42	1.46	1.40	1.12	16.56	58.44	7.48	17.10	9.62
玉米秸	4.52	1.30	2.80	1.08	0.76	12.46	57.55	2.95	20.45	17.50
稻草	0.96	0.57	1.20	0.71	1.45	9.94	66.02	5.02	17.27	12.25
啤酒糟	0.31	3.89	15.6	9.47	1.41	5.69	60.72	3.61	27.99	24.38
玉米青贮	1.22	0.32	1.23	0.71	1.05	34.90	44.05	5.77	11.96	6.19
大豆秸	4.84	0.40	1.93	1.31	0.93	5.95	60.77	6.59	26.07	19.48

表 3 17 种饲料体外培养 24h 后测得的 pH、NH₃-N 和 uCP

饲料	pH	NH ₃ -N		uCP	
		(mmol/L·g m _d)	(g/Kg m _d)	(% m _d)	(% m _d)
玉米	6.85 ± 0.01	104.7 ± 2.5	160.21 ± 22.33	16.02 ± 2.23	
高粱	7.01 ± 0.04	181.4 ± 3.2	156.17 ± 2.16	15.62 ± 0.22	
小麦	6.90 ± 0.01	119.1 ± 1.8	113.48 ± 4.72	11.35 ± 0.47	
麸皮	6.94 ± 0.03	139.5 ± 2.4	137.23 ± 5.16	13.72 ± 0.52	
次粉	6.94 ± 0.02	106.6 ± 1.8	111.03 ± 2.39	11.10 ± 0.24	
豆粕	6.95 ± 0.03	211.7 ± 3.2	213.33 ± 2.48	21.33 ± 0.25	
棉粕	6.90 ± 0.00	140.7 ± 3.5	172.49 ± 3.12	17.25 ± 0.31	
菜粕	6.86 ± 0.05	136.9 ± 1.9	313.69 ± 15.77	31.37 ± 1.58	
大豆	6.89 ± 0.05	208.5 ± 1.9	149.87 ± 12.66	14.99 ± 1.27	
花生饼	6.92 ± 0.01	204.2 ± 1.7	222.29 ± 2.97	22.23 ± 0.30	
苜蓿	7.07 ± 0.01	128.5 ± 2.4	169.87 ± 7.20	16.99 ± 0.72	
羊草	7.05 ± 0.02	109.1 ± 2.0	111.72 ± 4.81	11.17 ± 0.48	
玉米秸	7.02 ± 0.01	115.2 ± 0.7	161.68 ± 2.44	16.17 ± 0.24	
稻草	6.99 ± 0.02	101.8 ± 1.2	79.64 ± 3.62	7.96 ± 0.36	
啤酒糟	6.95 ± 0.01	111.2 ± 1.8	318.52 ± 6.24	31.85 ± 0.62	
玉米青贮	6.94 ± 0.02	105.0 ± 0.6	109.21 ± 2.66	10.92 ± 0.27	
大豆秸	7.08 ± 0.05	105.2 ± 1.4	74.25 ± 2.19	7.43 ± 0.22	

因素之一,但不是主要原因。反刍动物瘤胃中寄居着大量微生物,能够消化降解饲料中的纤维,中性洗涤纤维(NDF)是瘤胃内产生挥发性脂肪酸的主要底物,挥发性脂肪酸能为反

刍动物提供能量需要的 70%~80%,挥发性脂肪酸中的乙酸是合成乳脂的重要前体物,NRC 推荐泌乳牛饲料至少应含 19%~21% 的酸性洗涤纤维(ADF)或 25%~28% 的 NDF,并且饲料中 NDF 总量的 75% 必须由粗饲料提供^[9]。

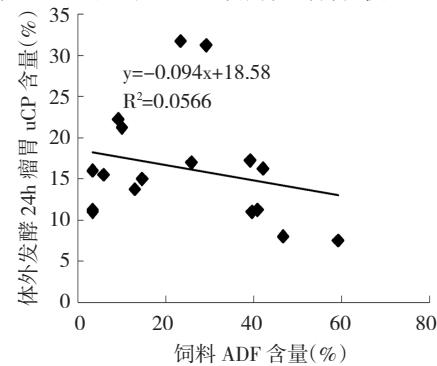


图 1 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 ADF 含量的相关关系

2.3 常用反刍动物饲料瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与 EE 和 CF 相关性分析

体外培养发酵 24h 后瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料中 EE 含量之间存在正相关关系,一元回归公式分别为 $y=0.2003x$

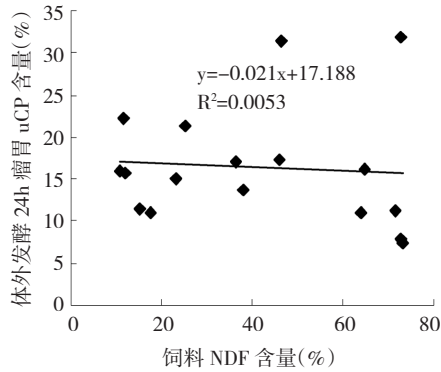


图 2 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 NDF 含量的相关关系

+13.864, 其相关系数为 0.0191, 散点趋势图见图 3, 说明饲料中 EE 含量越高则 uCP 含量也越高, 但相关系数很低。瘤胃微生物蛋白(MCP)是可用粗蛋白的主要来源之一, 而 MCP 的合成取决于瘤胃可利用能和氮的数量及其平衡(瘤胃能氮平衡, Rumen Energy and Nitrogen Balance, RENB), 脂肪消化降解产物是合成瘤胃微生物蛋白的重要碳架, 但日粮中过高的脂肪含量在瘤胃中对粗饲料有物理包被作用, 限制粗饲料的消化降解。脂肪作为供能营养素, 热增耗最低, 实验证明, 奶牛饲料通过添加脂肪, 可提高产奶量和乳脂含量, 减少热应激和改善能量负平衡。瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料中 CF 含量之间存在负相关关系, 一元回归公式分别为 $y = -0.2039x + 19.286$, 其相关系数为 0.1303, 散点趋势图见图 4, 说明饲料中 CF 含量越高则 uCP 含量越低, 这与上述分析的 ADF 和 NDF 变化趋势一致。研究发现, 纯的纤维素容易被瘤胃微生物消化降解, 但木质素是限制瘤胃微生物消化降解的限制因子。

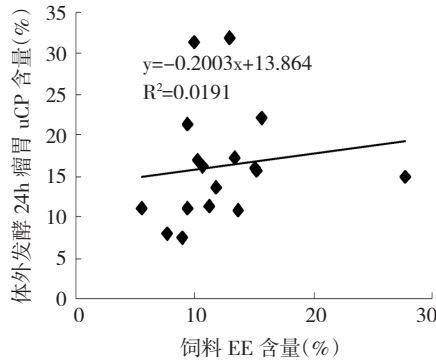


图 3 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 EE 含量的相关关系

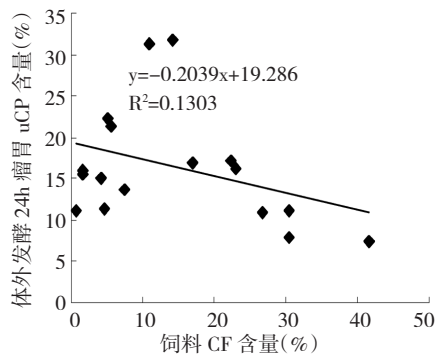


图 4 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 CF 含量的相关关系

2.4 常用反刍动物饲料瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与 CP 和 NPN 相关性分析

体外培养发酵 24h 后瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料中 CP 和 NPN 含量之间存在正相关关系, 一元回归公式分别为 $y = 0.3418x + 9.3512$, $y = 0.1287x + 15.777$, 其相关系数分别为 0.4833 和 0.0076, 散点趋势图分别见图 5 和图 6, 说明饲料中 CP 和 NPN 含量越高则瘤胃 uCP 含量也就越高, 饲料中的 CP 和 NPN 是 uCP 的主要来源或是合成 MCP 的重要成分, 而且 uCP 与 CP 的相关系数远远大于 uCP 与 NPN 的相关系数。

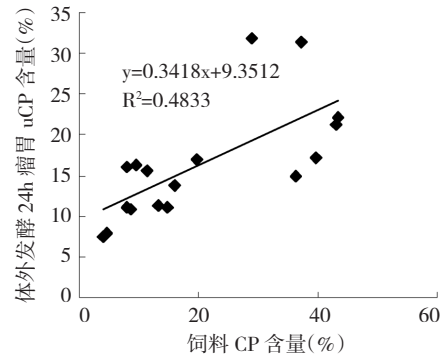


图 5 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 CP 含量的相关关系

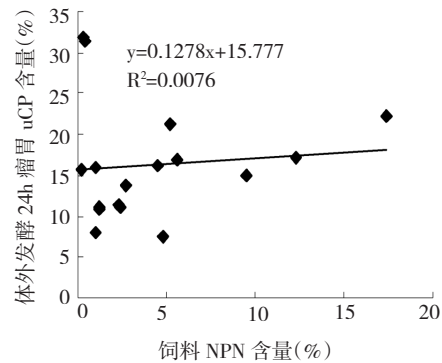


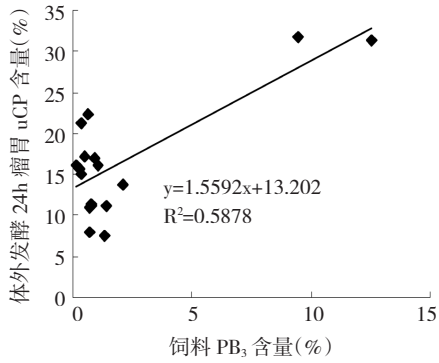
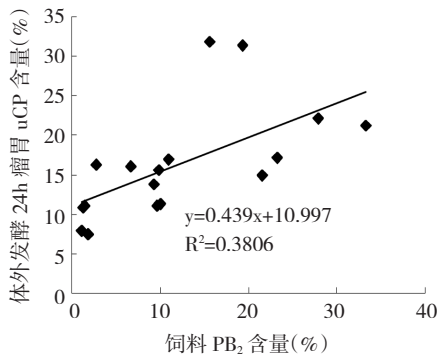
图 6 体外发酵 24h 瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与饲料 NPN 含量的相关关系

2.5 常用反刍动物饲料瘤胃可利用粗蛋白(uCP)与 CNCPS 体系回归模型

分析饲料 uCP 含量与饲料 CNCPS 组份中蛋白组份(PA、PB₁、PB₂、PB₃、PC)和糖类组份(CC、CB₂、CB₁、CA)的回归关系(Enter), 回归关系为: $uCP(\%) = 0.209 PA - 0.438 PB_1 + 0.606 PB_2 + 1.664 PB_3 + 2.330 PC - 1.219 CC - 1.121 CB_2 + 0.275 CB_1 - 1.285 CA + 111.862$ ($R^2 = 0.904, n = 17, P = 0.008 < 0.01$), 表明 uCP 与 CNCPS 组份有极显著的相关。

对上述 CNCPS 组份中的所有指标采用逐步回归方法, 得出与 uCP 关系最显著的指标为 PB₃ 和 PB₂, 其回归关系分别为: $uCP(\%) = 1.5592 PB_3 + 13.202, R^2 = 0.5878$; $uCP(\%) = 0.4390 PB_2 + 10.997, R^2 = 0.3806$; $uCP(\%) = 0.364 PB_2 + 1.400 PB_3 + 9.106, R^2 = 0.843$ (图 7, 图 8)。

根据 uCP 含量与饲料 CNCPS 组份的多元回归模型, uCP 与 CNCPS 蛋白组份中的 PA、PB₂、PB₃、PC 呈极显著的正相关关系, 与 PB₁ 呈极显著的负相关关系, 其相关系数为 0.904。PA 是非蛋白氮部分, 在瘤胃发酵过程中快速降解, 瘤胃微生物利用 PA 合成 MCP, 使 uCP 含量提高; PC 属于结合蛋白部

图7 uCP与PB₃之间的相关关系图8 uCP与PB₂之间的相关关系

分,不被瘤胃降解利用,使uCP含量提高;PB₂、PB₃属于中速降解真蛋白质和缓慢降解真蛋白质,因此,uCP与PA、PB₂、PB₃和PC呈正相关。PB₁是快速降解真蛋白质,对蛋白质是一种浪费,导致uCP含量降低。

uCP与CNCPS糖类组份中的CC、CB₂、CA呈极显著的负相关关系,与CB₁呈极显著的正相关关系,其相关系数为0.904。CC表示不可利用纤维,CB₂表示可利用纤维,CA表示糖类,CB₁表示淀粉含量。CNCPS糖类组份对uCP的贡献主要是通过VFA合成MCP,由于CC不能被消化利用,CA降解速度太快,CB₂利用效率有限,因此,uCP与CC、CB₂、CA呈负相关关系,但CB₁降解速度能够很好的被瘤胃微生物合成MCP,uCP与CB₁呈正相关。

利用SPSS对uCP和CNCPS组份进行逐步回归分析,发现与uCP关系最显著的指标为PB₃和PB₂,呈正相关关系,其相关系数分别为0.5878和0.3806,PB₂、PB₃分别属于中速降解真蛋白质和缓慢降解真蛋白质。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)本试验发现,体外培养发酵24h瘤胃uCP与饲料中的NDF、ADF和CF含量呈负相关关系,其相关系数分别为0.0053、0.0566和0.1303,uCP与NDF、ADF的负相关系数很小,uCP与CF负相关系数较大,说明NDF、ADF不是导致uCP降低的主要因素,但CF能够导致uCP降低,实践也证明日粮适宜的NDF、ADF含量是保证反刍动物最佳生产性能和维持动物健康所必需的。

(2)uCP与饲料中的CP、EE和NPN含量呈正相关关系,其相关系数分别为0.4833、0.0191和0.0076,uCP与CP相关

系数较高,饲料CP含量是影响uCP含量的重要因素;饲料中的EE能够提高瘤胃uCP含量,但其相关系数很小;瘤胃微生物能够利用NPN合成MCP,使uCP含量提高,但由于NPN在瘤胃中呈“爆发式”降解,NPN的瘤胃利用率很低,uCP与NPN相关系数极小。

(3)uCP与CNCPS蛋白组份中的PA、PB₂、PB₃、PC呈极显著的正相关关系,uCP与CNCPS糖类组份中的CC、CB₂、CA呈极显著的负相关关系,其相关系数为0.904, $P = 0.008 < 0.01$ 。

(4)利用SPSS逐步回归分析法,发现与uCP关系最显著的CNCPS指标为PB₃和PB₂,呈正相关关系,其相关系数分别为0.5878和0.3806,PB₃和PB₂可能是影响uCP含量的最重要CNCPS组份。

3.2 讨论

提高瘤胃可利用粗蛋白含量是提高动物生产性能的重要基础和前提,也是反刍动物饲料搭配的重要目标,研究瘤胃可利用粗蛋白与饲料CNCPS体系组份之间的关系具有重要的理论和实践价值。CNCPS体系是评定饲料营养价值数量化与模型化的典型代表,也是评定反刍动物饲料营养价值,尤其是评定粗饲料营养价值最有效的方式之一。

本论文系统研究了可利用粗蛋白与CNCPS体系组份之间的关系,研究发现,饲料中的CP、EE和NPN含量与uCP呈正相关,提高日粮CP水平能够提高瘤胃可利用粗蛋白水平;日粮中一定水平的EE也能促进瘤胃可利用粗蛋白合成,但EE在瘤胃内对饲料有物理包被作用,过高水平的EE能够阻碍饲料的消化降解,限制瘤胃可利用粗蛋白合成;NPN是瘤胃菌体蛋白合成的重要原料,能够促进瘤胃可利用粗蛋白水平提高。瘤胃可利用粗蛋白与饲料中的NDF、ADF和CF含量呈负相关关系,但日粮中适宜的NDF、ADF含量是保证反刍动物最佳生产性能、提高产品品质和维持动物健康所必需的。建立瘤胃可利用粗蛋白与CNCPS体系组份之间的多元回归模型具有一定的实践意义,可以通过纯化学分析法建立常用反刍动物饲料的CNCPS营养成分表,根据uCP与CNCPS营养成分的多元回归模型预测瘤胃uCP含量,为动物生产提供指导,从而有效避免繁琐的动物试验测定瘤胃uCP的试验。通过逐步回归分析,与uCP关系最显著的CNCPS指标为PB₃和PB₂,PB₃和PB₂可能是影响uCP含量的最重要CNCPS组份,因此,PB₃和PB₂含量高的饲料可能有利于瘤胃uCP含量的提高,对动物生产也是有利的。

对反刍动物而言,由于其复杂的消化生理和饲料结构的多样性,饲料营养价值“可加性”原则具有明显的局限性,反刍动物日粮之间存在明显的组合效应,动物采食水平、日粮蛋白质补充料、易降解纤维、易发酵碳水化合物和脂肪的添加,以及饲料间的不同搭配组合、加工调制方法和一些营养调控措施等均会改变单个饲料的消化率和利用率^[11,12],合理搭配饲料,充分发挥饲料正组合效应,提高瘤胃可利用粗蛋白水平,发挥动物最佳生产性能,是反刍动物营养学研究的重要目标。

参考文献:

[1] 郭冬生. 反刍动物蛋白质评定体系的研究[J]. 中国饲料, 2004(2):

- 5-7.
- [2] Zhao G Y, Lebzien P. Development of an *in vitro* incubation technique for the estimation of the utilizable crude protein (uCP) in feeds for cattle[J]. Arch Anim Nutri. 2000(53):293-302.
- [3] 于震. CNCPS 在奶牛日粮评价和生产预测上的应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学硕士学位论文, 2007.
- [4] 周俊华, 邹彩霞, 梁贤威, 等. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系评定广西水牛常用粗饲料的营养价值[J]. 动物营养学报, 2011, 23(12): 2190-2197.
- [5] Zhao G Y, Lebzien P. The estimation of utilizable amino acids (uAA) of feeds for ruminants using an *in vitro* incubation technique [J]. Journal Animal Physiol Animal Nutrition. 2002 (86): 246-256.
- [6] Russell J B, O' Connor J D, Fox D G, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation [J]. J. Anim. Sci. 1992, 70 (11): 3551-3561.
- [7] 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: 27-39.
- [8] Sniffen C J, O' Connor J D, Van Soest P J, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability[J]. J. Animal Science. 1992. 70 (11):3562-3577.
- [9] Roe M B, Sniffen C J, Chase L E. Techniques for measuring protein fractions in feedstuffs [M]. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY. Proc. Cornell Nutr. Conf. 1990: 81-88.
- [10] 郭冬生. 日粮组合效应对瘤胃发酵和可利用粗蛋白(uCP)影响的研究[D]. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2007.
- [11] Mould F L, φrskov E R, Mann S O. Associative effects of mixed feeds. I. effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages[J]. Animal Feed Science Technol. 1983, 10 (1): 15-30.
- [12] Getachew G, Blümmel M, Makkar H P S, et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review [J]. Animal Feed Science Technol, 1998, 72 (3-4): 261-281.

·科研简讯·

石漠化地区土壤抗蚀能力研究取得新进展

针对喀斯特地区植被退化、水土流失、石漠化日趋严重、生态功能衰退等关键问题,中国科学院亚热带农业生态研究所区域生态研究团队基于中国科学院环江喀斯特生态系统研究站不同土地利用方式径流场、动态监测样地、辅助性样方等,开展了喀斯特不同土地利用方式土壤抗蚀能力、喀斯特山区土壤侵蚀过程及石漠化发展过程中土壤质量变化特征等方面的研究工作,近日取得新进展。

11月14日,广西区水利厅组织专家在南宁对中国科学院亚热带农业生态研究所和广西水保监测总站承担的“石漠化地区不同土地利用类型土壤抗蚀能力研究”项目进行了验收。专家组审阅相关资料,听取项目完成单位汇报后,经质疑和讨论,认为项目提交的技术资料齐全、规范、翔实;项目研究内容符合科技专项合同要求;研究成果可为水土流失和石漠化治理规划与措施的制定提供科学依据,对喀斯特地区抗蚀能力监测及开展石漠化治理具有指导意义;该项目摸清广西喀斯特地区不同土地利用类型土壤抗蚀性、土壤容许流失量、地面流失量阈值、土壤质量等特性,并在环江县石漠化综合治理工作中得到了成功应用,具有一定的推广前景;成果达到了国内领先水平;并建议进一步凝练项目成果,加快该项技术的应用推广。(曾昭霞)

农林重要杂草鼠害监控技术研发取得进展

中国科学院亚热带农业生态研究所王勇研究员主持的国家科技支撑课题“农林重要杂草鼠害监控技术研发取得新进展”。

在鼠害研究方面,一是利用红外摄像机取得影响 TBS 和

毒饵站技术效率的实验材料,正进行相关研究与改进。在连续使用抗凝血灭鼠剂灭鼠 10 年以上的地区,农田黄毛鼠甚至对投放的无毒饵料产生了明显的应激反应;二是完成了溴敌隆和大隆两种杀鼠剂对达乌尔鼠兔的控制效果研究,校正灭效率 86.41% 和 87.72%;三是通过杀鼠灵抗性区分剂量单次灌胃处理结合 LFP 性检测法可筛选出黄毛鼠的敏感种群和抗性种群,该方法准确、简便;四是取得了基于 GIS 的农业鼠害暴发风险指数评价方法,为鼠害的防治工作提供参考,也为评价鼠害暴发风险分布的变化提供了框架,能够实现农业鼠害的提前预报。这些结果的取得,为鼠害防治示范区建设奠定了基础。

在杂草研究方面,一是初步明确了西北、东北、华北、华南地区及长江流域新型农作制下杂草群落组成、优势杂草种群、杂草发生规律;二是利用 Maxent 生态位模型预测了麦田恶性杂草节节麦在全球及中国的潜在分布,明确节节麦的出苗、分蘖、株高及生物量的变化与温度密切相关;三是建立了 10 个小麦田播娘蒿对苯磺隆、日本看麦娘对精噁唑禾草灵抗性监测点,明确了在河北、山东、陕西省部分小麦田播娘蒿已经对苯磺隆产生了显著的抗性,安徽、江苏、湖北等地日本看麦娘对精噁唑禾草灵产生了显著的抗性,产生抗药性的田块连续使用相应除草剂普遍在 10 年以上;四是通过杂草致病菌的广泛采集和分离、盆栽致病性测定以及菌株鉴定,初步筛选出了 4 株对野燕麦、猪殃殃等杂草具有强致病力的生防菌株。

该课题经过 17 家科研单位的通力协作,已申请发明专利 3 项,出版专著 1 部,发表论文 18 篇,培养博士 1 人,硕士研究生 10 人。(李波)