

## 油菜华油杂 62 不同生长期氨基酸组成及营养价值评价

杨雪海<sup>1,2</sup>, 张巍<sup>1</sup>, 赵娜<sup>1</sup>, 陈芳<sup>1</sup>, 魏金涛<sup>1\*</sup>, 傅廷栋<sup>3</sup>, 周广生<sup>3</sup>, 李晓峰<sup>1</sup>

(1. 湖北省农业科学院畜牧兽医研究所, 湖北 武汉, 430064;

2. 动物胚胎工程及分子育种湖北省重点实验室, 湖北 武汉, 430064;

3. 华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室, 湖北 武汉, 430070)

**摘要:**为明确甘蓝型油菜作为饲料使用的蛋白营养价值,以 FAO/WHO 提出的人体必需氨基酸模式评价标准,通过氨基酸比值系数法和必需氨基酸指数,评价华油杂 62 不同生长期植株蛋白质的营养价值。结果表明:华油杂 62 越冬苗期蛋白质随生长期的延续呈逐渐下降的趋势。不同生长期油菜蛋白质氨基酸种类丰富。必需氨基酸中盛花期蛋氨酸 + 胱氨酸 (3.36%)、苯丙氨酸 + 酪氨酸 (10.11%) 的含量和结荚初期的异亮氨酸 (5.64%)、亮氨酸 (9.45%) 以及缬氨酸 (6.73%) 的含量占总氨基酸的比例高于其它生长期;盛花期和结荚初期的总必需氨基酸/总氨基酸 (TEAA/TAA) (44.88%、44.36%) 和总必需氨基酸/总非必需氨基酸 (0.81、0.80) 也高于其它生长期;通过氨基酸比值系数法和必需氨基酸指数评价,油菜盛花期及盛花期后 (结荚初期、结荚后期) 的必需氨基酸指数均优于其它生长期,盛花期的氨基酸比值系数分最高达 82。以肉牛、绵羊、山羊肉质中的必需氨基酸组成为参考标准,不同生长期油菜的必需氨基酸指数均大于 0.95,且油菜盛花期及盛花期后 (结荚初期、结荚后期) 高于其它生长期,表明盛花期及盛花期后的植株可作为反刍动物的优质蛋白源。

**关键词:**甘蓝型油菜;氨基酸组成;氨基酸比值;必需氨基酸指数;饲草蛋白

中图分类号: S565.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-9084(2017)02-0197-07

Forage amino acid composition and nutrition of *Brassica napus* L. cv Huayouza 62 in different growth stagesYANG Xue-hai<sup>1,2</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, ZHAO Na<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>,WEI Jing-tao<sup>1\*</sup>, FU Ting-dong<sup>3</sup>, ZHOU Guang-sheng<sup>3</sup>, LI Xiao-feng<sup>1</sup>

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;

2. Hubei Key Laboratory of Animal Embryo Engineering and Molecular Breeding, Wuhan 430064, China;

3. National Key Lab of Crop Genetic Improvement, National Rapeseed Genetic Improvement Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** To evaluate the protein nutrient of forage rapeseed, *Brassica napus* cv Huayouza 62 was studied based on FAO/WHO criteria model about essential amino acid (EAA). The essential amino acids for nutritional values were measured on Huayouza 62 protein at different growth periods. Results showed that rapeseed protein began to decrease gradually with the growth periods, but amino acids were rich in different stages. The content of essential amino acid in the flowering stage were Met + Cys (3.36%), Phe + Tyr (10.11%) and Ile (5.64%), Leu (9.45%), Val (6.73%) in initial podding, which were higher than those of other growth periods of the total amino acids. In flowering and initial podding stages, ratio of total essential amino acids to total amino acids (TEAA/TAA) were 44.88% and 44.36% respectively. The ratio of total essential amino acids to total non essential amino acids were 0.81 and 0.80 respectively, which were higher than those of other periods. By the amino acid ratio coefficient method, the essential amino acid index in initial podding and podding stages were much higher than

收稿日期: 2017-02-27

基金项目: 湖北省油菜产业体系项目 (高效冬春饲用作物种植与转化); 湖北省农业科学院竞争性项目 (家畜疾病监测及饲喂方式关键技术研究); 湖北省农业科学院援藏项目; 湖北省创新团队项目 (2017-620-004-001)

作者简介: 杨雪海 (1980-), 男, 湖北房县人, 助理研究员, 硕士, 主要从事饲料资源的研究与开发工作, E-mail: yxh225@126.com

\* 通讯作者: 魏金涛 (1981-), 男, 河南灵宝人, 副研究员, 硕士, 主要从事动物营养与饲料科学方面的研发工作, E-mail: jintao001@163.com

that of other periods. The score of ratio coefficient (SRC) of amino acid was up to 82 at the initial podding stage. According to the feed criteria for cattle, sheep and goat, all the essential amino acids index of Huayouza 62 was greater than 0.95. When combined with biological yield and forage palatability, it could be concluded that Huayouza 62 plants at flowering and initial podding stages could be developed as new feed for ruminant animals.

**Key words:** rapeseed; composition of amino acid; ratio of amino acid; essential amino acid index; forage protein

牧草是反刍动物日粮中不可缺少的组成部分之一,占反刍动物日粮的40%~80%,是反刍动物摄食蛋白质的主要来源。随着南方草食畜牧业的大力发展,饲草需求进一步加大,冬春季节优质青绿饲料的匮乏问题突出,饲草结构和营养有待优化。挖掘、开发利用新的饲草资源,优化饲草结构,成为解决南方草食畜牧业可持续发展的关键。甘蓝型油菜是我国主要的油料作物,由于其茎叶产量高、家畜适口性好,且在供应季节和营养上具有无可替代的优势,作为饲料正在受到广泛关注,成为一种新的高附加值应用途径。因此,研究饲用油菜,扩大油菜的饲用价值和途径,将对我国农牧民增收产生积极作用。

有研究报道,油菜植株营养价值丰富且生物产量较高,粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分含量分别为25.6%、2.4%、16%、16.85%,碳氮比为2.42~5.94<sup>[1]</sup>,完全能够满足草食动物的饲草营养需求<sup>[2]</sup>,是一种优质的饲草来源。目前常见的饲用油菜品种有华协1号、华协11号、华油杂62以及饲油1号等,其中华协1号油菜幼苗期粗蛋白、粗脂肪、钙含量高,粗纤维含量低,无氮浸出物,有机物消化能和磷含量接近豆科饲草<sup>[3]</sup>;华协11号的粗蛋白和粗脂肪等含量与豆科牧草草木樨、红豆草相当<sup>[4]</sup>。饲油1号适宜海拔2000m以上的地区种植,具有杂种优势强、高产、优质、低温生长能力强、营养含量丰富等特点<sup>[5]</sup>。牛菊兰<sup>[6]</sup>、王亚犁<sup>[7]</sup>、张俊英<sup>[8]</sup>、柴君秀<sup>[4]</sup>、陈红琳<sup>[9]</sup>、童晓英<sup>[10]</sup>、杨华<sup>[11]</sup>等利用上述品种作为青饲料或复合青贮饲料饲喂肉牛、肉羊及肉兔都取得了良好的增重效果。但目前研究主要集中在种植、加工和动物饲喂效果,在饲料油菜营养价值方面,只有刈割后的常规养分测定,缺乏油菜植株生长过程中饲料营养成分的变化和损失等相关试验数据,因此无法准确地了解最佳的收获时期。华油杂62是农业部长江流域绿色增效模式重点配套选用品种之一,具有双低、高产、优质、抗病等特点,在长江中下游广泛种植<sup>[12]</sup>。本文以不同生长期的华油杂62油菜为研究对象,测定分析其粗蛋白质含量及氨基酸组成,采用国际通用的氨基酸评价方法对其蛋白质营养品质和饲用价值进行评价,研究不同

生长期油菜蛋白质氨基酸的组成特点,为科学合理地开发利用和配置油菜这种饲料资源提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

分别于2016年1-4月从武汉市江夏区舒安街官山村采集华油杂62越冬苗期、蕾薹期、初花期、盛花期、结荚初期、结荚后期全株(表1)。将采集的样品置于65℃烘箱中48h,然后粉碎过40目筛(0.45mm),装入自封袋中于干燥处待测。

表1 油菜样品采集时间及所处阶段  
Table 1 Sampling time and growth stage of rape

采样日期 Sampling date	生长期 Growth period
2016.1.27	越冬苗期 Over-wintering seedling
2016.2.23	蕾薹期 Budding
2016.3.13	初花期 Initial flowering
2016.3.29	盛花期 Flowering
2016.4.08	结荚初期 Initial podding
2016.4.26	结荚后期 Podding

### 1.2 仪器与设备

恒温干燥箱、电炉、赛多利斯电子天平、FOSS KjeltecTM2300 半自动凯氏定氮仪、日立L-8900氨基酸分析仪。

### 1.3 测试指标及方法

粗蛋白(CP)的测定:粗蛋白的测定按照GB/T6432-1994进行。

氨基酸的测定:参照GB/T5009.124-2003进行。

氨基酸比值:将不同生长期油菜蛋白组分的氨基酸组成与1973年FAO/WHO提出的人体必需氨基酸模式进行比对,计算氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)、氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)<sup>[13]</sup>。

氨基酸比值 RAA = 待评蛋白质某种必需氨基酸含量(mg/g 蛋白质)/FAO/WHO 模式中相应必需氨基酸的含量(mg/g 蛋白质);

氨基酸比值系数 RC = RAA/RAA 之均数;

氨基酸比值系数分 SRC = 100 - CV × 100,

其中:CV 为 RC 的变异系数,  $CV = \text{标准差} / \text{均数}$ ;

必需氨基酸指数:必需氨基酸指数(EAAI)值显示待测蛋白质中所有必需氨基酸与标准蛋白质必需氨基酸的接近程度。利用 Penafiorida 评价饲料蛋白源的方法测定<sup>[14]</sup>:

$$EAAI = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \frac{aai}{AAi}}$$

式中:*aai* 为牧草某种必需氨基酸占必需氨基酸总量的百分数;*AAi* 为参比蛋白中该必需氨基酸占必需氨基酸总量的百分数;*n* 为计算中涉及的必需氨基酸数。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2010 初步处理并进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生长期油菜的氨基酸含量及组成特点

对不同生长期油菜蛋白质及 17 种氨基酸进行了测定,其蛋白质及氨基酸含量见表 2 和图 1。油菜蛋白质含量从越冬苗期至结荚后期随生长期的延续呈逐渐下降的趋势(表 2),各个生长阶段的氨基

酸含量也呈同样的趋势,其中蕾薹期至初花期急剧下降(图 1)。不同生长期油菜氨基酸种类齐全,均含有 17 种氨基酸,包括了除色氨酸以外的全部必需氨基酸。其中赖氨酸、缬氨酸在各个生长阶段所占总氨基酸的比例相对较高,均超过 6%;亮氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸超过 8%;含量最低的为蛋氨酸 + 胱氨酸(表 3)。从各个生长阶段来看,结荚初期的异亮氨酸(5.64%)、亮氨酸(9.45%)以及缬氨酸(6.73%)含量占总氨基酸的比例高于其它生长期;蛋氨酸 + 胱氨酸(3.36%)、苯丙氨酸 + 酪氨酸(10.11%)盛花期的含量高于其它生长阶段。

不同生长期油菜的总必需氨基酸/总氨基酸(TEAA/TAA)的质量分数均超过 40%,总必需氨基酸/总非必需氨基酸的比值(TEAA/NEAA, E/N)均超过 0.7,高于 FAO/WHO 标准规定的必需氨基酸含量 40% 和 E/N 值 0.6<sup>[13]</sup>。其中盛花期和结荚初期的总必需氨基酸/总氨基酸(TEAA/TAA)(44.88%、44.36%)和总必需氨基酸/总非必需氨基酸(0.81、0.80)高于其它生长阶段(表 2)。表明盛花期至结荚初期具有较高的饲用价值。

表 2 不同生长期油菜蛋白质氨基酸组成及其含量  
Table 2 Composition and content of amino acid in rapeseed at different growth stages

指标 Index	越冬苗期 Over-wintering seedling	蕾薹期 Budding	初花期 Initial flowering	盛花期 Flowering	结荚初期 Initial podding	结荚后期 Podding
粗蛋白 CP/%	32.68	31.79	18.89	11.35	7.65	7.43
总氨基酸 TAA/%	18.39	19.16	10.55	7.42	5.50	4.70
天门冬氨酸 Asp/%	1.82	1.87	0.96	0.65	0.51	0.41
苏氨酸 Thr */%	0.85	0.88	0.48	0.33	0.25	0.22
丝氨酸 Ser/%	0.73	0.73	0.38	0.28	0.23	0.20
谷氨酸 Glu/%	2.87	3.1	2.11	1.44	0.93	0.93
脯氨酸 Pro/%	1.19	1.32	0.48	0.34	0.29	0.26
甘氨酸 Gly/%	0.95	0.99	0.54	0.39	0.29	0.25
丙氨酸 Ala/%	1.52	1.62	0.78	0.55	0.46	0.29
胱氨酸 Cys */%	0.13	0.13	0.09	0.16	0.08	0.11
缬氨酸 Val */%	1.23	1.26	0.65	0.48	0.37	0.30
蛋氨酸 Met */%	0.22	0.23	0.15	0.09	0.05	0.05
异亮氨酸 Ile */%	1.02	1.04	0.56	0.39	0.31	0.23
亮氨酸 Leu */%	1.57	1.63	0.95	0.67	0.52	0.42
酪氨酸 Tyr */%	0.54	0.59	0.38	0.28	0.18	0.15
苯丙氨酸 Phe */%	1.04	1.08	0.66	0.47	0.35	0.27
赖氨酸 Lys */%	1.21	1.17	0.69	0.46	0.33	0.30
组氨酸 His/%	0.42	0.41	0.23	0.14	0.11	0.11
精氨酸 Arg/%	1.08	1.11	0.46	0.3	0.24	0.20
总必需氨基酸 /总氨基酸 TEAA/TAA/%	42.47	41.81	43.70	44.88	44.36	43.62
总必需氨基酸 /总非必需氨基酸 TEAA/NEAA	0.74	0.72	0.78	0.81	0.80	0.77

注/Note: \* 表示必需氨基酸,下同 \* denotes essential amino acid. Same as below

表3 各个生长期油菜必需氨基酸占总氨基酸的比例

Table 3 Ratio of essential amino acids to total amino acids in different growth stages/%

指标 Index	越冬苗期 Over-wintering seedling	蕾薹期 Budding	初花期 Initial flowering	盛花期 Flowering	结荚初期 Initial podding	结荚后期 Podding
异亮氨酸 Ile	5.55	5.43	5.31	5.26	5.64	4.89
亮氨酸 Leu	8.54	8.51	9.00	9.03	9.45	8.94
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	1.90	1.88	2.27	3.36	2.36	3.40
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	8.59	8.72	9.86	10.11	9.64	8.94
赖氨酸 Lys	6.58	6.11	6.54	6.20	6.00	6.38
苏氨酸 Thr	4.62	4.59	4.55	4.44	4.54	4.68
缬氨酸 Val	6.69	6.58	6.16	6.47	6.73	6.38

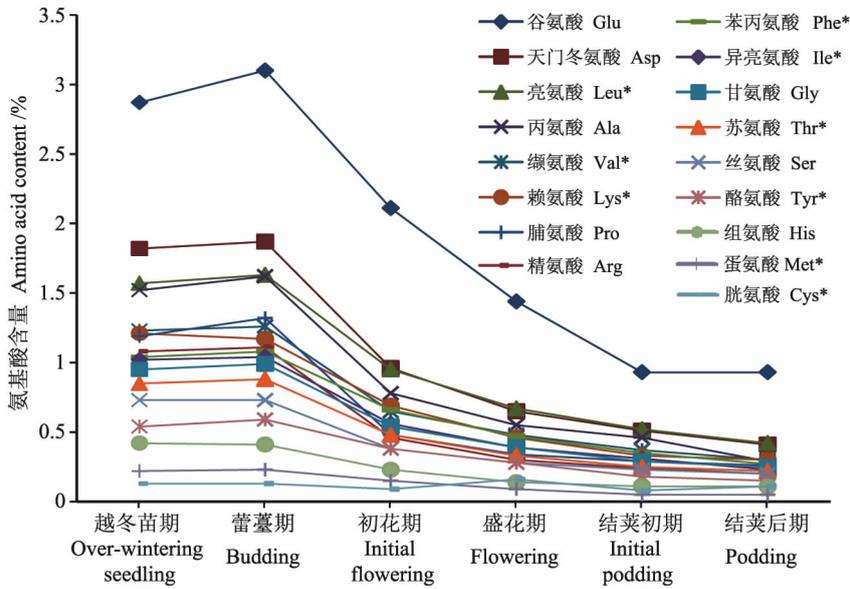


图1 不同生长期油菜氨基酸含量变化趋势图

Fig. 1 Variation of amino acid content in rapeseed at different growth stages

表4 不同生长期油菜蛋白质氨基酸比值评价

Table 4 Amino acid ratio of rapeseed at different growth stages

生长期 Growth stage	蛋白质特征值 Protein characteristic value	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	赖氨酸 Lys	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	氨基酸 比值系数 分 SRC
越冬苗期 Over-wintering seedling	氨基酸比值 RAA	0.78	0.69	0.31	0.81	0.67	0.65	0.75	75
	氨基酸比值系数 RC	1.17	1.03	0.46	1.21	1.01	0.98	1.13	
蕾薹期 Budding	氨基酸比值 RAA	0.82	0.73	0.32	0.88	0.67	0.69	0.79	74
	氨基酸比值系数 RC	1.17	1.05	0.46	1.24	0.96	0.99	1.13	
初花期 Initial flowering	氨基酸比值 RAA	0.74	0.72	0.36	0.92	0.66	0.64	0.69	75
	氨基酸比值系数 RC	1.10	1.06	0.53	1.36	0.98	0.94	1.02	
盛花期 Flowering	氨基酸比值 RAA	0.86	0.84	0.63	1.10	0.74	0.73	0.85	82
	氨基酸比值系数 RC	1.05	1.03	0.77	1.34	0.90	0.89	1.03	
结荚初期 Initial podding	氨基酸比值 RAA	1.01	0.97	0.49	1.15	0.78	0.82	0.97	76
	氨基酸比值系数 RC	1.15	1.10	0.55	1.31	0.89	0.92	1.09	
结荚后期 Podding	氨基酸比值 RAA	0.77	0.81	0.62	0.94	0.73	0.74	0.81	87
	氨基酸比值系数 RC	1.00	1.04	0.79	1.22	0.95	0.96	1.04	

注:RAA 氨基酸比值,RC 氨基酸比值系数,SRC 氨基酸比值系数分,FAO/WHO 推荐必需氨基酸组成模式异亮氨酸 40、亮氨酸 70、蛋氨酸 + 胱氨酸 35、苯丙氨酸 + 酪氨酸 60、赖氨酸 55、苏氨酸 40、缬氨酸 50(mg/g N)

Note:ratio of amino acid (RAA), ratio coefficient of amino acid (RC), score of ratio coefficient of amino acid (SRC), FAO/WHO recommended essential amino acid composition model Ile 40, Leu 70, Met + Cys 35, Phe + Tyr 60, Lys 55, Thr 40, Val 50 (mg/g N)

## 2.2 不同生长期油菜蛋白质氨基酸营养价值评价

不同生长期油菜蛋白质的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、氨基酸比值系数分(SRC)结果见表4。由RC值可知,不同生长期油菜必需氨基酸异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸均接近1,表明较为接近FAO/WHO推荐必需氨基酸模式;而苯丙氨酸+酪氨酸大于1,表明其相对过剩;蛋氨酸+胱氨酸各个生长期呈高度一致均小于1,表明不同生长期油菜的第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸,提示当油菜作为饲料原料加以开发利用时,应强化蛋氨酸+胱氨酸的量。从SRC值来看,油菜结荚后期和盛花期相对较高,超过80,而越冬苗期、蕾薹

期、初花期以及结荚初期较为接近,达75左右,说明油菜蛋白质具有较高的营养价值且盛花期及盛花期后优于盛花期前的生长阶段。

必需氨基酸指数结果见表5。分别以肉牛、绵羊、山羊的肉质中必需氨基酸组成为参考标准,不同生长期油菜的必需氨基酸指数均大于0.95,表明油菜生长的各个阶段蛋白质必需氨基酸组成和饲料动物的必需氨基酸组成的拟合程度较高。油菜盛花期及盛花期后(结荚初期、结荚后期)的必需氨基酸指数均高于其它生长期,提示盛花期及盛花期后的植株可作为反刍动物的优质蛋白源。

表5 必需氨基酸指数比较  
Table 5 Comparison of essential amino acid index

生长期 Growth stage	参比蛋白 Reference protein		
	牛肉 <sup>[15]</sup> Beef	绵羊羔羊肉 <sup>[16]</sup> Sheep muscle	山羊成年羯羊羊肉 <sup>[17]</sup> Goat muscle
越冬苗期 Over-wintering seedling	0.978 9	0.959 8	0.952 7
蕾薹期 Budding	0.977 3	0.958 3	0.951 2
初花期 Initial flowering	0.981 9	0.962 8	0.955 7
盛花期 Flowering	1.009 8	0.990 2	0.982 9
结荚初期 Initial podding	0.984 6	0.965 4	0.958 3
结荚后期 Podding	1.020 0	1.000 4	0.993 1

## 3 讨论

油菜作为一种新型饲草,逐渐引起人们的重视。俞晓红<sup>[18]</sup>、张进军<sup>[19]</sup>、黎咏蜀<sup>[20]</sup>、马乐天<sup>[21]</sup>、柴武高<sup>[22]</sup>、丛晓飞<sup>[23]</sup>等对饲用油菜的优质高产栽培技术以及麦后复种技术进行了研究,使得饲料油菜复种技术在我国多数地区成功示范推广。王亚犁等利用饲用油菜与枯黄玉米秸秆按1:4的比例复合青贮,获得优质青贮饲料同时饲喂育肥秦川牛,增重效果显著( $P < 0.01$ )<sup>[7]</sup>。其用相同的青贮饲料饲喂滩羊,也得到相类似的试验结果<sup>[24]</sup>。牛菊兰等利用双低饲用油菜与玉米秸秆配合饲喂,羊只增重效果极显著高于单独饲喂玉米秸秆( $P < 0.01$ ),说明双低油菜可以作为羊只的主要饲草<sup>[6]</sup>。柴君秀等用高产饲料油菜华协11号进行肉羊饲喂试验,表明饲用油菜具有较好适口性<sup>[4]</sup>。

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,是家畜合成肉、奶、毛、皮等产品的原料,是牧草营养价值的重要指标之一。牧草中氨基酸含量的高低、组成种类及其质量直接影响家畜对含氮物质的利用率、蛋白质的转化率和反刍家畜瘤胃微生物蛋白质的组成和数量。不同原料的蛋白质由于氨基酸组成的差别,营养价值不完全相同,并且各种氨基酸的数量和比例要符合动物生理需要,而不是越多越好<sup>[25,26]</sup>。因

而,对牧草蛋白质的氨基酸进行评价显得尤为重要。本研究正是基于上述原因开展。

饲料蛋白质的品质决定多种氨基酸之间的平衡情况。决定蛋白质及氨基酸营养价值的主要因素是其必需氨基酸的含量及构成比例。FAO和WHO提出了通过TEAA/NEAA及TEAA/TAA比值判断蛋白质品质好坏的标准。研究发现,各个生长阶段油菜的总必需氨基酸/总氨基酸(TEAA/TAA)超过40%,总必需氨基酸/总非必需氨基酸的比值均超过0.7,高于FAO/WHO标准规定的必需氨基酸含量40%和E/N值0.6,表明油菜氨基酸含量丰富,不同生长阶段的油菜具有较高的营养价值及开发利用价值。研究发现,随着生长期的延续,各生长阶段的氨基酸含量呈现逐渐下降的趋势。这可能是油菜由营养生长向生殖生长过渡过程中,植株需要消耗大量的营养成分来满足生殖器官的发育,导致植株的细胞壁中纤维成分不断增加,细胞内容物成分不断减少,植株木质化程度加深,结构性碳水化合物含量增加,导致粗蛋白(CP)含量降低,从而出现氨基酸含量逐渐下降。这和李孟良<sup>[27]</sup>、Peiretti<sup>[28]</sup>以及姬奇武<sup>[29]</sup>的报道一致。同时还发现,结荚初期的异亮氨酸(5.64%)、亮氨酸(9.45%)以及缬氨酸(6.73%)含量占总氨基酸的比例高于其它生长期;蛋氨酸+胱氨酸(3.36%)、苯丙氨酸+酪氨酸(10.11%)盛

花期的含量优于其它生长阶段,油菜盛花期和结荚初期的总必需氨基酸/总氨基酸 (TEAA/TAA) (44.88%、44.36%) 和总必需氨基酸/总非必需氨基酸(0.81、0.80) 优于其它生长阶段,主要原因可能源自植物不同阶段生长旺盛的组织不同,这些组织所需要的氨基酸不同,进而造成植物不同生长阶段的蛋白质氨基酸含量有很大差别。

现代营养学研究认为不仅氨基酸不足影响蛋白质营养价值,氨基酸过剩同样也限制蛋白质营养价值,因而提出氨基酸平衡的理论<sup>[30]</sup>。RC 的意义是与模式氨基酸相当量的一份食物氨基酸的比值。如果食物中氨基酸组成与氨基酸模式一致,则各比值系数都应该等于 1。RC > 1 表示该必需氨基酸相对过剩,RC < 1 说明该必需氨基酸相对不足,RC 最小者的氨基酸则是限制氨基酸。SRC 则表示:如果食物蛋白质的必需氨基酸组成比例与 FAO/WHO 氨基酸标准模式一致,则 CV = 0, SRC 为 100;若食物蛋白质的 RC 越分散,表示这些氨基酸在氨基酸平衡上做的负贡献越大,则 CV 变大, SRC 变小,蛋白质的营养价值越差。因此, SRC 越接近 100,其营养价值相对较高<sup>[31]</sup>。本试验中,从 RC 值可知,不同生长期油菜的第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸,苯丙氨酸 + 酪氨酸相对过剩,其它必需氨基酸接近 FAO/WHO 推荐必需氨基酸模式,暗示作为饲料原料使用时,应注意强化蛋氨酸 + 胱氨酸;从 SRC 值来看,油菜结荚后期和盛花期相对较高,超过 80,接近 FAO/WHO 氨基酸标准模式,优于桑叶叶蛋白 (69.71) 和紫花苜蓿 (70.63)<sup>[32]</sup>,表明油菜具有较高的饲用价值。

必需氨基酸指数 (EAAI) 反映了饲料蛋白源的必需氨基酸组成与喂养对象的必需氨基酸组成的拟合程度。在一定程度上可用 EAAI 评价蛋白源对该动物的营养价值。当 n 约为 6 ~ 12 时, EAAI > 0.95 为优质蛋白源, 0.86 < EAAI ≤ 0.95 为良好蛋白源, 0.75 ≤ EAAI ≤ 0.86 为可用蛋白源, EAAI < 0.75 为不适蛋白源<sup>[25]</sup>。研究发现,以肉牛、山羊等反刍动物肉质中必需氨基酸组成为参照对象,不同生长期油菜的必需氨基酸指数均大于 0.95,表明油菜可作为反刍动物的优质蛋白源,作为饲草使用,以盛花期至结荚初期最优。

## 参考文献:

[1] 金光忠,周顺成. 麦后复种饲用油菜的种植利用及效益分析[J]. 畜牧与饲料科学,2008,29(6):65-66.  
[2] 乌兰,马伟杰,义如格勒图,等. 油菜秸秆饲用价值

分析及其开发利用[J]. 内蒙古草业,2007,19(1):41-42.  
[3] 杨祁峰,滕怀渊,牛菊兰,等. 饲用双低油菜华协 1 号营养成分含量动态及营养价值研究[J]. 草业学报,2003,2(12):87-92.  
[4] 柴君秀,李颖康,马小明,等. 高产饲料油菜喂羊效果试验[J]. 畜牧与饲料科学,2011,32(11):19-20.  
[5] 冯西博. 饲油 1 号在西藏林芝地区的综合栽培措施研究[J]. 安徽农业科学,2015,28(43):112-113.  
[6] 牛菊兰,杨祁峰,滕怀渊,等. 双低油菜华协 1 号青饲效果的研究[J]. 草业学报,2003,12(1):90-93.  
[7] 王亚犁. 利用饲用油菜复合青贮育肥秦川牛试验研究[J]. 中国草食动物科学,2005,25(3):37-38.  
[8] 张俊英,赵志伟,张应礼. 饲用油菜与枯黄玉米秸秆复合青贮饲喂山羊试验[J]. 中国草食动物科学,26(3):61.  
[9] 陈红琳,刘定辉,陈代全,等. 甘孜州半农牧区麦后复种饲用油菜引种比较试验[J]. 南方农业学报,2012,43(8):106-109.  
[10] 童小英,唐胜球,马元元,等. 日粮中添加饲料油菜养殖肉兔的效果研究[J]. 中国饲料,2015(11):12-15.  
[11] 杨华,熊明清,余陵峰,等. 青贮饲料油菜对肉牛增重效果的研究[J]. 中国饲料,2017(2):16-18.  
[12] 李士磊,金以龙,熊明军,等. 油菜华油杂 62 高产高效栽培集成技术[J]. 湖北农业科学,2017,56(1):29-31.  
[13] FAO/WHO. Energy and protein requirements[R]. Report of a joint FAO/WHO expert committee. Technical report series No. 522, Geneva: World Health Organization, 1973.  
[14] Penafiora V D. An evaluation of indigenous protein sources as potential component in the diet formulation for tiger prawn *Penaeus monodon* using essential amino acid index eaa[J]. Aquaculture, 1989, 83(3-4):319-330.  
[15] 金显栋,刘学洪,王安奎,等. 云南黄牛及其杂交后代的牛肉氨基酸含量分析[J]. 中国牛业科学,2013,39(5):8-12.  
[16] 热孜瓦古丽·米吉提,买买提伊明·巴拉提,依巴代提·米吉提,等. 绵羊羊肉氨基酸成分的比较研究[J]. 新疆农业科学,2012,49(8):1552-1556.  
[17] 邱翔,王杰,黄艳玲,等. 成都麻羊肉氨基酸和矿物质含量的分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(18):7686-7690.  
[18] 俞晓红. 宁夏引黄灌区麦后复种饲料油菜播种量和收获期的研究[D]. 银川:宁夏大学,2015.  
[19] 张进军,樊静民. 麦田复播饲用油菜栽培技术[J]. 农村科技,2014(10):10.

- [20] 黎咏蜀. 饲用油菜栽培技术及营养价值研究[D]. 重庆:西南大学,2014.
- [21] 马乐天,马小明,马吉峰,等. 麦后复种饲用油菜试验[J]. 黑龙江畜牧兽医,2012(4):104-105.
- [22] 柴武高. 麦田(后)复种饲用油菜栽培技术[J]. 科学种养,2012(5):43-43.
- [23] 丛晓飞,刘连成,胡静. 饲用油菜优质高产栽培技术[J]. 山东农机化,2009(3):29.
- [24] 王亚犁. 饲用油菜与枯黄玉米秸秆复合青贮饲喂滩羊试验[J]. 中国畜牧杂志,2005,41(2):57.
- [25] 何金环,李凤玲. 聚合草的氨基酸组成及评价研究[J]. 中国草地学报,2010,32(3):117-120.
- [26] 杨久仙. 动物营养与饲料加工[M]. 北京:中国农业出版社,2011. 38-42.
- [27] 李孟良,高志炜. 播娘蒿不同生育期鲜草产量与营养价值[J]. 草业学报,2004,13(5):66-69.
- [28] Peiretti P G, Gai F. Chemical composition, nutritive value, fatty acid and amino acid contents of *Galega officinalis* L. during its growth stage and in regrowth[J]. *Animal Feed Science & Technology*,2006,130(3-4):257-267.
- [29] 姬齐武,韩汝旦,董宽虎,等. 不同生长期白羊草的营养成分及绵羊瘤胃降解特性[J]. 草地学报,2015,6(23):1295-1302.
- [30] 吴晓红,王振宇,郑洪亮,等. 红松仁蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品工业科技,2011,32(1):267-270.
- [31] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报,1988,10(2):187-190.
- [32] 王芳,乔璐,张庆庆,等. 桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品科学,2015,36(1):225-228.

(责任编辑:郭学兰)