

窦凤鸣,姜明鑫,王长文,等. 吉林白鹅对不同日粮纤维的消化率及代谢能[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):134-136,142.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.14.037

吉林白鹅对不同日粮纤维的消化率及代谢能

窦凤鸣¹,姜明鑫²,王长文³,杨连玉²

(1. 吉林农业科技学院动物科技学院,吉林省吉林市 132101;

2. 吉林农业大学动物科技学院,吉林长春 130118; 3. 吉林医药学院公共卫生学院,吉林省吉林市 132013)

摘要:为研究吉林白鹅对不同日粮纤维的消化率及代谢能,利用酶解法对苜蓿干草和玉米秸秆的化学组成进行分析,并采用消化代谢试验进一步评价日粮纤维的有效性。采取完全随机化设计进行消化代谢试验,选用约 12 周龄健康吉林白鹅仔鹅 30 羽,随机分成 5 组,每组 6 羽。设计 5 组日粮,分别为:A 组,基础日粮添加 5% 玉米秸秆;B 组,基础日粮添加 5% 玉米秸秆 + 5% 苜蓿干草;C 组,基础日粮添加 10% 的苜蓿干草;D 组,基础日粮添加 10% 苜蓿干草 + 5% 玉米秸秆;E 组,基础日粮添加 15% 的苜蓿干草,其中 5 组日粮的能氮比一致,酶解总纤维含量一致。初步建立各组分可消化性、能量有效性和蛋白质可利用率的关系。为评价鹅日粮纤维有效性提供有力科学依据。试验结果显示,饲喂不同日粮纤维的 5 组仔鹅,中性洗涤纤维(neutral detergent fiber,简称 NDF)的消化率在 24.03% ~ 31.40% 之间。酸性洗涤纤维(acid detergent fiber,简称 ADF)的消化率为 22.71% ~ 29.26%。半纤维素(hemicellulose,简称 HCE)消化率是 41.35% ~ 49.21%。酶解高消化纤维与中性洗涤纤维消化率呈极显著正相关性($P < 0.01$),酶解高消化纤维与半纤维素的消化率呈极显著正相关性($P < 0.01$),酶解高消化纤维与酸性洗涤纤维的消化率呈极显著正相关性($P < 0.01$)。酶解高消化纤维与细胞壁(cell wall,简称 CW)的消化率呈极显著正相关性($P < 0.01$)。酶解高消化纤维与代谢能呈极显著正相关性($P < 0.01$)。结果表明,酶解高消化纤维或酶解木质素占总纤维的比值以及木质素占酸性洗涤纤维的比值作为鹅日粮纤维有效性的评价参数。

关键词:吉林白鹅;纤维日粮;消化率;代谢能

中图分类号: S835.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)14-0134-03

鹅具有适应性强、生长速度快、耐粗饲、抗病能力强等特点。鹅养殖业具有投资少、产出多、回报高等优点。鹅是以采食粗饲料为主,对精料的需求量少,属于节粮型动物。此外,鹅肉具有高的营养价值,有家禽“肉中之王”的美誉,其中蛋白质和不饱和脂肪酸的含量高,脂肪含量低^[1-2]。当前,我国的肉鹅养殖数量居世界首位。鹅能够大量吸收牧草中的营养物质,因此在鹅的日粮中添加适宜的纤维类饲料不但能够降低饲料成本,而且具有促进鹅生长发育的作用。研究如何有效地评价鹅日粮纤维的方法,并且合理有效地利用日粮纤维,对于优化鹅日粮配方,加强鹅的营养品质,促进养鹅业发展具有重要作用。

1 材料与与方法

1.1 试验动物

选取体质量相近的 12 周龄健康吉林白鹅仔鹅 30 羽;本试验的地点在吉林农业大学动物科学技术学院养殖基地。

收稿日期:2016-03-01

基金项目:吉林省高等学校秸秆综合利用高端科技创新平台项目(编号:吉高平台字[2014]C-1)。

作者简介:窦凤鸣(1977—),男,黑龙江绥化人,硕士,讲师,主要研究方向为野生动物保护与利用,E-mail:429721915@qq.com。

通信作者:杨连玉,博士,教授,主要研究方向为动物营养学与粗饲料开发利用,E-mail:lyyang1965@yahoo.com.cn;王长文,博士,教授,主要研究方向为营养学,E-mail:wchw1966@163.com。

1.1.1 试验动物及饲养管理 代谢试验在代谢笼内进行,为减少应激,前 3 d 喂饮添加电解多维的水,定时饲喂 3 次/d,饲喂量每天 220 g/羽,自由饮水,及时清理粪便,保证舍内良好环境。并每日观察鹅的健康状况。在进入正试期前,将鹅消化道排空 24 h,并在排空期间对料槽、水槽、代谢笼进行清理,记录采食量。

1.1.2 排泄物的收集与处理 采用全粪收集法,每天定时收集 30 羽试验鹅粪尿的混合样,将落在收粪盘里的饲料、鹅毛统统清除并且把一小部分代谢笼内的粪便全部转移到收粪盘中。立即置于 65 ℃ 烘箱中烘干(若不能及时烘干则采用 10% 的硫酸溶液固氮放入冰箱中),在此期间将粪样翻转使其受热均匀,放到室内回潮 24 h、称质量、粉碎,以作后续分析之用。

1.2 试验设计与日粮

本试验采取完全随机化设计,进行消化代谢试验。将 30 羽鹅随机分成 5 组,每组 6 羽,单羽单笼饲养,每天早晨 6:00、中午 12:00、晚上 18:00,定时定量饲喂 3 次,自由饮水。本试验共设计 5 组日粮:A 组,基础日粮添加 5% 玉米秸秆;B 组,基础日粮添加 5% 玉米秸秆 + 5% 苜蓿干草;C 组,基础日粮添加 10% 的苜蓿干草;D 组,基础日粮添加 10% 苜蓿干草 + 5% 玉米秸秆;E 组,基础日粮添加 15% 的苜蓿干草。其中,玉米秸秆为玉米果实成熟后收取剩下的秸秆再风干处理,采于吉林农业大学牧草种植基地。苜蓿干草,采于吉林广泽农牧科技有限公司进口产品。玉米秸秆和苜蓿干草的营养指标见表 1。

表 1 玉米秸秆和苜蓿干草的化学成分组成

纤维源	粗纤维 (CF)	酸性洗涤纤维 (ADF)	中性洗涤纤维 (NDF)	半纤维 (HCE)	总纤维 (CW)	细胞内容物 (CC)	高消化纤维 (CWa)	低消化纤维 (CWb)	CC + CWa
玉米秸秆	36.67	46.51	66.89	20.38	85.87	14.13	11.86	74.01	25.99
苜蓿干草	23.87	25.00	39.77	14.77	55.00	45.00	9.00	45.83	54.00

试验动物鹅的基础日粮配方参考 NRC (2012) 推荐的生长鹅的营养需要以及中国饲料成分和营养价值表 (2012) 配制。

1.3 测定指标

粗纤维 (CF): 采用概略养分分析方法 GB/T 76434—1994 进行测定。

酸性洗涤纤维 (ADF)、中性洗涤纤维 (NDF)、半纤维素 (HCE): 用范氏 (van Soest) 洗涤分析方法测定。

总纤维 (细胞壁成分, CW)、细胞内容物、酶解高消化纤维、酶解低消化纤维: 采用由日本学者阿部亮提出的酶解法进行改良后分析, 本试验方法是利用蛋白酶、纤维素酶和木质素酶进行分析测定。

粗蛋白质: 利用凯式定氮法测定。

能量: 用 ZDHW-5 微机全自动量热仪测定。

某养分的消化代谢率 = [食入某养分量 (g) - 粪中该养分量 (g)] / 食入某养分量 (g) × 100%。

表 2 不同处理组鹅日粮纤维组分的消化率

组号	NDF 消化率	ADF 消化率	HCE 消化率	CW 消化率
A	24.03 ± 2.93bC	22.71 ± 1.55bB	41.35 ± 2.13bB	67.08 ± 2.26cA
B	25.06 ± 2.42bBC	23.22 ± 2.30bB	42.48 ± 2.04bB	67.96 ± 1.46bcA
C	31.40 ± 2.51aA	29.26 ± 3.10aA	48.45 ± 2.91aA	71.32 ± 2.56abA
D	29.93 ± 3.24aABC	26.92 ± 1.75aAB	47.59 ± 0.78aA	70.28 ± 1.54abcA
E	30.65 ± 3.01aAB	28.03 ± 1.51aA	49.21 ± 2.12aA	71.77 ± 3.33aA

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下表同。

ADF 的消化率为 22.71% ~ 29.26%。5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组、15% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组差异显著 ($P < 0.05$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组、15% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组差异显著 ($P < 0.05$), 剩余各组差异不显著。

HCE 消化率为 41.35% ~ 49.21%。5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 玉米秸秆组与 15% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 15% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$)。

CW 的消化率在 67.08% ~ 71.77% 范围内。5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组、15% 苜蓿干草组差异显著 ($P < 0.05$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 15% 苜蓿干草组差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 不同处理组鹅的代谢能

由表 3 可知, 代谢能消化率测定值为 64.63% ~ 71.04%。5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组差异显著 ($P <$

1.4 数据处理及统计分析

试验数据首先采用 Excel 软件进行处理, 然后用 SPSS 17.0 软件进行多重比较和单因子方差分析, 试验数据运用平均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示并进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理组鹅的日粮纤维消化率

由表 2 可知, 饲喂不同日粮纤维的 5 组鹅, 对 NDF 消化率在 24.03% ~ 31.40%。5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 玉米秸秆组与 15% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组差异显著 ($P < 0.05$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组差异极显著 ($P < 0.01$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组和 15% 苜蓿干草组差异显著 ($P < 0.05$)。其余各组有差异但差异不显著。

0.05), 5% 玉米秸秆组与 15% 苜蓿干草组差异显著 ($P < 0.05$), 5% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组与 10% 苜蓿干草组、10% 苜蓿干草加 5% 玉米秸秆组、15% 苜蓿干草组差异显著 ($P < 0.05$)。其他各组有差异, 但差异不显著。

表 3 不同日粮纤维对鹅的代谢能 (ME) 的测定结果

组号	食入总能 (MJ/kg)	排泄物能值 (MJ/kg)	ME 消化率 (%)
A	8.96 ± 3.07	3.09 ± 1.96	65.03 ± 2.19bc
B	8.57 ± 1.70	3.00 ± 3.53	64.63 ± 4.44c
C	10.15 ± 2.32	2.90 ± 2.69	71.04 ± 3.79a
D	9.56 ± 2.20	2.93 ± 1.89	69.87 ± 3.41ab
E	8.47 ± 3.91	2.42 ± 2.14	70.67 ± 4.76a

2.3 不同处理组鹅的氮表观沉积率

由表 4 可知, 测得的氮的表观沉积率在 26.70% ~ 30.79%。10% 苜蓿干草组与其他各组均差异显著 ($P < 0.05$), 其他各组之间差异均不显著。

2.4 酶解高消化纤维含量占总纤维的比值、酶解木质素含量占总纤维的比值与代谢能的相关性

由表 5 可知, 酶解高消化纤维含量占总纤维的比值与代谢能呈显著正相关 ($P < 0.05$), 酶解木质素含量占总纤维的比值与代谢能呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。

表 4 不同日粮纤维对鹅的氮表观沉积率测定结果			
组号	食入氮的总量 (g)	排出氮的量 (g)	ANRR (%)
A	14.84 ± 3.12	10.74 ± 3.08	27.12 ± 3.12b
B	13.89 ± 2.64	10.13 ± 3.12	26.70 ± 2.64b
C	14.71 ± 2.05	10.13 ± 2.46	30.79 ± 2.05a
D	14.25 ± 1.12	10.44 ± 1.45	26.77 ± 1.21b
E	11.75 ± 2.05	8.59 ± 1.47	26.87 ± 2.05b

表 5 酶解高消化纤维含量占总纤维比值、酶解木质素含量占总纤维的比值与 ME 的相关性								
项目	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组	回归方程	r ²	P
代谢能消化率(Z)	65.03 ± 2.19	64.63 ± 4.44	71.04 ± 3.79	69.87 ± 3.41	70.67 ± 4.76			
酶解高消化纤维含量与总纤维的比值(B,%)	34.80 ± 1.99	35.57 ± 2.65	41.46 ± 2.98	37.16 ± 3.09	39.34 ± 3.21	Z = 1.019B + 29.864	0.886	< 0.05
酶解木质素含量与总纤维的比值(C,%)	56.93 ± 2.39	54.73 ± 3.54	45.37 ± 3.69	46.92 ± 1.41	46.17 ± 3.26	Z = -0.574C + 96.977	0.950	< 0.01

便于分析日粮纤维的品质,采用能够利用的指标来代替原来的粗略指标,用以区别反刍动物和单胃动物的纤维指标;日粮纤维的分析方法以上述 3 层含义为依据,应该具有可行性强,操作快捷简便、重复性强、利用率高等特点^[3]。日粮纤维来源不同,纤维成分不同,鹅对日粮纤维的消化率不同。总体而言,CF 和 ADF 的消化率较低,HCE、NDF 的消化率较高,这可能与组成纤维的化学本质有关。王志跃等在研究基础日粮、15%大米草粉和 15%苜蓿草粉饲喂 90 日龄的扬州鹅,测得 NDF 的消化率为 35.72% ~ 63.91%,半纤维素的消化率为 59.07% ~ 79.55%,ADF 的消化率为 9.57% ~ 15.61%^[4]。赵立以玉米秸、籽粒苋、草木犀为不同纤维来源饲喂 64 日龄的鹅,测得 ADF 的消化率为 16.09% ~ 18.35%,HCE 消化率为 39.43% ~ 50.53%,NDF 消化率为 35.28% ~ 43.80%^[5]。Jamroz 研究了鹅对日粮纤维成分的消化率,结果显示 ADF 的消化率为 0% ~ 10%,NDF 的消化率为 16% ~ 34%^[6]。Timmeler 测定了鹅对苜蓿草、白三叶和红三叶的消化率,ADF 消化率为 5.5% ~ 31.72%,NDF 消化率为 21.44% ~ 41.86%^[7]。日粮纤维来源相同,而日粮纤维水平不同,鹅对日粮纤维的消化率也不同,这与王宝维等的研究^[8]相符,王宝维等研究表明,添加 12.00% ~ 31.00% 的墨西哥玉米干草粉喂养五龙鹅,结果显示纤维含量不断升高,总的纤维消化率变化趋势也在升高;接着用黑麦草代替基础日粮喂五龙鹅,表明在 9.14% ~ 22.27% 范围内的日粮纤维,随着纤维含量的提高,粗纤维、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维消化率也在增加;用羊草为日粮纤维源喂五龙鹅的研究结果证明,羊草粉含量在 12.70% ~ 21.00% 范围内增加时,鹅对 CF、NDF、ADF 的消化率在升高,但当草粉的添加含量在 25.80% 时,三者消化率都下降;日粮纤维源为青贮玉米秸秆时,饲喂五龙鹅,随着添加量的升高,纤维消化率也逐渐升高,研究发现当增加青贮玉米秸秆含量在 53.6% 时,纤维的消化率开始下降^[8]。可能由于鹅的品种、日粮纤维水平、牧草、纤维源等因素的影响,导致上述研究结果有一定差异。此外,不同牧草、同一牧草收割期不同,纤维成分含量也有差异。一般研究认为,若半纤维素含量高,那么纤维消化率高;若木质素含量高,日粮纤维消化率低^[9]。

3.2 高消化纤维含量与代谢能的相关关系

本试验研究表明,酶解高消化性纤维含量高的组,其代谢能也高;酶解高消化性纤维含量低的组,其代谢能也低。酶解

3 讨论

3.1 不同日粮纤维对鹅消化率的影响

日粮纤维的来源和水平不同,因此鹅对日粮纤维的消化率也不同。日粮纤维的化学本质不是单一的化学物质,是由多种物质组成,且具有独特生理营养功能的复合物。日粮纤维全部的营养生理作用不是组成纤维的单个成分的营养作用;非结构性和结构性成分是日粮纤维的 2 个组成部分;为了

高消化纤维含量与代谢能呈极显著正相关($P < 0.01$)。动物采食饲料之后,一部分能量被动物机体利用,用来维持和满足自身的生产需要,而能量的另外部分通过气体能、脉能、粪能的形式被排出^[10]。酶解高消化性纤维含量的高低反映出动物机体利用日粮纤维的程度,其他条件一定的情况下,酶解高消化纤维含量高,动物对日粮纤维的消化率就高,进而产生的能量也高。酶解高消化纤维含量与 NDF 消化率和 HCE 消化率呈极显著正相关($P < 0.01$)。NDF 相当于利用化学分析方法测定的总纤维含量,HCE 是纤维中容易消化的部分,经过大量的研究证明,动物对半纤维素的消化率高达 40% ~ 69%。对于 ADF 而言,它的组成成分为纤维素、木质素和硅酸盐,与 HCE 相比,ADF 不是动物机体容易消化的部分,本试验的研究结果是酶解高消化纤维含量与 ADF 的消化率呈极显著正相关($P < 0.01$),可能是由于 ADF 中的纤维素成分含量比较多,并且有很大一部分纤维素能够被动物机体利用。酶解高消化纤维含量高低可以衡量 NDF 消化率、ADF 消化率、HCE 的消化率的高低。酶解法不是一个固定不变的方法,可以根据试验的需要进行改良。颜品勋等利用纤维素酶和胃蛋白酶的组合酶解法分析评价青粗饲料中有机物的降解情况。此组合酶法能恰当地估测青粗饲料在瘤胃中的降解率。对于测定不同种类粗饲料的有机物在瘤胃内的降解率,复合酶解法与尼龙袋法有机物的降解率呈显著相关。纤维素酶和胃蛋白酶的组合酶法能够相对准确地评价尼龙袋法对粗饲料中有机物质的降解情况^[11]。

参考文献:

[1] 丁美中. 我国鹅业发展状况及消费市场发展趋势. “第二届中国水禽发展大会”专题[J]. 水禽世界,2008(1): 7-8.
[2] 闵育娜,高玉鹏,侯水生,等. 我国养鹅业现状及前景展望[J]. 中国畜牧杂志,2005,41(5): 57-59.
[3] 王进波,潘翔,刘建新. 日粮纤维对单胃动物消化生理功能的影响[J]. 饲料研究,2000(4): 19-21,3.
[4] 王志跃,王健,赵万里,等. 去盲肠鹅和未去盲肠鹅对含不同草粉日粮粗纤维组分代谢率的比较研究[J]. 中国畜牧杂志,2004,40(12): 16-18.
[5] 胡敏华,胡民强. 粗纤维水平对肉鹅生长及其肠道微生物的影响[J]. 中国家禽,2010,32(5): 27-30.

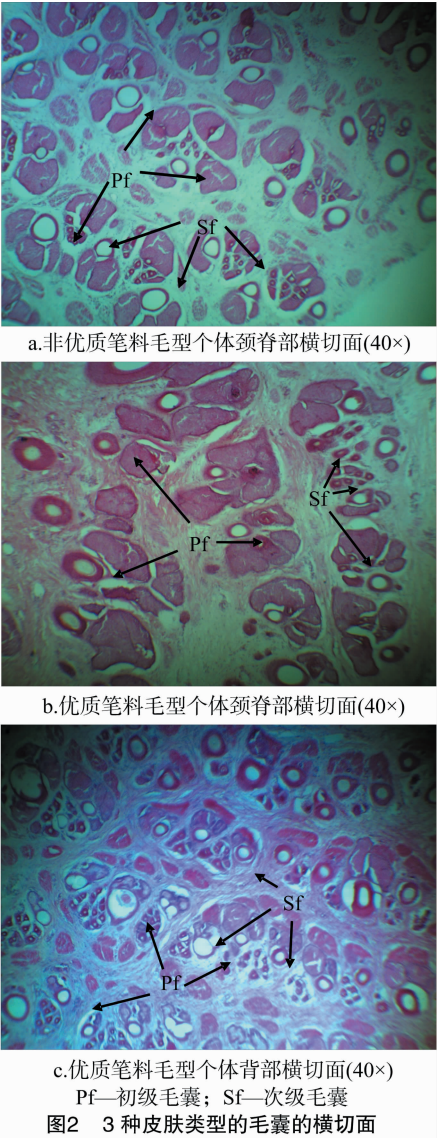


图2 3 种皮肤类型的毛囊的横切面

[3] Krause K, Foitzik K. Biology of the hair follicle: the basics [J]. Seminars in Cutaneous Medicine & Surgery, 2006, 25 (1) : 2.

[4] 李树伟. 影响绵羊毛纤维与毛囊结构及生产性状的分子机理研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.

(上接第 136 页)

[6] Jamroz D, Orda J, Wilicziewicz A, et al. The apparent digestibility of structural carbohydrates and the intestine fermentation of different kinds of grains in three poultry species (part IV) [J]. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 1996, 8 (2) : 176 – 185.

[7] Timmler R. Investigation into the digestibility of high fiber feedstuffs for geese [C] // Proceedings of the 8th International Symposium of Young Poultry Scientists. Poland, 1994: 148 – 254.

表 1 3 种皮肤类型的初级毛囊密度

毛囊皮肤部位	初级毛囊平均密度 (个/mm ²)
优质颈背部	2.81 ± 0.21a
非优质颈背部	2.78 ± 0.24a
优质背部	5.74 ± 0.55b

注: 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

[5] 贾志海, 蔡青和. 山羊绒生长机制及其营养研究进展 [J]. 动物营养学报, 1999, 11 (增刊 1) : 97 – 102.

[6] Gat U, Dasgupta R, Degenstein L, et al. De Novo hair follicle morphogenesis and hair tumors in mice expressing a truncated β -catenin in skin [J]. Cell, 1998, 95 (5) : 605 – 614.

[7] Alexeev V, Igoucheva O, Domashenko A, et al. Localized *in vivo* genotypic and phenotypic correction of the albino mutation in skin by RNA – DNA oligonucleotide [J]. Nature Biotechnology, 2000, 18 (1) : 43 – 47.

[8] 董彬, 崔志峰, 尹逊河, 等. 济宁青山羊皮肤毛囊的组织学特性研究 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2010 (2) : 258 – 262.

[9] 姚纪元, 李玉梅, 徐海录, 等. 辽宁绒山羊 2 品系皮肤毛囊周期性变化的比较研究 [J]. 中国兽医学报, 2013, 33 (12) : 1949 – 1953.

[10] 田佳, 王琼, 刘玲玲, 等. 南疆绒山羊皮肤毛囊性状参数与生产性状的相关分析 [J]. 新疆农业科学, 2014, 51 (1) : 143 – 149.

[11] 吕雪峰, 叶小芳, 郑文新, 等. 新疆山羊皮肤毛囊结构及周期性发育规律的研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (24) : 12094 – 12096.

[12] 姜怀志, 赵艳丽, 李向军, 等. 内蒙古绒山羊毛囊性状参数的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2008, 44 (5) : 21 – 23.

[13] 肖彦增. 制作优良冷冻切片的方法 [J]. 实用医技杂志, 2015 (10) : 1115.

[14] 黄兆铭. 云岭山羊皮肤组织结构的观察 [J]. 云南农业大学学报, 1989, 4 (2) : 151 – 157.

[15] 金海国, 申秀吉, 李学俊, 等. 绒山羊皮肤组织结构的观察 [J]. 延边大学农学学报, 1999, 21 (2) : 83 – 85.

[16] 王凌燕, 王树迎, 尹逊河, 等. 沂蒙黑山羊与济宁青山羊板皮组织结构的研究 [J]. 中国草食动物, 2004, 24 (6) : 49 – 51.

[8] 王宝维, 荆丽珍, 张倩, 等. 不同比例青贮玉米秸秆日粮的鹅消化率 [J]. 动物营养学报, 2008, 20 (2) : 176 – 182.

[9] 王瑞晓. 肉鹅对不同饲料及日粮养分利用的研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 1998.

[10] 吴梦琴. 真代谢能法测定鹅对几种饲料代谢能、氨基酸、粗纤维的消化利用率的研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2006.

[11] 颜品勋, 冯仰廉, 莫放, 等. 酶解法评定青粗饲料有机物降解率的研究 [J]. 动物营养学报, 1996, 8 (3) : 20 – 24.