

DOI:10.11686/cyxb2024379

http://cyxb.magtech.com.cn

袁玖. 绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与玉米秸秆青贮料、精料间饲料组合效应研究. 草业学报, 2025, 34(9): 173-184.

YUAN Jiu. A study of the feed associative effects of mung bean, garlic and eggplant peels when combined with maize straw silage and feed concentrate. Acta Prataculturae Sinica, 2025, 34(9): 173-184.

绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与玉米秸秆青贮料、 精料间饲料组合效应研究

袁玖

(甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了测定3种蔬菜尾菜分别与玉米秸秆青贮料、精料间最优组合效应(AE),本研究采用单因子试验设计,利用体外产气法,首先将绿豆衣、大蒜皮、茄子皮分别与玉米秸秆青贮料100:0、75:25、50:50、25:75、0:100下发酵,筛选出3种尾菜与青贮的最佳组合效应配比;然后,以此最佳配比作为一种混合粗饲料与商品精料按0:100、50:50、60:40、70:30、80:20、100:0配比发酵培养。记录0、2、4、6、9、12、24、36、48、72 h的产气量,按照一个指数方程式分析计算出快速产气量、缓慢产气量、潜在产气量及产气速度常数。利用72 h产气量和各组合的加权估算值计算出产气量的组合效应值。结果表明:绿豆衣:青贮为25:75、大蒜皮:青贮75:25、茄子皮:青贮50:50时,饲料组合效应值极显著或显著高于($P<0.01$ 或 $P<0.05$)其他两个配比组。3种混合粗饲料(即绿豆衣:青贮=25:75,大蒜皮:青贮=75:25,茄子皮:青贮=50:50)与精料不同配比发酵后结果表明,绿豆衣的快速产气量(a)、48和72 h产气量的AE,70:30组均显著高于80:20、60:40、50:50组($P<0.05$)。大蒜皮的缓慢产气量(b)、潜在产气量(a+b),60:40、0:100组分别显著、极显著高于100:0、80:20、50:50组($P<0.05$, $P<0.01$);大蒜皮48、72 h产气量的AE,60:40组显著高于其他3组($P<0.05$)。茄子皮的a值,48、72 h产气量的AE,80:20组分别极显著、显著高于其他3组($P<0.01$, $P<0.05$)。当绿豆衣:玉米秸秆青贮料:精料=17.5:52.5:30.0、大蒜皮:玉米秸秆青贮料:精料=45:15:40、茄子皮:玉米秸秆青贮料:精料=40:40:20时,饲料的组合效应值最大。3种配比饲喂动物后对生产性能的影响,还需动物饲养试验进行验证。

关键词: 绿豆衣;大蒜皮;茄子皮;玉米秸秆青贮料;精料;组合效应;体外产气法

A study of the feed associative effects of mung bean, garlic and eggplant peels when combined with maize straw silage and feed concentrate

YUAN Jiu

College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: This research used *in vitro* gas production (GP) when feed samples were incubated with rumen fluid of donor Han sheep, to explore the optimal associative effects (AE) when mixing maize (*Zea mays*) straw silage, feed concentrate, and commercial waste and peel of one of three different vegetables: mung bean (*Vigna radiata*), garlic (*Allium sativum*), or eggplant (*Solanum melongena*). First, the different vegetable wastes were screened as mixtures with maize straw silage at ratios of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100. For each vegetable waste, the maize straw silage mixture with the best AE was regarded as a mixed roughage that was combined with a commercial concentrate at ratios of 0:100, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 100:0. The GP was recorded at 0, 2, 4, 6, 9, 12,

收稿日期:2024-09-27;改回日期:2024-10-31

基金项目:甘肃农业大学学科团队项目(GAU-XKTD-2022-20)资助。

作者简介:袁玖(1980-),女,新疆乌鲁木齐人,副教授,硕士。E-mail: 511370041@qq.com

24, 36, 48, 72 hours. From exponential curve fitting of the GP time series data, the fast GP, slow GP, and an exponential GP constant were calculated. The GP_{72h} and weighted estimated values of each combination were used to calculate the value of AE of GP. The results showed that the AE value were significantly or extremely significantly higher ($P < 0.01$, $P < 0.05$) than the other two groups when peel of mung bean, garlic or eggplant was combined with maize straw silage at ratios of 25:75, 75:25, 50:50, respectively. When these three mixed roughages were combined with concentrate at different ratios, for the 25:75 mung bean waste: maize straw silage it was found that the fast GP, the AE of GP at 48 and 72 hours of 70:30 ratio were significantly higher than 80:20, 60:40, 50:50 groups ($P < 0.05$). For the 75:25 garlic peel:maize silage mixed roughage, the slow GP and potential GP of the 60:40, 0:100 concentrate groups were significantly or extremely significantly higher than 100:0, 80:20 and 50:50 groups ($P < 0.05$, $P < 0.01$). Also, the AE value of GP at 48 and 72 hours of 60:40 concentrate mixture of garlic peel mixed roughage were significantly higher than the other three groups ($P < 0.05$). For the eggplant peel mixed roughage, the 80:20 mixture with concentrate had a significantly higher fast GP and AE value of GP at 48 and 72 hours than the other three groups ($P < 0.01$, $P < 0.05$). In summary, optimal dietary AE was obtained with a 17.5:52.5:30.0 ratio of mung bean peel:corn straw silage:concentrate; with a 45:15:40 ratio of garlic peel:corn straw silage:concentrate; and with a 40:40:20 mixture of eggplant peel:corn straw silage:concentrate. However, a caveat is that these *in vitro* results still need to be validated by animal feeding experiments to confirm that they hold good for predicting the performance of animals.

Key words: mung bean peel; garlic peel; eggplant peel; corn straw silage; concentrate; associative effects; *in vitro* gas production method

我国是世界第一蔬菜生产消费国。2020年我国蔬菜产量约7.5亿t,蔬菜尾菜产量约1.5亿~5.0亿 $t^{[1-2]}$ 。蔬菜秸秆富含维生素等有机养分,随意丢弃发生腐烂,会造成严重的环境污染及资源浪费。目前,我国对蔬菜副产物资源化利用的效率很低,饲料化利用是重要的途径之一。茄子(*Solanum melongena*)皮集中了绝大部分花青素和类黄酮^[3]。绿豆(*Vigna radiata*)衣(生绿豆芽时漂洗出的绿豆皮)含有鞣质、香豆素、生物碱、植物甾醇、皂苷,以及黄酮类等高效抗氧化成分,绿豆皮含21种无机元素,磷含量最高^[4]。大蒜(*Allium sativum*)有抗菌、抗氧化、增强机体免疫力、促进脂肪代谢、健胃和促生长等功能,其副产物大蒜皮和大蒜秸秆也具有类似功效,其在猪、鸡、反刍、水产养殖饲喂的试验报道很多^[5]。大蒜皮富含大蒜素,具杀菌消炎作用,在高温高湿季节喂养大蒜皮可有效防治腹泻等肠道疾病,替代化学药物,增进动物生长,提高羊、兔等成活率^[6]。

添加15%大蒜皮能提高黑山羊羔羊免疫力及抗氧化功能^[6]。茄子皮中含有花青素、类黄酮和酚酸,有很强的抗氧化能力。用茄子皮、干制草坪草饲喂2.0~2.5岁奶山羊发现,日增重和产奶量比精料+干制草坪草组提高了47.9%和67.0%^[7]。绿豆衣富含黄酮类物质,含总膳食纤维65.85%,其中不可溶性占比93.8%。绿豆衣、扁豆(*Lablab purpureus*)衣、蚕豆(*Vicia faba*)花、西瓜(*Citrullus lanatus*)皮、南瓜(*Semen cucurbitae*)、冬瓜(*Benincasa hispida*)等可作为动物夏季清热防暑的饲料^[8]。张继等^[9]将高山娃娃菜(*Brassica pekinensis* var. *minus*)秸秆与麸皮、微生物菌剂混合发酵,制得优质蛋白饲料。Partovi等^[10]发现,西兰花(*Brassica capitata* var. *italica*)副产物与麦(*Triticum aestivum*)秸按69:31混贮饲喂法山德羔羊,对生产性能、血液生化指标、瘤胃发酵参数没有影响。苹果(*Malus domestica*)渣和小麦秸的混合青贮与全株玉米(*Zea mays*)青贮的混合比例为40:60时组合效应最大,效果最好^[11]。油菜(*Brassica napus*)秆:玉米:豆粕为55:30:15时能氮比例较为合理,瘤胃发酵效率最高^[12]。

饲料间的组合效应(associative effective, AE)是指来自不同饲料组合的营养、非营养及抗营养物质之间互相作用的效应^[13],该效应在反刍动物饲料中尤为明显。国内外关于饲料间AE的研究大多通过体外产气法,用发酵所得指标评估AE^[14]。Menke等^[15]发现气体的产量与机体内有机物的消化率密切相关,体外产气法被广泛应用于

测定饲料间AE。玉米秸秆青贮料由于其易消化、适口性好、保存期长,成为牛羊等反刍动物养殖中最常见的粗饲料^[16]。本研究旨在将3种蔬菜尾菜(绿豆衣、大蒜皮、茄子皮)分别与青贮玉米秸秆不同配比组合后体外发酵产气,筛选出最佳效应组合,并以此组合为混合粗饲料,再与精料不同配比开展产气试验,获得3种蔬菜尾菜分别与玉米秸秆青贮料、精料间的最优配比。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本试验于2022年5月在甘肃农业大学动物科学训练中心开展。绿豆衣、大蒜皮、茄子皮均来源于兰州市安宁区桃海市场;玉米秸秆青贮料采集于甘肃农业大学动物医院;精料补充料购于兰州联邦饲料有限公司。精料补充料配方组成:玉米84.70%、豆粕7.35%、棉籽粕3.75%、食盐1.70%、预混料2.50%。

1.2 试验设计

3种蔬菜尾菜(绿豆衣、大蒜皮、茄子皮)分别与玉米秸秆青贮料在0:100、25:75、50:50、75:25、100:0配比下开展体外发酵试验,筛选出3种尾菜与玉米秸秆青贮料的最佳饲料组合配比。再将此最佳配比组合作为一种混合粗饲料,与精料补充料按0:100、50:50、60:40、70:30、80:20、100:0配比开展体外培养,最终获得3种尾菜、玉米秸秆青贮料、精料间最优组合。

1.3 试验方法

1.3.1 瘤胃液供体动物及采集 试验羊为体重(35±5) kg的青年小尾寒羊,饲喂的饲粮精粗比为小麦秸秆:精料补充料=6.5:3.5。每日饲喂2次,自由饮水。早饲前采集3只实施了瘤胃切开术绵羊的瘤胃内容物,4层纱布迅速过滤,混合后收集到预热至39℃的收集瓶中,39℃恒温保存,持续通入CO₂,待用。

1.3.2 体外培养体系 人工瘤胃缓冲液采用Menke等^[17]的方法配制。配方:400 mL蒸馏水+A溶液0.1 mL+B溶液200 mL+C溶液200 mL+D溶液1.0 mL。在容器中依次加入上述溶液,置于39℃恒温水浴锅中,持续通入CO₂饱和,加入E溶液40 mL,继续通入CO₂,等待溶液由淡蓝色转变至无色,停止通入CO₂。最后,将采集的瘤胃液和人工瘤胃缓冲液按照1:2体积比混合均匀,作为微生物培养液。其中,A、B、C、D、E溶液的具体配方为:A:微量元素溶液[氯化钙(13.2 g)、氯化锰(10.0 g)、氯化钴(1.0 g)、氯化铁(8 g),溶解定容至1000 mL];B:缓冲溶液[碳酸氢铵(4.0 g)、碳酸氢钠(35 g),溶解定容至1000 mL];C:常量元素溶液[磷酸氢二钠(无水,5.7 g)、磷酸二氢钾(无水,6.2 g)、硫酸镁(0.6 g),溶解定容至1000 mL];D:指示剂溶液[100 mg刃天青,溶解定容至100 mL];E:还原剂溶液[4.0 mL氢氧化钠(4%)、硫化钠(0.625 g),定容至100 mL(现配现用)]。

1.3.3 体外培养程序 依据各饲料配比,准确称取200 mg(干物质dry matter, DM基础)饲料样品,装入尼龙袋(口径3 cm×5 cm),尼龙绳扎紧袋口,置于玻璃产气管。将30 mL微生物培养液(10 mL瘤胃液+20 mL人工唾液)加入产气管底部,继续通入CO₂饱和。将产气管倒置,排除管中气体。将5 cm长乳胶管套在产气管前端,翻折乳胶管,铁夹固定,确保不漏气。产气管尖端朝下,读取产气管活塞所在位置刻度读数(mL),作为0 h初始培养时产气量(GP_{0h})并记录。在恒温水浴锅(SHA-C水浴恒温振荡器,江苏)上放置带有圆孔的有机玻璃支架,将产气管放入圆孔中,防止侧翻。培养全过程,保持水浴锅始终在(39.0±0.5)℃,且产气管内培养液液面高度低于水浴锅水面高度。在培养2、4、6、9、12、24、36、48、72 h时,分别读数并记录产气量(gas production, GP)。同时,培养3个空白对照管,并记录各时间点产气量,消除培养装置系统误差。每次读数结束后,双手手掌相对,夹住产气管,前后滚动数次,模拟瘤胃蠕动。各产气管在不同时间点的GP=该时间点实际GP读数-对应时间点空白管GP。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 体外产气量 测定上述9个时间点GP。

$$GP_t = 200 \times (V_t - V_0) / W$$

式中:GP_t指t时刻样品的产气量(mL);t为开始发酵后的某一具体时间(h);V_t指经发酵t h后产气管的刻度读数;V₀指刚开始进行样品培养时空白产气管的原始刻度读数GP_{0h};W为样品干物质重量(mg)。

1.4.2 产气参数 采用“fit curve”软件(MLP;Lawes Agricultural Trust),将各配比组合在上述9个时间点的GP代入 Φ rskov等^[18]的产气模型公式:

$$GP = a + b(1 - e^{-ct})$$

式中: a 代表快速产气量(mL); b 代表缓慢产气量(mL); c 代表 b 的产气速度常数($\% \cdot h^{-1}$); t 代表发酵开始后某一具体时间(h)。

1.4.3 组合效应

$$\text{组合效应} = (\text{实测值} - \text{加权估算值}) \times 100 / \text{加权估算值}$$

式中:实测值为产气管中实际测定的各配比组合样品产气量(mL);加权估算值为尾菜的实测产气量 \times 尾菜所占配比($\%$) $+$ 玉米秸秆青贮料实测产气量 \times 玉米秸秆青贮料配比($\%$) $+$ 精料实测产气量 \times 精料配比($\%$)。

1.5 统计分析

试验数据用Excel 2016记录并整理,采用SPSS 20.0软件中ANOVA模块进行单因素方差分析。差异显著性采用Duncan's法多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比发酵后的产气量

在绿豆衣中,0:100组的 GP_{12h} 、 GP_{24h} 、 GP_{48h} 和 GP_{72h} 显著或极显著低于其他4组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$,表1);大蒜皮中,75:25组24~72 h的产气量极显著高于其他各组($P < 0.01$);茄子皮中,0:100和25:75组的各时间点产气量极显著低于其他3组($P < 0.01$)。

表1 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比培养后各时间点产气量

Table 1 Gas production at different time points after *in vitro* cultivation of vegetable waste and corn straw silage with different ratios (mL)

类型 Type	TP (h)	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0	<i>P</i>
绿豆衣:青贮 MBP:CSS	12	10.25±2.42b	30.50±2.94a	29.50±3.54a	32.00±2.83a	32.50±0.71a	0.017
	24	15.55±1.95b	37.00±3.49a	33.00±2.83a	33.00±1.41a	35.00±1.41a	0.017
	48	19.75±3.02b	39.00±3.90a	38.00±1.41a	36.00±2.83a	40.00±0.80a	0.013
	72	22.00±2.70B	49.00±2.83A	44.00±1.41A	44.00±2.66A	47.00±2.83A	0.001
大蒜皮:青贮 Garlic peel:CSS	12	10.25±2.42c	28.00±2.83a	22.50±3.60ab	25.50±0.71ab	12.25±1.06bc	0.023
	24	15.55±1.95C	28.00±2.83B	26.75±2.60B	38.00±2.83A	14.25±1.77C	<0.001
	48	19.75±3.02C	32.00±1.41B	29.75±0.35B	54.25±0.35A	15.50±2.12C	<0.001
	72	22.00±2.70C	39.00±1.41B	29.75±0.35C	59.25±3.01A	15.50±2.12D	<0.001
茄子皮:青贮 EP:CSS	12	10.25±2.42C	20.17±3.65B	35.33±2.31A	34.00±1.00A	35.00±1.41A	<0.001
	24	15.55±1.95C	23.00±3.50B	35.33±2.31A	39.33±3.51A	42.75±3.30A	0.001
	48	19.75±3.02C	26.50±2.27B	37.67±1.60A	43.50±2.09A	47.50±3.78A	<0.001
	72	22.00±2.70C	28.50±2.59B	41.17±0.76A	47.33±3.50A	50.50±3.54A	<0.001

同行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($P < 0.01$)。Different lowercase letters in the same row mean significant difference at 0.05 level, different capital letters indicate extremely significant difference in 0.01 level. TP: 时间点 Time points; CSS: 玉米秸秆青贮料 Corn straw silage; MBP: 绿豆衣 Peel of mung bean; EP: 茄子皮 Eggplant peel. 下同 The same below.

2.2 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比发酵后的产气参数及pH

青贮单独培养(0:100)组快速产气量(a)在绿豆衣、大蒜皮、茄子皮中均为负值,说明玉米秸秆青贮料单独发酵,存在产气滞后现象,3种尾菜其他配比组的 a 值均为正值(表2)。大蒜皮75:25组缓慢产气量(b)极显著高于其他4组($P < 0.01$)。大蒜皮、茄子皮的缓慢产气常数(c)在0:100组极显著高于其他组($P < 0.01$),绿豆衣的 c 在0:100和25:75组显著高于其他3组($P < 0.05$)。绿豆衣、茄子皮青贮单独培养(0:100)组潜在产气量($a+b$)极显

著低于其他组($P < 0.01$),大蒜皮0:100和100:0组潜在产气量极显著低于其他3组($P < 0.01$)。绿豆衣、茄子皮青贮单独培养(0:100)组的pH极显著高于其他组($P < 0.01$),大蒜皮青贮单独培养(0:100)组pH显著高于25:75和75:25组($P < 0.05$)。

表2 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比培养后的产气参数和pH

Table 2 Gas production parameters and pH after *in vitro* cultivation of vegetable waste and corn straw silage with different ratios

类型 Type	配比 Ratio	快速产气部分 Rapid GP (a, mL)	缓慢产气部分 Slow GP (b, mL)	缓慢产气常数 Constant of b (c, %·h ⁻¹)	潜在产气部分 Potential GP (a+b, mL)	pH
绿豆衣:青贮 MBP:CSS	0:100	-1.96±0.29B	17.33±4.52a	0.4549±0.0095a	11.00±3.78B	6.63±0.04A
	25:75	28.30±3.15A	43.92±5.19a	0.3144±0.0065a	72.22±4.03A	5.98±0.15B
	50:50	27.85±3.70A	30.86±0.51a	0.0009±0.0003b	58.71±4.23A	6.06±0.10B
	75:25	30.48±2.18A	37.10±4.24a	0.0006±0.0001b	67.57±5.42A	6.09±0.03B
	100:0	30.83±0.47A	33.37±4.93a	0.0006±0.0001b	63.13±3.90A	5.98±0.07B
	<i>P</i>	0.0020	0.2520	0.0270	0.0080	<0.0001
大蒜皮:青贮 Garlic peel:CSS	0:100	-6.85±0.99c	8.35±3.19B	0.4502±0.0573A	5.69±0.73B	6.61±0.01a
	25:75	20.53±3.00ab	27.75±4.74B	0.0005±0.0002B	48.28±5.74A	6.02±0.04b
	50:50	26.65±3.23a	26.17±5.42B	0.0139±0.0019B	52.81±4.65A	6.23±0.32ab
	75:25	5.38±1.78bc	60.78±6.62A	0.0355±0.0150B	55.42±3.35A	6.01±0.11b
	100:0	1.25±0.72c	13.68±4.90B	0.0454±0.0285B	14.93±2.32B	6.33±0.21ab
	<i>P</i>	0.0210	0.0060	0.0060	0.0080	0.0390
茄子皮:青贮 EP:CSS	0:100	-6.85±0.99C	17.33±1.51a	0.4502±0.0574A	10.99±3.78C	6.63±0.04A
	25:75	20.66±2.09B	21.33±2.63a	0.0159±0.0016B	36.83±4.48B	6.08±0.06C
	50:50	34.56±2.60A	27.63±1.09a	0.0003±0.0001B	62.19±2.02A	5.93±0.07D
	75:25	30.39±1.05A	20.48±3.56a	0.0213±0.0021B	48.18±4.57B	5.96±0.08CD
	100:0	30.53±0.01A	30.99±3.98a	0.0146±0.0018B	61.52±4.99A	6.28±0.05B
	<i>P</i>	<0.0001	0.1650	<0.0001	<0.0001	<0.0001

GP: gas production. 不同小写字母表示同一类型饲料原料不同配比间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示其差异极显著($P < 0.01$)。下同。
The different lowercase letters mean significant differences among different ratios of the same type feedstuff at 0.05 level, different capital letters indicate extremely significant difference in 0.01 level. The same below.

2.3 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比发酵的饲料组合效应

在25:75、50:50、75:25这3种配比组合中,12、24、48、72 h产气量的组合效应值(AE)表现为:绿豆衣在25:75组显著或极显著高于其他2组($P < 0.05$, $P < 0.01$),大蒜皮在75:25组显著或极显著高于其他2组($P < 0.05$, $P < 0.01$),茄子皮在50:50组显著高于其他2组($P < 0.05$, 表3)。

前期产气试验得出,当绿豆衣:青贮25:75、大蒜皮:青贮75:25、茄子皮:青贮50:50时,产气量及组合效应值最高。将这3种比例作为混合粗饲料与精料再次配比开展后期产气试验。因此,本研究之后的“混合粗料”分别指绿豆衣:青贮25:75、大蒜皮:青贮75:25、茄子皮:青贮50:50。

2.4 尾菜混合粗料与精料不同配比发酵的产气量

绿豆衣 GP_{12h}, 70:30、60:40、50:50、0:100组显著高于80:20、100:0组($P < 0.05$, 表4); GP_{24h}、GP_{48h}, 70:30、0:100组显著或极显著高于80:20、100:0组($P < 0.05$, $P < 0.01$); GP_{48h}和GP_{72h}, 70:30、50:50、0:100组显著高于80:20、60:40、100:0组($P < 0.05$)。大蒜皮 GP_{12h}, 0:100组显著高于60:40、100:0组($P < 0.05$); 80:20、70:30、50:50组显著高于100:0组($P < 0.05$); GP_{24h}、GP_{48h}, 100:0组显著低于其他5组($P < 0.05$); GP_{72h}, 60:40、0:100组极显著高于80:20、50:50、100:0组($P < 0.01$)。茄子皮4个时间点的产气量,各组间均无显著差异($P > 0.05$)。

表3 尾菜与玉米秸秆青贮料不同配比体外产气后的饲料组合效应

Table 3 Associative effects after *in vitro* cultivation of vegetable waste and corn straw silage with different ratios (%)

类型 Type	TP (h)	25:75	50:50	75:25	P
绿豆衣:青贮 MBP:CSS	12	115.23±8.55a	75.95±8.69b	31.73±6.64b	0.015
	24	165.07±9.79A	67.09±4.32B	29.20±5.53B	0.008
	48	145.02±10.20A	66.42±6.19B	21.01±4.51B	0.003
	72	178.67±6.09A	68.15±5.40B	26.62±5.28B	0.006
大蒜皮:青贮 Garlic peel:CSS	12	76.54±7.94b	92.14±7.92ab	119.48±5.04a	0.024
	24	65.26±4.77B	76.27±6.70B	135.09±10.79A	0.003
	48	77.04±3.48B	65.28±1.96B	141.11±1.57A	0.002
	72	88.89±5.02B	67.33±1.08B	148.89±11.36A	0.007
茄子皮:青贮 EP:CSS	12	64.67±6.15b	93.31±9.65a	45.97±4.29b	0.033
	24	70.69±7.07b	89.60±8.09a	56.44±8.22b	0.041
	48	80.63±5.54ab	94.96±7.04a	53.78±5.94b	0.036
	72	73.60±5.83b	92.73±3.20a	64.80±6.20b	0.045

表4 混合粗饲料与精料不同配比下体外培养后各时间点的产气量

Table 4 Gas production at different time points after *in vitro* cultivation of different ratios of mixed roughage and concentrate (mL)

类型 Type	TP (h)	100:0	80:20	70:30	60:40	50:50	0:100	P
绿豆衣混合粗料: 精料MR of MBP: concentrate	12	5.60±3.39b	5.75±1.06b	16.75±1.06a	12.00±2.12a	11.00±4.24a	15.00±0.71a	0.014
	24	6.10±4.10B	9.25±3.89B	34.25±2.83A	20.00±3.54AB	25.25±5.30AB	36.25±3.30A	0.003
	48	23.00±0.00b	17.50±3.54b	49.75±3.18a	26.25±4.60b	41.75±5.96a	46.75±4.72a	0.016
	72	32.25±3.08b	35.00±3.34b	52.25±5.03a	34.50±3.07b	48.50±2.12a	51.50±2.02a	0.041
大蒜皮混合粗料: 精料MR of garlic peel:concentrate	12	4.25±1.60c	17.75±0.35ab	17.50±2.12ab	10.25±0.35bc	15.75±3.89ab	18.75±4.60a	0.023
	24	6.00±2.12b	31.25±1.77a	33.50±0.71a	29.75±1.77a	26.50±7.67a	41.75±6.01a	0.041
	48	6.50±1.41b	31.50±1.41a	38.50±7.78a	45.25±3.89a	29.50±4.14a	49.00±5.90a	0.015
	72	8.50±1.41C	32.25±1.06B	42.70±3.18AB	53.00±4.95A	31.25±4.50B	50.75±7.42A	0.005
茄子皮混合粗料: 精料MR of EP: concentrate	12	19.50±0.50a	16.50±2.12a	18.50±5.47a	16.00±4.24a	14.50±6.36a	13.83±2.08a	0.408
	24	40.50±1.41a	30.75±5.20a	38.50±7.36a	42.50±2.12a	27.50±17.68a	34.50±4.82a	0.662
	48	44.75±0.35a	48.75±6.05a	43.00±8.25a	50.75±8.25a	45.75±10.96a	46.67±7.93a	0.997
	72	47.25±0.35a	50.25±6.17a	43.50±7.33a	51.50±9.19a	49.75±9.55a	47.00±7.49a	0.998

MR: 混合粗料 Mixed roughage. 尾菜混合粗料中, 分别指绿豆衣:青贮为 25:75、大蒜皮:青贮为 75:25、茄子皮:青贮为 50:50。In the mixed roughage of vegetable waste, respectively refers to the ratio of 25:75 for mung bean coat:silage, 75:25 for garlic peel:silage, and 50:50 for eggplant peel:silage. 下同 The same below.

2.5 尾菜混合粗料与精料不同配比发酵的产气参数和pH

混合粗饲料和精料在不同配比下, 绿豆衣 a 值, 70:30 组显著高于其他各组 ($P < 0.05$, 表 5)。大蒜皮 b 值, 60:40、0:100 组显著高于 100:0、80:20、50:50 组 ($P < 0.05$); 大蒜皮 (a+b) 值, 60:40 组极显著高于 100:0、80:20、50:50 组 ($P < 0.01$)。茄子皮 a 值, 80:20 组极显著高于其他各组 ($P < 0.01$)。

2.6 尾菜混合粗料与精料不同配比发酵的饲料组合效应

不同配比下混合粗料与精料的组合效应, 绿豆衣 48、72 h 的 AE, 在 70:30 组显著高于 80:20、60:40、50:50 组 ($P < 0.05$, 表 6)。大蒜皮 48、72 h 的 AE, 60:40 组显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$)。茄子皮 48、72 h 的 AE, 80:20 组显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$)。

表 5 混合粗饲料与精料不同配比体外培养后的产气参数和 pH

Table 5 Gas production parameters and pH after *in vitro* cultivation of different ratios of mixed roughage and concentrate

类型 Type	配比 Ratio	快速产气部分 Rapid GP (a, mL)	缓慢产气部分 Slow GP (b, mL)	缓慢产气常数 Constant of b (c, %·h ⁻¹)	潜在产气部分 Potential GP (a+b, mL)	pH
绿豆衣混合粗料:精料 MR of MBP:concentrate	100:0	3.20±0.00b	28.99±7.27a	0.0755±0.0512a	18.81±8.58a	5.99±0.04a
	80:20	-2.52±0.53b	32.39±8.73a	0.0022±0.0018a	36.98±7.02a	5.98±0.15a
	70:30	9.60±6.82a	54.29±9.42a	0.0049±0.0007a	58.93±9.94a	6.06±0.10a
	60:40	2.51±0.13b	40.81±2.16a	0.0162±0.0025a	42.82±8.60a	6.09±0.03a
	50:50	-3.35±0.08b	57.40±6.71a	0.0203±0.0157a	55.40±8.71a	5.98±0.07a
	0:100	-5.05±0.16b	62.87±3.60a	0.0447±0.0122a	57.06±6.35a	6.02±0.02a
	<i>P</i>		0.031	0.650	0.217	0.464
大蒜皮混合粗料:精料 MR of garlic peel:concentrate	100:0	-1.12±0.46a	7.24±0.19c	0.0358±0.0134a	6.12±0.23C	6.03±0.04a
	80:20	-3.12±0.95a	33.24±0.24bc	0.0723±0.0057a	33.13±1.20B	6.08±0.06a
	70:30	-1.44±1.05a	45.81±5.08ab	0.0508±0.0053a	44.37±4.04AB	6.03±0.01a
	60:40	-0.06±0.02a	61.53±7.52a	0.0506±0.0052a	57.58±8.44A	6.03±0.10a
	50:50	-1.03±0.54a	33.28±7.24bc	0.0539±0.0146a	32.25±6.69B	6.02±0.01a
	0:100	-6.63±1.05a	60.54±8.71a	0.0543±0.0129a	54.91±8.65AB	6.03±0.40a
	<i>P</i>		0.123	0.013	0.085	0.007
茄子皮混合粗料:精料 MR of EP:concentrate	100:0	-4.87±0.55CD	52.00±0.06a	0.0621±0.0022a	47.14±0.49a	5.99±0.01a
	80:20	3.63±3.12A	53.56±7.47a	0.0362±0.0050a	52.86±5.34a	5.99±0.01a
	70:30	-3.62±2.37BC	48.29±8.23a	0.0622±0.0030a	44.67±6.47a	6.02±0.01a
	60:40	-7.07±2.60D	60.52±8.86a	0.0581±0.0133a	53.45±5.25a	6.01±0.02a
	50:50	-1.81±0.51B	59.67±1.39a	0.0284±0.0204a	57.85±1.90a	5.99±0.11a
	0:100	-6.06±0.89CD	55.60±7.84a	0.0485±0.0132a	49.53±5.97a	6.10±0.08a
	<i>P</i>		0.009	0.991	0.084	0.979

综合混合粗饲料的实际构成,“绿豆衣混合粗料”是绿豆衣:青贮 25:75,“大蒜皮混合粗料”是大蒜皮:青贮为 75:25,“茄子皮混合粗料”是茄子皮:青贮 50:50。因此,当绿豆衣:青贮:精料=17.5:52.5:30.0,大蒜皮:青贮:精料=45:15:40,茄子皮:青贮:精料=40:40:20时,饲料的组合效应值最大。

表 6 混合粗饲料与精料不同配比体外产气后的饲料组合效应

Table 6 Associative effects after *in vitro* cultivation of different ratios of mixed roughage and concentrate (%)

类型 Type	TP (h)	80:20	70:30	60:40	50:50	<i>P</i>
绿豆衣混合粗料:精料 MR of MBP:concentrate	12	-4.29±1.65a	52.19±7.63a	48.22±5.74a	38.39±3.43a	0.061
	24	-0.54±0.82a	42.45±2.72a	28.21±4.66a	34.67±5.28a	0.668
	48	17.98±3.84b	69.97±7.28a	30.32±2.89b	27.19±4.08b	0.029
	72	21.57±7.30b	76.17±7.13a	27.94±3.22b	30.53±4.01b	0.018
大蒜皮混合粗料:精料 MR of garlic peel:concentrate	12	18.47±2.36a	13.24±3.73a	35.63±2.22a	18.82±4.98a	0.058
	24	37.77±4.79a	33.64±2.82a	38.38±6.44a	31.67±2.82a	0.068
	48	13.31±4.09b	26.44±5.54b	56.71±6.75a	5.00±0.28b	0.035
	72	14.56±3.77c	38.01±10.27b	66.80±7.64a	10.25±4.16c	0.022
茄子皮混合粗料:精料 MR of EP:concentrate	12	14.34±3.55a	3.93±1.27a	7.16±4.61a	10.25±3.53a	0.579
	24	20.76±4.24a	11.97±3.35a	23.55±4.17a	16.22±4.36a	0.067
	48	59.46±5.50a	7.19±4.27b	25.00±5.20b	12.58±3.24b	0.030
	72	69.77±4.83a	2.30±1.43c	31.82±3.90b	26.97±4.45b	0.021

3 讨论

蔬菜废弃物(尾菜)含水量大,易腐烂,不宜直接饲养牲畜。因此,将尾菜(水分高、纤维低)和秸秆(水分低、纤维高)混合青贮,二者互相耦合,形成互补。将大宗蔬菜尾菜[白菜(*Brassica pekinensis*)、甘蓝(*Brassica oleracea*)、芹菜(*Apium graveolens*)、青笋(*Brassica rapa* var. *chinensis*)、花椰菜(*Brassica oleracea* var. *botrytis*)等]与我国主要粮食农作物秸秆[稻(*Oryza sativa*)、草、小麦、玉米等]混合青贮,研究其最佳组合效应配比,经过饲养试验验证后,应用于动物养殖实践中,替代常规性饲料资源,以达到降本增效、保护生态环境的效果。本研究开展了两期产气试验,筛选出了绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与玉米秸秆青贮料、精料间的最佳组合效应配比。

尾菜的青贮发酵是通过乳酸菌的厌氧发酵将糖分转化为有机酸以降低pH,创造有利于乳酸菌的生长环境,抑制有害菌生长繁殖,是目前广泛应用的尾菜饲料化技术之一。将稻草与白菜尾菜按4:6、植物乳杆菌 $0.035\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、纤维素酶 $0.250\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 混合青贮45 d,饲喂价值较高^[19]。以芹菜、西兰花、白菜为原料,与小麦秸秆按1:2混贮,青贮尾菜组比青贮全株玉米组提高了犂力巴牛的屠宰性能、肉品质、血液生化指标和经济效益,尾菜组降低了牛肠道微生物多样性,但对优势菌群、牦牛的健康无影响^[20]。同等条件下饲喂尾菜组绵羊的生长性能、屠宰性能和肉品质均优于商品饲料组^[21]。本试验中,将绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与青贮玉米秸秆以不同配比进行体外发酵培养,给3种尾菜提供了青贮饲料中的乳酸菌和酸性环境,一定程度上跟尾菜与玉米秸秆混合青贮有类似的效果。绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与玉米秸秆青贮料的最优配比依次是25:75、75:25、50:50,可见不同种类的蔬菜尾菜需要搭配玉米秸秆青贮料的比例也不一样,生产实践中尾菜作为饲料原料饲喂动物之前,需要系统的体外试验筛选出最佳配比,并进行动物饲养试验验证。

莲花菜(*Brassica oleracea* var. *capitata*)尾菜、玉米秸秆、酵母按30:70:2混贮后,粗蛋白、粗脂肪明显提高^[22]。花椰菜尾菜制成青贮饲料饲喂奶牛效果良好^[23]。将高原夏菜的废弃物青贮发酵,可筛选出促进品质、提高适口性和采食量的组合条件^[24]。晾晒至含水75%花椰菜茎叶中加入添加剂可成功青贮;新鲜花椰菜茎叶与玉米秸秆按70:30混贮,可提高可溶性碳水化合物、乳酸和丙酸含量,降低pH、丁酸含量^[25]。将白菜尾菜与小麦秸秆3:7、酵母粉2%、玉米粉5%混合发酵,粗蛋白和粗脂肪含量增加,粗纤维含量降低^[26]。上述研究可见,莲花菜或白菜的尾菜与玉米或小麦的秸秆最佳配比为3:7,而花椰菜尾菜与玉米秸秆最佳配比为7:3。表明不同种类的蔬菜尾菜与秸秆的最佳配比不一致,甚至相差甚远。白菜、莲花菜的含水量大于花椰菜,故需要更多的秸秆中和水分,以达到青贮的最适宜条件。本研究在得出绿豆衣、大蒜皮、茄子皮与玉米秸秆青贮料的最佳组合效应配比基础上,筛选了最佳尾菜混合粗饲料与精料的配比,当绿豆衣:青贮:精料=17.5:52.5:30.0、大蒜皮:青贮:精料=45:15:40、茄子皮:青贮:精料=40:40:20时,饲料的组合效应值最大。绿豆衣适合精粗比30:70,70%的粗料由17.5%绿豆衣和52.5%玉米秸秆青贮料构成;大蒜皮适合精粗比40:60,60%的粗料由45%大蒜皮和15%玉米秸秆青贮料构成;茄子皮适合精粗比20:80,80%的粗料由40%茄子皮和40%玉米秸秆青贮料构成。绿豆衣、大蒜皮、茄子皮上述结果进一步表明,不同种类蔬菜尾菜,需要搭配不同比例的粗饲料和精料,才能达到最佳组合效应。

以白菜、芹菜、花椰菜、青笋4种蔬菜的尾菜分别与秸秆不同配比制作包裹青贮饲料发现,尾菜800 kg+麦草32 kg+玉米芯184 kg+稻糠184 kg组合感官等级最好,青贮发酵品质各尾菜组合均达到优等^[27]。花椰菜发酵饲料饲喂保育猪,降低饲料成本21.58%,提高增重和毛利润30.84%、44.48%^[28]。苹果渣和玉米秸秆混贮饲喂奶牛,饲料成本降低 $2.00\text{ 元}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,增加的产奶量可增收4.96元,日增重 12.60 g ^[29]。除经济效益外,尾菜饲料化带来的生态效益尤为重要。目前,我国尾菜的处理方式多为垃圾填埋,垃圾填埋场是第三大人为甲烷来源,占全球甲烷排放量的11%^[30]。据报道,尾菜饲料化利用,每年可减少甲烷排放430 t^[31]。

尾菜有适口性好、成本低等优点,徐大文^[32]总结出了一套适合甘肃省的尾菜饲料粉加工技术。杨富民等^[33]将尾菜饼与膨润土、次粉、稻壳粉、玉米蛋白粉混合、制粒及压块,成型率、密度、坚实度及水分均达标,块状饲料便于贮存和运输。因此,将尾菜回收利用,加工成饲料粉、制粒和压块以及制成尾菜包裹青贮饲料,尾菜发酵蛋白饲料,既缓解了饲料资源短缺,又有效减少了温室气体的排放。

大蒜皮营养价值较高,含粗蛋白质13.65%、粗纤维15.22%、粗灰分7.95%以及氨基酸、维生素、糖类等。较

燕麦(*Avena sativa*)干草、苜蓿(*Medicago sativa*)干草而言,大蒜皮、大蒜秆叶的粗蛋白质高、粗纤维低;大蒜皮、大蒜秆叶、大蒜梗有较高的干物质、粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和瘤胃降解率^[34]。大蒜皮的添加量并不是越高越好,湖羊日粮添加42.86%大蒜皮,日增重、料重比、经济效益高于添加大蒜皮47.62%、52.38%组^[35]。添加发酵大蒜皮、鱼露组能显著提高育肥猪疫苗抗体效价和抗病能力^[36]。大蒜皮与花生(*Arachis hypogaea*)秧饲喂沂蒙黑山羊,5%、10%、15%大蒜皮组增加了羔羊血清总蛋白和白蛋白含量,降低了血清尿素氮含量;15%大蒜皮增加了羔羊血清中补体C3、补体C4和血清免疫球蛋白G、血清免疫球蛋白M含量,降低了血清中肿瘤坏死因子、白介素-1 β 、白介素-6含量;10%和15%大蒜皮增加了血清中总抗氧化能力及超氧化物歧化酶、还原性谷胱甘肽酶活性,降低了丙二醛含量^[6]。大蒜皮为完全粗饲料组加快了湖羊嘌呤代谢,促进初级胆汁酸合成与胆汁排出,降低胆固醇,提高饱和脂肪酸合成,有利于肠道代谢^[37]。大蒜皮与全株玉米青贮1:1混合,羔羊育肥日增重最大^[38]。本研究中大蒜皮与玉米秸秆青贮料75:25为最佳配比,原因是全株玉米青贮与玉米秸秆青贮料营养成分差异较大。

目前,关于绿豆衣和茄子皮饲喂动物的研究报道较少。绿豆衣富含膳食纤维、黄酮类物质,绿豆的食疗保健功能主要来自种皮^[39]。2020年我国茄子产量3694.3万t,茄子皮在蔬菜副产物中占比较大。但是茄子皮的单一收集还存在一定困难,后续有待解决。

产气量是一个能综合反映饲料可发酵程度的重要指标,产气量与瘤胃微生物的活性、原料中可发酵有机物含量成正比^[40]。在本试验中,通过两期产气发酵试验,计算出绿豆衣、大蒜皮、茄子皮3种尾菜与玉米秸秆青贮料、精料的最佳产气量组合效应配比。前期试验得出,大蒜皮需要配比青贮的量最少,为25%,茄子皮次之,为50%,绿豆皮最多,为75%。大蒜皮需要搭配精料的比例最多,精粗比40:60,精料:大蒜皮:青贮40:45:15;绿豆衣次之,精粗比30:70,精料:绿豆衣:青贮30:17.5:52.5;茄子皮最少,精粗比20:80,精料:茄子皮:青贮20:40:40。后期需要开展绵羊饲喂试验,通过与非尾菜常规饲料组对比饲喂,观察绵羊采食过程(采食时间、采食速度、反刍频率等),测定生长性能、血清生化指标、抗氧化指标和免疫指标等,最终确定绿豆衣、大蒜皮和茄子皮应用到绵羊饲料中的实际效果,确定最佳饲喂比例。

4 结论

绿豆衣:青贮25:75、大蒜皮:青贮75:25、茄子皮:青贮50:50时,产气量的组合效应值较高;绿豆衣混合粗料:精料为70:30,大蒜皮混合粗料:精料为60:40,茄子皮混合粗料:精料为80:20时,饲料的产气组合效应值最佳。

因此,绿豆衣:青贮:精料=17.5:52.5:30.0,大蒜皮:青贮:精料=45:15:40,茄子皮:青贮:精料=40:40:20时,饲料的产气组合效应值最优。本研究为体外产气试验,3种配比组合的生产效果,还需动物饲养试验进行验证。

参考文献 References:

- [1] National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. 2020 China statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2021.
中华人民共和国国家统计局. 2020中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] Qi R X, Ouyang J L, Wang M Z, *et al.* Research progress on the technology of mixed silage utilization of straw and vegetable waste in Jiangsu agricultural area. *China Feed*, 2020(17): 128–133.
戚如鑫, 欧阳佳良, 王梦芝, 等. 江苏农区秸秆和尾菜混合青贮饲料化利用技术的研究进展. *中国饲料*, 2020(17): 128–133.
- [3] Yang W. Don't discard fruit and vegetable peels lightly, some of them have high nutritional value. *Medicine and Health*, 2016(5): 88.
杨文. 果蔬皮别轻弃 部分营养价值高. *中南药学(用药与健康)*, 2016(5): 88.
- [4] Zhuang Y, Chen J. The nutritional value and comprehensive utilization of mung beans. *Rain Fed Crops*, 2009, 29(6): 418–419.
庄艳, 陈剑. 绿豆的营养价值及综合利用. *杂粮作物*, 2009, 29(6): 418–419.
- [5] Li C H. Research progress on the application of garlic and its by-products in animal husbandry. *Guangdong Feed*, 2023(3):

28—30.

李传华. 大蒜及其副产物在养殖业中的应用研究进展. 广东饲料, 2023(3): 28—30.

- [6] Yang Y, Wang H, Lü S J. Effect of different proportions of garlic skin on serum biochemical, immunity and antioxidation of Yimeng-black goats. *Feed Research*, 2021, 44(8): 1—5.
杨燕, 王慧, 吕慎金. 不同比例大蒜皮对沂蒙黑山羊血清生化、免疫力及抗氧化功能的影响. 饲料研究, 2021, 44(8): 1—5.
- [7] Chen Z G, Wang G L, Liu C M. Effect of extra feeding with eggplant peel on dairy goats. *Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 26(4): 48—49.
陈志国, 汪桂玲, 刘缠民. 补饲茄子皮对奶山羊的饲喂效果试验. 农业科学研究, 2005, 26(4): 48—49.
- [8] Jia Z L. Summer heat clearing and heatstroke prevention feed. *Rural Breeding Technology*, 2008(13): 33.
贾振玲. 夏季清热防暑饲料. 农村养殖技术, 2008(13): 33.
- [9] Zhang J, Wu G P, Gao Y X, *et al.* Feeding-protein producing by solid-fermentation from vegetable wastes. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 2007, 43(4): 85—89.
张继, 武光朋, 高义霞, 等. 蔬菜废弃物固体发酵生产饲料蛋白. 西北师范大学学报(自然科学版), 2007, 43(4): 85—89.
- [10] Partovi E, Rouzbehan Y, Fazaali H, *et al.* Broccoli byproduct-wheat straw silage as a feed resource for fattening lambs. *Translational Animal Science*, 2020, 4(3): 1—11.
- [11] Zhang Y W. Associative effects of apple pomace straw silage and corn silage of cow diets *in vitro*. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015.
张一为. 体外法评价奶牛日粮中苹果渣麦秸青贮与玉米青贮的组合效应. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [12] Zhang Y, Xia T C, Chang Y, *et al.* Evaluation of the associative effects of rape straw, corn and soybean meal using an *in vitro* gas production technique. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(11): 185—191.
张勇, 夏天婵, 常誉, 等. 体外产气法评价油菜秆与玉米、豆粕的组合效应. 草业学报, 2016, 25(11): 185—191.
- [13] Lu D X. The associative effect of feeds. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 289—294.
卢德勋. 饲料的组合效应. 北京: 中国农业出版社, 2000: 289—294.
- [14] Yuan C L, Yu Z Y, Wang W D, *et al.* Research of associative effects of soybean stalk, peanut vine and corn stalk silage. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(2): 647—654.
袁翠林, 于子洋, 王文丹, 等. 豆秸、花生秧和青贮玉米秸间的组合效应研究. 动物营养学报, 2015, 27(2): 647—654.
- [15] Menke K H, Raab L, Salewski A, *et al.* The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant and starch digestion. *Small Ruminant Research*, 1979, 93: 217—225.
- [16] Qi H W, Su X X, Yu X F, *et al.* Research on corn grain feed dual use technology II. Study on the dry matter degradation rate of corn stover and its silage feed at different harvesting times in the rumen of cattle. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2000, 25(3): 34—38.
祁宏伟, 苏秀侠, 于秀芳, 等. 玉米粮饲兼用技术的研究 II. 不同收获时间的玉米秸秆及其青贮饲料在牛瘤胃内干物质降解率的研究. 吉林农业科学, 2000, 25(3): 34—38.
- [17] Menke K H, Steingass H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 1988, 28: 47—55.
- [18] Ørskov E R, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *The Journal of Agriculture Science (Camb.)*, 1979, 92(2): 499—503.
- [19] Qi R X, Ouyang J L, Chen Y F, *et al.* Study on nutrient change of mixed silage of rice straw and Chinese cabbage waste by orthogonal test. *Feed Industry*, 2019, 40(11): 25—31.
戚如鑫, 欧阳佳良, 陈逸飞, 等. 正交试验研究稻草秸秆与白菜尾菜混合青贮养分的变化. 饲料工业, 2019, 40(11): 25—31.
- [20] Zhou Q. Effects of different silage on performance and intestinal microorganism of Galiba cattle. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2021.
周琪. 不同青贮饲料对奶力巴牛生产性能及肠道微生物的影响. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [21] Zhu K, Zhou R, Xu H W, *et al.* Effect of vegetable residue fermented feed on growth performance slaughtering performance and meat quality of sheep. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2021(12): 32—35.
朱凯, 周瑞, 徐红伟, 等. 尾菜发酵饲料对绵羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响. 现代畜牧兽医, 2021(12): 32—35.
- [22] Dai H W, Xie Y Q. Fermentation experiment of corn stover and cabbage tail vegetable yeast. *Gansu Animal Husbandry and*

- Veterinary Medicine, 2015, 45(3): 31–33.
戴洪伟, 谢耀钦. 玉米秸秆和莲花菜尾菜酵母菌发酵试验. 甘肃畜牧兽医, 2015, 45(3): 31–33.
- [23] Wang Z X. Lanzhou plateau summer cuisine: Wasting vegetables turn waste into treasure. Gansu Daily, 2012-04-10(15).
王朝霞. 兰州高原夏菜: 尾菜变废为宝. 甘肃日报, 2012-04-10(15).
- [24] Niu X Z. Study on silage of plateau summer wasting vegetables and fattening test of Tibetan sheep. Lanzhou: Northwest Minzu University, 2017.
牛荇洲. 高原夏菜尾菜青贮及其对藏系绵羊饲喂效果试验研究. 兰州: 西北民族大学, 2017.
- [25] Yang D L, Wang J X, Feng W H, *et al.* Effects of broccoli stems and leaves and maize straw mix-ensiling on silage quality. Pratacultural Science, 2014, 31(3): 551–557.
杨道兰, 汪建旭, 冯炜弘, 等. 花椰菜茎叶与玉米秸秆的混贮品质. 草业科学, 2014, 31(3): 551–557.
- [26] Li H L, Hui W S, Liu J, *et al.* Fermentation with the mixture of wheat straw and cabbage residues. China Brewing, 2014, 34(5): 131–134.
李海玲, 惠文森, 刘杰, 等. 小麦秸秆和白菜尾菜混合发酵试验. 中国酿造, 2014, 34(5): 131–134.
- [27] Wang H J. Study on the quality of different discarded vegetables silage in package. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018.
王浩杰. 不同尾菜包裹青贮饲料品质研究. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [28] Lan J T, Ren R, Zhou R, *et al.* Effects of feeding fermented cauliflower residue on growth performance, serum biochemical indices, intestinal tissue morphology and economic returns of nursery pigs. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(6): 180–189.
蓝婧婷, 任瑞, 周瑞, 等. 花椰菜尾菜发酵饲料对保育猪生长性能、血清生化指标、小肠组织形态及经济效益的影响. 草业学报, 2021, 30(6): 180–189.
- [29] Wang W M. The effect of adding apple pomace to silage feed on daily weight gain and milk production of dairy cows. Graziery Veterinary Sciences, 2019(3): 11–12.
王文明. 青贮饲料中添加苹果渣对奶牛日增重及产奶量影响. 畜牧兽医科学, 2019(3): 11–12.
- [30] Wang J W, Li Y S, Cai J M, *et al.* Research progress on feedingization of vegetable waste. Feed Industry, 2023, 44(13): 93–98.
王靖雯, 李玉双, 蔡佳敏, 等. 尾菜饲料化研究进展. 饲料工业, 2023, 44(13): 93–98.
- [31] Das N G, Huque K S, Amanullah S M, *et al.* Feeding of processed vegetable wastes to bulls and its potential environmental benefit. Animal Nutrition, 2019, 5(1): 87–94.
- [32] Xu D W. A brief discussion on the technology of processing wasting vegetables into feed powder. Scientific Breeding Journal, 2014(11): 46.
徐大文. 浅谈尾菜加工饲料粉技术. 科学种养, 2014(11): 46.
- [33] Yang F M, Zhang K P, Yang M. Study on feed product technology for three different vegetable residues. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22(4): 491–495.
杨富民, 张克平, 杨敏. 3种尾菜饲料化利用技术研究. 中国生态农业学报, 2014, 22(4): 491–495.
- [34] Wang J L, Wei Y H, Wu X J, *et al.* Comparative study on rumen degradation characteristics of different parts of garlic by-products and common roughages for dairy cows. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(10): 5708–5716.
王敬林, 魏源浩, 武小娇, 等. 大蒜不同部位副产物与奶牛常规粗饲料瘤胃降解特性对比研究. 动物营养学报, 2021, 33(10): 5708–5716.
- [35] Han Z Q, Li P W, Liu C C, *et al.* Application of garlic skin in the fattening production of Hu sheep in large-scale sheep farms. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2018(14): 155–156.
韩战强, 李鹏伟, 刘长春, 等. 大蒜皮在规模化羊场湖羊育肥生产中的应用. 黑龙江畜牧兽医, 2018(14): 155–156.
- [36] Zhang X Y, Chen Z H, Lan X, *et al.* Effect of three unconventional fermented feeds on growth performance and serum biochemical indicators, antibody levels of pigs. Feed Research, 2022, 45(19): 26–31.
张杏艳, 陈中华, 蓝晞, 等. 3种非常规发酵饲料对猪生长及血清生化指标、抗体水平的影响. 饲料研究, 2022, 45(19): 26–31.
- [37] Zhang J P. Effects of feeding garlic peel on fecal metabolomics of Hu sheep. Hefei: Anhui Agricultural University, 2021.
张加平. 饲喂蒜皮对湖羊粪便代谢组学的影响. 合肥: 安徽农业大学, 2021.

- [38] Liu G, Qu X X, Zhan W T, *et al.* The effect of different ratios of garlic peel in a total mixed ration on the growth performance of meat sheep in the Yellow River Delta. *China Herbivore Science*, 2020, 40(6): 81–83.
刘刚, 曲绪仙, 战汪涛, 等. 不同大蒜皮比例全混合日粮对黄河三角洲肉羊生长性能的影响. *中国草食动物科学*, 2020, 40(6): 81–83.
- [39] Wei L, Zhong X Z, Zhang B C, *et al.* Extracting and determination of the content of flavonoids in the skin of phaseolus radiates. *Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry (Natural Science)*, 2001, 16(1): 58–62.
卫莉, 钟秀珍, 张宝才, 等. 绿豆皮中黄酮类化合物的提取及定量测定. *郑州轻工业学院学报(自然科学版)*, 2001, 16(1): 58–62.
- [40] Lei D Z, Jin S G, Wu R T N. Evaluating the combined effects of different roughage and the same concentrate using *in vitro* gas production method. *Feed Industry*, 2009, 30(3): 30–33.
雷冬至, 金曙光, 乌仁塔娜. 用体外产气法评价不同粗饲料与相同精料间的组合效应. *饲料工业*, 2009, 30(3): 30–33.