

# 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精饲料对水牛生长发育·血液生化指标及经济效益的影响

韦科龙, 黄加祥, 卢瑛, 谭志华, 文崇利, 潘玉红, 谭正准, 覃广胜\* (广西壮族自治区水牛研究所, 广西南宁 530001)

**摘要** [目的] 研究利用微生物发酵马铃薯饲料部分代替精饲料对育成水牛生长发育、血液生化指标及经济效益的影响。[方法] 选择36头体况良好、8~12月龄、平均体重(199.78±26.67) kg的健康育成水牛, 随机分成3个处理: 对照组(2 kg精饲料)、试验I组(0.75 kg精饲料+2.5 kg发酵马铃薯)、试验II组(1.25 kg精饲料+1.5 kg发酵马铃薯)。[结果] 微生物发酵马铃薯发酵后粗蛋白含量与能值分别比发酵前提高了3.87%和1.62%, 水分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量分别比发酵前降低了10.97%、36.17%和25.86%; 试验各组间试验后重量、体高、十字部高、腹围、胸宽和胸深均无显著差异( $P>0.05$ ), 对照组和试验II组总增重、平均日增重和体斜长均显著高于试验I组( $P<0.05$ ), 对照组腹围显著大于试验II组( $P<0.05$ ), 试验I组尻长显著大于对照组( $P<0.05$ ); 各试验组间血液中总蛋白、尿素氮、空腹葡萄糖含量均无显著差异( $P>0.05$ ); 在该试验中相同的投入产出最高的是对照组(1:4.00), 其次是试验I组(1:3.38), 试验II组最低(1:3.87)。这说明用微生物发酵马铃薯替代精料饲喂育成水牛的经济效益并不理想。[结论] 用微生物发酵马铃薯替代精料饲喂育成水牛对其生长发育性能、血液生化指标无影响, 但经济效益不理想。

**关键词** 马铃薯; 微生物发酵; 水牛; 生长发育

中图分类号 S823.8<sup>+</sup>3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)20-0091-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Partial Substitution of Concentrated Feed with Microbial Fermented Potato Feed on the Growth and Development, Blood Biochemical Indices and Economic Benefits of Buffalo

WEI Ke-long, HUANG Jia-xiang, LU Ying et al (Buffalo Research Institute of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530001)

**Abstract** [Objective] To study the effects of partial substitution of concentrated feed with microbial fermented potato feed on the growth and development, blood biochemical indices and economic benefits of buffalo. [Method] 36 healthy breeding buffaloes with good body condition, 8-12 months old, and average weight of (199.78±26.67) kg were selected and randomly divided into 3 treatments; control group (2 kg concentrated feed), test group I (0.75 kg concentrated feed + 2.5 kg fermented potato), test group II (1.25 kg concentrated feed + 1.5 kg fermented potato). [Result] The crude protein content and energy value of microbial fermentation potato increased by 3.87% and 1.62% respectively than those before fermentation. The contents of moisture, neutral detergent fiber and acid detergent fiber reduced by 10.97%, 36.17% and 25.86% respectively than those before fermentation. After the test, the body weight, body height, cross height, abdominal circumference, chest width and chest depth among the test groups had no significant difference ( $P>0.05$ ). Total weight gain, average daily weight gain and body oblique length in the control group and the experimental group II were significantly higher than that in the experimental group I ( $P<0.05$ ). The abdominal circumference in control group was significantly higher than that in the experimental group II ( $P<0.05$ ), buttocks length in the experimental group I was significantly higher than that in control group ( $P<0.05$ ). There was no significant difference of the contents of total protein, urea nitrogen, fasting glucose in the blood among the test groups ( $P>0.05$ ). In the test, the input-output ratio in control group was the highest (1:4.00), followed by experimental group I (1:3.38), and that in experimental group II was the worst (1:3.87). The results showed that the economic benefit of feeding buffalo with microbial fermented potato instead of concentrated feed was not ideal. [Conclusion] Feeding breeding buffalo with microbial fermented potato instead of concentrated feed had no effect on the growth and development and blood biochemical indices of buffalo, but the economic benefits were not ideal.

**Key words** Potato; Microbial fermentation; Buffalo; Growth and development

据联合国粮农组织2008年统计,我国马铃薯种植面积超过566.7万 $\text{hm}^2$ ,年产量已突破7200万t,马铃薯种植面积和总产量均跃居世界第一<sup>[1]</sup>。2015年我国马铃薯种植面积536万 $\text{hm}^2$ 以上,仅次于小麦、水稻和玉米,但马铃薯加工水平却远远落后于发达国家。全世界50%~70%的马铃薯被加工升值,而我国马铃薯的加工比例不足5%。随着我国马铃薯淀粉行业的发展,南方地区每年有大量的马铃薯被加工成淀粉,同时也有大量的食用次薯无人收购最终腐烂在田间地头,造成环境污染等问题。

马铃薯及薯渣的利用与开发越来越受到人们的关注。

国外早在20世纪40年代就开始进行薯渣的开发利用研究,而我国20世纪90年代末才逐渐重视此方面的研究。据闫晓波<sup>[1]</sup>、雒瑞瑞等<sup>[2]</sup>报道,利用马铃薯渣发酵后饲喂反刍动物取得了一定的效果,但利用微生物发酵马铃薯饲喂奶牛未见报道。为解决南方地区食用次品马铃薯丢弃腐烂而产生的环境污染问题,开发出廉价微生物发酵马铃薯饲料,笔者对马铃薯进行微生物发酵处理制成饲料后进行饲养试验。

### 1 材料与方法

**1.1 微生物发酵马铃薯饲料生产工艺** 微生物发酵马铃薯饲料是指用鲜马铃薯经过粉碎后按1:1的比例加入麦麸的同时喷洒微生物菌种经过充分搅拌后装袋密封发酵后制成的饲料。其优点是制作过程能最大限度保留马铃薯的各种营养成分。微生物菌种主要由乳酸菌、酵母菌、芽孢菌等多种细菌组成,含菌数为 $2 \times 10^9$  CFU/mL,具有用量少、易操作的特点,发酵料用量为4 kg/t。应用此工艺饲料生产成本约

**基金项目** 广西科技计划项目(桂科AB16380040);广西水牛研究所基本科研业务费项目(水牛基1905014)。

**作者简介** 韦科龙(1989—),男,广西兴业人,助理畜牧师,从事奶水牛生产管理研究。\*通信作者,研究员,博士,从事水牛繁殖与育种研究。

**收稿日期** 2020-02-25

1 000 元/t。

由于机械场地等因素的限制,笔者在制作饲料时每次只能生产 1 t 的发酵料。其过程主要是用大型粉碎机粉碎鲜马铃薯后形成马铃薯浆液,在浆液中按照质量百分比 1:1 加入麦麸搅拌同时喷洒微生物发酵菌种。碎鲜马铃薯粉碎后的工序主要在搅拌箱内完成,先是制作 500 kg 的马铃薯浆到搅拌箱,随后搅拌的同时用喷雾器手动喷洒微生物菌种 4 kg 和加入麦麸 500 kg。等麦麸、马铃薯浆和微生物菌种这 3 种原料全部加入搅拌箱后再搅拌 5~10 min,使其充分混合后形成微生物发酵马铃薯饲料原料,然后装进带有塑料薄膜的袋子密封进行厌氧发酵,厌氧发酵 15 d 后可进行饲喂。

鲜马铃薯及微生物菌种均由广西中科润华环保有限公司提供并生产。生产工艺流程见图 1。

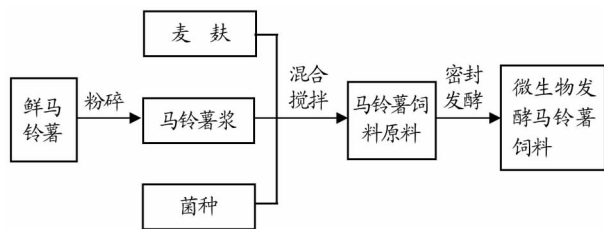


图 1 微生物发酵马铃薯饲料生产工艺

Fig.1 Production process of microbial fermented potato feed

**1.2 试验动物及分组** 选择体况良好、8~12 月龄、平均体重 (199.78±26.67) kg 的健康育成水牛 36 头,随机分成 3 组,每组 12 头。各试验组间经计算体重差异不显著 ( $P>0.05$ )。

**1.3 试验设计** 试验采用单因素设计(表 1),试验过程各试

验组以精饲料干物质采食量相同为基础。对照组饲喂基础精料 2 kg,试验 I、II 组分别用 62.5%、37.5% 微生物发酵马铃薯饲料(风干基础)替代精料饲喂。微生物发酵马铃薯饲料含水量为 (50.72±3.69)%。试验时间为 2019 年 4 月 10 日至 7 月 9 日,共 90 d。预饲期 5 d,试验期 85 d。

表 1 试验设计方案

Table 1 Experimental design scheme

组别 Group	精料重量 Weight of concentrated feed kg	发酵马铃薯重量 Weight of fermented potato//%	替代比例 Substitution ratio//%	折合精料干物质重 Dry matter weight of concentrated feed converted//kg
对照组 Control group	2.00	0	0	2
试验 I 组 Experimental group I	0.75	2.5	62.5	2
试验 II 组 Experimental group II	1.25	1.5	37.5	2

注:各组水牛均自由采食粗饲料

Note:Buffaloes in each group were free to eat roughage

**1.4 饲料日粮与饲养管理** 饲料日粮主要包括精料与粗料。精料配方由广西水牛研究所营养研究室提供委托广西某饲料厂生产,其组成及营养水平见表 2。粗饲料主要饲喂自产象草。微生物发酵马铃薯饲料由广西中科润华环保有限公司生产。试验牛进行分组专人管理,先饲喂粗料再放精料,保证每组每头牛每天采食精饲料和发酵马铃薯(风干基础)2 kg,自由饮水,粗饲料自由采食,原则上刚好吃完为宜。

表 2 精料组成及营养水平

Table 2 The composition and nutrition level of concentrated feed

原料 Materials	添加比例 Adding proportion//%	营养成分 Nutritional components	含量 Content
玉米 Corn	44.0	粗蛋白质 Crude protein//%	13.90
豆粕 Soybean meal	10.0	产奶净能 Net milk production//MJ/kg	6.90
麦麸 Wheat bran	34.5	磷 Phosphorus//%	1.04
磷酸氢钙 Calcium hydrogen phosphate	3.0	钙 Calcium//%	1.31
石粉 Stone powder	2.5	粗纤维 Crude fiber//%	4.55
食盐 Salt	2.0	赖氨酸 Lysine//%	0.74
小苏打 Sodium bicarbonate	3.0	蛋氨酸 Methionine//%	0.14
预混料 Premix	1.0		

注:每千克预混料含  $V_A$  500 000 IU,  $V_D$  150 000 IU,  $V_E$  3 000 IU, Fe 4.0 g, Cu 1.3 g, Mn 3.0 g, Zn 6.0 g, I 80 mg, Se 50 mg, Co 80 mg

Note:One kilogram of premix contained  $V_A$  500 000 IU,  $V_D$  150 000 IU,  $V_E$  3 000 IU, Fe 4.0 g, Cu 1.3 g, Mn 3.0 g, Zn 6.0 g, I 80 mg, Se 50 mg, Co 80 mg

## 1.5 测定项目与方法

**1.5.1 马铃薯饲料发酵前后各营养成分的测定。** 发酵马铃薯饲料主要测定其水分含量、粗蛋白含量、能值以及中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维的含量。

**1.5.2 体质量(空腹)及体尺的测定。** 于正式试验前及试验结束后早上空腹称重,记录试验开始和试验结束时的体质量。在试验结束后测量并记录牛只相关体尺(主要包括体高、十字部高、体斜长、胸围、腹围、胸宽、胸深)数据。

**1.5.3 血液生化指标的测定。** 用颈静脉采血的方法在试验期最后一天早上空腹将牛保定后取每头牛的颈静脉血约 5 mL,置于试管中,然后将试管放入装有冰袋的泡沫箱内保

存,并立即送医院检测血液中蛋白质、尿素氮、葡萄糖的含量。

**1.6 数据统计与分析** 试验数据先用 Excel 软件处理,然后再利用 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析,试验数据均以“平均值±标准差”表示,并进行显著性检验,采用 Duncan 氏法进行多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 马铃薯饲料发酵前后各营养成分对比** 微生物发酵马铃薯发酵后其粗蛋白含量与能值分别比发酵前提高了 3.87% 和 1.62%,水分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量分别比发酵前降低了 10.97%、36.17% 和 25.86%(表 3)。

表 3 微生物处理马铃薯发酵(干物质基础)前后营养成分对比

Table 3 Comparison of nutrients before and after fermentation of potato (dry matter basis) by microbial treatment

项目 Items	水分含量 Water content//%	粗蛋白含量 Crude protein content//%	能值 Emergy MJ/ kg	中性洗涤 纤维含量 ADF content//%	酸性洗涤 纤维含量 NDF content//%
发酵前 Before fermentation	56.97±5.20	17.03±0.29	17.84±0.17	32.76±0.51	10.98±0.99
发酵后 After fermentation	50.72±3.69	17.69±0.64	18.13±0.33	20.91±3.78	8.14±1.33
变化值 Changing value	-6.25	0.66	0.29	-11.85	-2.84

**2.2 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛生长性能的影响** 由表 4 可知,试验各组间试验后重量、体高、十字部高、腹围、胸宽、胸深均无显著差异( $P>0.05$ ),对照组和试验 II 组总增重和平均日增重均显著高于试验 I 组( $P<0.05$ ),

对照组和试验 II 组体斜长均显著长于试验 I 组( $P<0.05$ ),对照组腹围显著大于试验 II 组( $P<0.05$ ),试验 I 组尻长显著大于对照组( $P<0.05$ )。

表 4 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛生长性能的影响

Table 4 The effects of partial substitution of concentrated feed with microbial fermented potato feed on the growth performance of dairy buffalo

组别 Group	试验后重量 Weight after test//kg	总增重 Total weight gain//kg	平均日增重 Average daily gain//kg	体高 Body height cm	十字部高 Height at hip cross//cm	体斜长 Oblique length//cm
对照组 Control group	259.17±32.05	64.42±16.21 a	0.72±0.18 a	111.92±4.52	116.33±3.86	115.83±6.79 a
试验 I 组 Experimental group I	243.17±13.03	45.67±6.62 b	0.51±0.07 b	110.17±4.06	113.91±3.02	108.92±5.14 b
试验 II 组 Experimental group II	258.83±33.78	57.00±10.96 a	0.63±0.12 a	113.25±3.57	115.67±3.23	114.50±6.67 a
P 值	0.290	0.002	0.002	0.193	0.223	0.025

组别 Group	胸围 Chest circum- ference//cm	腹围 Abdominal circumference cm	胸宽 Chest width cm	胸深 Chest depth cm	尻长 Buttocks length//cm
对照组 Control group	153.17±7.87	183.58±6.61 a	34.25±2.42	56.58±3.09	33.67±1.92 b
试验 I 组 Experimental group I	152.00±6.42	179.33±3.68 ab	35.33±1.56	56.08±1.98	36.91±2.97 a
试验 II 组 Experimental group II	153.58±9.77	176.50±11.57 b	34.14±2.91	56.83±3.16	35.00±3.77 ab
P 值	0.886	0.107	0.488	0.800	0.039

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ( $P<0.05$ )

**2.3 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛部分血液生化指标的影响** 由表 5 可知,各试验组间血液中总蛋白、尿素氮、空腹葡萄糖含量均无显著差异( $P>0.05$ )。

**表 5 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛血液生化指标的影响**

Table 5 The effects of partial substitution of concentrated feed with microbial fermented potato feed on blood biochemical indices of dairy buffaloes

组别 Group	总蛋白含量 Total protein content g/L	尿素氮含量 Urea nitrogen content mmol/L	空腹葡萄糖含量 Fasting glucose content mmol/L
对照组 Control group	68.73±4.75	5.39±1.30	2.47±0.66
试验 I 组 Experimental group I	67.38±5.89	6.34±1.42	2.33±1.14
试验 II 组 Experimental group II	68.93±3.91	5.68±1.06	2.48±1.30
P 值	0.706	0.189	0.924

**2.4 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料经济效益分析** 该试验经济效益分析主要是通过计算平均一头牛每天的投入与产出比得出。投入主要计算消耗精料和微生物发酵马铃薯的成本,其他成本(主要包括人工、粗饲料、折旧等)

相同,不列入计算范围,产出则按每组的头均日增重计算。基础成本精料为 2 700 元/t、发酵马铃薯为 1 000 元/t。由表 6 可知,对照组、试验 I 组和试验 II 组投入产出比分别为 1:4.00、1:3.38 和 1:3.87。

### 3 讨论

**3.1 马铃薯饲料发酵前后各营养成分对比** 赵凤敏等<sup>[3]</sup>研究发现,在马铃薯淀粉渣中添加 1.5% 的硫酸铁、1.5% 的尿素、5% 的糖化菌株 T-1 接种量、20% 的高蛋白菌株接种量,发酵的马铃薯淀粉渣中粗蛋白质可达 16.45%。张向东等<sup>[4]</sup>利用短小芽孢杆菌 ZY05 液态发酵马铃薯渣生产单细胞蛋白质饲料,通过对发酵产物精蛋白含量以及氨基酸组成分析,马铃薯渣与汁水发酵后精蛋白含量达到干物质含量的 19.23%。该试验中马铃薯发酵前后其粗蛋白质含量为 17%,这与前人研究报道基本一致。

中性、酸性洗涤纤维含量是衡量饲料质量优劣的重要指标,其含量决定着奶牛日粮精粗比例是否合理的重要因子<sup>[5]</sup>。酸性洗涤纤维含量越低,饲料的消化率越高,饲用价值越高<sup>[6]</sup>。该试验中马铃薯在发酵后中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维分别比发酵前下降 36.17% 和 25.86%。这表明通过微生物发酵可以进一步降解粗纤维,有效提高了马铃薯的饲用价值。

表6 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料经济效益分析

Table 6 Economic benefit analysis of partial substitution of concentrated feed with microbial fermented potato feed

组别 Group	头均日耗精料成本 Average daily cost of consumed concentrated feed//元			日均增重 Daily average weight gain kg	获利 Profit 元	投入产出比 Input-output ratio
	精料 Concentrated feed	发酵马铃薯 Fermented potato feed	合计 Total			
对照组 Control group	5.40	0	5.40	0.72	21.6	1:4.00
试验I组 Experimental group I	2.03	2.5	4.53	0.51	15.3	1:3.38
试验II组 Experimental group II	3.38	1.5	4.88	0.63	18.9	1:3.87

注:按市场价增重30元/kg计算获利

Note:The profit was calculated based on the market price of 30 yuan per kilogram of weight gain

**3.2 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛生长性能的影响** 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料后奶水牛生长性能有所下降,但试验II组各指标与对照组相比差异不显著( $P>0.05$ )。张凡华等<sup>[7]</sup>在利用发酵马铃薯淀粉渣饲喂育肥肉羊的研究中发现,试验组每只每天添加0.5 kg自然发酵的马铃薯淀粉渣,日增重较对照组增加37.55 g/d。陈亮等<sup>[8]</sup>用马铃薯淀粉渣与玉米秸秆混贮饲喂肉牛研究结果表明在马铃薯淀粉渣添加量为20%的混贮中,可以有效提高育肥牛的日常质量,降低成本。该试验研究在生长发育性能方面与前人研究结论差异较大。原因可能是前人用马铃薯淀粉渣替代粗饲料饲喂,而该试验直接用发酵马铃薯代替精料,导致试验组精料量摄入不足,从而导致试验组生长性能有所下降。但试验II组[用37.5%发酵马铃薯(风干基础)替代精料]各指标与对照组相比差异不显著( $P>0.05$ ),说明用37.5%发酵马铃薯(风干基础)替代精料不影响牛的生长发育性能。

**3.3 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料对奶水牛血液生化指标的影响** 血清中各种生化成分是动物体生命活动的物质基础,其含量及其变化规律是动物体重要的生物学特征<sup>[9-10]</sup>。血清蛋白质指标是机体蛋白质合成代谢的一个重要标志,其中血清总蛋白浓度高是蛋白质代谢旺盛的表现,有利于促进动物的生长和提高饲料转化率<sup>[11]</sup>。该试验中各处理组血清总蛋白含量无显著差异,据此推测在保证奶水牛营养需要后,微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料不影响机体蛋白质代谢强度。

血清尿素氮是动物体内反映蛋白质代谢和日粮氨基酸平衡状况的指标<sup>[12]</sup>,当日粮中含氮物质增高或体内氨基酸代谢旺盛、肾功能障碍和血中尿素得不到有效利用时均会使血清尿素氮浓度升高<sup>[13-15]</sup>。该试验中各处理组血清尿素氮含量无显著差异,由此推测微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料不影响动物体内蛋白质代谢和日粮氨基酸平衡的问题。

正常情况下,血糖含量变化是机体对糖吸收、运转和代谢的动态平衡的反映。据报道动物血糖浓度不应超过6.1 mmol/L,在正常浓度范围内高产动物血糖含量高于低产动物<sup>[16-18]</sup>。该试验中各处理组血清中葡萄糖含量均低于6.1 mmol/L,且无显著差异,这与前人研究结果基本一致。由此推测,微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料能满足动物体内糖的代谢需要。

**3.4 微生物发酵马铃薯饲料部分代替精料经济效益分析** 据分析,马铃薯投入产出比为1:4,优于大豆(1:2.5)和

小麦(1:2)<sup>[19-20]</sup>。该试验中相同的投入产出比最高的是对照组(1:4.00),其次是试验II组(1:3.38),试验I组最低(1:3.87)。这说明用微生物发酵马铃薯替代精料饲喂育成奶水牛的经济效益并不理想,还需要继续通过进一步试验探讨低比例替代的适宜范围。

#### 4 结论

(1)通过微生物发酵处理马铃薯可以进一步降解粗纤维,有效提高了马铃薯的饲用价值。

(2)用微生物发酵马铃薯替代精料饲喂育成奶水牛对其生长发育性能、血液生化指标无影响,但经济效益不理想,还需要继续通过试验探讨低比例替代的适宜范围。

#### 参考文献

- [1] 闫晓波.马铃薯渣和秸秆混合青贮对奶牛生产性能的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2009.
- [2] 徐瑞瑞,郭艳丽,韩海珠,等.基于瘤胃模拟技术的马铃薯茎叶混合青贮料体外瘤胃发酵特性研究[J].动物营养学报,2018,30(3):1185-1191.
- [3] 赵凤敏,李树君,方宪法,等.马铃薯渣固态发酵制作蛋白饲料的工艺研究[J].农业机械学报,2006,37(8):49-51.
- [4] 张向东,杨谦,余佳,等.利用短小芽孢杆菌发酵马铃薯淀粉渣生产单细胞蛋白饲料的研究[J].东北农业大学学报,2011,42(5):25-30.
- [5] 张吉鹏,卢德勋.试述反刍动物日粮中的纤维问题[J].中国乳业,2003(7):21-24.
- [6] 田瑞霞,安澜,王光文,等.紫花苜蓿青贮过程中pH值和营养物质变化规律[J].草业学报,2005,14(3):82-86.
- [7] 张凡华,冯强.发酵马铃薯淀粉渣饲喂育肥肉羊效果[J].当代畜牧,2008(6):30-31.
- [8] 陈亮,洪龙,张凌青,等.马铃薯淀粉渣与玉米秸秆混贮饲喂肉牛效果的研究[J].饲料研究,2014(9):45-48.
- [9] 王典,李发弟,张养东,等.马铃薯淀粉渣-玉米秸秆混合青贮料对肉羊生产性能、瘤胃内环境和血液生化指标的影响[J].草业学报,2012,21(5):47-54.
- [10] 汪张贵.日粮核黄素添加水平对新扬州仔鸡免疫机能和血液生化指标的影响[D].扬州:扬州大学,2005.
- [11] 陈文,冯于明,黄艳群.玉米油和猪油对肉鸡生产性能、屠宰性能及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(7):1101-1108.
- [12] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves [J]. Journal of dairy science, 2002, 85(9):2335-2343.
- [13] 张宏福,秦加华,卢庆萍,等.断奶日龄对仔猪血清中几种生化成分的影响[M]//张宏福,顾宪红.仔猪营养生理与饲料配制技术研究.北京:中国农业科技出版社,2001:234-239.
- [14] KANJANAPRUTHIPONG J. Supplementation of milk replacers containing soy protein with threonine, methionine, and lysine in the diets of calves [J]. Journal of dairy science, 1998, 81(11):2912-2915.
- [15] 李建国,孙凤莉,李英,等.代乳粉对羔羊生产性能及血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2006,18(1):37-42.
- [16] BÜHLER C, HAMMON H, ROSSI G L, et al. Small intestinal morphology in eight-day-old calves fed colostrum for different durations or only milk replacer and reared with long-R<sup>3</sup>-insulin-like growth factor I and growth hormone [J]. Journal of animal science, 1998, 76(3):758-765.

基质的 P、K 含量丰富,7(T3)、10(T4)号基质的 C、N、P、K 含量相对低于其他基质。不同粒径级混配系列相比,T2 系列

的有机碳、全氮、碱解氮含量高于 T1、T3、T4 系列,T3、T4 系列的 P、K 含量总体高于 T1、T2 系列。

表 5 樟子松树皮基质养分含量比较

Table 5 Comparison of nutrient content in different substrates

基质号 Substrate number	配比编号 Matching number	有机碳 Organic carbon g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	碱解氮 Alkali- hydrolyzed nitrogen mg/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	速效磷 Available- phosphorus content//mg/kg	全钾 Total potassium g/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
1	T1	29.32 eB	1.08 gB	60.67 cA	0.18 deC	28.36 abcA	34.52 abA	72.86 cdeAB
2	T1	50.87 dA	1.28 efA	65.33 cA	0.20 cdBC	27.56 abcdB	38.09 aA	105.80 abcdAB
3	T1	81.75 cC	1.44 cdB	81.67 bcA	0.21 cdC	24.86 cdAB	13.55 bcB	116.12 abcAB
4	T2	33.88 eA	1.21 efgA	72.33 cA	0.23 bcB	26.80 bcdA	47.59 aA	81.75 bcdeA
5	T2	48.61 dA	1.32 deA	79.33 bcA	0.21 cdB	25.57 cdB	34.48 abA	122.92 abcA
6	T2	121.66 aA	1.85 aA	105.00 aA	0.24 bcB	26.16 cdAB	8.24 cB	106.38 abcdB
7	T3	27.73 eB	0.99 hB	65.33 cA	0.19 cdeBC	20.52 dA	33.38 abA	64.01 deAB
8	T3	50.27 dA	1.16 fgB	63.00 cA	0.14 eC	34.81 aA	41.00 aA	135.95 aA
9	T3	114.89 aAB	1.58 bcB	95.67 abA	0.14 eD	30.07 abcA	35.10 abA	139.35 aA
10	T4	30.20 eB	1.06 gB	67.67 cA	0.31 aA	26.38 cdA	36.54 abA	46.19 eC
11	T4	58.10 dA	1.30 defA	72.33 cA	0.27 abA	34.25 abA	39.66 aA	65.21 deB
12	T4	101.93 bB	1.60 bB	79.33 bcA	0.28 abA	24.49 cdB	34.90 abA	127.48 abAB

注:小写字母不同表示 12 种基质差异显著,大写字母不同表示同一系列 T1、T2、T3、T4 差异显著

Note: Different lowercase letters indicated significant difference in 12 substrates, different capital letters indicated significant difference in series T1, T2, T3, T4

### 3 结论与讨论

良好的基质能够为植株根系提供稳定协调的水、气、肥环境<sup>[14]</sup>。一般认为,基质容重为 0.1~0.8 g/cm<sup>3</sup>、总孔隙度为 50%~85%、通气孔隙度为 10%~30%、持水孔隙度为 45%~65%时,栽培植株可正常生长<sup>[15]</sup>。樟子松树皮与田园土混配比例为 1:3 时,基质的容重偏高,通气孔隙度偏低,随着树皮添加比例增加,基质容重逐渐降低,孔隙度逐渐增加。不同粒径级对基质的孔隙度有显著影响,>2.5~5.0 mm 粒径级树皮含量越多,基质的通气孔隙度、气水比越大,≤0.6 mm 粒径级树皮含量越多,基质的持水孔隙度越大。说明通过调配树皮的粒径级和添加比例,能够调节基质物理性质,使基质具有疏松、透气、保水的特点。pH 是基质化学特性的一个重要指标,影响着植物的生长发育,过酸过碱都不利于植物生长<sup>[16]</sup>。EC 反映基质中可溶性盐分的多少,含量过多,对苗木的生长不利<sup>[8]</sup>。大部分作物适合生长在 pH 为弱酸性、中性、弱碱性,EC 小于 2 500 μS/cm 的基质中<sup>[17]</sup>。通过对 12 种樟子松树皮基质化学性质的分析得知,pH 为 5.89~7.97,EC 为 128.07~270.67 μS/cm,都达到理想基质的要求。在相同的条件下,pH 随着树皮比例的增大而降低,EC 随着树皮比例的增大而增大。12 种树皮基质含有充足的养分、丰富的有机质,能够满足苗木生长时期的养分需求。在相同的条件下,有机碳、全氮、碱解氮、速效钾含量随着树皮比例的增大而逐渐增加,≤0.6 mm 粒径级树皮含量越多,基质养分含量越多,可见樟子松树皮能够为基质提供充足的养分。通过对樟子松树皮基质理化性质的研究分析得知,可以通过调整樟子松树皮粒径级和添加比例达到育苗的理化性质需求。该研究

的 12 种基质理化性质是否适合育苗还有待于进一步验证。

### 参考文献

- [1] 彭彦,李锦盛.桉树育苗用的有机废弃物基质理化性质分析[J].桉树科技,2014,31(4):46-49.
- [2] 吕子文,周剑飞,方海兰,等.农林植物废弃物利用现状及展望[J].上海农业科技,2009(4):22-23.
- [3] 王灿,倪云江,孙晓梅,等.松树皮在茄果类蔬菜穴盘育苗基质中的应用研究[J].农业工程技术(温室园艺),2019(4):71-75.
- [4] 韦三立.花卉无土栽培[M].北京:中国林业出版社,2001:37.
- [5] YU S, ZINATI G M. Zinati. Physical and chemical changes in container media in response to bark substitution for peat[J]. Compost science & utilization, 2006, 14(3): 222-230.
- [6] CHEMETOVA C, QUILHÓ T, BRAGA S, et al. Aged *Acacia melanoxylon* bark as an organic peat replacement in container media [J]. Journal of cleaner production, 2019, 232: 1103-1111.
- [7] 张沛健,谢耀坚,彭彦,等.桉树皮基质理化性质变化对苗木生长的影响[J].广东农业科学,2011(10):59-61.
- [8] 张沛健,谢耀坚,尚秀华,等.不同粒径的桉树皮基质对桉树苗木的影响[J].桉树科技,2013,30(4):25-28.
- [9] 韩孟红,罗健林,林东教,等.杉树皮作番茄无土育苗基质的研究[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(3):54-58.
- [10] 武亚敬,毕君,李秋艳,等.松树皮基质不同粒径配比对油松苗生长影响[J].中南林业科技大学学报,2016,36(2):71-74.
- [11] 武亚敬,毕君,李秋艳,等.油松容器育苗松树皮基质粒径配方探讨[J].中南林业科技大学学报,2016,36(3):53-57.
- [12] 赵亚民.樟子松育苗造林经营技术[M].北京:中国林业出版社,2014:3-4.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:19-65.
- [14] 黄明翅,宿庆连.不同花卉栽培基质的理化性状分析[J].广东农业科学,2010(8):109-110.
- [15] 李秋艳.不同粒径育苗基质配方的理化性质及油松育苗效果差异研究[D].保定:河北农业大学,2015:4-5.
- [16] 乌凤章,王贺新,王民强.几种越橘栽培基质的酸碱缓冲性及 pH 值调节技术研究[J].安徽农业科学,2011,39(5):2631-2632.
- [17] 孙映波,黄丽丽,何慧中,等.桉树皮作铁皮石斛栽培基质的适应性研究[J].广东农业科学,2014(6):80-84.
- [18] 周顺伍.动物生物化学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [19] 王卓,顾正彪,洪雁.马铃薯渣的开发与利用[J].中国粮油学报,2007,22(2):133-136.
- [20] 袁惠君,赵萍,李志忠.马铃薯渣的开发利用价值及前景[J].甘肃科技纵横,2004,33(6):67-68.

(上接第 94 页)

- [17] AHMED A F, CONSATBLE P D, MISK N A. Effect of feeding frequency and route of administration on abomasal luminal pH in dairy calves fed milk replacer[J]. Journal of dairy science, 2002, 85(6): 1502-1508.