

第575次学术讨论会·幼龄反刍动物早期培育的关键科学问题及实践应用

幼龄反刍动物健康培育体系构建及其科学问题

张乃锋*, 屠焰, 刁其玉

中国农业科学院饲料研究所, 农业部饲料生物技术重点实验室, 北京 100081

* 联系人, E-mail: zhangnaifeng@caas.cn

2017-06-26 收稿, 2017-07-11 修回, 2017-07-11 接受, 2017-08-21 网络版发表



摘要 幼龄反刍动物的培育质量对其育成后的生产和繁殖性能发挥至关重要。我国幼龄反刍动物培育技术研究与应用严重滞后于猪禽等幼龄动物, 在消化生理与营养需求参数、标准化饲养管理、幼畜专门化产品及智能化和设施化饲喂等关键技术环节的理论与应用研究严重不足, 制约了我国反刍动物产业的健康可持续发展。建立科学系统的培育技术才能保障幼畜的健康成长。本文围绕幼龄反刍动物培育现状, 提出了需重视和解决的关键科学问题: 基于营养-基因表达调控与现代组学等技术研究幼畜培育理论; 深入探究早期营养调控对后期生长及健康的影响机制; 阐明母畜围产期营养调控与幼畜机体健康发育的关系。建议科技界与产业界重视并协同开展相关技术研究, 构建“幼龄反刍动物健康培育技术体系”, 以提高幼畜培育的科学性和有效性。

关键词 幼龄反刍动物, 培育技术体系, 营养调控理论

近年来, 作为城乡消费者“菜篮子”中的重要肉类食品来源, 牛羊畜产品的综合生产能力和供给能力稳步提升, 生产方式转型升级加快, 整体产业发展趋势积极向好。截止到2016年底, 全国奶类、牛肉、羊肉产量分别为3602万吨、717万吨、459万吨, 分别比2010年增加了0.7%, 9.8%, 15.1%; 牛羊畜产品提供的优质动物蛋白总量比2010年增加8个百分点, 改善了居民膳食营养结构^[1]。

然而, 相对于发达国家, 我国牛羊养殖水平还比较低。欧美等发达国家的奶牛年平均单产多在8~10吨, 而我国仅6吨左右。主要原因是我国牛羊饲养管理和生产技术水平相对落后, 距离现代化养殖水平还有很大的差距。作为反刍动物产业的后备力量, 幼龄动物的定向培育对于牛羊生产潜力的发挥具有至关重要的作用。而相对滞后的幼龄反刍动物培育技术已经成为制约我国反刍动物产业健康发展的关键技术瓶颈之一。

1 我国幼龄反刍动物培育的现状

幼龄阶段是反刍动物养殖过程中的一个重要环节, 其不仅直接影响幼畜的培育效果, 也对幼畜终生的生产性能产生很大影响。当前我国幼龄反刍动物培育过程中的问题主要如下。

(i) 哺乳期长。这是我国幼龄反刍动物培育过程中存在的最为突出的问题。犊牛的哺乳期一般为2~3个月或者更长, 大约需要消耗400 kg的鲜奶; 过长的哺乳期既提高了犊牛培育成本, 也延迟了犊牛瘤胃及肠道发育; 犊牛阶段发育缓慢致使后备牛通常在17月龄以后才能达到配种年龄, 严重影响了牛群的更新和结构调整。羔羊哺乳期更长, 一般需要随母哺乳3~4个月, 一方面羔羊生长速度慢, 推迟了肉羊育肥出栏时间, 另一方面, 过长的哺乳期也不利于母羊体况的恢复, 拉长了母羊的繁殖周期, 这些都直接导致了肉羊养殖效率的降低。

(ii) 死亡率高。幼龄反刍动物的死亡率直接关

引用格式: 张乃锋, 屠焰, 刁其玉. 幼龄反刍动物健康培育体系构建及其科学问题. 科学通报, 2017, 62: 2999–3007

Zhang N F, Tu Y, Diao Q Y. Establishment of young ruminants rearing system and its key scientific issues (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 2999–3007, doi: 10.1360/N972017-00456

系到养殖场的后备畜供给数量和发展补充能力,是影响整体养殖效益的关键因素.近年来,美国发现其犊牛的死亡率有上升的趋势^[2].中国鲜见有关幼畜死亡情况的系统调研和报告.一般情况下,大型奶牛养殖场的犊牛死亡率在5%以下,中小及散养户的犊牛死亡率在10%左右^[3],甚至更高.羔羊的情况则更为糟糕,通常羔羊阶段死亡率在10%以上,中小户羔羊死亡率甚至达到30%以上^[4].牛羊死亡主要集中在幼畜阶段,尤其是断奶前,占到所有死亡情况的40%以上.幼畜死亡原因是多方面的,其中,饲养水平、环境卫生等与幼畜高死亡率有着直接的关系,如初乳采食不足或不及时、饲喂不能定时定量、饲喂器具消毒不严格等均可引起幼畜腹泻甚至死亡.

(iii) 生长速度慢. 幼龄反刍动物代谢功能旺盛、生长发育比成年动物快,随着体重增加其所需的营养物质快速增加.通常在生后的6~8周内犊牛体重可增加50%,羔羊可增加2倍.然而生产中由于缺乏科学的饲养技术导致幼畜生长缓慢,如在犊牛培育中常以无法上市销售的牛奶(如有抗奶等)饲喂犊牛,犊牛开口料营养参数不科学,幼畜的补水、补料条件差,幼畜专门化饲养设施缺乏等导致幼畜生长缓慢和体质差,严重影响了牛群的更新和结构调整^[5].羔羊饲养中随着多胎母羊品种的推广,受母羊泌乳量的限制,羔羊生长速度减缓.另外,缺乏科学的早期补饲规程也使幼畜面临较大的断奶应激,影响肠道健康,造成生长发育受阻.

2 幼龄反刍动物培育的技术瓶颈

长期以来,我国对幼龄反刍动物的生长发育研究没有得到足够的重视,培育也主要沿用传统养殖模式,饲养技术仍十分落后,导致其生长速度低^[6],发病率和死亡率较高.从技术角度分析,我国幼龄反刍动物培育存在以下几个方面技术瓶颈.

2.1 幼畜消化生理和营养需求参数缺乏

幼龄反刍动物处于生长发育最快、组织器官功能快速完善的时期.对于反刍动物而言,这个阶段是瘤胃微生物的迅速定植、繁殖阶段,是逐渐完成由非反刍功能向反刍功能过渡的生理转变阶段.而当前对于幼龄反刍动物消化生理、消化道发育特点以及瘤胃微生物区系的建立过程还没有清晰的认识.

幼龄反刍动物营养需要研究的方法不同于成年

动物,对于饲料原料消化吸收的特性也不同于成年动物.对于幼龄反刍动物消化生理及生长发育规律等基本理论的了解不足,直接导致了幼畜营养需要量及相关参数研究的滞后.这种滞后效应又影响了幼畜的饲养管理水平的提高和幼畜培育的效果.幼龄反刍动物在实际生产中还面临各种应激因素的干扰,例如饲料变化、养殖环境变化以及卫生状况变化和幼畜心理因素的变化等,这些应激因素对于幼龄反刍动物的营养需求的影响作用及机制都没有研究清楚.

2.2 幼畜标准化饲养管理技术缺乏

反刍动物幼龄阶段零死亡是养殖管理追求的目标,其中系统的饲养管理工作是关键因素之一.近年来我国在牛羊标准化养殖方面进步很快,尤其是奶牛产业.但在幼畜的相关标准化养殖管理技术却不尽如人意,尤其是在羔羊的标准化养殖方面.从产房接、助产工作,到哺乳期健康管理工作的相关内容千差万别,管理效果也呈现出天壤之别.因此,提高幼畜的成活率,要从规划、目标、管理及实效等多个方面开展研究,制定和做好幼龄反刍动物饲养管理的标准规范研究,给生产一线养殖提供技术支撑.

2.3 幼畜培育专门化技术产品缺乏

规模化和集约化生产的发展客观上要求后备畜的稳定供给和动物高产、稳产.早期断奶技术对于幼龄反刍动物整齐而快速的生长发育至关重要.断奶牛羊必须有足够的营养供应才能满足其生长发育的需求.作为营养素的载体,幼畜培育的专门化技术产品是幼畜培育的物质基础.如代乳品不仅要在营养成分和免疫组分上需接近母乳,而且还需保持其乳化和性能,这样才能减小应激反应、促使犊牛羔羊的健康生长^[7].当前市场虽有部分进口产品和国产产品,但受到产品原料种类、加工利用和配方技术等方面的限制,幼畜培育相关产品仍然非常缺乏,在数量、质量、营养参数等方面远无法满足我国幼畜培育的需求.因此,加强幼畜培育的关键技术产品研究对促进牛羊产业的发展非常必要.

2.4 幼畜饲养智能化和设施化饲喂技术缺乏

随着物联网+智慧农业的发展,规模化经营、标准化建设、设施化装备、机械化操作、精细化管理、

资源化利用已经成为现代化养殖的标签^[8]。牛羊养殖场现代化建设中通常对于成年动物配套设施和智慧养殖建设给予足够的重视,而轻视了犊牛羔羊阶段的智能化和设施化建设。诸如自动化饲喂、饲槽管理、健康监控、养殖大数据等在幼龄反刍动物动物阶段的研究与应用都极度缺乏,严重制约了幼畜培育质量的提高和优质后备畜的提供。

3 解决问题的基本思路与建议

幼龄反刍动物的培育质量直接关系到牛羊产业的后备畜供给数量和产业发展潜力发挥,是影响整体养殖效益的关键因素。面对幼龄反刍动物的产业问题及相关技术瓶颈,只有坚持问题导向的解决思路,结合供给侧结构性改革的指导思想,开展相关研究与改革,才能破解幼龄反刍动物培育的行业和技术难题,促进牛羊产业的健康可持续发展。

3.1 行业发展建议

3.1.1 建立幼畜培育产业创新联盟

为了从根本上提高幼畜生产水平,保障我国反刍动物产业健康可持续发展,建议未来组建产学研紧密结合的创新联盟,集中整合幼畜产业优势资源和技术,以优良健康反刍动物幼畜生产与利用为基础,以科学饲养工艺为手段,以健康理念贯穿幼畜产业链全过程,最终形成优良的反刍动物幼畜高效饲养、安全饲料、高效防疫、清洁养殖等生产技术体系,幼畜培育品质评价指标体系,以及幼畜产业经济与政策咨询平台;加强幼畜健康培育的关键技术研究,制定幼畜培育的相关标准,加大对幼龄反刍动物技术成果推广的支持力度,以增强产业的国际竞争力。

3.1.2 建立科学高效的科研服务体系

随着幼畜培育科学研究不断地进步与发展,与幼畜生理营养等相关的各种新技术、新产品在得到应用推广之前,都必须进行探索、实验、改进和发展。目前我国动物实验科研服务方面缺乏组织化,各个科研单位之间各自为政,科研实验结果的可比性差,实验动物利用率不高等现象严重;动物科研实验环境千差万别,实验研究标准化程度不足;专用动物仪器,设备严重不足。所有这一切,已成为严重制约我国幼畜科学科研水平发展的瓶颈。建设高水平的现代化的动物实验基地,明确专家和基地服务人员关系,保证动物实验的准确性、数据的可靠性和可比性,

十分必要和刻不容缓。

3.2 需要进一步研究的技术与建议

当前对于幼龄反刍动物消化生理、消化道发育特点以及瘤胃微生物区系的建立过程仍没有清晰的认知,对于幼龄反刍动物的营养需要量及相关参数的确定缺乏理论基础。在生产实践中,由于缺乏幼龄反刍动物专用产品,也严重影响了幼畜的生长发育及健康状况。因此,提出以下几个方面的技术研究和建议。

3.2.1 加强幼畜生理营养基本规律研究

我国在幼龄反刍动物的生理营养研究上基本处于空白状态。犊牛、羔羊及后备牛羊消化系统的发育规律、犊牛阶段免疫应答、对营养物质的最佳需要量、新型添加剂的作用原理,以及幼畜生长发育规律、营养物质代谢规律,是幼畜科学饲养的根本基础,急需展开系统实验研究。

首先,作为反刍动物特有的消化器官,成年动物瘤胃的相对质量约占全胃的60%。瘤胃上皮担负着吸收、代谢营养底物的关键作用,研究表明,85%的瘤胃挥发性脂肪酸被瘤胃上皮直接吸收并为宿主提供所需的60%~80%的代谢能。因此,瘤胃的发育程度对反刍动物采食、消化及生产性能的发挥具有重要影响^[9]。本团队前期研究发现,幼龄反刍动物至少要经历出生和断奶两次生理应激,其中断奶应激通常持续1~2周;幼龄动物通常到3~4周龄后才具备较为完善的瘤胃微生物区系和稳定的营养物质消化吸收及糖脂代谢调控能力。然而,目前的研究主要集中在瘤胃的组织形态、消化代谢功能及其影响因素等方面,对于瘤胃组织形态的发育机制尤其是瘤胃上皮组织代谢的机制研究依然非常缺乏,尤其是对调控瘤胃上皮发育的分子机制还了解的非常少。最近,基因表达谱分析被用于研究断奶期间营养调控瘤胃上皮发育的分子变化机制,丰富了对于瘤胃发酵功能的建立及挥发性脂肪酸(volatile fatty acid, VFA)的产生规律的了解,发现了一些参与脂肪酸(FA)代谢、酮体生成相关的转录因子,包括过氧化物酶体增殖物激活受体(PPARs),在瘤胃上皮细胞发育中的作用^[10~13]。现代分子生物学与组学技术的发展为从细胞和基因水平上开展研究提供了成熟的技术手段,奠定了方法学的基础,针对瘤胃上皮转运和代谢及相关主效基因的表达调控机制等方面开展研究对于提高人们对瘤胃发育机制的认知水平具有重要意义。

其次,微生物代谢产物如丁酸能够调节肠道上皮细胞的免疫应答,维持肠道上皮的免疫稳态.饲粮会影响微生物区系及其代谢产物,微生物又可影响消化道营养过程,最终改变肠上皮组织的代谢和免疫应答反应.针对“饲粮-微生物-消化道-宿主”这一生物链,研究微生物在消化道营养中的作用,找出关键营养调控靶点,可为制定幼畜肠道健康和饲养策略提供理论依据.

最后,肝脏是体内代谢调控的主要器官,其对代谢底物的转运和代谢能力可反映出肝脏功能的强弱.在非反刍阶段,瘤胃内没有发酵产物,新生反刍动物消化代谢与单胃动物相似,主要利用肠道吸收葡萄糖、乳糖、氨基酸、小肽等.肝脏此时主要是利用葡萄糖的分解代谢供能,随着幼畜采食开食料,部分固体饲料进入瘤胃启动了挥发性脂肪酸、铵态氮、微生物蛋白质生物合成,此时瘤胃吸收挥发性脂肪酸并转运至肝脏代谢供能,铵态氮、微生物蛋白质则进入小肠消化.因此,瘤胃从非反刍到反刍阶段的发育过程中,胃肠道吸收的营养物质类型产生变化进而导致了肝脏代谢的变化.但是人们对于幼龄反刍动物胃肠吸收的营养物质在肝脏的转运和代谢的分子机制还了解的非常少.

另外,瘤胃、肠道和肝脏三者相互联系相互影响:瘤胃的发育会影响到对宿主营养物质的供给;也影响由瘤胃供给肠道的营养物质数量与质量;肠道是营养物质吸收的重要消化器官;肝脏是由瘤胃和肠道吸收的营养物质代谢通路中的重要节点,肝脏代谢产物影响瘤胃和肠道上皮的发育.但对于瘤胃、肠道、肝脏代谢的内在分子机制及其内在联系仍然了解甚少,非常有必要进一步开展研究.

3.2.2 建立和完善幼畜营养需要参数

犊牛羔羊具有生长发育快,但消化系统功能不完善的特点,其营养需要参数的研究远滞后于成年牛羊.前人在日粮营养、饲喂、环境、断奶、瘤胃发育等因素对幼畜生产性能的影响效果方面开展了卓有成效的研究,而当前的幼龄反刍动物饲养方法和营养需求参数仍然无法适应其生长发育的特点,相关领域的基础数据积累不足,幼龄反刍动物培育相关技术参数的实用性和客观性都需要进一步研究验证^[14].在整理前人关于反刍动物营养需要研究资料的基础上美国NRC出版了奶牛营养需要(2001)和小反刍动物营养需要^[15],对于行业科技进步作出了巨大的贡献.

然而,随着科学研究的不断深入,关于幼龄反刍动物培育的新的研究结果也在不断产生.例如,研究表明通过日粮、采食量和能量等可以实现对犊牛活体增重的调控,这与成年反刍动物不一样^[16,17].

目前我国反刍动物幼畜饲料的配制主要参考NRC等国外标准,然而,我国牛羊等反刍动物遗传背景和环境饲料条件等都具有典型的地域特点,照搬国外的营养需要模型很不适宜.尽管2004年我国出版了《奶牛饲养标准(NY/T 34-2004)》、《肉羊饲养标准(NY/T 816)》,但上述标准一方面未建立针对犊牛羔羊的营养需要量体系,另一方面,即使已有的少量数据也是20多年前的数据或是借鉴国外数据来源,均已不能适应我国现有的饲养条件.鉴于此,急需制定适合我国养殖特点的犊牛羔羊的营养需要模型,建立起我国的犊牛羔羊培育的技术体系,为生产实践提供理论依据.

3.2.3 研发关键技术产品

代乳品是幼畜早期断奶的关键技术产品之一^[18].美国90%的犊牛实施早期断奶,80%的断奶犊牛饲喂代乳品;以色列犊牛全部实施早期断奶^[19],代乳品的应用节约大量牛奶并提供给乳制品加工企业.国内多数犊牛饲养仍采用传统模式,即出生后饲喂牛奶至2~3月龄,每头犊牛消耗牛奶约400千克,造成了巨大资源浪费.假如按照我国奶牛存栏1400万头,母牛存栏70%、母犊率50%、犊牛培育期8周,代乳品饲喂比率80%计算,每年可节省牛奶150万吨,约占2016年我国牛奶产量的4.2%.如果包括作为肉牛饲养的公犊牛代乳粉的应用,这个数字会更大.利用代乳粉对羔羊实施早期断奶,国外研究应用比较少,羔羊早期断奶虽不能节省鲜奶,但可以缩短母羊繁殖周期,提高生产效率.得益于本课题组10多年的研究和推广,羔羊代乳粉的应用逐渐得到认可^[7].但关于羔羊代乳品产品的技术参数、应用规范等方面还有大量的工作需要开展.

另外,代乳品的生产通常会利用乳制品加工工业中产生的副产品,包括乳清粉、乳清蛋白浓缩物、脱脂奶粉等^[18].乳制品是乳糖和蛋白质的重要来源,并且具有很高的营养价值.这种做法在欧美等乳制品消费成熟的国家是一种可行的策略.然而,我国在乳制品消费方面处于快速发展期,居民乳制品消费缺口很大,无疑利用乳制品生产代乳品的策略就行不通.本课题组经过10多年的研究,在利用植物原料替代乳制品(乳糖、乳蛋白等)方面积累了一定的成果,

并得到了示范应用,但关于植物原料在代乳品中的利用技术,仍有许多问题需要解决。比如,除了豆类制品之外的植物原料的利用技术,各种植物原料(蛋白原料、脂肪原料、淀粉原料等)的组合及其应用技术,植物原料的抗营养特性及其消解技术等。

4 幼龄反刍动物培育体系构建及今后需加强研究的关键科学问题

4.1 幼龄反刍动物培育技术体系

犊牛羔羊哺乳期是其一生中最重要的生理阶段,直接决定成年牛羊的健康、生产性能及畜产品安全。因此,针对犊牛羔羊哺乳期长、成活率低、增重性能差,优秀后备牛羊不足等产业发展的短板,创新犊牛羔羊营养生理理论,突破营养平衡和饲料配制中的技术瓶颈,构建以早期断母乳、配套设施标准化饲养技术和目标生长监测评价技术为一体犊牛羔羊早期培育技术体系,提升培育质量,为牛羊产业输送优质的后备牛羊,具有重要实践意义。

幼龄反刍动物培育技术体系是指:根据幼龄反刍动物的胃肠道消化生理和发育特性,采用动物营养学、分子生物学和组学等领域的技术,在犊牛羔羊出生后实施早期断奶,通过配套的科学饲养管理规范,充分挖掘幼畜早期生长潜力并进行培育至育肥或产奶阶段的技术体系。该培育技术体系的关键技术包括早期断奶技术、代乳品应用技术、标准化饲养管理规范、目标生长控制技术^[20]。

4.1.1 幼畜早期断奶技术

早期断奶是现代幼畜养殖关键技术手段之一,其优点主要表现在:第一,实施早期断奶可以缩短哺乳周期,减轻劳动强度,降低培育成本,对于犊牛,还能节省大量鲜奶。第二,实施早期断奶能够促进犊牛羔羊胃肠道,尤其是瘤胃的发育,维护幼畜瘤胃微生物区系和消化道动态平衡,提高其对粗饲料的利用能力。第三,实施早期断奶可以缩短生产周期,犊牛能够提前2个月达到初配月龄,羔羊6月龄达到出栏体重,加快畜群周转。第四,羔羊早期断奶能够缩短母羊繁殖周期,减少母羊空怀时间。第五,实施早期断奶有利于组织生产,提高生产效率。

4.1.2 标准化饲养管理规范

随着我国牛羊养殖向规模化、集约化养殖模式转变,近年来不断出现大规模的牛羊养殖企业,在成年

奶牛、肉牛、肉羊的饲养管理方面积累了非常丰富的经验,形成了系统的管理体系。但对于幼畜的饲养管理仍然处于简单粗放的状态,由于犊牛羔羊的饲养不能直接与经济效益挂钩,使得不少养殖场(户)不能认识到幼畜培育的重要性,也缺乏配套的标准化饲养技术,急需根据新的牛羊发展模式研究配套的饲养技术。比如,早期断奶技术在集约化饲养模式下的应用,断奶犊牛配套的目标生长饲喂技术、羔羊育肥配套日粮配制及饲喂技术等。

4.1.3 目标生长调控技术

当前我国犊牛羔羊哺乳期长、缺乏阶段化目标生长控制技术是一直困扰牛羊生产的一个技术瓶颈问题。虽然针对犊牛羔羊的营养需要量研究已经取得了一定的进展,而我国地域辽阔、不同地区饲养环境、养殖品种、饲料条件、管理条件等千差万别,单一营养需要量未必适用于所有的牛羊品种和养殖地区。因此,需要通过比较研究,制定动态化、模型化的犊牛羔羊生长需要量,并且研究明确不同品种、不同生长阶段的幼畜生长目标和依据,从而实现精准饲养和目标生长控制。

4.2 今后加强研究的关键科学问题

4.2.1 基于营养调控-基因表达与现代组学技术的幼龄畜培育理论

随着营养-基因组学的发展,研究营养素调控动物体内关键代谢过程及相关基因表达的机制,阐明基因表达在营养素调控相关代谢过程中的作用,对于准确确定动物营养需要,形成营养-基因-性状的调控方式,彻底改变传统的剂量-功能反应的营养素需要研究模式具有重要意义^[21]。深入研究营养素调控表观遗传修饰的作用机理,掌握动物对营养需求的个性化差异,确定个体营养需要,实现真正的“基因饲养”^[21]。

目前,关于幼龄反刍动物营养与表观遗传学的研究非常缺乏。本团队基于营养表观遗传学原理,应用双胞胎羔羊模型,发现断母乳显著改变与肝脏、肠道代谢相关的关键基因和蛋白的表达。断奶引起肝脏差异表达基因20个,主要参与氨基酸代谢、脂类代谢、激素合成和p53信号转导等途径的功能与调控;发现ORM2(酸性糖蛋白)基因是受断奶因素调节的关键基因;断奶引起肠道差异蛋白表达上调143个、下调246个,主要参与营养物质代谢、免疫反应调节、细胞骨架构成和ROS氧化应激反应等功能途径。首次揭

示了断奶应激造成羔羊免疫、吸收功能减弱的分子机制^[20,22]。同时发现,断奶前羔羊(15~60日龄)日粮蛋白质不足导致日增重降低了20%,与肝脏营养物质代谢、机体免疫系统和生长相关302个基因表达发生显著变化;断奶后(61~90日龄)恢复蛋白质供给水平,羔羊体重仍然低9.2%,肝脏依旧有12个基因存在表达差异。证实哺乳期营养缺失对羔羊后期生长造成不可逆影响^[23]。

4.2.2 早期营养调控对后期生长及育肥性能的影响机制

新生犊牛羔羊由于其消化代谢系统的发育不成熟而具有极大的可塑性,也极易受到环境因素变化(比如由母体环境转变为自然环境、由吃母乳转变为采食固态饲料等)的影响而改变其后期育肥性能的发挥。目前已有充分的研究表明早期断奶饲喂代乳粉的羔羊能够达到和母乳饲喂同样的效果,同时能够保证羔羊的成活率,这是母乳饲喂所无法比拟的。但先前研究大都集中在营养水平对犊牛羔羊生产性能等表观指标的影响上,对于营养素调控幼畜胃肠道发育机制,包括瘤胃微生态建立机制,瘤胃反刍功能的发生、发展机制,肝脏营养代谢机制等方面还比较欠缺。因此,明确上述影响机理,对于培育健康的犊牛羔羊具有重要意义。

反刍动物幼畜生后两个月内发生的营养或代谢程序化对其后续生长和健康具有终生影响^[24]。例如,断奶前通过喂奶或代乳粉以增加营养物质摄入提高了奶牛第一个产奶期的产奶量^[25];早期断奶的肉牛犊牛饲喂高能日粮改变了肌肉能量代谢和脂肪沉积相关基因的表达,提高了成年后的脂肪细胞生成和脂肪生成潜力^[26]。这说明断奶前生长速度的提高包含着某些形式的表观遗传学变化,进而改变了幼畜日后的生产潜力。然而,人们对于幼龄反刍动物早期生长的表观性状背后隐含的表观遗传学变化的机制了解还非常少。随着生物技术的发展,使得人们有机会更深入地研究其作用机制,并有助于从源头起更科学地设计日粮配方,使羔羊出生后即具有优良的育肥潜力。将为制定培育策略和推动肉羊产业发展提供理论依据。

4.2.3 母畜围产期营养调控与幼畜机体健康发育的关系

动物一生需要经历受精、分娩、断奶等重要生理

节点,开展母体妊娠期、生后早期阶段及其他关键生理环节的营养调控研究,对于理解营养调控基因表现性状的机理,满足动物营养需求以达到良好的生产和繁殖性能具有重要意义。实际上,20世纪20年代,科学家们已经认识到早期表型即使发生非常小的变化,也会对机体后续生命产生深刻而持久的影响,包括组织甚至机体的改变。近年来,研究已经证实产前、围产、产后阶段宏观环境(天气、日粮)或微观环境(代谢、内分泌、免疫)变化对胎盘、胎儿及新生儿组织发育产生持久的影响^[27~30],为现代营养表观遗传学建立了科学的理论基石。这方面,新生鼠类和养殖动物的发育可塑性被广泛报道^[31,32]。对出生后小鼠的短期刺激造成了终生影响,其中发生了表观遗传学变化,包括DNA甲基化、组蛋白乙酰化等方面的变化^[33]。

出生前后的生长发育是确定犊牛羔羊后期健康生长的重要时期。近年来,随着生物技术的不断发展,从表观遗传学角度揭示母体营养对于胎儿影响的研究成为热点,国内外的研究也取得了一定的进展,但仍有很多未知的问题需要阐明,如日粮因素(如限饲、补饲或营养过剩等)通过何种机制来改变幼畜胎儿期在表观遗传方面(如DNA甲基化、组蛋白修饰、ncRNA的表达情况等)的变化,对于上述问题的阐明,将有助于人们从源头起更科学地设计日粮配方,使犊牛羔羊出生后即具有优良的生长潜力。

这些问题的梳理,对于提升我国幼龄反刍动物领域的科技含量,促进牛羊产业向规模化、集约化及智慧养殖方向的迈进具有重要意义。

以“幼龄反刍动物早期培育的关键科学问题及实践应用”为主题的香山科学会议,通过多学科专家的学术交流与思想碰撞,战略上推动以科学家、企业家、政府主管部门共同主导“幼龄反刍动物早期培育技术体系”的创立;技术上加强对于幼畜生理营养研究的协作与联合,建立幼畜培育产业创新联盟;为彻底解决我国幼龄反刍动物培育过程中存在的问题,指导我国乃至国际上的反刍动物产业发展奠定了基础、指明了方向。

香山科学会议作为我国顶层的“科学前沿论坛”,首次将畜牧问题列为学术会议讨论,无疑将对我国反刍养殖领域的科学、健康、可持续发展起到推动作用。

致谢 本文是综合香山科学会议第575次学术讨论会(幼龄反刍动物早期培育的关键科学问题及实践应用)讨论意见的基础上撰写而成。感谢香山科学会议办公室及与会科学家的支持。

参考文献

- 1 National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China Statistical Yearbook-2016 (in Chinese). 2017 [中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2016. 2017]
- 2 Mcconnel C S, Lombard J E, Wagner B A, et al. Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality on united states dairy operations. *J Dairy Sci*, 2008, 91: 1423-1432
- 3 Wang D, Liu K G, Hashan M, et al. Analysis of factors influencing the mortality rates of xinjiang brown cattle and hostein cattle calves (in Chinese). *China Anim Husb Vet Med*, 2017, 44: 1363-1368 [王丹, 刘奎国, 马那提·哈山, 等. 新疆褐牛与荷斯坦牛犊牛死亡率的影响因素分析. *中国畜牧兽医*, 2017, 44: 1363-1368]
- 4 Tang J S, Yang J J, Hui W Q, et al. Effect of feeding model on productivity of ewes and mortality of lambs (in Chinese). *China Herbivore Sci*, 2014, 34: 19-22 [汤继顺, 杨家军, 惠文巧, 等. 养殖模式对母羊繁殖性能及初生羔羊成活率的影响. *中国草食动物科学*, 2014, 34: 19-22]
- 5 Zhang W B, Diao Q Y, Zhao G C. Improve the dairy replacements through nutrition and feeding management (in Chinese). *J Dairy Sci Tech*, 2008, 31: 24-27 [张卫兵, 刁其玉, 赵广城. 从营养和饲养角度加强后备牛的培育. *乳业科学与技术*, 2008, 31: 24-27]
- 6 Zhang N F, Diao Q Y, Li Y S, et al. The influence of calf milk replacer on growth of pre-weaned calves (in Chinese). *Modern Animal Husbandry*, 2006, (3): 22-24 [张乃锋, 刁其玉, 李岩松, 等. 犊牛代乳粉对早期断奶犊牛生长发育的影响. *当代畜禽养殖业*, 2006, (3): 22-24]
- 7 Wang J, Diao Q Y, Zhang N F. Effect of milk replacer on early weaned lambs' growth and its physiological function (in Chinese). *J Domestic Anim Ecol*, 2015, 36: 86-89 [王杰, 刁其玉, 张乃锋. 代乳品对早期断奶羔羊生长发育和生理机能的调控作用. *家畜生态学报*, 2015, 36: 86-89]
- 8 Zhongken Diary Co. Ltd. The innovation and practice on internet of things plus wisdom ranch (in Chinese). *China State Farms*, 2016, (10): 24-25 [中垦乳业股份有限公司. “互联网+智慧牧场”的创新与实践. *中国农垦*, 2016, (10): 24-25]
- 9 Qi M L, Diao Q Y, Zhang N F. Advance in ruminal development and its influencing factors in lambs (in Chinese). *Chin J Anim Sci*, 2015, 51: 77-81 [祁敏丽, 刁其玉, 张乃锋. 羔羊瘤胃发育及其影响因素研究进展. *中国畜牧杂志*, 2015, 51: 77-81]
- 10 Connor E E, Baldwin R T, Li C J, et al. Gene expression in bovine rumen epithelium during weaning identifies molecular regulators of rumen development and growth. *Funct Integr Genomics*, 2013, 13: 133-142
- 11 Naeem A, Drackley J K, Lanier J S, et al. Ruminal epithelium transcriptome dynamics in response to plane of nutrition and age in young holstein calves. *Funct Integr Genomics*, 2014, 14: 261-273
- 12 Connor E E, Baldwin R T, Walker M P, et al. Transcriptional regulators transforming growth factor-beta1 and estrogen-related receptor-alpha identified as putative mediators of calf rumen epithelial tissue development and function during weaning. *J Dairy Sci*, 2014, 97: 4193-4207
- 13 Kim Y H, Toji N, Kizaki K, et al. Effects of dietary forage and calf starter on ruminal pH and transcriptomic adaptation of the rumen epithelium in holstein calves during the weaning transition. *Physiol Genomics*, 2016, 48: 803-809
- 14 Zhang N F. Effects of protein and amino acid nutrition on indexes related to immune response of early weaned dairy calves (in Chinese). Doctor Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008. 153 [张乃锋. 蛋白质与氨基酸营养对早期断奶犊牛免疫相关指标的影响. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2008. 153]
- 15 National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington, DC: The National Academies Press, 2007
- 16 Bartlett K S, McKeith F K, Vandehaar M J, et al. Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *J Anim Sci*, 2006, 84: 1454-1467
- 17 Blome R M, Drackley J K, McKeith F K, et al. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *J Anim Sci*, 2003, 81: 1641-1655
- 18 Li H. Effects of protein level and source on nutritional utilization and gastrointestinal characteristics in early-weaning calves (in Chinese). Doctor Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008. 137 [李辉. 蛋白水平与来源对早期断奶犊牛消化代谢及胃肠道结构的影响. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2008. 137]

- 19 Diao Q Y, Tu Y. Research and development of nutritional physiology in calves (in Chinese). *Feed Ind*, 2013, (9): 1–6 [刁其玉, 屠焰. 犊牛营养生理研究与定向培育进展. 饲料工业, 2013, (9): 1–6]
- 20 Wang H C. Effect of rearing systems on growth development and hepatic gene expression in lambs (in Chinese). Master Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015. 70 [王海超. 培育方式对羔羊生长发育和肝脏基因表达的影响. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2015. 70]
- 21 Wang J, Diao Q Y, Zhang N F. Regulation effect of trace nutrients and fat on manipulation of animal gene expression (in Chinese). *China Anim husbandry Vet Med*, 2016, 43: 140–146 [王杰, 刁其玉, 张乃锋. 微量营养素与脂肪对动物基因表达的调控作用. 中国畜牧兽医, 2016, 43: 140–146]
- 22 Cui K. Transcriptomics and proteomics analysis on the regulation mechanism of weaning stress in lambs (in Chinese). Post Doctor Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016. 97 [崔凯. 基于转录组与蛋白质组联合分析揭示羔羊断母乳应激调控机制研究. 博士后出站报告. 北京: 中国农业科学院, 2016. 97]
- 23 Wang B. Effects of dietary protein levels on growth, development and hepatic gene expression of early weaned lambs (in Chinese). Master Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016. 94 [王波. 日粮蛋白水平对早期断奶羔羊生长发育和肝脏基因表达的影响. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2016. 94]
- 24 Steele M A, Malmuthuge N, Guan L L. Dietary factors influencing the development of the ruminant gastrointestinal tract. *Chemosphere*, 2015, 41: 1007–1010
- 25 Soberon F, Raffrenato E, Everett R W, et al. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J Dairy Sci*, 2012, 95: 783–793
- 26 Reddy K E, Jeong J Y, Lee S D, et al. Effect of different early weaning regimens for calves on adipogenic gene expression in hanwoo loin at the fattening stage. *Livest Sci*, 2017, 195: 87–98
- 27 Gluckman P D, Cutfield W, Hofman P, et al. The fetal, neonatal, and infant environments-the long-term consequences for disease risk. *Early Hum Dev*, 2005, 81: 51–59
- 28 Reynolds L P, Caton J S. Role of the pre- and post-natal environment in developmental programming of health and productivity. *Mol Cell Endocrinol*, 2012, 354: 54–59
- 29 Funston R N, Larson D M, Vonnahme K A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. *J Anim Sci*, 2010, 88: E205–E215
- 30 Burdge G C, Hanson M A, Slater-Jefferies J L, et al. Epigenetic regulation of transcription: A mechanism for inducing variations in phenotype (fetal programming) by differences in nutrition during early life? *Br J Nutr*, 2007, 97: 1036–1046
- 31 Cooke P S, Ekman G C, Kaur J, et al. Brief exposure to progesterone during a critical neonatal window prevents uterine gland formation in mice. *Biol Reprod*, 2012, 86: 63
- 32 Spencer T E, Dunlap K A, Filant J. Comparative developmental biology of the uterus: Insights into mechanisms and developmental disruption. *Mol Cell Endocrinol*, 2012, 354: 34–53
- 33 Weaver I C, Cervoni N, Champagne F A, et al. Epigenetic programming by maternal behavior. *Nat Neurosci*, 2004, 7: 847–854

Summary for “幼龄反刍动物健康培育体系构建及其科学问题”

Establishment of young ruminants rearing system and its key scientific issues

ZHANG NaiFeng^{*}, TU Yan & DIAO QiYu

Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

^{*} Corresponding author, E-mail: zhangnaifeng@caas.cn

The growth and health performance of young animals has deep effect on the realization of their later genetic capacity. However, the rearing performance of young ruminants is far from the requirements of ruminant industry development in China, especially the prolonged suckling period, high mortality rate, and low growth rate of young ruminants severely hindered the development of ruminant industry. Technically, our poor comprehension of the nutritional physiology and nutrient requirements, standardized feeding and management strategies, specialized production, and modernized feeding equipment R&D for young ruminants are the bottlenecks existed in young ruminants rearing process. To solve these industry and technical problems of young ruminants, it is urgent and significant to do further effective research work and deep our understanding of young ruminant nutrition and physiology accomplished with guideline of question-orientation and supply-side structural reform, and it is also a pivotal step to finally promote the healthy and sustainable development of ruminant industry. More importantly, from the perspective of the ruminant industry development, it is essential to initialize an industry innovation alliance and an effective research service system based on the young ruminant industry development to support the extension of technical achievements and enhancement of the international competitiveness of the young ruminant industry. At the same time, it is vital to confirm the research work focusing on the development of young ruminants, including the nutritional physiology, nutrients requirements, and key products for the rearing of young ruminants. To improve the rearing effectiveness of young ruminants, the establishment of scientific and systematic young ruminants rearing system, which is a system to dig the genetic capacity for later fattening or milking performance by the early weaning and scientific feeding and management based on our deep comprehension of the development traits of the gastrointestinal tract and nutrient requirements etc., is a guarantee for the sustainable development of young ruminant industry. Facing the development of young ruminants in the future, therefore, it is suggested that some key scientific issues in young ruminant rearing process need to be strengthened, including the theoretical research of young ruminant rearing based on nutrition-gene expression and modern multi-omics technology, deep explore the mechanism of early nutritional regulation on their later potential growth and development, and the relationship between ewe nutrition regulation and young ruminant growth and health. Hereon, the sorting out of these related issues are meaningful for enhancing the content of science and technology in national young ruminant rearing field and promoting the development of ruminant industry forward large-scale, intensity and wisdom. At last, for the first time as the organizer of the China's top science forum, Xiangshan Science Conferences, in Animal husbandry field, we propose again the establishment of young ruminant rearing system with joint supporting by scientist, enterpriser, and government departments to promote and guide the development of ruminant industry in China and even in the world.

young ruminant, rearing system, nutritional regulation theory

doi: 10.1360/N972017-00456