

河南省花生秧利用现状及提高其饲料资源利用率的措施

王琳焱 李绍钰 马慧慧 邓文

(河南省农业科学院 畜牧兽医研究所 河南 郑州 450002)

摘要: 花生秧含有丰富的粗纤维和蛋白质,是一种重要的生物质资源。河南省是全国最大的花生种植省份,每年产生大量的花生秧。目前,河南省花生秧综合利用技术落后,利用效率低,综述了河南省花生秧的利用现状以及有效提高花生秧饲料资源利用率的措施,以期能为花生秧资源的高效利用提供依据。

关键词: 花生秧; 饲料; 利用; 营养; 河南省

中图分类号: S816 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2019)08-0154-06

Current Situation of Utilization and Measures to Improve Feed Utilization Ratio of Peanut Hay in Henan Province

WANG Linyi, LI Shaoyu, MA Huihui, DENG Wen

(Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Peanut hay is rich in crude fiber and protein, and is an important biomass resource. Henan is the largest peanut-growing province in China, producing a large amount of peanut hay every year. At present, the comprehensive utilization technology of peanut hay in Henan province is backward and the utilization efficiency is low. This paper reviews the utilization status of peanut hay in Henan province and measures to effectively improve the utilization of peanut hay, in order to provide basis for efficient utilization of peanut hay resources.

Key words: Peanut hay; Feed; Utilization; Nutrition; Henan Province

花生是我国的传统油料作物,与大豆、油菜共同构成我国三大食用油源作物^[1]。花生秧占花生生物量的50%左右,每年我国花生秧的产量大约为2 700万 t^[2]。花生秧营养丰富,约含12%粗蛋白、2%粗脂肪和45%碳水化合物,是宝贵的生物资源^[3]。但在当前,由于相关处理和利用技术落后,除少量作为粗饲料外,大量的花生秧被烧掉或扔弃,不仅造成了资源的巨大浪费,还污染环境。系统深入开展花生秧综合利用研究,提高其饲料资源利用率,是缓解人畜争粮矛盾,发展节粮型畜牧业的重要途径,并且能提高花生产业链的附加值,促进产业

的高效、良性发展。河南是我国花生生产第一大省,探讨河南省花生秧利用现状及提高其饲料资源利用率的措施,意义尤为突出。

1 河南省花生秧利用现状

2013—2018年,我国花生种植面积在460~473万 hm²,其中河南省花生种植面积从100万 hm²增长至133万 hm²。花生已成为河南省继小麦、玉米之后的第三大农作物,是河南省种植面积最大的油料作物^[4]。2018年河南省花生产量为586万 t,占全国总产量2 127万 t的27.6%,与此同时,可产生

收稿日期: 2019-01-11

基金项目: 河南省农科院自主创新项目(2018ZC52)

作者简介: 王琳焱(1979-),女,河南郑州人,助理研究员,主要从事动物营养与饲料方面的研究。E-mail: wlyzmx@126.com

通信作者: 邓文(1983-),男,湖北红安人,助理研究员,博士,主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: dengwen1983@126.com

约 600 万 t 的花生秧。尽管花生秧的营养价值高,但对花生秧利用技术长期缺乏系统的研究,目前只有少部分沿用传统的秸秆利用方法,如直接还田或制作有机肥等,也有少部分花生秧被作为粗饲料或青贮饲喂反刍动物。但这种利用较为粗放,不是建立在花生秧营养价值进行精确评估的基础上。因此,目前花生秧的应用现状既不能充分挖掘花生秧的营养应用价值,也不能充分满足动物的营养需求。

1.1 花生秧收集技术落后

花生秧的收集技术落后是导致花生秧饲用率低的重要原因之一。饲料原料要求来源充沛、可靠,且质量稳定。目前花生秧多以个体人工收获为主,存在收获效率低、收获的花生秧质量参差不齐等缺点。花生秧的机械化收获不仅可以提高收获效率,还可以用于抢收作业,减少灾害天气的影响,是保证其质量稳定的有效途径。发达国家对花生机械化作业与装备的研发具有起步早、投入大、发展快的优势,早已实现了专业化、标准化和系列化。美国的花生机械化收获水平代表世界先进水平,其花生机械收获以大型联合全喂入式或两段式收获为主,即先将花生挖掘、清土并条铺于田间,待花生干至一定程度后,再用捡拾花生联合收获机进行捡拾摘果^[5]。欧洲及其他发达国家鲜有花生的规模化种植,虽然印度、越南也是花生种植大国,但其机械化水平低,某些程度上还落后于我国。目前,我国花生以人工收获为主,花生收获机械化水平不高,机械化收获占比约为 30%,机械化和半机械化收获技术仅在主产区得到一定应用。我国花生收获机还处于研发的初级阶段,主要是以借鉴和模仿为主,而现有技术产品所面临的耗能高、适应性低、可靠性差和损失率偏高的现状还没有完全解决,因此联合收获机械还处在试验优化阶段^[6]。由于我国长期以来农业机械化工作的重心集中于水稻、小麦、玉米等主要粮食作物,花生及其他经济作物的机械化科研发展和创新起步晚、支持少、队伍小,与产业需求差距大,须破解的难题多。目前我国生产花生收获机的企业较少,对于研发的投入不足、从事相关专业人才的缺乏等使得生产的花生收获机功能单一、可靠性差,进而造成了花生收获机得不到良好的推广和应用。因此,我国使用的花生收获机多以进口为主,但由于花生品种、土壤条件、种植模式等的差异,引进的花生收获机不能很好地适应实际情况,也难以得到普遍的推广和

使用。长此以往,花生种植户还是愿意用传统的人工劳动来进行花生收获。我国花生种植范围广、规模大、模式复杂多变,多为直立品种低垄覆膜种植,对花生收获机的研制要求更高、难度更大、待破解的技术难题更多^[7]。其中,河南省的花生种植仍以个体散户为主,花生的专业种植大户和合作社的比例较低。而河南省的花生整体机械化水平仅在 50% 左右,无论是与主要粮食作物相比(小麦和玉米的机械化水平均超过 90%),还是同世界发达国家相比,依然存在较大差距^[8]。一般情况下,进行大规模种植的农户或农场主往往采用适宜机械化作业的夏直播垄作种植模式,以便在收获时可进行联合收获作业;而花生种植小农户为了最大限度地利用土地和种植时间,往往采用间作和套作的种植模式,但其只适合平作,在收获时只能采用人工或机械分段收获方法^[9]。

1.2 花生秧处理技术落后

花生秧处理技术落后,是导致其养分利用率低的最主要原因。反刍动物瘤胃中含有能够降解和利用纤维物质的微生物,而花生秧含有较高的粗纤维,因此能够作为牛、羊等反刍动物的粗饲料;但花生秧在单胃动物和幼龄动物中的用量较少,是因为粗纤维会降低机体对其他营养成分的吸收和利用;另外,对于单胃动物来说,花生秧的能量水平偏低,蛋白质含量不足,氨基酸也不够平衡^[10]。因此,对花生秧进行处理,可有效提高其饲用价值。常见的秸秆饲料化处理方法有氨化、青贮和微贮、热喷和膨化等,其原理是用物理、化学或生物的方法对大分子纤维物质进行降解和转化,提高其作为饲料的消化利用率^[11]。但当前对花生秧饲料化处理技术的研究较少,主要是集中在青贮和发酵处理上。贺涛等^[12]研究发现,以复合菌(包括纤维单胞菌、溶纤维丁酸弧菌、酿酒酵母菌、枯草芽孢杆菌和乳杆菌)发酵花生秧,可将秸秆饲料中的蛋白质含量提高 25.28%,粗脂肪含量提高 28.51%,粗纤维含量降低 13.54%。李术娜等^[13]将解淀粉芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和酵母菌按 4:4:3 的比例混合制备复合菌液来发酵花生秧发现,其粗蛋白含量由发酵前的 10.11% 提高到 15.39%,而粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和木质素含量均显著降低。虽然花生秧的蛋白质含量较高,但其还原糖含量低,单独青贮的效果并不好,多将其与禾本科作物秸秆进行混合青贮以增加青贮

饲料的蛋白质含量。在禾本科作物秸秆进行青贮的过程中,根据各原料的含水量,添加青刈花生秧的量在15%~50%,最终混合青贮料的含水量控制在65%左右较为适宜^[14]。尽管有研究表明青贮或微贮能够提高花生秧的饲用价值,但仍缺乏系统性的研究,对于发酵菌种的选择、发酵条件的优化和控制等均停留在实验室阶段,大规模的生产试验以及成熟的产品相对较少。

此外,相比于其他农作物秸秆而言,花生秧更容易发生霉变,其主要原因包括收获季节发生阴雨天气以及储存过程中受到潮湿影响。若霉变的花生秧被动物采食,便会出现消化不良、腹泻、生长缓慢及其他霉菌中毒症状,严重时可导致动物死亡。因此,对花生秧中的霉菌毒素处理也是限制其利用的重要因素,但当前鲜有关于通过技术处理来降低花生秧中的霉菌毒素以提高其利用率的报道。

1.3 花生秧应用技术落后

实现花生秧有效的饲料化利用,需明确花生秧的营养成分和生物学利用率。当前,研究者对花生秧常规养分的测定较多,缺乏对其营养价值系统评定的研究,例如李洋等^[15]比较了湖北、山东、河南3个省花生秧的营养成分含量发现,不同来源的花生秧营养成分有显著差异;张峰等^[16]和唐兆秀等^[17]分别测定了河北及福建主要花生秧的常规营养成分,并比较了不同品种间的差异。此外,关于花生秧在动物体内的生物学研究较少,马佳等^[18]测定了花生秧在肉兔中的表观消化能和主要养分消化率发现,花生秧在肉兔中的表观消化能为5 116.7 kJ/kg,干物质、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、灰分、钙、磷的消化率分别为39.39%、57.54%、6.71%、27.18%、21.53%、20.55%、36.29%;赵明明等^[19]以套算法和插值法估算花生秧在绵羊中的有效能值为6 620 kJ/kg,在饲料中的适宜替代比例为20%~40%。花生秧在各畜禽种类中的能值、常规养分消化率、氨基酸含量及消化率数据仍大量缺失,原因可能在于花生秧的来源广泛但质量差异较大,目前尚未分级形成稳定可靠的产品,因此不能大规模地应用于饲料生产。

除此之外,要实现花生秧的饲料化利用,还需要对不同畜禽种类、不同生长阶段以及花生秧同其他饲料原料的搭配进行系统研究。但目前只有少部分研究是关于花生秧被用作牛、羊、兔的粗饲料或少量被添加至日粮中来育肥猪、鹅等。鲜有花生秧作为

饲料时,动物的养分消化利用率、肠道微生物和环境、动物免疫和健康等方面的报道。相关研究表明,在粗饲料中增加花生秧干粉,当其与玉米青贮干物质配比为1:1.2时,可降低荷斯坦奶牛的日粮成本,提高其氮素利用率及瘤胃中干物质和粗蛋白的降解率^[20];而以长白公猪与通许县当地杂种母猪所生仔猪为试验动物,在其0~90日龄时的日粮中添加花生秧粉的最高比例为10%,在其91~171日龄时可适当增加花生秧干粉比例,但不宜超过30%^[21];当饲料能量和蛋白质水平相同时,在2~4周龄或5~8周龄肉鹅的日粮中添加花生秧粉的适宜比例分别为8.0%和23.5%^[22]。纤维营养是目前动物营养研究的热点,它与日粮中的蛋白质、维生素、矿物质等均是重要的营养素,对于动物肠道健康和肠道微生物发酵具有重要意义^[23]。因此,对花生秧的纤维组成和特性及调控肠道健康进行深入研究,有利于充分挖掘花生秧纤维利用的潜力。

2 提高花生秧利用率的措施

2.1 提高花生秧饲用价值的认识

花生秧的营养物质丰富,茎叶中的粗蛋白、粗脂肪和碳水化合物含量分别为12.9%、2.0%和46.8%,其粗蛋白含量是苏丹草的1.5倍左右,稍高于多年生黑麦草,与紫花苜蓿花期的粗蛋白含量基本相当^[24]。李洋等^[15]以饲料相对值(Relative feed value,RFV)和粗饲料分级指数(Grading index,GI)评估了多种反刍动物非常规粗饲料(花生藤、豌豆秧、花生秧、皇竹草、谷草、玉米叶和麦秸)的营养价值,发现以花生藤和花生秧的营养价值最高。于胜晨等^[25]的研究表明,花生秧在肉羊中的能量价值以及各养分在肉羊瘤胃的有效降解率均高于其他秸秆饲料(豆角菹、红薯菹、水稻秸秆、小麦秸秆和玉米秸秆)。要进一步提高花生秧的饲料利用率,首先要提高对其饲用价值的认识,加强对种植户进行花生秧营养价值的培训和宣传,去除将花生秧和其他作物秸秆等同看待和处理的传统思想。而对花生秧的充分饲料化利用,能够在保证动物生产性能的前提下,降低饲养成本并提高养殖效益,从而达到资源充分利用和农民增收的目的。

2.2 加强花生秧集中处理

加强集中处理有利于得到充裕且质量可靠的花生秧,促进其饲料化利用,具体措施有鼓励花生专业

种植大户和合作社的发展,可提高花生种植的集中度并推进花生的标准化种植;加强花生联合收获装备的研发,可实现花生生产的机械化、自动化和智能化;在花生主产区设立花生秧饲料生产和销售企业,建立花生销售电商平台,促进产销融合等。

2.3 制订花生秧标准和分级利用规程

花生秧质量的标准化和分级是花生秧饲料原料化的基础,是以质定价的前提,但目前尚无花生秧饲料的国家标准、行业标准或地方标准。花生秧的质量标准主要应包括营养标准和卫生标准。花生秧的营养成分受产地、品种、种植水平、刈割时间和高度等因素的影响^[26]。张峰等^[16]测定了冀花 9742 等 7 种花生秧的营养成分,其粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维平均含量分别为 10.85%、1.35%、51.79% 和 36.44%;河南省农业科学院畜牧兽医研究所动物营养与畜产科学课题组前期测定了河南豫花 37 等 6 种花生秧的养分,其粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维平均含量分别为 8.11%、2.34%、37.12% 和 15.47% (数据未发表)。若在收获花生的前 10 d,将刈割高度保持在 3~7 cm,既不影响花生产量,又能提高花生秧中粗蛋白、粗脂肪、维生素 B₂ 和维生素 B₆ 的含量^[27]。花生秧的卫生标准应主要包括霉菌毒素和重金属含量,可参照国家标准中《饲料卫生标准》(GB 13078—2017)^[28]。按照花生秧营养成分和霉菌毒素含量可将不同质量的花生秧分为若干级,不同等级的花生秧价格不同。质量过差的花生秧,如霉菌毒素含量过高,不适宜作为饲料,以免影响动物的生长性能和健康。

2.4 全面评价花生秧的营养价值

科学有效地评价花生秧的营养和饲喂价值,对于合理利用花生秧和提高其饲料化利用效率至关重要。但要有效利用花生秧就需要合理评价与获取其营养参数,以便参与饲料配方的计算和设计。评价花生秧营养价值的方法主要分为评价花生秧养分含量和评价花生秧营养物质可利用性的方法,前者主要包括概略养分分析法、范氏纤维分析法以及近红外光谱分析技术等主要在实验室中进行的方法,后者主要包括体内法、半体内法、体外法等

在饲料养分含量分析方面,近红外光谱分析技术是一种较新的快速定量分析技术,它是基于饲料

原料的粗蛋白、粗纤维、粗脂肪等成分中的含氢基团在近红外光谱区(0.7~2.5 μm)对红外线具有特定的吸收光谱,然后通过建立饲料原料待测成分含量与光谱信息之间的线性或非线性回归模型来确定养分含量^[30]。近红外光谱分析技术无需复杂的前处理,且速度快、准确度高、成本低,可同时分析多个不同种类的样品,但检测结果的准确性需要大量准确的原始数据库为基础,而建立这些原始数据库需要花费研究者大量的时间和精力^[31]。

在营养物质可利用性方面,体外消化技术是当前饲料营养价值评价的发展方向,具有省时、省力的特点^[32]。建立体外动物仿生消化系统并模拟肠道消化酶对饲料原料的水解和肠道蠕动,当饲料原料经体外消化后,测定其体外消化率,首次同动物体内消化试验的数据结果进行关联并建立回归方程,此后则只需测定体外消化数据,通过回归方程计算即可获得体内消化数据,实现饲料营养价值的即时、快速评定^[33]。

2.5 进行系统的花生秧应用方案和饲喂动物肠道健康研究

促进花生秧的饲料化利用,需要建立不同动物种类及其不同生长阶段的应用规程。花生秧在反刍动物中作为粗饲料如何单独使用;与其他粗饲料搭配使用时应如何配比,是否有组合效应等均是有待于进一步解决的问题。此外,在幼龄动物的饲喂中,饲料的粗纤维和霉菌毒素是重要的限制因素;对于繁殖动物来说,其霉菌毒素的阈值也较低,同样需要谨慎对待。除了研究不同动物种类及其不同生长阶段花生秧的适宜添加量外,探究花生秧对动物肠道生理健康的影响可拓宽其应用途径。花生秧富含的纤维在以前被认为是日粮中不能够被消化的植物成分,只会对动物的生产性能产生不利影响,但近期研究表明,日粮纤维能够缓解仔猪的腹泻、生长肥育猪的痢疾及母猪便秘^[34]。日粮纤维在动物消化道内不能被消化利用,但能被后肠中的微生物当作发酵底物在分解利用后促进动物肠道有益菌群的繁殖、产生抑菌作用或为肠道上皮细胞提供短链脂肪酸。纤维在动物后肠中被微生物降解的程度和速度与纤维的水溶性、化学结构、颗粒大小等多种因素密切相关^[35]。目前,有关花生秧纤维类型、结构以及对养殖动物肠道健康影响的研究报道甚少,有待于进一步加强该方面研究。

2.6 花生秧的加工和处理

对花生秧进行加工和处理,是提高花生秧营养价值的重要措施。传统秸秆饲料的处理包括物理、化学和生物的方法。其中物理和化学处理方法是通过对破坏部分纤维素的晶体结构来削弱纤维素、半纤维素和木质素之间的结合,从而扩大秸秆与消化液的接触面积^[36]。常见的秸秆饲料物理处理方法有高压蒸煮、膨化和蒸汽爆破等,ZHAO等^[37]研究发现,以蒸汽爆破法处理玉米秸秆,可增加玉米秸秆纤维素的含量并减少半纤维素,促进还原糖的释放,增加瘤胃微生物的定植和对纤维的降解。化学法通常包括碱处理、氨化和氧化剂处理等,何春霞等^[38]研究发现,利用碱化处理麦秸秆可以将不易溶解的木质素变为易于溶解的羟基木质素,使细胞间隙和细胞壁变得松散,易于消化液和纤维素酶渗入,最终提高消化率。生物处理法是通过利用某些特定微生物及其分泌酶处理农作物秸秆(青贮、微贮、酶解等),刘利等^[39]用含有芽孢杆菌和酵母菌的复合菌剂处理花生秧,降低了花生秧的粗纤维和木质素,提高了有机酸含量;在饲喂育肥猪时,提高了猪的消化率、消化道酶活和有益菌的比例。此外,若先使用物理或化学法,再结合生物法处理秸秆效果更好,CHANG等^[40]先使用蒸汽爆破法处理秸秆后,再进行微生物发酵,与未处理或单一方法处理相比,秸秆纤维素和半纤维素含量都显著降低,并且处理后的秸秆能够部分替代肉鸡日粮中的玉米。

3 小结

花生秧的饲料化是利用花生秧这一宝贵生物资源的重要途径。有效地利用好花生秧不但可以减少环境污染,还能够促进种植户增收,进一步完善整个花生生产链条,促进花生产业的良性发展。随着研究者对花生秧利用价值的日益重视,并从多方面入手,系统深入地开展对花生秧综合利用的研究,未来花生秧的有效利用率将会得到极大提升。

参考文献:

- [1] 廖伯寿,殷艳,马霓.中国油料作物产业发展回顾与展望[J].农学报,2018,8(1):107-112.
- [2] 秦利.花生秧、壳在饲料行业中的应用现状[J].草业科学,2011,28(11):2057-2060.
- [3] 张峰,李保普,王昆,等.花生秧的营养特点及其在畜牧生产中的应用[J].中国饲料,2006(11):38-39.
- [4] 郝西,刘娟,张俊,等.农业供给侧结构性改革背景下河南花生发展对策[J].农业科技通讯,2017(12):7-11.
- [5] 姚礼军,胡志超,王申莹,等.花生收获机收获台研究现状与关键技术分析[J].江苏农业科学,2016,44(12):33-38.
- [6] 张冲,胡志超,邱添,等.国内外花生机械化收获发展概况分析[J].江苏农业科学,2018,46(5):13-18.
- [7] 陈有庆,顾峰玮,吴峰,等.我国花生机械化收获科技创新概况与发展思考[J].江苏农业科学,2018,46(22):19-23.
- [8] 姬素云.河南省花生机械收获推广应用现状及发展建议[J].河南农业,2017(27):38-40.
- [9] 王喜恩,南飞飞,卢泽民,等.河南省花生种植和收获模式研究[J].中国农机化学报,2016,37(8):239-241.
- [10] 刘纪成,张敏,刘佳,等.花生秸秆在畜禽生产中的利用现状及其生物发酵技术[J].中国饲料,2017(20):36-38.
- [11] 段珍,张红梅,张建华,等.农作物秸秆饲料研究进展[J].粮食与饲料工业,2017,12(2):40-43.
- [12] 贺涛,陈文,赵书强,等.花生秧用发酵菌液以及花生秧发酵饲料:CN103243053A[P].2013-10-19.
- [13] 李术娜,王全,徐丽娜,等.发酵花生秧粉粗饲料的研制及其在肉鸭养殖中的应用[J].饲料工业,2015,36(16):40-44.
- [14] 秦雯霄,廉红霞,付彤,等.玉米青贮与花生秧配比对奶牛瘤胃中花生秧降解特性的影响[J].动物营养学报,2015,27(6):1928-1935.
- [15] 李洋,窦秀静,张幸怡,等.非常规粗饲料分级指数和相对价值比较研究[J].东北农业大学学报,2016,47(2):54-60.
- [16] 张峰,李魁英,王学清,等.不同品种花生秧营养价值分析[J].河北农业科学,2010,14(7):72-73.
- [17] 唐兆秀,董晓宁,施恭月,等.福建省花生秸秆存量、品质与固碳评价[J].中国农学通报,2012,28(11):278-283.
- [18] 马佳,郭东新,田河,等.花生秧在肉兔中的表观消化能和主要养分消化率的评定[J].饲料工业,2010(21):62-64.
- [19] 赵明明,马涛,赵江波,等.花生秧作为肉用绵羊单一粗饲料有效能值的测定与估测[J].动物营养学报,2017,29(11):4162-4170.

- [20] 王笑笑, 廉红霞, 秦雯霄, 等. 花生秧与玉米青贮配比对奶牛生产性能、血液指标及氮素利用的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(5): 165-174.
- [21] 任广志, 杨国勋, 王绍清, 等. 育肥猪饲料中添加花生秧粉试验[J]. 河南农业大学学报, 1993, 27(3): 272-275.
- [22] 赵辉, 赵伟, 于宁, 等. 日粮添加不同比例玉米秸秆粉和花生秧粉对肉鹅生长性能的影响[J]. 中国家禽, 2010, 32(14): 27-33.
- [23] 向娜娜, 赵江涛, 王凤麟, 等. 日粮纤维的功能及其在猪饲料中的应用[J]. 饲料研究, 2017(17): 6-10.
- [24] 秦利. 花生秧、壳在饲料行业中的应用现状[J]. 草业科学, 2011, 28(11): 2057-2060.
- [25] 于胜晨, 曹水清, 任有蛇, 等. 肉羊常用农作物秸秆类粗饲料营养价值及瘤胃降解特性[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(9): 69-74.
- [26] 文昭竹, 曾宁波, 穆麟, 等. 花生秧的营养成分、贮藏技术与饲用价值研究进展[J]. 湖南生态科学学报, 2018, 5(1): 40-45.
- [27] 刘太宇, 郭孝, 郭良星. 刈割对花生秧产量和品质的影响[J]. 家畜生态学报, 2002, 23(1): 38-40.
- [28] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 饲料卫生标准: GB 13078—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1.
- [29] 陈艳, 王之盛, 张晓明, 等. 常用粗饲料营养成分和饲用价值分析[J]. 草业学报, 2015, 24(5): 117-125.
- [30] 年芳. 近红外光谱技术及其在饲料分析中的应用[J]. 甘肃农业科技, 2007(10): 47-49.
- [31] 丁丽敏, 计成, 戎易. 近红外(NIRS)和粗蛋白预测氨基酸含量的精度比较研究[J]. 饲料工业, 2002, 23(4): 15-18.
- [32] 王钰明, 赵峰, 张虎, 等. 仿生消化法评定猪饲料营养价值的研究进展[J]. 动物营养学报, 2016, 28(5): 1324-1331.
- [33] 王勇, 雷俊红. 反刍动物体外消化试验研究方法及因素分析[J]. 中国农业信息, 2016(4): 92-93.
- [34] CHOCT M. Feed non-starch polysaccharides for mono-gastric animals: Classification and function[J]. Anim Prod Sci, 2015, 88: 271-281.
- [35] DE LEEUW J A, JONGBLOED A W, VERSTEGEN M W. Dietary fiber stabilizes blood glucose and insulin levels and reduces physical activity in sows[J]. J Nutr, 2004, 134: 1481-1486.
- [36] 房兴堂, 陈宏, 陶佩琳, 等. 农作物秸秆饲料化高效利用新技术[J]. 饲料研究, 2007(1): 74-75.
- [37] ZHAO S, LI G, ZHENG N, et al. Steam explosion enhances digestibility and fermentation of corn stover by facilitating ruminal microbial colonization[J]. Bioresour Technol, 2018, 253: 244-251.
- [38] 何春霞, 傅雷鸣, 熊静, 等. 不同表面处理对麦秸秆结构和性能的影响[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(2): 325-331.
- [39] 刘利, 李红亚, 闫志宇, 等. 发酵花生秧粉对育肥猪生产性能的影响及其促生长机理[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2015, 35(4): 390-398.
- [40] CHANG J, CHENG W, YIN Q, et al. Effect of steam explosion and microbial fermentation on cellulose and lignin degradation of corn stover[J]. Bioresour Technol, 2012, 104: 587-592.