粗饲料作为反刍动物日粮中占比最大的组成部分,是反刍动物饲养生产成本中一个重要的组成部分。文章介绍了非常规粗饲料供应情况及其开发利用的主要技术,综述了粗饲料在反刍动物生产上的应用,旨在为非常规粗饲料资源开发及其在反刍动物生产上的应用提供参考。

非常规粗饲料在牛羊养殖上的利用空间

■资料图片

□张现东 何建福 肖定福 李付强

粗饲料作为反刍动物的主要基础饲料,在牛、羊日粮中通常占35%以上,是瘤胃微生物和宿主动物重要的营养来源,对维持反刍动物肠道健康、提高生产力有着重要作用。农作物秸秆是一种可循环利用,具有较高利用价值和经济效益的重要农业生产资源,对于促进农业资源循环和提升畜牧业产品品质具有重要意义。

据统计,每年我国秸秆总量超过7亿吨,而综合利用率却只有33%左右,粗饲料资源得不到合理开发,大量秸秆被随意焚烧,污染空气的同时还在一定程度上限制了我国反刍动物产业的迅速发展。以加快推进农业供给侧结构性改革、促进乡村产业振兴为目标,全国多地在建设一批现代化、标准化的高品质绿色反刍动物养殖场,形成稳定的产业联合体。然而饲料原料价格持续上涨,需要加大粗饲料开发利用。

根据《中国统计年鉴2022》公布的中国主要农产品产量和朱建春等归纳总结的农作物秸秆系数,计算得到我国肉牛粗饲料产量情况(见表1)。由表1可见,我国粗饲料资源丰富,以稻草、小麦秸秆、玉米秸秆为主,秸秆产地分布不均匀,稻草、小麦秸秆主产区在中部和东部,而玉米秸秆、豆类秸秆主产区在东北和西部。

常见作物副产品的营养成分见表2。从表2可知,木薯叶粗蛋白含量最高(18.67%),其次是发酵桑叶(14.40%),而稻草粗蛋白含量最低(3.15%)。木薯叶的粗脂肪含量最高(6.91%),其次是甘蔗梢(4.05%)。木薯叶和发酵桑叶中粗蛋白和粗脂肪含量较高,是较为优质的饲料资源。稻草和玉米秸秆中中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量较高,要进行加工处理以提高反刍动物饲料转化率。

非常规粗饲料资源开发利用的主要技术

物理法

常见的物理处理法包括膨化、蒸汽爆破、高压蒸煮法和物理压块等,将秸秆等粗饲料体积减小,形状改变,不影响其化学成分。

膨化法是指饲料经过一定时间的热饱和蒸气加压,在瞬间泄压后便可成为膨化饲料。秸秆膨化过程中蛋白质和脂肪等有机物的长链断裂,更易被动物吸收,膨化后秸秆内还原糖含量明显升高,纤维素的结晶度明显下降。寇巍等研究发现,玉米秸秆被挤压膨化后,半纤维素、木质素的含量分别降低了47.17%、19.34%,纤维素含量升高了18.01%。Cao等研究发现,荞麦秸秆经膨化处理后的硬度和咀嚼度均降低55%—66%,木质素含量降低10%,适口性显著改善。此外,秸秆内部结构力的降低减少了消化过程中的能耗。

高压蒸煮法是指对秸秆进行高温、高压处理,迅速去除秸秆中的一部分有害物质,消除纤维细胞壁表面角质层对消化方面的阻碍抑制作用,使秸秆饲料变得松软,从而提高秸秆饲料的消化率。余建军将秸秆粉碎后在180℃的条件下蒸煮1.5小时,对蒸煮后的秸秆酶解,秸秆降解率为72.20%,比未进行蒸煮的提高了23.70%,说明高温蒸煮预处理可提高酶解效果。

蒸汽爆破是将渗进植物组织内部的蒸汽分子瞬时释放完毕,使大量能量作用于生物质组织细胞层间。李国栋发现蒸汽爆破后玉米秸秆发酵液中总还原糖产量呈极显著增加,木糖产量显著增加,同时玉米秸秆相对结晶度也有所增加。蒸汽爆破处理降低了有效细胞壁和缓慢降解蛋白质的含量,增加了维持净能和增重净能,糖及非结构性碳水化合物含量。

化学处理

常见的化学处理法主要包括碱化、氨化、酸化和复合处理等。

碱化处理法主要包括氢氧化钠和氢氧化钙及其复合处理法。研究表明,氢氧化钠能与秸秆中的二氧化硅反应,破坏了木质素、纤维素和半纤维素之间的化学键。Mittal等研究发现,在25℃的条件下用0.1molNaOH处理玉米秸秆,木质素去除率可达65%以上,碳水化合物保留率超过84%。Guo等将玉米秸秆用1.5% NaOH在100℃处理1.5小时,发现半纤维素和木质素的降解率分别为67.92%和76.54%。

氨化处理是指利用氨水、尿素等含氮化合物,按照适宜的比例喷洒在秸秆上,饲料中的铵盐为牛羊等家畜瘤胃微生物活动提供氮源。孟春花等研究表明,添加15%和20%碳酸氢铵氨化能显著提高油菜秸秆DM、CP和ADF的山羊瘤胃降解率。马玉林等研究发现经氨化处理后的水稻秸秆CP含量、干物质和粗蛋白瘤胃降解率显著增加,同样也是用9%玉米浆和5%尿素的组合效果最佳。

氨碱复合处理是在碱化处理的基础上再进行氨化处理,结合二者优点,效果显著高于单一处理,可提高消化率,且成本低。姜明明等研究表明,氨碱复合处理可以降低水稻秸秆的NDF和ADF含量,提高CP含量,提高水稻秸秆瘤胃中DM、NDF、ADF和CP的有效降解率。Shao等用6% NaOH/12%尿素处理玉米秸秆,发现在80℃下处理20分钟,葡萄糖产率为0.54%;与未处理的玉米秸秆相比,预处理玉米秸秆具有更多的微孔、中孔和大孔,结晶度更高,纤维素含量更高。

生物处理

生物处理法是利用某些有益的微生物或者酶类对秸秆等粗饲料进行微生物处理,从而提升粗饲料的营养价值和利用率,常见的生物处理方法包括青贮、微贮和酶解等。

微贮技术是按一定比例添加一种或多种微生物菌剂,在密闭适宜的条件下,通过微生物菌剂的繁殖、发酵作用,使质地粗硬的或干黄秸秆和牧草变成柔软多汁、气味酸香、适口性好、利用率高的粗饲料。孟春花等报道,用乳酸菌菌液微贮处理后的油菜秸秆变得松软,适口性改善显著,CP含量增加,NDF的有效降解率升高。Li等研究发现用黄孢原毛平革菌、杂色云芝菌、绿色木霉菌、黑曲霉、密黏褶菌、梭状芽孢杆菌、铜绿假单胞菌和褐链霉菌做成的混合微生物处理玉米秸秆,改变了玉米秸秆的结构,提高了木质素降解率;半纤维素、纤维素和木质素的降解率分别为44.4%、34.9%和39.2%,提高了玉米秸秆的利用效率。

用于酶解法的酶制剂主要有纤维素酶、半纤维素酶和葡聚糖酶等,酶制剂是一种高效的饲料添加剂,但由于酶的反应通常只发生在细胞表面,因此,酶解法通常与碱化处理等配合进行。蔺国文报道,利用酶制剂处理枯黄玉米秸秆,在适宜的条件下对玉米秸秆进行酶解,木质素的降解率为44.28%,肉牛的平均日采食量达到11.95千克以上。

非常规粗饲料在反刍动物生产上的应用

在奶牛生产中的应用

在奶牛日常饲喂过程中,粗饲料的占比非常大,优质的粗饲料不仅可以保障奶牛的身体健康,还能降低饲养成本,提高收入。Lv等用75%的高粱秸秆青贮替代玉米秸秆青贮饲喂泌乳中期荷斯坦奶牛,结果表明,增加了瘤胃中的苏氨酸、甘氨酸、缬氨酸和亮氨酸等氨基酸含量,提高了产奶量和脂肪含量,有利于促进瘤胃微生物的生长,为机体和微生物利用提供更多的瘤胃液氨基酸。万荣等在荷斯坦公犊牛的饲粮中分别添加了0、10%和20%的发酵桑叶,结果表明,饲粮中添加20%发酵桑叶显著提高了荷斯坦公犊牛平均日增重和血清总抗氧化能力,显著降低了血清总胆固醇和尿素氮含量。Ashkvari等分别用0、33%、66%和100%的小黑麦干草替代泌乳期荷斯坦奶牛日粮中的粗饲料部分,结果表明,日粮中添加小黑麦干草不影响产奶量、乳蛋白和乳糖,但增加了乳脂、乳脂校正乳和产奶量/乳脂比,随着小黑麦占比的增加,乳中尿素氮减少。综上所述,高粱秸秆、青贮水稻和发酵桑叶等非常规饲料饲喂奶牛可以促进动物健康,提高产奶量和产奶品质。

在肉牛生产中的应用

在肉牛饲养中,经过处理后的秸秆适口性提高,能促进牛的采食欲望,对其生长起到促进作用。Chi-bisa等在饲粮中添加0、4%、8%和12%的大麦秸秆青贮饲喂肉用母牛,结果表明,大麦秸秆青贮比例对进食活动无影响,反刍时间呈二次曲线增加;增加青贮比例可降低瘤胃酸中毒,在0—4%青贮时酸中毒的改善最大,且随着青贮比例的进一步提高,酸中毒的改善程度逐渐增加。John等分别用100克/千克、200克/千克、300克/千克的蒲公英青贮替代等干物质含量的高粱秸秆饲喂拉哈吉牛,结果表明,替代200克/千克和300克/千克的蒲公英青贮显著提高了干物质和粗蛋白的摄入量;与未添加蒲公英青贮相比,添加蒲公英青贮显著提高了红细胞浓度,同时,4头拉哈吉牛饲喂蒲公英青贮42天,总饲养成本降低了49.60—61.62美元。Ma等分别用45%小麦秸秆+55%全株玉米青贮和45%花生藤+55%全株玉米青贮饲喂西门塔尔杂交肉牛,结果表明,与饲喂45%的小麦秸秆相比,饲喂45%花生藤的肉牛平均日增重提高了32%,平均日采食量提高14%;超氧化物歧化酶活性提高33%;肉干物质含量提高11%,粗蛋白含量提高9%,乙醚浸出物含量提高40%;瘤胃内NH3-N含量降低36%,厚壁菌门相对丰度增加,拟杆菌门相对丰度显著降低。结果表明,在粗饲料中添加45%花生藤和55%全株玉米青贮的组合物改善了肉牛的生长性能、抗氧化能力、肉质、瘤胃发酵和微生物群。以上试验表明,大麦秸秆青贮、蒲公英青贮和小麦秸秆等非常规饲料饲喂肉牛可以提高肉牛采食量,降低饲养成本,提高肉牛肉品质。

在肉羊生产中的应用

肉羊的饲养过程中使用农作物副产品等价格低廉的非常规饲料,是一种降低饲养成本且缓解人畜争粮的潜在策略,有些粗饲料经过处理后营养物质和适口性提高,降低养殖成本。Dentinho等利用胡萝卜、甘薯、土豆和番茄的副产品制成青贮饲料替代50%的浓缩饲粮(DM),并用其饲喂羔羊,结果表明副产物青贮可以在不影响羔羊生长性能、肉质和甲烷产量的情况下替代浓缩饲料,每千克活重的饲养成本降低20%。Oliveira等将甘草和木薯地上生物量混贮后饲喂羔羊,结果表明,将二者混贮不仅改善了青贮品质、提高营养成分,还提高了羔羊的采食量、平均日增重、胴体和非胴体成分,木薯地上生物量的添加量600克/千克效果最佳。Balduíno等用梨果仙人掌饲喂羔羊,干物质基础上添加30%、37%和44%的麦麸,研究发现,当组合比例达到37%时,可提高热胴体和冷胴体的产量,提高胴体质量,麦麸含量为44%时,获得的效益成本比更大。王瑶等用不同比例的蛋白桑青贮替代基础饲粮,发现替代40%组有机物表观消化率和粗蛋白表观消化率显著高于其他组;与饲喂基础日粮相比,20%、40%组试验饲粮的湖羊毛利润分别增加14.61、17.51元/只。Chelopo等分别用含有0、10%、20%、30%和40%氨化玉米秸秆的等氮等能日粮饲喂母羔羊,结果表明,氨化玉米秸秆可以占羔羊日粮20%,且不会对羔羊的生长性能、健康和肉质特征产生不利影响。综上所述,非常规饲料资源在肉羊的饲养过程被广泛使用,不仅提高了肉羊采食量和胴体质量,还提高了养殖利润。

在我国农业产业结构调整和畜牧业发展的大背景下,充分利用粗饲料资源,提高其营养价值和利用效率,对于降低反刍动物养殖成本、促进畜牧业可持续发展具有重要意义。对粗饲料进行物理、化学或生物处理,可以降低饲料成本、提高养殖效益,充分发挥粗饲料在反刍动物养殖中的作用。然而,粗饲料资源开发利用还存在生产成本高、南方潮湿多雨致粗饲料易霉变,利用率低、饲料转化率不高等问题,对粗饲料进行高效、低成本的加工技术研究及生产工艺优化仍是今后粗饲料资源开发需重点攻克的技术。

(张现东 何建福 肖定福单位:湖南农业大学动物科学技术学院;李付强单位:湖南天华实业有限公司)

项目	产量(万吨)				秸秆系数
	中部	东部	西部	东北	
稻草	8 709.0	4 365.6	4 186.7	4 023.0	1∶1
玉米秸秆	4 457.6	5 414.2	8 742.9	9 730.3	1∶1.04
豆类秸秆	500.0	325.76	1 005.3	1 313.8	1∶1.6
油菜秸秆	2 005.6	266.3	1 951.0	0.3	1∶2.87
小麦秸秆	7 202.8	6 531.9	2 253.8	33.9	1∶1.17
花生藤	948.3	666.4	250.9	244.9	1∶1.14
薯渣	237.2	261.6	981.5	41.7	1∶0.5
甘蔗渣	22.4	236.3	1 448.0	–	1∶0.16
甘蔗梢	14.0	147.7	905.0	–	1∶0.1

注:1.数据来源为《中国统计年鉴(2022)》;
2.秸秆系数为籽实:秸秆;
3."–"表示无相关数据;下表同。

▲表1 我国常见非常规粗饲料产量情况

项目	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗纤维(%)	中性洗涤纤维(%)	酸性洗涤纤维(%)	地区	参考文献
稻草	3.15	1.02	–	68.15	49.69	宁夏	张转弟等[7]
玉米秸秆	5.47	0.59	–	76.30	58.24	吉林	刘海燕等[8]
油菜秸秆	5.48	2.14	46.17	58.70	51.08	内蒙古	乌兰等[9]
甘蔗梢	7.06	4.05	30.00	55.42	25.14	江西	高雨飞等[10]
木薯叶	18.67	6.91	21.19	31.83	26.59	海南	李茂等[11]
木薯渣	10.47	1.73	19.13	56.12	45.15	安徽	张芬芬等[12]
高粱	7.10	1.88	32.4	60.90	38.20	甘肃	王邦国等[13]
小黑麦干草	9.16	3.37	–	58.02	35.34	河北	王恩伟等[14]
发酵桑叶	14.40	2.70	–	42.60	24.60	内蒙古	万荣等[15]
大麦秸秆	4.92	5.61	–	69.33	41.99	甘肃	李国彰[16]
花生藤	7.98	–	–	36.03	29.56	江西	包淋斌等[17]

▲表2 我国常见作物副产品的营养成分(干物质基础)

玉米秸秆发酵饲料发展前景

在中国,每年主要农作物秸秆产量可达8.65亿吨,而玉米秸秆约占三成。这么庞大的玉米秸秆资源给农村生产活动带来了诸多的影响,例如秸秆焚烧造成的山林着火和环境污染,导致"双碳"值超标;秸秆的乱堆乱放,影响村容村貌,最重要的就是玉米秸秆的低效使用造成极大的资源浪费。不过,随着青贮、发酵等微生物技术的日益成熟,助推了玉米秸秆饲料化进程,提升了玉米秸秆回收利用率,并在改善生态环境,降低养殖成本,促进乡村宜居、增加农民收入等方面都发挥着重要作用。

□马帅

玉米秸秆的化学和营养成分分析

玉米秸秆的化学成分主要包括纤维素、半纤维素、木质素等。纤维素是玉米秸秆的主要成分,占据了其总质量的大部分。纤维素是一种复杂的多糖,由纤维素链组成,具有较高的结构稳定性和抗消化性。半纤维素是一种类似纤维素的多糖,其结构相对简单,容易被微生物降解。木质素是一种天然的有机化合物,具有抗菌、抗氧化等生物活性。

玉米秸秆营养成分丰富,不同部位营养成分有差异。其中含碳44.22%、氮0.62%、磷0.25%和钾1.44%,还含有钙、镁和硫等,有机物质含量平均为15%,是一种非常有价值的可再生能源。玉米秸秆相对于其他小麦等农作物秸秆,可消化养分达到50.13%,这也是玉米秸秆饲料化的重要原因。但玉米秸秆的粗蛋白(CP)和粗脂肪(EE)含量较低,不能很好地满足反刍动物的需求。玉米秸秆因含有较多的木质素,不仅影响适口性,还影响了动物对秸秆营养成分的吸收转化,在一定程度上限制了玉米秸秆的利用率。

玉米秸秆发酵饲料的优缺点

推动秸秆饲料化进程,助力农业绿色发展

为了进一步提升农作物秸秆特别是提升玉米秸秆的利用率,我国提出了肥料化、饲料化、基料化、原料化、燃料化的"五化"模式,目前已经基本形成以肥料化利用为主,饲料化、燃料化稳步推进,基料化、原料化为辅的综合利用格局,全国农作物秸秆综合利用率已连续多年超过80%。随着玉米秸秆饲料化技术的日益成熟,玉米秸秆由起初单一的青贮模式到现在的发酵模式,从原先的草食牲畜的粗饲料为主到现在的发酵饲料的多元化应用,真正实现了减少农业废弃物的产量,实现资源的循环利用。有利于减少污染,改善土壤、降低"双碳"值,促进乡村宜居,推动绿色农业的可持续发展。

推行玉米秸秆发酵饲料,助力畜牧业发展

随着玉米秸秆发酵技术在畜牧业的地位日益提升,而玉米秸秆发酵饲料更是发酵技术的代表产物。玉米秸秆发酵饲料具有丰富的纤维素和半纤维素,可以提供家畜所需的纤维素和能量,促进家畜的消化吸收,提升饲料的转化率。玉米秸秆发酵饲料还具有较高的粗蛋白含量,满足家畜生长发育的需要。在畜牧业饲料方面,秸秆饲料化可以有效提高粮食生产的综合经济效益,不仅可以减轻人畜争粮的问题,还可以减少苜蓿和燕麦等粗饲料进口量,具有重要的战略意义。

提升适口性,有效缓解畜牧业人畜争粮的局面

辽宁畜牧部门统计数据显示:畜牧业可分为以猪、鸡等为主的耗粮型畜牧业和以牛、羊、驴、鹿等为主的节粮型畜牧业。在推进玉米秸秆发酵饲料的同时,也带动发展草食畜牧业,将秸秆转化为肉奶,按照秸秆与粮食4:1的比例换算,辽宁省每年可节约粮食200万吨以上。在河北、吉林、山东等地进行大量的发酵秸秆实际应用,证明秸秆发酵技术在牛、羊、猪、鹅等牲畜养殖上均取得了显著效果。最显著的特点是,在全价料中的玉米等能量原料占比下降了20%—35%,豆饼粉等蛋白原料占比下降了40%—85%的情况下,可以达到与原配合全价饲料相同的饲喂效果。而且养猪的喂料比下降了30%,养牛的喂料比下降了50%,大幅缓解人畜争粮的问题。

助力乡村振兴,增加农民收入

乡村振兴不仅是村域经济振兴和生态振兴,农民增收更是重要任务。首先,采用过腹还田方式,从侧面帮助农民增收,秸秆发酵饲料提高牲畜的消化率,促进了家畜的健康成长,同时,通过过腹还田,可增加土壤肥力,提高农作物种植效益,促进循环农业发展。其次,扩大玉米秸秆回收和储运规模,直接帮助农民增收。各级政府充分调动农民积极性,参与到秸秆收储运的体系中,为秸秆综合利用企业提供原料支持。按秸秆产地合理区域半径的就近就地利用原则,建立健全政府推动、秸秆利用企业和收储组织为轴心、专业合作经济组织参与、市场化运作的专业化规模化秸秆收储运体系模式,让农民真正从中获得相应的收入,推动乡村振兴事业发展。

玉米秸秆发酵饲料的缺点

玉米秸秆发酵饲料的制备过程相对复杂,需要进行发酵处理和后续的干燥等工序,这些工序都需要耗费一定的人力、物力和财力,导致饲料成本相对较高。

相比于传统的饲料原料,玉米秸秆的营养价值相对较低。玉米秸秆中的纤维素含量较高,而蛋白质、维生素和矿物质等营养物质含量较低,因此在养猪过程中,需要通过其他饲料原料的补充来满足猪只的营养需求。

由于玉米秸秆中的纤维素含量较高,猪对其消化利用率较低。纤维素的消化需要一定的时间和酶的参与,而猪只的消化系统相对较短,无法充分消化利用玉米秸秆中的纤维素,导致饲料的利用率较低。

玉米秸秆发酵饲料的口感相对较差,猪对其的接受度较低。由于玉米秸秆的纤维较为粗糙,口感较差,猪只在食用时容易产生厌食情况,影响其正常的饲料摄入量。

发展前景

尽管玉米秸秆发酵饲料存在以上的优缺点,但其仍然具有一定的发展前景。随着科技的进步和技术的不断创新,可以通过改进发酵工艺和添加适宜的饲料添加剂来提高玉米秸秆发酵饲料的营养价值和消化利用率。此外,玉米秸秆作为一种丰富的农副产品,其资源丰富、价格相对低廉,可以有效地解决饲料原料的供应问题,降低养殖成本。因此,玉米秸秆发酵饲料在养殖行业的应用前景广阔。

玉米秸秆作为一种丰富的农副产品资源,其发酵饲料的利用具有广阔的市场前景。随着养殖业的快速发展,对饲料的需求量也在不断增加,而玉米秸秆发酵饲料作为一种低成本、高效益的饲料替代品,具有很大的潜力和市场空间。

玉米秸秆发酵饲料的应用可以有效解决农业废弃物的处理问题。玉米秸秆作为农作物的副产品,如果不加以处理和利用,会对环境造成一定的污染和浪费。而通过发酵处理后,玉米秸秆可以转化为高效的饲料,不仅能够减少农业废弃物的排放,还能够提高资源利用效率,实现农业的可持续发展。

玉米秸秆发酵饲料的应用还可以提高养殖行业的生产效益。发酵处理后的玉米秸秆具有更高的营养价值和消化率,能够提供更多的能量和蛋白质,有助于提高牲畜的生长速度和饲料转化率。同时,玉米秸秆发酵饲料还具有改善肠道健康、增强免疫力等功能,能够降低疾病发生率,减少养殖成本,提高养殖户的经济效益。

(作者单位:辽宁省检验检测认证中心)