DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.09.004

内蒙古巴彦淖尔市秸秆资源分布及其养畜潜力研究

张倩[1],王松[2],陈佳永[2],庞文强[3],丁宇[2],刘冠骏[4],任莉锁[2],张猛[2*]

1.巴彦淖尔市耕地质量监测保护中心,内蒙古巴彦淖尔 015000;

2.巴彦淖尔市现代农牧事业发展中心,内蒙古巴彦淖尔 015000;

3.内蒙古自治区农田建设服务中心,呼和浩特 010000;

4.杭锦后旗现代农业发展中心,内蒙古杭锦后旗 015400

摘要 [目的]挖掘内蒙古巴彦淖尔市秸秆资源养畜潜力,进一步缓解草原过牧压力,降低养殖成本,增强重要畜产品供给保障能力。[方法]以巴彦淖尔市秸秆资源为研究对象,运用Arc GIS软件进行数据处理与空间制图,选取秸秆理论资源量、资源空间分布、能量利用潜力为核心分析指标,研究区域秸秆资源时空特征,结合生态学能量转换理论探究秸秆养畜潜力。[结果]秸秆资源量能稳定在500万t以上;空间分布呈现“西低东高”的地域分布差异;推进秸秆养畜可节约48.85万t粮食,其转化潜力相当于当年肉类畜产品产量的7.37%和奶类产量的33.07%。[结论]巴彦淖尔市秸秆资源丰富且稳定,可根据空间分布差异在中东部秸秆富集区调配资源并倾斜项目资金,其养畜潜力可为居民肉类和奶类食品消费安全供给提供保障,推进节粮型畜牧业发展。

关键词 秸秆资源;空间分布;养畜潜力;能量转化;畜产品生产;秸秆饲料化利用

Distribution of the resources of straw in Bayannur City, Inner Mongolia Autonomous Region and its potential of farming livestock

Zhang Qian[1], Wang Song[2], Chen Jiayong[2], Pang Wenqiang[3], Ding Yu[2], Liu Guanjun[4], Ren Lisuo[2], Zhang Meng[2*]

1.Bayannur Cultivated Land Quality Monitoring and Protection Center, Inner Mongolia Autonomous Region, Bayannur 015000, China; 2.Bayannur Modern Agriculture and Animal Husbandry Development Center, Inner Mongolia Autonomous Region, Bayannur 015000, China; 3.Inner Mongolia Autonomous Region Farmland Construction Service Center, Hohhot 010000, China; 4.Hangjin Houqi Modern Agricultural Development Center, Inner Mongolia Autonomous Region, Hangjin Houqi 015400, China

Abstract [Objectives]The potential of the resources of straw in Bayannur City, Inner Mongolia Autonomous Region for farming livestock was mined to further alleviate the pressure of overgrazing on grasslands, reduce costs of farming, and enhance the ability to ensure the supply of important livestock products.[Methods]

收稿日期:2026-05-15

基金项目:2025年中央农业生态资源保护资金(10000023Z231403000004)

作者简介:张倩,女,1994年生,硕士,农艺师。*通信作者:张猛,男,1994年生,硕士,农艺师。

Arc GIS software was used to process the data and spatially map the resources of straw in Bayannur City, Inner Mongolia Autonomous Region. The theoretical quantity, spatial distribution, and energy-utilization potential of the resources of straw were used as the core indexes of analysis to study the spatiotemporal characteristics of the regional resources of straw. The potential of straw for farming livestock was explored based on the theory of ecological energy conversion.[Results]The amount of the resources of straw in Bayannur City, Inner Mongolia Autonomous Region remained stable at over 5 million tons. The spatial distribution had a regional difference of low in the West and high in the East. Promoting straw-based livestock farming can save 488 500 tons of grain, with a conversion potential equivalent to 7.37% of the annual production of meat and livestock and 33.07% of the annual production of dairy.[Conclusions]Bayannur City, Inner Mongolia Autonomous Region has abundant and stable resources of straw, and can allocate resources and tilt project funds in the central and eastern areas with enriched straw according to the differences in spatial distribution. Its potential of farming livestock can guarantee the safe supply of meat and dairy products for residents and facilitate the development of grain-saving animal husbandry.

Keywords resources of straw; spatial distribution; potential of farming livestock; energy conversion; production of livestock product; utilization of straw as feed

巴彦淖尔市是重要的商品粮油生产基地，农作物种类丰富，种植作物包括小麦、玉米、向日葵、杂粮、瓜类、水稻等十余种[1]。农作物秸秆中除纤维素、木质素外，同时含有大量的蛋白质、粗脂肪、营养成分和微量元素，可以作为饲喂食草家畜的优质原料[2]。秸秆饲料化利用既能提高牛羊肉产量和奶制品质量，又能促进种植业与畜牧业协同发展[3-4]。

据统计，巴彦淖尔市牧区实际载畜量169.61万头/只，折算为224.29万羊单位，除去可放牧承载39.91万羊单位外，需舍饲圈养184.38万羊单位，牧区饲草料需求约为100.95万t[5]。与此同时，禁牧政策的全面实施、草畜矛盾的日益突出、饲料价格居高不下，使得秸秆饲料化利用也得到越来越广泛的认同[6]。

本研究以巴彦淖尔市为研究区域，核算2022—2024年的秸秆资源量，借助ArcGIS软件解析秸秆资源空间分布特征，并基于生态能量转换理论探究秸秆养畜潜力；结合资源核算、空间特征分析与潜力评价结果，针对性提出适配区域发展的秸秆资源养畜优化对策，以期充分发挥本地秸秆资源优势，大力发展秸秆养畜与节粮型畜牧业，缓解饲草供需缺口，提升肉奶产品供给保障水平。

1 材料与方法

1.1 研究区域概述

巴彦淖尔市位于内蒙古自治区的西部，黄河“几”字弯顶端，共有7个行政区，总面积为6.51万km^2。包括1个市辖区、2个县、4个旗：临河区、五原县、磴口县、乌拉特前旗、乌拉特中旗、乌拉特后旗、杭锦后旗[7]。该地属于温带大陆性季风气候，气温年较差为33.4～37.3 ℃，年均日照时长为3 200～3 400 h，年平均降水量约为180 mm。

1.2 数据来源

农作物播种面积与产量数据来源于农业农村部秸秆资源台账系统，秸秆能量值参考已有研究[8]。小麦、玉米、稻谷类、薯类、油菜类、果蔬类、其他粮食作物采用固定测算参数：小麦草谷比0.97、可收集系数0.83、秸秆能量值14.78 MJ/kg；玉米草谷比1.09、可收集系数0.95、秸秆能量值14.37 MJ/kg；稻谷类草谷比0.90、可收集系数0.83、秸秆能量值14.06 MJ/kg；薯类草谷比0.50、可收集系数0.80、秸秆能量值14.10 MJ/kg；油菜类草谷比2.87、可收集系数0.85、秸秆能量值14.15 MJ/kg；果蔬类草谷比0.10、可收集系数0.60、秸秆能量值2.40 MJ/kg；其他粮食类草谷比1.50、可收集系数0.80、秸秆能量值14.53 MJ/kg。向日葵无公开参考参数，经本地实地测算，其草谷比为1.2～1.7、可收集系数0.98，秸秆能量值参照其他粮食作物取值14.53 MJ/kg。

1.3 研究方法

1）秸秆理论资源量。秸秆理论资源量指某一地区理想状态下每年秸秆可能产生的最大值[9]，计算公式如下：

$Q=\sum X_i \times A_i$

式中：Q为农作物秸秆的理论资源量，X_i为某地i作物产量，A_i为某地i作物的草谷比，草谷比是指农作物秸秆产量与经济产量之比。

2）秸秆能量利用潜力。采用能量的形式来计量秸秆利用潜力，该数值可通过不同农作物秸秆可收集量与相应秸秆能量值的乘积得出[10]，计算公式如下：

$O=\sum Q_i \times B_i \times C_i$

式中：O为某种作物秸秆能量利用潜力，Q_i为某地i作物秸秆的资源量，B_i为某地i作物秸秆可收集系数，C_i为某种作物秸秆能量值。

3）秸秆饲料化节粮潜力。以粮食标准形态体现秸秆用于养畜时的能量利用价值[11]，计算公式如下：

$$N=\frac{O}{E}$$

式中：N为秸秆饲料化节粮潜力；E为粮食能量当量，取值1.38×10^7 J/kg[12]。

1.4　数据处理与分析

采用ArcGIS 10.8软件对秸秆资源量进行数据处理与空间分布制图。

2　结果与分析

2.1　巴彦淖尔市农作物秸秆资源时序变化特征

受各年度作物单产水平小幅差异的影响，2022—2024年秸秆理论资源量略有波动，2022年秸秆理论资源量为529.15万t，到2023年增长至553.98万t，2024年下降到546.37万t。2022—2024年，小麦、玉米、向日葵及杂粮秸秆占比分别稳定在2.30%～4.45%、70.42%～73.99%、21.99%～24.44%及0.69%～1.03%。玉米秸秆占比维持在70%以上，为区域秸秆产出核心来源；其余作物秸秆占比区间窄、波动微弱，秸秆资源结构整体均衡稳定。作物种植结构长期固定、各类秸秆产出占比变化平缓，保障全市秸秆总资源量始终能够保持在500万t以上，不会出现大幅度的变动，可为区域秸秆饲料化养畜产业发展提供长期稳定原料。

2.2　巴彦淖尔市农作物秸秆资源空间分布特征

根据GIS软件分级设色分布图（图1），乌拉特前旗灰度最深，秸秆理论资源量为95.37万～166.11万t，属于秸秆资源高丰度地区；乌拉特中旗、临河区、五原县秸秆理论资源量为60.82万～95.36万t，秸秆资源储量较为丰富，归为中高丰度地区；杭锦后旗秸秆理论资源量为47.42万～60.81万t，磴口县为8.76万～47.41万t，两地分别处于中丰度、中低丰度水平；而西部的乌拉特后旗以草原、荒漠地貌为主，秸秆资源量仅有8.75万t，秸秆资源处于低丰度水平。

整体而言，从乌拉特后旗（低丰度区，浅色）到乌拉特前旗（高丰度区，深色）颜色逐渐加深，形成了清晰的空间梯度，精准呈现出巴彦淖尔市秸秆理论资源量“西低东高”的空间格局，直观展现了“高值区集中于中东缘，低值区分布于西部”的空间分化差异。

2.3　巴彦淖尔市农作物秸秆饲料化养畜潜力分析

由表1可知，巴彦淖尔市秸秆总能量为7.49×10^{16} J。根据农业农村部秸秆资源台账数据，2024年全市秸秆利用率约91%，依据粮食能量当量进行计算，秸秆可用能量相当于48.85万t粮食，折合为2024年全市粮食产量的16.64%；按2024年全市粮食平均单产计算，相当于增加农地播种面积6.09×10^4 hm^2。虽然农作物秸秆经过特殊的处理后被用作单胃草食家畜的饲料，但在实际情况中农作物秸秆一般更多用于反刍家畜。因此，秸秆养畜潜力可以通过谷物当量，用肉类畜产品和奶类畜产品生产能力来表示。牛羊肉、奶类的谷物当量系数分别为19.80和1.20，2024年巴彦淖尔市秸秆养畜肉类生产潜力为2.46万t，相当于2024年肉类产量的7.37%；奶类生产潜力为40.71万t，相当于2024年奶类产量的33.07%。

3　讨　论

巴彦淖尔市作为内蒙古西部典型的农牧业重点发展城市，耕地面积广阔、种植业发达，秸秆理论资源量常年保持在500万t以上，原料储备规模可观。红霞[6]研究结果表明，巴彦淖尔市秸秆资源富集、具有较大的利用潜力。刘琳等[13]研究结果表明，巴彦淖尔市是农业大市，其中小麦、向日葵等农作物是当地优势品种，具有丰富的秸秆资源；秸秆资源储量充足，可为推进巴彦淖尔市秸秆饲料化养畜提供稳定的保障，具备资源供给的稳定性以及资源利用的长期性和可行性。

受降水、地貌、农业布局的影响，巴彦淖尔市秸秆资源呈“西低东高”分布。市域东西降水相差

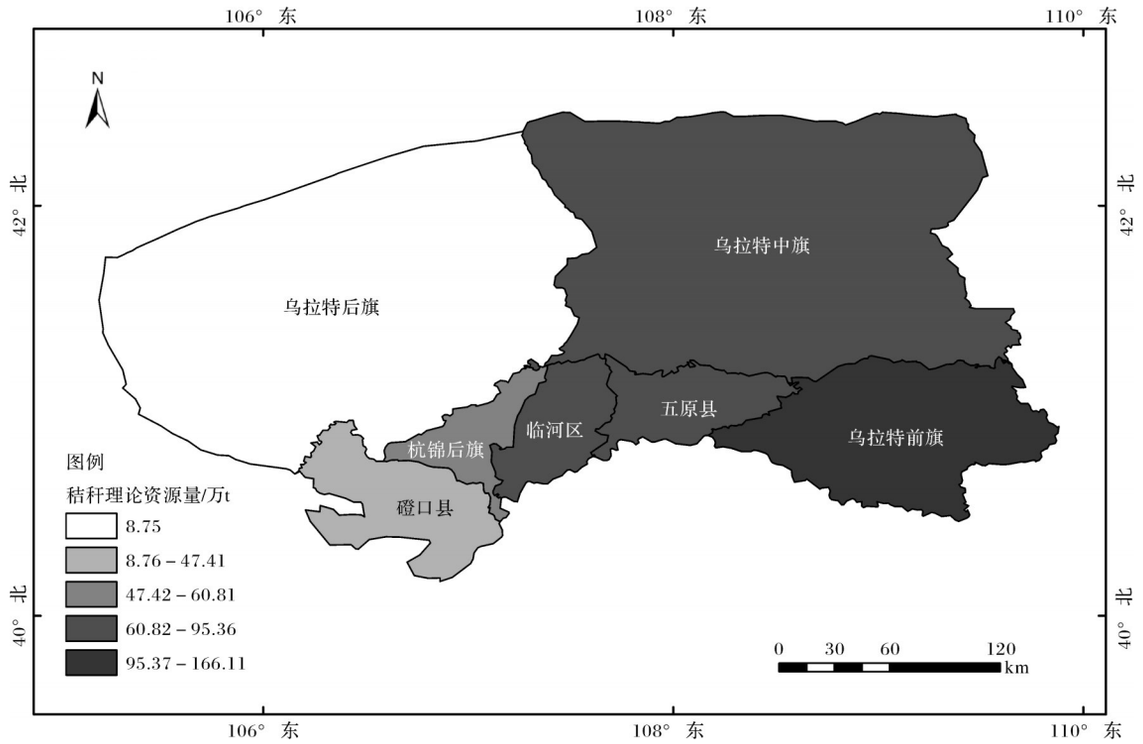


图1 2024年巴彦淖尔市秸秆理论资源空间分布

表1 2024年巴彦淖尔市农作物秸秆能量利用潜力

编号	秸秆类型	能量利用潜力/(×10^{16} J)
1	小麦秸秆	0.20
2	向日葵秸秆	5.34
3	玉米秸秆	1.66
4	稻谷秸秆	0.03
5	豆类秸秆	0.04
6	薯类秸秆	0.05
7	果蔬秸秆	0.09
8	其他粮食秸秆	0.08

101 mm[14]。中东缘的乌拉特前旗、乌拉特中旗、临河区及五原县为秸秆资源高丰度与中高丰度区，地处河套平原核心地带，黄河灌溉条件优越且耕地面积广阔，中东部降水充足，以玉米、向日葵秸秆产量较高的农作物为主，这为秸秆资源的形成提供了坚实的基础；杭锦后旗和磴口县两地秸秆资源处于中丰度与中低丰度之间，是全市秸秆资源高—低丰度梯度的过渡地带，农业发展规模介于东西部之间，既有一定的耕地面积支撑秸秆产出，又受限于局部灌溉条件或种植结构差异，导致其未能达到中高丰度水平，最终形成了衔接东西部的梯度过渡带；乌拉特后旗戈壁广布、西部少雨且无黄河自流灌溉条件、耕地稀缺，秸秆储量极低。

赵靖丹等[15]通过农作物秸秆与玉米籽粒之间的营养价值等效公式计算后表明，巴彦淖尔市秸秆饲料化利用相当于节约92.8万t玉米。本研究测算区域秸秆蕴含能量可等效替代48.85万t粮食，分别占当地当年肉、奶产量的7.37%、33.07%，等效新增耕地播种面积6.09×10^4 hm^2。由此可见，推进巴彦淖尔秸秆饲料化养畜既能稳固肉奶产品供给、保障畜禽食品供应安全，又能以秸秆替代饲料粮，降低粮食耗用，助力节粮型畜牧业发展。但当前秸秆收储运布局缺乏系统性、发酵加工技术推广不足、种养经营主体衔接不畅、饲草料转化效率偏低等现实约束，使秸秆蕴藏的理论资源潜力难以充分转化为实际畜产品产出增量。

目前，已有众多研究针对秸秆饲料化养畜发展给出了发展思路与优化对策。廖凤先[16]指出，农作物秸秆的饲料化利用对农民来说是一项较为陌生的技术，农民在使用过程中需要有专业的机械设备来进行加工处理。孙仁华等[17]提出，秸秆资源丰富的区域可推广离田机械设备、建设饲料仓储基地，培育收储运专业合作社，构建秸秆饲料一体化服务体系。董昕雨[18]在针对兵团秸秆利用模式优化中，建议地方财政单列秸秆综合利用专项资金。孙爱华[19]提出，充分利用丰富的秸秆饲料资源需培育龙头企业，引进先进技术。

结合巴彦淖尔市秸秆资源时空特征与秸秆能量转化为畜产品的现实瓶颈，借鉴现有研究提出以下发展建议：

一是通过农机购置来提升中东部地区（乌拉特前旗、乌拉特中旗、临河区、五原县）秸秆处理能力，比如购置足量的秸秆打捆机、粉碎机等机械设备；过渡梯度（杭锦后旗、磴口县）配备适合的机械设备和运输车辆进行跨区协调收储和精准化区域收储；而对于秸秆资源量较少的西部地区（乌拉特后旗），可根据实际需求，以初级加工为主，适度配置小型化、灵活化的机械设施，实现“小而精”的循环利用。

二是通过建设中东部区秸秆收储中心，扩大饲料化收储能力，并形成专业化的收储运体系；过渡梯度区域可建设若干个小型秸秆收储站点，衔接中东部区大型秸秆收储中心，形成“源头分散收集—小型站点中转—中心集中收储”的梯度化收储体系；西部地区可设置临时收储场地，提倡就地饲料化利用或直接供给周边小型养殖场。

三是加大财政与专项补贴资金倾斜力度，重点扶持中东地区秸秆资源富集区发展当地精深加工企业，引进先进技术和增加研发投入，生产高质量的饲料产品，用秸秆饲料化高效利用的方式来进一步推进秸秆资源中高丰度地区的秸秆养畜潜力。

四是推动中东部种养主体深度联动，引导中东部种植大户、秸秆收储合作社与规模化养殖场建立长期稳定的供需合作关系，培育种养循环一体化经营主体，推动种养产业集群发展。

五是全域开展养殖户秸秆科学饲喂技术培训，改变传统粗放饲喂方式，推广秸秆搭配精料、辅料的科学配比模式；依托龙头企业开展秸秆饲料深加工研发，提升秸秆饲料营养利用率，进而实现秸秆理论能量潜力向实际肉奶畜产品增量高效转化，实现秸秆资源化利用与畜牧增效协同发展。

4　结　论

巴彦淖尔市秸秆资源丰富且稳定，可针对区域资源禀赋差异，实施差异化措施：秸秆富集中东部配齐成套加工机械，搭建规模化收储中心，加大技术研发推广力度，推动种植主体、收储合作社与规模养殖场长期合作，予以资金、政策重点倾斜；资源过渡区按需配套农机与运输设备，布局标准化秸秆收储站点；资源偏少的西部地区配备小型灵活加工设备，设置临时收储场地，推进秸秆就地就近饲料化利用。此外，面向养殖户普及秸秆科学配比饲喂技术，依托龙头企业提升秸秆饲料化利用率，实现当地秸秆养畜效益最大化。

参 考 文 献

[1] 张倩，张猛，张振国，等.巴彦淖尔市农作物秸秆资源化利用行为影响因素研究[J].当代畜禽养殖业，2024(1)：28-31.

[2] 文春波，钱发军，刘鹏.农业秸秆资源化利用现状与评价[J].生态经济，2018，34(2)：147-150.

[3] 宋玉梅.秸秆饲料化循环利用技术模式研究[J].中国畜牧业，2023(15)：49-50.

[4] 高会军.秸秆饲料化循环利用技术模式探讨[J].农业科技与装备，2018(1)：66-68.

[5] 范美超，乌兰敖德，李昊，等.浅析巴彦淖尔市饲草产业发展现状、存在问题及对策[J].草原与草业，2025，37(3)：55-58.

[6] 红霞.内蒙古秸秆资源产量及其饲料化利用潜力[J].草业科学，2023，40(11)：2927-2936.

[7] 刘涛.巴彦淖尔市农村牧区基本公共卫生服务供给优化研究[D].昆明：云南师范大学，2023：25-26.

[8] 曹志宏.基于谷物当量的中国作物秸秆养畜及其节粮潜力估算[J].干旱区资源与环境，2015，29(6)：51-56.

[9] 彭立群，张强，贺克斌.基于调查的中国秸秆露天焚烧污染物排放清单[J].环境科学研究，2016，29(8)：1109-1118.

[10] 杜月红，陈强强，崔秀娟，等.甘肃中部旱农耕作区秸秆饲料供求平衡及畜牧业发展潜力：以定西市安定区为例[J].草业科学，2021，38(8)：1638-1649.

[11] 李岩.秸秆饲料的商品化加工技术[J].河南农业，2021(13)：12-13.

[12] 曹志宏.基于能量转化的河南省作物秸秆养畜潜力研究[J].地域研究与开发，2014，33(4)：163-167.

[13] 刘琳，张文敬，郝林凤，等.内蒙古巴彦淖尔市主要农作物秸秆利用现状及对策[J].畜牧与饲料科学，2019，40(2)：44-46.

[14] 陈滔.巴彦淖尔市主要经济作物比较优势研究[D].呼和浩特：内蒙古农业大学，2017：19.

[15] 赵靖丹，冯志国，任致贤，等.内蒙古东部区玉米草谷比与秸秆可收集系数监测[J].中国沼气，2024，42(4)：53-56.

[16] 廖凤先.农作物秸秆饲料化综合利用存在的问题及对策[J].畜牧业环境，2024(1)：19-20.

[17] 孙仁华，胡潇方，李晓阳，等.基于需求导向的秸秆饲料化利用潜力分析与讨论[J].中国农业资源与区划，2024，45(12)：85-93.

[18] 董昕雨.兵团70团农作物秸秆资源饲料化利用模式研究[D].石河子：石河子大学，2024：55.

[19] 孙爱华.临夏州秸秆饲料化利用现状及对策探析[J].中国牛业科学，2018，44(4)：76-79.

【责任编辑：胡　敏】