



基于主成分和CSQS评价全国不同区域全株玉米青贮质量

陈延斌 陈雅坤 沈旻帆 王建平 赵连生

Evaluation of whole-plant maize silage quality in different regions of China based on principal component and silage quality grading score analyses

CHEN Yanbin, CHEN Yakun, SHEN Yifan, WANG Jianping, ZHAO Liansheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0101>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

近红外光谱技术分析高羊茅干草营养成分含量

Analysis of nutrient content of tall fescue hay by near-infrared spectroscopy

草业科学. 2022, 39(4): 731 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0448>

青贮时间对不同品种玉米青贮品质的影响

Effects of silage time on silage quality of different maize varieties

草业科学. 2022, 39(1): 202 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0319>

青贮发酵促进剂和收获期对全株青贮玉米营养品质的影响

Effects of silage fermentation promoter and harvest stage on nutrient quality of whole silage maize

草业科学. 2022, 39(3): 586 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0095>

有氧暴露下全株玉米青贮饲料品质及微生物动态变化

Dynamic changes in the quality and microorganisms present in whole-plant corn silage under aerobic exposure

草业科学. 2022, 39(8): 1675 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0612>

近红外光谱技术在反刍动物营养中的应用

Application of near-infrared spectroscopy in ruminant nutrition

草业科学. 2024, 41(3): 739 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0880>

混合比例和添加剂对象草和全株玉米混合青贮品质的影响

Effects of mixing ratio and additives on the quality of napier grass and whole-plant corn mixed silage

草业科学. 2022, 39(4): 778 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0556>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0101

陈延斌, 陈雅坤, 沈旒帆, 王建平, 赵连生. 基于主成分和 CSQS 评价全国不同区域全株玉米青贮质量. 草业科学, 2024, 41(6): 1483-1491.

CHEN Y B, CHEN Y K, SHEN Y F, WANG J P, ZHAO L S. Evaluation of whole-plant maize silage quality in different regions of China based on principal component and silage quality grading score analyses. Pratacultural Science, 2024, 41(6): 1483-1491.

基于主成分和 CSQS 评价全国不同区域 全株玉米青贮质量

陈延斌^{1,2}, 陈雅坤¹, 沈旒帆¹, 王建平², 赵连生¹

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 / 动物营养学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471000)

摘要: 本试验旨在利用主成分和全株玉米青贮质量分级评分 (CSQS) 方法, 探究全国不同区域规模化牧场窖贮的全株玉米 (*Zea mays*) 青贮品质, 为评价和制作全株玉米青贮饲料提供理论依据。结果表明: 1) 不同地区的全株玉米青贮饲料营养成分和发酵质量差异显著 ($P < 0.05$)。2) 全株玉米青贮质量分级评分 (CSQS) 通过粗蛋白质含量、淀粉含量、粗脂肪含量、30 h 中性洗涤纤维消化率 4 个营养指标, 以及氨态氮含量、乳酸含量 2 个发酵指标将 17 个不同省份青贮饲料分为 5 个等级。不同地区全株玉米青贮品质由高到低依次是黄淮海地区 (CSQS = 64.42) (山东、河北、河南、安徽); 东北地区 (CSQS = 59.72) (黑龙江、吉林、辽宁及内蒙古); 西北地区 (CSQS = 58.99) (陕西、山西、青海、甘肃、新疆及宁夏); 西南地区 (CSQS = 52.87) (云南和贵州); 华南地区 (CSQS = 48.41) (广西)。其中黄淮海地区制作青贮饲料质量品质较好。3) 根据主成分分析前 3 个主成分累积贡献率 83.201%, 这 3 个主成分分别反映了全株玉米青贮的中性洗涤纤维消化率、粗纤维和有机酸方面的综合品质。

关键词: 粗饲料; 营养成分; 发酵指标; 青贮质量分级指数; 近红外; 相关性; 主成分分析

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)06-1483-09

Evaluation of whole-plant maize silage quality in different regions of China based on principal component and silage quality grading score analyses

CHEN Yanbin^{1,2}, CHEN Yakun¹, SHEN Yifan¹, WANG Jianping², ZHAO Liansheng¹

(1. Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences / State Key Laboratory of Animal Nutrition, Beijing 100193, China; 2. Henan University of Science and Technology, College of Animal and Technology, Luoyang 471000, Hannan, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the quality of whole-plant maize silage stored in cellars in different regions of China using principal component and whole-plant maize silage quality grading score (CSQS) analyses, and to provide a theoretical basis for the evaluation and production of whole-plant maize silage. The nutrient composition and fermentation quality of whole corn silage in different regions were significantly different ($P < 0.05$). The CSQS was used to classify 17 provinces into five grades with respect to four nutritional indicators (crude protein, starch, crude fat content, and neutral detergent fiber digestibility_{30h}), and two fermentation indicators (ammonia and lactic acid contents). The whole-plant corn silage quality in different regions was found to descend in the following order: (CSQS = 64.42) in the Yellow and

收稿日期: 2023-02-28 接受日期: 2023-09-04

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFD1301002); 家畜产业技术体系北京市创新团队项目 (BAIC05-2022); 中国农业科学院科技创新工程项目 (ASTIP-IAS07-1); 长期监测饲料原料营养成分及体外效价 (2024-YWF-ZX-05); 新型蛋白饲草的创制与评价项目 (首农食品集团自立科技项目)

第一作者: 陈延斌 (1994-), 男, 河南驻马店人, 硕士, 研究方向为畜牧专业。E-mail: 13513863034@163.com

通信作者: 赵连生 (1979-), 男, 北京人, 副研究员, 硕导, 博士, 主要从事粗饲料营养与评价研究。E-mail: aaronann@163.com

Huaihai regions (Shandong, Hebei, Henan, and Anhui); (CSQS = 59.72) in the northeast region (Heilongjiang, Jilin, Liaoning, and Inner Mongolia); (CSQS = 58.99) in the northwest region (Shaanxi, Shanxi, Qinghai, Gansu, Xinjiang, and Ningxia); (CSQS = 52.87) in southwest China (Yunnan and Guizhou); and (CSQS = 48.41) in south China (Guangxi). Among these regions, the best quality silage was made in the Yellow and Huaihai regions. Principle component analysis revealed neutral detergent fiber digestibility, crude fiber, and organic acids as the three principal components, with a cumulative contribution of 83.201%, which reflected the comprehensive quality of whole-plant maize silage.

Keywords: coarse feed; nutrient composition; fermentation index; silage quality classification index; near infrared; correlation; principal component analysis

Corresponding author: ZHAO Liansheng E-mail: arronann@163.com.

2015 年以来, 中央财政支持开展粮改饲试点, 以青贮玉米 (*Zea mays*) 为主的优质青贮饲料产业被提到更重要的位置^[1]。青贮饲料是反刍动物生产中重要的粗饲料, 是瘤胃的重要营养来源, 与反刍动物生长性能及牧场经济效益密切相关^[2]。青贮饲料品质对动物健康与生产性能具有直接影响。品质低劣的青贮不仅营养价值低, 而且其发酵过程中产生的大量霉菌与霉菌毒素会对动物健康与生产性能产生负面影响, 开展青贮饲料品质评定意义重大^[3]。张元庆等^[4]用产气法评价了 5 个不同品种的全株玉米青贮, 发现‘晋单 65 号’营养品质更容易发酵, 易于消化。夏洪泽等^[5]利用体外产气法评价了不同分级指数玉米青贮一苜蓿 (*Medicago sativa*) 干草组合发酵特性。全株玉米青贮的营养和发酵指标较多, 大量的参数使得评价整体质量具有很大的困难。目前, 有关粗饲料质量评价方面的指标有: 康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系 (Cornell net carbohydrate and protein system, CNCPS)^[6], 也可对粗饲料品质进行评定。CNCPS 体系主要是用来衡量日粮营养的均衡情况, 调整日粮搭配, 分析动物需求量和供给情况及其产品特性, 包括衡量日粮营养素的生产效率等相关方面。粗饲料评定指数 (GI) 是卢德勋^[7]在其他粗饲料质量评价指标的基础上, 结合粗饲料的粗蛋白质浓度、代谢能 (ME) 或者净能 (NEL)、饲养中不易消化吸收的部分 [如中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF) 或木质素 (ADL)] 及其反刍动物体内的干物质采集量 (DMI) 等技术参数后给出的我国粗饲料营养价值评估指标。因此, 结合最重要的玉米青贮品质参数的评价方法更便捷。Hamili 等^[8]以粗蛋白 (CP) 含量、淀粉 (Starch) 含量、粗脂肪 (EE) 含量、30 h 中性洗涤纤维消化率 (30 h NDFD)

4 个营养指标和氨态氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 含量、乳酸 (LA) 含量两个发酵指标, 构建了全株玉米青贮质量综合指数 (CSQI), 并以 CSQI 为基础, 换算为全株玉米青贮质量分级评分 (CSQS), 结合近红外快速检测手段, 可以快速评价全株玉米青贮品质。席俊程等^[9]评价了不同地区全株玉米青贮品质, 华北的青贮饲料营养高。毛红艳等^[10]运用主成分分析法分析了新疆地区不同种类玉米的营养成分和质量, 并对其营养品质进行了优劣排序。主成分分析是以降维的方法寻找少数几种有代表性和综合性的因子, 让少数几种因子反映原来多个指标体系, 但彼此之间相互独立, 使数据简化性和客观性^[11-12]。目前, 运用 CSQS 法和主成分分析方法对不同预期全株玉米青贮质量的综合评价鲜有报道。本研究通过 CSQS 和主成分分析, 综合分析中国各地区玉米青贮的营养成分和发酵品质, 验证 CSQS 方法的实用性, 为牧场实际生产中地应用提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

将我国粮改饲省区分成 5 个区域进行全株玉米青贮评价。5 个区域包括黄淮海地区 (山东、河北、河南、安徽)、西北地区 (陕西、山西、青海、甘肃、新疆、宁夏)、东北地区 (黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古)、西南地区 (云南、贵州)、华南地区 (广西)。

1.2 样品采集

在全国粮改饲试点县中 5 个种植区域 17 个粮改饲试点采集全株玉米青贮饲料样品, 分别为黄淮海地区 336 份、东北地区 198 份、西北地区 299 份、西南地区 (包括云南、贵州) 83 份、华南地区 11 份,

涵盖奶牛、肉牛、肉羊养殖企业。

采样与收获时间(乳熟末期至腊熟前期)、切割长度(0.9~1.9 cm)、留茬高度(不低于 15 cm)^[13] 相同的样品。用青贮采样器以九点采样法采集 2 kg (分两袋) 并真空封口。收集完毕后置-18℃ 储存, 进行后续测定。

1.3 指标测定及方法

采集的青贮饲料样品解冻后于 60℃ 恒温鼓风干燥箱(DGG-9203A 型, 上海森信实验仪器有限公司)烘至恒重(约 48 h), 回潮 4 h。使用样品粉碎磨(SM200, 德国 Retsch 公司)进行粗粉, 过 0.42 mm 筛网, 再用旋风式样品磨(CT193, foss 公司)进行细粉, 过 0.18 mm 筛网, 装自封袋备用。使用近红外光谱分析仪(Spectrastar, 美国 Unity 公司)完成光谱信号扫描工作, 校正模式和分析数据库由美国公司 Dairyland 牧草产品分析实验室提供。测定指标包括干物质(DM)、CP、NH₃-N、LA、乙酸(AA)、ADF、NDF、aNDFom、30 h NDFD、Starch、EE、粗灰分(Ash)、pH、丙酸(PA)。

1.4 全株玉米青贮质量分级评分

用全株玉米青贮质量分级评分。

$$CSQI = \sum_{i=1}^n (W_i \times S_i)$$

式中: CSQI 为全株玉米青贮饲料质量指数; S_i 为 CP、Starch、EE、30 h NDFD、NH₃-N 和 LA 的标准化值; W_i 为各个营养指标所占的权重, 包括 CP、Starch、EE、30 h NDFD、NH₃-N、LA。

CSQS 值按照以下公式计算。CSQS 共分为 5 个等级: 一级, (76~100]; 二级, (66~76]; 三级, (55~66]; 四级, (45~55]; 五级, [0~45]。

$$CSQS = \frac{(CSQI - 0.09)}{0.84} \times 100$$

1.5 数据分析

使用 Excel 2016 整理原始数据。使用 SAS 9.4 软件进行主成分分析, 计算方差矩阵的特征值、特征向量和主要成分累计的方差和贡献值, 依据主要特征向量构建主成分方程式, 通过各主要成分的权重系数得出主要成分的综合分数。使用 Duncan 氏法展开多重对比, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同区域全株玉米青贮的营养成分比较

不同区域全株玉米青贮饲料的营养成分和发酵指标均差异极显著($P < 0.01$), 其中黄淮海地区 DM、Starch、EE、NH₃-N、LA、CSQS 指标高于其他地区, CP、ADF、NDF、Ash 低于其他地区。黄淮海地区、东北地区、西北地区、西南地区、华南地区的全株玉米青贮 CSQS 分别为 64.42、59.72、58.99、52.87、48.41 分(表 1)。

2.2 不同区域全株玉米青贮营养成分和发酵品质的相关性分析

不同区域全株玉米青贮 13 个指标之间存在一定的相关性(表 2)。DM 与 CP、ADF、NDF、30 h NDFD、淀粉、EE、Ash 极显著相关($P < 0.01$); CP 与淀粉显著相关($P < 0.05$), 与 30 h NDFD 极显著相关($P < 0.01$); ADF 与 NDF、30 h NDFD、Starch、EE、Ash、pH、LA 极显著相关($P < 0.01$); NDF 与 30 h NDFD 显著相关($P < 0.05$); 30 h NDFD 与 Ash 显著相关($P < 0.05$); 与 Starch 极显著相关($P < 0.01$); Starch 与 EE、Ash、pH、LA 极显著相关($P < 0.01$); Ash 与 pH、LA 极显著相关($P < 0.01$); pH 与 LA 极显著相关($P < 0.01$); NH₃-N 与 AA 和 PA 极显著相关($P < 0.01$); AA 与 PA 极显著相关($P < 0.01$)。

2.3 不同区域全株玉米青贮的主成分分析

对 5 个地区不同区域全株玉米青贮饲料的综合指标进行主成分分析(表 3)。前 3 个主成分特征值 $\lambda \geq 1$, 累积贡献率达到 83.201%。

主成分对应的特征向量和载荷矩阵如表 4 所列, 第 1 主成分在 X_1 (DM)、 X_3 (ADF)、 X_4 (NDF)、 X_5 (30 h NDFD)、 X_6 (淀粉)、 X_7 (EE)、 X_8 (Ash)、 X_9 (pH) 和 X_{11} (LA) 上载荷值较大, 其权重系数分别为 -0.781、0.948、0.942、-0.619、-0.961、-0.805、0.903、0.754、-0.709; 第 2 主成分在 X_{10} (NH₃-N)、 X_{12} (AA)、 X_{13} (PA) 的载荷值较大, 权重系数依序为 0.831、0.801、0.813; 第 3 主成分在 X_2 (CP) 上载荷值为 -0.607。

通过前 3 种主要成分的特征向量矩阵, 确定各种主要成份综合得分线性方程, 以各种主要成分相应的方差相对贡献率为权重构建综合评分模型:

表 1 不同区域全株玉米营养指标和发酵指标比较
Table 1 Comparison of nutrition and fermentation indices of whole-maize in different regions of China

项目 Item	黄淮海地区 Huanghuaihai region	东北地区 Northeast	西北地区 Northwest	西南地区 Southwest	华南地区 South China	SEM	P
干物质 Dry matter(DM)/%	30.59a	29.13ab	27.99bc	25.97d	26.62cd	0.14	< 0.01
粗蛋白质 Crude protein(CP)/%	8.79b	8.81b	8.93b	9.36a	9.48a	0.02	< 0.01
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF)/%	37.44d	40.40c	40.60c	43.97b	47.21a	0.18	< 0.01
30 h 中性洗涤纤维消化率(30 h NDFD) 30 h neutral detergent fiber degradation rate/%	60.73a	60.16ab	60.11ab	59.32b	61.13a	0.08	< 0.01
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber(ADF)/%	23.05d	24.85c	24.98c	27.04b	28.65a	0.12	< 0.01
淀粉 Starch/%	29.64a	27.04ab	26.41b	21.98c	15.81d	0.24	< 0.01
粗脂肪 Crude fat(EE)/%	4.19a	4.01b	4.07ab	3.84c	3.54d	0.01	< 0.01
粗灰分 Crude ash(Ash)/%	6.38c	6.58c	6.54c	7.02b	7.48a	0.03	< 0.01
pH	3.86c	3.87bc	3.83c	3.95ab	3.98a	0.01	< 0.01
氨态氮 NH ₃ -N/%	0.94a	0.86b	0.90ab	0.92ab	0.89ab	0.01	< 0.01
乳酸 Lactic acid(LA)/%	4.08a	3.96ab	4.07a	3.57abc	3.24c	0.03	< 0.01
乙酸 Acetic acid(AA)/%	2.64ab	2.38b	2.73ab	2.70ab	2.83a	0.02	< 0.01
丙酸 Propionic acid(PA)/%	0.35b	0.41a	0.39ab	0.43a	0.42a	0.01	< 0.01
乳酸乙酸比 Lactic-acetic acid ratio(LA/AA)	0.24c	0.23c	0.24c	0.28b	0.43a	0.03	< 0.01
质量分级评分 Quality grading scores (CSQS)	64.42a	59.72b	58.99c	52.87d	48.41e	0.34	< 0.01

同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。
Different lowercase letters within the same row indicate different significantly at the 0.05 level.

$$F_1 = -0.30 \times ZX_1 + 0.20 \times ZX_2 + 0.37 \times ZX_3 + 0.36 \times ZX_4 - 0.24 \times ZX_5 - 0.37 \times ZX_6 - 0.31 \times ZX_7 + 0.35 \times ZX_8 + 0.29 \times ZX_9 + 0.03 \times ZX_{10} - 0.27 \times ZX_{11} + 0.16 \times ZX_{12} + 0.11 \times ZX_{13};$$
$$F_2 = -0.14 \times ZX_1 + 0.25 \times ZX_2 - 0.06 \times ZX_3 - 0.11 \times ZX_4 - 0.14 \times ZX_5 + 0.08 \times ZX_6 + 0.29 \times ZX_7 - 0.01 \times ZX_8 - 0.20 \times ZX_9 + 0.51 \times ZX_{10} + 0.12 \times ZX_{11} + 0.49 \times ZX_{12} + 0.50 \times ZX_{13};$$
$$F_3 = 0.40 \times ZX_1 - 0.52 \times ZX_2 + 0.11 \times ZX_3 + 0.12 \times ZX_4 + 0.39 \times ZX_5 + 0.05 \times ZX_6 + 0.11 \times ZX_7 + 0.08 \times ZX_8 + 0.30 \times ZX_9 + 0.18 \times ZX_{10} - 0.37 \times ZX_{11} + 0.24 \times ZX_{12} + 0.24 \times ZX_{13};$$
$$F = 6.758/(6.758 + 2.694 + 1.364) \times F_1 + 2.694/(6.758 + 2.694 + 1.364) \times F_2 + 1.364/(6.758 + 2.694 + 1.364) \times F_3。$$

利用这种模式统计各个地区的综合成绩并做出排序(表 5)。第 1 主成分中,排名靠前的是黄淮海地区和东北地区,第 2 主成分排名靠前的是西北地区、东北地区和华南地区;第 3 主成分中排名靠前

的是西北地区和西南地区,该地区的 CP 较高。按照综合评价模型得出最后的综合得分(F),3 个主成分综合得分排名依次是黄淮海地区、东北地区、西北地区、西南地区、华南地区。

3 讨论

3.1 不同区域全株玉米青贮的营养成分

本研究中全株玉米青贮样本分别来源于我国 5 个不同的区域,样本来源范围广泛,营养成分的含量变幅差异显著。对其营养成分的对比研究发现,黄淮海地区全株玉米青贮综合品质高于其他地区,造成营养成分含量差别的原因可能与区域,种类、收获后的成熟度及栽培环境有着一定的联系^[13-14]。温暖或严寒区域常见或特定的无法控制的天气对全株玉米青贮过程的生产与使用均产生不良影响^[15]。但由于区域广阔,南北和东西跨度较大,各个地方天气条件具有一定差别,使得全国各个地方全株玉米青贮质量具有差异性。全株玉米青贮的营养及发

表 2 玉米青贮饲料指标间的相关系数
Table 2 Correlation coefficient of corn silage indicators

指标 Index	DM	CP	ADF	NDF	30 h NDFD	Starch	EE	Ash	pH	NH ₃ -N	LA	AA	PA
DM	1.00												
CP	-0.72**	1.00											
ADF	-0.63**	0.34	1.00										
NDF	-0.60**	0.31	0.99**	1.00									
30 h NDFD	0.74**	-0.54**	-0.46**	0.44*	1.00								
Starch	0.71**	-0.48*	-0.97**	-0.96**	0.51**	1.00							
EE	0.58**	-0.33	-0.80**	-0.84**	0.36	0.84**	1.00						
Ash	-0.65**	0.38	0.90**	0.86**	-0.45*	-0.92**	-0.66*	1.00					
pH	-0.38	0.08	0.70**	0.72**	-0.31	-0.68**	-0.65**	0.75**	1.00				
NH ₃ -N	-0.11	0.29	-0.09	0.01	-0.05	-0.02	0.38	0.16	-0.16	1.00			
LA	0.34	-0.09	-0.66**	-0.73**	0.30	0.59**	0.61**	-0.50**	-0.78**	0.12	1.00		
AA	-0.38	0.39	0.31	0.26	-0.32	-0.26	0.01	0.35	0.16	0.69**	-0.30	1.00	
PA	-0.29	0.26	0.19	0.14	-0.30	-0.12	0.18	0.23	0.02	0.57**	-0.18	0.85**	1.00

简称同表1。
Abbreviations as shown in Table 1. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$.

表 3 主成分的特征值和贡献率
Table 3 Characteristic values and percentage contributions of principal components

项目 Item		特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate/%	累积贡献率 Accumulative contribution rate/%
初始特征值方差 Variance of initial eigenvalue	1	6.758	51.987	51.987
	2	2.694	20.720	72.707
	3	1.364	10.494	83.201
	4	0.748	5.751	88.952
	5	0.438	3.373	92.325
	6	0.371	2.851	95.176
	7	0.276	2.126	97.302
	8	0.157	1.209	98.511
	9	0.135	1.038	99.549
	10	0.042	0.322	99.871
	11	0.013	0.099	99.97
	12	0.003	0.025	99.995
	13	0.001	0.005	100.000
初始特征值方差 Variance of initial eigenvalue	1	6.758	51.987	51.987
	2	2.694	20.720	72.707
	3	1.364	10.494	83.201

表 4 主成分对应的特征向量和载荷矩阵
Table 4 Eigenvectors and load matrices corresponding to principal components

指标 Index	主成分1 Principal component 1		主成分2 Principal component 2		主成分3 Principal component 3	
	特征向量 Feature vector	载荷 Load	特征向量 Feature vector	载荷 Load	特征向量 Feature vector	载荷 Load
干物质 Dry matter (X ₁)	-0.301	-0.781	-0.138	-0.226	0.401	0.468
粗蛋白质 Crude protein (X ₂)	0.198	0.515	0.251	0.412	-0.520	-0.607
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (X ₃)	0.365	0.948	-0.063	-0.103	0.107	0.124
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (X ₄)	0.362	0.942	-0.111	-0.182	0.121	0.142
30 h中性洗涤纤维消化率 30 h neutral detergent fiber degradation rate (X ₅)	-0.238	-0.619	-0.145	-0.237	0.388	0.453
淀粉 Starch (X ₆)	-0.370	-0.961	0.076	0.124	0.047	0.055
粗脂肪 Crude fat (X ₇)	-0.310	-0.805	0.285	0.468	0.110	0.128
粗灰分 Crude ash (X ₈)	0.347	0.903	-0.005	-0.009	0.081	0.095
pH (X ₉)	0.290	0.754	-0.198	-0.325	0.295	0.345
氨态氮 Ammoniacal nitrogen (X ₁₀)	0.030	0.077	0.507	0.831	0.182	0.213
乳酸 Lactic acid (X ₁₁)	-0.273	-0.709	0.121	0.198	-0.368	-0.429
乙酸 Acetic acid (X ₁₂)	0.162	0.420	0.488	0.801	0.244	0.285
丙酸 Propionic acid (X ₁₃)	0.105	0.273	0.496	0.813	0.240	0.280

表 5 各主成分综合得分及排序
Table 5 Principal component comprehensive score and ranking

区域 Area	得分 Score				排序 Sort
	F ₁	F ₂	F ₃	F	
黄淮海地区 Huanghuaihai region	-3.50	-0.44	0.07	-2.29	1
东北地区 Northeast	-2.98	-0.73	0.56	-1.97	2
西北地区 Northwest	-1.47	-0.80	-1.93	-1.36	3
西南地区 Southwest	1.89	1.52	-0.62	1.48	4
华南地区 South China	4.16	-0.73	0.85	2.52	5

酵品质是评价重要指标^[16]。在反刍动物饲料中碳水化合物是重要组成部分，一般占植物干物质总量的50%~80%。其大致分类为结构性碳水化合物(一般包含粗纤维、NDF、ADF)和非结构性碳水化合物(Starch为主)，NDF是区别非结构性碳水化合物与结构性碳水化合物的主要标准，Starch和NDF具有互补的意义，因此正确判断青贮产品的营养价值，在畜牧业开发过程中特别关键^[17]。本研究中，全株玉米青贮的DM含量为26.62%~30.59%，与Khan等^[18]所推荐范围(30%~35%)相比偏低，这与收储方法、品种有关^[19]。有研究表明2019年华北地区全株玉米青贮质量高于西北和东北地区且相对平衡，

其DM、Starch和非纤维性碳水化合物(NFC)高于这两个地区，NDF、ADF和pH值低于这两个地区，可能与当地收割时间不同有关^[20]。本研究表明，随着干物质的增加，CP、30 h NDFD、AA含量逐步降低，Starch含量逐渐增加。

3.2 不同 CSQS 营养指标、发酵指标和相关性分析

全株玉米青贮饲料的营养成分和发酵指标是评价玉米青贮质量的重要因素^[21-22]。韩英东等^[23]利用粗饲料综合评价指标[粗饲料分级指数(GI)和粗饲料相对值(RFV)]评价其营养价值，并且与国外典型

饲料数据库 (National Research Council, NRC) 相互比较以评估北京地区全株青贮玉米的整体营养状况。研究表明, 北京地区各种规模养殖场自制全株青贮玉米的营养价值之间也存在区别。北京市畜牧兽医研究所实施优质青贮行动计划, 依据全株玉米青贮饲料指标评价结果和养殖场使用信息编写了《中国全株玉米青贮质量安全报告》^[24]。山东省利用“全株青贮玉米推广示范应用项目”对全省奶、肉牛场全株玉米青贮营养价值进行了评价, 并科学引导饲喂^[25]。天津市在奶牛产业技术创新系统开展了天津市全株玉米青贮质量评价分析^[26]。近几年的国家标准中将发酵特性作为评价青贮品质等级的重要指标, 主要有 pH、氨态氮/总氮、乳酸/总酸、乙酸/总酸、丁酸/总酸等。本研究综合 13 个营养成分和发酵指标分析表明, DM 与 CP、ADF、NDF、30 h NDFD、Starch、EE、Ash 极显著相关 ($P < 0.01$); CP 与 Starch 显著相关 ($P < 0.05$), 与 30 h NDFD 极显著相关 ($P < 0.01$), 这些指标主要包含了营养指标的关联性。这与杨库等^[27]研究一致。

3.3 不同地区全株玉米青贮品质的主成分分析

本研究利用主成分分析方法将 5 个地区 927 份全株玉米青贮饲料样品的 13 个指标综合为 3 个主

成分。第 1 主成分主要与 DM、ADF、NDF、30 h NDFD、Starch、EE、Ash、pH 和 LA 有关。第 2 主成分与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、LA、PA 有关, 第 3 主成分与 CP 有关。3 个主成分综合排序为黄淮海、东北、西北、西南、华南。该结果与 CSQS 方法评价结果一致, 表明 CSQS 可以用于全株玉米青贮质量评价。

4 结论

不同区域全株玉米青贮在营养成分和发酵品质方面存在显著差异。全株玉米青贮质量分级评分黄淮海地区最好, 其次是东北地区和西北地区, 西南和华南地区质量较差。相关性分析结果显示, 全株玉米青贮 13 个指标之间存在一定的相关性, 其中与 Starch 相关的指标最多, 达到 9 个, 与 ADF、NDF 和 Ash 相关的指标均有 8 个, 与 DM、EE、LA 相关的指标有 7 个, 与 30 h NDFD 和 pH 相关的指标均有 6 个, 与 CP 相关的指标有 3 个, 与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、LA 和 PA 相关的指标有 2 个。主成分分析综合得分由高到低分别是黄淮海地区、东北地区和西北地区、华南地区和西南地区。主成分分析和全株玉米青贮质量分级评分 CSQS 分析方法结果一致, 说明 CSQS 分析方法是一种有效的全株玉米青贮质量分级评分方法。

参考文献 References:

- [1] 王娣, 夏伟, 曹胜柱. 兖州区玉米穗茎兼收新技术前景好. *农机科技推广*, 2022(9): 22-23.
WANG D, XIA W, CAO S Z. Good prospect of new technology of ear and stem harvesting of maize in Yanzhou District. *Agricultural Machinery Science and Technology Promotion*, 2022(9): 22-23.
- [2] 郭勇庆, 曹志军, 李胜利. 全株玉米青贮生产与品质评定关键技术: 高成本玉米时代牛场技术与管理策略之一. *中国畜牧杂志*, 2012(18): 6.
GUO Y Q, CAO Z J, LI S L. Key Technologies for whole corn silage production and quality evaluation: One of the strategies for cattle farm technology and management in the era of high cost corn. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 2012(18): 6.
- [3] 苏嘉琪, 辛杭书, 张广宁, 刘春龙. 国内外青贮饲料原料来源、品质评价及影响因素的研究进展. *动物营养学报*, 2022, 34(12): 10.
SU J Q, XIN H S, ZHANG G N, LIU C L. Research progress of silage raw material sources, quality evaluation and influencing factors at home and abroad. *Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(12): 10.
- [4] 张元庆, 靳光, 王栋才. 体外产气法和尼龙袋法评价 5 种全株玉米青贮的饲用价值. *动物营养学报*, 2019, 31(12): 5682-5687.
ZHANG Y Q, JIN G, WANG D C. Evaluation on feeding values of 5 kinds of whole plant corn silage by *in vitro* gas production and nylon bag methods. *Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(12): 5682-5687.
- [5] 夏洪泽, 张琳琳, 王银梦. 体外产气法评价不同分级指数玉米青贮—苜蓿干草组合发酵特性. *草地学报*, 2020, 28(4): 1136-1144.
XIA H Z, ZHANG L, WANG Y M. Evaluation of fermentation characteristics of different grading indexes corn silage and alfalfa Hay combination using *in vitro* gas producti. *Journal of Grassland Science*. 2020, 28(4): 1136-1144.
- [6] OHWEDER D A, BARNES R F, JORGENSEN N. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 1978, 47(3): 747-759.

- [7] 卢德勋. 乳牛营养技术精要. //动物营养学术研讨会论文集. 呼和浩特: 内蒙古畜牧科学院, 2001.
LU D X. Essentials of dairy cattle nutrition technology. //Proceedings of Animal Nutrition Symposium. Hohhot: Inner Mongolia Animal Husbandry Academy, 2001.
- [8] THARANGANI R M H, YAKUN C, ZHAO L S. Corn silage quality index: An index combining milk yield, silage nutritional and fermentation parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 2021(273): 114817.
- [9] 席俊程, 殷术鑫, 王璐, 张帅, 刘玉琴, 曲永利. 2018 年不同地区全株玉米青贮品质分析. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2019, 31(5): 55-59.
XI J C, YIN S X, WANG L, ZHANG S, LIU Y Q, QU Y L. Quality analysis of whole plant maize silage in different regions in 2018. *Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University*, 2019, 31(5): 55-59.
- [10] 毛红艳, 徐鑫, 于明. 新疆地区玉米品种营养品质主成分分析与评. *新疆农业科学*, 2018, 55(10): 1909-1915.
MAO H Y, XU X, YU M. Principal component analysis and evaluation of nutritional quality of maize varieties in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Science*, 2018, 55(10): 1909-1915.
- [11] DESNOVERS M, GIGER-REVERDIN S, SAUVANT D. The use of a multivariate analysis to study between-goat variability in feeding behavior and associated rumen pH patterns. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(2): 842-852.
- [12] 李靖华, 郭耀煌. 主成分分析用于多指标评价的方法研究: 主成分评价. *管理工程学报*, 2002, 16(1): 39-43.
LI J H, GUO Y H. A methodological study of principal component analysis for multi-indicator evaluation-principal component evaluation. *Journal of Management Engineering*, 2002, 16(1): 39-43.
- [13] 赵雪娇, 刘鑫, 么恩悦, 郑键, 张永根. 黑龙江省规模化牧场 2016—2017 年全株玉米青贮质量调查评估. *中国畜牧杂志*, 55(2): 147-151.
ZHAO X J, LIU X, MO N Y, ZHENG J, ZHANG Y G. Investigation and evaluation of whole-plant corn silage quality in large-scale pasture in Heilongjiang Province from 2016 to 2017. *Chinese Journal of Animal Science*, 55(2): 147-151.
- [14] 刘玉琴, 曲永利, 赵连生, 殷术鑫, 张帅, 王璐, 席俊程. 全株玉米青贮主要营养成分相关性分析. *中国草地学报*, 2020, 42(6): 165-170.
LIU Y Q, QU Y L, ZHAO L S, YIN S X, ZHANG S, WANG L, XI J C. Correlation analysis of the main nutrients of whole plant maize silage. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(6): 165-170.
- [15] BERNARDEST F, DANIEL J L P, ADESOGAN A T. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(5): 4001-4019.
- [16] 席俊程, 赵连生, 殷术鑫, 王璐, 张帅, 刘玉琴, 曲永利. 基于模糊综合评价法评价黑龙江省全株玉米青贮饲料品质. *动物营养学报*, 2020, 32(4): 1875-1882.
XI J C, ZHAO L S, YIN S X, WANG L, ZHANG S, LIU Y Q, QU Y L. Evaluation of whole-plant maize silage quality in Heilongjiang Province based on fuzzy integrated evaluation method. *Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(4): 1875-1882.
- [17] 韦子海, 王迪铭, 刘建新. 反刍动物日粮中非纤维性碳水化合物营养代谢的研究进展. *中国畜牧杂志*, 2018, 54(5): 6-10.
WEI Z H, WANG D M, LIU J X. Research progress on the nutritional metabolism of non-fibrous carbohydrates in ruminant diets. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 2018, 54(5): 6-10.
- [18] KHAN NA, YU P, ALI M, CONE J W, HENDRIKS W H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food And Agriculture*, 2015, 95(2): 238-52.
- [19] 黄运青. 品种及收获期对玉米青贮品质的影响. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2018.
HUANG Y Q. Effect of variety and harvesting period on the quality of maize silage. Master Thesis. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University of Science and Technology, 2018.
- [20] 任丽娟, 赵连生, 陈雅坤, 王建平, 卜登攀. 基于主成分分析和聚类分析方法综合评价东北地区不同品种全株玉米青贮饲料的青贮品质. *动物营养学报*, 2020, 32(8): 3856-3868.
REN L J, ZHAO L S, CHEN Y K, WANG J P, BU D P. The silage quality of different varieties of whole corn in Northeast China was evaluated comprehensively based on principal component analysis and cluster analysis. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(8): 3856-3868.
- [21] 张相伦, 游伟, 赵红波. 乳酸菌制剂对全株玉米青贮品质及营养成分的影响简. *动物营养学报*, 2018, 30(1): 7.
ZHANG X L, YOU W, ZHAO H B. Effect of lactic acid bacteria preparation on silage quality and nutrient composition of whole plant maize in brief. *Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(1): 7.

[22] YANG Y, FERREIRA G, COR B A. Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage- or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(3): 2266-2274.

[23] 韩英东, 熊本海, 潘晓花, 杨琴. 全株青贮玉米的营养价值评价: 以北京地区为例. *饲料工业*, 2014, 35(7): 15-19.
HAN Y D, XIONG B H, PAN X H, YANG Q. Evaluation of nutritional value of whole plant silage maize: An example from Beijing. *Feed Industry*, 2014, 35(7): 15-19.

[24] 2019 年中国全株玉米青贮质量安全报告. *农业科技与信息*, 2020(11): 1.
China whole plant corn silage quality and safety report. *Agricultural Science and Technology and Information*, 2020(11): 1.

[25] 姜富贵, 成海建, 张清峰. 山东省奶肉牛场全株玉米青贮营养价值评定. *中国牛业科学*, 2018, 44(6): 5.
JIANG F G, CHENG H J, ZHANG Q F. Assessment of nutritional value of whole plant corn silage on dairy beef farms in Shandong Province. *China Cattle Science*, 2018, 44(6): 5.

[26] 陈丽丽, 王丽学, 杨春蕾. 天津市全株玉米青贮质量评价分析. *饲料研究*, 2019, 42(11): 4.
CHEN L L, WANG L X, YANG C L. Quality evaluation analysis of whole plant maize silage in Tianjin. *Feed Research*, 2019, 42(11): 4.

[27] 杨库, 王加启, 王连群. 不同干物质含量全株玉米青贮营养成分及有机酸比较. *中国奶牛*, 2007(8): 18-20.
YANG K, WANG J Q, WANG L Q. Comparison of nutrient composition and organic acids of whole plant maize silage with different dry matter content. *China Dairy*, 2007(8): 18-20.

(责任编辑 魏晓燕)

2024 年 5 月国际市场主要畜产品与饲料价格分析

5 月国际饲料价格除高粱、棉籽饼和苜蓿粉外, 其他饲料价格均上涨; 畜产品价格均上涨。

一、国际饲料价格除高粱、棉籽饼和苜蓿粉外, 其他饲料价格均上涨

5 月份, 高粱、棉籽饼和苜蓿粉的平均价格分别为 204.97、364.96 和 396.01 USD·t⁻¹, 环比分别下降 11.45%、1.73% 和 0.99%。玉米、大豆、豆粕、菜籽和豆粉的平均价格分别为 167.72、447.49、409.94、504.88 和 388.30 USD·t⁻¹, 环比分别上涨 4.87%、4.58%、11.33%、5.59% 和 10.72%。

二、畜产品价格均上涨

5 月份, 瘦肉猪、育肥牛、牛奶和欧盟鸡肉的平均价格分别为 2.07、5.48、0.40 和 3.55 USD·kg⁻¹, 环比分别上涨 1.51%、2.67%、1.44% 和 1.67%。

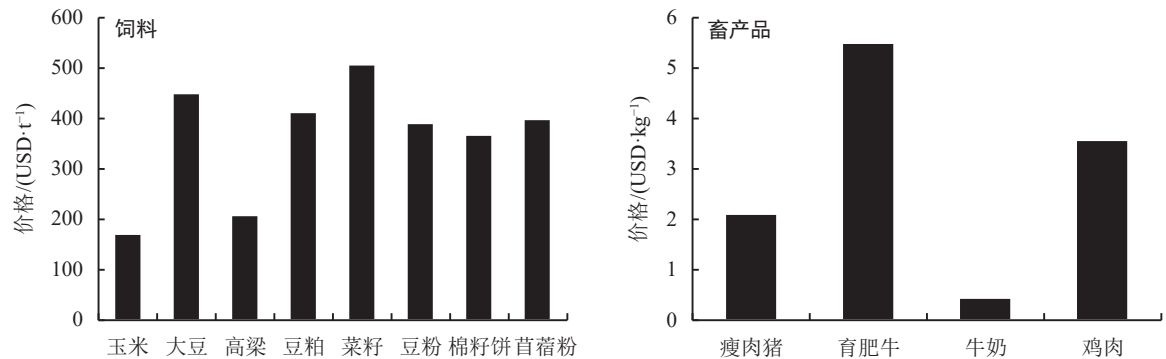


图 1 2024 年 5 月国际市场主要饲料与畜产品价格

数据来源: 国际市场商品价格网 <http://price.mofcom.gov.cn/>; 鸡肉 <http://www.indexmundi.com/>; 货币汇率 <http://qq.ip138.com/hl.asp>。
(兰州大学草地农业科技学院 谢凯丽 整理)