



51份饲用薏苡种质的农艺性状和营养成分评价

曾怡 尹伟丹 揭红东 邢虎成 揭雨成

Evaluation of the agronomic characteristics and nutritional components of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms in Hunan

ZENG Yi, YIN Weidan, JIE Hongdong, XING Hucheng, JIE Yucheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0333>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

拉萨18个引进燕麦品种主要农艺性状和营养成分的遗传多样性分析

Genetic diversity analysis of the main agronomic traits and nutritional in 18 oat cultivars introduced to Lhasa

草业科学. 2020, 37(3): 550 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0335>

8个饲用甜高粱品种的农艺性能及营养品质

Agronomic performance and nutritional quality of 8 forage sweet sorghum varieties

草业科学. 2021, 38(7): 1362 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0442>

16份无芒雀麦种质资源生产性能与营养品质的综合评价

Comprehensive evaluation of production performance and nutritional quality of 16 *Bromus inermis* germplasm resources

草业科学. 2021, 38(11): 1 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0246>

29份无芒雀麦种质资源农艺性状的遗传多样性

Genetic diversity of agronomic characteristics of 29 *Bromus inermis* germplasms

草业科学. 2020, 37(9): 1770 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0556>

野生薏苡在我国西南地区的饲用前景、进展与存在问题

Advances in the application of *Coix* in perennial grass breeding

草业科学. 2019, 36(10): 2639 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0638>

种植密度对高丹草农艺性状及饲用品质的影响

Effect of plant density on agronomic traits and forage quality for *Sorghum bicolor* × *S. sudanense*

草业科学. 2017, 11(8): 1686 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0045>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0333

曾怡, 尹伟丹, 揭红东, 邢虎成, 揭雨成. 51 份饲用薏苡种质的农艺性状和营养成分评价. 草业科学, 2021, 38(10): 1975-1985.

ZENG Y, YIN W D, JIE H D, XING H C, JIE Y C. Evaluation of the agronomic characteristics and nutritional components of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms in Hunan. Pratacultural Science, 2021, 38(10): 1975-1985.

51 份饲用薏苡种质的农艺性状和营养成分评价

曾 怡¹, 尹伟丹¹, 揭红东², 邢虎成^{1,2}, 揭雨成^{1,2}

(1. 湖南农业大学苧麻研究所, 长沙 湖南 410128; 2. 湖南省草类作物种质创新与利用工程技术研究中心, 长沙 湖南 410128)

摘要: 为筛选优异饲用薏苡种质资源, 本研究以 51 份薏苡 (*Coix lacryma-jobi*) 野生种质资源为材料, 测定了粗蛋白、粗纤维、灰分、粗脂肪、钙、磷、鲜草产量、株高、茎粗和分蘖共 10 个植物性状, 并对各性状进行了相关性、主成分和聚类分析与隶属函数法的综合评价。结果表明: 1) 产量因子、矿物质因子、粗灰分因子和粗脂肪因子是 4 个主要因子, 对变异的累积贡献率可达 66.16%; 2) 可将 51 份薏苡种质分为 3 类, 通过综合品质评价得到 51 份中品质更为优良的 10 份种质, 分别为隆回薏苡、YY03-02、小黑壳、YY-37、YY-21、YY17-32、YY17-07、YY03-09、YY17-12 和 YY17-03。本研究为选育农艺和品质性状优良且适于湖南推广的薏苡品种提供了种质材料和理论支撑。

关键词: 薏苡; 饲用; 农艺性状; 营养品质; 评价; 资源; 产量

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2021)10-1975-11

Evaluation of the agronomic characteristics and nutritional components of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms in Hunan

ZENG Yi¹, YIN Weidan¹, JIE Hongdong², XING Hucheng^{1,2}, JIE Yucheng^{1,2}

(1. Ramie Research Institute, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China;

2. Hunan Province Grass Crop Germplasm Innovation and Utilization Engineering Technology
Research Center, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract: To breed *Coix lacryma-jobi* for feed, 51 germplasm resources were analyzed for their crude protein, crude fiber, ash, crude fat, calcium, phosphorus, fresh grass yield, plant height, stem thickness, and tiller total. Fuzzy membership function, correlation analysis, principal component analysis, and cluster analysis were used to evaluate these traits, and the following results were obtained. (1) The cumulative contribution rate of the four main factors, namely yield, mineral, crude ash, and crude fat, to the total variation reached 66.16%. (2) The 51 *C. lacryma-jobi* germplasms were systematically clustered into three categories. Of these, 10 germplasms with high comprehensive quality evaluation scores were selected (Longhui coix, YY03-02, Xiaoheike, YY-37, YY-21, YY17-32, YY17-07, YY03-09, YY17-12, and YY17-03). The present study offers germplasm materials and theoretical support for the selection of *C. lacryma-jobi* varieties with excellent agronomic and quality traits suitable for production in Hunan.

Keywords: *Coix lacryma-jobi*; feed; agronomic traits; nutritional quality; evaluation; resources; yield

Corresponding author: JIE Yucheng E-mail: ibfcjyc@vip.sina.com

收稿日期: 2021-05-28 接受日期: 2021-08-25

基金项目: 湖南草地牧草资源调查 (2017FY100604-02); 湖南省草食动物产业技术体系牧草种植与秸秆加工利用岗位专项; 国家饲草与饲纤维兼用作物种质资源平台 (NICGR2018-072)

第一作者: 曾怡 (1998-), 女, 湖南长沙人, 在读硕士生, 研究方向为薏苡作物种质资源及遗传育种。E-mail: 527264542@qq.com

通信作者: 揭雨成 (1966-), 男, 湖南桃源人, 教授, 博士, 研究方向为麻类及草类作物种质创新与利用。E-mail: ibfcjyc@vip.sina.com

薏苡 (*Coix lacryma-jobi*) 为一年生或多年生 C_4 草本植物^[1], 植株茎秆粗壮, 枝叶繁茂, 质地松脆, 多生长于湿润的池塘、河沟、山谷、溪涧或农田等地; 其具有分蘖再生能力强、植物生物产量高、年生产周期长、适口性良好等特点, 可药食, 也是牛羊等牲畜的优良鲜饲料和青贮饲料, 可作新型饲料牧草开发利用^[2]。薏苡植物还具有环境适应能力强、耐高温、抗性强的优势^[2]。中国湖南省属大陆亚热带季风湿润气候区, 气候温暖, 植被繁盛, 蕴含了丰富的饲用薏苡资源^[3]。但繁多的野生薏苡资源还有待开发利用。目前, 湖南省广泛种植牧草多为进口品种, 缺乏对选育出来的适合本地自然条件、品质好且经济效益高的饲草品种的广泛应用。

目前, 我国有关饲用薏苡种质资源的研究多集中于农艺性状^[4-7]和分子标记的遗传多样性分析等^[8-11], 关于植物饲用品质方面的报道较少。仅有四川农业大学玉米研究所选育出了国内第一个通过审定的饲用型薏苡“大黑山薏苡”^[11]; 孙福艾^[12]杂交选育出了“薏苡丰牧 88”; 刘凡值等^[13]比较分析了 11 个薏苡属牧草品种, 粗蛋白含量为 11.03%~14.94%, 粗脂肪含量为 2.24%~4.47%, 粗纤维含量为 27.49%~36.37%, 粗灰分含量为 9.31%~4.17%, 无氮浸出物含量为 29.7%~42.67%, 钙含量为 0.37%~0.79%, 磷含量为 0.12%~0.31%; 邓素芳等^[14]发现了 9 个薏苡资源的根茎叶中氨基酸含量差异显著。但开发本地优质饲用薏苡能有效避免该区牧草连作造成的草产量低且不稳的情况^[15-16], 对畜牧业结构调整、草食动物产业发展和生态环境保护均具有重要意义。因此, 本研究选取 51 份野生薏苡种质, 针对农艺性状、营养品质, 借助多元统计分析评价方法, 筛选出适宜湖南省不同地区推广的薏苡种质, 为饲草型薏苡种质在湖南省的推广提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

参试野生薏苡共 51 份, 主要来自于湖南省、重庆市、四川省和云南省(表 1)。

本研究于浏阳试验基地进行, 位于湖南省浏阳市沿溪镇(28°10'32" N, 113°15'27" E), 属亚热带季风气候, 年日照时数约 1 350 h, 年平均气温 18.3 °C, 年降水量约 1 369 mm(图 1)。试验地土壤 pH 为 6.33,

有机质、全氮、全磷和全钾含量分别为 12.88、1.12、0.61 和 13.65 g·kg⁻¹。2018 年 4 月 20 日采用直播法播种, 每穴播 3 粒种子, 播种量 6 kg·hm⁻², 单株留苗, 播种后施复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15) 375 kg·hm⁻², 采用随机区组设计, 3 次重复, 每个小区面积 12 m² (6 m×2 m)。野生薏苡大部分为多年生草本, 次年会萌发成新的植株, 苗期用苏云金杆菌乳剂 300 倍液灌心叶防治玉米螟, 生长期间进行一次除草, 其他同常规大田管理, 最终于 7 月中旬测量相关指标, 人工刈割取样。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 表型性状

抽穗期采集表型数据的方法参照《薏苡种质资源描述规范和数据标准》^[17]。从每个小区随机选取 10 株薏苡进行株高、茎粗和分蘖数测定, 分别记作 X_1 、 X_2 和 X_3 , 并距离地面 5 cm 刈割, 立即称鲜重, 换算成鲜草产量, 记作 Y_1 。

1.2.2 营养成分

抽取抽穗期刈割的全株鲜草样 500 g, 于 65~75 °C 烘箱中烘干至恒重后, 粉碎并过 0.425 mm 筛后, 混合均匀, 随机取 3 份样品, 参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[18] 平行测定的指标有粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、钙和磷, 分别记作 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 和 T_6 。

1.3 数据处理

优异资源筛选分析: 采用综合性状的隶属函数评价法, 以相关分析和主成分分析获得的指标进行隶属函数评价。

变异系数赋权公式如下:

$$W_i = \frac{V_i}{V_n}$$

式中: W_i 为第 i 指标的百分率, V_i 为 i 指标的变异系数, V_n 为所求的 n 个变异系数之和^[19-20]。

综合隶属函数计算方法如下:

$$\text{隶属函数值 } U(X_{ij}) = \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})};$$

$$\text{反隶属函数值 } U'(X_{ij}) = 1 - \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})};$$

$$\text{综合隶属函数值 } D = \frac{\sum [U(X_{ij}) \times W_i]}{W_n}.$$

式中: X 为测定值, $X_{\max}$ 为最大值, $X_{\min}$ 为最小值, $U(X_{ij})$ 为 i 品种 j 指标的隶属函数值, W_n 为指标百分

表 1 供试薏苡种质及编号
Table 1 Information of the tested *Coix lacryma-jobi* germplasms

编号 Code	名称 Name	来源 Source	编号 Code	名称 Name	来源 Source
1	YY17-12	湖南省常宁市 Hunan Province, Changning City	27	YY-25	湖南省炎陵县 Hunan Province, Yanling County
2	YY17-13	湖南省新晃县 Hunan Province, Xinhuan County	28	YY-27	湖南省炎陵县 Hunan Province, Yanling County
3	YY17-18	湖南省衡阳县 Hunan Province, Hengyang County	29	YY-29	湖南省郴州市 Hunan Province, Chenzhou City
4	YY17-19	湖南省衡阳县 Hunan Province, Hengyang County	30	台湾糯薏米 Taiwan NYM	湖南省郴州市 Hunan Province, Chenzhou City
5	YY17-20	湖南省衡阳县 Hunan Province, Hengyang County	31	YY17-07	湖南省临湘市 Hunan Province, Linxiang City
6	YY17-21	湖南省平江县 Hunan Province, Pingjiang County	32	YY17-10	湖南省沅陵县 Hunan Province, Yuanling County
7	YY17-22	湖南省石门县 Hunan Province, Shimen County	33	YY17-11	湖南省沅陵县 Hunan Province, Yuanling County
8	YY17-23	湖南省桃源县 Hunan Province, Taoyuan County	34	隆回薏苡 Longhui Coix	湖南省隆回县 Hunan Province, Longhui County
9	YY17-24	湖南省桃源县 Hunan Province, Taoyuan County	35	YY17-04	湖南省临湘市 Hunan Province, Linxiang City
10	YY17-25	湖南省桃源县 Hunan Province, Taoyuan County	36	YY18-1	湖南省新化县 Hunan Province, Xinhua County
11	YY17-26	湖南省临湘市 Hunan Province, Linxiang City	37	YY17-03	湖南省临湘市 Hunan Province, Linxiang City
12	YY17-27	湖南省临湘市 Hunan Province, Linxiang City	38	24川谷米 24 Kawagani Rice	重庆市 Chongqing City
13	YY17-28	湖南省华容县 Hunan Province, Huarong County	39	YY-21	湖南省城步县 Hunan Province, Chengbu County
14	YY17-30	湖南省沅陵县 Hunan Province, Yuanling County	40	26石龙薏苡 26 Shi long Coix	重庆市 Chongqing City
15	YY17-31	湖南省华容县 Hunan Province, Huarong County	41	YY17-33	湖南省新化县 Hunan Province, Xinhua County
16	YY-01	湖南省茶陵县 Hunan Province, Chaling County	42	YY03-02	云南省 Yunnan Province
17	YY-02	湖南省茶陵县 Hunan Province, Chaling County	43	YY03-03	云南省 Yunnan Province
18	YY-04	湖南省攸县 Hunan Province, You County	44	YY03-04	重庆市 Chongqing City
19	YY-05	湖南省茶陵县 Hunan Province, Chaling County	45	小黑壳 Xiaoheike	湖南省隆回县 Hunan Province, Longhui County
20	YY-07	湖南省茶陵县 Hunan Province, Chaling County	46	YY03-06	重庆市 Chongqing City
21	YY-08	湖南省炎陵县 Hunan Province, Yanling County	47	YY-37	湖南省资兴市 Hunan Province, Zixing City
22	YY-14	湖南省麻阳苗族自治县 Hunan Province, Mayangmiao Autonomous County	48	YY17-32	湖南省永顺县 Hunan Province, Yongshun County
23	YY-16	湖南省桂东 Hunan Province, Guidong County	49	YY03-09	四川省 Sichuan Province
24	YY-17	湖南省蓝山县 Hunan Province, Lanshan County	50	YY17-15	湖南省桂东 Hunan Province, Guidong County
25	YY-18	湖南省新化县 Hunan Province, Xinhua County	51	云南黑壳 Yunnan Heike	云南省 Yunnan Province
26	YY-23	湖南省沅江市 Hunan Province, Yuanjiang City	—	—	—

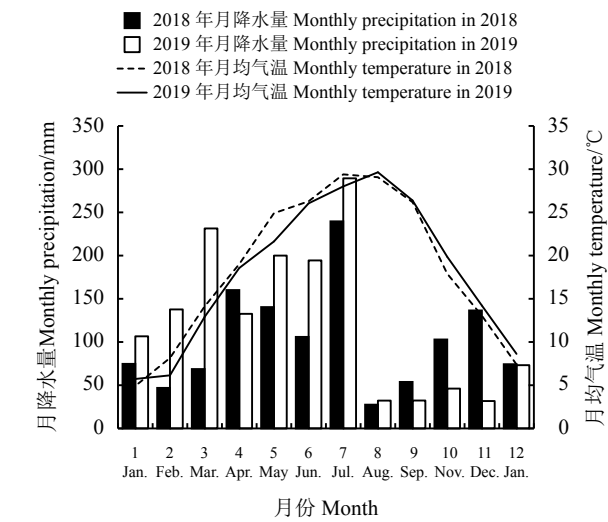


图 1 2018 和 2019 年试验地月降水量和月均气温
Figure 1 Monthly temperature and monthly precipitation at the experimental field in Liuyang in 2018 and 2019

率总和。

采用 Excel 2019 整理数据, SPSS 19 进行差异显著性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同薏苡种质品质和产量性状

51 份薏苡种质资源的粗蛋白含量为 8.94%~12.60%, 粗灰分含量为 9.82%~14.29%, 粗脂肪含量为 1.71%~5.73%, 粗纤维含量为 26.06%~32.78%。

其中 YY-07 的粗蛋白含量最高, 为 12.60%; YY17-26 的粗灰分含量最高, 为 14.29%; YY03-02 的粗脂肪含量最高, 为 5.73%; XYS17 的磷含量最高, 为 0.50%; YY17-07 的钙含量最高, 为 0.61%; YY17-30 的粗纤维含量最低, 为 26.06%。6 种品质性状的变异系数为 5.74%~30.91%, 其中粗脂肪、磷和钙的变异幅度较大, 变异系数分别为 30.91%、18.54% 和 16.59%, 鲜草产量的变异系数为 28.58% (表 2)。

2.2 供试薏苡种质的相关性分析

鲜草产量与茎粗、株高和分蘖呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 与粗灰分含量、磷含量和钙含量呈正相关关系, 与粗纤维、粗脂肪含量和粗蛋白含量呈负相关关系, 但不存在显著性, 表明鲜草产量高的种质不利于粗蛋白及粗脂肪的累积。而粗蛋白与株高和粗脂肪均呈显著负相关关系, 钙和磷呈显著相关关系 ($P < 0.05$) (表 3)。

2.3 供试薏苡种质的主成分分析

主成分分析中提取特征值大于 1 的主成分^[19], 发现前 4 个主成分的特征值均大于 1, 累计贡献率达 66.16%, 可以反映 10 个性状的基本特征。第 1 主成分的贡献率最大, 为 27.04%, 特征向量值较大的性状是株高、鲜草产量, 特征向量均为正值且高达 0.5 以上, 这类性状与产量有关, 因此, 第 1 主成分为产量因子。第 2 主成分的贡献率为 15.686%, 决定

表 2 51 份薏苡种质营养性状方差分析
Table 2 Variance analysis of the nutritional traits of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms

指标 Indexr	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	F
粗蛋白 Crude protein/%	12.60	8.94	10.17	0.67	6.61	3.95**
灰分 Ash/%	14.29	9.82	11.74	1.11	9.44	3.84**
粗纤维 Crude fiber/%	32.78	26.06	28.90	1.66	5.74	4.44**
粗脂肪 Ether extract/%	5.73	1.71	2.88	0.89	30.91	20.86**
磷 Phosphorus/%	0.50	0.00	0.30	0.01	18.54	5.65**
钙 Calcium/%	0.61	0.28	0.41	0.07	16.59	17.02**
株高 Plant height/cm	179.81	105.57	137.71	18.13	13.17	4.69**
茎粗 Stem diameter/mm	10.42	6.52	9.30	0.60	6.43	1.26
分蘖数 Tiller number	8.53	5.23	6.72	0.77	11.50	1.06
鲜草产量 Fresh yield/(t·hm ⁻²)	55.56	18.03	32.66	9.33	28.58	7.41**

*表示同一营养性状不同种质间差异显著($P < 0.05$), **表示种质间差异极显著($P < 0.01$); 表3同。
*, significant difference in the same nutritional trait among the germplasms at the 0.05 level; **, significant difference in the same nutritional trait among the germplasms at the level 0.01; this is applicable for Table 3 as well.

表 3 51 份薏苡种质评价指标的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of the evaluation indices of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms

指标 Index	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	分蘖数 Tiller number	鲜草产量 Fresh yield	粗蛋白 Crude protein	灰分 Ash	粗纤维 Crude fiber	粗脂肪 Ether extract	磷 P
茎粗 Stem diameter	0.43**								
分蘖数 Tiller number	0.40**	0.26*							
鲜草产量 Fresh yield	0.86**	0.39**	0.56**						
粗蛋白 Crude protein	-0.25*	-0.02	-0.13	-0.20					
灰分 Ash	0.17	0.35**	0.12	0.20	-0.05				
粗纤维 Crude fiber	-0.12	0.06	-0.13	-0.11	0.23	-0.07			
粗脂肪 Ether extract	0.09	-0.02	-0.11	-0.09	-0.27*	0.10	-0.08		
磷 P	0.05	0.15	0.10	0.01	0.08	0.01	0.06	-0.10	
钙 Ca	0.11	0.01	-0.03	0.01	0.04	-0.22	0.18	-0.02	0.28*

第 2 主成分大小的主要有钙和磷, 因此, 第 2 主成分为矿物质因子。第 3 主成分的贡献率为 12.31%, 特征向量值最大的是粗灰分, 因此, 第 3 主成分为粗灰分因子。第 4 主成分的贡献率为 11.13%, 特征向量值最大的是粗脂肪, 因此, 第 4 主成分为粗脂肪因子 (表 4)。

表 4 51 份薏苡种质主成分特征向量、特征值、贡献率及累积贡献率
Table 4 Principal component characteristic vectors, eigenvalues, contribution rates, and cumulative contribution rates of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms

指标 Index	主成分 Principal component			
	1	2	3	4
株高 Plant height	0.531	0.040	-0.172	0.002
茎粗 Stem diameter	0.372	0.172	0.297	0.347
分蘖数 Tiller number	0.406	0.085	0.006	-0.335
鲜草产量 Fresh yield	0.547	0.064	-0.041	-0.189
粗蛋白 Crude protein	-0.203	0.403	0.448	-0.098
灰分 Ash	0.236	-0.167	0.510	0.434
粗纤维 Crude fiber	-0.125	0.418	0.123	0.303
粗脂肪 Ether extract	0.018	-0.404	-0.314	0.587
磷 P	0.062	0.459	-0.145	0.245
钙 Ca	-0.004	0.468	-0.533	0.194
特征值 Eigenvalue	2.704	1.569	1.231	1.113
贡献率 Proportion/%	27.035	15.686	12.306	11.129
累积贡献率 Cumulative/%	27.035	42.721	55.027	66.156

2.4 供试薏苡种质的聚类分析

由于各指标间量纲不相同, 因此根据主成分分析得出的 8 个评价指标后采用 SPSS 软件将其进行标准化转化 (Z-score), 依据标准化后的各指标对 51 个种质进行聚类, 如图 2 所示, 在距离为 15 时, 可将 51 个薏苡种质分成 3 大类。第 I 类包含 30 个

种质, 占总数的 58.82%; 第 II 类包含 10 个种质, 占总数的 19.61%; 第 III 类包含 11 个种质, 占总数的 21.57%。
类群 I 饲草产量较低, 营养价值较高; 类群 III 饲草产量最高, 营养价值较低; 类群 II 所有指标在两类群之间, 属于中间型种质 (表 5)。

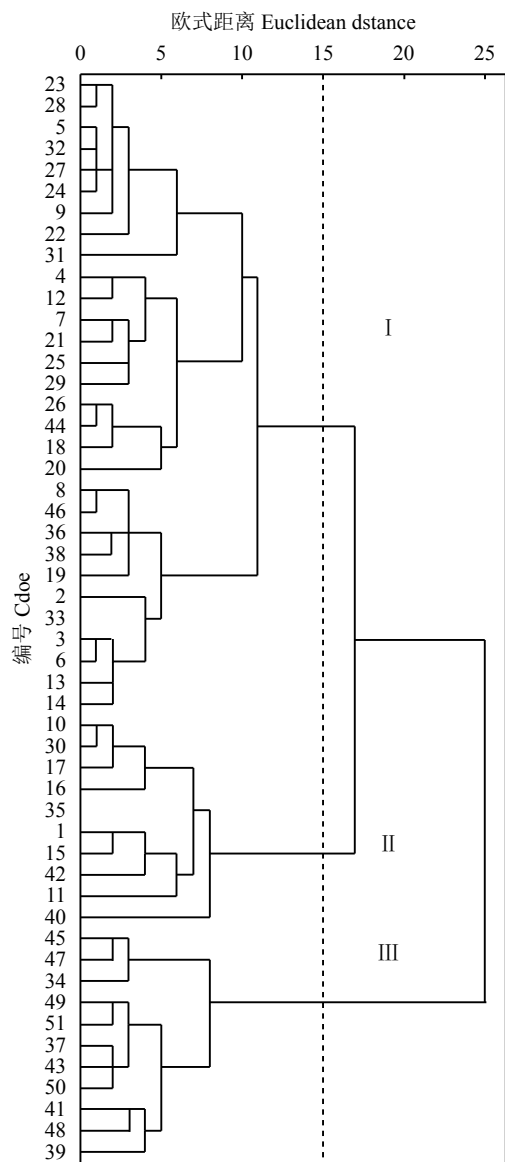


图 2 51 份薏苡种质的聚类分析

Figure 2 Cluster analysis of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms

编号 1-51 代表的薏苡种质与表 1 中的相对应; 表 6 同。
Code 1-51 replaces *Coix lacryma-jobi* germplasms corresponding to Table 1; this is applicable for Table 6 as well.

2.5 薏苡种质优异资源的筛选

隶属函数分析法是运用模糊数学的原理, 对种质从多个性状进行鉴定评价的一种科学方法^[20-21]。其中 D 值为每个种质的综合评价得分, 根据综合评价模型, 计算出不同薏苡种质的各指标综合得分和排序结果 (表 6), 发现综合得分排在前 10 位的薏苡种质分别为隆回薏苡、YY03-02、小黑壳、YY-37、YY-21、YY17-32、YY17-07、YY03-09、YY17-12 和 YY17-03, 品质表现优良的种质为隆回薏苡, 其茎粗、鲜草产量、粗蛋白、粗灰分、粗脂肪、磷和钙的隶属函数值排名分别是第 1、1、4、3、4、2 和 3 (表 6)。

3 讨论

51 份薏苡种质的 10 个指标均有不同程度变异, 变异系数为 5.74%~30.91%, 其中粗脂肪及鲜草产量变异系数较大, 反映了不同薏苡种质在这 2 个方面的离散程度较高。饲草产量是评价饲草生产性能的重要指标^[22], 本研究中供试的 51 份薏苡种质间的鲜草产量差异明显, 为 18.03~55.56 t·hm⁻²。本研究鲜草产量的结果与刘凡值等^[13] 11 个薏苡品种饲草鲜草产量 (61.93~94.22 t·hm⁻²) 差异较大; 与高立芳等^[23] 在重庆地区进行的大黑山薏苡饲草产量研究的报道结果 (鲜草产量 111 t·hm⁻²) 和叶贵凯等^[24] 和陈奕希^[25] 对不同品种产量的研究结果均有较大差异。这可能与品种特性、生境条件、种植密度、栽培方式和刈割次数的不同有关^[26]。粗蛋白是评定饲草饲用价值的一个重要指标^[27], 本研究中, 抽穗期的全株薏苡粗蛋白含量为 8.94%~12.60%, 平均含量为 10.17%, 与田兵等^[28] 和刘国道等^[29] 的结果基本一致, 高于时维静等^[30] 的研究结果 (7.65%), 低于

表 5 3 个类群材料 8 个评价指标的平均值

Table 5 Average values of eight evaluation indices of the three groups of materials

指标 Item	类群 Group		
	I	II	III
株高 Plant height/cm	130.67	127.79	165.95
茎粗 Stem diameter/mm	9.23	9.03	9.73
鲜草产量 Fresh yield/(t·hm ⁻²)	30.15	26.16	45.40
粗蛋白 Crude protein/%	10.42	9.67	9.97
灰分 Ash/%	11.44	11.68	12.61
粗脂肪 Ether extract/%	2.41	4.10	3.07
磷 Phosphorus/%	0.35	0.30	0.33
钙 Calcium/%	0.42	0.39	0.38

表 6 51 份薏苡种质的隶属函数分析
Table 6 Membership function analysis of 51 *Coix lacryma-jobi* germplasms

编号 Code	隶属函数值 Membership function value								综合隶属函数 Comprehensive value	排名 Ranking
	株高 Plant height/ cm	茎粗 Stem diameter/ mm	鲜草产量 Fresh yield/ (t·hm ⁻²)	粗蛋白 Crude protein/ %	灰分 Ash/ %	粗脂肪 Ether extract/ %	磷 Phosphorus/ %	钙 Calcium/ %		
1	0.04	0.03	0.10	0.00	0.02	0.14	0.03	0.06	0.43	9
2	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.10	0.02	0.23	46
3	0.03	0.02	0.09	0.02	0.03	0.04	0.07	0.06	0.36	20
4	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06	0.04	0.06	0.24	45
5	0.04	0.03	0.06	0.01	0.02	0.01	0.10	0.06	0.33	30
6	0.02	0.02	0.06	0.01	0.03	0.07	0.06	0.05	0.33	32
7	0.02	0.03	0.07	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.17	50
8	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.06	0.05	0.29	38
9	0.04	0.03	0.07	0.01	0.01	0.02	0.05	0.06	0.30	37
10	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.12	0.03	0.02	0.27	42
11	0.00	0.03	0.01	0.01	0.06	0.14	0.02	0.06	0.35	29
12	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.06	0.03	0.08	0.32	33
13	0.03	0.02	0.08	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03	0.31	34
14	0.02	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03	0.07	0.03	0.23	48
15	0.04	0.03	0.05	0.01	0.01	0.14	0.07	0.07	0.41	12
16	0.03	0.03	0.07	0.00	0.04	0.06	0.04	0.00	0.27	43
17	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.14	0.06	0.02	0.35	23
18	0.03	0.04	0.12	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.29	39
19	0.02	0.04	0.08	0.03	0.04	0.04	0.13	0.02	0.39	14
20	0.04	0.03	0.12	0.04	0.02	0.02	0.05	0.05	0.37	18
21	0.03	0.03	0.09	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.28	41
22	0.04	0.03	0.06	0.03	0.00	0.03	0.10	0.07	0.35	27
23	0.03	0.03	0.07	0.02	0.03	0.04	0.09	0.06	0.36	21
24	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.03	0.07	0.05	0.30	36
25	0.05	0.03	0.12	0.01	0.00	0.06	0.07	0.03	0.37	17
26	0.03	0.04	0.06	0.02	0.03	0.01	0.02	0.06	0.26	44
27	0.04	0.03	0.08	0.01	0.03	0.03	0.07	0.06	0.35	24
28	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.03	0.08	0.07	0.35	26
29	0.03	0.03	0.04	0.03	0.00	0.09	0.05	0.03	0.30	35
30	0.03	0.03	0.05	0.01	0.01	0.15	0.05	0.02	0.36	22
31	0.07	0.02	0.12	0.00	0.00	0.03	0.09	0.11	0.45	7
32	0.04	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.09	0.06	0.35	28
33	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.03	0.09	0.03	0.23	47

续表 6
Table 6 (Continued)

编号 Code	隶属函数值 Membership function value								综合隶属函数 Comprehensive value	排名 Ranking
	株高 Plant height/ cm	茎粗 Stem diameter/ mm	鲜草产量 Fresh yield/ (t·hm ⁻²)	粗蛋白 Crude protein/ %	灰分 Ash/ %	粗脂肪 Ether extract/ %	磷 Phosphorus/ %	钙 Calcium/ %		
34	0.09	0.04	0.19	0.01	0.04	0.11	0.12	0.07	0.67	1
35	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.15	51
36	0.01	0.03	0.03	0.02	0.05	0.09	0.08	0.05	0.36	19
37	0.07	0.04	0.13	0.03	0.05	0.06	0.02	0.03	0.43	10
38	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.08	0.05	0.33	31
39	0.08	0.03	0.18	0.00	0.03	0.11	0.00	0.04	0.48	5
40	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.10	0.02	0.04	0.22	49
41	0.08	0.04	0.16	0.01	0.06	0.02	0.03	0.01	0.41	13
42	0.05	0.04	0.05	0.01	0.03	0.21	0.10	0.06	0.55	2
43	0.07	0.04	0.11	0.02	0.02	0.09	0.01	0.03	0.39	15
44	0.04	0.04	0.06	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.29	40
45	0.08	0.03	0.16	0.02	0.04	0.05	0.09	0.05	0.52	3
46	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05	0.10	0.04	0.35	25
47	0.08	0.04	0.16	0.00	0.04	0.02	0.10	0.05	0.50	4
48	0.06	0.03	0.11	0.01	0.06	0.11	0.07	0.00	0.45	6
49	0.06	0.03	0.11	0.01	0.03	0.11	0.05	0.03	0.44	8
50	0.07	0.03	0.16	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.41	11
51	0.06	0.03	0.07	0.02	0.04	0.06	0.07	0.04	0.38	16

刘凡值等^[13]在拔节期取样的结果, 高于其他同一时期刈割的禾本科五节芒 (*Miscanthus floridulus*)、蔗茅 (*Eriarthus rufipilus*)^[31]、狗尾草 (*Setaria viridis*) 和黄背草 (*Themeda japonica*)^[32], 这可能与收割时间和栽培措施有关^[33]。

株高、分蘖数与鲜草产量极显著正相关, 表明株高和分蘖数的高低是影响产量的重要因素, 与前人的研究结果一致。近年来, 主成分分析和聚类分析被广泛用于高粱 (*Sorghum bicolor*)^[34-35] 和玉米 (*Zea mays*)^[36-37] 等植物的营养成分分析与评价。本研究运用主成分分析法, 将测定的薏苡营养成分及农艺性状的多个指标降维至 8 个主要指标, 更加直观地揭示了变量之间的关系, 避免了繁杂数据的干扰。在除去多余因子的基础上, 利用聚类分析将不同种质间性状相近的划分为一类。而隶属函数计算得出综合得分排在前 10 位的薏苡种质与聚类结果

一致, 可信度较高。

本研究对 51 份薏苡种质的农艺性状和品质性状进行综合评价, 筛选出 10 份综合性状优良的种质, 这为在本地资源中选育饲草品种提供了可能。但是建立饲用薏苡资源的评价体系是一个复杂的过程, 需要通过大量的资源数据的鉴定分析, 还要考虑实际生产与科学研究的异同, 同时兼顾行业发展趋势^[5]。除本研究中 10 个主要指标外, 还有待增加更多评价指标建立更加全面的评估体系。

4 结论

不同种质薏苡植株的粗蛋白、粗纤维、钙和磷等含量差异明显, 这些差异是选育饲用薏苡品种的基础因素。不同种质薏苡植株的各个性状之间存在一定的相关性; 通过运用相关分析和主成分分析等方法, 将 51 份薏苡种质分为 3 类, 并通过隶属函数

综合评价筛选出 10 份, 可作为功能性产品原材料开发利用, 这为今后研究薏苡的抗逆性等提供了基础数据, 为饲用薏苡育种、品质改良及薏苡资源开发利用提供了丰富的资源。

参考文献 References:

- [1] 黄亨履, 陆平, 朱玉兴, 李英材. 中国薏苡的生态型、多样性及利用价值. 作物品种资源, 1995(4): 4-8.
HUANG H L, LU P, ZHU Y X, LI Y C. Ecotype, diversity and utilization value of *Coix* L. in China. Crop Variety Resources, 1995(4): 4-8.
- [2] 杜维俊, 杨万仓, 李贵全. 我国发展薏苡产业的前景、优势和建议. 中国农学通报, 1999(4): 51-53.
DU W J, YANG W C, LI G Q. Prospects, advantages and suggestions for the development of smart reform industry in China. Chinese Agricultural Bulletin, 1999(4): 51-53.
- [3] 李秀诗, 付瑜华, 周祥, 黎青, 刘凡值, 杨成龙, 周明强. 基于表型性状的薏苡初级核心种质库构建. 热带作物学报, 2020, 41(4): 669-675.
LI X S, FU Y H, ZHOU X, LI Q, LIU F Z, YANG C L, ZHOU M Q. Establishment of *Coix lacryma-jobi* L. core germplasm collection based on phenotypic characters. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(4): 669-675.
- [4] 李祥栋, 潘虹, 陆秀娟, 魏心元, 陆平, 石明, 练启仙. 薏苡属种质资源的主要表型性状多样性研究. 植物遗传资源学报, 2019, 20(1): 229-238.
LI X D, PAN H, LU X J, WEI X Y, LU P, SHI M, LIAN Q X. Analysis of main phenotypic characteristics in *Coix* L. germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(1): 229-238.
- [5] 王硕, 张世鲍, 何金宝, 陆光著, 杨志清. 薏苡资源性状的主成分和聚类分析. 云南农业大学学报(自然科学), 2013, 28(2): 157-162.
WANG S, ZHANG S B, HE J B, LU G Z, YANG Z Q. The principal component analysis and cluster analysis of *Coix* resource characteristics. Journal of Yunnan Agricultural University, 2013, 28(2): 157-162.
- [6] 李春花, 王艳青, 卢文洁, 王莉花. 云南薏苡种质资源农艺性状的主成分和聚类分析. 植物遗传资源学报, 2015, 16(2): 277-281, 287.
LI C H, WANG Y Q, LU W J, WANG L H. The principal component and cluster analysis of agronomic traits of *Coix* germplasm resources in Yunnan. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(2): 277-281, 287.
- [7] 陆秀娟, 潘虹, 李祥栋, 魏心元, 陆平, 石明. 薏苡种质资源 ISSR 分子标记筛选及亲缘关系分析. 江苏农业科学, 2019, 47(5): 32-36.
LU X J, PAN H, LI X D, WEI X Y, LU P, SHI M. Screening of ISSR molecular markers and genetic relationship analysis of *Coix* germplasm resources. Jiangsu Agricultural Science, 2019, 47(5): 32-36.
- [8] 王硕, 何金宝, 农民英, 赵继训, 杨志清. 薏苡种质资源的 SRAP 分子标记研究. 中草药, 2015, 46(1): 112-117.
WANG S, HE J B, NONG M Y, ZHAO J X, YANG Z Q. Research on SRAP molecular markers in germplasm resources of *Coix* L. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2015, 46(1): 112-117.
- [9] 郭银萍, 彭忠华, 赵致, 陈志兴, 高翔, 刘胜传, 谢云. 基于 SSR 标记的贵州薏苡种质资源遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 317-320.
GUO Y P, PENG Z H, ZHAO Z, CHEN Z X, GAO X, LIU S C, XIE Y. Genetic diversity analysis of Jobs tears germplasm resources by SSR markers in Guizhou Province. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(2): 317-320.
- [10] 尹伟丹, 马玉申, 揭红东, 张英, 曾怡, 彭文仙, 汪娅梅, 邢虎成, 揭雨成. 薏苡农艺性状等性状与 SRAP 标记的关联分析. 分子植物育种. [2021-03-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210309.1805.018.html>.
YIN W D, MA Y S, JIE H D, ZHANG Y, ZENG Y, PENG W X, WANG Y M, XING H C, JIE Y C. Association analysis of agronomic traits with SRAP markers in *Coix*. Molecular Plant Breeding. [2021-03-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210309.1805.018.html>.
- [11] 周树峰, 郭超, 贺俊, 董小龙, 唐祈林, 潘光堂, 吴元奇, 荣廷昭. 野生薏苡在我国西南地区的饲用前景、进展与存在问题. 草业科学, 2019, 36(10): 2639-2646.
ZHOU S F, GUO C, HE J, DONG X L, TANG Q L, PAN G T, WU Y Q, RONG T Z. Advances in the application of *Coix* in perennial grass breeding. Pratacultural Science, 2019, 36(10): 2639-2646.
- [12] 孙福艾. 一份薏苡多倍体材料的创制、鉴定及饲用价值初步评价. 成都: 四川农业大学硕士学位论文, 2017.

- XUAN F A. The creation, identification and nutritive assessment of a new *Coix* polyploid. Master Thesis. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017.
- [13] 刘凡值, 周明强, 班秀文, 黎青, 杨成龙. 11 个薏苡属牧草品种材料比较试验. *热带作物学报*, 2016, 37(9): 1670-1676.
LIU F Z, ZHOU M Q, BAN X W, LI Q, YANG C L. Comparative trial of 11 cultivars of *Coix* L. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(9): 1670-1676.
- [14] 邓素芳, 杨有泉, 李春燕, 应朝阳. 基于氨基酸分析的薏苡饲用价值评价. *热带作物学报*, 2017, 38(8): 1468-1477.
DENG S F, YANG Y Q, LI C Y, YING Z Y. Feeding value evaluation of *Coix* based on amino acid analysis. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2017, 38(8): 1468-1477.
- [15] 何录秋, 罗保生. 湖南薏苡资源考察及生产调研. *现代农业科技*, 2016(9): 53-54.
HE L Q, LUO B S. Investigation on resources and production of *Coix* in Hunan Province. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2016(9): 53-54.
- [16] 谢亮, 禹琪芳, 龙江松, 方热军. 湖南省饲草资源利用现状与草食产业发展对策. *湖南饲料*, 2020(5): 20-25.
XIE L, YU Q F, LONG J S, FANG R J. Present situation of forage resources utilization and development countermeasures of herbivore industry in Hunan Province. *Hunan Feed*, 2020(5): 20-25.
- [17] 石明, 李祥栋, 秦礼康. 薏苡种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2017: 8.
SHI M, LI X D, QIN L K. Description Specification and Data Standard of *Coix* Germplasm Resources. Beijing: China Agriculture Press, 2017: 8.
- [18] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 (第 3 版). 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
ZANG L Y. Feed Analysis and Feed Quality Inspection Technology (3rd edition). Beijing: Science Press, 2007.
- [19] 汪娅梅, 张英, 马玉申, 揭红东, 魏传秦, 曾怡, 赵龙, 邢虎成, 揭雨成. 夏布衣着用苧麻种质评价与优异资源筛选. 植物遗传资源学报. [2021-05-12]. <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.2020103000>.
WANG Y M, ZHANG Y, MA Y S, JIE H D, WEI C Q, ZENG Y, ZHAO L, XING H C, JIE Y C. Evaluation of ramie varieties for grass cloth and selection of excellent resources. *Journal of Plant Genetic Resources*. [2021-05-12]. <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.2020103000>.
- [20] 王丽学, 冯婧, 马强, 陈龙宾, 韩静, 刘景喜, 潘振亮, 张效生, 霍文娟, 马毅. 不同刈割时期和留茬高度紫花苜蓿品质动态研究. *中国饲料*, 2018(3): 40-44.
WANG L X, FENG J, MA Q, CHEN L B, HAN J, LIU J X, PAN Z L, ZHANG X S, HUO W J, MA Y. Study on the dynamic of medicago sativa quality in different cutting period and cutting height. *Chinese Feed*, 2018(3): 40-44.
- [21] 尹世华, 王康, 黄晓霞, 李淑斌, 程小毛. 47 份月季品种表型多样性分析及综合评价. *江西农业大学学报*, 2021, 43(1): 94-105.
YIN S H, WANG K, HUANG X X, LI S B, CHENG X M. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 47 rose resources. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2021, 43(1): 94-105.
- [22] 史京京, 薛盈文, 郭伟, 于崧, 陆旺, 于立河. 引进燕麦种质资源饲草产量与饲用营养价值评价. *麦类作物学报*, 2019, 39(9): 1063-1071.
SHI J J, XUE Y W, GUO W, YU S, LU W, YU L H. Evaluation of forage yield and nutritional value of introduced oat germplasm resources. *Journal of Triticeae Crops*, 2019, 39(9): 1063-1071.
- [23] 高立芳, 黄德均, 张健. 大黑山薏苡在重庆地区的适应性初报. *畜禽业*, 2020, 31(12): 32-33.
GAO L F, HUANG D J, ZHANG J. A preliminary report on the adaptability of black *Coix* in Chongqing. *Livestock and Poultry Industry*, 2020, 31(12): 32-33.
- [24] 叶贵凯, 王忠平, 陈建祥, 左群, 杨仕国. 黔东南地区薏苡引进品种 (系) 比较试验. *湖南农业科学*, 2015(4): 4-6.
YE G K, WANG Z P, CHEN J X, ZUO Q, YANG S G. Comparative test about introduced *Coix* varieties in Southeast Area of Guizhou. *Hunan Agricultural Sciences*, 2015(4): 4-6.
- [25] 陈奕希. 薏苡不同品种的产量比较试验. *农业技术与装备*, 2021(3): 5-6.
CHEN Y X. Yield comparison test of different *Coix* L. varieties. *Agricultural Technology and Equipment*, 2021(3): 5-6.
- [26] 陈莉敏, 赵国敏, 廖兴勇, 郑群英, 肖冰雪, 季晓菲, 吴婧, 陈琴. 川西北 7 个燕麦品种产量及营养成分比较分析. *草业与畜牧*, 2016(2): 19-23.

- CHEN L M, ZHAO G M, LIAO X Y, ZHENG Q Y, XIAO B X, JI X F, WU Q, CHEN Q. Comparison about yield and nutrient content of 7 oats cultivars in North-western Sichuan. *Grass Industry and Animal Husbandry*, 2016(2): 19-23.
- [27] 白婷, 靳玉龙, 朱明霞, 王波, 唐亚伟. 西藏地区不同青稞品种秸秆饲用品质分析. *饲料工业*, 2019, 40(12): 59-64.
- BAI T, JIN Y L, ZHU M X, WANG B, TANG Y W. Analysis of feeding quality of highland barley cultivars in Tibet. *Siliao Gongye*, 2019, 40(12): 59-64.
- [28] 田兵, 冉雪琴, 薛红, 谢健, 陈彬, 武玉祥, 王嘉福, 王啸. 贵州 42 种野生牧草营养价值灰色关联度分析. *草业学报*, 2014, 23(1): 92-103.
- TIAN B, RAN X Q, XUE H, XIE J, CHEN B, WU Y X, WANG J F, WANG X. Evaluation of the nutritive value of 42 kinds of forage in Guizhou Province by grey relational grade analysis. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(1): 92-103.
- [29] 刘国道, 罗丽娟, 白昌军, 王东劲, 郑学勤. 海南省禾本科饲用植物资源及其营养评价. *草地学报*, 2006(4): 349-355.
- LIU G D, LUO L J, BAI C J, WANG D J, ZHENG X Q. Forage grasses resources of Hainan Province and assessment of their nutritional values. *Acta Agrestia Sinica*, 2006(4): 349-355.
- [30] 时维静, 郑艺梅, 蔡华珍, 高金香, 吴世景, 周宗运. 薏苡饲料开发试验. *饲料研究*, 1994(7): 6-7.
- SHI W J, ZHENG Y M, CAI H Z, GAO J X, WU S J, ZHOU Z Y. *Coix* feed development test. *Feed Research*, 1994(7): 6-7.
- [31] 张美艳, 薛世明, 蔡明, 韩云华, 钟声, 匡崇义, 高月娥. 西双版纳野生牧草种质资源调查及评价. *草地学报*, 2017, 25(1): 155-164.
- ZHANG M Y, XUE S M, CAI M, HAN Y H, ZHONG S, KUANG C Y, GAO Y E. Investigation and Evaluation on wild forage germplasm resources in Xishuangbanna District. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(1): 155-164.
- [32] 李莉, 王元素, 孔玲, 伍江, 王松. 贵州省 35 种常见禾本科饲用植物营养成分研究. *草学*, 2018(3): 13-18.
- LI L, WANG Y S, KONG L, WU J, WANG S. Nutritional components of 35 gramineae plants in Guizhou. *Journal of Grassland and Forage Science*, 2018(3): 13-18.
- [33] 孙建平, 董宽虎, 蒯晓妍, 薛竹慧, 高永强. 晋北农牧交错区引进燕麦品种生产性能及饲用价值比较. *草业学报*, 2017, 26(11): 222-230.
- SUN J P, DONG K H, KUAI X Y, XUE Z H, GAO Y Q. Comparison of productivity and feeding value of introduced oat varieties in the agro-pasture ecotone of northern Shanxi. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(11): 222-230.
- [34] 崔凤娟, 田福东, 王振国, 李岩, 徐庆全, 呼瑞梅, 李默, 邓志兰, 周福荣. 饲用高粱品种品质性状的比较及评价. *草地学报*, 2012, 20(6): 1112-1116.
- CUI F J, TIAN F D, WANG Z G, LI Y, XU Q Q, HU R M, LI M, DENG Z L, ZHOU F R. Comparison and Evaluation of quality traits between forage sorghum varieties. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(6): 1112-1116.
- [35] 刘翔宇, 刘祖昕, 加帕尔, 斯拉依丁, 阿依加马力·加帕尔, 郭峰. 基于主成分与灰色关联分析的甜高粱品种综合评价. *新疆农业科学*, 2016, 53(1): 99-107.
- LIU X Y, LIU Z X, Japar, Silayiding, Ayijiamali·jiapaer, GUO F. Comprehensive evaluation of sweet sorghum varieties based on principal component silabi analysis and gray relational grade analysis. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2016, 53(1): 99-107.
- [36] 田宏, 熊海谦, 熊军波, 张鹤山, 蔡化, 刘洋. 采用主成分分析和隶属函数法综合评价 14 份青贮玉米品种的生产性能. *江西农业大学学报*, 2015, 37(2): 249-259.
- TIAN H, XIONG H Q, XIONG J B, ZHANG H S, CAI H, LIU Y. Comprehensive evaluation of the production performance of 14 silage maize varieties by principal component analysis and subordinate function method. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2015, 37(2): 249-259.
- [37] 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. Comprehensive evaluation of silage quality of whole Corn silage for different varieties in Northeast China based on principal component analysis and cluster analysis. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(8): 3856-3868.

(责任编辑 魏晓燕)