

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0421

张鹏,徐长林,张建文,杨海磊,肖红,柴锦隆,鱼小军.不同扁蓊豆种质在甘肃天祝高寒地区的农艺性状表现.草业科学,2018,35(8):1948-1958

ZHANG P, XU C L, ZHANG J W, YANG H L, XIAO H, CHAI J L, YU X J. Agronomic traits of different *Medicago ruthenica* germplasms in the Tianzhu alpine region of Gansu Province. Pratacultural Science, 2018, 35(8): 1948-1958.

不同扁蓊豆种质在甘肃天祝 高寒地区的农艺性状表现

张 鹏, 徐长林, 张建文, 杨海磊, 肖 红, 柴锦隆, 鱼小军

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中—美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃省草业工程实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为筛选适宜在高寒区种植的扁蓊豆(*Medicago ruthenica*)的种质, 在甘肃省天祝高寒区种植了 23 份扁蓊豆种质, 对其农艺性状进行了综合分析。结果表明, 供试扁蓊豆种质中自然高度最高的为景泰(27.7 cm), 最低的为会宁(6.0 cm), 绝对高度最高和最低的分别为蒙 99-102(47.4 cm)、B-509(26.7 cm)与渭源(26.7 cm); 单株产量以中畜 545 种质的最高, 为 2.57 g, 渭源的最小, 为 0.62 g; 单株地下生物量较高的是中畜 545 种质(1.32 g)、镇原(1.31 g)、蒙 99-10(1.32 g), 最低的是渭源(0.52 g); 粗蛋白含量较高的是会宁(15.81%)和永昌-2(15.76%), Q8508 扁蓊豆种质含量最低, 为 10.02%; 酸性洗涤纤维含量最高的是土默特 35.16%, 最低的是会宁(21.24%); 榆中的中性洗涤纤维含量最高, 为 43.07%, 会宁最低, 为 26.83%。根据灰色关联度分析, 蒙 99-10 和中畜 545 扁蓊豆种质综合表现最佳, 宁县扁蓊豆种质次之; 景泰扁蓊豆的直立性在所有参试种质中表现最好, 会宁在参试的 23 份种质中排名第 8, 但在营养指标方面表现良好; 渭源和 Q8508 种质相对其他种质来说表现最差。

关键词: 扁蓊豆; 种质; 栽培; 种植; 农艺性状; 高寒区; 灰色关联分析

中图分类号: S3; S543⁺.9 文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2018)08-1948-11*

Agronomic traits of different *Medicago ruthenica* germplasms in the Tianzhu alpine region of Gansu Province

ZHANG Peng, XU Changlin, ZHANG Jianwen, YANG Hailei, XIAO Hong, CHAI Jinlong, YU Xiaojun
(Pratacultural College, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem of Ministry of Education/ Sino-U.S. Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: To provide a foundation for planting and selecting seed of *Medicago ruthenica* in alpine areas, the agronomic traits of 23 *M. ruthenica* resources were studied. The results showed that the sample Jingtai had the tallest natural height (27.7 cm), while Huining had the shortest height (6.0 cm). The highest and lowest absolute heights were observed for Meng99-102 (47.4 cm), B-509 (26.7 cm), and Weiyuan (26.7 cm). For yield per plant, Zhongxu545 showed the largest value of 2.57 g per plant, while Weiyuan showed the lowest value of 0.62 g per plant. Zhongxu545 showed the highest underground biomass (1.32 g), followed by Zhenyuan (1.31 g) and Meng99-102 (1.32 g), while the lowest value was observed for Weiyuan (0.52 g). Regarding nutrition, Huining and Yongchang-2 showed the highest crude protein content of 15.81% and 15.76%, while Q8508

* 收稿日期:2017-08-18 接受日期:2018-01-25
基金项目:甘肃农业大学“大学生科研训练计划(SRTP)项目”(20160236);国家自然科学基金地区项目(31760695)
第一作者:张鹏(1993-),男,甘肃定西人,在读本科生,主要从事生态学方面的研究。E-mail:952100612@qq.com
通信作者:鱼小军(1977-),男,甘肃陇西人,教授,博士,主要从事草地生态、草种子和草种质资源方面的教学和研究。
E-mail:yuxj@gsau.edu.cn

M. ruthenica showed the lowest crude protein content (10.02%). The highest acid detergent fiber(ADF) was observed for Tumote (35.16%), while the lowest one was observed for Huining (21.24%). Yuzhong showed the highest neutral detergent fiber (NDF) (43.07%), while Huining again showed the lowest value (26.83%). Integrated analysis revealed that the Meng99-10 and Zhongxu545 germplasms of *M. ruthenica* showed the best performance, followed by Ningxian; the erectness of Jingtai was the best in all tested germplasms. Huining ranked the 8th in all 23 tested germplasms and showed a good value for nutrition index. The Weiyuan and Q8508 *M. ruthenica* germplasms showed relatively lower performance among all the tested germplasms.

Keywords: *Medicago ruthenica*; germplasm; planting; selecting seed; agronomic traits; alpine region; grey correlation analysis

Corresponding author: YU Xiaojun E-mail: yuxj@gsau.edu.cn

扁蓿豆 (*Medicago ruthenica*), 别名花苜蓿、王国葫芦巴、扁豆子、扁豆草、野苜蓿等, 属于多年生豆科牧草, 是典型草原、草甸草原、高山草原中的常见伴生植物^[1-2], 广泛分布在我国北方地区, 其适口性好并且营养价值较高, 且不含皂素, 即使在家畜采食过量时也不会发生臃胀病^[3], 是一种良好的蛋白质饲草。扁蓿豆也是一种耐寒性强、抗干旱、耐贫瘠、耐盐碱的牧草, 且在黑钙土、栗钙土和中度盐碱土上均能较好生长的多年生轴根牧草, 特别是在紫花苜蓿 (*M. sativa*) 不能越冬生长的寒冷地区以及相对较干旱地区, 扁蓿豆都能够较良好生长^[4]。此外, 扁蓿豆种质内具有较高的遗传多样性, 具有选育和驯化栽培牧草的潜力^[5-6], 这对于在寒旱区栽培种植来说是极其有利的。

国内外关于扁蓿豆的研究主要集中于种子萌发、抗旱性及遗传多样性等方面^[7], 关于在寒旱区农艺性状的相关研究较少, 特别是种植牧草品种单一、营养价值低、生产利用转化率低的高寒牧区。因此, 本研究通过分析种植于天祝高寒牧区 23 份扁蓿豆种质的表现, 测定扁蓿豆的形态学和营养两方面的指标, 采用灰色关联分析和聚类分析进行了综合评价, 筛选出适宜当地种植的扁蓿豆种质, 并为该地区扁蓿豆的栽培种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试 23 份扁蓿豆种质来自甘肃、陕西及国家牧草种质资源中期库(表 1)。

1.2 试验地概况

该研究地设在青藏高原东北缘的甘肃省天祝藏族自治县甘肃农业大学天祝高山草原试验站, 地理坐标 35°33' N, 107°49' E, 海拔 2 960 m, 当地气候寒冷潮

湿、空气稀薄、白天太阳辐射强、夜晚和白天的温差大。年均温为 -0.1 °C, 1 月均温 -18.3 °C, 7 月均温 12.7 °C, 水热同期, 年日照时数 2 600 h; 年降水量 416 mm, 多为地形雨, 集中于 7—9 月, 年蒸发量 1 592 mm。无绝对无霜期, 仅分冷、热两季。土壤以亚高山草甸土、亚高山黑钙土等为主, 试验地的土壤 pH 为 7.0~8.2, 土层厚约 40~80 cm, 有机质含量 10%~16%^[8]。

1.3 试验设计

所有参试种质在 2015 年 5 月 1 日进行播种, 播种量为 12 kg · hm⁻²。小区面积为 3 m × 5 m, 3 次重复, 采用随机区组排列。前茬为燕麦 (*Avena sativa*), 播种前对试验地进行翻耕, 播种深度 1~2 cm。每年人工拔除杂草 2 次。

1.4 测定内容与方法

于 2016 年 10 月 5 日进行刈割测产试验, 共测定 23 份扁蓿豆种质的 9 项形态学指标(自然株高、绝对株高、茎叶比、直立性、根颈粗、根颈芽、分枝数、单株产量、单株地下生物量)^[9-10]和 3 项营养指标(粗蛋白、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维)。

自然株高: 测量从地表到植株最高点的垂直高度, 所选小区随机取 10 株, 求平均值。绝对高度: 测量从地表面到植株最高点的拉直长度, 所选小区随机取 10 株, 求平均值。直立性: 用植株自然高度与绝对高度的比值来表示直立性, 比值大, 表示直立性好。单株产量: 所选小区随机取 10 株, 测得茎重与叶(含花序、种子)重之和。茎叶比: 所选小区随机取 10 株, 将茎、叶(含花序、种子)分开, 烘干后分别称重, 计算叶重与茎重的比值。地下生物量: 所选小区随机取 10 株, 测量其完整根的重量。根颈粗: 所选小区随机取 10 株, 用游标卡尺测量其根颈膨大处为直径, 最后分别求其平均值。根颈芽: 所选小区随机取 10 株, 记录

表1 供试的23份扁蓿豆种质及来源

Table 1 23 germplasm of *Medicago ruthenica* and their sources

| 采集地或种质名称 Collecting or introduce site | 生境 Habit | 地理坐标 Geographical coordinate | 海拔 Elevation/ m | 年降水量 Annual precipitation/ mm |
|--|---|------------------------------------|-----------------------|--|
| 甘肃景泰 Jintai, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 不详 Unknown | 不详 Unknown | 182.4 |
| 甘肃天祝 Tianzhu, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 37°04' N 103°00' E | 2 598 | 416.0 |
| 甘肃会宁 Huining, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 35°42' N 104°59' E | 1 840 | 350.0 |
| 自选8号 Optional 8, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 37°40' N 102°32' E | 2 960 | 154.6 |
| 甘肃临夏 Linxia, Gansu | 水渠边、阴坡 Side drains, north-facing slope | 35°42' N 103° 08' E | 2 150 | 537.4 |
| 甘肃陇西 Longxi, Gansu | 路边、阴坡 Roadside, north-facing slope | 35°08' N 104° 24' E | 2 000 | 445.8 |
| 甘肃宁县 Ningxian, Gansu | 地埂 Terrace edge | 35°33' N 107° 49' E | 1 220 | 572.1 |
| 甘肃天水 Tianshui, Gansu | 地埂 Terrace edge | 34°27' N 108° 12' E | 1 360 | 491.7 |
| 甘肃渭源 Weiyuan, Gansu | 高寒草甸 Alpine meadow | 56°26' N 104° 03' E | 2 780 | 525.7 |
| 甘肃夏河 Xiahe, Gansu | 路边、水渠边 Roadside, side drains | 35°14' N 102° 49' E | 2 510 | 516.0 |
| 甘肃永昌1号 Yongchang-1, Gansu | 地埂、水渠边 Terrace edge, side drains | 38°16' N 101° 39' E | 2 170 | 185.1 |
| 甘肃永昌2号 Yongchang-2, Gansu | 路边、阴坡 Roadside, north-facing slope | 38°11' N 101° 35' E | 2 800 | 185.1 |
| 甘肃榆中 Yuzhong, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 35°51' N 104° 01' E | 2 280 | 350.0 |
| 甘肃镇原 Zhenyuan, Gansu | 地埂 Terrace edge | 35°32' N 107° 14' E | 1 170 | 594.0 |
| 陕西陇县 Longxian, Shaanxi | 水渠边、路边 Side drains, roadside | 34°59' N 106° 33' E | 1 363 | 600.1 |
| 土默特 Tumote(内蒙古) Inner Mongolia | 野生栽培品种 Cultivable wild variety | | | |
| CF009614(B-509) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |
| CF021286 (蒙 99-10, Meng 99-10) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |
| CF021287 (蒙 99-102, Meng 99-102) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |

<http://cykx.lzu.edu.cn>

续表 1

| 采集地或种质名称 Collecting or introduce site | 生境 Habit | 地理坐标 Geographical coordinate | 海拔 Elevation/ m | 年降水量 Annual precipitation/ mm |
|--|---|------------------------------------|-----------------------|--|
| 甘肃景泰 Jintai, Gansu | 地埂、路边 Terrace edge, roadside | 不详 Unknown | 不详 Unknown | 182.4 |
| CF021284 (中畜 545, Zhongxu 545) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |
| CF021289 (NM63-079) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |
| CF021291 (Q8508) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |
| CF021294 (中畜 812, Zhongxu 812) | 国家草种质资源中期库 National grass mid germplasm repository | | | |

其根颈芽,求平均值。分枝数:所选小区随机取 10 株,数其分枝数,求平均值。上述指标均做 3 次重复。粗蛋白(CP)用凯氏定氮法,酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)用范氏洗涤法进行测定^[11-12]。

1.5 分析方法及原理

将参试扁蓊豆种质看成一个灰色系统,而每个参试种为该系统中的一个因素,分析该灰色系统中各因素的关联程度即关联度。对自然高度、绝对高度、茎叶比、直立性、根颈芽、根颈粗、地下生物量、单株产量、NDF、ADF、CP 的测定结果运用该方法进行综合分析:首先根据参试种质的测定指标假定一个扁蓊豆种质的理想材料 X_0 ,将假定理想材料 X_0 的各项指标作为假定数列,每份种质的测定指标值作为比较数列 X_i ,计算得出扁蓊豆种质的各测定项目同假定材料相应指标间的关联度,最后根据所求关联度值评定所有参试种质,判定所有扁蓊豆参试种质与理想种质的相近程度,即在该地农艺性状表现最佳的种质。设假定数列为 X_0 ,扁蓊豆种质的比较数列为 $X_i, i=1, 2, 3, \dots, N$,且 $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), X_0(3), \dots, X_0(N)\}$, $X_i = \{X_i(1), X_i(2), X_i(3), \dots, X_i(N)\}$,则称 $\varepsilon_i(k)$ 为 X_0 与 X_i 在第 k 点的关联系数:

$$\varepsilon_i = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}$$

式中: $\Delta_i(k)$ 表示 X_0 数列与 X_i 数列在第 k 点的绝对差值,记作:

$$\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|。$$

等权关联度为

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k)。$$

式中: n 为样本数。

权重系数公式为

$$\omega_i = \frac{r_i}{\sum r_i}。$$

加权关联度公式为

$$r_i' = \sum_{k=1}^n \omega_i(k) \varepsilon_i(k)。$$

式中: $\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 为二级最小差, $\max_i \max_k \Delta_i(k)$ 为二级最大差, ρ 是分辨系数,取值范围为 $0-1$,其取值通常是 $\rho=0.5$ ^[13],本研究中取值 0.5 ,选取理想最优值对原始数据进行无量纲处理,根据上述公式求出关联度值。为了客观地评价不同扁蓊豆种质在天祝高寒地区的适应性,在做等权关联度的同时需再次采用加权关联度,以加权关联度公式对扁蓊豆种质进行评价。在关联度的分析及原理中,若关联度越大,则因素的相似程度就越高,即扁蓊豆种质与所假定参考材料的相似度就越高^[14-16]。最后通过 SPSS 19.0 软件依据加权关联度值对结果进行欧氏距离聚类分析^[17-19],构建聚类树状图。

1.6 数据处理

将试验所得的数据利用 Microsoft Excel 2010 进行整理与计算,并用 SPSS 19.0 软件进行统计与方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同扁蓊豆种质的根颈芽、根颈粗、分枝数

蒙 99-10 扁蓊豆种质根颈芽最多,为 27.1;其次是蒙 99-102(20.7)与中畜 545(16.0);根颈芽最少的有涇源(8.5)、夏河(8.2),均与蒙 99-10 扁蓊豆种质间存在显著差异($P < 0.05$)(表 2)。中畜 545 和天水扁蓊豆种质的根颈较粗,分别为 5.65 与 5.63 mm,涇源扁蓊豆种质的根颈粗值最小,仅为 3.63 mm。分枝数较多的扁蓊豆种质是中畜 545 和会宁,其次是永昌-1、土默特,这两者之间差异不显著($P > 0.05$),但显著高于涇源和景泰($P < 0.05$)。

2.2 不同扁蓊豆种质的绝对高度、自然高度、直立性

景泰扁蓊豆种质的自然高度最高,为 27.70 cm,

会宁扁蓊豆种质的植株自然高度最低,为 6.00 cm,两者差异显著($P < 0.05$);蒙 99-102 的绝对高度最高,为 47.4 cm,最低的是会宁(18.5 cm),两者差异显著($P < 0.05$)(表 3)。景泰的直立性最好,其自然高度与绝对高度的比值为 0.70,中畜 545 与 NM63-079 的直立性最差,其比值分别为 0.27、0.26。

2.3 不同扁蓊豆种质的茎叶比、单株产量、地下生物量

中畜 545 扁蓊豆种质的单株产量最高,为 2.57 g,涇源最低,为 0.62 g,两者显著差异($P < 0.05$)。单株的地下生物量较高的是蒙 99-10(1.32 g)、中畜 545(1.32 g)、镇原(1.31 g),三者差异不显著($P > 0.05$),但显著高于涇源(0.52 g)($P < 0.05$)(表 4);在茎叶比指标中,会宁扁蓊豆种质的最优,其次为天水, NM63-079 最差。

表 2 不同扁蓊豆种质的根颈芽、根颈粗、分枝数

Table 2 Number of overwintering buds, rhizome thickness, and branch numbers of different *M. ruthenica* germplasms

| 种质 Germplasm | 根颈芽 Crown bud | 根颈粗 Rhizome thick/mm | 分枝数 Branch number |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| 景泰 Jintai | 13.30±0.64cdefgh | 4.84±0.33abcd | 4.10±0.75j |
| 天祝 Tianzhu | 11.40±0.81fghi | 4.15±0.29de | 4.90±0.06fghij |
| 会宁 Huining | 10.70±0.98hij | 4.03±0.24de | 10.70±0.17a |
| 自选 8 号 Optional 8 | 13.50±1.1cdefgh | 5.10±0.12abc | 5.10±0.75fghij |
| 临夏 Linxia | 10.30±0.52ij | 4.81±0.02abcd | 4.40±0.35hij |
| 陇西 Longxi | 11.60±0.12fghi | 5.10±0.20abc | 6.20±0.12cdef |
| 宁县 Ningxian | 13.10±0.17defghi | 5.33±0.05abc | 7.30±0.17bcd |
| 天水 Tianshui | 12.40±0.92defghi | 5.63±0.27a | 5.60±0.35efgh |
| 涇源 Weiyuan | 8.50±0.52j | 3.63±0.06e | 4.10±0.40j |
| 夏河 Xiahe | 8.20±0.69j | 5.35±0.38ab | 4.80±0.23ghij |
| 永昌-1 Yongchang-1 | 14.60±0.35cde | 5.28±0.09abc | 7.90±0.06b |
| 永昌-2 Yongchang-2 | 13.10±0.17defghi | 4.45±0.58bcde | 5.30±0.75fghij |
| 榆中 Yuzhong | 12.00±0.23efghi | 5.33±0.25abc | 6.50±0.64cde |
| 镇原 Zhenyuan | 11.60±0.23fghi | 5.18±0.20abc | 5.50±0.17efghi |
| 陇县 Longxian | 14.10±0.52cdef | 4.39±0.21cde | 6.20±0.12cdef |
| 土默特 Tumote | 13.60±1.04cdefg | 5.09±0.08abc | 8.20±0.12b |
| B-509(CF009614) | 15.00±0.92cd | 4.67±0.07bcd | 7.00±0.81bcd |
| 蒙 99-10(CF021286) Meng 99-10 | 27.10±2.48a | 5.22±0.50abc | 6.10±0.64cdefg |
| 蒙 99-102(CF021287) Meng 99-102 | 20.70±1.10b | 4.49±0.21bcde | 6.20±0.35cdef |
| 中畜 545(CF021284) Zhongxu 545 | 16.00±0.92c | 5.65±0.28a | 10.30±0.17a |
| NM63-079 (CF021289) | 10.40±0.12ij | 4.44±0.54bcde | 7.40±0.00bc |
| Q8508 (CF021291) | 11.20±0.81ghi | 4.02±0.17de | 4.20±0.12ij |
| 中畜 812(CF021294) Zhongxu 812 | 14.00±0.23cdefg | 5.25±0.13abc | 6.00±0.00defg |

同列不同小写字母表示各材料间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Different lowercase letters within the same column indicate significant difference at the 0.05 level; similarly for the following tables.

表 3 不同扁蓊豆种质的绝对高度、自然高度、直立性

Table 3 Absolute height, natural height, and erectness of different *M. ruthenica* germplasms

| 种质 Germplasm | 绝对高度 Absolute height/cm | 自然高度 Natural height/cm | 直立性 Erectness |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|
| 景泰 Jintai | 39.40±0.23abcdef | 27.70±5.37a | 0.70±0.13a |
| 天祝 Tianzhu | 33.80±0.46defgh | 16.35±1.13b | 0.48±0.03abcd |
| 会宁 Huining | 18.50±0.75i | 6.00±0.40c | 0.33±0.03cd |
| 自选 8 号 Optional 8 | 33.40±0.92efgh | 18.93±0.33b | 0.57±0.01abc |
| 临夏 Linxia | 33.40±2.08efgh | 16.10±0.67b | 0.48±0.01abcd |
| 陇西 Longxi | 37.40±1.85bcdefg | 13.37±1.16bc | 0.36±0.05cd |
| 宁县 Ningxian | 37.80±1.50bcdefg | 17.07±1.99b | 0.45±0.04abcd |
| 天水 Tianshui | 32.50±0.17fgh | 11.43±0.95bc | 0.35±0.03cd |
| 渭源 Weiyuan | 26.70±0.52h | 16.80±0.06b | 0.63±0.01ab |
| 夏河 Xiahe | 33.00±1.62efgh | 15.43±2.80b | 0.48±0.10abcd |
| 永昌-1 Yongchang-1 | 43.00±0.12abc | 16.57±3.37b | 0.39±0.08bcd |
| 永昌-2 Yongchang-2 | 32.40±2.77fgh | 13.23±2.68bc | 0.40±0.05bcd |
| 榆中 Yuzhong | 42.00±2.66abcd | 14.83±4.35b | 0.37±0.13bcd |
| 镇原 Zhenyuan | 30.60±0.35gh | 14.07±2.96bc | 0.46±0.09abcd |
| 陇县 Longxian | 36.00±1.04bcdefg | 13.00±0.85bc | 0.36±0.03cd |
| 土默特 Tumote | 34.80±4.27cdefgh | 19.40±2.39b | 0.59±0.14abc |
| B-509(CF009614) | 26.70±0.40h | 14.13±1.97bc | 0.53±0.07abcd |
| 蒙 99-10(CF021286)Meng 99-10 | 41.10±2.02abcde | 15.17±1.53b | 0.37±0.05bcd |
| 蒙 99-102(CF021287) Meng 99-102 | 47.40±8.78a | 17.37±2.65b | 0.42±0.14bcd |
| 中畜 545(CF021284) Zhongxu 545 | 43.80±2.89ab | 11.67±0.90bc | 0.27±0.04d |
| NM63-079 (CF021289) | 43.70±1.79ab | 11.63±1.57bc | 0.26±0.03d |
| Q8508 (CF021291) | 33.10±0.75efgh | 16.73±2.00b | 0.51±0.07abcd |
| 中畜 812(CF021294)Zhongxu 812 | 43.30±0.87ab | 14.43±5.69bc | 0.33±0.12cd |

表 4 不同扁蓊豆种质的茎叶比、单株产量、地下生物量

Table 4 Stem-leaf ratio, yield per plant, and underground biomass of different *M. ruthenica* germplasms

| 种质 Germplasm | 茎叶比 Stem-leaf ratio | 单株产量 Yield per plant/g | 单株地下生物量 Underground biomass per plant/g |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|--|
| 景泰 Jintai | 0.72±0.03defgh | 1.66±0.37abcdefg | 0.67±0.07def |
| 天祝 Tianzhu | 0.96±0.00bcd | 1.28±0.07cdefg | 1.19±0.03abc |
| 会宁 Huining | 2.17±0.09a | 1.23±0.22cdefg | 0.67±0.02def |
| 自选 8 号 Optional 8 | 0.67±0.05defgh | 1.17±0.12defg | 0.98±0.01abcde |
| 临夏 Linxia | 0.89±0.14bcde | 1.14±0.27defg | 0.90±0.16abcdef |
| 陇西 Longxi | 0.86±0.15bcdef | 2.18±0.32abcd | 1.04±0.12abcd |
| 宁县 Ningxian | 0.67±0.08defgh | 2.34±0.05abc | 1.17±0.08abc |
| 天水 Tianshui | 1.08±0.09b | 1.86±0.04abcdef | 1.24±0.14ab |
| 渭源 Weiyuan | 1.04±0.13bc | 0.62±0.04g | 0.52±0.05f |
| 夏河 Xiahe | 0.88±0.08bcde | 0.99±0.19efg | 0.87±0.08bcdef |
| 永昌-1 Yongchang-1 | 0.78±0.10cdefg | 1.95±0.09abcde | 1.04±0.01abcd |
| 永昌-2 Yongchang-2 | 0.85±0.04bcdef | 1.38±0.55bcdefg | 0.91±0.23abcdef |
| 榆中 Yuzhong | 0.69±0.13defgh | 1.83±0.22abcdef | 1.04±0.18abcd |
| 镇原 Zhenyuan | 0.90±0.14bcd | 1.75±0.03abcdefg | 1.31±0.03a |
| 陇县 Longxian | 0.56±0.07fgh | 1.30±0.05cdefg | 0.81±0.03cdef |
| 土默特 Tumote | 0.70±0.12defgh | 1.47±0.48abcdefg | 0.69±0.05def |
| B-509(CF009614) | 0.69±0.01defgh | 1.19±0.28cdefg | 0.79±0.10cdef |
| 蒙 99-10(CF021286)Meng 99-10 | 0.69±0.03defgh | 2.20±0.49abcd | 1.32±0.26a |
| 蒙 99-102(CF021287)Meng 99-102 | 0.52±0.10gh | 2.52±0.99ab | 0.95±0.12abcde |
| 中畜 545(CF021284)Zhongxu 545 | 0.57±0.10fgh | 2.57±0.33a | 1.32±0.24a |
| NM63-079 (CF021289) | 0.43±0.05h | 2.02±0.37abcde | 0.85±0.05bcdef |
| Q8508 (CF021291) | 0.59±0.05efgh | 0.76±0.00fg | 0.58±0.03ef |
| 中畜 812(CF021294)Zhongxu 812 | 0.57±0.02fgh | 1.77±0.22abcdef | 1.27±0.20ab |

<http://cykx.lzu.edu.cn>

2.4 不同扁蓿豆种质的营养

粗蛋白含量较高的扁蓿豆种质是会宁和永昌-2, 两者都近似为 15.8%, 最低的是 Q8508, 为 10.0% (表 5)。酸性洗涤纤维含量, 最低的种质是会宁, 为 21.2%, 最高的是土默特, 为 35.2%。中性洗涤纤维含量最低的种质是会宁, 为 26.8%, 榆中的含量最高, 为 43.1%。综上, 会宁扁蓿豆种质在营养指标方面均优于其它种质 ($P < 0.05$)。

2.5 不同扁蓿豆种质的综合评价及聚类

根据灰色关联理论, 对参试扁蓿豆种质的 11 项指标 (自然高度、绝对高度、茎叶比、直立性、根颈芽、根颈粗、地下生物量、单株产量、NDF、ADF、CP) 进行综合

分析, 计算等权关联度与加权关联度 (表 6)。综合分析得知, 排名前三的分别是蒙 99-10、中畜 545 和宁县, 且其等权关联度值和加权关联度值的排名次序一致, 即蒙 99-10 > 中畜 545 > 宁县; 另外在排名中渭源扁蓿豆种质排名 22, Q8508 扁蓿豆种质排名 23。

当欧式距离为 5 时, 23 份扁蓿豆种质可分为 4 大类群: 蒙 99-10、中畜 545、宁县、中畜 812、天水种质聚为第 I 类; 景泰、会宁、镇原、蒙 99-102 和永昌-1 种质聚为第 II 类; 第 III 类扁蓿豆种质即为榆中、永昌-2、陇西、自选 8 号、天祝、土默特、临夏; B-509、夏河、NM63-079、陇县、渭源、Q8508 剩余的这 6 份扁蓿豆种质聚为第 IV 类 (图 1)。

表 5 不同扁蓿豆种质的营养

Table 5 Nutritional value of different *M. ruthenica* germplasms

| 种质 Germplasm | 中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber | 酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber | 粗蛋白 Crude protein |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 景泰 Jintai | 37.2±1.4bcdef | 30.2±0.9defghi | 12.5±0.2ij |
| 天祝 Tianzhu | 37.3±1.0bcdef | 29.7±1.2efghi | 14.2±0.2cdef |
| 会宁 Huining | 26.8±0.5i | 21.2±0.8l | 15.8±0.1a |
| 自选 8 号 Optional 8 | 33.3±1.4efgh | 29.3±0.2fghij | 12.7±0.3ij |
| 临夏 Linxia | 34.1±1.4defgh | 26.9±0.0jk | 14.1±0.2cdefg |
| 陇西 Longxi | 36.2±0.2cdef | 29.1±0.7ghij | 12.4±0.1j |
| 宁县 Ningxian | 30.5±2.8ghi | 26.1±0.8k | 14.7±0.2bcd |
| 天水 Tianshui | 32.5±1.6efgh | 27.6±0.7ijk | 15.3±0.0ab |
| 渭源 Weiyuan | 36.5±1.3bcdef | 32.4±0.1bed | 13.7±0.2fghi |
| 夏河 Xiahe | 38.9±0.5abcd | 31.9±0.1bcde | 13.2±0.1ghij |
| 永昌-1 Yongchang-1 | 35.1±0.5defg | 29.6±1.3efghi | 14.1±0.6cdefg |
| 永昌-2 Yongchang-2 | 33.3±2.0efgh | 25.7±0.5k | 15.8±0.2a |
| 榆中 Yuzhong | 43.1±2.9a | 32.9±0.7abc | 13.3±0.3fghi |
| 镇原 Zhenyuan | 35.6±1.0defg | 26.0±0.5k | 14.8±0.0bc |
| 陇县 Longxian | 37.0±0.2bcdef | 30.9±0.5cdefg | 13.7±0.7efgh |
| 土默特 Tumote | 42.0±0.0ab | 35.2±0.5a | 14.2±0.2cdef |
| B-509(CF009614) | 31.7±3.9fghi | 27.8±0.3ijk | 13.7±0.7defgh |
| 蒙 99-10(CF021286) Meng 99-10 | 37.1±0.5bcdef | 32.0±1.8bcde | 13.4±0.1fghi |
| 蒙 99-102(CF021287) Meng 99-102 | 37.7±1.3abcde | 31.8±0.5cdef | 12.8±0.0hij |
| 中畜 545(CF021284) Zhongxu 545 | 41.6±1.9abc | 30.7±0.4cdefgh | 13.2±0.2hij |
| NM63-079 (CF021289) | 39.5±1.4abcd | 34.4±0.5ab | 13.0±0.2hij |
| Q8508 (CF021291) | 39.7±1.1abcd | 30.5±1.5cdefgh | 10.0±0.2k |
| 中畜 812(CF021294) Zhongxu 812 | 29.4±2.7hi | 28.3±1.0hijk | 14.4±0.2cde |

表 6 不同扁蓊豆种质的综合评价
Table 6 Comprehensive evaluation of different *M. ruthenica* germplasms

| 种质 Germplasm | 等权关联度 Equal relational grade analysis | 排名 Rank | 加权关联度 Weighted relational grade analysis | 排名 Rank |
|-------------------------------|---|------------|--|------------|
| 景泰 Jintai | 0.637 2 | 5 | 0.642 3 | 9 |
| 陇县 Longxian | 0.523 1 | 21 | 0.542 1 | 21 |
| 天水 Tianshui | 0.630 0 | 8 | 0.663 9 | 5 |
| 镇原 Zhenyuan | 0.620 4 | 9 | 0.648 9 | 6 |
| 会宁 Huining | 0.635 4 | 6 | 0.645 0 | 8 |
| 宁县 Ningxian | 0.657 1 | 3 | 0.685 3 | 3 |
| 榆中 Yuzhong | 0.573 7 | 13 | 0.599 2 | 11 |
| 陇西 Longxi | 0.575 7 | 12 | 0.596 2 | 13 |
| 临夏 Linxia | 0.560 8 | 17 | 0.581 9 | 17 |
| 天祝 Tianzhu | 0.566 1 | 15 | 0.584 7 | 15 |
| 渭源 Weiyuan | 0.514 4 | 22 | 0.523 6 | 22 |
| 自选 8 号 Optional 8 | 0.576 3 | 11 | 0.594 6 | 14 |
| 中畜 545(CF021284)Zhongxu 545 | 0.659 3 | 2 | 0.689 6 | 2 |
| 中畜 812(CF021294)Zhongxu 812 | 0.640 4 | 4 | 0.672 8 | 4 |
| B-509(CF009614) | 0.550 9 | 18 | 0.568 8 | 18 |
| Q8508 (CF021291) | 0.488 3 | 23 | 0.497 4 | 23 |
| NM63-079 (CF021289) | 0.536 3 | 20 | 0.557 4 | 20 |
| 蒙 99-102(CF021287)Meng 99-102 | 0.632 3 | 7 | 0.646 5 | 7 |
| 蒙 99-10(CF021286)Meng 99-10 | 0.676 6 | 1 | 0.691 3 | 1 |
| 土默特 Tumote | 0.565 2 | 16 | 0.583 6 | 16 |
| 永昌-1 Yongchang-1 | 0.609 8 | 10 | 0.635 7 | 10 |
| 永昌-2 Yongchang-2 | 0.572 9 | 14 | 0.598 2 | 12 |
| 夏河 Xiahe | 0.540 4 | 19 | 0.563 4 | 19 |

3 讨论

牧草高产的 3 个主要性状指标有株高、茎粗、复叶数。株高是反映苜蓿生长发育状况和产量活力的重要指标^[20],在一定程度上自然高度与绝对高度的比值能够代表该种质的直立性,比值越大说明植物的直立性越好,具有抗倒伏性强的优良特性;比值越小,表明植株的直立性差、易倒伏,叶片易感病,不利于作物再生,且在作物收割的过程中叶片容易脱落,增加不必要的损失,最终使得作物的品质变差^[21]。徐成体和李玉玲^[22]研究表明,成熟期扁蓊豆在青海省西宁地区的自然高度为 37.2~85.7 cm,但在本研究中,这两项指标与前人研究结果相差较大,这可能与种植区气候条件有关,高寒干旱的环境条件成为限制植物生长的重要因素。

根颈粗在一定程度上体现植物成长的健康状况,同时与其他性状之间有密切的关系,因此也是形态指标中重要的一项内容。本研究中,中畜 545 和天水扁

蓊豆种质的根颈粗值最大,渭源的根颈粗值最小。根颈芽的多少在一定程度上可以表明植物第 2 年的再生能力^[23],根颈芽越多,其再生能力相对越强;在分枝数增加的同时,叶片总数量和叶总面积越大,越有利于地上生物量的积累。本研究中,蒙 99-10 的根颈芽最多,其地下生物量也在测定种质中位居第一位;中畜 545 的分枝数最多。在单株产量方面,中畜 545 表现最佳,蒙 99-10 和蒙 99-102 在单株产量中也表现良好。综上,在根颈粗、分枝数以及单株产量的指标中,中畜 545 在所有参试种质当中表现出了最佳的农艺性状。

饲草的 NDF 和 ADF 增加,则家畜的消化率下降,因此 NDF 和 ADF 的测定数值越小,牧草营养价值越好^[24]。在本研究中,会宁扁蓊豆种质的 NDF 和 ADF 值都低于其他参试种质的值。有研究表明,苜蓿初花期至盛花期的粗蛋白含量一般在 17%~20%,高蛋白苜蓿品种开花初期的粗蛋白含量达 22%(以干物质基础计),且紫花苜蓿的粗蛋白主要分布于叶中^[25]。在本研究中,扁蓊豆干草的粗蛋白含量范围在 10.0%~

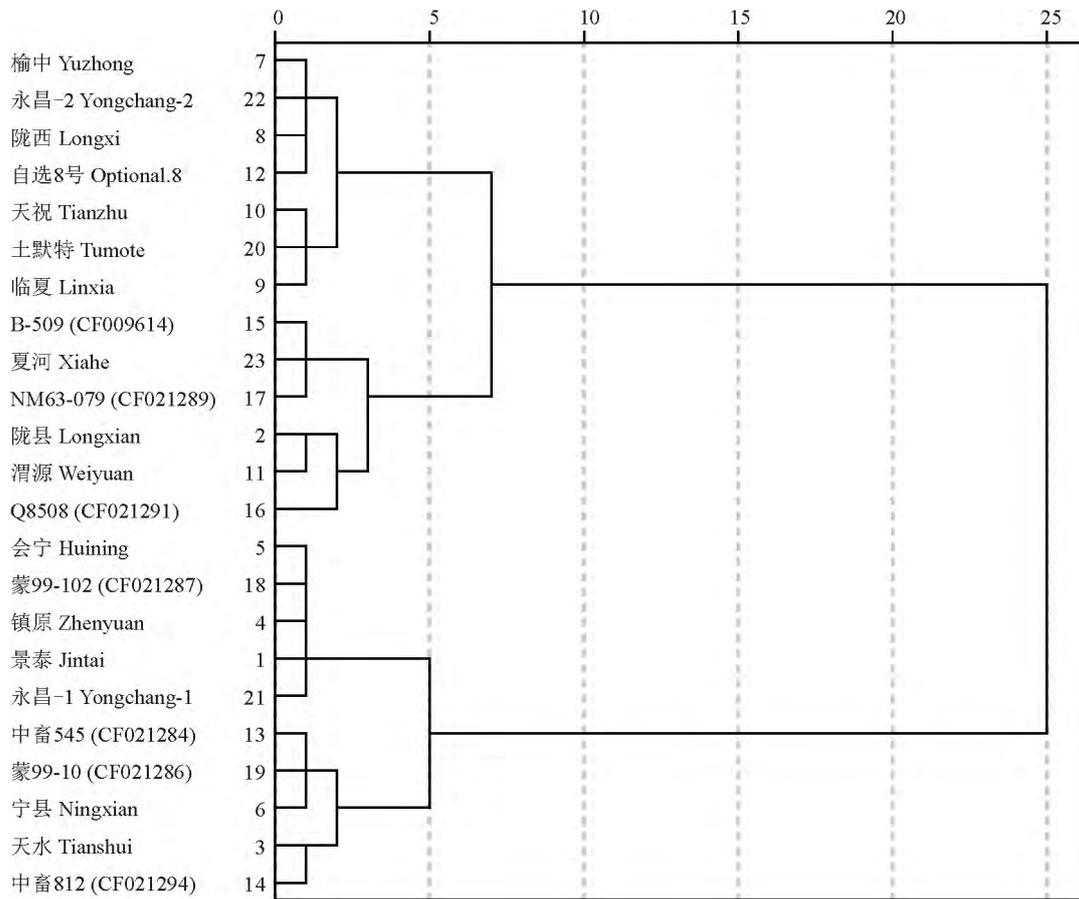


图1 23份扁蓿豆种质的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis based on 23 tested *Medicago ruthenica* germplasms

15.8%，其中会宁扁蓿豆种质的粗蛋白含量最高，其次是永昌-2，由于本研究在盛花期测量，所以比初花期扁蓿豆粗蛋白的含量低（18.9%）^[26]。此外，会宁扁蓿豆种质的茎叶比最优，其次为天水，NM63-079的茎叶比值最小，这种茎叶比的结果表现与营养指标测定的结果一致。

此外，运用灰色关联分析与聚类分析^[27-28]，对所有参试种进行比较全面的综合评价：蒙99-10和中畜545扁蓿豆种质综合排名分别居第一、二位，宁县种质扁蓿豆排名第三，渭源和Q8508扁蓿豆种质排在最后，两种关联度评价的结果基本一致；在对参试种质进行灰色关联度分析之后，依据加权关联度值进行系统聚类分析，表明23份扁蓿豆种质分为4大类群：蒙99-10、中畜545、宁县、中畜812、天水种质聚为第Ⅰ类，其综

合表现远远强于其他参试种；景泰、会宁、镇原、蒙99-102和永昌-1扁蓿豆种质聚为第Ⅱ类，表现性相对良好；第Ⅲ类为榆中、永昌-2、陇西、自选8号、天祝、土默特、临夏扁蓿豆种质，表现性中等；剩余的6份扁蓿豆种质为第Ⅳ类，表现最差。对所有参试种质进行灰色关联度分析和聚类分析的结果，与农艺性状相对较好的5份扁蓿豆种质在甘肃天祝高寒区的实际情况一致。

4 结论

通过对23份参试扁蓿豆种质农艺性状进行综合分析，得出蒙99-10和中畜545扁蓿豆种质在天祝高寒区的综合表现最佳，其次为宁县种质，可以在天祝高寒区作为优质牧草进行栽培种植；而渭源和Q8508在所有参试种质中表现最差，不宜栽培种植。

参考文献 References:

[1] 鱼小军,肖红,徐长林,景媛媛,柴成燕.扁蓿豆和苜蓿种子萌发期抗旱性和耐盐性比较.植物遗传资源学报,2015,16(2): 405-410.

YU X J, XIAO H, XU C L, JING Y Y, CHAI C Y. Comparative study on drought resistance and salt tolerance of *Medicago ru-*

<http://cykx.lzu.edu.cn>

- ruthenica* and *Medicago varia* at seed germination period. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(2): 405-410.
- [2] 李志勇,李鸿雁,石凤翎,王小丽,赵成贵,师文贵,蔡丽艳.中国扁蓿豆遗传多样性的 ISSR 分析. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(1): 48-51, 56.
LI Z Y, LI H Y, SHI F L, WANG X L, ZHAO C G, SHI W G, CAI L Y. Genetic diversity analysis of *Medicago ruthenica* by ISSRs in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(1): 48-51, 56.
- [3] 李鸿雁,李俊,黄帆,李志勇,孙丽楠,许莲华.不同生态型扁蓿豆种子性状的遗传多样性和相关性分析. *种子*, 2016, 35(8): 67-70.
LI H Y, LI J, HUANG F, LI Z Y, SUN L N, XU L H. The genetic diversity and correlation analysis of seed traits of *Medicago ruthenica* with different ecotype. *Seed*, 2016, 35(8): 67-70.
- [4] 贾慎修.中国饲用植物志.北京:中国农业出版社,1987:337-340.
JIA S X. *Flora of Chinese Forage*. Beijing: China Agriculture Press, 1987: 337-340.
- [5] 黄迎新,周道玮,岳秀泉,杨季云.扁蓿豆研究进展. *草业科学*, 2007, 24(12): 34-39.
HUANG Y X, ZHOU D W, YUE X Q, YANG J Y. Research progress of *Medicago ruthenica*. *Pratacultural Science*, 2007, 24(12): 34-39.
- [6] 额尔敦嘎日迪,中田昇.扁蓿豆生长发育规律的研究. *中国草地学报*, 2006, 28(6): 103-105.
Eerdun garidi, Noboru Nakata. Study on the growth and development patterns of *Medicago ruthenica* grown in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(6): 103-105.
- [7] 吴小培,沈迎芳,王海庆.基于 trnL-trnF 序列的扁蓿豆和青藏扁蓿豆遗传多样性及其群体遗传结构分析. *草业科学*, 2016, 33(6): 1136-1146.
WU X P, SHEN Y F, WANG H Q. Analysis of genetic diversity and population genetic structure of *Medicago archiducis-nolai* and *Medicago ruthenica* populations based on cpDNA trnL-trnF sequences. *Pratacultural Science*, 2016, 33(6): 1136-1146.
- [8] 肖红,徐长林,张德罡,张建平,杨海磊,柴锦隆,潘涛涛,王艳,鱼小军.阴山扁蓿豆光合特性对模拟牦牛、藏羊践踏和降水的短期响应. *草业学报*, 2017, 26(2): 43-52.
XIAO H, XU C L, ZHANG D G, ZHANG J W, YANG H L, CHAI J L, PAN T T, WANG Y, YU X J. Short-term photosynthetic responses of *Medicago ruthenica* var. *inschanicus* to simulated yak and Tibetan sheeo trampling and rainfall. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(2): 43-52.
- [9] 魏双霞,师尚礼,康文娟,谭谌森.抗寒紫花苜蓿品系的营养价值评价. *草原与草坪*, 2016, 36(3): 54-59.
WEI S X, SHI S L, KANG W J, TAN S M. Evaluation on nutritive value of cold-resistant strains of *Medicago sativa*. *Grassland and Truf*, 2016, 36(3): 54-59.
- [10] 杨海磊,徐长林,鱼小军,肖红,张建平,安晓东,杨发森,任宝虎,周瑞娟.14 份燕麦种质在肃南皇城镇的生产性能比较. *草业科学*, 2016, 33(1): 129-135.
YANG H L, XU C L, YU X J, XIAO H, ZHANG J W, AN X D, YANG F S, REN B H, ZHOU R J. Comparative study on the performance of 14 oat (*Avena sativa*) germplasm in Huangcheng Town of Sunan County, Gansu Province. *Pratacultural Science*, 2016, 33(1): 129-135.
- [11] 袁翠林,朱亚骏,林英庭,于子洋,王利华.饲料中中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维不同测定方法的比较. *粮食与饲料工业*, 2014, 12(4): 62-64.
YUAN C L, ZHU Y J, LIN Y T, YU Z Y, WANG L H. Comparison of different methods on the determination of NDF and ADF in feed. *Cereal & Feed Industry*, 2014, 12(4): 62-64.
- [12] 屈言江,师尚礼.陇牧草地早熟禾新品系的营养价值评价. *草原与草坪*, 2017, 37(1): 51-60.
Qu Y J, Shi S L. Nutritional evaluation of new lines of *Poa pratensis* cv. Longmu. *Grassland and Truf*, 2017, 37(1): 51-60.
- [13] 张本瑜.73 份俄罗斯百脉根种质材料资源的适应性及生产性能评价.兰州:甘肃农业大学硕士学位论文,2016.
ZHANG B Y. Evaluation on adaptability and production performance of 73 *Lotus corniculatus* germplasm resources introduced from Russia. Master Thesis. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2016.
- [14] 尹利,逯晓萍,傅晓峰,李美娜,郭建.高丹草杂交种灰色关联分析与评判. *中国草地学报*, 2006, 28(3): 21-25.
YIN L, LU X P, FU X F, LI M N, GUO J. The grey relation analysis and evaluation of hybrid pacesetter. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(3): 21-25.
- [15] 吴晓丽,韩清芳,贾志宽.不同紫花苜蓿几个抗旱指标的灰色关联分析. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(3): 100-103.
WU X L, HAN Q F, JIA Z K. Analysis on grey correlative of several drought resistance indexes of different alfalfa varieties. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(3): 100-103.

- [16] 伏兵哲,高雪芹,高永发,李东宁,张龙,张蓉.21个苜蓿品种主要农艺性状关联分析与综合评价.草业学报,2015,24(11):174-182.
FU B Z,GAO X Q,GAO Y F,LI D N,ZHANG L,ZHANG R.Correlation analysis of the main agronomic traits and performance of 21 alfalfa varieties.Acta Prataculturae Sinica,2015,24(11):174-182.
- [17] 张本瑜,师尚礼.73份俄罗斯百脉根的营养价值和相对饲喂价值的评价.草原与草坪,2017,37(1):67-78.
ZHANG B Y,SHI S L.Evaluation of nutritive value and RFV of 73 *Lotus corniculatus* germplasms of Russia.Grassland and Truf,2017,37(1):67-78.
- [18] 武自念,魏臻武,雷艳芳,甘欣,刘高军,杨云.12份苜蓿农艺性状的主成分及聚类分析.草原与草坪,2011,31(1):50-53.
WU Z N,WEI Z W,LEI Y F,GAN X,LIU G J,YANG Y.Main component and cluster analysis of agronomic traits of twelve alfalfa varieties.Grassland and Truf,2011,31(1):50-53.
- [19] 富新年,潘正武,李春涛,曹永林,孔宪华,姬万忠.天祝引种苜蓿形态变异分析.草业科学,2013,30(9):1407-1411.
FU X N,PAN Z W,LI C T,CAO Y L,SUN X H,JI W Z.Analysis on morphologic variation of *Medicago sativa* in Tianzhu. Pratacultural Science,2013,30(9):1407-1411.
- [20] 孙万斌,马晖玲,侯向阳,穆怀彬.20个紫花苜蓿品种在甘肃两个地区的生产性能及营养价值综合评价.草业学报,2017,26(3):161-174.
SUN W B,MA H L,HOU X Y,MU H B.Comprehensive evaluation of production performance and nutritional value of 20 alfalfa cultivars in two ecological areas of Gansu Province.Acta Prataculturae Sinica,2017,26(3):161-174.
- [21] 陈陆军,徐长林,鱼小军,景媛媛,杨海磊,张建文.20份扁蓿豆材料在甘肃武威地区的生产性能与品质表现.草原与草坪,2015,35(4):5-11.
CHEN L J,XU C L,YU X J,JING Y Y,YANG H L,ZHANG J W.Production performance and quality of 20 *Medicago ruthenica* germplasms in Wuwei City,Gansu Province.Grassland and Truf,2015,35(4):5-11.
- [22] 徐成体,李玉玲.5份扁蓿豆在西宁地区的适应性.草业科学,2008,25(5):60-63.
XU C T,LI Y L.Adaptation of five of *Melilotoides heist* varieties in the alpine region.Pratacultural Science,2008,25(5):60-63.
- [23] 方强恩,张勃,李宇泊,师尚礼.紫花苜蓿根颈芽越冬期间幼叶细胞超微结构的适应性变化.草业学报,2016,25(3):96-107.
FANG Q E,ZHANG B,LI Y B,SHI S L.Adaptive changes in the young leaf cell ultrastructure of crown buds in *Medicago sativa* (Leguminosae) during overwintering.Acta Prataculturae Sinica,2016,25(3):96-107.
- [24] 魏双霞.3个抗寒苜蓿新品系在甘南高寒地区的适应性及生产性能评价.兰州:甘肃农业大学硕士学位论文,2016.
WEI S X.Evaluation on adaptability and production performance of 3 cold resistance strains of alfalfa in Gannan cold area.Master Thesis.Lanzhou,Gansu Agricultural University,2016.
- [25] 玉柱,孙启忠.饲草青贮技术.北京:中国农业大学出版社,2011.
YU Z,SUN Q Z.Forage Silage Technology.Beijing:China Agricultural University Press,2011.
- [26] 王晓明.紫花苜蓿的营养价值及开发利用.当代畜禽养殖业,2016(10):15.
Wang X M.Nutritive value and exploitation of alfalfa.Modern Animal Husbandry,2016(10):15.
- [27] 单贵莲,张美艳,廖祥龙,钟绍丽,周鹏,薛世明.12个多年生牧草品种在迪庆高寒地区的引种评价.草业科学,2016,33(9):1793-1800.
SHAN G L,ZHANG M Y,LIAO X L,ZHONG S L,ZHOU P,XUE S M.Adaptability evaluation of 12 perennial forage cultivars in alpine region of Diqing.Pratacultural Science,2016,33(9):1793-1800.
- [28] 郑敏娜,梁秀芝,李荫藩,韩志顺,康佳惠,陈燕妮.晋北盐碱区不同种植年限人工紫花苜蓿草地土壤质量的评价.草地学报,2017,25(4):888-892.
ZHENG M N,LIANG X Z,LI Y F,HAN Z S,KANG J H,CHEN Y N.Assessment of soil quality of alfalfa field with different growing years in the saline alkali area of northern Shanxi Province.Acta Agrestia Sinica,2017,25(4):888-892.

(责任编辑 张瑾)