



## 干热区紫花苜蓿的生产性能和营养价值评价

龙会英 张德

### Evaluation of productivity performance and nutritional value of *Medicago sativa* in the dry-hot valleys

LONG Huiying, ZHANG De

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0984>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 12个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值

Production performance and nutritional value of 12 alfalfa cultivars in a semi-arid zone

草业科学. 2018, 12(6): 1472 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0320>

#### 玉门地区主要引进紫花苜蓿品种综合性状评价

Comprehensive character evaluation of alfalfa cultivars mainly introduced in the Yumen area

草业科学. 2020, 37(8): 1558 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0016>

#### 三峡库区10个青贮玉米品种生产性能及营养价值综合评价分析

Comprehensive evaluation and analysis of the performance and nutritional value of 10 silage corn varieties in the Three Gorges Reservoir Area

草业科学. 2019, 36(8): 2118 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0667>

#### 施肥对紫花苜蓿生产性能及营养品质的影响

Effects of different fertilization schemes on alfalfa performance and nutritional quality

草业科学. 2019, 36(3): 793 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0328>

#### AM真菌和根瘤菌对紫花苜蓿生长及其营养价值的影响

Effects of an arbuscular mycorrhizal fungus and rhizobium on the growth and nutritional value of *Medicago sativa*

草业科学. 2020, 37(6): 1115 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0484>

#### 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): 2237 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0246>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0984

龙会英, 张德. 干热区紫花苜蓿的生产性能和营养价值评价. 草业科学, 2024, 41(1): 117-125.

LONG H Y, ZHANG D. Evaluation of productivity performance and nutritional value of *Medicago sativa* in the dry-hot valleys. Pratacultural Science, 2024, 41(1): 117-125.

# 干热区紫花苜蓿的生产性能和营养价值评价

龙会英<sup>1,2</sup>, 张 德<sup>1,2</sup>

(1. 云南省农业科学院热区生态农业研究所, 云南 楚雄 675000; 2. 元谋干热河谷植物园, 云南 元谋 651300)

**摘要:** 在云南省干热河谷区, 以不同紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种 (系) 作为研究对象, 应用方差和灰色关联度的分析方法对其生产性能及营养成分进行综合评价。结果表明, 8 个品种 (系) 的一级分枝数和水分有明显差异。所有参试材料在 2018 年和 2020 年每年可刈割 8 次, 2019 年为 9 次。6 号苜蓿品种‘南苜 701-特克拉’的年均干草产量最高, 达到 29 589.96 kg·hm<sup>-2</sup>, 显著高于 5 号‘四季旺’和 8 号‘德钦’ ( $P < 0.05$ )。在 2018 年, 8 个苜蓿品种 (系) 产量在 4 个季度中从高到低的排列顺序为第 3 季度 > 第 2 季度 > 第 4 季度 > 第 1 季度。所有供试材料的粗纤维、粗脂肪、粗灰分、全钙、无氮浸出物差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。8 号品种‘德钦’的粗蛋白含量 (21.43%)、粗灰分 (10.16%) 和全磷含量 (0.25%) 均最高, 粗纤维含量最低 (18.36%)。经灰色关联度分析表明, ‘热引 41 号紫花苜蓿’‘德钦’‘多叶’和 ‘WL525HQ’的综合表现较好, 在该地区具有较高的推广利用价值。

**关键词:** 紫花苜蓿; 生产性能; 产量性状; 灰色关联度; 营养价值; 综合评价; 干热河谷

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)01-0117-09

## Evaluation of productivity performance and nutritional value of *Medicago sativa* in the dry-hot valleys

LONG Huiying<sup>1,2</sup>, ZHANG De<sup>1,2</sup>

(1. Tropical Eco-agriculture Research Institute, Chuxiong 675000, Yunnan, China;

2. Yuanmou Dry-Hot Valley Botanical Garden, Yuanmou 651300, Yunnan, China)

**Abstract:** Different varieties of alfalfa (*Medicago sativa*) from the dry-hot valley region of the Yunnan Province were used in this study. The variance and grey correlation analyses were performed to evaluate the production performance and nutritional composition of *M. sativa*. The results showed that there was a significant difference ( $P < 0.05$ ) for the 8 varieties (lines) in the number of first-level branches and moisture. All test materials could be cut eight times per year in 2018 and 2020 and nine times in 2019. Variety No.6 ‘Nanmuxu 701-Tequilla’ had the highest average annual hay yield of 29 589.96 kg·ha<sup>-1</sup>, which was significantly higher than that of Variety No.5 ‘Siriver’ and No.8 ‘Deqin’ ( $P < 0.05$ ). The order of yield of the 8 alfalfa varieties (lines) from highest to lowest across four quarters is as follows: third quarter > second quarter > fourth quarter > first quarter in 2018. The content of crude fiber, crude fat, crude ash, calcium, and nitrogen-free extract of all the test materials was not significant. ‘Deqin’ had the highest crude protein (21.43%), crude ash (10.16%), total phosphorus content (0.25%), and lowest crude fiber content (18.36%). The result of the grey correlation analysis showed that *M. sativa* ‘Reyin-41’ ‘Deqin’ ‘Multi-leaf’, and ‘WL525HQ’ had better general performance and a higher value for promotion in

收稿日期: 2022-12-22 接受日期: 2023-03-28

基金项目: 云南省技术创新人才培养项目 (2011CI066); 彝乡产业技术领军人才项目 (楚政发【2021】6 号); 2022 年云南省专家基层科研工作站 (209) 资助项目

第一作者: 龙会英 (1965-), 女, 云南蒙自人, 研究员, 主要从事牧草选育与栽培利用研究。E-mail: ynhuiying12003@sina.com

通信作者: 张德 (1964-), 男, 云南保山人, 研究员, 主要从事牧草选育与栽培利用研究。E-mail: ynzhangde2004@sina.com

this region.

**Keywords:** *Medicago sativa*; production performance; yield characters; grey correlation degree; nutritional value; comprehensive evaluation; dry-hot valley

**Corresponding author:** ZHANG De E-mail: [ynzhangde2004@sina.com](mailto:ynzhangde2004@sina.com)

苜蓿 (*Medicago sativa*) 属豆科草本植物, 具有营养价值高、适口性优等优良特性, 在饲草饲料生产中具有重要地位<sup>[1]</sup>, 有助于培肥地力, 是世界上人工种植面积最大的栽培牧草之一<sup>[1-2]</sup>。近年来, 随着我国畜(草)牧业的飞速发展, 国内对优质牧草的需求日益增加, 对苜蓿干草及其他成品的需求量也加大。2017年, 国家针对苜蓿产业出台了《全国苜蓿产业发展规划(2016—2020)》<sup>[3]</sup>, 提出到2020年, 建设优质苜蓿基地40万 $\text{hm}^2$ , 增加优质苜蓿产量180万t, 因此探索紫花苜蓿高效栽培技术很有必要<sup>[3]</sup>。

我国的苜蓿种植主要分布在西北和华北的干旱半干旱区, 素有“北有苜蓿, 南有柱花草”之说。近年来, 一些非秋眠级紫花苜蓿品种被很多学者成功培育和引入, 在川中及一些热带和亚热带地区引种, 表现出优质的生产性, 但鲜见苜蓿在不同季节产量比例报道<sup>[4-5]</sup>。由于生态环境、不同年份水热条件, 以及各苜蓿品种(系)的植物学特征和生物学习性不同等因素, 不同苜蓿种类的产量和品质有较大差别。因此, 在某一地区通过田间试验进行不同年份间优良品种的评价和筛选显得尤为必要<sup>[6]</sup>。云南热区(含干热区)具有独特的气候条件, 适宜多数暖季型牧草的生长, 但由于秋季和进入冬季后牧草生长量小, 存在秋冬春季缺少优质饲草的情况。针对以上问题, 为避免盲目引种及寻找秋冬初时期种植的冷季型牧草品种(系), 本研究在前期工作基础上, 于2017年引进8个苜蓿品种(系)。对参试品种(系)的生长特性、生产性能和养分含量进行测定和评价, 旨在筛选出在干热河谷以及相似生态区域栽培的优良品种, 以期为区域苜蓿资源收集、不同季节暖季型牧草和冷季型牧草的种植与优化及应用推广提供理论依据, 对促进热带亚热带地区秋末、冬季和春季草牧业的发展具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2017年在云南省元谋县黄瓜园镇苴林

基地进行, 海拔1073 m, 年均气温22℃, 日照时数2670.4 h, 最热月(6月)均温28.5℃, 最冷月(12月)均温15.9℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$ 年均积温8552.7 $^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ ; 年降水量645 mm, 雨季集中于5月—10月, 占全年94.6%, 干燥度4。样地土壤为燥红土, 种植前试验地土壤有机质含量为5.64 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全氮含量为0.42 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 有效磷含量为81.83 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 速效钾含量为104.67 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 碱解氮含量为49.39 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

### 1.2 供试材料

参试品种(系)编号: 1号为‘热引41号紫花苜蓿’, 2号为‘多叶’, 3号为‘三德利’, 4号为‘游客’, 5号为‘四季旺’, 6号为‘南苜701-特克拉’, 7号为‘WL525HQ’, 8号为‘德钦’, 8个苜蓿材料均引自云南绿盛美地园林景观有限公司。

### 1.3 试验设计与试验地田间管理

试验采用随机区组设计, 每个品种种植1个小区, 小区面积4 m $\times$ 2.5 m, 行距30 cm, 4次重复, 试验地四周种植1 m为保护带。平整试验地前撒施过磷酸钙1500 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为底肥, 于2017年10月17日播种, 人工开沟条播, 每小区播种13行, 播种量为15 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 播种后覆盖0.5~1 cm薄土, 播后浇水, 人工中耕除草<sup>[7]</sup>, 播种30 d后施75 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 尿素一次至刈割, 以后每次刈割后的第5~7天施200 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 尿素一次。每次刈割在苜蓿初花期, 2018年刈割8茬, 时间在3月、4月、5月、7月、8月、9月、11月和12月; 2019年刈割9茬, 时间在2月、4月、5月、6月、7月、8月、9月、10月和12月; 2020年刈割8茬, 时间在3月、4月、5月、7月、8月、9月、10月和12月。其中重复I用于观察物候期, 重复II、重复III和重复IV用于测定苜蓿生长量、产量以及营养品质的取样。

### 1.4 测定指标与方法

#### 1.4.1 株高和一级分枝数

2017年种植后2018年3月初花期第1次测产,

在重复Ⅱ、重复Ⅲ和重复Ⅳ内每小区随机测10株,测量株高(从地面至植株顶部的长度),计数法数出一级分枝数,求其平均值。

#### 1.4.2 茎叶比和干鲜比

初花期,在重复Ⅱ、重复Ⅲ和重复Ⅳ内每小区,留茬5~8cm刈割后称鲜重,取平均值为小区鲜草产量。每小区取1kg鲜草样,茎叶分离称重后,放入105℃烘箱内杀青10min,65℃烘干至恒重称重,计算干鲜比(干样重/鲜样重),再称其茎重和叶重,茎叶比为茎干重/叶干重。

#### 1.4.3 草产量

初花期,在重复Ⅱ、重复Ⅲ和重复Ⅳ内每小区,全小区留茬5~8cm刈割后称鲜重,每小区取1kg鲜草样,放入105℃烘箱内杀青10min,65℃烘干至恒重,称其干重,计算干鲜比(干鲜比=干样重/鲜样重),再根据鲜干比计算每次干草产量,年度产草量为年度刈割(2018年刈割8次,2019年刈割9次,2020年刈割8次)干草产量之和。

#### 1.4.4 营养指标测定

初花期,测定各苜蓿品种(系)的营养成分,将1.4.2中各小区茎叶比测定后茎叶混合,粉碎后过0.425mm筛,密封干燥保存,样品委托云南碧科检测服务有限公司测试,数据由该公司提供。粗蛋白含量(crude protein, CP)参照GB 5009.5-2016测定<sup>[8]</sup>,粗脂肪含量(crude fat, CF)参照GB 5009.6-2016测定<sup>[9]</sup>,全磷(total phosphorus, TP)和全钙(total calcium, TC)含量参照NY/T 2017-2011中6.3.2测定<sup>[10]</sup>,粗纤维(crude fiber, CF)参照GB/T 5009.10-2003测定<sup>[11]</sup>,粗灰分(crude ash, CA)参照GB 5009.4-2016测定<sup>[12]</sup>,无氮浸出物含量(nitrogen free extract, NFE)采用计算法。

### 1.5 数据统计与分析

#### 1.5.1 数据整理及方差分析和多重比较

采用SPSS 19.0软件对试验数据进行单因素方差分析,并用LSD法进行多重比较<sup>[7]</sup>,用平均值±标准误表示测定结果;采用Excel 2016制图。

#### 1.5.2 灰色关联度分析和评价

选择2018年测定的株高、一级分枝数、茎叶比、干鲜比、全磷、全钙、粗纤维、粗灰分、粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物、干草水分含量和3年年均产量13项指标,参照郑敏娜等<sup>[1]</sup>、孙万斌等<sup>[6]</sup>、李德明

等<sup>[13]</sup>和尹利等<sup>[14]</sup>的分析方法,在2018年和2020年测定的平均值进行权重比较、灰色关联度分析和评价。参试品种采用均值化对原始数据进行无量纲处理,运用灰色系统关联度理论的权重决策法<sup>[15]</sup>,并根据公式(1)、(2)、(3)分别求出各自的绝对离差、关联系数、等权关联度;采用公式(4)、(5)计算权重系数和加权关联度<sup>[1, 16]</sup>,计算公式如如下:

绝对离差:

$$\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|; \quad (1)$$

关联系数:

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}; \quad (2)$$

等权关联度:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k); \quad (3)$$

权重系数:

$$\omega_i = \frac{\gamma_i}{\sum \gamma_i}; \quad (4)$$

加权关联度:

$$\gamma'_i = \sum_{k=1}^n \omega_i(k) \varepsilon_i(k). \quad (5)$$

根据关联度分析原则,关联度越大,则参试材料越接近参考组合,其综合性状评价表现越优;关联度越小,综合性状表现越差<sup>[1, 13-14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同苜蓿品种(系)间的生长量、茎叶比和干鲜比比较

方差分析结果表明,2018年观测的苜蓿中株高、茎叶比和干鲜比8个品种间差异不显著( $P > 0.05$ )(表1),一级分枝数和干草含水量8个品种间有显著差异( $P < 0.05$ )。其中,株高最高的品种为7号,达到70.20cm,其次为6号和2号品种,株高分别为62.60和58.00cm;茎叶比最高的品种为3号,为1.06,其次为4号品种,为1.05;干鲜比最高的品种为3号,为26.34,其次为7号、6号和4号品种,分别为26.31、25.76和25.57。一级分枝数最高的品种(系)为1号品种,为28.40枝,与3号和4号有显著差异,而与2号、5号、6号、7号和8号品种

表 1 不同苜蓿品种(系)生长量、茎叶比和干鲜比的比较  
Table 1 Comparison of growth, stem-leaf ratio, and dry-fresh ratio of alfalfa cultivars

| 编号<br>Code | 株高<br>Plant height/cm | 一级分枝数<br>Number of the first branches | 茎叶比<br>Stem-leaf ratio | 干鲜比<br>Dry-fresh ratio/% | 干草含水量<br>Water content/% |
|------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1          | 52.80 ± 4.21a         | 28.40 ± 3.72a                         | 0.85 ± 0.03a           | 24.23 ± 0.69a            | 6.29 ± 0.04ab            |
| 2          | 58.00 ± 11.14a        | 20.00 ± 1.58ab                        | 0.83 ± 0.04a           | 24.81 ± 0.40a            | 6.51 ± 0.20a             |
| 3          | 47.40 ± 9.29a         | 19.60 ± 0.87b                         | 1.06 ± 0.06a           | 26.34 ± 0.37a            | 5.74 ± 0.02bc            |
| 4          | 46.90 ± 5.79a         | 17.20 ± 0.97b                         | 1.05 ± 0.08a           | 25.57 ± 0.56a            | 5.95 ± 0.06abc           |
| 5          | 50.30 ± 27.20a        | 20.40 ± 1.86ab                        | 0.88 ± 0.06a           | 23.59 ± 0.43a            | 5.63 ± 0.23c             |
| 6          | 62.60 ± 15.34a        | 25.60 ± 1.40ab                        | 0.98 ± 0.05a           | 25.76 ± 1.71a            | 6.15 ± 0.05abc           |
| 7          | 70.20 ± 10.12a        | 22.20 ± 1.24ab                        | 0.98 ± 0.08a           | 26.31 ± 1.56a            | 6.01 ± 0.14abc           |
| 8          | 47.80 ± 7.16a         | 21.20 ± 1.53ab                        | 0.85 ± 0.01a           | 24.24 ± 0.76a            | 6.37 ± 0.12ab            |

参试品种(系)编号: 1号为‘热引41号紫花苜蓿’, 2号为‘多叶’, 3号为‘三德利’, 4号为‘游客’, 5号为‘四季旺’, 6号为‘南苜701-特克拉’, 7号为‘WL525HQ’, 8号为‘德钦’; 下同。同列不同小写字母表示品种间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下表同。

The participating varieties (lines) were numbered *Medicago sativa* ‘Reyin-41’ as No. 1, *M. sativa* ‘Multi-leaf’ as No. 2, *M. sativa* ‘Sanditi’ as No. 3, *M. sativa* ‘Youke’ as No. 4, *M. sativa* ‘Siriver’ as No. 5, *M. sativa* ‘Nanmuxu 701-Tequilla’ as No. 6, *M. sativa* ‘WL525HQ’ as No. 7, and *M. sativa* ‘Deqin’ as No. 8; This is applicable for the following tables and figures as well. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences at the 0.05 level; This is applicable for the following tables as well.

无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 最低的是 3 号和 4 号, 分别为 19.60 和 17.20 枝, 与 2 号、5 号、6 号、7 号和 8 号品种无显著差异。

2.2 不同苜蓿品种(系)间干草产量性状比较

2.2.1 不同苜蓿品种(系)间3年年度和年均产量比较

2018 年干草产量较高的品种是 6 号和 4 号(表 2), 分别为 34 217.40 和 32 496.39 kg·hm<sup>-2</sup>, 两者产量显著高于 8 号品种 ( $P < 0.05$ ), 但与 1 号、2 号、3 号、5 号和 7 号差异均不显著 ( $P > 0.05$ ); 8 号品种干草产量最低, 为 17 526.16 kg·hm<sup>-2</sup>。2019 年和 2020 年干草产量最高的苜蓿品种均为 6 号, 产量分别为 32 527.55 和 22 024.93 kg·hm<sup>-2</sup>, 显著高于 5 号和 8 号

品种, 但与 1 号、2 号、3 号、4 号和 7 号苜蓿品种(系)差异均不显著; 产量较低为 5 号和 8 号品种, 2019 年分别为 16 459.47 和 11 260.79 kg·hm<sup>-2</sup>, 2020 年分别为 8 040.57 和 6 236.59 kg·hm<sup>-2</sup>。3 年年均干草产量最高苜蓿品种为 6 号, 产量为 29 589.96 kg·hm<sup>-2</sup>, 显著高于 5 号和 8 号品种, 但与 1 号、2 号、3 号、4 号和 7 号苜蓿品种(系)差异均不显著; 产量较低为 5 号和 8 号品种, 分别为 15 758.18 和 11 674.51 kg·hm<sup>-2</sup>, 二者间差异不显著。

2.2.2 8 个苜蓿品种(系)在 2018 年不同季度产量比较

2018 年第 2 季度产量 6 号品种高于其他 7 个品种, 品种差异均不显著 ( $P > 0.05$ ), 第 1 季度、第 3 季度和第 4 季度品种(系)间没有差异(图 1)。8 个苜

表 2 不同苜蓿品种(系)间干草产量  
Table 2 Comparison of the hay yield of alfalfa cultivars

| 编号<br>Code | 年份 Year                |                         |                         | 3年平均<br>Mean of 3 years |
|------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|            | 2018                   | 2019                    | 2020                    |                         |
| 1          | 26 525.86 ± 2 362.88ab | 18 655.44 ± 2 868.13abc | 9 730.93 ± 677.19abc    | 18 304.08 ± 1 486.91abc |
| 2          | 27 707.66 ± 2 946.49ab | 22 813.89 ± 3 547.90abc | 11 731.21 ± 1 387.60abc | 20 750.92 ± 2 216.12abc |
| 3          | 28 865.78 ± 3 084.93ab | 29 296.42 ± 2 263.70ab  | 20 512.66 ± 3 392.26ab  | 26 224.95 ± 2 474.37ab  |
| 4          | 32 496.39 ± 2 490.05a  | 30 868.14 ± 2 622.60ab  | 20 588.12 ± 3 347.85ab  | 27 984.22 ± 2 721.03ab  |
| 5          | 22 774.49 ± 1 685.45ab | 16 459.47 ± 1 727.17bc  | 8 040.57 ± 2 211.88bc   | 15 758.18 ± 1 367.01bc  |
| 6          | 34 217.40 ± 2 548.63a  | 32 527.55 ± 4 924.58a   | 22 024.93 ± 4 732.17a   | 29 589.96 ± 4 050.51a   |
| 7          | 27 349.00 ± 5 463.30ab | 31 493.75 ± 4 413.30ab  | 18 196.26 ± 2 303.86abc | 25 679.67 ± 3 906.31ab  |
| 8          | 17 526.16 ± 1 866.36b  | 11 260.79 ± 1 757.02c   | 6 236.59 ± 1 024.26c    | 11 674.51 ± 1 523.64c   |



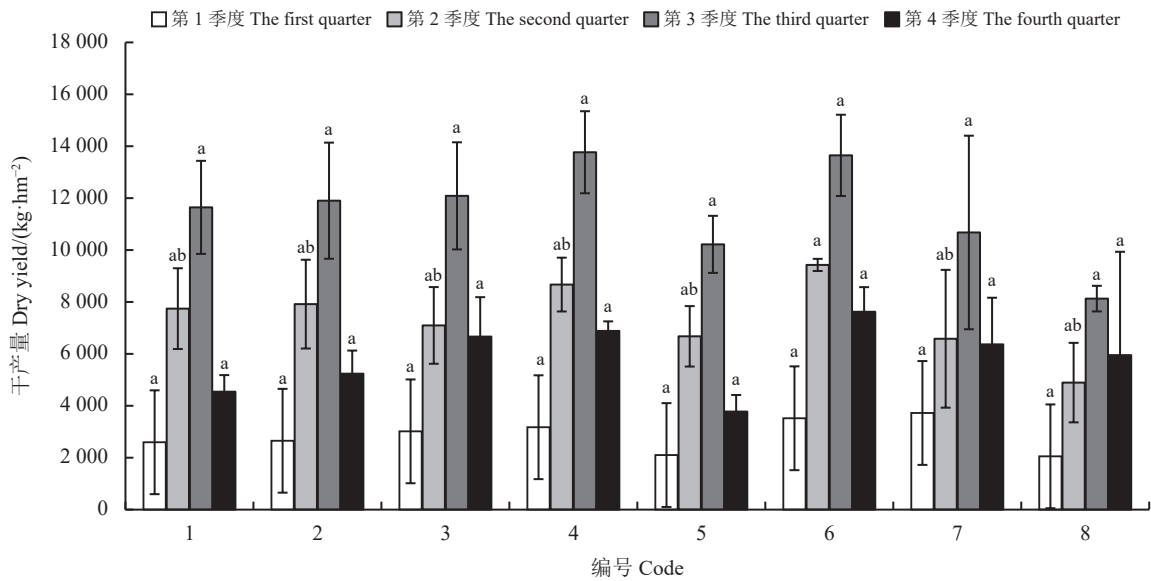


图 1 8 个苜蓿品种 (系) 在 2018 年不同季度干草产量

Figure 1 Hay yield of different seasons for 8 alfalfa cultivars (or lines) in 2018

第 1 季度 (1 月—3 月), 第 2 季度 (4 月—6 月), 第 3 季度 (7 月—9 月), 第 4 季度 (10 月—12 月)。同一季度不同小写字母表示品种间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The first quarter (January—March), second quarter (April—June), third quarter (July—September), and third quarter (October—December). Different lowercase letters within the same quater indicate significant differences at the 0.05 level.

苜蓿品种 (系) 产量在 4 个季度中从高到低的排列顺序为, 第 3 季度 > 第 2 季度 > 第 4 季度 > 第 1 季度。

2.3 不同苜蓿品种 (系) 间营养品质比较

8 个苜蓿品种 (系) 之间粗纤维、粗脂肪、粗灰分、全钙、无氮浸出物含量差异均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 3)。其中: 6 号品种粗纤维含量最高, 含量为 24.05%, 最低为 8 号品种, 含量为 18.36%; 2 号品种粗脂肪含量最高, 含量为 1.09%, 最低为 7 号品种, 含量为 0.79%; 8 号品种粗灰分含量最高, 含量为 10.16%, 最低为 3 号品种, 含量为 8.76%; 7 号品种全钙含量最高, 含量为 1.40%, 最低为 2 号品种, 含量为 0.98%; 7 号品种无氮浸出物含量最高, 含量为 45.13%, 最低为 6 号品种, 含量为 42.43%。粗蛋白含量最高的品种是 8 号, 占干物质的 21.43%, 显著高于 3 号、6 号和 7 号品种 ( $P < 0.05$ ), 与其他品种差异不显著; 其次是 2 号、1 和 5 号品种, 含量分别为 21.20%、20.75%和 20.21%, 粗蛋白含量最低的品种是 3 号, 为 17.17%。8 号品种的全磷含量最高, 占干物质的 0.25%, 显著高于 3 号、4 号、6 号和 7 号品种, 但与 1 号、2 和 5 号品种差异不显著, 3 号、6 号和 7 号品种最低, 均为 0.16%。

2.4 不同苜蓿品种 (系) 生产性能与品质的灰色关联度分析

选取株高、一级分枝数、茎叶比、干鲜比、3 年年均产量、全磷、全钙、粗纤维、粗灰分、粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物和干草水分含量 13 项指标, 在 2018 和 2020 年的平均值基础上进行灰色关联度分析, 采用判断矩阵法计算各参试品种 (系) 的加权关联度, 关联度大, 表明该品种与最优指标集的相似程度高, 反之则差异大<sup>[15]</sup>。利用公式 (3) 计算等权关联度 (表 4), 各苜蓿品种的等权关联度, 以 1 号品种最大 (0.754 6), 综合性状最好, 为最优材料, 其次分别为 8 号、2 号、7 号、5 号、6 号、4 号和 3 号, 等权关联度分别为 0.738 0、0.736 6、0.722 7、0.709 6、0.694 7、0.686 9 和 0.634 0。3 号品种的等权关联度最小 (0.634 0), 综合表现最差。由关联度表述各指标对应的权值, 也可采用专家评定法或判断矩阵法求得, 本试验采用判断矩阵法, 由公式 (4) 计算各指标对应的权值, 赋予各性状不同权重, 利用公式 (5) 计算加权关联度。各苜蓿品种的加权关联度, 以 1 号品种最大 (0.775 8), 综合性状最好, 为最优材料, 其次分别为 8 号、2 号、5 号、7 号、4 号、6 号和 3 号, 等权关联度分别为 0.765 4、0.760 0、0.735 1、

表 3 不同苜蓿营养品质的比较  
Table 3 Comparison of nutrient of alfalfa cultivars

| 编号<br>Code | 粗蛋白<br>Crude protein/% | 粗纤维<br>Crude fiber/% | 粗脂肪<br>Crude fat/% | 粗灰分<br>Crude ash/% | 全磷<br>Total phosphorus/% | 全钙<br>Calcium/% | 无氮浸出物<br>Nitrogen free extract/% |
|------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1          | 20.75 ± 0.27a          | 19.15 ± 1.18a        | 1.02 ± 0.08a       | 9.34 ± 0.12a       | 0.23 ± 0.02ab            | 1.00 ± 0.10a    | 43.45 ± 0.90a                    |
| 2          | 21.20 ± 0.07a          | 18.47 ± 0.58a        | 1.09 ± 0.10a       | 9.30 ± 0.22a       | 0.23 ± 0.02ab            | 0.98 ± 0.12a    | 43.43 ± 0.56a                    |
| 3          | 17.17 ± 0.10b          | 23.56 ± 0.62a        | 0.89 ± 0.12a       | 8.76 ± 0.48a       | 0.16 ± 0.00c             | 1.18 ± 0.34a    | 43.88 ± 0.18a                    |
| 4          | 18.90 ± 0.77ab         | 21.19 ± 1.89a        | 0.91 ± 0.07a       | 9.23 ± 0.65a       | 0.20 ± 0.01c             | 1.20 ± 0.31a    | 43.82 ± 0.48a                    |
| 5          | 20.21 ± 0.84a          | 20.25 ± 1.77a        | 0.97 ± 0.12a       | 9.38 ± 0.06a       | 0.23 ± 0.01ab            | 1.09 ± 0.01a    | 43.56 ± 0.63a                    |
| 6          | 17.46 ± 0.54b          | 24.05 ± 0.43a        | 0.93 ± 0.03a       | 8.99 ± 0.42a       | 0.16 ± 0.02c             | 1.19 ± 0.25a    | 42.43 ± 0.53a                    |
| 7          | 17.55 ± 0.33b          | 21.01 ± 1.31a        | 0.79 ± 0.05a       | 9.52 ± 0.74a       | 0.16 ± 0.01c             | 1.40 ± 0.35a    | 45.13 ± 0.72a                    |
| 8          | 21.43 ± 0.73a          | 18.36 ± 0.43a        | 1.01 ± 0.09a       | 10.16 ± 0.44a      | 0.25 ± 0.01a             | 1.07 ± 0.09a    | 42.68 ± 0.96a                    |

表 4 不同苜蓿品种(系)的权重、关联度及排序  
Table 4 Weight, rank, and relational grade of alfalfa cultivars

| 编号<br>Code | 等权关联度 Grey correlative degree |          | 加权关联度 Weighted grey correlative degree |          |
|------------|-------------------------------|----------|----------------------------------------|----------|
|            | 值 Value                       | 排序 Order | 值 Value                                | 排序 Order |
| 1          | 0.754 6                       | I        | 0.775 8                                | I        |
| 2          | 0.736 6                       | III      | 0.760 0                                | III      |
| 3          | 0.634 0                       | VIII     | 0.650 8                                | VIII     |
| 4          | 0.686 9                       | VII      | 0.707 2                                | VI       |
| 5          | 0.709 6                       | V        | 0.735 1                                | IV       |
| 6          | 0.694 7                       | VI       | 0.702 8                                | VII      |
| 7          | 0.722 7                       | IV       | 0.733 9                                | V        |
| 8          | 0.738 0                       | II       | 0.765 4                                | II       |

0.733 9、0.707 2、0.702 8 和 0.650 8。3 号品种的等权关联度最小 (0.650 8), 综合表现最差。加权关联分析结果与等权关联分析结果基本相似。

3 讨论

3.1 生长量和产量

苜蓿的生长受气候、土壤等外界环境影响较大, 不同苜蓿品种(系)的生长量、草产量和营养品质均存在差异<sup>[17-18]</sup>。由于苜蓿各品种和品系之间各自的遗传特性不同, 表现出植株生长高度的差异<sup>[6]</sup>, 本研究中对 8 个苜蓿品种(系)第 1 年株高分析看出, 株高较高的品种为 7 号‘WL525HQ’、6 号‘南苜 701-特克拉’和 2 号‘多叶’品种。茎叶比是衡量牧草经济性状的指标之一, 能较好地反映牧草适口性及青干草品质。茎叶比越小, 叶量越大, 饲用价值越高, 牛羊喜食。在本研究中, 茎叶比较低的品种为 2 号‘多叶’、1 号‘热引 41 号紫花苜蓿’和 8 号‘德钦’, 说明这 3 个品种(系)的品质优; 干鲜比是单位面积内牧草

干草量与鲜草的比值, 干鲜比越大, 牧草中水分含量越低, 干草量越高<sup>[19]</sup>。干鲜比较低的品种为 5 号‘四季旺’、1 号‘热引 41 号紫花苜蓿’和 8 号‘德钦’, 说明这 3 个品种(系)的品质优; 王仪明等<sup>[17]</sup>在上海崇明地区开展紫花苜蓿适应性研究表明, 分枝数越高紫花苜蓿产草量越高。本研究中一级分枝数最高的品种为 1 号 (28.40 枝), 最低的是 3 号和 4 号。

产量是衡量牧草生产性能和经济性能的重要指标<sup>[20]</sup>, 对苜蓿的经济效益具有重要意义<sup>[21]</sup>。本研究干草产量最高的是 6 号苜蓿‘南苜 701-特克拉’, 2018—2020 年 3 年年均产量为 29 589.96 kg·hm<sup>-2</sup>; 最低的是 8 号‘德钦’品种, 2018—2020 年 3 年平均产量为 11 674.51 kg·hm<sup>-2</sup>。所有参试材料在 2018 年和 2020 年每年可割 8 次, 2019 年为 9 次。8 个苜蓿品种(系)中均以第 3 季度 (7 月—9 月) 产量最高, 冬春季也有产量。进一步表明, 在云南热带亚热带地区可种植多年生紫花苜蓿, 弥补区域冬春季饲草不足的问题, 促进冬春季畜牧业的发展。

### 3.2 营养价值

粗蛋白质含量是反映牧草营养价值的重要指标之一<sup>[22-23]</sup>,关系到牧草营养价值的高低。

常规分析化学(营养)成分中,通常把粗蛋白和粗纤维作为评价饲用植物营养价值的指标,粗蛋白质含量在16%~22%的等级为优良豆科牧草<sup>[24]</sup>;粗纤维小于或等于28%的等级为上。本研究中初花期刈割的苜蓿粗蛋白含量介于17.17%~21.43%,粗纤维含量介于18.36%~24.05%,与前人研究一致<sup>[24]</sup>,8个苜蓿品种(系)品质为优;根据国际市场饲草交易标准<sup>[25]</sup>,1级苜蓿干草的蛋白质含量在18%以上,参试品种有5个品种粗蛋白含量均高于18%,为1级标准,营养价值高。粗灰分主要反映苜蓿中矿质的总体含量,其大部分是磷、钙、钾的氧化物<sup>[24-27]</sup>,可间接反映出不同品种对可利用矿质元素的吸收情况,本研究中粗灰分含量介于8.76%~10.16%,最高为8号‘德钦’品种。粗脂肪含有芳香气味,是评价苜蓿适口性的指标,在本研究结果介于0.79%~1.09%。氮、磷、钾是植物营养的三大要素<sup>[26]</sup>,植物氮、磷、钾含量的测定是植物营养研究中最普通的常规分析项目。钙、磷是牧草中两种重要的大量元素。无氮浸出物含量是指牧草中所含糖分和淀粉的含量。反映在本研究结果上,8个紫花苜蓿品种

(系)全磷含量介于0.16%~0.25%,全钾含量介于0.98%~1.40%,无氮浸出物含量介于42.43%~45.13%。

### 3.3 综合评价

本研究应用灰色关联方法,将参试苜蓿品种(系)的13个指标性状视为一个整体<sup>[28]</sup>,将这13个指标平均值进行灰色关联度分析,计算等权关联度和加权关联度。等权关联度值最大,综合性状最好,为最优材料<sup>[1]</sup>。本研究加权关联分析结果与等权关联分析结果基本一致<sup>[29]</sup>,‘热引41号紫花苜蓿’‘德钦’‘多叶’‘WL525HQ’4个品种(系)的综合表现较好,为干热区筛选具有较高的推广利用价值的紫花苜蓿品种。

## 4 结论

2017年10月种植后,所有参试材料在2018年和2020年每年可刈割8次,2019年为9次,8个苜蓿品种(系)中均以第3季度(7月—9月)产量最高,冬春季有产量,可补充热区秋冬季优质豆科牧草的不足,促进秋冬季畜牧业的发展。应用灰色关联度对云南元谋干热河谷引种的8个苜蓿品种(系)的13个代表性指标进行了分析和评价,以‘热引41号’紫花苜蓿‘德钦’‘多叶’‘WL525HQ’4个品种(系)的综合表现较好。

### 参考文献 References:

- [1] 郑敏娜,梁秀芝,韩志顺,康佳惠,陈燕妮.不同苜蓿品种在雁门关地区的生产性能和营养价值研究.草业学报,2018,27(5): 97-108.  
ZHENG M N, LIANG X Z, HAN Z S, KANG J H, CHEN Y N. Productivity and nutritional value of 28 alfalfa varieties in the Yanmenguan area of Shanxi Province. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(5): 97-108.
- [2] 于洁,贾振宇,梁燕,德英,武自念,穆怀彬.丛枝菌根真菌接种对紫花苜蓿抗旱性的影响.中国草地学报,2016,38(5): 13-18.  
YU J, JIA Z Y, LIANG Y, DE Y, WU Z N, MU H B. Effect of arbuscular mycorrhiza fungin on druught resistance of alfalfa (*Medicago sativa*). Chines Journal of Grassland, 2016, 38(5): 13-18.
- [3] 韦潇,李小梅,曾泰儒,张帆,李昌华,李小铃,黄琳凯,游明鸿,闫艳红.5个紫花苜蓿品种在川中丘陵地区的适应性.草业科学,2020,37(2): 339-347.  
WEI X, LI X M, ZENG T R, ZHANG F, LI C H, LI X L, HUANG L K, YOU M H, YAN Y H. Adaptability of 5 alfalfa cultivars in the hill regions of central Sichuan. Pratacultural Science, 2020, 37(2): 339-347.
- [4] 李永进,张晓梅,任健,尹俊,李晓光,杨永红,蒋波.紫花苜蓿8个品种在云南亚热带地区引种试验.西部林业科学,2021,50(3): 82-86.  
LI Y J, ZHANG X M, REN J, YIN J, LI X G, YANG Y H, JIANG B. New variety comparison experiment *Medicago sativa* L. in subtropical zone of Yunnan Province. Journal of West China Forestry Science, 2021, 50(3): 82-86.
- [5] 韩学琴,邓红山,廖承飞,罗会英,赵琼玲,薛世明,范建成,普天磊,金杰.5个紫花苜蓿品种(系)在金沙江干热河谷区品比试验.



- 中国草食动物科学, 2021, 41(4): 19-26.
- HAN X Q, DENG H S, LIAO C F, LUO H Y, ZHAO Q L, XUE S M, FAN J C, PU T L, JIN J. Comparison tests of 5 alfalfa varieties (lines) in dry-hot valley region of Jinsha River. *China Herbivore Science*, 2021, 41(4): 19-26.
- [6] 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 performanc and nutritional value of 20 alfalfa cultivars in two ecological areas of Gansu Province. *Acta Pratacurae Sinica*, 2017, 26(3): 161-174.
- [7] 马晓霞, 秘一先, 陈宏亮, 张龙, 闫雅, 屈海龙, 郎凤红. 14个引进紫花苜蓿品种在宁夏引黄灌区的生产性能和营养价值综合分析. *草业科学*, 2022, 39(2): 328-342.
- MA X X, BI Y X, CHEN H L, ZHANG L, YAN Y, QU H L, LANG F H. Comprehensive analysis of production performance and nutritional value of 14 alfalfa varieties in the Ningxia Yellow River diversion irrigation area. *Pratacultural Science*, 2022, 39(2): 328-342.
- [8] 董诗瑜, 马舒恬, 覃静凯, 周昕仪, 董鑫磊, 陈尚里, 刘小玲. 小龙虾头营养成分及风味滋味特性分析与评价. *食品工业科技*, 2023, 44(14): 396-405.
- DONG S Y, MA S T, QIN J K, ZHOU X Y, DONG X L, CHEN S L, LIU X L. Analysis and evaluation of nutrient composition, flavor and taste characteristics of crayfish head. *Science and Technology of Food Industry*, 2023, 44(14): 396-405.
- [9] 田慧颖, 张国华, 贾如. 不同猪肉的营养成分与食用品质分析. *山西农业科学*, 2022, 50(11): 1583-1590.
- TIAN H Y, ZHANG G H, JIA R. Analysis of nutritional composition and edible quality of different pork. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2022, 50(11): 1583-1590.
- [10] 杨亚丽, 李松, 沈涛, 李涛, 史云东, 王元忠. 茯苓碳氮磷化学计量学特征. *菌物学报*, 2022, 41(1): 134-145.
- YANG Y L, LI S, SHEN T, LI T, SHI Y D, WANG Y Z. Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of *Pachyma hoelen*. *Mycosystema*, 2022, 41(1): 134-145.
- [11] 祁亮亮, 李俐颖, 吴小建, 陈振妮, 赵承刚, 杨驰, 曾辉, 郎宁. 不同光质处理下银耳子实体农艺性状和营养成分含量及其相关性. *食用菌学报*, 2022, 29(1): 41-47.
- QI L L, LI L Y, WU X J, CHEN Z N, ZHAO C G, YANG C, ZENG H, LANG N. Agronomic traits and nutrient contents of *Tremella fuciformis* fruiting bodies under different light ouality and their correlations. *Acta Edulis Fungi*, 2022, 29(1): 41-47.
- [12] 王兴波, 饶雷, 王永涛, 吴晓蒙, 赵靓, 廖小军. 9个品种干辣椒的品质分析及评价. *食品工业科技*, 2022, 43(18): 300-310.
- WANG X B, RAO L, WANG Y T, WU X M, ZHAO L, LIAO X J. Quality analysis and evaluation of nine varieties of dried peppers. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(18): 300-310.
- [13] 李德明, 张少平, 耿小丽, 张榕, 刘乾. 12个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值. *草业科学*, 2018, 35(6): 1472-1479.
- LI D M, ZHANG S P, GENG X L, ZHANG R, LIU Q. Production performance and nutritional value of 12 alfalfa cultivars in a semi-arid zone. *Pratacultural Science*, 2018, 35(6): 1472-1479.
- [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价. *中国草地学报*, 2006, 28(3): 21-25, 43.
- YIN L, LU X P, FU X F, LI M N, GUO J. The grey relati0n analysis and evaluation of hybrid pacesetter. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(3): 21-25, 43.
- [15] 金玉国. 一种测定权数的新方法: 灰色系统关联分析法. *统计教育*, 2002(3): 14-15.
- JIN Y G. A new method for the determination of the number of righe: Grey correlation analysis system. *Statistical Education*, 2002(3): 14-15.
- [16] 杨翌, 张新全, 李向林, 万里强, 何峰. 应用灰色关联度综合评价17个不同休眠级苜蓿的生产性能. *草业学报*, 2009, 18(5): 67-72.
- YANG Z, ZHANG X Q, LI X L, WANG L Q, HE F. Applying grey correlative degree analysis to comprehensively evaluate growth performance of 17 types alfalfa with different fall-dormancy grades. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(5): 67-72.
- [17] 王仪明, 雷艳芳, 李伟民, 魏臻武, 韩正晟. 20份紫花苜蓿在上海崇明地区的综合适应性研究. *草地学报*, 2017, 25(2): 330-336.
- WANG Y M, LEI Y F, LI W M, WEI Z W, HAN Z S. Study on the comprehensive adaptability of 20 varieties of alfalfa in

- Chongming district of Shanghai. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(2): 330-336.
- [18] 康俊梅, 杨青川, 郭文山, 张铁军, 孙彦. 北京地区10个紫花苜蓿引进品种的生产性能研究. *中国草地学报*, 2010, 32(6): 5-10.  
KANG J M, YANG Q C, GUO W S, ZHANG T J, SUN Y. Evaluation of ten introduced alfalfa cultivars in Beijing are of China. *Chinese Journal of Grassland*, 2010, 32(6): 5-10.
- [19] 杨建, 雷雄, 陈煜坤, 刘伟, 董志晓, 熊毅, 熊艳丽, 马啸. 多花黑麦草与饲用燕麦引进品种在成都平原的生产性能评价. *草业科学*, 2020, 37(6): 1124-1132.  
YANG J, LEI X, CHEN Y K, LIU W, DONG Z X, XIONG Y, XIONG Y L, MA X. Production performance evaluation of introduced cultivars of *Italian ryegrass* and oat in the Chengdu Plain. *Pratacultural Science*, 2020, 37(6): 1124-1132.
- [20] 孙林. 针茅草原牧草加工利用模式及相关机制研究. 呼和浩特: 内蒙古农业大学博士学位论文, 2016.  
SUN L. Processing and utilization mode of *Stipa* steppe grass and related mechanism involved. PhD Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2016.
- [21] 田永亮, 王元清, 蒋旭东, 王巧玲, 任俊杰, 蔡雄伟, 吕沈海, 张国权, 任晓霞, 王心金. 川东地区紫花苜蓿引种适应性研究. *草学*, 2018(2): 48-55, 80.  
TIAN Y L, WANG Y Q, JIANG X D, WANG Q L, REN J J, CAI X W, LYU S H, ZHANG G Q, REN X X, WANG X J. Polymorphic analysis of Butuo Black Sheep with microsatellite marker. *Journal of Grassland and Forage Science*, 2018(2): 48-55, 80.
- [22] 康爱民, 龙瑞军, 师尚礼, 魏小红, 孙娟. 苜蓿的营养与饲用价值. *草原与草坪*, 2002(3): 31-33.  
KANG A M, LONG R J, SHI S L, WEI X H, SUN J. The nutrition and value of alfalfa. *Grassland and Turf*, 2002(3): 31-33.
- [23] 龙会英, 张德, 金杰. 干热河谷典型生态脆弱区优良牧草栽培利用与评价. 北京: 科学出版社, 2016.  
LONG H Y, ZHANG D, JIN J. The Evaluation and Utilization on Quality Forage of Ecological Fragile Region in Dry-hot Valley. Beijing: Science Press, 2016.
- [24] 张春梅, 王成章, 胡喜峰, 刘圈炜, 何云. 紫花苜蓿的营养价值及应用研究进展. *中国饲料*, 2005(1): 15-17.  
ZHANG C M, WANG C Z, HU X F, LIU J W, HE Y. The nutritional value of alfalfa and its application progress in feed. *China Feed*, 2005(1): 15-17.
- [25] 孙启忠, 王宗礼, 徐丽君. 旱区苜蓿. 北京: 科学出版社, 2014: 116-180.  
SUN Q Z, WANG Z L, XU L J. Alfalfa in Arid Regions. Beijing: Science Press, 2014: 116-180.
- [26] 杨飞. 土壤条件对香芋品质影响的研究. 呼和浩特: 内蒙古农业大学硕士学位论文, 2011.  
YANG F. The study of soil conditions on the quality of *Steudnera henryana*. Master Thesis. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011.
- [27] 胡华锋, 介晓磊, 郭孝, 胡承孝, 严学兵, 王成章, 赵京. 基施硒肥对不同生育期紫花苜蓿营养含量及分配的影响. *草地学报*, 2014, 22(4): 871-877.  
HU H F, JIE X L, GUO X, HU C X, YAN X B, WANG C Z, ZHAO J. Effects of Se application as basal fertilizer on the nutrient contents and distribution rates of alfalfa at growth stages. *Acta Agrestia Sinica*, 2014, 22(4): 871-877.
- [28] 胡伟. 宁夏引黄灌区紫花苜蓿优质低碳水氮配置研究. 银川: 宁夏大学博士学位论文, 2020.  
HU W. Effect of water and nitrogen application on high quality and low carbon of alfalfa in Ningxia irrigation area of Yellow River. PhD Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2020.
- [29] 杨墨, 李红, 黄新育, 杨伟光, 柴华. 应用灰色关联度综合评价16个引进苜蓿品种的生产性能. *黑龙江畜牧兽医*, 2015(1): 105-108.  
YANG Z, LI H, HUANG X Y, YANG W G, CHAI H. Comprehensive evaluation of the productive performance for the sixteen introduced varieties of alfalfa by using grey correlation analysis. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2015(1): 105-108.

(责任编辑 苟燕妮)