

# 优质、速生、抗虫紫花苜蓿多元杂交后代优良株系的性状分离与评价筛选

王虹, 师尚礼, 刘正璟

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

**摘要:**为西北荒漠灌区高产、优质紫花苜蓿新品种的选育提供基础材料。以甘农3号、甘农5号、游客为亲本进行多元杂交, 选择了16个优良株系为研究材料, 通过大田比较试验, 对其干草产量和粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)3个饲用品质性状进行评价分析。结果表明, 16个苜蓿株系的干草产量和营养品质性状均存在一定变异, 干草产量性状变异最大, 为23.80%; 酸性洗涤纤维性状变异最小, 为6.00%。单个性状比较发现, 白花1#为高产株系, 干草产量为22.72 t/hm<sup>2</sup>; 速生4#为高蛋白株系, CP含量为22.74%; 白花3#为低纤维株系, NDF和ADF含量分别为37.85%和31.17%。从单个性状考虑, 白花1#可能为高产材料, 速生4#可能为高蛋白材料, 白花3#可能为低纤维材料, 这3个株系的优良特性是否稳定遗传, 尚需参与下一步的继代检测。合并4个指标的聚类分析结果并运用灰色关联度理论, 综合产量和各营养品质性状, 初步筛选出速生4#和白花3#为高产高蛋白及低纤维材料, 速生12#为高产高蛋白材料, 速生1#和白花1#为高产中蛋白材料, 速生15#为高产低纤维材料, 白花2#为中产高蛋白材料, 以上材料通过进一步的继代鉴定筛选后可作为优良苜蓿育种材料。

**关键词:**紫花苜蓿; 产量; 营养品质; 分离与评价筛选

## Differentiation and Selection of Excellent Germplasm Resources of Multiple Cross Hybrid Progeny of Good Quality, Fast-growing and Insect-resistant Alfalfa Parents

WANG Hong, SHI Shang-Li, LIU Zheng-Jing

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Ecosystem, Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-US Center for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070)

**Abstract:** This study aimed to provide basic materials for new germplasms breeding of alfalfa with high yield and good quality in the irrigation of northwest desert. Through field experiments, hay yield traits, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of Gannong No. 3, Gannong No. 5, Eureka and their 16 hybrid progeny were investigated and appraised. The variations of nineteen alfalfa germplasms were great in hay yield characters and nutritive qualities. The coefficient of variation of hay yield was the largest, which was 23.80%, while the variation coefficient of ADF was the smallest, which was 6.00%. A single character comparison between different germplasms showed that White flower 1# had high hay yield of 22.72 t/hm<sup>2</sup>, Fast-growing 4# had high CP of 22.74% while the lower NDF and ADF was White flower 3# with the value of 37.85% and 31.17% respectively. Based on the single character, White flower 1# might be used as the high yield material, Fast-growing 4# might be used as the high nitrogen material, White flower 3# might be used as the low fiber material. Whether the excellent characteristics of these germplasms could inherit stably still need to participate in next trans-

收稿日期: 2014-12-14 修回日期: 2015-01-22 网络出版日期: 2015-10-29

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20151029.0949.004.html>

基金项目: 农业部“牧草种质资源保种繁殖项目”(NB2130135)

第一作者研究方向为牧草种质资源及育种。E-mail: limengjie1990love@163.com

通信作者: 师尚礼, 从事牧草种质资源与育种研究。E-mail: shishl@gsau.edu.cn

generation detection. Based on yield and nutrient quality characters, merging the cluster analysis result of four index and combining gray systematic theory, Fast-growing 4# and White flower 3# were of high yield, high nitrogen and low fiber materials, Fast-growing 12# was of high yield and high nitrogen material, Fast-growing 1# and White flower 1# were of high yield and middle nitrogen materials, Fast-growing 15# was of high yield and low fiber material, while White flower 2# was of middle yield and high nitrogen material. The above mentioned germplasms could be used as good alfalfa breeding materials after further transgenerational authenticating and screening.

**Key words:** alfalfa; yield; nutritional quality; differentiation and selection

紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 是一种优良豆科牧草, 其分布广、生产潜力大、适口性好、经济价值高, 素有“牧草之王”的美誉, 在我国西北地区具有十分重要的价值和地位<sup>[1]</sup>。目前我国苜蓿育种水平较低且优良品种短缺, 育成品种单一、产量低、品质差<sup>[2]</sup>, 严重限制了苜蓿产业发展对品种选择的需求<sup>[3]</sup>。因此, 选育高产优质紫花苜蓿新品种具有十分重要的意义<sup>[4]</sup>。

随着西部生态环境建设的不断推进、种植业结构的调整和奶产业的大力发展, 苜蓿人工栽培面积将不断扩大。西北荒漠灌区是我国苜蓿种植的主要区域, 种植面积位居全国之首<sup>[5]</sup>, 是规模化程度和产业化水平较高的优势产业区。根据本区域苜蓿产业发展布局, 积极开展苜蓿育种工作, 选育优质高产苜蓿新品种显得极为重要。长期以来, 各国学者通过选择杂交等育种方法, 培育了许多优质品种。而国内对苜蓿的研究主要集中在品种比较<sup>[6]</sup>和引种适应性<sup>[7]</sup>等方面, 有关品种选育和良种繁育的基础研究仍然比较薄弱。此外, 由于近年来超载过牧, 草场生产力逐年下降, 无法满足家畜对苜蓿各类营养物质, 特别是蛋白质的需求<sup>[8]</sup>。因此, 结合紫花苜蓿高产的特点, 提高其粗蛋白质含量, 降低纤维含量成为培育优质高产紫花苜蓿新品种的关键问题。本研究以直立丰产型甘农 3 号、高秋眠 8~9 级优质型抗蓍马甘农 5 号、中度秋眠 5~6 级速生型游客紫花苜蓿为亲本进行多元杂交, 选择了 16 个优良株系为研究材料, 通过大田试验, 对其干草产量性状及其粗蛋白质 (CP)、中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 3 个饲用品质性状进行分析和评价, 以期为培育优质、高产紫花苜蓿新品种提供基础数据和种质材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在甘肃农业大学兰州牧草试验站进行, 该站位于兰州市西北部, 地处黄土高原西端, 地理坐标为 105°41'E, 34°05'N。该区海拔 1525 m, 属温带半

干旱大陆性气候, 年降水量 200~320 mm, 年蒸发量 1664 mm, 年蒸发量是降水量的 5.2~8.3 倍。年均日照 2770 h, 全年无霜期 90~210 d。年均气温 9.7 °C, 最热月平均气温 29.1 °C, 最冷月平均气温 -14.9 °C, >0 °C 的年积温 3800 °C, >10 °C 的年积温 3200 °C。区内地势平坦, 肥力均匀, 土壤类型为黄绵土, 黄土层较薄, 土壤有机质含量 0.84%, pH 值 7.5, 土壤含盐量 0.25%, 有效氮 95.05 mg/kg, 有效磷 7.32 mg/kg, 有效钾 182.8 mg/kg<sup>[9]</sup>。

### 1.2 供试材料与试验设计

供试材料包括 3 个对照即亲本材料, 灌区直立丰产型甘农 3 号紫花苜蓿 (*Medicago sativa* cv. Gannong No. 3)、中度秋眠 5~6 级速生型游客紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L. Eureka) 和高秋眠 8~9 级优质型抗蓍马甘农 5 号紫花苜蓿 (*Medicago sativa* cv. Gannong No. 5), 以及从 3 个亲本杂交后代筛选出的 16 个优良株系 (表 1)。

表 1 供试材料名称、简写

Table 1 The 19 alfalfa germplasms name, abbreviation form and source

编号 No.	株系 Strain	缩略式 Abbreviation
1	速生 1# Fast-growing 1#	S1
2	速生 2# Fast-growing 2#	S2
3	速生 4# Fast-growing 4#	S4
4	速生 5# Fast-growing 5#	S5
5	速生 11# Fast-growing 11#	S11
6	速生 12# Fast-growing 12#	S12
7	速生 15# Fast-growing 15#	S15
8	速生 17# Fast-growing 17#	S17
9	速生 19# Fast-growing 19#	S19
10	速生 20# Fast-growing 20#	S20
11	速生 26# Fast-growing 26#	S26
12	直立型 Erect type	直立
13	白花 1# White flower 1#	白 1
14	白花 2# White flower 2#	白 2
15	白花 3# White flower 3#	白 3
16	大叶 2# Big leaf 2#	大 2
17	甘农 3 号 Gannong No. 3	甘 3
18	甘农 5 号 Gannong No. 5	甘 5
19	游客 Eureka	游客

16个苜蓿株系材料和3个亲本,采用随机区组设计,于2013年4月18日播种,播量 $15\text{ kg/hm}^2$ ,均为条播,每个株系和亲本各种植2行,3次重复,行距 $0.3\text{ m}$ ,行长 $3.5\text{ m}$ 。田间管理包括中耕锄草、适时浇水。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 干草产量测定** 各株系的生育期基本相同,分别于2013年6月和2014年6月,待每个株系处于初花期时进行刈割。每个株系随机取样 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,齐地刈割后称重量,重复3次,取平均值,根据鲜干比计算干草产量。测产时,每个株系称鲜草 $200\text{ g}$ ,自然风干后称重,计算鲜干比。每年测两茬,年度产量为两茬草产量之和。

**1.3.2 营养成分测定** 每年第1茬苜蓿获得干草产量后,取部分干草粉碎过 $0.2\text{ mm}$ 筛并保存。CP采用凯氏定氮法测定,NDF和ADF分别按Robertson中性洗涤剂法和Van Soest酸性洗涤剂法测试<sup>[10]</sup>。

### 1.3.3 供试材料产量和品质性状灰色关联分析

按灰色系统理论,把试验测定的各项指标作为一个整体,即灰色系统<sup>[11]</sup>。选择干草产量、粗蛋白质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维4项指标进行权重比较,以此为基础构建苜蓿综合评价模型。将上述测定的4个性状指标做加权关联度分析进行综合评价。供试材料以 $X$ 表示,性状以 $k$ 表示,各供试材料 $X$ 在性状 $k$ 处的值构成比较数列 $X_i, X_0$ 为构建的理想参考值,本研究取4个性状的最优值为理想值<sup>[12]</sup>。关联系数按公式(1)计算,采用加权关联度,按下式(5)计算, $\rho$ 取值 $0.5$ 。

关联系数: $\zeta_k =$

$$\frac{\min_i \frac{\min_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)|} + \rho \frac{\max_i \frac{\max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)|}}{\frac{\min_i \frac{\min_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)|} + \rho \frac{\max_i \frac{\max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)|}}{|X_0(k) - X_i(k)|}} \quad (1)$$

式中, $|X_0(k) - X_i(k)|$ 为绝对差值,记作 $\Delta_i(k)$ ,

$$\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)| \quad (2)$$

$$\text{关联度: } r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k) \quad (\text{其中 } n \text{ 为样本数}) \quad (3)$$

$$\text{权重系数: } w_i = \frac{r_i}{\sum r_i} \quad (4)$$

$$\text{加权关联度: } r'_i = \sum_{k=1}^n w_i(k) \zeta_i(k) \quad (5)$$

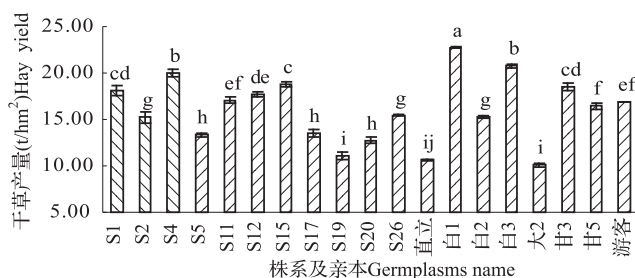
## 1.4 数据处理与分析

利用Excel 2003软件进行数据录入,用SPSS 16.0软件,采用单因素方差分析方法,对各指标进行不同株系(亲本)间差异性分析,并以各性状连续2年测定结果的平均值为基础,采用系统聚类组间聚合的方法对材料进行聚类,选择平方欧氏距离绘制聚类结果的树状图<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 干草产量及营养品质性状的比较与评价

**2.1.1 干草产量分异** 由图1可知,19个苜蓿株系连续2年平均干草产量差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),干草产量性状变异为 $23.80\%$ ,各株系干草产量变幅为 $10.10 \sim 22.72\text{ t/hm}^2$ 。其中,白1产量最高,为 $22.72\text{ t/hm}^2$ ,较对照甘农3号提高 $23.01\%$ ,较甘农5号提高 $38.37\%$ ,较游客提高 $34.60\%$ 。其次为白3、S4、S15,且这3个株系的干草产量均高于对照甘农3号、甘农5号、游客。大2的干草产量最低,仅为 $10.10\text{ t/hm}^2$ ,造成如此大的产量差异的原因主要是各个株系的遗传基础不同。以19个苜蓿株系连续2年干草产量的平均值为基础,对其进行聚类分析,以欧式距离 $7.5$ 为分界线,19个株系干草产量表现性状可分为4类(图2):第I类(大2、直立、S19、S20、S5和S17)的干草产量低,为 $10.10 \sim 13.52\text{ t/hm}^2$ ,平均为 $11.91\text{ t/hm}^2$ ;第II类(S2、白2、S26、甘5、游客和S11)的干草产量中等,为 $15.23 \sim 17.07\text{ t/hm}^2$ ,平均为 $16.06\text{ t/hm}^2$ ;第III类(S12、S1、甘3、S15、S4和白3)的干草产量较高,为 $17.74 \sim 20.77\text{ t/hm}^2$ ,平均为 $18.99\text{ t/hm}^2$ ;第IV类(白1),干草产量高,为 $22.72\text{ t/hm}^2$ 。



图中不同小写字母表示不同株系间差异显著( $P < 0.05$ ),下同  
Different lowercase letters indicate significant differences between different alfalfa germplasms at  $P < 0.05$ , the same as below

图1 供试材料的干草产量

Fig. 1 The hay yield of 19 tested alfalfa germplasms

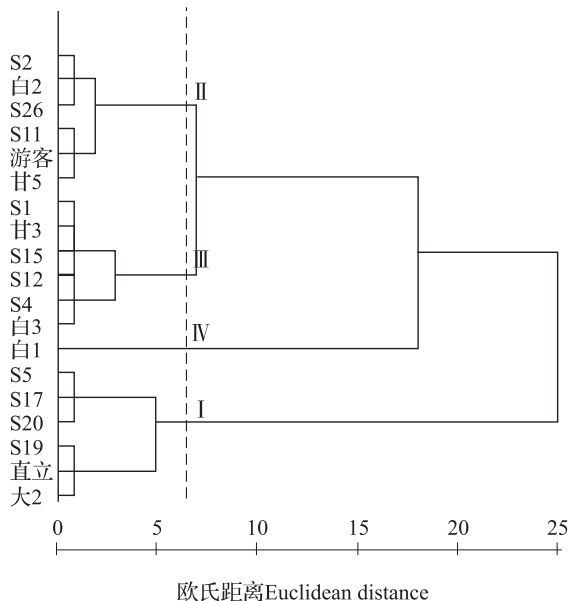


图 2 基于 19 个供试材料干草产量聚类图  
Fig.2 Dendrogram of hay yield of 19 tested alfalfa germplasm

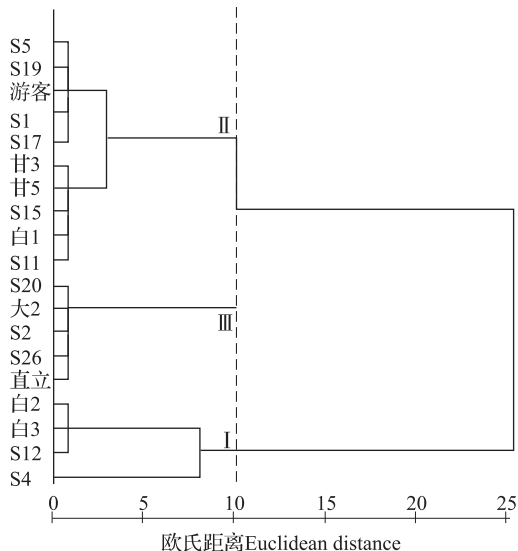


图 4 基于 19 个供试材料粗蛋白质聚类图  
Fig.4 Dendrogram of crude protein content of 19 tested alfalfa germplasm

**2.1.2 粗蛋白质含量分异** 由图 3 可知, 19 个苜蓿株系连续 2 年平均粗蛋白质含量差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 粗蛋白质含量变幅为 15.93% ~ 22.74%, 变异系数为 10.80%。其中 S4、S12、白 3、白 2 粗蛋白质含量显著高于其他株系, 分别较甘农 3 号提高 24.81%、15.53%、13.17% 和 12.57%, 较甘农 5 号提高 23.92%、14.71%、12.37% 和 11.77%, 较游客提高 19.43%、10.56%、8.30% 和 7.72%, 而 S2、S26 和直立显著低于对照和其他株系, 直立最低, 为 15.93%。以紫花苜蓿各株系连续 2 年粗蛋白质含量的平均值为基础, 对其进行聚类分析, 以欧式距离 10.0 为分界线, 19 个株系粗蛋白质表现性状可分为 3 类 (图 4): 第 I 类 (白 2、白 3、S12 和 S4) 粗蛋白质含量高, 为 20.51% ~ 22.74%, 平均为 21.23%; 第 II 类 (白 1、S15、S11、甘 3、甘 5、S19、S5、游客、S17、S1) 粗蛋白质含量中等, 为 17.54% ~ 19.24%, 平均为 18.49%; 第 III 类 (直立、

S2、S26、S20 和大 2) 粗蛋白质含量低, 为 15.93% ~ 16.77%, 平均为 16.32%。

**2.1.3 中性洗涤纤维含量分异** 由图 5 可知, 19 个苜蓿株系连续 2 年平均中性洗涤纤维含量差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 中性洗涤纤维含量变幅为 37.29% ~ 47.45%, 变异系数为 8.02%。S4 的中性洗涤纤维含量显著低于其他株系, 分别较甘农 3 号降低 10.14%, 较甘农 5 号降低 14.35%, 较游客降低 6.02%。S17 为中性洗涤纤维含量最高的株系, 为 47.45%。以紫花苜蓿各株系连续 2 年中性洗涤纤维含量的平均值为基础, 对其进行聚类分析, 以欧式距离 7.5 为分界线, 19 个株系中性洗涤纤维含量可分为 3 类 (图 6): 第 I 类 (S4、白 3 和 S15) NDF 含量低, 为 37.29% ~ 38.05%, 平均为 37.73%; 第 II 类 (S20、游客、大 2、白 1、S1、S19、白 2、S12、甘 3、S5、S2、S11、甘 5) NDF 含量中等, 为 39.20% ~ 43.54%, 平均为 41.29%; 第 III 类 (直立、S26、S17) NDF 含量高, 为 46.15% ~ 47.45%, 平均为 46.82%。

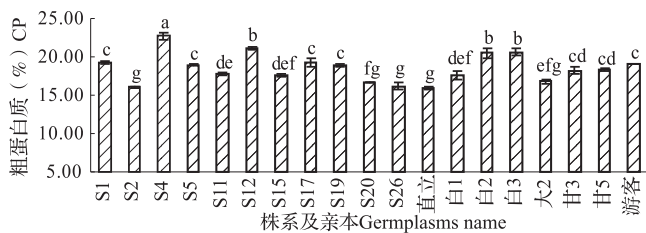


图 3 供试材料的粗蛋白质含量  
Fig.3 The crude protein content of 19 tested alfalfa germplasm

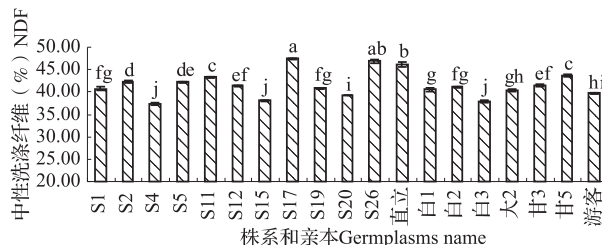


图 5 供试材料的中性洗涤纤维含量  
Fig.5 The neutral detergent fiber content of 19 tested alfalfa germplasm



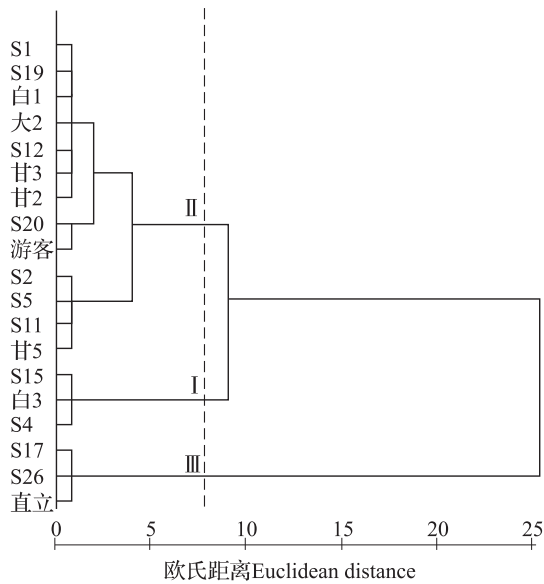


图6 基于19个苜蓿材料中性洗涤纤维含量聚类图  
Fig.6 Dendrogram of neutral detergent fiber content of 19 tested alfalfa germplasm

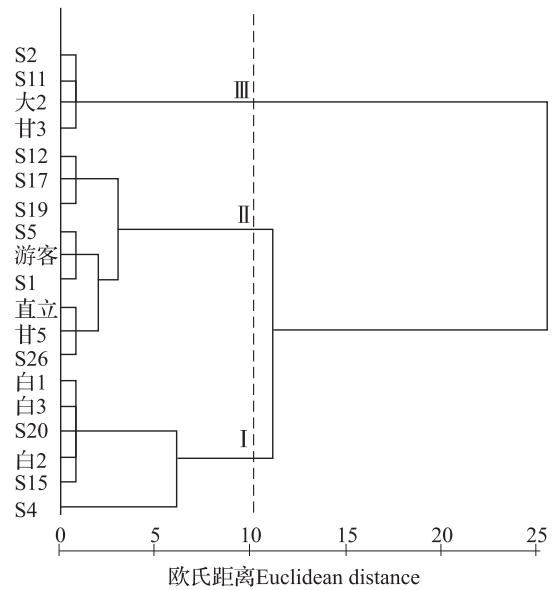


图8 基于19个苜蓿材料酸性洗涤纤维含量聚类图  
Fig.8 Dendrogram of acid detergent fiber content of 19 tested alfalfa germplasm

2.1.4 酸性洗涤纤维含量分异 由图7可知,19个苜蓿株系连续2年平均酸性洗涤纤维含量差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),酸性洗涤纤维性状变异最小,为6.00%,各株系含量变幅为29.81%~34.96%,S4的酸性洗涤纤维含量显著低于其他株系,分别较甘农3号降低14.73%,较甘农5号降低8.14%,较游客降低7.28%。甘3为酸性洗涤纤维含量最高的株系。以19个苜蓿株系连续2年酸性洗涤纤维含量的平均值为基础,对其进行聚类分析,以欧式距离10.0为分界线,19个株系酸性洗涤纤维含量可分为3类(图8):第I类(S4、白2、S20、白1、白3和S15)ADF含量低,为29.81%~31.48%,平均为30.90%;第II类(S1、S5、游客、甘5、直立、

S26、S19、S12、S17) ADF含量中等,为31.87%~33.30%,平均为32.62%;第III类(大2、S11、S2、甘3) ADF含量高,为34.38%~34.96%,平均为34.57%。

2.2 优异材料的综合评价

将干草产量、粗蛋白质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量聚类分析结果合并(表2),并采用灰色关联度理论构造综合评价模型,对供试材料进行综合评价得知(表3),株系S4粗蛋白质含量高、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量低,产量性状表现较高,综合评价排名第1,为最理想的株系,其次是白3,排名第2,综合性状较优,均可作为高产高蛋白低纤维材料。白1和S1,其产量较高,粗蛋白质含量中等,综合评价排名分别为第3和第6,可作为高产中蛋白材料。S15排名第4,为高产低纤维材料,白2排名第5,为中产高蛋白材料,S12排名第8,为高产高蛋白材料,以上材料均可作为培育优质高产紫花苜蓿新品种的基础种质材料,经过继代筛选,可以获得优良育种材料。此外,从单个性状考虑,白1可能为高产材料,S4可能为高蛋白材料,白3可能为低纤维材料,尚需继代检测。

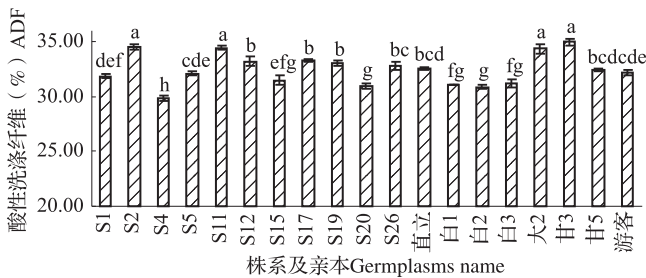


图7 供试材料的酸性洗涤纤维含量  
Fig.7 The acid detergent fiber content of 19 tested alfalfa germplasm

表 2 19 个苜蓿材料饲用品质性状比较

Table 2 Comparison of forage traits of 19 tested alfalfa germplasms

株系名称 Germplasms name	干草产量(t/hm <sup>2</sup> ) Dry yield	品质性状(%) Quality traits		
		粗蛋白(CP)	中性洗涤纤维(NDF)	酸性洗涤纤维(ADF)
s1	较高 Relative high	中 Medium	中 Medium	中 Medium
s2	中 Medium	低 Low	中 Medium	高 High
s4	较高 Relative high	高 High	低 Low	低 Low
s5	低 Low	中 Medium	中 Medium	中 Medium
s11	中 Medium	中 Medium	中 Medium	高 High
s12	较高 Relative high	高 High	中 Medium	中 Medium
s15	较高 Relative high	中 Medium	低 Low	低 Low
s17	低 Low	中 Medium	高 High	中 Medium
s19	低 Low	中 Medium	中 Medium	中 Medium
s20	低 Low	低 Low	中 Medium	低 Low
s26	中 Medium	低 Low	高 High	中 Medium
直立	低 Low	低 Low	高 High	中 Medium
白1	高 High	中 Medium	中 Medium	低 Low
白2	中 Medium	高 High	中 Medium	低 Low
白3	较高 Relative high	高 High	低 Low	低 Low
大2	低 Low	低 Low	中 Medium	高 High
甘3	较高 Relative high	中 Medium	中 Medium	高 High
甘5	中 Medium	中 Medium	中 Medium	中 Medium
游客	中 Medium	中 Medium	中 Medium	中 Medium

表 3 19 个苜蓿材料综合评价排序

Table 3 Performance sequence of 19 tested alfalfa germplasms

株系名称 Germplasms name	各指标得分值(关联系数×权重) The indexes of comprehensive evaluation( $\zeta_i \times w_i$ )				加权关联度值 Relational coefficients	排序 Sequence
	干草产量 Hay yield	粗蛋白质 CP	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF		
	s1	0.1152	0.1507	0.2071		
s2	0.0908	0.1138	0.1858	0.1857	0.5760	16
s4	0.1383	0.2341	0.2767	0.2906	0.9397	1
s5	0.0799	0.1465	0.1882	0.2272	0.6418	10
s11	0.1047	0.1317	0.1750	0.1861	0.5976	14
s12	0.1110	0.1847	0.1976	0.2057	0.6989	8
s15	0.1224	0.1289	0.2578	0.2418	0.7509	4
s17	0.0808	0.1499	0.1397	0.2044	0.5748	17
s19	0.0698	0.1460	0.2068	0.2083	0.6310	12
s20	0.0770	0.1196	0.2336	0.2549	0.6851	9
s26	0.0923	0.1148	0.1439	0.2129	0.5639	18
直立	0.0682	0.1127	0.1491	0.2182	0.5481	19
白1	0.1985	0.1284	0.2108	0.2517	0.7894	3
白2	0.0910	0.1730	0.2017	0.2576	0.7234	5
白3	0.1517	0.1753	0.2625	0.2496	0.8391	2
大2	0.0662	0.1204	0.2142	0.1873	0.5880	15
甘3	0.1186	0.1365	0.1967	0.1792	0.6310	12
甘5	0.0993	0.1381	0.1726	0.2204	0.6304	13
游客	0.1031	0.1476	0.2248	0.2266	0.7022	7
权重值	0.1985	0.2341	0.2767	0.2906		

### 3 讨论

杂交育种指不同种群、不同基因型个体间进行杂交,并在其杂种后代中通过选择而育成综合品种的方法<sup>[14]</sup>。四倍体紫花苜蓿为异花授粉植物,其天然异交率在25%~75%之间,利用杂种优势,可以更快地选育出符合育种目标,满足生产需要的苜蓿新品种<sup>[15]</sup>。如图牧2号是利用1个母本和4个父本混合杂交选育而成,表现了亲本的优良特性。甘农3号则是通过筛选优良单株,采用多元杂交法育成的<sup>[16]</sup>。紫花苜蓿产量和品质性状的选择采用多元杂交法,这样可以将多个亲本的优良性状通过杂交集成到杂交后代中并形成新品种。采用多元杂交法育种时,选择的亲本必须具有代表性,本研究中选用的亲本甘3号、甘农5号和游客紫花苜蓿分别具备了高产、优质抗虫、速生等特性。3个亲本天然杂交后获得的是一个小规模范围内随机授粉的杂合体,辅之适当的轮回选择,可以打破不良基因连锁<sup>[17]</sup>,最终从遗传基础极其广泛的改良群体中<sup>[18]</sup>选择产量和品质均优于亲本的、综合性状突出的优良株系材料来培育苜蓿新品种。

产量是苜蓿生产效益的基础,高产是苜蓿育种的主要目标。王亚玲等<sup>[19]</sup>通过对苜蓿生长高度、生长速度、再生速度、分枝数与草产量的通径分析,得出这4个指标对草产量均有促进作用,因此,可通过提高苜蓿的再生性,选育植株高且叶量丰富的品种来获得更高产量<sup>[20]</sup>。吉林省农业科学院通过连续4年混合选择,育成了公农1号高产苜蓿品种,其年均干草产量为12~15 t/hm<sup>2</sup>。中国农业科学院以丰产型保定苜蓿和自选苜蓿为亲本材料,经选择优株杂交,多代轮回选育后,培育了中苜6号新品种,其年均干草产量可达17.3 t/hm<sup>2</sup>。本试验通过对16个株系及亲本(对照)连续2年平均干草产量的聚类分析,筛选出干草产量较高的株系S12、S1、甘3、S15、S4、白3和白1,干草产量为17.74~22.72 t/hm<sup>2</sup>,其高产特性能否稳定遗传,还有待进一步的继代测试。

长期以来,在紫花苜蓿牧草生产体系中,往往注重经济性状而忽视了营养品质性状。紫花苜蓿品质优劣不仅影响家畜的生长和发育,也影响家畜产品的产量和品质<sup>[21]</sup>。因此,在选育高产苜蓿种质材料的基础上,应该以改良苜蓿品质为主要育种目标。牧草品质育种是近30年关注的热点领域,在中国尚处于起步阶段<sup>[22]</sup>。粗蛋白质和纤维是反映苜蓿营养品质最重要、最具代表性的指标,提高粗蛋白质

含量和降低纤维含量是改善牧草营养品质的重要内容<sup>[23]</sup>。本试验中酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维和粗蛋白质的权重位居前3,与当前畜牧业中急需解决的优质蛋白饲料短缺的问题相呼应<sup>[24]</sup>。通过对3个营养指标连续2年平均值的分析,筛选出粗蛋白质含量高的株系有白2、白3、S12和S4,其CP含量为20.51%~22.74%;中性洗涤纤维含量低的株系有S4、白3和S15,其NDF含量为37.29%~38.05%;酸性洗涤纤维含量低的株系有S4、白2、S20、白1、白3和S15,其ADF含量为29.81%~31.48%。筛选出的株系在某一品质性状上表现突出,均可作为改善苜蓿品质的基础材料。4个指标中,干草产量的变异系数最大,表明其选择潜力最大。影响苜蓿粗蛋白质和纤维含量的因素有很多,吕文坤等<sup>[25]</sup>通过田间试验及纤维含量测定,得出主茎长与NDF和ADF含量均呈显著正相关,徐玉鹏等<sup>[26]</sup>运用灰色关联度分析法分析了7个性状对干草产量、粗蛋白含量及粗纤维含量的影响,确定了可作为优势性状的农艺性状。因此,在优质高产紫花苜蓿新品种的选育工作中,将干草产量、CP、NDF和ADF作为重要指标加以考虑的同时,还应加强田间观察,充分了解各株系的优势性状,通过优势性状预测其品质,加快育种进程,提高育种效率。

本研究通过选取3个亲本甘农3号、甘农5号、游客苜蓿以及16个杂交后代优良株系为试验材料,运用聚类分析和灰色关联度法,不仅筛选出可能具有高产或高品质(高粗蛋白质、低纤维)单一性状较优的苜蓿材料,而且通过综合产量和各营养品质特性分析,鉴定出可能具有综合优良性状的株系材料。针对3个亲本杂交后代筛选出的优良株系,还需进行上述各指标的继代检测。如果这些优良特性能够稳定遗传,则可作为优异的苜蓿种质资源,通过进一步的选择育种和常规杂交育种利用,培育苜蓿新品种。

#### 参考文献

- [1] 吕林有,何跃,赵立仁.不同苜蓿品种生产性能研究[J].草地学报,2010,18(3):365-371
- [2] 朱博,师尚礼,倪磊,等.12个紫花苜蓿材料速生性能综合评价[J].植物遗传资源学报,2014,15(2):436-440
- [3] 师尚礼,南丽丽,郭全恩.中国苜蓿育种取得的成就及展望[J].植物遗传资源学报,2010,11(1):46-51
- [4] 曹宏,章会玲,盖琼辉,等.22个紫花苜蓿品种的引种试验和生产性能综合评价[J].草业学报,2011,20(6):219-229
- [5] 丁连声.甘肃草业可持续发展战略研究[M].北京:科学出版

- 社,2008:180-187
- [6] 王运涛,杨志敏,李广有,等. 6个苜蓿品种在冀西北地区的生产性能[J]. 草业科学,2013,31(6):1141-1146
- [7] 衣兰智,李长忠,刘洪庆,等. 不同苜蓿品种在青岛地区的适应性[J]. 草业学报,2011,20(2):147-155
- [8] 李红,罗新义,王玉林,等. 高产高蛋白高抗性苜蓿品种选育[J]. 草地学报,2002,10(1):29-32
- [9] 寇江涛,师尚礼,胡桂馨,等. 紫花苜蓿对薹马危害的光合生理响应[J]. 中国农业科学,2013,46(12):2459-2470
- [10] 甘肃农业大学. 草原生态化学实验指导书[M]. 北京:农业出版社,1987
- [11] 杨翌,张新全,李向林,等. 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[J]. 草业学报,2009,18(5):67-72
- [12] 桃联安,董丽华,经艳芬,等. 甘蔗属原种间杂交  $F_1$  灰色接近度综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(6):1248-1254
- [13] 潘存祥,许勇,纪海波,等. 西瓜种质资源表型多样性及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(1):59-63
- [14] 杨青川,孙彦. 中国苜蓿育种的历史、现状与发展趋势[J]. 中国草地学报,2011,33(6):97-101
- [15] Katepa-mupondwa F M, Christie B R, Michaels T E. An improved breeding strategy for autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) [J]. Euphytica, 2002, 123(1):139-146
- [16] 徐春波,王勇,赵来喜,等. 我国牧草种质资源创新研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(5):809-815
- [17] 杨青川,康俊梅,郭文山. 紫花苜蓿耐盐新种质一般配合力分析与轮回选择[J]. 草地学报,2006,14(1):4-8
- [18] Meyrman G, Yerzhanova S. The species diversity of alfalfa in Kazakhstan and the possibility of its use in breeding[J]. Int J Agric Crop Sci, 2014, 7(15):1488-1492
- [19] 王亚玲,李晓芳,师尚礼,等. 紫花苜蓿生产性能构成因子分析与评价[J]. 中国草地学报,2007,29(9):8-15
- [20] Heathcliffe R, Brummer E C. Persistence and yield stability of intersubspecific alfalfa hybrids [J]. Crop Sci, 2006, 46(3):1058-1063
- [21] 桂枝,高建明. 我国苜蓿育种的研究进展[J]. 天津农学院学报,2003,10(1):37-41
- [22] 郑凯,顾洪如,沈益新,等. 牧草品质评价体系及品质育种的研究进展[J]. 草业科学,2006,23(5):57-61
- [23] 蔡海霞,程广伟. 紫花苜蓿育种有关问题浅探[J]. 草原与饲料,2012,32(1):49-51
- [24] 郑敏娜,李荫藩,梁秀芝,等. 晋北地区引种苜蓿品种的灰色关联度分析与综合评价[J]. 草地学报,2014,22(3):632-637
- [25] 吕文坤,曹致中. 苜蓿形态学性状与纤维含量的相关性分析[J]. 草业科学,2009,26(12):50-55
- [26] 徐玉鹏,赵忠祥,王秀领. 紫花苜蓿品质性状和农艺性状的相关性研究[J]. 草业科学,2008,25(7):46-49

## 欢迎订阅 2016 年《草业学报》

《草业学报》由中国科协技术协会主管,中国草学会、兰州大学主办,国内外公开发行的高级学术期刊。本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊、中国科技论文统计源期刊、英国 CABI 文摘数据库来源期刊、《中国生物学文摘》中国生物学文摘数据库收录期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊、《万方数据-数字化期刊群》入网期刊。

本刊主要报道国内外草业科学及其相关领域,如畜牧学、农学、林学、经济学等领域的高水平理论研究和技术创新成果,发表国内外草业领域创新性的研究论文,刊载学术价值较高的草业科学专论、综述、评论等,探讨草业发展的新理论与新构思,是草业新秀成长的园地,推动草业科学发展的论坛。其读者对象主要是从事农林牧渔、园林绿化、生态环境、国土资源等领域的科研管理及教学等专业人员。

月刊,每期定价 25 元,全年 300 元。国内邮发代号:54-84,全国各地邮局均可订阅,若错过订期,可在本编辑部直接办理订阅。

地址:兰州市嘉峪关西路 768 号《草业学报》编辑部

邮编:730020

电话/传真:(0931)8913494

E-mail:cyxb@lzu.edu.cn

网址:http://cyxb.lzu.edu.cn