

紫花苜蓿多元杂交后代优良株系筛选研究

李 哲, 师尚礼, 王 虹

(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, 兰州 730070)

摘要:通过对甘农 3#、甘农 5#和游客紫花苜蓿多元杂交后代选育的 36 个株系及其亲本生长、产量、品质等相关指标的测定,采用灰色关联度理论,构造综合评价模型进行供试材料综合评价,筛选出速生 12#、速生 11#株系为最理想的优良株系,生长高度分别为 105.44 cm、105.42 cm;生长速度分别为 1.75 cm/d、1.68 cm/d;叶茎比分别为 0.30、0.25;分枝数分别为 23、17;鲜草产量分别为 39.99 t/hm²、35.13 t/hm²;粗蛋白含量分别为 19.95%、23.89%;相对饲用价值为 153.15%、157.02%。多叶 2#、速生 5#、速生 20#、速生 21#等 4 个株系的平均生长高度、生长速度、叶茎比、分枝数、产量、粗蛋白含量和相对饲用价值等综合评价结果较为理想,可作为较好潜力的株系。

关键词:产量性状;品质性状;综合评价;株系筛选

Study on Selecting the Excellent Strains of Alfalfa Hybrid Offspring

LI Zhe, SHI Shang-li, WANG Hong

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory

of Grassland Ecosystem of the Ministry of Education/Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070)

Abstract: By measuring the indexes related to growth, yield, and quality of Gannong No. 3, Gannong No. 5, tourists alfalfa, and their hybrid offspring and combining gray systematic theory, we structured the comprehensive evaluation model for all materials. The results showed that fast-growing 12# and fast-growing 11# were better strains, and the growth height were respectively 105.44 cm and 105.42 cm, growth rates were 1.75 cm and 1.68 cm every day, meanwhile stem-leaf ratios were 0.30 and 0.25, branch numbers were 23 and 17, fresh yield were 39.99 t/hm² and 35.13 t/hm², and then crude protein contents were 19.95% and 23.89%, relative feeding value were 153.15% and 157.02%. The comprehensive evaluation result on average growth height, growth rate, leaf-stem ratio, branch number, fresh yield, crude protein content, and relative feeding value showed that multi-leaf 2#, fast-growing #5, fast-growing 20#, and fast-growing 21# could be used as good potential strains.

Key words: yield traits; quality traits; comprehensive evaluation; select strains

优质饲草是生产优质畜产品的基础,紫花苜蓿(*Medicago sativa*)作为一种重要的豆科牧草,其粗蛋白含量高,营养价值好,饲喂家畜效果显著,是发展畜牧业的首选饲料作物,世界各主要国家均有引进和培育并大面积种植生产^[1]。国外主要苜蓿种植国家的育种工作始于 20 世纪初期,到 20 世纪 70 至 80 年代,国际上苜蓿育种的方向从单纯强调产量转

向产量与品质并重^[2]。国内近年来随着畜牧业的快速发展,提高产量和改善品质已经成为培育苜蓿新品种的重要目标。我国西北地区日照充足,气候干旱,全年降水量稀少,灌溉条件良好,非常适宜苜蓿生产。因此,选育出适宜绿洲灌溉条件下速生、高产、优质的紫花苜蓿新品种是亟待解决的问题。

以往的常规育种通常采用目测法筛选优良株

收稿日期:2012-12-04 修回日期:2013-01-13 网络出版日期:2013-08-09

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130809.1303.012.html>

基金项目:农业部“牧草种质资源保种繁殖项目”(NB2130135);国家牧草产业技术体系项目(CARS-35)

第一作者研究方向为牧草种质资源及育种。E-mail:41056793@qq.com

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

系,灰色关联度理论较多地被运用于地方种质资源评价与抗性品种筛选^[3-4],而将产量与品质相结合,采用灰色关联度理论筛选多元杂交后代优良株系的方法尚未见报道。本研究通过紫花苜蓿多品种杂交后代群体农艺学性状、形态学指标观测、营养品质测定,研究多品种杂交后代群体生长发育特性,以产量性状和品质性状为主要筛选条件,采用灰色关联度理论,建立紫花苜蓿综合评价模型,筛选多元杂交后代优良株系,为培育紫花苜蓿新品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

采用灌区直立丰产型甘农 3#紫花苜蓿 (*Medica-*

go sativa cv. Gannong No. 3)、中度秋眠 5~6 级速生型游客紫花苜蓿 (*Medicago sativa* cv. Youke) 和高秋眠 8~9 级速生抗薊马甘农 5#紫花苜蓿 (*Medicago sativa* cv. Gannong No. 5) 为亲本材料,2008 年 7 月将种子以 1:1:1 的比例混合播种,行距 80 cm,株距 25~30 cm,2009 年进行天然自由传粉杂交并收获 F₁ 种子,2009 年 7 月中旬种植当年收获的 F₁ 种子,2010 年开花期依据生长速度、株高、株型、产量、叶形、叶量、叶茎比等指标进行单株选择挂签,选择 135 个优良单株,成熟后单独收种子、单独贮藏,2011 年春季种植成株系行,初选出 36 个株系与 3 个亲本作为本试验材料进行研究(表 1)。

表 1 供试材料名录和来源

Table 1 The list of tested germplasms name and origin

编号 No.	株系名称 Germplasm name	来源 Origin	编号 No.	株系名称 Germplasm name	来源 Origin	编号 No.	株系名称 Germplasm name	来源 Origin	编号 No.	株系名称 Germplasm name	来源 Origin
1	速生 1#	杂交后代	11	速生 11#	杂交后代	21	速生 21#	杂交后代	31	白花 2#	杂交后代
2	速生 2#	杂交后代	12	速生 12#	杂交后代	22	速生 22#	杂交后代	32	白花 3#	杂交后代
3	速生 3#	杂交后代	13	速生 13#	杂交后代	23	速生 23#	杂交后代	33	大叶 1#	杂交后代
4	速生 4#	杂交后代	14	速生 14#	杂交后代	24	速生 24#	杂交后代	34	大叶 2#	杂交后代
5	速生 5#	杂交后代	15	速生 15#	杂交后代	25	速生 25#	杂交后代	35	大叶 3#	杂交后代
6	速生 6#	杂交后代	16	速生 16#	杂交后代	26	速生 26#	杂交后代	36	大叶 4#	杂交后代
7	速生 7#	杂交后代	17	速生 17#	杂交后代	27	多叶 1#	杂交后代	37	甘农 3#	甘肃农大 GSAU
8	速生 8#	杂交后代	18	速生 18#	杂交后代	28	多叶 2#	杂交后代	38	甘农 5#	甘肃农大 GSAU
9	速生 9#	杂交后代	19	速生 19#	杂交后代	29	直立 1#	杂交后代	39	游客	荷兰 Holand
10	速生 10#	杂交后代	20	速生 20#	杂交后代	30	白花 1#	杂交后代			

试验设在甘肃农业大学兰州牧草试验站内,属温带半干燥大陆性气候,四季分明,气候温和干旱,光照充足。海拔 1517.3 m。年平均降水量为 200~320 mm,年平均日照时数为 2474.4 h。

试验区总面积 12 m×20 m,种植长度 5.5 m,每个株系材料各种植 2 行,每个亲本材料各种植 4 行,行距 50 cm,条播,播种量为 15 kg/hm²,播种深度 1.5~2.0 cm,2011 年 4 月 3 日播种。田间管理包括间苗、中耕锄草、病虫害防治、适时灌溉。2012 年观测各项指标。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 出苗、返青期和越冬率观测 分别观察记录 39 个苜蓿材料的出苗日期、返青日期、越冬率等。出苗期:各材料 50% 植株子叶出土的日期。

返青期:各材料 50% 植株出现新的小叶的日期。越冬率:入冬前取 1 m 样段,数苗,春季返青后再数存活株数,计算其百分率,3 次重复,取平均值。

1.2.2 绝对生长高度 在初花期,每个材料随机取 20 个单株拉直测量其高度,3 次重复,取平均值。

1.2.3 生长速度 从分枝期开始,各材料每隔 10 d 测量 1 次生长高度,直到初花期。生长速度 = 生长高度/生长天数,每个重复随机取 20 个单株测定,3 次重复,取平均值。

1.2.4 叶茎比 在初花期每个材料分别随机取 10 株鲜样,人工分离茎叶,在电子天平上分别称量茎和叶的重量,叶茎比值 = 叶重量/茎重量,3 次重复,取平均值。

1.2.5 分枝数 在初花期,每个株系随机取 10 株测分枝数,3 次重复,取平均值。

1.2.6 鲜草产量 在初花期收割地上生物量,样方为 1 m²,重复 3 次,取平均值。

1.2.7 粗蛋白质含量 (CP) 采用凯氏定氮法 (GB/T6432-94) 测定^[5]。

1.2.8 中性洗涤纤维 (NDF, neutra detergent fiber) 和酸性洗涤纤维 (ADF, acid detergent fiber) 采用浓 H₂SO₄ 消煮法 (GB/T6434-94), 根据 Van Soest 和 Roberston 方法测定^[5]。

1.2.9 相对饲用价值^[6] 消化性干物质 (DDM, digestible dry matter) = 88.9 - 0.779 × 酸性洗涤纤维 (干物质的百分数); 干物质采食量 (DMI, dry matter intake) = 120/中性洗涤纤维 (干物质的百分数); 相对饲用价值 (RFV, relative feeding value) = (消化性干物质 × 干物质采食量)/1.29

1.3 供试紫花苜蓿材料产量性状和品质性状综合评价方法

根据灰色系统理论,将所有的供试材料或性状看作一个灰色系统,而每一材料或性状为该系统中的一个因素,分析系统中各因素关联度值越大,因素的相似程度越高^[7]。先构造出理想的参考材料及其参考数列 X_0 。本研究中参考材料是根据苜蓿育种目标而构建的最优材料,其各项性状指标为参试材料中相应性状的最大值,这一标准符合苜蓿材料选育的演变趋势及速生、高产、优质的育种目标。

1.3.1 性状值无量纲化处理 对各性状原始数据进行无量纲化处理,即所有性状值除以相应参考材料 (X_0) 的值^[8]。经处理后,使 $0 < X_i \leq 1$ 。

1.3.2 计算参考材料与供试材料各性状指标的绝对差值 第 i 个品种在 η 个性状上的绝对差用 $\Delta_i(\eta)$ 表示,即 $\Delta_i(\eta) = |X_0(\eta) - X_i(\eta)|$ ($i = 1, 2, \dots, 55; \eta = 1, 2, \dots, 11$), 式中 $X_0(\eta) = 1.00$ 。

1.3.3 计算关联系数 计算出最小绝对差值 \min_i

$\frac{\min}{\eta} |X_0(\eta) - X_i(\eta)|$ 和最大绝对差值 $\frac{\max}{i} \frac{\max}{\eta} |X_0(\eta) - X_i(\eta)|$ 。并将最小绝对差值和最大绝对差值代入关联系数公式:

$$\xi_i = \frac{\frac{\min}{i} \frac{\min}{\eta} |X_0(\eta) - X_i(\eta)| + \rho \frac{\max}{i} \frac{\max}{\eta} |X_0(\eta) - X_i(\eta)|}{|X_0(\eta) - X_i(\eta)| + \rho \frac{\max}{i} \frac{\max}{\eta} |X_0(\eta) - X_i(\eta)|}$$

上式中 ρ 为分辨率系数,用于提高关联系数间的差

异显著性,取值范围 0 ~ 1,本研究取 $\rho = 0.5$ 。

将计算出来的关联系数值代入关联度公式:

$$\gamma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i(\eta)$$

上式中: γ 为关联度, $n = 39$ 。

1.3.4 综合评价模型的构建和供试材料的综合评价 用供试材料每个性状的关联度值除以各性状总的关联度值之和,即 $\beta_\eta = \frac{\gamma_\eta}{\sum \gamma_\eta}$, 可以计算出各个性状的相应权重,判断出每个性状在苜蓿综合评价中的贡献率大小。由此可以构建供试材料综合评价模型如下: $\psi = \beta_1 \xi_1 + \beta_2 \xi_2 + \dots + \dots + \beta_n \xi_n$, n 为供试材料株系数, ψ 为综合评价得分。

1.4 数据处理

采用 SPSS 16.0 进行方差分析和显著性检验, Excel 制图。

2 结果与分析

2.1 出苗期、返青期与越冬率

供试材料在 2011 年 4 月 3 日播种后,通过观测 (表 2), 所有材料出苗期在 4 月 12 - 16 日,速生 10#、速生 11#、速生 12#、白花 1#、大叶 1#、甘农 5# 出苗最早。2012 年 3 月 18 日供试材料开始返青,速生 11#、大叶 2# 返青最早,3 月 25 日全部返青。供试材料越冬率都在 90% 以上,越冬率最高的是速生 11#, 达到 99.12%。速生 5#、速生 10#、速生 11#、速生 12#、速生 19#、速生 23#、白花 1#、大叶 2# 等 8 个株系越冬率都高于 3 个亲本。

2.2 生长高度

生长高度是与产量密切相关的一项测量指标,通过表 3 分析,39 个供试苜蓿材料生长高度差异极显著 ($P < 0.01$)。其中速生 12# 与速生 11# 紫花苜蓿株系的生长高度最高,达 105.4 cm。除了速生 10#、甘农 3#、甘农 5#、速生 1#、速生 3#、速生 2#、速生 19#、多叶 2# 和直立 1# 等 9 个株系以外,其他株系均极显著地低于速生 11# 与速生 12#。后代株系中生长高度均高于 3 个亲本材料的是速生 12#、速生 11#、速生 10#。速生 12# 分别高于亲本甘农 3#、甘农 5#、游客 6.88 cm (6.98%)、7.29 cm (7.43%)、11.89 cm (12.71%)。速生 11# 分别高于亲本甘农 3#、甘农 5#、游客 6.86 cm (6.96%)、7.27 cm (7.41%)、11.87 cm (12.69%)。速生 10# 分别高于亲本甘农 3#、甘农 5#、游客 3.26 cm (3.31%)、3.67 cm (3.74%)、8.27 cm (8.84%)。

表 2 供试苜蓿材料的出苗期、返青期和越冬率

Table 2 The seedling dete,reviving dete,and wintering rate of the different pattern alfalfa germplasms

苜蓿材料	出苗期	返青期	越冬率(%)	苜蓿材料	出苗期	返青期	越冬率(%)
Germplasm	Date of	Date of		Germplasm	Date of	Date of	
name	seedling	reviving	Wintering rate	name	seedling	reviving	Wintering rate
速生 1#	4 月 14 日	3 月 22 日	92.34	速生 21#	4 月 14 日	3 月 23 日	94.32
速生 2#	4 月 16 日	3 月 25 日	91.23	速生 22#	4 月 14 日	3 月 23 日	93.79
速生 3#	4 月 16 日	3 月 19 日	95.34	速生 23#	4 月 16 日	3 月 19 日	98.85
速生 4#	4 月 13 日	3 月 21 日	94.72	速生 24#	4 月 16 日	3 月 22 日	95.87
速生 5#	4 月 13 日	3 月 21 日	97.22	速生 25#	4 月 15 日	3 月 20 日	97.10
速生 6#	4 月 16 日	3 月 23 日	92.19	速生 26#	4 月 14 日	3 月 22 日	95.55
速生 7#	4 月 13 日	3 月 22 日	92.83	多叶 1#	4 月 14 日	3 月 21 日	95.13
速生 8#	4 月 15 日	3 月 24 日	96.74	多叶 2#	4 月 13 日	3 月 22 日	96.34
速生 9#	4 月 15 日	3 月 23 日	94.69	直立 1#	4 月 14 日	3 月 21 日	93.84
速生 10#	4 月 12 日	3 月 20 日	98.14	白花 1#	4 月 12 日	3 月 19 日	97.99
速生 11#	4 月 12 日	3 月 18 日	99.12	白花 2#	4 月 14 日	3 月 22 日	94.76
速生 12#	4 月 12 日	3 月 19 日	97.79	白花 3#	4 月 16 日	3 月 23 日	93.64
速生 13#	4 月 13 日	3 月 22 日	95.43	大叶 1#	4 月 12 日	3 月 22 日	95.18
速生 14#	4 月 14 日	3 月 21 日	95.12	大叶 2#	4 月 14 日	3 月 18 日	97.93
速生 15#	4 月 16 日	3 月 22 日	94.89	大叶 3#	4 月 13 日	3 月 21 日	96.66
速生 16#	4 月 15 日	3 月 20 日	96.34	大叶 4#	4 月 15 日	3 月 21 日	95.89
速生 17#	4 月 15 日	3 月 22 日	95.33	甘农 3#	4 月 14 日	3 月 21 日	97.01
速生 18#	4 月 13 日	3 月 22 日	94.98	甘农 5#	4 月 12 日	3 月 19 日	97.12
速生 19#	4 月 15 日	3 月 19 日	97.89	游客	4 月 15 日	3 月 23 日	94.31
速生 20#	4 月 16 日	3 月 22 日	96.02				

表 3 供试材料的生长高度

Table 3 The plant height of tested alfalfa germplasms

苜蓿材料	生长高度(cm)	苜蓿材料	生长高度(cm)	苜蓿材料	生长高度(cm)
Germplasm name	Plant height	Germplasm name	Plant height	Germplasm name	Plant height
速生 1#	97.37ABCDE	速生 14#	90.69CDEFGH	多叶 1#	91.15CDEFGH
速生 2#	96.16ABCDEF	速生 15#	89.67CDEFGH	多叶 2#	95.80ABCDEF
速生 3#	96.29ABCDEF	速生 16#	87.41EFGH	直立 1#	97.43ABCDEF
速生 4#	90.78CDEFGH	速生 17#	94.14BCDEFG	白花 1#	89.23CDEFGH
速生 5#	92.81BCDEFG	速生 18#	91.75CDEFGH	白花 2#	88.96CDEFGH
速生 6#	90.35CDEFGH	速生 19#	95.80ABCDEF	白花 3#	86.87FGH
速生 7#	90.07CDEFGH	速生 20#	88.31DEFGH	大叶 1#	93.84BCDEFG
速生 8#	87.91DEFGH	速生 21#	88.31GHI	大叶 2#	88.28DEFGH
速生 9#	89.22CDEFGH	速生 22#	77.35I	大叶 3#	95.63BCDEFG
速生 10#	101.82AB	速生 23#	82.34HI	大叶 4#	91.47CDEFGH
速生 11#	105.42A	速生 24#	85.78GHI	甘农 3#	98.56ABC
速生 12#	105.44A	速生 25#	94.88BCDEFG	甘农 5#	98.15ABCD
速生 13#	95.17BCDEFG	速生 26#	93.33BCDEFG	游客	93.55BCDEFG

表中不同大写字母表示不同株系间差异极显著($P < 0.01$),下同

Different uppercase letters indicate highly significant differences between different strains at 0.01 level,the same as below

2.3 生长速度

通过比较 39 个苜蓿材料的生长速度存在极显著差异($P < 0.01$),由表 4 可以看出生长速度最快的是速生 1#与速生 12#,达到 1.75 cm/d,其次是速生 11#、白花 1#、速生 17#、大叶 2#、大叶

1#、甘农 3#、速生 2#、速生 20#、速生 22#、速生 6#和速生 23#等 11 个株系表现较好。速生 1#、速生 12#、速生 11#、速生 17#、白花 1#、大叶 1#与大叶 2#等 7 个株系生长速度均高于 3 个亲本。速生 1#、速生 12#与甘农 3#无极显著差异,比甘

农 3#只高出 0.17 cm/d (10.76%),速生 1#、速生 12#与甘农 5#、游客存在极显著差异,高于甘农 5# 0.27 cm/d (18.24%)、游客 0.53 cm/d (43.44%)。

表 4 供试材料的生长速度

Table 4 The growth rate of tested alfalfa germplasms

苜蓿材料	生长速度 (cm/d)	苜蓿材料	生长速度 (cm/d)	苜蓿材料	生长速度 (cm/d)
Germplasm name	Growth rate	Germplasm name	Growth rate	Germplasm name	Growth rate
速生 1#	1.75A	速生 14#	1.14HIJ	多叶 1#	1.36EFGH
速生 2#	1.57ABCDE	速生 15#	1.37EFGH	多叶 2#	1.24EFGH
速生 3#	1.27FGH	速生 16#	1.24FGHIJ	直立 1#	1.24EFGH
速生 4#	1.37EFGH	速生 17#	1.64ABCD	白花 1#	1.65ABC
速生 5#	1.27FGH	速生 18#	1.40DEFG	白花 2#	1.34EFGH
速生 6#	1.52ABCDE	速生 19#	1.39DEFG	白花 3#	1.45FGHI
速生 7#	1.22GHIJ	速生 20#	1.57ABCDE	大叶 1#	1.59ABCDE
速生 8#	1.42CDEFG	速生 21#	1.44BCDEFG	大叶 2#	1.62ABCD
速生 9#	1.36EFGH	速生 22#	1.54ABCDE	大叶 3#	1.46BCDEFG
速生 10#	1.40DEFG	速生 23#	1.52ABCDE	大叶 4#	1.42CDEFG
速生 11#	1.68AB	速生 24#	1.44BCDEFG	甘农 3#	1.58ABCDE
速生 12#	1.75A	速生 25#	1.02IJ	甘农 5#	1.48BCDEF
速生 13#	1.01J	速生 26#	1.39DEFG	游客	1.22GHIJ

2.4 叶茎比

叶茎比反映苜蓿的叶量大小,比值越大,叶片比例越高,饲草越柔软,适口性越好,说明牧草的品质越好。通过对供试材料的比较(表 5),各株系间存在极显著差异($P<0.01$)。叶茎比最大的是速生 5#,比值为 0.59,与甘农 3#无极显著差异,高出 0.14

(31.11%),但与甘农 5#、游客苜蓿存在极显著差异,高于甘农 5# 0.30 (103.45%),高于游客 0.26 (78.79%)。其次是速生 23#和速生 6#表现较好,分别高于甘农 3# 0.07 (15.56%)、0.05 (11.11%),高于甘农 5# 0.23 (79.31%)、0.21 (72.41%),高于游客 0.19 (57.58%)、0.17 (51.52%)。

表 5 供试材料的叶茎比

Table 5 The leaf-stem ratio of tested alfalfa germplasms

苜蓿材料	叶茎比	苜蓿材料	叶茎比	苜蓿材料	叶茎比
Germplasm name	Leaf-stem ratio	Germplasm name	Leaf-stem ratio	Germplasm name	Leaf-stem ratio
速生 1#	0.40ABCDEF	速生 14#	0.32BCDEF	多叶 1#	0.36BCDEF
速生 2#	0.40ABCDEF	速生 15#	0.44ABCDE	多叶 2#	0.37BCDEF
速生 3#	0.37BCDEF	速生 16#	0.21F	直立 1#	0.30BCDEF
速生 4#	0.23EF	速生 17#	0.49ABC	白花 1#	0.30BCDEF
速生 5#	0.59A	速生 18#	0.45ABCD	白花 2#	0.34BCDEF
速生 6#	0.50AB	速生 19#	0.47ABCD	白花 3#	0.32BCDEF
速生 7#	0.34BCDEF	速生 20#	0.45ABCD	大叶 1#	0.31BCDEF
速生 8#	0.41ABCDEF	速生 21#	0.46ABCD	大叶 2#	0.33BCDEF
速生 9#	0.45ABCD	速生 22#	0.41ABCDEF	大叶 3#	0.39ABCDEF
速生 10#	0.37BCDEF	速生 23#	0.52AB	大叶 4#	0.43ABCDE
速生 11#	0.25DEF	速生 24#	0.35BCDEF	甘农 3#	0.45ABCD
速生 12#	0.30BCDEF	速生 25#	0.36BCDEF	甘农 5#	0.29BCDEF
速生 13#	0.29CDEF	速生 26#	0.38ABCDEF	游客	0.33BCDEF

2.5 分枝数

分枝数可在一定程度上反映苜蓿的产量,所有供试材料存在极显著差异($P<0.01$)(表 6)。多叶 2#分枝数最多,达到 26,分别多于甘农 3#、

甘农 5#、游客苜蓿 10 个 (62.50%)、4 个 (18.18%)、11 个 (73.33%)。其次是大叶 3#、速生 5#、速生 12#表现较好,分枝数均大于 3 个亲本,与甘农 5#无极显著差异,但极显著地多于

甘农 3#和游客,大叶 3#、速生 5#、速生 12#分别多于甘农 3#8 个(50.00%)、8 个(50.00%)、7 个(43.75%),分别多于游客 9 个(60.00%)、9 个(60.00%)、8 个(53.33%)。

表 6 供试材料的分枝数

Table 6 The branch number of tested alfalfa germplasms

苜蓿材料	分枝数(个)	苜蓿材料	分枝数(个)	苜蓿材料	分枝数(个)
Germplasm name	Branch number	Germplasm name	Branch number	Germplasm name	Branch number
速生 1#	17DEFG	速生 14#	15EFGHIJK	多叶 1#	14EFGHIJK
速生 2#	15EFGHIJK	速生 15#	16DEFGHIJ	多叶 2#	26A
速生 3#	15EFGHIJK	速生 16#	13FGHIJK	直立 1#	20BCD
速生 4#	15EFGHIJK	速生 17#	15EFGHIJK	白花 1#	16DEFGHIJ
速生 5#	24AB	速生 18#	12FGHIJK	白花 2#	18CDEF
速生 6#	10K	速生 19#	16DEFGHIJ	白花 3#	19CDE
速生 7#	17DEFG	速生 20#	19CDE	大叶 1#	16DEFGHI
速生 8#	18CDEF	速生 21#	13FGHIJK	大叶 2#	14FGHIJK
速生 9#	17DEFG	速生 22#	13FGHIJK	大叶 3#	24AB
速生 10#	17DEFG	速生 23#	11IJK	大叶 4#	11IJK
速生 11#	17DEFG	速生 24#	12FGHIJK	甘农 3#	16DEFGHIJ
速生 12#	23AB	速生 25#	17DEFG	甘农 5#	22ABC
速生 13#	20BCD	速生 26#	11IJK	游客	15EFGHIJK

2.6 鲜草产量

通过比较各供试苜蓿材料的鲜草产量(表 7),可以看出速生 12#鲜草产量极显著地高于其他株系材料($P < 0.01$),达到 39.99 t/hm²,分别高于甘农 3#、甘农 5#、游客苜蓿 9.32 t/hm² (30.39%)、11.38 t/hm² (39.78%)、18.81 t/hm² (88.81%)。其次表现较好的是速生 11#和速生 15#,草产量分别为 35.13 t/hm²、35.01 t/hm²,并且极显著地高于除

速生 8#、速生 16#以外的其他株系。速生 11#和速生 15#分别高于甘农 3# 4.46 t/hm² (14.54%)、4.34 t/hm² (14.15%),分别高于甘农 5# 6.52 t/hm² (22.79%)、6.40 t/hm² (22.37%),分别高于游客 13.95 t/hm² (65.86%)、13.83 t/hm² (65.30%)。鲜草产量均高于 3 个亲本材料株系还有:速生 16#、速生 8#、大叶 2#、速生 7#、速生 5#、速生 1#、速生 13#和大叶 4#。

表 7 供试苜蓿材料鲜草产量

Table 7 The fresh yield of tested alfalfa germplasms

苜蓿材料	鲜草产量(t/hm ²)	苜蓿材料	鲜草产量(t/hm ²)	苜蓿材料	鲜草产量(t/hm ²)
Germplasm name	Fresh yield	Germplasm name	Fresh yield	Germplasm name	Fresh yield
速生 1#	32.16CDE	速生 14#	23.56JK	多叶 1#	24.60IJ
速生 2#	22.57KL	速生 15#	35.01B	多叶 2#	19.62MN
速生 3#	20.34M	速生 16#	33.61BC	直立 1#	18.29NO
速生 4#	17.38O	速生 17#	28.58GH	白花 1#	27.01H
速生 5#	32.31CDE	速生 18#	19.77MN	白花 2#	28.45GH
速生 6#	19.49MN	速生 19#	25.05IJ	白花 3#	29.71FG
速生 7#	32.49CD	速生 20#	27.60H	大叶 1#	30.61EF
速生 8#	33.58BC	速生 21#	20.34M	大叶 2#	33.00C
速生 9#	27.91H	速生 22#	17.68O	大叶 3#	27.97GH
速生 10#	24.07IJK	速生 23#	25.40I	大叶 4#	31.21DEF
速生 11#	35.13B	速生 24#	19.65MN	甘农 3#	30.67EF
速生 12#	39.99A	速生 25#	19.49MN	甘农 5#	28.61GH
速生 13#	31.93CDE	速生 26#	24.90IJ	游客	21.18LM

2.7 品质性状

由表 8 可以看出,粗蛋白质含量最高的是速生 21#,含量达到 24.58%,分别高于甘农 3#、甘农 5#、游客 3.17%、4.54%、4.03%。供试材料中速生 4#、

速生 7#、速生 11#、速生 17#、速生 18#、速生 19#、速生 20#、速生 21#、速生 22#、速生 26#、多叶 2#、直立 1#和大叶 2#等 13 个株系粗蛋白含量高于 3 个亲本材料。酸性洗涤纤维含量最低的是速生 6#,只有

22.52%,分别低于甘农3#、甘农5#、游客4.84%、5.16%、5.89%。酸性洗涤纤维含量均低于3个亲本材料的后代株系有:速生3#、速生4#、速生6#、速生8#、速生9#、速生11#、速生19#、速生21#、速生22#、速生23#、速生24#、白花2#与白花3#。中性洗涤纤维含量最低的是速生2#,仅有32.19%,分别低于甘农3#、甘农5#、游客7.32%、5.99%、3.55%。

表8 供试苜蓿材料的品质性状的

Table 8 The quality character valueof the different pattern alfalfa germplasms

苜蓿材料	粗蛋白质含量(%)	酸性洗涤纤维(%)	中性洗涤纤维(%)	相对饲用价值
Germplasm name	CP	ADF	NDF	RFV
速生1#	20.64	30.96	40.43	149.06
速生2#	18.95	31.84	32.19	185.24
速生3#	17.34	25.94	37.40	170.87
速生4#	23.97	25.68	38.30	167.33
速生5#	20.41	34.19	41.76	138.72
速生6#	20.63	22.52	37.85	175.40
速生7#	24.02	30.58	34.18	177.10
速生8#	18.77	25.12	38.34	168.22
速生9#	20.42	23.16	40.37	163.29
速生10#	21.14	31.40	43.85	136.71
速生11#	23.89	26.08	40.63	157.02
速生12#	19.95	30.04	39.79	153.15
速生13#	18.13	32.56	37.85	156.17
速生14#	19.63	35.67	38.91	148.35
速生15#	18.59	33.10	33.79	173.74
速生16#	19.06	31.10	34.62	173.78
速生17#	21.63	31.86	36.17	164.81
速生18#	23.04	35.70	40.74	140.32
速生19#	22.46	23.31	38.89	169.22
速生20#	21.80	28.81	33.92	182.25
速生21#	24.58	22.65	35.83	185.00
速生22#	24.35	26.70	41.45	152.84
速生23#	19.93	26.27	42.12	151.15
速生24#	20.96	24.52	39.34	165.06
速生25#	20.60	33.06	37.58	156.32
速生26#	21.54	35.91	35.15	163.80
多叶1#	21.16	34.38	38.20	151.26
多叶2#	22.66	35.78	33.50	170.76
直立1#	22.28	35.78	34.39	166.23
白花1#	21.05	35.79	38.32	148.11
白花2#	19.69	27.35	39.41	159.56
白花3#	19.80	27.33	38.35	163.99
大叶1#	21.34	31.33	34.05	176.18
大叶2#	21.86	29.64	36.43	168.04
大叶3#	19.28	31.67	40.55	147.36
大叶4#	20.90	29.43	39.15	156.78
甘农3	21.41	27.36	39.51	159.15
甘农5#	20.04	27.68	38.18	164.05
游客	20.55	28.41	35.74	173.81

2.8 供试材料产量性状和品质性状综合评价

由表9可知,各测定指标权重排序为:相对饲用价值>生长高度>粗蛋白质含量>生长速度>分枝

速生2#、速生7#、速生15#、速生16#、速生20#、速生26#、多叶2#、直立1#、大叶1#等9个后代株系中性洗涤纤维均低于3个亲本材料。相对饲用价值最高的是速生21#,达到185.00,分别高于甘农3#、甘农5#、游客25.85%、20.95%、11.19%。速生2#、速生6#、速生7#、速生20#、速生21#与大叶1#相对饲用价值均大于3个亲本材料。

数>鲜草产量>叶茎比。由此构建苜蓿材料综合评价模型: $\psi = 0.1684\zeta_1 + 0.1675\zeta_2 + 0.1608\zeta_3 + 0.1510\zeta_4 + 0.1196\zeta_5 + 0.1190\zeta_6 + 0.1137\zeta_7$ (其中 ζ_1

为相对饲用价值, ζ_2 为生长高度, ζ_3 为粗蛋白质含量, ζ_4 为生长速度, ζ_5 为分枝数, ζ_6 为鲜草产量, ζ_7 为叶茎比)。本试验 39 个供试材料,通过此模型计算,得出综合评价得分。通过表 9 可以看出综合评价得分最高的是速生 12#,其次是速生 11#,综合表现最好。36 个后代株系中,速生 12#、速生 11#、多叶 2#、速生 5#、速生 20#、速生 21#等 6 个株系综合表现均高于 3 个亲本材料。

表 9 供试苜蓿各性状值无量纲化处理、权重及排名

Table 9 Date disposal of the main traits with non-dimensional change

苜蓿材料 Germplasm name	生长高度 Plant height	生长速度 Growth rate	叶茎比 Leaf-stem ratio	分枝数 Branch number	鲜草产量 Fresh yield	粗蛋白质 含量(%) CP	相对饲用 价值 RFV	综合评价得分 Evaluation score	排名 Ranking
速生 1#	0.923	1.000	0.674	0.665	0.804	0.840	0.805	0.6920	8
速生 2#	0.912	0.899	0.681	0.568	0.564	0.771	1.000	0.6718	12
速生 3#	0.913	0.725	0.626	0.584	0.509	0.706	0.922	0.5899	36
速生 4#	0.861	0.783	0.386	0.551	0.435	0.975	0.903	0.6228	22
速生 5#	0.880	0.723	1.000	0.989	0.808	0.830	0.749	0.7112	4
速生 6#	0.857	0.867	0.849	0.341	0.487	0.839	0.947	0.6418	19
速生 7#	0.854	0.696	0.580	0.681	0.813	0.977	0.956	0.6802	10
速生 8#	0.834	0.810	0.703	0.730	0.840	0.764	0.908	0.6380	20
速生 9#	0.846	0.776	0.765	0.681	0.698	0.831	0.882	0.6233	21
速生 10#	0.966	0.801	0.620	0.578	0.602	0.860	0.738	0.6116	28
速生 11#	0.999	0.961	0.431	0.876	0.879	0.972	0.848	0.7810	2
速生 12#	1.000	0.996	0.509	0.973	1.000	0.812	0.827	0.8044	1
速生 13#	0.903	0.576	0.491	0.827	0.798	0.738	0.843	0.5958	33
速生 14#	0.860	0.651	0.545	0.584	0.589	0.799	0.801	0.5492	39
速生 15#	0.850	0.783	0.747	0.795	0.875	0.756	0.938	0.6647	14
速生 16#	0.829	0.706	0.356	0.746	0.841	0.775	0.938	0.6137	25
速生 17#	0.893	0.934	0.831	0.622	0.715	0.880	0.890	0.6909	9
速生 18#	0.870	0.801	0.770	0.438	0.494	0.937	0.758	0.6046	30
速生 19#	0.909	0.793	0.791	0.600	0.626	0.914	0.914	0.6641	15
速生 20#	0.838	0.895	0.759	0.746	0.690	0.887	0.984	0.7013	5
速生 21#	0.838	0.824	0.781	0.470	0.509	1.000	0.999	0.7010	6
速生 22#	0.734	0.880	0.702	0.470	0.442	0.990	0.825	0.6192	23
速生 23#	0.781	0.871	0.873	0.389	0.635	0.811	0.816	0.5999	32
速生 24#	0.814	0.822	0.596	0.405	0.491	0.853	0.891	0.5832	37
速生 25#	0.900	0.582	0.607	0.649	0.487	0.838	0.844	0.5734	38
速生 26#	0.885	0.794	0.646	0.357	0.623	0.876	0.884	0.6095	29
多叶 1#	0.864	0.944	0.605	0.503	0.457	0.861	0.817	0.6134	26
多叶 2#	0.909	0.767	0.630	1.000	0.615	0.922	0.922	0.7137	3
直立 1#	0.924	0.826	0.507	0.811	0.491	0.907	0.897	0.6569	17
白花 1#	0.846	0.891	0.515	0.616	0.743	0.856	0.800	0.6124	27
白花 2#	0.844	0.776	0.568	0.713	0.675	0.801	0.861	0.5954	34
白花 3#	0.824	0.709	0.536	0.746	0.711	0.806	0.885	0.5935	35
大叶 1#	0.890	0.909	0.519	0.632	0.766	0.868	0.951	0.6776	11
大叶 2#	0.837	0.928	0.558	0.503	0.825	0.889	0.907	0.6617	16
大叶 3#	0.907	0.834	0.663	0.989	0.700	0.784	0.795	0.6664	13
大叶 4#	0.868	0.810	0.737	0.389	0.781	0.850	0.846	0.6172	24
甘农 3	0.935	0.902	0.770	0.751	0.767	0.871	0.859	0.6946	7
甘农 5#	0.931	0.847	0.500	0.795	0.715	0.815	0.886	0.6523	18
游客	0.887	0.699	0.559	0.551	0.530	0.836	0.938	0.6011	31
权重值	0.1675	0.1510	0.1137	0.1196	0.1190	0.1608	0.1684		

3 讨论

根据对多元杂交后代株系的产量、品质指标的测定结果,通过综合评价,筛选出较理想的优良株系速生 12#和速生 11#,其特点为生长高度高、生长速度快、鲜草产量高、分枝数多。多叶

2#、速生 5#、速生 20#、速生 21#等 4 个株系可作为有潜力的株系。多叶 2#在分枝数、粗蛋白质含量、相对饲用价值方面表现优良;速生 5#生长高度高、鲜草产量高、叶茎比大、叶含量高;速生 20#与速生 21#在粗蛋白质含量与相对饲用价值方面表现突出,其他方面也表现相对较好。筛选出的株系均符合速生、高产、高品质的选育目标,且适宜在甘肃绿洲等西北相似气候区域和生产条件的地区种植。

四倍体紫花苜蓿品种间异交率较高,利用杂种优势培育紫花苜蓿新品种,始终是育种中最基本、也是最重要的途径^[9]。采用多元杂交方法创制新的种质资源时,亲本选择须具有代表性。本研究中选用的亲本甘农 3#、游客和甘农 5#紫花苜蓿分别具备了高产、速生、抗虫等特性,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,保持了亲本典型特性并具有了一定程度的杂种优势,辅之适当的轮回选择,可选择出生产性能和品质均优于亲本的种质材料。

植株生长高度是反映鲜草产量高低比较理想的特征值,苜蓿的鲜草产量与株高呈正相关^[10],高度较大的植株通常有更高的相对产量潜力。通过分析比较,生长高度最高的速生 11#与速生 12#,在产量性状与品质性状综合评价中也表现最好。这与王彦华^[11]关于不同紫花苜蓿品种营养品质及相关性研究的结果一致。苜蓿的生长速度可以表示苜蓿的生长过程,并决定草地的利用方式^[12],速生 1#、速生 11#以及速生 12#的生长速度显著高于其他株系,是刈割型草地的理想株系。苜蓿的叶茎比反映饲草的适口性和品质,叶量越丰富,营养价值含量越高^[12]。苜蓿草产量是衡量其生产性能和经济性能的重要指标^[13]。供试各苜蓿材料的草产量呈显著性差异,最大草产量达到 40.00 t/hm²,最小草产量仅有 17.38 t/hm²,造成如此大的产量差异的原因主要是株系遗传基础不同。

苜蓿最主要的用途是用作饲草,如果只评价生产性能,则忽略了其作为饲草最原始的意义。在畜牧业中,满足家畜最根本利益的途径是提高牧草品质。粗蛋白质含量是测定牧草品质最重要的指标,含量越高,品质越好;而酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维则含量越低,消化率越高,品质越好。相对饲用价值是利用酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维值建立的一种牧草品质评定和比较的相对简单的指数,可用于预测某一牧草的采食量和能量价值^[14],随着牧草品质的提高而增加。利用粗蛋白含量和相对饲用价值

可以良好地反映苜蓿的品质。因此,本研究利用灰色关联理论,对供试材料的产量和品质性状指标进行综合评价,不仅可以筛选出优良株系,还可以计算出每个性状值的权重大小以及贡献率。近些年来,在草业领域已经开始应用生物统计学与灰色系统理论相结合的方法^[15-17],在苜蓿品种筛选中也有报道^[18],结果合理可信,能够全面地反映一个品种的综合生产性能,且能够因地制宜地综合考虑环境与材料特性,为筛选出适合当地的优良苜蓿种质提供了准确可靠的理论基础。本研究中权重排序为:相对饲用价值>生长高度>粗蛋白质含量>生长速度>分枝数>鲜草产量>叶茎比,相对饲用价值与生长高度对整个评价模型贡献率较高,符合速生、高产、高品质的筛选目标。

参考文献

- [1] 康爱民,龙瑞军,师尚礼,等.苜蓿的营养与饲用价值[J].草原与草坪,2002,12(3):31-33
- [2] 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
- [3] 王艳慧,高洪文,王赞,等.胶质苜蓿种质资源苗期抗旱性综合评价[J].植物遗传资源学报,2009,10(3):443-447
- [4] 魏云山,刘迎春,丁素荣,等.大豆品种资源性状稳定性的灰色关联度分析与评价[J].大豆科学,2012,31(3):406-410
- [5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2003:45-79
- [6] 曾日秋,林永生,洪建基,等.4个臂形草品种在闽南地区的生育特性及其相对饲用价值研究[J].草业科学,2009,26(8):107-111
- [7] 代海燕,张秋良,张翠霞,等.内蒙古大青山主要植被类型综合生态效益的评价[J].西北农林科技大学学报,2011,39(5):99-102
- [8] 先琨.农业生态系统生态效益综合评价方法探讨[J].农村生态环境,1995,11(2):25-27
- [9] 蔡丽艳,石凤翎,张福顺,等.苜蓿杂种优势研究进展[J].中国草地学报,2010,32(4):92-97
- [10] 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
- [11] 王彦华.不同紫花苜蓿品种营养品质及相关性研究[J].中国农学通报,2010,26(2):11-15
- [12] 郭海明,于磊,林祥群,等.新疆北疆绿洲区 4 个紫花苜蓿品种生产性能比较[J].草业科学,2009,26(7):72-76
- [13] Robins J G, Banchan G R, Brummer E C. Genetic map-ping forage yield, plant height, and regrowth at multiple harvests in tetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) [J]. Crop Sci, 2007, 47: 11-18
- [14] 胡守林.不同紫花苜蓿品种营养价值分析[J].水土保持研究,2005,4(12):217-219
- [15] 霍勤,孟玉江,艾可热木,等.青贮玉米生物产量与植株主要农艺性状灰色关联度的分析[J].新疆农业科学,2006,43(S1):82-84
- [16] 于辉,姚江华,刘荣,等.四个紫花苜蓿品种草产量、营养品质及越冬率的综合评价[J].中国草地学报,2010,32(3):110-113
- [17] 海涛,于辉,王秀清.不同紫花苜蓿品种干草、粗蛋白产量及越冬率的灰色关联分析[J].饲料博览,2009(2):16-18
- [18] 杨翌,张新全,李向林,等.应用灰色关联度综合评价 17 个不同秋眠级苜蓿的生产性能[J].草业学报,2009,26(5):69-74