

# 12 个紫花苜蓿材料速生性能综合评价

朱 博, 师尚礼, 倪 磊, 张丽娟, 杨艳欣

(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发展研究中心, 兰州 730070)

**摘要:**在河西走廊灌区对 12 个适宜于灌溉条件下种植的速生型紫花苜蓿材料的粗蛋白(CP)、饲喂价值(RFV)2 项营养指标及单株生长高度、单株分枝数、鲜草产量、干草产量、茎叶比、植株数目 6 项农艺性状指标进行测定, 并采用灰色关联度法对 12 个紫花苜蓿材料从产量、营养品质及综合生产性能 3 个方面分别进行综合评价。结果表明:在产量指标综合评价中, G 材料、新疆大叶紫花苜蓿和 I 材料排名前 3 位;在营养指标综合评价中, 新疆大叶紫花苜蓿、I 材料排名前 2 位, 排名第 3 位的是 H 材料, G 材料排名第 4 位;生产性能指标综合评价中, G 材料、新疆大叶紫花苜蓿、I 材料排名前 3 位。综合 3 个方面的评价结果, G 材料、新疆大叶紫花苜蓿、I 材料表现优异, 适宜在河西走廊灌溉地区大范围推广种植。

**关键词:**紫花苜蓿; 产量; 营养; 综合生产性能; 灰色关联度

## Comprehensive Evaluation of the Fast-growing Characters of 12 Alfalfa Varieties

ZHU Bo, SHI Shang-li, NI lei, ZHANG Li-juan, YANG Yan-xin

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

**Abstract:** In this study, two nutrition indexes and six agronomic characters including crude protein content (CP), relative feed value (RFV), plant height, tillering branches, fresh yields, hay yields, stem/leaf ratio, and plant numbers of 12 alfalfa varieties grown in the irrigated area of Hexi Corridor were evaluated by the grey correlation analysis model. The results showed that G, Xingjiang Daye, and I were the top three on the yield-index value system, Xingjiang Daye, I, H, and G were the top four on the nutritive-index value system, while G, Xingjiang Daye, and I were the top three on the general performance value system. In general, G, Xingjiang Daye, and I preformed well in the study area, which indicated that these three varieties were suitable for cultivation in the irrigated area of Hexi Corridor.

**Key words:** Alfalfa (*Medicago sativa* L.); yield index; nutritive index; agronomic characters; grey correlation analysis

紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 是豆科苜蓿属多年生草本植物, 是世界上栽培面积最广的牧草, 也是我国分布最广、经济价值最高的牧草, 被誉为“牧草之王”<sup>[1-4]</sup>。自 20 世纪 90 年代中期以来, 应国家农业结构调整、畜牧业发展的需要及退耕还草政策的要求, 苜蓿产业逐步发展成为我国农业领域的新兴产业<sup>[5]</sup>。目前我国苜蓿品种普遍存在达到高产期速度慢 (通常情况需 2 ~ 3

年才能达到高产期) 且产量低、品质差等问题, 阻碍了苜蓿产业的发展。因此引进速生型优质苜蓿新品种有十分重要的意义<sup>[6-8]</sup>。评价苜蓿品质优劣的性状因子众多, 如果仅通过各个性状指标两两之间的比较来评判一个苜蓿品种的综合品质, 则有失全面性。这就需要有一个既综合考虑主要评价指标, 又能减少主观随意性的评价体系。灰色关联度分析法作为一种将灰色系统中各要

收稿日期: 2013-05-18      修回日期: 2013-06-18      网络出版日期: 2014-01-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13430/j.cnki.jpgr.2014.02.032.html>

基金项目: 农业部牧草种质资源保种项目 (NB2130135); 人工种草技术与示范 (GB20130108)

第一作者研究方向为草种质资源与育种。E-mail: zzhubo@126.com

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

素进行综合描述和量化的评估方法,可以对系统要素进行全面、客观的评价,近年来已经应用于农业研究方面<sup>[9-12]</sup>。利用灰色关联度分析法综合评价牧草品质简单易行,可客观反映参试牧草品种生产性能的综合表现,且不会因某一个性状表现优异而认可该品种,克服了依靠单一性状评价品种的弊端<sup>[13-16]</sup>。本研究在种植的第 1 年选取粗蛋白含量、饲喂价值(RFV, relative feed value)2 项营养指标以及单株株高、单株分枝数、鲜草产量、干草产量、茎叶比、植株密度 6 项农艺性状指标进行测定,采用灰色关联度法,以当地广泛种植的甘农 3 号紫花苜蓿和新疆大叶紫花苜蓿作为对照,分别对 12 个紫花苜蓿材料的产量性状、质量性状以及综合生产性能进行评价,旨在为选择与推广优质的速生型紫花苜蓿品种提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在甘肃农业大学武威黄羊镇牧草试验基地,位于甘肃省西部河西走廊东端,具有大陆性气候和青藏高原气候的综合气候特点。地理位置 37°40'N, 102°50' E, 海拔 1740 m, ≥10 ℃有效积温 2985.4 ℃, 年平均气温 7.7 ℃, 年日照时数大于 2600 h, 年降雨量 158 mm, 主要集中在 7-9 月份, 常年平均蒸发量 2281 mm, 冬季寒冷干燥, 雨雪稀少, 全年无霜期 120 d 左右。

### 1.2 试验材料与试验设计

参试紫花苜蓿材料(表 1), 发芽率均高于 90%。编号 1~10 的材料为引进美国, 后经选育获得的再生性能较好的 10 个紫花苜蓿育种材料。于 2012 年 4 月 14 日播种, 采用随机区组设计, 每个材料 4 次重复。小区面积 3 m×5 m, 条播, 播深 2 cm, 行距 40 cm, 播种量 2 g/m<sup>2</sup>, 小区间间隔为 50 cm, 区组间走道 1 m, 试验地四周保护行 1.5 m。播前施过磷酸钙 1500 kg/hm<sup>2</sup>, 尿素 75 kg/hm<sup>2</sup>作为底肥, 所有种子播前均用苜蓿根瘤菌剂拌种。播后镇压, 期间不再施肥, 适时进行锄草及病虫害防治等田间管理。播种期、花蕾期及每次刈割后进行灌溉。刈割在初花期进行, 分别于 2012 年 7 月 14 日刈割第 1 次, 2012 年 9 月 1 日刈割第 2 次。

### 1.3 测定项目与方法

各指标均按以下方法在初花期测定, 4 个重复小区分别测定, 取平均值。

表 1 供试紫花苜蓿材料及其来源

Table 1 Resource and varieties of alfalfa in experiment

编号 Code	品种名称 Variety name	种子来源 Seed resource	编号 Code	品种名称 Variety name	种子来源 Seed resource
1	A	美国	7	G	美国
2	B	美国	8	H	美国
3	C	美国	9	I	美国
4	D	美国	10	J	美国
5	E	美国	11	甘农 3 号	中国
6	F	美国	12	新疆大叶	中国

**1.3.1 单株生长高度** 每小区内随机测定 10 株的株高(地面至最高处垂直距离)。

**1.3.2 单株分枝数** 每小区随机测定 10 株的枝条数。

**1.3.3 鲜草产量** 每小区随机选取 3 个点, 每点取 1 m<sup>2</sup> 样方地进行刈割, 取平均值换算出每 hm<sup>2</sup> 产量。

**1.3.4 干草产量** 每小区随机选取 3 个点, 每点取 500 g 鲜草。放入烘箱中于 105 ℃杀青 10 min, 65 ℃烘干至恒重, 待冷却至室温后称重, 取平均值换算出每 hm<sup>2</sup> 产量。

**1.3.5 茎叶比** 每小区随机选取 3 个点, 分别取鲜草 500 g, 混合均匀后从中选取 500 g, 人工进行茎叶分离, 分别称重, 根据公式: 茎叶比 =  $\frac{\text{叶质量}}{\text{茎质量}}$ , 计算茎叶比。

**1.3.6 植株数目** 每小区随机选取 3 个点, 每个点选取 1 m<sup>2</sup> 样方地, 对该样方地中的植株数目进行统计。

**1.3.7 营养成分的测定** 初花期刈割时, 按“十”字法随机取样 500 g 鲜草混匀, 放入烘箱中于 105 ℃杀青 10 min, 65 ℃烘干至恒重。粗蛋白(CP, crude protein)含量采用凯氏定氮法测定; 酸性洗涤纤维(ADF, acid detergent fiber)以及中性洗涤纤维(NDF, neutral detergent fiber)含量的测定采用范式测定法, 然后利用下式换算出相对饲喂价值(RFV)<sup>[13]</sup>。

$$RFV = \frac{DMI(\% BW) \times DDM(\% DM)}{1.29}$$

(1)

其中: DMI(dry matter intake)为粗饲料干物质的随意采食量, 单位为% BW; DDM(digestible dry matter)为可消化的干物质, 单位为% DM。DMI 与 DDM 的预测模型分别为:

$$DMI(\% BW) = \frac{120}{NDF(\% DM)}$$

$DDM(\%DM) = 88.9 - ADF(\%DM)$

1.4 评价方法

为保证评价指标的可比性,首先应对评价指标集 $\{X_i(k)\}$ 进行无量纲均值化处理。然后计算各子数列无量纲化处理后的各项数据与母数列无量纲化处理后的相应数据之间的绝对值差,记作 $\Delta_i(k)$ :

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

根据关联度原理,待评价方案与最优集合的关联系数为:

$$\xi_i(k) = \frac{\min\Delta + \rho\max\Delta}{\Delta_i k + \rho\max\Delta} \tag{2}$$

$\min\Delta$ 、 $\max\Delta$  分别为  $\Delta_i k$  中的最小值与最大值; $\rho$  为分辨系数,本试验中  $\rho$  值为 0.5。

设权重系数  $\omega$  为  $n$  个评判指标的权重集。根据各评价指标重要程度的差异,采用加权法计算获得。

$$\omega_i(k) = -p \sum f x_0(k) \ln f x_0(k) \tag{3}$$

则  $m$  个方案的综合评判结果(关联度)为:

$$\gamma_i = \sum_{k=1}^n \omega_i(k) \xi_i(k) \tag{4}$$

关联度  $\gamma_i$  表示经同一化处理后各方案的指标集 $\{X_i(k)\}$ 与最优指标集 $\{X_0(k)\}$ 的接近程度,据此可

排出各方案的优劣次序,最接近者即为最优方案。

根据单株生长高度、单株分枝数、鲜草产量等 8 项指标,分类建立评价系统,以  $X$  表示供试材料, $k$  表示参试性状,构建评价系统。系统中 $\{X_0(k)\}$ ,  $k = 1, 2, \cdots, n$  为参考数列,即参试材料指标最优值集合, $\{X_i(k)\}$ ,  $i = 1, 2, \cdots, m; k = 1, 2, \cdots, n$  为比较数列,即参评指标观测值集合。用 $\{X_i(k)\}$ 与 $\{X_0(k)\}$ 的关联度来衡量评判各参试材料品质的优劣。

从表 2 中选取所有参试材料各指标中的最优指标,根据家畜对牧草的营养需求以及生产实践所得经验,6 项参试指标最大值即为最优值。建立参考数列,即 $\{X_0(k)\} = (63.80, 12642.22, 3195.52, 7.53, 106.63, 2.28)$ 。因为不同性状的单位可能不同,为保证各性状因素具有等效性和同序性,计算之前采用均值化对原始数据进行无量纲化处理。根据  $X_0$  与  $X_i$  在第  $k$  点的关联系数计算最大二级差与最小二级差,由公式(2)计算各材料所有的参试指标与最优集合的关联系数。根据公式(5)计算,求得各参试指标的关联度并建立产量指标评价体系。营养指标体系及综合评价体系的具体评价方法相同。

表 2 供试材料的性状数据

Table 2 Observation values of the main traits of tested alfalfa variety

编号 Code	单株生长高度 (cm) PH	鲜草产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) FY	干草产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) HY	单株分枝数 (个/株) AB	植株数目 (个) AP	茎叶比 L/S	相对饲喂价值 RFV	粗蛋白含量(%) CP
1	46.03	9175.19	2345.61	7.26	95.13	2.28	123.15	14.39
2	52.58	9911.15	2631.73	6.69	106.25	2.18	125.15	14.15
3	52.05	10283.70	2714.98	6.49	104.13	2.02	128.07	13.05
4	48.88	9000.74	2067.34	7.16	91.96	2.22	138.29	14.77
5	45.63	7922.22	2446.84	6.81	106.63	2.22	117.67	13.55
6	49.40	8977.41	2587.71	7.15	102.75	2.16	115.92	15.32
7	53.73	10895.19	3195.52	7.53	94.63	2.12	141.12	14.58
8	54.25	8055.56	2093.90	6.94	89.67	2.22	141.82	14.56
9	58.05	10101.48	2841.72	6.21	106.42	2.12	119.07	16.07
10	52.53	9300.37	2545.15	6.75	104.00	2.21	111.66	14.70
11	52.23	10795.93	3076.09	6.59	100.38	1.72	137.79	15.01
12	63.80	12642.22	3126.80	6.24	102.17	1.55	145.32	14.19

PH: Plant height, FY: Fresh yield, HY: Hay yield, AB: Amount of branches, AP: Amount of plant, L/S: Leaf/Stem, RFV: Relative feed value, CP: Crude protein

2 结果与分析

2.1 产量评价

计算可得,产量评价体系各指标权重值为:

$\omega_1 = 0.1246, \omega_2 = 0.1627, \omega_3 = 0.2555, \omega_4 = 0.1553, \omega_5 = 0.1565, \omega_6 = 0.1575$ 。说明在产量指标评价系统中,各参试指标的关联度大小排名为:干草产量 > 鲜草产量 > 茎叶比 > 植株数目 > 单株分枝数

>单株生长高度。产量指标评价模型为:

$$\gamma'_k=0.1246\xi_1+0.1627\xi_2+0.2555\xi_3+0.1553\xi_4+0.1565\xi_5+0.1575\xi_6$$

表 3 各材料的加权关联度值(产量指标)

Table 3 Correlation coefficients of different tested varieties (yield index)

材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficient	排名 Ranking	材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficient	排名 Ranking
A	0.609	10	G	0.785	1
B	0.649	4	H	0.546	12
C	0.612	9	I	0.674	3
D	0.560	11	J	0.630	6
E	0.616	8	甘农 3 号	0.648	5
F	0.625	7	新疆大叶	0.784	2

根据评价模型计算各材料的加权关联度值(表 3),加权关联度值可真实地反映供试材料与最优指标集的差异大小。关联度大,表明该材料与最优指标集的相似程度高,即综合表现优异,反之则差异大,表现较差。

由加权关联度值的排名可以看出,G 材料、新疆大叶紫花苜蓿(对照品种)和 I 材料排名位于 12 个参试材料的前 3 位。通过对种植当年观测数据的比较,G 材料的 6 项产量指标,有 2 项排在第 1 位(干草产量达 3195.53 kg/hm<sup>2</sup>,单株分枝数达 7.53 个/株),1 项排在第 2 位(鲜草产量达 10895.19 kg/hm<sup>2</sup>),1 项排在第 4 位(植株平均高度达 53.73 cm);新疆大叶紫花苜蓿作为参试对照品种,生产性能在长期生产实践中已经得到肯定,本试验生产指标中,有 2 项指标排名位于 12 种材料的第 1 位(植株高度达 63.80 cm,鲜草产量达 12642.22 kg/hm<sup>2</sup>),在参试的 12 个紫花苜蓿材料中,排名第 2 位。排名第 3 位的 I 材料,有 2 项指标排名第 2 (植株高度达 58.05 cm,植株数目为 106.42 株/m<sup>2</sup>),1 项指标排名第 4(干草产量为 2841.72 kg/hm<sup>2</sup>),1 项指标排名第 5(鲜草产量为 10101.48 kg/hm<sup>2</sup>)。

2.2 营养评价

同理,根据参试指标的类别进行区分,分别建立营养指标评价体系与综合评价体系,计算各材料与最优集合的加权关联度(表 4、5),根据加权关联度值的高低分别评判各参试材料在营养方面以及综合性能的优劣。

营养评价体系各指标权重值为:ω<sub>1</sub> = 0.4927, ω<sub>2</sub> = 0.5073。说明在产量指标评价系统中,各参试指标的关联度大小排名为:粗蛋白含量 > 相对饲喂

价值。营养指标评价模型为:

$$\gamma''_k=0.4927\xi_1+0.5073\xi_2$$

表 4 各材料的加权关联度值(营养指标)

Table 4 Correlation coefficients of different tested varieties (nutritive index)

材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficient	排名 Ranking	材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficient	排名 Ranking
A	0.479	8	G	0.676	4
B	0.474	9	H	0.688	3
C	0.437	11	I	0.700	2
D	0.646	6	J	0.456	10
E	0.402	12	甘农 3 号	0.664	5
F	0.541	7	新疆大叶	0.745	1

根据营养指标建立模型评价的结果表明,新疆大叶紫花苜蓿排名第 1 位,该品种在相对饲喂价值这项指标上排在第 1 位,为 145.32,粗蛋白含量为 14.19%;排名第 2 位的是 I 材料,该材料粗蛋白含量为 16.07%,排在 12 个参试品种的第 1 位,相对饲喂价值为 119.07。排名第 3 位的是 H 材料,相对饲喂价值为 141.82,排名第 2 位,粗蛋白含量为 14.56%,排名第 7 位;而在产量指标方面表现突出的 G 材料其相对饲喂价值为 141.12,排名第 3 位,粗蛋白含量为 14.58%,排名第 6 位,在质量指标方面的评价排名为第 4 位。

2.3 综合评价

生产性能指标综合评价体系各指标权重值为:ω<sub>1</sub> = 0.0832, ω<sub>2</sub> = 0.1581, ω<sub>3</sub> = 0.1922, ω<sub>4</sub> = 0.1002, ω<sub>5</sub> = 0.1037, ω<sub>6</sub> = 0.1308, ω<sub>7</sub> = 0.1107, ω<sub>8</sub> = 0.1211。说明在综合评价系统中,各参试指标的关联度大小排名为:干草产量 > 鲜草产量 > 茎叶比 > 粗蛋白含量 > 相对饲喂价值 > 植株数目 > 单株分枝数 > 单株生长高度。构建的综合评价模型为:

$$\gamma_k=0.0832\xi_1+0.1581\xi_2+0.1922\xi_3+0.1002\xi_4+0.1037\xi_5+0.1308\xi_6+0.1108\xi_7+0.1210\xi_8$$

根据综合评价加权关联度值计算结果,G 材料综合评价值为 0.855,新疆大叶紫花苜蓿的综合评价值为 0.829,I 材料的综合评价值为 0.725,分别排在参试的 12 个紫花苜蓿材料的前 3 位。另通过干草产量与粗蛋白质含量,可粗略计算获得粗蛋白质的产量。在参试的 12 个紫花苜蓿材料中,排名前 3 位的分别为 G 材料(465.99 kg/hm<sup>2</sup>)、新疆大叶紫花苜蓿(461.8061 kg/hm<sup>2</sup>)和 I 材料(456.7835 kg/hm<sup>2</sup>)。



表 5 各材料的加权关联度值(综合评价)

Table 5 Correlation coefficients of different tested varieties

材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficients	排名 Ranking	材料 Variety	加权关联度 Correlation coefficients	排名 Ranking
A	0.671	7	G	0.855	1
B	0.677	6	H	0.650	10
C	0.637	11	I	0.725	3
D	0.664	8	J	0.659	9
E	0.635	12	甘农 3 号	0.715	4
F	0.684	5	新疆大叶	0.829	2

3 讨论

紫花苜蓿作为多年生豆科牧草,通常情况下需 2~3 年才能达到高产期。这一特性就决定了种植初期无法获得较高的经济收益,从而提高了紫花苜蓿的种植成本。本研究采用灰色关联度理论决定各性状的权重,分别对参试苜蓿材料播种当年的产量指标、营养指标以及综合生产性能进行评价。产量指标建立模型对参试材料进行评价的结果表明,G 材料排名第 1 位,新疆大叶紫花苜蓿排名第 2 位,I 材料排名第 3 位。营养指标建立模型评价的结果表明,新疆大叶紫花苜蓿排名第 1 位,I 材料排名第 2 位,H 材料排名第 3 位,G 材料排名第 4 位。结合产量指标和营养指标的评价结果初步判断,G 材料、新疆大叶紫花苜蓿以及 I 材料的表现较其他参试材料更为突出,排在 12 个参试材料的前 3 位。此结果与综合 8 项观测指标建立的综合评价体系的评价结果相一致,也与通过田间实际观察的结果一致。说明 G 材料、新疆大叶紫花苜蓿及 I 材料属速生型材料,在种植初期就能获得较高的经济收益,适宜在该地区大范围推广种植。

通过对系统中各参试指标的权重比较可知,干草产量与鲜草产量作为衡量苜蓿品质优劣的重要指标,排在所有 8 项参试指标第 1 位与第 2 位,排在第 3 位的是茎叶比,表明品质优劣的粗蛋白含量与相对饲喂价值分别排在第 4 位与第 5 位。而通过粗略计算单位面积粗蛋白质的产量,发现粗蛋白质的产量是由干草产量和粗蛋白质含量 2 个方面决定的。粗蛋白质含量的高低,无法最终决定蛋白质产量的高低。说明衡量一个苜蓿品种的优劣,不能仅从产

量或是质量的角度衡量。优质的饲草,不仅要保证供给量的充足,也要保证品质的优良,二者缺一不可。这与当前我国畜牧业中亟待解决的优质饲料资源短缺问题相呼应。

由于灰色关联评价系统在建立数学模型之初需要确定一个参考数列,即所有参试指标最优值的集合。考虑到通过经验确定最优值容易掺杂过多的主观因素,因此本试验所选取的最优值均为仅限于参试的 12 个材料。但最优值集合只能代表本次试验,可能达到的最佳效果存在一定程度上的局限性。在条件允许的情况下,应尽可能扩大参试材料的数量与范围,从而使最优值的选取更具代表性,科学、准确的为某一特定气候、特定区域选择出适宜大范围推广种植的优良材料提供强有力的依据。

参考文献

[1] 戚志强,王永雄,胡跃高,等. 当前我国苜蓿产业发展的形势与任务[J]. 草业学报,2008,17(1):107-113

[2] 胡跃高,曾昭海,朱万斌,等. 对我国苜蓿产业建设的建议[J]. 中国乳业,2002(3):8-11

[3] 孙启忠,王晓力,玉柱,等. 新形势下的我国苜蓿产业发展对策[C]. 成都:中国草学会饲料生产专业委员会第十六次学术研讨会,2011:22-28

[4] 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,2011,11(1):46-51

[5] 韩清芳,贾志宽,王俊鹏. 国内外苜蓿产业发展现状与前景分析[J]. 草业科学,2005,22(3):22-25

[6] 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(5):8-15

[7] 高永革,李黎,刘祥,等. 黄河滩区紫花苜蓿生产性能比较研究[J]. 草业科学,2008,25(7):59-64

[8] 杨红善,常根柱,周学辉. 美国引进苜蓿品种半湿润区栽培试验[J]. 草业学报,2010,19(1):121-127

[9] 沈珍瑶,杨志峰. 灰色关联分析方法用于指标体系的筛选[J]. 数学的实践与认识,2005(5):728-732

[10] 薛帅,秦烁,王继师,等. 灰色系统理论在非粮柴油植物评价与筛选中的应用[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):225-230

[11] 申忠宝,王建丽,潘多锋,等. 大豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报,2012,28(33):75-77

[12] 美国商业应用中的紫花苜蓿质量及质量标准[C]//北京:第三届中国苜蓿发展大会,2010:649-654

[13] 李鸿雁,李志勇,李红,等. 用灰色关联度法综合评价扁蓿豆生产性能[J]. 草业科学,2012,29(11):1737-1743

[14] 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,2009,18(5):67-72

[15] 辛宗绪,杨久廷,杜海英. 用灰色联系数法对苜蓿品种生产性能综合评价[J]. 辽宁农业科学,2007(4):19-21

[16] 于林清,张旭婧,云锦凤. 不同秋眠类型苜蓿品种生产性能与持久性分析[J]. 草业科学,2006,23(12):71-75