

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0393

曹宏, 耿智广, 李茜, 韩雍. 11 个紫花苜蓿品种在庆阳南部的适应性. 草业科学, 2018, 35(8): 1937-1947.

CAO H, GENG Z G, LI Q, HAN Y. Adaptability of 11 alfalfa varieties in southern Qingyang. Pratacultural Science, 2018, 35(8): 1937-1947.

11 个紫花苜蓿品种在庆阳南部的适应性

曹宏¹, 耿智广², 李茜¹, 韩雍¹

(1. 陇东学院农林科技学院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要: 2013—2015 年, 在庆阳南部的宁县引进 10 个苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种, 与当地品种陇东苜蓿进行生产性能的比较及营养成分测定, 并应用层次分析法对参试品种进行综合评价。结果表明: 1) 三得利、55V48、哥萨克、甘农 5 号优点突出, 其中, 55V48、甘农 5 号、三得利具产量优势, 3 年平均干草产量分别达 15.92、15.35、15.25 t·hm⁻², 比对照陇东苜蓿依次增产 7.35%、3.51%、2.83%; 哥萨克品质优异, 蛋白质含量为最高, 达到 15.21%, 茎叶比最低, 低于对照 17.1%; 三得利抗旱性较好, 2015 年的干草产量达 15.11 t·hm⁻², 仅次于对照。这 4 个品种综合性状优良, 对庆阳南部的气候比较适应, 可重点示范推广。2) 55V12、甘农 3 号、皇后、甘农 4 号优点不同, 总体性状良好, 综合表现与对照陇东苜蓿类似, 可针对其优势示范推广。3) 甘农 1 号 and 新疆大叶优点不明显, 稳产性和品质都较差, 综合性状一般, 应慎重示范推广。

关键词: 紫花苜蓿; 草产量; 品质性状; 抗旱性; 层次分析; 适应性; 庆阳南部

中图分类号: S816; S541⁺.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2018)08-1937-11*

Adaptability of 11 alfalfa varieties in southern Qingyang

CAO Hong¹, GENG Zhiguang², LI Qian¹, HAN Yong¹

(1. College of Agriculture and Forestry of Longdong University, Qingyang 745000, Gansu, China;

2. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang 745000, Gansu, China)

Abstract: Comparative analysis of 10 introduced alfalfa varieties with local alfalfa ‘Longdong’ as control was carried out in the southern area of Qingyang in Gansu Province in 2013—2015. Additionally, nutritional components were analyzed and an analytic hierarchy process was used to evaluate all varieties. The results showed that: 1) the advantages of Sanditi, 55V48, Cossack, and Gannong No. 5 were outstanding. Among them, 55V48, Gannong No. 5, and Sanditi showed three-year average hay yields of 15.92, 15.35, and 15.25 t·ha⁻¹, respectively, which were 7.35%, 3.51%, and 2.83% higher than that of CK. Cossack showed the best quality and the highest protein content of 15.21%, as well as the lowest stem-leaf ratio, which was 17.1% lower than that of CK. Sanditi showed good drought resistance and a hay yield of 15.11 t·ha⁻¹ in 2015, which was only lower than that of CK among all 11 varieties. These four varieties showed excellent comprehensive performance and high adaptivity to the local climate, and thus can be popularized in similar areas. 2) The advantages and disadvantages of 55V12, Gannong No. 3, Queen, and Gannong No. 4 have different advantages, but the overall characteristics were good. The comprehensive performance of these four varieties was similar to that of CK and varieties should be chosen depending on their advantages. 3) There was no obvious advantage of Gannong No. 1 and Xinjiang big-leaf. These two varieties showed poor stability and quality and unremarkable comprehensive performance, which should be considered carefully before use.

* 收稿日期: 2017-08-08 接受日期: 2018-01-25

基金项目: 甘肃省科技成果转化项目(1207NCNM138); 甘肃省科技支撑计划(1604NKCM054); 庆阳市科技攻关项目(NK2011-22)
通信作者: 曹宏(1964-), 男, 甘肃西峰人, 教授, 本科, 研究方向为作物育种及栽培。E-mail: caoh207@163.com

Keywords: alfalfa; grass yield; quality; drought resistance; analytic hierarchy process; adaptive; southern Qingyang

Corresponding author: CAO Hong E-mail: caoh207@163.com

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 是多年生优良豆科牧草, 分布较广^[1], 是我国种植面积最大的牧草, 种植面积高达 210 万 hm^2 , 在世界苜蓿生产大国中居第 5 位^[2]。紫花苜蓿也是我国西部地区种植面积最大的牧草, 截至 2014 年, 仅甘肃省苜蓿种植面积达 66.7 万 hm^2 , 商品苜蓿生产面积 19.6 万 hm^2 , 商品苜蓿产量 204 万 t, 居全国之首^[3-4]。陇东地区属干旱半干旱的黄土高原丘陵区, 是一个传统的半农半牧区, 年几年当地大量引进国内外优良苜蓿新品种, 到 2015 年, 仅庆阳市累计人工种草留存面积 70 万 hm^2 , 其中苜蓿留存面积 30 万 hm^2 , 是甘肃紫花苜蓿留存面积最大的地区, 苜蓿也成为近年来当地全面调整农业结构、大力发展草畜业的首选牧草^[5-8]。

随着我国规模化标准化养殖业的快速发展, 市场对高品质植物性蛋白饲料的需求量越来越大, 苜蓿已成为不可替代的战略保障性饲草^[9-10]。地方品种、育成品种和从国外引进的品种, 构成了我国苜蓿品种丰富的遗传资源, 加之苜蓿在我国分布广泛, 生境复杂, 不同地域气候、土壤、生态等条件的差异较大, 使其形成了众多的品种类型和生态类群^[11]。因此, 不断开展苜蓿新品种的引种试验和筛选评价, 是各地建立优质苜蓿基地、促进苜蓿产业化发展的关键和前提条件^[12]。近年来陇东地区的苜蓿引种试验研究仅见曹宏等^[13-14]、高宪儒等^[15]做过一些报道, 随着国外引进苜蓿品种的大量应用和国内新审定苜蓿品种的推广,

需要持续开展紫花苜蓿的引种及科学研究评价。本研究以国内外 11 个紫花苜蓿品种为材料, 在甘肃省庆阳市南部(宁县和盛)进行比较试验, 对其田间生产性能和品质进行分析评价, 以期陇东地区苜蓿种植者选择优良品种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013—2015 年在庆阳市农业科学研究所和盛科研基地 ($35^{\circ}25' \text{N}$, $107^{\circ}48' \text{E}$, 海拔 1 170 m) 进行。该地年平均温度 8.9°C , 年日照时数 2 449.2 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2\ 722^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 无霜期 160~180 d, 年均降水量 600 mm, 降水主要分布在 7—9 月(图 1), 属陇东黄土高原干旱半干旱农业区。土壤为黑垆土, 有机质含量 $11.3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全氮含量 $0.94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮含量 $89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷含量 $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾含量 $231 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 肥力中等, 试验期不进行灌溉。

1.2 试验材料

试验苜蓿品种共 11 个, 其中国外品种 5 个, 国内品种 6 个, 以陇东地区当家品种陇东苜蓿为对照 (CK)。各品种的名称、秋眠级和来源如表 1 所列, 秋眠级采用方珊珊等^[16]、岳亚飞等^[17]的数值。

1.3 试验设计及建植

田间试验采用随机区组设计, 设 4 次重复, 其中重

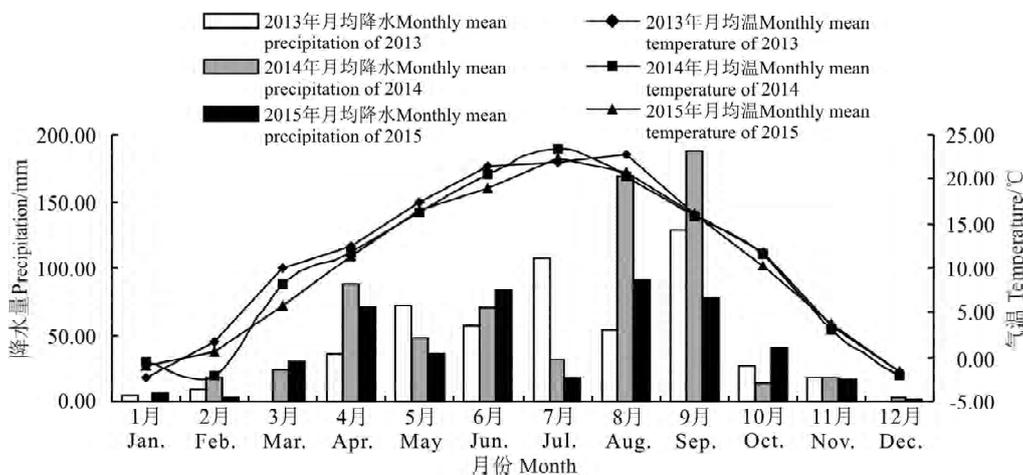


图 1 2013—2015 年试验区降水量及平均温度

Fig. 1 Precipitation distribution and average temperature in 2013—2015

表 1 参试紫花苜蓿品种信息

Table 1 The information of alfalfa varieties in the experiment

品种 Variety	秋眠级 Fall dormancy	原产地 Source area	种子来源 Origin
歌萨克 Cossack	3.0	俄罗斯 Russia	甘肃农业大学 Cansu Agricultural University
新疆大叶 Xinjiangdaye	2.2	中国 China	甘肃省农业科学院 Cansu Academy of Agricultural Sciences
甘农 1 号 Gannong No.1	1.6	中国 China	甘肃农业大学 Cansu Agricultural University
55V12	5.1	美国 USA	甘肃省农业科学院 Cansu Academy of Agricultural Sciences
甘农 4 号 Gannong No.4	3.5	中国 China	甘肃农业大学 Cansu Agricultural University
甘农 3 号 Gannong No.3	3.0	中国 China	甘肃农业大学 Cansu Agricultural University
三得利 Sanditi	5.6	法国 France	北京克劳沃草业技术开发中心 Beijing Clover Seed & Turf Co.
55V48	5.6	美国 USA	甘肃省农业科学院 Cansu Academy of Agricultural Sciences
皇后 Queen	2.0	美国 USA	北京克劳沃草业技术开发中心 Beijing Clover Seed & Turf Co.
甘农 5 号 Gannong No.5	7.4	中国 China	甘肃省农业科学院 Cansu Academy of Agricultural Sciences
陇东苜蓿 Longdong(CK)	1.2	中国 China	环县草原工作站 Huanxian Grassland Workstation

复 1~3 用于产量、株高、品质等指标的测试,重复 4 用于生育期的观测。每个小区面积 2.1 m×5 m,区间距 0.5 m,走道宽 1 m,播种行距 30 cm。于 2013 年 4 月 25 日人工开沟条播,播种量为 15 kg·hm⁻²,播种深度为 1.0~2.0 cm。播前旋耕时施入磷酸二铵,施用量 450 kg·hm⁻²。播后镇压,苗期进行人工中耕除草。每年第 1 茬刈割后追施磷酸二铵 225 kg·hm⁻²。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生育期 从苜蓿返青开始快速生长到种子收获期(70%黑荚期)作为一个生育周期,分别记录返青期、现蕾期、初花期、结荚期和种子成熟期。鉴别标准:50%的植株达到某一个生育阶段即为达到该生育期,其中初花期为 10%~20%的植株达到。

1.4.2 株高和茎粗 每茬测产时,各小区选取生长中等的苜蓿 15 株,测量地面到顶端的伸直高度,取平均值为小区植株株高。同时,用游标卡尺测量茎基部直径,取其平均值为小区植株茎粗。

1.4.3 茎叶比和鲜干比 每茬测产时,每个小区 3 个样点混合后称取鲜草 500 g,放在太阳下快速晒干 4 h,而后移至阴凉通风的室内,将草样松散摊开,风干至恒重后称其干重,计算鲜干比(植株鲜重/植株干重)。然后将茎叶分开称其重量,测定茎叶比(茎干重/叶干重)。取 3 茬的平均值为该品种的年度值。

1.4.4 干草产量 每次测产时,是在绝大多数品种达到 20%初花期的同一天内进行。每个小区随机取 3 个 1 m² 样点进行刈割,留茬高度 3~5 cm,刈割后立即称重,取均值为小区鲜草产量。然后根据鲜干比和鲜草产量,计算每小区每茬干草产量,3 茬产量之和为每小区的年度干草产量。

1.4.5 营养指标 在 2015 年第 2 茬测产时,将苜蓿干草样品用粉碎机粉碎,过 0.425 mm 筛,保存在自封袋中,置于阴凉干燥处,作为待测样。参考曾兵等^[18]的方法,粗蛋白采用凯氏定氮法(GB/T6432-94),粗脂肪采用索氏提取法(NY/T1285-2007),粗纤维采用硫酸和氢氧化钠溶液煮沸消化法(GB/6434-2006)。粗灰分采用高温电炉直接灰化法(GB/T6438-2007)。

1.5 参试品种的综合评价

参考韩路等^[19]、张鸭关等^[20]的研究方法,建立苜蓿品种生产性能综合评价 AHP 层次分析模型。结合王虹和尚礼^[21]、冯刚刚等^[22]和曹宏等^[13-14],采用主观评判法,直接给出不同指标在各层次中的权重值;第 1 层(目标层):综合性状,权重系数 1.0(下同);第 2 层(准则层):生产性状 0.55、品质性状 0.35、抗旱性 0.10;第 3 层(因素层):其中,生产性状用干草产量 0.6、株高 0.2、茎粗 0.1、鲜干比 0.1 共 4 个指标;品质性状用茎叶比 0.3、粗蛋白 0.42、粗脂肪 0.14、粗纤维 0.07、粗灰分 0.035、无氮浸出物 0.035 共 6 个指标;由于干旱胁迫下牧草的干草产量与抗旱性正相关^[23-24],为此采用严重干旱的 2015 年苜蓿产量作为抗旱性指标。

评价时,将各指标测定值进行无量纲处理,即先将定量数据按照苜蓿品种最大值与最小值之差分成 5 级,最高为 5 分,最差为 1 分。其中茎叶比和粗纤维含量平均值越小,得分越高;其他指标平均值越高,得分越高。将各指标的得分与相应权重值相乘后求得的加权值,即为苜蓿品种的综合得分,其值越大说明该品种的综合性状越好。最后按照极差法将各品种综合得分分级,确定出不同苜蓿品种生产性能的优劣等级。

1.6 数据处理

采用 Excel 2000 进行试验数据基本整理,用 SPSS 17.0 进行数据方差分析,用 Duncan's 多重比较检验各性状间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 生育时期

2013 年播种后,由于苜蓿出苗前后持续干旱,4 月下旬到 5 月下旬的降水量只有历年同期值的 47%,苜蓿出苗缓慢,出苗期长达 22 d 以上。出苗最快的是 55V48,其次是甘农 5 号、三得利、甘农 3 号和陇东苜蓿,最慢的是哥萨克,55V48 与哥萨克之间相差 8 d。初花期最早的是甘农 5 号,最迟的为甘农 3 号,二者之间相差 10 d。种子成熟期最早的是陇东苜蓿(9 月 17 日),最迟的是 55V48(9 月 27 日)。苜蓿生长的第 2—3 年,不同品种从返青期到种子成熟期基本一致(表 2)。

2.2 主要生物性状

2.2.1 株高 第 1 茬中,甘农 1 号、甘农 3 号、甘农 4 号、三得利、哥萨克、新疆大叶、55V48、皇后、甘农 5 号

及陇东苜蓿的株高显著高于 55V12 ($P < 0.05$),除 55V12 外其余品种与对照无显著差异 ($P > 0.05$)。第 2 茬各品种株高与对照无显著差异 ($P > 0.05$)。第 3 茬甘农 1 号、皇后株高与对照无显著差异 ($P > 0.05$),其余品种均显著高于对照 ($P < 0.05$)。总体来看,苜蓿第 1 茬株高(118.3 cm) > 第 2 茬(67.5 cm) > 第 3 茬(59.4 cm),3 年 3 茬平均值,只有甘农 3 号显著高于对照 ($P < 0.05$)(表 3)。

2.2.2 茎粗 第 1 茬三得利茎粗显著高于 55V12、甘农 4 号、55V48 和甘农 5 号 ($P < 0.05$)(表 4),其余品种与对照差异不显著 ($P > 0.05$)。第 2、3 茬各品种茎粗与对照差异均不显著 ($P > 0.05$)。总体来看,各品种间茎粗差异不显著,但第 1 茬茎粗(0.43 cm) > 第 2 茬(0.29 cm) > 第 3 茬(0.25 cm)。

2.2.3 茎叶比及鲜干比 茎叶比(表 5),2013 年哥萨克、甘农 3 号、三得利、55V48、皇后、甘农 5 号和甘农 1 号均显著低于对照 ($P < 0.05$);2014 年大多数品种低于对照,其中 55V12、甘农 3 号、55V48 与对照差异达显著水平 ($P < 0.05$);2015 年各品种间有差异,甘农 1 号、55V12 显著高于对照 ($P < 0.05$)。3 年平均来看,

表 2 2013—2015 年参试紫花苜蓿品种的生育期

Table 2 The growth stage to 10 alfalfa varieties in 2013—2015

MM-DD

品种 Variety	出苗期/返青期 Seedling date			现蕾期 Budding date			初花期 Blooming date			结荚期 Pod-set date			种子成熟期 Seed-filling date		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
哥萨克 Cossack	05-25	04-01	04-03	07-20	05-25	05-24	08-05	06-03	06-02	08-28	07-16	07-16	09-19	08-23	08-25
新疆大叶 Xinjiangdaye	05-22	03-29	03-30	07-21	05-23	05-23	08-06	06-04	06-04	09-01	07-14	07-14	09-25	08-25	08-25
甘农 1 号 Gannong No.1	05-24	03-30	03-31	07-26	05-23	05-22	08-07	06-03	06-05	09-01	07-13	07-15	09-24	08-22	08-27
55V12	05-20	03-30	03-30	07-26	05-20	05-21	08-08	06-01	06-02	08-27	07-17	07-18	09-21	08-19	08-24
甘农 4 号 Gannong No.4	05-21	03-28	03-29	07-24	05-22	05-23	08-07	06-02	06-04	09-08	07-12	07-13	09-26	08-20	08-21
甘农 3 号 Gannong No.3	05-19	03-28	03-30	07-23	05-24	05-24	08-09	06-05	06-03	09-01	07-10	07-12	09-22	08-19	08-18
三得利 Sanditi	05-19	03-26	03-29	07-18	05-20	05-23	08-03	06-01	06-04	09-05	07-12	07-14	09-26	08-26	08-24
55V48	05-17	03-29	04-02	07-20	05-24	05-25	08-04	06-05	06-07	09-08	07-14	07-15	09-27	08-22	08-25
皇后 Queen	05-23	03-29	03-29	07-18	05-24	05-24	08-02	06-04	06-04	09-02	07-13	07-17	09-23	08-20	08-23
甘农 5 号 Gannong No.5	05-18	04-01	04-02	07-18	05-25	05-24	07-31	06-06	06-06	08-30	07-12	07-14	09-20	08-23	08-23
陇东苜蓿 Longdong(CK)	05-19	03-27	03-29	07-20	05-23	05-26	08-01	06-03	03-05	08-16	07-12	07-13	09-17	08-21	08-25

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

表 3 2013—2015 年参试紫花苜蓿品种的株高
Table 3 Plant height of tested alfalfa varieties in 2013—2015

品种 Variety	第 1 茬 1st cutting	第 2 茬 2nd cutting	第 3 茬 3rd cutting	平均 Average
陇东苜蓿 Longdong(CK)	114.90±9.49ab	69.90±6.59a	53.90±4.24b	79.57±6.74b
哥萨克 Cossack	123.10±7.78a	62.43±4.59a	60.40±1.93a	81.98±3.52ab
新疆大叶 Xinjiangdaye	122.30±7.27a	66.70±5.88a	59.60±7.93a	82.87±2.91ab
甘农 1 号 Gannong No.1	125.93±13.72a	62.80±3.40a	57.80±6.31ab	82.18±3.74ab
55V12	101.60±6.25c	69.6±1.84a	60.60±1.56a	77.27±2.57b
甘农 4 号 Gannong No.4	120.93±7.58a	72.87±3.46a	60.70±1.99a	84.83±2.84ab
甘农 3 号 Gannong No.3	125.80±4.35a	71.20±10.79a	62.10±2.14a	86.37±3.07a
三得利 Sanditi	120.70±9.53a	70.90±8.83a	59.30±6.88a	83.63±4.57ab
55V48	114.30±10.81ab	65.90±3.99a	60.20±1.65a	80.13±3.57ab
皇后 Queen	119.60±2.78ab	62.90±2.24a	58.17±6.19ab	80.22±2.23ab
甘农 5 号 Gannong No.5	112.37±3.01ab	66.93±5.56a	60.10±7.05a	79.80±1.29ab
平均 Average	118.30	67.50	59.40	81.70

cm

同列不同小写字母表示不同品种间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different varieties at the 0.05 level; similarly for the following tables.

表 4 2013—2015 年参试紫花苜蓿品种的茎粗
Table 4 Plant stem diameter of tested alfalfa varieties in 2013—2015

品种 Variety	第 1 茬 1st cutting	第 2 茬 2nd cutting	第 3 茬 3rd cutting	平均 Average
陇东苜蓿 Longdong(CK)	0.44±0.04ab	0.29±0.07a	0.25±0.04a	0.33±0.03a
哥萨克 Cossack	0.43±0.03ab	0.30±0.06a	0.26±0.05a	0.33±0.02a
新疆大叶 Xinjiangdaye	0.43±0.02ab	0.30±0.05a	0.25±0.03a	0.33±0.02a
甘农 1 号 Gannong No.1	0.45±0.04ab	0.28±0.07a	0.24±0.06a	0.32±0.02a
55V12	0.41±0.02c	0.28±0.05a	0.24±0.01a	0.31±0.02a
甘农 4 号 Gannong No.4	0.41±0.03c	0.30±0.02a	0.26±0.05a	0.32±0.01a
甘农 3 号 Gannong No.3	0.45±0.03ab	0.31±0.04a	0.26±0.05a	0.34±0.01a
三得利 Sanditi	0.50±0.01a	0.30±0.02a	0.26±0.04a	0.35±0.01a
55V48	0.38±0.06c	0.29±0.06a	0.25±0.05a	0.31±0.05a
皇后 Queen	0.43±0.05ab	0.28±0.04a	0.24±0.04a	0.32±0.04a
甘农 5 号 Gannong No.5	0.38±0.01c	0.28±0.04a	0.23±0.03a	0.30±0.02a
平均 Average	0.43	0.29	0.25	0.32

cm

除甘农 1 号外,其余品种的茎叶比都小于对照,其中 55V48、哥萨克、甘农 3 号、三得利和皇后达显著水平($P < 0.05$)。不同年度,苜蓿播种当年(2013)的茎叶比(1.37)明显小于第 2 年(2.20)和第 3 年的(2.05)。

鲜干比(表 5),2013 年除新疆大叶、皇后与对照无显著差异($P > 0.05$)外,其余品种均显著高于对照($P < 0.05$);2014 年各品种无显著差异($P > 0.05$);2015 年甘农 1 号显著高于对照($P < 0.05$),其余品种无

显著差异($P > 0.05$)。3 年平均来看,甘农 1 号和甘农 3 号显著高于对照,皇后显著低于对照。不同年度,2013 年鲜干比(2.67) < 2014 年(3.24) < 2015 年(4.08)。

2.3 干草产量

不同年度干草产量结果表明(表 6),2013 年,55V12、甘农 5 号显著高于对照($P < 0.05$),新疆大叶、三得利、甘农 3 号显著低于对照($P > 0.05$);2014 年,所有品种干草产量均高于对照,除甘农 5 号外其余品

表5 2013—2015年参试紫花苜蓿品种的鲜干比及茎叶比

Table 5 The stem-leaf ratio and fresh-dry ratio of alfalfa varieties in 2013—2015

品种 Variety	茎叶比 Stem-leaf ratio				鲜干比 Fresh-dry ratio			
	2013	2014	2015	平均 Average	2013	2014	2015	平均 Average
陇东苜蓿 Longdong(CK)	1.52±0.05bc	2.44±0.13ab	2.20±0.26c	2.05±0.13ab	2.43±0.55c	3.49±0.34a	3.80±0.08b	3.24±0.48d
哥萨克 Cossack	1.02±0.01e	2.27±0.15b	1.80±0.13e	1.70±0.09cd	2.69±0.18ab	3.05±0.05a	3.90±0.20ab	3.21±0.16d
新疆大叶 Xinjiangdaye	1.74±0.11ab	2.10±0.24bcd	2.25±0.15c	2.03±0.17ab	2.54±0.13bc	3.18±0.33a	4.30±0.18ab	3.34±0.19bcd
甘农1号 Gannong No.1	1.35±0.12d	2.40±0.17ab	2.50±0.03a	2.08±0.11a	2.70±0.14ab	3.44±0.33a	4.45±0.30a	3.53±0.28a
55V12	1.79±0.02a	1.92±0.14d	2.40±0.32b	2.04±0.16ab	2.57±0.24b	3.00±0.48a	4.20±0.41ab	3.26±0.34cd
甘农4号 Gannong No.4	1.47±0.19c	2.39±0.24b	2.00±0.25d	1.95±0.20b	2.77±0.43ab	3.24±0.15a	4.10±0.18ab	3.37±0.28bcd
甘农3号 Gannong No.3	1.17±0.13e	2.02±0.11cd	1.95±0.06d	1.71±0.14cd	2.85±0.21a	3.33±0.06a	4.15±0.32ab	3.44±0.19ab
三得利 Sanditi	1.28±0.04de	2.16±0.08bc	1.90±0.13d	1.78±0.08c	2.95±0.21a	3.15±0.29a	3.90±0.20ab	3.33±0.33cd
55V48	1.29±0.25de	1.79±0.05d	1.80±0.03e	1.63±0.11d	2.88±0.56a	3.12±0.17a	4.00±0.22ab	3.33±0.31cd
皇后 Queen	1.23±0.17de	2.17±0.13bc	1.85±0.14de	1.75±0.13cd	2.24±0.18c	3.08±0.09a	4.15±0.34ab	3.16±0.21e
甘农5号 Gannong No.5	1.31±0.09de	2.51±0.05a	1.90±0.10d	1.91±0.08bc	2.71±0.37ab	3.57±0.33a	3.90±0.05ab	3.39±0.24b
平均 Average	1.37	2.20	2.05	1.88	2.67	3.24	4.08	3.33

表6 2013—2015年参试苜蓿品种各年度的总干草产量

Table 6 The annual plant hay yield of tested alfalfa varieties in 2013—2015

品种 Variety	年产量 Year yield/(t·hm ⁻²)			平均产量 Average yield/ (t·hm ⁻²)	增产 Increase/ %	排序 Rank
	2013	2014	2015			
陇东苜蓿 Longdong(CK)	14.33±2.15bc	14.47±3.54d	15.68±3.25a	14.83±2.58c	—	6
哥萨克 Cossack	10.94±2.24e	16.18±2.19b	14.83±2.18a	13.98±2.16d	-5.73	10
新疆大叶 Xinjiangdaye	12.70±0.87d	15.74±3.03c	14.73±3.96a	14.39±2.87cd	-3.00	9
甘农1号 Gannong No.1	14.29±3.21c	15.25±1.09c	14.84±2.31a	14.79±3.28c	-0.27	7
55V12	17.55±2.03a	17.23±1.83ab	14.21±2.78a	16.33±1.31a	10.11	1
甘农4号 Gannong No.4	15.29±3.55abc	15.38±4.23c	13.62±1.02b	14.76±3.02c	-0.47	8
甘农3号 Gannong No.3	10.37±1.07e	15.71±4.15c	13.99±3.87ab	13.36±2.51d	-9.91	11
三得利 Sanditi	12.51±4.13d	18.12±2.36a	15.11±4.15a	15.25±3.05ab	2.83	5
55V48	15.69±1.09ab	17.39±1.48ab	14.69±2.09a	15.92±1.83a	7.35	2
皇后 Queen	15.64±2.21ab	17.38±1.89ab	13.69±2.87ab	15.57±1.92ab	4.99	3
甘农5号 Gannong No.5	16.61±2.34a	14.55±3.12d	14.90±4.31a	15.35±3.22ab	3.51	4
平均 Average	14.17	16.13	14.57	14.96	—	—

种显著高于对照($P<0.05$);2015年,除甘农4号减产显著($P<0.05$)外,其余品种减产不显著($P>0.05$)。总体而言,苜蓿干草产量的趋势是2014年 $>$ 2015年 $>$ 2013年。除陇东苜蓿外,大多数品种第3年产量低于第2年,这与2015年苜蓿第2茬生长期遭遇严重干旱有关(图1)。

不同茬次苜蓿干草产量结果表明(表7),第1茬甘农5号显著低于对照和除甘农3号、55V48外的其余品种($P<0.05$);第2茬各品种间差异均不显著;第3茬除甘农3号和哥萨克外其余品种均显著高于对照($P<0.05$)。整体来看,各茬对年度总产量的贡献率分别是:第1茬(59.95%) $>$ 第2茬(26.9%) $>$ 第3茬

(12.7%)。但苜蓿品种增产的原因以第3茬贡献最大,第1茬贡献次之,第2茬最小。

综合3年试验结果,55V12、55V48、皇后、甘农5号和三得利5个苜蓿品种,年均干草总产量分别比对照陇东苜蓿增产10.11%、7.35%、4.99%、3.51%和2.83%,其中,55V12、55V48、皇后3年中有2年增产显著高于对照($P<0.05$)。

2.4 营养成分

2015年测定结果表明(表8),哥萨克、甘农3号的粗灰分含量显著高于对照($P<0.05$);哥萨克粗蛋白含量显著高于对照及其余品种($P<0.05$);哥萨克、皇后、甘农5号和甘农3号粗脂肪含量显著高于对照

表 7 2013—2015 年参试苜蓿品种各茬干草产量
Table 7 Average hay yield of every cut of tested alfalfa varieties in 2013—2015

品种 Variety	kg · hm ⁻²		
	第 1 茬 1st cutting	第 2 茬 2nd cutting	第 3 茬 3rd cutting
陇东苜蓿 Longdong(CK)	8.79±1.64a	4.64±1.33a	1.39±0.67e
哥萨克 Cossack	8.96±1.32a	3.92±1.28a	1.10±0.43e
新疆大叶 Xinjiangdaye	8.59±1.79a	3.90±1.19a	1.91±0.46d
甘农 1 号 Gannong No.1	9.10±2.10a	3.50±2.01a	2.19±0.78c
55V12	8.45±1.78a	3.38±1.30a	4.50±0.25a
甘农 4 号 Gannong No.4	8.33±1.69a	3.60±1.05a	2.83±0.94c
甘农 3 号 Gannong No.3	7.99±2.34ab	3.82±1.11a	1.55±0.73de
三得利 Sanditi	8.57±2.37a	4.88±2.10a	1.80±0.68d
55V48	7.72±2.04ab	4.03±1.70a	4.18±0.19a
皇后 Queen	8.47±3.21a	3.33±0.98a	3.75±0.17ab
甘农 5 号 Gannong No.5	7.53±0.84b	4.01±1.83a	3.81±0.20ab
平均 Average	8.41	3.91	2.64

表 8 2015 年参试紫花苜蓿品种营养成分
Table 8 Major nutrient contents of 11 alfalfa varieties in 2015

品种 Variety	%				
	粗灰分 Crude ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	无氮浸出物 Nitrogen-free extract
陇东苜蓿 Longdong(CK)	6.63±0.14b	14.75±0.18b	2.14±0.29c	22.62±2.18b	53.86±8.32c
哥萨克 Cossack	9.07±0.26a	15.21±0.34a	3.22±0.37a	22.54±3.43b	49.96±7.65cd
新疆大叶 Xinjiangdaye	6.88±0.16b	13.58±0.28c	1.74±0.43d	14.13±1.98d	63.67±9.10a
甘农 1 号 Gannong No.1	7.48±0.45ab	13.80±0.38c	2.23±0.26c	23.33±4.32ab	53.16±8.33cd
55V12	6.52±0.37bc	14.17±0.13bc	2.35±0.34bc	21.43±3.27b	57.53±6.34ab
甘农 4 号 Gannong No.4	6.13±0.16c	14.13±1.07bc	2.18±0.52c	18.11±2.07c	59.45±7.56ab
甘农 3 号 Gannong No.3	8.28±0.68a	14.58±0.28b	2.97±0.37ab	25.59±5.64a	48.58±6.38d
三得利 Sanditi	7.33±0.28ab	13.43±0.15c	2.04±0.16c	25.33±6.76a	51.87±8.45cd
55V48	6.10±0.64c	13.60±0.13c	2.33±0.23bc	21.86±4.82b	56.11±7.64abc
皇后 Queen	6.99±0.44ab	13.48±0.31c	3.09±0.34ab	21.72±6.30b	54.72±8.20bc
甘农 5 号 Gannong No.5	6.61±0.30b	14.27±0.51b	2.60±0.19b	21.37±7.11b	55.15±9.11bc

($P < 0.05$); 新疆大叶、甘农 4 号的粗纤维含量显著低于对照($P < 0.05$); 新疆大叶的无氮浸出物含量显著高于对照($P < 0.05$), 甘农 3 号显著低于对照($P < 0.05$)。总体来看, 哥萨克的营养成分表现较好。

2.5 AHP 法综合评价

应用 AHP 层次分析法, 制定出各评价指标的评分标准(表 9)。将各指标的无纲量化得分与相应权重值相乘后求得的加权值, 即为苜蓿品种的综合得分。根据综合得分, 按照极差法, 可将 11 个苜蓿品种分为 3 个等级(表 10)。第 I 级: 三得利、55V48、哥萨克、甘

农 5 号, 综合得分在 3.11~3.35, 总评性状优良; 第 II 级: 55V12、甘农 3 号、陇东苜蓿、皇后、甘农 4 号, 综合得分在 2.73~2.97, 总评性状良好; 第 III 级: 甘农 1 号、新疆大叶, 综合得分在 2.29~2.64, 总评性状一般。

3 讨论与结论

3.1 苜蓿年干草产量与茬次和品种休眠性的关系

一般来说, 苜蓿品种的休眠级数高, 其再生性强、丰产性较好, 但抗寒性较弱^[16-17, 25]。本研究参试品种中, 陇东苜蓿休眠级为 1.2, 属于极休眠性的品种^[16];

表9 苜蓿综合性状评价指标评分标准

Table 9 Comprehensive character synthetic evaluation target grading standard of alfalfa

分数 Score	干草产量 Hay yield/ (t · hm ⁻²)	株高 Height/ cm	茎粗 Stem diameter/ cm	鲜干比 Fresh-dry ratio	茎叶比 Stem-leaf ratio	粗灰分 Crude ash/%
1	13.360—13.954	77.30—79.12	0.290—0.302	3.160—3.234	1.99—2.08	6.100—6.694
2	13.955—14.548	79.13—80.94	0.303—0.314	3.234—3.308	1.90—1.99	6.694—7.288
3	14.549—15.142	80.95—82.76	0.315—0.326	3.308—3.382	1.81—1.90	7.288—7.882
4	15.143—15.736	82.77—84.58	0.327—0.338	3.382—3.456	1.72—1.81	7.882—8.476
5	15.737—16.330	84.59—86.40	0.339—0.350	3.456—3.530	1.63—1.72	8.476—9.070

分数 Score	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗纤维 Crude fiber/%	无氮浸出物 Nitrogen-free extract/%	2015年干草产量* Hay yield of 2015/ (t · hm ⁻²)
1	13.430—13.786	1.740—2.036	23.298—25.590	48.580—51.598	13.620—14.032
2	13.786—14.142	2.036—2.332	21.006—23.298	51.598—54.616	14.032—14.444
3	14.142—14.498	2.332—2.628	18.714—21.006	54.616—57.634	14.444—14.856
4	14.498—14.854	2.628—2.924	16.422—18.714	57.634—60.652	14.856—15.268
5	14.854—15.210	2.924—3.220	14.130—16.422	60.652—63.670	15.268—15.680

由于干旱胁迫下牧草干草产量与抗寒性正相关,固将2015年干旱年的干草产量作为抗旱指标。

Hay yield in 2015 was used as the drought resistance index, because positive correlation between hay yield and drought resistance under drought stress.

表10 苜蓿品种各评价指标无量纲化综合得分和分类等级

Table 10 Nondimensionalize of appraisal target's final score and rank of alfalfa varieties

品种 Variety	综合得分 Final score	分类等级 Classified rank
陇东苜蓿 Longdong(CK)	2.92	II
哥萨克 Cossack	3.19	I
新疆大叶 xinjiangdaye	2.29	III
甘农1号 Gannong No.1	2.64	III
55V12	2.97	II
甘农4号 Gannong No.4	2.73	II
甘农3号 Gannong No.3	2.92	II
三得利 Sanditi	3.35	I
55V48	3.31	I
皇后 Queen	2.78	II
甘农5号 Gannong No.5	3.11	I

55V12、55V48、三得利的秋眠级依次为5.1、5.6、5.6,属于半秋眠性品种^[16,25];甘农5号的秋眠级为7.4,属于非秋眠性的品种^[25]。研究结果表明,苜蓿各茬的产草量对年度总产量的贡献率,仍然是第1茬>第2茬>第3茬,这与王铁梅和卢欣石^[24]、孙建华等^[26]、戚志强等^[27]研究结果基本一致;但与极秋眠的陇东苜蓿相比,3年增产的品种绝大多数是上述半秋眠和非秋眠的品种(除皇后外),并且增产原因主要体现在第3

茬上,这与苜蓿品种的秋眠习性正好相符合。进一步分析可知,试验期间苜蓿越冬返青期(2—4月)的气温变化的趋势(2013年>2014年>2015年)与上述品种年际间的增产趋势(增幅2013年>2014年>2015年)也完全一致。说明在相对暖和的年份里或采用地膜覆盖的条件下,秋眠级较高的品种比秋眠级低的品种更容易获得高产。

3.2 主产期降水量与苜蓿干草产量和生物性状的关系

陇东地区的苜蓿主产期基本属于干旱期^[28-29],第1茬也是苜蓿耗水量和耗水速率最大的时期^[30-31],因此,当地苜蓿生产的主要限制因素是干旱。3年试验中,每年第1茬产量形成期间(4—6月)的降水量都在60 mm左右,相同的水热条件下,各品种的产量基本接近;但第2、3茬产量形成期(7—8月)年降水量差异极大,并且年度降水量与产草量基本一致。如2015年同期降水量190 mm,仅为2014年395 mm的48.10%,属极干旱年份,其产量也是3年中最低的,这种情况在当地较为常见。同时,株高和茎粗是苜蓿植株健壮程度和生产性能的主要指标^[32],鲜干比反映了牧草的幼嫩程度和利用价值^[33]。研究表明,不同品种在不同年度不同茬口中,株高增减趋势与产量基本一致,而茎粗和鲜干比差异不显著,说明干旱情况下苜蓿株高确实与产草量呈高度正相关。结合苜蓿秋眠性和3茬对增产品种的贡献率,因此建议在干旱半干旱地

区以第 2 茬和第 3 茬产量作为苜蓿选种的主要依据,其次考虑第 1 茬产量和株高,这一点对于苜蓿品种的田间评价和选择十分有用。

3.3 苜蓿品质与茎叶比和营养成分的关系

牧草茎叶比越小,其适口性及品质越好,饲料价值越高^[33]。研究表明,苜蓿进入正常生产的第 2、3 年,各品种茎叶比相对稳定,能够代表其品种的品质特征。粗蛋白含量是评价苜蓿品质特征的最重要指标^[34-35],粗脂肪是热能的主要来源,粗纤维影响家畜对牧草的消化^[36],但苜蓿的品质受土壤、气候、品种及种植管理等多因素的影响^[37]。为了弥补营养测定取样次数少的缺点,本研究加入了 3 年茎叶比这个完整指标来评价苜蓿品质特性。综合评定可知,哥萨克、甘农 3 号的品质相对较好。

3.4 AHP 法综合评价与结论

牧草的综合评价方法和指标很多^[18-19],对于苜蓿育种和生产者来说,苜蓿干草产量和粗蛋白含量无疑是衡量其生产性能和经济性能的重要指标^[24-25]。陇东地区苜蓿生产的主要限制因素是干旱,因此其在干旱年份的产量不仅可以表征品种的抗旱性,还可以看作是品种稳产性主要指标^[28-29,31]。为此,按照牧草生产者追求的高产、优质、稳产这一目标来进行层次分析,应该能够比较准确反映引进品种的综合生产性能。

通过综合分析评价表明:1)第 I 级的三得利、55V48、哥萨克、甘农 5 号这 4 个品种优点突出且无明显缺点,其中 55V48、甘农 5 号、三得利 3 个品种具产量优势,3 年平均干草产量分别达到 15.92、15.35、15.25 t·hm⁻²,比对照陇东苜蓿依次增产 7.35%、3.51%、2.83%;哥萨克则具有优异的品质,其蛋白质含量达 15.21%,为所有品种中的最高值,茎叶比最低,低于对照 17.1%;三得利抗旱性较好,2015 年的干草产量达 15.11 t·hm⁻²,仅次于对照。整体来看,这 4 个品种丰产性好、稳产性强、品质优良,对庆阳南部的气候比较适应,具有较高应用价值,可重点示范推广。2)第 II 级的 55V12、甘农 3 号、陇东苜蓿、皇后、甘农 4 号优缺点相互制约,总体性状良好,综合表现与对照陇东苜蓿类似,可针对其优势示范推广。3)第 III 级的甘农 1 号和新疆大叶优点不显著,稳产性和品质都较差,属综合性状一般的品种,应慎重推广。

本研究应用层次分析法对参试品种进行苜蓿生产性能的综合评价,其结果较为合理可信,这对苜蓿生产者选择优良品种具有一定的实际指导意义。但综合评价的权重系数是采用主观法,同时,对稳产性仅限于在严重干旱下苜蓿品种的草产量的比较,因此,综合评价的正确性还需要作进一步的研究。

参考文献 References:

- [1] PETERSON P R, SHEAFFER C C, HALL M H. Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal*, 1992, 84: 774-779.
- [2] 罗志成. 北方旱地农业研究的进展与思考. *干旱地区农业研究*, 1994, 12(1): 4-13.
LUO Z C. Progress and consideration of dry land farming research in north China. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1994, 12(1): 4-13.
- [3] 江影舟, 南志标, 王丽佳. 基于钻石模型理论的甘肃省苜蓿产业竞争力分析. *草业科学*, 2016, 33(4): 813-820.
JIANG Y Z, NAN Z B, WANG L J. Competitiveness of alfalfa industry in Gansu Province: A diamond model. *Pratacultural Science*. 2016, 33(4): 813-820.
- [4] 中国畜牧业协会草业分会. 中国草产业发展报告 2014-2015: 13-15.
China Animal Husbandry Association Branch of Grass Industry. Report on development of China's Grass Industry 2014-2015: 13-15.
- [5] 曹宏, 韩雍, 方刚. 陇东地区紫花苜蓿播种技术试验. *草业科学*, 2013, 30(2): 238-244.
CAO H, HAN Y, FANG G. A study on sowing techniques of *Medicago sativa* in Longdong dry land. *Pratacultural Science*, 2013, 30(2): 238-244.
- [6] 杨青川, 孙彦. 紫花苜蓿在北京市种植业结构调整中的作用. *北京农业科学*, 2000, 18(3): 37-39.
YANG Q C, SUN Y. The role of alfalfa in the adjustment of planting structure in Beijing. *Beijing Agricultural Sciences*, 2000, 18(3): 37-39.
- [7] 曾月梅. 调整种植业结构种植紫花苜蓿促进农区舍饲畜牧业大发展. *内蒙古草业*, 2002, 14(2): 17-19.
ZENG Y M. The adjustment of planting structure with planting alfalfa to promote the development of animal husbandry in agricultural areas. *Inner Mongolia Prataculture*, 2002, 14(2): 17-19.

- [8] 黄新善,张东鸿,刘晓霞,陈龙,徐惠宁.高寒干旱地区紫花苜蓿引种试验.中国草地,2002,24(6):70-72.
HUANG X S,ZHANG D H,LIU X X,CHEN L,XU H N.Introduction experiment of alfalfa in alpine arid area,Grassland of China,2002,24(6):70-72.
- [9] 洪绂曾.饲草生产是国家食物安全与生态安全的重要保障.草业科学,2009,26(7):2.
HONG F Z.Forage production is an important guarantee for national food security and ecological security.Pratacultural Science,2009,26(7):2.
- [10] 杨丽,徐安凯.苜蓿的营养饲喂方式及其在畜牧业中的应用.吉林农业科学,2008,33(2):40-42,47.
YANG L,XU A K.Nutrition of alfalfa, feeding mode and its utilization in animal husbandry,Journal of Jilin Agricultural Sciences,2008,33(2):40-42,47.
- [11] 于林清.苜蓿种质资源系统评价与多样性分析.呼和浩特:内蒙古农业大学博士学位论文,2009.
YU L Q. Systematical evaluation on alfalfa germplasm and genetic diversity analysis,PhD Thesis,Hohhot:Inner Mongolia Agricultural University,2009.
- [12] 曹宏,马生发,韩雍,陈正武.5个紫花苜蓿品种在陇东地区的引进筛选试验.草业科学,2014,31(9):1761-1766.
CAO H,MA S F,HAN Y.Introduction and selection of 5 alfalfa cultivars in Longdong Region,Pratacultural Science,2014,31(9):1761-1766.
- [13] 曹宏,章会玲,马永祥,陈红.陇东地区紫花苜蓿品种区域试验研究.草业学报,2009,18(3):184-191.
CAO H,ZANG H L,MA Y X,CHENG H.A regional test of alfalfa varieties in the longdong area.Acta Prataculturae Sinica,2009,18(3):184-191.
- [14] 曹宏,章会玲,盖琼辉,陈红,赵满来.22个紫花苜蓿品种的引种试验和生产性能综合评价.草业学报,2011,20(6):219-229.
CAO H,Zhang H L,GAI Q H,CHENG H,ZHAO M L.Test and comprehensive assessment on the performance of 22 alfalfa varieties.Acta Prataculturae Sinica,2011,20(6):219-229.
- [15] 高宪儒,李飞,惠文.不同紫花苜蓿品种在陇东地区的引种表现.草业科学,2016,33(4):731-738.
GAO X R,LI F,HUI W.Performance of introduced alfalfa cultivars in Longdong Region,Gansu.Pratacultural Science,2016,33(4):731-738.
- [16] 方珊珊,孙启忠,闫亚飞,刘志英,陶雅,李峰.45个苜蓿品种秋眠级初步评定.草业学报,2015,24(11):247-255.
FANG S S,SUN Q Z,YAN Y F,LIU Z Y,TAO Y,LI F.Preliminary assessment of fall dormancy in 45 alfalfa cultivars.Acta Prataculturae Sinia,2015,24(11):247-255.
- [17] 岳亚飞,王旭哲,苗芳,鲁为华,马春晖.覆雪厚度对不同秋眠级苜蓿抗寒性及越冬率的影响.草业学报,2016,25(8):98-106.
YUE Y F,WANG X Z,MIAO F,LU W H,MA C H.Effects of snow cover thickness on cold resistance and winter survival rates in alfalfa cultivars with different fall dormancies.Acta Prataculturae Sinia,2016,25(8):98-106.
- [18] 曾兵,黄琳凯,陈超.饲草生产学实验.重庆:西南大学出版社,2013:6.
ZENG B,HUANG L K,CHENG C.Forage Production Experiment,Chongqing:Southwest China Normal University Press,2013:6.
- [19] 韩路,贾志宽,韩清芳,王海珍.应用 AHP 模型综合评价苜蓿生产性能的研究.草业科学,2004,21(2):12-16.
HAN L,JIA Z K,HAN Q F,WANG H Z.Application of the analytic hierarchy process to comprehensively evaluate the productive capability of thirty-one *Medicago sativa* varieties.Pratacultural Science,2004,21(2):12-16.
- [20] 张鸭关,匡崇义,薛世明,陈功,吴丽芳.层次分析法(AHP)在优良牧草品种筛选中应用.贵州农业科学,2010,38(4):151-154.
ZHANG Y G,KUANG C Y,XUE S M,CHEN G,WU L F.Application of analytic hierarchy process in selection of good forage grass variety.Guizhou Agricultural Sciences,2010,38(4):151-154.
- [21] 王虹,师尚礼.紫花苜蓿多元杂交代优良株系的评价与筛选.草业科学,2015,32(11):1838-1846.
WANG H,SHI S L.Evaluation and selection of excellent lines after polycross of alfalfa.Pratacultural Science,2015,32(11):1838-1846.
- [22] 冯刚刚,孙万斌,马晖玲,候向阳,穆怀彬.22个苜蓿品种在甘肃永登地区生产适应性评价.草原与草坪,2016,36(4):64-71.
FENG G G,SUN W B,MA H L,HOU X Y,MU H B.Evaluation for the productive adaptability of 22 alfalfa varieties in Yongdeng region of Gansu Province.Grassland and Turf,2016,36(4):64-71.
- [23] 高婷,张晓刚,纪立东.美国优质紫花苜蓿在宁夏中部干旱带适应性研究.宁夏大学学报(自然科学版),2009,30(3):271-274.
GAO T,ZHANG X G,JI L D.Adaptability study of America high quality alfalfa varieties in Middle Arid Belt of Ningxia,Journal of Ningxia University(Natural Science Edition),2009,30(3):271-274.

- [24] 王铁梅,卢欣石.内蒙古干旱草原区紫花苜蓿引种评价.草原与草坪,2009(5):46-49.
WANG T M,LU X S.Evaluation on the introduced alfalfa cultivars for the steppe area in Inner Mongolia,Grassland and Turf, 2009(5):46-49.
- [25] 闫亚飞,柳茜,高润,孙启忠,方珊珊,刘志英.不同苜蓿品种秋眠级评定及产量性状的初步分析.中国草地学报,2016,38(5):1-7.
YAN Y F,LIU Q,GAO R,SUN Q Z,FANG S S,LIU Z Y.The preliminary assessment of fall dormancy of different alfalfa cultivars and initial analysis of their yield trait,Chinese Journal of Grassland,2016,38(5):1-7.
- [26] 孙建华,王彦荣,余玲.紫花苜蓿生长特性及产量性状相关性研究.草业学报,2004,13(4):80-86.
SUN J H,WANG Y R,YU L.Growth characteristics and their correlation with the yield of *Medicago sativa*.Acta Prataculturae Sinica,2004,13(4):80-86.
- [27] 戚志强,王永雄,曾昭海,胡跃高.紫花苜蓿建植期四种刈割频次下的产量、品质及再生性研究.草业学报,2010,19(1):134-142.
QI Z Q,YU Y X,ZENG Z H,HU Y G.Yield,hay quality and regrowth of establishing *Medicago sativa* under four harvest schedules,Acta Prataculturae Sinica,2010,19(1):134-142.
- [28] 王位泰,张天峰,黄斌.陇东黄土高原春播紫花苜蓿生长规律及气候生产潜力评估.干旱地区农业研究,2007,25(5):214-219.
WANG W T,ZHANG T F,HUANG B.Growth disciplinarian of alfalfa sowed in spring and evaluation of climate productivity in the Loess Plateau of East Gansu,Agricultural Research in the Arid Areas,2007,25(5):214-219.
- [29] 郭海英,赵建萍,杨兴国,黄斌,张谋草,王宁珍.陇东塬区适生农作物水分利用率及经济效益对比分析.土壤通报,2007,38(4):709-712.
GUO H Y,ZHAO J P,YANG X G,HUANG B,ZHANG M C,WANG N Z.Moisture use efficiency and economic benefit of some crops in the East of Gansu,Chinese Journal of Soil Science,2007,38(4):709-712.
- [30] 曹宏,邓芸,刘运发.紫花苜蓿产业化技术问答.兰州:兰州大学出版社,2009.
CAO H,DENG Y,LIU Y F.Technical questions and answers of alfalfa industrialization.Lanzhou:Lanzhou University Press, 2009.
- [31] 郭正刚,张自和,王锁民,田福平.不同紫花苜蓿品种在黄土高原丘陵区适应性的研究.草业学报,2003,12(4):45-50.
GUO Z G,ZHANG Z H,WANG S M,TIAN F P.Study on adaptability of mine Lucerne varieties in hills and valleys of Loess Plateau,Acta Prataculturae Sinica,2003,12(4):45-50.
- [32] 吕林有,何跃,赵立仁.不同苜蓿品种生产性能研究.草地学报,2010,18(3):365-371.
LYU L Y,HE Y,ZHAO L R.A study on production performance of different alfalfa varieties,Acta Acrestia Sinica,2010, 18(3):365-371.
- [33] 张晓娜,宋书红,陈志飞,张莹,杨云贵.紫花苜蓿叶、茎产量及品质动态.草业科学,2016,33(4):713-721.
ZHANG X N,SONG S H,CHEN Z F,ZHANG Y,YANG Y G.Effects of growth stage on yield and quality of leaf and stem pemption,Pratacultural Science,2016,33(4):713-721.
- [34] 魏永鹏,南丽丽,于闯,付双军.种植密度和行距配置对紫花苜蓿群体产量及品质的影响.草业科学,2017,34(9):1898-1905.
WEI Y P,NAN L L,YU C,FU S J.Effects of row spacing and planting density on the yield and quality of *Medicago sativa*. Pratacultural Science,2017,34(9):1898-1905.
- [35] 刘国彬,杨小寅.牧草最佳利用期的探讨.中国草地,1988(6):27-32.
LIU G B,YANG X Y.An approach to the optimal utilization period of grass,Grassland of China,1988(6):27-32.
- [36] 高润,柳茜,闫亚飞,李峰,陶雅,孙启忠,张仲鹃.河套灌区 23 个紫花苜蓿品种适应性.草业科学,2017,34(6):1286-1298.
GAO R,LIU Q,YAN Y F,LI F,TAO Y,SUN Q Z,ZHANG Z J.Adaptability of 23 alfalfa varieties in Hetao Irrigation District,Pratacultural Science,2017,34(6):1286-1298.
- [37] 汪精海,齐广平,康燕霞,马彦麟,史晓巍,朱璇浩.干旱半干旱地区紫花苜蓿营养品质对水分胁迫的响应.草业科学,2017, 34(1):112-118.
WANG J H,QI G P,KANG Y X,MA Y L,SHI X W,ZHU X H.Effects of water stress on nutriatio-nal quality of alfalfa in arid and semiarid areas,Pratacultural Science,2017,34(1):112-118.

(责任编辑 张瑾)