

河西走廊 13 个引进紫花苜蓿品种生产性能和营养价值评价

李玉珠, 吴芳, 师尚礼, 白小明

(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, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以引进到甘肃河西走廊地区的 13 个紫花苜蓿品种先牧不倒翁、先牧抗冻星、巨能Ⅱ、巨能Ⅶ、前景、WL319HQ、WL366HQ、WL363HQ、WL354HQ、WL298HQ、WL440HQ、WL353LH 和 WL326GZ 作为试验材料,对 1 龄、2 龄和 3 龄供试紫花苜蓿品种每茬草初花期的株高、干草产量和叶茎比进行测定,对其干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙和磷营养性状指标进行分析,并采用灰色关联度法对供试紫花苜蓿品种的生产性能和营养价值进行综合评价。结果表明:供试紫花苜蓿品种前景的株高年均值最高,为 74.63 cm,先牧不倒翁最低,为 67.24 cm;供试紫花苜蓿品种 WL363HQ 的干草年总产量最高,为 19 169.08 kg · hm⁻²,而先牧不倒翁最低,为 15 020.64 kg · hm⁻²;供试紫花苜蓿品种 WL366HQ 的叶茎比年均值最高,为 0.73,巨能Ⅶ最低,为 0.65。供试紫花苜蓿品种 WL354HQ 的干物质含量年均值最高,为 93.78%,WL363HQ 的粗蛋白含量年均值最高,为 18.10%,WL366HQ 的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量年均值最低,分别为 38.95%和 29.45%,巨能Ⅶ的钙含量年均值最高,为 1.88%,WL354HQ 的磷含量年均值最高,为 1.13%;WL366HQ 的相对饲喂价值最高,达 159.91,而先牧不倒翁的相对饲喂价值最低(140.83)。通过灰色关联度综合评价得出供试紫花苜蓿品种 WL366HQ、WL353LH、WL363HQ、WL354HQ 的综合性状较好,适宜在河西走廊地区推广和利用;前景、WL319HQ、WL326GZ、WL440HQ、巨能Ⅱ、先牧抗冻星、WL298HQ 和巨能Ⅶ的综合性状中等,在该地区有待进一步继续种植和观察;而先牧不倒翁的综合性状较差,引种时需综合考虑。

关键词:紫花苜蓿;引进品种;生产性能;营养价值;灰色关联度分析

中图分类号:S54 **文献标志码:**A

Evaluation on production and nutritional value of 13 introduced alfalfa cultivars in Hexi corridor of Gansu Province

LI Yu-zhu, WU Fang, SHI Shang-li, BAI Xiao-ming

(Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Sino-U.S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Thirteen introduced alfalfa cultivars including 55V12, 54V09, Magna Graze II, Magna Graze VII, Vision, WL319HQ, WL366HQ, WL363HQ, WL354HQ, WL298HQ, WL440HQ, WL353LH and WL326GZ were used as research materials in Hexi Corridor of Gansu Province. In this paper, the plant height, hay yield, leaf-stem ratio, dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, calcium and phosphorus of alfalfa were measured and analyzed at the initial flowering stage of first-year, second-year and third-year alfalfa. The production and nutritional value of thirteen alfalfa cultivars were comprehensively evaluated by the grey correlation degree analysis. The results showed that the annual average plant height of Vision was the highest at 74.63 cm while 55V12 was lowest at 67.24 cm. The WL363HQ showed the highest total dry yield (19 169.08 kg · hm⁻²), the 55V12 was the lowest at 15 020.64 kg · hm⁻². The leaf-stem ratio of WL366HQ was the highest(0.73), however, the Magna Graze VII was the lowest at 0.65. The annual average dry matter of WL354HQ was the highest at 93.78%, and annual average crude protein of WL363HQ was the highest(18.10%). The annual average neutral

收稿日期:2018-08-28

修回日期:2019-08-21

基金项目:农业部公益行业(农业)科研专项课题(201403048-8);国家牧草产业体系(CARS-34)

作者简介:李玉珠(1979-),女,陕西宁强人,副教授,博士,研究方向为草种质资源与育种。E-mail:Liyz@gsau.edu.cn

通信作者:师尚礼(1962-),男,甘肃会宁人,教授,博士,主要从事草种质资源及育种方面的教学与研究工作。E-mail:shishl@gsau.edu.cn

detergent fiber and acid detergent fiber of WL366HQ were the lowest at 38.95% and 29.45%. The Magna Graze VII showed the highest annual average calcium (1.88%), and the annual average phosphorus of WL354HQ was the highest (1.13%). The relative feed value of WL366HQ was the highest at 159.91, but the relative feed value of 55V12 was the lowest at 140.83. Through grey correlation degree analysis, the WL366HQ, WL353LH, WL363HQ and WL354HQ had better comprehensive traits and were suitable for promotion and utilization in Hexi Corridor. Vision, WL319HQ, WL326GZ, WL440HQ, Magna Graze VII, 54V09, WL298HQ and Magna Graze II had moderate comprehensive traits, which needed further cultivation and observation in this area; but 55V12 had poor comprehensive traits and should be given careful consideration when introduced.

Keywords: Alfalfa; introduced cultivars; production performance; nutritional value; grey correlation degree analysis

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 为豆科苜蓿属多年生草本植物, 因其产量高、营养丰富、生产潜力巨大, 用途广泛, 被誉为“牧草之王”和“饲料皇后”, 是我国西部干旱半干旱地区最重要的栽培牧草^[1-2]。随着我国农业产业结构调整、草食畜牧业发展和奶业发展及退耕还草政策的实施, 发展苜蓿产业对推进种养结合农牧循环、提升草产品和畜产品市场竞争力具有重要意义^[3-4]。到 2015 年为止, 甘肃、内蒙古、宁夏、新疆、黑龙江、河北等 6 省区的优质苜蓿种植面积占全国的 89.8%, 形成了甘肃河西走廊、宁夏河套灌区、内蒙古科尔沁草地等优质苜蓿种植基地。但与发达国家相比, 国产苜蓿品种单一、草产量低、营养价值较差, 病虫害发生严重; 地方品种的紫花苜蓿虽然适应性较好, 但产量和品质不能满足农牧业结构调整和养殖业发展的需求。因此, 不断开展苜蓿新品种的引种试验和综合评价, 是各地建植人工草地和建立高产优质苜蓿基地、促进苜蓿产业化发展的关键和前提条件^[5]。

近年来, 许多学者从不同角度对引进紫花苜蓿品种的区域适应性和生产性能进行了研究, 并采用灰色关联度综合评价法对不同苜蓿品种进行全面、客观的评价, 减少了人为的主观性和经验性。马维国^[6]通过对甘肃河西走廊地区引进的 6 个紫花苜蓿品种进行适应性研究和经济效益比较, 得出农宝具有较高的草产量和经济效益, 可在该地区大面积推广种植。孙万斌等^[7]将 20 个紫花苜蓿品种引种到甘肃半干旱灌区 (永登县) 和荒漠灌区 (黄羊镇), 采用灰色关联度综合评价, 得到的结果较全面地体现了供试品种的综合性能, 并筛选出了各地区分别具有较高推广利用价值的苜蓿品种。毛祝新等^[8]根据灰色关联度法对引进到甘肃夏河地区的 3 龄紫花苜蓿“阿尔冈金”各生长时期的多个性状进行综合评价, 结果表明“阿尔冈金”适宜在夏河地区推广种植, 尤其是盛花期的利用价值最高。伏兵哲等^[9]

应用灰色关联分析法, 对国内外 21 个苜蓿品种在宁夏灌区连续 2 年的主要农艺性状进行了生产性能综合评价。郑敏娜等^[10]通过灰色关联度法综合评价雁门关地区引进的 28 个紫花苜蓿品种连续 2a 的生产性能和营养价值, 结果显示维多利亚、康赛、WL298HQ、SK3010 和巨能 VII 在该地区的推广利用价值较高。初晓辉等^[11]采用灰色关联度对 10 个引进紫花苜蓿品种 (2 龄、6 龄) 在昆明地区的生产性能和持久性进行综合评价, 结果得出苜蓿品种 GT13R 和射手 2 号在昆明地区最适宜种植, 其生产性能和持久性最好。这些研究为当地苜蓿新品种的引种选择和综合评价提供了科学依据。

甘肃省紫花苜蓿的种植面积位居全国之首, 占全国种植面积的 33%, 形成了紫花苜蓿优势产业区, 如河西走廊、庆阳、白银等地^[12-13]。然而, 位于河西走廊的金昌市气候干燥、生态环境复杂多样, 该地区与紫花苜蓿品种的适应性未能达到最佳匹配, 因而对当地畜牧业的发展和经济效益造成了严重的影响^[14-15]。因此, 为探讨引进紫花苜蓿品种在西北荒漠灌区的适应性和生产性能, 本研究以引进的 13 个国外紫花苜蓿品种先牧不倒翁、先牧抗冻星、巨能 II、巨能 VII、前景、WL319HQ、WL366HQ、WL363HQ、WL354HQ、WL298HQ、WL440HQ、WL353LH 和 WL326GZ 为试验材料, 在甘肃省金昌市永昌县杨柳青公司苜蓿种植基地设置试验圃, 对各参试品种种植第 1 年、第 2 年、第 3 年的生产性能 (株高、干草产量、叶茎比) 及营养指标 (粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷、相对饲喂价值) 进行测定, 应用灰色关联度法进行综合评价, 以期筛选出稳产、高产、优质的苜蓿新品种, 为该地区紫花苜蓿的引种、栽培和产业化开发提供科学依据, 为西北荒漠灌区建立优质紫花苜蓿人工草地奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于河西走廊东端的甘肃省金昌市永昌县朱王堡镇,北纬 37°30′、东经 103°15′,平均海拔 1 519 m。气候属温带大陆性气候,年平均气温 4.8℃,≥10℃的有效积温为 2 001℃;平均降水量 185.1 mm,降雨分配很不均匀;无霜期 134 d,平均日照 2 884.2 h,日照率 65%,年蒸发量 2 000.6 mm。该地区具干旱、多风、蒸发量大等特点,属石羊河水系,引水灌溉条件好。

1.2 供试材料

供试国外紫花苜蓿品种共 13 个,具体供试品种的名称、产地和来源见表 1。

表 1 供试紫花苜蓿品种及其来源

Table 1 Sources and varieties of alfalfa used in the experiment

编号 Code	品种名称 Name	产地 Origin	编号 Code	品种名称 Name	产地 Origin
1	先牧不倒翁 55V12 Pioneer 55V12	美国 America	8	WL363HQ	美国 America
2	先牧抗冻星 54V09 Pioneer 54V09	美国 America	9	WL354HQ	美国 America
3	巨能 II Magna graze II	美国 America	10	WL298HQ	美国 America
4	巨能 VII Magna graze VII	美国 America	11	WL440HQ	美国 America
5	前景 Vision	美国 America	12	WL353LH	美国 America
6	WL319HQ	美国 America	13	WL326GZ	美国 America
7	WL366HQ	美国 America			

1.3 试验设计

试验采用随机区组排列,每个品种 3 次重复。小区面积为 5 m×3 m,小区间隔为 50 cm,区组间走道 1 m,试验地四周保护行 1.5 m。试验地土壤肥力相同,播种前施足基肥,同时施过磷酸钙 1 500 kg·hm⁻²,尿素 150 kg·hm⁻²,腐殖质酸铵 500 kg·hm⁻²。供试苜蓿品种于 2015 年 4 月 23 日播种,撒播,播量 18 kg·hm⁻²。播种前进行精细镇压、平整试验地,并进行灌溉增加底墒。试验期间各小区同一管理,每年返青期、每茬草分枝期和初花期分别灌水 1 次,适时进行除草。

1.4 测定指标及方法

从紫花苜蓿种植第 1 年(2015 年)开始,连续测定 3 a,2015 年分别在第 1 茬(7 月上旬)、第 2 茬(8 月中旬)、第 3 茬(10 月上旬);2016 年和 2017 年分别

在第 1 茬(5 月下旬)、第 2 茬(7 月上旬)、第 3 茬(8 月中旬)、第 4 茬(10 月上旬)初花期进行取样、测定,留茬高度为 5 cm。

1.4.1 生产性能指标测定

株高(cm):每茬草初花期测产前,每个小区随机选取 10 株,测量高度(地面至生长点垂直距离),每个品种重复 3 次,求其平均值。

鲜草产量(kg·m⁻²):每茬草初花期,每个小区随机取样 1 m²,齐地刈割后称量鲜草重量,每个品种重复 3 次,取其平均值。

干草产量(kg·m⁻²):将称过鲜重的鲜草样品自然风干后测干重,根据 1 m²鲜草产量换算每公顷苜蓿干草产量,每个品种重复 3 次,取其平均值。

叶茎比:每茬草初花期刈割时每个小区随机称取鲜草 500 g,将叶、茎分开,自然风干后称重,计算叶茎比,每个品种重复 3 次,取其平均值^[16]。

1.4.2 营养成分相关指标测定 初花期刈割时每个小区随机取鲜草 500 g,放在实验室自然风干,用微型植物粉碎机进行粉碎后过 1 mm 筛,保存于密封袋中备用。粗蛋白采用半微量凯氏定氮法测定^[10];中性、酸性洗涤纤维采用 Van Soets 法测定^[17];钙采用 EDTA-Na₂络合法测定,磷采用钼酸铵比色法测定^[17]。每个处理重复 3 次,将每茬草的平均值进行分析。利用下面公式计算相对饲喂价值(RFV):

$$RFV = \frac{DMI \times DDM}{1.29}$$

(1)

其中,DMI(Dry Matter Intake)为单位体重家畜粗饲料干物质的随意采食量(%BW);DDM(digestibledry matter)为可消化的干物质占干物质总量的比例(%DM)。DMI 与 DDM 的预测模型分别为:

$$DMI = \frac{120}{NDF}$$

(2)

$$DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF$$

(3)

其中,NDF(neutral detergent fiber)为中性洗涤纤维,ADF(acid detergent fiber)为酸性洗涤纤维。

1.5 数据分析

所有数据采用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理,并采用 SPSS 16.0 软件进行方差分析。

1.6 灰色关联度分析

(1) 根据灰色系统理论^[18-19],将供试紫花苜蓿品种的所有性状指标视作一个灰色系统,每个指标为系统中的一个因素,采用灰色关联度分析法进行综合评价。供试苜蓿品种以 *X* 表示,指标以 *k* 表示,各供试品种 *X* 在性状 *k* 处的值构成比较数列 *X_i*,*X₀* 为构建的理想参考品种。根据关联系数公式(4)计

算关联系数,利用公式(5)、(6)、(7) 计算等权关联度、权重系数和加权关联度。

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

(4)

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k)$$

(5)

$$\omega_i = \frac{r_i}{\sum r_i}$$

(6)

$$r'_i = \sum_{k=1}^n w_i(k) \varepsilon_i(k)$$

(7)

式中, $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最小差, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最大差, ρ 为分辨系数,取值范围为 0 ~ 1,为提高其关联系数间的差异显著性,此处取值 0.5,认为同等重要。 n 为供试苜蓿品种各性状指标的个数 ($n = 9$), k 为性状; i 为品种编号。等权关联度越大,表明供试苜蓿品种与理想参考品种的相似度越高,其综合性状也就越好,而各指标在评价苜蓿生产性能和营养价值中的贡献率不同,因此,为了全面、客观评价供试苜蓿品种的生产性能和营养价值,需通过加权关联度对供试苜蓿品种的生产性能和营养价值进行评价。

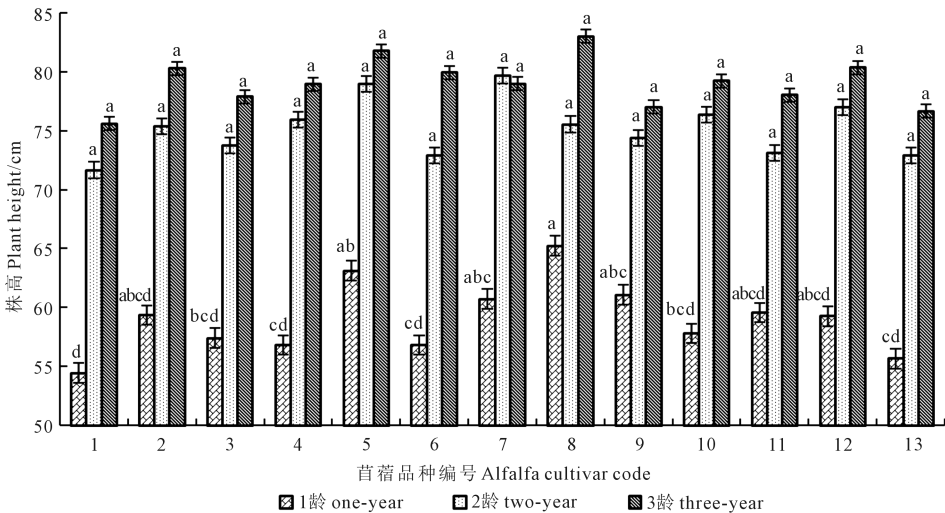
2 结果与分析

2.1 13 个紫花苜蓿品种的生产性能比较

由图 1 可知,随着种植年限的增加,不同紫花苜蓿品种的株高呈增加趋势,苜蓿品种前景的株高年

均值最高,为 74.63 cm,先牧不倒翁最低,为 67.24 cm。1 龄供试苜蓿品种 WL363HQ 的株高最高,为 65.23 cm,其次分别为前景、WL354HQ 和 WL366HQ,株高分别为 63.13 cm、61.08 cm、60.73 cm,而先牧不倒翁的株高最低,为 54.44 cm。WL363HQ 的株高显著高于 WL298HQ、巨能Ⅱ、巨能Ⅶ、WL319HQ、WL326GZ 和先牧不倒翁 ($P < 0.05$),较 WL298HQ、巨能Ⅱ、巨能Ⅶ、WL319HQ、WL326GZ 和先牧不倒翁分别提高了 12.84%、13.60%、14.77%、14.77%、17.18%、19.82%,而与其他品种差异均不显著 ($P > 0.05$)。供试苜蓿品种为 2 龄时,WL366HQ 的株高最高,为 79.70 cm,其次为前景、WL353LH 和 WL298HQ,株高分别为 79.00、77.00、76.37 cm,先牧不倒翁的株高最低,为 71.67 cm,但各供试苜蓿品种的株高差异不显著 ($P > 0.05$)。供试苜蓿品种为 3 龄时,WL363HQ 的株高最高,为 83.01 cm,其次分别为前景、WL353LH 和先牧抗冻星,株高分别为 81.77、80.37 cm 和 80.28 cm,先牧不倒翁的株高最低,为 75.60 cm,但各供试苜蓿品种的株高未达到显著差异 ($P > 0.05$)。

从图 2 可以看出,供试紫花苜蓿品种的干草产量随着种植年限的延长均大幅度提高。1 龄供试苜蓿品种 WL363HQ、前景、WL353LH 和 WL366HQ 的干草产量较高,分别为 14 796.99、14 638.73、14 240.86、14 025.41 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,先牧不倒翁的干草产量最低,为 12 265.46 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,但各供试品种间干草产



注:图中不同小写字母表示品种间在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。
Note: The different lowercase letters in the figure indicate significant differences at the level of $P < 0.05$ among the different alfalfa cultivars. The same below.

图 1 不同紫花苜蓿品种株高的比较

Fig.1 The comparison of plant height of different alfalfa cultivars

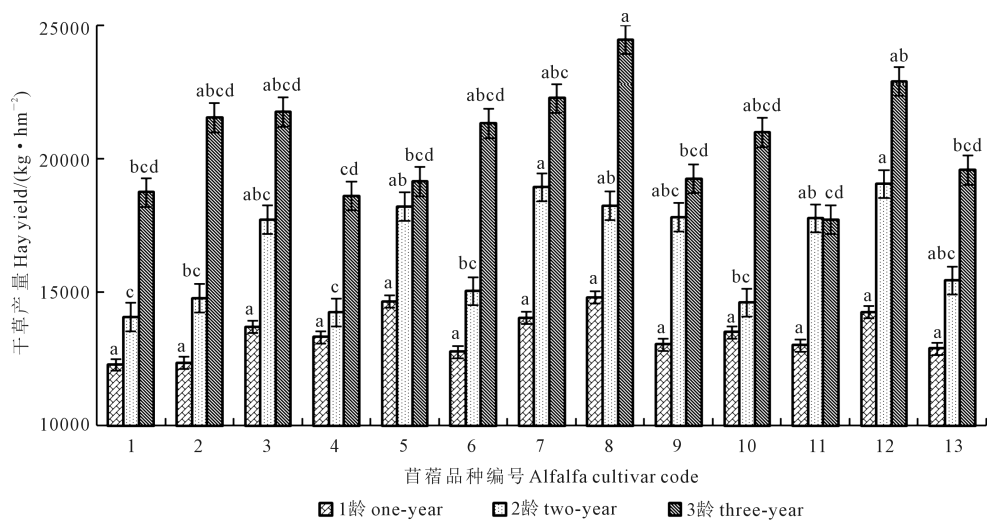


图 2 不同紫花苜蓿品种干草产量的比较

Fig.2 The comparison of hay yield of different alfalfa cultivars

量差异不显著 ($P>0.05$)。2 龄供试苜蓿品种 WL353LH、WL366HQ、WL363HQ 和前景的干草产量较高,分别为 19 048.06、18 924.97、18 241.84、18 201.32 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,且显著高于巨能Ⅶ(14 225.97 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)和先牧不倒翁(干草产量最低,为 14 061.28 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) ($P<0.05$),较先牧不倒翁分别提高了 35.46%、34.59%、29.73%、29.44%。供试苜蓿品种为 3 龄时, WL363HQ 的干草产量最高,达 24 468.42 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其次 WL353LH 和 WL366HQ 的产量较高,分别为 22 907.36 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 22 267.22 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而 WL440HQ 的干草产量最低,为 17 717.87 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, WL363HQ 的干草产量较 WL326GZ、WL354HQ、前景、先牧不倒翁、巨能Ⅶ和 WL440HQ 显著增加了 24.98%、27.12%、27.84%、30.60%、31.51%、38.10% ($P<0.05$)。

图 3 表明,1 龄供试苜蓿品种的叶茎比在 0.56~0.67 范围内变化,其中 WL366HQ 的叶茎比最高,其次为 WL440HQ、WL326GZ 和 WL319HQ;先牧不倒翁的叶茎比最低,但各品种间叶茎比差异未达到显著水平 ($P>0.05$)。供试苜蓿品种为 2 龄时叶茎比的分布范围为 0.55~0.74,其中前景的叶茎比最高,其次为 WL366HQ,而先牧不倒翁的叶茎比最低;2 龄供试苜蓿品种的叶茎比年均值较 1 龄提高了 11.01%。3 龄供试苜蓿品种 WL353LH 的叶茎比最高,达 0.88,其次 WL440HQ、前景和先牧不倒翁的叶茎比较高,分别为 0.87、0.87、0.86;且 WL353LH、WL440HQ、前景和先牧不倒翁的叶茎比显著高于

WL319HQ(0.73)和巨能Ⅶ(0.72) ($P<0.05$),较巨能Ⅶ分别提高了 22.90%、21.95%、21.57%、19.96%。

2.2 13 个紫花苜蓿品种的营养价值比较

由图 4 可以看出,不同株龄供试苜蓿品种的干物质含量均在 92%以上,在 92.00%~94.51%之间变化。其中,1 龄供试苜蓿品种 WL354HQ 的干物质含量最高,为 94.07%,且显著高于 WL319HQ、巨能Ⅱ、WL363HQ、先牧不倒翁、WL440HQ、WL298HQ、巨能Ⅶ ($P<0.05$);而巨能Ⅶ的干物质含量最低,较 WL354HQ 下降了 1.73%。2 龄供试苜蓿品种 WL353LH 的干物质含量最高,为 93.24%,前景的干物质含量最低,为 92.37%,但各供试苜蓿品种的干物质含量差异不显著 ($P>0.05$)。3 龄供试苜蓿品种 WL363HQ 的干物质含量最高,为 94.51%,而巨能Ⅶ的干物质含量最低,为 92.00%,且显著低于其他品种 ($P<0.05$)。

由图 5 可知,各供试苜蓿品种的粗蛋白含量随着种植年限的增加而增加。1 龄供试苜蓿品种 WL363HQ 的粗蛋白含量最高,达 16.32%,其次先牧抗冻星和 WL319HQ 的粗蛋白含量较高,分别为 16.20%和 16.07%;巨能Ⅱ的粗蛋白含量最低,仅为 12.93%,且显著低于其他品种(前景、巨能Ⅶ除外) ($P<0.05$)。2 龄和 3 龄供试苜蓿品种中粗蛋白含量最高的分别为 WL353LH (18.56%) 和 WL366HQ (20.19%),粗蛋白含量最低的品种分别为先牧抗冻星 (16.34%) 和巨能Ⅶ (15.60%),而各供试苜蓿品种间粗蛋白含量差异均不显著 ($P>0.05$)。

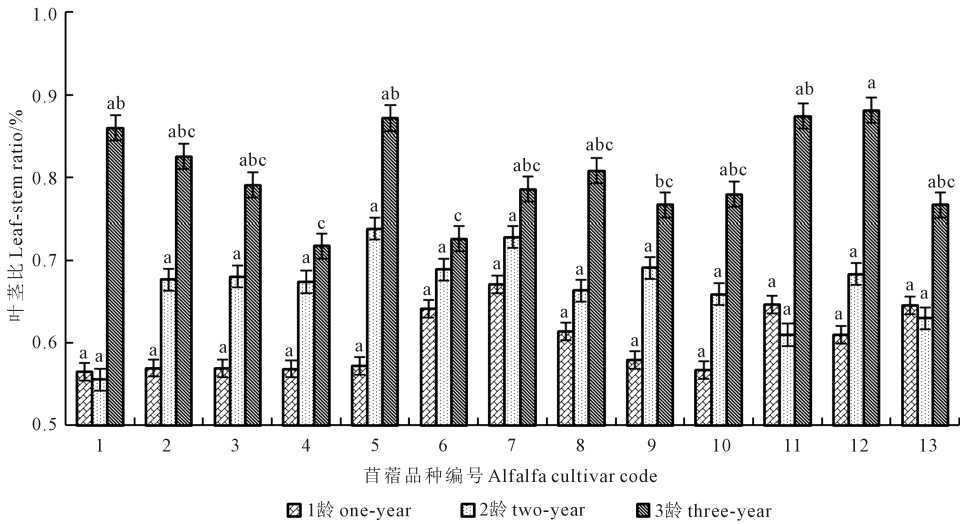


图 3 不同紫花苜蓿品种叶茎比的比较

Fig.3 The comparison of leaf-stem ratio of different alfalfa cultivars

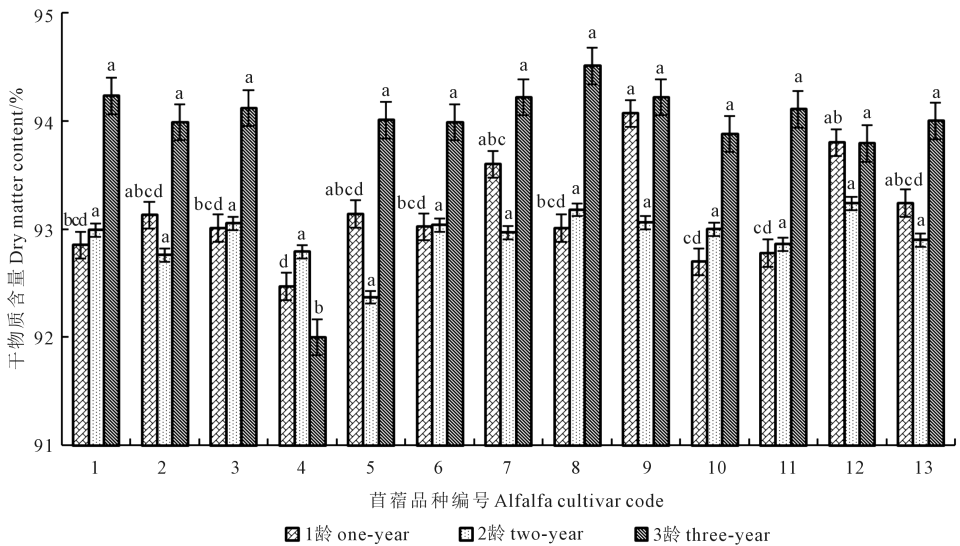


图 4 不同紫花苜蓿品种干物质含量的比较

Fig.4 The comparison of dry matter content of different alfalfa cultivars

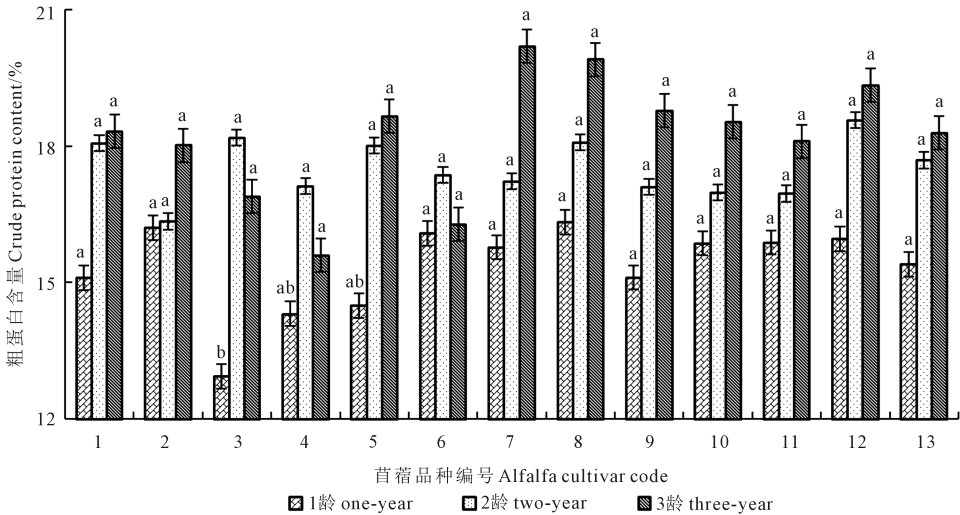


图 5 不同紫花苜蓿品种粗蛋白含量的比较

Fig.5 The comparison of crude protein content of different alfalfa cultivars

如图 6 所示,不同株龄供试紫花苜蓿品种间中性洗涤纤维含量具有不同程度的差异和变化。1 龄供试苜蓿品种中性洗涤纤维含量的变化范围为 32.93%~40.26%,其中 WL353LH 的中性洗涤纤维含量最低,为 32.93%,且显著低于先牧不倒翁和 WL363HQ ($P<0.05$),较先牧不倒翁、WL363HQ 分别降低了 18.21%、17.22%。2 龄供试紫花苜蓿品种 WL363HQ 的中性洗涤纤维含量最低,为 35.95%,前景的中性洗涤纤维含量最高,为 40.78%,但各供试苜蓿品种间差异均不显著($P>0.05$)。3 龄供试紫花苜蓿品种的中性洗涤纤维含量分布在 44.98%~49.43%之间,其中 WL319HQ 的中性洗涤纤维含量最低,前景的中性洗涤纤维含量最高,WL319HQ 和 WL366HQ 的中性洗涤纤维含量显著低于前景($P<0.05$),较前景分别下降了 9.00%和 8.88%,而其余各品种中性洗涤纤维含量差异不显著($P>0.05$)。

1 龄供试苜蓿品种 WL353LH 的酸性洗涤纤维含量最低(图 7),为 26.52%,WL363HQ 的酸性洗涤纤维含量最高,为 32.38%,且 WL353LH 的酸性洗涤纤维含量较 WL363HQ 显著降低了 18.10% ($P<0.05$)。2 龄供试苜蓿品种酸性洗涤纤维含量在 28.80%~32.13%之间变化,WL353LH 的酸性洗涤纤维含量最低,其次巨能Ⅶ和 WL326GZ 的酸性洗涤纤维含量相对较低,分别为 28.88%、29.32%,而 WL440HQ 的酸性洗涤纤维含量最高,但供试苜蓿品种间未达到显著差异($P>0.05$)。3 龄供试苜蓿品种酸性洗涤纤维含量分布在 31.12%~36.57%,其中酸性洗涤纤维含量最低的是 WL366HQ,先牧不倒翁的含量最高,WL366HQ 的酸性洗涤纤维含量显著低于先牧不倒翁和前景($P<0.05$),较先牧不倒翁和前景分别下降了 14.90%和 14.15%,而其他供试苜蓿品种间差异不显著($P>0.05$)。

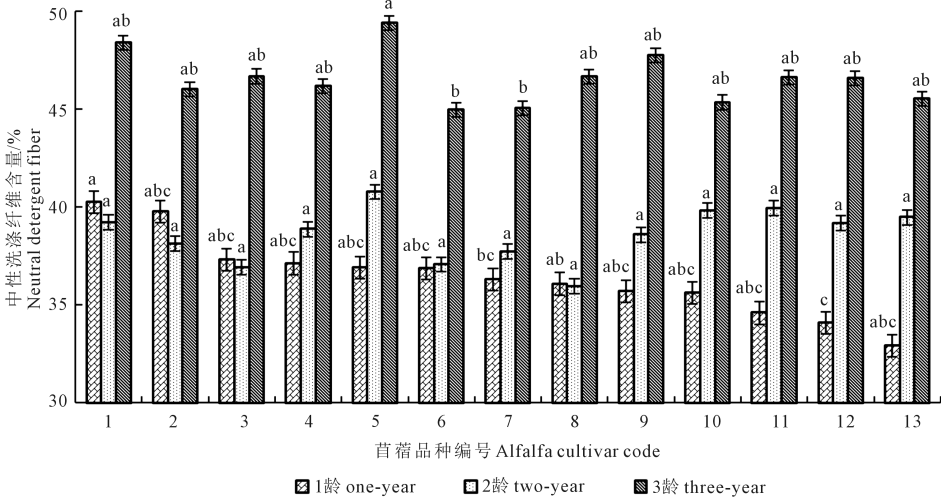


图 6 不同紫花苜蓿品种中性洗涤纤维含量的比较

Fig.6 The comparison of neutral detergent fiber content of different alfalfa cultivars

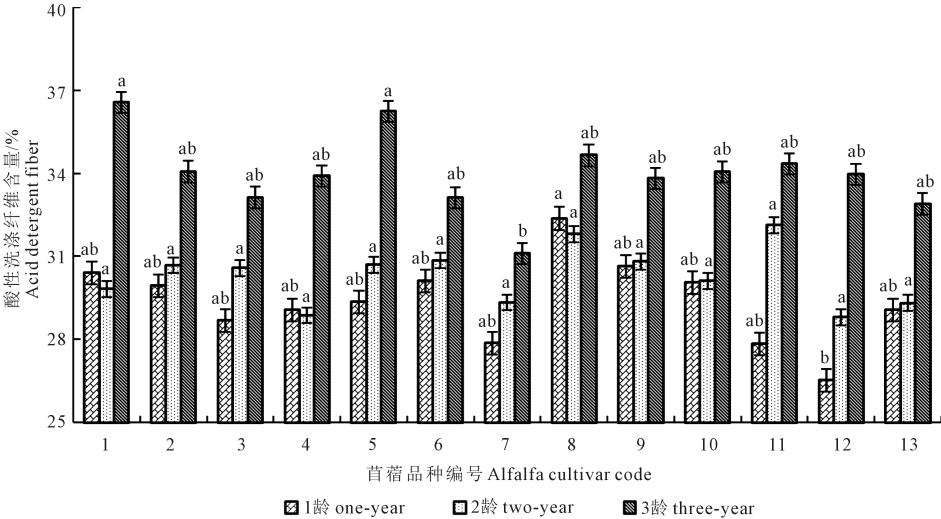


图 7 不同紫花苜蓿品种酸性洗涤纤维含量的比较

Fig.7 The comparison of acid detergent fiber content of different alfalfa cultivars

由图 8 可知,1 龄供试苜蓿品种 WL363HQ 的钙含量最高,为 1.78%,其次巨能Ⅱ和巨能Ⅶ的钙含量较高,分别为 1.68%和 1.60%,且 WL363HQ 和巨能Ⅱ的钙含量显著高于 WL353LH ($P<0.05$),较 WL353LH 分别提高了 61.82%和 52.73%,其余各品种钙含量差异不显著($P>0.05$)。2 龄供试苜蓿品种巨能Ⅶ的钙含量最高,达 2.31%,且显著高于巨能Ⅱ、先牧抗冻星、WL353LH、先牧不倒翁、WL363HQ 和 WL319HQ ($P<0.05$),而 WL319HQ 的钙含量最低,为 1.87%。3 龄供试苜蓿品种前景的钙含量最高,达 1.78%,且前景和 WL366HQ 的钙含量显著高于先牧抗冻星($P<0.05$),较先牧抗冻星分别增加了 28.99%和 28.99%,而其余各品种间钙含量差异不显著($P>0.05$)。

从图 9 可以看出,不同龄供试苜蓿品种的磷含量的变化范围为 0.66%~1.29%。1 龄供试苜蓿品种 WL354HQ 的磷含量最高,为 0.89%,且 WL354HQ 和 WL440HQ 的磷含量较 WL363HQ 显著提高了 34.85%和 30.30% ($P<0.05$),其他品种间未达到显著差异 ($P>0.05$)。2 龄供试苜蓿品种 WL354HQ 的磷含量最高,达 1.29%,且 WL354HQ、WL319HQ 的磷含量显著高于巨能Ⅱ和前景 ($P<0.05$),较巨能Ⅱ和前景分别增加了 20.56%、18.69%和 32.99%、30.93%。3 龄供试苜蓿品种 WL326GZ 的磷含量最高,为 1.28%,其次为 WL319HQ 和 WL440HQ 的磷含量较高,分别为 1.26%和 1.25%;磷含量最低的品种为 WL363HQ,为 1.05%,但各供试品种间磷含量差异均不显著($P>0.05$)。

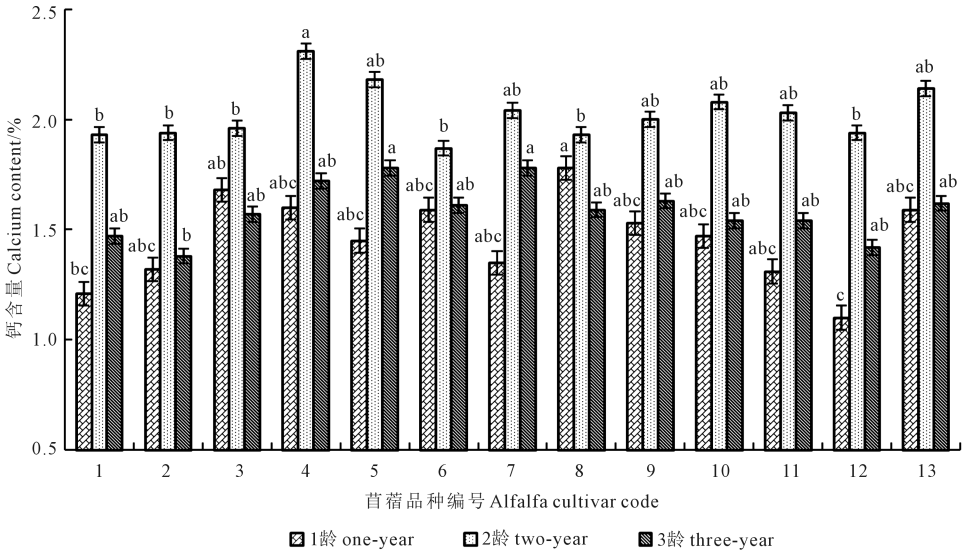


图 8 不同紫花苜蓿品种钙含量的比较

Fig.8 The comparison of calcium content of different alfalfa cultivars

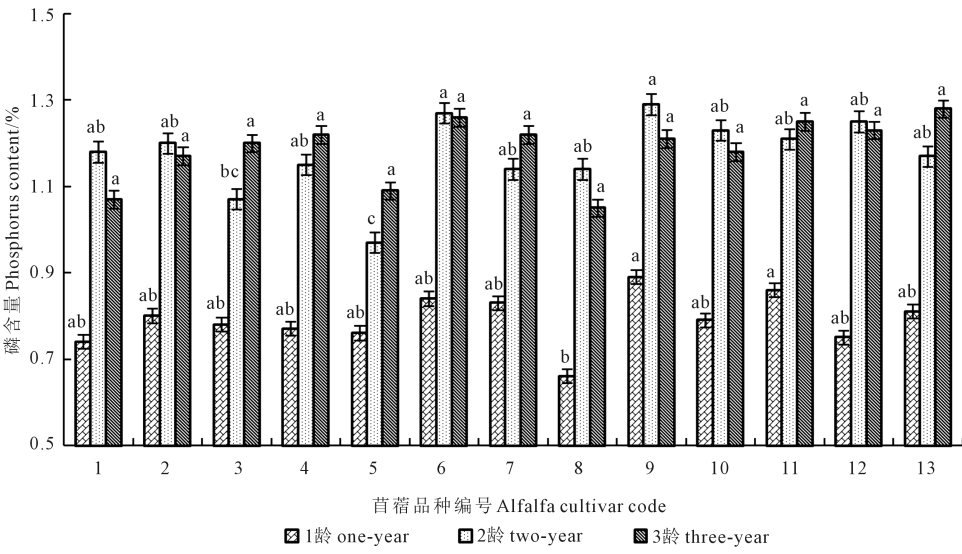


图 9 不同紫花苜蓿品种磷含量的比较

Fig.9 The comparison of phosphorus content of different alfalfa cultivars

供试苜蓿品种 WL366HQ 的相对饲喂价值最高(图 10),达 159.91,先牧不倒翁的相对饲喂价值最低,为 140.83,相对饲喂价值从高到低依次为 WL366HQ(159.91)>WL353LH(158.42)>巨能Ⅱ(154.38)>WL319HQ(152.40)>先牧抗冻星(151.98)>巨能Ⅶ(151.88)>WL326GZ(151.56)>WL440HQ(151.15)>WL298HQ(148.57)>WL354HQ(147.44)>WL363HQ(146.07)>前景(142.32)>先牧不倒翁(140.83)。各紫花苜蓿品种间的相对饲喂价值差异不显著($P>0.05$)。

2.3 13 个紫花苜蓿品种生产性能与营养价值的综合评价

供试紫花苜蓿品种的生产性能指标和营养成分指标因计量单位不同,不能直接进行比较,需对各指标进行标准化处理。本研究对各苜蓿品种的株高、干草产量、叶茎比、干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙和磷 9 个指标采用 Min-max 标准化法进行无量纲化处理,得到相应的关联系数(表 2),根据关联度公式,得到供试苜蓿品种的等权关联度(表 3)。

供试苜蓿品种各指标在生产性能和营养价值中的重要性不同,根据权重系数公式得出各指标的权重:干物质(0.1241)>磷含量(0.1171)>中性洗涤纤维(0.1130)>粗蛋白(0.1117)>叶茎比(0.1103)>株高(0.1093)>钙含量(0.1078)>酸性洗涤纤维(0.1047)>干草产量(0.1020)。再根据加权关联度公式计算得到供试苜蓿品种的加权关联度(表 3)。

根据灰色关联度的加权分析原则,加权关联度全面考虑了各性状指标对综合评价的贡献不一致,使分析结果更具有说服力。由表 3 可知,供试苜蓿品种 WL366HQ 的加权关联度最大(0.7924),表明其综合性状最好,如叶茎比最大,为 0.73,中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量最低,分别为 38.95%和 29.45%;其次 WL353LH、WL363HQ、WL354HQ 的综合性状较好,加权关联度值分别为 0.7338、0.6753、0.6050,排名分别为第 2、第 3、第 4;前景、WL319HQ、WL326GZ、WL440HQ、巨能Ⅱ、先牧抗冻星、WL298HQ 和巨能Ⅶ的综合性状中等,加权关联度的变化范围为 0.5002~0.5939;而先牧不倒翁的综合性状较差,加权关联度为 0.4146。加权关联分析结果与等权关联分析结果基本一致。

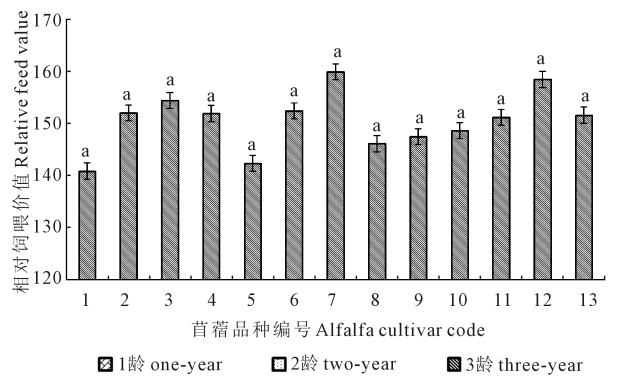


图 10 不同紫花苜蓿品种相对饲喂价值的比较

Fig.10 The comparison of relative feed value of different alfalfa cultivars

表 2 不同紫花苜蓿品种的关联系数及权重
Table 2 The correlation coefficients and weight of different alfalfa cultivars

苜蓿品种 序号 Alfalfa cultivar code	关联系数 Correlation coefficient								
	株高 Plant height	干草产量 Hay yield	叶茎比 Leaf-stem ratio	干物质 Dry matter	粗蛋白 Crude protein	中性洗 涤纤维 Neutral detergent fiber	酸性洗 涤纤维 Acid detergent fiber	钙 Calcium	磷 Phosphorus
1	0.3333	0.3333	0.3556	0.6151	0.5628	0.3333	0.3829	0.3645	0.4161
2	0.5556	0.4124	0.4983	0.5818	0.4928	0.6548	0.4527	0.3714	0.5644
3	0.4273	0.5895	0.4370	0.6361	0.3661	0.6935	0.5627	0.5820	0.4560
4	0.4769	0.3537	0.3334	0.3333	0.3333	0.5638	0.5995	1.0000	0.5327
5	1.0000	0.5296	0.9767	0.5277	0.5358	0.3407	0.3974	0.7266	0.3333
6	0.4376	0.4252	0.4651	0.6114	0.4419	0.7032	0.4772	0.5109	0.9344
7	0.7119	0.7310	1.0000	0.7851	0.7646	1.0000	1.0000	0.5598	0.5876
8	0.9902	1.0000	0.5304	0.7588	1.0000	0.4991	0.3333	0.6393	0.3455
9	0.4925	0.4561	0.4327	1.0000	0.5232	0.4643	0.4305	0.5544	1.0000
10	0.5140	0.4243	0.3857	0.5360	0.5543	0.5121	0.4713	0.5200	0.6000
11	0.4568	0.4081	0.6729	0.5611	0.5194	0.5610	0.4679	0.4382	0.8028
12	0.6047	0.8260	0.9135	0.7973	0.8903	0.7490	0.8475	0.3333	0.6404
13	0.3728	0.3926	0.4406	0.6283	0.5535	0.5526	0.6409	0.6762	0.6867
权重系数 Weight coefficient	0.1093	0.1020	0.1103	0.1241	0.1117	0.1130	0.1047	0.1078	0.1171

表 3 不同紫花苜蓿品种的关联度及排序
Table 3 The correlation and rank of different alfalfa cultivars

苜蓿品种编号 Alfalfa cultivar code	等权关联度 Grey correlation	排序 Ranking	加权关联度 Weighted grey correlation	排序 Ranking
1	0.4108	13	0.4146	13
2	0.5094	10	0.5125	10
3	0.5278	9	0.5283	9
4	0.5030	11	0.5002	12
5	0.5964	4	0.5939	5
6	0.5563	6	0.5617	6
7	0.7933	1	0.7924	1
8	0.6774	3	0.6753	3
9	0.5949	5	0.6050	4
10	0.5020	12	0.5040	11
11	0.5431	8	0.5470	8
12	0.7336	2	0.7338	2
13	0.5494	7	0.5520	7

3 讨 论

3.1 引进紫花苜蓿品种生产性能比较

苜蓿的植株高度是反映苜蓿生长发育状况和评价其产量高低的重要指标,同时也是构成苜蓿产量较为理想的特征量之一^[20]。李凤霞等^[21]、彭宏春等^[22]研究认为苜蓿生长过程的特点为“S”型曲线,这种特性由苜蓿自身的生物学特性决定,是苜蓿平均经济产量的形成规律。本研究对河西走廊地区引进的 13 个紫花苜蓿品种 3 年的株高分析可以看出,苜蓿的株高年均值随着种植年限的延长而增加,其中前景、WL363HQ、WL366HQ、WL353LH、先牧抗冻星和 WL298HQ 的株高较高,有利于提高产量。

苜蓿产量是决定其草地农艺性状和经济性能的主要指标^[23-24]。相对而言,苜蓿株高与产量呈正相关,株高越高,通常具有较高的生产潜力^[25-26]。本试验中 WL363HQ、WL353LH、WL366HQ、巨能Ⅱ和前景的年干草总产量较高,年总产量均高于 17 300.00 kg·hm⁻²,13 个供试苜蓿品种第 3 年、第 2 年的干草总产量较第 1 年分别增加了 23.72% 和 53.80%。

叶茎比是衡量苜蓿经济性状和营养价值的重要指标之一,其叶片比例越大,所含蛋白质含量就越多,适口性和营养价值也就越好^[27-28]。对比发现,本研究中 WL366HQ、前景、WL353LH 和 WL440HQ 的叶茎比年均值较高,分别为 0.73、0.73、0.72 和 0.71,其中各供试苜蓿品种种植第 3 年、第 2 年的叶茎比年均值较第 1 年分别提高了 11.00%、33.57%,表明随着种植年限的增加,苜蓿的叶量更丰富了。

3.2 引进紫花苜蓿品种营养价值比较

从苜蓿营养价值的角度分析,紫花苜蓿粗蛋白主要分布于叶片中,粗蛋白含量是评定苜蓿品质和等级必不可少的指标^[29]。本研究结果表明 WL363HQ 的粗蛋白含量年均值最高,为 18.10%;WL353LH、WL366HQ、先牧不倒翁、WL298HQ、WL326GZ 和前景的粗蛋白含量年均值分布在 17.00%~18.00% 之间;先牧抗冻星、WL319HQ、WL354HQ、WL440HQ 和巨能Ⅱ粗蛋白含量年均值变化范围为 16.00%~17.00%;巨能Ⅶ的粗蛋白含量年均值最低,为 15.67%。

苜蓿中性洗涤纤维含量会影响牧草适口性,中性洗涤纤维含量越低则苜蓿的适口性越好;酸性洗涤纤维含量影响家畜对苜蓿的消化率,且酸性洗涤纤维含量与消化率呈负相关关系^[30-31]。在本研究中,WL366HQ 的中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量年均值最低,分别为 38.95%、29.45%,表明 WL366HQ 的相对饲喂价值最高,为 159.91,而先牧不倒翁的中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量年均值最高,分别为 42.63%、32.27%,相对饲喂价值最差(140.83)。

钙和磷不仅是植物生长发育所必需的营养元素,也是家畜骨骼发育和维护方面有特殊作用的矿物质元素^[32]。巨能Ⅶ的钙含量年均值最高,为 1.88%,其余供试苜蓿品种钙含量的年均值变化范围为 1.49%~1.80%;WL354HQ 的磷含量年均值最高,为 1.13%,其余供试苜蓿品种磷含量的年均值 0.94%~1.12%。

许多研究表明在牧草生产性能和营养价值的评价中运用灰色关联度分析法判别牧草品种优劣,具有可行性,得到的结果更加准确、客观,也进一步明确了苜蓿各性状指标的相对重要性^[33-35]。本研究运用灰色关联度法将供试苜蓿品种的生产性能和营养价值指标结合在一起,选取主要生产性能指标(株高、干草产量、叶茎比)和主要营养性状指标(干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷)进行全面、客观的反映引进紫花苜蓿品种的综合性状,从而克服了单一性状指标评价的劣势。然而,本试验未将各供试苜蓿品种在该试验地区的抗逆性以及抗病性等因子考虑进去,对此在具体栽培时需进行综合考虑。

4 结 论

采用灰色关联度分析法对河西走廊引进的 13 个紫花苜蓿品种的生产性能和营养品质特性进行综

合评价,得出供试苜蓿品种 WL366HQ、WL353LH、WL363HQ、WL354HQ 的综合性状较好,应优先考虑在该地区大面积推广种植;前景、WL319HQ、WL326GZ、WL440HQ、巨能Ⅱ、先牧抗冻星 WL298HQ 和巨能Ⅶ这 8 个品种有待进一步继续种植与观察,而先牧不倒翁的综合性状较差,引种时需综合考虑。

参 考 文 献:

[1] 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):108-111.

[2] 曹宏. 五个紫花苜蓿品种在陇东地区的引进筛选试验研究[C]//中国畜牧业协会,内蒙古自治区赤峰市人民政府,内蒙古自治区农牧业厅.第五届中国苜蓿发展大会论文集,2013;7.

[3] 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.

[4] 卢欣石,孟林. 中国苜蓿产业发展 20 年回顾[C]//中国畜牧协会、中国草学会. 第三届中国苜蓿发展大会论文集,北京:中国畜牧业协会,2010;12-16.

[5] 郭正刚,张自和,王锁民,等. 不同紫花苜蓿品种在黄土高原丘陵区适应性的研究[J]. 草业学报,2003,12(4):45-50.

[6] 马维国. 甘肃河西走廊引进紫花苜蓿适应性试验[J].中国草地学报,2010,32(5):36-39.

[7] 孙万斌,马晖玲,侯向阳,等. 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[J].草业学报,2017,26(3):161-174.

[8] 毛祝新,崔严衢,韩桂军,等. ‘阿尔冈金’紫花苜蓿在甘肃夏河地区产量和品质特性研究及综合评价[J].中国农学通报,2015,31(23):1-6.

[9] 伏兵哲,高雪芹,高永发,等. 21 个苜蓿品种主要农艺性状关联分析与综合评价[J].草业学报,2015,24(11):174-182.

[10] 郑敏娜,梁秀芝,韩志顺,等. 不同苜蓿品种在雁门关地区的生产性能和营养价值研究[J].草业学报,2018,27(5):97-108.

[11] 初晓辉,单贵莲,毕玉芬,等. 10 个引进紫花苜蓿品种生产性能及持久性比较[J].草业科学,2012,29(4):610-614.

[12] 张怀山. 甘肃省苜蓿产业的品种布局初探[J].内蒙古草业,2009,21(4):5-7.

[13] 师尚礼,曹文侠. 甘肃省牧草产业发展现状及其技术需求[C]//中国畜牧协会、中国草学会. 第三届中国苜蓿发展大会论文集,北京:中国畜牧业协会.2010, 572-579.

[14] 张洁,白青华,马鸿. 气候变化对河西走廊中部地区主要农作物的影响[J].干旱气象,2013,31(2):303-308.

[15] 钱雅坤. 河西走廊地区绿洲农业聚落营建经验调查与研究[D].西安:西安建筑大学,2016.

[16] 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.

[17] 徐丽君,杨桂霞,陈宝瑞,等. 不同苜蓿(品)种营养价值的比较[J]. 草业科学,2013,30(4):566-570.

[18] 温方,陶雅,孙启忠. 用灰色关联系数法对 26 个苜蓿品种生产性能的综合评价[J].华北农学报,2006, 21(专辑):66-71.

[19] 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.

[20] 柴来智,邹庚年,张和平,等. 碱茅草产量构成因素分析及动态变化初探[J]. 草业科学,1991,8(4):27-29.

[21] 李凤霞,颜亮东. 青海湖地区天然牧草群体生长动态数值模拟[J].草业科学,1997,14(2):44-46.

[22] 彭宏春,牛东玲,李晓明,等. 柴达木盆地弃耕盐碱地紫花苜蓿生物量季节动态[J].草地学报,2001,9(3):218-222,242.

[23] 魏臻武,符昕,曹致中,等. 苜蓿生长特性和产草量关系的研究[J]. 草业学报,2007,16(4):1-8.

[24] Vaughn D L, Viands D R, Lowe C C. Nutritive value and forage yield of alfalfa synthetics under three harvest-management systems [J]. Crop Science, 1990,30(3):699-703.

[25] Volenec J J, Cherney J H, Johnson K D. Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population[J]. Crop Science, 1987,27(2):321-326.

[26] Wan L Q, Li X L, Wang D, et al. Growth performance of alfalfa (*Medicago sativa*) under different nitrogen application levels[J]. Agricultural Science and Technology, 2015,16(1):125-130,135.

[27] 邱伟伟. 16 份紫花苜蓿材料在扬州地区的适应性评价[D].扬州:扬州大学, 2011.

[28] 张杰,贾志宽,韩清芳. 不同养分对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 西北农业学报, 2007,16(4):121-125.

[29] 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,(3):31-33.

[30] 孙启忠. 科尔沁沙地敖汉苜蓿地上生物量及营养物质积累[J].草地学报,2001,9(3):165-170.

[31] Kuehn C S, Jung H G, Linn J G, et al. Characteristics of alfalfa hay quality grades based on the relative feed value index[J]. Journal of production agriculture, 1999,12(4):681-684.

[32] 吴芳. 61 份俄罗斯百脉根种质材料饲用性能及光合特性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2018.

[33] 何凡. 应用灰色关联度分析评价野生牧草营养价值[J]. 贵州农业科学,1989,(6):55-58.

[34] 莫本田,罗天琼,唐成斌. 贵州主要野生禾本科牧草营养价值灰色分析[J]. 贵州农业科学,1996,(5):42-46.

[35] 张鸭关,薛世明,匡崇义,等. 云南北亚热带冬闲田引种优良牧草的灰色关联度分析与综合评价[J]. 草业学报,2007,16(3):69-73.