

14 个紫花苜蓿品种草产量及营养品质的综合评价

李 岩,徐智明,李争艳,李 杨

(安徽省农业科学院 畜牧兽医研究所,安徽 合肥 230031)

摘要:为筛选出适宜安徽江淮地区种植的优势品种,对来自美国的 14 个紫花苜蓿品种进行了连续 3 年的田间引种比较试验,利用方差分析和灰色关联度分析,综合评价了不同苜蓿品种连续种植 3 年的草产量及营养品质。结果表明:鲜干草产量,正道 440 表现最好,均值分别为 2.61 kg/m^2 和 0.61 kg/m^2 ,中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量表现较好,均值分别为 42% 和 32.5%。但其粗蛋白含量较低,仅为 16.5%;正道 656、354 和 903 等品种在粗蛋白含量、中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量等方面表现突出,品质较好,其中,354 的鲜干草产量表现也很突出,正道 656 次之。经过灰色关联度综合评价后,正道 656 最接近理想品种,其草产量及营养品质的均值分别为:鲜草产量 2.1 kg/m^2 、干草产量 0.47 kg/m^2 、粗蛋白 20.4%、中性洗涤纤维 35.0%、酸性洗涤纤维 26.3%,其次较突出的品种依次是正道 440、354、525、903,以上 5 个品种均适宜在当地推广种植。

关键词:紫花苜蓿;品种;灰色关联度;综合评价

中图分类号:S54 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)04-0085-07

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 是一种优质的多年生豆科牧草,其粗蛋白含量高,适应性强,适口性好,且耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐频繁刈割,具有极高的经济价值,生产潜力巨大,被广泛种植于中国南北各地^[1-3]。安徽是紫花苜蓿种植大省,且该省蚌埠市五河县的苜蓿种植面积达 0.67 万 hm^2 ,是全国最大的苜蓿生产基地。但安徽各地区气候条件和地理环境差别较大,各苜蓿品种在各地表现的生态适应性不同,未能达到最大的经济收益,制约着当地畜牧业的发展。因此,筛选和评价出生产性能佳,耐湿热环境的优良苜蓿品种,是各地区扩大引种栽培面积的关键。针对安徽江淮地区特殊的环境条件,对引进的 14 个紫花苜蓿品种进行

连续 3 年的田间栽培和相关指标测定^[4-5],利用方差分析和灰色关联度分析^[6],综合评价了这些品种在当地的适应性,以期筛选出高产、优质的优势苜蓿品种,并为相似生态环境下的新品种选育和引种提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在安徽省农业科学院畜牧兽医研究所东山试验地进行,地理位置 N $32^{\circ}32'$, E $117^{\circ}58'$ 、海拔 29.8 m,属于亚热带湿润季风气候,地处安徽中部,位于江淮丘陵、巢湖之滨,夏季湿润而多雨,冬季干燥而寒冷。年平均气温 15.7°C ,极端高温 42°C 、低温 -26°C 。年均降水量 1 000 mm,集中在 6~8 月,占年降水总量的 60%~80%。年日照 2 100 h,年无霜期 230 d。试验区土壤性质为黄棕壤,质地粘重,中性偏酸,耕作层深 25~30 cm,肥力条件较差。

1.2 试验材料

试验品种包括正道 440、354、正道 656、MF85、巨能 6、343、903、363、525、6010(包衣)、6010、SR46、巨能 809、MF4020,共 14 个品种,均为来源于美国的多年生苜蓿品种,品种编号依次为 X_1 至 X_{14} (表 1)。其中对照品种 X_5 (巨能 6)在本地种植多年,为本地推广品种。

收稿日期:2018-12-10; **修回日期:**2019-02-27

基金项目:国家重点研发计划资助(2018YFD0502004);国家重点研发计划资助(2017YFD0502102-4);中原湿润区紫花苜蓿高效种植技术与示范项目(201403048-6)资助

作者简介:李岩(1983-),女,内蒙古呼伦贝尔人,助理研究员,主要从事牧草的栽培及育种研究。

E-mail: xiaoyannv@126.com

徐智明为通讯作者。E-mail: xuzhiming821@163.com

1.3 试验设计

随机区组设计,重复4次,每个小区面积为 $2.5\text{ m}\times 2.7\text{ m}=6.75\text{ m}^2$,人工开沟,条播,行距为40 cm,播种量为 2.25 g/m^2 ,播深2 cm。播种时间为2014年10月15日,播种前后均未施肥、不灌水,雨季注意排水防涝,随时除杂草,防治病虫害。紫花苜蓿各品种2016年、2017年、2018年(种植第3年、第4年、第5年)均刈割6茬,取第1茬初花期(4月)进行采样分析^[7]。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 草产量测定及干鲜比 每个品种随机刈割样段50 cm,立即称取鲜重,重复3次,取平均值。将鲜草样品共42份,切碎后放入微波烘干机中 105°C 杀青30 min,然后 85°C 下烘干至恒重(2次重量差 $<0.01\text{ g}$),测定各品种干草重量,干鲜比=(干重/鲜重) $\times 100\%$ 。

1.4.2 营养指标测定 测定烘干样品中的粗蛋白含量(CP)、中性洗涤纤维含量(NDF)、酸性洗涤纤维含量(ADF)。粗蛋白参照标准 GB/T6432-1994,采用海能 K9860 自动定氮仪来测定;酸性洗涤纤维参照标准 NY/T 1459-2007,用回流消煮装置和纤维测定仪测定;中性洗涤纤维按照标准 GB/T 20806-2006 来测定。

1.5 数据处理

用 Excel 2010 软件对原始数据进行初步整理,用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析,用 DPS 统计软件进行灰色关联度分析。采用郭瑞林^[8]的方法进行品种优劣的评估,把所有参试品种作为一个灰色系统,每个参试品种作为其中的一个因素,取各指标中的最大值构建理想品种,将参考品种作为参考数列,参试品种各个性状的均值当作比较数列,计算各参试品种与参考品种之间的灰色关联度—等权关联度。等权关联度是在各性状重要性相同的前提下,对参试品种进行评估,实际上各性状指标在品种评估中的重要性是不相同的,因此,首先必须明确各个性状的权重系数,计算各个品种的加权关联度,从而对品种进行综合评估。权重分配以鲜草产量作为参考数列,以其他性状作为比较数列,算出各个性状与鲜草产量之间的灰色关联度,进行归一化处理后,得出各个性状的权重系数 $\omega(k)$,再将各参试品种与参考品种性状间的灰色关联系数和各个性状权重系数 $\omega(k)$ 的

乘积相加,即可得出每个参试品种的综合评估关联度 r —加权关联度。

2 结果与分析

2.1 不同苜蓿品种性状比较

2.1.1 鲜草产量 3年间各苜蓿品种鲜草产量最低的均为对照品种 X_5 ,并与鲜草产量最高的品种均差异显著($P<0.05$)(表1)。2016年苜蓿鲜草产量居前几位的品种分别为 X_{14} 、 X_1 、 X_4 、 X_{12} 、 X_{13} ,最高鲜草产量可达 2.39 kg/m^2 。2017年14个苜蓿品种的鲜草产量与2016年相比,除 X_{14} 外其余均有所增加,其中 X_{10} 涨幅最高,为 2.07 kg/m^2 ,其次是 X_9 ,涨幅为 1.91 kg/m^2 ,鲜草产量最高的 X_{10} 和最低的 X_5 差异显著,其余各品种无显著差异。2018年各苜蓿品种鲜草产量有3个品种持续增加,分别为 X_1 、 X_2 和 X_8 ,其余11个品种的鲜草产量均有所回落,降幅最大的是 X_{10} ,降幅达 1.72 kg/m^2 (表1)。

2.1.2 干草产量 3年间 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_7 、 X_8 苜蓿品种的干草产量呈逐年上升趋势,其中 X_1 在3年间的干草产量位次依次为1、5和1。3年间各苜蓿品种干草产量最低的均为对照品种 X_5 ,2016年最高的干产量品种与对照品种 X_5 差异显著($P<0.05$),2017和2018年最高干产品种与对照品种 X_5 呈显著差异。2017年各品种干草产量均高于2016年同期,2017年干产涨幅最大的是 X_9 ,涨幅为 0.52 kg/m^2 ,其次是 X_{10} ,涨幅为 0.49 kg/m^2 。2018年部分品种与2017年干草产量有所回落,但全部高于2016年同期,其中降幅最大的为 X_{10} ,达到 0.30 kg/m^2 ,其次是 X_{12} ,降幅达 0.28 kg/m^2 (表2)。

2.1.3 干鲜比 干鲜比是反映牧草积累干物质性能的重要指标,是晒制干草或制作青贮的重要依据,多选择干鲜比较高的牧草进行干草晒制。由表3可知,2016年各苜蓿品种平均干鲜比均低于对照 X_5 ,其中除 X_{11} 外均与对照差异显著($P<0.05$)。2017年各苜蓿品种平均干鲜比最高的仍为对照 X_5 ,但各品种干鲜比均有所升高并全部高于2016年,其中 X_4 、 X_1 、 X_2 、 X_6 、 X_{14} 、 X_{12} 的位次均有所提高, X_{13} 干鲜比最低并与对照 X_5 呈极显著差异。2018年各苜蓿品种平均干鲜比再次全部高于2017年,其中 X_4 干鲜比最高并高于对照 X_5 ,品种 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{13} 的位次均有所提高,品种 X_{11} 、 X_{14} 的干鲜比与对照 X_5 差异显著($P<0.05$)。

表 1 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间鲜草产量

Table 1 Comparison of fresh yield of fourteen alfalfa varieties in three years

品种编号	品种	2016 年 /(kg·m ⁻²)	位次	2017 年 /(kg·m ⁻²)	位次	2018 年 /(kg·m ⁻²)	位次
X ₁	正道 440	2.21 ^{ab}	2	2.69 ^{ab}	4	2.93 ^a	1
X ₂	354	2.04 ^{abc}	6	2.15 ^{ab}	11	2.93 ^a	2
X ₃	正道 656	1.49 ^{bcde}	9	2.41 ^{ab}	8	2.40 ^{ab}	4
X ₄	MF85	2.16 ^{ab}	3	2.53 ^{ab}	6	2.14 ^{ab}	8
X ₅	巨能 6	0.71 ^c	14	1.57 ^b	14	1.18 ^b	14
X ₆	343	1.69 ^{abcd}	7	1.96 ^{ab}	13	1.54 ^{ab}	13
X ₇	903	1.67 ^{abcd}	8	2.31 ^{ab}	9	2.20 ^{ab}	7
X ₈	363	1.34 ^{bcde}	10	2.30 ^{ab}	10	2.51 ^{ab}	3
X ₉	525	1.24 ^{cde}	12	3.15 ^{ab}	2	2.35 ^{ab}	6
X ₁₀	6010 包衣	1.33 ^{bcde}	11	3.39 ^a	1	1.68 ^{ab}	10
X ₁₁	6010	0.92 ^{de}	13	2.61 ^{ab}	5	2.36 ^{ab}	5
X ₁₂	SR46	2.07 ^{abc}	4	3.12 ^{ab}	3	1.88 ^{ab}	9
X ₁₃	巨能 809	2.05 ^{abc}	5	2.53 ^{ab}	7	1.67 ^{ab}	11
X ₁₄	MF4020	2.39 ^a	1	2.14 ^{ab}	12	1.56 ^{ab}	12

注:同列不同小写字母表示品种间差异达显著水平($P<0.05$),下同

表 2 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间干草产量

Table 2 Comparison of hay yield of fourteen alfalfa varieties in three years

品种编号	品种	2016 年 /(kg·m ⁻²)	位次	2017 年 /(kg·m ⁻²)	位次	2018 年 /(kg·m ⁻²)	位次
X ₁	正道 440	0.41 ^a	1	0.67 ^{ab}	5	0.76 ^a	1
X ₂	354	0.36 ^{abc}	4	0.52 ^{ab}	8	0.72 ^{ab}	2
X ₃	正道 656	0.27 ^{bcd}	9	0.54 ^{ab}	7	0.59 ^{abc}	6
X ₄	MF85	0.40 ^{ab}	2	0.69 ^{ab}	4	0.62 ^{abc}	5
X ₅	巨能 6	0.16 ^d	14	0.42 ^b	14	0.34 ^c	14
X ₆	343	0.29 ^{abcd}	8	0.48 ^{ab}	13	0.40 ^{bc}	12
X ₇	903	0.32 ^{abc}	7	0.50 ^{ab}	12	0.55 ^{abc}	7
X ₈	363	0.25 ^{bcd}	10	0.51 ^{ab}	10	0.65 ^{abc}	3
X ₉	525	0.23 ^{cd}	12	0.76 ^a	1	0.65 ^{abc}	4
X ₁₀	6010 包衣	0.25 ^{cd}	11	0.73 ^a	3	0.43 ^{bc}	10
X ₁₁	6010	0.18 ^d	13	0.59 ^{ab}	6	0.54 ^{abc}	8
X ₁₂	SR46	0.35 ^{abc}	5	0.75 ^a	2	0.47 ^{abc}	9
X ₁₃	巨能 809	0.34 ^{abc}	6	0.51 ^{ab}	11	0.41 ^{bc}	11
X ₁₄	MF4020	0.37 ^{abc}	3	0.52 ^{ab}	9	0.38 ^c	13

表 3 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间干鲜比

Table 3 Comparison of hay/fresh of fourteen alfalfa varieties in three years

品种编号	品种	2016 年 干鲜比/%	位次	2017 年 干鲜比/%	位次	2018 年 干鲜比/%	位次
X ₁	正道 440	18.6 ^{bc}	6	24.8 ^{ab}	3	26.1 ^{abc}	3
X ₂	354	17.6 ^{bc}	11	24.4 ^{abc}	4	24.5 ^{bc}	11
X ₃	正道 656	17.9 ^{bc}	9	22.3 ^{bc}	11	24.5 ^{bc}	12
X ₄	MF85	18.5 ^{bc}	7	27.5 ^a	2	29.4 ^a	1
X ₅	巨能 6	23.0 ^a	1	27.6 ^a	1	28.7 ^{ab}	2
X ₆	343	17.8 ^{bc}	10	24.3 ^{abc}	5	26.0 ^{abc}	5
X ₇	903	19.3 ^{bc}	3	21.5 ^{bc}	13	24.9 ^{bc}	9

续表 3

品种编号	品种	2016 年 干鲜比/%	位次	2017 年 干鲜比/%	位次	2018 年 干鲜比/%	位次
X ₈	363	19.1 ^{bc}	4	22.4 ^{bc}	9	25.7 ^{abc}	7
X ₉	525	18.8 ^{bc}	5	24.2 ^{abc}	7	26.1 ^{abc}	4
X ₁₀	6010 包衣	18.4 ^{bc}	8	21.8 ^{bc}	12	26.0 ^{abc}	6
X ₁₁	6010	19.9 ^{ab}	2	22.4 ^{bc}	10	22.9 ^c	14
X ₁₂	SR46	17.2 ^{bc}	12	24.0 ^{abc}	8	25.2 ^{abc}	8
X ₁₃	巨能 809	16.5 ^{bc}	13	20.0 ^c	14	24.6 ^{bc}	10
X ₁₄	MF4020	15.8 ^c	14	24.3 ^{abc}	6	24.4 ^c	13

2.1.4 粗蛋白含量 粗蛋白(CP)含量是衡量紫花苜蓿饲用价值的重要指标,其含量高低决定着苜蓿的饲用价值,与家畜的生产性能呈正相关。3 年间紫花苜蓿各品种粗蛋白含量均呈先降后升的趋势,2017 年与 2016 年相比均有所下降,2018 年则再次升高,品种 X₁₁ 在 2018 年粗蛋白含量达到 22.6%,与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),甚至高于 2016 年的 21.4%。3 年间粗蛋白含量最高品种依次为 X₇、X₁₃ 和 X₁₁。3 年间粗蛋白含量均较高的品种有 X₂、X₁₁ 和 X₁₃(表 4)。

表 4 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间粗蛋白的含量

Table 4 Comparison of CP of fourteen alfalfa varieties in three years

品种编号	品种	2016 年 CP/%	2017 年 CP/%	2018 年 CP/%
X ₁	正道 440	20.4 ^{cd}	13.3 ^d	15.8 ^c
X ₂	354	22.9 ^{bc}	18.0 ^{ab}	19.2 ^{bc}
X ₃	正道 656	27.2 ^{ab}	15.9 ^{bcd}	18.0 ^{bc}
X ₄	MF85	20.1 ^d	13.1 ^d	15.3 ^c
X ₅	巨能 6	21.1 ^{cd}	14.2 ^{cd}	15.2 ^c
X ₆	343	21.8 ^{bcd}	14.0 ^{cd}	19.0 ^{bc}
X ₇	903	27.8 ^a	17.2 ^{abc}	17.8 ^{bc}
X ₈	363	22.2 ^{bc}	15.8 ^{bcd}	18.5 ^{bc}
X ₉	525	24.4 ^{bcd}	17.5 ^{abc}	17.8 ^{bc}
X ₁₀	6010 包衣	23.1 ^{bc}	16.4 ^{bc}	17.6 ^{bc}
X ₁₁	6010	21.4 ^{bcd}	17.5 ^{abc}	22.6 ^A
X ₁₂	SR46	21.9 ^{bcd}	16.9 ^{bc}	20.6 ^{abc}
X ₁₃	巨能 809	22.6 ^{bc}	19.6 ^A	21.0 ^{ab}
X ₁₄	MF4020	23.3 ^{bc}	16.4 ^{bc}	20.8 ^{abc}

2.1.5 中性洗涤纤维含量 中性洗涤纤维含量(NDF)是对植物细胞壁或纤维成分的一种测量指标,主要包括纤维素、半纤维素和木质素等成分。一定范围内,NDF 越低,粗饲料品质越好^[9-10]。3 年间相同茬次对比,各苜蓿品种的 NDF 分别呈现不同升降趋势:X₁ 至 X₇ 先降后升;X₈、X₉ 持续下降;X₁₀ 至 X₁₄ 先升后降。在 2016 年和 2017 年,X₃ 的 NDF 均为最低,均

与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),含量分别是 36.7%和 25.9%;X₁₂ 均为 NDF 最高的品种,均与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),含量分别是 72.8%和 76.1%。而在 2018 年,X₁₂ 则成为 NDF 最低的品种,与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),含量低至 37.8%(表 5)。

表 5 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间中性洗涤纤维的含量

Table 5 Comparison of NDF of fourteen alfalfa varieties in three years

品种编号	品种	2016 年 NDF/%	2017 年 NDF/%	2018 年 NDF/%
X ₁	正道 440	47.7 ^{cd}	33.5 ^{bcd}	44.8 ^{abc}
X ₂	354	51.1 ^c	31.1 ^{cd}	40.3 ^{bcd}
X ₃	正道 656	36.7 ^d	25.9 ^d	42.3 ^{bc}
X ₄	MF85	52.4 ^c	41.5 ^{bc}	45.1 ^{ab}
X ₅	巨能 6	57.7 ^{bc}	40.0 ^{bc}	45.9 ^a
X ₆	343	49.4 ^c	34.4 ^{bcd}	41.8 ^{bc}
X ₇	903	42.1 ^d	27.3 ^d	44.4 ^{abc}
X ₈	363	53.8 ^{bc}	49.6 ^{bc}	45.6 ^{ab}
X ₉	525	53.0 ^{bc}	52.1 ^{bc}	41.8 ^{bc}
X ₁₀	6010 包衣	45.2 ^{cd}	55.0 ^{bc}	44.1 ^{abc}
X ₁₁	6010	61.9 ^b	74.4 ^{ab}	40.2 ^{bcd}
X ₁₂	SR46	72.8 ^a	76.1 ^a	37.8 ^d
X ₁₃	巨能 809	55.8 ^{bc}	60.0 ^{abc}	39.8 ^{cd}
X ₁₄	MF4020	60.4 ^b	64.1 ^{abc}	39.4 ^{cd}

2.1.6 酸性洗涤纤维含量 酸性洗涤纤维含量(ADF)是指中性洗涤纤维减去半纤维素的成分,只代表木质化的纤维素,与消化率呈负相关,饲草酸性洗涤纤维增加,家畜的消化率下降^[11-12]。由表 6 可知,3 年间相同茬次对比,各苜蓿品种的 ADF 分别呈现不同升降趋势:X₂、X₅、X₁₀、X₁₁、X₁₂ 和 X₁₄ 持续下降;X₁₃ 先升后降;其余品种先降后升。2016 年和 2017 年,X₃ 的 ADF 含量最低,均与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),含量分别是 27.1%和 21.4%;而在 2018 年,X₁₁ 则成为 ADF 最低的品种,与对照 X₅ 差异显著($P<0.05$),含量低至 28.7%。3 年间各苜蓿品种的中性洗涤纤维含

表 6 14 个紫花苜蓿品种 3 年期间酸性洗涤纤维的含量

Table 6 Comparison of ADF of fourteen alfalfa varieties in three years

品种 编号	品种	2016 年 ADF/%	2017 年 ADF/%	2018 年 ADF/%
X ₁	正道 440	38.2 ^{bcd}	28.8 ^{cd}	30.4 ^{bc}
X ₂	354	40.2 ^{bc}	30.6 ^{bcd}	29.4 ^c
X ₃	正道 656	27.1 ^d	21.4 ^d	30.4 ^{bc}
X ₄	MF85	48.0 ^a	29.4 ^{bcd}	35.7 ^a
X ₅	巨能 6	44.3 ^{ab}	34.5 ^{bc}	31.5 ^{ab}
X ₆	343	37.4 ^{bcd}	30.7 ^{bcd}	31.1 ^{ab}
X ₇	903	35.4 ^{cd}	23.2 ^d	32.7 ^{ab}
X ₈	363	29.4 ^d	27.3 ^{cd}	32.7 ^{ab}
X ₉	525	33.0 ^{cd}	28.1 ^{cd}	32.6 ^{ab}
X ₁₀	6010 包衣	39.6 ^{bc}	38.8 ^b	33.0 ^{ab}
X ₁₁	6010	41.2 ^{abc}	38.4 ^b	28.7 ^c
X ₁₂	SR46	39.2 ^{bc}	32.9 ^{bc}	31.2 ^{ab}
X ₁₃	巨能 809	41.4 ^{abc}	47.3 ^a	30.5 ^{bc}
X ₁₄	MF4020	36.4 ^{bcd}	36.2 ^{bc}	28.9 ^c

量均大于相应的酸性洗涤纤维含量。

2.2 不同苜蓿品种主要性状的灰色关联度分析

关联度的大小可以反映变量的重要性,紫花苜蓿

以鲜草青饲为主,因此,采用灰色关联度法分析鲜草产量和其他 5 个性状,算出其相关性,若关联度越大,则提示该变量对鲜草产量的贡献越大,其相互关系也越密切。与苜蓿鲜草产量的灰色关联度大小依次为:干草产量>粗蛋白含量>中性洗涤纤维含量>酸性洗涤纤维含量,显示各个性状对鲜草产量的直接/间接效应不同,在以苜蓿鲜草产量为主要目标的选育中,首先应着重选择干草产量、粗蛋白含量等性状,其次可选择酸性洗涤纤维含量、中性洗涤纤维含量等性状(表 8)。

2.3 不同苜蓿品种灰色关联度的综合评价

灰色系统理论认为,品种关联度越大,越靠近参考品种^[13-14]。本研究中的所有参试品种与对照品种 X₅ 相比,其各等权关联度位次均优于对照,其各加权关联度位次也均优于对照,在各参试品种中,最优品种是 X₃,最差品种是对照 X₅。参试品种 X₃、X₁ 和 X₂ 的等权关联度和加权关联度的位次相同,且位于前 3 位,说明 X₃、X₁ 和 X₂ 等 3 个品种的综合性状较好,因其兼顾产量和营养品质,后期可对这 3 个品种进一步试验推广(表 9)。

表 7 参考品种的主要性状平均值

Table 7 Average values of main characters of reference varieties

品种编号	鲜草产量 /(kg·m ⁻²)	干草产量 /(kg·m ⁻²)	CP/%	NDF/%	ADF/%
参考品种	1 741.3	409.7	21.1	33.5	27.8

表 8 鲜草产量与主要性状的灰色关联度及权重分配

Table 8 Grey correlation and weight distribution of fresh yield and main characters

品种编号	鲜草产量 /(kg·m ⁻²)	干草产量 /(kg·m ⁻²)	CP/%	NDF/%	ADF/%
灰色关联度 $r(k)$	1.000 0	0.829 6	0.733 6	0.636 0	0.628 4
权重系数 $\omega(k)$	0.261 3	0.216 7	0.191 7	0.166 2	0.164 2

表 9 参试品种的灰色关联度及位次

Table 9 Grey relational grade and rank of tested varieties

项目	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
等权	0.745 2	0.708 8	0.850 4	0.659 2	0.507 0	0.584 4	0.687 3	0.611 8	0.676 7	0.623 6	0.614 4	0.666 3	0.636 7	0.613 6
位次	2	3	1	7	14	13	4	12	5	9	10	6	8	11
加权	0.780 9	0.728 2	0.825 8	0.679 6	0.502 3	0.584 8	0.690 6	0.623 8	0.695 7	0.637 3	0.623 8	0.689 9	0.646 9	0.624 0
位次	2	3	1	7	14	13	5	10	4	9	11	6	8	12

3 讨论

近 20 年来,南方农区对紫花苜蓿产品的需求急剧增长,针对其生产性能的相关筛选研究就显得尤为重要^[15]。单贵莲等^[16]报道牧草一旦错过了最佳刈割时期,质量会开始下降,紫花苜蓿表现尤为明显;李光耀^[17]的研究也显示,苜蓿在初花期刈割其利用价值最高。结合前期试验,笔者选择初花期进行刈割测定。

灰色系统理论可利用计算机操作,在考虑产量这一主导因素的同时,对各个指标的关联度进行归一化处理,并对其分配权重系数,进一步对苜蓿各品种进行客观准确的多因素综合评价,其结果较为合理可信,符合高产优质的引种目标,能够全面反映出某品种生产性能的优劣,有效弥补了在确定权重系数过程中,因缺乏专业知识和实践经验而造成的主观误差,在一定程度上规避了单因素对苜蓿生产性能评价的弊病,目前已被普遍应用于苜蓿及牧草的研究中。许涛等^[18]、于萌等^[19]均利用此方法对牧草的生产性能进行了综合评价,取得了较好的效果。鉴于不同的牧草品种其生长特性和个体存在差异,因此,到达同一生长发育时期需要的时间亦不同,试验中大部分苜蓿品种到达某一特定生长发育时期时,集中测定其生产性能各个指标,如若个别品种未到达或者已经超过该测定时期,可能会造成试验结果的误差,这有待后续试验进一步探索。

紫花苜蓿各品种在 2017 年(种植第 4 年)的鲜干草产量普遍高于 2016 年(种植第 3 年),至 2018 年(种植第 5 年)部分有所回落但大多数依然高于 2016 年同期。粗蛋白含量表现为在 2017 年先下降,在 2018 年又上升的趋势。同一品种在不同种植年限下的生产性能变化比较显著,可能是由于各苜蓿品种自身的遗传性和不同生长发育阶段的差异,加上在适应当地环境条件时的反应不同,导致其表现出不同的生长特点。研究在苜蓿种植第 4 年即 2017 年加强了栽培管理,因此,既保证了营养品质,又延长了高产的年限。

4 结论

正道 440(X_1) 在鲜干草产量方面表现最好,其中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量表现也较好,但其粗蛋白含量较低;正道 656、354、903(X_3 、 X_2 、 X_7) 等品种在粗蛋白含量、中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含

量方面表现突出,品质较好,其中 354 在鲜干草产量方面表现也很突出,正道 656 次之。根据 3 年的灰色关联度分析结果,结合产量和营养品质,供试苜蓿品种以正道 656 最接近理想品种,其次是正道 440、354、525、903,上述 5 个品种适宜在安徽江淮地区推广种植。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 林丽秀,白史旦,张新全,等. 中国南方紫花苜蓿引种适应性研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(23):7159—7161.
- [4] 王赞,李源,孙桂枝,等. 国内外 16 个紫花苜蓿品种生产性能比较研究[J]. 畜牧兽医科学,2008,24(12):4—10.
- [5] 李志华,沈益新,刘信宝,等. 几个紫花苜蓿品种在南京地区的生产性能和品质表现[J]. 中国草地学报,2006,28(1):36—39.
- [6] 郭瑞林,刘亚飞,吴秋芳. 作物灰色育种学的理论技术体系及其应用[J]. 天津农业科学,2012,18(5):111—115.
- [7] 吕小东,王建光,白音仓. 内蒙古引进的 11 个国外苜蓿品种营养价值的灰色评价[J]. 草原与草坪,2013,33(3):21—25.
- [8] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [9] 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—110.
- [10] 吴秋珏,徐廷生. 饲料中中性洗涤纤维的研究进展[J]. 营养研究,2006,27(7):14—16.
- [11] 孙万斌,冯刚刚,马晖玲,等. 不同紫花苜蓿品种在不同生育期营养品质特性的比较[J]. 草原与草坪,2017,37(2):63—68.
- [12] 李彦品,杨海明,杨芷. 紫花苜蓿的营养价值及其在畜禽生产中的应用[J]. 饲料研究,2015(9):14—17.
- [13] 赵俊,范源洪,吴才文. 19 个国外引进甘蔗品种的灰色关联度分析[J]. 中国糖料,2007(2):27—31.
- [14] 刘春英,孙学映,朱体超,等. 不同黑麦草品种生产性能比较与优势品种筛选[J]. 草业学报,2014,23(4):39—48.
- [15] 张艳娟,沈益新. 南方农区紫花苜蓿发展潜力与种植模式研究进展[J]. 草原与草坪,2010,30(1):84—87.

- [16] 单贵莲,初晓辉,徐赵红,等.刈割时期和调制方法对紫花苜蓿营养品质的影响[J].草原与草坪,2012,32(3):17—20.
- [17] 李光耀,孙启忠,张力君,等.不同生育期苜蓿相对饲用价值的分析研究[J].饲料研究,2014(19):1—3.
- [18] 许涛,祁娟,蒲小鹏,等.甘南玛曲七种主要饲草营养价值比较[J].中国草地学报,2012,34(3):113—115.
- [19] 于萌,高峰,苗福泓,等.鲁西南地区引种苜蓿品种的灰色关联度分析与综合评价[J].青岛农业大学学报,2018,35(3):186—199.

Comprehensive evaluation of yield and nutritional quality of 14 Alfalfa Varieties

LI Yan, XU Zhi-ming, LI Zheng-yan, LI Yang

(Institute of animal husbandry and veterinary medicine, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, 230031, China)

Abstract: Field comparative experiments of fourteen alfalfa varieties from the United States for three consecutive years were carried out in order to screen out the dominant varieties suitable for planting in Jianghuai area of Anhui Province. Both yield and nutritional quality of different alfalfa varieties in three years were comprehensively evaluated by variance and grey correlation analyses. The results showed that: ZD440 was the best in fresh yield and hay yield, the mean values were 2.61 kg/m² and 0.61 kg/m², respectively. In neutral detergent fiber (NDF) and acidic detergent fiber (ADF) contents was also significantly improved, the mean values were 42% and 32.5%, respectively, but the crude protein content was relatively low, only 16.5%; ZD656, 354 and 903 were significantly rich in crude protein, NDF and ADF contents, with higher quality. Among them, 354 was also superior in fresh and hay yields, followed by ZD656. After comprehensive evaluation of grey correlation degree, ZD656 was the closest to the ideal variety, the mean values of yield and nutrient quality were: fresh yield 2.1 kg/m², hay yield 0.47 kg/m², crude protein 20.4%, NDF 35.0% and ADF 26.3%. The next most prominent varieties were ZD440, 354, 525 and 903. The above five varieties are suitable for local planting.

Key words: alfalfa; varieties; grey relational grade; comprehensive evaluation