

22 个紫花苜蓿品种的引种试验和 生产性能综合评价

曹宏¹, 章会玲¹, 盖琼辉¹, 陈红¹, 赵满来²

(1. 陇东学院农林科技学院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 陇东学院信息工程学院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要:在半干旱的陇东中部地区,对 22 个国内外紫花苜蓿品种进行了品比试验和抗逆生理测定,结果表明,1)各品种当年生育期差异不显著,次年国产品种和 WL 系列品种返青早,不同品种显蕾初花期差异显著;大多数国外品种的抗旱、抗寒性不如甘农 1 号等国内品种。2)在 3 年干草产量中,有 14 个苜蓿品种比陇东苜蓿增产 6.4%~25.2%,达显著水平;根据层次分析法,可将 22 个品种的生产性能分为 4 个等级,其中,皇冠、甘农 1 号综合评价最高。3)结合增产幅度,可以认为,甘农 1 号、皇冠、阿尔冈金、牧歌、巨人等品种,增产极显著、抗旱抗寒性强,稳产性好,综合评价靠前,适宜在庆阳全市大面积种植;甘农 2 号、苜蓿王、新疆苜蓿、甘农 3 号、三得利,增产显著,稳产性、综合评价较好,各地可根据生态条件、品质特性和种植目的,选择适宜品种进行种植。

关键词:紫花苜蓿;品比试验;产量性状;稳产性;层次分析;陇东地区

中图分类号:S816;S541⁺.103.7 文献标识码:A 文章编号:1004-5759(2011)06-0219-11

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是多年生的优良豆科牧草,其营养价值高,生产潜力大,用途广泛,在我国西部半干旱地区具有十分重要的价值和地位,素有“牧草之王”和“饲料皇后”的美称^[1]。目前我国苜蓿品种单一、老化且产量低、质量差、病虫害发生严重,地方品种的紫花苜蓿虽有较好的适应性,但品质和产量不能满足半干旱区生态环境建设和农牧业结构调整的需要,因此,引进优质苜蓿新品种有十分重要的意义^[2]。20 世纪末 21 世纪初,我国苜蓿产业掀起了新的高潮,到 2005 年底全国苜蓿种植面积曾达到 200 万 hm²,居世界第 5 位;2004 年后,随着我国落实“三补一免”粮食安全政策,苜蓿产业和种植面积有所下降,目前我国苜蓿种植面积为 130 万 hm²,每年优质商品草的产量为 20 万 t 左右^[3]。随着农业产业结构调整、西部生态建设的不断推进和养殖业大力发展,特别是 2008 年以来,由于受三聚氰胺事件的影响,苜蓿生产经营者、奶牛养殖者等清楚地意识到苜蓿在奶业安全发展中的关键地位和作用,苜蓿生产者重拾苜蓿种植的积极性,紫花苜蓿的产业化功能和种植面积将不断扩大^[4]。因此,选择和评价适宜的紫花苜蓿品种成为成功建植人工草地及建立优质苜蓿基地的关键和前提条件^[5]。

甘肃是苜蓿种植大省,目前全省苜蓿种植面积达 51.9 万 hm²,占全国种植面积的 38%,始终位居全国之首;环县、会宁等县苜蓿留床面积接近 6.67 万 hm²,在酒泉、张掖、金昌、白银、庆阳等地形成了较为明显的苜蓿优势产业区^[6-8]。近年来,在甘肃和全国同类地区,许多学者从不同角度对当地引进苜蓿品种进行了比较研究,马维国^[9]对甘肃河西走廊引进的 6 个紫花苜蓿品种进行适应性研究和经济效益比较分析,得出农宝表现出较高的产草量,具有较高的经济效益,可在甘肃河西灌区大面积推广种植;郭正刚等^[5]运用聚类分析法评估了 9 个不同紫花苜蓿品种在甘肃定西的适应性,结果显示,巨人 201 和三得利较其他 7 个品种在中部黄土丘陵区整体适应性好;高婷等^[10]在宁夏盐池县对引进的 15 个美国优质品种,综合考虑生育期、株高、密度、产草量、茎叶比、越冬率等指标,进行了引种适应性研究。另外,王铁梅和卢欣石^[11]对内蒙古干旱草原区引进品种进行了抗旱性分析评价,莫本田等^[12]、张鸭关等^[13]在贵州南部运用层次分析法对引进品种进行综合筛选,吕林有等^[14]对辽西北风沙半干旱区的引进苜蓿品种进行了生产性能的观测和聚类分析。这些研究为当地苜蓿品种的引进和综合选择提供了科学依据。

陇东地区属于旱半干旱的黄土高原丘陵区,是一个传统的半农半牧区,是甘肃省苜蓿存留面积最大的地

收稿日期:2010-10-20;改回日期:2011-03-24

基金项目:甘肃省科技厅项目(1105NCNM099)和庆阳市科技局项目(NK2011-22)资助。

作者简介:曹宏(1964-),男,甘肃庆阳人,教授。E-mail:caoh207@163.com

区^[8]。2001年以来,随着全国苜蓿产业热的兴起,当地大量引进国内外苜蓿优良新品种,截止2006年底,仅庆阳市引进新品种30多个,占总播种面积的60%,许多是从国外引进,或从其他地区引进,累计苜蓿留存面积达20.4万 hm^2 。但一些地方引种盲目,个别县乡甚至只种1种“洋苜蓿”,出现了秋播苜蓿大面积越冬死亡,春播苜蓿撂荒翻种等惨痛教训^[15]。因此,评价它们在陇东干旱地区的适应性,成为当地紫花苜蓿产业化种植的前提条件。虽然不少学者对当地苜蓿的发展前景及对策、发育规律与气候潜力、抗旱性与经济效益、丰产栽培技术、生长年限与产草量等方面进行了不同程度的研究^[8,16-20],但对于苜蓿品种的引进比较试验报导较少,特别是运用若干指标对一些引进品种的适应性进行综合分析和评价,尚未见报道。为此,在2003年引进了22个国内外优质紫花苜蓿品种,进行引种观察和比较试验,旨在为选择适合陇东地区大面积推广的紫花苜蓿新品种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于2003—2005年设在甘肃省庆阳市西峰区陇东学院农场。地理位置为东经 $107^{\circ}38'$,北纬 $35^{\circ}44'$,海拔1421.9 m;年均气温 8.7°C ,年降水量527.1 mm,年日照时数2457.8 h,无霜期176 d。属陇东中部半干旱塬区生态类型。试验地土壤肥力中等,前茬玉米(*Zea mays*),播前施磷肥 $750\text{ kg}/\text{hm}^2$,尿素 $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

据西峰气象资料分析,2003年苜蓿生育期内(4—11月)降水量1001.3 mm,比同期历年值高51.6%,日均气温比同期高 1.5°C 。2004年苜蓿生育期内降水量485.9 mm,比同期历年值减少7.82%,日均气温偏高 1.4°C 。2005年苜蓿生育期内降水量506.9 mm,比同期历年值减少3.84%,日均气温偏高 1.3°C ,但当年春旱比较严重,对苜蓿第1茬产草量影响很大,特别在5月降水量为35.2 mm,比常年同期值减少43.9%。其中11—12月降水量仅7 mm,比同期历年值减少63.5%,造成严重干旱,影响苜蓿越冬率。

1.2 试验设计

参试苜蓿品种22个,其中国外品种15个,国内品种7个,以陇东苜蓿作对照。对各品种的种子净度和千粒重进行了测定,并在 25°C 、水分充分的培养箱中,用滤纸作苗床培养到第7天,重复3次,统计发芽率。参试品种的名称、原产地、来源和种子质量见表1。

试验小区面积 20 m^2 ($4\text{ m}\times 5\text{ m}$),行距0.40 m,4次重复,其中1个重复用作物候期、根系等性状观察,其他3个重复作鲜草产量等指标的测定,随机排列。参考郭正刚等^[5]和曹致中^[21]的方法,按基本苗240万株/ hm^2 ,田间出苗率80%,根据测定的种子用价(种子用价=发芽率 \times 净度,表示种子能够实际使用的程度)和千粒重,计算实际小区播种量。2003年5月16日趁自然墒人工开沟条播,播深1.5~3.0 cm,旱地耕作,生育期及播前不进行灌溉。其余管理同大田。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 物候期 参考韩清芳和贾志宽^[22]的方法,苜蓿品种每小区留2行进行物候期观测,鉴别的标准是:50%的植株达到某一个生育阶段为某生育期;10%~20%的植株达到为初期,70%~80%达到为盛期。

1.3.2 株高 每年第1茬初花期测产前,每小区随机选10株,观测每株自地面到顶端生长点高度,求其平均值。

1.3.3 分枝数 参照魏臻武等^[23]的方法,每年第1茬初花期测定地表根茎部形成的分枝数;为了方便测定,在小区内随机测定15 cm样段内植株株条数,重复3次。

1.3.4 根系性状 每年越冬前10月中旬,选有代表性地段,每品种挖根10株(第1重复1株,2~4重复每小区3株),根深100 cm,分别测定主根长度、根颈直径、侧根数,取平均值。

1.3.5 越冬率 每年10月中旬—11月上旬,在2~4重复的每小区选2,5,8三行,入冬前查明株数,返青后再数植株存活率,然后将各品种3个重复9行株数累计作越冬率观测值。

1.3.6 草产量 在初花期每小区随机取样 1 m^2 ,重复3次,齐地刈割后称重量,取平均值为鲜草产量,根据鲜干比计算干草产量。2003年只测定1茬,由于第3茬在当地占苜蓿总产量的比例一般小于20%,为了保证越冬,并便于根系测定,故2004—2005年测产前2茬,第3茬不测产,只记载生育时期。

1.3.7 鲜干比和茎叶比 测产时,每品种混合后称鲜草500 g,将茎和叶分开,自然风干后分别称重、求和,计算茎叶比(茎干重/叶干重)和鲜干比(植株鲜重/茎叶干重)。

1.3.8 叶片保水率 2005 年 5 月上中旬当地连续 20 d 不降水,于 5 月 17—19 日早上连续 3 次采摘相同部位上的苜蓿叶片,参考龚富生和张嘉宝的方法^[24],用称量法测定离体 24 h 叶片的相对保水率。相对保水率=(最初叶片重量-某测定时叶片重量)×100%/最初叶片重量。

1.3.9 质膜透性 取样时间方法同前,取回后立即把每品种分 2 份,一份置于室温下作对照,另一份置于 40℃ 恒温箱内萎蔫 1 h,参考李合生^[25]的方法,用 DDS-II 电导仪测定叶片细胞膜透性,以相对电导率(伤害率)表示。相对电导率=(处理电导率-对照电导率)×100%/(煮沸电导率-对照电导率)。

1.4 生产性能综合评价

1.4.1 构建综合评价 AHP 模型 参考张鸭关等^[13]、王德利和祝廷成^[26]的层次分析方法,建立不同苜蓿品种生产性能综合评价层次分析 AHP 模型,根据各层次的隶属关系,通过反复比较各因素的相对重要性确定其相对权重,从而构建综合评价各特性支配下因素的判断矩阵,求出各性状的权重,对判断矩阵进行一致性检验,确定出评价指标与各层次的权重分配和加权重系数。

1.4.2 评分标准和无量纲处理 评价时,先将各因素层指标值按好、较好、中等、一般、差五级(依次得分为 5,4,3,2,1)分类法进行无量纲处理,即把最大值与最小值之差分成 5 等份,各指标转化为对总目标得分越高越好的方向,其中茎叶比和相对透性是平均值越小,得分越高;其他指标是平均值越高,得分越高。最后对 22 个品种生产性能综合性状的加权得分值进行排序,确定出不同品种的生产性能优劣顺序。

1.5 数据处理

试验数据在 Excel 中作基本处理,获得各项目性状参数后,分别作性状间差异显著性及其与产草量的相关性,所有分析均在 SPSS 15.0 专业统计软件中进行。

2 结果与分析

2.1 种子质量

除三得利、赛特、胖多和陇东苜蓿外,其余品种发芽率都在 80% 以上(表 1),符合国家三级标准^[21](GB6141-85),其中,阿尔冈金、WL252 等 7 个品种在 90% 以上,符合国家二级标准。净度除陇东苜蓿外,其余都在 95% 以上,符合国家一级标准(90%)。千粒重>2.0 g 大粒种子有赛特、皇冠、巨人、甘农 2 号、陇东苜蓿等。总体来看,国外品种苜蓿种子的净度、发芽率和种子用价多数高于国产品种,这一点与王成章等^[27]报道基本一致。

2.2 出苗率和物候期

2003 年由于播种期间土壤墒情较好,因此各品种出苗整齐,多集中在播后 10~11 d 出苗,出苗率在 80% 以上;当年苗期差异不显著,但现蕾开花期差异较明显,其中,陇东、定西、苜蓿王、金皇后、阿尔冈金等品种比其他品种稍晚 2~3 d;到 11 月 20 日枯黄期前后,各品种当年生长期为 186~188 d。2004 年,陇东等国产品种和 WL 系列品种返青期早 2~3 d,第 1 和 2 茬现蕾开花时各品种相差 2~5 d。苜蓿品种当年生长期为 230~234 d,其中第 1 茬 61~66 d,第 2 茬 50~56 d,第 3 茬至枯黄期 117~125 d,因产量低而未测产(表 2)。

2.3 主要地上性状

苜蓿的产草量与单株分枝数和株高呈正相关关系^[14],特别是在旱作条件下与株高呈显著正相关^[28-30]。鲜干比和茎叶比是制定晒制干草或青贮饲草等供应量的理论依据之一,鲜干比越高、茎叶比越低,其蛋白质含量越高,适口性越好^[2,22,31]。与陇东苜蓿比较,株高、茎叶比品种间的差异极显著($P<0.01$),单株分枝数、鲜干比差异显著($P<0.05$)(表 3)。其中,皇冠、甘农 1 号等品种分枝数多,植株高大,鲜干比高、茎叶比低,具有较好的地上生物性状。

2.4 根系性状及越冬率

苜蓿根系主根越深,侧根数越多,苜蓿抗旱性越强^[21,22];根和根颈越粗,根蘖型越强,苜蓿的耐寒性就越强^[32-34]。苜蓿品种间根系性状指标差异极显著($P<0.01$)(表 3),其中,陇东苜蓿、新疆苜蓿、国产巨人、WL232、大富豪等品种入土深(根长>55 cm),国产巨人、胖多、新疆苜蓿、赛特、三得利等品种主根比较粗(根径>0.6 cm),苜蓿王、德宝、国产巨人、定西苜蓿、甘农 1 号等品种侧根数比较多(侧根数>5.3 个)。上述品种在根系各性状分类中位列前 5 名。总体看,陇东苜蓿、新疆苜蓿、国产巨人、苜蓿王、甘农 1 号、大富豪等品种根系发育较好,

其抗寒抗旱性可能较好。

越冬率调查表明,2003 和 2004 年降水和气温比较正常,其越冬率平均值分别为 92%和 95%,品种间变幅为 90%~97%,无显著差异,各品种均安全越冬;但 2005 年冬季干旱寒冷,其越冬率平均值降为 88.4%,品种间差异显著(表 3),其中陇东、甘农系列、皇冠、大富豪、WL323、定西、阿尔冈金、新疆等苜蓿品种越冬率显著高于其他品种,这也与上述根系发达程度基本吻合。这表明只要播种时期适当,各引进品种在当地基本都能安全越冬。

表 1 参试苜蓿品种及其来源和种子质量

Table 1 The tested alfalfa varieties and their origin and seed quality

品种 序号 No. of variety	品种 Variety	原产地 Source area	来源 Origin	千粒重 Thousand grain weight (g)	发芽率 Germination rate (%)	净度 Purity (%)	种子用价 True value of seeds (%)
1	金皇后 Goldenmpress	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.89	86.3	98	84.6
2	苜蓿王 Alfaking	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.70	85.0	99	84.2
3	阿尔冈金 Algonquin	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.82	90.3	99	89.4
4	大富豪 Millionaire	加拿大 Canada	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.84	91.0	97	88.3
5	三得利 Sanditi	法国 France	华池县畜牧局 Raising Livestock Bureau in Huachi	1.88	76.0	98	74.5
6	赛特 Sitel	法国 France	华池县畜牧局 Raising Livestock Bureau in Huachi	2.25	71.0	98	69.6
7	德宝 Derby	法国 France	华池县畜牧局 Raising Livestock Bureau in Huachi	1.82	86.0	97	83.4
8	胖多 Pondus	加拿大 Canada	北京克劳沃草业公司 Clover Grass Company in Beijing	1.88	70.0	97	67.9
9	皇冠 Phabulous	美国 America	北京克劳沃草业公司 Clover Grass Company in Beijing	2.10	92.0	96	88.3
10	巨人 AmeriStand	美国 America	北京克劳沃草业公司 Clover Grass Company in Beijing	2.04	93.0	98	91.1
11	牧歌 AmeriGraze	美国 America	北京克劳沃草业公司 Clover Grass Company in Beijing	1.85	94.3	99	93.4
12	新疆苜蓿 Xinjiang	中国 China	甘肃农业大学 Gansu Agricultural College	1.70	90.3	96	86.7
13	甘农 1 号 Gannong No. 1	中国 China	甘肃农业大学 Gansu Agricultural College	1.72	81.0	96	77.8
14	甘农 2 号 Gannong No. 2	中国 China	甘肃农业大学 Gansu Agricultural College	2.25	85.4	98	83.7
15	陇东苜蓿 Longdong(CK)	中国 China	庆阳市草原工作站 Prairie Workstation in Qingyang	1.95	78.7	90	70.8
16	甘农 3 号 Gannong No. 2	中国 China	甘肃农业大学 Gansu Agricultural College	1.82	91.0	97	88.3
17	定西苜蓿 Dingxi	中国 China	定西市农技中心 Agriculture Technique Center in Dingxi	1.84	91.7	96	88.0
18	国产巨人 Domestic meriStand	中国 China	甘肃农业大学 Gansu Agricultural College	1.84	92.4	99	91.5
19	WL 232	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.76	82.4	97	79.9
20	WL 323	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.83	89.0	97	86.3
21	WL 252	美国 America	甘肃兴陇草业公司 Xinglong Grass Company in Gansu	1.86	92.0	98	90.2
22	苜蓿皇后 Alfalfa queen	美国 America	环县畜牧局 Raising Livestock Bureau in Huanxian	1.85	85.0	96	81.6

2.5 叶片保水率和质膜相对透性

逆境胁迫下,植物细胞质膜的相对透性越低,离体叶片保水率越高,其抗逆性越强^[35-38]。在 2005 年 5 月上中旬,当地持续 20 d 不降水,在造成土壤严重干旱的情况下,对第 1 茬苜蓿叶片测定结果表明(表 3),叶片保水率品种间差异显著,其中,苜蓿王、甘农 2 号、定西苜蓿、WL323、甘农 1 号等品种显著高于对照,赛特、金皇后、大富豪、牧歌、国产巨人等极显著或显著低于对照;甘农 1 号、新疆苜蓿、德宝质膜相对透性极显著低于对照,定西苜蓿、金皇后、苜蓿王显著低于对照,牧歌、苜蓿皇后极显著高于对照。

表 2 不同苜蓿品种出苗率及 2003—2004 年度主要物候期

Table 2 The emergence rate of different alfalfa varieties and phenological period of 2003—2004

品种序号 No. of Variety	出苗率 Emergence rate (%)	2003 年(月-日 Month-day)				2004 年(月-日 Month-day)				
		出苗期 Emerging period	分枝期 Branching period	现蕾期 Budding period	开花期 Flowering period	第 1 茬返青期 Returning green period of 1st cut	第 1 茬开花期 Blooming period of 1st cut	第 2 茬现蕾期 Budding period of 2nd cut	第 2 茬开花期 Blooming period of 2nd cut	第 3 茬枯黄期 Withering period of 3rd cut
1	85	5-26	6-20	7-10	7-20	3-26	5-19	7-8	7-23	11-15
2	84	5-26	6-19	7-11	7-21	3-26	5-18	7-8	7-24	11-12
3	88	5-27	6-20	7-10	7-20	3-25	5-19	7-7	7-24	11-15
4	80	5-26	6-20	7-10	7-20	3-26	5-21	7-8	7-23	11-15
5	85	5-27	6-21	7-9	7-19	3-27	5-18	7-7	7-25	11-14
6	82	5-27	6-22	7-8	7-18	3-27	5-18	7-6	7-24	11-14
7	80	5-26	6-22	7-8	7-18	3-27	5-18	7-6	7-25	11-12
8	79	5-26	6-22	7-8	7-18	3-25	5-19	7-6	7-24	11-12
9	88	5-26	6-21	7-9	7-19	3-26	5-18	7-6	7-24	11-13
10	83	5-27	6-22	7-8	7-18	3-26	5-17	7-7	7-24	11-14
11	83	5-27	6-21	7-9	7-19	3-26	5-17	7-6	7-23	11-14
12	88	5-27	6-21	7-9	7-18	3-25	5-18	7-8	7-23	11-15
13	87	5-26	6-22	7-8	7-18	3-25	5-18	7-8	7-25	11-16
14	82	5-26	6-22	7-8	7-18	3-25	5-20	7-8	7-23	11-16
15(CK)	98	5-26	6-19	7-11	7-21	3-24	5-16	7-8	7-25	11-15
16	80	5-27	6-21	7-9	7-19	3-25	5-20	7-10	7-24	11-12
17	80	5-27	6-20	7-10	7-20	3-25	5-17	7-11	7-25	11-11
18	81	5-27	6-20	7-10	7-18	3-25	5-17	7-11	7-25	11-14
19	82	5-26	6-22	7-8	7-18	3-27	5-17	7-8	7-26	11-12
20	80	5-27	6-22	7-8	7-18	3-25	5-20	7-9	7-25	11-12
21	81	5-26	6-21	7-9	7-19	3-25	5-19	7-11	7-24	11-13
22	82	5-27	6-22	7-8	7-18	3-25	5-16	7-12	7-26	11-13

2.6 干草产量

2003 年度,除新疆、定西、赛特苜蓿减产外,其余品种增产 2.7%~51.3%,其中,巨人 201 增产 51.3%,位居第 1 位;甘农 1 号、德宝、国产巨人位居第 2 位;牧歌 401 位居第 3 位。2004 年度有 17 个品种增产 0.8%~15.2%,其中牧歌 401、阿尔冈金、德宝、WL252、巨人 201、胖多等增产 9.6%~15.2%,位居第 1~3 位。2005 年度,除国产巨人、苜蓿皇后、WL252 减产外,其余增产 4.6%~41.7%,其中甘农 1 号、皇冠、巨人 201 分别位居前 3 位(表 4)。

从 3 年平均干草产量来看,有 14 个品种比陇东苜蓿显著增产,增幅 6.4%~25.2%。其中,甘农 1 号平均增产 25.2%,位居第 1 位;巨人 201 平均增产 23.9%,位居第 2 位;阿尔冈金平均增产 21.3%,位居第 3 位;皇冠、大富豪等品种分别增产 9.6%~19.1%,达极显著水平,居第 4~12 位。新疆苜蓿、WL323 增产 6.6%和 6.4%,达到显著水平,居第 13 和 14 位。其余品种增减产不显著。

2.7 生产性能综合评价

根据陇东地区苜蓿生产主要受干旱和冻害危害^[16-18],结合前人对苜蓿生长特性与产量关系的研究^[14,20,23]和实践经验^[15,18,19],本研究应用层次分析(AHP)法,选用 3 个层次指标对不同苜蓿品种的生产性状进行综合评价。

第 1 层次(目标层)为品种的综合性状;第 2 层(准则层)主要包括丰产性、稳产性 2 个指标;第 3 层(因素层)包括 11 个指标,其中丰产性评价选用年均干草产量、株高、分枝数、鲜干比和茎叶比 5 个指标;稳产性评价采用根长、根径、侧根数、2005 年越冬率、质膜透性和叶片保水率 6 个指标。根据此 AHP 模型作判断矩阵并计算出各因素权重值。各评价指标的评分标准见表 5,各指标总权重系数以及各品种无量纲处理得分、综合加权得分值和排序见表 6。

表 3 不同苜蓿品种生物性状指标、越冬率及抗性生理指标

Table 3 Biological character, surviving the winter rate and resistant target about different alfalfa varieties

品种序号 No. of variety	单株分枝 Stems per plant	株高 Plant height (cm)	茎叶比 Stem/ leaf	鲜干比 Fresh/ dry	主根长 Taproot length (cm)	主根粗 Taproot diameter (cm)	侧根数 No. of lateral root	越冬率 Wintering rate (%)	相对透性 Relatively permeability (%)	保水率 Water retention rate (%)
1	5.3	48.5**	1.14**	3.23	48.5*	0.60*	2.87	85*	31.5*	79.4*
2	5.7*	47.3*	1.19**	3.17*	50.2*	0.45	6.53**	85*	31.5*	91.2*
3	6.3	47.5*	1.31*	3.23	43.2**	0.41	4.73*	88	37.9	87.9
4	4.3	47.3*	1.75	3.32	55.1	0.55	3.70	90	36.8	79.2*
5	6.0*	46.5	1.40	3.12*	49.9*	0.61*	3.87	85*	33.9	84.8
6	5.5	51.4**	1.48	3.12*	53.4*	0.64*	4.57*	85*	31.7	53.1**
7	5.5	43.3	1.46	3.29	50.0*	0.53	5.90**	84*	29.0**	81.6
8	5.3	44.5	1.35	3.22	43.3**	0.67**	4.07	88	31.4*	82.0
9	6.8*	52.2**	1.32*	3.35	43.4**	0.49	5.40**	94	37.7	87.3
10	4.5	51.8**	1.66*	3.30	53.5*	0.55	3.20	85*	42.9*	84.6
11	7.7*	48.4**	1.07**	3.21	45.6**	0.61	2.80	87	64.7**	78.7*
12	5.5	51.6**	1.51	3.37	59.9	0.66**	2.73	88	23.3**	83.8
13	5.9*	50.6**	1.27*	3.11*	43.5**	0.46	5.30**	90	23.1**	87.9*
14	5.7*	41.7*	1.26*	3.06	47.5**	0.51	4.07	95	40.4*	89.6*
15(CK)	4.1	45.2	1.46	3.23	60.8	0.49	3.40	98	35.9	85.7
16	6.1*	50.6	1.49	3.39	46.5**	0.41	4.93*	90	45.3	86.5
17	4.8	48.5	1.22*	3.19	50.7*	0.41	5.73**	92	30.5*	89.5*
18	5.8*	45.4	1.43	3.37	59.1	0.72**	5.87**	85*	47.9*	77.9*
19	6.3*	45.4	1.51	3.19	58.2	0.58*	3.27*	85*	48.6*	86.4
20	4.8	48.1**	1.54	3.36	50.8*	0.52	3.73	95	35.2	88.9*
21	5.5	48.8**	1.22*	3.15	51.8*	0.72**	3.77	85*	38.2	81.2
22	5.9*	45.1	1.39	3.17	47.9*	0.56	4.80*	84*	55.3**	78.5*

注:越冬率、相对透性、保水率为 2005 年的测定值;其余性状为 2003—2005 的平均值。表中*,** 分别表示与对照陇东苜蓿比较,其 LSD 差异达到 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: The wintering rate, relatively permeability and water retention rate are the average for 2005, the others properties are the average of 2003—2005. * and ** mean the difference at 0.05 and 0.01, respectively.

加权值反映牧草生产性能综合评价的好坏,加权值越大,说明该苜蓿品种的生产性能越好^[13,26]。根据表 6 综合得分排序,按照极差法,可将 22 个苜蓿品种分为 4 个等级。第 1 等级 2 个,分别是皇冠、甘农 1 号苜蓿,总得分是 3.919 和 3.599,视为增产极显著、抗旱抗寒性强的优良品种,建议优先推广应用。第 2 等级共 11 个,总得分分为 2.934~3.348,按排序依次为阿尔冈金、新疆苜蓿、定西苜蓿、牧歌、甘农 3 号、WL323、甘农 2 号、巨人、大富豪、赛特和德宝,可视为增产显著、稳产性好的优良品种,在年际气候或区域环境良好的条件下种植能更好发挥品

表 4 不同苜蓿品种各年度干草产量及丰产性分析

Table 4 Annual hay yield and analysis of yielding ability of different alfalfa varieties

品种序号 No. of variety	2003 年干草产量 Hay yield (kg/m ²)	2004 年干草产量 Hay yield (kg/m ²)	2005 年干草产量 Hay yield (kg/m ²)	3 年平均 Average in three years			
				年均干草产量	折合产量	增产	排序
				Average annual hay yield (kg/m ²)	Or hay yield (kg/hm ²)	Increment (%)	Precedence
1	0.45	1.16	1.20	0.937 hijJKL	9 366.7	4.1	16
2	0.47	1.24	1.32	1.009 cdeDEFG	10 088.5	12.1	9
3	0.49	1.40	1.39	1.092 bcCDE	10 920.0	21.3	3
4	0.44	1.34	1.18	0.986 defgEFGH	9 858.0	9.6	12
5	0.41	1.32	1.24	0.991 efghEFGH	9 913.3	10.1	11
6	0.32	1.22	1.28	0.941 ghijEFGH	9 413.3	4.6	15
7	0.53	1.40	1.15	1.026 bcdCDE	10 264.0	14.0	7
8	0.50	1.37	1.18	1.017 bedcCDEF	10 170.4	13.0	8
9	0.41	1.30	1.51	1.072 bBC	10 716.7	19.1	4
10	0.56	1.37	1.42	1.115 aAB	11 154.0	23.9	2
11	0.52	1.44	1.21	1.056 bCD	10 561.3	17.3	5
12	0.38	1.33	1.17	0.959 fghiGHIJ	9 593.3	6.6	13
13	0.53	1.32	1.53	1.127 aA	11 270.0	25.2	1
14	0.42	1.34	1.35	1.038 bcCD	10 376.7	15.3	6
15(CK)	0.37	1.25	1.08	0.900 jkJKL	8 996.7	—	21
16	0.51	1.18	1.32	1.003 cdefDEFG	10 025.3	11.4	10
17	0.35	1.30	1.13	0.927 hijHIJK	9 270.0	3.0	17
18	0.53	1.16	0.93	0.875 kL	8 748.7	-2.8	22
19	0.38	1.26	1.08	0.908 jkKL	9 078.0	0.9	20
20	0.42	1.32	1.13	0.958 fghiGHIJ	9 576.7	6.4	14
21	0.38	1.40	0.96	0.913 ijkJKL	9 126.7	1.4	18
22	0.40	1.34	0.99	0.910 ijkJKL	9 098.7	1.1	19

注：不同小写字母和大写字母分别表示差异达到 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: The different lowercase letters and the capital letters mean the significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

表 5 苜蓿生产性状综合评价指标评分标准

Table 5 Alfalfa production character quality synthetic evaluation target grading standard

分数 Score	分枝数 The branch counts	株高 Plant height (cm)	茎叶比 Stem/leaf	鲜干比 Fresh/dry	主根长 Taproot length (cm)	主根粗 Taproot diameter (cm)
5	7.0~7.7	50.1~52.2	1.07~1.20	3.32~3.39	57.3~60.8	0.66~0.72
4	6.3~6.9	48.0~50.0	1.21~1.33	3.25~3.31	53.8~57.2	0.60~0.65
3	5.5~6.2	45.9~47.9	1.34~1.47	3.18~3.24	50.3~53.7	0.54~0.59
2	4.8~5.4	43.8~45.8	1.48~1.60	3.11~3.17	46.8~50.2	0.48~0.53
1	4.1~4.7	41.7~43.7	1.61~1.75	3.06~3.10	43.3~46.7	0.41~0.47

分数 Score	侧根数 No. of lateral root	越冬率 Wintering rate (%)	相对透性 Relatively permeability (%)	保水率 Water retention rate (%)	年均干草产量 Average annual hay yield (kg/m ²)
5	5.8~6.5	95.2~98.0	23.1~31.3	83.6~91.2	1.077~1.127
4	5.0~5.7	92.4~95.1	31.4~39.6	76.0~83.5	1.026~1.076
3	4.2~4.9	89.6~92.3	39.7~48.0	68.4~75.9	0.976~1.025
2	3.5~4.1	86.8~89.5	48.1~56.3	60.7~68.3	0.925~0.975
1	2.7~3.4	84.0~86.7	56.4~64.7	53.1~60.6	0.875~0.924

表6 苜蓿品种评价指标无量纲得分、对总目标的权重系数及生产性能综合得分和排序

Table 6 Alfalfa variety appraisal target zero dimension score, to total goal weight coefficient and production performance synthesis score and sorting

品种 序号 No. of variety	分枝数 The branch counts	株高 Plant height	鲜干比 Fresh /dry	茎叶比 Stem/ leaf	主根长 Taproot length	主根粗 Taproot dia- meter	侧根数 No. of lateral root	越冬率 Win- tering rate	相对透性 Relatively permea- bility	保水率 Water retention rate	年均产量 Average yield	总得分 Compre- hensive score	排序 Sequen- cing	分类等级 Classified rank
1	2	4	3	5	2	4	1	1	4	4	2	2.660	18	3
2	3	3	2	5	2	1	5	1	4	5	3	2.722	16	3
3	4	3	3	4	1	1	3	2	4	5	5	3.348	3	2
4	1	3	5	1	4	3	2	3	4	4	3	3.056	11	2
5	3	3	2	3	2	4	2	1	4	5	3	2.596	19	3
6	3	5	2	2	3	4	3	1	4	1	2	2.955	12	2
7	3	1	4	3	2	2	5	1	5	4	4	2.934	13	2
8	2	2	3	3	1	5	2	2	4	4	3	2.703	17	3
9	4	5	5	4	1	2	2	4	4	5	4	3.919	1	1
10	1	5	4	1	3	3	1	1	3	5	5	3.087	10	2
11	5	4	3	5	1	4	1	2	1	4	4	3.204	6	2
12	3	5	5	2	5	5	1	2	5	5	2	3.281	4	2
13	3	5	2	4	1	1	4	3	5	5	5	3.599	2	1
14	3	1	1	4	2	2	2	4	3	5	4	3.109	9	2
15(CK)	1	2	3	3	5	2	1	5	4	5	1	2.730	15	3
16	3	5	5	2	1	1	3	3	3	5	3	3.198	7	2
17	2	4	5	4	3	1	4	3	5	5	2	3.213	5	2
18	3	2	5	3	5	5	5	1	3	4	1	2.899	14	3
19	4	2	3	2	5	3	1	1	2	5	1	2.408	21	4
20	2	4	5	2	3	2	2	4	4	5	2	3.144	8	2
21	3	4	2	4	3	5	2	1	4	4	1	2.462	20	4
22	3	2	2	3	2	3	3	1	2	4	1	1.943	22	4
权重系数 Weight coefficient	0.070	0.100	0.118	0.079	0.063	0.059	0.037	0.154	0.048	0.041	0.232			

种的生产潜力,建议重点考察和选择推广应用。第3等级共6个品种,总得分为2.462~2.899,依次为国产巨人、陇东苜蓿、苜蓿王、胖多、金皇后和三得利,可视为丰产性较好、稳产性较强的一般品种,可以根据不同区域生态特点、不同种植目的和利用方式,因地制宜推广应用。第4等级3个,总得分在2.462以下,属较差品种,依次是WL252、WL232、苜蓿皇后,建议慎重考虑推广应用。

3 讨论

本研究所引进的多数国外苜蓿品种的种子用价高于陇东苜蓿等国产品种,并在土壤墒情好、播期适当条件下,各品种当年生育期差别不大,其中大多数国外品种生长迅速,株高和产量比对照等增加显著;但次年返青期国产品种和WL系列品种却比其他国外品种早2~3d,各品种开花期也有明显差异。因此,生产中对大粒种子和种子用价低的品种,播种时要适当增加播种量,越冬前留高茬,越冬后及时中耕施肥促进返青,并加强对陇东苜蓿等国产品种的提纯复壮。

本研究苜蓿主产年份和季节基本属于干旱期,冬季低温冻害也对苜蓿返青和第 1 茬产量有重要影响。因此,当地苜蓿生产的主要限制因素是干旱和越冬冻害。而细胞质膜的相对透性和离体叶片保水率往往是评价植物在逆境胁迫下抗性强弱的主要指标^[29,30,36]。在此背景下,选取受 2005 年当地持续大气干旱影响并引起伤害的第 1 茬初花期苜蓿叶片,加上室内高温萎蔫,作为抗性测定的胁迫处理,其透性和保水率测定结果具有一定代表性,并参考 2005 年越冬率和 3 年根系性状作为抗旱抗寒的稳产性因素分析。从稳产性分析可知,大多数国产苜蓿品种和皇冠、巨人 201、大富豪、WL323 等少数国外品种抗旱抗寒性较强,这一点也与康俊梅等^[29]报道基本相同。

牧草的综合评价方法和指标很多^[5,10,11,14],但考虑到目前大部分推广的苜蓿品种品质优良,并且品质与水肥管理、刈割时期显著相关。因此,本研究仅选择了部分具有代表性的指标,用层次分析法进行苜蓿生产性能的综合评价,事实证明这对苜蓿品种的引种和选择具有一定的实际意义。但该法在判断过程中仍会有主观偏见,所选指标还有待于进一步探索。例如,陇东苜蓿抗性好但产量低,而 WL232 抗性强但丰产性较差,这说明抗性强的品种并不一定表现为产量高,某一品种自身就不是高产品种,但确实其抗旱性强^[5,22,38]。随后进行的区域试验结果表明^[15],大多数引进品种在陇东北部环县的越冬率和产草量也未超过甘农 1 号和陇东苜蓿。

在北方旱作区,苜蓿年产量中第 1 茬所占比例最大,苜蓿的高产期也在第 3 年^[21,22,28,39],而在陇东当地第 1 茬产量占到年产量 50% 以上^[15],第 1 茬也是苜蓿耗水量和耗水速率最大的时期^[16,18],当地中南部虽然可以收割第 3 和 4 茬,但产量低,而且正逢雨季,加工价值不大。因此,本研究只选用前 3 年前 2 茬的产量作为平均年总产量,可能对一些品种的再生性和产量有影响。但随后进行的区域试验,对所选品种都进行了 3 茬产草量的测定,结果表明^[15],第 1 和 2 茬在年产量中所占比例的高产稳产规律基本不变。

研究表明,在陇东中部旱原区栽培条件下,有 14 个品种比陇东苜蓿增产极显著,其中播种当年增产幅度最显著。根据 3 年平均干草产量和生产性能综合排序结果看,甘农 1 号、皇冠、阿尔冈金、牧歌 401、巨人 201 等品种,不但增产 17.3% 以上,而且抗旱抗寒性强、综合性状好,可适宜在庆阳全市大面积种植;甘农 2 号、苜蓿王、新疆苜蓿、甘农 3 号、三得利,增产显著、综合性状较好,各地可根据生态区域、品质特性和种植目的,选择适宜品种进行种植^[40]。

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] 杨红善,常根柱,周学辉,等. 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.
- [3] 胡跃高. 中国苜蓿产业十年发展总结与现阶段建设战略[A]. 第三届中国苜蓿发展大会[C]. 北京: 中国畜牧业协会, 2010: 563-567.
- [4] 卢欣成,孟林. 中国苜蓿产业发展 20 年回顾[A]. 第三届中国苜蓿发展大会[C]. 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] 张怀山. 甘肃省苜蓿草产业的品种布局初探[J]. 内蒙古草业, 2009, 21(4): 5-7.
- [7] 师尚礼,曹文侠. 甘肃省牧草产业发展现状及其技术需求[A]. 第三届中国苜蓿发展大会[C]. 北京: 中国畜牧业协会, 2010: 572-579.
- [8] 曹宏,章会玲,马永祥. 陇东地区紫花苜蓿产业化发展前景分析[J]. 甘肃农业科技, 2006, (5): 34-36.
- [9] 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.
- [10] 高婷,张晓刚,纪立东,等. 美国优质紫花苜蓿在宁夏中部干旱带适应性研究[J]. 宁夏大学学报, 2009, 30(3): 271-274.
- [11] 王铁梅,卢欣石. 内蒙古干旱草原区紫花苜蓿引种评价[J]. 草原与草坪, 2009, (5): 46-49.
- [12] 莫本田,张建波,张文,等. 48 个紫花苜蓿品种在贵州南部的适应性研究[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(9): 155-159.
- [13] 张鸭关,匡崇义,薛世明,等. 层次分析法(AHP)在优良牧草品种筛选中的应用[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(4): 151-154.
- [14] 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.
- [15] 曹宏,章会玲,马永祥,等. 陇东地区紫花苜蓿品种区域试验研究[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 184-191.
- [16] 王位泰,张天峰,黄斌,等. 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[J]. 干旱地区农业研究, 2007,

25(5): 214-219.

- [17] 晋小军, 黄高宝. 陇东旱塬特大干旱年份苜蓿、黄花菜与主要作物的抗旱性比较[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 41-45.
- [18] 郭海英, 赵建萍, 杨兴国, 等. 陇东塬区适生农作物水分利用率及经济效益对比分析[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 709-712.
- [19] 曹宏, 邓芸, 章会玲. 陇东地区紫花苜蓿优质高产栽培技术[J]. 牧草与饲料, 2009, 3(1): 51-55.
- [20] 康颖, 侯扶江. 黄土高原紫花苜蓿草地土壤呼吸对刈割的响应[J]. 草业科学, 2011, 28(6): 892-897.
- [21] 曹致中. 优质苜蓿栽培与利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 11.
- [22] 韩清芳, 贾志宽. 紫花苜蓿种质资源评价与筛选[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2004.
- [23] 魏臻武, 符昕, 曹致中, 等. 苜蓿生长特性和产量关系的研究[J]. 草业学报, 2007, 16(4): 1-6.
- [24] 龚富生, 张嘉宝. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 气象出版社, 1995: 7-11.
- [25] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-263.
- [26] 王德利, 祝廷成. 牧草价值综合评价的定量方法探讨[J]. 草业学报, 1993, 2(1): 33-38.
- [27] 王成章, 田玮, 杨雨鑫, 等. 国内外 10 种紫花苜蓿引种试验研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(3): 28-32.
- [28] 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[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 80-86.
- [29] 康俊梅, 樊奋成, 杨青川. 41 份紫花苜蓿抗旱鉴定试验研究[J]. 草地学报, 2004, 12(1): 21-56.
- [30] 翟春梅, 王赞, 邓波. 紫花苜蓿苗期抗旱性鉴定指标筛选及综合评价[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 167-172.
- [31] 徐玉鹏, 赵忠祥, 王秀领, 等. 紫花苜蓿品质性状和农艺性状的相关性研究[J]. 草业科学, 2008, 25(7): 46-49.
- [32] 陶雅, 孙启明. 苜蓿抗寒性研究进展[J]. 牧草与饲料, 2007, 1(4): 5-9.
- [33] 陈积山, 李锦华, 常根柱. 不同苜蓿品种根系形态结构的耐旱性分析[J]. 内蒙古草业, 2008, 20(2): 41-44.
- [34] 吴新卫, 韩清芳, 贾志宽. 不同苜蓿品种根颈和根系形态学特性比较及根系发育能力[J]. 西北农业学报, 2007, 16(2): 80-86.
- [35] 李源, 刘贵波, 高洪文, 等. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 79-86.
- [36] 姜义宝, 崔国文, 李红. 干旱胁迫下外源钙对苜蓿耐旱相关生理指标的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(5): 32-36.
- [37] 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.
- [38] 刘秀莲, 王鹤, 张跃, 等. 苜蓿耐旱性及其育种研究进展[J]. 内蒙古草业, 2006, 18(1): 46-51.
- [39] 戚志强, 王永雄, 曾昭海, 等. 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[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 134-142.
- [40] 邓芸, 曹宏, 章会玲. 庆阳市苜蓿生产区划[J]. 内蒙古草业, 2008, 20(4): 17-25.

Test and comprehensive assessment on the performance of 22 alfalfa varietiesCAO Hong¹, ZHANG Hui-ling¹, GAI Qiong-hui¹, CHEN Hong¹, ZHAO Man-lai²

(1. Agronomy and Forestry Science Department of Longdong University, Qingyang 745000, China;

2. Information and Engineering Department of Longdong University, Qingyang 745000, China)

Abstract: In the semi-arid area of eastern Gansu province, performance and stress-resistance testing were conducted with 22 domestic and introduced alfalfa (*Medicago sativa*) varieties. 1) There were no differences between varieties in breeding time in the first year, but in the next year, domestic variety and WL series became green earlier than other varieties and there were significant differences in flower budding for all varieties. The drought- and cold-resistance of most of the introduced varieties were no better than those of the domestic ones such as Gannong No. 1. 2) The analysis of three-year hay production showed a 6.4%—25.2% significant increase in 14 alfalfa varieties in contrasts with the Longdong variety. The hierarchy analysis indicated that the varieties could be divided into 4 ranks based on their performance; Phabulous and Gannong No. 1 were the best. 3) Some of the varieties, including Gannong No. 1, Phabulous, Algonquin, Ameristand, and Amerigraze, would be suitable for wide utilization in the Qingyang area because they all easily performed with high, more stable production, drought- and cold-resistance, and higher assessment scores. The rest, including Gannong No. 2, Alfaking, Xinjiang, Gannong No. 3, and Sanditi, could be used in some areas according to the individual ecological conditions, variety property and utilization target.

Key words: *Medicago sativa*; performance test; yield traits; stable production; hierarchy analysis; east Gansu province