

5 个紫花苜蓿品种在陇东地区的 引进筛选试验

曹 宏, 马生发, 韩 雍, 陈正武

(陇东学院农林科技学院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要:在陇东地区对引进的 WL-343HQ、WL-903HQ、惊喜、先行者、标杆 5 个紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种进行了为期 3 年的比较试验和抗旱性初步研究。结果表明, 5 个苜蓿品种均能在当地安全越冬, 除 WL-343HQ 越冬率为 84.7% 外, 其余品种越冬率都在 90% 以上。其中, 先行者产草量最高, 平均干草产量达 $8\,789.4\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其次为 WL-343HQ、惊喜、标杆、WL-903HQ。同时, 先行者的茎叶比、失水率和丙二醛含量最低, 脯氨酸含量最高, 表明其品质较好, 抗旱性较强。综合分析, 先行者苜蓿表现最优, 适宜作为陇东地区推广的首选品种。

关键词: 紫花苜蓿; 草产量; 抗旱性; 陇东地区

中图分类号: S816; S541⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2014)09-1761-06^{*}

Introduction and selection of 5 alfalfa cultivars in Longdong Region

CAO Hong, MA Sheng-fa, HAN Yong, CHEN Zheng-wu

(College of Agriculture and Forestry of Longdong University, Qingyang 745000, China)

Abstract: The preliminary study about drought resistance and comparative trials of 5 alfalfa cultivars were carried out in Eastern Gansu Province during last 3 years. The studied cultivars included WL-343HQ, WL-903HQ, Surprise, Pioneer and Post Mark. The results showed that all of these five alfalfa cultivars could pass through winter safely which had wintering rates of above 90% except that variety of WL-343 HQ had wintering rates of 84.7%. The Pioneer had the highest production with the average hay yield of $8\,789.4\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ which follow by WL-343HQ, Surprise, Post Mark, WL-903HQ. The Pioneer had the lowest stem-leaf ratio, water loss rate, malondialdehyde and highest proline content which suggested this cultivar had good quality and drought resistance. Among these studied cultivars, the Pioneer had optimal performance and was suitable for promoting in Longdong area as the preferred cultivars.

Key words: alfalfa; grass yield; drought resistance; Longdong

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

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 是多年生优良的豆科牧草, 因其高产稳产, 营养价值高, 适口性好, 具有抗旱、耐盐碱、固氮改土、保持水土等作用, 素有“牧草之王”和“饲料皇后”等美称, 是我国北方地区最重要的豆科牧草。目前, 我国种植面积约为 135

万 hm^2 , 居世界第 5 位^[1], 其中甘肃省苜蓿种植面积达 51.9 万 hm^2 , 占全国种植面积的 38%, 位居全国之首^[2]。陇东地区位于甘肃省东部, 属于干旱半干旱的黄土高原丘陵区, 是一个传统的半农半牧区, 当地牧草种植主要以苜蓿为主。大力发展以紫花苜蓿

* 收稿日期: 2013-09-03 接受日期: 2013-12-06

基金项目: 甘肃省科技成果转化项目“优质苜蓿种子高效生产技术集成及产业化开发”(1207NCNM138); “小型牧草收获机械示范及苜蓿生产基地建设”(1105NCNM099); 庆阳市科技攻关项目“优质苜蓿种子高效生产技术集成及产业化开发”(NK2011-22)

通信作者: 曹宏(1964-), 男, 甘肃西峰人, 教授, 学士, 主要从事旱地农作物育种和栽培研究。E-mail: caoh207@163.com

种植为基础的草食家畜产业,是当地近年来农业产业结构调整 and 农民增收的“十大工程”之一,并且苜蓿的产业化也得到了迅速发展。2011年,仅庆阳市种植紫花苜蓿 1 572 hm²,苜蓿留存面积达到6 120 hm²,种植面积占牧草总面积的 90%以上,成为甘肃紫花苜蓿留存面积最大的地区^[3]。

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。近年来,李春喜^[4]、吕林有等^[5]、赵海明等^[6]在我国北方(半)干旱和寒冷地区,马维国^[7]、杨红善等^[8]、曹国顺等^[9],分别在甘肃中部、河西走廊、夏河高寒等地分别进行了苜蓿品种引种研究。这些研究对各地优质苜蓿品种的筛选、区域布局和推广起到了重要的指导作用,但陇东地区的引种试验研究仅见曹宏等^[10-11]的报道。因此,本研究以 2010 年从全国苜蓿发展大会上新引进的 5 个国外紫花苜蓿品种为材料,通过 3 年的比较试验和初步抗旱性测定,以期从中选出高产、优质和适应性强的紫花苜蓿新品种,为陇东地区大面积推广优良品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在西峰区八里庙陇东学院农场,土壤为黑垆土。位于 108°35' E, 38°44' N, 海拔 1 421.0 m, 年降水量 527.1 mm,多集中在 7—9 月。年均气温 8.7 °C,有机质 11.10 g·kg⁻¹,全氮 0.81 g·kg⁻¹,速效磷 7.3 g·kg⁻¹,速效钾 194.0 g·kg⁻¹。属于中部半干旱塬区生态类型。牧草全年生长期 183~235 d,年

平均气温 7~9 °C,≥0 °C 积温 3 000~3 500 °C·d,日照时数 1 300~1 500 h,无灌溉条件。

1.2 试验方法

1.2.1 试验材料 供试 5 个苜蓿品种是 2010 年 5 月从百绿国际草业有限公司引入(表 1)。试验播种前,参照国家牧草种子检验规程—发芽试验(GB/T 2930.4—2001)方法^[12],用滤纸做苗床在 20 °C 的培养箱中培养,第 4 天统计发芽势,第 10 天统计发芽率。测定结果表明(表 1),各品种的发芽势和发芽率差异显著($P<0.05$),其中发芽势均符合国家三级标准,标杆、WL-903HQ、惊喜的发芽率符合国家二级标准(GB6141-85)。

1.2.2 试验设计与种植 试验小区面积 4 m×3 m, 3 次重复,随机区组排列。2010 年 5 月 28 日雨后趁墒开沟条播,小区间距 50 cm,行距 30 cm,播深 1~2 cm,覆土 1~1.5 cm,播后镇压。理论播种量按 15 kg·hm⁻² 计算^[3],再根据测定的种子用价(种子用价=发芽率×净度)和千粒重计算实际播种量。播种前施尿素 150 kg·hm⁻²,过磷酸钙 450 kg·hm⁻²,苜蓿苗期进行人工中耕除草。每年第 1 茬刈割后追施磷酸二铵 150 kg·hm⁻²。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生育期和越冬率 参考韩清芳和贾志宽^[13]的方法,参试品种每个小区留两行进行生育期观测,鉴别标准:50%的植株达到某一生育阶段即为达到该生育期,10%~20%的植株达到为初期,70%~80%的植株达到为盛期。2010 年越冬前,每小区选择中间两行,数取 1 m² 内的植株数,翌年返青后再数植株存活数,取 3 个重复平均值为越冬率。

表 1 供试紫花苜蓿品种来源及发芽试验

Table 1 Origin of alfalfa cultivars and germination test

编号 Code	品种 Cultivar	品种来源 Origin	秋眠指数 FD. class	净度 Purity/%	千粒重 Thousand seed weight/g	发芽势 Germination potential/%	发芽率 Germination rate/%
1	WL-903HQ	美国 America	9	99	2.71	96.0±3.1a	96.7±2.6a
2	惊喜 Surprise	加拿大 Canada	4	98	2.65	88.7±2.8ab	90.0±1.3ab
3	WL-343HQ	美国 America	4	99	2.70	81.3±1.3b	84.7±0.7b
4	先行者 Pioneer	加拿大 Canada	3	98	2.60	84.0±2.7b	88.0±2.6ab
5	标杆 Post Mark	澳大利亚 Australia	6	99	2.60	94.0±2.5a	98.0±3.8a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表 3、4、5 同。

Note: Different lower case letters within the same column show significant difference at 0.05 level. The same in Fig. 3,4,5.

1.3.2 株高和再生速度 每年第 1 茬现蕾期,每小区随机取 10 株,观测每株自地面到顶端生长点高度,取其平均值为株高。每年第 2 茬现蕾至初花期,每小区标识 10 株,每隔 10 d 测定株高,测定 3 次,生长速度为后一时期与前一时期的株高差值,求两次的平均值为不同品种的再生速度。

1.3.3 茎叶比和鲜干比 在苜蓿测产时,每个品种混合后称取鲜草 500 g,自然风干后测定鲜干比(植株鲜质量/茎叶干质量)和茎叶比(茎干质量/叶干质量)。取各茬的平均值为年度值。

1.3.4 产草量 2010 年 8 月 30 日(只测一茬)、2011 年 5 月 30 日和 7 月 20 日、2012 年 5 月 20 日和 7 月 30 日,在苜蓿第 1 茬和第 2 茬的初花期,每小区随机取 1 m² 内样点 3 个,每点刈割后称量,取均值为小区鲜草量,再根据鲜干比计算干草产量,年度产量为两茬干草产量之和。

1.3.5 叶片失水率 2011 年苜蓿第 2 茬生长期(6 月 2 日),参照龚富生和张嘉宝^[14]的方法,每小区随机取少量植株带回室内,迅速摘下植株上部叶片 10 g 放到培养皿中,置于 40 ℃ 烘箱内萎蔫失水。用称量法分别测定叶片萎蔫 2、3、4、5、6 h 的失水率。

失水率 = (最初叶片质量 - 某测定时间叶质量) / 最初叶片鲜质量 × 100%。

1.3.6 脯氨酸和丙二醛含量 植株取样时间同前,然后在室温下整株萎蔫 24 h,脯氨酸采用磺基水杨酸法测定,丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸法测定^[15]。

1.4 数据处理

试验数据在 Excel 2000 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分析,所有分析均在 SPSS15.0 专业统计软件中进行。

2 结果与分析

2.1 物候期和越冬率

播种当年,物候期中惊喜、标杆、先行者较早,WL-903HQ、WL-343HQ 稍迟(表 2)。当年越冬率中,先行者 > 惊喜 > 标杆 > WL-903HQ > WL-343HQ。总体看,不同品种在当地夏播条件下当年均能安全越冬(>85%),其中,先行者和惊喜苜蓿的越冬率显著高于 WL-903HQ 及 WL-343HQ($P < 0.05$)。

2.2 株高和再生速度

不同品种的株高,随着生长年限的增加而逐渐增加(表 3)。2010 年,先行者、WL-343HQ 和 WL-903HQ 之间差异不显著($P > 0.05$),但都显著高于惊喜和标杆($P < 0.05$);2011 年、2012 年,先行者也显著高于惊喜和标杆。3 年平均,先行者最高(68.6 cm),惊喜最低(60.9 cm),二者间差异显著。

从再生速度看,2010 年,先行者和标杆较快,WL-903HQ 和惊喜次之;WL-343HQ 最慢;2011 年,先行者、标杆和 WL-903HQ 较快,WL-343HQ 次之,惊喜最慢;2012 年,先行者和惊喜较快,其余三者较慢。3 年平均,先行者和标杆较快,并与惊喜及 WL-343HQ 差异显著($P < 0.05$)。

2.3 茎叶比

2010 年,先行者和 WL-343HQ 茎叶比最低,显著低于标杆和 WL-903HQ($P < 0.05$);2011 和 2012 年,先行者也是最低,除 WL-343HQ 外,均显著低于其他 3 个品种。3 年总体看,先行者最低,WL-343HQ 次之,标杆最高,但各品种平均值间差异不显著($P > 0.05$) (表 5)。

表 2 2010 年引种苜蓿品种的物候期和越冬率
Table 2 Phenological phase and overwintering survival rate of alfalfa cultivars in 2010

品种 Cultivar	播种期 Sowing date/mm-dd	出苗期 Seedling date/mm-dd	分枝期 Branching date/mm-dd	现蕾期 Budding date/mm-dd	初花期 Blooming date/mm-dd	枯黄期 Withering date/mm-dd	越冬率 Overwintering survival rate/%
WL-903HQ	05-28	06-11	07-16	08-13	08-30	11-12	89±5b
惊喜 Surprise	05-28	06-04	07-08	08-06	08-22	11-15	93±5a
WL-343 HQ	05-28	06-09	07-19	08-16	09-01	11-17	86±6b
先行者 Pioneer	05-28	06-07	07-10	08-09	08-26	11-15	96±4a
标杆 Post Mark	05-28	06-05	07-06	08-05	08-24	11-10	91±6ab

表 3 2010—2012 年不同苜蓿品种各年的株高
Table 3 Annual plant height of different alfalfa cultivars from 2010 to 2012 cm

品种 Cultivar	年份 Year			平均 Average
	2010	2011	2012	
WL-903HQ	35.9±5.9a	71.5±6.6a	93.7±5.0b	67.0a
惊喜 Surprise	33.1±4.7b	66.0±2.7c	83.7±7.8c	60.9b
WL-343HQ	36.1±1.8a	67.2±4.7ab	89.0±6.6b	64.1ab
先行者 Pioneer	37.5±7.6a	72.5±6.7a	95.7±8.0a	68.6a
标杆 Post Mark	34.6±7.6b	69.6±6.8b	92.3±5.1b	65.5ab

表 4 2010—2012 年不同苜蓿品种各年度的再生速度
Table 4 Annual plant re-growth rate of different alfalfa culitivars from 2010 to 2012 cm · 10 d⁻¹

品种 Cultivar	年份 Year			平均 Average
	2010	2011	2012	
WL-903HQ	5.3±0.2b	6.2±0.2a	5.0±0.2b	5.5ab
惊喜 Surprise	4.5±0.5b	2.2±0.4c	7.5±0.2a	4.7b
WL-343HQ	1.8±0.1c	4.5±0.2b	6.5±0.3b	4.3b
先行者 Pioneer	7.6±0.5a	6.6±0.3a	8.0±0.1a	7.4a
标杆 Post Mark	7.6±0.4a	6.5±0.2a	5.0±0.4b	6.4a

表 5 2010—2012 年不同苜蓿品种各年度的茎叶比
Table 5 Annual plant stem-leaf rate of different alfalfa cultivars from 2010 to 2012

品种 Cultivar	年份 Year			平均 Average
	2010	2011	2012	
WL-903HQ	0.81±0.03a	1.45±0.11a	1.33±0.07a	1.20a
惊喜 Surprise	0.74±0.01ab	1.44±0.13a	1.31±0.10a	1.16a
WL-343HQ	0.61±0.02b	1.35±0.09ab	1.29±0.12ab	1.08a
先行者 Pioneer	0.59±0.01b	1.25±0.17b	1.23±0.08b	1.02a
标杆 Post Mark	0.88±0.04a	1.49±0.12a	1.41±0.09a	1.26a

2.4 产草量

随着生长年限的增加不同苜蓿品种干草产量呈增加趋势(表 6)。其中,2010 年惊喜最高,先行者次之,WL-903HQ 最低,只有其他品种的 50%左右。2011 年先行者最高,WL-343HQ 次之,标杆最低;2012 年先行者仍最高,WL-343HQ 次之,WL-903HQ 最低。各年度中,其最高产量和最低产量间的差异均达极显著水平($P<0.01$),3 年平均产量次序为先行者 > WL-343HQ > 惊喜 > 标杆 > WL-903HQ。

2.5 抗性生理指标

对苜蓿品种进行高温胁迫,测定离体叶片的失

水率,结果表明(图 1),不同苜蓿品种的失水率是不同的,其由低到高依次为先行者 < WL-343HQ < 惊喜 < WL-903HQ < 标杆。对苜蓿品种进行干旱胁迫,其脯氨酸含量表现为惊喜 < WL-903HQ < 标杆 < WL-343HQ < 先行者(图 2);而丙二醛含量表现为先行者 < WL-343HQ < 标杆 < 惊喜 < WL903HQ(图 2)。

3 讨论与结论

本研究引进的 5 个品种,根据秋眠指数^[13,16]可归为 3 类:先行者(秋眠指数 3,下同)为秋眠性;惊喜(4)、WL-343HQ(4)、标杆(6)为半秋眠性;

表 6 2010—2012 年不同苜蓿品种各年度的总干草产量
Table 6 Annual plant hay yield of different alfalfa cultivars from 2010 to 2012

品种 Cultivar	年份 Year/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$			平均 Average/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	折合产量 Average yield/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$
	2010	2011	2012		
WL-903HQ	$0.17 \pm 0.01\text{cC}$	$0.71 \pm 0.09\text{bB}$	$1.17 \pm 0.31\text{bB}$	0.68bA	6 833.5
惊喜 Surprise	$0.37 \pm 0.49\text{aA}$	$0.82 \pm 0.20\text{aA}$	$1.20 \pm 0.06\text{bB}$	0.80abA	7 967.1
WL-343HQ	$0.29 \pm 0.01\text{bB}$	$0.85 \pm 0.17\text{aA}$	$1.36 \pm 0.14\text{aA}$	0.83aA	8 317.6
先行者 Pioneer	$0.33 \pm 0.06\text{aAB}$	$0.87 \pm 0.03\text{aA}$	$1.44 \pm 0.16\text{aA}$	0.88aA	8 789.4
标杆 Post Mark	$0.27 \pm 0.02\text{bB}$	$0.65 \pm 0.10\text{bB}$	$1.20 \pm 0.26\text{bB}$	0.71bA	7 051.4

注: 同列不同大、小写字母分别表示差异极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different lower case letters and capital letters within the same column show significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively.

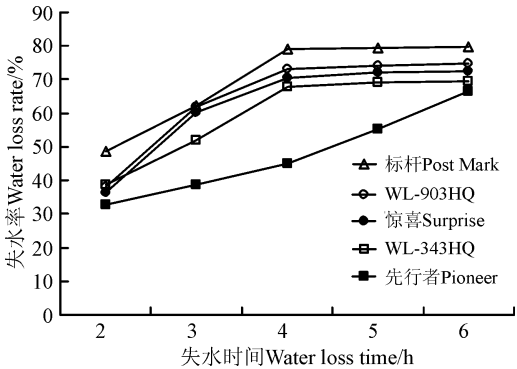


图 1 不同苜蓿品种叶片失水率变化
Fig. 1 Water loss rate of different alfalfa cultivars

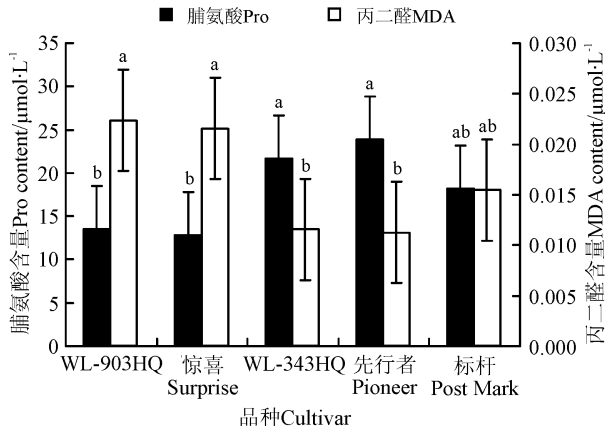


图 2 干旱胁迫下不同苜蓿品种脯氨酸和丙二醛含量比较
Fig. 2 Proline and MDA content of different alfalfa cultivars under drought stress

注: 不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different lower case letters for the same parameter indicate significant difference among different cultivars at 0.05 level.

WL-903HQ(9)为非秋眠性。一般来讲,秋眠性苜蓿品种,其抗寒性强,但生长速度慢^[17]。研究结果

表明,在当地夏播条件下,各品种虽能安全越冬,但当年越冬率和翌年返青期的差异比较显著 ($P < 0.05$),其中,先行者越冬率最高、第 2 年的返青期也最早。同时,3 年平均产量的顺序为先行者 $>$ WL-343HQ $>$ 惊喜 $>$ 标杆 $>$ WL-903HQ,与其秋眠指数的顺序(3、4、4、6、9)正好相反。这充分说明苜蓿的秋眠性与品种自身的生产力、再生性和耐寒性等高度的正相关^[13,14-17],特别在半干旱寒温带的陇东地区,秋眠级数越低,其抗寒性越强,越有利于增产,这和李明凤等^[18]的研究基本一致。而非秋眠性 WL-903 HQ,由于抗寒性差、越冬率低、返青迟,并在 5 月下旬播种的情况下,表现出严重的夏眠现象,即出苗慢,苗期匍匐性生长,分枝现蕾期迟。因此,总产量不高,不适合当地种植。

在旱作条件下,苜蓿的株高与产量呈正相关^[19],再生速度也是反映全年生长潜力的主要指标之一^[20]。同时茎叶比越低,粗蛋白质含量就越高,其饲料适口性越好^[21]。结果表明,先行者的株高、生长速度和茎叶比都表现出高度一致而且特别优异,特别是 3 年干草量也是最高,并与其他品种差异显著 ($P < 0.05$),表明先行者在引进品种中丰产性好、品质优良。同时,在干旱或高温胁迫下,离体叶片的失水率越低、体内脯氨酸的积累量越高、丙二醛积累的越少,其渗透调节能力越强、保水力就越高,抗旱性越好^[22-23]。先行者的脯氨酸含量最高,失水率和丙二醛含量最低,说明抗旱性最好,这也与其越冬率高度一致。总体来看,先行者在产量、品质和抗性等方面综合表现最优,适宜作为陇东地区大面积推广的首选品种。

本研究中,惊喜的株高和产量之间表现出非正

相关的特性,特别是引种当年株高最低,但产量位居第三,这和魏臻武等^[19]的研究结果不太一致,可能与该品种的再生性和分枝数有关。因为,惊喜的再生速度不算太慢,其中在雨水充足的2012年春夏之

际,惊喜的再生速度仅次于先行者。加上分枝数和第3茬产量没有测定^[11],这可能对其总产量有一定影响。同时,对于品种的抗逆性和营养成分,这只是一个初步的结论,还需要做进一步的研究和分析。

参考文献

- [1] 戚志强,王永雄,胡跃高,曾昭海. 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] 晁德林,王俊梅. 甘肃苜蓿产业化存在的主要问题和的发展趋势[J]. 草业科学,2011,28(2):327-330.
- [3] 曹宏,韩雍,方刚. 陇东地区紫花苜蓿丰产栽培技术试验研究[J]. 草业科学,2012,29(2):238-244.
- [4] 李春喜. 8个苜蓿品种在青海高原的比较试验[J]. 草业科学,2011,28(11):1998-2002.
- [5] 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.
- [6] 赵海明,谢渊,刘贵波,乔仁甫,张莉萍. 紫花苜蓿品种在河北低平原地区的引进筛选试验研究[J]. 中国草地学报,2006,28(3):16-20.
- [7] 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.
- [8] 杨红善,常根柱,周学辉,路远. 苜蓿引进品种半干旱半湿润区适应性试验[J]. 西北农业学报,2011,20(1):86-90.
- [9] 曹国顺,马隆喜,夏燕. 甘肃夏河高寒牧区紫花苜蓿引种试验[J]. 草业科学,2012,29(4):636-639.
- [10] 曹宏,章会玲,马永祥,陈红,方刚,韩霁光,张富忠. 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.
- [11] 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[J]. 草业学报,2011,20(6):219-229.
- [12] 李聪,王赞文. 牧草良种繁育与种子生产技术[M]. 北京:化学工业出版社,2008:247-251.
- [13] 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,2004:47-58,69-75.
- [14] 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.
- [15] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 第三版. 北京:高等教育出版社,2004:258-271.
- [16] 洪绂曾. 苜蓿科学[M]. 北京:中国农业出版社,2009:76-78,153-158.
- [17] 赵祥,岳文斌,任有蛇,董宽虎. 不同休眠级苜蓿品种数量性状的相关分析[J]. 草地学报,2005,13(4):282-286.
- [18] 李明凤,李平,王成章,叶芳林,樊文娜,张晓霞. 不同休眠级紫花苜蓿品种的生产性能在郑州地区的表现[J]. 草业科学,2008,25(6):45-50.
- [19] 魏臻武,符昕,曹致中,王晓俊,耿小丽,赵艳,朱铁霞. 苜蓿生长特性和产草量关系的研究[J]. 草业学报,2007,16(4):3-10.
- [20] 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.
- [21] 于辉,姚江华,刘荣,崔国文,侯少清. 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.
- [22] 王赫,刘利,周道玮. 4种苜蓿属植物幼苗的抗旱性研究[J]. 草地学报,2010,18(2):205-2110.
- [23] 范可章,陈灵,陈晓红. 4种紫花苜蓿幼苗期抗逆性比较研究[J]. 阜阳师范学院学报,2011,28(2):39-45.

(责任编辑 武艳培)