

Adaptability Evaluation of Introduced Seven Forage Sorghums in Yuzhong

Yanli Dou, Xu Qian*, Lu Bai, Yanlong Wang, Hailin Jin

Animal Husbandry and Fisheries Technology Promotion Center of Yuzhong, Yuzhong Gansu
Email: douyl@126.com, *qianxu88@126.com

Received: Jun. 5th, 2015; accepted: Jun. 23rd, 2015; published: Jun. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to select the suitable forage sorghums varieties in Yuzhong, the field comparative study on 7 varieties of forage sorghums was carried out. The plant height, fresh yield, tiller number, number and area of leaf, plant diam for different varieties of forage grasses were measured and analyzed using one-way analysis of variance and grey correlative analysis to comprehensively evaluate their production performance and adaptability. The results showed that the yield of *forage sorghum from Japan* was higher than other varieties, which was $118 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$; the second were *sorghum vulgare* × *S. Sudanese* 286 and *sorghum vulgare*; the lowest yield was *precocity sorghum vulgare* × *S. sudanese*, which was $69.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$. Forage sorghum from Japan had the best adaptability, and followed by *sorghum vulgare* and *sorghum vulgare* × *S. Sudanese* 286. This may be greatly helpful to these sorghums' scientific utilization.

Keywords

Forage Sorghums, Biological Character, Adaptability

7种禾本科牧草在榆中县的适应性评价

豆艳丽, 钱 续*, 白 露, 王彦龙, 金海林

甘肃省榆中县畜牧水产技术推广中心, 甘肃 榆中
Email: douyl@126.com, *qianxu88@126.com

收稿日期: 2015年6月5日; 录用日期: 2015年6月23日; 发布日期: 2015年6月30日

*通讯作者。

摘要

为筛选出适宜榆中县种植的牧草新品种,对7种禾本科牧草进行了田间种植比较试验,分别对各种牧草株高、产量、分蘖数、叶片数和叶片面积、株径等测定指标进行单因素方差分析和灰色关联分析,综合评价其生产性能和适应性。结果表明,产量最高的为日本饲用高粱,达 $118 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,其次是高丹草286和饲用高粱,早熟高丹草产量最低,为 $69.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$;灰色关联度综合评价中,日本饲用高粱适应性最强,其次为饲用高粱和高丹草286。这些研究结果可为牧草的科学推广提供理论依据。

关键词

禾本科牧草,生物学特性,适应性

1. 引言

禾本科(*Gramineae*)属单子叶植物,种类繁多,隶属莎草目,是种子植物中最大的科之一,广泛分布全世界,中国约有190多属,1200余种。该科牧草具有抗旱、耐贫瘠、耐盐碱、抗逆性强、营养丰富、产量高等优点[1][2],被广泛种植于干旱、半干旱地区,是规模养殖不可缺少的基础饲料之一,可做青饲、青贮或制作干草,而且高粱籽实含有丰富的营养物质,在籽粒接近成熟时收割,与茎叶一起青贮或青饲,饲喂奶牛效果显著[3][4]。为改善冬春季节青绿饲草短缺的现状,自2010年以来,引进日本饲用高粱并在榆中及周边地区大面积推广种植,取得了较好的经济效应。

优质牧草是牛羊等反刍动物的最佳天然食物[5],近年来随着草食畜牧业的迅猛发展,对优质牧草的需求量越来越大。我们在对甘肃省禾本科饲用牧草资源调研的基础上,继成功引进日本饲用高粱之后[6],2014年又引进了饲用高粱、高丹草286、高丹草287、早熟高丹草、饲用玉米、美国高粱,对这7种禾本科牧草的适应性进行了比较研究,通过对植株生育期变化、生长高度、分蘖数、叶片数量、叶片面积、株径、产量等指标观测分析,利用方差分析和灰色关联度分析综合评价它们的适应性,以期筛选出适宜榆中县推广种植的优质牧草品种,为大面积推广种植和高效利用提供理论依据,避免引种的盲目性。

2. 材料与方法

2.1. 试验田基本情况

试验田位于榆中县三角城乡白虎山,地处 $35^{\circ}9'22''\text{N}$, $104^{\circ}13'42''\text{E}$,海拔2013 m,年均降水量350 mm,蒸发量1400 mm,试验期间平均气温 20°C ,土壤类型为黄绵土,播种前精细整地,试验田施羊粪 $50 \text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,基肥芭田复合肥 $667 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,追肥尿素 $667 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

2.2. 供试品种

试验用禾本科牧草品种为日本饲用高粱(*forage sorghum from Japan*),从日本引进,由日本株式会社月行町农业协会提供;美国高粱(*forage sorghum from America*)、饲用高粱(*sorghum vulgare*)、高丹草286(*sorghum vulgare* × *S. Sudanese* 286)、高丹草287(*sorghum vulgare* × *S. Sudanese* 287)、早熟高丹草(*precocity sorghum vulgare* × *S. sudanese*)、饲用玉米(*Forage Maize*)6种品种由甘肃省农业科学院提供。

2.3. 试验设计及田间管理

试验田总面积 0.0608 hm^2 ($38 \text{ m} \times 16 \text{ m}$),其中试验区占地面积 0.0525 hm^2 ,其余为保护行和作业通

道。试验采用随机区组排列设计, 每个品种设 3 次重复, 共 21 个小区, 小区面积为 25 m^2 , 规格为 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$, 小区间距 50 cm , 每个小区播种 10 行, 行距为 50 cm , 株距为 30 cm 。播种时间为 5 月 2 日, 采用人工点播, 每穴播种子 2~3 粒, 点播深度 2~3 cm。

试验期为 150 d。期间, 6 月 23 日浇水一次, 浇水量为 $900\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 同时追施尿素 $667\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 试验期间共除草 2 次, 没有发现病虫害侵害。

2.4. 观测内容与测定项目

播种后定期观测记录牧草的生育进程, 从 40 d 开始, 每隔 20 d 测量株高, 测量时每小区随机选取 20 株进行测定, 计算平均值, 10 月 8 日收割青贮时测定分蘖数、株径、株高、产量等生物学指标。

2.5. 数据分析

计量资料以 $\bar{x} \pm SD$ 表示, 利用 spss19.0 统计软件对所测数据进行单因素方差分析, $P < 0.05$ 有统计学意义, 通过灰色关联分析方法对 7 种禾本科牧草的适应性进行综合评价。

3. 结果与分析

3.1. 生长观测及株高变化

3.1.1. 生育进程

了解牧草的生育期可以更好的选择刈割期。据观察, 播种后 11 d, 受试牧草进入苗期; 美国高粱和早熟高丹草播种后 70 d 进入孕穗期, 85 d 进入抽穗开花期, 饲用玉米 80 d 孕穗, 100 d 抽穗开花; 其余受试品种在 110 d 之后孕穗, 收割时仍不能正常抽穗开花。因此, 日本饲用高粱、高丹草 286、饲用高粱和高丹草 287 在当地不能正常成熟, 一直处于生物量增长期。

3.1.2. 株高变化

在全生育期, 各受试品种牧草的株高随生长时间增长均呈现“S”型曲线变化(见表 1), 40 d 至 80 d 增长速度最快, 株高以美国高粱生长速度最快, 饲用高粱、日本饲用高粱和高丹草 287 生长速度最慢, 80 d 各参试牧草的株高无显著性差异。80 d~120 d 是缓慢增长期, 其中美国高粱平均日增量最小, 为 0.73 cm 。各品种牧草株高稳定后, 以饲用玉米最高, 株高为 282.1 cm , 与美国高粱差异显著($P < 0.05$), 与其他 5 种牧草品种差异不显著($P > 0.05$)。其从高至低的顺序依次是高丹草 286 > 饲用高粱 > 日本饲用高粱 > 早熟高丹草 > 高丹草 287 > 美国高粱。快速增长期和缓慢增长期各品种间的差异性见表 1。

3.2. 禾本科牧草生产性能指标

分蘖数、叶片数量及面积、株高、株径、产量均是衡量牧草生产性能的指标, 各参试牧草相关指标的差异性见表 2。

分蘖数反应牧草再生能力的强弱, 分蘖数越多, 再生能力越强。除饲用玉米, 其余禾本科牧草的分蘖数差异不显著($P > 0.05$), 平均分蘖数范围为 $4.96 \sim 5.93$, 可见这 6 种禾本科牧草都具有较强的再生能力。

叶片面积和叶片数量是衡量牧草生产性能的指标, 植株叶片多、面积大, 相当于在地表上方形成了一个保护罩, 有效阻止土壤及株间水分的蒸发, 增强牧草的抗旱性能[6] [7]。叶片面积最大的是日本饲用高粱, 与高丹草 286、饲用高粱、饲用玉米差异不显著($P > 0.05$), 显著高于其余被试品种, 早熟高丹草和高丹草 287 叶片面积显著低于其他品种($P < 0.05$)。

株径以高丹草 287 和饲用玉米较大, 美国高粱最低, 显著低于其他 6 种牧草品种($P < 0.05$)。

产量是衡量牧草生产性能最重要的指标, 试验中产量最高的是日本饲用高粱, 鲜草产量达 $118.2\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,

Table 1. Changes of plant height with different varieties of forage grasses/cm
表 1. 各参试品种牧草不同生长期株高/cm

品种 Variety	快速增长期 Rapidly growth		缓慢增长期 Slowly growth		平稳期 Stable period	
	40 d	60 d	80 d	100 d	120 d	150 d
日本饲用高粱	18.19 ± 2.95 ^{ab}	96.50 ± 6.51 ^c	200.00 ± 12.12	231.67 ± 10.41 ^b	254.67 ± 5.50 ^b	254.7 ± 20.98 ^{abc}
高丹草 286	20.00 ± 3.20 ^{ab}	103.45 ± 5.95 ^{abc}	195.00 ± 10.00	252.67 ± 6.42 ^a	273.33 ± 5.77 ^a	277.27 ± 17.25 ^{ab}
饲用玉米	18.48 ± 6.2 ^{ab}	112.33 ± 2.75 ^{ab}	203.33 ± 11.84	257.00 ± 6.08 ^a	276.33 ± 2.88 ^a	282.10 ± 16.66 ^a
早熟高丹草	21.85 ± 3.71 ^a	113.55 ± 7.80 ^{ab}	200.00 ± 5.00	238.67 ± 7.76 ^b	244.67 ± 6.11 ^{bc}	254.63 ± 11.75 ^{abc}
高丹草 287	13.22 ± 2.07 ^b	99.17 ± 3.40 ^c	189.33 ± 3.05	230.00 ± 1.00 ^c	237.33 ± 3.21 ^{ab}	243.77 ± 26.62 ^{ab}
美国高粱	20.56 ± 4.69 ^{ab}	118.33 ± 7.63 ^a	208.00 ± 13.07	233.67 ± 7.76 ^c	237.33 ± 5.68 ^{ab}	237.37 ± 8.25 ^c
饲用高粱	14.56 ± 1.88 ^{ab}	96.33 ± 5.68 ^c	188.33 ± 7.63	238.67 ± 3.21 ^b	251.67 ± 10.40 ^b	255.03 ± 17.19 ^{abc}

注：同列不同小写字母表示相同生长期各参试牧草株高差异显著(P < 0.05)。

Table 2. Biological characteristic with different varieties of forage grasses
表 2. 各参试品种牧草的生物学特性

品种 Variety	分蘖数/个 Tiller number		叶片指标 Leaf parameter		株径/cm Plant diam	鲜草产量/t·hm ⁻² Fresh yield
	范围 Range	平均值 Mean	叶片数/个 Leaf number	叶片面积/cm ² Leaf area		
日本饲用高粱	3~11	5.67 ± 1.15	19~20	621.67 ± 58.75 ^a	1.78 ± 0.12 ^{ab}	118.20 ± 8.56 ^a
高丹草 286	3~9	5.40 ± 0.52	16~18	540.41 ± 60.95 ^{ab}	1.76 ± 0.15 ^{ab}	115.05 ± 27.19 ^a
饲用玉米(全株)	-	-	16~18	559.50 ± 36.65 ^a	1.90 ± 0.26 ^a	91.95 ± 27.86 ^{ab}
早熟高丹草	3~8	4.57 ± 1.28	12~13	413.27 ± 48.48 ^c	1.67 ± 0.28 ^{ab}	69.00 ± 12.10 ^b
高丹草 287	2~8	4.96 ± 0.25	14~15	438.08 ± 30.15 ^c	1.94 ± 0.31 ^a	102.00 ± 10.04 ^a
美国高粱	2~8	5.40 ± 0.41	14~15	462.86 ± 34.74 ^{bc}	1.50 ± 0.03 ^b	70.95 ± 4.29 ^b
饲用高粱	4~11	5.93 ± 1.11	16~17	589.47 ± 77.74 ^a	1.73 ± 0.05 ^{ab}	109.35 ± 10.51 ^a

注：同列不同小写字母表示各参试牧草生物学指标差异显著(P < 0.05)。

与高丹草 286、饲用高粱、高丹草 287、饲用玉米差异不显著(P > 0.05)，但显著高于早熟高丹草和美国高粱(P < 0.05)。本试验中产量最低的为早熟高丹草，其鲜草产量为 69 t·hm⁻²，高于本地高粱产量(52.50 t·hm⁻²)，可见试验中的 7 种禾本科牧草具有较高的生物产量优势。

总体看，日本饲用高粱、高丹草 286、饲用高粱在分蘖数、叶片数和单株叶片面积、株径、亩产量等多个性状方面均表现突出，其余牧草品种仅在某一性状或部分性状表现突出，如饲用玉米株径和株高值较大，但再生能力弱，美国高粱虽然分蘖旺盛，但株径和株高值在 7 种禾本科牧草中最低。

3.3. 灰色关联方法综合评价

选取分蘖数、叶片面积、株径、株高和产量 5 项指标作为灰色关联分析的指标，对 7 种禾本科牧草试验结果进行多性状综合分析(见表 3)，首先对原始数据进行初值化处理，采用苏天增等[8]方法进行等权关联度和加权关联度计算，关联度大的品种与参考品种(理想品种)最为接近，所以关联度越大，说明牧草的适应性越强。

综合分析表明，各参试品种的等权关联度和加权关联度排序基本一致，最好的品种和最差的品种一

Table 3. Grey correlative degree and Sequence with different varieties of forage grasses
表 3. 各受试品种牧草的等权关联度、加权关联度及排序

品种 Variety	等权关联度 Epuweighted incidence sequence	排序 Sequence	加权关联度 Weighted incidence sequence	排序 Sequence
美国高粱	0.6515	6	0.4785	6
日本饲用高粱	0.8836	1	0.7555	1
高丹草287	0.7392	4	0.5658	5
饲用玉米	0.7171	5	0.5890	4
高丹草286	0.8303	3	0.6688	3
早熟高丹草	0.6340	7	0.4596	7
饲用高粱	0.8450	2	0.6813	2

致。关联度排序居于前三位的是日本饲用高粱、饲用高粱和高丹草 286，最差的品种为早熟高丹草，可见日本饲用高粱、饲用高粱和高丹草 286 在本地更具有适应性。

4. 讨论

1) 生育期的长短与干物质积累及籽粒产量的高低密切相关，了解牧草的生育期可以更好的选择收获期[9] [10]。本试验表明，7种牧草生育进程存在差异，日本饲用高粱、高丹草286、饲用高粱、高丹草287孕穗较晚，一直处于生物量不断增长期，收割时仍不能正常抽穗开花，由于牧草在40 d~80 d 生长速度最快，准确把握这一增长时段，考虑在播种后3个月刈割用作青饲，可获得最大产量。美国高粱和早熟高丹草生育期短，孕穗期、抽穗期、成熟期各个阶段持续时间短，这有助于干物质和籽粒产量的积累[10]，高粱籽实中含有丰富的营养物质，籽粒产量也是影响整株高粱营养价值的因素之一，对于其干物质积累规律、籽粒产量性状及其影响因素有待进一步研究。

2) 研究表明，7种禾本科牧草都具有本地高粱无可替代的优势，其一，它们的抗旱性能强，产量高。榆中县地处甘肃省中部，较干旱，年均降水量仅 350 mm，整个试验期灌溉 1 次，参试牧草产量均比较高，在 $69 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上，最高可达 $118 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，目前国内的高产纪录产量 $157.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，一般产量 $60 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\sim 120 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，我县普遍种植的本地高粱产量为 $52.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，可见这 7 种牧草在产量上有很大的优势。此外，有研究证实种植密度对牧草产量有极显著的差异[11]，本试验种植行距为 50 cm，适当提高种植密度可以提高产量。其二，它们的茎秆粗壮，叶片宽大肥厚，叶量丰富，更利于进行光合作用，提高光合效率，在短时间内形成较大的生物量[12]，这也是其生物学产量高的原因。

3) 自中国第一个高丹草杂交品种皖草 2 号育成[13]，此后山西、辽宁农科院选育出了晋草 1 号、辽草 1 号等高产新品种，近年来很多地区从国外引进牧草新品种并推广种植，高粱的种植面积在全国范围内逐渐扩大，由于青贮高粱产量高于青贮玉米，而且饲喂肉牛育肥效果好于青贮玉米，营养价值高[14] [15]，因此随着畜牧养殖业的发展，牧草种植及饲草料供应模式将由传统的玉米青贮转变为高粱青贮，筛选出适宜榆中县推广种植的高粱新品种势在必行。本试验表明，除饲用玉米外，其余被试牧草分蘖旺盛，再生能力强，在畜牧业发展方面利用形式灵活，根据其生育期，日本饲用高粱、高丹草 286、饲用高粱、高丹草 287 可以夏季刈割用于青饲，也可秋季青贮，饲用玉米、美国高粱和早熟高丹草更适宜秋季青贮。

4) 综合评判牧草品种是引种的重要环节，灰色关联分析方法是近几年广泛用于新品种选育的分析方法，能够准确反映新品种综合生产性能的优劣。本试验综合分析表明，日本饲用高粱综合性状最好，其次是饲用高粱、高丹草 286，最差的为早熟高丹草和美国高粱。同时也可以看出，凡综合评价好的品种，

在多个性状上均表现突出, 综合评价差的品种, 仅仅部分性状表现突出。因此在优质牧草的示范推广工作中, 应优先考虑日本饲用高粱、饲用高粱和高丹草 286 这 3 个品种。

基金项目

日本饲用高粱引种与示范推广(项目编号: 2013-1-26)。

参考文献 (References)

- [1] 陈默君, 贾慎修 (2001) 中国饲用植物. 中国农业出版社, 北京.
- [2] 王艳秋, 张志鹏, 朱凯 (2005) 优质饲料高粱的加工利用. *农产品加工*, **9**, 32-33.
- [3] 陈宝书 (2001) 牧草饲料作物栽培学. 中国农业出版社, 北京, 434-435.
- [4] 李建平, 郭孝 (2007) 国内外饲用高粱生产、科研状况及应用前景. *饲料研究*, **10**, 68-70.
- [5] 吴金霞, 陈彦龙, 何近刚, 等 (2007) 生物技术在牧草品质改良中的应用. *草业学报*, **1**, 1-9.
- [6] 钱续, 尹作乾, 金海林, 等 (2012) 日本饲用高粱夏播试验及营养价值分析. *草业科学*, **2**, 327-330.
- [7] 杜菁昀, 杜占池, 崔骁勇 (2003) 内蒙古典型草原地区常见植物光合、蒸腾速率和水分利用效率的比较研究. *草业科学*, **6**, 11-15.
- [8] 苏天增, 裴冬丽, 侯乐新 (2000) 小麦新品种的灰色关联度分析. *河南师范大学学报: 自然科学版*, **4**, 76-80.
- [9] 高占魁, 刘景辉, 段宇坤, 等 (2007) 不同饲用高粱植株形态特征及物质生产特性. *华北农学报*, **S3**, 66-70.
- [10] 艾买尔江·吾斯曼, 吐热衣夏木·依米提, 张苏江 (2013) 不同基因型甜高粱品种干物质积累规律研究. *塔里木大学学报*, **1**, 39-41.
- [11] 李春喜, 董喜存, 李文建, 等 (2010) 甜高粱在青海高原种植的初步研究. *草业科学*, **9**, 75-81.
- [12] 魏海森 (2004) 饲用高粱生长及饲用效益. *当代畜牧*, **8**, 29-30.
- [13] 全国牧草品种审定委员会 (1999) 中国牧草登记品种集. 中国农业大学出版社, 北京, 29.
- [14] 张元来, 白晶晶 (2014) 青贮甜高粱与玉米秸秆饲喂肉牛效果研究. *中国牛业科学*, **5**, 35-36.
- [15] 袁保京, 王若瑾, 姜洁凌, 等 (2014) 高粱的营养价值及其在猪、鸡饲料与养殖生产中的应用研究进展. *中国畜牧杂志*, **18**, 70-75.