

天津地区饲用高粱属作物品种生长适应性比较

张一为¹,王鸿英¹,王显国²,孟庆江¹,王振国³,曹学浩¹,
郑桂亮¹,孙志强²

(1. 天津市农业发展服务中心,天津 300061;2. 中国农业大学草业科学与技术学院,北京 100193;
3. 通辽市农业科学研究院,内蒙古 通辽 028015)

摘要:为筛选适宜天津地区种植的饲用高粱属作物品种,于2019年在天津市宁河区实验林场选择了21个饲用高粱属作物品种,进行物候期观测、农艺性状比较及在抽穗期收获后测定鲜草产量及干草产量。结果表明:参试的饲用高粱属作物品种的物候期有显著差异,其中晋牧1号、晋牧3号的生育期最短,光明星、甘露400的生育期最长。辽甜13号的株高最大,其次是辽甜6号、通甜1号、苏丹草A535XR43-02、苏丹草A506XR43-03、辽甜3号;金冠的株高最小,显著低于除高优123外的其他参试品种($P<0.05$)。参试品种的叶干重和茎干重占总干物质重的比值有显著差异($P<0.05$)。辽甜13号、辽甜3号的鲜草产量和干草产量均排在前2位。根据聚类分析结果,可将21个饲用高粱品种分为4类。不同饲用高粱属作物品种在天津地区的综合表现差异显著,其中,辽甜6号、通甜1号、辽甜13号、苏丹草A535XR43-02、苏丹草A506XR43-03、冀草2号、冀草8号、辽甜1号和辽甜3号等品种在天津地区均有较好的适应性,可作为优质饲草品种的备选材料在天津及周边地区推广种植。

关键词:饲用高粱;农艺性状;产量

中图分类号:S514.038 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)02-0136-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyecp.2021.02.019

饲用高粱属(*Sorghum*)作物,是畜牧业一种良好的饲草^[1]。随着我国畜牧业的发展,对粗饲料的要求日渐增加,开发和利用优质粗饲料可以缓解畜多草少的压力,也可以促进节粮型畜牧业的发展。研究表明,大多数饲用高粱属作物具有产量高、品质好、抗逆性强、适应性广等特点^[2]。其中,苏丹草分蘖能力强、再生性好、营养价值高、适口性好^[3];高丹草茎秆细,茎叶柔软,再生性好^[4];饲用甜高粱产量高,抗性好,且具有

较高的碳水化合物^[5]。饲用高粱属作物既可做牧草放牧,又可刈割做青饲、青贮或调制干草,具有较大开发价值^[6]。

近年来,随着粮改饲政策的实施与节粮型草牧业的发展,饲用高粱属作物作为高产优质的饲草已经得到广泛关注^[7]。国内外学者对饲用高粱属作物的饲草化利用开展了大量的研究,主要集中于饲草高粱属作物的栽培技术、生产性能、营养品质和饲用价值等方面^[8-10]。美国、澳大利亚、新西兰、印度等国家都有种植饲用甜高粱^[11],美国对饲用高粱属的研究较早,且是世界上高粱生产大国之一,其70%的饲用高粱和青贮高粱都用于养殖业^[12]。目前,我国各地为满足家畜对饲草料的需求而加大育种和引种力度,并对适合各地区的栽培和利用技术进行深入研究^[13]。我国饲用高粱属作物品种繁多,不同地区适应种植的品种各异。刘庭玉等^[14]对不同品种饲用高粱在内蒙古科尔沁地区的适应性进行了相关研究,筛选出了当地适用的饲用高粱属品种。莫负涛等^[15]研究也表明,不同饲用高

收稿日期:2020-05-19; **修回日期:**2020-06-23

基金项目:天津市奶牛产业技术体系创新团队(ITTCRS2017004);国家谷子高粱产业技术体系(CARS-06-13-5-B14);优质青粗饲料资源开发利用示范项目(16190051)

作者简介:张一为(1989-),男,河北承德人,硕士,主要从事饲草生产技术推广工作。

E-mail:811697803@qq.com

孙志强为通讯作者。E-mail:szq141835@sina.com

梁品种在不同地域的表现性状完全不同。目前,天津及周边地区的饲用高粱属作物的适应性比较报道较少。因此,本研究收集了 21 个国内应用的饲用高粱属作物品种,通过比较其物候期、株高、茎叶比、鲜草产量、干草产量、干鲜比等农艺性状,初步筛选适应天津地区种植的饲用高粱属作物品种,为进一步的品种筛

选缩小范围,最终为形成适合天津及周边地区饲用高粱属作物品种的种植利用模式提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本试验选用材料的具体情况见表 1。

表 1 供试材料

Table 1 Experimental material

序号	品种	类型	序号	品种	类型
1	冀草 2 号	高丹草	12	苏丹草 A535XR43-02	苏丹草
2	冀草 6 号	高丹草	13	苏丹草 A506XR43-03	苏丹草
3	冀草 8 号	高丹草	14	苏丹草 A506XR51-01	苏丹草
4	辽甜 1 号	甜高粱	15	饲用高粱 BMR3631	饲草高粱
5	辽甜 3 号	甜高粱	16	饲用高粱 FS3501	饲草高粱
6	辽甜 6 号	甜高粱	17	高优 123	饲草高粱
7	辽甜 13 号	甜高粱	18	金冠	饲草高粱
8	通甜 1 号	甜高粱	19	海狮	饲草高粱
9	晋牧 1 号	高丹草	20	光明星	高丹草
10	晋牧 3 号	高丹草	21	甘露 400	饲草高粱
11	苏丹草 A506XR10-10	苏丹草			

1.2 试验地点

试验于 2019 年 6~10 月在天津市宁河区(N 39°33',E 117°82')实验林场进行。该地年均温 11℃,平均湿度 66%。最低气温-5.8℃,出现在 1 月,最高气温 25.7℃,出现在 7 月。平均年降水量为 600 mm,其中 70%的降水集中在 6、7 和 8 月。全年无霜期 240 d。试验地土壤肥力中等且均匀。

1.3 试验设计

试验选择 21 个饲用高粱属作物品种,于 2019 年 6 月将供试品种进行人工播种。试验采用随机区组设计,3 次重复,同一区组布置在同一地块,试验地四周设 1 m 保护行。采用条播,行距 0.5 m,每小区播种 6 行,播种深度 2~3 cm,播后镇压,三叶期间苗,五叶期定苗,定苗后株距保证在 0.2 m。小区面积 30 m²(长 6 m×宽 5 m)。播前浇好底墒水,底肥复合肥 600 kg/hm²。拔节及灌浆期统一追肥灌水,追施尿素 22.5 kg/hm²,中耕除草,供试材料在抽穗期统计相关性状,刈割时留茬高度 15 cm。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 物候期观测 主要包括播种期、出苗期、分蘖期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期。

1.4.2 农艺性状和生物学产量的测定 (1)株高:测

量从植株底部到植株最高部位的绝对高度。测量时每小区选取 5 株,求平均值。(2)茎叶比:刈割时每小区取代表性植株 2~3 株,人工将其茎、叶(包括花序和穗)分开,待自然风干后各自称重,茎叶比=风干后茎的重量/风干后叶的重量。(3)鲜草产量测定:抽穗期测定产量,测产时去掉小区两侧边行及行头 0.5 m,收中间 4 行,长 5 m×宽 2 m(10 m²)的植株鲜草重。(4)干鲜比:刈割时每小区取代表性植株 2~3 株,称鲜重,将茎秆压破,待自然风干后称其干重,计算干鲜比(干鲜比=植株总干重/植株总鲜重)。(5)干草产量测定:根据鲜草产量和干鲜比进行计算得出干草产量。

1.5 数据统计方法

数据采用 Excel 2007 进行整理,采用 SPSS 19.0 统计分析软件进行单因素方差分析和聚类分析。 $P < 0.01$ 为差异极显著, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同饲用高粱属作物品种物候期比较

参试的 21 个饲用高粱属作物品种的物候期出现明显差异(表 2)。冀草 6 号、晋牧 1 号、晋牧 3 号、饲用高粱 BMR3631 的出苗期较早,较其他品种早 2~3 d。辽甜 1 号、高优 123、海狮、光明星 4 个品种的分蘖期

最晚(6月29日),大部分品种的分蘖期集中于6月25日,即播种21 d后分蘖。拔节期普遍在6月30日左右,即播种26 d后拔节。同样,辽甜1号、高优123、海狮、光明星4个品种的拔节期晚1~2 d,于7月2日观察到拔节。相比于出苗期、分蘖期、拔节期而言,21个参试饲用高粱属作物品种在孕穗期、抽穗期、开花期

表现出更明显的差异。晋牧1号、晋牧3号的孕穗期、抽穗期、开花期均较早,分别为8月20日、8月28(27)日和9月6日。光明星、甘露400的孕穗期、抽穗期、开花期较晚,分别为9月25日、10月2日和10月12日。品种之间物候期时间差异最大者超过30 d(表2)。

表2 21个饲用高粱属作物品种的生育时期

Table 2 The phenology of 21 sorghum cultivars grown

月-日

序号	品种	播种期	出苗期	分蘖期	拔节期	孕穗期	抽穗期	开花期
1	冀草2号	06-04	06-17	06-28	07-01	09-06	09-12	09-25
2	冀草6号	06-04	06-14	06-25	06-29	08-25	09-01	09-06
3	冀草8号	06-04	06-16	06-27	07-01	09-16	09-25	10-01
4	辽甜1号	06-04	06-17	06-29	07-02	09-11	09-16	09-25
5	辽甜3号	06-04	06-15	06-26	06-30	09-11	09-17	09-25
6	辽甜6号	06-04	06-15	06-26	06-30	08-29	09-16	09-25
7	辽甜13号	06-04	06-17	06-28	07-01	09-08	09-17	09-25
8	通甜1号	06-04	06-15	06-25	06-29	08-29	09-06	09-25
9	晋牧1号	06-04	06-14	06-25	06-29	08-20	08-28	09-06
10	晋牧3号	06-04	06-14	06-25	06-30	08-20	08-27	09-06
11	苏丹草 A506XR10-10	06-04	06-15	06-25	06-30	08-28	09-06	09-20
12	苏丹草 A535XR43-02	06-04	06-17	06-25	06-30	08-28	09-06	10-01
13	苏丹草 A506XR43-03	06-04	06-15	06-28	07-01	09-17	09-25	10-02
14	苏丹草 A506XR51-01	06-04	06-17	06-26	06-30	09-08	09-14	09-25
15	饲用高粱 BMR3631	06-04	06-14	06-26	06-30	09-05	09-14	09-26
16	饲用高粱 FS3501	06-04	06-17	06-25	06-29	08-27	09-06	09-12
17	高优123	06-04	06-17	06-29	07-02	09-17	09-25	10-02
18	金冠	06-04	06-17	06-25	06-29	08-21	08-30	09-05
19	海狮	06-04	06-17	06-29	07-02	09-17	09-25	10-02
20	光明星	06-04	06-17	06-29	07-02	09-25	10-02	10-12
21	甘露400	06-04	06-17	06-28	07-01	09-25	10-02	10-12

2.2 不同饲用高粱属作物品种农艺性状比较

供试品种的农艺性状在品种间均存在不同程度的差异。不同品种的株高为137.67~372.33 cm,不同品种间存在显著差异($P<0.05$),其中辽甜13号的株高最大(372.33 cm),其次为辽甜6号、通甜1号、苏丹草 A535XR43-02、苏丹草 A506XR43-03 和辽甜3号。金冠品种的株高最小(137.67 cm),显著低于除高优123外的其他参试品种($P<0.05$)。各个品种的叶干重和茎干重占总干物质重的比值有显著差异($P<0.05$)。其中,苏丹草 A506XR10-10的叶干重/总重的比值最大,依次是金冠和高优123,其叶干重/总重的比值均高于40%。茎干重/叶重比值最高的依次是苏丹草 A535XR43-02、辽甜13号、辽甜1号。参试饲用

高粱品种的茎叶比为1.07~3.26(表3)。

2.3 不同饲用高粱属作物品种生物学产量比较

参试品种的鲜草产量为12.55~63.35 kg/(10 m²),其中辽甜13号的鲜草产量最高,其次是辽甜3号、辽甜1号、通甜1号、辽甜6号。而高优123的鲜草产量最低,仅为12.55 kg/(10 m²),约为辽甜13号鲜草产量的80%(表4)。参试品种的干鲜比有显著差异($P<0.05$),其中海狮、苏丹草 A535XR43-02 和高优123的干鲜比均超过50%,晋牧1号的干鲜比最小,为25.49%。21个参试饲用高粱属作物品种的干草产量有显著差异($P<0.05$)。干草产量排在前三位的是辽甜13号、辽甜3号和苏丹草 A535XR43-02,排在后三位的是金冠、饲用高粱 FS3501、高优123。

表 3 21 个饲用高粱属作物品种的农艺性状比较

Table 3 Agronomic characteristics of 21 sorghum cultivars

序号	品种	株高/cm	位次	(叶干重/总重)/%	(茎干重/总重)/%	茎叶比/%
1	冀草 2 号	323.33 ^{abcd}	8	26.84 ^c	73.16 ^a	2.73
2	冀草 6 号	221.33 ^{fgh}	16	28.28 ^c	71.17 ^a	2.54
3	冀草 8 号	316.00 ^{bcd}	9	32.30 ^{abc}	67.69 ^{abc}	2.10
4	辽甜 1 号	334.67 ^{abc}	7	26.46 ^c	73.53 ^a	2.78
5	辽甜 3 号	348.00 ^{ab}	6	27.04 ^c	72.95 ^a	2.70
6	辽甜 6 号	370.67 ^a	2	29.07 ^{bc}	70.92 ^{ab}	2.44
7	辽甜 13 号	372.33 ^a	1	25.38 ^c	74.61 ^a	2.94
8	通甜 1 号	366.67 ^{ab}	3	27.78 ^c	71.14 ^a	2.60
9	晋牧 1 号	244.00 ^{ef}	13	33.98 ^{abc}	66.04 ^{abc}	1.95
10	晋牧 3 号	274.67 ^{de}	11	32.65 ^{abc}	67.34 ^{abc}	2.06
11	苏丹草 A506XR10-10	185.00 ^{gh}	19	48.35 ^a	51.64 ^c	1.07
12	苏丹草 A535XR43-02	363.33 ^{ab}	4	23.45 ^c	76.54 ^a	3.26
13	苏丹草 A506XR43-03	352.67 ^{ab}	5	27.03 ^c	72.96 ^a	2.70
14	苏丹草 A506XR51-01	232.00 ^{efg}	14	32.85 ^{abc}	67.15 ^{abc}	1.33
15	饲用高粱 BMR3631	188.33 ^{gh}	18	38.12 ^{abc}	61.87 ^{abc}	1.62
16	饲用高粱 FS3501	198.00 ^{fgh}	17	27.79 ^c	72.20 ^a	2.60
17	高优 123	180.00 ^{hi}	20	40.16 ^{abc}	59.84 ^{abc}	1.49
18	金冠	137.67 ⁱ	21	45.16 ^{ab}	54.84 ^{bc}	1.21
19	海狮	293.33 ^{cd}	10	28.70 ^c	71.30 ^a	2.48
20	光明星	231.67 ^{efg}	15	36.30 ^{abc}	63.70 ^{abc}	1.75
21	甘露 400	274.33 ^{de}	12	27.72 ^c	72.28 ^a	2.61
	SEM	9.66		1.20	1.20	
	P 值	<0.001		0.040	0.040	

注:同一列标注不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同

表 4 21 个饲用高粱品种的生物产量比较

Table 4 Comparison of biological yields of 21 sorghum cultivars and their ranking

序号	品种	鲜草产量/ (kg · 10m ⁻²)	干鲜比/%	干草产量/ (kg · 10m ⁻²)	折合干草产量/ (kg · hm ⁻²)	位次
1	冀草 2 号	45.88 ^{bc}	32.97 ^{cde}	15.13 ^{defg}	15 140.85	10
2	冀草 6 号	25.48 ^{efg}	30.75 ^{cde}	7.92 ^{hi}	7 923.90	16
3	冀草 8 号	42.97 ^{cd}	40.94 ^{abcd}	17.57 ^{def}	17 575.50	8
4	辽甜 1 号	61.33 ^a	35.20 ^{cde}	21.35 ^{bcd}	21 357.30	4
5	辽甜 3 号	61.65 ^a	42.04 ^{abcd}	25.85 ^{ab}	25 866.30	2
6	辽甜 6 号	56.35 ^{ab}	38.06 ^{abcde}	21.34 ^{bcd}	21 347.40	5
7	辽甜 13 号	63.35 ^a	44.35 ^{abc}	27.72 ^a	27 733.80	1
8	通甜 1 号	57.23 ^{ab}	33.28 ^{cde}	19.07 ^{cde}	19 079.55	6
9	晋牧 1 号	34.43 ^{cde}	25.49 ^e	8.83 ^{ghi}	8 834.40	14
10	晋牧 3 号	34.33 ^{cde}	37.34 ^{abcde}	12.60 ^{efgh}	126 030.00	12
11	苏丹草 A506XR10-10	34.65 ^{cde}	37.50 ^{abcde}	12.95 ^{efgh}	12 953.10	11
12	苏丹草 A535XR43-02	42.00 ^{cd}	51.65 ^a	22.07 ^{abc}	22 084.35	3
13	苏丹草 A506XR43-03	38.12 ^{cd}	45.62 ^{abc}	16.98 ^{def}	16 985.10	9
14	苏丹草 A506XR51-01	31.30 ^{def}	34.99 ^{cde}	11.17 ^{fgh}	11 172.30	13
15	饲用高粱 BMR3631	18.58 ^{gh}	36.54 ^{bcde}	6.26 ^{hi}	6 263.10	20

续表 4

序号	品种	鲜草产量/ ($\text{kg} \cdot 10\text{m}^{-2}$)	干鲜比/%	干草产量/ ($\text{kg} \cdot 10\text{m}^{-2}$)	折合干草产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	位次
16	饲用高粱 FS3501	23.85 ^{efgh}	34.74 ^{cde}	8.52 ^{hi}	8 520.90	15
17	高优 123	12.55 ^h	50.21 ^{ab}	6.27 ^{hi}	6 273.15	19
18	金冠	13.22 ^{gh}	28.08 ^{de}	3.70 ⁱ	3 698.55	21
19	海狮	34.75 ^{cde}	52.14 ^a	18.09 ^{cde}	18 102.45	7
20	光明星	16.50 ^{gh}	44.26 ^{abc}	7.44 ^{hi}	7 440.45	17
21	甘露 400	19.53 ^{fgh}	37.88 ^{abcde}	7.40 ^{hi}	7 407.00	18
	SEM	2.15	1.20	1.12		
	P 值	<0.001	0.003	<0.001		

2.4 21 个饲用高粱属作物品种适应性的聚类分析

以参试品种的株高、叶干重占总干重比值、茎干重占总干重比值、茎叶比、鲜草产量、干鲜比、干草产量作为分析变量,采用欧氏距离法对 21 个参试品种进行聚类分析(图 1)。当取距离等于 10 时,可将 21 个品种分为 4 类,分别是辽甜 6 号、通甜 1 号、辽甜 13 号、苏丹草 A535XR43-02、苏丹草 A506XR43-03、冀草 2 号、冀草 8 号、辽甜 1 号和辽甜 3 号为 1 类;晋牧 3 号、甘露 400 和海狮为 1 类;冀草 6 号、苏丹草 A506XR51-01、光明星、晋牧 1 号、饲用高粱 BMR3631、高优 123、饲用高粱 FS3501 和苏丹草 A506XR10-10 为 1 类;金

冠单独为 1 类。当取距离为 15 时,可将 21 个品种分为 3 类,分别是辽甜 6 号、通甜 1 号、辽甜 13 号、苏丹草 A535XR43-02、苏丹草 A506XR43-03、冀草 2 号、冀草 8 号、辽甜 1 号、辽甜 3 号、晋牧 3 号、甘露 400 和海狮为 1 类;冀草 6 号、苏丹草 A506XR51-01、光明星、晋牧 1 号、饲用高粱 BMR3631、高优 123、饲用高粱 FS3501 和苏丹草 A506XR10-10 为 1 类;金冠单独为 1 类。综合各个指标整体分析,辽甜 6 号、通甜 1 号、辽甜 13 号、苏丹草 A535XR43-02、苏丹草 A506XR43-03、冀草 2 号、冀草 8 号、辽甜 1 号和辽甜 3 号类群在天津地区有较好的适应性(图 1)。

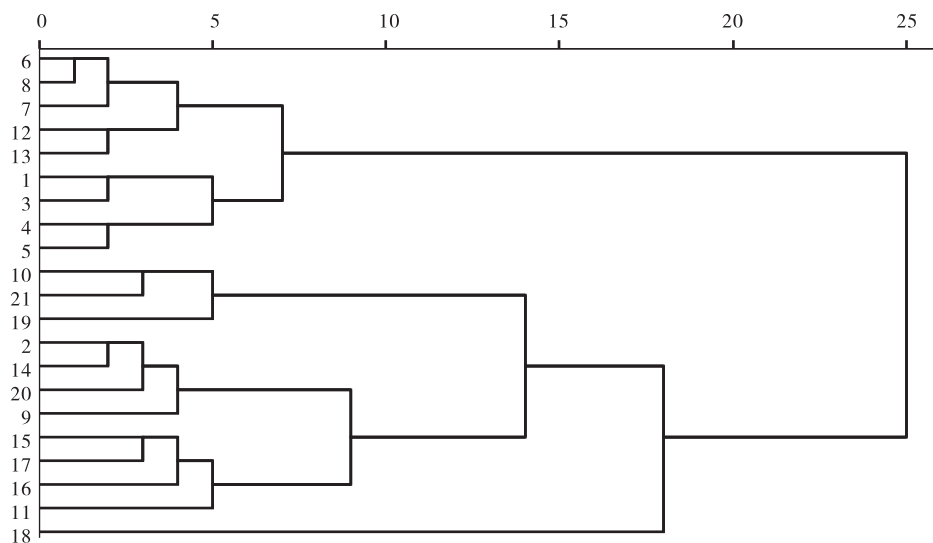


图 1 21 个饲用高粱属作物品种的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of 21 sorghum cultivars

3 讨论

生育期的长短是作物生长发育的一个重要指标,与干物质的积累密切相关,既影响作物在当地能否完成整个生育期,又影响生产性能,同时在一定程度上还影响经济效益^[16]。不同饲用高粱属作物品种在天津

地区的生育期存在一定的差异,这与王晓龙等^[17]、柯梅等^[18]对饲用高粱属作物的品种的比较试验结果一致。另外,笔者发现,所有参试品种的出苗期、分蘖期、拔节期的时间差异较小,材料间在孕穗期后开始出现明显差异。这与柯梅等^[18]的研究结果类似,饲用高粱属作物品种间物候期的差异大多存在于孕穗期之后。晋牧 1 号、晋牧 3 号、饲用高粱 FS3501 和金冠的孕穗

期、抽穗期、开花期均显著早于其他品种。而光明星、甘露400等品种的孕穗期较晚,时间相差超过30 d。晚熟品种生育期较长,营养生长的天数也比较长,一次收割时具有一定的产量优势,早熟品种则应考虑多茬收割的利用方式^[19]。株高是饲用高粱属作物重要的农艺性状,也是影响产量的重要因素^[20]。本试验中辽甜1、3、6、13号、通甜1号和苏丹草A535XR43-02等品种有较大的株高,同时也具有较高的鲜草产量和干草产量。干鲜比和茎叶比通常是评定饲草产量和质量的重要指标之一^[21]。干鲜比和茎叶比越低,则适口性越好,但同时意味着干草产量也随之降低^[22]。本试验中金冠品种的干鲜比和茎叶比较低,但其株高和产量均最低。产量是衡量饲草经济价值的最重要的指标,受品种、生长环境、管理措施等因素的影响,也与其利用方式有关,其中品种对产量的影响最大^[23]。本次试验,21个饲用高粱属作物的干草产量为3 698.55~27 733.80 kg/hm²,其中辽甜1、3、6、13号、苏丹草A535XR43-02品种的产量均排在前5位,产量均大于20 000 kg/hm²。对于种植者而言,饲草品种的选择更倾向于选择植株高大、产量高的品种,对于养殖者而言,他们更关注的是饲草的品质^[24]。因此,除农艺性状和产量以外,不同品种饲用高粱属作物的品质也应进一步探讨。

21个参试饲用高粱属作物品种的不同性状对天津地区的适应性出现差异。通过聚类分析,可以将综合性能相对接近的品种聚为一个类群^[25]。本次聚类分析是根据株高、茎叶比、鲜干比、产量等指标进行的,聚类结果在生产上有一定的参考价值。研究发现辽甜6号、通甜1号、辽甜13号、苏丹草A535XR43-02、苏丹草A506XR43-03、冀草2号、冀草8号、辽甜1号和辽甜3号等品种的株高较大、干鲜比较大,同时具有较高的产量,在天津地区有较好的适应性。试验结果为下一步品种引进筛选打下了基础,缩小了筛选范围。接下来,对于上述品种の利用方式和饲用品质还需进一步研究。

4 结论

试验对21个饲用高粱属作物品种在天津地区的适应性进行评价,通过对生育期、农艺性状以及产量的测定及聚类分析,初步筛选出辽甜6号、通甜1号、辽甜13号、苏丹草A535XR43-02、苏丹草A506XR43-

03、冀草2号、冀草8号、辽甜1号和辽甜3号等品种在天津地区均有较好的适应性,可作为优质饲草品种的备选材料在天津及周边地区推广。

参考文献:

- [1] 尹权为,张璐璐,王永雄,等. 重庆地区饲用高粱属作物品种筛选[J]. 畜牧与饲料科学,2010,31(8):76-78.
- [2] 董宽虎,沈益新,张新全,等. 饲草生产学[M]. 北京,中国农业出版社,2003:165.
- [3] 李海云,姚拓,韩华雯,等. 不同载体及菌肥浸提液对苏丹草种子萌发的影响[J]. 草原与草坪,2018,38(5):28-34.
- [4] 李源,谢楠,赵海明,等. 不同高丹草品种对干旱胁迫的响应及抗旱性评价[J]. 草地学报,2010,18(6):891-896.
- [5] Khota, Waroon, Pholsen, *et al.* Fermentation quality and in vitro methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30: 1568-1574.
- [6] 朱鸿福,王丽慧,林语梵,等. 宁夏黄灌区国外饲用高粱品种生产性能及饲用价值研究[J]. 中国草地学报,2019,41(5):40-46.
- [7] Amer S, Hassanat F, Berthiaume R, *et al.* Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and in vitro gas production of forage millet and forage sorghum silages [J]. Animal Feed Science and Technology, 2012, 177: 23-29.
- [8] Matheus Goncalves Ribeiro, Kátia Aparecida de Pinho Costa, Souza W F D, *et al.* Silage quality of sorghum and Urochloa brizantha cultivars monocropped or intercropped in different planting systems [J]. Acta Scientiarum: Animal Sciences, 2017, 39(3): 243-250.
- [9] 董文成,张桂杰,张欢,等. 宁夏黄灌区不同高丹草品种的生产性能和饲用价值研究[J]. 中国草地学报,2019,41(1):45-50.
- [10] 李建平. 不同饲用高粱品种的营养价值及其人工瘤胃降解动态的研究[D]. 晋中:山西农业大学,2004.
- [11] Khota, Waroon, Pholsen, *et al.* Natural lactic acid bacteria population of tropical grasses and their fermentation factor analysis of silage prepared with cellulase and inoculant [J]. Journal of Dairy Science, 2016, 99: 9768-9781.
- [12] 梁辛,邹彩霞,韦升菊,等. 饲用甜高粱饲喂青年奶水牛增质量的试验[J]. 饲料研究,2011(11):61-62.
- [13] 高占魁,刘景辉,段宇坤,等. 不同饲用高粱植株形态特征及物质生产特性[J]. 华北农学报,2007,22(S3):66-70.
- [14] 刘庭玉,成启明,张玉霞,等. 科尔沁沙地饲用高粱品种

- 比较试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(24):130-134.
- [15] 莫负涛,张万祥,曹蕾,等. 不同品种饲用高粱农艺性状及草产量比较试验[J]. 中国草食动物科学, 2020, 40(1): 17-22.
- [16] 刘明. 深松和施氮与土壤特性及玉米生长发育关系的研究[D]. 沈阳; 沈阳农业大学, 2012.
- [17] 王晓龙,李红,杨墨,等. 饲用高粱不同品种比较试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(13):147-150.
- [18] 柯梅,张荟荟,张学洲,等. 不同饲用高粱材料在北疆平原农区适应性研究[J]. 草食家畜, 2018(6):52-55.
- [19] 张素萍. 饲草高粱刈割次数与产量分析[J]. 杂粮作物, 2006(2):106.
- [20] 伏兵哲,常巍,李泽亚,等. 宁夏引黄灌区饲用高粱品种比较研究[J]. 草地学报, 2019, 27(6):1751-1758.
- [21] 来强,李青丰,莫日根敖其尔,等. 影响牧草含水量测定以及牧草干鲜比的主要因素[J]. 中国草地学报, 2008, 30(4):73-77.
- [22] 高亚敏,萨日娜,孙琳丽,等. 内蒙古通辽地区燕麦引种试验初步研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38(5):32-35.
- [23] 梁永良. 四个甜高粱品种引种试验及青贮的初步研究[D]. 南宁; 广西大学, 2017.
- [24] 孙志强,徐芳,张元庆,等. 不同品种玉米农艺性状及青贮发酵品质的比较及相关性研究[J]. 草地学报, 2019, 27(1):250-256.
- [25] 张延林,李天银,马银生,等. 不同紫花苜蓿品种在河西走廊盐碱地的适应性研究[J]. 草原与草坪, 2015, 35(2): 32-37.

Comparison of growth adaptability of different forage sorghum cultivars in Tianjin

ZHANG Yi-wei¹, WANG Hong-ying¹, WANG Xian-guo², MENG Qing-jiang¹,
WANG Zhen-guo³, CAO Xue-hao¹, ZHENG Gui-liang¹, SUN Zhi-qiang²

(1. *Tianjin Agricultural Development Service Center, Tianjin, 300061, China*; 2. *College of Grassland Science and technology, China Agricultural University, Beijing, 100193, China*; 3. *Tongliao Agricultural Science Research Institute, Tongliao, 028015, China*)

Abstract: In order to screening forage sorghum cultivars suitable for planting in Tianjin and its surrounding areas, twenty-one forage sorghum cultivars were selected. The phenology was observed. Agronomic characters, fresh grass yields and hay yields were measured after harvest at heading stage. The results showed that there was difference in phenology among twenty-one forage sorghum cultivars, with Jinmu 1 and Jinmu 3 having the shortest growth period, while Guangmingxing and Ganlu 400 having the longest growth period. Liaotian13 had the highest plant height, followed by Liaotian 6, Tongtian 1, Sudangrass A535XR43-02, Sudangrass A506XR43-03 and Liaotian 3. Gingguan had the lowest plant height among all cultivars except Gaoyou 123 ($P < 0.05$). There was a significant difference in the ratio of leaf dry weight and stem dry weight to total dry weight among the tested cultivars ($P < 0.05$). The fresh grass yields and hay yields of Liaotian 13 and Liaotian 3 were highest. According to the results of cluster analysis, 21 cultivars of forage sorghum can be divided into four categories. In conclusion, the comprehensive performance of different forage sorghum cultivars grown in Tianjin was significantly different; Liaotian 6, Tongtian 1, Liaotian 13, Sudangrass A535XR43-02, Sudangrass A506XR43-03, Jicao 2, Jicao 8, Liaotian 1 and Liaotian 3 showed good adaptability in Tianjin, which can be used as alternative materials for high quality forage cultivars in Tianjin and surrounding areas.

Key words: forage sorghum; agronomic characteristics; yields