

不同红麻品种产量和营养价值比较

唐慧娟, 白杰, 陈安国, 李建军, 黄思齐, 李德芳* (中国农业科学院麻类研究所, 湖南长沙 410205)

摘要 [目的]开发红麻饲用专用品种。[方法]对7个红麻品种的产量及营养价值进行了比较。[结果]7个红麻品种干物质产量为16 071.35~19 528.52 kg/hm²,粗蛋白含量10.15%~18.43%,粗纤维含量为18.42%~42.42%。K68红麻品种的干物质产量和粗蛋白产量均最高,分别为19 528.52和2 398.30 kg/hm²;K66红麻品种叶干物质产量占比和粗蛋白含量显著高于其他品种($P < 0.05$)。[结论]K66和K68均为潜在的饲用红麻品种。

关键词 红麻;产量;营养价值;比较

中图分类号 S563.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)04-0027-05

Comparison of Yield and Nutritional Value among Different Varieties of Kenaf

TANG Hui-juan, BAI Jie, CHEN An-guo et al (Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410205)

Abstract [Objective] To develop kenaf forage varieties. [Method] The yield and nutritional value of 7 kenaf varieties were compared. [Result] The dry matter yield of the whole plants, crude protein content, and crude fiber in 7 kenaf varieties ranged from 16 071.35 - 19 528.52 kg/hm², 10.15% - 18.43%, and 18.42% - 42.42%, respectively. The dry matter yield (19 528.52 kg/hm²) and crude protein yield (2 398.30 kg/hm²) of kenaf variety K68 were the highest, and leaf dry matter yield proportion and crude protein content of kenaf variety K66 were significantly higher than those of other varieties ($P < 0.05$). [Conclusion] Kenaf varieties K66 and K68 are potential forage kenaf varieties.

Key words Kenaf; Yield; Nutritional value; Comparison

红麻(*Hibiscus cannzbinus* L.)是锦葵科(Malvaceae)木槿属(*Hibiscus*)一年生韧皮纤维作物,是我国传统的纤维作物之一^[1]。然而,随着化纤和集装箱的发展,红麻纤维的利用受到了制约。随着经济发展和物质生活水平的提高,国内畜牧养殖业发展迅速,饲料产业前景看好,因此寻找优质价廉、产销适宜的蛋白饲料成为亟待解决的问题。我国南方地区由于气候湿热,缺乏像苜蓿一样优质高产的植物性蛋白饲料来源^[2]。研究表明,红麻叶粗蛋白含量高达22%,矿物质和维生素含量丰富,且具有高产、适应性广、抗病虫性强等特点,具有良好的饲用潜力,因此加强饲用红麻品种的研发有助于推动红麻饲料产业的发展^[3-5]。目前,国内关于红麻饲用营养价值的研究较少。

以前红麻育种研究主要关注全秆和纤维产量,而饲料作物关注的主要指标是粗蛋白含量、粗脂肪和灰分等矿物质含量。因此,饲用红麻的育种应当选育干物质和蛋白含量高的品种^[6]。我国红麻资源十分丰富,中国农业科学院麻类研究所保存了127份红麻种质资源,其中包括栽培种、野生种和近缘种,某些野生红麻品种分枝多,叶片多,开发成饲用红麻品种的潜力较大。因此,这些品种中可能存在高产高蛋白的红麻品种,加快红麻高产、高蛋白品种的选育将会极大地推动饲用红麻的发展。笔者对7个红麻品种的产量及粗蛋白、粗纤维和粗脂肪等营养成分进行了比较,筛选出潜在的饲用红麻品种,旨在为红麻饲用价值的开发利用提供理论依据。

1 材料与方

1.1 试验材料

基金项目 中央级科研事业基本科研业务费项目(1610242016022);国家麻类产业技术体系项目(CARS-19-E07)。

作者简介 唐慧娟(1981—),女,湖南永州人,助理研究员,从事一年生麻类作物遗传育种研究。*通讯作者,研究员,博士,博士生导师,从事一年生麻类遗传改良研究。

收稿日期 2017-11-25

城白箬铺创新实验基地进行。选用国内种植量较大或具有代表性的261N5-18A、H1301、K66、K68、H1302、YA1A、CK7个不同类型红麻品种进行研究,并分别标记为A、B、C、D、E、F、G。供试品种均由中国农业科学院麻类研究所一年生麻类遗传改良课题组提供。

1.2 试验设计 试验田按照高产田水平进行管理。选取水肥均匀、条件一致的田块作为试验区域。每个处理小区面积66.7 m²,3次重复,随机排列。2016年5月10日,分别按照其适宜种植密度进行播种。播种前对试验田进行深耕松土,施用复合肥(N:P:K=15:15:15)。种子条播,播后浇水,出苗后间苗,所有供试品种的最终密度均为270 000株/hm²。试验采用留茬收获方式,留茬高度为90 cm,第一次刈割在播种后65 d,此后每隔45 d进行1次刈割,共刈割3次。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 干物质产量测定。每个小区随机选取10 m²作为样本,三茬红麻刈割后,将叶片和茎秆分离,105℃杀青30 min,65℃下烘干至恒重,然后计算各部分干物质产量,重复3次。

1.3.2 不同品种红麻常规营养品质测定。不同红麻品种粗蛋白含量的测定参考GB/T 6432—1994,红麻粉消解后,使用凯氏定氮仪测定。粗脂肪含量的测定参考GB/T 6443—2006;粗纤维含量的测定参考GB/T 6434—2006;粗灰分含量的测定参考GB 5009.4—2010 食品安全国家标准中关于食品中灰分含量的测定;总磷含量的测定参考GB/T 6437—2002。钙含量的测定参考GB/T 6436—2002。

1.4 数据统计与分析 干物质产量采用Duncan's法多重比较指标间的差异,显著水平5%。产量和营养品质性状的对应分析和聚类分析使用SAS 9.2统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种红麻的干物质产量比较 由表1可知,不同红麻品种各部位干物质产量存在显著差异($P < 0.05$)。供试

的7个红麻品种中,第2次刈割的各部位干物质产量均高于其他2次;与叶干物质产量相比,红麻茎秆干物质产量对红麻总产量的影响更大。其中,D品种第2次刈割茎干物质产

量(7 067.71 kg/hm²)和总干物质产量(19 528.52 kg/hm²)最高,与其他品种相比存在显著差异;B品种的总干物质产量最低。

表1 7个品种红麻干物质产量比较

Table 1 Dry matter yield comparison of seven varieties of kenaf

kg/hm²

品种 Variety	第1次刈割 The first cutting		第2次刈割 The second cutting		第3次刈割 The third cutting		总干物质产量 Total dry matter yield
	叶干物质产量 Leaf dry matter yield	茎干物质产量 Stem dry matter yield	叶干物质产量 Leaf dry matter yield	茎干物质产量 Stem dry matter yield	叶干物质产量 Leaf dry matter yield	茎干物质产量 Stem dry matter yield	
A	1 646.18 d	2 876.79 c	2 921.32 c	4 969.21 d	1 747.56 f	2 344.69 b	16 505.74 d
B	1 187.27 f	2 133.29 f	3 266.49 b	5 808.76 c	1 964.86 e	1 710.69 e	16 071.35 e
C	1 887.23 b	2 714.07 d	3 198.05 b	4 772.36 f	2 503.00 a	1 756.02 e	16 830.71 c
D	1 396.23 e	2 438.67 e	3 843.12 a	7 067.71 a	2 042.41 d	2 740.38 a	19 528.52 a
E	1 864.95 bc	3 326.33 b	2 732.04 d	4 877.60 e	2 114.54 c	1 978.31 d	16 893.75 c
F	2 008.37 a	3 835.96 a	2 064.70 e	4 074.10 g	2 227.00 b	2 695.62 a	16 906.13 c
G	1 797.29 c	3 362.87 b	3 199.76 b	5 914.36 b	1 995.78 e	2 103.98 c	18 374.04 b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

叶干物质产量对于提升红麻的营养价值至关重要^[7]。从图1可以看出,供试的7个红麻品种中,C品种在整个生长期的叶干物质产量(7 588.28 kg/hm²)及叶干物质产量占总干物质产量的比例(45.09%)最高,显著高于其他品种。这说明C品种单位产量的营养价值高于其他材料。

干物质产量高能够为饲料提供更多的能量,而叶干物质产量则能够直接反映出品种的营养价值潜力,因此红麻品种C和D均有较高的潜力培育成饲用红麻品种。

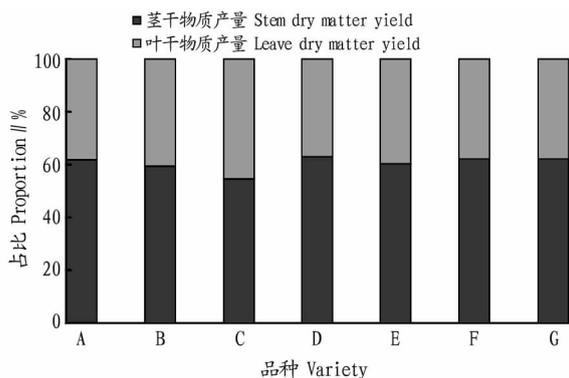


图1 不同红麻品种的叶、茎干物质产量占比

Fig. 1 Yield proportion of leaves and stems of seven kenaf varieties

2.2 不同红麻品种全秆常规营养成分比较 由表2可知,不同红麻品种粗蛋白含量为10.15%~18.43%,粗纤维含量为18.42%~42.42%。3次刈割过程中,所有供试品种第3次刈割的红麻粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、磷的含量均高于前2次,但第3次刈割的红麻粗纤维和钙含量均低于前2次。这可能是因为第3次刈割时气温较低,有利于粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、磷等营养成分的积累。

通过对不同红麻品种全秆粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、粗灰分、钙和磷的含量进行比较,结果发现不同红麻品种的粗蛋白、粗纤维、粗灰分、钙和磷含量存在显著差异($P < 0.05$);粗蛋白含量最高的为C品种,其粗蛋白含量在3次刈割中均处于最高显著等级,表明C品种的粗蛋白含量在7个供试品种

中处于较高水平。

由表2可知,不同红麻品种粗脂肪含量为4.66%~8.19%,不同红麻品种粗脂肪含量存在显著差异。不同红麻品种粗纤维含量与粗蛋白含量的变化趋势正好相反。不同红麻品种粗纤维含量为18.42%~42.42%,粗纤维含量最低的为C品种,第3次刈割时不同品种间存在显著差异。

由表2可知,7个供试红麻品种的粗灰分含量为6.21%~9.86%,粗灰分含量最高的为D品种,不同品种间存在显著差异($P < 0.05$);3次刈割中,不同红麻品种的钙含量为1.94%~3.85%,不同红麻品种间存在显著差异($P < 0.05$);不同红麻品种的磷含量也存在显著差异($P < 0.05$)。

2.3 不同红麻品种叶常规营养成分比较 由表3可知,不同红麻品种叶粗蛋白含量为16.44%~29.28%,粗纤维含量为8.33%~13.95%。3次刈割过程中,所有供试品种第3次刈割的红麻叶粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、磷的含量均高于前2次,与茎秆类似。但是,第3次刈割红麻叶的粗纤维含量和钙含量均低于前2次。

通过对不同品种红麻叶粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、粗灰分、钙和磷的含量进行比较,结果发现不同红麻品种叶的粗蛋白、粗纤维、粗灰分、钙和磷含量存在显著差异($P < 0.05$);粗蛋白含量最高的为C品种,与F、G品种相比没有显著差异($P < 0.05$),与其他4个品种差异显著($P < 0.05$),表明红麻品种C、F、G叶粗蛋白含量均处于较高水平。

由表3可知,不同红麻品种的粗脂肪含量为4.97%~9.98%,不同红麻品种的粗脂肪含量存在显著差异($P < 0.05$)。不同红麻品种叶粗纤维含量与粗蛋白含量的变化趋势正好相反。粗纤维含量最低的为C品种,与其他品种相比存在显著差异($P < 0.05$)。

由表3可知,7个红麻品种叶粗灰分含量为6.84%~11.28%,不同品种之间存在显著差异($P < 0.05$);3次刈割中,不同红麻品种叶的钙含量差异显著($P < 0.05$),含量为2.25%~3.88%;不同红麻品种叶全磷的含量差异显著($P < 0.05$),含量为0.11%~0.35%。

表 2 7 个红麻品种全秆常规营养成分比较

Table 2 The comparison of nutritive components in the whole plants of seven kenaf varieties

%

刈割次数 Cutting times	品种 Variety	粗蛋白 Curde protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	粗灰分 Crude ash	钙 Ca	磷 P
1	A	10.17 ± 0.36 e	6.28 ± 0.30 b	37.37 ± 0.09 cd	7.25 ± 0.50 a	1.94 ± 0.13 d	0.20 ± 0.01 a
	B	12.52 ± 0.41 b	5.28 ± 0.10 d	32.90 ± 0.59 f	6.92 ± 0.06 a	2.26 ± 0.21 c	0.19 ± 0.01 a
	C	13.05 ± 0.10 a	8.19 ± 0.37 a	34.04 ± 0.72 e	7.34 ± 0.09 a	2.75 ± 0.19 ab	0.14 ± 0.01 b
	D	12.45 ± 0.06 b	6.30 ± 0.29 b	36.76 ± 0.21 d	7.40 ± 0.34 a	2.46 ± 0.01 bc	0.19 ± 0.02 a
	E	10.87 ± 0.30 cd	6.10 ± 0.09 bc	38.78 ± 0.56 b	7.15 ± 0.09 a	2.88 ± 0.18 a	0.11 ± 0.01 c
	F	11.35 ± 0.14 c	5.72 ± 0.37 cd	38.42 ± 0.89 bc	7.27 ± 0.01 a	2.45 ± 0.25 bc	0.14 ± 0.01 b
	G	10.52 ± 0.42 de	4.66 ± 0.21 e	42.42 ± 0.83 a	6.21 ± 0.27 b	2.76 ± 0.16 ab	0.18 ± 0.01 a
2	A	10.15 ± 0.33 c	4.88 ± 0.02 c	38.65 ± 0.88 b	7.00 ± 0.44 a	1.98 ± 0.13 d	0.16 ± 0.01 a
	B	12.64 ± 0.40 a	4.70 ± 0.29 c	33.13 ± 0.53 d	6.95 ± 0.03 a	2.36 ± 0.19	0.14 ± 0.01 b
	C	12.63 ± 0.38 a	4.90 ± 0.26 c	33.12 ± 0.76 d	7.37 ± 0.11 a	2.69 ± 0.02 b	0.14 ± 0.02 b
	D	11.81 ± 0.42 b	5.63 ± 0.27 b	35.67 ± 0.59 c	7.28 ± 0.18 a	2.40 ± 0.21 c	0.13 ± 0.01 b
	E	10.62 ± 0.35 c	6.00 ± 0.40 ab	38.53 ± 0.09 b	7.17 ± 0.14 a	2.98 ± 0.05 a	0.13 ± 0.01 b
	F	11.94 ± 0.32 b	5.95 ± 0.40 ab	37.69 ± 0.55 b	7.04 ± 0.43 a	2.38 ± 0.13 c	0.13 ± 0.00 b
	G	10.56 ± 0.36 c	6.32 ± 0.20 a	40.81 ± 0.56 a	6.34 ± 0.25 b	2.79 ± 0.23 ab	0.12 ± 0.00 b
3	A	14.27 ± 0.04 b	7.77 ± 0.46 a	29.12 ± 0.18 a	6.65 ± 0.22 d	2.57 ± 0.24 c	0.10 ± 0.00 a
	B	14.31 ± 0.34 b	6.50 ± 0.31 b	23.52 ± 0.02 b	7.41 ± 0.27 c	2.60 ± 0.02 c	0.11 ± 0.02 a
	C	18.02 ± 0.31 a	6.30 ± 0.11 b	18.42 ± 0.42 d	9.86 ± 0.28 a	3.58 ± 0.08 b	0.10 ± 0.02 a
	D	13.22 ± 0.36 c	5.01 ± 0.33 c	22.55 ± 0.17 c	6.79 ± 0.26 d	3.84 ± 0.07 a	0.10 ± 0.00 a
	E	18.43 ± 0.02 a	7.59 ± 0.19 a	23.65 ± 0.51 b	8.92 ± 0.14 b	3.85 ± 0.13 a	0.10 ± 0.01 a
	F	13.38 ± 0.46 c	7.29 ± 0.17 a	23.47 ± 0.11 b	7.50 ± 0.20 c	3.73 ± 0.19 ab	0.10 ± 0.01 a
	G	18.16 ± 0.12 a	6.60 ± 0.28 b	22.90 ± 0.17 c	8.88 ± 0.06 b	2.70 ± 0.09 c	0.09 ± 0.01 a

注:同一刈割次数不同品种间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)Note: Different small letters among different varieties at the same cutting indicated significant differences ($P < 0.05$)

表 3 不同品种红麻叶常规营养成分的比较

Table 3 The comparison of nutritive components in the leaves of seven kenaf varieties

%

刈割次数 Cutting times	品种 Variety	粗蛋白 Curde protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	粗灰分 Crude ash	钙 Ca	磷 P
1	A	17.23 ± 0.50 c	5.12 ± 0.03 c	8.75 ± 0.63 dce	7.88 ± 0.09 b	2.95 ± 0.07 a	0.18 ± 0.00 a
	B	16.82 ± 0.39 c	6.99 ± 0.06 a	10.02 ± 0.47 b	7.85 ± 0.45 b	2.75 ± 0.14 ab	0.19 ± 0.01 a
	C	19.93 ± 0.33 a	5.88 ± 0.31 b	8.33 ± 0.51 e	8.16 ± 0.15 b	2.68 ± 0.13 abc	0.19 ± 0.02 a
	D	18.36 ± 0.45 b	7.35 ± 0.23 a	9.35 ± 0.79 bcd	8.02 ± 0.20 b	2.59 ± 0.12 bc	0.18 ± 0.02 a
	E	17.12 ± 0.05 c	7.28 ± 0.43 a	11.87 ± 0.56 a	7.32 ± 0.27 c	2.68 ± 0.19 abc	0.15 ± 0.01 b
	F	18.23 ± 0.29 b	6.24 ± 0.34 b	9.65 ± 0.36 bc	8.25 ± 0.01 b	2.39 ± 0.25 c	0.17 ± 0.02 a b
	G	17.35 ± 0.49 c	6.81 ± 0.45 a	8.56 ± 0.16 de	8.75 ± 0.14 a	2.43 ± 0.20 bc	0.15 ± 0.01 b
2	A	16.55 ± 0.42 c	5.01 ± 0.22 b	9.62 ± 0.13 a	7.53 ± 0.45 ab	2.97 ± 0.00 a	0.23 ± 0.01 de
	B	16.44 ± 0.30 c	5.73 ± 0.17 a	9.87 ± 0.74 a	6.84 ± 0.45 c	2.37 ± 0.08 c	0.35 ± 0.01 a
	C	19.47 ± 0.40 a	5.71 ± 0.25 a	8.86 ± 0.03 bc	7.92 ± 0.48 a	2.42 ± 0.04 c	0.22 ± 0.01 e
	D	18.15 ± 0.42 b	5.32 ± 0.22 ab	8.75 ± 0.00 bc	7.54 ± 0.10 ab	2.45 ± 0.08 bc	0.25 ± 0.02 d
	E	18.21 ± 0.22 b	4.97 ± 0.41 b	9.33 ± 0.43 ab	6.98 ± 0.32 bc	2.33 ± 0.15 c	0.31 ± 0.01 b
	F	18.16 ± 0.09 b	5.21 ± 0.33 ab	8.53 ± 0.44 c	7.28 ± 0.05 abc	2.63 ± 0.03 b	0.28 ± 0.01 c
	G	18.23 ± 0.10 b	5.48 ± 0.32 ab	9.28 ± 0.45 ab	7.35 ± 0.27 abc	2.25 ± 0.20 c	0.19 ± 0.01 f
3	A	25.17 ± 0.20 c	8.18 ± 0.20 b	12.23 ± 0.88 cd	9.88 ± 0.09 b	3.88 ± 0.10 a	0.11 ± 0.00 d
	B	21.88 ± 0.37 d	9.98 ± 0.34 a	12.98 ± 0.45 abc	9.24 ± 0.41 c	3.16 ± 0.07 d	0.12 ± 0.02 cd
	C	29.28 ± 0.12 a	7.84 ± 0.44 b	13.95 ± 0.16 a	11.28 ± 0.41 a	3.25 ± 0.10 d	0.18 ± 0.02 b
	D	28.17 ± 0.34 b	8.45 ± 0.50 b	13.53 ± 0.85 ab	9.27 ± 0.02 c	3.64 ± 0.08 b	0.14 ± 0.01 c
	E	18.52 ± 0.48 f	9.49 ± 0.39 a	11.45 ± 0.03 d	9.37 ± 0.48 bc	3.45 ± 0.12 c	0.17 ± 0.02 b
	F	19.57 ± 0.45 e	8.45 ± 0.27 b	12.87 ± 0.56 abc	9.42 ± 0.06 bc	3.31 ± 0.14 cd	0.21 ± 0.01 a
	G	19.68 ± 0.30 e	8.23 ± 0.35 b	12.46 ± 0.83 bcd	9.47 ± 0.11 bc	3.65 ± 0.09 b	0.18 ± 0.00 b

注:同一刈割次数不同品种间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)Note: Different small letters among different varieties at the same cutting indicated significant differences ($P < 0.05$)

从图 2 可以看出,7 个红麻品种的粗蛋白产量为 1 844.84 ~ 2 398.30 kg/hm²,其中品种 D 的粗蛋白产量(2 398.30 kg/hm²)最高,品种 C 的粗蛋白产量(2 374.61 kg/hm²)次之,品种 C 和 D 的

粗蛋白产量显著高于其他 5 个品种($P < 0.05$),品种 B 的粗蛋白产量最低(1 844.84 kg/hm²);第 2 茬收获的粗蛋白产量均高于第 1 茬和第 3 茬。

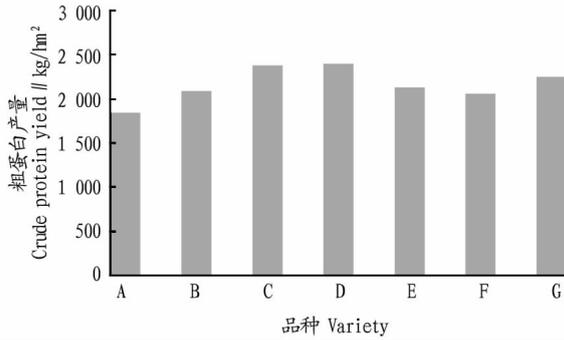


图2 7个红麻品种粗蛋白产量的比较

Fig.2 The crude protein yield comparison of seven kenaf varieties

2.4 不同品种红麻的产量和营养成分的对应分析 由表4可知,前2个特征值得到的公因子贡献率为99.81%,即第一维度能够解释总信息的99.29%,因此读图时主要分析第一维度即可。

表5 R型因子载荷
Table 5 R factor loading

项目 Items	LY	SY	TY	CP	EE	CF	Ash	Ca	P
第一维度 Dimension 1	0.064 0	-0.041 5	0.000 0	0.082 5	0.035 0	-0.024 1	0.066 2	0.058 0	0.021 3
第二维度 Dimension 2	-0.000 1	-0.000 1	-0.000 1	0.022 3	0.074 5	0.081 0	0.040 4	0.023 7	-0.067 2

从图3可以看出,性状点Ca、CP、Ash距离较近,形成一个性状团,说明这几个品质性状显著相关,经常一起表现;CF性状点远离任何个性状点,说明在该研究范围内中任何一个品种都不具备粗纤维含量高的特点,或者说,在该试验范围内所有红麻品种的粗纤维含量不存在显著差异,这与前文的数据分析结果相一致。

从图3可以看出,性状点C与CP和LY性状点距离很近,说明在该试验范围内C品种粗蛋白含量和叶干物质产量与其他品种存在显著差异,这与前文分析结果相一致。

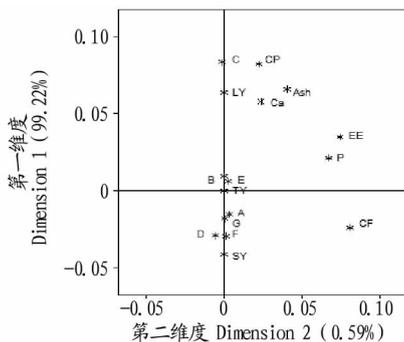


图3 对应分析因子平面点聚图

Fig.3 Flat-point polygons of correspondence analysis factors

基于7个供试红麻品种的产量和品质性状进行聚类分析,结果见图4。从图4可以看出,品种A和B可归为一类,品种F、E、G可归为一类;这两类的相对距离较小,可以进一步将上述5个品种归为一类,因为上述5个品种具有茎干物质产量高和总干物质产量高的特点,与品种的营养品质性状相比,上述2个产量性状可作为A、B、E、F、G 5个红麻品种的

表4 惯量和卡方分解

Table 4 Inertia and Chi-square decomposition

特征值 Eigenvalue	主要惯量 Main inertia	卡方值 Chi-square value	比率 Ratio	累计比率 Cumulative ratio
0.036 49	0.001 33	323.101	99.22	99.22
0.002 81	0.000 01	1.916	0.59	99.81
0.001 23	0.000 00	0.367	0.11	99.92
0.000 87	0.000 00	0.183	0.06	99.98
0.000 55	0.000 00	0.007	0.02	100.00
0.000 15	0.000 00	0.006	0.00	100.00
总和 Total	0.001 34	325.648	100.00	

由表5可知,Dim1中产量性状LY载荷明显大于SY载荷,因此认为叶干物质产量在产量性状中的影响比茎干物质产量大;品质性状中,CP、Ca二者的载荷较其他性状大,其中CP和Ca的载荷显著高于其他性状,说明在品质性状中二者对其影响比其他性状要大。

主要特征进行描述,验证了前文的数据分析;D品种单独归为一类,因其具有供试材料中最高的干物质产量和粗蛋白产量;C品种单独归为一类,因为其具有最高的叶产量,且具有粗蛋白产量高的特点。因此,聚类分析结果与前文的数据分析结果相一致。

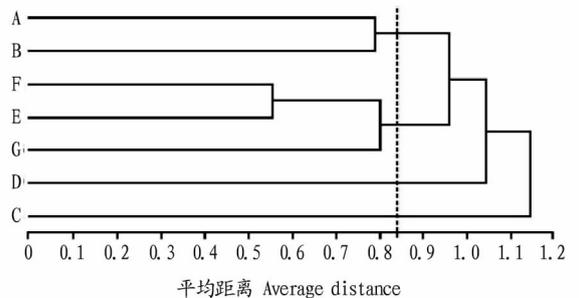


图4 基于品质性状的不同红麻品种的聚类分析结果

Fig.4 The clustering results of different kenaf varieties based on the quality traits

3 结论与讨论

该研究对7个不同红麻品种在3个不同收获时期的干物质含量、茎秆及叶营养成分进行了比较,结果表明D(SZHP35)品种的干物质和粗蛋白产量最高;该品种叶干物质产量占比和粗蛋白含量显著高于其他品种($P < 0.05$)。7个品种红麻全生长期干物质产量均超过15000 kg/hm²,与国外研究中收获量(10000 kg/hm²)相比提高了50%^[8],这说明供试红麻品种在总产量方面有较大优势。与其他饲用作物相比,红麻整个生长季的干物质产量比饲用玉米(8000~12000 kg/hm²)和紫花苜蓿(12000~14000 kg/hm²)干物质

产量要高^[9-10],但略低于高丹草(10 000~27 000 kg/hm²)和黑麦草(18 000~22 000 kg/hm²)^[11-12]。这表明红麻作为饲草,在干物质产量方面具有一定的优势。

饲草作物中,作为衡量营养价值的指标之一,叶产量在总产量中的占比越高,营养价值越高^[13]。供试的7个红麻品种中,C品种的叶干物质产量超过了7 500 kg/hm²,占总干物质产量的45.09%;与紫花苜蓿(50%)相比,还有一定的差距^[14]。究其原因,可能是因为长期以来红麻育种仅关注纤维含量及质量。因此,已有红麻品种叶干物质含量高的品种非常少。另一方面,饲用作物叶产量的测算方法包括叶干物质产量直接测算法以及叶茎比计算法^[15]。该试验采用留茬刈割收获的方法,计算叶茎比不能在最大程度上反映出叶干物质产量,因此采用叶干物质产量直接测算法。该试验结果表明,在红麻饲用材料育种过程中应针对性地选择叶茎比高的材料。

郑凯等^[16]报道评价牧草饲用营养价值最主要的2个指标是粗蛋白和粗纤维的含量。当粗蛋白含量大于20%时,可认为是蛋白性饲草;当粗纤维含量高于18%时,可定性为纤维性饲草。该研究中7个品种红麻全秆粗蛋白含量低于20%,粗纤维含高于18%,可将7个供试红麻品种定性为纤维性饲草。供试红麻品种粗蛋白产量很高,供试品种粗蛋白产量为1 844.84~2 398.30 kg/hm²,与杂交象草的粗蛋白年产量(2 000 kg/hm²)相当,是黑麦草的粗蛋白年产量(1 220 kg/hm²)的2倍,说明红麻具有良好的饲用开发前景。

7个供试红麻品种的干物质产量为16 071.35~19 528.52 kg/hm²,粗蛋白含量为10.15%~18.43%,粗纤维含量为18.42%~42.42%;7个品种中,D品种的干物质产量最高,粗蛋白产量同样最高;C品种的叶干物质产量比例最大,占比为45.09%,并且粗蛋白含量显著高于其他品种($P < 0.05$);对应分析结果表明,D品种与产量性状紧密关联,C品种与叶干物质产量和粗蛋白含量紧密相关。C品种

具有高粗蛋白含量和低粗纤维含量的特点,且具有最高的叶干物质产量,因此在7个供试品种中最有潜力被培育成红麻饲用品种。D品种则因为3次收获所得到的生物产量最高,从而获得了最高的粗蛋白产量,所以D品种可作为优质的植物蛋白来源。因此,与其他5个红麻品种相比,C(K66)和D(K68)品种均为较好的饲用红麻品种。

参考文献

- [1] 王道波,李伏生,周端阳. 施肥水平和方式对红麻生长和产量的影响[J]. 华中农业大学学报,2014,33(4):13-18.
- [2] 蔡敦江,周兴民,朱廉,等. 苜蓿添加剂青贮、半干青贮与与麦秸混贮的研究[J]. 草地学报,1997,5(2):123-127.
- [3] 白杰,黄思齐,李建军,等. 红麻饲用价值的研究进展[J]. 中国麻业科学,2015,37(1):30-34.
- [4] 董志国. 苜蓿干草收获技术研究[C]//中国草学会饲料生产委员会第15次饲草生产学术研讨会论文集. 北京:中国草学会,2009.
- [5] 洪建基,曾日秋,吴松海,等. 饲用红麻产量及品质研究初报[J]. 中国麻业科学,2007,29(5):276-278.
- [6] 戴志刚,栗建光,陈基权,等. 我国麻类作物种质资源保护与利用研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(5):714-719.
- [7] WEBBER C L III, BLEDSOE V K. Plant maturity and kenaf yield components[J]. Industrial crops and products,2002,16(2):81-88.
- [8] 梁洪卉,程舟,杨晓伶. 马来西亚的红麻研究及开发进展[J]. 中国麻业,2003,25(6):286-291.
- [9] 陈柔屹,唐祈林,荣廷昭,等. 刈割方式对饲草玉米 SAUMZI 产量和饲用品质的影响[J]. 四川农业大学学报,2007,25(3):244-248.
- [10] 王永军,王空军,董树亭,等. 留茬高度与刈割时期对墨西哥玉米再生性能的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(8):1555-1561.
- [11] 梁欢,游永亮,李源,等. 高丹草青贮加工及饲喂利用技术研究进展[J]. 草地学报,2015,23(5):936-943.
- [12] 张静,玉柱,邵涛. 丙酸、乳酸菌添加对多花黑麦草青贮发酵品质的影响[J]. 草地学报,2009,17(2):162-165.
- [13] CHANTIRATIKUL A, CHAIKONG C, CHINRASRI O, et al. Evaluation of yield and nutritive value of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) at various stages of maturity[J]. Pakistan journal of nutrition,2009,8(7):1055-1058.
- [14] 王彦华,余春林,高永革,等. 不同紫花苜蓿品种营养品质及相关性研究[J]. 中国农学通报,2010,26(2):11-15.
- [15] 韩路,贾志宽,韩清芳,等. 紫花苜蓿主要性状的对应分析[J]. 中国草地学报,2003,25(5):38-42.
- [16] 郑凯,顾洪如,沈益新,等. 牧草品质评价体系及品质育种的研究进展[J]. 草业科学,2006,23(5):57-61.

(上接第4页)

- [20] GOLDSTEIN A, CANTINO E C. Light-stimulated polysaccharide and protein synthesis by synchronized, single generations of *Blastocladiella emersonii*[J]. Journal of general microbiology,1962,28(4):689-99.
- [21] GOLDMAN G H, GEREMIA R A, CAPLAN A B, et al. Molecular characterization and regulation of the phosphoglycerate kinase gene from *Trichoderma viride*[J]. Molecular microbiology,1992,6(9):1231-1242.
- [22] PUYESKY M, PONCE-NOYOLA P, HORWITZ B A, et al. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase expression in *Trichoderma harzianum* is repressed during conidiation and mycoparasitism[J]. Microbiology,1997,143(10):3157-3164.
- [23] SCHMOLL M, FRANCHI L, KUBICEK C P. Envoy, a PAS/LOV domain protein of *Hypocrea jecorina* (Anamorph *Trichoderma reesei*), modulates cellulase gene transcription in response to light[J]. Eukaryotic cell,2005,4(12):1998-2007.
- [24] 郑晓冬,张红印,席玛芳. 罗伦隐球酵母对草莓采后灰霉病害的生物防治[J]. 农业工程学报,2003,19(5):171-175.
- [25] 蓝丽精,周琴,蔡琪敏,等. 一株高产果胶酶青霉菌株的筛选鉴定[J].

- 浙江师范大学学报(自然科学版),2011,34(4):452-456.
- [26] 周宏. *Cytophaga hutchinsonii* 纤维素利用及运动相关基因的研究[D]. 济南:山东大学,2014.
- [27] 马恩陵,廉东波,李云玖,等. 实时定量 PCR 检测大肠埃希菌在 LB 培养基和血中对抗生素的耐药敏感性[J]. 中华临床营养杂志,2006,14(4):212-216.
- [28] 农业部饲料工业中心. 仔猪、生长肥育猪配合饲料:GB/T 5915—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [29] 任雪梅,胡梅,周传静,等. 咪唑比色法测定掺假蜂蜜中果胶的含量[J]. 山东农业科学,2011(3):100-102.
- [30] 刘树立. 增加柑橘皮渣发酵饲料粗蛋白含量的菌种筛选研究[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [31] 汤鸣强,陈颀颖. 海藻酸钠固定化米曲霉产果胶酶及其性质[J]. 食品研究与开发,2010,31(9):167-170.
- [32] 崔福绵,刘茵,韩辉. 康宁木霉 CP88329 纤维素酶产生条件的研究[J]. 微生物学通报,1995,22(2):72-76.
- [33] 尹冬雪,刘娟娟,季艳敏,等. 光照强度对猪粪、牛粪厌氧发酵的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2012,31(2):428-434.