

不同类型饲用作物营养成分的比较研究

张晓艳 董树亭* 王空军 张吉旺 刘鹏*

(山东农业大学农学院, 山东泰安 271018)

摘要:对3种类型饲用作物杂交苏丹草皖草2号、墨西哥玉米和粮饲兼用玉米农大108进行了比较。结果表明,鲜、干物质产量以皖草2号最高,墨西哥玉米其次,农大108最低。皖草2号和墨西哥玉米叶片是干物质产量构成的主体,对农大108茎秆是主体。皖草2号粗蛋白(CP)、无氮浸出物(NFE)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗脂肪(EE)、粗灰分(CA)5大养分产量均显著高于墨西哥玉米和农大108,其粗蛋白和粗灰分含量均低于墨西哥玉米高于农大108。皖草2号总能量(GE)极显著高于墨西哥玉米和农大108,分别高出 $1\,448.024 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $2\,339.687 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。农大108干物质和粗蛋白降解率最高,分别为57.880%和12.424%。墨西哥玉米粗纤维的降解率显著高于皖草2号,但它们的干物质和粗蛋白降解率差异不显著。3种类型饲用作物营养价值差异来自其生物学特性的显著差异。

关键词:饲用作物;类型;营养成分;比较
中图分类号:S544

Comparison of Nutritive Composition in Different Types of Forage Crops

ZHANG Xiao-Yan, DONG Shu-Ting*, WANG Kong-Jun, ZHANG Ji-Wang, LIU Peng

(Agronomy College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: Three kinds of forage crop, Sudan Grass—Wancao 2, *Euchlaena perennis* Hitchc. and ND108 which is also used as food were used to compare the nutritive composition. Both fresh matter yield and dry matter yield of Wancao 2 were the highest, that of *E. perennis* the median, and ND108 the lowest relatively. Main component of dry weight was leaves in Wancao 2 and *E. perennis*, while stems in ND108. The yields of crude protein(CP), nitrogen-free extract(NFE), acid-detergent fiber (ADF), ether extract (EE) and crude ashes (CA) were higher in Wancao 2 than in *E. perennis* and ND108 significantly, however, the content of CP and CA was the highest in *E. perennis* and the lowest in ND108. In addition, the total energy (GE) of Wancao 2 was $1\,448.024 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $2\,339.687 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ higher than that of *E. perennis* and ND108, respectively. The degradation rate of dry matter and CP was the highest in ND108, which was 57.880% and 12.424%. The degradation rate of crude fiber was higher in *E. perennis* than in Wancao 2. The differences of degradation rate of CP and dry matter between *E. perennis* and Wancao 2 are not significant. In conclusion, the difference of nutrition among the three kinds of forage crops results from their different biological characteristics.

Key words: Forage crop; Type; Nutritive composition; Comparison

我国今后几年饲用精饲料年缺口量达5 000万t左右,饲料用粮不足将对我国畜牧业的发展具有制约作用。种植牧草将是改善现实局面的重要措施,可以推动种植业结构由粮食作物-经济作物的“二元结构”向粮-经-饲“三元结构”转变,逐步解决畜牧业生产长期饲草不足的问题^[1]。

目前,生产上利用的饲用作物有禾本科牧草和

豆科牧草以及玉米等。禾本科牧草中最主要的是苏丹草和墨西哥玉米,二者均为C₄作物。杂交苏丹草(高粱×苏丹草)是根据杂种优势原理,经杂交选育而成的饲草新品种,杂交种产量高、品质好、抗逆性强,具有较好的适应性,在畜牧、水产养殖及资源利用与环境保护等领域有着广阔的开发利用前景。墨西哥玉米(*Euchlaena perennis* Hitchc.)又名大阜草

*基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2002BA518A13)资助。

作者简介:张晓艳(1974-),女,内蒙古通辽人,在山东省农业科学院信息中心工作,主要从事作物生理生态研究。E-mail: zxy1f@sdau.edu.cn *通讯作者:董树亭。Tel: 0538-8241591; E-mail: stdong@sdau.edu.cn

Received(收稿日期):2004-07-09. Accepted(接收日期):2005-01-17.

(Teosinte), 是遗传稳定的青饲料类玉米新品种, 在我国因物候期不同表现为多年生和一年生, 它具有抗病虫害、耐肥水、喜高温、分蘖和再生能力强、产量大、饲用价值高等优点^[2]。粮饲兼用玉米由单纯收获籽粒扩大到收获营养体, 由单纯产量型生产转变为质量型生产^[3,4]。对于以上 3 种饲用作物的研究前人已有报道, 然而对其产量、品质、饲用价值的比较研究鲜见报道, 因此本文对此作探讨, 以期为选育适宜的饲草类型, 满足畜牧业生产的需求提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料及设计

试验于 2003 年在山东农业大学玉米科技园进行, 供试材料为杂交苏丹草——皖草 2 号(W)、墨西哥玉米(M)和农大 108(ND)。小麦收获后大田夏播, 土壤含有机质 1.64%、全氮 0.069%、碱解氮 103.44 mg·kg⁻¹、速效氮 35.61 mg·kg⁻¹ 和速效钾 61.09 mg·kg⁻¹。选取生产上适宜密度皖草 2 号 27 万株·hm⁻²; 墨西哥玉米 4 万株·hm⁻²; 农大 108 6 万株·hm⁻², 6 月 10 日播种, 小区面积为 18 m², 随机排列, 3 次重复。从播种到 10 月 10 日, 皖草 2 号和墨西哥玉米各收获 3 次, 留茬 20 cm, 刈割后当天浇水、施肥。刈获部分分为茎秆和叶片 2 部分; 农大 108 在饲用最佳时期乳熟末期至蜡熟初期, 分茎秆、叶片、籽粒 3 部分收获。样品称鲜重后于 105℃ 杀青, 75℃ 烘干至恒重, 粉碎后过 40 目筛, 供室内分析。

1.2 测定方法

评定饲用营养成分采用概略养分分析法^[5,6], 其中粗蛋白(CP)采用半微量凯氏定氮法^[6]; 粗脂肪(EE)采用残余法^[6]; 粗灰分(CA)用直接灰化法^[5]; 酸性洗涤纤维(AWF)按照 Van Soest 法^[5]; 无氮浸出物(NFE)含量和总能量(GE)按照下列公式计算^[5]。

$$\text{NFE}\% = 100\% - \text{CP}\% - \text{EE}\% - \text{CA}\% - \text{ADF}\%$$

$$\text{GE}(\times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}) = (\text{CP}\times 5.7 + \text{EE}\times 9.4 + \text{ADF}\times 4.2 + \text{NFE}\times 4.2)/100 \times 4.184,$$

式中各指标用产量表示; 单株能量($\times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$) = 总能量/密度

2 结果与分析

2.1 不同饲用作物鲜、干物质产量

由图 1 可看出, 3 种饲用作物鲜物质总产量有显著差异, 皖草 2 号显著高于墨西哥玉米和农大 108, 分别高出 41 595.0 kg·hm⁻² 和 163 098.8 kg·hm⁻², 墨西哥玉米高出农大 108 121 503.8 kg·hm⁻²。干物质总产量的变化趋势和鲜物质总产量变化相似, 皖草 2 号分别高出墨西哥玉米和农大 108 7 215.0 kg·hm⁻² 和 11 966.4 kg·hm⁻²。3 种类型之间鲜干物质总产量差异均达到极显著水平。

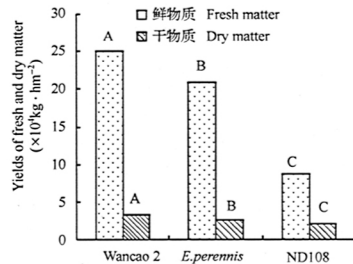


图 1 不同饲用作物鲜干物质产量
Fig. 1 The comparison of fresh and dry matter yield in different forage crops

2.2 鲜干物质产量构成

由表 1 可以看出, 不同饲用作物, 茎秆和叶片器官所占鲜干物质的产量比例不同, 皖草 2 号茎叶鲜物质产量比为 1.174, 墨西哥玉米为 0.818, 农大 108 为 2.067, 3 种饲用作物茎叶鲜物质产量比不同, 表明皖草 2 号和墨西哥玉米适口性好于农大 108; 干物质产量构成中皖草 2 号茎秆和叶片构成比例为 0.662, 墨西哥玉米为 0.460, 农大 108 为 1.425, 表明皖草 2 号叶片具有较高的干物质生产能力。

表 1 鲜干物质产量构成比例

Table 1 The distribution of fresh and dry matter in different organs

器官 Organ	产量 Yield($\times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)		
	皖草 2 号 Wancao2	墨西哥玉米 E. perennis	农大 108 ND108
鲜物质 Fresh matter	茎秆 Stem	13.498	6.112
	叶片 Leaf	11.497	7.470
	茎/叶 Stem/Leaf	1.174	0.818
干物质 Dry matter	茎秆 Stem	1.302	0.536
	叶片 Leaf	1.967	1.166
	茎/叶 Stem/Leaf	0.662	0.460

2.3 不同饲用作物营养成分

2.3.1 饲用营养成分含量 由表2看出,墨西哥玉米全株粗蛋白含量最高,为14.318%,其次是皖草2号,为11.246%,农大108为9.074%,3种类型之间差异极显著;粗脂肪含量农大108高于皖草2号及墨西哥玉米,3类型均是叶片高于茎秆,不同类型之间差异不显著;全株酸性洗涤纤维含量皖草2号

低于农大108 1.455%,低于墨西哥玉米 17.472%,皖草2号和墨西哥玉米叶片中含量高于茎秆中,而农大108茎秆中高于叶片中;植株粗灰分含量皖草2号和墨西哥玉米分别高出农大108 1.516%和2.323%;无氮浸出物含量农大108最高,为43.229%,皖草2号高出墨西哥玉米21.275%,两者差异极显著。

表2 不同类型饲用作物营养成分含量比较

Table 2 The comparison of the content of nutritive composition in different types of forage crops(%)

养分指标 Nutritive matter	器官 Organ	皖草2号 Wancao 2	墨西哥玉米 <i>E. perennis</i>	农大108 ND108
粗蛋白 CP	叶 Leaf	13.736 Aa	14.926 Aa	13.738 Aa
	茎 Stem	7.584 Bb	13.001 Aa	4.412 Cc
	全株 Total plant	11.246 Bb	14.318 Aa	9.074 Cc
粗脂肪 EE	叶 Leaf	2.781 Aa	2.597 Aa	3.500 Aa
	茎 Stem	1.800 Aa	1.620 Aa	1.400 Aa
	全株 Total plant	2.374 Aa	2.298 Aa	2.500 Aa
酸洗纤维 AWF	叶 Leaf	36.141 Bb	54.609 Aa	29.976 Cc
	茎 Stem	35.989 Bb	52.237 Aa	32.834 Cc
	全株 Total plant	36.276 Bb	53.748 Aa	37.731 Bb
灰分 CA	叶 Leaf	11.398 Bc	9.979 ABb	11.940 Aa
	茎 Stem	7.388 Aa	9.773 Ab	5.102 Bc
	全株 Total plant	8.982 Aab	9.789 Aa	7.466 Ab
无氮浸出物 NFE	叶 Leaf	39.954 Aa	17.889 Bb	40.846 Aa
	茎 Stem	43.230 Bb	23.369 Cc	56.252 Aa
	全株 Total plant	41.122 Aa	19.847 Bb	43.229 Aa

Notes: CP = crude protein, NFE = nitrogen-free extract, ADF = acid-detergent fiber, EE = ether extract, CA = crude ashes.

2.3.2 饲用营养成分产量 由图2可以看出,不同饲用作物营养成分产量有差异,无氮浸出物(NFE)和酸性洗涤纤维(ADF)均是皖草2号>墨西哥玉米>农大108,三者之间差异极显著;粗蛋白(CP)以皖草2号极显著高于墨西哥玉米和农大

108,后两者之间差异显著;粗脂肪(EE)以皖草2号极显著高于墨西哥玉米,显著高于农大108,后两者之间差异显著;粗灰分(CA)皖草2号极显著高于其他两种类型,但后两者之间差异不显著。

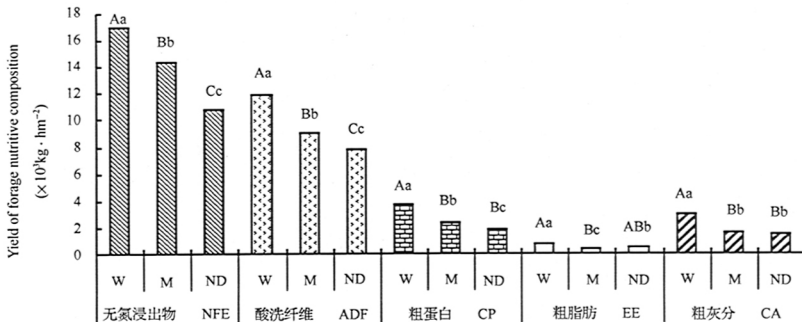


图2 不同饲用作物营养成分产量比较

Fig.2 The comparison of forage nutritive composition yield in different forage crops

W: Wancao 2; M: *E. Perennis*; ND: ND108

2.4 不同饲用作物总能量

2.4.1 不同饲用作物总能量的比较 总能量(GE)是 CP、EE、ADF 和 NFE 等 4 项养分指标的综合反映,由图 3 可以看出,3 种饲用作物中,皖草 2 号总能量最高,极显著高于墨西哥玉米和农大 108,分别高出 $1\ 448.024 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $2\ 339.687 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$,墨西哥玉米高出农大 108 $891.663 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

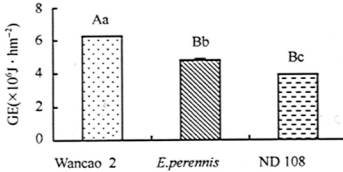


图 3 不同饲用作物总能量比较
Fig.3 The comparison of general energy in different forage crops

2.4.2 不同饲用作物总能量构成 由图 4 可以看出,皖草 2 号和墨西哥玉米在能量构成中,叶片占的比例较大,表明叶片是构成饲用作物总能量的主体,在墨西哥玉米中表现更明显,而在农大 108 中茎秆占主体,每种作物中茎秆和叶片能量比差异显著。

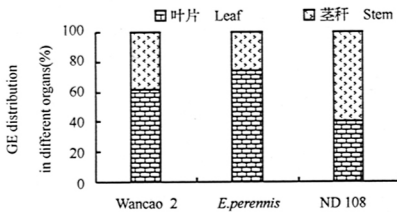


图 4 不同饲用作物能量构成
Fig.4 The GE distribution of different organs in different forage crops

2.5 不同饲用作物瘤胃降解率

从表 3 看出,不同饲用作物各营养成分的瘤胃降解率不同。农大 108 干物质和粗蛋白降解率最高,分别为 57.880% 和 12.424%,其干物质降解率高出皖草 2 号和墨西哥玉米 11.990% 和 8.880%,其粗蛋白降解率分别高出后两者 4.348% 和 4.424%,后两者之间干物质和粗蛋白降解率差异不显著。墨西哥玉米粗纤维的降解率显著高于皖草 2 号。

表 3 不同饲用作物瘤胃降解率的比较

Table 3 The comparison of ruminal degradation of forage nutritive quality in different harvesting times

类型 Type	养分指标 Nutritive matter	降解率 Digestibility (%)
皖草 2 号 Wancao2	干物质 DM	45.890 Bb
	粗蛋白 CP	8.076 Bb
	粗纤维 CF	13.074 Ab
墨西哥玉米 <i>E. perennis</i>	干物质 DM	49.000 Bb
	粗蛋白 CP	8.000 Bb
	粗纤维 CF	23.000 Aa
农大 108 ND108	干物质 DM	57.880 Aa
	粗蛋白 CP	12.424 Aa

Notes: DM = dry matter, CP = crude protein, CF = crude fiber.

3 结论与讨论

营养成分是植物体内含有的草食动物生长发育所需的物质。本研究采用概略养分分析法综合评价饲料的饲用营养成分。粗蛋白(CP)是牧草中含氮物质的总和,是决定牧草营养品质的重要指标^[4-7];粗脂肪(EE)富含热能,是提供能量的重要物质^[5];结构性碳水化合物构成了酸性洗涤纤维(ADF),也是反刍性草食动物的主要能源物质,其含量高低影响家畜对饲草的消化率;无氮浸出物(NFE)主要包括糖类和淀粉等易消化的非结构性碳水化合物;粗灰分(CA)是无机物质的总称,在动物机体代谢中也发挥重要作用^[5]。

前人对作物的饲用营养成分作了许多研究^[3,8,9],但系统比较 3 种不同类型饲用作物营养成分的研究较少。本研究表明,3 种类型鲜干物质总产量之间差异均达到极显著水平,其中皖草 2 号最高,墨西哥玉米其次,农大 108 最低。干物质产量构成中,3 种类型之间差异显著,皖草 2 号和墨西哥玉米叶片具有较高的干物质生产能力。5 大营养成分产量均是皖草 2 号极显著高于墨西哥玉米和农大 108,但粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物含量均低于墨西哥玉米高于农大 108。皖草 2 号总能量极显著高于墨西哥玉米和农大 108,皖草 2 号和墨西哥玉米叶片是能量构成的主体,对农大 108 茎秆是主体,3 种饲用作物单位面积的能量差异,是由单株能量和产量共同造成的。瘤胃降解率可以初步评价饲草的营养价值。3 种饲用作物中,农大 108 干物质和粗蛋白降解率最高,分别为 57.880% 和 12.424%。墨西哥玉米粗纤维的降解率显著高于皖草 2 号,但它们的干物质和粗蛋白降解率差异不显著。对于不同类

型饲用作物营养成分存在差异的生理生化基础以及生物学效率方面还有待进一步探讨。

综上所述,从物质生产能力、营养成分、能量和降解率四方面综合评价,杂交苏丹草——皖草2号是一种值得推广的新型牧草品种,可适应我国目前畜牧业发展的需要。

References

- [1] Hu Y-C(胡跃高). Trend of green feed industry in the world and its strategic status in China. *Pratacultural Science* (草业科学), 2000, 17 (2): 59-64 (in Chinese)
- [2] Jiang H-Z(姜海忠). The fodder grass of high yield and top quality: *Zea diploperennis* L. *Science and Information of Agriculture* (农业科技与信息), 2001, (3): 32 (in Chinese)
- [3] Zhang J-W(张吉旺), Wang K-J(王空军), Hu C-H(胡昌浩), Dong S-T(董树亭), Liu P(刘鹏). Forage nutritive value of different type maize cultivars. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2003, 29(6): 951-954 (in Chinese with English abstract)
- [4] He Z-F(何照范). *Analysis of Grain and Oil Quality* (粮油品质分析). Beijing: Science Press, 1986 (in Chinese)
- [5] Yang S(杨胜). 饲料分析及饲料质量检测技术. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993 (in Chinese)
- [6] Han Y-W(韩文文). *Feed and Feeding Science* (饲料与饲养学). Beijing: China Agriculture Press, 1998 (in Chinese)
- [7] Yang F(杨凤). *Animal Nutrition Science* (动物营养学). Beijing: China Agriculture Press, 1991.10 (in Chinese)
- [8] White R P. Effects of planting dates on forage corn yields and maturity on Prince Edward Island. *Ean J Plant Science*, 1977, 57: 563-569
- [9] Zhang J-W(张吉旺), Wang K-J(王空军), Hu C-H(胡昌浩), Dong S-T(董树亭), Liu P(刘鹏). Impact of different stages of nitrogen dressing on feeding value of forage summer maize. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2002, 35(11): 1 337-1 342 (in Chinese with English abstract)
- [10] Lin C-J(林春健), Feng Y-L(冯仰廉). Estimation of protein degradability in the remen of steers using the nylon bag technique. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis* (北京农业大学学报), 1987, 13 (3): 375-381

《中国农业科学》2006年征订启事

《中国农业科学》由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用科学研究论文:作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺·园林·贮藏·保鲜·加工;畜牧·兽医·资源昆虫;水产;综述与专论;研究简报;快讯等。读者对象是国内农业科学研究院(所)、农业大专院校、综合性大学的农业科研、教学与管理人。

本刊为北京大学图书馆1992-2004年连续4次遴选的农业科学综合性核心期刊。多年来一直被国内外著名数据库收录。1999、2002、2004年连续荣获首届国家期刊奖;第二、三届国家期刊奖提名奖;2001年入选中国期刊方阵最高阵列“双高”(高影响力、高学术水平)期刊;2001-2003年连续两个年度荣获“全国百种杰出学术期刊”称号;2002年中国科学院评选中国自然科学期刊显示度排名农林科技学术类期刊第一名;2002年、2004年连续荣获第三届、四届全国农业优秀科技期刊评比一等奖、特等奖。

《中国农业科学》大16开,每月10日出版,国内外公开发行。每期216页,定价39.50元,全年定价474.00元,国内统一刊号:CN11-1328/S,国际标准刊号:ISSN0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*)每期80页,国内订价¥20.00,全年¥240.00,国外定价\$20.00,全年\$240.00,国内统一刊号:CN11-4720/S,ISSN1671-2927,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

本刊全面实行网上投稿、网上审稿,网上查稿。网址:www.ChinaAgriSci.com。

欢迎订阅,欢迎网上注册投稿,欢迎刊登产品与服务广告。

邮币可到当地邮局订阅,或直接汇款至本编辑部,可破季订阅,免收邮费。

邮编:100081;地址:北京中关村南大街12号《中国农业科学》编辑部

开户银行:中国农业银行北京北下关支行

户名:中国农业科学院农业信息研究所;账号:050601040009874

电话:010-68919808,68975146;传真:010-68976244

E-mail: zgnkx@mail.caas.net.cn 联系人:林鉴非