第 32 卷 第 1 期
2006 年 1 月 155～158 页

作 物 学 报
ACTA AGRONOMICA SINICA

Vol.32, No.1
pp. 155－158 Jan., 2006

研究简报

留茬高度与刈割时株高对墨西哥玉米产量及饲用品质的影响

王永军 王空军* 董树亭 胡昌浩 张吉旺 刘 鹏

(山东省作物生物学重点实验室/山东农业大学农学院,山东泰安 271018)

摘 要：在大田条件下,比较了不同留茬高度和刈割时株高对墨西哥玉米(*Euchlaena mexicana*)产量和饲用营养品质的影响,采用概略养分分析法评价其饲用价值。结果表明,留茬 30 cm 处理的总鲜草产量为 14.1 kg·m^{-2},总干草产量为 1.90 kg·m^{-2},显著高于留茬 20 cm 和留茬 10 cm 处理;其粗蛋白(CP)和粗纤维(CF)含量较高,粗灰分(CA)和无氮浸出物(NFE)含量较低。株高 130 cm 时刈割与对照处理(株高 95 cm)的产量差异不显著,但其 CP、NFE 含量较低,CA 和 CF 含量较高;株高 60 cm 刈割处理的 CP、NFE 含量高,CA 和 CF 含量低,但产量显著低于对照处理。综合分析 5 项饲用营养成分和总能量(GE)产量,留茬高度 30 cm、株高 95 cm 时刈割可实现墨西哥玉米生产的高产优质。

关键词：墨西哥玉米;刈割;留茬高度;刈割时株高;产量;饲用品质

中图分类号：S816,S513

Effects of Stubble Height and Clipped Plant Height on Yield and Forage Quality of *Euchlaena mexicana*

WANG Yong-Jun, WANG Kong-Jun*, DONG Shu-Ting, HU Chang-Hao, ZHANG Ji-Wang and LIU Peng

(Key Laboratory of Crop Biology of Shandong Province / Agronomy College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effects of stubble height and clipped plant height on yield and forage quality of *Euchlaena mexicana*. The crude nutrient analysis method was used to evaluate the forage nutritive quality. The results showed that the yield of the treatment with 30 cm stubble (treatment Ⅱ) was the highest as compared with those with 20 cm and 10 cm stubble. The fresh and dry matter yields of the treatment were 14.1 kg·m^{-2} and 1.90 kg·m^{-2}, respectively. The contents of crude protein (CP) and crude fiber (CF) were higher and those of crude ashes (CA) and nitrogen-free extract (NFE) were lower when the stubble height was 30 cm. The yield of treatment Ⅳ (the plant was clipped at 130 cm height) and the control (the plant was clipped at 95 cm height) was not significantly different, however, the content of CP and NFE was lower and CA and CF was higher in treatment Ⅳ than in control. The CP and NFE content of treatment Ⅲ (the plant was clipped at 60 cm height) was the highest and its CA and CF content was the lowest, while its yield was lower than that of control significantly. According to the yield of five forage nutritive indexes (CP, CA, EE, NFE and CF) and the gross energy (GE), the treatment with 30 cm stubble and 95 cm clipped plant height was the ideal cutting pattern for *Euchlaena mexicana*, providing higher yield and quality.

Key words: *Euchlaena mexicana*; Clipping; Stubble height; Clipped plant height; Yield; Forage quality

一年生墨西哥玉米(*Euchlaena mexicana*)是玉米近缘属大刍草(teosinte)的一个类型,原产于墨西哥,1979 年由日本引入我国[1]。它具有高抗病虫、分蘖能力强、刈割后再生生长迅速、产量大、饲用价值高等特点,其茎叶柔嫩多汁,为鱼类和各种畜禽所喜食,既可鲜饲又可青贮,是极具发展潜力的人工栽培草种之一[2,3]。在我国栽培历史较短,主要用于种质资源研究[1,4],对其饲用研究不深入。草地利用的主要手段是放牧和刈割[5~9],以往的研究多集中于人工栽培条件

基金项目：国家自然科学基金(30100108、30370832)、高等学校博士学科点专项科研基金(20040434008)、山东省优秀中青年科学家奖励基金(02BS028)和国家"十五"科技攻关项目(2004BA520A12)资助。

作者简介：王永军(1977-),男,山东诸城人,在读博士研究生,主要从事作物生理生态研究。

* 通讯作者(Corresponding author):王空军。Tel:0538-8241224,13705389528;E-mail: kjwang@sdau.edu.cn

Received(收稿日期):2005-01-04; Accepted(接受日期):2005-04-15.

下模拟不同刈割或放牧方式对天然草地牧草生产力以及饲用品质的影响[5,10-12]，针对大田栽培牧草的研究相对薄弱[7,12]，对墨西哥玉米的报道相对较少。已有的报道对其合理刈割方式的观点不一，且缺乏相应的研究基础[2,3,13]。本文探讨不同留茬高度和刈割时株高对其产量及饲用品质的影响，以期为墨西哥玉米高产优质生产提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2003 年在山东农业大学玉米科技园(36°18′N, 117°13′E)进行，采用大田小区栽培，土壤含有机质 1.02%、全氮 0.093%、碱解氮 83.7 $\mu g \cdot g^{-1}$、速效磷 52.7 $\mu g \cdot g^{-1}$ 和速效钾 97.3 $\mu g \cdot g^{-1}$。试材为一年生墨西哥玉米(*E. mexicana*)，设计不同留茬高度(株高均 95 cm)和刈割时株高(留茬均 20 cm)2 个相对独立的单因素试验，共用 1 个对照(留茬 20 cm，株高 95 cm)，共 5 个处理(见表 1)，随机排列，重复 3 次。小区面积 7.5 m × 12 m，种植密度为 38 400 株·hm^{-2}，行距 65 cm，株距 40 cm。从 5 月 2 日播种到 10 月 4 日最后收获为整个生长季，每次刈割后追施磷酸二铵 750 kg·hm^{-2}。

表 1 不同留茬高度和刈割时株高处理

Table 1 Treatments of different stubble height and clipped plant height

处理 Treatment		留茬高度 Stubble height(cm)	刈割时株高 Clipped plant height(cm)
留茬试验	Ⅰ	10	95
	CK	20	95
	Ⅱ	30	95
株高试验	Ⅲ	20	60
	CK	20	95
	Ⅳ	20	130

1.2 测定指标

刈获部分分为茎鞘和叶片，称鲜重后于 105℃杀青 30 min，75℃烘 48 h 后称重，经 40 目筛粉碎，供营养分析用。常规指标测定按杨胜的方法[14]进行，饲用品质评价采用概略养分分析法[15]，并以各饲用营养成分和总能量的产量来综合衡量。粗蛋白(CP)测定采用半微量凯氏定氮法(按全氮 × 6.25 计)；粗脂肪(EE)测定采用残余法；粗纤维(CF)测定采用酸性洗涤法；粗灰分(CA)测定采用灰化法；差减法计算无氮浸出物(NFE)含量。总能按 GE(× 10^6 J·kg^{-1}) = (CP × 23.86 + EE × 39.36 + CF × 17.58 + NFE × 17.58)/100 估算[16]。

数据处理采用 Microsoft Excel 2000；用 SPSS11.0 进行方差分析及多重比较(Duncan's 新复极差法)。

2 结果与分析

2.1 刈割方式对产量的影响

图 1 表明，不同留茬高度刈割生长季内均收获 3 次，鲜草总产量为处理Ⅱ(14.1 kg·m^{-2}) > CK(13.1 kg·m^{-2}) > 处理Ⅰ(7.9 kg·m^{-2})，处理间差异显著。随刈割次数增加，处理Ⅰ每次收获的鲜产量明显降低，CK 和处理Ⅱ则逐渐增加，到第 3 次刈割时，处理Ⅱ鲜产量明显高于前 2 次。不同株高时刈割，鲜草总产量为处理Ⅳ(13.5 kg·m^{-2}) > CK(13.1 kg·m^{-2}) > 处理Ⅲ(8.1 kg·m^{-2})，但处理Ⅳ和 CK 差异不显著，处理Ⅲ显著低于 CK；3 个处理每次收获的鲜草产量均随收获次数增加呈增加趋势。不同刈割方式对墨西哥玉米干草产量的影响与鲜草产量一致，以处理Ⅱ最高(图 2)。

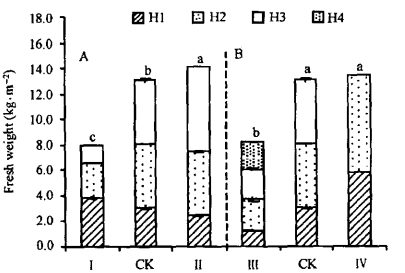

图 1 不同刈割方式下的鲜草产量

Fig.1 Fresh yield of different clipping modes

A，B 分别表示留茬高度和刈割时株高处理的结果；H1、H2、H3、H4 分别表示第一、二、三、四收获期；具有相同字母的柱体间差异不显著($P = 0.05$)。下同。

A and B mean the results of different stubble height and clipped plant height; H1, H2, H3 and H4 mean the first, second, third and forth harvest stages, respectively. Bars with the same letter are not significant at 0.05 probability level. The same below.

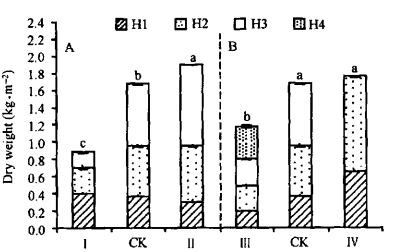

图 2 不同刈割方式下的干草产量

Fig.2 Dry yield of different clipping modes

2.2 刈割方式对饲用价值的影响

由表 2、表 3 可看出，不同留茬高度刈割时，各茬次 CP 含量均以处理Ⅱ最高，处理Ⅰ最低。处理Ⅱ的 EE 和 CF 含量也较高，而 CA 含量较低，NFE 含量最低。留茬 30 cm 刈割(处理Ⅱ)饲用营养价值较高。不同株高时刈割，以处理Ⅲ的 CP 含量最高，CA 和 CF 含量低，CK 次之。植株高度较低时刈割利于获得饲用营养价值高的牧草，但产量显著低于其他处理(图 1、图 2)。

表 2　留茬高度对饲用品质的影响

Table 2　Effects of different stubble height on forage quality

收获期 Harvest stage	处理 Treatment	粗蛋白 CP (%)	粗脂肪 EE (%)	粗灰分 CA (%)	粗纤维 CF (%)	无氮浸出物 NFE (%)
H1	Ⅰ	13.05 c	2.32 b	9.25 a	42.33 b	33.05 a
	CK	14.88 b	2.70 a	7.57 c	43.87 b	30.98 b
	Ⅱ	15.68 a	2.71 a	8.68 b	47.65 a	25.28 c
H2	Ⅰ	9.43 c	1.86 b	8.32 a	48.39 a	32.00 a
	CK	10.24 b	2.40 a	8.39 a	46.22 b	32.75 a
	Ⅱ	11.23 a	2.21 a	8.32 a	48.20 a	30.05 b
H3	Ⅰ	9.23 b	2.21 a	9.54 b	39.63 a	39.39 a
	CK	9.85 b	2.37 a	10.23 a	39.83 a	37.72 b
	Ⅱ	10.93 a	2.27 a	7.03 c	40.76 a	39.01 a

Notes: CP = crude protein; EE = ether extract; CA = crude ashes; CF = crude fiber; NFE = nitrogen free extract. The same below.

表 3　刈割时株高对饲用品质的影响

Table 3　Effects of different clipped plant height on forage quality

收获期 Harvest stage	处理 Treatment	粗蛋白 CP (%)	粗脂肪 EE (%)	粗灰分 CA (%)	粗纤维 CF (%)	无氮浸出物 NFE (%)
H1	Ⅲ	17.59 a	2.30 b	8.26 b	48.41 a	23.44 c
	CK	14.88 b	2.70 a	7.57 c	43.87 b	30.98 b
	Ⅳ	12.66 c	2.11 b	8.82 a	39.75 c	36.66 a
H2	Ⅲ	14.28 a	2.05 b	8.30 b	48.26 a	27.11 c
	CK	10.24 b	2.40 a	8.39 b	46.22 b	32.75 b
	Ⅳ	8.18 c	2.19 ab	9.13 a	39.84 c	40.65 a
H3	Ⅲ	11.30 a	2.85 a	8.52 b	46.90 a	30.42 b
	CK	9.85 b	2.37 b	10.23 a	39.83 b	37.72 a
	Ⅳ	–	–	–	–	–
H4	Ⅲ	10.66	2.29	7.32	32.42	47.30
	CK	–	–	–	–	–
	Ⅳ	–	–	–	–	–

注:“–”表示本次刈割没有再生草。

Note: “–” means the regrowth grass couldn't be harvested at the regrowth stage.

2.3　饲用营养成分产量

图 3 为 5 项饲用营养成分产量对不同刈割方式的响应。留茬高度不同时,CP、CF、NFE 产量均以处理Ⅱ显著高于 CK 和处理Ⅰ,CA和EE产量处理Ⅱ和CK差异不显著,但显著高于处理Ⅰ。不同株高时刈割,CP 产量以 CK 显著高于处理Ⅲ和处理Ⅳ;对照和处理Ⅳ的 CA、EE、CF 产量差异不显著;NFE 产量以处理Ⅳ最高,CK 居中。

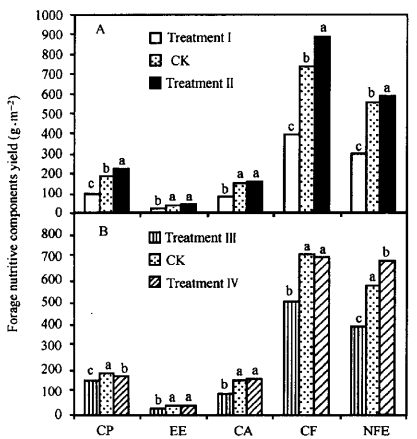

图 3　不同刈割方式下的饲用营养成分产量

Fig.3　Forage nutritive components yield of different clipping modes

2.4　总能量产量及分配

留茬高度不同时,处理Ⅱ可获得最高的能量产量,为 330.41 kJ·m^{-2}(图 4)。不同株高时刈割,CK 和处理Ⅳ能量产量无显著差异,但高于处理Ⅲ。叶片是构成能量产量的主体,从获取能量的角度出发,留茬 30 cm,植株高 95 cm 时刈割比较理想。

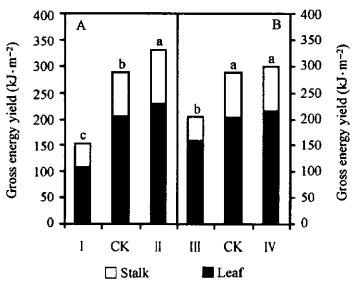

图 4　不同刈割方式对总能量产量的影响及能量分配

Fig.4　Effects of different clipping modes on gross energy yield and the distribution of general energy

3 讨论

CP是牧草中含氮物质的总和,其中的各种必需氨基酸是决定牧草营养品质的重要基础;EE富含热能,是提供能量的重要物质;CF主要是结构性碳水化合物,NFE包括糖类和淀粉等易消化的非结构性碳水化合物,是草食动物主要的能源物质;CA是无机物的总称,在动物机体活动中发挥重要作用,概略养分分析法以5项指标含量来综合评价饲料的饲用价值[15]。本试验设计了留茬高度10 cm、20 cm和30 cm和植株高度60 cm、95 cm和130 cm大跨度的5个刈割处理,比较了不同刈割方式对墨西哥玉米产量和饲用营养品质的影响,研究认为处理Ⅱ(留茬高30 m,刈割时株高95 cm)可实现其高效利用。处理Ⅰ在第1次刈割后有53.1%的植株和分蘖死掉,第2次刈割后又有3.6%的植株和分蘖死掉,总产量最低,说明墨西哥玉米不耐高强度刈割。CK和处理Ⅱ刈割强度较小,轻度刈割刺激了分蘖和再生生长加快,表现出"补偿"效应[5,17],可能与较高留茬能为再生提供充足的碳氮养分有关。当留茬较高时,收获部分比较幼嫩,叶片的比例增加,饲用价值较高。处理Ⅲ在生长季内收获4次,饲用品质最好,但频繁刈割导致植株用于再生生长和形态结构再建成的时间增加而用于光合产物积累的"有效光合时间"缩短[18],不利于总产量提高。处理Ⅳ产量较高但与CK相比差异不显著,且品质差。以总能量(GE)为衡量指标集成了产量与品质性状,比较发现,处理Ⅱ能获得最高能量产量。叶片是墨西哥玉米能量产量构成主体[19],因此较高留茬、植株高度适中时刈割可有效增加叶片在产量构成中的比重,能够实现其高产优质生产。

References

[1] Zhan Q-W(詹秋文), Long X-D(龙晓娣). Effect of different dark treatments on flowing habit, yield and quality in *Zea mexicana* Schrad. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2002, 18(6): 28-30(in Chinese with English abstract)

[2] Jiang H-Z(姜海忠). The forage grass of high yield and top quality - *Zea mexicana*. *Sci Inform Agric*(农业科技与信息), 2001, 3: 32(in Chinese)

[3] Wu C-Q(邬春清), Wu B-R(吴秉仁), Guo S-P(郭松平), Wang M-M(王明敏). The evaluation on the introduction and ecological climate Mexico forage grass. *Grassland of China*(中国草地), 1990, 1: 33-36 (in Chinese)

[4] Lu L-T(芦立婷), Chen J-T(陈景堂), Zhu L-Y(祝丽英), Huang Y-Q(黄亚群), Chi S-M(池书敏). Distant crossing of maize and teosinte to create germplasm and its development of utilization. *J Agric Hebei Univ* (河北农业大学学报), 2003, 26(5): 9-11(in Chinese with English abstract)

[5] Samantha H, Roy T. Compensatory growth of three herbaceous perennial species: the effects of clipping and nutrient availability. *Can J Bot*, 2000, 78(6): 759-767

[6] Venuto B C, Burson B L, Hussey M A, Redfearn D D, Wyatt W E, Brown L P. Forage yield, nutritive value, and grazing tolerance of dallisgrass biotypes. *Crop Sci*, 2003, 43(1): 295-301

[7] Yau J A. Yield of early planted barley after clipping or grazing in a semiarid area. *Agron J*, 2003, 95(4): 821-827

[8] Zhao M-L(赵萌莉), Xu Z-X(许志信). Regrowth dynamics and factors affecting the regrowth of range herbage in *Stipa breviflora* desert steppe. *Acta Agrestia Sin*(草地学报), 1994, 2(2): 33-41(in Chinese with English abstract)

[9] Xia J-X(夏景新), Fan F-C(樊奋成), Wang P(王培). Progress in studies of the effects of defoliation on regrowth and production in grass pasture. *Acta Agrestia Sin*(草地学报), 1994, 2(1): 45-55(in Chinese with English abstract)

[10] Sun X-Z(孙学钊), Liang Z-D(梁祖铎). Effect of the changes of stubble height on regrowth yield and quality of perennial ryegrass. *Pratacultural Sci*(草业科学), 1991, 8(4): 63-67(in Chinese)

[11] Smith D, Nelson R C. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa: 1. Responses to height and frequency of cutting. *Crop Sci*, 1967, 7: 130-133

[12] Liu J-P(刘军萍), Wang D-L(王德利), Ba L(巴雷). Studies on the leaf regrowth dynamics in Leymus Chinese under different cutting conditions. *J Northeast Normal Univ*(东北师大学报), 2003, 35(1): 116-124(in Chinese with English abstract)

[13] Song J-C(宋金昌), Qiao Y-K(乔亚科), Feng M-S(冯敏山), Gao S-L(高山林), Fan L(范莉), Yang Z-Z(杨宗泽), Duan L-X(段玲欣), Wang X-J(王晓娟), Feng Z-X(冯志新). Study of the regrowth performance and nutritional components content of *Euchlaena mexicana*. *Heilongjiang Anim Sci Vet Med*(黑龙江畜牧兽医), 2004, 6: 61-62 (in Chinese)

[14] Yang S(杨胜). Technique of Feedstuff Quality Analysis and Identification(饲料分析及饲料质量检测技术). Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993. pp 19-61(in Chinese)

[15] Chen Y-L(陈玉林). Development of the feedstuff nutritive value evaluating system and analysis methods *Gansu Pasturage and Veterinarian*(甘肃畜牧兽医), 1995, 4: 22-23(in Chinese)

[16] Ren J-Z(任继周). Research Methodology in Prataculture Science (草业科学研究方法). Beijing: China Agriculture Press, 1998. pp 189-191(in Chinese)

[17] Wang H-Y(王海洋), Du G-Z(杜国祯), Ren J-J(任金吉). The impacts of population density and fertilization on compensatory responses of *Elymus nutans* to mowing. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 2003, 27(4): 477-483(in Chinese with English abstract)

[18] Moran C H. Changes in the carbonhydrate reserves of ladino white clover following defoliation. *Plant Physiol*, 1952, 28: 467-474

[19] Wang Y J, Wang K J, Yuan C P, Xu H. Effects of different nitrogen application strategies on yield and forage nutritive quality of *Zea mexicana*. *Agric Sci China*, 2004, 3(8): 604-611