

氮磷钾锌肥配施对墨西哥玉米草 首次刈割产量及品质的影响

赵东海¹, 胡华锋², 介晓磊², 化党领¹, 刘世亮¹, 郭孝², 鲁剑巍³, 刘芳¹

(1. 河南农业大学资源与环境学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州牧业工程高等专科学校, 河南 郑州 450011;

3. 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:采用盆栽方法, 研究氮、磷、钾、锌肥配施对墨西哥玉米草(*Zea mexicana*)首次刈割产量和品质的影响。结果表明, 氮、磷、钾、锌肥能显著提高墨西哥玉米草首次刈割鲜草和干草(叶片+茎鞘)产量($P < 0.05$)。与对照相比, 施肥处理饲草鲜质量和干质量增幅为 7.00%~39.08% 和 6.02%~37.94%, 且氮肥对墨西哥玉米草的增产作用大于磷、钾肥。氮、磷、钾、锌肥也能显著提高墨西哥玉米草粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和粗灰分的含量和产量($P < 0.05$), 且叶片粗蛋白、粗脂肪、粗纤维含量大于茎鞘; 氮、磷、钾、锌肥还显著降低了无氮浸出物含量, 茎鞘无氮浸出物含量均高于叶片, 但施肥对无氮浸出物产量影响不大。氮肥对墨西哥玉米草营养成分含量提高作用大于磷、钾肥, 配施锌肥有助于墨西哥玉米草产量的提高和营养品质的改善。总之, 氮、磷、钾和锌肥配施能显著提高墨西哥玉米草产量, 并改善其营养品质。

关键词:墨西哥玉米草; 氮肥; 磷肥; 钾肥; 锌肥; 产量; 品质

中图分类号: S544.06; S143

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2010)12-0087-05

^{*1} 墨西哥玉米草(*Zea mexicana*)为一年生禾本科牧草^[1], 一年可刈割 6~8 茬, 年鲜草产量可达 250 000 kg/hm², 是一种优质饲料作物, 被誉为“青饲料之王”, 在我国河南、河北、山西、广东等地得到了广泛种植。由于墨西哥玉米草是一年生多茬高产饲料作物, 因此收获时每年将从土壤中带走大量的矿质营养元素^[2], 会使土壤营养趋于贫乏, 土壤养分平衡遭到破坏, 从而使饲草作物产量、品质降低, 土壤可持续生产能力下降^[3-7]。因此必须给土壤补充营养元素, 即通过施肥来满足作物生长需要。

氮、磷、钾肥是作物生长发育所必需的三大营养元素, 对作物的增产和品质提高都有重要作用。而微量元素锌对禾本科作物产量、品质影响也很大^[8], 尤其在我国北方石灰性土壤中缺锌现象十分普遍。锌在作物体内是许多酶的组成成分, 参与碳水化合物的转化和代谢, 并能增强作物的抗病、抗寒、抗旱性, 促进作物生长, 提高籽粒产量^[9]。研究表明, 氮、磷、钾、锌肥合理施用能显著提高牧草饲草产量及粗蛋白、粗纤维等品质指标的含量和产量^[10-14]。然而, 目前关于上述 4 种肥

料配施对墨西哥玉米草产量和品质影响的研究还鲜为报道。本研究采用盆栽试验, 研究氮、磷、钾、锌肥配施对墨西哥玉米草产量和品质的影响, 以期对墨西哥玉米草的优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种 供试墨西哥玉米草品种为优 12, 购于河南省农业科学院。

1.2 供试土壤 供试土壤为壤质潮土, 其理化性状如下: 有机肥 7.57 mg/kg, 碱解氮 0.64 mg/kg, 速效磷 25.74 mg/kg, 速效钾 55.23 mg/kg, pH 值 8.1, 有效锌 0.76 mg/kg, 表现为缺锌^[9]。

1.3 供试肥料 供试氮肥、磷肥、钾肥分别为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12%)、硫酸钾(K₂O 54%), 均为市售; 供试锌肥为 ZnSO₄·7H₂O(分析纯, Zn 22.74%)。

收稿日期: 2010-04-11

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(2010GB2D000287); 河南省重点科技攻关项目(082102130014); 国家公益性行业(农业)科研专项(200803029); 河南省教育厅科技攻关项目(2009A210020)

作者简介: 赵东海(1982-), 男, 河南新郑人, 在读博士生, 主要从事牧草营养与农业环境研究。

E-mail: dylan529@163.com

通信作者: 胡华锋 E-mail: hhf607@163.com

1.4 试验设计 试验在河南农业大学科教园网室内进行。试验设单施氮(N)、单施磷(P)、单施钾(K)、氮磷配施(NP)、氮钾配施(NK)、磷钾配施(PK)、氮磷钾配施(NPK)及氮磷钾锌配施(NPKZn),以不施肥处理为对照(CK),共9个处理。每盆(盆高30 cm,体积0.02 m³)装土7.50 kg,重复3次,随机排列。氮、磷、钾、锌肥用量分别为N(3 g/盆)、P₂O₅(2 g/盆)、K₂O(1 g/盆)、ZnSO₄·7H₂O(0.2 g/盆),肥料与土壤混均后入盆。于2009年6月10日播种,每盆播种墨西哥玉米草种子3~5粒。于6月22日间苗至1株,并适时除草、灌溉,按产草田常规管理。于7月15日刈割,将刈割部分分成茎鞘和叶片两部分,称鲜质量后于105℃杀青,75℃烘干,粉碎后过1 mm尼龙筛,供室内分析。

1.5 测定方法 采用常规方法测定墨西哥玉米草植株和土壤营养成分含量^[15-16],其植株营养成分含量与其饲草产量乘积为营养成分产量。

使用SPSS 12.0统计软件,采用F测验和LSD法对试验数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对墨西哥玉米草产量的影响 不同配施处理均能显著($P < 0.05$)提高墨西哥玉米草叶片、茎鞘及饲草(叶片+茎鞘)产量(表1)。与对照相比,施肥处理叶片鲜质量和干质量增幅分别为6.98%~39.02%和5.30%~37.45%;茎鞘鲜质量和干质量增幅分别为

7.05%~39.18%和8.01%~39.32%;饲草鲜质量和干质量增幅分别为7.00%~39.08%和6.02%~37.94%。单施N处理显著高于单施磷、钾处理,而P、K处理间差异不显著($P > 0.05$)。N、P、K、Zn肥配施显著优于单施处理,NP、NK处理显著优于PK处理,NPK、NPKZn处理又显著优于NP、NK处理,但NPK与NPKZn两者之间差异不显著。上述结果说明氮肥对于墨西哥玉米草的增产作用大于磷、钾肥,而肥料配施更能满足墨西哥玉米草对养分的均衡需要;配施Zn肥增产效果不明显。处理间增产效应表现为:NPKZn>NPK>NP>NK>N>PK>P>K>CK。

2.2 不同施肥处理对墨西哥玉米草营养成分含量的影响

2.2.1 对粗蛋白含量的影响 由表2可见,与对照相比,施肥处理的叶片和茎鞘粗蛋白含量增幅分别为5.30%~18.46%和5.83%~24.03%,且单施或配施氮肥处理显著($P < 0.05$)高于不施氮肥处理。N、P、K单施时,粗蛋白含量表现为N>P>K,配施时,粗蛋白含量表现为NPK>NP>NK>PK,而配施Zn肥效果优于NPK(表2)。上述结果说明氮肥对于提高墨西哥玉米草粗蛋白含量贡献最大,其次是P、K肥;配施锌肥对于提高粗蛋白含量有一定作用。墨西哥玉米草叶片粗蛋白含量均高于茎鞘。

表1 施肥对墨西哥玉米草产量的影响

g/株

处理	叶片		茎鞘		叶片+茎鞘	
	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量
CK	1 052.30g	154.73g	520.15g	55.93g	1 572.45g	210.66g
N	1 257.58d	185.06d	613.78d	67.45d	1 871.36d	252.51d
P	1 144.40f	165.34f	570.69f	61.33f	1 715.09f	226.67f
K	1 125.70f	162.93f	556.84f	60.41f	1 682.54f	223.34f
NP	1 352.08b	196.17b	671.54b	71.64b	2 023.62b	267.81b
NK	1 326.23bc	193.09bc	657.11bc	70.35bc	1 983.34bc	263.44bc
PK	1 214.44de	177.66de	602.71de	64.62de	1 817.15de	242.28de
NPK	1 446.02a	209.79a	718.51a	75.81a	2 164.53a	285.60a
NPKZn	1 462.94a	212.67a	723.96a	77.92a	2 186.90a	290.59a

注:表中同列不同字母数值间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表2 施肥对墨西哥玉米草营养成分含量的影响

%

处理	粗蛋白		粗脂肪		粗纤维		粗灰分		无氮浸出物	
	叶片	茎鞘	叶片	茎鞘	叶片	茎鞘	叶片	茎鞘	叶片	茎鞘
CK	17.17d	14.23e	2.23d	1.81c	29.45d	23.34d	5.31b	5.25b	45.54a	56.67a
N	19.08b	15.84c	2.48c	1.93b	33.69b	27.35b	5.49a	5.48a	39.26bc	49.60bc
P	18.15c	15.21cd	2.39cd	1.88cd	32.47c	25.87bc	5.40ab	5.39b	41.57b	51.65b
K	18.08c	15.06d	2.28d	1.84c	32.35bc	24.66c	5.36b	5.31ab	41.93b	52.23b
NP	19.62a	16.89ab	2.62b	2.04b	34.61ab	27.64b	5.73a	5.57a	37.42d	47.88c
NK	19.36ab	16.72b	2.57b	2.03b	35.03a	28.13ab	5.64a	5.43a	37.40d	47.68c
PK	18.67b	15.35c	2.50bc	1.97b	33.73b	27.61b	5.46a	5.56a	39.34bc	48.80bc
NPK	20.12a	17.56a	2.85a	2.16a	35.89a	29.07a	5.69a	5.53a	35.45d	45.68d
NPKZn	20.34a	17.65a	2.91a	2.14a	35.31a	29.96a	5.57a	5.58a	35.87d	43.63d

2.2.2 对粗脂肪含量的影响 与对照相比,施肥处理的叶片和茎鞘粗脂肪含量增幅分别为2.24%~30.49%和1.65%~18.23%,肥料配施粗脂肪含量均高于单施处理。N、P、K单施时,粗脂肪含量表现为N>P>K;配施时,粗脂肪含量表现为NPK>NP>NK>PK;而NPK处理及配施Zn肥处理粗脂肪含量均显著高于其他处理($P<0.05$),但两处理间差异不显著($P>0.05$) (表2)。上述结果说明氮肥对于提高墨西哥玉米草粗脂肪含量贡献最大,其次是磷、钾肥;而配施锌肥效果不明显。墨西哥玉米草叶片粗脂肪含量均高于茎鞘。

2.2.3 对粗纤维含量的影响 与对照相比,施肥处理的叶片和茎鞘粗纤维含量增幅分别为9.24%~21.86%和5.66%~28.36%,肥料配施粗纤维含量均高于单施处理。N、P、K单施时,粗纤维含量表现为N>P>K;配施时,粗纤维含量表现为NPK>NK>NP>PK,NPK、NP和NK处理之间差异不显著($P>0.05$),但FQU显著优于PK处理。N处理优于PK处理,配施锌肥与NPK处理之间差异不显著(表2)。上述结果说明氮肥对于提高墨西哥玉米草粗纤维含量贡献最大,其次是磷、钾肥,而配施锌肥效果不明显。墨西哥玉米草叶片粗纤维含量均高于茎鞘。

2.2.4 对粗灰分含量的影响 与对照相比,施肥处理的叶片和茎鞘粗灰分含量增幅分别为1.69%~7.91%和2.67%~6.28%;肥料配施粗纤维含量均高于单施。氮、磷、钾单施时,粗灰分含量依次为N>P>K;配施时,粗灰分叶片含量

表现为NP>NPK>NK>PK,但各处理间差异不显著($P>0.05$);茎鞘含量表现为NP>PK>NPK>NK,但处理间差异不显著,且配施锌肥和NPK处理间差异不显著(表2)。上述结果说明氮肥对于提高墨西哥玉米草粗灰分含量贡献最大,而配施锌肥效果不明显。

2.2.5 对无氮浸出物含量的影响 与对照相比,施肥处理的叶片和茎鞘无氮浸出物含量降幅分别为8.61%~28.46%和8.50%~29.89%。氮、磷、钾单施时,无氮浸出物含量表现为K>P>N;配施时,无氮浸出物含量表现为PK>NP>NK>NPK;且配施锌肥和NPK处理间差异不显著($P<0.05$)。墨西哥玉米草茎鞘无氮浸出物含量均高于叶片(表2)。

2.3 不同施肥处理对墨西哥玉米草营养成分产量的影响

2.3.1 对粗蛋白产量的影响 与对照相比,施肥处理的粗蛋白产量增幅为12.60%~61.25%。氮、磷、钾单施时,粗蛋白产量表现为N>P>K,且N处理优于P、K处理;配施时,粗蛋白产量表现为NPK>NP>NK>PK,且NPK处理显著优于NP、NK和PK处理;配施锌肥处理虽高于NPK处理,但差异不显著($P>0.05$) (表3)。

2.3.2 对粗脂肪产量的影响 与对照相比,施肥处理的粗脂肪产量增幅为8.29%~7.69%。氮、磷、钾单施时,粗脂肪产量表现为N>P>K,且N处理优于P、K处理;配施时,粗脂肪产量表现为NPK>NP>NK>PK,且NPK处理显著优于

NP、NK 和 PK 处理;配施锌肥处理虽高于 NPK 处理,但差异不显著($P>0.05$)(表 3)。

2.3.3 对粗纤维产量的影响 与对照相比,施肥处理的粗纤维产量增幅为 17.81%~64.19%。氮、磷、钾单施时,粗纤维产量表现为 $N>P>K$,且 N 处理优于 P、K 处理;配施时,粗纤维产量表现为 $NPK>NK>NP>PK$,且 NPK 显著优于 NP、NK、PK 处理;配施锌肥处理虽高于 NPK 处理,但差异不显著($P>0.05$)(表 3)。

2.3.4 对粗灰分产量的影响 与对照相比,施肥处理的粗灰分产量增幅为 8.11%~42.70%。氮、磷、钾单施时,粗灰分产量表现为 $N>P>K$,且 N 处理优于 P、K 处理;配施时,粗灰分产量表现为 $NPK>NK>NP>PK$,且 NPK 处理显著优于 NP、NK 和 PK 处理,NP 和 NK 处理显著优于 PK 处理;配施锌肥处理虽高于 NPK 处理,但差异不显著($P>0.05$)(表 3)。

2.3.5 对无氮浸出物产量的影响 氮、磷、钾、锌肥配施对墨西哥玉米草无氮浸出物产量影响不显著($P>0.05$)(表 3)。

表 3 施肥对墨西哥玉米草营养成分产量的影响 g/盆

处理	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	无氮浸出物
CK	34.53h	4.46h	58.62h	11.10g	102.22a
N	45.99cd	5.89d	80.79c	13.86c	106.11a
P	40.16ef	5.10f	69.06ef	12.23ef	100.08a
K	38.88fg	4.83gh	67.77g	12.00f	99.32a
NP	50.59bc	6.59b	87.62b	15.22b	107.78a
NK	49.14c	6.40bc	87.43b	14.71b	105.76a
PK	43.97d	5.83de	79.35cd	13.62cd	104.23a
NPK	54.57a	7.50a	95.75a	15.83a	106.52a
NPKZn	55.68a	7.69a	96.25a	15.84a	106.85a

3 讨论与结论

墨西哥玉米草是一年生多茬高产的禾本科饲草作物。氮素是限制作物产量和品质的主要因素之一。而禾本科饲草作物自身不具有固氮作用,其生长发育所需的氮主要依靠根系从土壤中吸收。磷是参与植物体内代谢与合成的基本营养元素,对作物增产增质有较大影响。钾参与新陈代谢,也对作物产量品质产生主要影响^[9]。微量元素锌在植物生长中也有其重要的作用,能显著提高牧草粗蛋白和粗脂肪等营养成分的含量^[13-14]。

龙兴等^[17]在田间条件下,研究氮、磷、钾单施和配施对小米草(*Euphrasia regelii*)产量的影响,结果显示,氮、磷、钾肥显著提高小米草产量,且配施效果最好。闫景彩和陈金龙^[10]发现氮磷钾配施能显著提高桂牧 1 号杂交象草(*Pennisetum purpureum*)产量。胡华锋等^[12]的研究也表明,氮、磷、钾肥能显著提高紫花苜蓿(*Medicago sativa*)饲草产量,与未施肥处理相比,施肥处理饲草产量增幅为 8.62%~30.92%,同时配施能显著提高紫花苜蓿粗蛋白、粗纤维、粗灰分、粗脂肪等营养成分含量,且氮、磷、钾肥配施效果显著优于单施,同时显著降低紫花苜蓿无氮浸出物含量。胡华锋等^[18]采用叶面喷施的方法,研究不同锌水平对紫花苜蓿草产量影响。结果表明,喷施锌肥能显著($P<0.05$)提高苜蓿草产量,以施锌 500 mg/kg 效果最好,草产量比不施肥处理提高 1 077.73 kg/hm²。本研究表明,氮、磷、钾、锌肥能显著提高墨西哥玉米草叶片、茎鞘及饲草(叶片+茎鞘)产量。与对照相比,施肥处理的叶片鲜质量和干质量增幅分别为 6.98%~39.02%和 5.30%~37.45%;茎鞘鲜质量和干质量增幅分别为 7.05%~39.18%和 8.01%~39.32%;饲草鲜质量和干质量增幅分别为 7.00%~39.08%和 6.02%~37.94%。氮肥对于墨西哥玉米草的增产作用大于磷、钾肥。氮、磷、钾、锌肥也能显著提高墨西哥玉米草粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和粗灰分的含量和产量,且叶片粗蛋白、粗脂肪、粗纤维含量大于茎鞘,同时显著降低了无氮浸出物含量,而茎鞘无氮浸出物含量均高于叶片,但施肥对无氮浸出物产量影响不大。氮肥对墨西哥玉米草营养成分含量提高作用大于磷、钾肥,配施锌肥有助于墨西哥玉米草产量提高和营养品质的改善。

参考文献

- [1] 姜海忠. 高产优质饲料作物——墨西哥玉米[J]. 农业科技与信息, 2001(3): 3-7.
- [2] 宋金昌, 范莉, 杨宗泽, 等. 饲用墨西哥玉米生长特性及其营养成分含量的研究[J]. 草业科学, 2005, 22(4): 53-56.
- [3] Osborne S L, Raun W R, Jonson G V, et al. Bermudagrass response to high nitrogen rates, source and

- season of application [J]. *Agronomy Journal*, 1999 (91):438-444.
- [4] Alain O, Tac H K, Jean B. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa*: Relationships between availability and regrowth yield [J]. *Plant Physiology*, 1994(105):831-837.
- [5] Joseph C B, Douglas S C, Dasid P B, *et al.* Nitrogen and defoliation management: Effects on yield and nutritive of flaccidgrass[J]. *Agronomy Journal*, 1998 (90):85-92.
- [6] 韩友文. 饲料与饲养学[J]. 北京:中国农业出版社, 1998.
- [7] Iltis H H, Doebley G. *Zea diploperennis* (Gramineae): a new teosinte from Mexico[J]. *Science*, 1979, 203(4376):186-188.
- [8] 刘梦星, 崔彦宏, 丁民伟, 等. 氮磷钾及锌配施对旱薄区夏玉米干物质积累、分配和转移的影响[J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(1):1-4.
- [9] 胡霁堂. 植物营养学(下册)[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2003.
- [10] 闫景彩, 陈金龙. 氮磷钾配施对田周地种植桂牧1号杂交象草产量及效益的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(12):98-102.
- [11] 李小坤, 鲁剑巍. 施肥对苏丹草产草量和氮磷钾养分吸收的影响[J]. 草地学报, 2006, 14(1):52-56.
- [12] 胡华锋, 肖金帅, 郭孝, 等. 氮磷钾肥配施对黄河滩区紫花苜蓿产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35(2):178-180.
- [13] 刘世亮, 化党领, 张炳运, 等. 锌、铁、钼配施对紫花苜蓿产草量和品质的影响[J]. 草业科学, 2008, 25(11):40-44.
- [14] 王克武, 陈清, 李晓林. 施用硼、锌、钼肥对紫花苜蓿生长及品质的影响[J]. 土壤肥料, 2003(3):24-28.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 1999.
- [16] 史瑞和. 土壤农化分析[M]. 第2版. 北京:中国农业出版社, 1990.
- [17] 龙兴, 李小坤, 赵慧星, 等. 氮肥用量及氮、磷、钾配合施用对小米草生长和产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2004(3):59-61.
- [18] 胡华锋, 李明, 介晓磊, 等. 锌对紫花苜蓿草产量和矿质营养的影响[J]. 土壤通报, 2009, 40(4):884-887.

Effect of N, P, K and Zn fertilization on first cutting yield and quality of *Zea mexicana*

ZHAO Dong-hai¹, HU Hua-feng², JIE Xiao-lei², HUA Dang-ling¹,

LIU Shi-liang¹, GUO Xiao², LU Jian-wei³, LIU Fang¹

(1. College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Henan Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Henan Zhengzhou 450011, China; 3. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to determine the effect of N, P, K and Zn application on the first cutting yield and nutrient quality of *Zea mexicana*. The results of this study showed that nitrogen, phosphorus, potassium and zinc fertilizers significantly increased the first cutting fresh yield and hay (leaf + stem sheath) yield of *Z. mexicana* by 7.00%~39.08% and 6.02%~37.94%. The increase in yield of *Z. mexicana* caused by nitrogen fertilizer was greater than that caused by phosphate and potassium fertilizer. The nitrogen, phosphorus, potassium and zinc fertilizers also significantly increased crude protein, crude fat, crude fiber and crude ash's content. The crude protein, crude fat, crude fiber's content of leaves were greater than that of stem and sheath. The positive effectiveness of nitrogen fertilizer on *Z. mexicana* quality was greater than that of phosphate and potassium fertilizer on *Z. mexicana* quality. This study also indicated that zinc fertilizers contributed to improve the yield and nutritional quality of *Z. mexicana*. This study suggested that nitrogen, phosphorus, potassium and zinc fertilizers fertilization could increase the yield of *Z. mexicana* and improve nutritional quality of *Z. mexicana*.

Key words: *Zea mexicana*; nitrogen; phosphorus; potassium; zinc; yield; quality