

施肥对青贮玉米营养品质和饲用价值的影响

徐敏云 谢帆 李运起* 李建国 伊霞 曹玉凤

(河北农业大学动物科技学院, 保定 071000)

摘要: 为研究施肥种类、施肥量等农业技术措施对青贮玉米营养品质和饲用价值的影响, 建立资源节约型的施肥模式, 于2008年在河北省石家庄市进行了青贮玉米肥料效应试验。采用再裂区完全随机区组设计, 研究底肥(牛粪厩肥和无机复合肥)、种肥(锌肥)和追肥(氮肥)的不同配比与施用量对青贮玉米营养品质和饲用价值的影响。结果表明: 1) 底肥、种肥和追肥均显著影响青贮玉米的营养成分含量及饲用价值; 2) 底肥为厩肥、追施氮肥更能有效提高青贮玉米营养成分含量和饲用价值。基施 $50\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 的牛粪厩肥、 $15\ \text{kg}/\text{hm}^2\ \text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 拌种、播后 25 d 追施尿素 $300\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 青贮玉米的营养品质和饲用价值最高。

关键词: 青贮玉米; 厩肥; 锌肥; 氮肥; 营养品质; 饲用价值

中图分类号: S816.5

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)06-1043-09

青贮玉米营养价值和生物学产量较高^[1], 是奶、肉等畜产品生产重要的粗饲料来源^[2]。合理的栽培措施是提高青贮玉米营养品质和饲用价值的非遗传因素, 营养品质和饲用价值高低与施肥有着密不可分的关系。但青贮玉米生产过程中往往存在着大水大肥、水分和养分资源利用效率不高等问题, 不但造成资源浪费, 而且造成环境污染, 是青贮玉米生产中必须面对和解决的重要问题^[3]。

氮肥施用一直是近年来的研究热点, 主要集中在如何减少氮肥用量、减少环境污染^[4-5]和在减少氮肥用量的同时能确保作物产量^[6-7]。青贮玉米对氮肥反应敏感^[8], 合理运筹氮素是实现玉米高产优质的有效措施^[9], 施用氮肥显著促进青贮玉米的生长^[3], 显著增高青贮玉米的生物产量以及饲用营养品质^[10-11]。青贮玉米的生物产量随着追肥次数及氮肥和磷肥的增加而增加^[12-13]。但当氮素过量, 会使叶绿素总量呈现饱和趋势^[14], 而且会造成环境污染。氮肥用量不足或者过量, 均会使叶片提前衰老, 从而影响产量和品质^[14]。

锌是植物体内 200 多种酶的组成成分, 参与

叶绿素和生长素的合成、磷和碳水化合物的代谢, 并能促进核酸和蛋白质的合成, 调节淀粉的合成。缺锌导致作物生长缓慢, 植株矮小, 生物量明显下降, 有效穗减少, 结实率和粒重下降, 蛋白质合成受阻, 从而影响产量和品质^[15]。施锌肥能显著促进玉米植株生长^[16]。施用适当的锌肥, 能显著增加叶片的叶绿素含量, 提高光合强度和光合效率^[17-18]。

畜禽粪肥经过腐熟后得到的有机肥具有独特的优势, 牲畜粪肥可以连续多年促进玉米生长^[19]。为了确保产量, 生产过程中需肥量较大, 一般要施 $7.5 \times 10^4\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 有机肥做底肥。有机肥的施入可改善土壤结构及理化性状^[20-21], 提高青贮玉米的产量和品质^[22]。

对于玉米的营养需求及施肥技术研究较多^[23-26], 但对全株玉米青贮作饲用时肥料施用措施研究尚不够全面^[10, 27-28], 尤其缺少底肥、种肥及追肥对青贮玉米营养品质和饲用价值综合评价及报道。科学使用肥料, 不仅能够提高牧草及饲草作物产量, 还可避免因施肥不当所造成的不必要损失和浪费^[29]。

收稿日期: 2010-12-02

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD04A10); 国家现代农业产业技术体系(nycytx-38); 河北省科技攻关项目(10220401D)

作者简介: 徐敏云(1977—), 男, 山东苍山人, 讲师, 博士研究生, 研究方向为草业科学。E-mail: xuminyun@gmail.com

* 通讯作者: 李运起, 教授, 硕士生导师, E-mail: lyunqi@sina.com

本研究以相关文献^[8,16,24,28-30]中青贮玉米生产时常用肥料的施用方式和施用量为依据,根据青贮玉米品种的生物学特性和生长发育规律,采用三因素再裂区试验设计,系统研究底肥、种肥与追肥对青贮玉米营养品质和饲用价值的影响,在提高青贮玉米营养品质和饲用价值的同时,提高养分资源的利用效率,充分利用农村生物质资源,减少环境污染,建立资源节约型施肥模式,为青贮玉米高产高效栽培提供实践依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验在位于河北省石家庄市西北部的 3502 奶 牛 场 进 行,属 暖 温 带 半 湿 润 季 风 大 陆 性 气 候,年日照数为 2 462.0 h;年平均气温为 13.3 ℃;年降水量为 521 mm;无霜期为 210 d 左右,土壤为沙壤土。2008 年 6、7、8、9 月份平均气温分别为 24.3、27.2、25.8 和 21.2 ℃,6 月份较常年偏低 1.5 ℃,7、8 月份均温略比常年偏高 0.5 ℃左右,9 月份温度接近往年平均温度;2008 年 7、8、9 月份降水量分别为 137.3、173.4、92.1 mm,7 月份降水接近往年,8 月份增高 1 成,9 月份比常年显著偏多 8 成。

总体上,2008 年夏季降水偏多,气温正常,无明显持续高温天气,气象灾害属于偏重年份。

1.2 试验材料与 设计

供试品种:强盛青贮 30(国审玉 2007026),出苗至青贮收获期平均为 106 d,山西强盛种业有限公司生产,种子含有种衣剂(克百威 7% + 戊唑醇 0.5%)。播种行距 50 cm,株距 25 cm,小区面积 33 m²(5.5 m × 6.0 m),保护行距 1 m,2008 年 6 月 25 日播种,2008 年 9 月 26 日收获。

试验设计:采用 3 因素再裂区设计,主区为追肥(C),设 2 个水平:C1 追肥(为攻秆肥,播种后 25 d 左右施入尿素 300 kg/hm²)、C2 不追肥;裂区为底肥(A),设 3 个水平:A1 厩肥(牛粪肥,25 000 kg/hm²)、A2 厩肥(牛粪肥,50 000 kg/hm²)、A3 复合肥(尿素 450 kg/hm² + 过磷酸钙 750 kg/hm² + 钾肥 K₂SO₄ 300 kg/hm²),底肥于 6 月 25 日播种前整地时施入;再裂区为种肥(B)(锌肥,ZnSO₄ · 6H₂O),设 4 个水平:B1(0)、B2(15 kg/hm²)、B3(22.5 kg/hm²)、B4(30 kg/hm²),种肥播种时拌入。

方案设计见表 1,共 24 个处理,每个处理 3 个重复,处理小区随机排列。

表 1 青贮玉米高产栽培肥效试验方案

Table 1 Experimental scheme of fertilizer efficiency for high yield cultivation of maize silage

项目 Items	追肥 Topdressing(C1)			不追肥 No additional fertilizer(C2)		
	底肥 Base fertilizer (A1)	底肥 Base fertilizer (A2)	底肥 Base fertilizer (A3)	底肥 Base fertilizer (A1)	底肥 Base fertilizer (A2)	底肥 Base fertilizer (A3)
种肥 B1 Seed manure B1	A1B1C1	A2B1C1	A3B1C1	A1B1C2	A2B1C2	A3B1C2
种肥 B2 Seed manure B1	A1B2C1	A2B2C1	A3B2C1	A1B2C2	A2B2C2	A3B2C2
种肥 B3 Seed manure B1	A1B3C1	A2B3C1	A3B3C1	A1B3C2	A2B3C2	A3B3C2
种肥 B4 Seed manure B1	A1B4C1	A2B4C1	A3B4C1	A1B4C2	A2B4C2	A3B4C2

1.3 测定项目

1.3.1 常规养分分析

取样测产后切短,抽取 1 kg,将样品在 105 ℃ 下杀青 30 min,后在 80 ℃ 下烘干至恒重,用粉碎机将烘干样品粉碎,过孔直径为 0.142 mm 筛。从样品中随机取 15 g 左右,装入铝盒,在干燥箱中再

次烘干至恒重,然后放入干燥器中,取样测定粗蛋白质(crude protein, CP)、粗脂肪(ether extract, EE)、粗灰分(crude ash, CA)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)的含量。CP 测定采用半微量凯氏定氮法,EE 采用残余法,NDF 和 ADF 采用范氏

测定法,CA 采用直接灰化法^[31]。

1.3.2 饲料的相对值(RFV)、粗饲料分级指数(GI)计算方法

RFV 计算方法^[32]:

$$RFV = DMI \times DDM / 1.29,$$

$$DMI = 120 / NDF,$$

$$DDM = 88.9 - 0.779ADF,$$

式中:RFV——饲料的相对值;

NDF(% DM)——中性洗涤纤维,以占干物质的百分数表示;

ADF(% DM)——酸性洗涤纤维,以占干物质的百分数表示;

DMI(% BW)——粗饲料干物质随意采食量,以占体重的百分数表示;

DDM(% DM)——可消化干物质,以占干物质的百分数表示;

DM——干物质(kg);

BW——家畜体重(kg)。

GI 计算方法^[32,34]:

$$GI(MJ) = \frac{ME \times DMI \times CP}{NDF},$$

式中:GI——粗饲料分级指数(MJ);

ME——粗饲料代谢能(MJ/kg);

CP(% DM)——粗蛋白质占干物质的百分比(%)。

因该地区青贮玉米生产主要用于饲养乳牛,可使用净能(NE)替代 ME,在奶牛上使用泌乳净能(NE_L)替代。

青贮玉米(全株)NE_L的估测:

$$NE_L(MJ/kg) = 104.4 - 1.24ADF。$$

1.4 数据分析

原始数据由 Excel 2003 整理,整理后的试验数据采用 SPSS 16.0 General Linear Model 模块进行方差分析和主效应分析;方差齐性时采用最小显著性差异法(LSD),方差不齐时采用 Tamhane's T2 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对青贮玉米营养物质含量的影响

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。CA 是无机物质的总称,在动物机体代谢中也发挥重要作用。EE 富含热能,是

提供能量的重要物质,也是决定饲料营养价值高低的重要物质^[35]。洗涤纤维指植物性饲料经洗涤剂分解后剩余的残渣,洗涤纤维含量越多,牲畜吸收的营养成分越少。不同施肥处理对青贮玉米营养物质含量影响见表 2。

由表 2 可知,追施氮肥(C1)处理下,青贮玉米的 CP、CA、EE 含量高于不追施氮肥(C2)处理下的含量,且差异显著($P < 0.05$)。C1 处理下的 ADF、NDF 含量和 C2 处理下的 ADF、NDF 含量没有显著差异($P > 0.05$)。

底肥对青贮玉米营养成分含量的效应检验结果表明,底肥对青贮玉米营养成分含量影响显著($P < 0.05$)。其中,以基施牛粪肥 50 000 kg/hm²,即 A2 处理下 CP 含量最高,基施无机复合肥,即 A3 处理下的 CP 含量最低;基施牛粪肥 25 000 kg/hm²,即 A1 处理下 EE、CA 含量最高,A3 处理下 EE、A2 处理下的 CA 含量最低;A1 处理下 ADF 含量最低,A3 处理下的 ADF 含量最高;A2 处理下 NDF 含量最低,A3 处理下 NDF 含量最高。

种肥也显著影响青贮玉米营养成分含量水平($P < 0.05$),其中,以 B2 处理下的 CP、CA 含量最高,B4 处理下的 EE 含量最高,B4 处理下的 ADF 含量最低,B2 处理下 NDF 含量最低。

各因素互作对青贮玉米营养成分的效应检验结果表明,A、B 互作,A、C 互作,以及 A、B、C 互作显著影响 CP 含量($P < 0.05$);B、C 互作以及 A、B、C 互作显著影响 CA 含量($P < 0.05$);A、B 互作显著影响 EE、ADF、NDF 含量($P < 0.05$)。

2.2 不同施肥处理对青贮玉米 RFV 和 GI 的影响

粗饲料的品质包括两方面内容:一是粗饲料本身质量的好坏,即其养分含量的高低;二是动物对粗饲料的采食和利用。科学评定粗饲料营养价值的技术应将牧草因素及动物因素综合加以考虑,才能对该种粗饲料进行准确的评价,从而对其进行合理利用^[32]。在粗饲料评定上,有营养指数(nutritive value index, NVI)、可消化能进食量(digestible energy intake, DEI)、质量指数(quality index, QI)、RFV、粗饲料相对质量(relative forage quality, RFQ)等^[36]。本研究采用了应用较多的 RFV 以及卢德勋^[34]提出的 GI 对不同肥料处理下的青贮玉米饲用价值进行了比较。

表 2 底肥、种肥、追肥处理对青贮玉米营养物质含量的影响

Table 2 Effects of base fertilizer, seed manure and topdressing on nutrient contents of maize silage

%

项目		营养物质含量 Nutrient contents				
Items		粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 CA	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF
A1	B1	7.74 ± 0.20	3.67 ± 0.16	4.41 ± 0.10	63.10 ± 5.13	28.10 ± 2.54
	B2	9.56 ± 0.16	3.78 ± 0.13	5.10 ± 0.19	60.56 ± 4.53	27.90 ± 3.33
	B3	8.70 ± 0.13	3.82 ± 0.14	4.35 ± 0.17	69.13 ± 3.02	29.21 ± 2.05
	B4	8.59 ± 0.16	4.23 ± 0.08	4.52 ± 0.12	62.19 ± 2.89	27.42 ± 3.06
C1	B1	10.49 ± 0.23	3.57 ± 0.16	4.07 ± 0.09	55.93 ± 3.37	27.38 ± 4.10
	B2	12.11 ± 0.22	3.64 ± 0.11	4.83 ± 0.07	56.90 ± 4.50	28.29 ± 3.67
	B3	11.24 ± 0.26	3.66 ± 0.21	4.20 ± 0.14	71.33 ± 6.60	28.99 ± 3.85
	B4	10.37 ± 0.32	3.91 ± 0.17	4.33 ± 0.06	58.61 ± 5.70	28.33 ± 4.83
A3	B1	7.64 ± 0.32	3.31 ± 0.14	4.16 ± 0.06	64.30 ± 6.20	29.18 ± 3.85
	B2	8.85 ± 0.27	3.43 ± 0.22	4.43 ± 0.28	60.06 ± 4.70	34.76 ± 2.34
	B3	7.85 ± 0.16	3.43 ± 0.11	4.41 ± 0.13	72.59 ± 7.76	33.99 ± 2.31
	B4	7.58 ± 0.37	4.06 ± 0.17	4.31 ± 0.14	63.16 ± 6.79	30.38 ± 3.41
A1	B1	7.44 ± 0.14	3.53 ± 0.10	4.02 ± 0.12	63.72 ± 5.38	30.07 ± 4.78
	B2	8.14 ± 0.26	3.64 ± 0.19	3.98 ± 0.14	61.80 ± 6.46	29.44 ± 2.05
	B3	7.72 ± 0.21	3.60 ± 0.09	4.20 ± 0.04	70.39 ± 4.75	30.36 ± 2.09
	B4	7.39 ± 0.06	3.95 ± 0.20	4.06 ± 0.02	63.62 ± 6.73	28.83 ± 3.11
C2	B1	7.63 ± 0.17	3.44 ± 0.15	3.79 ± 0.17	56.58 ± 5.40	30.15 ± 2.83
	B2	9.52 ± 0.26	3.51 ± 0.12	3.59 ± 0.03	58.24 ± 6.57	30.93 ± 3.77
	B3	9.19 ± 0.17	3.53 ± 0.23	3.92 ± 0.24	71.78 ± 4.16	30.96 ± 4.03
	B4	7.85 ± 0.38	3.74 ± 0.08	3.81 ± 0.08	61.18 ± 6.20	28.48 ± 3.60
A3	B1	6.78 ± 0.14	3.19 ± 0.12	3.61 ± 0.15	65.05 ± 4.64	30.48 ± 3.76
	B2	7.53 ± 0.29	3.29 ± 0.12	4.34 ± 0.14	61.56 ± 6.05	35.09 ± 3.15
	B3	6.43 ± 0.41	3.29 ± 0.09	3.61 ± 0.33	74.43 ± 6.70	34.77 ± 3.38
	B4	6.46 ± 0.22	3.89 ± 0.14	3.89 ± 0.13	63.81 ± 6.37	31.04 ± 2.68
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value		<0.01	0.016	<0.01	0.340	0.013
主效应分析 Main effect analysis						
A	A1	8.16 ± 0.15 ^b	3.78 ± 0.13 ^a	4.33 ± 0.13 ^a	64.31 ± 4.56 ^a	28.92 ± 3.31 ^b
	A2	9.80 ± 0.23 ^a	3.63 ± 0.21 ^b	4.07 ± 0.09 ^b	61.32 ± 4.38 ^b	29.19 ± 2.45 ^b
	A3	7.39 ± 0.12 ^c	3.49 ± 0.17 ^c	4.10 ± 0.15 ^b	65.62 ± 5.03 ^a	32.46 ± 3.09 ^a
	B1	7.95 ± 0.27 ^c	3.45 ± 0.14 ^b	4.01 ± 0.21 ^c	61.45 ± 5.26 ^b	29.23 ± 4.11 ^b
B	B2	9.29 ± 0.33 ^a	3.55 ± 0.11 ^b	4.38 ± 0.23 ^a	59.85 ± 6.12 ^b	31.07 ± 3.22 ^a
	B3	8.52 ± 0.14 ^b	3.56 ± 0.09 ^b	4.12 ± 0.14 ^b	71.61 ± 5.71 ^a	31.38 ± 3.43 ^a
	B4	8.04 ± 0.16 ^c	3.96 ± 0.26 ^a	4.15 ± 0.26 ^b	62.10 ± 5.19 ^b	29.08 ± 3.26 ^b
C	C1	9.23 ± 0.36 ^a	3.71 ± 0.17 ^a	4.43 ± 0.13 ^a	63.16 ± 5.34	29.49 ± 3.25
	C2	7.67 ± 0.19 ^b	3.55 ± 0.15 ^b	3.90 ± 0.07 ^b	64.35 ± 6.01	30.88 ± 3.14
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value						
A		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
B		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
C		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
A × B		<0.05	<0.05	0.488	<0.05	<0.05
A × C		<0.05	0.774	0.404	0.956	0.116
B × C		0.064	0.877	<0.05	0.256	0.238
A × B × C		<0.05	0.999	<0.05	0.179	0.581

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Values in the same column with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

RFV 是美国饲草和草原理事会下属的干草市场特别工作组于 1978 年提出的,是目前美国唯一广泛使用的粗饲料质量评定指数,其定义为相对于 1 种特定标准粗饲料(盛花期苜蓿),某种粗饲料的可消化干物质的采食量。GI 把影响粗饲料品质的两大因素:粗蛋白质和纤维物质指标进行综合,同时把动物对该种粗饲料的随意采食量作为一个主要评定指标,全面、系统综合地反映粗饲料在动物生产中的实际营养价值^[32]。

不同施肥水平下,青贮玉米的 RFV 和 GI 见表 3。主效应分析及多重比较分析结果见表 4。结果表明,底肥、种肥和追肥均显著影响 RFV 和 GI ($P < 0.05$)。A、B 互作,A、C 互作,B、C 互作,A、B、C 互作均对青贮玉米的 GI 均有显著影响($P < 0.05$)。对于 RFV,只有 A、B 互作显著影响 RFV ($P < 0.05$),其他因素之间的互作对 RFV 没有显著影响($P > 0.05$)。

表 3 底肥、种肥、追肥处理对青贮玉米 RFV 和 GI 的影响

Table 3 Effects of base fertilizer, seed manure and topdressing on RFV and GI of maize silage

项目 Items	C1				C2				
	饲料的 相对值 RFV	粗饲料 分级指数 GI	饲料的相 对值分级 RFV grading	粗饲料分 级指数分级 GI grading	饲料的 相对值 RFV	粗饲料 分级指数 GI	饲料的相 对值分级 RFV grading	粗饲料分 级指数分级 GI grading	
A1	B1	98.79	16.22	3	3	95.58	14.76	3	3
	B2	103.17 ± 1.29	21.84	2	2	99.31 ± 1.88	17.37	3	3
	B3	89.02 ± 8.28	14.90 ± 2.70	3	3	86.24 ± 1.57	12.49 ± 6.30	4	3
	B4	101.02 ± 3.47	18.76 ± 4.45	3	2	97.15 ± 1.76	15.05 ± 5.85	3	3
A2	B1	112.39 ± 1.49	28.35 ± 2.19	2	2	107.54 ± 3.77	19.17 ± 4.94	2	3
	B2	109.31 ± 1.74	31.13 ± 1.26	2	2	103.51 ± 1.53	22.24 ± 1.20	2	2
	B3	86.49 ± 2.20	18.13 ± 3.77	4	3	83.96 ± 2.17	14.13 ± 4.51	4	3
	B4	106.07 ± 1.52	25.10 ± 9.97	2	2	101.43 ± 6.73	17.38 ± 8.58	3	3
A3	B1	95.72 ± 7.26	15.13 ± 6.16	3	3	93.17 ± 7.38	12.80 ± 7.22	3	3
	B2	95.76 ± 1.28	18.07 ± 9.74	3	3	93.06 ± 1.74	14.53 ± 6.02	3	3
	B3	80.00 ± 1.14	11.14 ± 2.54	4	3	77.26 ± 8.32	8.54 ± 5.46	4	4
	B4	96.10 ± 1.68	15.22 ± 8.51	3	3	94.38 ± 2.45	12.57 ± 8.32	3	3

对于 RFV 而言,A2B1 (B2) C1 处理组合的 RFV 值最高,A2B1C1 下的 RFV 为 112.39,A2B2C1 下的 RFV 为 109.31,RFV 分级均为 2 级。对于 GI 而言,A2B2C1 处理组合的 GI 最高(31.13),GI 分级为 2 级。

3 讨论

氮素是影响玉米产量和品质的重要矿质元素,氮素供应水平显著影响叶绿素含量和光合作用速率,进而影响生物产量^[37-38]。施用的时期分为基施^[39-40]和追施^[41],不同的氮肥施用时期均会影响青贮玉米的产量^[42]及饲用品质^[43-44]。盆栽试验^[2,45-46]的研究结果也表明氮肥对整株玉米饲用品质有影响。

普遍认为青贮玉米应条施 150 ~ 300 kg/hm²

氮肥,可以获得较高的产量和品质。一般在玉米生长期的苗期、拔节期和吐丝期追肥,也有人认为在拔节期和吐丝期追肥即可获得高产^[30]。

本试验只设置了 2 个氮素水平,施用方法为追施,分别为追肥尿素 300 kg/hm² 和不追肥,没有对氮肥的施用方法进行研究,而追施的水平也只有 2 个,最佳追施水平仍需进一步试验。

关于锌肥,大多通过叶面喷施,施用量一般为 0.5 ~ 1.0 kg/hm² 或土壤施肥 10 ~ 20 kg/hm²。在这个施用水平下,青贮玉米干物质产量显著增加^[47-48]。青贮玉米四叶期叶面喷施磷和锌,可显著提高收获时青贮玉米淀粉含量^[49]。本试验把锌肥作为种肥进行试验,结果表明,锌肥显著影响青贮玉米的营养品质和饲料价值。

表 4 底肥、种肥、追肥处理对青贮玉米 RFV 和 GI 影响的主效应检验

Table 4 Main effect analysis of base fertilizer, seed manure and topdressing on RFV and GI of maize silage

项目 Items	饲料的相对值 RFV	粗饲料分级指数 GI
主效应分析 Main effect analysis		
A1	96.29 ± 1.53 ^b	16.42 ± 3.48 ^b
A2	101.34 ± 2.23 ^a	21.95 ± 4.11 ^a
A3	90.68 ± 1.77 ^c	13.50 ± 2.77 ^c
B1	100.53 ± 2.17 ^a	17.74 ± 4.08 ^b
B2	100.69 ± 2.31 ^a	20.86 ± 4.55 ^a
B3	83.83 ± 1.96 ^c	13.22 ± 2.53 ^c
B4	99.36 ± 2.09 ^b	17.35 ± 3.43 ^b
C1	97.82 ± 2.24 ^a	19.50 ± 4.51 ^a
C2	94.38 ± 2.18 ^b	15.09 ± 3.89 ^b
P 值 P-value		
A	<0.05	<0.05
B	<0.05	<0.05
C	<0.05	<0.05
A × B	<0.05	<0.05
A × C	0.060	<0.05
B × C	0.521	<0.05
A × B × C	0.806	<0.05

畜禽粪肥经过腐熟后得到的有机肥仍具有其独特的优势:养分齐全,促进作物增产增收;禽畜粪尿有机肥由于含有丰富的有机质,可以全面为作物提供氮、磷、钾及多种中微量元素,大幅提高农产品的品质;可以有效改善土壤理化性状,疏松土壤,增强土壤透气性,大幅提高地力;生物有机肥成分中含有如固氮菌、解磷菌、解钾菌等,施用后可转化土壤中的营养物质为作物所用,不断给作物供应养分;畜粪尿有机肥的施用会使大量有益活性菌迅速繁殖,可有效抑制有害微生物的生长,同时产生多种酶,促进作物健壮生长,增强作物的抗逆和抗病虫害能力,减少农药施用量,缓解连作障碍;改善地力,推动循环农业发展,大量有益活性菌直接参与土壤物质和能量转化、腐殖质形成和分解等过程,对土壤团粒结构起到胶粘作用,有效改善土壤物理性状,增强土壤的透气、保水、保肥能力,防止土壤板结和酸化,培肥地力,提高肥料利用率,降低施肥成本,使土地实现良性循环。化肥养分含量高,肥效快,但持续时间短,养分单一,粪肥正好相反。粪肥与化肥混用可取长补短,满足作物各个生长期对养分的需要^[50]。本试验研究结果也表明,基施厩肥,配施种肥和追肥能显著提高青贮玉米的饲用品质和饲料价值。

Tilman 等^[51]研究指出,提高养分利用效率可以通过从时间和空间上协调植物的营养需要和土壤的供肥作用实现。本研究结果表明,辅助施用种肥可以提高青贮玉米的营养品质和饲用价值,但过高种肥反而降低了青贮玉米的营养品质。追肥促进青贮玉米营养品质的效果较好,但追肥肥效持续时间较短,应当注意追肥施用的最佳时间。

青贮玉米生产中,普遍存在大水大肥、重基肥轻追肥的传统水肥管理方式,这不仅不能有效提高玉米产量,而且极易造成环境污染。本研究结果表明,施用厩肥的青贮玉米营养品质和饲料价值高于底肥为复合肥的处理。传统施肥方式以基肥为主,为保证作物后期养分需要,必定要施用大量肥料,否则极易造成后期脱肥。而玉米早期需要养分数量少,根系吸收弱,大量施用基肥不能被及时充分吸收利用而损失,一方面造成肥料利用效率低,另一方面造成巨大的环境压力。厩肥发挥肥效需要一定的时间,在以种植青贮玉米作为饲养家畜饲料的地区,厩肥资源丰富,可以用厩肥替代复合肥作为底肥,既有利于青贮玉米的生长,又充分利用了资源,还有助于减轻环境污染。

4 结论

① 青贮玉米养分含量在不同底肥、种肥和追肥水平及组合下存在显著性差异。A2B2C1 组合下的 CP 含量最高, A1B2C1 组合下的 CA 含量最高, A1B4C1 组合下的 EE 含量最高, A1(A2)B4(B1)C1 组合下的 NDF、ADF 含量最低。

② 底肥、种肥和追肥水平显著影响 RFV 和 GI。A2B1(B2)C1 组合下的 RFV 最高, RFV 分级为 2 级, A2B1C1 下的 RFV 为 112.39, A2B2C1 下的 RFV 为 109.31。A2B2C1 组合下的 GI 最高(31.13), GI 分级为 2 级。

③ 本试验条件下, 基施 50 000 kg/hm² 的牛粪厩肥, 15 kg/hm² ZnSO₄ · 6H₂O 拌种, 播后 25 d 追施尿素 300 kg/hm², 青贮玉米的饲用价值和饲料营养品质最高。

参考文献:

[1] 张吉旺, 胡昌浩, 王空军, 等. 不同类型玉米品种饲用营养价值比较[J]. 作物学报, 2003, 29(6): 951-954.

[2] 张吉旺, 王空军, 胡昌浩, 等. 施氮时期对夏玉米饲用营养价值的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(11): 1337-1342.

[3] 朱霞, 杨文钰, 任万君. 粮饲兼用型玉米全株饲用营养价值及其调控[J]. 草业学报, 2005, 14(5): 92-98.

[4] BALÁZS J, NÉMETH I. Effect of nitrogen fertilization on the yield of winter wheat and N-leaching[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2004, 50(1): 85-90.

[5] ZEBARTH B J, PAUL J W, YOUNIE M, et al. Fertilizer nitrogen recommendations for silage corn in high-fertility environment based on pre-sidedress soil nitrate test[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2001, 32(17/18): 2721-2739.

[6] 吴永成, 周顺利, 王志敏, 等. 华北地区夏玉米土壤硝态氮的时空动态与残留[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1620-1625.

[7] 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 冬小麦与夏玉米轮作体系中氮肥效应及氮素平衡研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(11): 1361-1368.

[8] 韩秉进, 刘春龙, 黄常柱, 等. 不同肥料配比对青贮玉米产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2006, (6): 60-61.

[9] 陆景陵. 植物营养学(上)[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994.

[10] 潘金豹, 张秋枝, 郝玉兰, 等. 我国青贮玉米育种的策略与目标[J]. 玉米科学, 2002, 10(4): 3-4.

[11] STALEY T E, PERRY H D. Maize silage utilization of fertilizer and soil nitrogen on a hill-land ultisol relative to tillage method[J]. Agronomy Journal, 1995, 87(5): 835-842.

[12] RAMOS J A B, OLIVEIRA A J, DE FERNANDES M L, et al. Optimization of water application efficiency on field trials with maize (forage or grain), sugar beet and tomato and potato crops [J]. Agronomia Lusitana, 1996, 45(4): 359-386.

[13] ZAMFIR I, ZAMFIR M C. Effect of long-term fertilizer application to Italian ryegrass exploited for two cuts in successive silage maize crops in the Burnas Plain [J]. Probleme de Agrofototehnie Teoretica si Aplicata, 1998, 20(1/2): 109-124.

[14] 王鹏文, 戴俊英, 赵桂坤, 等. 玉米种植密度对产量和品质的影响[J]. 玉米科学, 1996, 4(4): 43-46.

[15] MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants [M]. London: Academic Press, 1995.

[16] 汪洪, 金继运, 周卫. 不同水分状况下施锌对玉米生长和锌吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1): 91-97.

[17] 高柳青, 田长彦, 胡明芳. 锌、锰对棉花吸收氮、磷养分的影响及机理研究[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 861-868.

[18] 魏孝荣, 郝明德, 邱莉萍, 等. 干旱条件下锌肥对玉米生长和光合色素的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(9): 111-114.

[19] BALIK J, PRIBYL A, PROCHAZKA J, et al. The effect of fertilizer application on the yield and nitrogen uptake of silage maize under continuous production [J]. Rostlinna Vyroba, 1995, 41(8): 345-350.

[20] MA L, SHAFFER M J, BOYD J K, et al. Manure management in an irrigated silage corn field: experiment and modeling [J]. Soil Science Society of America, 1998, 62(4): 1006-1017.

[21] HYUN J, YANG J, KIM J S, et al. Effects of cattle manure application on the soil properties, yield and quality of silage maize cultivated on paddy land [J]. Journal of the Korean Society of Grassland Science, 1996, 16(1): 81-86.

[22] PARKINSON R J, FULLER M P, GROENHOF A C. An evaluation of greenwaste compost for the production of forage maize (*Zea mays* L.) [J]. Com-

- post Science and Utilization, 1999, 7(1):72-80.
- [23] 朱建国,刘景辉,高占魁,等.栽培措施对青贮玉米粗蛋白质含量及产量的影响[J].华北农学报,2007,22(3):151-155.
- [24] 魏荔,张怀文,孙义祥,等.不同施肥处理对青贮玉米产量和品质的影响[J].中国农学通报,2008,24(3):227-230.
- [25] 路海东,薛吉全,马国胜,等.饲粮兼用型玉米陕单8806高产栽培技术与生理研究—不同密度与施氮水平的群体生理特性研究[J].草业学报,2007,16(2):118-123.
- [26] 江院,张向前,卢小良,等.光周期与氮肥互作对华农1号青饲玉米碳氮代谢相关酶的影响[J].草业学报,2008,17(4):92-101.
- [27] 扈光辉.饲用玉米的育种进展与趋势[J].玉米科学,2003,11(2):46-49.
- [28] 李小坤,鲁剑巍,陈防.牧草施肥研究进展[J].草业学报,2008,17(2):136-142.
- [29] 徐敏云,李建国,谢帆,等.不同施肥处理对青贮玉米生长和产量的影响[J].草业学报,2010,19(3):245-250.
- [30] 安道渊,黄必志,吴伯志.青贮玉米栽培技术措施与产量品质的关系[J].中国农学通报,2006,22(2):192-200.
- [31] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [32] 王旭,卢德勋,胡明,等.沙打旺、羊草、玉米秸和谷草GI指数的测定[J].动物营养学报,2005,17(4):26-30.
- [33] 王旭.利用GI技术对粗饲料进行科学搭配及绵羊日粮配方系统优化技术的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2003.
- [34] 卢德勋.乳牛营养技术精要[C]//2001年动物营养学术研讨会论文集.[S. l.]:华西希望集团,2001.
- [35] 韩友文.饲料与饲养学[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [36] MOORE J E. Forage quality indices: development and applicaiton [M]//FAHEY G C, Jr, COLLINS M, MERTENS D R. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison WI: [s. n.], 1994.
- [37] 沈允刚.光合机构的调节和运转[J].生命科学,1998,10(2):55-58.
- [38] TERRAR Y L. Substrate specificity of the granule-bound and chloroplastic starch synthase [J]. Plant Physiology, 1968, 9:406-410.
- [39] 张吉旺,王空军,胡昌浩,等.种植密度对玉米饲用营养价值的影响[J].杂粮作物,2000,20(5):29-31.
- [40] 张士义,张保列,汪仁.氮肥对披碱草产草量及品质影响的研究[J].辽宁畜牧兽医,1992(3):13-14.
- [41] THOMSON A J, ROGERS H H. Yield and quality components in maize growth for silage[J]. The Journal of Agricultural Science, 1968, 71(3):393-403.
- [42] MATARUKA D F, COX W J, PLEASANT J M, et al. Tillage and nitrogen source effects on growth, yield, and quality of forage maize[J]. Crop Science, 1993, 33(6):1316-1321.
- [43] MOLNAR B, GYORI Z. Effect of agrotechnical factors and hybrids on the quality of silage maize II. Fibre and digestible organic matter content[J]. Nove-nytermeles, 1996, 45(5/6):463-475.
- [44] MOLNAR B, GYORI Z. Effect of agrotechnical factors and of the hybrid on the quality of silage maize I. Dry matter and crude protein content[J]. Nove-nytermeles, 1996, 45(4):365-376.
- [45] RUTGER J N, CROWDER L V. Effect of population and row width on corn silage yield[J]. Agronomy Journal, 1967, 59:475-476.
- [46] 李金洪,李伯航.矿物质营养对玉米籽粒营养品质的影响[J].玉米科学,1995,3(3):54-58.
- [47] LEBLANC P V, GUPTA U C, CHRISTIE B R. Zinc nutrition of silage corn grown on acid podzols [J]. Journal of Plant Nutrition, 1997, 20(2/3):345-353.
- [48] KORZENIOWSKA J. Zinc demands of silage maize in the light of the results of field trials[J]. Roczniki Gleboznawcze, 1994, 45(1/2):91-99.
- [49] LEACH K A, HAMELEERS A. The effects of a foliar spray containing phosphorus and zinc on the development, composition and yield of forage maize[J]. Grass and Forage Science, 2001, 56(3):311-315.
- [50] 李宗新,董树亭,胡昌浩,等.有机无机肥互作对玉米产量及耕层土壤特性的影响[J].玉米科学,2004,12(3):100-102.
- [51] TILMAN D, CASSMAN K G, MATSON P A, et al. Agricultural sustainability and intensive production practices[J]. Nature, 2002(418):671-677.

Effects of Fertilizing on Nutritional Quality and Feeding Value of Maize Silage

XU Minyun XIE Fan LI Yunqi* LI Jianguo YI Xia CAO Yufeng

(College of Animal Science & Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract: The aim of the experiment was to explore the effects of fertilizing model and application level on nutritional quality and feeding value of maize silage, and then set up the resource-saving mode of fertilization. Field experiment was conducted in *Shijiazhuang* in 2008. A completely randomized re-split-plot block design was adopted to study the influence of the proportion and quantity of base fertilizer (barnyard manure and inorganic fertilizer), seed manure (zinc fertilizer) and topdressing (urea) on the nutritional quality and feeding value of maize silage. The results were showed as follows: 1) base fertilizer, seed manure and topdressing all affect the contents of crude protein (CP), crude ash (CA), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), grading index (GI) and relative feed value (RFV) significantly; 2) barnyard manure is more favorable for nutritional quality and feeding value of maize silage than inorganic fertilizer. The nutritional quality and feeding value of maize silage in topdressing condition are better than those under non-topdressing. Seed fertilizer of 15 kg/hm² ZnSO₄ · 6H₂O is suitable for the contents of CP and CA, RFV and GI. But for EE content, the application level of seed manure of 30 kg/hm² ZnSO₄ · 6H₂O is favorable. For the contents of NDF and ADF, the equivalent application level of seed manure are 0 or 30 kg/hm² ZnSO₄ · 6H₂O. In conclusion, 50 000 kg/hm² of cow dung manure as base fertilize, 15 kg/hm² ZnSO₄ · 6H₂O mixed with seed when sowing, and 300 kg/hm² urea as topdressing applied to the field 25 days after sowing, maize silage have the highest nutritional quality and feeding value. Barnyard manure as base fertilizer is better than inorganic fertilizer. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(6):1043-1051]

Key words: maize silage; manure; zinc fertilizer; nitrogen fertilizer; nutritional quality; feeding value