

文章编号: 1005-0906(2007)02-0082-06

粮饲兼用玉米“双高”栽培物质生产特性及营养品质的研究

王志刚¹, 高聚林¹, 王俊¹, 孙继颖¹, 赵明², 董志强²

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010019; 2. 中国农业科学院, 北京 100081)

摘要: 以粮饲兼用品种农大 3138 和农大 108 为材料, 在对玉米的物质生产特性和营养品质进行研究的基础上, 提出了粮饲兼用玉米“双高”栽培的概念。由肥密调控试验得出结论: 选择子粒产量高、保绿性好的粮饲兼用品种, 施肥量为纯 N 262.5 ~ 375 kg/hm²、P₂O₅ 105 ~ 150 kg/hm²、K₂O 157.5 ~ 225 kg/hm², 密度在 75 000 ~ 82 500 株/hm² 范围内, 可实现“双高”及优质。“双高”栽培条件下, 玉米全生育期最大 LAI 在 4.21 ~ 5.66, 且成熟期叶面积指数大于 3; 群体总光合势 355.5 × 10⁴ ~ 497.9 × 10⁴ m²·d/hm²; 收获期干物质在雌穗中的分配量占全株的 50% ~ 60%, 全株含水量 65% ~ 70%, 适宜进行青贮。

关键词: 玉米; 双高栽培; 营养品质**中图分类号:** S513.048**文献标识码:** A

Study on Characteristics of Matter Production and Nutritive Quality of Grain-forage Maize in Double-high Yield Cultivation

WANG Zhi-gang¹, GAO Ju-lin¹, WANG Jun¹, SUN Ji-ying¹, ZHAO Ming², DONG Zhi-qiang²

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019;

2. The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: A conception named "double-high yield" cultivation of grain-forage maize was put forward based on studying the characteristics of matter production and nutritive quality of maize in this research. Two grain-forage maize breeds—ND3138 and ND108 were used in this experiment and the fertilization and the density of maize colony were adjusted for the objective of double-high yield. From the result of this experiment, we could conclude that the “double-high yield” and high nutritive quality cultivation could be achieved by choosing high grain-yield and excellent stay-green breeds of grain-forage maize, fertilizing N 262.5 – 375 kg/ha, P₂O₅ 105 – 150 kg/ha, K₂O 157.5 – 225 kg/ha and growing density in 75 000 – 82 500 plants/ha. Under the “double-high yield” cultivated condition, the maximum of LAI in whole growth period of maize was from 4.21 to 5.66 and the value in mature period was above 3, the total LAD of colony achieved 355.5 × 10⁴ – 497.9 × 10⁴ m²·d/ha, in harvesting stage, 50% – 60% dry matter of one plant was in ear and the water content of whole plant was from 65% to 70%, this value was suitable for ensilage.

Key words: Maize; Double-high cultivation; Nutritive quality

玉米整株或秸秆青贮后是反刍动物家畜的优质

饲料, 将子实玉米改为全株青贮, 其营养物质可多利用 50%。以青贮为目的粮饲兼用玉米全株物质生产特性及营养品质的研究较少。本研究提出了粮饲兼用玉米“双高”栽培模式, 即通过合理栽培调控在获得较高的子粒产量(超过 9 000 kg/hm²)的同时, 收获较高产量的适于青贮的秸秆, 使总干物质质量达到 30 000 kg/hm² 以上, 这样玉米收获后既可以进行全株青贮, 也可以粮饲双向利用, 同时满足粮、饲两方面的需要。前人研究认为, 施肥量影响玉米的生长、**收稿日期:** 2006-08-20; **修回日期:** 2007-01-31**基金项目:** 北京农业育种基础研究创新平台项目、教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET040264)、内蒙古自然科学基金 (200408020302)**作者简介:** 王志刚(1983-), 男, 内蒙古赤峰人, 在读博士, 主要从事作物生理生态及决策系统研究。

E-mail: nmgwangzhigang@126.com

高聚林为本文通讯作者。Tel: 0471-4305414

产量形成及营养品质的优劣,合理密植可以提高青贮玉米单位面积的全株干物质产量。本试验设计了肥密两因素,以“双高”为目标,以青贮为目的,对粮饲兼用玉米物质生产特性和营养品质特性进行了研究。

1 材料与方法

表 1 田间实施方案
Table 1 Implement project in farm

品 种	处理代码	施肥量	密 度
Cultivars	Treatment	(kg/hm ²)	(株 /hm ²)
	code	Fertilizer application	Density
ND3138	LL	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O=262.5+105+157.5	67 500
	LM		75 000
	LH		82 500
ND108	LL		67 500
	LM		75 000
	LH		82 500
ND3138	HL	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O=375+150+225	67 500
	HM		75 000
	HH		82 500
ND108	HL		67 500
	HM		75 000
	HH		82 500

试验于 2004~2005 年在内蒙古农业大学教学农场进行。以保绿性好、子粒产量高的粮饲兼用品种农大 3138(ND3138)和农大 108(ND108)为材料。在对内蒙古及全国吨粮田栽培的施肥量进行综合研究的基础上,试验设计了两个施肥水平:低肥水平(L)为纯 N 262.5 kg/hm²、P₂O₅ 105 kg/hm²、K₂O 157.5 kg/hm²;

高肥水平(H)为纯 N 375 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²、K₂O 225 kg/hm²。其中磷、钾肥作种肥在播种时一次性侧深施,氮肥分别在拔节期、大喇叭口期以 3:7 的比例追施。每个施肥水平设 67 500 株 /hm² (L)、75 000 株 /hm² (M)、82 500 株 /hm² (H) 3 个密度;宽窄行种植,宽行 70 cm,窄行 30 cm。试验裂区设计(表 1),主区因素为施肥水平,副区为品种和密度。

玉米生育期间,两年均在苗期(31/5)、生理拔节期(14/6)、小喇叭口期(28/6)、大喇叭口期(13/7)、抽雄期(31/7)、灌浆期(22/8)和完熟期(1/10)取样 7 次。将植株按器官分样后称鲜重,将样品在 105℃下杀青 30 min,之后在 80℃下烘干至恒重,称重留小样,粉碎后供品质分析测定。

2 结果与分析

2.1 “双高”栽培的物质生产特性

2.1.1 产量及其构成因素分析

由表 2 可见,两品种的穗粒数和千粒重随着种植密度的增大而呈降低趋势,但其子粒产量及群体鲜、干物质产量都随密度的增加而增大。说明在双高栽培条件下,为了获得子粒与鲜绿秸秆的双高产,密度仍然是影响产量的主要因素。

相同种植密度下,低肥处理的穗粒数和千粒重以及子粒产量都明显高于高肥处理;但高肥处理的群体鲜、干物质产量皆高于低肥处理。由试验结果可见,生产中选择保绿性好、子粒产量高的粮饲兼用品种,施肥量在纯 N 262.5~375 kg/hm²、P₂O₅ 105~150 kg/hm²、K₂O 157.5~225 kg/hm²,密度在 75 000~82 500 株 /hm² 范围内,实现了子粒和秸秆产量的“双高”。

表 2 不同肥密条件下玉米产量构成因素比较
Table 2 Constituted factors of corn yield in different fertilizer and density conditions

品 种	处理代码	穗粒数(粒 / 穗)	千粒重(g)	子粒产量(kg/hm ²)	鲜物质产量(kg/hm ²)	干物质产量(kg /hm ²)
Cultivars	Treatment code	Kernels per ear	1 000-kernel weight	Grain yield	Fresh matter yield	Dry matter yield
ND3138	LL	676.80	313.40	11 534.40	72 360.68	26 789.27
	LM	635.60	286.90	12 480.00	93 815.25	32 378.02
	LH	627.80	278.70	13 430.47	101 092.68	33 777.08
ND108	LL	678.68	272.80	8 729.64	79 394.18	29 613.21
	LM	675.36	244.40	9 140.16	82 500.00	30 490.00
	LH	646.40	243.50	9 377.15	89 218.80	31 854.47
平 均		656.77	273.28	10 781.97	86 396.93	30 817.01
ND3138	HL	560.48	290.80	9 236.05	81 230.18	30 037.17
	HM	538.56	282.90	9 420.00	97 425.00	32 553.32
	HH	522.16	277.00	9 796.91	103 338.68	34 352.85
ND108	HL	677.68	256.50	8 486.21	87 600.00	30 796.73
	HM	649.44	250.00	9 008.64	96 552.25	32 441.24
	HH	611.20	232.40	9 376.88	103 035.48	34 077.24
平 均		593.25	264.93	9 220.78	94 863.60	32 376.42

2.1.2 干物质积累和分配特点

玉米成熟期单株干物质积累量随密度的增大而减小,但群体积累量则相反。由表 3 可见,相同密度条件下,其成熟期单株干物质积累量表现为高肥水平 > 低肥水平。

表 3 成熟期玉米植株干物质积累量

Table 3 Accumulation amount of dry matter of corn plant in mature stage g/株				
品 种	施肥水平	密度 Density		
Cultivars	Fertilizer application	LD	MD	HD
ND3138	LF	441.30	431.71	409.51
	HF	445.09	433.97	417.00
ND108	LF	438.71	406.48	386.10
	HF	456.25	419.17	413.06

收获期干物质的分配是影响干物质营养成分含量水平的一个重要因素。由图 1、图 2 可见,双高栽培条件下玉米收获期干物质在雌穗中的分配量占全株的 50%~60%,且随着群体密度的增大,干物质在雌穗中的分配量减小,在秸秆中的分配量增加;而不同施肥水平对干物质的分配无明显影响。

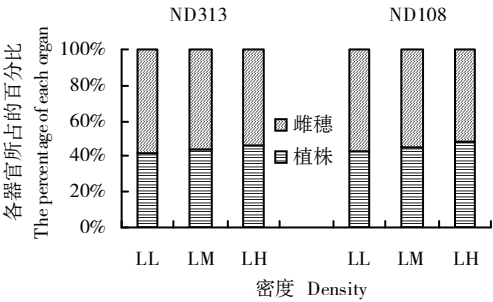


图 1 低肥水平不同密度下玉米干物质分配
Fig.1 Dry matter allocation in different density in low fertilizing treatments

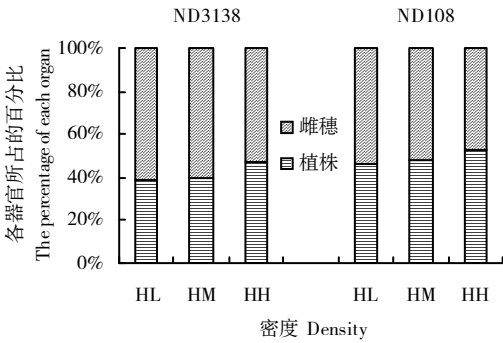


图 2 高肥水平不同密度下玉米干物质分配
Fig.2 Dry matter allocation in different density in high fertilizing treatments

注：图 1 和图 2 中雌穗包括子粒、穗轴和苞叶，秸秆包括叶、茎、鞘和雄穗。
Note: In the figure 1 and figure 2, female ear including grain, cobs and bract. Straw including leaves, stems, squirts and male ear.

2.1.3 群体结构特征

(1)LAI。实践证明,合理增加叶面积指数是取得玉米高产的主要措施。由表 4 可见,双高栽培条件下,玉米最大 LAI 出现在散粉期前后,在 4.21~5.66 范围内变化。抽雄前发展快,散粉期达到最大值后稳定时间长、下降慢,到成熟期仍保持在 3 以上。

(2)LAD。由表 5 可见,在实现“双高”目标的前提下,各处理的总光合势在 $355.5 \times 10^4 \sim 497.9 \times 10^4 \text{ m}^2 \cdot \text{d}/\text{hm}^2$ 范围内。“双高”栽培条件下玉米灌浆期至成熟期的光合势占总光合势的百分比平均达到 36.5%,其中高肥水平为 37.0%,略高于低肥水平的 36.3%。

表 4 “双高”栽培条件下玉米群体 LAI 变化

Table 4 LAI dynamics of corn colonies in “double high cultivation” treatments

品 种	处理代码	出苗后天数(d) Days after emergence						
		21	35	49	64	82	104	144
ND3138	LL	0.16	0.51	1.47	4.09	4.21	4.06	2.60
	LM	0.16	0.56	1.65	4.18	4.95	4.21	3.10
	LH	0.17	0.57	1.99	4.46	5.14	4.35	3.83
ND3138	HL	0.13	0.56	1.48	4.18	4.52	4.29	2.83
	HM	0.14	0.64	1.66	4.19	4.80	4.40	2.90
	HH	0.15	0.93	2.46	4.73	4.85	4.75	3.06
平 均 值		0.15	0.63	1.79	4.31	4.75	4.34	3.05
ND108	LL	0.12	0.64	1.78	3.95	4.60	4.45	3.07
	LM	0.16	0.68	1.81	4.58	5.45	4.77	3.38
	LH	0.22	0.76	2.66	4.82	5.66	5.20	3.49
ND108	HL	0.15	0.65	1.79	3.92	4.80	4.96	4.26
	HM	0.18	0.68	1.82	4.59	5.51	5.09	4.33
	HH	0.22	0.78	2.70	4.88	5.67	5.50	4.44
平 均 值		0.18	0.70	2.09	4.46	5.28	5.00	3.83

表 5 “双高”栽培条件下玉米群体 LAD 的变化

Table 5 LAD dynamics of corn colonies in “double high cultivation” treatments

10⁴ m²·d/hm²

品 种	处理代码	出苗后天数(d) Days after emergence					总光合势
		0 ~ 35	35 ~ 64	64 ~ 82	82 ~ 104	104 ~ 144	
ND3138	LL	9.8	68.9	74.7	96.8	129.9	380.1
	LM	9.9	72.5	82.2	98.3	146.3	408.9
	LH	10.1	87.5	90.5	100.8	163.7	452.4
ND108	LL	11.1	71.0	76.8	96.5	150.5	405.6
	LM	12.0	75.6	90.8	119.0	174.2	471.6
	LH	13.4	80.9	95.6	122.0	186.0	497.9
平 均		11.0	76.1	85.1	105.6	158.4	436.1
ND3138	HL	9.9	68.9	72.5	89.7	114.6	355.5
	HM	11.3	74.9	77.1	100.7	142.5	406.4
	HH	14.9	82.1	86.1	111.9	167.6	462.6
ND108	HL	9.8	71.1	86.6	106.4	170.7	444.5
	HM	10.1	74.6	88.7	110.3	188.4	472.1
	HH	12.6	79.7	89.9	120.3	192.8	495.2
平 均		11.4	75.2	83.4	106.5	162.8	439.4

2.1.4 全株含水率

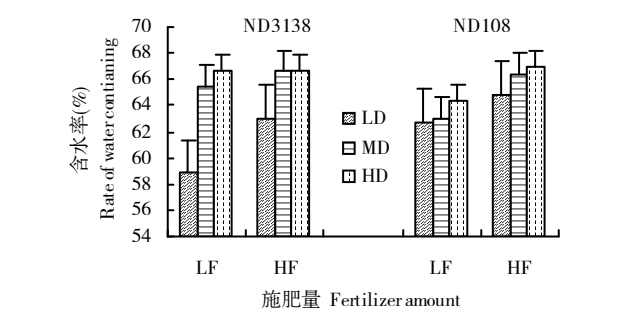


图 3 收获期不同肥密条件玉米的含水率

Fig.3 Rate of water containing of maize in different fertilizations & densisties at harvest season

由图 3 可见，粮饲兼用玉米全株含水量皆随密度的增加而增大,且高肥处理大于低肥处理。“双高”栽培条件下玉米收获期全株含水量皆在 65% 以上、

70% 以下,此含水量对于青贮是适宜的。

2.2 “双高”栽培条件下玉米全株营养品质变化

2.2.1 粗蛋白

由表 6 可见,“双高”栽培条件下,随着密度的增大,两品种全株粗蛋白含量及积累量皆呈降低趋势。

两品种全株粗蛋白含量及积累量对施肥量的反应皆为在低密度与中密度条件下低肥水平 > 高肥水平;高密条件下高肥水平 > 低肥水平。

2.2.2 粗脂肪

由表 7 可见，密度对两品种全株粗脂肪含量及积累量的影响不同。农大 3138 粗脂肪含量及积累量随密度的增加而呈降低趋势；农大 108 全株粗脂肪含量及积累量随着密度增加，表现为先升高后降低的趋势,且各密度间差异显著。低肥处理下两品种全株粗脂肪含量及积累量皆高于高肥处理。

表 6 收获期玉米全株粗蛋白含量及积累量

Table 6 Content and accumulation amount of CP in whole plant at harvest stage

品 种	施肥水平	粗蛋白含量(%) Content of CP			粗蛋白积累量(kg/hm ²) Accumulation amount of CP		
		LD	MD	HD	LD	MD	HD
ND3138	LF	8.98	7.47	6.47	2 674.94	2 417.53	2 185.86
	HF	8.59	7.07	6.68	2 579.60	2 300.45	2 298.11
ND108	LF	9.06	8.41	7.26	2 682.94	2 564.30	2 312.52
	HF	8.40	7.90	7.47	2 586.93	2 562.59	2 545.57

表 7 收获期玉米全株粗脂肪含量及积累量

Table 7 Content and accumulation amount of EE in whole plant at harvest stage

品 种	施肥水平	粗脂肪含量(%) Content of EE			粗脂肪积累量(kg/hm ²) Accumulation amount of CP		
		LD	MD	HD	LD	MD	HD
ND3138	LF	3.64	3.37	3.21	1 083.84	1 091.83	1 085.34
	HF	3.58	3.32	2.86	1 075.60	1 079.42	983.94
ND108	LF	3.61	3.98	3.60	1 069.52	1 214.81	1 146.70
	HF	3.20	3.65	3.35	985.60	1 184.90	1 140.87

2.2.3 粗纤维

一般认为饲料有机物的消化率与粗纤维含量呈负相关。从表 8 可见,“双高”栽培条件下,玉米全株粗纤维含量及积累量随着种植密度的增大而明显增加;高肥水平下玉米全株粗纤维含量及群体积累量皆高于低肥水平。

2.2.4 粗灰分

由表 9 可见,“双高”栽培条件下,玉米全株粗灰分含量及群体积累量随种植密度的增大而增大,在高肥水平下尤其明显;高肥水平下粗灰分含量及积累量显著高于低肥水平。

2.2.5 无氮浸出物

由表 10 可见,“双高”栽培条件下,无氮浸出物占玉米全株营养品质总量的 70%左右,是最主要的饲用营养和能量来源。两品种全株无氮浸出物的含量皆随密度的增大明显降低,而积累量则与含量表现相反。

两品种全株无氮浸出物含量对施肥量的反应表现为低肥处理>高肥处理,且随着密度的增加差异变大。与含量规律相反,无氮浸出物积累量表现为高肥处理>低肥处理。

表 8 收获期玉米全株粗纤维含量及积累量

Table 8 Content and accumulation amount of CF in whole plant at harvest stage

品 种 Cultivars	施肥水平 Fertilizer application	粗纤维含量(%) Content of CF			粗纤维积累量(kg/hm ²) Accumulation amount of CF		
		LD	MD	HD	LD	MD	HD
ND3138	LF	13.47	15.72	17.96	4 011.21	5 088.93	6 066.94
	HF	14.28	17.06	18.21	4 289.06	5 552.86	6 265.71
ND108	LF	14.94	16.75	17.50	4 423.49	5 107.68	5 574.04
	HF	15.53	17.62	18.69	4 782.36	5 716.77	6 367.66

表 9 收获期玉米全株粗灰分含量及积累量

Table 9 Content and accumulation amount of ash in whole plant at harvest stage

品 种 Cultivars	施肥水平 Fertilizer application	粗灰分含量(%) Content of ash			粗灰分积累量(kg/hm ²) Accumulation amount of ash		
		LD	MD	HD	LD	MD	HD
ND3138	LF	2.76	2.80	2.96	821.70	907.89	999.17
	HF	3.00	3.39	3.53	899.93	1 102.07	1 214.64
ND108	LF	2.95	3.09	3.14	872.18	943.26	1 001.23
	HF	3.25	3.42	3.56	1 002.14	1 108.34	1 212.30

表 10 收获期玉米全株无氮浸出物含量及积累量

Table 10 Content and accumulation amount of NFE in whole plant at harvest stage

品 种 Cultivars	施肥水平 Fertilizer application	无氮浸出物含量(%) Content of NFE			无氮浸出物积累量(kg/hm ²) Accumulation amount of NFE		
		LD	MD	HD	LD	MD	HD
ND3138	LF	71.16	70.64	69.40	21 196.06	22 871.85	23 447.26
	HF	70.56	69.17	68.72	21 199.44	22 513.21	23 640.43
ND108	LF	70.45	68.76	68.50	20 860.99	20 960.54	21 818.37
	HF	69.62	67.41	66.94	21 439.71	21 865.29	22 810.83

2.3 “双高”栽培条件下玉米饲用价值的变化

由表 11 可见,两品种单位干物质质量总能、消化能和代谢能含量皆随密度的增加而减小,但群体积累量与含量规律不一致,收获期群体总能积累量表现为随密度的增大而增加,消化能和代谢能则表现

为低密>高密>中密。施肥量对单位干物质能量含量的影响表现为低肥>高肥。群体总能积累量两品种不一致,农大 3138 为高肥>低肥,农大 108 与之相反,但差异并不明显。消化能和代谢能则表现为高肥>低肥,但两施肥水平间差异也很小。

表 11 收获期玉米能量含量及积累量

Table 11 Energy content and accumulation amount of corn at harvest stage

品 种 Cultivars	处理代码 Treatment code	含量(%) Content			积累量(kg/hm ²) Accumulation amount		
		总能 GE	消化能 DE	代谢能 ME	总能 GE	消化能 DE	代谢能 ME
ND3138	LL	15.98	11.63	9.54	4.76	3.38	2.77
	LM	15.42	10.71	8.78	4.99	3.31	2.71
	LH	14.91	9.79	8.03	5.04	3.32	2.72

续表 11 Continued 11

品 种 Cultivars	处理代码 Treatment code	含量(%) Content			积累量(kg/hm ²) Accumulation amount		
		总能 GE	消化能 DE	代谢能 ME	总能 GE	消化能 DE	代谢能 ME
ND3138	HL	15.76	11.30	9.26	4.73	3.39	2.78
	HM	15.05	10.16	8.33	4.90	3.31	2.71
	HH	14.70	9.68	7.94	5.06	3.33	2.73
ND108	LL	15.86	11.03	9.04	4.70	3.26	2.68
	LM	15.56	10.28	8.43	4.74	3.13	2.57
	LH	15.09	9.98	8.18	4.81	3.18	2.61
ND108	HL	15.40	10.78	8.84	4.74	3.32	2.72
	HM	15.07	9.92	8.14	4.89	3.22	2.64
	HH	14.77	9.49	7.78	5.03	3.23	2.65

3 结论与讨论

选择子粒产量高、保绿性好的粮饲兼用品种,施肥量在纯 N 262.5 ~ 375 kg/hm²、P₂O₅ 105 ~ 150 kg/hm²、K₂O 157.5 ~ 225 kg/hm²,密度在 75 000 ~ 82 500 株 /hm² 范围内,可实现子粒和秸秆产量的“双高”及优质。“双高”栽培条件下,玉米全生育期最大 LAI 在 4.21 ~ 5.66 之间,且成熟期叶面积指数大于 3;群体总光合势在 355.5 × 10⁴ ~ 497.9 × 10⁴ m²·d/hm² 范围内;收获期干物质在雌穗中的分配量占全株的 50% ~ 60%,全株含水量在 65% ~ 70%,适宜进行青贮。

虽然高密度使全株营养品质有一定降低,但群体能量总量增加是可观的,说明适宜高密栽培对“双高”是可行的。试验证明低肥水平对穗部性状、子粒产量、营养品质和饲用价值总体上是有利的,而高施肥水平对玉米群体鲜、干物质产量又是有利的,所以生产中要合理协调肥密条件,以在实现“双高”的同时实现优质和高效。

参考文献:

[1] 李 波,陈喜昌,高 云,等.青贮玉米生物产量与植株主要农艺性状相关的研究[J].玉米科学,2005,13(2):76-78.

[2] 王鹏文.玉米种植密度对产量和品质的影响[J].玉米科学,1996,4(4):44-46.

[3] 刘克礼,高聚林,吕淑果,等.不同类型玉米饲用栽培物质生产特性研究[J].玉米科学,2004,12(专刊):41-44,53.

[4] 王庆成,李开昌.山东夏玉米高产栽培理论与实践[J].玉米科学,2004,12(专刊):60-62.

[5] 黄大器,李复兴,等.饲料手册(上册)[M].北京:北京科学出版社,1984.

[6] 胡 坚.动物饲养学[M].长春:吉林科学技术出版社,1990.

[7] 高聚林,刘克礼,吕淑果,等.不同类型玉米饲用栽培的营养品质研究[J].玉米科学,2004,12(专刊):66-72.

[8] 张 胜,郭新利,迟玉亭,等.春玉米吨粮田产量构成因素及其指标研究[J].内蒙古农业大学学报,2000,12:40-45.

[9] 魏 颖,张冬梅,杨 晶,等.玉米吨粮田的施肥技术[J].玉米科学,2004,12(增刊):115,119.

[10] 韩 萍,张玉欣,郭长贵,等.玉米吨粮田的发展概况及技术措施[J].玉米科学,2000,8(4):87-91.

(责任编辑:朴红梅)