

施肥对苜蓿阿尔冈金鲜草产量及营养成分的影响

范 富, 张 宁, 张庆国, 邵继承, 孙德志, 苏雅乐

(内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028043)

摘要: 为建植高产优质苜蓿草地提供科学依据, 2003 年在内蒙古西辽河平原灰色草甸土上, 采用“3414”二次回归最优设计试验方案, 研究 N、P、K 肥配施对紫花苜蓿(*Medicago sativa*) 阿尔冈金当年鲜草产量和营养成分的影响, 结果表明: 施 N 3 37 kg/hm², 施 P₂O₅ 55.61 kg/hm², 施 K₂O 256.63 kg/hm² 时可获得鲜草最高产量 77 944 kg/hm²。14 个处理组合中, 初花期以处理 8(N₂P₂K₀)、处理 10(N₂P₂K₃) 粗蛋白的含量高; 初花期的粗纤维含量小于 25.0% 的处理组合是处理 7(N₂P₃K₂)、处理 8(N₂P₂K₀), 均达到国家一级标准^[1]; 初花期粗灰分含量处理 8(N₂P₂K₀) 最低; 此项研究可为通辽地区种植阿尔冈金提供合理的施肥方案, 在增产的基础上获得优质牧草。

关键词: 施肥; 营养成分; 产量; 紫花苜蓿

中图分类号: S551⁺.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)04-0184-06

The Effects of N, P, K Mixed Fertilizing on Fresh Forage Yield and Nutrient of Argangjin Alfalfa

FAN Fu, ZHANG Ning, ZHANG Qing-guo, TAI Ji-cheng, SUN De-zhi, SU Ya-le
(Agronomy College, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028043, China)

Abstract: Using 3414 quadratic regression optimum design, the effects of N, P, K mixed fertilizing on fresh forage yield and nutrient of Argangjin alfalfa(*Medicago sativa* cv. Argangjin) was studied in gray meadow soil of West Liao River Plain of Inner Mongolia Autonomous Region in 2003. The result showed that the optimum combination of N, P, K was N: 3.37 kg/hm², P₂O₅: 55.61 kg/hm², K₂O: 256.63 kg/hm² and the fresh forage yield of alfalfa was 77 944 kg/hm². In the 14 treatments, the contents of crude nitrogen of treatment 8 and treatment 10 were higher, and the contents of crude fiber in the treatment 7 and treatment 8 were low down 25% at early blooming stage and the contents of crude protein and crude fiber reached the 1st level of the state's standards. The content of crude ash was lower in the treatment 8 at early blooming stage. This study gave a rational fertilizing program for planting Argangjin alfalfa in the Tongliao area, achieving high quality forage on the basis of increase yield.

Key words: Fertilization; Nutrient; Yield; Alfalfa

紫花苜蓿不仅产草量高, 而且草质优良, 具有很高的营养价值, 粗蛋白质、维生素和无机盐含量丰富, 蛋白质中所含氨基酸比较齐全, 动物必需的氨基酸含量较高^[2]。一般含粗蛋白质 15%~25%, 相当于豆饼含量的 50%, 比玉米高 1.0~1.5 倍, 赖氨酸含量 1.05%~1.38%, 比玉米高 4~5 倍。

紫花苜蓿在各地种植较为广泛, 特别是在中国西部大开发以及退耕还草(牧)中发挥了重要作用^[3-8]。前人对其抗逆性、遗传规律、播种期等进行了深入研究^[8-13], 但在合理科学配方施肥方面报道较少。通辽市有较长的紫花苜蓿栽培历史, 随着通辽畜牧业生

产的发展和农业生产结构调整, 其种植面积逐年增加, 但生产水平较低^[14]。为了改变这种状况, 结合本地特点于 2003 年在内蒙古民族大学农场进行了苜蓿品种阿尔冈金施氮、磷、钾肥试验, 以期能为通辽地区建植高产优质苜蓿草地提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地自然条件及基本情况

试验在内蒙古民族大学农学院农场进行。试验地位于 43°36'N、122°22'E, 海拔高度 178.5 m, 为典型的温带大陆性季风气候, 年平均气温 6.4℃, 极端最低气

温- 30.9℃, ≥10℃活动积温 3 184℃, 无霜冻期 150 d;年平均降水量 399.1 mm, 生长季内(4- 9 月份) 降水量占全年降水量的 92%。试验田土壤为灰色草甸土 pH 8.1, 0~ 20 cm 深土壤全氮 1.03 g/kg。土壤有机质含量 22.6 g/kg, 碱解氮 79.8 mg/kg, 速效磷 64.0 mg/kg, 速效钾 179.5 mg/kg, 有灌溉条件。

1.2 试验材料

试验品种为阿尔冈金。供试氮肥为尿素(N ≥ 46.3%), 磷肥为过磷酸钙(P₂O₅ ≥14%), 钾肥为硫酸钾(K₂O ≥50%)。

1.3 试验设计与田间管理

试验小区采用“3414”设计方案^[15], 见表 1。14 个处理, 3 次重复, 小区面积 3 m²。播种当年采用人

工开沟施肥, 过磷酸钙、硫酸钾肥总量的 60%, 尿素总量的 40%作基肥, 剩余的肥料分两次追肥。试验期间, 随时除草, 防治病虫害。

1.4 测试方法

试验期间测定施肥对阿尔冈金不同时期营养成分的影响。分别在开花期、成熟期刈割, 留茬高度 7 cm 左右, 刈割后将样品风干, 粉碎, 混和均匀, 称取粉碎样品 250 g, 用于测定品质指标粗蛋白质、粗纤维、粗脂肪、灰分、无氮浸出物的含量。

样品测定方法: 干灰分法测定粗灰分^[16]; H₂SO₄- K₂SO₄- CuSO₄ 消煮蒸馏法测定粗蛋白^[16, 17]; 索氏脂肪提取器残余法测定粗脂肪; 酸洗条剂法测定粗纤维^[18, 19]。

表 1 紫花苜蓿施肥方案

Tab.1 Scheme that the alfalfa applies fertilizer

处理号 Processing number	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	N/ (kg/ hm ²)	P ₂ O ₅ / (kg/ hm ²)	K ₂ O/ (kg/ hm ²)
1(N ₀ P ₀ K ₀)	1	0	0	0	0	0	0
2(N ₀ P ₂ K ₂)	1	0	2	2	0	42.4	220.0
3(N ₁ P ₂ K ₂)	1	1	2	2	92.5	42.4	220.0
4(N ₂ P ₀ K ₂)	1	2	0	2	185.0	0	220.0
5(N ₂ P ₁ K ₂)	1	2	1	2	185.0	21.2	220.0
6(N ₂ P ₂ K ₂)	1	2	2	2	185.0	42.4	220.0
7(N ₂ P ₃ K ₂)	1	2	3	2	185.0	63.5	220.0
8(N ₂ P ₂ K ₀)	1	2	2	0	185.0	42.4	0
9(N ₂ P ₂ K ₁)	1	2	2	1	185.0	42.4	110.0
10(N ₂ P ₂ K ₃)	1	2	2	3	185.0	42.4	330.0
11(N ₃ P ₂ K ₂)	1	3	2	2	277.5	42.4	220.0
12(N ₂ P ₁ K ₁)	1	2	1	1	185.0	21.2	110.0
13(N ₁ P ₂ K ₁)	1	1	2	1	92.5	42.4	110.0
14(N ₁ P ₁ K ₂)	1	1	1	2	92.5	21.2	220.0

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾配施的产量效应

由表 2 可见, 阿尔冈金随氮、磷、钾施肥水平的提高, 除了处理 11, 鲜草总产量均高于不施肥的处理 1。鲜草产量居前 5 位的施肥处理依次是处理 2, 14, 13, 3, 5, 分别比不施肥的处理增产 43.08%, 39.12%, 35.97%, 35.41%, 23.30%。

2.1.1 产量模型的建立 试验设计矩阵及产量结果列入表 2, 对施肥方案的编码值与产量结果经计算, 建立了氮、磷、钾 3 种肥料用量与产量的回归方程:

$$Y= 54\ 211.59+ 10\ 668.52\ X_1+ 8\ 995.40\ X_2+ 10\ 064.67\ X_3- 4\ 429.36\ X_1^2- 1\ 947.77\ X_2^2- 2\ 471.95X_3^2- 3\ 124.62\ X_1X_2- 921.35\ X_1\ X_3+ 573.02\ X_2X_3$$

(1)

经 F 检验, F(y) = 33.05> F_{0.05} = 6.00, R= 0.993 3, 方差分析表明, 上述模型拟合性好, 反映了紫花苜蓿鲜草产量与氮、磷、钾三个主要可控因子的相关关系, 可以用于决策苜蓿的合理施肥。

表 2 3414 试验设计与产量

Tab.2 Designs of the program of“3414” fertilizer experiment and yield

处理号 Processing number	编码值 Code value			总产量 /(kg/ hm ²) Production
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	0	0	0	53 933
2	0	2	2	77 167
3	1	2	2	73 033
4	2	0	2	63 867
5	2	1	2	66 500
6	2	2	2	64 567
7	2	3	2	59 333
8	2	2	0	55 800
9	2	2	1	60 233
10	2	2	3	61 400
11	3	2	2	44 867
12	2	1	1	66 067
13	1	2	1	73 333
14	1	1	2	75 033

2.1.2 各施肥因子独立效应分析 对回归式 Y 分别固定 X₂ 与 X₃, X₁ 与 X₃, X₁ 与 X₂, 可获得 X₁,

X_2, X_3 各施肥试验因子对产量影响的独立效应降维方程如下, 分析资料见表 3。

$$y(X_1)=54\,211.59+10\,668.52X_1-4\,429.36X_1^2\tag{2}$$

表 3 各试验施肥因子的独立效应

Tab.3 The independent effects of fertilizing factors

变量(X_1, X_2, X_3) Variate	0	1	2	3	产量变幅和 Sum of yield variation	平均 Mean	独立效应 Effects of independent
X_1	54 211. 59	60 450. 76	57 831. 22	46 352. 95	2 000. 17	666. 72	0. 012 30
X_2	54 211. 59	61 259. 22	64 411. 31	63 667. 86	26 703. 63	8 901. 21	0. 164 19
X_3	54 211. 59	61 804. 31	64 453. 13	62 158. 04	25 780. 72	8 593. 57	0. 158 52

从表 3 可看出, 各施肥因子对产量的独立效应均呈二次抛物线形, 独立效应的大小顺序为 $X_2> X_3> X_1$, 说明氮、磷、钾对阿尔冈金鲜草产量效应依次为磷肥> 钾肥> 氮肥^[20-22]。

2. 1. 3 各施肥因子的边际效应分析 对各施肥因子模型求偏导数, 得出各施肥因子对产量影响的边际效应方程如下, 分析资料见表 4。

$$D(y_1)=10\,668.52-3\,124.62X_2-921.35X_3-8\,858.72X_1\tag{5}$$

$$D(y_2)=8\,995.40-3\,124.62X_1+573.02X_3-3\,895.54X_2\tag{6}$$

$$D(y_3)=10\,064.67-921.35X_1+573.02X_2-4\,943.90X_3\tag{7}$$

表 4 可看出, 各施肥因素对产量影响的边际效应大小顺序为 $X_3> X_2> X_1$ 。随着各因素取值的增加, 边际产量降低, 符合报酬递减规律, 其产量的高产峰点均在 0~ 2. 65。

2. 1. 4 因素间交互效应分析 对产量方程的交互项系数进行 t 检验, 结果表明 P、K 互作, N、P 互作,

表 5 双因素对产量影响的交互效应比较

Tab.5 Comparing among alternative effects of double factors to yield influence

变量(X_1, X_2, X_3) Variate	0	1	2	3	总效应和 Sum of total effects	独立效应和 Effect of interaction	交互效应 Sum of independent effect
Y_{12}	54 211. 59	64 373. 78	55 532. 47	27 687. 66	- 0. 092 50	0. 176 5	- 0. 269 0
Y_{13}	54 211. 59	67 122. 14	64 387. 37	46 007. 29	0. 091 51	0. 170 8	- 0. 079 3
Y_{23}	54 211. 59	69 424. 96	76 944. 92	76 771. 47	0. 372 00	0. 322 7	0. 049 3

表 5 说明, 双因素交互效应大小顺序为 $Y_{23}> Y_{13}> Y_{12}$, N、P 互作效应在施氮 1 水平下最大。说明在较低的施氮水平下, N、P 互作效应有利于增产。P、K 交互效应分析表明, 在施磷、钾 2 水平时互作效应最大, 说明较高水平的磷有利于增产。N、K 互作效应在施氮 1 水平下最大。

2. 1. 5 模型的最优解 最高产量必须是回归方程的极点偏导数等于零, 联立求解, $X_1=0.036\,4, X_2=$

$$y(X_2)=54\,211.59+8\,995.40X_2-1\,947.77X_2^2\tag{3}$$

$$y(X_3)=54\,211.59+10\,064.67X_3-2\,471.95X_3^2\tag{4}$$

N、K, 互作均达极显著水平, 对 3 个因素分别固定 X_1, X_2, X_3 , 可获得 X_1 与 X_2, X_1 与 X_3, X_2 与 X_3 等两个因素对产量影响的交互效应降维函数式如下, 分析资料见表 5。

$$y_{1,2}=54\,211.59+10\,668.52X_1+8\,995.40X_2-4\,429.36X_1^2-1\,947.77X_2^2-3\,124.62X_1X_2\tag{8}$$

$$y_{1,3}=54\,211.59+10\,668.52X_1+10\,064.67X_3-4\,429.36X_1^2-2\,471.95X_3^2-921.35X_1X_3\tag{9}$$

$$y_{2,3}=54\,211.59+8\,995.40X_2+10\,064.67X_3-1\,947.77X_2^2-2\,471.95X_3^2+573.02X_2X_3\tag{10}$$

表 4 各试验施肥因素的边际效应比较

Tab.4 Comparing among marginal effects of testing factors

变量(X_1, X_2, X_3) Variate	0	1	2	3
X_1	10 668. 52	- 2 236. 17	- 15 140. 86	- 28 045. 55
X_2	8 995. 40	2 548. 26	- 3 898. 88	- 10 346. 02
X_3	10 064. 67	4 772. 44	- 519. 79	- 5 812. 02

2. 623 1, $X_3=2.333\,0$, 在该试验条件下, 可获得最高产量 $Y_{\max}=77\,944\,\text{kg/hm}^2$ 。其相应的施肥方案为: 施 N $3.37\,\text{kg/hm}^2$, 施 P_2O_5 $55.61\,\text{kg/hm}^2$, 施 K_2O $256.63\,\text{kg/hm}^2$ 。

2. 2 不同施肥组合下营养物质含量的比较

在紫花苜蓿初花期和盛花期的分析测定了刈割物的 4 种营养物质含量, 结果如表 6 所示。按有关饲用牧草粉质量标准(表 7) 进行比较。

表 6 紫花苜蓿营养物质含量
Tab.6 Content of nutrition constituent of alfalfa

处理 Treatment	初花期 Original florescence					盛花期 Hold a florescence				
	粗蛋白 Crude protein	粗纤维 Crude fibre	粗灰分 Crude ash content	粗脂肪 Crude fat	无氮物 Nonnitrogenous thing	粗蛋白 Crude protein	粗纤维 Crude fibre	粗灰分 Crude ash content	粗脂肪 Crude fat	无氮物 Nonnitrogenous thing
1	21.87abc	26.74de	10.51abc	7.72d	32.21ab	21.63ab	30.31de	12.45cde	6.05cd	29.57cd
2	23.06abc	28.44bcd	10.23d	8.45c	30.42de	19.04fg	33.73cd	12.19de	7.75ab	27.29de
3	20.00bc	31.03a	11.48abc	9.87b	29.16e	19.33defg	31.02de	12.09cde	5.18e	32.37bcd
4	20.09bc	28.72bc	10.39a	9.12bc	27.63f	18.56bcdef	37.33bc	11.81a	4.98e	27.33d
5	22.05abc	31.21a	10.80bcd	10.08b	31.13cd	19.43efg	32.85d	12.15f	5.67de	29.90cd
6	19.42c	29.18b	10.31ab	10.31a	34.72a	18.19fg	29.95de	11.73ab	5.80d	34.33a
7	23.71ab	23.07g	10.81abc	8.66c	30.78de	20.88abcd	32.45f	11.63fg	5.28e	38.76a
8	24.89a	24.96f	9.63cd	8.33cd	35.32a	20.59abcde	25.58f	11.73g	7.94a	34.16abc
9	19.71bc	28.29bcd	9.91abcd	8.34cd	34.5a	21.23abc	27.98e	11.06de	5.26e	36.07a
10	24.52a	27.09cde	10.02abc	7.71d	33.75ab	19.54cdef	32.51e	11.59e	6.34c	30.02cd
11	23.42abc	29.90a	10.51abc	9.39b	32.13abc	22.21a	30.633e	10.75abc	8.46a	27.95d
12	21.44abc	28.20bcd	10.19abcd	9.04bc	28.16ef	19.69bcdef	33.67cd	11.98bcd	8.05a	26.61e
13	22.10abc	27.07cde	10.17abc	10.31a	29.98e	18.84efg	38.37ab	12.01bcd	7.21bc	23.58f
14	22.51abc	25.73ef	10.46d	10.17ab	29.37e	17.67g	41.83a	11.61a	7.93a	20.95f

表 7 饲料用苜蓿草粉质量标准(NY/T140- 1989)
Tab.7 Standard and quality that the alfalfa of foraging

	一级 One- level	二级 Two- level	三级 Three- level
粗蛋白/ %	≥18.0	≥16.0	≥14.0
粗纤维/ %	< 25.0	< 27.5	< 30.0
粗灰分/ %	< 12.5	< 12.5	< 12.5

2.2.1 粗蛋白质含量 由表 6 可见,在阿尔冈金苜蓿的 14 个氮、磷、钾肥配施处理中,初花期除处理 9 (N₂P₂K₁) 和 6 (N₂P₂K₂) 外,其他各处理粗蛋白含量均高于 20%,且各处理的粗蛋白含量初花期高于盛花期。

2.2.2 粗纤维含量 由表 6 可见,阿尔冈金苜蓿在初花期的粗纤维含量小于 25.0% 的处理组合是处理 7 (N₂P₃K₂)、处理 8 (N₂P₂K₀),粗纤维含量在 25.0% ~ 27.5% 的有处理 1 (N₀P₀K₀) 和处理 10 (N₂P₂K₃)、处理 13 (N₁P₂K₁)、处理 14 (N₁P₁K₂),其他含量均大于 27.5%。盛花期除处理 6 (N₂P₂K₂)、处理 8 (N₂P₂K₀)、处理 9 (N₂P₂K₁) 外,阿尔冈金苜蓿的粗纤维含量都大于 30.0%。

2.2.3 粗灰分含量 由表 6 可见,阿尔冈金苜蓿粗灰分的含量在 14 个施肥处理中,初花期的含量都低于 12.5%,处理 8 (N₂P₂K₀) 最低为 9.63%。

2.2.4 粗脂肪含量 由表 6 可见,阿尔冈金苜蓿的粗脂肪初花期的含量高于盛花期的含量。初花期处理 5 (N₂P₁K₂)、处理 6 (N₂P₂K₂)、处理 13 (N₁P₂K₁)、处理 14 (N₁P₁K₂) 粗脂肪的含量较高;盛花期处理 11 (N₀P₀K₀)、处理 12 (N₂P₁K₁) 含量较高。

2.2.5 无氮浸出物含量的比较 由表 6 可见,阿尔冈金苜蓿的无氮浸出物的含量在初花期处理 8

(N₂P₂K₀) 含量最高,处理 4 含量最低;盛花期处理 7 含量最高,处理 13、14 含量较低。

与饲用牧草粉质量标准对照分析,紫花苜蓿品种阿尔冈金初花期的处理 7 (N₂P₃K₂)、处理 8 (N₂P₂K₀) 的营养成分达一级。

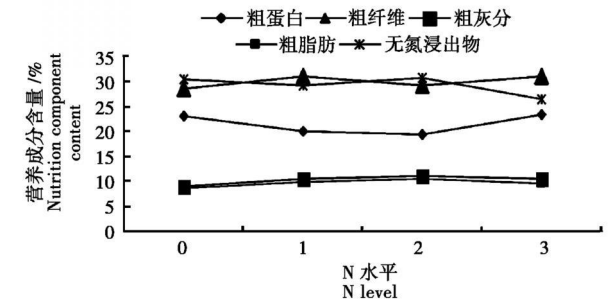


图 1 施 N 水平对阿尔冈金初花期营养成分的影响
Fig.1 Effect of K on initial blossom nutrition constituent of Aohan

2.3 不同施 N 水平下营养物质含量的比较

初花期刈割的紫花苜蓿营养价值最高,所以只分析初花期不同的 N、P、K 水平各营养物质的含量^[23]。由图 1 可见,随着 N 肥施入量的增加阿尔冈金苜蓿初花期的营养成分呈现不同的变化。粗蛋白的含量随 N 肥的增加先降低再升高,在 N₃ 施肥水平时粗蛋白含量最高, Duncan's 新复极差测验多重比较表明 N₃ 水平与 N₀ 水平间粗蛋白含量差异不显著;粗纤维含量随氮肥施用水平的增加而增加,在 N₁ 施肥处理水平时达最高值 31.03%,新复极差测验表明, N₁ 水平与不施肥的 N₀ 水平间粗纤维含量间差异显著,说明施用氮肥可增加苜蓿初花期粗纤维的含量;粗灰分含量表现为先上升后下降,在 N₂

施肥水平时达最高值 10.94%，新复极差测验表明， N_2 水平与 N_0 水平处理的粗灰分含量间差异显著；粗脂肪含量变化与粗灰分的相同；无氮浸出物含量变化随施 N 量的增加变化较缓，在 N_3 施肥水平时降到最低。

2.4 不同施 P 水平下营养物质含量的比较

由图 2 可见，随磷肥施用量的不同阿尔冈金苜蓿各营养成分的变化也不同。粗蛋白的含量随磷肥的增加呈先升高后降低再升高的波动变化，在 P_3 施肥水平时含量最高，在 P_2 施肥水平时含量最低，新复极差测验表明， P_2 施肥水平与 P_3 施肥水平粗蛋白含量差异显著，其他施肥水平的粗蛋白含量差异不显著；粗纤维含量随着磷肥的施用量增加先提高后降低， P_3 水平含量最低，为 23.07%，新复极差测验表明， P_3 施肥水平与不施磷肥的 P_0 水平间及与 P_1 、 P_2 施肥水平间粗纤维含量差异显著；粗灰分含量在各磷肥处理水平间的变化不明显；粗脂肪含量随施 P 水平的增加变化不大；无氮浸出物的含量随施 P 水平的增加而增加。

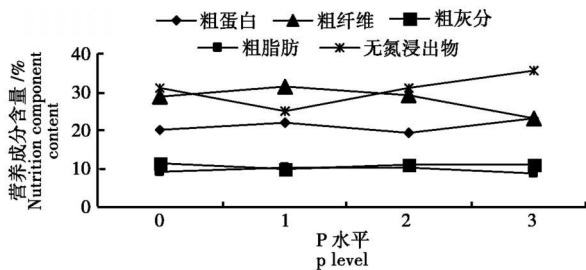


图 2 施 P 水平对阿尔冈金初花期营养成分的影响

Fig. 2 Effect of K on initial blossom nutrition constituent of Aohan

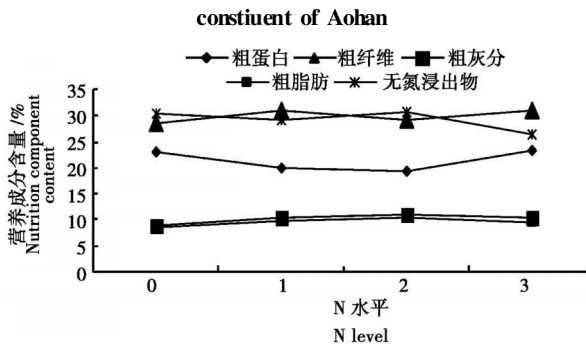


图 3 施 K 水平对阿尔冈金初花期营养成分的影响

Fig. 3 Effect of K on initial blossom nutrition constituent of Aohan

2.5 不同施 K 水平下营养物质含量的比较

由图 3 可见，阿尔冈金苜蓿的粗蛋白含量随钾肥施用量的增加先降低后升高， K_0 施肥水平粗蛋白的含量最高，新复极差测验表明，施肥水平 K_0 与 K_1 、 K_2 的粗蛋白含量差异显著，而与施肥水平 K_3 的含量差异不显著；粗纤维的含量是先升高后降低， K_0

施肥水平粗纤维含量最低，与 K_1 、 K_2 、 K_3 施肥水平粗纤维含量差异显著；粗灰分、粗脂肪的含量变化不大；无氮浸出物的含量随施 K 水平的增加而下降。

3 结 论

在内蒙古 pH8.1 的灰色草甸土上，影响阿尔冈金苜蓿的鲜草产量高低顺序为磷肥 > 钾肥 > 氮肥。该品种在施 N 3.37 kg/hm^2 ，施 P_2O_5 55.61 kg/hm^2 ，施 K_2O 256.63 kg/hm^2 时可获得最高产量 77944 kg/hm^2 。过磷酸钙、硫酸钾肥总量的 60%，尿素总量的 40% 作基肥条施，剩余的肥料分别在当年的 7 月 20 日和 8 月 23 日两次开沟追肥。

在 14 个 N、P、K 肥配施处理中，初花期除处理 9 ($N_2P_2K_1$) 和 6 ($N_2P_2K_2$) 外，其他各处理粗蛋白含量均高于 20%，且各处理的粗蛋白含量初花期高于盛花期。阿尔冈金苜蓿在初花期的粗纤维含量小于 25.0% 的处理组合是处理 7 ($N_2P_3K_2$)、处理 8 ($N_2P_2K_0$)，粗纤维含量在 25.0% ~ 27.5% 的处理有处理 1 ($N_0P_0K_0$) 和处理 10 ($N_2P_2K_3$)、处理 13 ($N_1P_2K_1$)、处理 14 ($N_1P_1K_2$)。阿尔冈金苜蓿的粗灰分、粗脂肪的含量在 14 个施肥处理中，初花期的含量都低于盛花期。初花期处理 5 ($N_2P_1K_2$)、处理 6 ($N_2P_2K_2$)、处理 13 ($N_1P_2K_1$)、处理 14 ($N_1P_1K_2$) 粗脂肪的含量较高；盛花期处理 11 ($N_0P_0K_0$)、处理 12 ($N_2P_1K_1$) 含量较高。阿尔冈金无氮浸出物的含量在初花期处理 8 ($N_2P_2K_0$) 含量最高，处理 4 含量最低；盛花期处理 7 含量最高，处理 13、14 含量较低。综合分析，阿尔冈金初花期处理 7 ($N_2P_3K_2$)、处理 8 ($N_2P_2K_0$) 的营养成分达一级。

鉴于本试验在紫花苜蓿初花期和盛花期所测鲜草 4 种营养成分含量与 14 个 N、P、K 肥配施处理各施肥量之间不呈回归关系，而直观比较结果有不明显的规律性，说明紫花苜蓿植物营养、供试土壤养分肥力与 N、P、K 肥之间的关系极为复杂，有待今后深入探讨。

参考文献:

- [1] 王学鹏, 李文全. 几个不同紫花苜蓿质量检验分析报告 [J]. 当代畜牧, 2004(5): 1.
- [2] 刘 众, 杨 华. 紫花苜蓿的价值及其栽培利用 [J]. 内蒙古农业科技, 2005(4): 42-44.
- [3] 王 勇, 刘学义. 我国苜蓿研究现状、存在问题及对策 [J]. 内蒙古农业科技, 2004(6): 6-7.
- [4] 王 勇, 刘学义. 苜蓿产业发展前景 [J]. 内蒙古农业科技, 2004(1): 45-46.
- [5] 刘东海. 紫花苜蓿栽培技术 [J]. 内蒙古农业科技, 1995

- (6): 23.
- [6] 范 霞, 那 顺. 紫花苜蓿的栽培技术和应用[J]. 内蒙古农业科技, 2001(5): 47.
- [7] 赵淑芬, 陈志远. 内蒙古自治区农牧交错带紫花苜蓿优质高产栽培关键技术[J]. 华北农学报, 2004, 19(专辑): 131– 133.
- [8] 春 亮, 杨桂霞, 辛晓平, 等. 利用 EPIC 模型拟北京春播紫花苜蓿的当年生长[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 163– 166.
- [9] 桂 枝, 高建明, 袁庆华. 6 个紫花苜蓿品种的耐盐性研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 133– 137.
- [10] 春 亮, 李淑英, 张怀文, 等. 紫花苜蓿生产中的产量、土壤水分和养分动态[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 144– 147.
- [11] 张春荣, 李 红, 夏立江, 等. 铜、锌对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(1): 96– 99.
- [12] 赵志强, 曹国清, 张幽静, 等. 几种紫花苜蓿过氧化物同工酶遗传规律的研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(3): 93– 96.
- [13] 丁晓辉, 任丽萍, 张春荣, 等. Cd^{2+} 胁迫对紫花苜蓿叶绿素和可溶性糖含量的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 64– 66.
- [14] 马晖玲, 卢欣石, 曹致中, 等. 紫花苜蓿不同栽培品种植株再生的研究[J]. 草业学报, 2004, 13(6): 99– 105.
- [15] 耿华珠, 吴永敷, 曹致中. 中国苜蓿[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1– 105.
- [16] 鲍士旦. 农畜水产品品质化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 30– 84.
- [17] 牛 森. 作物品质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 67– 93.
- [18] 南京农业大学. 土壤农化分析(2 版)[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 246– 267.
- [19] 鲍士旦. 农畜水产品品质化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 159– 226.
- [20] 孙启忠, 桂 荣. 影响苜蓿草产量和品质诸因素研究进展[J]. 中国草地, 2000(1): 57– 63.
- [21] 罗天琼, 刘正书, 莫本田, 等. 12 种紫花苜蓿干草产量与土壤养分变化的关系分析[J]. 中国草地, 1998(2): 29– 32.
- [22] 杨恒山, 曹敏建, 李春龙, 等. 苜蓿施用磷、钾肥效应的研究[J]. 草业科学, 2003, 20(11): 19– 22.
- [23] 贾恒义, 彭祥林, 雍绍萍, 等. 沙打旺、苜蓿对氮磷钾的效应[J]. 草业科学, 1994, 11(5): 42– 45.