

文章编号 :1003-8701(2014)03-0051-05

牧草品种及施肥对干旱区人工草地产量要素和产量的影响

贾倩民¹, 陈彦云^{1,2*}, 韩润燕¹, 陈科元¹

(1. 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 银川 750021; 2. 宁夏大学生命科学学院, 银川 750021)

摘要:采用3因素混合正交设计在宁夏盐池干旱区进行人工草地建植试验,连续2年对6个牧草品种的株高、密度及产量进行研究。结果表明:3因素中品种对株高和密度的影响较大,有机肥和氮磷钾对同一品种牧草株高及密度的影响较小。鲜草产量各因素的影响程度大小为:品种>氮磷钾>有机肥,这3个因素对产量影响极显著($P<0.01$),有机肥与氮磷钾的交互作用影响显著($P<0.05$)。豆科品种的鲜草产量均大于禾本科,以草木樨产量最高,作为草田轮作牧草较好,其次是紫花苜蓿,可作为长期利用的优良牧草。正交设计得到鲜草产量的最优组合为草木樨+有机肥($36\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$)+氮磷钾中肥配比($\text{N}165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $\text{K}135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),与产量最高的处理15各因素水平完全一致,证实了正交设计结果的可靠性。

关键词:牧草;品种;肥料;产量;干旱区

中图分类号:S543

文献标识码:A

Effects of Species and Applied Fertilizer on Yield Components and Yield of Artificial Pasture in Arid Area

JIA Qian-min¹, CHEN Yan-yun^{1,2*}, HAN Run-yan¹, CHEN Ke-yuan¹

(1. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of the Ministry of Education, Yinchuan 750021;

2. College of Life Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Based on 3-factor orthogonal designed experiment for artificial pasture planting in the arid area of Yanchi Ningxia, height, density and yield of 6 forages were studied in two consecutive years. The results showed that the effect of species on plant height and density was large, while effect of organic manure and NPK on the height and density of same forage species was small. The effect of each factor on perennial fresh yield was species > NPK > organic manure, the influence of these 3 factors on yield was significant ($P<0.01$), interactive effects of organic manure and NPK was significantly ($P<0.05$). The fresh yield of legume species was greater than the forage grass. *Melilotus suaveolens* has the highest yield, which is better as forage and crop rotation. Followed by *Medicago sativa*, which can be long term used as excellent forage. The optimal combination of artificial grassland is *Melilotus suaveolens*. plus 36 tons organic manure per hectare and moderate levels of NPK, i.e., 165 kg of N, 135 kg of P and 135 kg of K per hectare. The level of each factor is consistent with treatment No.15, in which the yield was the highest. This proved that using the orthogonal test is reliable for the establishment of artificial grassland.

Keywords: Pasture; Species; Fertilizer; Yield; Arid area

收稿日期:2013-11-06

基金项目:国家科技支撑课题(2011BAC07B03)

作者简介:贾倩民(1985-),男,在读硕士,研究方向:植物生理生态。

通讯作者:陈彦云,男,研究员,E-mail:nxchenyy@163.com

草地畜牧业是干旱地区的传统主导产业之一,也是发展该地区农业经济的基础。建植产量高、品质好的人工草地,对稳定发展畜牧业有着重要的意义^[1]。人工草地进行施肥是获得高产的重要条

件,但化肥的长期大量使用及施用不当,使土壤环境污染逐年加剧,影响作物的正常生长和品质^[2-3]。将化肥与有机肥配合施用是国外人工草地施肥发展的趋势,且效果显著。国外研究表明^[4-7],施用有机肥可以降解土壤中的碳化合物,提高化肥的利用率,从而显著提高牧草产量。如果能将干旱区大量牲畜粪便科学地运用,则可以减少化肥的使用量。本试验利用正交表在宁夏盐池干旱区对6个牧草品种、有机肥及氮磷钾安排试验,研究牧草品种、有机肥和化肥对人工草地株高、密度及产量的影响,旨在得到适合该地区人工草地建植的最优组合,为改善干旱区土壤环境、充分利用自然资源及全面发展草产业提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验地位于宁夏回族自治区盐池县(106°30′~107°47′E, 37°04′~38°10′N)花马池镇北王卷村,属于毛乌素沙地西南缘,大陆性气候,年平均气温7.7℃,极端最高和最低气温分别是38.1℃和-29.6℃,年均降水量约280mm,主要集中在7、8、9三个月,蒸发量高达2710mm,年均无霜期为165d。试验地为5年弃耕地,土壤为风沙土,表层土壤(0~20cm)pH值8.6,全盐0.71%,有

机质含量0.62%。灌溉用水为地下水,水量较少,含盐量高,水质较差。

1.2 试验设计

试验采用正交设计 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$,表头与因素水平设计见表1。共3因素,A因素为品种,6个水平依次为扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)(A₁)、蒙古冰草(*Agropyron mongolicum* Keng)(A₂)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)(A₃)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)(A₄)、草木樨(*Melilotus suaveolens*)(A₅)和披碱草(*Elymus dahuricus*)(A₆)。B因素为有机肥羊粪,3个水平依次为12t·hm⁻²(B₁)、24t·hm⁻²(B₂)和36t·hm⁻²(B₃)。因素C为化肥氮磷钾(N:P:K=11:9:9),3个水平依次为低肥配比(N55kg·hm⁻²、P45kg·hm⁻²和K45kg·hm⁻²)(C₁)、中肥配比(N165kg·hm⁻²、P135kg·hm⁻²和K135kg·hm⁻²)(C₂)、高肥配比(N275kg·hm⁻²、P225kg·hm⁻²和K225kg·hm⁻²)(C₃)。共18个处理,3次重复,小区面积25m²(5m×5m)。6月2日播种,禾本科与豆科均采用条播,行距30cm。试验期间各小区采用相同的管理措施,有机肥一次性均匀撒于地表翻入土中,磷肥和钾肥作为种肥,在播种时采用沟内条施。氮肥2012年按总N量的28%作基肥,2013年返青后再追肥72%。试验用化肥为尿素(N46%)、硫酸钾(K₂O50%)、磷酸二铵(N16%、P₂O₅46%)。

表1 正交试验表头与因素水平设计

水平	品种(A)	有机肥(B)	AB	氮磷钾(C)	AC	BC
1	A ₁	B ₁		C ₁		
2	A ₂	B ₂		C ₂		
3	A ₃	B ₃		C ₃		
4	A ₄					
5	A ₅					
6	A ₆					

注:AB、AC、BC为两因素的交互作用,即A×B、A×C、B×C,下同

1.3 测定内容及方法

2012年9月与2013年6月在牧草生长末期各小区选取1m代表性样条,数其存活密度,并选取代表性植株10株,测定植株的绝对高度(将植株拉直,从地面至植株最高部位的高度),取平均值作为株高。2013年6月8日各小区选取1m²样方刈割(不留茬),称其鲜重作为鲜草产量,3次重复,取平均值。

1.4 数据分析

用Excel和SPSS软件进行数据统计、方差、极差分析及多重比较。

2 结果与分析

2.1 株高

对2012年和2013年牧草的株高及密度Duncan法方差分析,如表2所示,6个牧草品种的株高均是2013年比2012年大。2012年6个牧草品种的18个处理中除品种A₃(处理7~9)与品种A₆(处理16~18)差异不显著外(P>0.05),其他品种间差异均显著(P<0.05),其中品种A₅(处理13~15)各处理株高显著大于其他品种,并且除了品种A₅中处理14和处理15差异显著外

($P < 0.05$), 其他牧草品种内差异均不显著 ($P > 0.05$), 且表现比较一致。2013 年株高同样是品种 A_5 (处理 13~15) 各处理株高显著大于其他品

种, 除品种 A_5 处理 14 和处理 15 差异显著 ($P < 0.05$) 外, 其他牧草品种内差异均不显著。以上表明, 品种(因素 A)对牧草株高的影响较大, 肥料

表 2 正交试验结果及方差分析

处理编号	因素水平						2012 年		2013 年		
	A	B	A	C	A	B	株高(cm)	密度(株·m ⁻²)	株高(cm)	密度(株·m ⁻²)	鲜草产量(g·m ⁻²)
1	1	1	1	1	1	1	16.8g	37.1bc	47.5f	27.5c	759.7ij
2	1	2	2	2	2	2	18.2g	39.3ab	52.0f	28.5bc	836.0hij
3	1	3	3	3	3	3	19.8g	40.5a	54.9f	29.7bc	842.4hij
4	2	1	1	2	2	3	26.4f	33.1d	51.7f	22.0f	660.3j
5	2	2	2	3	3	1	28.3f	35.3cd	51.9f	24.3e	834.3hij
6	2	3	3	1	1	2	26.3f	37.2bc	50.8f	25.8de	710.2ij
7	3	1	2	1	3	2	36.8de	16.8f	79.8cde	14.3i	2 253.9g
8	3	2	3	2	1	3	40.5de	18.6ef	89.1cd	16.1hi	2 374.1fg
9	3	3	1	3	2	1	41.7d	18.7ef	91.5c	16.7gh	2 487.4ef
10	4	1	3	3	2	2	52.3c	18.4ef	79.3de	16.6gh	2 641.5e
11	4	2	1	1	3	3	50.8c	19.7ef	77.9e	17.8gh	2 474.4ef
12	4	3	2	2	1	1	54.2c	20.4e	81.1de	18.7g	2 722.7d
13	5	1	2	3	1	3	81.0ab	11.8g	151.9ab	9.2k	3 170.3b
14	5	2	3	1	2	1	77.5b	12.3g	146.4b	9.7jk	2 932.2c
15	5	3	1	2	3	2	83.3a	13.6g	156.6a	11.8j	3 580.9a
16	6	1	3	2	3	1	36.6de	39.2a	80.2de	29.3bc	904.9hi
17	6	2	1	3	1	2	39.7de	42.3a	84.8cde	33.7a	1 054.7h
18	6	3	2	1	2	3	35.9e	41.0a	79.0de	30.6b	864.1hij

注: 同列不同小写字母间表示差异显著($P < 0.05$) 相同小写字母间表示差异不显著($P > 0.05$), 下同

(因素 B、C)对株高影响较小。

2.2 密度

2013 年植株密度比 2012 年小, 两年中 3 个禾本科品种处理 (处理 1~3、处理 4~6 和处理 16~18) 的密度均显著高于 3 个豆科品种 (处理 7~9、处理 10~12 和处理 13~15) ($P < 0.05$), 这可能是由于禾本科播种量大于豆科的原因所致。2012 年禾本科中品种 A_6 各处理(处理 16~18)间差异不显著 ($P > 0.05$), 但均显著大于品种 A_2 各处理(处理 4~6) ($P < 0.05$)。3 种豆科牧草品种内差异均不显著, 其中品种 A_3 (处理 7~9)、 A_4 (处理 10~12) 各处理均显著大于品种 A_5 (处理 13~15), 说明种植当年品种(因素 A)对密度的影响较大, 肥料(因素 B、C)对密度的影响较小。2013 年禾本科中品种 A_1 (处理 1~3)、 A_6 (处理 16~18) 各处理的密度显著大于 A_2 (处理 4~6) ($P < 0.05$), 豆科中品种 A_5 各处理(处理 13~15) 的密度显著低于其他品种各处理 ($P < 0.05$)。2013 年各牧草品种内的密度差异表现不一致, 只有 A_1 (处理 1~3)、 A_4 (处理 10~12) 品种内各处理差异不显著 ($P > 0.05$), 说明 2013 年肥料

(因素 B、C)对密度的影响较 2012 年大。

2.3 鲜草产量

2.3.1 处理间的方差分析

2012 年由于播种较晚, 各牧草当年产量较低不作统计, 2013 年对 18 个处理进行方差分析得知(表 2), 豆科品种各处理(处理 7~9、处理 10~12 和处理 13~15)均显著高于禾本科品种(处理 1~3、处理 4~6 和处理 16~18), 其中处理 12、13、14 和 15 间差异均达到显著水平 ($P < 0.05$), 且这 4 个处理均显著高于其他处理 ($P < 0.05$)。品种 A_1 (处理 1~3) 和品种 A_2 (处理 4~6) 各处理差异不显著 ($P > 0.05$), 禾本科牧草品种内差异均不显著 ($P < 0.05$), 豆科品种内差异表现不一致, 说明不同用量的有机无机肥配施对豆科牧草的产量影响较大, 对禾本科牧草影响较小。

2.3.2 因素间的方差分析

因素间 F 检验结果表明(表 3), 因素 A、因素 B 和因素 C 对鲜草产量影响极显著 ($P < 0.01$), B、C 影响显著 ($P < 0.05$), AB 与 AC 影响均不显著 ($P > 0.05$), 表明有机肥与氮磷钾有交互作用, 牧草

表 3 2013 年鲜草产量因素间的方差分析

变异来源	SS	df	MS	F	P
A	5.284×10^7	5	1.057×10^7	608.692	<0.001
B	194 816.524	2	97 408.262	5.611	0.007
AB	93 459.244	2	46 729.622	2.692	0.081
C	374 711.225	2	187 355.613	10.792	<0.001
AC	61 618.848	2	30 809.424	1.775	0.183
BC	122 370.385	2	61 185.192	3.524	0.039
误差	659 697.922	38	17 360.472		

品种与有机肥、氮磷钾没有交互作用。

2.3.3 极差分析和多重比较

极差(R)大小(表 4)为 $A>C>B>BC$,由 F 检验结果和极差综合比较得出,各因素影响程度为 $A>C>B>BC$,故应对因素 A、B 和 C 进行多重比较。多重比较结果得知(表 4),因素 A 均值大小为 $A_5>A_4>A_3>A_6>A_1>A_2$,其中 A_5 、 A_4 、 A_3 、 A_6 各个水平间差异均显著($P<0.05$),并且显著高于 A_1 、 A_2 。 A_1 与 A_2 差异不显著($P>0.05$)。因素 B 均值大小为 $B_3>B_2>B_1$, B_3 与 B_1 、 B_2 差异显著($P<0.05$), B_1 与 B_2 差异不显著($P>0.05$)。因素 C 均值大小为 $C_2>C_3>C_1$, C_2 与 C_3 差异不显著($P>0.05$),但都显著高于 C_1 ($P<0.05$)。由此得出鲜草产量的最优组合为 $A_5B_3C_2$,与鲜草产量最高的组合 $A_5B_3C_2$ (处理 15)相一致。

表 4 2013 年鲜草产量的多重比较 $g \cdot m^{-2}$

水平	品种(A)	有机肥(B)	氮磷钾(C)
1	812.69e	1 731.75b	1 665.75b
2	734.93e	1 750.94b	1 846.48a
3	2 371.23c	1 867.67a	1 838.14a
4	2 612.87b		
5	3 227.78a		
6	941.21d		
R	2 492.85	135.92	180.73

3 讨论

植株高度与株丛密度是影响牧草产量的两个重要因素^[8-11],试验地位于宁夏盐池县干旱区,降雨极少,灌溉条件差,虽然有机肥与氮磷钾配合施入,但多数牧草的株高及产量与其他地区相比较低^[12-17],可能是由于降雨及灌水量的限制,没有使肥料效应充分发挥。试验所设的 3 个因素中,牧草品种对于株高的影响最大,不同用量的有机肥和氮磷钾配施对同一品种牧草的株高影响较小。该

地区夏季高温,冬季严寒,各牧草品种的存活密度也较低,两年中同样是品种对密度的影响较大,有机肥和氮磷钾对密度的影响较小,且 2013 年有机无机肥配施对密度的影响程度较 2012 年大,这可能是由于不同用量的有机肥和氮磷钾配施对牧草的越冬影响较大,从而影响牧草的存活密度,这与徐艳丽^[18]研究中有有机肥无机肥配施提高苇状羊茅抗寒性的结论相似。

2012 年各牧草品种生长缓慢且产量较低,当年产量不作统计。2013 年 3 个豆科品种的鲜草产量各处理均显著高于 3 个禾本科品种($P<0.05$),其中草木樨品种内各处理(处理 13~15)差异显著,且均显著高于其他牧草品种的各处理($P<0.05$),以处理 15 鲜草产量最高达 $3 580.9 g \cdot m^{-2}$,是禾本科品种产量的 3~4 倍。草木樨品种虽密度较小,但植株高度远远大于其他品种,田间观测发现其分枝数也较多,使得产量最高,但草木樨为两年生,作为草田轮作牧草较好,长期利用价值不及多年生紫花苜蓿。紫花苜蓿密度较大,产量仅次于草木樨,在宁夏干旱区一般可利用 5 年以上^[19],紫花苜蓿 3 个处理中以处理 12 产量最高为 $2 722.7 g \cdot m^{-2}$,在干旱区紫花苜蓿可作为长期利用的优良牧草。禾本科牧草中以披碱草的产量最高,且密度较大,可选为该地区种植的优良牧草。

F 检验和极差综合比较得出,鲜草产量各因素影响程度大小为品种 > 氮磷钾 > 有机肥 > 有机肥与氮磷钾交互作用,其中牧草品种、氮磷钾配比和有机肥对鲜草产量影响极显著($P<0.01$),有机肥与氮磷钾配比的交互作用影响显著($P<0.05$)。正交试验得出鲜草产量的最优组合为 $A_5B_3C_2$,与鲜草产量最高的组合 $A_5B_3C_2$ (处理 15)完全一致,充分说明正交设计结果是可靠性的。此外,处理 12 产量显著高于除草木樨外的其他品种各处理,且 3 因素中除牧草品种是紫花苜蓿外,其他两因素水平与最优组合相一致,均是有机肥 $36 t \cdot hm^{-2}$ + 氮

磷钾中肥配比 ($N165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $P135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $K135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。氮磷钾以中肥配比产量最好,原因可能是干旱地区土壤水分较少,过高水平的施入化肥并不能提高化肥的利用效率,且使土壤环境恶化,限制了牧草的生长。有机肥以第三水平最好,原因可能是大量有机肥的施入,改善了风沙土的土壤结构、土壤水分和养分,并使无机肥的利用效率增大,从而显著提高牧草产量,这与 Parfitta^[6]的观点相同。

4 结 论

4.1 在干旱地区试验所设的 3 个因素中,品种对于牧草株高和密度的影响最大,有机肥和氮磷钾对同一品种的株高及密度影响较小。豆科牧草中草木樨虽密度较小,但株高远大于紫花苜蓿和沙打旺,表现出较强的生产性能,禾本科牧草中披碱草密度较大、植株较高,产量也比较高,可在该地区种植以补充牧草的短缺。

4.2 人工草地鲜草产量各因素的影响程度大小为品种 > 氮磷钾 > 有机肥,3 个因素对产量影响极显著 ($P < 0.01$),有机肥与化肥交互作用影响显著 ($P < 0.05$)。因此,在干旱区人工草地建植中牧草品种的选择最为重要。6 个牧草品种中,豆科品种的产量均大于禾本科,以草木樨产量最高,作为轮作用牧草较好,其次是紫花苜蓿,可作为长期利用的优良牧草。

4.3 正交设计方法得到鲜草产量的最优组合为草木樨+有机肥 ($36 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)+氮磷钾中肥配比 ($N165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $P135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $K135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),与鲜草产量最高的处理 15 各因素水平完全一致,证实了正交设计结果的可靠性。有机肥($36 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)+氮磷钾中肥配比 ($N165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $P135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $K135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 也是紫花苜蓿产量最高的施肥组合,此组合是否为其他牧草品种最优的有机无机肥配施用量有待进一步研究。

参考文献:

[1] 马红彬,谢应忠.宁夏中部干旱带草地生态农业体系建设研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):180-184.
[2] Bhattacharya T, Banerjee D K, Gopal B. Heavy metal up take

by *Scirpus littoralis* Schrad from fly ash dosed and metal spiked soils [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006(121): 363-380.

- [3] 李东坡,武志杰.化学肥料的土壤生态环境效应[J].应用生态学报,2008,19(5):1158-1165.
[4] Ditterta K, Lampe C, Gaschec R, et al. Short-term effects of single or combined application of N fertilizer and cattle slurry on the fluxes of radiatively active trace gases from grassland soil [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2005(37): 1665-1674.
[5] Beckwith C P, Lewis P J, Chalmers A G, et al. Successive annual applications of organic manures for cut grass: short-term observations on utilization of manure nitrogen[J]. Grass & Forage Science, 2002, 57(3): 191-202.
[6] Parfitta R L, Yeates G W, Rossa D J, et al. Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture growth under organic and conventional management [J]. Applied Soil Ecology, 2005(28): 1-13.
[7] McDowell R W, Sharpley A N. Variation of phosphorus leached from Pennsylvanian soils amended with manures, composts or inorganic fertilizer [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004(102): 17-27.
[8] 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.
[9] 吕林有,何跃,赵立仁.不同苜蓿品种生产性能研究[J].草地学报,2010,18(3):365-371.
[10] 张晓红,徐炳成,李凤民.密度对三种豆科牧草生产力和水分利用率的影响[J].草地学报,2010,15(6):593-598.
[11] 孙建华,王彦荣,余玲.紫花苜蓿生长特性及产量性状相关性研究[J].草业学报,2004,18(3):80-86.
[12] 陈玲玲,杨秀芳,乌艳红,等.35个紫花苜蓿品种在内蒙古赤峰地区的生产性能评价[J].草业科学,2012,29(5):790-797.
[13] 孙启忠,丁国庆,王育青,等.有机肥 SustainGro 对牧草产量的影响[J].草业科学,2007,24(9):42-47.
[14] 姜慧新,刘栋,翟桂玉,等.氮磷钾配合施肥对紫花苜蓿产草量的影响[J].草业科学,2012,29(9):1441-1445.
[15] 刘利.九种禾本科牧草在典型草原地区抗旱适应性研究[D].内蒙古农业大学,2009:1-35.
[16] 孙启忠,桂荣,那日苏,等.赤峰地区不同生长年限沙打旺生产力的研究[J].中国草地,1999(5):29-34.
[17] 马鸣.4种禾本科牧草生产性能及营养价值研究[D].甘肃农业大学,2008:37-40.
[18] 徐艳丽,鲁剑巍,周世力,等.有机、无机肥及其配施对苇状羊茅生长及抗寒性的影响[J].草业科学,2005,22(10):97-101.
[19] 刘沛松,贾志宽,李军,等.宁南旱区草粮轮作系统中紫花苜蓿适宜利用年限研究[J].草业学报,2008,17(3):31-39.