

荒漠草原区牧草品种与施肥对牧草产量及品质的影响

贾倩民¹, 陈彦云^{1,2}, 陈科元¹, 韩润燕¹

(1. 西部生态与生物资源开发联合研究中心, 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学 生命科学学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:以扁穗冰草、蒙古冰草、沙打旺、紫花苜蓿、草木樨和披碱草 6 个牧草品种为供试作物, 以有机肥、废渣、化肥为供试肥料, 采用正交实验设计, 研究了牧草品种与施肥处理对荒漠草原区牧草产量和品质的影响, 以期筛选出适合荒漠草原区牧草种植的最优组合。结果表明: 正交设计方法得到干草产量的最优组合为草木樨+有机肥 36 t/hm²+NPK(N 165 kg/hm²、P 135 kg/hm² 和 K 135 kg/hm²)+工业秸秆渣 15 t/hm², 此组合与产量最高的处理 15 的各因素水平完全一致, 证实了正交设计结果的可靠性, 各因素对干草产量影响均为极显著($P<0.01$), 影响程度大小为牧草品种>有机肥>NPK>工业废渣; 粗蛋白含量的最优组合为紫花苜蓿+有机肥 12 t/hm²+NPK(N 275 kg/hm²、P 225 kg/hm² 和 K 225 kg/hm²); 影响程度大小为牧草品种>NPK>有机肥>工业废渣, 牧草品种对粗蛋白含量的影响极显著($P<0.01$), NPK 对粗蛋白含量影响显著($P<0.05$), 有机肥和工业废渣对粗蛋白含量影响不显著($P>0.05$); 牧草品种以草木樨产量最高, 但品质较差, 用于草田轮作较好, 紫花苜蓿品质最好, 产量也高, 可作为该地区长期利用的优良饲草, 沙打旺适口性最好, 作为鲜草饲料较好, 禾本科中披碱草品质较好, 产量高, 可作为优良的禾草饲料; 肥料中有机肥和工业秸秆废渣可作为良好的肥料, 而工业种子废渣不利于牧草产量的提高, 有待进一步研究。

关键词:荒漠草原区; 牧草; 施肥; 产量; 品质

中图分类号:S 543 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)06-0168-05

荒漠草原是草原向荒漠过渡的旱生化草原生态系统, 是旱生性最强的一类草原^[1]。宁夏荒漠草原地区环境脆弱, 干旱少雨, 冬季严寒, 春季风大沙多, 土壤贫瘠

且盐碱化严重, 加之超载过牧、滥挖滥采、农田管理不当等人为原因^[2-4], 常造成该地区草地生产力下降, 饲草供不应求且品质降低。因此, 发展人工草地, 建立高产优质的饲草料基地, 是草地畜牧业持续发展的必由之路。品种与施肥是影响牧草产量及品质的 2 个主要因素^[5-6]。近年来, 由于化肥的长期大量施用以及工业废渣不合理的堆放, 使土壤环境污染加剧, 大量资源严重浪费^[7-9]。国内外研究表明, 有机肥含有植物生长所需要的多种营养元素, 并能提高化肥的利用率, 从而提高作物产量和

第一作者简介:贾倩民(1985-), 男, 河南商丘人, 硕士研究生, 研究方向为植物生理生态。E-mail: nxdxjqm@163.com.

责任作者:陈彦云(1965-), 男, 宁夏平罗人, 研究员, 现主要从事植物生理学的教学与科研工作。E-mail: nxchenyy@163.com.

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAC07B03)。

收稿日期:2013-11-19

Study on Phytoremediation of Contaminate Soil by Herbicide Atrazine

ZHOU Ning

(Jiangsu Food and Pharmaceutical Science College, Huai'an, Jiangsu 223003)

Abstract: Taking *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng, Sorghum-Sudan hybrid and *Lolium perenne* L. as materials, using the contaminated soil by atrazine as object, the repair of three kinds of forage on the effect of soil remediation were studied. The results showed that the best effect of soil remediation was *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng, secondly was Sorghum-Sudan hybrid, and the worst effect of soil remediation was *Lolium perenne* L..

Key words: herbicide; atrazine; soil pollution; forage; phytoremediation

品质^[10-13]。另外,关于工业废渣的利用也有不少研究^[13-16]报道,但在牧草选育方面有机肥、化肥、工业废渣配合施肥的研究较少。现采用正交实验设计,研究了牧草品种及施肥对牧草产量和品质的影响,旨在通过这种方法得到适合该地区人工草地建植的最优组合,为改善荒漠草原区生态环境及全面发展草地畜牧业提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于宁夏回族自治区东部盐池县,北纬 $37^{\circ}04' \sim 38^{\circ}10'$,东经 $106^{\circ}30' \sim 107^{\circ}41'$,该县北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,是干草原向荒漠的过渡地带。气候为大陆性气候,年平均气温 7.7°C ,极端最高和最低气温分别为 38.1°C 、 -29.6°C ,年平均降水量约 280 mm ,主要集中在7、8、9月,蒸发量高达 $2\,710\text{ mm}$,年平均无霜期 165 d 。试验地为弃耕9a的盐碱地,土壤为风沙土,表层土壤(0~20 cm)有机质含量 $0.6\% \sim 0.9\%$,pH $8.5 \sim 9.1$,含盐量 $4 \sim 7\text{ g/kg}$ 。灌溉用水为地下水,水量较小,矿化度 $4 \sim 6\text{ g/L}$,含盐量高,水质较差。

1.2 试验材料

供试牧草品种为扁穗冰草(A_1 : *Agropyron cristatum*)、蒙古冰草(A_2 : *Agropyron mongolicum* Keng)、沙打旺(A_3 : *Astragalus adsurgens*)、紫花苜蓿(A_4 : *Medicago sativa*)、草木樨(A_5 : *Melilotus suaveolens*)和披碱草(A_6 : *Elymus dahuricus*);供试肥料:有机肥为当地农家肥羊粪,工业秸秆渣和工业种子渣为当地苦豆子加工厂的废渣;化肥,以尿素(N 46%)为氮肥,以磷酸二铵(N 16%、 PO_4 46%)为磷肥,以硫酸钾(K_2O 50%)为钾肥。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 采用正交设计 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$,因素与水平见表1,共18个处理,3次重复,小区面积 25 m^2 ($5\text{ m} \times 5\text{ m}$)。A因素为品种,6个水平依次为扁穗冰草(A_1)、蒙古冰草(A_2)、沙打旺(A_3)、紫花苜蓿(A_4)、草木樨(A_5)和披碱草(A_6);B因素为有机肥羊粪,3个水平依次为低水平有机肥(B_1 : 12 t/hm^2)、中水平有机肥(B_2 : 24 t/hm^2)和高水平有机肥(B_3 : 36 t/hm^2);C因素为化肥,氮磷钾配比(N:P:K=11:9:9)分3个水平,依次为低水平NPK(C_1 :N 55 kg/hm^2 、P 45 kg/hm^2 、K 45 kg/hm^2),中水平NPK(C_2 :N 165 kg/hm^2 、P 135 kg/hm^2 、K 135 kg/hm^2),高水平NPK(C_3 :N 275 kg/hm^2 、P 225 kg/hm^2 、K 225 kg/hm^2);D因素为工业废渣,3个水平依次为不施废渣(D_1)、工业秸秆渣 15 t/hm^2 (D_2)、工业种子渣 15 t/hm^2 (D_3)。

1.3.2 播种与施肥管理 2012年6月2日播种,禾本科播种量 15 kg/hm^2 ,播种深度 $1 \sim 2\text{ cm}$,豆科播种量

30 kg/hm^2 ,播种深度 $2 \sim 3\text{ cm}$,均采用条播,行距 30 cm 。试验期间采用相同的管理措施,有机肥和工业废渣在土壤翻耕前一次性把肥料均匀撒于地表,然后翻入土中;氮肥按总N量的30%作为基肥,返青后再追肥70%,磷肥和钾肥作为种肥,在播种时采用沟内条施。

表1 正交实验设计

| 水平 | 品种 | 有机肥 | 因素 | | | 空列 | 空列 | 工业废渣 |
|----|-------|-------|-------|----|----|----|----|-------|
| | | | 氮磷钾 | 空列 | 空列 | | | |
| 1 | A_1 | B_1 | C_1 | | | | | D_1 |
| 2 | A_2 | B_2 | C_2 | | | | | D_2 |
| 3 | A_3 | B_3 | C_3 | | | | | D_3 |
| 4 | A_4 | | | | | | | |
| 5 | A_5 | | | | | | | |
| 6 | A_6 | | | | | | | |

1.4 项目测定

2013年6月6日各小区选 1 m^2 样方,重复3次,刈割(不留茬)后立即称其鲜重,烘干后(105°C 烘箱内杀青 30 min 后, 75°C 烘 24 h 至恒重)称其干重作为干草产量,再将茎、叶分离,分别称量茎和叶的干重,计算茎叶比、鲜干比;烘干样(茎和叶)粉碎后测定粗蛋白含量和粗纤维含量^[17]。

1.5 数据分析

试验数据采用Excel和SPSS软件进行统计和方差分析。

2 结果与分析

2.1 牧草品种与施肥对干草产量的影响

对表2中试验结果进行方差分析,由表3可知,4个因素对干草产量的影响程度均为极显著($P < 0.01$)。由表4可知,极差 R 大小为 $A > B > C > D$,综合比较得出,各因素影响程度为 $A > B > C > D$ 。因素内多重比较结果得知,A因素各个水平的均值大小为 $A_5 > A_4 > A_3 > A_6 > A_1 > A_2$, A_5 、 A_4 、 A_3 、 A_6 间差异均显著($P < 0.05$),且均显著大于 A_1 、 A_2 。 A_1 与 A_2 差异不显著($P > 0.05$)。B因素均值大小为 $B_3 > B_2 > B_1$,各个水平间差异显著($P < 0.05$),随有机肥的增加干草产量越高。C因素均值大小为 $C_2 > C_3 > C_1$, C_2 、 C_3 差异不显著,但二者均显著高于 C_1 。D因素均值大小为 $D_2 > D_1 > D_3$, D_1 与 D_2 差异不显著, D_2 与 D_3 差异显著,说明工业秸秆废渣较工业种子废渣有利于产量的提高。由以上分析得出,干草产量的最优组合为 $A_5 B_3 C_2 D_2$,这与表2干草产量最高组合处理 $15(A_5 B_3 C_2 D_2)$ 完全一致,证实了正交设计结果的可靠性。

2.2 牧草品种与施肥对牧草鲜干比的影响

牧草的鲜干比与品质成正相关,鲜干比越高适口性就越好^[18]。因素间方差分析结果见表5,由 F 和 P 值可知,A因素对鲜干比影响极显著($P < 0.01$),B、C因素对鲜干比影响显著($P < 0.05$),D因素对鲜干比影响不显

表 2 试验各指标的测定结果

| 处理 | 因素水平 | | | | 干草产量 | 鲜干比 | 茎叶比 | 粗蛋白 | 粗纤维 |
|----|------|---|---|---|----------------------|------|------|-------|-------|
| A | B | C | D | | /kg·hm ⁻² | | | 含量/% | 含量/% |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 681.71 | 2.81 | 0.63 | 9.76 | 31.59 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 860.99 | 2.96 | 0.58 | 10.42 | 31.03 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 900.80 | 3.18 | 0.53 | 11.18 | 30.35 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 513.87 | 2.45 | 0.77 | 9.21 | 33.58 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 897.63 | 2.69 | 0.70 | 9.87 | 32.12 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 703.64 | 2.60 | 0.74 | 9.47 | 32.65 |
| 7 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 585.19 | 3.13 | 1.13 | 17.30 | 21.32 |
| 8 | 3 | 2 | 2 | 1 | 5 042.62 | 3.34 | 1.07 | 18.13 | 20.53 |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 237.59 | 3.42 | 1.04 | 18.98 | 20.01 |
| 10 | 4 | 1 | 3 | 3 | 5 017.10 | 2.38 | 1.23 | 21.01 | 22.29 |
| 11 | 4 | 2 | 1 | 2 | 5 318.10 | 2.27 | 1.27 | 19.67 | 25.16 |
| 12 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 446.33 | 2.41 | 1.20 | 21.16 | 23.33 |
| 13 | 5 | 1 | 3 | 1 | 7 342.19 | 2.11 | 1.69 | 16.86 | 26.95 |
| 14 | 5 | 2 | 1 | 3 | 6 770.33 | 2.06 | 1.76 | 16.65 | 27.10 |
| 15 | 5 | 3 | 2 | 2 | 8 513.51 | 2.24 | 1.62 | 17.50 | 26.31 |
| 16 | 6 | 1 | 2 | 3 | 2 276.91 | 2.84 | 0.57 | 14.16 | 28.12 |
| 17 | 6 | 2 | 3 | 2 | 2 777.91 | 2.89 | 0.51 | 14.59 | 26.51 |
| 18 | 6 | 3 | 1 | 1 | 2 351.58 | 2.74 | 0.63 | 13.62 | 29.73 |

表 3 因素间干草产量的方差分析

| 变异来源 | 自由度 | 平方和 | 均方 | F | P |
|------|-----|-----------------------|-----------------------|---------|--------|
| A | 5 | 2.468×10 ⁸ | 4.936×10 ⁷ | 565.782 | <0.001 |
| B | 2 | 1 876 691.058 | 938 345.529 | 10.755 | <0.001 |
| C | 2 | 3 092 410.669 | 1 546 205.334 | 17.722 | <0.001 |
| D | 2 | 2 271 001.158 | 1 135 500.579 | 13.015 | <0.001 |
| 误差 | 42 | 3 664 407.786 | 87 247.804 | | |

表 4 因素内干草产量的方差分析及极差 kg/hm²

| 水平 | A | B | C | D |
|----|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 1 814.50e | 3 736.16c | 3 735.09b | 3 926.26ab |
| 2 | 1 705.05e | 3 944.60b | 4 109.04a | 4 096.68a |
| 3 | 4 955.13c | 4 192.24a | 4 028.87a | 3 850.06b |
| 4 | 5 260.51b | | | |
| 5 | 7 542.01a | | | |
| 6 | 2 468.80d | | | |
| R | 5 836.96 | 456.08 | 373.95 | 246.62 |

注:同列不同小写字母间表示差异显著($P<0.05$),下同。

著($P>0.05$)。极差(R)大小为 $A>C>B>D$,因此得出,各因素影响程度为 $A>C>B>D$ 。因素内方差分析得知,A因素均值大小为 $A_3>A_1>A_6>A_2>A_4>A_5$,各个水平间差异显著。B因素均值大小为 $B_3>B_2>B_1$,其中 B_1 与 B_3 差异显著,其它水平间差异不显著,表明有机肥用量的增加提高了牧草的鲜干比。C因素均值大小为 $C_3>C_2>C_1$, C_2 、 C_3 与 C_1 差异均显著, C_2 与 C_3 差异不显著,随 NPK 用量的增加鲜干比增大。D因素均值大小为 $D_3>D_2>D_1$,各个水平间差异不显著($P>0.05$)。由于D因素对鲜干比的影响程度不显著,因此鲜干比的最优组合为 $A_3B_3C_3D_x$ ($x=1,2,3$),与鲜干比最大的组合 $A_3B_3C_3D_3$ (处理 9)完全一致。

2.3 牧草品种与施肥对牧草茎叶比的影响

牧草的叶比茎含有较高的蛋白质和消化能,叶片的营养价值优于茎秆,茎叶比越小,牧草叶含量越高,品质越好^[19]。由表 5 可知,因素 A 和 C 对茎叶比影响极显

著($P<0.01$),因素 B 和 D 的影响程度均不显著($P>0.05$)。极差(R)大小为 $A>C>B>D$,因此,各因素的影响程度为 $A>C>B>D$ 。因素间方差分析表明,A因素均值大小为 $A_6<A_1<A_2<A_3<A_4<A_5$,除 A_6 与 A_1 差异不显著外,其它品种之间差异均显著,说明披碱草和扁穗冰草叶含量高,品质较好。B因素均值大小为 $B_3<B_2<B_1$, B_1 与 B_3 差异显著。C因素均值大小为 $C_3<C_2<C_1$, C_2 与 C_3 差异不显著,但二者均显著低于 C_1 ,说明 NPK 第 2,3 水平较第 1 水平提高了牧草的叶含量。D因素均值大小为 $D_3<D_2<D_1$,各个水平间差异不显著。由于因素 B 和 D 对茎叶比的影响程度均不显著,因此可忽略 B 和 D 因素的多重比较结果,茎叶比的最优组合为 $A_6B_xC_3D_x$ ($x=1,2,3$),与茎叶比最低的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17)相一致。

表 5 牧草鲜干比和茎叶比的方差分析及极差

| 水平 | 鲜干比均值 | | | | 茎叶比均值 | | | |
|----|--------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|-------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 1 | 2.98b | 2.62b | 2.60b | 2.67a | 0.58e | 1.00a | 1.03a | 0.99a |
| 2 | 2.58d | 2.70ab | 2.71a | 2.66a | 0.74d | 0.98ab | 0.97b | 0.98a |
| 3 | 3.30a | 2.77a | 2.78a | 2.76a | 1.08c | 0.96b | 0.95b | 0.97a |
| 4 | 2.35e | | | | 1.23b | | | |
| 5 | 2.14f | | | | 1.69a | | | |
| 6 | 2.82c | | | | 0.57e | | | |
| R | 1.16 | 0.15 | 0.18 | 0.11 | 1.12 | 0.04 | 0.08 | 0.02 |
| F | 71.238 | 4.167 | 4.535 | 0.920 | 486.558 | 2.366 | 9.971 | 2.328 |
| P | <0.001 | 0.022 | 0.016 | 0.406 | <0.001 | 0.106 | <0.001 | 0.110 |

注:F和P值为因素间F检验结果,下同。

2.4 牧草品种与施肥对牧草粗蛋白质含量的影响

牧草的品质很大程度上取决于粗蛋白和粗纤维的含量,提高粗蛋白含量与降低粗纤维含量是改善牧草品质的主要内容^[20]。表 6 因素间 F 检验表明,A因素对粗蛋白含量影响极显著($P<0.01$),C因素对粗蛋白含量影响显著($P<0.05$),B和D因素对粗蛋白含量的影响程度均不显著($P>0.05$)。极差(R)大小为 $A>C>B>D$,由此分析得出,各因素影响程度为 $A>C>B>D$ 。因素内方差分析得知,A因素均值大小为 $A_4>A_3>A_5>A_1>A_6>A_2$,各牧草品种间差异均显著($P<0.05$)。B因素均值大小为 $B_3>B_2>B_1$, B_1 与 B_3 差异显著($P<0.05$), B_2 与 B_3 差异不显著。C因素均值大小为 $C_3>C_2>C_1$, C_2 与 C_3 差异不显著($P>0.05$),二者均显著大于 C_1 ($P<0.05$)。因素 D 均值大小为 $D_3>D_1>D_2$, D_2 与 D_3 差异显著,其它各水平间差异不显著。忽略 B 和 D 因素的多重比较结果,综合分析得出,粗蛋白含量的最优组合为 $A_4B_xC_3D_x$ ($x=1,2,3$),与粗蛋白含量最大的组合处理 12($A_4B_3C_2D_1$)相比较,只有因素 C 不一致,而 C_2 与 C_3 差异不显著($P>0.05$),表明粗蛋白含量的正交设计结果同样是可靠的。

表 6 粗蛋白和粗纤维的方差分析及极差

| 水平 | 粗蛋白含量/% | | | | 粗纤维含量/% | | | |
|----|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 1 | 10.50d | 14.72b | 14.41b | 14.90ab | 30.47b | 27.31a | 27.93a | 27.53a |
| 2 | 9.52f | 14.89ab | 15.10a | 14.72b | 32.78a | 27.08a | 27.15ab | 27.26ab |
| 3 | 18.14b | 15.35a | 15.45a | 15.34a | 20.62e | 26.80a | 26.11b | 26.40b |
| 4 | 20.61a | | | | 23.59d | | | |
| 5 | 17.00c | | | | 26.79c | | | |
| 6 | 14.12e | | | | 28.12c | | | |
| R | 11.09 | 0.63 | 1.04 | 0.62 | 12.16 | 0.51 | 1.82 | 1.13 |
| F | 227.381 | 2.519 | 4.662 | 0.556 | 73.69 | 0.48 | 4.93 | 1.31 |
| P | <0.001 | 0.093 | 0.015 | 0.578 | <0.001 | 0.624 | 0.012 | 0.280 |

2.5 牧草品种与施肥对牧草粗纤维含量的影响

表 6 因素间 F 检验表明, A 因素对粗纤维含量影响极显著($P<0.01$), C 因素影响显著($P<0.05$), B 和 D 因素的影响程度均不显著($P>0.05$)。极差(R)大小为 $A>C>D>B$, 由此得出, 各因素影响程度为 $A>C>D>B$ 。因素内方差分析得知, A 因素均值大小为 $A_3<A_4<A_5<A_6<A_1<A_2$, 其中, A_5 与 A_6 差异不显著($P>0.05$), 其它各牧草品种间差异显著($P<0.05$)。B 因素均值大小为 $B_3<B_2<B_1$, 各个水平间差异不显著。C 因素均值大小为 $C_3<C_2<C_1$, C_3 与 C_1 差异显著($P<0.05$), 其它各水平间差异不显著($P>0.05$)。因素 D 均值大小为 $D_3<D_2<D_1$, D_3 与 D_1 差异显著($P<0.05$), 其它各水平间差异不显著($P>0.05$)。粗纤维含量越少, 牧草越好, 因此粗纤维含量的最优组合为 $A_3B_xC_3D_x$ ($x=1, 2, 3$), 与粗纤维含量最低的组合处理 9 ($A_3B_3C_3D_3$) 相一致。

3 结论与讨论

该试验结果表明, 正交设计方法得到干草产量的最优组合为草木樨 + 有机肥 36 t/hm^2 + NPK (N 165 kg/hm^2 、P 135 kg/hm^2 、K 135 kg/hm^2) + 秸秆渣 15 t/hm^2 , 这与干草产量最高的处理 15 完全一致, 证实了正交设计结果的可靠性。4 个因素对于干草产量的影响程度均为极显著($P<0.01$), 影响程度为牧草品种 $>$ 有机肥 $>$ NPK $>$ 工业废渣。牧草品种以草木樨产量最高, 草木樨为二年生豆科, 但品质较差, 用于草田轮作较好, 长期利用价值不及紫花苜蓿; 其次是紫花苜蓿, 紫花苜蓿品质最好, 产量较高, 可作为该地区长期利用的优良饲草, 这 2 个品种的处理干草产量都在 $5\ 000\text{ kg/hm}^2$ 以上; 沙打旺适口性最好, 作为鲜草饲料较好; 禾本科中披碱草品质较好, 产量也高, 各处理均在 $2\ 200\text{ kg/hm}^2$ 以上, 可作为该地区优良的禾草饲料。扁穗冰草和蒙古冰草各处理的干草产量均在 $2\ 000\text{ kg/hm}^2$ 以下, 产量较低。在宁夏荒漠草原区紫花苜蓿一般可利用 5 年以上^[21]。因素内方差分析得知, 随有机肥的增加干草产量均值越高, 可能是有机肥的施入改善了土壤环境, 提高了牧草的存活密度, 从而显著提高产量, 这与徐艳丽

等^[22]的研究相似。NPK 以第 2 水平最好, 原因可能是该地区干旱少雨, 灌溉条件又差, 高水平的 NPK 并不能显著提高肥料的利用效率。工业废渣中秸秆渣较种子渣有利于产量的提高, 田间观察发现施工业种子渣的处理出苗率较低, 种子废渣是否抑制了牧草的发芽和出苗有待进一步研究。正交设计方法得到粗蛋白的最优组合为紫花苜蓿 + 有机肥 12 t/hm^2 + NPK (N 275 kg/hm^2 、P 225 kg/hm^2 、K 225 kg/hm^2), 与粗蛋白含量最高组合处理 12 ($A_4B_3C_2D_1$) 基本一致, 各因素影响程度大小为牧草品种 $>$ NPK $>$ 有机肥 $>$ 工业废渣, 其中牧草品种对粗蛋白的影响极显著($P<0.01$), NPK 对粗蛋白的影响显著($P<0.05$), 有机肥和工业废渣对粗蛋白的影响不显著($P>0.05$)。

正交设计得到鲜干比的最优组合为 $A_3B_3C_3D_x$ ($x=1, 2, 3$), 与鲜干比最大的组合处理 9 ($A_3B_3C_3D_3$) 完全一致。各因素影响程度为牧草品种 $>$ NPK $>$ 有机肥 $>$ 工业废渣, 其中, 牧草品种对鲜干比影响极显著($P<0.01$), 有机肥与 NPK 对鲜干比影响显著($P<0.05$), 工业废渣对鲜干比影响不显著($P>0.05$)。牧草品种以沙打旺的鲜干比最大, 适口性最好, 作为鲜草饲料较好, 其次是扁穗冰草适口性也较好, 草木樨的适口性较差。随有机肥用量的增加鲜干比增大, NPK 第 2 与第 3 水平的鲜干比差异不明显, 均显著大于第 1 水平。茎叶比的最优组合为 $A_6B_xC_3D_x$ ($x=1, 2, 3$), 与茎叶比最小的组合处理 17 ($A_6B_2C_3D_2$) 相一致。各因素的影响程度为牧草品种 $>$ NPK $>$ 有机肥 $>$ 工业废渣, 品种和 NPK 对茎叶比影响极显著($P<0.01$)。牧草品种以披碱草的茎叶比最小, 其次是扁穗冰草, 这 2 个品种叶含量较高。NPK 第 2、3 水平较第 1 水平提高了牧草的叶含量。粗蛋白与粗纤维含量的最优组合分别为 $A_4B_xC_3D_x$ 和 $A_3B_xC_3D_x$ ($x=1, 2, 3$), 分别与粗蛋白含量最高、粗纤维含量最低的组合 $A_4B_3C_2D_1$ (处理 12)、 $A_3B_3C_3D_3$ (处理 9) 基本一致。品种对粗蛋白、粗纤维的影响程度均最大($P<0.01$), 其次是 NPK 的影响程度也较大($P<0.01$), 有机肥和工业废渣的影响程度较小($P>0.05$)。豆科品种的粗蛋白含量均比禾本科高, 而粗纤维含量较低。其中紫花苜蓿和沙打旺的粗蛋白含量较高, 粗纤维含量较低, 营养价值较好。禾本科中披碱草的粗蛋白较高, 而且产量较高, 可作为该地区优良的禾草饲料。牧草的品质很大程度上取决于粗蛋白质的含量, 因此, 品质较好的组合为紫花苜蓿 + 有机肥 $x\text{ t/hm}^2$ ($x=12, 24, 36$) + 高水平 NPK (N 275 kg/hm^2 、P 225 kg/hm^2 、K 225 kg/hm^2), 为节约资源, 有机肥取 12 kg/hm^2 , 工业废渣可不施, 此组合产量也较高。肥料中有机肥羊粪和工业秸秆废渣可作为良好的肥料, 而工业种子废渣不利于牧草产量的提高, 有待进一步研究。

参考文献

- [1] 韩国栋,焦树英,毕力格图,等.短花针茅草原不同载畜率对植物多样性和草地生产力的影响[J].生态学报,2007,27(1):182-188.
- [2] 刘锦霞,武高林,马涛.宁夏中北部荒漠生态系统特征分析及其保护对策[J].草业科学,2008,25(4):10-13.
- [3] 杜国华.宁夏中部干旱带产业结构与生态环境状况调查分析[J].北方园艺,2011(22):186-188.
- [4] 方楷,宋乃平,魏乐,等.围栏封育对荒漠草地群落结构和品质的影响[J].草业科学,2012,29(3):459-464.
- [5] 林明月,许春辉,苏以荣,等.平衡施肥对喀斯特地区牧草产量及品质的影响[J].农业现代化研究,2011,32(4):502-504.
- [6] 郭孝.牧草生产需注意的问题[J].中国饲料,2001(3):32-33.
- [7] 黄国勤,王兴祥,钱海燕,等.施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J].生态环境,2004,13(4):656-660.
- [8] Rogers M, Smith S R. Ecological impact of application of wastewater biosolids to agricultural soil[J]. Water and Environment Journal, 2007, 21(1): 34-40.
- [9] 彭霄鹏,徐茂鑫.赤霉素发酵废渣对芥菜幼苗生长的影响[J].西北农业学报,2010,19(6):126-129.
- [10] 帕提曼·阿不都热合曼,松中照夫,秦勇.有机肥和化肥对菠菜产量及品质的影响[J].北方园艺,2007(11):28-30.
- [11] 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 and Forage Science, 2002, 57(3): 191-202.
- [12] Marathe R A, Bharambe P R, Sharma R, et al. Soil properties of vertisol and yield of sweet orange (*Citrus sinensis*) as influenced by integrated use of organic manures, inorganic and bio-fertilizers[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2009, 79(1): 3-7.
- [13] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3133-3139.
- [14] 王卓,顾正彪,洪雁.马铃薯渣的开发与利用[J].中国粮油学报,2007,22(2):133-136.
- [15] 张跃,群余,德琴.中药渣有机基质对番茄产量和品质的影响[J].北方园艺,2009(11):33-36.
- [16] 李娟,王文丽,赵旭.马铃薯渣和玉米秸秆混合发酵产蛋白质饲料研究[J].中国饲料,2013(11):18-21.
- [17] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993:1-63.
- [18] 郭孝,介晓磊,李明,等.硒钼配施对紫花苜蓿产草量和品质的影响[J].草地学报,2009,17(1):74-78.
- [19] 高占琪,豆卫,张榕,等.甘肃红豆草在高寒牧区的生产性能和营养价值评价[J].中国饲料,2011(11):32-33.
- [20] 余有贵,贺建华.牧草的营养品质及其评价[J].中国饲料,2004(23):34-35.
- [21] 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.
- [22] 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.

Effect of Pasture Species and Fertilizer on Yield and Quality of Pasture in Desert Steppe Zone

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

(1. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of the Ministry of Education Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. College of Life Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Taking *Agropyron cristatum*, *Agropyron mongolicum* Keng, *Astragalus adsurgens*, *Medicago sativa*, *Melilotus suaveolens*, *Elymus dahuricus* as materials, using organic manure, industrial waste and chemical fertilizer as fertilizers, the effect of pasture species and fertilizer treatments on yield and quality of pasture in desert steppe zone by orthogonal designed were studied, in order to select the best set of pasture plant and fertilizer, the results showed that the *Melilotus suaveolens* + organic manure 36 t/hm² + NPK (N 165 kg/hm², P 135 kg/hm², K 135 kg/hm²) + industrial straw residue 15 t/hm². The combination was completely consistent with the level of each factor of treatment 15 which had the highest hay yield, it was confirmed by the results of orthogonal design reliability. The influence of various factors on the yield were different very significantly ($P < 0.01$), the influence degree for species > organic manure > NPK > industrial waste. The optimal combination of the content of crude protein was *Medicago sativa* + organic manure 12 t/hm² + NPK (N 275 kg/hm², P 225 kg/hm² and K 225 kg/hm²). The influence degree for the species > NPK > organic manure > industrial waste. The effect of varieties on crude protein was different significantly ($P < 0.01$), NPK was significant ($P < 0.05$), organic fertilizer and industrial waste had no significant effect ($P > 0.05$). *Melilotus suaveolens* had the highest yield, but the quality was poor, which was good for rotation of crops and grass. *Medicago sativa* had the best quality and high yield, it could be the area of long-term use as the excellent forage grass. Palatability of *Astragalus adsurgens* was best, as fresh feed was well. Gramineae in *Elymus dahuricus* had the better quality and high yield, which could be used as the excellent grass feed. Organic manure and industrial waste residue could be used as good fertilizer, and while the seed industry waste residues was not conducive to the improvement of yield, it need further research.

Key words: desert steppe zone; pasture; fertilizer; yield; quality