

不同改良措施对典型草原植物群落及土壤的影响

张 信,胡艳莉,李维军,刘永进,古晓林,姬秀云
(宁夏云雾山草原自然保护区管理处,宁夏 固原 756000)

摘 要: 于 2010 年 4—9 月在宁夏云雾山草原自然保护区实验区内对草地进行各种改良措施应用试验,以寻求加快宁南半干旱区草原生态恢复的关键技术。改良后的测定结果表明:草地松耙后的植物群落多样性与对照之间差异不显著($P>0.05$),盖度和生物量明显低于对照,分别低 7%、 $32.4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$;草地松耙、草地松耙+补播、草地松耙+施肥、草地松耙+补播+施肥、围栏封育处理后的土壤含水量与对照之间差异显著($P<0.05$),容重均小于对照;草地松耙+补播+施肥的土壤养分与对照之间差异显著($P<0.05$)。

关键词: 不同改良措施;典型草原;植物群落;土壤

中图分类号: S157.4+33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)02-0106-05

Effects of different improvement measures on plant community and soil of typical pasture

ZHANG Xin, HU Yan-li, LI Wei-jun, LIU Yong-jin, GU Xiao-lin, JI Xiu-yun
(Department of Management of Yunwu Mountains Reservation, Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: The trial of various improvement measures of pasture was conducted in Yunwu Mountain Nature Reserve during April to September in 2010 to seek for the key technologies to accelerate the grassland ecological restoration in the semi-arid areas of southern Ningxia. The results showed that there was no significant difference in plant diversity between the treatment of harrowing and the control ($P>0.05$). The coverage and biomass under harrowing were remarkably reduced by 7% and $32.4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ respectively, compared with the control. The soil moisture content under the treatments of harrowing, harrowing + reseeding, harrowing + fertilizer, harrowing + reseeding + fertilizer, and fencing was significantly different from that under the control ($P<0.05$), while the soil bulk density under these treatments was reduced. The content of soil nutrients under harrowing + reseeding + fertilizer was also significantly different from that of the control ($P<0.05$).

Keywords: improvement measure; typical pasture; plant community; soil

世界草地面积约 5000 万 km^2 , 占陆地总面积的 33.5%, 其中人类已经利用的永久性草地 3304 万 km^2 , 约占陆地总面积 41%, 为现有农田面积的 4 倍左右^[1]。由于人类对自然资源的不合理利用以及气候等环境条件的改变^[2], 天然草地出现大面积的退化, 约占可利用草地 50% 以上, 其中轻度退化的占退化草地 47.2%, 中度退化的占 35.32%, 重度退化的占 17.4%, 而且草地退化面积还在扩展之中^[3]。

宁南半干旱区草原类型主要为干草原, 占全区草地面积的 24%, 其中退化草原占其草原总面积的 95.6%, 草地的退化严重影响了全区草地生态农业的可持续发展。因此, 加强宁南半干旱区草原生态

恢复关键技术的研究与产业开发势在必行。宁南山区草地生态恢复与重建, 对促进畜牧业经济发展以及保证自治区农业和农村经济发展有十分重要的战略意义。

1 研究区概况

试验地设在宁夏云雾山草原自然保护区实验区内, 位于东经 $106^{\circ}24' \sim 106^{\circ}28'$, 北纬 $36^{\circ}13' \sim 36^{\circ}19'$, 海拔高度 1800 ~ 2100 m, 处于中温带半干旱气候区, 具有典型的半干旱气候特征。年平均气温 5°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $2370^{\circ}\text{C} \sim 2882^{\circ}\text{C}$, 年日照时数为 2500 h, 年平均无霜期 137 d, 年平均降水量 411.5 mm。

收稿日期: 2012-08-05
基金项目: 宁夏回族自治区科技攻关计划项目“宁南半干旱区草原生态恢复关键技术与产业开发”
作者简介: 张 信(1965—), 男, 高级畜牧师, 主要从事草原生态保护与研究。E-mail: nxywshzhx@163.com。
通信作者: 胡艳莉。E-mail: huyanli0609@163.com。

生态类型属于典型的干草原生态系统,以草本植物为主,建群种主要有长芒草(*Stipa bungeana*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、大针茅(*Stipa grandis*)等。

2 研究内容与方法

2.1 试验设计

本试验于 2010 年 4—9 月在保护区实验区内进行,各项指标的测定于 7—9 月进行,不同处理的样区排列见图 1。几种改良措施如下所示:

I. 草地松耙。试验地点:石头沟东南坡,地理坐标: N36°11'24" ~ 36°11'38", E106°24'38" ~ 106°24'39", H1845 ~ 1907 m; 试验面积 65.2 hm², 试验于 5 月 11 日开始。用拖拉机带铁耙对样区草地进行松耙,松耙深度为 20 ~ 30 cm。

II. 草地松耙 + 补播。试验地点:石头沟南梁,地理坐标: N36°11'26" ~ 36°11'31", E106°24'25" ~ 106°24'27", H1866 ~ 1876 m; 试验面积 66.7 hm²。试验于 5 月 21 日开始,先按紫花苜蓿:沙打旺:冰草 = 2:1:1、播种量:紫花苜蓿 7.5 kg·hm⁻²,沙打旺 3.75 kg·hm⁻²,冰草 3.75 kg·hm⁻²,称取牧草种子,充分混合后,进行人工撒播,再用拖拉机带铁耙、耢对样区草地进行松耙、耢压,确保牧草种子入土的有效性。松耙深度为 20 ~ 30 cm。

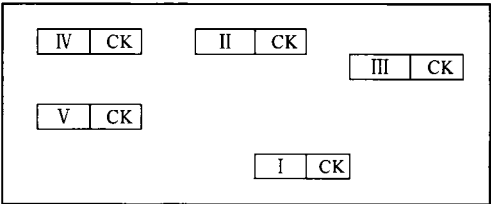


图 1 退化草原恢复措施不同处理样区排列

Fig.1 Plot arrangement of different treatments for pasture restoration

III. 草地松耙 + 补播 + 施肥。试验地点:羊场梁和老虎嘴梁西坡,地理坐标: N36°11'49" ~ 36°12'2", E106°24'44" ~ 106°24'38", H1876 ~ 1924 m; 试验面积 86.7 hm²。试验于 5 月 22 日开始,首先按紫花苜蓿:沙打旺:冰草 = 2:1:1、播种量:紫花苜蓿 7.5 kg·hm⁻²,沙打旺 3.75 kg·hm⁻²,冰草 3.75 kg·hm⁻²,称取牧草种子,充分混合后,进行人工撒播。其次按二铵 37.5 kg·hm⁻²,尿素 37.5 kg·hm⁻²,硫酸钾 22.5 kg·hm⁻²,称取肥料,充分混合后,进行人工施肥。最后用拖拉机带铁耙、耢对样区草地进行松耙、耢压,确保牧草种子入土的有效性,松耙深度为 20 ~ 30 cm。

IV. 草地松耙 + 施肥。试验地点:老虎嘴梁,地理坐标: N36°12'8" ~ 36°12'33", E106°24'46" ~ 106°24'

35", H1893 ~ 1929 m; 试验面积 66.7 hm²。试验于 5 月 23 日开始,首先按二铵 37.5 kg·hm⁻²,尿素 37.5 kg·hm⁻²,硫酸钾 22.5 kg·hm⁻²,称取肥料,充分混合后,进行人工施肥。再用拖拉机带铁耙、耢对样区草地进行松耙、耢压,确保牧草种子入土的有效性,松耙深度为 20 ~ 30 cm。

V. 草地围栏封育。试验地点:南山第一道岭,地理坐标: N 36°12'5" ~ 36°12'2", E106°24'32" ~ 106°24'23", H1877 ~ 1917 m; 试验面积 70.5 hm²。试验于 5 月 24 日开始,采用目前草原围栏围杆、网片,人工修建。

2.2 形态学特征测定

高度测定:测定样方内所有植物自然高度,按种记录。如果有生殖枝,测定其生殖枝高度。

盖度测定:在选定的样方内等距离测定 100 次,凡被刺中的记做一次,求其总刺中数,即为草地该种植物的盖度。若同时刺中两种或两种以上的植物,则分别记录。

密度测定:详细统计样方内(1 m²)各种植物的株数,按科分类,分种记录。

频度测定:用 0.1 m² 的样圆,即用粗铁丝制成的直径为 35.6 cm 的圆圈,在样地中沿随机的方向随机抛出 100 次,登记和编制每一取样中的植物名录。

生物量测定:齐地面剪取样方内植株的地上部分,在称重之前去掉粘在植株上的土和其它杂物,称其鲜重。

2.3 土壤物理性状测定

土壤含水量的测定采用环刀法。分别测定 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm 的土层水分,每土层重复 3 次,分层装入塑料袋系好标签带回实验室,称取湿重后在 105℃ 的烘箱内连续烘 8 个小时,直至恒重称干重。求出平均值,土壤含水量用下列公式计算:

土壤含水量(%) = (土壤湿重 - 土壤干重) × 100 / 土壤干重

土壤容重是指土壤自然结构在未受到破坏的情况下,单位体积中的重量,通常以 g·cm⁻³ 表示。土壤容重用下列公式计算:

土壤容重(g·cm⁻³) = 干土重 S(g) / 环刀体积 V (cm³)

2.4 土壤养分测定

在不同改良小区、对照区分别随机取 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 深度的土样,3 次重复,其中各重复以土钻分别取 10 个样点,所取土钻混合均匀后,用四分法取土 1 kg 左右,带回实验室进行养分分析。土壤有机质采用重铬酸钾容量法—火焰光度计法;

土壤全氮采用半微量凯氏定氮法;土壤速效钾采用 NH₄OAC 浸提,火焰光度法。

2.5 数据统计分析

本研究用于分析描述植物群落状况的指标有表征植物群落特征的重要值以及生物多样性指数,包括物种多样性 Shannon - wiener 指数 (*H*)、群落均匀度指数 Pielou (*J*)、物种丰富度指数 (*S*)。

2.5.1 植物群落重要值(important value:IV) 种在群落中所起作用 and 所占地位的重要程度叫优势度 (SDR)或重要值^[4](IV)。

$$SDR = (C' + E' + H' + R' + Y') \div 5$$

式中, *C'* 为相对盖度; *E'* 为相对密度; *H'* 为相对高度; *R'* 为相对频度; *Y'* 为相对生物量。

2.5.2 物种多样性特征 主要选用表征物种多样性的 Shannon - wiener 指数 (*H*)、群落均匀度指数 Pielou (*J*)、物种丰富度指数 (*S*)^[5]。

Shannon - wiener 指数(*H*): $H = - \sum P_i \ln P_i$

式中, $P_i = n_i / N$, n_i 为种 *i* 的个体数, *N* 为样地总个体数,用重要值代替个体数。

Pielou 指数(*J*): $J = - \sum P_i \ln P_i / \ln S$

物种丰富度指数(*S*): $S = R$

式中, *R* 为样地内植物种数。

试验数据采用 EXCEL 及 SPSS13.0 统计软件,进行统计及方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同改良措施对植物群落的影响

3.1.1 不同改良措施对植物群落多样性的影响

生态系统中生物多样性的维持是全球生物多样性与生态系统管理的中心目标之一^[6],同时,理论、实验研究也显示出生物多样性对草地生态系统的变化过程有着重要影响和作用^[7],群落多样性是反映群落发育水平和功能的重要指标之一^[8]。从表 1 可以看出,不同改良措施植物的 Shannon - wiener 指数之间差异显著 ($P < 0.05$),其中围栏封育显著高于其它处理 ($P < 0.05$),草地松耙 + 补播、草地松耙 + 施肥、草地松耙 + 补播 + 施肥、围栏封育显著高于对照 ($P < 0.05$),分别比对照提高了 7.6%, 11.6%、9.4%、14.7%,草地松耙与对照之间差异不显著 ($P > 0.05$);不同改良措施在植物的 Pielou 指数之间没有表现出很大的差距,围栏封育的 Pielou 指数显著高于其它处理 ($P < 0.05$),草地松耙、草地松耙 + 补播之间差异不显著 ($P > 0.05$);不同改良措施对植物的丰富度指数影响较大,草地松耙 + 补播、草地松耙 + 施肥、草地松耙 + 补播 + 施肥、围栏封育显著高于对照 ($P < 0.05$),分别比对照提高了 31.3%、50%、31.3%、31.3%,草地松耙与对照之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 不同改良措施下植物群落多样性指数

Table 1 Diversity index of the plant community under different improvement measures

多样性指数 Diversity index	草地松耙 Harrowing	草地松耙 + 补播 Harrowing + reseeding	草地松耙 + 施肥 Harrowing + fertilizer	草地松耙 + 补播 + 施肥 Harrowing + reseeding + fertilizer	围栏封育 Fencing	CK
Shannon - Wiener 指数 Shannon - Wiener index	2.4477 ± 0.0090e	2.6216 ± 0.0018d	2.7210 ± 0.0158b	2.6672 ± 0.0062c	2.7948 ± 0.0051a	2.4374 ± 0.0100e
Pielou 指数 Pielou index	0.8639 ± 0.0034c	0.8611 ± 0.0010cd	0.8562 ± 0.0065d	0.8761 ± 0.0025b	0.9180 ± 0.0053a	0.8791 ± 0.0009b
丰富度指数 Richness index	17 ± 2.6458b	21 ± 1.7321a	24 ± 2.0000a	21 ± 1.0000a	21 ± 2.6458a	16 ± 1.0000b

注:显著性水平 0.05,标有同一字母为差异不显著,标有不同字母为有显著性差异。
Note: Different small letters in the same rows denote significance at $P = 0.05$, hereinafter the same.

3.1.2 不同改良措施对植物群落盖度和生物量的影响 不同改良措施下植物群落盖度及生物量的数值见图 2。

草地群落的盖度和高度一样均是表示一个群落 的数量特征^[9],反映群落经济性状的大小,是评价草 地植被最直观的指标之一。从图 1 我们可以明显看 出草地松耙 + 补播、草地松耙 + 施肥、草地松耙 + 补 播 + 施肥的盖度明显高于其它改良措施,分别比对 照高出 9%、14%、3%;围栏封育的盖度与对照相差

不大;而草地松耙明显低于对照,低于 7%。
群落地上生物量的变化与植物的物候以及气候 变化紧密相关^[10]。由于是在雨量充沛的季节进行 测定,所以各个处理下生物量数值都较高。从图 1 中可看到草地松耙 + 补播、草地松耙 + 施肥、草地松 耙 + 补播 + 施肥、围栏封育的生物量显著高于对照, 分别比对照高出 110.1、322.1、252.8、273.9 g·m⁻²; 草地松耙的生物量显著低于对照,低于 32.4 g·m⁻²。

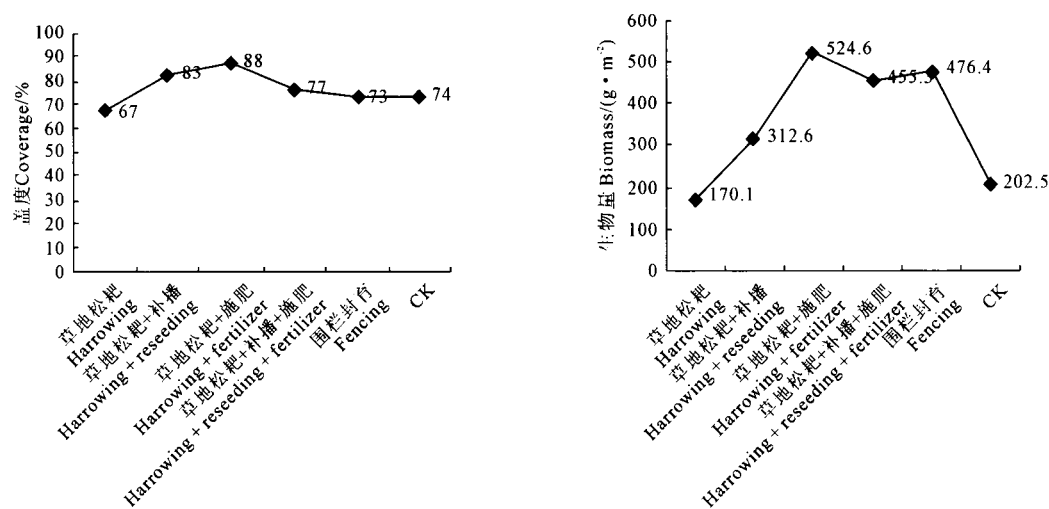


图 2 不同改良措施下植物群落盖度及生物量

Fig.2 Coverage and biomass of the plant community under different improvement measures

3.2 不同改良措施对土壤理化性质的影响

3.2.1 不同改良措施对土壤含水量的影响 如表 2 所示,各种改良措施及对照在各个深度都表现出了较高的土壤含水量,这与当年雨量充沛和测定时在雨季有关;经过各种改良措施处理后的草原土壤含水量与对照之间差异显著 ($P < 0.05$),但各种改良措施之间差异不显著 ($P > 0.05$)。0 ~ 20 cm 深度各种改良措施比对照分别提高了 17.23%、18.84%、

16.89%、22.79%、14.91%;20 ~ 40 cm 深度分别提高了 16.64%、17.23%、15.89%、15.91%、15.72%;40 ~ 60 cm 深度分别提高了 14.60%、13.34%、14.12%、14.72%、14.12%。各种改良措施都提高了土壤的含水量,且随着土层深度的增加,其含水量与对照之间的差异基本呈缩小趋势,这与高雪松^[11]等人的研究结果一致。

表 2 不同改良措施下的土壤含水量/%

Table 2 Soil moisture under different improvement measures

土壤深度 Depth	草地松耙 Harrowing	草地松耙 + 补播 Harrowing + reseeding	草地松耙 + 施肥 Harrowing + fertilizer	草地松耙 + 补播 + 施肥 Harrowing + reseeding + fertilizer	围栏封育 Fencing	CK
0 ~ 20 cm	20.501 ± 1.1641a	20.782 ± 1.0252a	20.442 ± 1.1608a	21.473 ± 0.4744a	20.095 ± 0.9639a	17.488 ± 0.0508b
20 ~ 40 cm	20.143 ± 0.1166a	20.244 ± 0.2676a	20.013 ± 0.1571a	20.017 ± 0.0789a	19.984 ± 0.3300a	17.269 ± 0.1146b
40 ~ 60 cm	19.427 ± 0.0669a	19.214 ± 0.2470a	19.345 ± 0.1249a	19.448 ± 0.0583a	19.346 ± 0.0770a	16.952 ± 0.1967b

3.2.2 不同改良措施对土壤容重的影响 土壤容重反映了土壤的紧实状况,影响土体中水、肥、气、热诸肥力因素的变化与协调^[12]。从表 3 看出,经过各种改良措施的土壤,其容重均小于对照,这是由于对照区放牧,牲畜反复践踏压实土壤表面,造成土壤非毛管孔隙的减少,透气性、渗透性和蓄水能力都受到不良的影响^[13]。0 ~ 10 cm 草地松耙 + 补播的土壤容重与对照之间差异显著 ($P < 0.05$),草地松耙、草地松耙 + 补播、草地松耙 + 施肥、草地松耙 + 补播 + 施肥、围栏封育的土壤容重分别比对照降低 5.59%、7.96%、6.82%、1.04%、2.46%;10 ~ 20 cm 的各种改良措施与对照之间差异显著 ($P < 0.05$),分别比对照降低 4.99%、5.67%、16.41%、7.19%、12.77%;20 ~ 30 cm 的草地松耙、草地松耙 + 补播、

草地松耙 + 补播 + 施肥、围栏封育的土壤容重与对照之间差异不显著 ($P > 0.05$),但数值上分别比对照降低 3.09%、4.51%、8.35%、10.43%。对照区可能是受到家畜践踏,土壤非毛管孔隙减少,使得土壤渗透性降低。各种改良措施使得土壤容重随着土层深度的增加,其容重与对照之间的差异大体上呈缩小趋势。

3.2.3 不同改良措施对土壤养分的影响 土壤养分是由土壤提供的植物生长所必须的营养元素,也是能直接或经转化后被植物根系吸收的矿质营养成分,包括氮(N)、磷(P)、钾(K)等 13 种元素。由表 4 可以看出,有机质含量在 0 ~ 10 cm,草地松耙、草地松耙 + 补播、草地松耙 + 补播 + 施肥、围栏封育与对照之间差异显著 ($P < 0.05$),分别比对照提高了

15.9%、20.8%、11.0%、16.8%；10~20 cm 土层，草地松耙+补播、草地松耙+施肥、草地松耙+补播+施肥、围栏封育与对照之间差异显著($P<0.05$)，分别比对照提高了 6.5%、10.5%、10.9%、9.5%；20~30 cm 土层草地松耙与其它处理之间差异显著($P<0.05$)。随着土层的加深，各处理的有机质含量都呈下降趋势。

表 3 不同改良措施下的土壤容重/(g·cm⁻³)
Table 3 Soil bulk density under different improvement measures

土壤深度 Depth	草地松耙 Harrowing	草地松耙+补播 Harrowing + reseeding	草地松耙+施肥 Harrowing + fertilizer	草地松耙+补播+施肥 Harrowing + reseeding + fertilizer	围栏封育 Fencing	CK
0~10 cm	0.996±0.0095ab	0.971±0.0052b	0.983±0.0017ab	1.044±0.0476ab	1.029±0.0167ab	1.055±0.0885a
10~20 cm	1.123±0.0169b	1.115±0.0183b	0.988±0.0204c	1.097±0.0423b	1.031±0.0580c	1.182±0.0131a
20~30 cm	1.161±0.0125ab	1.144±0.0105ab	1.046±0.0940b	1.098±0.0778ab	1.073±0.0913ab	1.198±0.0624a

全氮含量在 0~10 cm 土层，草地松耙+补播+施肥显著高于对照，比对照提高了 24.6%；10~20 cm 土层，各个处理之间差异不显著($P>0.05$)；20~30 cm 土层草地松耙+补播+施肥比对照提高了 43.1%，其它处理之间差异不显著($P>0.05$)。

速效钾含量在 0~10 cm 土层，草地松耙+补播、草地松耙+补播+施肥、围栏封育与对照之间差异显著($P<0.05$)，分别比对照提高了 8.2%、11.5%、8.4%；10~20 cm 土层，草地松耙显著低于其它处理($P<0.05$)，草地松耙+补播、草地松耙+施肥、草地松耙+补播+施肥之间差异不显著($P>0.05$)；20~30 cm 土层，草地松耙显著低于其它处理($P<0.05$)，围栏封育与对照之间差异不显著($P>0.05$)，草地松耙+补播、草地松耙+补播+施肥分别比对照提高了 40.5%、46.4%。前人研究结果^[14]表明，各种改良措施一般都是增加了土壤养分，但在本研究中草地松耙的全氮含量，速效钾等含量与对照之间差异不显著($P>0.05$)，个别数值还低于对照，这可能与实验进行的年限有关。

表 4 不同改良措施下的土壤养分
Table 4 Soil nutrients under different improvement measures

养分 Nutrients	层次 Depth /cm	草地松耙 Harrowing	草地松耙+补播 Harrowing + reseeding	草地松耙+施肥 Harrowing + fertilizer	草地松耙+补播+施肥 Harrowing + reseeding + fertilizer	围栏封育 Fencing	CK
有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	0~10	26.00±2.0664ab	27.10a±2.1794a	23.17±2.7791b	24.90±1.7088ab	26.20±0.8544ab	22.43±1.5631b
	10~20	17.57±0.9074b	18.60±0.4583ab	19.30±0.8000a	19.37±0.3786a	19.13±0.5033a	17.47±0.9074b
	20~30	16.10±0.2000c	17.40±0.4359b	17.53±1.2503ab	18.23±0.3512ab	18.67±0.5033a	18.53±0.5033ab
全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	0~10	1.30±0.0764bc	1.26±0.0058c	1.25±0.0503c	1.52±0.0551a	1.35±0.0416b	1.22±0.0153c
	10~20	0.90±0.0306a	0.89±0.2468a	1.04±0.0208a	1.03±0.0709a	0.88±0.0907a	0.97±0.0551a
	20~30	0.47±0.0473b	0.51±0.0208b	0.54±0.0265b	0.73±0.1041a	0.47±0.0473b	0.51±0.0781b
速效钾 Available K /(g·kg ⁻¹)	0~10	182.67±6.0277b	197.00±3.6056a	186.33±3.5119b	203.00±7.9373a	197.33±2.5166a	182.00±5.2915b
	10~20	57.67±3.0551c	106.67±10.7858a	99.00±15.7162a	102.33±2.0817a	80.33±7.2342b	77.00±4.5826b
	20~30	41.33±6.0277d	78.67±3.5119ab	70.67±1.5275b	82.00±4.3589a	55.33±6.6583c	56.00±9.8489c

注：土壤养分数据由固原市原州区农业技术推广中心实验室提供。
Note: The data of soil nutrients were provided by Yuanzhou District Agro-technical Extension Center in Guyuan City.

4 讨论与结论

本试验于 2010 年 4 月—9 月在宁夏云雾山草原自然保护区实验区内对草地进行各种改良措施的试验，改良后的测定结果表明：(1) 草地松耙后的植物群落多样性与对照之间差异不显著($P>0.05$)，盖度和生物量明显低于对照，分别低 7%、32.4 g·m⁻²；(2) 草地松耙、草地松耙+补播、草地松耙+施肥、草地松耙+补播+施肥、围栏封育处理后的土壤含水量与对照之间差异显著($P<0.05$)，容重均小于对照，草地松耙+补播+施肥的土壤养分与对照之间差异显著($P<0.05$)。

着一定的协同作用,这与胡顺军等^[16]的研究结果一致。正交试验结果得出最优水平为灌水量为 600 mm、咸淡配比为 2:1、尿素施入量为 $80 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ 。代入回归模型求得模拟产量为 $6\,205.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。模型精度有待进一步试验验证,另外本研究只考虑了“产量”一个因变量,在实际生产中可能存在一定的误差,今后的研究中需要进一步完善,增加水分生产效率 and 养分生产效率两个指标。

参考文献:

- [1] 王艳娜,侯振安,龚江,等.咸水滴灌对土壤盐分分布、棉花生长和产量的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2007,25(2):158-162.
- [2] 徐飞鹏,李云开,任树梅.新疆棉花膜下滴灌技术的应用与发展的思考[J].农业工程学报,2003,19(1):25-27.
- [3] Pal B, Singh C, Singh H. Barley yield under saline water cultivation[J]. Plant and soil, 1984,81:221-228.
- [4] 万书勤,康跃虎,王丹,等.华北半湿润地区微咸水滴灌番茄耗水量和土壤盐分变化[J].农业工程学报,2008,24(10):29-33.
- [5] Marisol Eggleton, Walter Zegada-Lizarazu. The effect of brackish water irrigation on the above - and below - ground development of pollarded *Acacia saligna* shrubs in an arid environment[J]. Plant Soil, 2007, 299:141-152.
- [6] 王诗景,黄冠华,杨建国.微咸水灌溉对土壤水盐动态与春小麦产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(5):27-33.
- [7] Flowers T J, Ragab R, Malash N, et al. Sustainable strategies for irrigation in salt prone Mediterranean: SAL TMED[J]. Agricultural Water Management, 2005,78:3-14.
- [8] Smith C J, Chalk P M, Noble C L. Nitrogen fixation in a white clover-grass pasture irrigated with saline groundwater[J]. Irrig Sci,1993,13:189-194.
- [9] 王春霞,王全九,刘建军,等.灌水平矿化度及土壤含盐量对南疆棉花出苗率的影响[J].农业工程学报,2010,26(9):28-33.
- [10] Hoffman G J, Rawlins S L, Garger M J, et al. Water relation and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity[J]. Agronomy Journal, 1971,63(6):822-826.
- [11] 董合忠,辛承松,李维江.山东滨海盐渍棉田盐分和养分特征及对棉花出苗的影响[J].棉花学报,2009,21(4):290-295.
- [12] Sharma S K, Gupta I C. Saline Environment and Plant Growth[M]. India: Agro Botanical Publishers, 1986:172.
- [13] 郑重,马富裕,慕自新,等.膜下滴灌棉花水肥耦合效应及其模式研究[J].棉花学报,2000,12(4):198-201.
- [14] MOLL R H, Kamprath E J, Jackson W A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization[J]. Agron J, 1982,74:562-564.
- [15] 李楠楠,张忠学.黑龙江半干旱区玉米膜下滴灌水肥耦合效应试验研究[J].中国农村水利水电,2010,(6):88-94.
- [16] 胡顺军,田长彦,王方,等.膜下滴灌棉花水肥耦合效应研究初报[J].干旱区资源与环境,2005,19(2):192-195.
- [17] 潘学标.作物模型原理[M].北京:气象出版社,2003:90.
- [18] 陈超,潘学标,张立桢,等.气候变化对石羊河流域棉花生产和耗水的影响[J].农业工程学报,2011,27(1):57-65.
- [19] 岳晶晶,孙景生,徐建新,等.膜下滴灌棉花耗水规律研究[J].人民黄河,2011,33(3):73-75.
- [20] 侯秀玲.棉田土壤硝态氮实时变化规律及氮素平衡初步研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2006.
- [21] Halvorson A D J W, Brian L B. Alford Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system[J]. Agronomy Journal, 2001,93:836-841.

(上接第 110 页)

比较几种改良措施,可以看到草地松耙成本最低,但实验效果并不太明显;而草地松耙+补播+施肥虽然成本较高,但明显改善了植物群落及土壤性状,对当地会产生较高的经济效益。由于本试验只进行了一年的数据测定,其测定的结果还需要经过连续多年的实践来检验。

参考文献:

- [1] 李博.我国草地资源现状、问题及对策[J].中国科学院院刊,1997,(1):49-51.
- [2] 赵成章,樊胜岳,殷翠琴,等.毒杂草型退化草地植被群落特征的研究[J].中国沙漠,2004,24(4):507-512.
- [3] 宝音陶格涛,王静.退化羊草草原在浅耕翻处理后植物多样性动态研究[J].中国沙漠,2006,26(2):232-237.
- [4] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [5] 郭正刚,王根绪,沈禹颖,等.青藏高原北部多年冻土区草地植物多样性[J].生态学报,2004,24(1):149-155.
- [6] West N E. Biodiversity of rangelands[J]. Journal of Rangeland Management,1993,46:2-13.
- [7] Tilman, D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats[J]. Ecology, 1994,75:2-16.
- [8] 赵哈林,张铜会,常学礼,等.科尔沁沙质放牧草地植物多样性及生态位的分异规律研究[J].中国沙漠,1999,19(S1):35-39.
- [9] 殷振华,毕玉芬,李世玉.封育对云南退化山地草甸植物种类及盖度的影响[J].草业科学,2008,25(12):18-22.
- [10] 史顺海,杨福屯,陆国泉.高寒矮蒿草草甸地上生物量与气象因子的关系[J].生态学杂志,1992,11(5):16-19.
- [11] 高雪松,邓良基,张世熔.不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析[J].水土保持学报,2005,19(2):53-60.
- [12] 陈恩凤.土壤肥力物质基础及其调控[M].北京:科学出版社,1990.
- [13] 李瑜琴,赵景波.过度放牧对生态环境的影响与控制对策[J].中国沙漠,2005,25(3):404-408.
- [14] 杨丽娜.不同改良措施对退化羊草草原的影响[D].呼和浩特:内蒙古大学,2008.