

牧草品种与施肥对干旱区弃耕地土壤理化性质的影响

苏德喜¹, 贾倩民²

(1. 宁夏平罗县林业局, 宁夏 平罗 753400; 2. 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)

摘要:以宁夏盐池干旱区弃耕地为研究对象,通过正交设计 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 进行人工草地建植试验,研究了不同牧草品种、施肥量及秸秆还田量对弃耕地土壤理化性质的影响。结果表明:4个因素中牧草品种对土壤含水量、全盐及 pH 值影响极显著($P < 0.01$),有机肥对土壤含水量、容重、pH 值、全盐及有机质含量的影响极显著($P < 0.01$),秸秆对土壤含水量、容重和全盐的影响显著($P < 0.05$),NPK 对 pH 值的影响显著($P < 0.05$);禾本科牧草改善土壤含水量和容重的效果强于豆科,而提高土壤有机质的效果较弱;提高土壤含水量,降低土壤容重、全盐及 pH 值的最佳方案为圆柱披碱草(*Elymus cylindricus* Franch.) + 有机肥 36 t/hm² + NPK(N 275 kg/hm²、P 225 kg/hm²、K 225 kg/hm²) + 秸秆渣 10 t/hm²;增加土壤有机质含量的最佳方案为黄花草木樨(*Melilotus ofcinalia*) + 有机肥 36 t/hm² + NPK(N 165 kg/hm²、P 135 kg/hm² 和 K 135 kg/hm²) + 秸秆渣 10 t/hm²。

关键词:干旱区;人工草地;施肥;土壤理化性质;弃耕地

中图分类号:S 156.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0153-05

宁夏盐池干旱区降水量少,冬季严寒,春季风蚀严重,土壤养分贫瘠,草地退化加剧,生态环境十分脆弱^[1-2]。近年来,天然草地逐渐被开垦为农田,而该地区地下水含盐量和矿化度较高,加之不合理的灌溉,致使土壤产生次生盐渍化^[3-4],导致大面积土地弃耕。改良

和利用弃耕地,可缓解人口与土地的矛盾,对推动当地的经济、社会 and 可持续发展具有重要意义^[5-6]。近年来,由于长期大量化肥的使用及秸秆的不合理堆放和就地焚烧,使土壤与大气污染加剧,大量资源严重浪费^[7-9]。国内外研究表明,有机肥的养分全面且肥效较长,能增加土壤有机质含量及蓄水保墒能力,改善土壤结构,能为植物提供全面营养,对实现旱地农业的持续增长具有重要意义^[10-12]。另外,秸秆还田也是提高土壤肥力、改善土壤理化性状的有效手段^[13-15],但在牧草选育方面有机肥、化肥、秸秆配合施肥的研究较少,该试验采用正交

第一作者简介:苏德喜(1966-),男,本科,高级工程师,现主要从事林业生态和造林工程等研究工作。E-mail:sudexi001@163.com。
基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2011BAC07B03)。
收稿日期:2014-02-07

Study on the Content of Different Parts and the Technology of *Aralia continentalis* Kitag.

WU Xiao-lin¹, CHEN Jian-qiang¹, LI Min¹, LIU Zhe², YU Yi-fei³

(1. Jilin Agriculture Science and Technology College, Jilin, Jilin 132101; 2. Jilin Medical College, Jilin, Jilin 132101; 3. Changbaishan Vocational & Technical College, Baishan, Jilin 134300)

Abstract: Taking *Aralia continentalis* Kitag. as material, saponin of root, stem, leaf and bud were extracted by using ultrasonic method, the content of saponins was measured by ultraviolet-Visible Spectrophotometry, and the factors which influence the saponins extraction rate such as extraction time, the ratio of solid to liquid and concentration of ethanol were explored. The conditions of extraction technology of saponins were optimized by single factor experiment and orthogonal tests to confirm the major factors. The results showed that the extraction rate was affected by the ratio of solid to liquid predominantly, and the optimal conditions extraction technology about ultrasonic extraction as follows: the ratio of solid to liquid was 1 : 20 g/mL, the concentration of ethanol was 65% and the extraction time was 20 min. The saponins content of *Aralia continentalis* Kitag. root was the highest to 16 461. 3465 $\mu\text{g/mL}$.

Key words: *Aralia continentalis*; saponin; ultrasonic extraction; Ultraviolet-visible spectrophotom; optimum technology

设计对牧草品种、有机肥、化肥及秸秆安排试验,研究不同牧草品种、施肥及秸秆还田量对土壤含水量、容重、pH、全盐和有机质含量的影响,旨在通过这种方法得到改善该地区弃耕地土壤理化性质的最佳方案,以期改善干旱区生态环境、合理利用弃耕地及全面发展草地畜牧业提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究区位于宁夏回族自治区盐池县(东经 106°30′~107°47′,北纬 37°04′~38°10′)花马池镇北王卷村,该县北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,气候属于典型大陆性气候,年均气温 7.7℃,极端最高和最低气温分别是 38.1℃和-29.6℃,是干草原向荒漠的过渡地带。年均降水量约 280 mm,主要集中在 7、8、9 月,蒸发量约 2 710 mm,年均无霜期 165 d。试验地为弃耕盐碱地,土壤为风沙土,灌溉用水为地下水,水量较小,矿化度高,水质较差。种植牧草前(2012 年 4 月 3 日)表层(0~20 cm)土壤含水量 5.62%,土壤容重 1.34, pH 9.15,全盐含量 0.31%,有机质含量 5.33 g/kg。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用正交设计 $L_{18}(6^1 \times 3^5)$,共 4 个因素,因素 A 为牧草品种,6 个水平依次为扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)(A_1)、高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)(A_2)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)(A_3)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)(A_4)、黄花草木樨(*Melilotus officinalis*)(A_5)和圆柱披碱草(*Elymus cylindricus* Franch.)(A_6)。因素 B 为有机肥,3 个水平依次为 12 t/hm²(B_1)、24 t/hm²(B_2)和 36 t/hm²(B_3)。因素 C 为 NPK 配比(N:P:K=11:9:9),3 个水平依次为低肥配比(N 55 kg/hm²、P 45 kg/hm²和 K 45 kg/hm²)(C_1)、中肥配比(N 165 kg/hm²、P 135 kg/hm²和 K 135 kg/hm²)(C_2)、高肥配比(N 275 kg/hm²、P 225 kg/hm²和 K 225 kg/hm²)(C_3)。因素 D 为苦豆子秸秆,3 个水平依次为 5 t/hm²(D_1)、10 t/hm²(D_2)、15 t/hm²(D_3),共 18 个处理,3 次重复,小区面积 25 m²(5 m×5 m),正交实验因素与水平设计见表 1。

表 1 正交实验因素与水平

水平	品种	有机肥	空列	NPK	空列	空列	秸秆
1	A1	B1		C1			D1
2	A2	B2		C2			D2
3	A3	B3		C3			D3
4	A4						
5	A5						
6	A6						

1.2.2 田间管理 2012 年 4 月 16 日施入基肥,有机肥为羊粪,秸秆为当地加工厂的苦豆子秸秆,氮肥为尿素(N 46%),磷肥为磷酸二铵(N 16%、PO₄ 46%),钾肥为

硫酸钾(K₂O 50%)。有机肥和秸秆在土壤翻耕前,一次性把肥料均匀撒于地表,然后翻入土中,施氮肥按总 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。于 2012 年 6 月 2 日播种,禾本科播种量 15 kg/hm²,豆科播种量 30 kg/hm²,均采用条播,行距 30 cm。试验期间采用相同的管理措施,常规除草,禁止放牧。

1.3 项目测定

于 2013 年 8 月 16 日各小区取 3 个样点,取 0~20 cm 土层土样,土壤含水量采用烘干法,土壤容重测定采用环刀法^[16],土壤 pH 值采用 MP511 pH 计,土壤全盐含量采用 MP513 电导率仪,将土壤在室内风干,过 2 mm 筛,用于土壤养分的测定,土壤有机质采用重铬酸钾容量法^[16]。

1.4 数据分析

用 Excel 2003 进行数据统计,用 SPSS 18.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 品种与施肥对土壤含水量的影响

用 Duncan 法对表 2 中试验结果进行方差分析,因素间 F 检验表明(表 3),4 个因素中因素 A 和因素 B 对土壤含水量为极显著($P<0.01$),因素 D 的影响程度显著($P<0.05$),因素 C 的影响程度不显著($P>0.05$)。极差 R 大小为 $A>B>D>C$ (表 4),综合比较得出,各因素影响程度为 $A>B>D>C$ 。因素内多重比较结果得知(表 4),因素 A 各个水平的均值大小为 $A_6>A_1>A_2>A_4>A_3>A_5$, A_6 与其它各水平差异显著($P<0.05$)。因素 B 均值大小为 $B_3>B_2>B_1$,各水平间差异显著($P<0.05$),随有机肥的增加土壤含水量越大。因素 C 均值

表 2 试验各指标的测定结果

处理	因素水平				含水量	容重	全盐	pH 值	有机质
	A	B	C	D	/%	/g·cm ⁻³	/%		/g·kg ⁻¹
1	1	1	1	2	6.40	1.27	0.20	8.62	5.75
2	1	2	2	1	6.46	1.26	0.19	8.45	6.84
3	1	3	3	3	6.50	1.23	0.17	8.33	8.43
4	2	1	2	1	6.10	1.28	0.24	8.71	5.68
5	2	2	3	3	6.25	1.26	0.22	8.63	7.33
6	2	3	1	2	6.47	1.24	0.21	8.58	8.22
7	3	1	1	2	5.89	1.30	0.18	8.56	7.52
8	3	2	2	1	5.96	1.29	0.17	8.47	8.11
9	3	3	3	3	6.30	1.25	0.16	8.36	8.71
10	4	1	3	3	6.08	1.29	0.18	8.42	8.31
11	4	2	1	2	6.28	1.27	0.16	8.37	8.48
12	4	3	2	1	6.29	1.29	0.16	8.24	8.65
13	5	1	3	1	5.55	1.32	0.19	8.63	8.15
14	5	2	1	3	5.60	1.28	0.17	8.61	8.66
15	5	3	2	2	6.18	1.29	0.16	8.52	9.05
16	6	1	2	3	6.47	1.25	0.17	8.32	6.46
17	6	2	3	2	6.78	1.23	0.15	8.21	7.39
18	6	3	1	1	6.76	1.24	0.16	8.23	7.65

表 3 因素间土壤含水量的方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F	P
A	5	1.449	0.290	34.002	<0.001
B	2	0.340	0.170	19.935	0.002
C	2	0.034	0.017	2.013	0.214
D	2	0.113	0.056	6.622	0.030
误差	6	0.051	0.009		

表 4 因素内土壤含水量的多重比较及极差 %

水平	A	B	C	D
1	6.453b	6.082c	6.233a	6.187b
2	6.273bc	6.222b	6.243a	6.333a
3	6.050d	6.417a	6.243a	6.200b
4	6.217cd			
5	5.777e			
6	6.670a			
R	0.893	0.335	0.010	0.146

注:同列不同小写字母间表示差异显著($P<0.05$),下同。

大小为 $C_3=C_2>C_1$,各水平间差异不显著。因素 D 均值大小为 $D_2>D_3>D_1$, D_2 与 D_3 、 D_1 差异显著。由于因素 C 对含水量的影响程度不显著,因此可忽略因素 C 的多重比较结果,得出含水量的最优组合为 $A_6B_3C_xD_2$ ($x=1,2,3$),与含水量最高的组合 $A_6B_2C_1D_2$ (处理 17) 基本一致。

2.2 品种与施肥对土壤容重的影响

由表 5 可知,因素 B 对土壤容重影响极显著($P<0.01$),因素 A、D 影响显著($P<0.05$),因素 C 影响不显著($P>0.05$),极差(R)大小为 $A>B>D>C$,因此得出,各因素影响程度为 $B>A>D>C$ 。因素内多重比较得知,A 因素均值大小为 $A_6<A_1<A_2<A_3<A_4<A_5$, A_6 、 A_1 、 A_2 与 A_4 、 A_5 差异显著。因素 B 均值大小为 $B_3<B_2<B_1$,其中 B_2 与 B_3 差异不显著,二者均与 B_1 差异显著,表明有机肥第 2、3 水平明显降低了土壤容重。因素 C 均值大小为 $C_3<C_1<C_2$, C_1 、 C_3 与 C_2 差异均显著。因素 D 均值大小为 $D_3<D_2<D_1$, D_3 与 D_2 差异不显著,二者与 D_1 差异显著($P<0.05$)。由于因素 C 对土壤容重的影响程度不显著,因此土壤容重的最优组合为 $A_6(A_1)B_3C_xD_3$ ($x=1,2,3$),与土壤容重最小的组合 $A_1B_3C_3D_3$ (处理 3) 及 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。

2.3 品种与施肥对土壤全盐含量的影响

因素间方差分析表明(表 5),因素 A 和 B 对土壤全盐影响极显著($P<0.01$),因素 D 的影响程度显著($P<0.05$),因素 C 影响程度不显著($P>0.05$)。极差(R)大小为 $A>B>D>C$,因此,各因素的影响程度为 $A>B>D>C$ 。因素间方差分析表明,A 因素均值大小为 $A_6<A_4<A_3<A_5<A_1<A_2$, A_6 与 A_4 差异不显著($P>0.05$),与 A_3 、 A_5 、 A_1 、 A_2 差异显著($P<0.05$)。因素 B 均值大小为 $B_3<B_2<B_1$,各水平间差异显著。因素 C 均值大小为 $C_3<C_1<C_2$,各水平间差异不显著。因素 D 均

值大小为 $D_2<D_3<D_1$, D_2 与 D_3 差异不显著,二者均与 D_1 差异显著,由于因素 C 对土壤全盐的影响程度不显著,因此可忽略因素 C 的多重比较结果,降低土壤全盐的最优组合为 $A_6B_3C_xD_2$ ($x=1,2,3$),与全盐最低的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。

表 5 土壤容重和全盐含量的方差及极差分析

水平	土壤容重均值				土壤全盐均值			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	1.253c	1.287a	1.265b	1.287a	0.187b	0.193a	0.180a	0.185a
2	1.260bc	1.265b	1.282a	1.263b	0.224a	0.177b	0.182a	0.177b
3	1.277ab	1.255b	1.260b	1.257b	0.171c	0.170c	0.178a	0.178b
4	1.283a				0.166d			
5	1.287a				0.172c			
6	1.253c				0.160d			
R	0.034	0.032	0.022	0.030	0.064	0.023	0.005	0.008
F	6.683	15.251	0.934	7.886	138.519	68.629	2.174	7.793
P	0.019	0.004	0.443	0.021	<0.001	<0.001	0.195	0.021

注:F 和 P 值为因素间 F 检验结果,下同。

2.4 品种与施肥对土壤 pH 值的影响

适宜的 pH 值有利于提高土壤养分的有效性,从而促进牧草生长^[17]。因素间 F 检验表明(表 6),因素 A 和 B 对土壤 pH 值影响极显著($P<0.01$),因素 C 影响显著($P<0.05$),因素 D 的影响程度不显著($P>0.05$),极差(R)大小为 $A>B>C>D$,综合分析得出,各因素影响程度为 $A>B>C>D$ 。多重比较得知,因素 A 均值大小为 $A_6<A_4<A_3<A_1<A_5<A_2$,除 A_3 与 A_1 、 A_5 与 A_2 差异不显著外($P>0.05$),其它各水平间差异均显著($P<0.05$)。因素 B 均值大小为 $B_3<B_2<B_1$,各水平间差异显著($P<0.05$)。因素 C 均值大小为 $C_3<C_2<C_1$, C_2 与 C_3 差异不显著,二者显著小于 C_1 ($P<0.05$)。因素 D 均值大小为 $D_3<D_1<D_2$,各水平间差异不显著。忽略影响程度不显著的因素 D 的多重比较结果,综合分析得出,土壤 pH 值的最优组合为 $A_6B_3C_3D_x$ ($x=1,2,3$),与土壤 pH 值最小的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。

表 6 土壤 pH 值及有机质的方差及极差分析

水平	土壤 pH 值				有机质/ $g \cdot kg^{-1}$			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	8.467b	8.543a	8.495a	8.455a	7.007b	6.978c	7.713a	7.513a
2	8.640a	8.457b	8.452b	8.477a	7.077b	7.803b	7.465a	7.735a
3	8.463b	8.377c	8.430b	8.445a	8.113a	8.452a	8.053a	7.983a
4	8.343c				8.480a			
5	8.587a				8.620a			
6	8.253d				7.167b			
R	0.390	0.166	0.065	0.032	1.613	1.474	0.588	0.470
F	67.292	44.608	5.352	0.002	8.318	16.384	1.271	0.311
P	<0.001	<0.001	0.046	0.998	0.011	0.004	0.347	0.744

2.5 品种与施肥对土壤有机质含量的影响

因素间 F 检验表明(表 6),因素 B 对土壤有机质含量影响极显著($P<0.01$),因素 A 影响显著($P<0.05$),因素 C 和 D 的影响程度不显著($P>0.05$),极差(R)大小

为 $A>B>C>D$, 综合 F 值及 P 值得出, 各因素影响程度为 $B>A>C>D$ 。因素内多重比较得知, 因素 A 均值大小为 $A_5>A_4>A_3>A_6>A_2>A_1$, 其中 A_5 、 A_4 、 A_3 间差异不显著 ($P>0.05$), 三者均显著大于 A_6 、 A_2 和 A_1 ($P<0.05$)。因素 B 均值大小为 $B_3>B_2>B_1$, 各水平间差异显著 ($P<0.05$)。因素 C 均值大小为 $C_3>C_1>C_2$, 各水平间差异不显著 ($P>0.05$)。因素 D 均值大小为 $D_3>D_2>D_1$, 各水平间差异不显著。因此土壤有机质含量的最优组合为 $A_5B_3C_xD_x$ ($x=1,2,3$), 与有机质含量最高的组合 $A_5B_3C_2D_2$ (处理 15) 相一致。

3 讨论与结论

土壤水分的改善是旱区农业可持续发展的关键^[18], 正交设计得到土壤含水量及土壤容重的最优组合分别为 $A_5B_3C_xD_2$ ($x=1,2,3$) 和 $A_6(A_1)B_3C_xD_3$ ($x=1,2,3$), 分别与含水量最高的组合 $A_6B_2C_1D_2$ (处理 17), 土壤容重最小的组合 $A_1B_3C_3D_3$ (处理 3) 或 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。4 个因素中有机肥对土壤含水量和容重的影响程度均为极显著 ($P<0.01$), 秸秆对含水量和容重的影响程度均为显著 ($P<0.05$)。可见适量有机肥和秸秆还田可有效提高土壤保水性以及改善土壤结构。王贵寅等^[19]研究表明施用有机肥可提高土壤总空隙度, 使耕层土壤变松、表土硬度降低, Blevins 等^[20]研究表明秸秆还田可使土壤团粒结构明显改善, Roldan 等^[21]研究表明秸秆还田可显著降低土壤容重, 这些研究与该研究的结果相似。

因素内多重比较得知, 禾本科牧草的土壤含水量均大于豆科, 以圆柱披碱草最高, 扁穗冰草次之, 这 2 种牧草的土壤含水量均值显著高于豆科 ($P<0.05$), 且各处理的含水量都在 6.4% 以上。禾本科牧草的保水蓄水效果好于豆科, 原因可能是禾本科地上生物量较小^[22], 植被蒸腾耗水较少。随有机肥的增加含水量均值越高, 可能是有机肥的施入改善了土壤环境, 提高了土壤的保水蓄水能力, 这与唐小明^[23]的研究相似。秸秆还田量以第 2 水平 10 t/hm² 土壤含水量较高, 显著大于另外 2 个水平, 原因可能是适宜的秸秆还田量有利于土壤涵养水分, 若秸秆还田量过多, 秸秆腐解过程会消耗大量水分, 致使土壤水分较低, 这与王菲^[24]和张俊鹏^[25]的研究相一致。秸秆还田量第 2 水平和第 3 水平的土壤容重均值差异不显著, 因此改善土壤含水量和容重的最佳方案为 $A_5B_3C_xD_2$ ($x=1,2,3$), 与含水量最高且容重最低的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。

正交设计得到土壤全盐含量和 pH 值的最佳组合分别为 $A_5B_3C_xD_2$ ($x=1,2,3$) 和 $A_6B_3C_3D_x$ ($x=1,2,3$), 与全盐含量最低、pH 值最小的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。牧草品种和有机肥对土壤全盐及 pH 值的影

响极显著 ($P<0.01$), 秸秆对土壤全盐的影响显著 ($P<0.05$), 对 pH 值的影响不显著 ($P>0.05$), 而 NPK 对 pH 值的影响显著 ($P<0.05$), 秸秆对 pH 值的影响不显著 ($P>0.05$)。牧草品种和有机肥对土壤全盐及 pH 值的影响都很大, 原因可能是不同牧草对土壤盐分的利用程度不同, 以及不同根系对土壤的扩展程度不同, 致使土壤全盐及 pH 值变化较大。将土壤全盐和 pH 值的最优组合与改善土壤含水量和容重的最佳方案 $A_5B_3C_xD_2$ 结合分析, 得出改善土壤理化性质的最佳方案为 $A_5B_3C_3D_2$, 这与土壤含水量最高、全盐含量最低、容重及 pH 值最小的组合 $A_6B_2C_3D_2$ (处理 17) 基本一致。

土壤有机质是土壤养分的主要来源, 与土壤肥力水平密切相关。土壤有机质含量的最优组合为 $A_5B_3C_xD_x$ ($x=1,2,3$), 与有机质含量最高的组合 $A_5B_3C_2D_2$ (处理 15) 相一致。有机肥对有机质含量影响极显著 ($P<0.01$), 随有机肥施入量的增加, 土壤有机质含量越高, 这与王才斌等^[26]的研究相一致。牧草品种影响程度显著 ($P<0.05$), 多重比较结果表明, 豆科牧草土壤有机质含量显著高于禾本科, 原因可能是豆科牧草生物量较大, 其枝叶残留物可释放大量有机质, 另一方面, 豆科通过根瘤固氮作用减少对土壤氮的吸收, 使有机质分解利用较少。处理 15 的土壤全氮、全磷、速效氮等其它养分含量是否较高有待进一步研究。

正交设计方法得到提高土壤含水量, 降低土壤容重、全盐及 pH 值的最佳方案为圆柱披碱草 + 有机肥 36 t/hm² + NPK (N 275 kg/hm²、P 225 kg/hm² 和 K 225 kg/hm²) + 秸秆渣 10 t/hm², 这与土壤含水量最高、全盐含量最低、容重及 pH 值最小的处理 17 基本一致, 证实了正交设计结果的可靠性。增加土壤有机质含量的最佳方案为黄花草木樨 + 有机肥 36 t/hm² + NPK (N 165 kg/hm²、P 135 kg/hm² 和 K 135 kg/hm²) + 秸秆渣 10 t/hm², 这与土壤有机质含量最高的处理 15 相一致。4 个因素中牧草品种对土壤含水量、全盐及 pH 值影响极显著 ($P<0.01$), 有机肥对土壤含水量、容重、pH 值、全盐及有机质含量的影响极显著 ($P<0.01$), 秸秆对土壤含水量、容重和全盐的影响显著 ($P<0.05$), NPK 对 pH 值的影响显著 ($P<0.05$)。禾本科牧草改善土壤含水量和容重的效果强于豆科, 而提高土壤有机质的效果较弱。

参考文献

- [1] 王梅梅, 朱志玲, 吴咏梅. 宁夏中部干旱带土地沙漠化评价[J]. 中国沙漠, 2013, 33(2): 320-324.
- [2] 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.
- [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] 孙铁军, 肖春利, 滕文军, 等. 不同草地建植模式对荒坡地土壤风蚀

及理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 44-48.

[5] 宋娟丽, 吴发启, 姚军, 等. 弃耕地植被恢复过程中土壤理化性质演变趋势研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 168-173.

[6] Liu J Z, Chen Y N, Chen Y J, et al. Quantitative analysis of the degradation of desert riparian ecosystem[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(1): 131-139.

[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] 张亚丽, 张娟, 沈其荣, 等. 秸秆生物有机无机配施的施用对土壤供氮能力的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1575-1578.

[9] 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.

[10] 刘玉涛. 旱地玉米施用有机肥的定位研究[J]. 玉米科学, 2003, 11(2): 86-88.

[11] 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.

[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] 刘世平, 陈后庆, 陈文林, 等. 不同耕作方式与秸秆还田周年生产力的综合评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4): 82-85.

[14] 董印丽, 樊慧敏, 王建书, 等. 玉米秸秆还田培肥效果研究[J]. 广东农业科学, 2010(2): 77-85.

[15] Singh B, Malhi S S. Response of soil physical properties to tillage and

residue management on two soils in a cool temperate environment[J]. Soil and Tillage Research, 2006, 85(1-2): 143-153.

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1999.

[17] 冯玉杰, 张巍, 陈桥, 等. 松嫩平原盐碱化草原土壤理化特性及微生物结构分析[J]. 土壤, 2007, 39(2): 301-305.

[18] 李凤民, 徐进章. 黄土高原半干旱地区集雨型生态农业分析[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 102-103.

[19] 王贵寅, 张兰松, 宋加杰. 有机肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理研究[J]. 河北农业科学, 2002, 6(2): 26-28.

[20] Blevins R L. Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from a Maury silt loam soil[J]. J Environ Qual, 1990, 19(4): 683-686.

[21] Roldan A, Caravaca F, Hernandez M T, et al. No-tillage, crop residue additions and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in *Patzcuaro watershed* (Mexico) [J]. Soil and Tillage Research, 2003, 72(1): 65-73.

[22] 贾倩民, 陈彦云, 韩润燕. 荒漠草原区次生盐碱地 4 种牧草的适应性及生产性能研究[J]. 中国饲料, 2013(18): 11-15.

[23] 唐小明. 有机肥的保水培肥效果及对冬小麦产量的影响[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 131-132.

[24] 吴非. 玉米秸秆连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

[25] 张俊鹏, 孙景生, 刘祖贵, 等. 不同麦秸覆盖量对夏玉米田棵间土壤蒸发和地温的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 95-100.

[26] 王才斌, 郑亚萍, 成波, 等. 有机肥不同用量与分配方式对小麦花生两作产量的影响[J]. 山东农业科学, 2004(2): 54-55.

Effects of Different Forage Species and Fertilizer on Soil Physical and Chemical Properties in Abandoned Land of Arid Area

SU De-xi¹, JIA Qian-min²

(1. Forestry Bureau of Pingluo County, Pingluo, Ningxia 753400; 2. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of the Ministry of Education Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Taking abandoned land of arid area in Yanchi of Ningxia as research object, by $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ orthogonal design of artificial pasture planting test, the effects of different forage species, fertilizer and straw returning amount on soil physicochemical properties of abandoned land were studied. The results showed that the optimal combination of soil moisture content, soil bulk density, pH and total salt was *Elymus cylindricus* Franch. + organic manure 36 t/hm² + NPK (N 275 kg/hm², P 225 kg/hm² and K 225 kg/hm²) + straw 10 t/hm². The combination was consistent with treatment 17 which had the highest soil moisture content and lowest soil bulk density, pH and total salt. At the same time proved that using the orthogonal test was reliable for the establishment of artificial pasture. The optimal combination of soil organic matter was *Melilotus officinalis* + organic manure 36 t/hm² + NPK (N 165 kg/hm², P 135 kg/hm² and K 135 kg/hm²) + straw 10 t/hm². The combination was consistent with test 15 which had the highest soil organic matter. The effect of varieties on soil moisture content, pH and total salt were significant ($P < 0.01$), organic fertilizer on soil moisture content, soil bulk density, pH, total salt and soil organic matter were significant ($P < 0.01$), straw on soil moisture content, soil bulk density and total salt were significant ($P < 0.05$), NPK on soil pH was significantly ($P < 0.05$). Gramineous pastures conserve water and reduce soil bulk density was stronger than the effect of legume but the soil organic matter was weaker.

Key words: arid area; artificial pasture; fertilizer; soil physical and chemical properties; abandoned land