

河西走廊盐土资源及耐盐牧草改土培肥效应的研究

秦嘉海 吕 彪 赵芸晨

(甘肃省河西学院农业资源与环境科学系 张掖 734000)

摘 要 本文论述了河西走廊盐土的地理分布、成土条件、主要亚类、盐分组成及盐的毒害效应。并在草甸盐土上种植了鲁梅克斯草,脱盐改土效果十分明显。种植鲁梅克斯草 3~4 年,鲜草产量达 $9.623 \times 10^4 \sim 9.965 \times 10^4$ kg/hm²,脱盐率达 61.78%~80.71%,pH 由 8.50 降到 8.10,耕作层总孔度增加 1.89%~7.93%,土壤容重降低 0.14~0.21 g/cm³,水稳性团粒结构增加 23.14%~32.34%,自然含水量增加 72.10~89.40 g/kg,土壤有机质、速效 N、P、K 亦随之增加。

关键词 草甸盐土;鲁梅克斯;脱盐率

中图分类号 S156.4

河西走廊位于甘肃省内的黄河以西,东起乌鞘岭,西至甘新交界处的星星峡,南与祁连山山麓丘陵带接壤,北至马鬃山洪积扇缘。东径 $93^{\circ}23' \sim 104^{\circ}12'$,北纬 $37^{\circ}17' \sim 42^{\circ}48'$,东西长 1000 余 km,辖武威、金昌、张掖、酒泉、嘉峪关 5 地市。土地总面积^[1] 2.748×10^5 km²,耕地面积 7.013×10^5 hm²。地势由东南向西北倾斜,海拔由 1200 m 抬高到 2400 m。降水量由东向西递减,年降水量 29~490 mm。蒸发量由东向西递增。年蒸发量 1800~3000 mm。全年日照时数 3000~3400 h,无霜期 160 天,灾害性天气主要是干旱、霜冻、大风、干热风、扬沙浮沉、沙尘暴年年都有发生。走廊内 3 大内陆河流,即石羊河、黑河、疏勒河均发源于海拔 4500 m 以上的祁连山,年径流量 7.755×10^9 m³,灌溉着走廊内 5.93×10^5 hm² 的农田。走廊内分布着 1.21×10^6 hm² 的盐土,它是在特定的生物气候条件下发育的非地带性土壤。地表生长着稀疏的盐生耐盐植物,覆盖度 < 15%,生物成土作用微弱,土壤中全盐含量高,肥力水平低,是河西走廊的低产土壤。为了全理开发利用盐土资源,笔者于 1998~2002 年进行了河西走廊盐土资源及耐盐牧草改土培肥效应的研究工作,现将研究结果分述如下。

1 盐土资源

1.1 地理分布

盐土主要分布在河西走廊的武威、张掖、酒泉 3 大地区的冲积平原低洼地带,分布面积为^[2] $1.21 \times$

10^6 hm² (盐碱荒地分布面积为 1.02×10^6 hm²,受盐碱危害的耕地 7.09×10^4 hm²,灌区盐化面积为 1.12×10^5 hm²),其中酒泉地区分布面积最大,其次是张掖和武威地区。酒泉地区主要分布在各县的河成阶地和冲积扇地带、湖河阶地、局部低洼碟形凹地上;张掖地区主要分布在张掖、临泽、高台及肃南明花区;武威地区主要分布在民勤、古浪和凉州区。在沼泽地、地下水露头的地带分布着沼泽盐土;在洪积冲积平原低洼带和河流两岸分布着草甸盐土;在肃南的明花区,高台的盐池,合黎山缘北部分布着旱盐土;在玉门的黄化农场、饮马农场分布着 Mg 质碱性土。

1.2 成土条件

1.2.1 成土矿物 河西走廊成土的矿物主要是正长石、斜长石、白云母、角闪石、橄榄石、方解石、石膏等原生矿物。这些矿物经过生物、物理、化学风化作用形成了盐化成土母质,并释放出了 Ca、Mg、K、Na 等盐基离子,盐基离子随水搬运到低洼带形成沼泽、盆地、湖泊,随着水分的蒸发,盐基离子浓缩形成了盐土。

1.2.2 气候 河西走廊深居内陆,海洋暖湿气流受六盘山、乌鞘岭阻隔,成雨机会少,因而大气干燥,降水量由东向西逐渐减少,乌鞘岭年降水 490 mm,天祝 410 mm,古浪 360 mm,武威 158 mm,张掖 116 mm,酒泉 82 mm,嘉峪关 50 mm,敦煌 29 mm。蒸发量由东向西逐渐增加,武威张掖 1800~2000 mm,酒泉 2000~2200 mm,安西敦煌 2200~

3000 mm。由于蒸发量大于降水量,水分强烈蒸发,水随气散,气散盐存,形成了大面积的盐化土、盐土。

1.2.3 植被 河西走廊的盐土上生长着野生盐生植物和耐盐植物,植物资源主要有:碱蓬[*Suaeda glauca* (Bunge) Bunge]、骆驼刺[*Alhagi sparsifolia* Shap. (ex Keller et Shap.)]、芦苇[*Phragmites australis* Trin.]、冰草[*Agropyron cristatum* (Linn) Gaertn.]、芨芨草[*Achnatherum splendens* Beaum.]、盐爪爪[*Kalidium latum* (pall.) Maq.]、盐角草[*Sarcocolla europaea* L.]、花花柴[*Karelinia caspica* (pall.) Less.]、盐蒿[*Artemisia halodendron* Turczet Bess.]、怪柳[*Tamarix chinensis* Lour.]、胡杨[*Populus diversifolia* Schrenk (Populus euphratica Oliv.)]、滨藜[*Atriplex fera* (L.) Bunge]、盐生草[*Halogeton glomeratus* (Bieb) C.A.Mey.]、罗布麻[*Apocynum venetum* L.]、碱茅草[*Puccinellia distans* (L.) Parl.]。这些盐生植物体内含有大量的盐基离子,地上部分死亡后把盐分归还到土壤中,加重了土壤的盐化过程。怪柳是一种泌盐植物,根系从土壤深层吸收盐分,通过叶片气孔形成盐结晶,这些盐结晶散落在地面加重了土壤积盐过程。胡杨庞大的根系从土壤深层吸收盐基离子,并转化为 NaHCO_3 储存于导管中,如果枝干折断后,在断面处形成球状结晶碱块,地上部分的枝杆死亡后,归还到土壤中,从而增加了土壤中的 NaHCO_3 。叶片肥厚的滨藜、盐爪爪、花花柴,它们的细胞液中含有较多的盐类,这些植物死亡残体归还到土壤中,加重了土壤的盐渍化。

1.2.4 河流 河西走廊 3 大内陆河流均发源于祁连山,石羊河年径流量 $1.70 \times 10^9 \text{ m}^3$,黑河年径流量 $3.92 \times 10^9 \text{ m}^3$,疏勒河年径流量 $2.13 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。3 大内陆河流年总径流量为 $7.76 \times 10^9 \text{ m}^3$,这些河水在流动过程中,一部分水分向下渗透,形成地下潜水,地下潜水沿坡向低地移动,遇到北部的马鬃山、合黎山、龙首山的阻隔时,就淤积起来,抬高了地下水位,形成了半闭流的盆地。武威—民勤盆地;张掖—酒泉盆地;玉门—安西—敦煌盆地中含各种可溶性盐分,由于气候干燥,强烈蒸发的结果,形成了各种内陆盐化土壤和盐土。

1.2.5 地下水水质 河西走廊地下水总储量^[3]为 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}^3$,其分布规律是由南向北,水的化学性质由弱碱性重碳酸盐类水转化为碳酸盐水和氯化物水。扇形地上部地下潜水埋藏很深,几十米到几百

米,矿化度 $< 1 \text{ g/L}$,为 $\text{CO}_3^{2-}-\text{Ca}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ 型水;扇形地边缘潜水溢出带,矿化度 $< 3 \text{ g/L}$,为 $\text{SO}_4^{2-}-\text{Na}^+-\text{Mg}^{2+}$ 型水;冲积平原地下水位 $1 \sim 2 \text{ m}$,矿化度为 $3 \sim 5 \text{ g/L}$,是 $\text{Cl}^--\text{SO}_4^{2-}-\text{Na}^+-\text{Mg}^{2+}$ 型水;平原北部低洼带水质很差,矿化度为 $5 \sim 10 \text{ g/L}$,土壤含盐量高达 30 g/kg 。

1.2.6 地形 河西走廊南有祁连山,北有马鬃山、合黎山、龙首山组成一系列断续中山,呈东南向西北走向,走廊内部分布着一些断块山,如大黄山、黑山、宽台山,这些断块山把走廊分割成许多小段,每段地形四周高而中间低,各内陆河流没有渲泄出路,河水漫流在平原上,并在低洼带集中,形成了沼泽,沼泽退向低洼中心时,首先裸露出来的是沼泽四周的土地,地面一旦裸露,强烈的土壤蒸发使土壤表层开始积盐,随着时间推移,土壤盐分逐渐增加,最终发育成盐土。

1.3 主要亚类

1.3.1 沼泽盐土 地处沼泽外缘的低洼地形,土壤潮湿,受地下水位的影响,不定期积水。盐分组成以氯化物为主,主要聚积在腐泥层中,全盐含量为 35.00 g/kg ,矿化度 $5 \sim 7 \text{ g/L}$,指示植物是:芦苇、碱蓬、冰草、盐角草等耐盐植物。

1.3.2 草甸盐土 草甸土与盐土之间的过度类型,地下水位 $0.6 \sim 1.20 \text{ m}$,春季易返潮,地表泥烂, $1 \sim 5 \text{ cm}$ 土层全盐含量高达 200.00 g/kg ,盐结皮厚 $1 \sim 3 \text{ cm}$, $50 \sim 65 \text{ cm}$ 可见到黄棕色锈纹锈斑。指示植物是:冰草、芦苇、罗布麻、盐蒿等。

1.3.3 Mg 质碱性土 Mg 质碱性土是沼泽土和沼泽化盐土在其剖面的某些部位形成的一层“青白土层”,其主要成分是 MgO , MgCO_3 的含量也高,其在盐土剖面中位置和厚度很不一致,当达到地面 20 cm 处时,不经化学改良,任何植物都不能在这种土壤上生长发育。指示植物是:芦苇、冰草、芨芨草等。

1.3.4 旱盐土 土层极端干燥,心土层为聚盐部位,全盐含量很高,剖面 50 cm 处可见斑状盐分累积,指示植物是:盐生草、唐古拉白刺、芨芨草等。

1.4 盐分组成及毒害效应

1.4.1 盐分组成 河西走廊的盐土盐分组成是由 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 3 种阳离子和 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 4 种阴离子组成了 NaCl 、 CaCl_2 、 MgCl_2 、 Na_2SO_4 、 CaSO_4 、 MgSO_4 、 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 、 Na_2CO_3 、 CaCO_3 、 MgCO_3 等 12 种盐类。

1.4.2 盐类的毒害效应 上述 12 种盐类对植物的毒害作用是不相同的,其中碳酸盐类中的 NaCO_3 , 在土壤中发生水解反应后所产生的 OH^- , 对植物的毒害作用很大, NaHCO_3 的毒性比 NaCO_3 要小, 氯化物都是有害盐, 就其毒性程度来讲, MgCl_2 和 CaCl_2 的毒性大于 NaCl 。在硫酸盐中毒性最大的是 MgSO_4 , 其次是 Na_2SO_4 。各种盐类对植物的毒害效应依次为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{CaCl}_2 > \text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

2 改土培肥试验研究

2.1 材料与方法

试验牧草为鲁梅克斯酸模, 是蓼科酸模属饲用耐盐牧草, 该草耐干旱、耐盐碱、耐寒, 是猪、牛、马、驴优质青饲料^[4,5]。千粒重 3.50 g, 种子纯净度 98%, 发芽率 96%。供试土壤为草甸盐土, 地下水位 1.50 m, 地表有 0.50 ~ 2.0 cm 厚盐结皮。70 ~ 80 cm 土层中有锈纹锈斑。0 ~ 20 cm 土层中全盐含量 11.20 g/kg, 有机质含量 7.24 g/kg, 碱解 N、速效 P、速效 K 含量分别为 31.42、7.40、145.30 mg/kg, pH 值为 8.50, 碳酸钙含量为 106.8 g/kg, CEC 为 4.62 cmol/kg。盐分组成是硫酸盐-氯化物。成土母质是河流冲积物。植被覆盖度 25%, 主要植被是盐角草、盐爪爪、柽柳、芦苇、冰草、盐蒿、滨藜、盐生草。试验地点张掖市临泽小屯乡, 年均温 7.6 °C, >10 °C 积温 3050 °C, 年均降水量 112.5 mm, 年均蒸发量 2200 mm。试验共设 5 个处理: (1) 草甸盐土荒地 (CK); (2) 种植鲁梅克斯 1 年; (3) 种植鲁梅克斯 2 年; (4) 种植鲁梅克斯 3 年; (5) 种植鲁梅克斯 4 年。3 次重复, 随机排列, 小区面积 134 m², 播种时间为 1998 年 4 月 20 日, 播种方法采用种子直接穴播, 株行距 30 cm × 40 cm, 每穴播种 3 粒, 覆盖河沙 2 cm 厚。播种前施用优质廐肥 6.0 × 10⁴ kg/hm², $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 300 kg/hm², 全部做基肥施入 20 cm 土层。播种后灌水 1 次, 在叶丛期结合灌水追施

NH_4NO_3 450 kg/hm²。取土分析时间为鲁梅克斯现蕾期, 取土深度为 0 ~ 20 cm。

测定项目及方法^[6,7]: 土壤容重 (环刀法); 土壤总孔隙度 (计算法); 自然含水量 (烘干法); 团粒结构 (约尔得法); 全盐 (电导法, 水: 土 = 5:1); pH (酸度计法, 水提); 土壤有机质 (重铬酸钾法); 土壤碱解 N (扩散法); 土壤速效 P (碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法); 土壤速效 K (火焰光度计法)。

2.2 结果与分析

2.2.1 对土壤物理性质的影响 鲁梅克斯侧根主要分布在 0 ~ 20 cm 土层中, 从表 1 可以看出, 种植鲁梅克斯后土壤容重略有下降, 总孔隙度有所增加。其中 3 年与 4 年生鲁梅克斯与 CK 比较, 耕层 0 ~ 20 cm 土层中, 总孔隙度分别增加 1.89% 和 7.93%, 土壤容重分别降低 0.14 g/cm³ 和 0.21 g/cm³。土壤容重的下降, 总孔隙度的提高, 有效地改善了土壤的通透性能, 为鲁梅克斯生长发育创造了有利的土壤环境条件。随着鲁梅克斯种植年限的延长, 地上部分覆盖度不断增大, 有效地降低了土壤水分的蒸发^[8~10], 土层中水分含量有所增加。据 2001 年 10 月 18 日 5 个处理灌水后第 5 天测定结果表明, 3 年生和 4 年生处理与 CK 比较, 耕层 0 ~ 20 cm 土层中自然含水量分别增加 72.10 g/kg 和 89.40 g/kg。鲁梅克斯根系发达, 侧根较多, 根系在生长过程中对土壤产生挤压、分割作用, 可使土粒团聚。加之鲁梅克斯地上部分枯枝落叶死亡后进入土壤, 形成了新鲜腐殖质和多糖类化合物, 是团粒结构良好的胶结物质, 对土壤团粒结构形成具有重要的意义。据表 1 资料分析, 种植鲁梅克斯 3 ~ 4 年后, 0 ~ 20 cm 土层中 >0.25 mm 团粒结构与 CK 比较分别增加 231.4 和 323.4 g/kg。不同处理间的差异经 LSR 检验达到显著和极显著水平 (表 1)。

2.2.2 对土壤化学性质的影响 在草甸盐土上种植鲁梅克斯 3 年后, 地表覆盖度达到 95% 以上, 有效地降低了土壤水分蒸发, 抑制了土壤返盐。从

表 1 鲁梅克斯对土壤物理性质影响

Table 1 Effects of Rumex K-1 on soil physical properties

试验处理 (年)	自然含水量 (g/kg)	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	> 0.25 mm 团粒结构 (g/kg)
4	231.60 a A	1.16 a A	56.23 a A	487.3 a A
3	214.30 a A	1.23 ab AB	50.19 ab AB	395.3 ab AB
2	186.20 ab AB	1.29 bc B	51.32 bc B	315.0 bc BC
1	163.40 bc BC	1.34 cd BC	49.43 cd B	256.6 c C
CK	142.20 c C	1.37 d C	48.30 d C	163.9 d D

表 2 资料可以看出，各处理较试前土壤 pH 值、电导率、全盐都有所下降。其中 3 年生鲁梅克斯与 CK 比较，0~20 cm 土层中电导率降低 8.65 ms/cm，全盐降低 4.92 g/kg，pH 由 8.50 降到 8.15，脱盐率达

到 61.78 %。而 1 年生和 2 年生鲁梅克斯脱盐率仅为 27.13 % 和 44.46 %，说明土壤的可溶性盐的降低是一个长期的过程，种植鲁梅克斯使土壤脱盐都在 3 年以上（表 2）。

表 2 鲁梅克斯对土壤全盐、pH 的影响
Table 2 Effects of Rumex K-1 on soil total salt and pH value

试验处理 (年)	电导率 (ms/cm)	全盐 (g/kg)	脱盐率 (%)	pH
4	2.70 a A	2.16 a A	80.71	8.10 a A
3	5.35 ab AB	4.28 ab AB	61.78	8.15 a A
2	7.77 bc BC	6.22 bc BC	44.46	8.23 ab AB
1	10.20 c CD	8.16 cd CD	27.13	8.46 bc BC
CK	14.00 d D	11.20 d D	-	8.50 c C

2.2.3 对土壤有机质、速效养分的影响 在草甸盐土上种植鲁梅克斯，由于根系和地上部分落叶残留在土壤中，加之每年都给鲁梅克斯施用有机肥料和化学肥料，使草甸盐土的肥力水平逐渐提高。3~4 年生鲁梅克斯与 CK 比较 0~20 cm 土层中有机质增加 2.72 ~ 4.90 g/kg，碱解 N 增加 17.18 ~ 18.01 mg/kg，速效 P 增加 2.82 ~ 3.00 mg/kg，速效 K 增加 40.00 ~ 41.90 mg/kg，不同处理间的差异经 LSR 检

验见表 3。

2.2.4 产草量及经济效益 在草甸盐土上种植鲁梅克斯 3 年，平均株高 70.43 cm，单株鲜重和干重分别增加 866.29 g 和 277.21 g，每年刈割 4 茬，鲜草产量为 9.623×10^4 kg/hm²，折干草 2.405×10^4 kg/hm²，干草价格按 0.265 元/kg 计算，折产值为 0.66×10^4 元/hm²，不同处理间的差异经 LSR 检验见表 4。

表 3 鲁梅克斯对土壤有机质、速效养分的影响
Table 3 Effects of Rumex K-1 on soil organic matter and readily available N、P、K

试验处理 (年)	有机质 (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
4	12.14 a A	49.43 a A	10.40 a A	188.20 ab AB
3	9.96 bc BC	48.60 ab AB	10.22 ab AB	186.30 b BC
2	8.26 cd CD	46.20 bc BC	9.30 bc BC	170.00 c CD
1	8.19 de DE	45.52 c C	9.24 c C	165.21 d D
CK	7.24 e E	31.42 d D	7.40 d D	146.30 e E

表 4 经济性状及产草量
Table 4 Economic characters and yield of grass

试验处理 (年)	株高 (cm)	鲜重 (g/株)	干重 (g/株)	鲜草产量 ($\times 10^4$ kg/hm ²)	干草产量 ($\times 10^4$ kg/hm ²)	产值 ($\times 10^4$ 元/hm ²)
4	82.50 a A	892.36 a A	285.55 a A	9.965 ab AB	2.490 ab AB	0.66 ab AB
3	70.43 bc BC	866.29 a A	277.21 a A	9.623 b B	2.405 b B	0.63 b B
2	65.20 c C	614.42 b B	196.61 b B	6.750 c C	1.687 c C	0.45 c C
1	45.18 d D	422.50 c C	135.20 c C	3.450 d D	0.862 d D	0.23 d D

3 小 结

在草甸盐土上种植耐盐牧草鲁梅克斯，具有十分明显的改土培肥效应，种植鲁梅克斯 3 后，草甸盐土明显脱盐，容重降低，孔隙度增大，初步形成了水稳性团粒结构，土壤有机质、速效 N、P、K 亦随之增加。提高了盐土资源及光照资源的利用率，

开拓了种植业新领域，推动了草畜产业的发展，减轻了超载过牧的压力，对保护农业环境具有重要的社会、生态效益。

参考文献

1 金自学, 张芬琴. 河西走廊水资源变化对环境生态的影响. 水土保持学报, 2003, 17 (3): 37 ~ 40

- 2 秦嘉海, 吕彪. 河西土壤与合理施肥. 兰州: 兰州大学出版社, 2001, 103 ~ 105
- 3 秦嘉海, 吕彪. 种植碱茅草改良河西走廊草甸盐土的研究. 土壤通报, 1990, 21 (2): 57 ~ 59
- 4 刘建宁, 贺东昌. 北方干旱地区牧草栽培与利用. 北京: 金盾出版社, 2002, 152 ~ 154
- 5 李海锋, 杨劲松. 盐渍条件下作物对不同调控措施的响应研究. 土壤, 2002, 34 (1): 32 ~ 35
- 6 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 110 ~ 218
- 7 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析法. 北京: 科学出版社, 1983, 106~208
- 8 吕殿青, 王全九. 土壤盐分分布特征评价. 土壤学报, 2002, 39 (5): 720 ~ 725
- 9 谢承陶, 盐渍土改良原理与作物抗性. 北京: 中国农业出版社, 1993, 116 ~ 137
- 10 王遵亲, 中国盐渍土. 北京: 科学出版社. 1993, 570 ~ 573

SOLONCHAK RESOURCES AND SOIL BUILDING EFFECT OF SALT - TOLERANT FORAGE GRASSES

QIN Jia-hai LU Biao ZHAO Yun-chen

(*Department of Agricultural Resources and Environment, Hexi University, Zhangye 734000*)

Abstract Solonchak is widely distributed in Hexi Corridor. In order to rationally exploit the resources, geographic distribution, soil forming conditions, major sub-groups, and composition and toxicity of salts were discussed. An experiment of planting Rumex K-1 was carried out on meadow solonchak with results showing significant effects on desalting and ameliorating the soil. After growing 3 ~ 4 years, yield of the fresh grass reached $9.623 \times 10^4 \sim 9.965 \times 10^4$ kg/hm²; 61.78 % ~ 80.71 % of the salts in the soil were removed; pH value decreased from 8.50 to 8.10; total porosity in the soil layer of 0 ~ 20 cm increased 1.89 % ~ 7.93 %; soil bulk density fell 0.14 ~ 0.21 g/cm³; water- stable granular structure rose 23.14 % ~ 32.34 %; nature soil moisture content went up 72.10~89.10 g/kg; and soil organic matter, readily available N, readily available P and readily available K increased too.

Key words Meadow solonchak, Rumex K-1, Desalinization rate