

引黄灌区种植苜蓿对盐渍化土地理化性状的影响 ——以景泰县红跃村为例^{*}

李发明^{1,2,3}, 朱淑娟^{1,2,3}, 王耀林³, 刘淑娟^{1,2,3}, 程秀英^{1,2,3}

(1. 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站 甘肃 民勤 733040; 2. 甘肃省荒漠化防治重点实验室 甘肃 武威 733000; 3. 甘肃省治沙研究所 甘肃 武威 733000)

摘 要:为解决引黄灌区土地退化问题,研究种植苜蓿对盐渍化土地理化性状的影响,在景泰县红跃村用分层取样测土的方法,对种植苜蓿后次生盐渍化土地土壤容重、电导率和 pH 值;土壤 C、N 含量的变化和土壤 C、N 含量与土壤物理性状的相关性等方面进行了分析。结果表明:种植紫花苜蓿后,次生盐渍化土壤理化性状发生了明显变化,各取样层次土壤有机质、有机碳含量和氮的含量随种植年限的延长显著提高,而土壤容重、 $K^+ + Na^+$ 有下降的趋势。土壤容重与土壤有机质和有机碳含量在 $p=0.02$ 的水平上具有负显著相关关系,但不同层次土壤电导率及 pH 值与样地种植年限不存在明显的相关关系。提出在引黄灌区次生盐渍化土地进行人工种植苜蓿并使之产业化生产,是实现引黄灌区次生盐渍化土地恢复治理、可持续发展的有效途径。

关键词:引黄灌区;次生盐渍化土地;理化性状;苜蓿产业化;恢复治理

中图分类号:S153;S542.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)04-0104-05

Impact of Alfalfa Growth on the Physical and Chemical Properties of Salinization Soils in Irrigated Area of the Yellow River —A Case study of Jingtai County

LI Fa-ming^{1,2,3}, ZHU Shu-juan^{1,2,3}, WANG Yao-lin³, LIU Shu-juan^{1,2,3}, CHENG Xiu-ying^{1,2,3}

(1. Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Minqin, Gansu 733040, China; 2. Gansu Key Laboratory of Desertification Combating, Wuwei, Gansu 733000, China; 3. Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: In order to solve the problem of land degradation in Yellow River water pumping irrigation area to study the planting alfalfa on the physical and chemical properties of soils in salinization soil with stratified sample of soil testing methods on Hongyue village of Jingtai county. The soil bulk density, conductivity and pH value, soil organic carbon and nitrogen contents and soil physical properties in the salinization soil grown alfalfa in areas such as the relevance of an analysis after the cultivation were examined. The results showed that: planting alfalfa, salinization soil physical and chemical properties had changed markedly, and the sampling levels of organic carbon and nitrogen content with the years of the extension of cultivation to increase significantly, and the soil bulk density, but K^+ and Na^+ were a downward trend. Soil bulk density and soil organic matter and organic carbon content has a significant negative correlation, but soil conductivity and pH value of the land planted with the kind of life was no obvious correlation, indicating for planted alfalfa and industrial production on salinization land in Yellow River water pumping irrigation area is the realization of secondary salinization in Yellow River water pumping irrigation area of land to restore governance, sustainable development and effective way.

Key words: Yellow River water pumping irrigation area; salinization land; physical and chemical properties of soil; alfalfa production; restoration of governance

^{*} 收稿日期:2008-12-14

基金项目:GEF 项目:PRC-GEF 干旱生态系统土地退化防治伙伴关系项目[TA4357(G)]“农村社区退化土地综合治理与生态系统可持续发展研究”

作者简介:李发明(1957-),男,甘肃民勤县人,副研究员,主要从事荒漠化防治和环境保护等方面的研究工作。E-mail:faminglee@126.com

通信作者:程秀英(1957-),女,甘肃景泰县人,工程师,主要从事林业生态工作。E-mail:fmlee2008@yahoo.com.cn

中国西部干旱区随着人口的持续增长,工业化和城镇化的快速发展,土地利用强度和复杂性也随之增加,并出现区域性的土地沙化、土壤次生盐渍化、草场退化、水土流失、生物多样性下降等生态环境问题,人地矛盾加剧,这些区域的生态安全引起广泛的关注^[1]。在全球可持续发展的主题下,如何合理利用有限的土地资源已成为全球可持续发展的核心问题。土地可持续利用必须保持一个能维持良好生态环境的土地利用方式^[2]。种植豆科作物是改善土地利用方式的主要途径。随着化肥特别是N肥施用量的增加,土壤N素营养供应转移到N肥的施用上,但N肥利用率非常低,淋失严重,对土壤、水体、生态环境造成很大破坏^[3-4]。特别是干旱荒漠地带引黄灌区人工绿洲,传统的土地利用方式,使土壤次生盐渍化严重发生,成为土地退化的主要形式之一。苜蓿是世界上栽培最早、适应性强、分布面积最大的良种牧草之一^[5],素有“牧草之王”之称。紫花苜蓿(*Medicago sativa*)属豆科多年生优良牧草,株高60~130 cm,根系入土深度2~4 m,侧根着生根瘤,有效寿命可达5~8 a,抗旱、抗寒、耐贫瘠;根系发达,再生能力强,茎秆细嫩柔软,枝繁叶茂,产量高;植物蛋白含量高,营养价值高;生长年限长,而且具有固氮功能。种植优质紫花苜蓿,不但能够解决饲料中蛋白不足的缺陷,而且还有增加土壤有机质、治理土壤盐渍化、改良土壤、培肥地力、防风治沙、净化空气、有效改善生态环境的功能,具有较高的生态价值和经济价值。紫花苜蓿喜中性或微碱性土壤,土壤含盐量<0.65%生长良好。在盐渍化土地上,土壤含盐量在1.41%,pH值7.85,苜蓿可出苗生长,具有一定的产量^[6]。苜蓿作为多年生牧草能在土壤中积累大量有机质,改善土壤物理、化学性状,且可固定空气中的游离N素。长期以来种植苜蓿和粮-草轮作在粮食生产和提高土壤肥力方面起了很大作用^[7]。在我国少雨的西部干旱地区,大面积造林成活率不高,而有限的降水和外来水补给,相对可以满足种植以苜蓿为代表的牧草的水分需求^[8],带动生态草业和可持续农业发展。甘肃省景泰县在“退耕还林还草”政策扶持下,以发展苜蓿产业作为突破口,在引黄灌区种植苜蓿获得成功,苜蓿种植面积初具规模,已推广种植、改良盐渍化土地4 000 hm²的苜蓿生产基地,有5家苜蓿产品加工企业,年产苜蓿产品近5万t,可提供优质的苜蓿草捆、草颗粒、草块、草粉等产品,取得了较好的经济效益和社会效益,推动了引黄灌区经济、生态、农业可持续发展。分析了苜蓿对盐渍化土地理化性状的影响,为引黄灌区退化土地恢复,特别是次生盐渍化土地恢复治理提供理论依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

项目区景泰县地处黄土高原和腾格里沙漠的过渡地带,位于甘肃、内蒙古、宁夏回族自治区三省(区)交界处,居甘肃省中部,介于东经103°33' - 104°43',北纬36°43' - 37°38'之间,属典型的干旱荒漠区。地势由西南向东北倾斜,海拔在1 275~3 321 m之间,气候特点是干旱少雨、风沙大;年均降水量185 mm,雨水集中在7、8、9三个月;年蒸发量3 040 mm;年均气温8.5℃,雨热同期;年平均风速为3.5 m/s,年大风日数为27.9 d,最大风速25 m/s,年平均沙尘暴日数为21.9 d,最长达47 d。地表水资源较为贫乏,地下水资源极不丰富,且水质较差。20世纪70-80年代建成的景电一、二期高扬程电力提灌工程是本区主要的水资源,主要土壤类型为灰钙土。灾害性天气主要有干旱、大风、霜冻、冰雹、干热风等。生态环境比较脆弱。

1.2 项目区农业生产状况

示范区红跃村气候干旱、土壤侵蚀、水土流失、次生盐渍化,致使耕地生产力急剧下降,土地退化严重,示范区次生盐渍化耕地面积达140 hm²,沙化耕地面积达80 hm²,180 hm²的土地失去耕种价值,弃耕撂荒。灌溉用水由景电一期电力提灌工程解决,浇灌方式为漫灌,灌溉用水量大、成本高,每年用水量约为9 000 m³/hm²,是种植苜蓿用水量的2倍。

1.3 研究方法

1.3.1 样品采集 土壤取样2007年7月,以撂荒盐渍化土地(CK)作为对照样地。在每个类型样地内,随机选取6个样点,分0-10、10-20、20-40、40-60 cm四个层次取样,每个样品由5个随机分布的小样混合而成。用环刀法在对应的样点按同样层次取样,用来测定土壤容重。所有土壤样品装袋带回实验室,风干、处理。分别用于土壤有机质、有机碳和全N、土壤盐分测定。

1.3.2 分析方法 土壤容重用环刀法;pH值以1:1土水比悬液,电导率以1:5土水比悬液,用德国产Multi-line F/SET-3分析仪直接测定;土壤有机质用重铬酸钾氧化-外加加热法测定;土壤全N用开氏法测定(意大利产DK6,UDK140分析仪)。数据分析用Excel2003。

2 结果与分析

2.1 土壤容重、电导率和pH值

土壤容重受到土壤有机质含量、土壤结构的影

响,并与土壤持水力和渗透率等多个土壤物理性能有关,它是土壤紧实度的指标之一^[9]。种植紫花苜蓿后,土壤容重呈现出随种植时间的延长而逐渐减小的趋势(表 1),种植 6 a 样地的平均土壤容重 1.385 g/cm³ 分别比对照样地 1.571 g/cm³ 和种植 2 a 样地 1.393 g/cm³ 减小了 13.42 %和 0.54 %,而且从 0 - 10,10 - 20,20 - 40,40 - 60 cm 的土壤各层次容重变化趋势基本一致。这可能是由于种植紫花苜蓿后,随植物植株生长,增加了土壤表层的稳固性,土壤结构得到改善,从而使容重等土壤物理性状发生变化。随种植年限增加,土壤 pH 值及电导率在各土壤层中均没有一定的变化规律(表 1)。这说明不同层次土壤电导率及 pH 值与样地种植年限没有明显的相关性。

表 1 不同种植阶段土壤的容重、电导率及 pH 值

土壤层次/ cm	样地	容重/ (g · cm ⁻³)	电导率/ (uS · cm ⁻¹)	pH 值
0 - 10	CK	1.4500	1.6107	8.4567
	2 a	1.3933	2.1783	7.8533
	4 a	1.4200	0.8687	8.2633
	6 a	1.3600	0.2820	8.2300
10 - 20	CK	1.5400	1.5370	8.5600
	2 a	1.4500	0.4840	8.0833
	4 a	1.3967	2.3993	8.1067
	6 a	1.3267	0.3060	8.3400
20 - 40	CK	1.6200	1.3660	8.5467
	2 a	1.3500	0.2590	8.0533
	4 a	1.4433	0.7103	8.2600
	6 a	1.4500	0.4700	8.3533
40 - 60	CK	1.6733	1.2960	8.3867
	2 a	1.3767	0.2997	8.0767
	4 a	1.3900	0.9853	8.2133
	6 a	1.4033	0.5563	8.2800

注:表中数据为平均值。

2.2 土壤 C、N 含量的变化

土壤养分是衡量农田土壤质量指标的重要组成部分^[10-14]。分析表明:各取样层次土壤有机质、有机碳和全氮含量在苜蓿不同种植年限形成了显著差异,种植苜蓿 6 a 样地平均有机质含量分别是对照样地和种植苜蓿 4 a 样地的 1.946 8 倍和 1.347 1 倍,平均氮含量分别是对照样地和种植苜蓿 4 a 样地的 2.246 6 倍和 1.148 1 倍。0 - 10 cm 土层,对照样地土壤平均有机质仅为 11.730 6 g/kg,种植苜

蓿 4 a 后土壤有机质增加到 16.136 3 g/kg,种植苜蓿 6 a 后的样地,土壤有机质达到 19.649 9 g/kg,是对照样地的 1.946 8 倍。种植苜蓿后,全氮含量的变化在 0 - 10 cm 土层变化较为明显,种植苜蓿 4 a 和 6 a 样地全氮含量分别达到了对照样地的 1.229 9 倍和 1.697 3 倍。全氮含量的变化在 20 - 40 cm 土层变化最为明显,种植苜蓿 4 a 和 6 a 样地全氮含量分别达到了对照样地的 1.549 3 倍和 2.716 7 倍,这与植物根系在土壤中的层状分布有密切关系,苜蓿主要根系集中分布在 20 - 40 cm 土层中。在 10 - 20 cm 和 40 - 60 cm 土层有机质和全氮含量在不同年限也形成了显著变化,其变化趋势与 0 - 10 cm 土层变化趋势相似,即随着种植苜蓿的年限的延长显著增加。这可能是由于种植苜蓿后,加上人为的一些施肥措施,使土壤得以逐渐恢复,不仅在地表积累了大量的枯枝落叶,而且改善了土壤理化性质,这都有利于全氮和有机质在土壤中的积累。种植苜蓿后,土壤 C/N 比平均值表现为由对照样地的 8.949 8,下降到种植苜蓿 6 a 样地的 7.755 4,下降了 13.35 %。但各土壤层次的 C/N 比没有呈现随时间延长明显逐渐降低的趋势,在种植苜蓿过程中没有明显的变化规律(表 2)。

2.3 土壤 C、N 含量与土壤物理性状的相关性

相关分析表明:土壤容重与土壤有机质和有机碳含量在 $p = 0.02$ 的水平上具有显著负相关关系,全氮含量在 $p = 0.05$ 的水平上具有显著负相关关系,而电导率、pH 值与土壤有机质、有机碳和全氮含量之间在 $p = 0.02, 0.05$ 和 0.10 的水平上不存在显著的相关关系(表 3)。

2.4 苜蓿的种植效应

(1)紫花苜蓿与农作物耗水系数、水效益 苜蓿对土壤要求不严,适宜在 pH 7.0 ~ 8.0 的沙质土壤中生长。苜蓿耐盐碱性强,对改良盐渍化土地十分有效,一般种植苜蓿 5 a 的碱性土壤,含盐土层 0 - 30 cm 下降 40.62 %、30 - 60 cm 下降 76.3 %,pH 值也有所下降;同时可大大改变土壤的物理性质,降低土壤容重和孔隙度,改善土壤结构;其根瘤菌具有很强的固氮能力,可为土壤积累大量的氮素,遗留在土壤中的死根和残枝可增加土壤有机质含量,提高土壤肥力,种植 2 a 的苜蓿地,土壤有机质可达 2.0 % ~ 2.88 %,苜蓿一年可固定 270 kg/hm² N 素,相当于 825 kg NH₄NO₃,2 ~ 4 a 的苜蓿地,土壤中留有大量根茬,遗留的根茬中约含 214.5 kg/hm² N 素,34.5 kg P₂O₅ 和 90.0 kg K₂O,倒茬后可使粮食作物增产 30 % ~ 50 %;种植苜蓿比小麦、玉米等农

作物(年灌水量 6 300 ~ 9 300 m³/hm²)的年灌水量减少 3 300 ~ 6 300 m³/hm²,分别节水 110 %、210 %。用水效益提高 5 倍多,耗水系数由原来的 0.622 kg/g 干物质,降低为 0.240 kg/g 干物质,水的经济效益由 1.02、1.06 提高到 8.34,灌水成本降低 235 元/hm²(表 4);苜蓿能有效减缓风速,防止风沙对农田的侵袭,在苜蓿种植区,尘土减少,空气清洁,能有效改善生态环境。

表 2 种植枸杞不同年限土壤有机质、有机 C 和全 N 含量

测定项目	土壤层次/ cm	CK	2 a 生	4 a 生	6 a 生
有机质/(g·kg ⁻¹)	0 - 10	11.7306	13.9609	16.1363	19.6499
	10 - 20	8.4915	11.0647	13.5423	19.3005
	20 - 40	9.1078	12.8106	10.0369	15.9462
	40 - 60	5.9358	10.8570	11.2476	13.7569
	平均	8.8164	12.1733	12.7408	17.1634
有机碳/(g·kg ⁻¹)	0 - 10	6.8025	8.0980	9.3598	11.3978
	10 - 20	4.9255	6.4180	7.8555	11.1952
	20 - 40	5.2830	7.4307	5.8219	9.2495
	40 - 60	3.4430	6.2976	6.5241	7.9796
	平均	5.1139	7.0611	7.3903	9.9556
全氮/(g·kg ⁻¹)	0 - 10	0.8160	1.2439	1.0036	1.3850
	10 - 20	0.6041	1.1093	0.8933	1.4111
	20 - 40	0.4708	0.8775	0.7294	1.2790
	40 - 60	0.3946	1.0153	0.9197	1.0597
	平均	0.5714	1.0615	0.8865	1.2837
碳氮比	0 - 10	8.3364	6.5102	9.3262	8.2295
	10 - 20	8.1535	5.7856	8.7938	7.9337
	20 - 40	11.2213	8.4680	7.9818	7.2318
	40 - 60	8.7253	6.2027	7.0937	7.5301
	平均	8.9498	6.652	8.3365	7.7554

注:表中数据为平均值。

表 3 土壤有机质、全 N 含量与其它物理性状的相关关系

测定项目	容重	电导率	pH 值
有机碳	- 0.34083 ***	0.047711	- 0.12528
有机质	- 0.34083 ***	0.047711	- 0.12528
全 N	- 0.28911 **	0.05468	- 0.16807

注:***、**和 *分别表示在 $p=0.01$ 、 0.05 和 0.10 的水平上显著相关。

(2)土壤有机质、全 N 含量与土壤盐分的相关关系。种植紫花苜蓿的土壤有机质、有机碳和 N 含量和土壤中大部分盐离子没有显著的相关性,而 $K^{+} + Na^{+}$ 与土壤有机质和有机碳在 $p=0.10$ 的水平上呈显著的负相关。说明随着种植苜蓿期限的延长,土壤中有机质、有机碳的积累,而 $K^{+} + Na^{+}$ 有下降的趋势,从而改变土壤的理化性状。这和前人的研究结果相一致^[3-4,7]。

表 4 紫花苜蓿与农作物耗水系数、水效益分析

植物种类		灌水次数	灌溉定额/ (m ³ ·hm ⁻²)	水效益/ (kg·m ⁻³)	耗水系数/ (kg·g ⁻¹)	灌水成本/ (元·hm ⁻²)	水经济效益/ (元·m ⁻³)
紫花苜蓿		4	3000	5.087	0.240	215	8.34
春小麦	籽食	7	6300	0.774	0.622	450	1.06
	秸秆			0.833			
玉米	籽食	11	9300	0.704	0.455	664	1.02
	秸秆			1.492			

表 5 土壤有机质、全 N 含量与土壤盐分的相关关系

测定项目	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	全盐量
有机碳	0.028	0.059	- 0.243 *	0.042	- 0.149	0.013	- 0.098
有机质	0.028	0.059	- 0.243 *	0.042	- 0.149	0.013	- 0.098
全 N	- 0.031	0.126	- 0.083	- 0.028	0.069	- 0.143	- 0.048

注：*表示在 $p=0.10$ 的水平上显著相关。

3 结论与讨论

种植紫花苜蓿后,次生盐渍化土壤理化性状发生了明显变化,而且随种植时间的延长,土壤各取样层次有机质、有机碳含量和全氮的含量在不同种植年限有显著差异,并且随种植年限的延长显著提高。而各土壤层次的 C/N 没有呈现随时间延长明显逐渐降低的趋势。随种植时间延长,土壤容重逐渐减小,土壤容重与土壤有机质和有机碳含量在 $p=0.02$ 的水平上具有显著负相关关系,土壤容重与全 N 含量在 $p=0.05$ 的水平上具有显著负相关关系,但不同层次土壤电导率及 pH 值与有机质、有机碳、全 N 和样地种植年限不存在明显的相关关系。苜蓿种植过程中,土壤理化性状的变化与土壤养分含量的增减密切相关。随着种植苜蓿期限的延长、土壤中有有机质、有机碳的积累,而 $K^{+} + Na^{+}$ 有下降的趋势,从而改变土壤的理化性状。

苜蓿对土壤要求不严,苜蓿耐盐碱性强,适宜在 pH7.0~8.0 的土壤中生长期,对改良盐渍化土壤十分有效。根据苜蓿的种植效应,针对红跃村社区地貌特征、生态环境和农业现状,调整农业结构,合理利用水资源,实行以苜蓿为中心保护性耕作制度,合理轮作倒茬,可以培肥地力,保护和改善社区生态环境,降低土壤盐渍化程度,实现社区社会经济、生态环境和农业持续发展是可行的。

红跃村耕地总面积 330.7 hm²,人均平均占有耕地 0.3 hm²,个别地方多达 0.8 hm² 以上。而各地均有广阔的次生盐碱地、荒漠化土地、坡耕地、坡地等待开发土地,对苜蓿进行产业化开发十分有利。若种植紫花苜蓿,在 3~5 a 内免耕或少耕,进行轮作倒茬,再结合合理的林业保护,这样即能极大的推动社区经济发展,又能遏制土壤盐渍化,保护生态环境。在红跃村社区发展苜蓿产业,既可调整农业结构、培肥地力、保护生态环境,又可创造巨大的经济效益,是实现引黄灌区次生盐渍化土地可持续发展的有效途径。

参考文献:

[1] 罗格平,张百平.干旱区可持续土地利用模式分析[J].地理学报,2006,61(11):1160-1170.

[2] Gliessman S R. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture[M]. Ecological Studies Series, New York: Springer-Verlag, 1990.

[3] Stanford G, Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soils [J]. Soil Science Soc. Amer. Proc., 1972, 36: 465-472.

[4] George Stanford, Carter J N. Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short-term incubations[J]. Soil Science Soc. Amer. Proc., 1974, 38: 686.

[5] 陈宝书.牧草饲料作物栽培学[M].北京:中国农业出版社,2001:207-211.

[6] 王继和.甘肃盐碱地治理[M].兰州:兰州大学出版社,2000:66-163.

[7] 刘晓宏,郝明德.长期种植苜蓿对土壤氮素营养的作用[J].中国生态农业学报,2001,9(2):82-84.

[8] 施雅风.气候变化对西北华北水资源的影响[M].济南:山东科学技术出版社,1995:17-25.

[9] 胡定宇.土壤学[M].陕西 杨陵:天则出版社,1990.

[10] 熊毅,陈家坊.提高土壤肥力在发展农业生产中的重要意义[J].土壤通报,1963,7(4):1-6.

[11] 樊自立,马英杰,马映军.中国西部地区耕地土壤盐渍化评估及发展趋势预测[J].干旱区地理,2002,25(2):97-102.

[12] 赵明,王继和.种草养畜综合治理发展甘肃绿洲持续农业[C]//中国西北荒漠区持续农业与沙漠综合治理国际学术交流会论文集.兰州:兰州大学出版,1998:248-258.

[13] 王庆锁.我国西部干旱区苜蓿产业化发展的优势及其在生态环境建设中的作用[J].农业科技通讯,2000(11):23.

[14] 杨世琦,孙兆敏,杨雄年.发展苜蓿草产业促进西北旱区农业结构调整[J].西北农业学报,2003,12(4):157-160.