

# 粮草轮作对北疆平原荒漠灌区土壤理化性质的影响

张荟荟, 张学洲, 梁维维, 阿斯娅·曼力克, 朱昊, 热娜, 李学森

(新疆畜牧科学院草业研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**研究北疆平原荒漠区小麦-苜蓿轮作下土壤理化性质的动态变化,揭示粮草轮作过程中土壤盐碱度和养分的消长规律,旨在为该地区种植结构的调整和农田生态系统的可持续利用提供科学依据。在小麦轮作苜蓿的中低产田中,连续5年调查土壤全盐量、pH值、有机质和氮磷钾。结果表明:小麦地轮作苜蓿有效降低了土壤含盐量和pH值,轮作第4年土壤含盐量由轮作前0.79 g/kg降低到0.63 g/kg,土壤pH值平均降幅为6.64%,土壤有机质平均增幅为19.07%;土壤全氮含量增加,由轮作前0.52 g/kg提高到0.65 g/kg,水解性氮含量较轮作前显著降低;磷含量呈上下波动,轮作4 a全磷由0.98 g/kg降至0.93 g/kg,有效磷由6.18 g/kg降至2.97 g/kg;土壤速效钾含量呈先减少后增加的态势,轮作后速效钾含量的最低值为260.44 mg/kg,处于富钾状态。在北疆平原荒漠区的粮食耕作系统中引入苜蓿可有效提高土壤有机质含量,增加全氮的储备量,降低盐碱度。在苜蓿生长第4 a需适当补充氮肥和磷肥,无需施入钾肥。

**关键词:**平原荒漠区;粮草轮作;土壤含盐量;土壤pH值;土壤养分

**中图分类号:**S344.1;S541.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)04-0128-06

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.04.017



北疆平原荒漠是新疆温性荒漠的组成部分,占全疆草地可利用面积的29%,气候极为干旱,多属冷季草地,土壤质量整体偏低,但在畜牧业生产中占有十分重要的地位<sup>[1]</sup>。近年来,由于人类对水、草资源的过度开发利用,地下水位急速下降,平原荒漠区草地向盐化、旱化和沙化发展,退化日益严重,部分已开垦草地出现撂荒。为了改善和提高现有生产水平,需优化种植结构,引草入田,走保护生态、农牧结合之路,实现高效持续大农业发展。紫花苜蓿具有抗旱、耐盐碱、耐瘠、保持水土等优良的生态适应性<sup>[2]</sup>,其根瘤具有很强的生物固氮能力。据估算,当年生苜蓿固定到土壤中

的N35~305 kg/hm<sup>2</sup>,是免费的氮肥资源<sup>[3]</sup>,种植后的根瘤菌和大量的须根给土壤留下的腐殖质可增加土壤有机质<sup>[4]</sup>。因此,在粮食作物耕作系统中引入苜蓿开展粮草轮作对土壤肥力的恢复极为重要<sup>[5]</sup>,也是减少氮肥投入、缓解能源压力、降低生产成本、实现农业可持续发展的重要途径<sup>[6]</sup>。

不同土地耕作模式能够改变土壤氮磷钾等养分的含量<sup>[7]</sup>,已被学者证实。在盐碱地上种植不同牧草可以不同程度地提高土壤有机质和碱解氮含量,其中以种植苜蓿的土壤各项理化指标改善显著,土壤质量综合指数较高<sup>[8]</sup>。在黄泛平原风沙化土地种植6种牧草均可使有机质含量、碱解氮、速效磷、速效钾含量增加,且豆科牧草改良土壤养分的效应高于禾本科牧草的改良效应<sup>[9]</sup>。中度碱土进行粮-草轮作后,土壤理化性状都得到改善,耕层土壤全盐量明显降低,pH值下降<sup>[10]</sup>。另外,苜蓿作为中等耐盐植物,还可通过生物脱盐和土壤淋溶降低土壤含盐量,改良轻度盐渍化土壤<sup>[11]</sup>。故在中低产田开展草-田轮作,特别是种植紫花苜蓿,对维护生态系统健康、提升生态系统服务功能

**收稿日期:**2021-04-23; **修回日期:**2021-06-02

**基金项目:**财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系

**作者简介:**张荟荟(1981-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士,副研究员。E-mail:272893272@qq.com

张学洲为通讯作者。

E-mail:zhhlcg527@163.com

具有重要作用<sup>[12]</sup>。因此,以北疆平原荒漠区的中低产田为例,连续5年跟踪调查小麦—苜蓿轮作模式下土壤全盐量、pH值、有机质和氮磷钾的动态变化,揭示粮草轮作过程中土壤盐碱和养分的消耗规律,旨在为该地区种植结构的调整和农田生态系统的可持续利用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

试验地位于新疆呼图壁县国家农业部旱生牧草种子基地,地处 N 44°14′08.47″,E 86°37′41.32″,海拔高度 495 m,年平均气温为 6.7℃,1月和7月的平均气温分别为-16.9℃和 25.6℃,无霜期 170 d,≥10℃年积温 3 881℃,年平均降水量 167 mm,年均蒸发量为 2 361.1 mm。土壤类型为灰棕色荒漠土,有机质含量为 7.0 g/kg,全氮 0.54 g/kg、全磷 1.01 g/kg、全钾 21 g/kg;水解性氮含量为 57.2 mg/kg,有效磷含量为 14.0 mg/kg,速效钾含量为 478 mg/kg,pH值 8.8,全盐量 3.2 g/kg,土壤呈碱性,轻度盐渍化,地势较平坦。

### 1.2 试验设计

试验区面积 4 hm<sup>2</sup>,参试苜蓿品种为 WL343HQ,来自北京正道公司,冬小麦为新冬 22 号,为当地主推品种。于 2013 年 8 月下旬播种冬小麦,2014 年 7 月收获籽粒后翻耕晾晒,8 月中旬种植苜蓿,2015—2017 年每年收获 4 茬苜蓿,2018 年收获 3 茬苜蓿,生长期未追肥。小麦和苜蓿播种时均施入底肥粒状重过磷酸钙(总磷≥46%)300 kg/hm<sup>2</sup>,小麦施追肥尿素(总氮≥46.4%)300 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 土样采集

采样时间为 2014—2018 年的 7—

8 月,在粮草作物收获 10 d 后,采用“S”曲线法分别在苜蓿和小麦地选择 15 个点用土钻取土样,土层深度设置为 0~10,10~20,20~30 cm,重复 3 次。混匀自然风干,过 2 mm 孔径的土壤筛备用。

1.3.2 测定方法 土壤样品送至新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所进行检测,各指标的测定依据分别为土壤有机质采用重铬酸钾氧化—外加热法(LY/T1237-1999)、pH值采用电位法(LY/T 1239-1999)、全盐含量采用电导法(LY/T 1251-1999)、土壤氮采用凯氏定氮法和碱解扩散法(LY/T 1228-2015)、土壤磷采用酸溶法和盐酸—硫酸浸提法(LY/T 1232-2015)、土壤全钾采用碱熔—火焰光度计法(NY/T 87-1988)和土壤速效钾采用中性乙酸铵溶液浸提—火焰光度计法(NY/T 889-2004)。

### 1.4 数据处理

采用 WPS 2016 整理数据并绘图,使用 DPS7.05 统计软件对数据进行方差分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤全盐含量和 pH 值

随着种植年限的增加,0~10 cm 土壤全盐量呈明显下降趋势,10~20 cm 为先增加后降低最后趋于平稳,20~30 cm 呈现先缓慢增加而后降低最后升高的态势,0~30 cm 的土壤含盐量整体呈现下降趋势,到苜蓿生长第 4 a(2018 年),土壤全盐含量由轮作前 0.79 g/kg 降低到 0.63 g/kg,降幅为 21.12%;不同土层的 pH 值变化趋势基本一致,均呈现先降低后增加最后降低的趋势,4 a 平均降幅为 6.64%,其中,第 4 a(2018 年)0~30 cm 土层的土壤 pH 值降幅最大,较小麦地降低了 7.21%(图 1)。

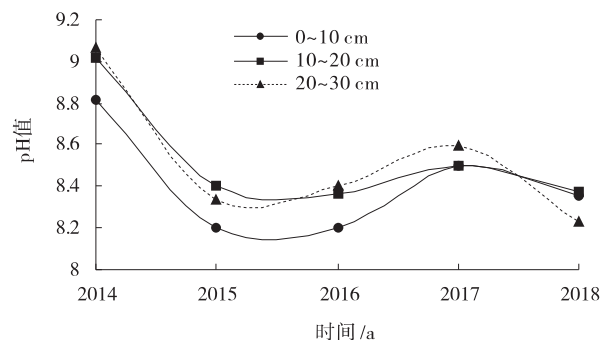
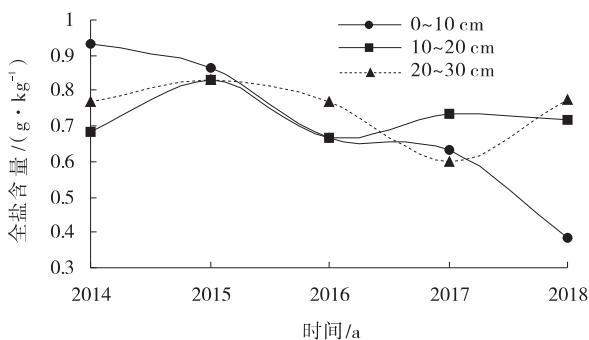


图 1 土壤全盐含量和 pH 值

Fig. 1 Dynamic changes of soil total salt content and pH value in different years

## 2.2 土壤有机质

小麦轮作苜蓿后,随着种植年限的增加,土壤有机质含量呈波动性上升趋势,4 a 的年平均增幅为 19.07%,在苜蓿收获第 1 a(2015 年),有机质含量由 2014 年的 8.07 g/kg 增加为 9.96 g/kg,可能是由于小麦秸秆腐烂增加了土壤有机质含量,第 2 a 出现降低,之后逐渐升高,这是由于枯落物和土壤中苜蓿根系量增多,提高了有机质含量。在苜蓿生长第 4 a 土壤有机质含量较轮作前小麦地增加了 27.12%(图 2)。

## 2.3 土壤氮磷钾

2014 年的小麦倒茬后连作苜蓿的几年,土壤全氮含量均有所增加,显著高于小麦地( $P < 0.05$ ),由轮作前 0.52 g/kg 提高到 0.65 g/kg,其中,0~20 cm 土壤氮含量增幅较大,基本上都在 20% 以上,随着苜蓿种植年限的增加,土壤的全氮含量呈上下波动,0~20 cm 的土壤全氮量维持在 0.62~0.73 g/kg,20~30 cm 土壤中的全氮含量相对较低,介于 0.55~0.59 g/kg,年际间差异不显著( $P > 0.05$ );土壤全磷含量在苜蓿收获第 1a(2015 年)较小麦地均有所增加,但差异不显

著( $P > 0.05$ ),随后逐渐降低,在苜蓿收获第 4 a 后(2018 年)10~30 cm 土壤全磷含量都显著低于小麦地( $P > 0.05$ ),而 0~10 cm 则有所增加;土壤全钾含量呈现出先增加后降低又增加的态势,除 2017 年苜蓿收获第 3 a 土壤全钾含量低于小麦地,其余年份基本上均显著高于小麦地( $P < 0.05$ ),在苜蓿收获第 4 a,土壤全钾含量均达到最大值。

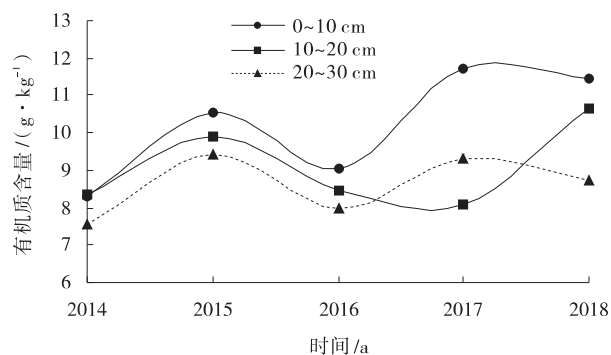


图 2 土壤有机质含量

Fig. 2 Dynamic change of soil organic matter in different years

表 1 土壤全氮、全磷和全钾含量

Table 1 Dynamic changes of total nitrogen, total phosphorus and total potassium in different years

土层深度/cm	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )					全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )					全钾/%				
	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿
	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
0~10	0.56±0.01 <sup>c</sup>	0.68±0.03 <sup>a</sup>	0.63±0.02 <sup>b</sup>	0.69±0.04 <sup>a</sup>	0.73±0.02 <sup>a</sup>	0.99±0.02 <sup>a</sup>	1.01±0.01 <sup>a</sup>	0.92±0.03 <sup>b</sup>	0.92±0.03 <sup>b</sup>	1.00±0.03 <sup>a</sup>	2.01±0.04 <sup>cd</sup>	2.06±0.07 <sup>c</sup>	2.18±0.02 <sup>b</sup>	1.94±0.05 <sup>d</sup>	2.30±0.02 <sup>a</sup>
10~20	0.50±0.02 <sup>b</sup>	0.66±0.06 <sup>a</sup>	0.62±0.02 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>a</sup>	0.98±0.04 <sup>a</sup>	0.99±0.02 <sup>a</sup>	0.95±0.01 <sup>a</sup>	0.95±0.02 <sup>a</sup>	0.89±0.01 <sup>b</sup>	1.98±0.03 <sup>c</sup>	2.08±0.06 <sup>b</sup>	2.10±0.08 <sup>b</sup>	1.90±0.01 <sup>c</sup>	2.30±0.01 <sup>a</sup>
20~30	0.51±0.02 <sup>b</sup>	0.56±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>a</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	0.96±0.04 <sup>a</sup>	1.00±0.03 <sup>a</sup>	0.91±0.02 <sup>b</sup>	0.90±0.04 <sup>b</sup>	0.89±0.01 <sup>b</sup>	2.00±0.06 <sup>c</sup>	2.09±0.05 <sup>b</sup>	2.14±0.03 <sup>b</sup>	1.88±0.03 <sup>d</sup>	2.29±0.00 <sup>a</sup>
0~30	0.52±0.01 <sup>c</sup>	0.63±0.02 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>b</sup>	0.65±0.02 <sup>a</sup>	0.65±0.00 <sup>a</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>	1.00±0.01 <sup>a</sup>	0.93±0.02 <sup>b</sup>	0.93±0.02 <sup>b</sup>	0.93±0.01 <sup>b</sup>	2.00±0.04 <sup>d</sup>	2.08±0.04 <sup>c</sup>	2.14±0.03 <sup>b</sup>	1.91±0.03 <sup>e</sup>	2.30±0.01 <sup>a</sup>

注:同行不同小写字母表示同一指标不同年份处理间差异显著( $P < 0.05$ );下同

小麦轮作苜蓿后,土壤水解性氮的含量均有所降低,显著低于小麦地( $P < 0.05$ )。其中,0~10 cm 土层中的水解性氮含量在苜蓿生长前 3 a(2015~2017 年)维持在 34.87~36.57 mg/kg 水平,且高于 10~30 cm 土层,但各年际间差异不显著( $P > 0.05$ ),到第 4 a(2018 年)土壤水解性氮含量显著降低( $P < 0.05$ ),在苜蓿生长全程中,10~30 cm 土壤水解性氮含量介于 25.95~29.87 mg/kg,不同年份间差异不显著( $P > 0.05$ );土壤有效磷含量呈现先降低后增加又降低的趋势,随着土层深度的增加,有效磷含量减少,在苜蓿收获第 1 年(2015 年),土壤中有有效磷含量显著低于小麦

地( $P < 0.05$ ),生长第 2 a(2016 年)时,10~30 cm 土层的有效磷含量显著增加( $P < 0.05$ ),随后降低,收获第 4 a(2018 年)后达到最低值,均显著低于其他年份( $P < 0.05$ );土壤速效钾含量总体呈先降低最后增加的态势,在 0~10 cm 的土层中呈上下波动,20~30 cm 土层速效钾含量呈现先降低后增加,且均显著低于小麦地( $P < 0.05$ ),在苜蓿生长第 3 a(2017 年)对土壤中速效钾的利用最大,其含量趋于最低值,到第 4 a(2018 年)均有所增加,土壤表层(0~10 cm)速效钾积累较为显著( $P < 0.05$ )(表 2)。

表 2 土壤水解氮、有效磷和速效钾含量

Table 2 Dynamic change of soil hydrolyzable nitrogen, available phosphorus and available potassium in different years

土层深度/cm	水解性氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )					有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )					速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )				
	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿	小麦	苜蓿	苜蓿	苜蓿	苜蓿
	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
0~10	55.33±1.57 <sup>a</sup>	34.80±3.03 <sup>b</sup>	34.87±1.55 <sup>b</sup>	36.57±1.53 <sup>b</sup>	27.35±1.34 <sup>c</sup>	8.08±0.56 <sup>a</sup>	6.07±0.46 <sup>c</sup>	8.33±0.12 <sup>a</sup>	7.03±0.45 <sup>b</sup>	3.59±0.11 <sup>d</sup>	378.00±24.25 <sup>c</sup>	402.33±7.51 <sup>b</sup>	359.33±4.73 <sup>c</sup>	319.33±7.57 <sup>d</sup>	470.33±6.03 <sup>a</sup>
10~20	37.83±3.66 <sup>a</sup>	28.17±2.24 <sup>b</sup>	28.90±2.19 <sup>b</sup>	28.03±1.59 <sup>b</sup>	29.87±0.77 <sup>b</sup>	5.17±0.31 <sup>c</sup>	4.40±0.02 <sup>d</sup>	8.23±0.25 <sup>a</sup>	6.93±0.50 <sup>b</sup>	2.80±0.22 <sup>e</sup>	390.50±37.14 <sup>a</sup>	307.33±4.16 <sup>b</sup>	257.00±4.36 <sup>c</sup>	218.33±4.04 <sup>d</sup>	240.00±1.00 <sup>cd</sup>
20~30	42.03±2.68 <sup>a</sup>	26.27±2.54 <sup>b</sup>	28.17±0.75 <sup>b</sup>	28.33±1.70 <sup>b</sup>	25.95±1.49 <sup>b</sup>	5.28±0.25 <sup>b</sup>	3.60±0.00 <sup>c</sup>	7.20±0.02 <sup>a</sup>	5.27±0.50 <sup>b</sup>	2.51±0.11 <sup>d</sup>	418.50±25.06 <sup>a</sup>	336.67±1.15 <sup>b</sup>	270.00±2.65 <sup>c</sup>	243.67±5.51 <sup>d</sup>	262.00±6.08 <sup>cd</sup>
0~30	45.07±1.23 <sup>a</sup>	29.74±2.32 <sup>cd</sup>	33.98±1.00 <sup>b</sup>	30.98±1.51 <sup>c</sup>	27.72±0.61 <sup>d</sup>	6.18±0.24 <sup>b</sup>	4.69±0.10 <sup>c</sup>	7.92±0.05 <sup>a</sup>	6.41±0.30 <sup>b</sup>	2.97±0.11 <sup>d</sup>	395.67±26.01 <sup>a</sup>	348.78±2.22 <sup>b</sup>	295.44±2.01 <sup>d</sup>	260.44±1.90 <sup>e</sup>	324.11±2.87 <sup>c</sup>

### 3 讨论

在中度盐渍化土壤上实施粮—草轮作后,土壤物理、生物和化学状况都得到明显改善,pH 值、总碱度、交换性钠等指标下降较大,加速了耕层土体脱盐熟化进程,改土培肥治碱效果较好<sup>[10]</sup>。本研究对象位于北疆平原荒漠区,土壤碱性,轻度盐渍化,大部分为低产田,常年种植小麦和棉花等粮食和经济作物,土壤较为贫瘠。通过在连作 3 a 小麦的地块上轮作苜蓿,连续 5 a 跟踪调查土壤盐碱动态变化,结果表明,轮作苜蓿后第 4 a,0~30 cm 的土壤含盐量由轮作前 0.79 g/kg 降低到 0.63 g/kg,降幅为 21.12%,土壤 pH 值 4 年平均降幅为 6.64%,说明小麦地轮作苜蓿可有效降低土壤含盐量和 pH 值,这可能是由于种植苜蓿可吸附土壤中的部分盐分,改善土壤的酸碱度。王林娜<sup>[13]</sup>等研究苜蓿与棉花轮作可以降低土壤全盐含量和 pH 值,且苜蓿种植时间越长,土壤全盐含量降低越明显,苜蓿种植第 4 年全盐含量比第 1 年降低 50.5%,本研究结果与其一致。地力的恢复与发展归根到底还要靠土壤有机质,它是衡量土壤肥力的重要指标<sup>[14]</sup>,直接影响土壤的理化性状,并反映土壤熟化程度<sup>[15]</sup>。魏凡等<sup>[16]</sup>在陇中旱作区种植豌豆后,土壤有机质提高了 8.41%,马伦兰等<sup>[17]</sup>研究发现苜蓿—小麦轮作能够显著提高 0~10 cm、10~30 cm 土层的土壤有机质含量,与小麦—小麦连作比较,小麦播种前,轮作体系中 0~10 cm、0~30 cm 土层的土壤有机质含量分别较小麦—小麦连作体系高出 42.47%、47.17%。本研究结果表明小麦轮作苜蓿亦可增加土壤有机质含量,在苜蓿生长第 4 年增幅可达 27.12%,分析原因可能是由于小麦秸秆、苜蓿根系和凋落物等进入土壤,提高了土壤中的腐殖质含量,但不同地区的土质存在差异,土壤肥力增加

的幅度各异。在北疆平原荒漠区的粮食作物耕作系统中引入苜蓿,实行粮草轮作,可调整优化种植结构,改善土壤的盐碱度,恢复土壤肥力,实现农牧业的可持续发展。

全氮作为一种大量且必要的营养元素,对土壤生态系统物质循环起着重要作用<sup>[18]</sup>。有研究表明,种植苜蓿对耕层土壤氮素养分有明显的累积作用,且随着苜蓿种植年限的延长,土壤养分亦有逐年增加的趋势<sup>[19]</sup>,苜蓿连作多年导致表层土壤全氮含量最高<sup>[20]</sup>。本研究发现小麦轮作苜蓿后,土壤中全氮含量增加,随土层深度增加逐渐降低<sup>[21]</sup>,生长期呈上下波动状态,3~4 a 时全氮总量维持在一定水平上,较小麦地提高了 25.06%,但土壤中水解性氮含量较小麦地显著降低,且随着苜蓿种植年限的增加水解性氮含量呈现先增加后降低的趋势,这主要是由于小麦种植(2014 年)过程中施用氮肥,使土壤中水解性氮含量相对较高,而轮作苜蓿过程中未施氮肥,加之前期苜蓿生长对氮的消耗量较大,致使水解性氮含量急剧减少。说明在粮食作物耕作系统中引入苜蓿,可利用其根瘤的生物固氮能力,有效提高土壤中全氮的储备量,减少氮肥的施用量<sup>[5]</sup>,但由于在北疆平原荒漠区土壤过于贫瘠,轮作后土壤中水解性氮含量最高仅为 33.98 mg/kg,建议在苜蓿前期生长过程中可少量补充氮肥,提高干草产量。

磷以多种方式参与植物体内各种生理化学过程,对促进植物的生长发育和新陈代谢起重要作用<sup>[22]</sup>。土壤速效磷含量的高低决定土壤供磷能力,种植苜蓿的土壤全磷含量与苜蓿种植年限成反比,连续种植苜蓿年限越长,土壤全磷和速效磷的含量越小<sup>[23]</sup>。也有研究表明种植多年的苜蓿对于土壤深层速效磷含量有

补充作用<sup>[25]</sup>,本研究结果与此不尽相同,北疆平原荒漠区土壤磷含量总体较低,五年内土壤有效磷含量最高仅为 7.92 mg/kg,在小麦地轮作苜蓿后,土壤中全磷含量于苜蓿收获第 1a 有所增加,之后降低,而有效磷含量呈现先降低后增加又降低的趋势,这主要是由于苜蓿为需磷量较大的牧草,随着苜蓿进入盛产期,土壤中大量磷素被吸收利用,到第 1 a 有效磷含量降至 2.97 mg/kg,处于极低水平,潘占兵等<sup>[24]</sup>的研究也显示,随着苜蓿种植年限的增加,土壤速效磷呈下降的趋势。因此,为了持续获得高产,建议在苜蓿生长的第 4 a 需适当补充磷肥,以促进其生长。

土壤中的全钾在不同地区、不同土壤类型和不同气候条件下,含量相差很大,有研究表明,随着紫花苜蓿连作年限的增加,土壤速效钾含量降低<sup>[24]</sup>。种植第 3 a 的苜蓿对于土壤速效钾的利用最大,到第 5 a,苜蓿的种植对于土壤速效钾含量有反补的趋势<sup>[25]</sup>。本研究结果显示,小麦地轮作苜蓿后,土壤全钾和速效钾含量在苜蓿种植第 3 a 均降至最低,随后有所增加,表层积累较为显著,说明苜蓿生长第 3 年对土壤中速效钾的消耗最大,之后随着根系活力下降,生物量减少,对土壤钾素利用强度减少,土壤钾素缓慢恢复,结果与刘磊等<sup>[25]</sup>的研究基本一致。研究还发现在种植苜蓿的 4 a 间土壤钾含量虽有所降低,但速效钾含量最低值仍为 260.44 mg/kg,按照全国第二次土壤普查速效钾含量分级标准,可将其归为一级(极高)水平,处于极其丰富状态,这主要是由于北疆平原荒漠区的土壤中富含钾,因此,在该区域的粮食作物耕作系统中引入苜蓿进行短期轮作时无需施入钾肥。

## 4 结论

小麦地轮作苜蓿可有效降低土壤含盐量和 pH 值,增加土壤有机质含量,在苜蓿生长第 2 a 土壤全盐含量较小麦地可减少 11.88%,对表层土壤盐分的改良效果更为明显;土壤中全氮含量增加,随土层深度增加逐渐降低,水解性氮含量较小麦地显著降低,但在苜蓿生长前 3 a 表层土壤水解性氮含量相对较稳定;苜蓿收获第 1 年土壤中全磷含量有所增加,而有效磷则降低;苜蓿生长第 4 a 土壤全钾和速效钾含量增加,表层积累较为显著,但此时对土壤水解性氮和有效磷的消耗量则达到最大。在北疆平原荒漠区的粮食耕作系统中引入苜蓿可有效提高土壤肥力,增加全氮的储备

量,降低土壤盐碱度。在苜蓿生长第 4 a 需适当补充氮肥和磷肥,无需施入钾肥。

### 参考文献:

- [1] 许鹏. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993:172—174.
- [2] 宋丽萍,罗珠珠,李玲玲,等. 陇中黄土高原半干旱区苜蓿—作物轮作对土壤物理性质的影响[J]. 草业学报 2015, 24(7):12—20.
- [3] 张少华. 陇东黄土高原干旱草地利用方向和途径的探讨[J]. 草业科学,1997,12(5):5—8.
- [4] Yang X M, Kay B D. Rotation and tillage effects on soil organic carbon sequestration in a typic Hapludalf in Southern Ontario[J]. Soil and Tillage Research 2001, 59 (3—4):107—114.
- [5] 刘沛松. 宁南苜蓿草田轮作土壤环境效应研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [6] 曾昭海. 豆科作物与禾本科作物轮作研究进展及前景[J]. 中国生态农业学报,2018,26(1):57—61.
- [7] 杜杰,王林林,谢军红,等. 耕作措施对黄土高原地区农田土壤碳排放影响的 Meta 分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2020,55(3):45—53.
- [8] 王静. 不同牧草品种及轮作方式改良盐碱地效果与机理研究[D]. 银川:宁夏大学,2018.
- [9] 董智,李红丽,任国勇,等. 黄泛平原风沙化土地种植牧草改良土壤效果研究[J]. 中国草地学报,2008,30(3):84—87.
- [10] 李楠,李强,刘春光,等. 粮—草轮作对吉林省西部盐渍化土壤的改良效果[J]. 东北农业科学,2019,44(5):38—42.
- [11] 王庆锁,张玉发,苏加楷,等. 苜蓿—作物轮作研究[J]. 生态农业研究,1999(3):3—5.
- [12] 高树琴,王竝晟,段瑞,等. 关于加大在中低产田发展草牧业的思考[J]. 中国科学院院刊,2020,35(2):166—174.
- [13] 王林娜,景春梅,张玲,等. 不同种植年限紫花苜蓿和棉花轮作对土壤理化性质的影响[J]. 新疆农业科学, 2017,54(7):1523—1530.
- [14] 孙华方,李希来,金立群,等. 黄河源区人工草地植被群落和土壤养分变化[J]. 水土保持通报,2019,39(3):25—30.
- [15] 张建军,王勇,樊廷录,等. 耕作方式与施肥对陇东旱塬冬小麦—春玉米轮作农田土壤理化性质及产量的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(4):1001—1008.
- [16] 魏凡,郝明明,南丽丽. 轮作绿肥作物对陇中旱作区土壤

- 主要理化性质的影响[J]. 草原与草坪, 2019, 39(6): 33—37+48.
- [17] 马伦兰, 马培杰, 苏生. 紫花苜蓿—小麦轮作对小麦产量与土壤有机质的影响[J]. 现代农业科技, 2017(18): 1—2.
- [18] 赵丹丹. 长期轮作与施肥对旱作农田土壤碳、氮库变化的影响[D]. 西安: 西北大学; 2017.
- [19] 杨改河. 旱区农业理论与实践[M]. 北京: 世界图书出版社, 1993: 166—167.
- [20] 阿芸, 师尚礼, 金小曼, 等. 紫花苜蓿与草地早熟禾轮作牧草的养分变化特征[J]. 草原与草坪, 2019, 39(1): 28—34.
- [21] 赵思腾, 师尚礼, 陈建纲, 等. 陇中旱作区不同轮作方式对土壤碳、氮含量及酶活性的影响特征[J]. 草地学报, 2019, 27(4): 817—824.
- [22] 丁玉川, 陈明昌, 程滨, 等. 不同大豆品种磷吸收利用特性比较研究[J]. 西北植物学报, 2005(9): 1791—1797.
- [23] 何晓雁, 郝明德, 李丽霞, 等. 黄土高原轮作系统苜蓿土壤磷素变化特征[J]. 草地学报, 2014, 22(5): 1056—1062.
- [24] 潘占兵, 李生宝, 蔡进军, 等. 宁南山区苜蓿地土壤水分和养分变异规律研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(2): 61—67.
- [25] 刘磊, 陈立波, 李志勇, 等. 不同种植年限苜蓿对撂荒地土化学性状的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(增刊): 140—145.

# Effects of grain-alfalfa rotation on soil physical and chemical properties in desert irrigation area of northern Xinjiang plain

ZHANG Hui-hui, ZHANG Xue-zhou, LIANG Wei-wei, ASIYA Manlike  
ZHU Hao, RENA, LI Xue-sen

(Grassland Research Institute of Xinjiang Academy of Animal Science, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** The changes of soil physical and chemical properties under wheat-alfalfa rotation in the desert area of Northern Xinjiang Plain were studied to reveal the dynamic pattern of soil salinity and nutrients in the process of grain-alfalfa rotation, therefore providing scientific basis for the adjustment of planting structure and sustainable utilization of farmland ecosystem. The soil total salt content, pH value, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium were followed up for 5 years in wheat-alfalfa rotation system. The rotation of alfalfa in wheat effectively decreased soil salt content and pH value, with soil salt content reduced from 0.79 g/kg to 0.63 g/kg in the fourth year of rotation, and an average decrease in soil pH by 6.64%, an average increase in soil organic matter by 19.07%. Soil total nitrogen content increased from 0.52 g/kg before rotation to 0.65 g/kg, and the hydrolysis nitrogen content was significantly lower than that before rotation. Soil phosphorus content fluctuated up and down, and the total phosphorus decreased from 0.98 g/kg to 0.93 g/kg and the available phosphorus decreased from 6.18 g/kg to 2.97 g/kg in the four-year rotation. Soil available potassium content initially decreased and followed by an increase. After rotation, the minimum value of soil available potassium content was 260.44 mg/kg, which was in a potassium-rich state. Consequently, the introduction of alfalfa into the grain farming system in the desert area of northern Xinjiang plain can effectively improve the soil organic matter content, increase the total nitrogen storage and reduce the salinity. However, in the fourth year of alfalfa growth, nitrogen and phosphorus fertilizer should be appropriately supplemented, but with no need for the addition of potassium fertilizer.

**Key words:** plain desert area; grain-alfalfa rotation; soil total salt content; soil pH value; soil nutrient