

不同种植年限苜蓿地土壤环境效应的研究

金凤霞,麻冬梅,刘昊焱,杨鹏鹏,许 兴

(宁夏大学农学院,宁夏 银川 750021)

摘 要: 随着苜蓿种植年限的延长,土壤质量发生一系列变化。为了揭示不同种植年限苜蓿地土壤质量的变化,以毗邻种植的 1~5 年生苜蓿为研究对象,对土壤水分、养分及微生物的变化进行研究,分析比较不同种植年限苜蓿地土壤质量的变化。结果表明:在苜蓿生长季节内,不同种植年限苜蓿的土壤含水量的时空变化均呈先增加后降低的变化趋势;随种植年限的延长,土壤有机质、全氮、碱解氮含量呈递增趋势,速效钾的含量呈先增加后降低的趋势;各种种植年限苜蓿草地土壤微生物群落以细菌占优势,且细菌和放线菌的数量随种植年限的延长呈递增趋势,真菌变化规律不明显,此外 4 年生苜蓿地微生物总数最大,是其它各种种植年限的 1.04~2.60 倍。说明种植年限对苜蓿草地土壤质量有一定程度的影响,且因种植年限的长短,影响程度也各异。

关键词: 生长年限;土壤含水量;土壤养分;土壤微生物

中图分类号: S514.1;S311 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0073-05

Effects of planting years of alfalfa on soil quality

JIN Feng-xia, MA Dong-mei, LIU Hao-yan, YANG Peng-peng, XU Xing

(Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to reveal the changes in soil quality of different planting years of alfalfa, we analyzed soil moisture, nutrients and microbial population of alfalfa field with one to five planting years. The results showed that as the planting year increased, temporal and spatial variation of soil moisture content exhibited a pattern of increasing first and then decreasing. in addition, soil organic matter, total nitrogen content showed an increasing trend, potassium content increased first and then decreased. In the alfalfa planting soil, microbial community was dominated by bacteria, and the number of bacteria and actinomycetes as planting year increased. However, no obvious trend was found for fungus. In addition, 4-year-old alfalfa total number of microorganisms is the highest among all the treatments. Our findings indicate a substantial influence of planting year on soil quality of alfalfa field.

Keywords: planting years; moisture content; soil nutrients; soil microorganisms

近年来随着生态环境的恶化及我国农业结构的不断调整和推进,牧草的作用已逐渐受到农民的高度重视。建立草地生态系统,实施豆科牧草和粮食作物的粮草轮作,发展畜牧业生产,是改善生态环境、增加农业系统稳定性、提高生产效益的有效途径^[1]。苜蓿在我国栽培历史已有 2100 多年,分布范围广,耐盐碱,耐干旱,耐瘠薄,生长适应性强,在我国古代是重要的豆科饲料作物和救荒作物^[2]。种植苜蓿既可以获得较好的经济效益,又可以改良土壤,其改良作用已得到许多研究的肯定^[3]。但随着苜蓿生长年限的延长,加之田间管理不善,草地产草量迅速下

降,土壤水分、养分等发生一系列变化,退化较为严重,甚至基本丧失利用价值,并沦为牧荒地^[4]。

前人对宁南山区不同苜蓿生长年限的土壤理化性状、土壤微生物的影响做了大量研究^[5-7],但对便于引灌的平原地区相关研究较少。本研究以宁夏贺兰山农牧场 1 至 5 年生的苜蓿为研究对象,对其土壤理化性质的季节性变化进行了研究,从而对宁夏灌区苜蓿的退化机理、人工草地管理、制定合理的粮草轮作周期、评价高产栽培条件下种植苜蓿改良土壤的效应提供重要的理论指导意义。

收稿日期:2013-07-23
基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目“荒漠草原区农牧复合生态系统构建与可持续利用技术集成试验与示范”(2011BAC07B03);宁夏农发办项目(NTKJ-2012-12)
作者简介:金凤霞(1989—),女,宁夏同心人,在读硕士,主要从事作物栽培与耕作学。E-mail:544698578@qq.com。
通信作者:许 兴(1959—),教授,博士生导师,主要从事作物栽培生理、分子生物学及生态农业研究。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地处温带干旱地区,日照充足,年均日照时数 3 000 h 左右,无霜期约 160 d。热量资源较丰富,10℃以上活动积温约 3 300℃。气温日较差大,平均达 13℃,有利于作物的生长发育和营养物质积累。虽干旱少雨(年降水量 200 mm 左右),但黄河年均过境水量达 300 余亿 m³,便于引灌,光、热、水、土等农业自然资源配合较好,为发展农林牧业提供极有利条件。

1.2 实验设计

试验地处贺兰山东麓冲积平原,地下水位低于 1 m,地层深厚,土壤质地多为沙壤土,淡灰钙土,土壤 pH 值为 7.5~8.5,可溶性盐分在 0.3% 以下。供试的苜蓿品种为紫花苜蓿,试验田分别以 2006 年、2007 年、2008 年、2009 年及 2010 年毗邻种植的苜蓿地为研究对象,即分别为种植 5 年、4 年、3 年、2 年和 1 年的苜蓿地,每年春季返青前追施氯化钾 225 kg·hm⁻²,每一茬刈割后追尿素 225 kg·hm⁻²,其地力水平和栽培管理措施基本一致。

1.3 样品采集与分析

供试的土样为苜蓿生长期间采用相同的取样标准和方法,每月初分别在 2006—2010 年种植的苜蓿地进行。每一条草地选取 3 个有代表性的地块,面积为 1 m²,在每个所选取的样地内随机取 5 个点,将地表的凋落物层去除后用土钻进行采样,并且去掉土壤中的可见植物残体。然后将土样分为 2 份:一份为新鲜土样过 2 mm 筛后放置于冰箱中(4℃,不超过 4 d)用于测定土壤微生物量;另一份土壤自然风干后过筛,用于测定土壤养分。

土壤含水量采用土钻取土烘箱烘干法进行测定;土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法,土壤全氮采用开氏消煮法,全磷采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法,碱解氮采用碱解扩散法,速效磷采用 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸提-分光光度法,速效钾采用 1 mol·L⁻¹ NH₄OAC 浸提-火焰光度法^[8-10];微生物数量测定:采用稀释平板法计数,细菌用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌用马丁氏培养基,放线菌用高氏 I 号培养基^[11-12]。

1.4 数据处理与分析

数据采用 Execl 2003 和 DPS 软件处理,并进行方差分析及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限苜蓿地土壤含水量的时空变化

2.1.1 不同种植年限苜蓿地土壤平均含水量的季节性变化 由图 1 可以看出,不同种植年限苜蓿草地 0~1 m 土层内土壤平均含水量在生长季节内随月份的递增均呈先增后降的变化趋势。5 年生、3 年生和 1 年生苜蓿草地的土壤含水量变化趋势类似,7 月份土壤含水量最高,8 月至 9 月苜蓿处于生长旺盛期,故土壤含水量下降,10 月份由于苜蓿生长衰退,土壤含水量较 8 月、9 月略有回升;而 2 年生和 4 年生苜蓿草地的土壤含水量的变化规律相似,且土壤含水量的最大值则出现在 9 月份,最小值出现在 10 月份,其具体原因还有待进一步观察分析。在生长季节内不同种植年限苜蓿草地 0~1 m 土层内土壤平均含水量的顺序为:3 年生>4 年生>1 年生>5 年生>2 年生,变化规律不明显。

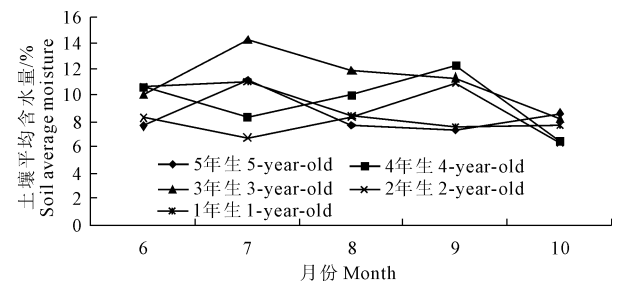


图 1 不同种植年限苜蓿草地 0~1 m 土层平均土壤含水量的季节性变化

Fig.1 Seasonal variations in soil moisture in 0~1 m depth of different planting years of alfalfa

2.1.2 不同种植年限苜蓿地土壤含水量垂直变化

由图 2 可以看出,0~1 m 土层内不同种植年限苜蓿草地的土壤含水量的变化趋势大体相似,即随土层深度的增加,土壤含水量呈先增加后降低的变化趋势。不同种植年限在各层次土壤含水量的顺序为:40~60>20~40>60~80>80~100>0~20 cm,4 年生苜蓿草地的土壤含水量最大,为 11.78%。土壤含水量在各土层内 5 年生和 4 年生变化较稳定,变幅在 8.47%~9.53% 之间,1 到 3 年生苜蓿草地的土壤含水量在各层内变幅相对较大,在 8.426%~11.088% 之间。在 40~60 cm 土层内 4 年生苜蓿的土壤含水量最大,40~100 cm 土层内 3 年生苜蓿的土壤含水量最大,5 年生苜蓿草地的土壤含水量除 0~20 cm 土层最大,而在其它各层的土壤含水量均最小。

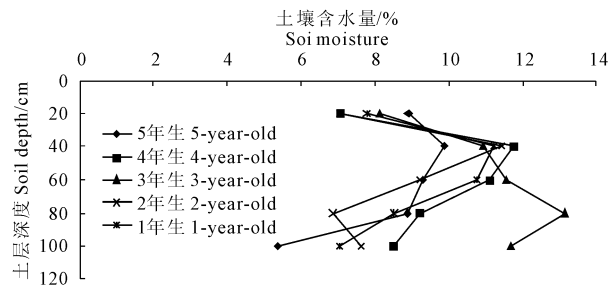


图 2 不同种植年限 0~1 m 土层内土壤含水量的垂直性变化
Fig.2 Vertical variations of soil moisture in 0~1 m depth for different planting years

2.2 不同种植年限苜蓿土壤养分的变化

2.2.1 不同种植年限苜蓿土壤有机质及全量养分

表 1 不同种植年限苜蓿地土壤养分的变化

Table 1 Contents of soil nutrients in alfalfa field of different growth years

种植年限 Year	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen /(g·kg ⁻¹)	全磷 Total phosphorus /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Available nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available kalium /(mg·kg ⁻¹)
5 年生 5-year-old	4.63Aa	0.97Aa	0.54Aa	40.62Aa	5.89Aab	115Dd
4 年生 4-year-old	4.87Aa	0.42Cc	0.53Aa	18.22Cc	7.25Aa	190Aa
3 年生 3-year-old	3.81Bb	0.45Bb	0.49Aab	18.24Cc	4.06Ab	170Bb
2 年生 2-year-old	3.81Bb	0.34Dd	0.46Ab	9.17Dd	5.48Aab	60Ee
1 年生 1-year-old	2.87Cc	0.28Ee	0.47Ab	23.00Bb	4.56Ab	140Cc

注:同一列数值后的不同大小写字母代表同一测定指标分别在 0.01 和 0.05 水平上显著。
Note: Different uppercase and lowercase letters in the same column indicate 0.01 and 0.05 level significant, respectively.

2.2.2 不同种植年限苜蓿土壤速效养分时间变化

由表 1 可知,苜蓿草地碱解氮的含量随种植年限的增加总体呈增加的趋势,除 3、4 年生之间的差异不显著外,其它各年限苜蓿草地的碱解氮含量差异达到极显著水平。苜蓿草地速效磷含量随种植年限的增加没有明显的变化规律,仅 4 年生苜蓿地土壤速效磷含量与其它各年限土壤速效磷含量差异达到显著水平,其它各个年限间无差异。速效钾的含量随种植年限的增加总体呈先增后降的趋势,且各个年限间差异均达到及显著水平,4 年生苜蓿地速效钾含量最高。

2.3 不同种植年限苜蓿土壤微生物群落的变化

由表 2 知,不同种植年限苜蓿地土壤三大类群的微生物中,细菌的数量最大,放线菌次之,真菌最小。土壤中细菌数量和放线菌的数量变化趋势一致,即随种植年限的增加总体呈增加的趋势,3、4 年生和 2、5 年生之间没有差异,其它各种种植年限间差异显著。土壤中真菌随种植年限的增加无明显变化规律,且各年限间的差异不显著。

的变化 由表 1 可知,苜蓿草地土壤有机质含量随种植年限的延长而增加,其有机质含量仅在 4、5 年生和 2、3 年生之间的差异不显著,而在其它各年限苜蓿地间的有机质含量差异达到极显著水平,可以看出,种植年限的长短对土壤有机质含量影响较大,且只有达到一定的种植年限后,苜蓿对土壤有机质含量的提高才较明显。土壤全氮含量随种植年限的增加而增加,且各年限间的差异均达到极显著水平,由此可知,土壤全氮含量受种植年限的影响也较大,且与土壤有机质之间呈正相关关系。各种种植年限土壤全磷含量随种植年限的增加呈递增趋势,且 4、5 年生和 1、2、3 年生之间差异不显著,其它各年限间的差异均达到显著水平。

表 2 不同种植年限苜蓿地土壤微生物数量(个/g 干土)

Table 2 Microorganism quantities in the fields of different planting years

种植年限 Year	真菌数量 Number of fungi	细菌数量 Number of bacteria	放线菌数量 Number of actino mycetes
5 年生 5-year-old	140Bb	75110ABa	36756ABb
4 年生 4-year-old	192ABb	100985Aa	55972Aa
3 年生 3-year-old	113Bb	96612Aa	52022Aa
2 年生 2-year-old	132Bb	79162ABa	47185ABab
1 年生 1-year-old	320Aa	38976Bb	34054Bb

2.4 不同种植年限苜蓿土壤养分与土壤微生物的相关性

研究土壤养分含量必然与土壤微生物相联系,因为微生物数量的多少对土壤养分的循环有重大影响,因此本试验对不同种植苜蓿地土壤真菌、细菌、放线菌数量与各处理土壤全量养分和速效养分进行测定。分析结果如表 3 所示,可以看出真菌数量仅与碱解氮和速效钾呈正相关,而与有机质、全氮、全磷及速效磷均呈负相关,且相关性不显著;细菌数量与土壤有机质、全氮达到极显著的相关关系,即随着

土壤中细菌数量的增加,有机质、全氮含量均增加;放线菌数量与有机质、全磷含量达到极显著的相关关系,与速效钾达到显著的相关关系,说明放线菌对有机质、全磷、全钾的形成有一定的作用。

表 3 不同种植年限苜蓿草地土壤微生物性质与养分相关分析
Table 3 Correlation analysis between soil microbial properties and soil nutrient in different growth years

项目 Item	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	1	-0.775	-0.516	-0.569	-0.428	-0.239	0.056	-0.069	0.201
x_2		1	0.396	0.754**	0.658**	0.433*	0.232	0.402*	0.340
x_3			1	0.697**	-0.29	0.127	0.588**	0.342	0.412*
x_4				1	0.591**	0.342	0.284	0.291	0.232
x_5					1	0.759**	0.864**	0.236	-0.083
x_6						1	0.694**	0.627**	0.463*
x_7							1	0.093	0.108
x_8								1	0.138
x_9									1

注: * 和 ** 分别表示相关系数达到显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$)
 $X_i (i = 1 \sim 9)$ 分别指真菌数量、细菌数量、放线菌数量、土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾
Note: * and ** indicate significant difference at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.
 $X_i (i = 1 \sim 9)$ means number of fungi, number of bacteria, number of actino mycetes, organic matter, total N, total P, available nitrogen, available phosphorus, and available kalium, respectively.

3 讨 论

1) 苜蓿地的土壤水分环境变化受到许多环境因子的影响,呈现出非常复杂的变化,国内外研究表明,不同地区的研究结果差异较大,有的一致,有的不一致甚至相反,同一地区年际间的变化情况也不尽相同。从总体上看,某一地区的土壤水分动态的时空变化具有其内在的变化规律。

作物耗水是引起农田土壤水分季节变化,产生土壤水分季节性亏缺的主要因素^[13]。本实验研究结果显示土壤含水量随月份的递增呈先增加后降低的变化趋势。不同土层深度内的土壤含水量随深度的增加呈先增加后降低的变化趋势,这是由于植物根系生长的深度可以近似地被认为是植物对土壤水分的利用深度,随着苜蓿根系的生长,根系分布层以下土层的土壤水分由于毛细作用逐渐上移至根系分布层,为植物所利用,表现在上层土壤含水量较高,下层较低,即多年连续种植会导致土壤干燥化,形成生物性土壤下伏干层,这与李玉山等人的研究结果相一致^[14-17]。王志强^[18]等通过研究发现,种植超过 10 的苜蓿草地,即使翻耕 12 年后,也仅能满足 1 年生农作物的生长需求,而不能满足林木和多年生豆科牧草正常生长的水分需求。因而,苜蓿草地种植 6~8 年后应该及时翻耕^[16]。

2) 对低产田种苜蓿肥田养畜研究结果显示,豆科牧草会显著提高土壤肥力,改善土壤理化性质,种植苜蓿对土壤理化性质的影响,主要通过土壤养分,

土壤酸碱度及土壤可溶性盐等的变化来反映^[19]。李小坤等^[20]对牧草施肥研究进展进行了综述,而且许多学者^[21-24]研究了紫花苜蓿对土地肥力的影响。实验结果显示不同种植年限苜蓿草地的土壤有机质含量随种植年限的增加而呈递增的变化趋势,种植年限对有机质的影响较大,且只有达到一定的种植年限后,苜蓿对土壤有机质含量的提高才明显。这与种植一定年限后苜蓿根腐率显著增大,加之凋谢物逐年累积有关^[25],从这一点看紫花苜蓿种植年限越长对土壤的改良效果越好。土壤全氮和碱解氮含量随种植年限的延长也有不同程度增加,这与有关研究结论是一致的^[26],而速效钾随种植年限的延长呈先增加后降低的变化趋势,且 4 年生苜蓿草地的速效钾含量最高,速效磷的含量随种植年限的延长没有明显的变化规律,这一结论与有关研究结论不相符^[27-28],其具体原因还需进一步分析研究。

3) 土壤中数量众多的微生物既是土壤形成过程的产物,也是土壤形成的推动者^[29]。土壤微生物即是土壤中活的有机体,同时也是最活跃的土壤肥力因子之一。从不同种植年限苜蓿草地土壤微生物群落的研究结果来看,微生物数量以细菌占优势,放线菌次之,真菌最小。这是由于随着种植年限的增加紫花苜蓿地土壤有机质含量增加,pH 降低,土壤结构得到改善,有利于土壤中细菌和放线菌的生长。此外细菌和放线菌的数量随种植年限的递增呈增加的变化趋势,而真菌随种植年限的增加变化规律不

明显,这与杨恒山等^[30]的研究结论基本一致,说明随生长年限的延长,土壤中微生物的活动增强。

4 结 论

1) 在苜蓿生长季节内不同种植年限苜蓿地土壤水分的时空变化具有各自的变化规律。0 ~ 1 m 土层内土壤平均含水量随月份的递增呈先增加后降低的变化趋势,8、9 月为苜蓿的生长旺盛期,故在这一时期土壤含水量呈下降趋势,之后略有回升;随土层垂直深度的增加,土壤含水量呈现先升高后降低的趋势。根据根系和非饱和水移动规律,根系不断向下生长,土壤深层水沿着水势梯度向根层移动,使土壤深层水分不断的消耗,土壤含水量降低,干层厚度不断加深。因此,随苜蓿种植年限的延长,苜蓿草地深层土壤含水量降低,加剧土壤干燥化程度。

2) 苜蓿草地土壤有机质、全氮、全磷及碱解氮含量均随种植年限的延长呈增加的变化趋势,速效钾则呈先增加后降低的变化趋势,速效磷无明显的变化规律,且土壤养分各年限间的变化规律显著,且 4 年生总体高于其它各种种植年限;此外土壤微生物区系以细菌占绝对优势,是土壤微生物的主体,其次是放线菌,真菌最少,且 4 年生苜蓿地微生物总数最大,是其它各种种植年限的 1.04 ~ 2.60 倍。可以看出,种植年限的长短对土壤养分及微生物数量的影响较大,且只有达到一定的种植年限,其效果才较显著。

3) 不同种植年限苜蓿地的土壤养分和微生物并不是单独存在,而是相互作用,相互影响,且存在一定的相关性,相关程度也各异。

参 考 文 献:

[1] 高雪峰,韩国栋,张 功,等.荒漠草原不同放牧强度下土壤酶活性及养分含量的动态研究[J].草业科学,2007,24(2):10-14.

[2] 周 敏.中国苜蓿栽培史初探[J].草原与草坪,2004,(1):44-46.

[3] 张晓琴,胡明贵.紫花苜蓿对盐渍化土地理化性质的影响[J].草业科学,2004,21(11):31-34.

[4] 何有华.紫花苜蓿在陇中地区生态环境建设中的作用分析[J].草业科学,2002,(7):17-18.

[5] 韩仕峰.宁南山区苜蓿草地土壤水分利用特征[J].草业科学,1990,7(5):47-52.

[6] 山 仑.宁南山区草田轮作研究.不同轮作制度下的农田水分平衡[J].水土保持学报,1993,7(4):67-71.

[7] 刘沛松,李 军.宁南旱区苜蓿草地土壤水分消耗规律及粮草轮作土壤水分恢复效应研究[J].中国农学通报,2005,9(21):270-274.

[8] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978:62-191,466-532.

[9] 劳家桢.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1988:123-133,203-227,229-297.

[10] 南京农业大学.土壤农化分析[M].第 2 版.北京:农业出版社,1986:246-267.

[11] 李顺鹏.微生物学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2003:110-115.

[12] 沈 萍,范秀容.微生物学实验[M].北京:高等教育出版社,1999:214-216.

[13] 吴金水,郭胜利,党廷辉.半干旱区农田土壤无机氮积累与迁移机理[J].生态学报,2003,23(10):2041-2048.

[14] 李玉山,黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J].自然资源学报,2001,16(5):427-432.

[15] 杜世平,王留芳,龙明秀,宁南山区旱地紫花苜蓿土壤水分及产量动态研究[J].草业学报,1999,16(1):12-17.

[16] 李玉山.苜蓿生产力动态及其水分生态环境效应[J].土壤学报,2002,39(3):404-411.

[17] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[J].北京:科学出版社,2000:104-114.

[18] 张春霞,郝明德,李丽霞.黄土高原沟壑区苜蓿地土壤碳、氮、磷组分的变化[J].草地学报,2005,(5):69-70.

[19] 肖贵一.低产田种苜蓿肥田养畜[J].黑龙江畜牧兽医,1992,(6):18-19.

[20] 李小坤,鲁剑巍,陈 防.牧草施肥研究进展[J].草业学报,2008,17(2):136-142.

[21] 杨玉海,蒋平安,艾尔肯.种植苜蓿对土壤肥力的影响[J].干旱区地理,2005,28(2):248-251.

[22] 马其东,高振生.黄河三角洲地区苜蓿生态适应性研究[J].草地学报,1999,7(1):28-38.

[23] 胡发成.种植苜蓿改良培肥地力的研究初报[J].草业科学,2005,22(8):47-49.

[24] 张春霞,郝明德,王旭刚.黄土高原地区紫花苜蓿生长过程中土壤养分的变化规律[J].西北植物学报,2004,24(6):1107-1111.

[25] 邵继承.种植年限对紫花苜蓿土壤理化特性及其微生物影响的研究[D].通辽:内蒙古民族大学,2008.

[26] 杨玉海,蒋平安.不同种植年限紫花苜蓿地土壤理化特性研究[J].水土保持学报,2005,19(2):110-113.

[27] 李锋瑞,高崇岳.陇东黄土高原若干轮作复种模式的生态交流比较研究[J].草业学报,1994,3(1):48-55.

[28] 张玉发.试论苜蓿生产在我国农业三元种植结构调整中的地位和作用[J].草业科学,1999,2:2-6.

[29] 陈华癸.土壤微生物学[M].上海:上海科学技术出版社,1981:46.

[30] 杨恒山,张庆国,刘 晶,等.不同生长年限紫花苜蓿根系及其土壤微生物的分布[J].草业科学,2007,24(11):38-41.