

宁南黄土丘陵区不同生态恢复模式对土壤养分的影响

温淑红, 李生宝, 许浩, 蔡进军, 潘占兵, 王月玲

(宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002)

摘要: [目的] 分析植被恢复过程中土壤养分的变化规律, 认识和评价植被生态系统功能恢复, 促进植被演替和加快生态恢复的人工调控。[方法] 通过对宁夏南部山区彭阳县中庄示范区天然草地(封山禁牧)、农耕地(退耕)、人工苜蓿(退耕还林草)3种生态恢复模式进行调查, 研究分析不同生态恢复模式对土壤养分的影响。[结果] 宁夏黄土丘陵区不同生态恢复模式效果依次为: 天然草地>农耕地>人工苜蓿。随着土层深度的增加, 土壤养分含量均呈现降低的趋势。随着植被恢复年限的延伸, 土壤养分会逐渐累积而增加。不同恢复年限苜蓿地土壤肥力指数小于农耕地, 土壤肥力贫瘠, 且随苜蓿种植时间的延长, 呈现先增大, 再减小的趋势。[结论] 在宁夏黄土丘陵区进行植被恢复, 能明显提高土壤养分含量, 改善土壤肥力状况, 但旱作苜蓿粗放经营(只刈割, 不培肥), 导致土壤综合肥力指数日趋下降。

关键词: 土壤养分; 生态恢复模式; 土壤肥力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)05-0199-06

中图分类号: S154.1, S551⁺7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.103

Effects of Soil Nutrients on Ecological Restoration Patterns in Loess Hilly Region of Southern Ningxia Hui Autonomous Region

WEN Shuhong, LI Shengbao, XU Hao, CAI Jinjun, PAN Zhanbing, WANG Yueling

(Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia, 750002, China)

Abstract: [Objective] The objectives of the study are to analyze the changes in soil nutrients with vegetation recovery in order to understand and evaluate the functional restoration of vegetation ecosystem, and to adjust speed the vegetation succession and accelerate the ecological recovery. [Methods] Three ecological restoration patterns, natural grassland(grazing forbidden), farmland(fallow) and planted alfalfa(returning to forest and grassland), were investigated to analyze the influence of ecological restoration on soil nutrients. [Results] The natural grassland has bigger effects than farmland then followed by planted alfalfa on soil. As the soil depth increased, all soil nutrients decreased. With the time of recovery, soil nutrients gradually accumulated. The soil fertility index in alfalfa fields was lower than that in farmland and increased in the early period of recovery and then declined with time. [Conclusion] Vegetation recovery in the loess hilly region in Ningxia would obviously increase the contents of soil nutrients and improve the fertility of soil. But alfalfa, which was extensively managed on dry fields(no fertilizer applied but only mowing), would seriously decrease soil fertility.

Keywords: soil nutrition; ecology restoration pattern; soil fertility

土壤不仅影响植被群落的发生、发育和演替速度, 而且也对生态系统构成、生产力和结构具有重要影响, 植物演替过程同时也丰富了土壤资源, 增加了其空间异质性, 维持了物种间关系、物种的分布格局以及干扰下的群落物种多样性^[1]。恢复植被是改善

生态环境, 防止土地退化, 提高土壤肥力和生产能力的有效途径, 是黄土高原地区建设生态环境和持续发展的主要战略措施^[2]。了解植被恢复过程中土壤养分的变化规律, 是认识和评价植被生态系统功能恢复的重要依据, 对以促进植被演替和加快生态恢复的人

收稿日期: 2014-08-19

修回日期: 2014-09-16

资助项目: 宁夏回族自治区自然科学基金资助项目“宁南山区土壤养分对不同生态恢复模式的响应”(NZ12246)

第一作者: 温淑红(1971—), 女(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 研究生硕士, 助理研究员, 主要从事植物保护、退化生态恢复与重建等工作。E-mail: wshh.951@163.com。

通信作者: 潘占兵(1975—), 男, 宁夏回族自治区惠农县人, 副研究员, 在职硕士研究生, 主要从事荒漠化防治与生态环境建设方面等研究。E-mail: pan7536@163.com。

工调控具有重要作用。但是对宁南黄土丘陵区地形复杂、植被生态恢复模式多样化,及其土壤养分环境效应的认识尚不深入。本研究选择宁夏南部山区彭阳县退耕还林区域为研究对象,以土壤主要养分元素的时间空间含量变化为依据,分析土壤养分随着恢复年限延长而发生的动态变化及其规律,以揭示干旱区植被恢复过程中土壤环境变化特征,为干旱区生态恢复重建提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究地区概况

试验研究区位于宁夏南部山区彭阳县中庄村,即 $E105^{\circ}9'—106^{\circ}58'$, $N34^{\circ}14'—37^{\circ}4'$,地貌类型属黄土高原腹地梁峁丘陵,区内梁峁相间,沟壑纵横,地形破碎,平均海拔在 1 600~1 700 m;土壤类型以黄绵土为主;属温带大陆性气候,夏季潮湿炎热,冬季干燥寒冷,年均气温 7.5°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 2 500~2 800 $^{\circ}\text{C}$,年平均蒸发量 1 360.6 mm,无霜期 140~160 d。年平均降水量 442.7 mm,降水季节分布很不均匀,主要集中在 7—9 月,占全年降水量的 60%^[3],而且降水的年际差异较大,降水量集中月份降水常以暴雨形式出现,局部地区容易发生洪水。水土流失、土地退化等成为该地区主要环境问题^[4]。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集与处理 通过对宁夏南部山区彭阳县中庄示范区天然草地(封山禁牧)、农耕地(退耕)、人工苜蓿(退耕还林草)3种生态恢复模式进行调查,确定环境因子相近的采样点。本研究区植被类型以草原植被为基础,天然草地主要形成以百里香(*Thymus mongolicum*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、赖草(*Leymus secalinus*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)等为优势种的干草原;其次还生长有零星的枸杞(*Lycium chinense*)、蕤核(*Prinsepia uniflora*)、互叶醉鱼草(*Buddleja alternifolia*)等灌丛。农地退耕后植被以山桃(*Prunus davidiana*)、沙棘(*Hippopae rhamnoides*)、山杏(*Armeniaca sibirica*)等为主,人工草地主要为紫花苜蓿(*Medicago sativa*)。对农地退耕,按照 S 形随机采样,分别采集表层土样品(0—20, 20—40, 40—60, 60—80 和 80—100 cm)各 5 个;在苜蓿地种植年限分别为 3, 7 和 19 a 的样地(0—20, 20—40, 40—60, 60—80 和 80—100 cm)各取 6 个样,每个土样采集 1~2 kg,充分混合后装入塑料袋中,密封后带回实验室。

进行土样分析之前,首先去除土样中的石块、草

根等杂物后置于通风橱内风干;然后将风干后的土样压碎(不用陶瓷研钵研磨,以防破坏颗粒组成);并用四分法取样,剩余土样备用;最后分别过 18 目(1 mm)、60 目(0.25 mm)、100 目(0.1 mm)筛,用自封袋装好贴上标签,于阴凉处密封保存,待用。其中过 18 目筛的样品用于速效氮、磷、钾的测定,过 60 目(0.25 mm)筛的样品用于有机质的测定,过 100 目(0.1 mm)筛的样品用于全氮、磷、钾的测定。

1.2.2 测定指标与方法 土壤养分测定内容包括土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效钾、速效磷。具体分析方法依照《土壤理化分析》的步骤^[5]。有机质采用电热板加热— $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法;全氮采用凯氏法;全磷用酸溶—钼锑抗比色法;全钾采用 NaOH 熔融火焰光度计法;速效氮采用碱解扩散法;速效磷采用 0.5 MNaHCO₃ 浸提比色法;速效钾采用浸提—火焰光度计法测定。

2 结果与讨论

2.1 不同生态植被恢复模式对土壤养分的影响

土壤是植物生存与发展的基质,植被对土壤的作用又表现在每年向林下土壤提供大量的凋落物,经微生物分解后使土壤的养分含量升高。天然草地草种繁多,而且多为一年生植物,每年也有相当量的营养物质回归土壤^[6]。而苜蓿作为多年生豆科草本植物,发达的根系能为土壤提供大量的有机物质,并能从土壤深层吸取钙素,分解硫酸盐,改善土壤理化性状,根部大量的根瘤菌可以固定空气中的游离态氮,增加土壤含氮量,提高土壤肥力,加之其枝叶茂盛,对地面覆盖度大,减少水土流失作用显著。

从表 1 可以看出,天然草地土壤养分含量最高,人工苜蓿和农耕地次之。农耕地 0—20 cm 土层全氮含量最低 0.15 g/kg,差异最为明显,而速效磷含量最高。这与农耕地在前期耕种期间的人为开垦、施肥等因素有关。苜蓿地 0—60 cm 层有机质、全氮平均含量均随苜蓿种植年限的延长,呈现先降低、再增加的趋势,苜蓿地 0—100 cm 层土壤速效氮、全磷、速效磷平均含量均随苜蓿种植年限的延长,呈降低的趋势。由此可见,种植苜蓿和草地退牧保持其天然状态,对保持土壤养分均有明显的作用,开垦耕种则明显降低了土壤养分含量。因植被恢复能增强土壤腐殖化作用,促进土壤有机质形成和发育,明显提高土壤中有机质含量,进而改善土壤养分状况。总体而言,不同植被恢复方式,0—40 cm 土层,随着土层深度的增加,土壤养分平均含量变化全氮和速效氮含量

天然>农耕地>人工;速效磷含量农耕地>天然>人工,速效钾含量天然>农耕地>人工。土壤有机质含量变化人工苜蓿>天然草地>农耕地。土壤速效钾、速效磷含量均有很大程度的增加(表 1)。

表 1 不同植被类型土壤养分状况

植被类型	深度/cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	速效氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)
天然草地	0—20	16.4	30.09	18.1	165.49	0.33
	20—40	15.3	28.40	16.4	83.44	0.24
退耕农地	0—20	10.2	27.07	18.2	87.32	0.15
	20—40	10.1	23.98	13.1	45.85	0.13
人工苜蓿	0—20	10.0	27.02	14.1	157.39	0.17
	20—40	8.5	18.29	8.1	57.22	0.11
原农地	0—20	10.9	24.20	13.5	89.71	0.14
	20—40	8.2	17.80	7.8	68.95	0.12

2.2 人工植被恢复中土壤养分的变化特征

以人工苜蓿为例,由表 2 可知,随着人工植被苜蓿恢复年限的增加,除速效钾外,其余土壤养分均有降低趋势。在第 7 a 时,土壤养分速效钾含量较退耕 3 a 时迅速增加,达到最高值 98.0 mg/kg。其余养分含量均有下降趋势,但其含量已远远超过了退耕前土壤中各养分的含量。因为植被恢复过程中的养分变化,实际上是植被对养分的消耗与累积的动态过程。植被恢复初期,生物量和凋落物较少,积累养分的能力较低,此时消耗大于累积,土壤养分含量便逐渐减少。植被恢复后期,大量枯枝落叶归还给土壤,经过腐殖化作用形成土壤有机质,矿化分解释放出速效养分。而速效钾表现出较大的差异,促进了植被恢复钾素营养的矿化过程。在第 19 a 时,土壤养分含量经过一个低谷期后,又逐渐积累。随着植物群落生物量的增加,养分富集作用增加,其有机质和全氮含量较 7 a 时逐渐升高,而其余养分则为降低。就不同养分的含量变化看,对植被恢复的响应程度从高到低表现为:速效钾>速效氮>有机质>速效磷>全氮>全磷>全钾。速效养分对植被恢复表现出较强的敏感性,其次为有机质和全氮,而全钾几乎没有变化。但随年限的增加,土壤全钾含量始终处于中等水平到丰富状态,平均含量均大于 50.0 mg/kg^[7]。

2.3 植被恢复过程中土壤养分的垂直分布特征

2.3.1 土壤有机质的变化

在宁夏南部黄土丘陵区,不同植被恢复方式对土壤的腐殖化作用差异显著。几种不同植被恢复方式各层土壤有机质含量均随深度增加而递减,其趋势基本一致。几种不同植被恢复方式土壤有机质均有一定的表聚性,有机质主要分布在 0—20 cm 深度范围内,其中自然封禁恢复土

壤有机质表聚性表现最为明显,而且其对深层土壤有机质培肥效果最好^[8]。

在恢复初期,除 P 元素外,人工植被下的其他土壤养分都较天然植被为高,但当植被恢复到 20 a 左右,人工植被群落的土壤养分含量则逐渐降低,土壤有机质含量则低于天然植被。但随着演替时间的进行,两者的差距逐渐缩小,自然植被的土壤有机质含量甚至超过了人工植被。3 年生苜蓿地剖面 40—100 cm 层土壤有机质含量平均为 7.1 g/kg,苜蓿进入盛产期,土壤有机质含量迅速下降,7 年生苜蓿地 40—100 cm 层土壤平均有机质含量仅为 4.0 g/kg,且显著小于坡耕地($p < 0.01$)^[7]。随着苜蓿旱作年限的进一步延长,苜蓿退化越来越严重,天然草成为人工草地的优势植物,苜蓿刈割利用频率减少,土壤有机质开始逐渐积累,到 19 a 时,苜蓿地 40—100 cm 土壤平均有机质恢复到 6.0 g/kg。

40—100 cm 土层的土壤养分含量,从总体上反映了土壤养分对植被恢复过程的响应,但养分在土壤剖面的分布却具有明显的层次性,随土壤剖面深度发生较大的变化。不同年限苜蓿的土壤养分中有机质含量平均为 5.4 g/kg,呈现低水平。土壤有机质含量总体随着土壤剖面深度的增大而不断变化,表层土壤有机质含量最高,向下迅速减小,60 cm 以下变化幅度较小趋于稳定。至 80 cm 深度后有机质含量又逐渐升高。

2.3.2 土壤氮素的变化

在宁夏南部黄土丘陵区土壤全氮处于偏下水平,苜蓿旱作后,粗放经营,农户对旱作苜蓿的经营方式主要以刈割收草为主,不再施肥,土壤全氮处于偏下水平。随着土层深度的增加,土壤全氮含量由表层(0—20 cm)的中等水平下降到 40—60 cm 的贫瘠状态。

表 2 不同年限苜蓿的土壤养分变化特征

年限/ a	深度/ cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	速效氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)
3	0—20	8.75	40.0	3.7	74.0	0.56	0.58
	20—40	8.02	27.0	1.8	60.0	0.51	0.54
	40—60	7.08	55.0	2.1	62.0	0.44	0.51
	60—80	5.90	24.0	2.0	63.0	0.34	0.52
	80—100	5.62	26.0	2.3	64.0	0.38	0.56
	平均值	7.07±1.34	34.4±13.13	2.38±0.76	64.6±5.46	0.45±0.09	0.54±0.03
7	0—20	6.86	56.0	2.8	—	0.58	0.58
	20—40	3.72	28.0	2.5	97.0	0.34	0.54
	40—60	3.72	21.0	2.4	96.0	0.28	0.50
	60—80	2.99	23.0	2.0	99.0	0.30	0.44
	80—100	3.14	25.0	2.1	100.0	0.29	0.53
	平均值	3.98±1.93	30.6±14.43	2.36±0.32	98.0±1.83	0.36±0.13	0.52±0.05
19	0—20	10.6	34.0	1.7	95.0	0.73	0.50
	20—40	5.24	13.0	1.5	62.0	0.32	0.50
	40—60	3.96	9.0	1.5	60.0	0.26	0.46
	60—80	4.95	12.0	2.0	58.0	0.36	0.51
	80—100	5.02	10.0	1.5	60.0	0.31	0.52
	平均值	5.95±2.64	15.6±10.41	1.64±0.22	67.0±15.72	0.40±0.19	0.50±0.02
CK	0—20	10.20	57.0	8.4	120.0	0.76	0.64
	20—40	7.95	27.0	5.7	74.0	0.59	0.58
	40—60	9.04	19.0	6.9	83.0	0.66	0.62
	60—80	5.69	14.0	2.6	67.0	0.46	0.55
	80—100	5.47	13.0	2.3	74.0	0.46	0.56
	平均值	7.67±2.07	26.0±18.19	5.18±2.67	83.6±21.13	0.59±0.13	0.59±0.04

随着苜蓿种植年限的增加,土壤全氮含量先下降再增加。3年生苜蓿地0—100 cm土壤平均全氮含量较高,随着苜蓿进入盛产期,需要消耗土壤氮素,使0—100 cm土壤平均全氮含量由3年生的0.45 g/kg显著下降到第7 a的0.36 g/kg;早作19 a时,苜蓿严重退化,此时苜蓿密度、产量明显下降,土壤全氮含量开始恢复,但仍小于坡耕地。土壤速效氮含量也随着苜蓿种植年限的增加而降低。3 a生苜蓿地0—100 cm土壤平均速效氮含量最高,为34.4 mg/kg。19 a生苜蓿地0—100 cm土壤平均速效氮含量下降到15.6 mg/kg。早作苜蓿粗放经营,加剧了苜蓿速效氮的亏缺。

2.3.3 土壤磷素的影响 苜蓿地土壤剖面全磷含量均处于贫瘠状态,随着土层深度的增加,土壤全磷呈下降趋势,但垂直变化较小,变异系数在0.041~0.105之间。随着苜蓿种植年限的增加,土壤全磷也呈下降趋势。3年生苜蓿地0—100 cm土壤平均全磷含量为0.54 g/kg;随着苜蓿进入盛产期,需要消耗土壤磷素,使土壤全磷含量快速下降。7年生苜蓿地土壤平均全磷含量为0.52 g/kg,19年生苜蓿地0—100 cm土壤平均全磷含量为0.50 g/kg,7年生与19

年生苜蓿地土壤全磷显著低于坡耕地。可见,苜蓿长期种植,可导致土壤全磷含量下降。土壤速效磷含量均小于5 mg/kg,处于贫瘠且随土层深度的增加而呈现降低的趋势。随着苜蓿种植年限的增加,土壤速效磷也呈下降的趋势。3 a苜蓿地0—100 cm土壤速效磷平均含量较高,为2.38 mg/kg,苜蓿早作7 a时,随着苜蓿生物产量的增加,土壤速效磷被苜蓿消耗,造成土壤速效磷含量降低为2.36 mg/kg,早作19 a时,苜蓿明显进入退化期,苜蓿地土壤速效磷下降至1.64 mg/kg。

2.3.4 土壤速效钾的变化 随着苜蓿种植年限的增加,土壤速效钾呈下降的趋势,7 a生苜蓿地0—100 cm层土壤速效钾平均值为98.0 mg/kg,随着早作时间的增加,土壤速效钾降为19年生苜蓿地的67.0 mg/kg,仍小于CK 83.6 mg/kg。

2.3.5 不同恢复年限植被恢复方式对土壤养分变化的影响

(1) 较短恢复年限内植被恢复方式对土壤养分变化的影响。植被恢复方式对土壤养分积累的影响,可以不同的植被恢复阶段进行观察与识别^[9]。退耕年限为7 a时,CK与人工苜蓿的土壤养分含量变化对比

分析(表 2), 结果表明, 退耕 7 a 左右, 在 0—60 cm 土壤垂直剖面中, 人工苜蓿土壤有机质、全氮、有效氮和速效钾等含量均大于 CK 的土壤养分含量。但随着土层的加深, 这种增加的幅度减小; 而 CK 的全磷含量和速效磷含量则较人工植被高。

(2) 较长恢复年限内植被恢复方式对土壤养分变化的影响。植被恢复年限为 19 a 时, CK 与人工苜蓿的土壤养分含量差异则缩小(表 2)。植被恢复 19 a 左右, 在 0—40 cm 土层中, 人工苜蓿土壤全氮、有效氮和速效磷等含量均大于 CK 的土壤养分含量。但在 40—80 cm 土层, 人工苜蓿土壤全氮、有效氮和速效钾等含量均小于 CK 的土壤养分含量。在 0—20 cm 土层中, 人工干预与 CK 的土壤有机质含量相当。在 20—60 cm 土层中, 人工干预植被的土壤有机质含量又小于 CK。在 0—60 cm 土壤垂直剖面中, 人工干预植被的土壤中全磷和速效钾含量均小于 CK, 但总体看, 两者的差距随着演替年限的延长逐渐缩小。

2.4 土壤养分关系及土壤肥力评价

2.4.1 不同年限苜蓿的土壤养分随植被恢复的变化

宁夏黄土丘陵区退耕还林地间作苜蓿经营多年后, 0—60 cm 土层土壤有机质平均含量均低于 10.4 g/kg, 土壤全磷含量在 0.49~0.57 g/kg、速效磷含量在 1.64~2.86 mg/kg, 均属于贫瘠状态; 土壤全氮含量在 0.36~0.79 g/kg, 速效氮含量在 15.6~39.4 mg/kg, 速效钾含量在 59.2~74.2 mg/kg, 属于中等水平。对 0—20, 20—40, 40—60, 60—80 和 80—100 cm 的土壤养分变化的相关性分析表明, 土壤有机质、全氮、速效氮相互间显著相关, 这是由于土壤中的氮素主要以有机质形式存在, 土壤中的速效氮主要来自于全氮。全磷与氮养分和速效钾相互间显著相关, 但全磷与速效磷、全钾与速效钾相关性较小。

2.4.2 土壤有机质在土壤肥力形成过程中的重要作用 土壤有机质对土壤形成、土壤肥力、环境保护及农林业可持续发展等方面都有着极其重要意义。在植被恢复过程中, 随土壤有机质的变化, 土壤氮磷钾养分也在发生相应的变化, 其中与全氮、速效氮呈显著线性相关, 而与钾素和磷素的相关性较低, 没有明显的规律性(表 2)。

2.4.3 不同坡位旱作苜蓿地土壤综合肥力评价 采用因子分析法、相关分析法、灰色关联法、变异系数法 4 种方法及计算出的评价因子权重并不一致, 但采用修改的内梅罗公式得到的苜蓿地土壤综合肥力指数的变化趋势相同, 均随着坡位的降低, 苜蓿地土壤肥力指数呈现缓慢增大的趋势; 土壤综合肥力指数变化

范围在 0.848~1.025 之间, 土壤肥力水平接近坡耕地, 处于一般水平(图 1)。不同坡位苜蓿地土壤肥力水平更加趋向一致, 但旱作苜蓿粗放经营(只刈割, 不培肥), 导致土壤肥力贫瘠。

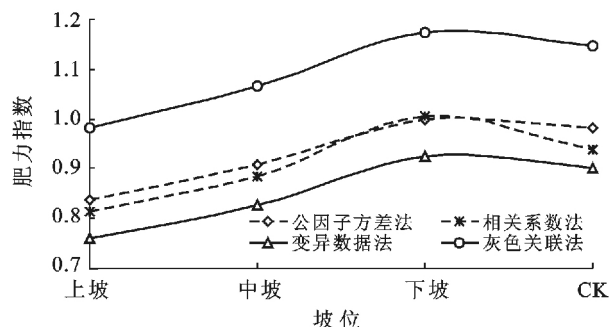


图 1 不同坡位苜蓿地肥力指数

2.4.4 苜蓿地土壤肥力的动态变化 从 3, 7 和 19 a 苜蓿地土壤综合肥力指数计算结果(图 2)表明: 旱作 7 a 苜蓿地土壤综合肥力指数最高, 其次 3 a, 19 a 土壤综合肥力指数相对降低, 仅为 0.539。可见半干旱黄土丘陵区旱作苜蓿地土壤肥力随着种植年限的延长, 呈现先提高、再降低的趋势, 苜蓿连作 19 a 后, 苜蓿地严重退化, 为了促进苜蓿地可持续利用, 在苜蓿老化时, 应对苜蓿地翻拆补种, 加强苜蓿地土壤培肥。

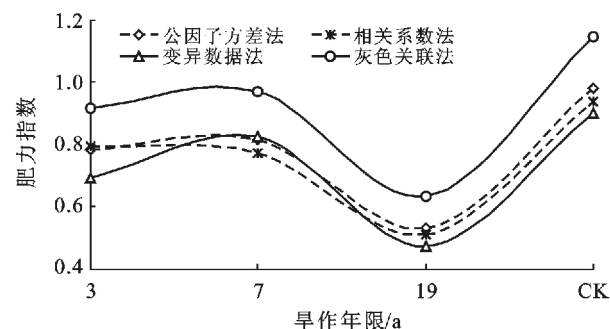


图 2 不同早作年限苜蓿地土壤肥力指数

3 结论

(1) 在宁夏黄土丘陵区进行植被恢复能明显提高土壤养分含量, 改善土壤肥力状况, 但不同植被恢复方式对土壤的腐殖化作用差异显著。不同生态恢复模式效果依次为: 天然草地 > 农耕地 > 人工苜蓿。随着土层深度的增加, 土壤养分含量均呈现降低的趋势。

(2) 植被恢复过程中土壤养分的变化趋势是随着退耕年限的延伸土壤养分会逐渐累积而增加。退耕后土壤养分具有增加趋势, 随着退耕年限的延伸表现出一定的变化规律。就具体的养分变化而言, 有机

质及氮、磷、钾在时间和空间上都呈现出一定的变化规律,各养分含量逐年升高,这一结果表明退耕还林等植被恢复措施在改善干旱区土壤养分方面效果显著。

(3) 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^[10]。李小坤等^[11]对牧草施肥研究进展进行了综述,而且许多学者^[12-15]研究了紫花苜蓿对土地肥力的影响。本试验的研究结果显示,不同旱作年限苜蓿地土壤肥力指数在 0.539~0.847,均小于坡耕地,土壤肥力贫瘠,且随苜蓿种植时间的延长,呈现先增大、再减小的趋势,说明宁夏黄土丘陵区旱作苜蓿粗放经营(只刈割,不培肥),导致土壤综合肥力指数日趋下降。

[参 考 文 献]

- [1] 丁文广,魏银丽,牛贺文,等.西北干旱区植被恢复的土壤养分效应[J].生态环境学报,2010,19(11):2568-2573.
- [2] 安韶山,刘梦云,李壁成,等.宁夏黄土丘陵区不同植被恢复措施的土壤养分效应研究[J].西北植物学报,2003,23(8):1429-1432.
- [3] 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.
- [4] 万素梅,胡守林,贾志宽,等.黄土高原地区苜蓿生产力动态及其土壤水分消耗规律[J].农业工程学报,2007,23(12):30-34.
- [5] 南京农业大学.土壤理化分析[M].北京:农业出版社,1987.
- [6] 从怀军,成毅,安韶山,等.黄土丘陵区不同植被恢复措施对土壤养分和微生物量 C,N,P 的影响[J].水土保持学报,2010,24(4):217-221.
- [7] 潘占兵,李生宝,马璠,等.宁南山区苜蓿地土壤养分的变化规律[J].江西农业学报,2011,23(4):86-90.
- [8] 王思成,王月玲,许浩,等.半干旱黄土丘陵区不同植被恢复方式下土壤理化特性及相关分析[J].西北农业学报,2009,18(1):295-299.
- [9] 闫玉厚,曹炜.黄土丘陵区土壤养分对不同植被恢复方式的响应[J].水土保持研究,2010,17(5):51-53.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [8] Kuzyakov Y, Domanski G. Carbon input by plants into the soil[J]. Journal Plant Nutrition Soil Science, 2000, 163(4):421-431.
- [9] Creighton M. L, James W R, Michael G R. Carbon allocation in forest ecosystems [J]. Global Change Biology, 2007,13(10): 2089-2109.
- [10] 韩文军,春亮,侯向阳,等.过度放牧对羊草杂类草群落种的构成和现存生物量的影响[J].草业科学,2009,26(9):195-199.
- [11] 包尔吉干·安齐尔,韩国栋.放牧强度对草甸草原地下生物量及碳密度的影响[J].内蒙古草业,2011,23(2):42-45.
- [12] 张凤承,刘冬伟,王明军,等.放牧对小叶草草甸植物生长和地上生物量的影响[J].中国草地学报,2012,34(1):18-22.
- [13] 锡林图雅,徐柱,郑阳,等.不同放牧率对内蒙古克氏针茅草原地下生物量及地上净初级生产量的影响[J].中国草地学报,2009,31(3):26-29.
- [14] 高永恒,陈槐,罗鹏,等.放牧强度对川西北高寒草甸植物生物量及其分配的影响[J].生态与农村环境学报,2008,24(3):26-32.
- [15] 李怡,韩国栋.放牧强度对内蒙古大针茅典型草原地下生物量及其垂直分布的影响[J].内蒙古农业大学学报,2011,32(2):89-92.
- [16] 董全民,赵新全,马玉寿,等.牦牛放牧率与小嵩草高寒草甸暖季草地地上、地下生物量相关分析[J].草业科学,2005,22(5):65-71.
- [17] 董婷,赵萌莉.放牧强度对大针茅根系生物量及其形态特征影响的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2011.
- [18] 杨婷婷,高永.荒漠草原生物量动态及碳储量空间分布研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [19] 孙熙麟,王明玖,陈海军,等.短花针茅荒漠草原地下生物量对不同强度放牧强度的响应[J].内蒙古大学学报,2010,31(4):101-104.
- [20] 董晓玉,傅华,李旭东,等.放牧与围封对黄图高原典型草原植物生物量及其碳氮磷贮量的影响[J].草业学报,2010,19(2):175-182.

(上接第 198 页)