

生土地种植苜蓿后土壤速效养分 与 pH 值的时空变化

闻志彬, 贾志宽, 韩清芳

(西北农林科技大学 干旱半干旱农业研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】为评价苜蓿对改良土壤、培肥地力及草田轮作的影响提供依据。【方法】在苜蓿各生育期对 0~60 cm 土层进行取样, 研究土壤速效养分含量和 pH 值的动态变化。【结果】种植苜蓿第 2 年各土层土壤硝态氮含量增幅较小, 第 3 年各土层土壤硝态氮含量增幅较大, 与种植前相比, 其 0~20、20~40、40~60 cm 土层硝态氮含量分别增加了 3.85、5.82 和 8.25 mg/kg; 在第 2 年, 各土层土壤速效磷含量变化呈抛物线型, 于第 2 茬达到峰值。在第 3 年, 头茬苜蓿生育期内各土层土壤速效磷含量均迅速下降, 与种植前相比, 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤速效磷含量分别降低了 3.16、2.98 和 2.40 mg/kg; 各土层土壤速效钾含量逐年下降, 与种植前相比, 种植苜蓿后的第 3 年, 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤速效钾含量分别下降了 94.35、88.29 和 88.55 mg/kg; 各土层土壤的 pH 值略有增加, 与种植前相比, 种植苜蓿后的第 3 年, 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤的 pH 值分别增加了 0.14、0.12、0.04。【结论】种植苜蓿后, 土壤硝态氮含量呈先降低后升高的变化趋势, 在第 2 年第 1 茬初花期时达到最低, 苜蓿的固氮作用从第 2 年第 2 茬开始显现; 土壤的速效磷含量变化呈抛物线型变化, 于第 2 年第 2 茬达到峰值; 土壤速效钾含量逐年下降; pH 值略有增加但变化不明显。

【关键词】 生土地; 苜蓿; 速效养分; pH 值; 时空变异

【中图分类号】 S142⁺.1; S154.4

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)11-0111-06

Spatio-temporal variability of soil available nutrients and pH value in raw soil after planting alfalfa

WEN Zhi-bin, JIA Zhi-kuan, HAN Qing-fang

(Agricultural Research Center in Arid and Semiarid Areas, Northwest University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The basis was provided for evaluating effects of alfalfa on improving soil, enriching fertility and alfalfa-crop rotations. 【Method】 According to different growth periods of alfalfa, soil of 0—60 cm was sampled, and dynamic changes of available nutrients and pH value in each layer of raw soil were studied. 【Result】 The results showed that in the second planting year, the content of nitrite nitrogen increased slowly in each layer; in the third planting year, nitrite nitrogen content rose in each layer. Compared with planting alfalfa, the layer of 0—20, 20—40, 40—60 cm was increased 3.85, 5.82, 8.25 mg/kg. In the second planting year, soil available P content varied in each layer in a shape of parabola. In the 1st stubble of the third planting year, the content of available P declined rapidly. Compared with planting alfalfa, the available P in 0—20, 20—40, 40—60 cm respectively dropped 3.16, 2.98 and 2.40 mg/kg. Available K content in each layer decreased year by year. Compared with planting alfalfa, in the third planting year, the a-

* [收稿日期] 2007-11-19

[基金项目] 国家“十一五”旱农支撑计划项目(2006BAD29B03)

[作者简介] 闻志彬(1983—), 女, 河南新乡人, 在读硕士, 主要从事农业生态研究。E-mail: zhibinwen@sohu.com

[通讯作者] 贾志宽(1962—), 男, 山西朔州人, 教授, 博士生导师, 主要从事干旱农业研究。E-mail: zhikuan@tom.com

available K in 0—20, 20—40, 40—60 cm lowered respectively 94.35, 88.29 and 88.55 mg/kg. pH value increased slightly. Compared with planting alfalfa, in the third planting year, pH value in 0—20, 20—40, 40—60 cm increased respectively 0.14, 0.12, 0.04. 【Conclusion】 By planting alfalfa, the nitrite nitrogen content increased at first and then decreased, the minimum occurred in the 1st stubble of the second planting year. Nitrogen fixation began to emerge in the 2nd stubble of the second planting year. Available P content varied in a shape of parabola and got its peak volume at the 2nd stubble of the second planting year. The content of available K decreased year by year. pH value increased slightly, but the change was very small.

Key words: raw soil; alfalfa; available nutrient; pH value; spatio-temporal variability

种植豆科作物是改良土壤的一种有效措施,苜蓿为多年生豆科草本植物,是一种具有良好品质和生态、经济效益的优质牧草^[1-4],在西部生态系统恢复与重建中扮演着重要角色。目前,国内外关于种植苜蓿改良土壤的研究较多。研究表明,种植苜蓿后,其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,改善土壤团粒结构,其在生物固氮、提高土壤肥力、改良土壤方面具有十分积极的意义^[5-9]。但尚未见关于在生土地种植苜蓿后,不同年际间土壤速效养分及 pH 值时空动态变化的报道。本研究在不施肥、不灌溉的田间管理条件下,研究生土地种植苜蓿后,苜蓿不同生育阶段及年际间、不同土层深度土壤速效养分和 pH 值的动态变化,以期评价种植苜蓿对改良土壤、培肥地力以及草田轮作的影响提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西杨凌西北农林科技大学农作一站。该站地处秦岭北麓渭河平原西部的头道塬上,位于北纬 34°21′,东经 108°10′,海拔 454.8 m,年平均日照时数 2 150 h,年均气温 12~14 ℃,年均降雨量 621.6 mm,春季降水量偏少,降水主要集中在 7~9 月,属暖温带半湿润气候。试验地土壤为黑垆土。

1.2 试验材料及方法

1.2.1 供试材料 供试苜蓿品种为巨人 201+Z (Ameristand 201+Z),原产地美国,休眠级数 2 级。

1.2.2 田间设计及管理 试验地为休闲多年的杂草地,去掉其耕层(0~30 cm)土壤后平整,在苜蓿播种前多点取样测定土壤养分状况,其结果见表 1。试验设 4 次重复,小区面积 120 m²(10 m×12 m)。2005-10-15 播种,人工开沟、条播,行距 30 cm,播深 2 cm,播量 15 kg/hm²,播种及苜蓿生长期不灌水、不施肥、不喷洒农药,仅进行田间人工除草。

1.3 研究方法

2006 年苜蓿刈割 3 次,土样采集时间为苜蓿各茬次初花期,即 2006-06-09(第 1 茬)、2006-07-12(第 2 茬)和 2006-09-18(第 3 茬);2007 年土样采集时间为第 1 茬苜蓿的各个生育期,时间为 03-21(分枝期)、04-25(现蕾期)、05-09(初花期)和 06-09(结荚期)。采用土钻(直径 3.0 cm)按东西南北中分层取土,土层深度为 0~60 cm,分为 0~20、20~40 和 40~60 cm 3 层。将采集好的土样去除石块等杂物,混合均匀,一部分风干后过 0.3 和 0.15 mm 筛,进行土壤有机质速效养分和 pH 值测定,一部分过 0.82 mm 筛,立即进行土壤硝态氮含量测定。土壤硝态氮含量测定采用酚二磺酸比色法,速效钾含量测定采用 NH₄OAC 浸提-火焰光度法,速效磷含量测定采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法,pH 值采用 Thermo 酸度计进行测定(1:1 水土浸提)^[10]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003、SAS V8 统计分析软件对试验数据进行作图和方差分析,并采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

表 1 试验生土地土壤养分及 pH 状况

Table 1 Physical and chemical properties of test soil

土层深度/cm Layer depth	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	硝态氮/ (mg·kg ⁻¹) Nitrite nitrogen	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	pH
0~20	11.03	13.58	14.10	252.49	7.93
20~40	7.85	8.79	13.14	234.57	8.01
40~60	7.99	6.48	13.01	237.09	8.04

2 结果与分析

2.1 不同土层土壤硝态氮含量的变化

由图 1 可以看出,在苜蓿 2006 年第 1 茬初花期,0~20 cm 土层土壤硝态氮含量降至最低水平,为 11.99 mg/kg,比种植苜蓿前下降了 1.58 mg/kg,极显著低于第 2,3 茬初花期土壤的硝态氮含量($P<0.01$),而第 2,3 茬土壤硝态氮含量的差异不显著。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,土壤硝态氮含量缓慢上升,于结荚期达到最大值,为 17.43 mg/kg,各个生育期之间土壤硝态氮含量有极显著差异($P<0.01$),2007 年第 1 茬初花期土壤硝态氮含量与 2006 年第 1 茬初花期相比增加了 3.52 mg/kg。在 20~40、40~60 cm 土层,均以苜

蓿 2006 年第 1 茬初花期土壤硝态氮含量最低,分别为 7.49 和 6.06 mg/kg,比种植前下降了 1.30 和 0.42 mg/kg,极显著低于第 2,3 茬初花期的土壤硝态氮含量($P<0.01$)。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生育期内,20~40 和 40~60 cm 土层土壤硝态氮含量均在结荚期达到最大值,分别为 14.62 和 14.74 mg/kg,2007 年第 1 茬初花期土壤硝态氮含量与 2006 年第 1 茬初花期相比,20~40 和 40~60 cm 土层土壤的硝态氮含量分别增加了 6.64 和 7.18 mg/kg。与种植苜蓿前(2007 年第 1 茬结荚期)相比,40~60 cm 土层土壤硝态氮含量增幅最大,为 8.26 mg/kg,0~20 cm 土层硝态氮含量增幅最小,为 3.85 mg/kg。

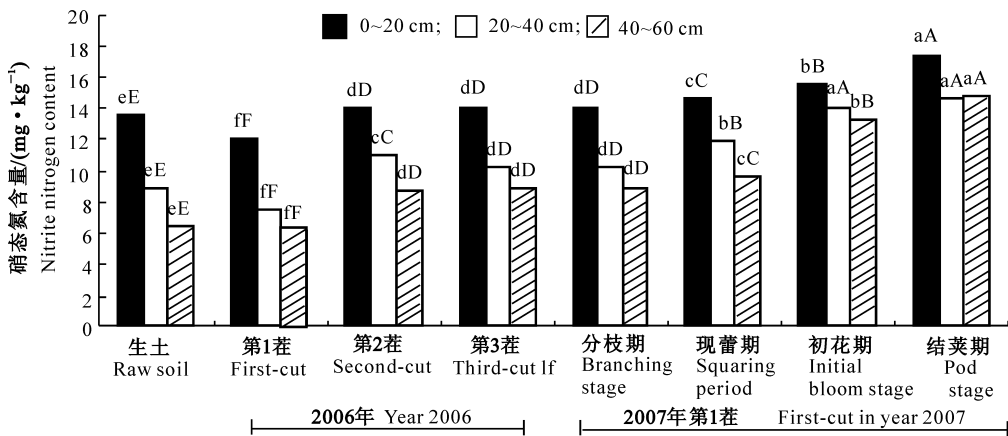


图 1 不同土层土壤硝态氮含量的时空变化
(图中标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$). 下图同)
Fig. 1 Spatio-temporal variability of soil nitrite nitrogen in different layers
(Different small letters mean the difference was significant ($P<0.05$), the different capital letters mean the difference was extremely significant ($P<0.01$). The same in the following figure)

2.2 不同土层土壤速效磷含量的变化

由图 2 可以看出,在 0~20 cm 土层,2006 年苜蓿各茬次土壤的速效磷含量存在极显著差异($P<0.01$),并在第 2 茬初花期时达到最大值,为 16.25 mg/kg。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,土壤速效磷含量直线下降,不同生育期间有极显著差异($P<0.01$),于结荚期达到最小值,为 10.94 mg/kg。2007 年第 1 茬初花期的土壤速效磷含量较 2006 年第 1 茬初花期下降了 1.12 mg/kg,差异达极显著水平($P<0.01$)。20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效磷含量变化在 2006 年呈抛物线型,均在第 2

茬初花期时达到最大值,分别为 15.33 和 13.93 mg/kg。在 2007 年第 1 茬苜蓿生长期,不同生育期间 20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效磷含量具有极显著差异($P<0.01$),于结荚期达到最小值,分别为 10.16 和 10.60 mg/kg。与 2006 年第 1 茬苜蓿初花期相比,2007 年第 1 茬初花期 20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效磷含量分别下降了 1.72 和 0.84 mg/kg,差异极显著($P<0.01$)。与种植苜蓿前相比,2007 年第 1 茬结荚期 0~20、20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效磷含量分别下降了 3.16、2.98、2.40 mg/kg。

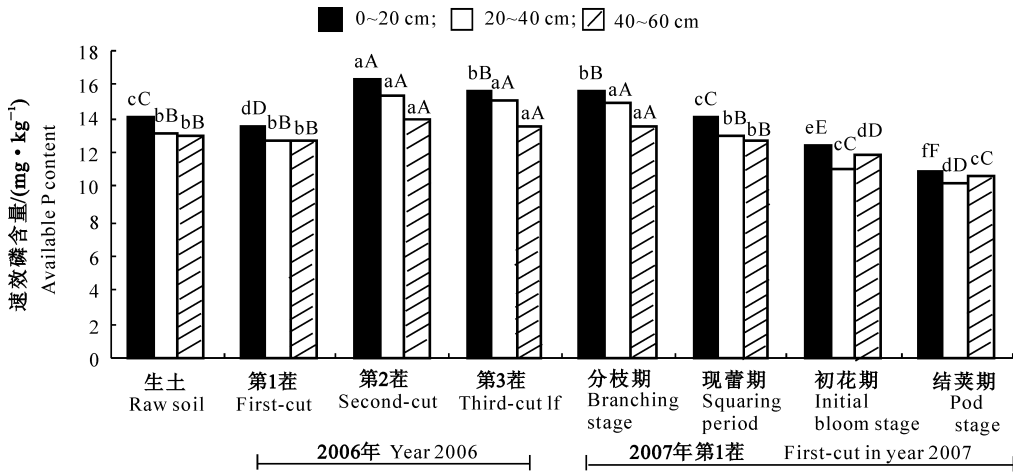


图 2 不同土层土壤速效磷含量的时空变化

Fig. 2 Spatio-temporal variability of soil available P in different layers

2.3 不同土层土壤速效钾含量的变化

由图 3 可以看出,在试验观测的时段内,0~60 cm 土层土壤速效钾含量一直呈下降趋势。在 2006 年苜蓿生长的不同茬次间,0~20 cm 土层土壤速效钾含量差异极显著 ($P < 0.01$)。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,0~20 cm 土层土壤速效钾含量呈直线下降,于结荚期达到最小值,为 158.14 mg/kg;且不同生育阶段间土壤速效钾含量有极显著差异

($P < 0.01$)。在 20~40 和 40~60 cm 土层,2006 年苜蓿不同茬次间土壤速效钾含量的差异均不显著,而在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,20~40 和 40~60 cm 土层土壤的速效钾含量均在结荚期达到最小,分别为 146.27 和 148.54 mg/kg。与种植苜蓿前相比,2007 年第 1 茬结荚期 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤速效钾含量分别下降了 94.35、88.29、88.55 mg/kg。

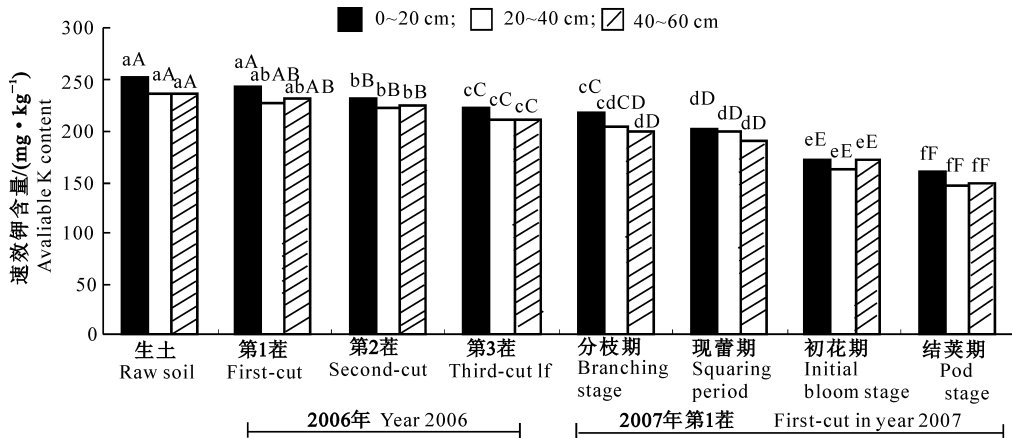


图 3 不同土层土壤速效钾含量的时空变化

Fig. 3 Spatio-temporal variability of soil available K in different layers

2.4 不同土层土壤 pH 值的变化

由图 4 可见,在 0~20 cm 土层,2006 年苜蓿各茬次间土壤的 pH 值差异达极显著水平 ($P < 0.01$),均与种植苜蓿前的土壤 pH 值有极显著差异 ($P < 0.01$);3 个茬次中,以第 2 茬初花期土壤的 pH 值最高,为 8.25。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,土壤 pH 值总体上呈先上升后下降的变化趋势,于初花期土壤 pH 达到最高,为 8.27,并与分枝期、现蕾期、结荚期有极显著差异 ($P < 0.01$)。2007 年第 1 茬初

花期土壤的 pH 值较 2006 年第 1 茬初花期增加了 0.25,二者差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。在 20~40 和 40~60 cm 土层,2006 年苜蓿各茬次土壤 pH 值的差异不显著,20~40 cm 土层土壤的 pH 值于第 2 茬初花期达到最高,为 8.22,而 40~60 cm 土层土壤的 pH 值于第 3 茬初花期达到最高,为 8.32。在 2007 年第 1 茬苜蓿的生长期,20~40 和 40~60 cm 土层土壤 pH 值的变化趋势基本一致,均在初花期达到最高值。与 2006 年第 1 茬初花期相比,

2007 年第 1 茬初花期 20~40 和 40~60 cm 土层土壤的 pH 值分别增加了 0.23,0.18,差异达极显著水平($P<0.01$)。与种植苜蓿前相比,2007 年第 1 茬

结荚期 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤的 pH 值分别下降了 0.14,0.12,0.04。

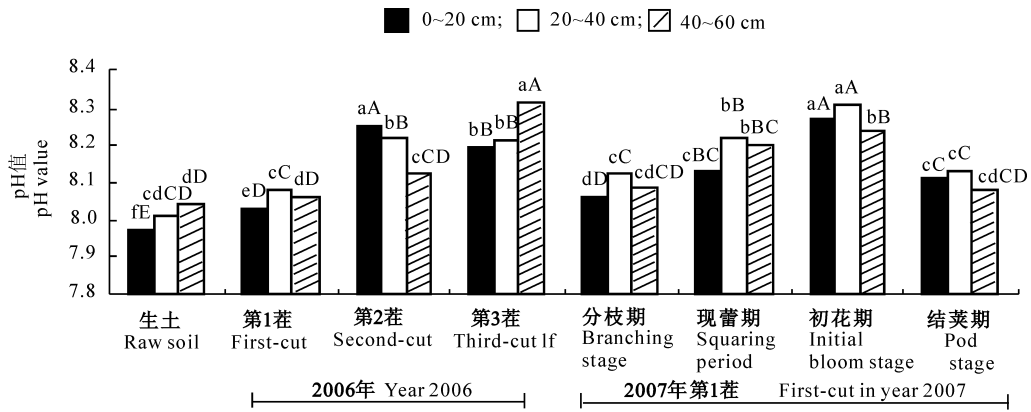


图 4 不同土层土壤 pH 值的时空变化

Fig. 4 Spatio-temporal variability of soil pH value in different layers

3 讨论

3.1 土壤硝态氮含量的变化

苜蓿地土壤氮素的主要来源是土壤本身所含的氮素及苜蓿生长过程中所固定的氮^[5],苜蓿对土壤硝态氮的影响与苜蓿种植年限有关。研究表明,在苜蓿生长初期,苜蓿生理机能较弱,其优先选择利用土壤中的有效氮肥。同时苜蓿根系固氮能力有限,每次刈割都会从土壤中吸收并带出大量的有机物质和氮^[8,11-12]。本研究表明,在苜蓿生长初期,仍需要消耗生土地土壤中的氮素,因此 2006 年各土层土壤硝态氮含量的增幅较小,而在 2007 年第 1 茬苜蓿的生育期内,各土层土壤硝态氮含量呈上升趋势,且增幅较大。这可能是因为随着苜蓿的生长发育,其生理功能增强,反馈到土壤中的养分逐渐增加,土壤硝态氮含量的增加与苜蓿根系功能逐渐完善及其固氮能力得以加强有关^[13]。

3.2 土壤速效养分含量的变化

本研究结果表明,苜蓿作为喜钾作物,随着苜蓿的生长,各土层土壤的速效钾含量均有所下降,这与罗天琼等^[13]的研究结果一致。苜蓿是需磷较多的作物,由于在 2006 年共刈割了 3 次,土壤中较多的磷素因刈割而移走^[4]。在本试验未施磷肥的条件下,土壤速效磷含量于 2006 年第 2 茬达到最高,与杨玉海等^[6]的研究结果略有不同。这可能是由于 2006 年第 1 茬苜蓿产草量很小(982.3 kg/hm²),刈割而移走的磷素较少,土壤中的磷素尚可满足苜蓿生长的需要;另外,2006 年第 2 茬苜蓿产量也不高,

加之 7 月份是 1 年中气温最高的时期,且降雨量较大,有利于土壤中磷的释放^[9];加之此时苜蓿根际区土壤的 pH 状况适宜土壤磷素生物有效性的发挥^[14],且随苜蓿生长年限的增加,根系和茎叶残体腐解也可补充部分养分,但其具体原因及机理尚有待于进一步深入研究。在一般情况下,生长前期补充磷肥仍是必要的,其对作物的生长、根系发育及提早结瘤有一定促进作用^[11]。

3.3 土壤 pH 值的变化

有关种植苜蓿对土壤 pH 值影响的结论也不一致。孙本华等^[15]的研究表明,种植苜蓿使土壤 pH 值保持不变;杨玉海等^[6]的研究表明,种植苜蓿使土壤 pH 值升高;张国盛等^[8]的研究表明,多年种植苜蓿不会对土壤的酸碱度产生大的影响。本研究结果表明,种植苜蓿后使土壤 pH 值略有增高。这些研究结果的不同,可能是由于采集的土壤距根际距离的差异所致。王庆仁^[14]等研究表明,根际土壤 pH 值的高低总是与根际距离呈正相关,但超过根际范围(4 mm)后土壤 pH 值则较为稳定。

4 结论

1)种植苜蓿可为土壤提供氮素,但是在苗期有效根瘤形成前仍需消耗土壤的氮素养分。从第 2 年第 2 茬开始,苜蓿的固氮作用开始显现,土壤硝态氮含量有少量增加;种植苜蓿的第 3 年,土壤硝态氮含量大幅提高,与种植苜蓿前相比,其 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤硝态氮含量分别增加了 3.848,5.824 和 8.248 mg/kg。

2)苜蓿是需磷、钾量较多的作物。与种植苜蓿前相比,种植苜蓿后的第 3 年,0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤速效磷和速效钾含量分别降低了 3.16,94.35;2.98,88.29;2.40,88.55 mg/kg。因此,即时补充磷、钾肥对维持土壤养分含量非常必要。

3)种植苜蓿后土壤 pH 值略微升高,与种植苜蓿前相比,种植苜蓿的第 3 年,0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤 pH 分别增加了 0.14,0.12,0.04。该结果表明,种植苜蓿对土壤的酸碱度不会有较大影响。

[参考文献]

[1] 安登第.西部大开发——草产业发展的机遇与挑战[J].草业科学,2002,19(4):4-6.
An D D. The opportunities and the challenge of grassland industry in the west-area development [J]. Pratacultural Science,2002,19 (4):4-6. (in Chinese)

[2] 周敏.中国苜蓿栽培史初探[J].草原与草坪,2004(1):44-46.
Zhou M. Investigation of Alfalfa cultivation in China history [J]. Grassland and Turf,2004(1):44-46. (in Chinese)

[3] 朱汉,王占升,邢新海.苜蓿对土壤生态环境的影响[J].农村生态环境,1993(3):20-22.
Zhu H,Wang Z S,Xing X H. Effect of Alfalfa on the soil ecological environment [J]. Rural Eco-environment,1993(3):20-22. (in Chinese)

[4] 韩清芳,贾志宽.紫花苜蓿种质资源评价与筛选[M].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2004:75-78.
Han Q F,Jia Z K. Evaluation and selection of germ plasm resource on Alfalfa [M]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University Press,2004:75-78. (in Chinese)

[5] 张春霞,郝明德,王旭刚,等.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.
Zhang C X,Hao M D,Wang X G,et al. Study on soil nitrogen and fertility distribution characteristics in alfalfa field in gully region of the Loess Plateau [J]. Acta BotBoreal-OccidentSin,2004,24(6):1107-1111. (in Chinese)

[6] 杨玉海,蒋平安.不同种植年限苜蓿地土壤理化特性研究[J].水土保持学报,2005,19(2):110-113.
Yang Y H,Jiang P A. Studies on soil properties of lucerne with different cultivating ages [J]. Journal of Soil and Water Conservation,2005,19(2):110-113. (in Chinese)

[7] 杨玉海,蒋平安,艾尔肯,等.种植苜蓿对土壤肥力的影响[J].

干旱区地理,2005,28(2):248-251.
Yang Y H,Jiang P A,Ai E K,et al. Effects of planting medica-go sativa L on soil fertility [J]. Arid Land Geography,2005,28 (2):248-251. (in Chinese)

[8] 张国盛,黄高宝,张仁陟,等.种植苜蓿对黄绵土表土理化性质的影响[J].草业学报,2003,12(5):88-93.
Zhang G S,Huang G B,Zhang R Z,et al. The effects of Lucerne on top soil properties of Huangmian soil [J]. Acta Prataculturae Sinica,2003,12(5):88-93. (in Chinese)

[9] 马其东,高振生,洪绶曾,等.黄河三角洲地区苜蓿生态适应性研究[J].草业学报,1999,7(1):28-38.
Ma Q D,Gao Z S,Hong F Z,et al. Study on the adaptation of Alfalfa in Yellow River Delta [J]. Acta Agrestia Sinica,1999,7 (1):28-38. (in Chinese)

[10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:39-114.
Bao S D. Analysis of soil agrochemical [M]. Beijing:Chinese Agriculture Press,2000:39-114. (in Chinese)

[11] (美)Heath E.牧草-草地农业科学[M].4版.黄文惠,译.北京:农业出版社,1992:176-179.
(America) Heath E. Forages-the science of grassland agriculture [M]. 4th Ed. Huang W H, Edited. Beijing: Agriculture Press,1992:76-179. (in Chinese)

[12] 郭正刚,张自和,肖金玉,等.黄土高原丘陵沟壑区紫花苜蓿品种间根系发育能力的初步研究[J].应用生态学报,2002,13(8):1007-1012.
Guo Z G,Zhang Z H,Xiao J Y,et al. Root system development ability of several alfalfa cultivars in the hilly and valley regions of Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2002,13(8):1007-1012. (in Chinese)

[13] 罗天琼,刘正书,莫本田,等.12种紫花苜蓿干草产量与土壤养分变化的关系分析[J].中国草地,1998(2):29-32,71.
Luo T Q,Liu Z S,Mo B T,et al. Relationship between dry yield of twelve Alfalfas and soil nutrient contents [J]. Grassland of China,1998(2):29-32,71. (in Chinese)

[14] 王庆仁,李继云,李振声.磷高效基因型小麦对缺磷胁迫的根际适应性反应[J].西北植物学报,2000,20(1):1-7.
Wang Q R,Li J Y,Li Z S. Adapted respinses in the rhizosphere of P-efficient wheat genotype to stress of phosphorus deficiency [J]. Acta BotBoreal-OccidentSin,2000,20(1):1-7. (in Chinese)

[15] 孙本华,高明霞,吕家珑,等.苜蓿培肥对灰漠土养分及胡敏酸特性的影响[J].水土保持研究,2007,14(3):338-340.
Sun B H,Gao M X,Lv J L,et al. The effect of planting alfalfa to soil nutrients and humic acid characteristics on gray desert soil [J]. Research of Soil and Water Conservation,2007,14 (3):338-340. (in Chinese)