

紫花苜蓿与 3 种多年生禾本科牧草轮作的土壤养分生长季动态比较

周彤, 师尚礼, 陈建纲, 吴芳, 来幸樑, 阿芸

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为研究紫花苜蓿与多年生禾本科牧草轮作对土壤养分的影响, 以 5 龄紫花苜蓿(A)为前茬, 设紫花苜蓿—草地早熟禾(AK)、紫花苜蓿—无芒雀麦(AS)、紫花苜蓿—苇状羊茅(AT)3 种轮作模式, 以连作紫花苜蓿(AA)为对照, 研究了不同处理在生长季土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷含量的动态变化。结果表明: 0~20 cm 土层, 在第 1 茬牧草刈割后, 牧草生长季中和生长季末 3 个时间点: AS 轮作较 AA 连作有机质含量分别降低 9.99%、9.28%、7.81%, AT 轮作较 AA 连作全氮含量分别降低 13.30%、6.76%、11.41%, AT 轮作较 AA 连作碱解氮含量分别降低 11.72%、18.13%、12.30%, AT 轮作较 AA 连作全磷含量分别降低 4.95%、5.23%、6.42%, AK 轮作较 AA 连作有效磷含量分别提高 13.25%、13.16%、10.83%。在 20~40 cm 土层 3 个生长季时间点: AT 轮作较 AA 有机质含量分别降低 15.57%、12.38%、13.56%, AT 轮作较 AA 连作全氮含量分别降低 7.44%、3.76%、5.67%, AT 轮作较 AA 连作分别碱解氮含量分别降低 16.49%、17.87%、18.45%, AK 轮作较 AA 连作有效磷含量分别增加 19.87%、16.72%、12.55%。紫花苜蓿后茬种植禾本科牧草, 会降低土壤有机质、全氮、碱解氮含量, 并提高土壤速效磷含量, 对全磷含量无显著影响。

关键词:紫花苜蓿; 禾本科牧草; 轮作; 土壤养分

中图分类号:S541.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)03-0019-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2021.03.003

随着我国畜牧业的快速发展, 家畜对优质牧草需求的不断增加, 优质牧草的种植面积在逐年扩大。但在种植业规模化生产扩大和牧草产量不断增加的同时, 长期种植同科或同种牧草造成土壤养分降低, 土壤质量下降等连作障碍^[1-3]日益突出, 严重制约了草地生态的可持续发展。为了有效解决连作对土壤养分的消极影响, 必须要改变种植模式, 引入轮作种植体系。

目前, 已有大量研究证明, 合理轮作可以改善土壤理化性质^[4-6]。甘肃庆阳地区轮作试验表明, 3 龄苜蓿(*Medicago sativa*)与 2 年小麦(*Triticum aestivum*)轮作, 相比于小麦连作, 0~40 cm 土层土壤有机质与氮含量分别提高了 17.48% 和 22.53%^[7]。陈丹梅等^[8]发现, 烤烟与不同作物轮作后提高了土壤总有机碳、微生物碳和微生物氮含量。目前关于轮作模式对土壤养分的影响, 以及不同轮作模式间的探索, 已有学者做了一定的研究, 很多学者将豆科牧草(尤其是紫花苜蓿)与一年生禾本科作物搭配起来进行轮作, 不同种类的禾本科作物轮作也有报道, 常见的有苜蓿与玉米(*Zea mays*)、小麦、马铃薯(*Solanum tuberosum*)等作物轮作^[9-11]; 春小麦—马铃薯—谷子(*Setaria italica*)轮作^[12], 玉米—大豆(*Glycine max*)轮作^[13]。王仪明等^[11]将苜蓿与玉米轮作, 发现其土壤有机质和速效养分含量高于燕麦(*Avena sativa*)、黑麦草(*Lolium pe-*

收稿日期:2020-04-22; **修回日期:**2020-05-11

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划(2017BY082)资助

作者简介:周彤(1993-), 男, 甘肃秦安人, 研究方向为草地生物多样性。

E-mail: 498296924@qq.com

师尚礼为通讯作者。

E-mail: shishl@gsau.edu.cn

renne)等作物与玉米轮作。王俊等^[10]研究表明,苜蓿与马铃薯、小麦和玉米轮作,土壤全氮和有机质含量相比于苜蓿连作均出现了不同程度的下降。

紫花苜蓿是一种优质的多年生豆科牧草,具有耐寒、耐贫瘠、耐盐碱等特点,在我国北方有良好的适宜性^[14-15]。草地早熟禾(*Poa pratensis*)、无芒雀麦(*Bromu sinermis*)及苇状羊茅(*Festuca arundinacea*)是多年生禾本科优质牧草^[16-19],根茎发达、分蘖能力极强,抗逆性强、分布地区广,是良好的家畜饲料及冬春青贮料和优质干草的主要来源。紫花苜蓿生长期间能够为土壤提供大量有机质和氮素,改善土壤水平,减少碳、氮、磷流失^[20-21]。因此紫花苜蓿是一种良好的前茬作物,非常适宜引入轮作体系。目前关于紫花苜蓿与多年生禾本科牧草在半干旱地区轮作对其土壤养分的研究鲜有报道,因此本试验通过设置紫花

苜蓿与草地早熟禾、无芒雀麦、苇状羊茅轮作,探究不同牧草轮作模式对土壤养分的影响,不仅可以填补在半干旱区多年生豆科与禾本科牧草轮作的研究,还可为豆—禾牧草轮作搭配提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省兰州市安宁区甘肃农业大学牧草实训基地,实训基地地处黄土高原西端,年均气温 9.1℃,属温带半干旱大陆性气候。基地海拔 1 595 m,年均降水量 451.6 mm,年均蒸发量 1 664 mm,基地日常浇水采用田间滴管。平均日照时长≥10 h/d。地势平坦,肥力均匀,土壤类型为黄绵土,黄土层较薄。试验地基本理化指标见表 1。

表 1 试验地前茬基本理化指标

Table 1 The soil properties at the different experimental sites

种植类型	土层/cm	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)
5a 生紫花苜蓿茬地	0~20	9.52	1.35	0.71	48.32	6.53
	20~40	6.26	1.02	0.54	36.54	3.66

1.2 试验材料

供试材料为“甘农 9 号”紫花苜蓿(*Medicago sativa* cv. Gannong No. 9),“海波”草地早熟禾(*Poa pratensis* cv. Haibo),“原野”无芒雀麦(*Bromu sinermis* cv. Yuanye),“凌志”苇状羊茅(*Festuca arundinacea* cv. Linzhi)。其中紫花苜蓿和草地早熟禾种子由甘肃农业大学草业生态系统教育部重点实验室提供,无芒雀麦和苇状羊茅种子购自甘肃省农业科学院种子市场。

1.3 试验设计

于 2016 年 3 月将种植 5a 的紫花苜蓿(A)草地翻耕(并取翻耕前的土样测定其土壤理化性质),于 2016 年 4 月播种草地早熟禾(K)、无芒雀麦(S)、苇状羊茅(T)和紫花苜蓿,形成紫花苜蓿—草地早熟禾(AK)、紫花苜蓿—无芒雀麦(AS)、紫花苜蓿—苇状羊茅(AT)、紫花苜蓿—紫花苜蓿(AA),以 AK、AS、AT 3 种轮作为处理,AA 连作为对照。

试验采用随机区组设计,每个处理 3 次重复,小区面积为 5 m×2 m,小区间距 40 cm,区组间距均为 20 cm。播种量为:草地早熟禾 15 kg/hm²、无芒雀麦 30 kg/hm²、苇状羊茅 38 kg/hm²、紫花苜蓿 15 kg/hm²。

条播,行距均为 25 cm。播种前进行土地镇压平整,试验期间各小区统一管理。适时对试验地进行锄杂草、病虫害防治及灌溉等田间管理。试验过程中未施用化肥。苜蓿的首次刈割在初花期进行,3 种禾本科牧草的首次刈割在抽穗期进行。

1.4 取样方法

分别于轮作第 2 年牧草第 1 茬刈割后(6 月 13 日)、牧草生长季中(8 月 15 日)以及牧草生长季末(10 月 7 日)进行随机土壤取样,采集 0~20 与 20~40 cm 土样,采用多点混合取样法。12 个小区,每个小区设 3 个取样点,剔除其中的植物残体和石块后,自然风干过 1 mm 筛,用于测定土壤养分。

1.5 指标测定及方法

土壤指标的测定^[22]:
有机质采用重铬酸钾外加热法,全氮采用凯氏定氮法,碱解氮采用碱解扩散法,全磷和有效磷采用钼蓝比色法。

1.6 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据处理和图表绘制,并采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 轮作处理对生长季土壤有机质含量的影响

3 个轮作处理的土壤有机质含量均低于对照 AA。0~20 cm 土层, AK、AS、AT 轮作的有机质含量与 AA 相比, 在第 1 茬牧草刈割后分别显著降低 7.12%、9.99%、5.66% ($P<0.05$), 在生长季中分别显著降低 8.62%、9.28%、7.15%, 在生长季末分别显著降低 7.52%、7.81%、6.49%。但不同生长季内 3 个轮作处理间土壤有机质含量差异不显著(图 1)。

20~40 cm 土层, AK、AS、AT 轮作的土壤有机质含量与 AA 连作相比, 第 1 茬牧草刈割后分别降低 4.77%、11.41%、15.57%, 在生长季中分别降低 6.18%、11.53%、12.38%, 在生长季末分别显著降低 7.68%、13.92%、13.56% ($P<0.05$)。且全生长季均为 AS 和 AT 轮作的土壤有机质含量与 AA 差异显著 ($P<0.05$)。

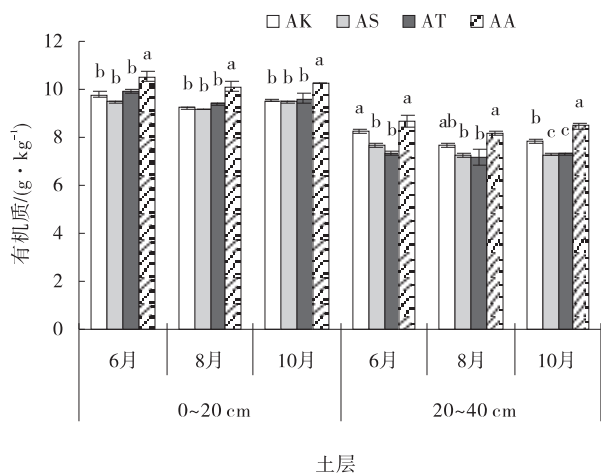


图 1 不同轮作模式下土壤有机质含量

Fig. 1 Effects of different crop rotation modes on soil organic matter content

2.2 不同轮作模式对土壤全氮含量的影响

3 个轮作处理的土壤全氮含量均低于对照 AA。0~20 cm 土层, AK、AS、AT 轮作的全氮含量与 AA 连作相比, 第 1 茬牧草刈割后分别显著降低 12.83%、10.93%、13.30% ($P<0.05$), 牧草生长季中分别显著降低 7.84%、7.30%、6.76% ($P<0.05$), 牧草生长季末分别显著降低 7.16%、10.88%、11.41% ($P<0.05$)。但不同生长季内 3 种轮作模式的全氮含量并无显著差异(图 2)。

20~40 cm 土层, AK、AS、AT 轮作的全氮含量分

别与 AA 连作相比, 第 1 茬牧草刈割后显著降低 5.56%、10.99%、7.44% ($P<0.05$), AK 轮作的全氮比 AS 轮作显著提高 6.09% ($P<0.05$)。牧草生长季中分别降低 3.39%、0.14%、3.76% ($P>0.05$), 牧草生长季末分别比 AA 连作降低 4.12%、6.98%、5.67%, AS 轮作与 AA 连作差异显著 ($P<0.05$)。

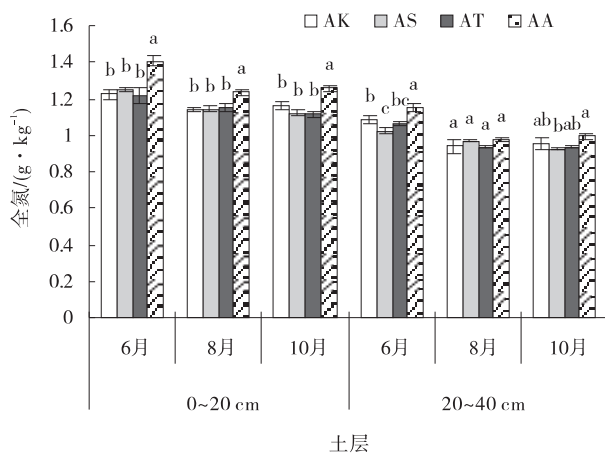


图 2 不同轮作模式下土壤全氮含量

Fig. 2 Effects of different crop rotation modes on soil total nitrogen content

2.3 不同轮作模式对土壤碱解氮含量的影响

全生长季观察期 3 个轮作处理的土壤碱解氮含量均低于对照 AA。在 0~20 cm 土层, AK、AS、AT 轮作的碱解氮含量与 AA 连作相比, 第 1 茬牧草刈割后分别显著降低 10.30%、7.97%、11.72% ($P<0.05$), 牧草生长季中分别显著降低 15.70%、15.24%、18.13% ($P<0.05$)。牧草生长季末分别显著降低 12.29%、18.51%、12.30% ($P<0.05$)。但不同生长季内 3 种轮作模式的碱解氮含量并无显著差异(图 3)。

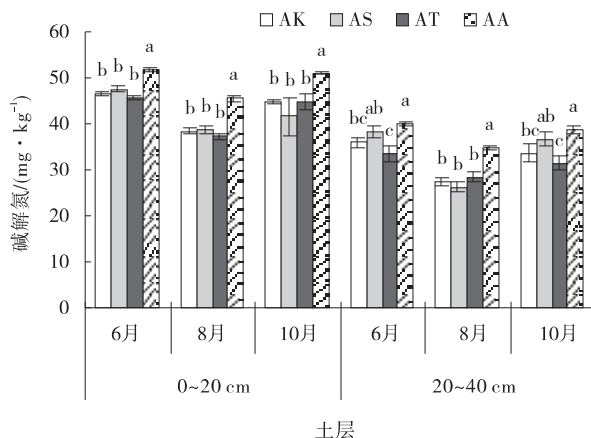


图 3 不同轮作模式下土壤碱解氮含量

Fig. 3 Effects of different crop rotation modes on soil available nitrogen content

20~40 cm 土层,AK、AS、AT 轮作的碱解氮含量与 AA 连作相比,第 1 茬牧草刈割后分别降低 10.45%、4.65%、16.49%,且 AK 和 AT 轮作与 AA 连作差异显著($P<0.05$),AS 轮作的碱解氮含量相比 AT 轮作显著提高 14.19%($P<0.05$)。牧草生长季中分别显著降低 20.27%、24.09%、17.87% ($P<0.05$),牧草生长季末分别显著降低 13.23%、5.17%、18.45% ($P<0.05$),AK 和 AT 轮作相比 AA 连作差异显著($P<0.05$),AS 轮作的碱解氮含量相比 AT 轮作显著提高 16.29% ($P<0.05$)。

2.4 不同轮作模式对土壤全磷含量的影响

3 个轮作处理的土壤全磷含量均低于对照 AA。在 0~20 cm 土层,AK、AS、AT 轮作的全氮含量与 AA 连作相比,第 1 茬牧草刈割后分别降低 3.05%、6.55%、4.95% ($P>0.05$),牧草生长季中分别降低 5.43%、0.99%、5.23% ($P>0.05$),牧草生长季末分别降低 7.00%、5.98%、6.42% (图 4)。

20~40 cm 土层,AK、AS、AT 轮作的全氮含量与 AA 连作相比,第 1 茬牧草生长刈割后 AK 轮作的全磷含量比 AA 连作提高 4.24%,AS 和 AT 轮作的全磷含量分别比 AA 连作降低 7.28%和 10.26%。牧草生长季中 3 种轮作的全磷含量分别比 AA 连作降低 5.39%、9.72%、8.19%。牧草生长季末 AK 和 AT 轮作的全磷含量分别比 AA 连作降低 7.19%和 0.58, AS 轮作相比 AA 连作全磷含量增加 9.66% ($P>0.05$),AS 轮作相比 AK 轮作,全磷含量显著提高 18.15% ($P<0.05$)。

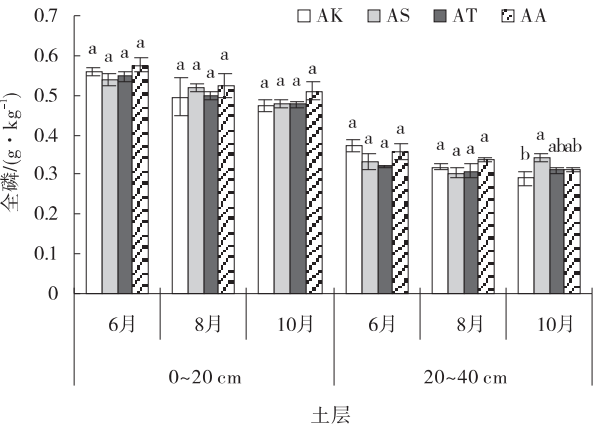


图 4 不同轮作模式下土壤全磷含量

Fig. 4 Effects of different crop rotation modes on soil total phosphorus content

2.5 不同轮作模式对土壤有效磷含量的影响

3 个轮作处理的土壤速效磷含量均高于对照 AA。在 0~20 cm 土层,AK、AS、AT 轮作的全磷含量与 AA 连作相比,第 1 茬牧草刈割后分别显著提高 13.25%、9.50%、7.39% ($P<0.05$)。牧草生长季中分别提高 13.16%、12.14%、9.45% ($P>0.05$)。牧草生长季末分别提高 10.83%、11.50%、8.92%,且 AK 和 AS 轮作与 AA 连作差异显著($P>0.05$) (图 5)。

在 20~40 cm 土层,AK、AS、AT 轮作的全磷含量与 AA 连作相比,第 1 茬牧草刈割后分别提高 19.87%、14.48%、5.54%,且 AK 和 AS 轮作和 AA 模式差异显著 ($P<0.05$)。牧草生长季中分别提高 16.72%、12.45%、5.84%,且 AK 和 AS 轮作和 AA 模式差异显著 ($P<0.05$)。牧草生长季末分别显著提高 12.55%、18.45%、20.85% ($P<0.05$)。

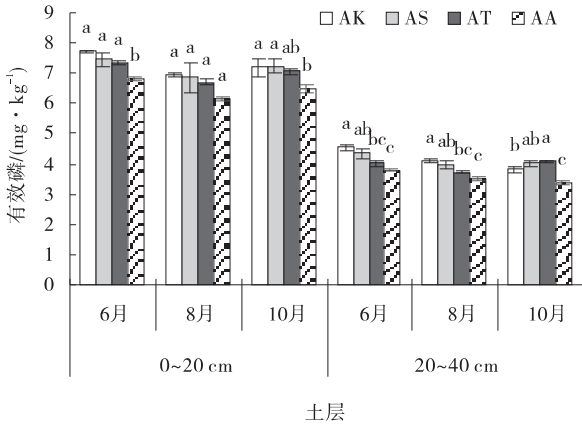


图 5 不同轮作模式下土壤有效磷含量

Fig. 5 Effects of different crop rotation modes on soil available phosphorus content

3 讨论

有研究认为,耕作过程增加了对土壤的干扰,会导致土壤退化进程加速,加快了对土壤养分的利用^[23]。但同时也有大量研究表明,在轮作系统中引入豆科作物可以有效地改良土壤,提高土壤肥力^[24-26]。并且苜蓿茬口的养分效应可以维持 3~5 a,本试验选取了 5 a 的紫花苜蓿草地为前茬,土地的肥力条件尚可。在此基础上连作苜蓿,土壤的有机质、全氮、碱解氮、全磷等养分要高于其他种植禾本科牧草的模式,这印证了杨恒山等^[9]的试验结果,苜蓿与禾本科作物轮作,加快了禾本科作物对土壤养分的消耗,导致土壤养分含量下降。

苜蓿与非豆科作物轮作时,会对土壤有机质有一

定的影响。在本试验中,苜蓿与 3 种禾本科牧草轮作后,土壤有机质含量均小于苜蓿连作,且 20~40 cm 土层有机质变化程度相较 0~20 cm 土层更加剧烈。造成这种现象的原因可能是因为土壤养分具有表聚性,表层积累了一定量的枯枝落叶,植物残体进入土壤后致使土壤养分在表层富集^[27],土壤有机质含量变化较小。且禾本科牧草的根系主要集中在 20~40 cm 土层,对有机质含量的影响更大。不同禾本科牧草对 20~40 cm 土层土壤有机质的利用程度不尽相同,3 种轮作模式中紫花苜蓿—苇状羊茅轮作的全生长季有机质平均含量相比苜蓿连作下降最为明显,达到 13.87%。

苜蓿根系发达,附着的根瘤固氮能力强,可以达到培肥地力、维持氮素水平的作用^[28-29]。在本试验中,苜蓿与 3 种禾本科牧草轮作后,土壤全氮和碱解氮呈下降趋势。赵思腾等^[13]通过将玉米和苜蓿轮作,其土壤全氮含量高于玉米和马铃薯与小麦分别轮作,张成君等^[30]发现玉米—豌豆轮作,豌豆—高粱轮作,其碱解氮含量低于苜蓿连作,与本试验结果相一致。不同轮作的土壤全氮含量相比连作下降的幅度在 0~20 cm 土层要高于 20~40 cm,但不同模式间变化幅度较小。对于不同轮作模式的碱解氮含量变化,20~40 cm 土层的变化幅度相比 0~20 cm 更剧烈。其中紫花苜蓿—苇状羊茅轮作的下降幅度较其他模式更大。造成不同土层间养分含量变化不同的原因可能是全氮养分不能被植物所吸收而在土壤表层富集,禾本科牧草因为对碱解氮的利用致使 20~40 cm 土层其含量变化更为明显。

苜蓿生长过程中对土壤磷素的需求量比较大,而且正常刈割使牧草从农田生态系统被不断带出,导致土壤中速效磷的减少。本试验中苜蓿与 3 种禾本科牧草轮作,土壤速效磷含量均高于苜蓿连作,第一茬牧草刈割后 AK 轮作的速效磷含量比 AA 连作提高了 19.87%,牧草生长季末 AT 轮作比 AA 提高了 20.85%。这与刘沛松^[23]等苜蓿连作的有效磷水平远低于苜蓿与谷子、马铃薯、小麦等作物连作的结果相一致。本试验中苜蓿与禾本科牧草连作后,土壤中全磷含量无显著变化,说明苜蓿与禾本科轮作对土壤全磷影响不大。这一结果与王俊等^[10]苜蓿与玉米、马铃薯等作物轮作,全磷水平基本上没有显著变化的结果相一致。

4 结论

在半干旱地区紫花苜蓿与不同多年生禾本科牧草

轮作后,对土壤养分产生了不同的影响,不同牧草轮作模式可以有效提高土壤有机质、全氮、碱解氮的利用率,并且将土壤有效磷含量保持在一个较高的水平。紫花苜蓿—苇状羊茅轮作对土壤有机质、全氮、碱解氮的利用率较高,紫花苜蓿—草地早熟禾轮作对土壤速效磷的保持性较好。本试验研究了紫花苜蓿与 3 种多年生牧草轮作对不同生长季土壤养分的影响,对今后不同科牧草轮作具有指导和借鉴意义。

参考文献:

- [1] 金姝兰,侯立春,徐磊.长江中下游地区耕地复种指数变化与国家粮食安全[J].中国农学通报,2011,27(17):208—212.
- [2] Ohba S Y, Matsuo T, Takagi D. Mosquitoes and other aquatic insects in fallow field biotopes and rice paddy fields [J]. Medical and Veterinary Entomology, 2013, 27(1): 68—70.
- [3] Li Y, Huang M. Pasture yield and soil water depletion of continuous growing alfalfa in the Loess Plateau of China [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2008, 124(1): 24—32.
- [4] Blackshaw R E, Larney F O, Waynelindwall C, et al. Crop rotation and tillage effects on weed populations on the semi arid Canadian [J]. Weed Technology, 1994(8): 1223—1237.
- [5] Whitbread A M, Blair B G J, Lefroy R D B. Managing legume leys, residues and fertilizers to enhance the sustainability of wheat yields and nutrient balance 2. Soil physical fertility and carbon [J]. Soil and Tillage Research, 2000(54): 77—89.
- [6] 沈吉成,李玲玲,谢军红,等.培肥模式对陇中旱农区粮饲兼用玉米产量和品质的影响[J].西北农业学报,2018,27(9):1305—1312.
- [7] 石凤翎,王明玖.豆科牧草栽培[M].北京:中国林业出版社,2003:120.
- [8] 陈丹梅,陈晓明,梁永江,等.种植模式对土壤酶活性和真菌群落的影响[J].草业学报,2015,24(2):77—84.
- [9] 杨恒山,张玉芹,杨升辉,等.苜蓿轮作玉米后土壤养分时空变化特征分析[J].水土保持学报,2012,26(6):127—130.
- [10] 王俊,李凤民,贾宇,等.半干旱黄土区苜蓿草地轮作农田土壤氮、磷和有机质变化[J].应用生态学报,2005,16(3):439—444.
- [11] 王仪明,雷艳芳,魏臻武,等.不同轮作模式对青贮玉米产量、品质及土壤肥力的影响[J].核农学报,2017,31

- (9);1803—1810.
- [12] 刘沛松,李军,贾志宽,等.不同草田轮作模式对土壤养分动态的影响[J].水土保持通报,2012,32(3):81—85.
- [13] 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.
- [14] 作巴恒修,张清沔,译.作物轮作技术与理论[M].北京:农业出版社,1982:8—9.
- [15] 王华,黄宇,阳柏苏,等.中亚热带红壤地区稻-稻-草轮作系统稻田土壤质量评价[J].生态学报,2005,25(12):3271—3281.
- [16] 朱琨,关莹,陈雅君,等.草地早熟禾茎解剖结构特征与抗旱性的关系[J].农业与技术,2018,38(2):1—2.
- [17] 鲜靖苹,王勇,马晖玲,等.外源 NO 对镉胁迫下草地早熟禾幼苗根系生长及生理的影响[J].草原与草坪,2020,40(2):73—78.
- [18] 郭孝,郭良兴,刘党标.无芒雀麦在单播及混播下牧草产量和品质的分析[J].中国草食动物科学,2018,38(5):62—65.
- [19] 高承芳,张晓佩,刘远,等.不同牧草品种在水土保持中的作用研究[J].中国草食动物科学,2014,34(4):50—52.
- [20] Drinkwater L E, Wagoner P, Sarrantonio M. Legume based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses[J]. Nature,1998,396:262—264.
- [21] Nuruzzaman M, Lambers H, Bolland M D A, *et al.* Phosphorus benefits of different legume crops to subsequent wheat grown in different soils of Western Australia[J]. Plant and Soil,2005,271(1/2):175—187.
- [22] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:中国农业出版社,1999:42—50.
- [23] 刘沛松,李军,贾志宽,等.不同草田轮作模式对土壤养分动态的影响[J].水土保持通报,2012,32(3):81—85+122.
- [24] 蔡艳,郝明德,臧逸飞,等.不同轮作制下长期施肥旱地土壤微生物多样性特征[J].核农学报,2014,29(2):344—350.
- [25] 赵靖静,罗珠珠,张仁陟,等.陇中黄土高原不同草田轮作系统土壤碳组分的差异研究[J].草业学报,2016,25(2):58—67.
- [26] 刘雪强,南丽丽,祁全恩,等.黄土高原半干旱区种植不同绿肥作物对土壤理化性质的影响[J].甘肃农业大学学报,2020,55(1):145—150.
- [27] 李海云,张建贵,姚拓,等.退化高寒草地土壤养分、酶活性及生态化学计量特征[J].水土保持学报,2018,32(5):287—295.
- [28] Su Y Z. Soil carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to Alfalfa forage land in northwest China[J]. Soil and Tillage Research,2007,92(2):181—189.
- [29] 朱悦.长期施肥对土壤有机氮组分的影响及其与氮指标的关系[D].沈阳:沈阳农业大学,2016.
- [30] 张成君,康文娟,张翠梅,等.基于主成分-聚类分析评价不同轮作模式对土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2020,34(1):292—300.

Effects of growing three perennial grasses following alfalfa on soil nutrient dynamics

ZHOU Tong, SHI Shang-li, CHEN Jian-gang, WU Fang, LAI Xing-liang, A Yun
(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem,
Ministry of Education, China-US Center for Grazing Land Ecosystem
Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: This study investigated the rotational effects of three perennial grasses following five-year-old alfalfa on the dynamics of soil organic matter, soil total nitrogen, alkali-decomposed nitrogen, soil total phosphorus and available phosphorus in different growing seasons. The three rotational treatments included alfalfa-kentucky bluegrass (AK), alfalfa-smooth brome grass (AS), and alfalfa-tall fescue (AT), with continuous alfalfa cropping (AA) as the control. In the 0~20 cm soil layer, relative to AA at three sampling stages (after the cut of first forage stubble, in the middle of growing season, and at the end of the growing season), the organic matter content of AS rotation decreased by

9.99%, 9.28%, and 7.81%; the total nitrogen content of AT rotation crops reduced by 13.30%, 6.76%, and 11.41% respectively; the available nitrogen content of AT rotation cropping reduced by 11.72%, 18.13%, and 12.30% respectively; and the total phosphorus content of AT rotation cropping reduced by 4.95%, 5.23%, 6.42%; the effective phosphorus content of AK rotation increased by 13.25%, 13.16%, 10.83%. In the 20~40 cm soil layer, relative to AA at three sampling stages, the organic matter content of AT rotation reduced by 15.57%, 12.38%, and 13.56%, respectively; the total nitrogen content of AT rotation decreased by 7.44%, 3.76%, and 5.67%, respectively; the AT nitrogen content decreased by 16.49%, 17.87%, and 18.45%, respectively; and the effective phosphorus content in AK increased by 19.87%, 16.72%, and 12.5%, respectively. Planting gramineous forages following alfalfa reduced soil organic matter, total nitrogen and alkali-decomposed nitrogen, while increased soil available phosphorus, and had no significant effects on soil total phosphorus.

Key words: alfalfa; grasses; rotation; soil nutrient

(上接 18 页)

Effects of different grazing patterns to vegetation characteristics in an alpine meadow on the eastern edge of Qilian Mountains

DU Kai^{1,2}, KANG Yu-kun^{1,2}, ZHNAG De-gang^{1,2}, SU Jun-hu^{1,2}

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem of Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Agricultural University Massey University Research Centre for Grassland Biodiversity, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Grazing has significant effects on vegetation characteristics of grassland, but the effects of different grazing patterns on the community composition and structure of grassland remain unclear. Therefore, we investigated the height, density, coverage, above- and below-ground biomass, litter biomass and biodiversity in an alpine meadow under five different grazing patterns (continuous grazing (CG), heavy grazing during the dormant seasons (HG), lightly grazing during the dormant seasons (LG), rotational grazing (RG), and non-grazing (NG)) in the Qilian Mountains. The results showed that the all HG, LG, RG, and NG treatments significantly increased the vegetation coverage, density, above- and below-ground biomass, shannon-wiener diversity index, Pielou evenness index, richness index, and Simpson index than the CG treatment. And the highest values were found under the RG treatment. The NG treatment significantly increased the density of Gramineae plants, while significantly decreased the density of Cyperaceae, Leguminosae, forbs, total density, the total species, and biodiversity. There was 20 species plant lost from the community at the NG site, when compared to RG site. Five years of grazing exclusion in the alpine meadow reduced plant biodiversity and density, with the vegetation being dominated by only a few species with strong colonization abilities. Given the high productivity and biodiversity, the rotational grazing would be the best grazing strategy for the alpine meadow in the Qilian Mountains.

Key words: Qilian Mountains; alpine meadow; grazing patterns; vegetation characters