

施氮对西北荒漠灌区紫花苜蓿土壤理化性质及微生物数量的影响

吴勇, 刘晓静, 童长春, 赵雅姣

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

摘要:以“甘农3号”紫花苜蓿为材料, 设5个氮水平(0、51.75、103.5、155.25、207 kg/hm²), 通过2年(2016年、2017年)田间试验, 探究不同施氮处理对紫花苜蓿土壤全氮、有机质、碱解氮含量等土壤的养分、pH值及土壤微生物数量的影响, 并对土壤养分与微生物数量进行相关性分析。结果表明: 施氮可以提高紫花苜蓿土壤有机质、碱解氮含量, 降低土壤pH值。当施氮量为51.75、103.5 kg/hm²时, 紫花苜蓿土壤有机质、碱解氮含量最高, 2016年和2017年分别为15.7 g/kg、17.89 g/kg和41.8 mg/kg、65.2 mg/kg, 同时土壤微生物(细菌、真菌和放线菌)的数量最多。土壤全氮、碱解氮、有机质含量及pH值均与真菌、细菌和放线菌数量成正相关关系, 其中土壤有机质含量与真菌和细菌数量呈极显著正相关($P < 0.01$), 与放线菌数量呈显著正相关($P < 0.05$), pH值与放线菌数量呈显著正相关($P < 0.05$)。因此, 当施氮量为51.75、103.5 kg/hm²时, 可以有效改善土壤理化性质, 提高土壤微生物数量。

关键词: 施氮; 紫花苜蓿; 土壤微生物数量; 土壤养分; 相关性

中图分类号: S816; S541 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2020)06-0058-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.06.009

土壤理化性质作为控制植物生长发育的关键生态因子, 是土壤的基本属性和本质特征, 也是综合评价土壤质量或肥力的重要指标^[1-2]。土壤微生物是农田生态系统的重要组成部分, 不仅可以储存养分、促进物质循环和能量流动, 而且对土壤代谢、生态系统的稳定具有重要的作用^[3], 是土壤中生物化学过程的主要驱动力和土壤中有效养分的重要来源, 也是土壤生态系统变化的指示剂^[4]。土壤微生物对土壤环境的变化较为敏感, 当土壤环境发生变化时, 土壤微生物的数量也随

之发生变化。已研究证实^[5-8], 合理的施氮对于改善土壤理化性质和提高土壤微生物数量具有积极影响。聂江文^[9]研究发现, 增施氮肥显著提高水稻产量和紫云英盛花期土壤细菌数量。张珺等^[10]在盐碱地研究不同施氮量对土壤微生物区系与食葵产量的影响表明, 土壤微生物的数量和优势菌菌群数与氮肥施用量呈正相关关系。张双凤^[11]对氮肥运筹对小麦根际土壤微生物影响的研究表明, 不同施氮量对小麦根际土壤微生物活性有显著的影响, 随着施氮量的增加土壤微生物活性随之升高。

紫花苜蓿是优良的豆科牧草, 可与根瘤菌进行共生固氮, 但其根瘤所固定的氮素仅占其一生需氮量的50%~60%^[12], 并不能满足其生长所需。同时, 西北干旱灌区是我国苜蓿优势主产区之一, 也是我国草食畜牧业主产区, 但由于该区域气候干旱, 土壤养分含量相对较低, 盐碱化程度高, 生产条件较差, 无法满足紫花苜蓿高产优质生产所需, 因此, 合理的氮肥施用是实现该地区紫花苜蓿高效生产的重要措施。目前关于施肥对土壤微生物量影响的研究大多集中于蔬菜及禾本

收稿日期: 2019-12-24; **修回日期:** 2020-03-08

基金项目: 甘肃省重大科技专项: 草类植物种质创新与品种选育(课题3)(19ZD2NA002-3)、甘肃农业大学科技创新基金(GSAU-XKJS-2018-008)和甘肃省草原技术推广总站项目(XMXZGSNDXY 201802)资助

作者简介: 吴勇(1994-), 男, 甘肃张掖人, 在读硕士。

E-mail: 1196440850@qq.com

刘晓静为通讯作者。E-mail: liuxj@gsau.edu.cn

科作物^[13],而有关施氮对紫花苜蓿土壤微生物量的影响研究还相对较少。为此,在西北荒漠灌区研究氮肥施用对紫花苜蓿土壤微生物数量影响,旨在探索施氮对紫花苜蓿土壤理化性质和微生物的影响及其相互关系,为西北荒漠灌区紫花苜蓿高效生产提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地设于甘肃省农业科学院永昌试验站内,地理位置 E 101°03′~102°40′、N 37°48′~38°34′,属于温带大陆性气候,平均海拔 2 000 m,年平均气温 4.8℃,降水年内分布不均,多年平均降水量 188 mm,主要集中在 6~9 月,年蒸发量为 2 000 mm,无霜期为 136 d。该地区光照充沛,昼夜温差较大且气候冷凉。土壤类型属灌漠土。土壤基础理化性状:有机质 14.8 g/kg,全氮 0.88 g/kg,碱解氮 38.7 mg/kg,速效磷 30 mg/kg,有效钾 104.3 mg/kg,pH 为 8.5。

1.2 试验材料与设计

1.2.1 供试材料 供试品种:紫花苜蓿品种为‘甘农 3 号’,由甘肃农业大学草业学院提供。供试肥料:氮肥为尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (含 N \geq 46%),磷肥为过磷酸钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (含 $\text{P}_2\text{O}_5\geq$ 12%),钾肥为硫酸钾(含 $\text{K}_2\text{O}\geq$ 52%)。

1.2.2 试验设计 在高产年份苜蓿田进行连续 2 年的定位试验,设计 5 个氮水平,施氮量分别为 0、51.75、103.5、155.2、207 kg/hm²,分别记为 N0、N51.75、N103.5、N155.25、N207,其中 N103.5 为当地推荐施肥量。每处理 3 次重复,完全随机排列。小区面积为 5 m \times 5 m=25 m²。2015 年 8 月播种,播种深度为 2~4 cm,播种量为 15 kg/hm²,条播,行距为 20 cm,于第 2 年(2016 年)和第 3 年(2017 年)进行刈割,每年刈割 3 茬,初花期(10%开花)刈割。氮肥平均分成 3 次施入,分别为返青期及前两次刈割后,磷钾肥于返青前一次性施入,用量为磷肥 105 kg/hm² (P_2O_5)、钾肥 90 kg/hm² (K_2O)。施肥后充分灌溉,各小区除氮肥水平不同外,其他条件与管理均相同。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 取样时期及方法 每年仲夏取样,具体时间为:建植第 2 年仲夏(7 月 14 日)和第 3 年仲夏(7 月 14 日)。

按五点取样法在每个小区随机选取 5 个取样点用土钻取 0~40 cm 土层土样,均匀混合成 1 个土样,风

干,研磨,过筛备用。

1.3.2 指标测定 土壤养分测定:参照鲁如坤^[14]的《土壤农化分析》,重铬酸钾容量法—外加热法测定有机质,碱解扩散法测定碱解氮,pH 计测定 pH 值,水土比为 2.5:1。用凯氏定氮法测定土壤全氮含量。

微生物数量测定:土壤细菌、真菌、放线菌数量采用稀释平板涂抹法进行测定^[12]。

1.4 数据处理与分析

应用 SPSS 19.0 软件 Duncan 法对数据进行多重比较,用 Excel 2010 软件进行数据整理及图表绘制。

2 结果与分析

2.1 施氮对土壤全氮的影响

土壤全氮在各处理间差异不显著($P>0.05$)(图 1)。随着种植年限的延长,施氮对紫花苜蓿土壤全氮处理间的变化无规律。

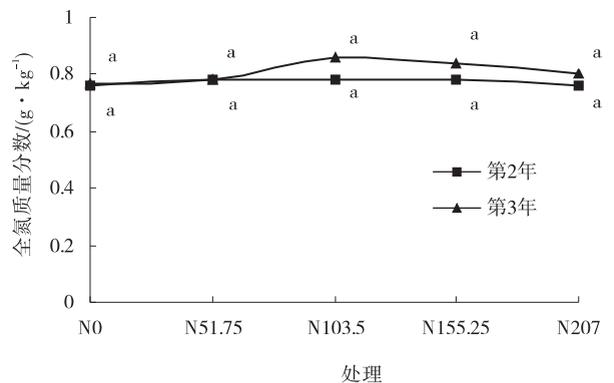


图 1 各处理下土壤的全氮含量

Fig. 1 The concentration of soil total nitrogen

注:不同小写字母表示同一年度处理间差异显著($P<0.05$),下同

2.2 施氮对碱解氮的影响

相比 N0 处理,其他施氮处理显著提高紫花苜蓿土壤碱解氮含量($P<0.05$),并且随着施氮量的增加,土壤碱解氮含量呈先增加后减小的趋势。N103.5 处理均在第 2 年和第 3 年达到最大值,分别为 41.8、65.2 mg/kg,除与 N51.75 处理差异不显著($P>0.05$)外,与其他处理差异均显著($P<0.05$)。从年际间来看,随着紫花苜蓿种植年限的延长,土壤碱解氮含量上升(图 2)。

2.3 施氮对土壤 pH 值的影响

除了第 2 年的 N155.25 处理与第 3 年的 N103.5 处理的土壤 pH 值有上升的波动外,同一年的其他处

理土壤 pH 值均随着氮肥水平的升高表现出下降的趋势,且均在 N207 处理最低,和 N0 处理差异显著($P < 0.05$)。随着种植年限的延长,第 3 年土壤 pH 值相比第 2 年有所下降(图 3)。

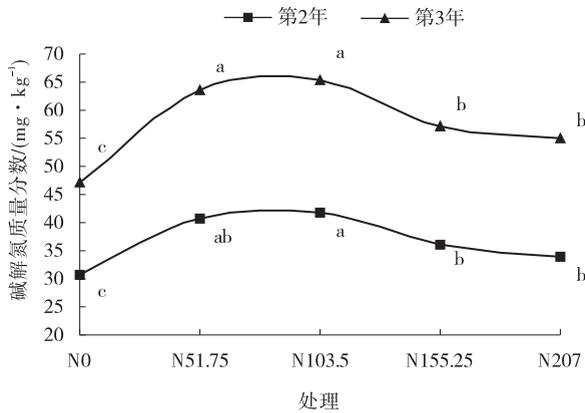


图 2 各处理下土壤的碱解氮含量

Fig. 2 Effect of nitrogen application on available nitrogen

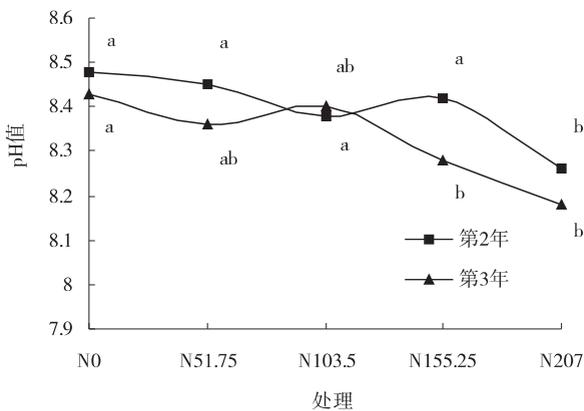


图 3 各处理下土壤的 pH 值

Fig. 3 The pH values of nitrogen applications

2.4 施氮对有机质含量的影响

随着施氮量的增加,两个年度有机质含量均呈现先增大后减小的趋势,在 N103.5 处理达到最大, N103.5 处理两个阶段除与 N207 处理差异显著($P < 0.05$),在第 3 年与 N155.25 处理差异显著外($P < 0.05$),与同一年度其他处理差异均不显著($P > 0.05$) (图 4)。

2.5 施氮对土壤微生物数量的影响

2.5.1 施氮对真菌数量的影响 随着施氮水平的提高,真菌数量呈先增加后减少的趋势,两个年度的真菌数量均在 N103.5 水平达到最大值,且除与 N51.75 水平差异不显著外,与其他处理均差异显著($P < 0.05$)。当增施氮肥至 N207 水平时,真菌数量显著小于 N0 水平($P < 0.05$) (图 5)。

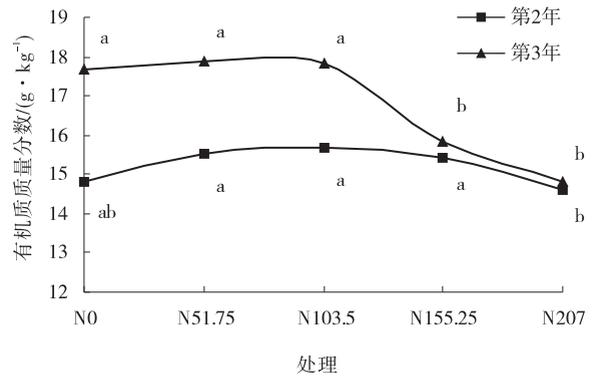


图 4 各处理下土壤的有机质含量

Fig. 4 The organic matter content of nitrogen applications

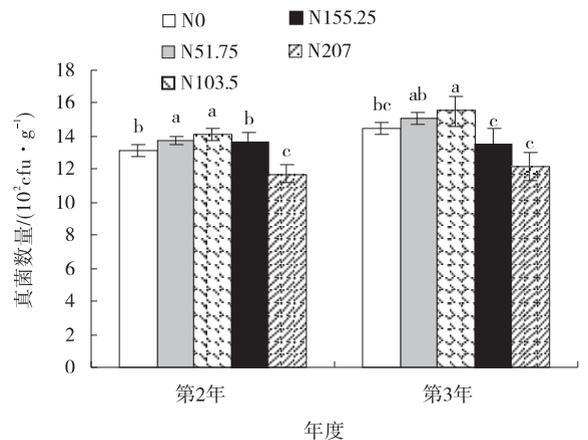


图 5 各处理下土壤的真菌数量

Fig. 5 The number of fungi of nitrogen application

注:不同小写字母表示同一年度处理间差异显著($P < 0.05$),下同

2.5.2 施氮对细菌数量的影响 随着种植年限的延长,细菌数量呈现递增的趋势,除 N155.25 及 N207 处理外,其余处理增幅较大。从施氮水平来看,细菌数量随着施氮量的增加表现出先增加后减小的趋势。第 2 年在 N103.5 达到最大,除与 N51.75 差异不显著外($P > 0.05$),与其他处理均为差异显著,第 3 年在 N51.75 达到最大,与其他处理间均差显著($P < 0.05$)。增施氮肥至 N207 水平时,两个年度细菌数量均显著低于 N0 处理($P < 0.05$) (图 6)。

2.5.3 施氮对放线菌数量的影响 随着施氮量的增加,放线菌的数量呈现先增加后降低的趋势,两年度均在 N51.75 水平达到最大值,除与 N103.5 水平差异不显著外($P > 0.05$),与其他处理均差异显著($P < 0.05$)。且 N155.75 和 N207 处理的放线菌数量均显著低于 N0 处理($P < 0.05$),说明施氮 51.75~103.5 kg/hm²有利于放线菌数量的提高(图 7)。

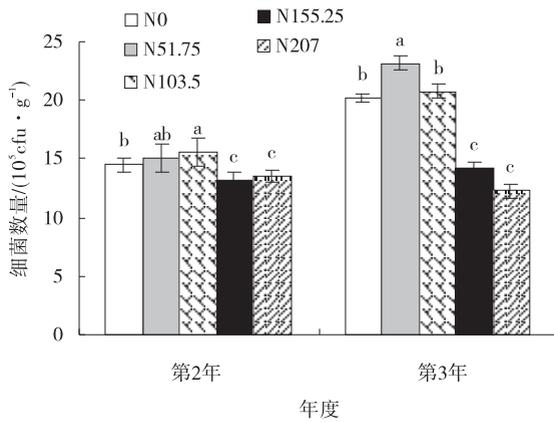


图 6 各处理下土壤的细菌数量

Fig. 6 Effect of nitrogen application on the number of bacteria

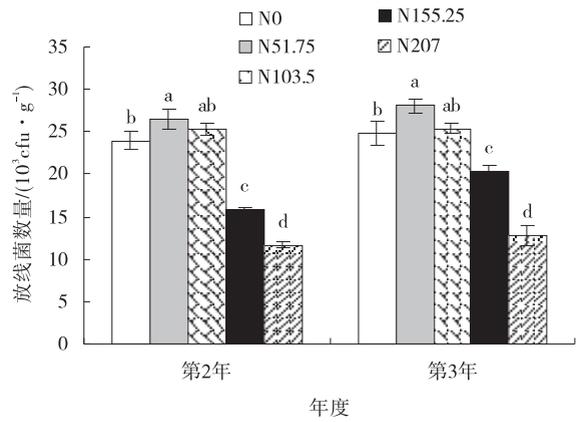


图 7 各处理下土壤的放线菌数量

Fig. 7 The number of actinomycetes of nitrogen applications

表 1 紫花苜蓿土壤理化性质与微生物数量相关性分析

Table 1 Correlation analysis between alfalfa soil physicochemical properties and microbial quantity

| | 真菌 | 细菌 | 放线菌 | 全氮 | 碱解氮 | pH 值 | 有机质 |
|------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|-----|
| 真菌 | 1 | | | | | | |
| 细菌 | 0.844** | 1 | | | | | |
| 放线菌 | 0.825** | 0.719* | 1 | | | | |
| 全氮 | 0.412 | 0.188 | 0.102 | 1 | | | |
| 碱解氮 | 0.570 | 0.604 | 0.292 | 0.749* | 1 | | |
| pH 值 | 0.542 | 0.341 | 0.687* | -0.235 | -0.33 | 1 | |
| 有机质 | 0.901** | 0.949** | 0.665* | 0.378 | 0.704* | 0.297 | 1 |

注: **:在 0.01 水平(双侧)上显著相关。*:在 0.05 水平(双侧)上显著相关

2.6 土壤理化性质与微生物数量相关性分析

紫花苜蓿土壤有机质含量与真菌、细菌和放线菌数量存在显著正相关,其中与真菌($r=0.901$, $P<0.01$)和细菌数量($r=0.949$, $P<0.01$)呈极显著正相关,与放线菌数量呈显著正相关($r=0.665$, $P<0.05$)。土壤 pH 值与真菌、细菌和放线菌数量成正相关关系,相关系数分别为 0.542、0.341 和 0.687,其中 pH 与放线菌数量呈显著正相关($r=0.687$, $P<0.05$)。土壤全氮及碱解氮含量均与真菌、细菌和放线菌数量呈正相关关系,相关系数分别为 0.412、0.188、0.102 和 0.570、0.604、0.292。

3 讨论

土壤碳、氮含量的高低是表征土壤肥力状况的重要因子^[16]。本研究表明,不同施氮处理在一定程度上对土壤有机质、全氮、碱解氮和 pH 等有不同影响,其中,随着紫花苜蓿种植年限的延长,土壤碱解氮和有机质含量上升,当施氮量为 0~103.5 kg/hm²,土壤碱解

氮和有机质含量随着施氮量的增加呈递增趋势,说明对紫花苜蓿施入适量的氮肥可以提高其土壤有机质和碱解氮含量,景美玲等^[17]研究也得出相似的结论,这可能是由于西北荒漠灌区土壤养分条件较差,增施氮肥可以促进紫花苜蓿根系的生长,增加根系分泌物量,从而提高根际有机物质的输入。Schroder 等^[18]研究显示,连续施用氮肥可使农田耕层土壤 pH 下降,且随着施氮量的增加而降幅增加^[19-20],本研究表明种植第 3 年土壤 pH 值相比第 2 年呈下降趋势,安志超等^[21]的研究也得出相似的结果,这是由于紫花苜蓿主要吸收利用氮肥中的 NH₄⁺,氮肥施入土壤后未被吸收利用的铵离子在硝化、亚硝化作用下形成酸根离子,从而降低土壤 pH 值^[22]。本研究表明,施氮对于紫花苜蓿土壤全氮含量无明显影响,尹辉等^[23]在灌溉和施氮对种植第 2 年紫花苜蓿土壤全氮含量影响的研究中也得出了相似的结论。

氮肥不仅在作物生长中起着重要作用,而且对微生物具有深远影响。本研究表明当施氮量为 51.75、

103.5 kg/hm² 时,细菌、真菌和放线菌的数量最多,说明土壤中的微生物可迅速将施入的氮素同化,同时促进紫花苜蓿的生长发育,使紫花苜蓿根系发达,分泌更多低分子量的有机物为微生物提供充足的碳源,从而使真菌、细菌和放线菌等微生物迅速繁殖,数量增多。陈松鹤等^[24]的研究结果也与本文相一致。然而当施氮量超过 103.5 kg/hm² 时,如果继续增施氮肥将会强烈抑制微生物的数量,并且施氮量越高,其抑制程度越强烈,这是因为氮肥的过量施用可能引起离子间的拮抗作用,使得氮肥在土壤中的转化与吸收利用受到阻碍^[25],从而导致土壤酸化,不利于土壤微生物的活动与繁殖,并且过量的氮肥施入会直接对土壤微生物产生毒害作用^[26],从而使微生物数量下降。这从土壤微生物的角度说明了过量的氮肥施用可以打破土壤生态环境的养分平衡,破坏土壤生物学性状,从而对土壤的可持续利用能力产生影响。

在农业生态系统中,植物、土壤、微生物三者之间联系紧密,缺一不可。赵彬等^[27]研究指出土壤肥力对土壤微生物的生物量具有重要的影响,土壤微生物的生物量与土壤 pH 和土壤总氮含量均呈正相关。本研究表明,当施氮量为 51.75、103.5 kg/hm² 时,紫花苜蓿土壤微生物量有效增加,土壤肥力得到提高。施氮对土壤微生物数量的响应与土壤肥力的变化趋势高度相似,土壤全氮、碱解氮、有机质含量及 pH 值均与真菌、细菌和放线菌数量呈正相关,其中土壤有机质含量与真菌和细菌数量呈极显著正相关($P < 0.01$),与放线菌数量呈显著正相关($P < 0.05$),pH 与放线菌呈显著正相关($P < 0.05$)。这是因为西北荒漠灌区土壤类型主要为荒漠土,盐碱化程度高,气候干旱,氮肥的施用为土壤微生物提供了充足的营养,为微生物生长提供了适宜的土壤环境,使微生物代谢加强,分泌的代谢产物增多,促进土壤中腐殖质和难解有机物的矿化,从而提高了土壤肥力^[5,28]。土壤肥力的改善,为紫花苜蓿的生长提供了充足的养分保障,使其根系发达,根系分泌大量低分子量有机物,为根际土壤中的微生物提供易于吸收利用的 C 源,从而促进土壤微生物生长,使土壤微生物的活性及数量增加^[29]。

4 结论

施氮可以提高紫花苜蓿土壤有机质、碱解氮含量,降低土壤 pH 值。当施氮量为 51.75、103.5 kg/hm²

时,紫花苜蓿土壤有机质、碱解氮含量最高,同时土壤微生物(细菌、真菌和放线菌)的数量最多。

土壤全氮、碱解氮、有机质含量及 pH 值均与真菌、细菌和放线菌数量呈正相关关系,其中土壤有机质含量与真菌和细菌数量呈极显著正相关,与放线菌数量呈显著正相关,pH 与放线菌数量呈显著正相关。

参考文献:

- [1] 蔺芳,刘晓静,张家洋.紫花苜蓿与多年生黑麦草不同种植模式下沙化土壤碳、氮含量和酶活性研究[J].草原与草坪,2019,39(3):43-49.
- [2] Huang R,Lan M,Liu J,*et al.* Soil aggregate and organic carbon distribution at dry land soil and paddy soil; the role of different straws returning[J]. Environmental Science and Pollution Research,2017,24(36):27942-27952.
- [3] 沈仁芳,赵学强.土壤微生物在植物获得养分中的作用[J].生态学报,2015,35(20):18-25.
- [4] Zeller V,Bardgett R D,Tappeiner U. Site and management effects on soil microbial properties of subalpine meadows;a study of land abandonment along a north-south gradient in the European Alps[J]. Soil Biology and Biochemistry,2001,33(4-5):639-649.
- [5] 龚伟,颜晓元,王景燕.长期施肥对土壤肥力的影响[J].土壤,2011,43(3):336-342.
- [6] 高亚敏,姚拓,陈龙,等.绿洲区玉米专用菌肥对土壤理化性质及酶活性的调理作用[J].草原与草坪,2019,39(2):12-19.
- [7] 高中超,迟凤琴,赵秋.施肥对退化草原植物群落产量及土壤理化性质的影响[J].草原与草坪,2007,2007(2):60-62.
- [8] 马冬云,郭天财,宋晓,等.尿素施用量对小麦根际土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J].生态学报,2007,27(12):5222-5228.
- [9] 聂江文,王幼娟,吴邦魁,等.施氮对冬种紫云英不还田条件下稻田土壤微生物数量与结构的影响[J].生态学报,2018,37(12):3617-3624.
- [10] 张珺,王婧,张莉,等.盐碱地不同施氮量对土壤微生物区系与食葵产量的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(4):22-27+73.
- [11] 张双凤.氮肥运筹对小麦根际土壤微生物及酶活性的影响[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [12] 曾昭海,胡跃高,陈文新,等.共生固氮在农牧业上的作用及影响因素研究进展[J].中国生态农业学报,2006,14(4):21-24.
- [13] 马刘峰,易海艳,司马义·巴拉提,等.不同施肥处理对

- 新疆温室蔬菜根际土壤微生物的影响[J]. 北方园艺, 2013(2):46—48.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [16] 王淑兰, 王浩, 李娟, 等. 不同耕作方式下长期秸秆还田对旱作春玉米田土壤碳、氮、水含量及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(5):1530—1540.
- [17] 景美玲, 马玉寿, 李世雄, 等. 氮肥对大通河上游退化草地的影响[J]. 草地学报, 2016, 24(3):518—523.
- [18] Zhang H M, Wang B R, Ming-Gang X U, *et al.* Crop Yield and Soil Responses to Long-Term Fertilization on a Red Soil in Southern China[J]. *Pedosphere*, 2009, 19(2):199—207.
- [19] Schroder J L, Zhang H, Girma K, *et al.* Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2011, 75(3):957—964.
- [20] Malhi S S, Nyborg M, Goddard T, *et al.* Long-term tillage, straw and N rate effects on some chemical properties in two contrasting soil types in Western Canada[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2011, 90(1):133—146.
- [21] 安志超, 黄玉芳, 马晓晶, 等. 连续不同施氮对小麦—玉米轮作农田土壤理化性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2017, 37(11):1461—1466.
- [22] 郝忠. 氮添加对高粱土壤呼吸及理化性质的影响[D]. 太原: 山西大学, 2018.
- [23] 尹辉, 王琦, 师尚礼, 等. 灌溉和施氮对种植第2年紫花苜蓿产量、水分利用效率及土壤全氮含量的影响[J]. 草原与草坪, 2012, 32(4):1—7.
- [24] 陈松鹤, 徐开未, 樊高琼, 等. 长期施氮对饲草玉米产量、土壤养分和微生物数量的影响[J]. 四川农业大学学报, 2019, 37(3):314—320.
- [25] 李宽莹, 王泽林, 徐兴有, 等. 不同施肥处理对日光温室土壤微生物数量与酶活性的影响[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2):62—67.
- [26] 于铁峰. 西北干旱灌区紫花苜蓿施肥模型构建及养分高效生理机制研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [27] 赵彬, 孙龙, 胡海清, 等. 兴安落叶松林火后对土壤养分和土壤微生物生物量的影响[J]. 自然资源学报, 2011, 36(3):450—459.
- [28] 李秀英, 赵秉强, 李絮花, 等. 不同施肥制度对土壤微生物的影响及其与土壤肥力的关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8):1591—1599.
- [29] 乔云发, 苗淑杰, 韩晓增. 长期施肥条件下黑土有机碳和氮的动态变化[J]. 土壤通报, 2008(3):545—548.

Effect of nitrogen application on soil physicochemical property and microbial quantity of alfalfa in desert irrigation area of Northwest China

WU Yong, LIU Xiao-jing, TONG Chang-chun, ZHA Ya-jiao

(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)

Abstract: In order to explore the effect of nitrogen application on the number of alfalfa soil microorganisms under the condition of low soil nutrients and high salinization in desert irrigation area of Northwest China, alfalfa ‘Gannong 3’ was used as material and 5 nitrogen levels (0 kg/hm², 51.75 kg/hm², 103.5 kg/hm², 155.25 kg/hm², and 207 kg/hm²) were tested in the field for two years (2016 and 2017). The effects of different nitrogen application treatments on soil total nitrogen, organic matter, pH value, alkali-hydrolyzable nitrogen content of alfalfa, and the number of soil microorganisms were studied, and the correlation between soil nutrients and microorganisms was analyzed. The results showed that nitrogen application could increase the content of organic mat-

ter and alkali-hydrolyzable nitrogen in alfalfa soil and decrease the pH value of soil. In this study, when the amount of nitrogen application was 51.75 kg/hm² and 103.5 kg/hm², the contents of organic matter and alkali-hydrolyzable nitrogen in alfalfa soil were the highest, which was 15.7 g/kg, 17.89 g/kg and 41.8 mg/kg, 65.2 mg/kg in two years, respectively, and the number of soil microorganisms (bacteria, fungi and actinomycetes) in alfalfa soil was the highest. Soil total nitrogen, alkali-hydrolyzable nitrogen, organic matter, and pH value were positively correlated with the number of fungi, bacteria, and actinomycetes, and soil organic matter showed an extremely significant positive correlation with fungi and bacteria ($P < 0.01$), a significant positive correlation with actinomycetes ($P < 0.05$), and PH was significantly positively correlated with actinomycetes ($P < 0.05$). Therefore, when the amount of nitrogen application is 51.75 kg/hm² and 103.5 kg/hm², it can effectively improve the physical and chemical properties of soil and increase the number of soil microorganisms.

Key words: nitrogen application; alfalfa; soil microbial quantity; soil nutrients; correlation

(上接 57 页)

Studies on physiological adaptability of *Cenchrus pauciflorus* in different growth periods of Horqin sandy land

MA Jin-bao¹, ZHANG Yong-li¹, TIAN Xun², ZHOU li-ye

(1. College of Agriculture, Inner Mongolia University for nationalities, 2. College of Life science and Food of Inner Mongolia University for nationalities, Inner Mongolia Tongliao 028000)

Abstract: To explore the physiological adaptation characteristics of field sandbur (*Cenchrus pauciflorus* Benth), an invasive plant at different fertility stages, in Horqin sandy land, in this study, the stems, leaves and roots of field sandbur were collected under natural conditions by random sampling method, and the physiological indexes were measured. The results showed that the physiological indexes of field sandbur were different in each growth stage. Compared with other growth stages, the relative electrical conductivity (REC), soluble Protein (SP), Proline (Pro), peroxidase (POD), catalase (CAT), and enzyme activity of seedling plants reach the maximum; At the tillering stage, the content of REC, SP, Pro, CAT and POD and enzyme activity of the plant decreased, the content of Pro was the lowest (0.039 mg/g), and the REC reached the maximum (241.32 U/(g·h)); at flowering stage, SP content and POD activity were the lowest, which were 3.57 mg/gFW and 2145 U/mgFW respectively, and SOD activity was the highest, which was 394.31 U/gFW; the content of soluble sugar (SS) and malondialdehyde (MDA) did not change significantly in the whole growth period. To sum up, field sandbur initiated different physiological mechanisms to adapt to the external environment in different reproductive periods.

Key words: field sandbur; plasticity; physiological index; field moisture capacity