



## 草甸草原区退耕地的牧草-水分-氮肥耦合机制

李达<sup>1</sup>, 方华军<sup>2</sup>, 王笛<sup>1</sup>, 徐丽君<sup>3</sup>, 唐雪娟<sup>3</sup>, 辛晓平<sup>3</sup>, 聂莹莹<sup>3</sup>, 乌仁其其格<sup>4</sup>

<sup>1</sup>白城市畜牧科学研究院/呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站/国家牧草产业技术体系白城站, 吉林白城 137000; <sup>2</sup>中国科学院地理科学与资源研究所生态系统观测与模拟重点实验室, 北京 100101; <sup>3</sup>中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站, 北京 100081; <sup>4</sup>呼伦贝尔学院/内蒙古自治区草甸草原生态系统与全球变化重点实验室, 内蒙古呼伦贝尔 021800

**摘要:**【目的】通过在呼伦贝尔建植不同种植模式的人工草地, 研究补水、施氮和牧草类型 3 个因素对人工草地群落生物量、植物营养成分和土壤质量的影响, 旨在揭示呼伦贝尔地区退耕地人工草地的水肥耦合机制, 筛选建植管理的最优模式。【方法】试验在呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站进行, 2016 年 6 月 6 日试验开始, 设置 3 个因素试验, 即牧草类型(Pasture)、施氮水平(Nitrogen)和补水处理(Irrigation)。牧草类型设紫花苜蓿单播( $P_1$ )、无芒雀麦单播( $P_2$ )、紫花苜蓿无芒雀麦 1:1 混播( $P_3$ ) 3 个处理; 施氮水平设不施氮( $N_0$ )、低氮( $N_1$ :  $75 \text{ kgN}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ )和高氮( $N_2$ :  $150 \text{ kgN}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ) 3 个水平, 每年追施氮肥(化学纯尿素)两次分别于成苗(返青)期和分蘖期撒施; 补水设不补水( $I_0$ )和补水( $I_1$ )两个水平, 每年 6、7、8 月补水 3 次, 补水  $20 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$ 。重复 4 次, 共计 72 个试验小区, 每个试验小区面积  $7 \text{ m}\times 10 \text{ m}$ , 行距 1 m。在 2016、2017 年测定草地生物量、营养成分(植物粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维)以及土壤养分(土壤全氮、有机碳和 pH)。【结果】(1)播种当年(2016 年)的产量对(N)、(I)、(P)和( $P\times I$ )等试验因素的响应均达到显著水平( $P<0.05$ ), 2017 年两次测定的产量对(N)、(P)、( $P\times I$ )、( $P\times N$ )、( $N\times I\times P$ )等试验因素的响应均达到显著水平( $P<0.05$ ), 并且混播( $P_3$ )在不补水( $I_0$ )条件下低氮( $N_1$ )处理的产量显著高于其余处理组( $P<0.05$ ), 平均达到  $17\ 801.19 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。(2)2016 年和 2017 年的粗蛋白(CP)含量均表现为  $P_1$ 处理 $>P_3$ 处理 $>P_2$ 处理, 2016 年  $P_1$ 、 $P_2$ 和  $P_3$ 处理在补水条件相同时均表现为 CP 含量随着氮水平增加而增加, 其中  $P_1N_2I_0$ 显著高于  $P_1N_0I_0$ 、 $P_1N_1I_0$ 、 $P_1N_1I_1$  ( $P<0.05$ ), 达到最大(19.08%); 2017 年  $P_3$ 在  $I_0$ 条件下  $N_1$ 水平的粗蛋白(CP)含量(15.12%)显著高于  $N_0$  ( $P<0.05$ )。(3)施氮和补水均倾向于促使土壤有机碳(SOC)含量负增长, 全氮(TN)含量正增长, pH 值负增长, 其中表层土壤 SOC 增长量苜蓿和无芒雀麦显著高于混播( $P<0.05$ ), 表层土壤全氮(TN)增长量苜蓿显著高于无芒雀麦和混播( $P<0.05$ )。2016 年表层和亚表层的土壤碳氮比(C/N)均高于 2017 年, 表层平均高出 17.39%, 亚表层平均高出 15.18%, 表层土壤碳氮比的变化更为明显, 其中表层土壤碳氮比 2016 年  $P_1N_0I_1$ 处理最高, 为 8.15, 2017 年  $P_1N_2I_0$ 处理最高, 为 5.67, 亚表层土壤碳氮比 2016 年  $P_1N_2I_1$ 处理最高, 为 6.36, 2017 年  $P_3N_2I_1$ 处理最高, 为 5.67。【结论】在呼伦贝尔退耕人工草地在播种第二年, 牧草-水分-氮肥的耦合作用对草地生物量具有显著影响, 水氮耦合具有一定促进牧草的养分积累的协同效应, 其中建植豆-禾混播草地最有利于提高牧草的生物量与营养品质。人工草地的建植会导致 C/N 降低, 土壤品质下降, 在不同牧草类型、补水及施氮水平下均会表现出 0-20 cm 土层 SOC 含量、pH 值的降低以及土壤 TN 含量的上升, 表明土壤出现酸化现象, 豆-禾混播土壤 pH 值降低幅度小于单播, 而高氮和补水会明显加剧土壤 pH 值的降低。

**关键词:** 人工草地; 施氮; 补水; 豆-禾牧草混播; 群落生物量; 土壤养分; 呼伦贝尔

收稿日期: 2019-09-22; 接受日期: 2019-12-26

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0500603, 2018YFF0213405)、国家自然科学基金项目(417018)、国家现代农业产业技术体系建设专项(Cars-34)

联系方式: 李达, E-mail: 547273612@qq.com. 通信作者徐丽君, E-mail: xulijun@caas.cn