

光伏电板对草甸草原植物功能群数量特征的影响

罗厅¹,尹晓冬¹,曲善民^{2,3*},包雨微^{1,2,3},刘香萍^{2,3}

(1. 大庆黄和光储实证研究有限公司,黑龙江 大庆 163515;2. 黑龙江八一农垦大学动物科技学院,黑龙江 大庆 163319;3. 黑龙江省寒区饲料资源高效利用与营养调控重点实验室,黑龙江 大庆 163319)

摘要:【目的】研究光伏电板对草甸草原植物功能群的影响。【方法】试验采用样方法对国家光伏、储能实证实验平台(大庆基地)草甸草原进行监测,测定了植物高度、盖度、多度、频度和地上生物量。【结果】光伏电板间多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群的高度、盖度、多度、频度和地上生物量相较于光伏电板下均有增加;莎草功能群光伏电板间的盖度、多度、频度和地上生物量均显著高于板下;对于多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群植物,光伏电板下的高度、盖度、多度和地上生物量均高于电板间。【结论】综合来看,光伏电板的架设会对草甸草原不同的植物功能群产生不同影响。

关键词:光伏电板;草甸草原;功能群;数量特征

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)06-0032-06

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2023.06.005



中国是草地资源大国,拥有草地面积近4亿hm²,占国土面积的41.75%^[1]。我国草地生态系统是欧亚大陆温带草地生态系统的重要组成部分,在保持生物多样性、维护生态环境和发展草地畜牧业方面具有着重大的作用和价值^[2-3]。北方草甸草原是位于半湿润半干旱地区的主要草地生态系统类型,是地带性草地植被^[4]。大庆市是黑龙江省草原面积最大的城市,草原面积约占84.07万hm²。近年来,随着世界各地光伏电站的建成和日益取得显著成效,光伏发电已成为当今世界太阳能应用发展的主要趋势^[5]。我国东北地区有良好的光照条件,分布大面积的草甸草原,为光伏产业的发展提供了有利条件,随着光伏产业的不断发

展,大庆市已进入光伏发展的快车道^[6]。

植物功能群是指对外界复杂的环境因子或人为干扰有相似反应的一系列植物组合,是研究植被随环境动态变化的基本单位^[7-8]。植物功能群的变化能反映生物及非生物因素影响下植被群落结构和生态系统功能的变化机制^[9],在一定程度上可以反映草地生态系统的健康状况^[10]。虽然在生态系统中每个物种都有其独特的作用,但每个物种作用的性质和大小都存在差异,因此需要对物种进行功能群的划分^[11],以便深入研究不同植物物种在生态系统中的作用^[12]。

目前有关光伏产业的研究只考虑其经济产出,集中于光伏园区建设对土壤微生物群落结构的影响^[9-13]及光伏电板对羊草群落特征及多样性的影响等方面^[14],而鲜有涉及光伏电板对草地功能群影响的研究。沈飞^[15]指出,光伏电板有遮荫的作用,可以改善植被的生长环境,还可以改善土地的平整度。本研究以大庆市光伏电场为研究区域,以草甸草原地上植物为研究对象,对光伏电板间和电板下的植物功能群数量进行研究,以为光伏电站对生态环境的影响提供理论依据。

收稿日期:2022-12-14;修回日期:2023-03-07

基金项目:大庆市新能源领域“揭榜挂帅”科技攻关项目(2021BD05)

作者简介:罗厅(1988-),男,青海西宁人,本科,工程师,主要研究方向为能源生态融合研究等。

E-mail: 931698391@qq.com

*通信作者:E-mail:64311742@qq.com

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于黑龙江省大庆市大同区高台子镇国家光伏、储能实证实验平台(大庆基地)内,地理坐标为N 46.151°~46.206°、E 124.870°~124.890°。属于北温带大陆性半干旱、半湿润季风气候,在蒙古内陆冷空气和海洋暖流季风的影响下,气候四季分明,冬季寒冷且有雪,春秋季风较多雨热同季,有利于农作物和牧草的生长。平均海拔约为135 m,年平均气温2~12℃,年降水量50~250 mm。研究区草地类型为典型草甸草原,土壤类型为黑钙土和盐碱土,植被以草本植物为主,主要包括星星草(*Puccinellia tenuiflora*)、羊草(*Leymus chinensis*)、芦苇(*Phragmites australis*)、盐地碱蓬(*Suaeda glauca*)。

1.2 样地设置

根据工程实际特点,于2022年6月选择电站内光伏电板间(未遮荫)和光伏电板下(遮荫)2种未受干扰、地势平坦、其他自然条件基本一致的生境,植物群落调查采用样方法,研究区光伏电板均为单块电板,大小为228 cm×114 cm,电板与水平面夹角53°,两行电板间距离为13.5 m,于每种生境设置3个调查样地,每个样地均设置5个样方,样方面积1 m²。记录各样地内各种植物的名称,测出样地内各群落特征值,包括植被高度、盖度、多度、频度和地上生物量(鲜重)。

1.3 测定项目

高度:在样地内随机选取植物,每种5株(丛)测定自然高度,求平均值作为该种植物的平均高度。盖度:植物地上部分的垂直投影面积占样地面积的百分比。多度:1 m²样方内某种植物的株(丛)数。频度:某种植物在样地取样中出现的次数。地上生物量(鲜重):齐地面剪1 m²样方内所有植物的地上部分称重。

1.4 功能群划分

植物功能群依据生活型及分蘖类型划分为:①灌木和半灌木(Shrubs and half shrubs, SHSs);②多年生丛生禾草(Perennial bunch grasses, PBGs);③多年生根茎禾草(Perennial rhizome grasses, PRGs);④莎草(Sedges, SEs);⑤多年生杂类草(Forbs, FOs);⑥豆科牧草(Legumes, LEs);⑦一、二年生植物(Annuals and biennials, ABs)^[8]。

1.5 数据的统计分析

采用SPSS 26.0进行数据分析,用Excel 2010软件进行数据处理与作图。

2 结果与分析

2.1 光伏电板对植物功能群物种组成的影响

光伏电板间与光伏电板下功能群差异不大,功能群均为莎草功能群、多年生杂类草功能群、多年生根茎禾草功能群、多年生丛生禾草和一、二年生植物功能群(表1)。功能群内植物组成光伏电板间略高于光伏电板下,莎草功能群主要有中间型荸荠(*Eleocharis intersita*)、寸草(*Carex duriuscula*)、粗脉苔草(*Carex rugurosa*),扁秆蔗草(*Scirpus planiculmis*)为光伏电板间独有种;多年生杂类草功能群主要有鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)、蔓委陵菜(*Potentilla flagellaris*)、碱地蒲公英(*Taraxacum sinicum*)、光稈茅香(*Hierochloa glabra*)、大车前(*Plantago major*),欧亚旋覆花(*Inula britannica*)、块根糙苏(*Phlomis tuberosa*)、蓬子菜(*Galium verum*)仅在光伏电板间可见;两生境下多年生丛生禾草功能群均只有星星草(*Puccinellia tenuiflora*);多年生根茎禾草功能群主要为芦苇(*Phragmites australis*)和羊草(*Leymus chinensis*);一、二年生植物功能群主要为盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)、篇蓄(*Polygonum aviculare*)、苦苣菜(*Lxeris sonchifolia* Hance),光伏电板间还有灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)和碱蒿(*Artemisia anethifolia*),而光伏电板下为萎蒿(*A. selengensis*)。由此可以得出,光伏电板下功能群内的植物组成没有光伏电板间的丰富。

2.2 光伏电板对植物功能群高度的影响

光伏电板对莎草功能群、多年生杂类草功能群、多年生根茎禾草功能群高度影响差异不显著,但对多年生丛生禾草功能群和一、二年生植物功能群高度影响差异显著($P < 0.05$)(图1)。多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板间的高度高于光伏电板下,而多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群则是光伏电板下的高度高于光伏电板间。多年生丛生禾草功能群的高度板间比板下高出38.95%,一、二年生植物功能群的高度板下比板间高出61.04%。

表1 光伏电板对植物种群主要物种组成

Table 1 Main species composition of photovoltaic panels versus plant populations

功能群	光伏电板间	光伏电板下
莎草	中间型荸荠 <i>Eleocharis intersita</i>	中间型荸荠 <i>Eleocharis intersita</i>
	寸草 <i>Carex duriuscula</i>	寸草 <i>Carex duriuscula</i>
	粗脉苔草 <i>Carex rugosa</i>	粗脉苔草 <i>Carex rugosa</i>
	扁秆藨草 <i>Scirpus planiculmis</i>	
多年生杂类草	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>
	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>
	蔓委陵菜 <i>Potentilla flagellaris</i>	蔓委陵菜 <i>Potentilla flagellaris</i>
	碱地蒲公英 <i>Taraxacum sinicum</i>	碱地蒲公英 <i>Taraxacum sinicum</i>
	光稈茅香 <i>Hierochloe glabra</i>	光稈茅香 <i>Hierochloe glabra</i>
	大车前 <i>Plantago major</i>	大车前 <i>Plantago major</i>
	欧亚旋覆花 <i>Inula britannica</i>	欧亚旋覆花 <i>Inula britannica</i>
	块根糙苏 <i>Phlomis tuberosa</i>	块根糙苏 <i>Phlomis tuberosa</i>
	萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i>	—
	蓬子菜 <i>Galium verum</i>	—
多年生丛生禾草	星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>	星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>
多年生根茎禾草	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>
	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	羊草 <i>Leymus chinensis</i>
一、二年生植物	盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>	盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>
	篇蓄 <i>Polygonum aviculare</i>	篇蓄 <i>Polygonum aviculare</i>
	苦苣菜 <i>Lxerispolycephala</i>	苦苣菜 <i>Lxerispolycephala</i>
	碱蒿 <i>Artemisia anethifolia</i>	萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i>
	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	—

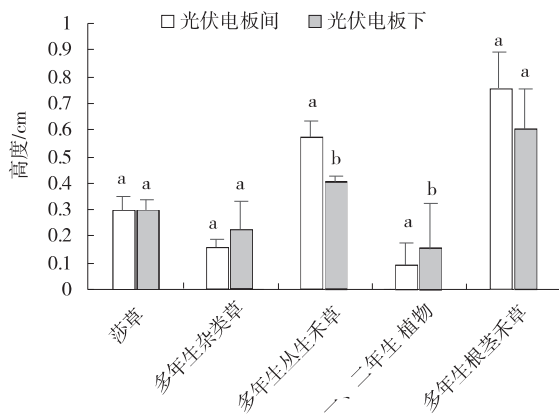


图1 光伏电板对植物功能群高度的影响

Fig. 1 Effect of photovoltaic panels on the height of plant functional groups

注：图柱上不同字母表示各功能群内组间差异显著 ($P < 0.05$), 下同

2.3 光伏电板对植物功能群盖度的影响

光伏电板对莎草功能群、多年生杂类草功能群、多年生丛生禾草功能群、一、二年生植物功能群和多年生根茎禾草功能群的盖度均有显著影响 ($P < 0.05$) (图2)。莎草功能群、多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板间的盖度高于光伏电板

下,相反一、二年生植物功能群和多年生杂类草功能群光伏电板下的盖度高于光伏电板间。莎草功能群盖度电板间比电板下高出132%,多年生丛生禾草功能群盖度板间比板下高出478.57%,多年生根茎禾草功能群盖度板间比板下高出136.84%,多年生杂类草功能群盖度板下比板间高出151.42%,一、二年生植物功能群盖度板下比电板间高出198%。

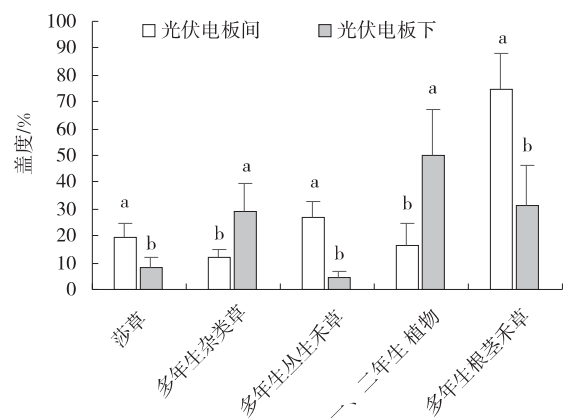


图2 光伏电板对植物功能群盖度的影响

Fig. 2 Effect of photovoltaic panels on plant functional group coverage

2.4 光伏电板对植物功能群多度的影响

光伏电板对莎草功能群、多年生杂类草功能群、一、二年生植物功能群和多年生根茎禾草功能群的多度均有显著影响($P < 0.05$) (图2)。莎草功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板间的多度高于光伏电板下,而多年生杂类草功能群、和一、二年生植物功能群光伏电板下的多度高于光伏电板间。莎草功能群多度光伏电板间比电板下高出303.79%,多年生根茎禾草功能群的多度电板间比电板下高出284.89%,多年生杂类草功能群的多度电板下比电板间高出48.63%,一、二年生植物功能群电板下比电板间高出103.24%。

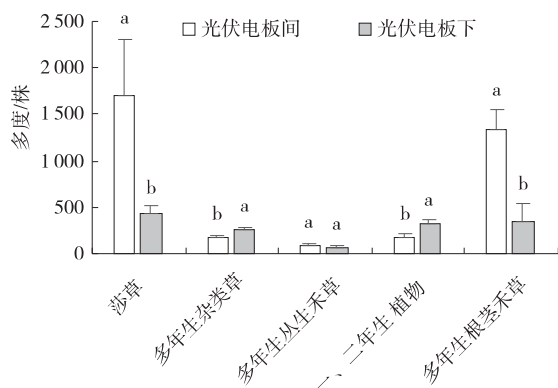


图3 光伏电板对植物功能群密度的影响

Fig. 3 Effect of photovoltaic panels on the functional group density of plants

2.5 光伏电板对植物功能群频度的影响

光伏电板对莎草功能群、多年生杂类草功能群、多年生丛生禾草功能群、一、二年生植物功能群和多年生根茎禾草功能群的频度均有显著影响($P < 0.05$) (图4)。莎草功能群、多年生丛生禾草功能群、一、二年生植物功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板间的频度高于光伏电板下,而多年生杂类草功能群电板下的频度高于光伏电板间。莎草功能群频度电板间比电板下高50%,多年生丛生禾草功能群频度电板间比电板下高125%,一、二年生植物功能群频度电板间比电板下高200%,多年生丛生禾草功能群频度电板间比电板下高9.52%,多年生杂类草功能群频度电板下比电板间高66.67%。

2.6 光伏电板对植物功能群地上生物量的影响

光伏电板对多年生杂类草功能群、多年生丛生禾草功能群、一、二年生植物功能群和多年生根茎禾草功能群的地上生物量均有显著影响($P < 0.05$) (图5)。

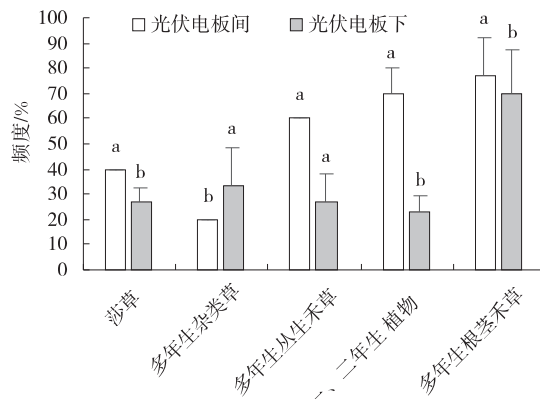


图4 光伏电板对植物功能群频度的影响

Fig. 4 Influence of photovoltaic panels on the frequency of plant functional groups

多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板间的地上生物量高于光伏电板下,相反多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群光伏电板下的地上生物量高于光伏电板间。多年生丛生禾草功能群地上生物量光伏电板间比光伏电板下高123.11%,一、二年生植物功能群地上生物量光伏电板下比光伏电板间高105.41%,多年生杂类草功能群光伏电板下比光伏电板间高120.58%。

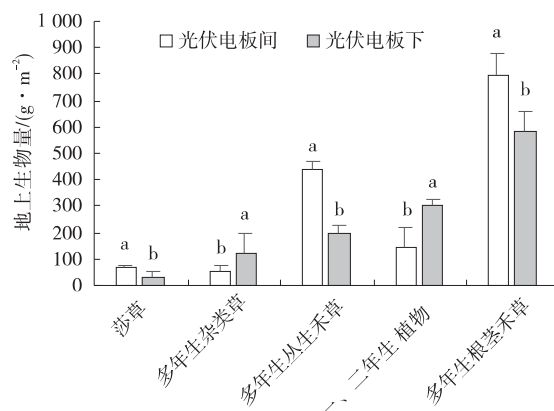


图5 光伏电板对植物功能群地上生物量(鲜重)的影响

Fig. 5 Effect of photovoltaic panels on the aboveground biomass of plant functional groups

3 讨论

光伏电站的建设对原有景观存在一定程度的切割,使原有的自然景观多样性降低,自然性也随之减小,环境的破碎程度加大,光伏电板的架设也使灌一草、草一草原有结构发生了改变^[16],而功能群作为一个相对统一的整体对生态因子的变化和外界干扰会做出相对的反应^[17]。本研究侧重对光伏电板间和光

光伏板下功能群的变化进行调查,发现光伏电板间的物种组成更为丰富,共有22种,而光伏电板下相比较少,共有17种,这可能是因为光伏电板的架设改变了草本植物种类分布,降低了草地自然植被的多样性^[18]。

研究发现光伏电板间多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群的高度、盖度、多度、频度和地上生物量相较于光伏电板下均有明显增加,这与卢霞^[19]等人的研究结果相一致。光、温度和水是植物生长和生态系统功能的3个关键因素^[20],光伏电板的架设会对地面产生一定范围的遮荫效果,减少板下光照的同时降低板下温度,并会对降水产生再分配现象,地面土壤水分特征也因光伏电板的架设而产生特异性,从而影响植物的分布格局及生长发育。Yu等^[21]研究也认为光伏电板引起的局部小气候变化之间的相互作用会影响植物群落结构,与本研究结果一致。

光伏阵列的建设改变草地生境,增加了植物空间格局异质性,也就是说光伏电板长时间遮荫会对电板下多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群植物造成不利影响,这可能是因为多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群均属于喜阳植物,但光伏电板下光照不充足所导致的。莎草功能群光伏电板间的盖度、多度、频度和地上生物量均显著高于电板下,但高度并无显著差异,由此可以得出光照强弱对莎草功能群的高度并无影响。相反,对于多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群植物来说,光伏电板下的高度、盖度、多度和地上生物量均高于电板间,相对于喜阳植物多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群植物更喜欢光照不充足且较潮湿的环境。

4 结论

光伏电板的架设对草甸草原植物功能群特征值产生了不同程度的影响。多年生丛生禾草功能群和多年生根茎禾草功能群光伏电板下的特征值均低于光伏电板间;莎草功能群光伏电板间的特征值除高度外均显著高于光伏电板下;多年生杂类草功能群和一、二年生植物功能群光伏电板下的特征值除频度外均高于光伏电板间。说明光伏电板的架设会对草甸草原不同的植物功能群产生不同影响。

参考文献:

- [1] 沈海花,朱言坤,赵霞,等. 中国草地资源的现状分析[J]. 科学通报,2016,61(2):139-154.
- [2] 李雅琼,霍艳双,赵一安,等. 不同改良措施对退化草原土壤碳、氮储量的影响[J]. 中国草地学报,2016,38(5):91-95.
- [3] Hadidi M. Grasslands of the world: diversity, management and conservation[J]. Journal of Rangeland Science,2018,8(4):416-420.
- [4] 唐华俊,辛晓平,李向林,等. 北方草甸和草甸草原生态恢复的理论、技术与实践[J]. 中国农业科学,2020,53(13):2527-2531.
- [5] 张轶. 电源布局调整对电网节能和安全可靠性的影响研究[D]. 上海:上海交通大学,2010.
- [6] 刘在英. 东北光伏产业渐露峥嵘[J]. 东北之窗,2022(5):42-45.
- [7] 柳静,阮鹏飞. 陆地生态系统植物功能群研究进展[J]. 科技资讯,2011(11):139.
- [8] 王国庆,杜广明,沃强,等. 短期围栏封育对草甸草原植物功能群数量特征的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(15):139-141.
- [9] 丁成翔,刘禹. 光伏园区建设对青藏高原高寒荒漠草地土壤原核微生物群落的影响[J]. 草地学报,2021,29(5):1061-1069.
- [10] 张守昊,田青,李宗杰,等. 摩天岭北坡中段不同海拔梯度草本植物多样性生态系统功能分析[J]. 草原与草坪,2018,38(3):1-8.
- [11] 尤业明,陈永康,朱宏光,等. 桉树人工林更新方式对林下植物功能群的影响[J]. 广西植物,2019,39(1):126-135.
- [12] 黄雪蔓,尤业明,蓝嘉川,等. 不同间伐强度对杉木人工林碳储量及其分配的影响[J]. 生态学报,2016,36(1):156-163.
- [13] Bai Zhenyin, Jia Aomei, Bai Zhenjian, *et al.* Photovoltaic panels have altered grassland plant biodiversity and soil microbial diversity. *Frontiers in Microbiology*, 2022. 13: 1065899.
- [14] 翟波,高永,党晓宏,等. 光伏电板对羊草群落特征及多样性的影响[J]. 生态学杂志,2018,37(8):2237-2243.
- [15] 沈飞. 光伏治沙在新疆沙漠地区的推广应用[J]. 北京农业,2014(30):298.
- [16] 尚娟. 大庆石油污染土壤的理化性质差异与土壤细菌多样性研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2014.

- [17] 郑伟,朱进忠,潘存德. 放牧干扰对喀纳斯草地植物功能群及群落结构的影响[J]. 中国草地学报,2010,32(1): 92-98.
- [18] 张蓉,张治军,李华,等. 云南省并网光伏电站建设使用林地现状及影响分析[J]. 林业建设,2014(6):57-60.
- [19] 卢霞. 荒漠戈壁区光伏电站建设的环境效应分析[D]. 兰州:兰州大学,2013.
- [20] Wenhui Li, Xiang Li, Yujin Zhao, *et al.* Ecosystem structure, functioning and stability under climate change and grazing in grasslands: current status and future prospects [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2018,33:124-135.
- [21] Yu Shi, Kaoping Zhang, Qian Li, *et al.* Interannual climate variability and altered precipitation influence the soil microbial community structure in a Tibetan Plateau grassland [J]. *Science of The Total Environment*, 2020, 714: 136794.

Effects of photovoltaic panels on quantitative characteristics of plant functional groups in meadow steppee

LUO Ting¹, YIN Xiao-dong¹, QU Shan-min^{2,3*}, BAO Yu-wei^{1,2,3}, LIU Xiang-ping^{2,3}
(1. *Daqing Huanghe Light Storage Empirical Research Co. LTD, Daqing 163515, China*; 2. *College of Animal Science and Veterinary Medicine, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China*; 3. *Key Laboratory of Efficient Utilization of Feed Resources and Nutrition manipulation in Cold Region of Heilongjiang Province, Daqing 163319, China*)

Abstract: [Objective] The aim of the study was to investigate the influence of photovoltaic panels on plant functional groups in meadow steppe. [Method] Sample method was adopted to monitor meadow steppe of National photovoltaic and energy storage Empirical Experimental platform (Daqing Base). Plant height, coverage, abundance, frequency and aboveground biomass were measured. [Result] The results showed that the height, coverage, abundance, frequency and above-ground biomass of the functional groups of perennial bunchgrasses and perennial rhizome grasses between the photovoltaic panels were increased compared with those under the photovoltaic panels. The interpanel coverage, abundance, frequency and above-ground biomass of sedge functional groups were significantly higher than those below the panel. The height, coverage, abundance and aboveground biomass of the perennial grass functional group and the biennial plant functional group were higher under the photovoltaic panel than between the panels. [Conclusion] In summary, the erection of photovoltaic panel have different effects on different plant functional groups in meadow grassland.

Key words: photovoltaic panel; meadow steppe; function group; characteristic of quantity