

煤矿开采对矿坑周边植被覆盖度、生物量、土壤水分和地下水水位的影响

邢恩德,何京丽,张铁钢,田秀民

(水利部牧区水利科学研究所,内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:为研究内蒙古锡林郭勒草原胜利煤矿开采对矿坑周边草地的植被覆盖度、地上生物量、土壤水分和地下水水位的影响,采用野外定位监测,调查了植物覆盖度、地上生物量、土壤水分和地下水水位的变化情况。结果表明:以露天煤矿开采坑和排土场为中心,随着远离煤矿开采坑距离的增加植被覆盖度逐渐增高,煤矿开采对于植被覆盖度的影响范围在4.0 km以内,植物生物量也同时出现增加现象,煤矿周边受影响草地的生物量比对照区(未受煤矿影响)生物量减少13%~36%。煤矿开采对周边草地水平方向的土壤含水量的影响无显著性差异,土壤含水量在垂直方向上差异显著。受煤矿开采抽排疏干水的影响,矿区周边地下水水位整体呈下降趋势。

关键词:露天煤矿;植被覆盖度;土壤水分;地下水水位

中图分类号:S157.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)04-0053-06

煤炭是中国的主要能源,大型露天煤矿的开发推动了地区经济与社会的发展,但同时也引发了区域生态环境问题。探讨煤矿开采过程中对周边草地的植被覆盖度、地上生物量、土壤水分和地下水水位的影响以及变化情况,对生态环境的保护具有重要意义。草原区露天煤矿在开发过程中的采、剥、运、排、覆等环节,会产生区域地表土壤侵蚀、植被破坏、重金属污染等生态扰动与环境污染问题^[1]。中国是全球五大无烟煤(硬煤)开采国家(中国、美国、印度、澳大利亚和南非)之一^[2],并且中国的大型露天煤矿大多分布在生态环境脆弱的干旱、半干旱地区,煤矿开采对当地的生态环境造成了威胁^[3-4]。大型露天煤矿的开采通过大面积采挖和弃土,导致地表植被消失,水土流失加剧、滑坡、泥石流、河道阻塞、地表和地下水系紊乱、土地沙化、盐渍

化等的发生加剧^[5-6]。并且,随着矿产的不断开发,矿区交通网络逐渐形成,人类活动越来越频繁,使矿区及周边景观组成与配置发生了极大的改变,导致生境斑块逐渐破碎化,面积不断减小,从而影响到生物个体、种群、群落、生态系统等各个组织水平的生态过程^[7-9]。煤矿开采对周边生态环境影响主要体现在,①水体的污染以及水质及水量的下降;②土壤污染以及土地资源的损害;③大气污染;④植被受损;⑤噪声污染;⑥诱发地质环境灾害^[10-11]。

诸多研究报道了煤矿开采对植被覆盖度、土壤环境因子、土壤水分、景观格局及初级生产力、地下水水质、重金属污染等方面的影响,另外,从对植物个体的影响,到对种群、群落以及对生态系统的影响的研究也取得了成果^[12-15]。研究报道,露天煤矿开采对研究区植被的破坏程度呈逐年增加趋势,研究区域约269 km²植被覆盖度年均减少1.2%,且植被等级越低,植被受损速度越快^[16]。煤炭开采对矿区土壤水力学参数及其空间变异性以及水质水量都会产生影响^[17-20],煤矿开采使矿区景观破碎化增加,初级生产力变化呈现下降趋势^[21]。草原煤电一体化项目区附近大部分土壤中汞含量已超出土壤汞背景值,且汞含量随距矿区距离的增大而降低,受土壤pH、距离、主导风向影响显著^[22]。尽管这些研究阐明了煤矿开采对植物覆

收稿日期:2018-06-18; **修回日期:**2019-03-18

基金项目:中国水利科学院基本科研业务费—半干旱生态脆弱区人为干扰下水土保持技术研究(MK2017J04);国家重点研发计划项目(2016YFC0500505)资助

作者简介:邢恩德(1974-),男,吉林省扶余市人,硕士,高级工程师,主要研究方向为草地生态修复与水土保持。E-mail:mkxsxd@126.com

盖度减少、地下水质量、以及生态环境造成了影响,但是大部分研究都还没有具体分析煤矿开采对周边草地生态环境造成不利影响的范围。此次研究旨在明确草原露天煤矿开采过程中对周边草地植被覆盖度、生物量和土壤水分以及地下水位特性的影响范围及变化规律,以期为草原区煤矿生态修复以及政府制定矿区生态环境补偿项目提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区锡林浩特市东北部的胜利东二号露天矿区,地理位置 N 43°54′15″~44°12′52″,E 115°24′26″~116°26′30″,属中温带干旱、半干旱气候,地貌类型属内蒙古高原,矿区以及周边地形起伏,地势比较平坦,年平均降水量 289 mm,占全年降水量的 70%以上,集中分布在 6~8 月,多年平均蒸发量 1 830.8 mm。春季多风,年平均风速为 3.5 m/s,年均大风日数 61.1 d,瞬时最大风速 36.6 m/s。土壤为典型栗钙土和暗栗钙土,有机质含量 20.0~36.8 g/kg, pH 8.0,土壤容重为 1.36 g/cm³,土壤粒径以 >0.05 mm 的细沙为主。矿区原地表植被属典型草原植被,以克氏针茅 (*Stipa krylovii*)、羊草 (*Aneurotepidimu chinense*) 为主要建群种,植被覆盖度 35%~50%,天然草地平均草高 20~40 cm,年产干草量平均为 525 kg/hm²。煤矿的南排土场位于矿区的东北部,紧临矿区东部和北部边界,距离煤矿工业场地 5.5 km,为平台、边坡相间分布的阶梯式地貌,相对高度 100 m,每级台阶坡面长度约 20 m,排土场占地总面积 13.66 km²。

1.2 试验区布设

试验区样区以煤矿采坑及南排土场为中心,排土场紧临露天煤矿的采坑,采、排形成一体,沿东南西北 4 个方向分别向外布设,布设长度为 6 km,样区间距为 1 km,同一方向共设置 6 个小样区,每个样区面积为 1 m²。重复 3 次,用 E、S、W、N 分别代表东、南、西、北 4 个方向的样区,如 S1 代表向南靠近煤矿的第一个样区(图 1)。经现场调查,除北向的 6 个样区地形略有起伏外,其他方向的各样区均属于缓坡地形。

1.3 试验方案及指标测定方法

通过野外实地调查,记录每个样区的植被覆盖度、植被高度、土壤含水量等指标。

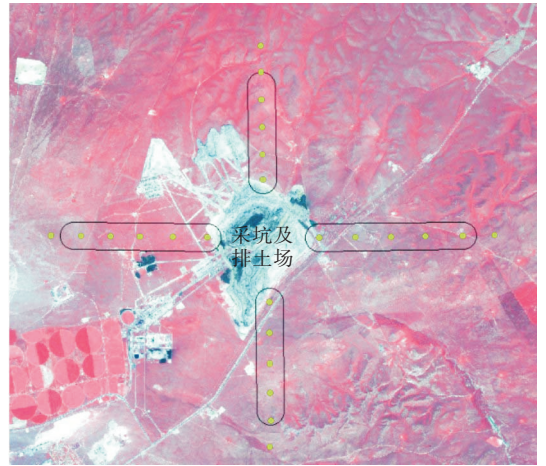


图 1 采样区平面布置图(遥感影像 2014 年)

Fig. 1 Plane layout of the sampling area in the research area (Remote sensing image 2014)

1.3.1 植被覆盖度及地上生物量 植被生长状况采用野外调查进行监测,2017 年 5 月~9 月中旬,监测各样区植被覆盖度、植被群落组成、指标植物,每月测定 1 次并设置 3 个重复,植被覆盖度计算年平均值。每个样区地上生物量 9 月中旬刈割测定 1 次,计鲜重。

1.3.2 土壤含水量 2017 年 8 月中旬,在测定植被生长状况的每个样区取不同土壤深度土样测定土壤含水量,土壤深度分别为 0~10,10~20,20~30,30~40 cm,每层取混合土样,用铝盒采集土样并密封,防止水分散失。土壤含水量测定采用烘干称重法,将土样置于 105℃ 烘箱中烘干 8 h 取出称重,计算重量含水量。

1.3.3 地下水位 以煤矿采坑为中心,距离采坑不等的位置共设 4 个监测井,分别为距采坑为 1.0,2.5,3.7,9.5 km,编号依次为 W1,W2,W3,W4。地下水位每月月初观测,重复读数 3 次,计平均数。采用电接触悬锤式水尺进行测量,经大地测量校准在同一地面高程。

1.4 数据处理

数据分析和绘图采用 Excel 2010 和 Origin 8.5。

2 结果与分析

2.1 煤矿开采对周边草地植被覆盖度和生物量的影响

2.1.1 煤矿矿坑周边草地植被覆盖度变化特征 植被是陆地生态系统的主要组份、是生态系统变化的指示器。植被覆盖度作为植被生长状况的直观量化指

标,在水文、气象、生态等方面的区域或全球性问题研究中起越来越重要的作用^[23]。随着离煤矿采坑方向的增加,东、南、西、北 4 个方向各样区的植被覆盖度呈递增现象。其中距离煤矿最近的 S1 样地(距离采坑及排土场外边界 0.3 km)植被覆盖度在所有样地中最小,其覆盖度仅为 35%,S1 样地受排土场遮挡,上午很少见阳光,影响了植被的生长。而 S6 植被覆盖度最高为 56%。煤矿采坑的 4 个方向中,每个方向向外第 5 个样区后的植被覆盖度基本稳定在 50%,说明对于植被覆盖度,煤矿采坑的影响范围为 4 km,这比姚峰等^[16]在干旱区露天煤矿采坑对植被的影响范围为 3.2 km 的研究结果较大。综上可知,以采坑及排土场为中心,远离煤矿方向,植被覆盖度逐渐增加,煤矿开采对于距离煤矿采坑 4 km 以外的植被覆盖度变化影响较小(图 2)。

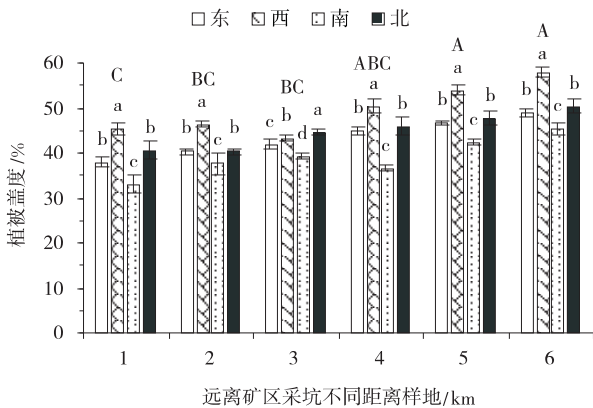


图 2 距矿区矿坑不同距离的样地植被的覆盖度
Fig. 2 Characteristics of vegetation coverage in different distances from coal mines

2.1.2 煤矿矿坑周边植被地上生物量的变化特征

以矿坑为中心,远离矿坑方向样区内的植被地上生物量逐渐增加,说明煤矿开采对矿坑周边草地的生物产量有一定的影响,影响范围内的生物量比对照区减少 13%~36%。这是因为煤矿开采过程中的产生的降尘降低了牧草的光合作用,沙尘颗粒降落在叶片上会阻塞叶片表面的气孔,同时也对叶片的机械组织造成了不同程度的损伤,会导致牧草生物量发生不同程度的变化^[24]。试验只对煤矿周边植被地上生物量变化进行了测定,观测到牧草上有降尘,没有进行定量分析,也没有进行植物生理试验研究,所以,生物量的降低具体是什么原因造成的还需要进一步研究。

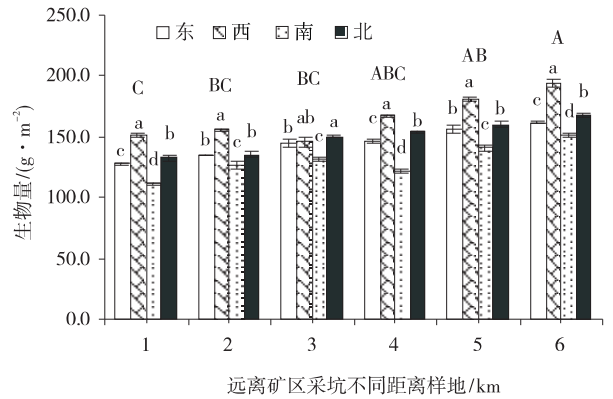


图 3 不同样地的生物量

Fig. 3 Changes of plant biomass in different sample plots

2.2 煤矿开采对草地土壤水分的影响

土壤含水量测定前 2 d 降水量为 25.6 mm。煤矿采坑东侧不同距离样地的土壤含水量变化在水平方向上,随着远离煤矿采坑,各样地不同深度的土壤含水量差异不显著($P > 0.05$)。但在各样地的垂直剖面上,土壤含水量的变化存在显著差异($P < 0.05$)。土壤含水量呈现出随土壤深度增加逐渐降低的变化趋势,E1 样地的土壤含水量依次为 10.1%,9.5%,7.8%,6.3%(图 4)。

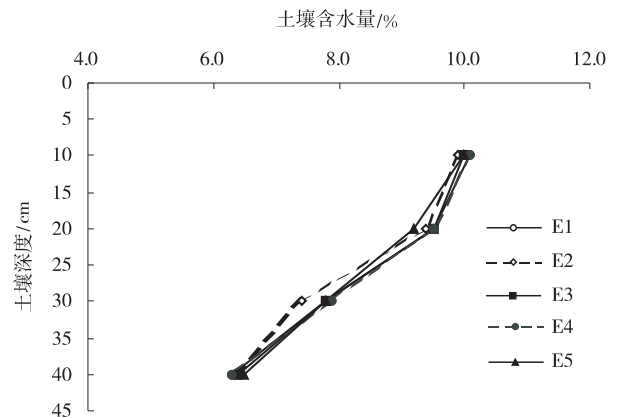


图 4 距煤矿矿坑不同距离的样地土壤含水量
Fig. 4 Changes of soil water content in different distances from coal mines

2.3 煤矿开采对浅层地下水的的影响

地貌与水文地质条件是一个地区地下水位动态变化的背景影响因素,气象、水文是影响地下水位动态变化的主要自然因素,而人工开采则是改变地下水天然动态规律的外在因素^[25]。露天煤矿开采需要定期抽排地下水,导致地下水位不同程度下降。由于水位观测井建设晚于煤矿建设开采 8 年,W1 和 W2 两个观测井距离露天煤矿采坑比较近,分别为 1.0,2.5 km,在观测期(2017 年)已观测不到浅层地下水位,地下水埋

深 31~43 m,而距离煤矿采坑比较远的 W3 和 W4 两个监测井地水位埋深在 6~12 m,从各监测井 1 到 12 月地下水位埋深变化情况表明,距离煤矿采坑最近的监测井(距离采坑 1.0 km),全年地下水位一直呈下降趋势,而 W1,W2 和 W3 3 个监测井 1~6 月一直呈现下降趋势,6~9 月地水位有升有降呈现波动状态,这与该地区降水量有直接关系。距离采坑相对较远的 W3 和 W4 两个监测井 9~12 月地下水位埋深有回升的趋势,可以看出地下水位与降水量表现出良好的相关性,但在时间上存在滞后性,相比年初地下水位还是有所下降(表 1)。

表 1 距采坑不同距离的地下水位

Table 1 Changes of average monthly groundwater level in different distances from coal mines pit

月份	地下水位			
	W1 (1.0 km)	W2 (2.5 km)	W3 (3.7 km)	W4 (9.5 km)
1	31.43	42.70	6.89	11.84
2	31.43	42.72	6.91	11.85
3	31.45	42.74	6.91	11.86
4	31.46	42.75	6.91	11.87
5	31.48	42.76	6.95	11.89
6	31.52	42.75	7.04	11.92
7	31.55	42.73	7.03	11.95
8	31.55	42.75	6.97	11.93
9	31.65	42.73	7.01	11.90
10	31.70	42.74	7.01	11.90
11	31.73	42.74	7.00	11.89
12	31.76	42.75	7.00	11.89
平均值	31.55	42.74	6.97	11.89

3 讨论

张世文等^[12]研究发现矿区植被覆盖度空间分布格局是由自然因素与人为因素共同决定,不同的水资源(地下水埋深,离地表水系的远近)分布格局、人类活动的频繁程度与该区域植被覆盖度存在较强的空间相关性。采用遥感技术对草原露天煤矿研究发现,露天采矿区、排土场以及周边区域 1.5 km 影响区域的植被覆盖度呈显著下降趋势,且随着时间推移,趋于一致。研究发现,矿区排土场及矿坑周边 4 km 范围内植被覆

盖度发生变化,影响范围不同可能与排土场大小、矿坑排水量、当地大风天气和排土场植被恢复情况等多种因素有关。由于煤矿在开采过程中不可避免产生粉尘,粉尘的污染主要表现在煤粉尘在运输、遇风等情况下,随风飘扬,降落在植物叶片、枝干等上面,堵塞气孔、皮孔,影响气体交换,抑制植物水分蒸腾,提高叶片温度,破坏正常的光合作用,甚至伤害组织,进而影响植物的正常生理活动和生长发育^[13]。

在自然条件下,地下水资源处于补给、径流、储水、排泄等的循环过程中。煤炭资源开采前,一个地下水循环系统单元中,地质环境条件不变时,径流和储水条件也不发生变化,整个水资源以补给量控制排泄量的过程进行循环。而煤矿开采过程中,由于矿井排水疏干及采空区垮落沉陷,改变了周围含水岩层水资源的补给、径流、排泄方式,导致矿区地下水循环系统发生了变化^[26]。通过研究神府榆矿区采煤排水对地下水资源量的影响发现,受煤矿建设和开采的影响,潜水含水层地下水位随着采掘空间的不断增大而下降,最终导致地下水资源量的减少^[18-19]。研究表明,地下水埋深大于 6 m 定义为荒漠化地下水埋深。当地下水埋深下降超过荒漠化地下水埋深时,植物生命活动受到明显的限制^[27]。有研究报道,在干旱区地表植被的组成、分布及长势与地下水有着密切的关系,植被分布及演替规律,明显受地下水,特别是潜水的埋深和水质的控制,表现出与地下水密切的相关性^[28]。在荒漠区,荒漠植被倾向于利用地下水而不是其他水分来源^[29]。从以往的研究成果分析,本研究中的监测井地下水位变化对地表植被没有明显影响,地下水位连续逐年下降说明煤矿开采导致地下水资源量减少。虽然煤矿开采产生了诸多不利影响,但是通过煤矿生态修复项目,能改善局部区域生产环境,改良土壤理化性质,生态治理区域植被覆盖度明显提高,增加了植物群落多样性,防治水土流失效果显著^[30]。

4 结论

通过对煤矿周边区域的生态环境进行观测分析,确定以煤矿采坑和排土场为中心,向外延伸周边 4 km 范围内植被覆盖度变化的表现为,随着远离煤矿开采坑植被覆盖度逐渐增高,在超出煤矿影响范围后,植被覆盖度变化不大。同时受影响的煤矿周边草地的地上生物量比对照区减少 13%~36%。

距离煤矿采坑及排土场不同距离的 4 个监测井的地下水位变化表明:受煤矿开采疏干水的影响,4 个监测井的地下水位埋深全年整体呈下降趋势,距离采坑较近的两个监测井地下水位埋深相对较深,最大埋深达 42.76 m,距离相对较远的两个监测井地下水位埋深较浅,相比当年年初 4 个监测井地下水位都有下降趋势。

参考文献:

- [1] 罗明. 土地复垦潜力调查评价研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013.
- [2] World Coal Association. The coal resource-a comprehensive overview of coal. Worldcoal association//http://www. Worldcoal. org,2005.
- [3] 赵红泽,甄选,厉美杰. 中国露天煤矿发展现状[J],中国矿业,2016,25(6):12-15.
- [4] 全占军,李远,李俊生,等. 采煤矿区的生态脆弱性—以内蒙古锡林郭勒草原胜利煤田为例[J]. 应用生态学报,2013,24(6):1729-1738.
- [5] 毕如田,白中科,李华,等. 大型露天煤矿区土地扰动的时空变化[J]. 应用生态学报,2007,18(8):1908-1912.
- [6] 白中科,王文英,李晋川,等. 黄土区大型露天煤矿剧烈扰动土地生态重建研究[J]. 应用生态学报,1998,9(6):63-68.
- [7] 白中科,段永红,杨红云,等. 采煤沉陷对土壤侵蚀与土地利用的影响预测[J]. 农业工程学报,2006,22(6):67-70.
- [8] 康萨如拉,哈斯敖其尔. 内蒙古草原区矿产开发对草地的影响[J]. 经济研究导刊,2011(19):31-32.
- [9] 李政海,鲍雅静. 锡林郭勒草原荒漠化状况及原因分析[J]. 生态环境,2008,17(6):2312-2318.
- [10] 周智超. 煤矿开采对生态环境的影响及保护[J]. 山西科技,2018,33(5):124-126.
- [11] 武焱,朱丽,田建华,等. 荒漠草原区小铁矿开采对生态环境影响分析—以内蒙古苏尼特右旗哈拉敖包铁矿采选工程为例[J]. 阴山学刊,2007,(22):46-48.
- [12] 张世文,宁汇荣,许大亮,等. 草原区露天煤矿植被覆盖度时空演变与驱动因素分析[J]. 农业工程学报,2016,32(17):233-241.
- [13] 李玉洁,赵娜,曹月娥,等. 露天煤矿煤粉沉降对矿区周边主要植物的生理影响[J]. 生态学报,2018,38(22):1-10.
- [14] 侯庆春,汪有科,杨光. 神府—东胜煤田开发区建设对植被影响的调查[J]. 水土保持研究,1994(4):127-135.
- [15] 李长春,姚峰,齐修东,等. 新疆准东煤田五彩湾露天矿区植被受损分析[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2015,34(1):124-128.
- [16] 姚峰,古丽·加帕尔,包安明,等. 基于遥感技术的干旱荒漠区露天煤矿植被群落受损评估[J]. 中国环境科学,2013,33(4):707-713.
- [17] Antonopoulos V Z, Wyseure G C L. Modeling of water and nitrogen dynamics on an undisturbed soil and a restored soil after open-cast mining[J]. Agricultural Water Management,1998,37(1):21-40.
- [18] 郭二果,蔡煜. 草原区露天煤矿开发地下水水质影响评价[J]. 中国煤炭,2015,41(1):123-130.
- [19] 刘基,杨建,王强民. 神府榆矿区采煤排水对地下水资源量的影响[J]. 煤矿开采,2017,22(5):106-109.
- [20] 吕晶洁,胡春元,贺晓. 采煤塌陷对固定沙丘土壤水分动态的影响研究[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(z1):152-156.
- [21] 康萨如拉,牛建明,张庆,等. 草原区矿产开发对景观格局和初级生产力的影响—以黑岱沟露天煤矿为例[J]. 生态学报,2014,34(11):2855-2867.
- [22] 任鹏,黄利民,刘莹,等. 草原煤矿区土壤汞分布及其影响因素[J]. 环境科学与技术,2014,37(120):29-32.
- [23] 秦伟,朱清科,张学霞,等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34:163-170.
- [24] 赵华军,王立,赵明,等. 沙尘暴粉尘对不同作物气体交换特征的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(3):202-206.
- [25] 陶虹,陶福平,刘文波. 关中城市群 50 年地下水动态变化及影响因素研究[J]. 水文地质工程地质,2013,40(6):37-42.
- [26] 周瑞. 煤矿开采对水环境的影响及水资源保护对策[J]. 江西煤炭科技,2018(3):194-196.
- [27] 樊自立,马英杰,张宏,等. 塔里木河流域生态地下水位及其合理深度确定[J]. 干旱区地理,2004,27(1):8-13.
- [28] 郑丹,李卫红,陈亚鹏,等. 干旱区地下水与天然植被关系研究综述[J]. 资源科学,2005,27(4):160-167.
- [29] 赵文智,常学礼,何志斌. 额济纳荒漠河岸林分布格局对水文过程响应[J]. 中国科学(D辑),2003,33(增刊):21-30.
- [30] 珊丹,何京丽,刘艳萍,等. 草原矿区排土场恢复重建人工植被变化[J]. 生态科学,2017,36(2):57-62.

showed that dry matter, nitrogen content, nitrogen accumulation, NR and GS activities of alfalfa under N210 were higher than those under N21. Dry matter, NR and GS activity of LW6010 were significantly higher than those of Longdong; however, nitrogen content of LW6010 was significantly lower than that of Longdong. NR activities of LW6010 under N210 and N21 were increased by 24% and 15% (seedling stage), 31% and 40% (budding stage), 20% and 11% (flowering stage) compared with Longdong. Similarly, GS activities of LW6010 under N210 and N21 were increased by 30% and 29% (seedling stage), 33% and 20% (budding stage), 7% and 14% (flowering stage) compared with Longdong. Nitrogen accumulation of LW6010 was significantly higher than that with Longdong at seedling stage and flowering stage. Nitrogen accumulation of LW6010 under N210 was increased by 25%, 3% and 16% at three growth stages. Nitrogen accumulation of LW6010 under N21 was increased by 45% and 12% at seedling stage and flowering stage. At the same time, there was a significant positive correlation between dry weight, nitrogen accumulation, NR activity and GS activity of alfalfa. In general, different alfalfa cultivars have different nitrogen metabolism capacity under different nitrogen levels. LW6010 has higher nitrogen metabolism capacity than Longdong. NR and GS activities can be used as evaluation parameters to evaluate differences in nitrogen metabolism of alfalfa, which can provide a reference for further breeding of alfalfa cultivars with high nitrogen metabolism.

Key words: alfalfa; nitrogen metabolism; NR activity; GS activity

(上接 57 页)

Grassland ecological factors on industrial disturbance response law research

XING En-de, HE Jing-li, ZHANG Tie-gang, TIAN Xiu-min

(Institute of Water Resources for Pastoral Area of the Ministry of Water Resources of China, Hohhot 010020)

Abstract: In order to understand the influence of Shengli Coal Mine in Xilinguole Grassland Inner Mongolia on vegetation coverage, aboveground biomass, soil moisture and groundwater level of surrounding grassland during mining, field positioning monitoring was used to investigate and measure the changes of vegetation coverage, aboveground biomass, soil moisture and groundwater level. The results showed that the vegetation coverage increases with the distance from the open pit and dumping site, and the influence of coal mining on vegetation coverage was within 4.0 km. The plant biomass also increases. The biomass of the affected grassland around the coal mine decreases by 13%~36% compared with that of the control area (not affected by the coal mine). There is no significant difference in the influence of coal mining on the soil water content in the horizontal direction of surrounding grassland, and the change of soil water content is mainly reflected in the vertical direction. Influenced by the drainage and drainage of drainage water from coal mining, the groundwater level around the mining area shows a downward trend throughout the year.

Key words: open-cast coal; vegetation coverage; soil water content; groundwater level