

## 采煤塌陷对水养流失及生态环境的影响

李成刚, 任加国\*, 温汉超, 胥韦韦, 宫廷学, 王敏

(山东科技大学, 地质科学与工程学院, 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东青岛 266590)

**摘要** [目的]为研究采煤塌陷对土壤水分、养分以及生态环境的影响。[方法]将兖州采煤塌陷区作为研究对象,采用野外调查和室内测试分析等方法。[结果]采煤塌陷不仅促使土壤水分由坡顶到塌陷中心点迁移,而且导致垂直剖面上的土壤含水量变化明显。在垂直剖面上,随着深度的增加,土壤的含水量增大。受采煤塌陷和地下潜水的影响,60 cm 深度之下含水量迅速增加。采煤塌陷还导致土壤养分从塌陷地坡顶到塌陷中心点发生迁移流失,并且在塌陷中心点发生富集。土壤养分在 0~20 cm 深度含量达到最大,并且随着深度的增加,养分含量降低。此外,由于受塌陷等因素的影响,塌陷区的生态环境遭到一定程度的破坏。[结论]应对采煤塌陷加以足够的重视,并进行更深入的研究。

**关键词** 采煤塌陷;土壤养分;迁移流失;生态环境

**中图分类号** S153.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)10-04343-02

## Impact of Coal Mining Subsidence on Loss of Soil Moisture and Nutrients and Ecological Environment

LI Cheng-gang et al (Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, College of Geological Science and Engineering Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the impacts of coal mining subsidence on soil moisture, nutrients, and the environment. [Method] Taking coal mining subsidence area in Yanzhou as an example, the methods of filed investigation and laboratory testing analysis were adopted. [Result] Coal mining subsidence not only promoted soil water migrating from the collapse of top of the hill to the center point, but also caused significant changes of the soil moisture on the vertical profile. The soil moisture increased with the increase of the depth. The soil moisture increased rapidly under the depth of 60 cm because of the coal mining subsidence and groundwater. In addition, coal mining subsidence led to the migration and the loss of soil moisture from the top to the central point and the enrichment in the central point of mining subsidence area. Soil nutrition reached the maximum in the depth of 0-20 cm, and nutrient content decreased with the increase of the depth. Due to the impact of coal mining subsidence, the ecological environment of subsidence area has been a certain degree of damage. [Conclusion] Attention should be paid for coal mining subsidence, and the further studies should be carried out.

**Key words** Coal mining subsidence; Soil nutrient; Migration loss; Ecological environment

中国是一个采煤大国,煤炭资源的消费占一次性能源消费的74%<sup>[1]</sup>。其中,约4%是露天开采,约96%是井下开采<sup>[2-3]</sup>。井下开采产生大量的采空区,易造成地面塌陷。目前造成的土地破坏面积已经超过400万hm<sup>2</sup>,并且仍以每年3.3万~4.7万hm<sup>2</sup>的速度增加<sup>[4]</sup>,带来了很大的经济损失和环境损失。兖州是我国的八大煤炭基地之一。煤炭资源丰富,采煤历史悠久。煤炭的开采在促进当地经济发展的同时,也产生了大面积的塌陷。据统计,截至2011年,兖州市塌陷面积已经达到2670hm<sup>2</sup>,平均塌陷深度为4m,并且每年以130hm<sup>2</sup>的速度增加<sup>[5]</sup>。土壤含水量是影响植物生长的关键因素。土壤含水量的高低直接影响农作物的产量<sup>[6]</sup>。养分是植物生长的另一个重要因素。塌陷的产生势必会影响土壤水分和养分的状况<sup>[4]</sup>。因此,关于采煤塌陷对水分、养分影响的研究是非常必要的。

## 1 材料与方

采样地选择为兖州兴隆庄煤矿塌陷农田。在塌陷地坡面方向上,使用铝盒和布袋沿坡面采集样品,由塌陷中心点到坡顶依次选取4个点,编号为D0、D1、D2、D3,相邻间距为40m,用铝盒采集0~20、20~40、40~60、60~80cm 4层土壤样品,使用布袋采集表层土壤,土样放置于避光处自然风干,

**基金项目** 山东省自然科学基金资助项目(ZR2010DQ001);高等学校博士学科点专项科研基金(20103718120003);国家自然科学基金(41202165)。

**作者简介** 李成刚(1989-),男,山东济南人,硕士研究生,研究方向:地质工程。\*通讯作者,副教授,博士,硕士生导师,从事环境地质方面的研究,E-mail:renjiagu2008@126.com。

**收稿日期** 2013-03-28

去除植物残留部位、石块等杂质,测定颗粒组成、含水量、迟效养分、速效养分含量(表1~3)。

表1 土壤质量含水量

浓度//cm	D0	D1	D2	D3	%
0~20	27.97	25.34	24.09	19.01	
20~40	28.47	23.01	23.29	19.75	
40~60	31.40	22.34	18.60	25.67	
60~80	36.51	27.45	24.33	25.48	

表2 坡面土壤养分含量

编号	全氮 g/kg	全磷 g/kg	全钾 g/kg	碱解氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg
D0	0.837	0.843	6.982	10.71	35.62	81.49
D1	0.775	0.791	6.131	8.65	29.14	66.87
D2	0.841	0.912	6.413	8.42	17.98	80.42
D3	0.654	0.756	5.222	7.57	15.26	65.11

表3 垂直剖面土壤养分含量

浓度 cm	全氮 g/kg	全磷 g/kg	全钾 g/kg	碱解氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg
0~20	0.858	0.806	6.185	11.05	48.36	79.69
20~40	0.551	0.847	6.449	6.86	36.91	65.87
40~60	0.451	0.632	5.791	6.34	21.69	59.42
60~80	0.432	0.571	5.523	4.41	12.87	51.95

## 2 结果与分析

**2.1 塌陷对土壤水分的影响** 由图1、2可知,塌陷地土壤

的含水量在塌陷坡顶最小,塌陷中心点最大,土壤水分沿坡面发生迁移。这是因为塌陷深度的不同,距塌陷中心点越近,与地下潜水位距离就越近,受到潜水的影 响也就越大,而距离越远,塌陷深度越小,与地下潜水位距离也就越大,反之受到地下潜水的影 响越小。在垂向上,土壤的含水量随着深度的增加而增大,并且在 60 cm 深度之后土壤水分含量大幅增加,尤其是塌陷中心点每层的含水量高于坡面各个点。

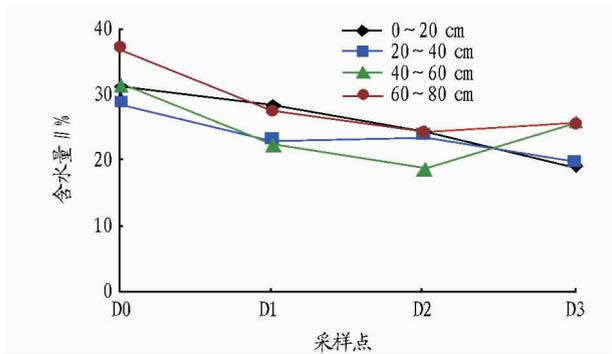


图 1 塌陷地不同土层含水量的变化

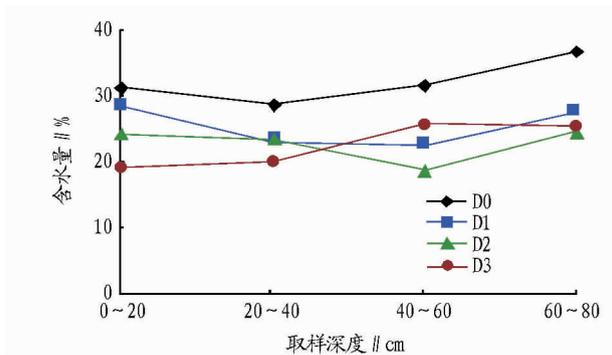


图 2 塌陷地垂向含水量的变化

**2.2 塌陷对土壤养分的影响** 由图 3~6 可知,无论是迟效养分还是速效养分都呈现出由塌陷地坡顶到塌陷中心点的迁移流失规律。其中,全氮、速效氮、速效磷的迁移较明显,全磷、全钾、速效钾迁移相对较小,而且养分都在塌陷中心点发生富集现象。

在垂向上,全磷、全钾含量在 30 cm 左右的深度达到最高值,全氮和速效养分含量在 0~20 cm 深度达到最大值,并且随着深度的增加,养分含量降低。整体来看,土壤迟效养分含量的变化幅度较小,速效养分含量的变化显著,尤其是在 0~60 cm 深度的变化较大,在 60 cm 深度之下变化较平缓。

3 结论与讨论

通过对兖州采煤塌陷地的野外调查和室内测试,发现塌陷导致土壤含水量发生迁移变化;土壤养分发生迁移流失。由此可知,塌陷地含水量的变化和土壤养分的迁移有很大的关系。土壤水分的迁移导致养分的迁移流失,从而使塌陷区土壤的水分和养分分布极不均匀,破坏农田的正常功能。通过对塌陷区的现场观测,在没有积水的塌陷区,植被生长参差不齐;在已经形成常年性积水或季节性积水的塌陷区,土地已经无法使用。这就导致土地资源的浪费和当地生态环

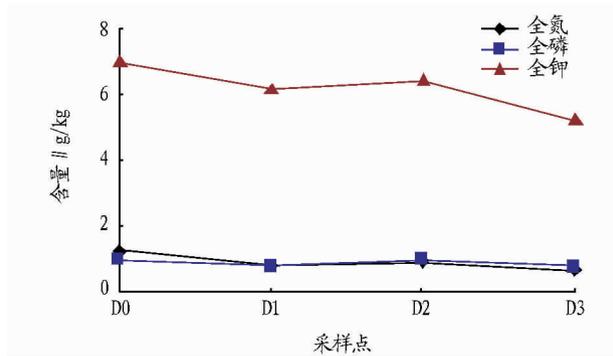


图 3 塌陷地迟效养分含量的变化

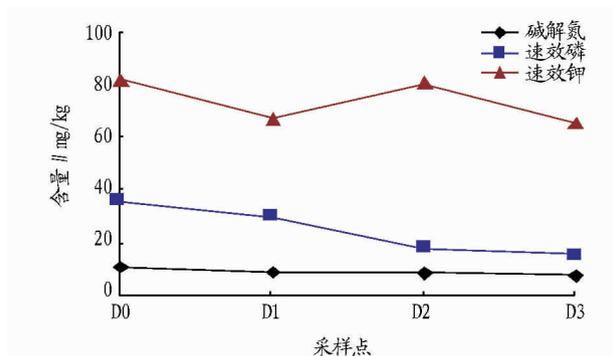


图 4 塌陷地速效养分含量的变化

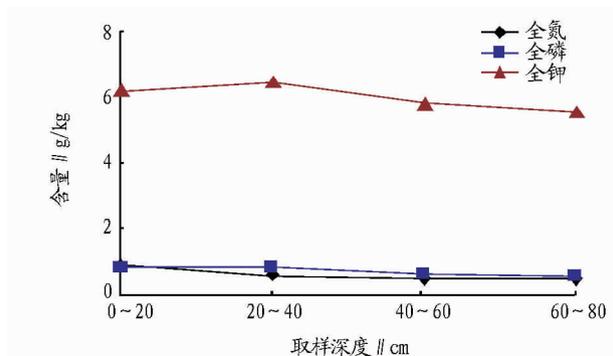


图 5 塌陷地垂向上迟效养分含量的变化

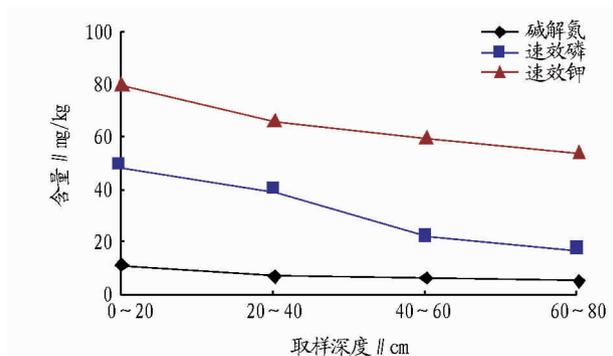


图 6 塌陷地垂向上速效养分含量的变化

境的破坏。

参考文献

[1] 李新举,胡振琪,李晶,等.采煤塌陷地复垦土壤质量研究进展[J].农业工程学报,2007(9):276-280.  
 [2] 卞正富.国内外煤矿区土地复垦研究综述[J].中国土地科学,2000,14(1):6-11.

对各组数据进行 *t* 检验。

## 2 结果与分析

**2.1 肌肉注射云芝多糖对鸡 ND 免疫抗体水平的影响** 由表 1 可知,3 个剂量胸肌注射多糖组抗体效价几何平均滴度均显著高于对照组,经 *t* 检验, A<sub>1</sub> 组从首次免疫后第 18 ~ 30

天与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 试验组血清抗体几何平均滴度提高 1.01 ~ 2.49 个。第 18 ~ 25 天 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 组与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 而第 30 天 A<sub>2</sub> 组与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ )。将 3 个剂量组进行比较, A<sub>1</sub> 组抗体效价较高, 持续时间也较长。

表 1 各组血清 HI 抗体效价的几何平均滴度

组别	首免后 5 d	首免后 10 d	首免后 18 d	首免后 25 d	首免后 30 d	首免后 40 d	首免后 70 d
A <sub>1</sub> 组(注射 10 mg)	5.30	6.06	9.02	8.47	5.66	3.04	2.35
A <sub>2</sub> 组(注射 5 mg)	5.50	6.17	9.05	8.28	4.19	3.06	2.23
A <sub>3</sub> 组(注射 2.5 mg)	5.38	6.09	8.99	8.77	3.23	3.01	2.59
B <sub>1</sub> 组(口服 20 mg)	4.74	6.13	8.21	7.48	3.56	3.53	3.46
B <sub>2</sub> 组(口服 10 mg)	4.96	6.25	8.28	7.99	5.48	3.60	3.29
B <sub>3</sub> 组(口服 5 mg)	5.14	5.79	8.27	8.26	3.22	3.55	3.22
C <sub>1</sub> 组(滴鼻 20 mg)	6.52	5.54	8.16	7.90	4.16	2.40	2.66
C <sub>2</sub> 组(滴鼻 10 mg)	6.15	5.70	8.20	8.00	3.74	2.37	2.70
C <sub>3</sub> 组(滴鼻 5 mg)	6.52	5.65	8.29	7.45	3.00	2.56	2.20
D 组(对照组)	5.67	5.68	7.96	7.46	3.17	2.52	2.16

**2.2 饮水口服云芝多糖对鸡 ND 免疫抗体水平的影响** 由表 1 可知,3 个剂量多糖组血清抗体滴度均显著高于对照组, B<sub>1</sub> 组在首免后第 40 ~ 70 天血清抗体几何平均滴度比对照组提高 1.01 ~ 1.30 个, 差异极显著 ( $P < 0.01$ ); B<sub>2</sub> 组从第 30 ~ 70 天与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 几何平均滴度提高 1.08 ~ 2.31 个; B<sub>3</sub> 组于免疫后第 40 ~ 70 天与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ )。相对而言, B<sub>2</sub> 组优势更为明显。

**2.3 滴鼻点眼云芝多糖对鸡免疫抗体水平的影响** 由表 1 可知,3 个剂量多糖组中只有 C<sub>1</sub> 组于免疫后第 30 天抗体效价与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 其余各组及各时间效价检测差异均不显著。

**2.4 注射、口服、滴鼻点眼组间比较** 由表 1 可知,口服免疫组抗体水平上升最快,持续时间最长,但其用量也较大;注射组抗体产生得最快,但持续时间比口服组略短。以上 2 组的抗体水平与不加多糖的对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ );滴鼻点眼组的免疫增强效果较差,只有在首免后第 30 天与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

(1) 国内外学者认为多糖主要具有提高细胞免疫能力的作用,但也能提高机体的体液免疫能力<sup>[3-6]</sup>。猪苓“757”多糖、红芪多糖(RHPS)、黄芪多糖(APS)、刺五加多糖均不同程度地促进抗体生成。该试验结果表明,云芝多糖也能大幅度提高机体的体液免疫能力。

(2) 该试验结果表明,云芝多糖注射组抗体上升较快,用量也比口服组少,但其抗体滴度提高的持续时间较短。这可能与多糖及疫苗在体内被吸收得较快有关。云芝多糖口服

免疫组的抗体滴度提高时间较注射组慢,用量较大,但其持续时间较长,在免疫后第 70 天与对照组 HI 抗体效价的几何平均滴度差异仍极显著 ( $P < 0.01$ )。滴鼻点眼组的免疫增强效果不如注射组和口服组,可能是因为多糖液不易被粘膜吸收或用量太少所致。

(3) 在剂量上,肌肉注射组应以 10 mg/羽(A<sub>1</sub> 组)以上为佳,口服组应以 10 mg/羽为佳(B<sub>2</sub> 组)。若剂量过高或过低,都会影响抗体效价的提高。滴鼻点眼组的剂量以 20 mg/羽(C<sub>1</sub> 组)以上较好。

## 参考文献

- [1] 屈洪岩,郭玉璞,陆钢,等. 花粉多糖对新城疫弱毒疫苗免疫效果影响——玉米、油菜、荞麦 3 种花粉多糖作用的比较[J]. 中国兽医杂志,1998,24(9):3-5.
- [2] 高天舒,廖迎春,高仕琰. 酵母菌多糖对肉鸡增重的影响[J]. 中国兽医杂志,1998,24(9):15.
- [3] 高梅,谢蜀生,秦凤华,等. 猪苓多糖对小鼠免疫功能的增强作用[J]. 中国免疫学杂志,1991,7(3):185-187.
- [4] 章灵华,肖培根. 药用真菌中生物活性多糖的研究进展[J]. 中草药,1992,23(2):95-99.
- [5] 方一苇. 具有药理活性多糖的研究现状[J]. 分析化学,1994(9):955-960.
- [6] 顾学裘,顾茂瑜. 多糖类的生物活性及其发展趋势[J]. 中成药研究,1988(5):37-39.
- [7] LU Y L, SHI Z X, YAN X Y. Preliminary Study on Immunocompetence of Polysaccharides from *Pleurotus citrinopileatus* Sing [J]. Medicinal Plant, 2011, 2(4):32-34.
- [8] 李萍萍,谭本杰,唐湘景,等. 酵母多糖对种鸡生产性能和免疫功能的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2011,32(2):88-90.
- [9] 吴旋,白东清,杨广,等. 灵芝多糖对黄颡鱼免疫细胞活性的影响[J]. 华北农学报,2011(3):195-198.
- [10] 郭远发. 黄芪多糖在畜禽疫病防治中的应用[J]. 畜牧与饲料科学,2012,33(4):119.

(上接第 4344 页)

- [3] 胡振琪. 露天煤矿土地复垦研究[M]. 北京:煤炭工业出版社,1995.
- [4] 张绍良,彭得福. 试论我国土地复垦现状与发展[J]. 中国土地科学,1999,13(2):1-5.

- [5] 王天祥,张文学,宋朝辉,等. 兖州市采煤塌陷地生态治理模式探讨[J]. 山东国土资源,2011,27(9):29-35.
- [6] 麦霞梅,赵艳玲,龚必凯,等. 东滩煤矿高潜水位采煤塌陷地土壤含水量变化规律研究[J]. 中国煤炭,2011,37(3):48-51.