

# 铅锌矿废弃地尾矿砂对银合欢幼苗定居的影响

张翠君

(广东高等教育出版社 广州 510076)

**摘要** 研究了广东省仁化县韶关凡口铅锌矿废弃地尾矿砂对银合欢(*Leucaena glauca*)幼苗定居的影响。结果表明,尾矿砂中Pb、Zn、Cu、Cd等重金属含量极高,Pb、Zn比对照土壤高100倍左右,Cu、Cd高4~5倍,植物对重金属的吸收、积累量较大,且多集中于根部。尾矿砂中硝态氮( $\text{NO}_3^- \text{-N}$ )和铵态氮( $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ )含量很低,仅为对照土壤的13%~23%。银合欢幼苗在尾矿砂中能生长,但其叶片光合色素含量较少,株高、复叶数、植株干物质量等生物量显著降低,这主要是由于重金属含量过高导致根系活力降低,限制了植物对水分和营养物质的吸收,其次是土壤贫瘠的影响。

**关键词** 铅锌矿废弃地 尾矿砂 幼苗定居 植被重建 银合欢

**Effects of mine tailings in the zinc and lead mine wasteland on seedling ecesis of *Leucaena glauca*.** ZHANG Cui-Jun (Guangdong Publishing House of Higher Education, Guangzhou 510076), *CJEA*, 2001, 9(2): 57~59

**Abstract** The effects of mine tailings in the Pb and Zn mine wasteland on seedling ecesis of *Leucaena glauca* are studied. The results showed that heavy metals Pb, Zn, Cu, Cd are stored in the mine tailings of zinc and lead mine wasteland. Absorbing capacity and concentrating volume of seedling to heavy metals were bigger, and content in the root was highest. Contents of the nitric and ammoniacal nitrogen stored in the mine tailings are lower. The seedling of *Leucaena glauca* could be grown in the environment, but it impaired development and growth. The plant dry weight of biomass was lowered, plant height changed short, complex leaves were decreased in number, pigment content of photosynthetic biomembranes was reduced. First of all, owing to heavy metal content is highest, activity of the root system reduced, restricting plant to absorb water and nitrogen. Effects of the soil infertile is second.

**Key words** Zinc and lead mine wasteland, Mine tailings, Seedling ecesis, Revegetation, *Leucaena glauca*

韶关凡口铅锌矿位于广东省仁化县境内,占地面积400hm<sup>2</sup>,矿石中铅锌含量在全国同类矿中居首位,伴生金属有Cd、Cu、Ge、Au、Hg等。随着矿山的开采利用,尾矿砂不仅占用了大量土地,而且是严重持久的污染源。植被重建是矿业废弃地生态恢复的最佳策略,选择具有固N作用、耐干旱、耐贫瘠、速生、高生物量的植物是矿业废弃地植被重建的关键。银合欢的种子能够通过尾矿砂堆放地的“环境筛”而萌发<sup>[1]</sup>,即可以完成形成植被的初始步骤。但对萌发后的银合欢幼苗生长、定居的研究迄今尚未见报道。为此,研究了银合欢幼苗在铅锌矿废弃地上生长、定居以及尾矿砂对银合欢幼苗的影响。

## 1 试验材料与研究方法

银合欢(*Leucaena glauca*)种子由广东省林业科学研究所提供;尾矿砂和对照土壤分别采自广东省仁化县韶关凡口铅锌矿废弃地和广州中山大学园林地。1992年2~6月进行盆栽试验,设I尾矿砂、I<sub>CK</sub>对照土壤、I尾矿砂-N(施N肥)、I<sub>CK</sub>对照土壤-N(施N肥)2种处理,每处理3个重复,在自然光照、室温、定时浇水等相同条件下培养。播种后幼苗长至30d、45d、60d时分别测定各项指标,尾矿砂及植物样品中重金属含量用原子吸收光谱法测定,矿质氮用蒸气蒸馏法测定,植物根系活力用红四氮唑法(TTC)测定,叶片含水量及干物质量用烘干称重法测定,光合色素含量用分光光度法<sup>[4]</sup>测定。对株高、复叶数及根、茎、叶、全株干物质量等生物量进行显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 尾矿砂中重金属及矿质氮含量分析

由表1可知,尾矿砂和对照土壤中重金属含量顺序均为Zn>Pb>Cu>Cd。尾矿砂重金属含量极高,Zn、Pb含量为对照土壤的100倍左右,Cu、Cd高出对照4~5倍。尾矿砂中有效态Pb高出对照土壤4倍,Zn、Cu、Cd分别高出20%、3%和12%。尾矿砂中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N铵态氮含量仅为对照土壤的13%、23%,极为贫瘠。

表1 尾矿砂中重金属与矿质氮的含量

Tab.1 Content of heavy metals and mineral nitrogen in mine tailings

样本 Samples	重金属总含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Total content of heavy metal				有效态含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Effective content				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Content of nitric nitrogen	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Content of ammonia nitrogen
	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd		
尾矿砂 Mine tailings	2010.69	6992.88	100.93	34.06	6.31	12.07	3.87	2.52	1.88	0.86
对照土壤 Controlled soil	20.20	60.05	18.97	5.52	1.25	10.02	3.80	2.26	13.96	3.75
比例倍数 Ratio times	99.54	116.45	5.32	6.17	5.04	1.20	1.03	1.12	0.13	0.23

2.2 尾矿砂对植物根系活力的影响

生长在尾矿砂中的银合欢幼苗根系脱氢酶的活性为91.0 $\mu\text{g/g}$ ,是对照土壤135.0 $\mu\text{g/g}$ 的67.4%。其脱氢酶活性下降的原因是尾矿砂中高含量的重金属引起酶蛋白变性,使酶活性受到抑制,导致根系活力下降,降低根系对水分及养分的吸收能力。

2.3 尾矿砂对叶片含水量、光合色素及幼苗生物量的影响

表2 幼苗叶片光合色素含量\*

Tab.2 Pigment content of photosynthetic biomembranes in seedling leaf of *Leucaena glauca*

生长龄/d Growth age	处理** Treatments	叶绿素a/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Chlorophyll a	叶绿素b/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Chlorophyll b	叶绿素(a+b)/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Chlorophyll(a+b)	叶绿素(a/b) Chlorophyll(a/b)	类胡萝卜素/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Carotene	总量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Total
30	I	1.763	0.656	2.419	2.688	0.420	2.839
	ICK	2.094	0.851	2.948	2.464	0.459	3.407
	I	2.013	0.910	2.923	2.212	0.426	3.349
45	ICK	2.130	0.903	3.033	2.359	0.451	3.484
	I	2.191	0.758	2.949	2.891	0.253	3.202
	ICK	2.073	1.080	3.153	1.919	0.401	3.554
60	I	1.724	0.701	2.425	2.459	0.486	2.911
	ICK	1.884	0.872	2.716	2.115	0.299	3.015
	I	1.648	0.801	2.444	2.057	0.430	2.879
	ICK	2.734	1.286	4.000	2.159	0.527	4.527

\*表内均为鲜物质量;\*\* I 尾矿砂, ICK 对照土壤, I 尾矿砂-N, ICK 对照土壤-N。

长至60d时降至725 $\text{mg/g}$ ,减少100 $\text{mg/g}$ 以上。对照土壤施N肥后的银合欢幼苗叶片含水量明显升高,而尾矿砂中的迅速下降,生长至15d(幼苗龄为45d)时,对照土壤银合欢叶片含水量达最大值,为816 $\text{mg/g}$ ;而尾矿砂中的为758 $\text{mg/g}$ ;之后二者都逐渐降低,生长至30d(幼苗龄为60d)时,前者(767 $\text{mg/g}$ )仍然高于后者(736 $\text{mg/g}$ ),这是因为尾矿砂中重金属离子过多,其溶液渗透压较高,根系从中吸收水分较困难所致;施N肥后其溶液渗透压升高,根系吸收水分困难加大,导致叶片含水量下降。同时由于高含量的重金属直接毒害,降低根系对水分的吸收力,并因施肥使直接毒害作用加大,导致根系对水分的吸收力减弱,叶片含水量下降。这表明在铅锌矿废弃地上生长的植物直接受重金属毒害时,也同样受到“生理干旱”的影响。由表2可知,生长在尾矿砂中的幼苗叶片光合色素总含量低于对照,且不因施N肥而改变这种规律性,这表明尾矿砂对幼苗叶片光合色素含量有不良影响,其原因是高含量的重金属

在尾矿砂中生长30d的银合欢幼苗叶片含水量为839 $\text{mg/g}$ ,而对照土壤为776 $\text{mg/g}$ ;生长至45d时,前者随着生长天数的增加而逐渐降低,明显低于后者;生

表3 幼苗生物量变化的显著性检验

Tab.3 Significant t-test of change of seedling biomass of *Leucaena glauca*

生长龄/d Growth age	生物量 Biomass	平均值 尾矿砂 Mine tailings	Average 对照土壤 Controlled soil	t-值 t-Value	显著性* Significance
30	根	3.17	4.55	3.56	***
	茎	2.71	4.32	4.19	***
	叶	14.16	18.94	3.12	***
	全株	20.04	28.01	2.74	**
	株高/cm	8.53	4.31	4.36	***
	复叶数/个	3.25	5.00	7.52	***
45	根	15.06	16.58	0.91	*
	茎	13.11	18.69	4.19	***
	叶	32.38	52.45	6.11	***
	全株	60.45	87.73	4.50	***
	株高/cm	6.21	7.94	6.57	***
	复叶数/个	7.32	9.47	6.79	***
60	根	8.88	7.62	0.09	*
	茎	9.13	11.88	3.65	***
	叶	32.78	38.64	2.36	**
	全株	50.79	58.14	1.83	*
	株高/cm	7.19	8.12	2.87	**
	复叶数/个	8.73	9.84	5.14	***
60 (施N肥 Apply nitrogen fertilizer)	根	26.22	26.32	0.04	*
	茎	25.94	33.26	3.33	***
	叶	46.82	64.73	4.74	***
	全株	97.98	124.32	3.65	***
	株高/cm	7.15	9.78	9.66	***
	复叶数/个	6.53	9.57	6.80	***
60 (施N肥 Apply nitrogen fertilizer)	根	53.61	37.44	0.02	*
	茎	25.70	33.77	2.69	**
	叶	63.38	86.82	4.70	***
	全株	142.69	158.03	2.99	***
	株高/cm	9.93	13.31	4.69	***
	复叶数/个	10.37	12.31	7.78	***

\*为P>0.05, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01。

使叶绿体内蛋白质合成受到破坏,导致叶绿体分解。此外,叶绿素和类胡萝卜素的合成也受到干扰,结果使叶片光合色素含量下降。施肥 15 d 后,尾矿砂和对照土壤中的幼苗叶绿素(a+b)含量都有所升高;施 N 肥 30 d 后,尾矿砂中幼苗叶绿素含量开始下降,而对照则继续升高。尾矿砂中的幼苗叶绿素(a+b)含量由于 N 素量的增高而上升,并随着因被利用 N 素量的减少而下降,这表明尾矿砂贫瘠是影响叶绿素含量的重要因素,但尾矿砂对叶绿素(a/b)的影响无明显规律性。

幼苗的生物量是反映其生长及发育状况的综合性指标,差异性分析结果表明(见表 3),在尾矿砂中生长的幼苗各生物量指标均低于对照对应指标,二者的根、茎、叶及全株的干物质量、株高、复叶数等均有显著差异,并随着生长天数的增加其差异更加显著。但根系干物质量在幼苗生长至 30d 之前差异显著,之后随着生长天数的增加而差异减小。因此,尾矿砂对幼苗生物量有明显的不良影响,其原因为根系活力较低、植物水分状况恶化、光合色素含量降低,导致生物量下降。地下生物量差异逐渐减小与根中重金属积累量逐渐增加有关;施 N 肥 15 d(生长至 45 d)地上各生物量指标差异减小,表明尾矿砂中的幼苗生物量随着 N 素量的增加而增大;施 N 肥 30 d(生长至 60 d)时其差异又有所增大,表明尾矿砂中幼苗生物量的增长随着 N 素量的减少而降低。由此可知尾矿砂缺 N 是影响植物地上生物量降低、抑制植物生长的重要生态因素。施 N 肥后,尾矿砂中的幼苗根系生物量干物质量高于对照,这与尾矿砂中的幼苗根系吸收、积累重金属增加有关,故铅锌矿废弃地抑制植物生长发育的原因是由尾矿砂中有高含量的重金属及贫瘠所致。

#### 2.4 植物样品重金属含量分析

由表 4 可知,尾矿砂中生长的幼苗对重金属的吸收量远远大于对照土壤;积累量  $Zn > Pb > Cu > Cd$ ;由根向茎、叶转移能力  $Zn > Cu > Cd > Pb$ ;各器官的富集量  $Zn$  为根  $>$  叶  $>$  茎,  $Pb$ 、 $Cu$ 、 $Cd$  为根  $>$  茎  $>$  叶,结果

表 4 幼苗重金属含量分析

Tab. 4 Analysis of heavy metal content in seedling of *Leucaena glauca*

生长龄/d Growth age	部位 Positions	处理* Treatments	重金属含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of heavy metal				
			Pb	Zn	Cu	Cd	
30	根 Root	I	488.28	1103.50	55.18	8.79	
		ICK	0.0	367.70	9.92	0.0	
	叶 Leaf	I	26.94	177.80	15.80	0.0	
		ICK	0.0	112.30	13.47	0.0	
	根 Root	I	250.00	1093.80	48.75	9.68	
		ICK	13.26	340.90	22.54	0.0	
45	根 Root	II	37.04	1796.30	55.56	7.41	
		ICK	1.31	395.50	13.99	0.81	
	茎 Stem	I	0.76	228.30	5.77	4.35	
		ICK	0.0	184.60	4.13	0.0	
	叶 Leaf	II	30.30	275.70	11.36	0.0	
		ICK	0.0	95.70	1.56	0.0	
	60	根 Root	I	17.43	199.20	10.79	2.99
			ICK	0.20	89.10	7.47	0.0
		茎 Stem	I	32.24	297.60	20.83	0.07
			ICK	0.0	49.20	6.15	0.0
		叶 Leaf	I	239.40	584.66	36.25	6.55
			ICK	12.38	148.50	21.04	1.98
60	根 Root	II	338.90	579.60	32.42	7.37	
		ICK	6.97	249.00	20.57	0.05	
	茎 Stem	I	24.61	157.40	8.12	0.07	
		ICK	0.17	61.00	6.68	0.04	
	叶 Leaf	I	27.33	168.90	9.10	0.30	
		ICK	0.0	59.90	2.00	0.0	
60	根 Root	I	24.65	216.90	9.62	0.03	
		ICK	0.0	52.80	8.40	0.0	
	茎 Stem	II	7.00	109.00	6.25	0.05	
		ICK	0.0	38.90	4.00	0.0	

\* I 尾矿砂, ICK 对照土壤; II 尾矿砂-N, ICK 对照土壤-N。

表明,尾矿砂中生长的幼苗积累了高含量的重金属,且各重金属含量与尾矿砂中各重金属含量呈明显正相关,并大多积累于根部,这是对幼苗产生毒害的重要原因。

### 3 小结

广东省仁化县韶关凡口铅锌矿废弃地尾矿砂中  $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Cu$ 、 $Cd$  等重金属含量极高,矿质氮含量很低,废弃地极端贫瘠,银合欢幼苗在该废弃地尾矿砂中能生长,但其叶片光合色素含量降低,株高、复叶数及植株干物质量等生物量显著下降,其主要原因是尾矿砂重金属含量过高,导致根系活力降低,使幼苗对水分及营养成分的吸收受到限制,其次是贫瘠的影响;植物在裸地定居过程是对新生境的不断适应过程,铅锌矿废弃地植被重建中银合欢种子虽能萌发,幼苗可生长,但若使其发育成熟和繁殖后代完成定居过程并形成先锋植物群落,则应采取有效措施降低重金属相对含量及提高废弃地的肥力。

### 参 考 文 献

- 1 陈昌笃等. 持续发展与生态学. 北京: 中国科学技术出版社, 1993
- 2 阳承胜. 矿业废弃地的土壤生物肥力. 中山大学研究生学刊(自然科学版), 1998, 19(2): 3
- 3 阳承胜. 采石场复垦技术. 中山大学研究生学刊(自然科学版), 1998, 19(1): 22
- 4 Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and Carotenoids; Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*, Academic Press, New York, 1989, 149: 350~382