

石灰与泥炭配施对重金属污染土壤上小白菜生长和营养元素吸收的影响

陈晓婷¹, 王 果², 张亭旗², 黄汉水², 方 玲²

(1. 福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学资源与环境学院, 福建 福州 350002)

摘 要: 采用盆栽方法研究了在 Cd、Pb、Zn 污染的土壤上, 石灰和泥炭配施对小白菜生长状况及对营养元素 (N、P、K) 吸收的影响。结果表明, 石灰(L)、石灰加低量泥炭(LP₁)、石灰加高量泥炭(LP₂)处理都消除了重金属的毒害症状, 显著促进小白菜的生长, 生物量较对照提高 2—5 倍。茎叶鲜重总体上看 LP₁> LP₂> L。L、LP₁、LP₂ 处理显著降低小白菜 N、K 的含量, 而 P 的含量则没有显著降低。小白菜 N、P、K 含量的降低主要是生长稀释效应引起的。
关键词: 镉铅锌污染土壤; 石灰; 泥炭; 小白菜
中图分类号: X131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2002)05 – 0453 – 03

Incorporation of Lime with Peat on Growth and Nutrient Elements Uptake of Pakchoi (Brassica chinensis) Grown in Heavy Metal Contaminated Soil

CHEN Xiao-ting¹, WANG Guo², ZHANG Ting-qi², HUANG Han-shui², FANG Ling²
(1 College of Life Science, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou, 350002, China; 2. College of Resources and Environment, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou, 350002, China)

Abstract: Effects of lime and peat on the growth and the uptake of N, P and K of pakchoi (*Brassica chinensis*) were studied by pot experiment in Cd, Pb and Zn contaminated soil. Treatments lime (L), lime and low level peat (LP₁), lime and high level peat (LP₂) can markedly improved the growth of pakchoi and eliminate the symptom caused by heavy metal pollution. As a whole, the fresh weight of the above – ground part was in the order of LP₁> LP₂> L. Treatments L, LP₁ and LP₂ significantly decreased the contents of N and K in pakchoi, however, P content in pakchoi did not decrease significantly. The decrease of N, P and K contents in pakchoi was due to "growth dilute effect".
Keywords: Cd, Pb and Zn contaminated soil, lime, peat; pakchoi (*Brassica chinensis*)

重金属污染的酸性土壤上大多数作物的生长必然受到抑制。施用石灰能降低重金属的活性, 促进作物的生长^[1-3]。但大量施用石灰, 会使土壤的物理性质恶化, 整体肥力水平也下降, 而有机物料在改善土壤理化性状、特别是物理性状方面, 有着特殊的作用。在使用石灰的基础上配施泥炭, 有可能达到既抑制重金属的活性, 促进作物的生长, 又维持甚至提高土壤肥力的效果, 有利于治理后的重金属污染土壤的持续利用。这方面的综合研究较少见, 因此我们研究了石灰与泥炭配施对小白菜生长和营养元素吸收的

影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤取自龙岩市某钢铁冶炼厂附近的污染土壤, 过 5 mm 筛。其 pH 为 5.50, 有机质含量为 34.21 g · kg⁻¹。供试改良材料为消石灰和泥炭, 均取自当地, 过 2 mm 筛。土壤与改良剂主要元素含量见表 1。供试作物是春小白菜(上海青)。从表 1 可知, 供试土壤 Cd、Pb、Zn 严重超出我国土壤环境质量二级标准 (GB 15168 – 1995) 限值 (全 Cd 为 0.3 mg · kg⁻¹, 全 Pb 为 250 mg · kg⁻¹, 全 Zn 为 200 mg · kg⁻¹)。该土壤为镉铅锌严重复合污染的土壤。

1.2 试验研究方法

表 1 供试土壤和改良材料主要元素含量					
Table 1 The contents of some elements of modifiers and soil					
项目	全量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$				全 P $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
	Cu	Zn	Cd	Pb	
土壤	31.50	439.0	5.90	713.6	1.05
石灰	4.87	221.2	23.09	151.0	0.87
泥炭	29.92	273.2	2.06	111.9	0.47

设如下处理:

(1)对照(CK)处理:不添加任何改良剂。

(2)石灰(L)处理:添加石灰,设 5 个水平。 L_1 : $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_2 : $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_3 : $1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_4 : $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_5 : $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土。

(3)石灰+低量泥炭(LP_1)处理:设 5 个水平。 L_1P_1 : $(0.5 \text{ g 石灰} + 7.5 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_2P_1 : $(1.0 \text{ g 石灰} + 7.5 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_3P_1 : $(1.5 \text{ g 石灰} + 7.5 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_4P_1 : $(2.0 \text{ g 石灰} + 7.5 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_5P_1 : $(2.5 \text{ g 石灰} + 7.5 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土。

(4)石灰+高量泥炭(LP_2)处理:设 5 个水平。 L_1P_2 : $(0.5 \text{ g 石灰} + 15 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_2P_2 : $(1.0 \text{ g 石灰} + 15 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_3P_2 : $(1.5 \text{ g 石灰} + 15 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_4P_2 : $(2.0 \text{ g 石灰} + 15 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土; L_5P_2 : $(2.5 \text{ g 石灰} + 15 \text{ g 泥炭}) \cdot \text{kg}^{-1}$ 土。

以上各处理重复 3 次。每个塑料桶(桶高 25 cm,直径 20 cm)装土 5 kg。底肥使用 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2SO_4 ,每盆添加 75 mg N,30 mg P,37.5 mg K(以溶液形式加入)。将土壤及各种改良材

料称好,混合均匀,装入桶中,加水至田间持水量的 60%,培养 1 周后于 2001 年 3 月 6 日移植 20 d 龄的上海青,间苗后每盆留 3 株。4 月 6 日收获小白菜,量株高、根长、称根重和茎叶重,洗净,烘至恒重后粉碎备用。

植株 N、P、K 全量的测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HClO}_4$ 消煮,全 N 测定用靛酚蓝比色法,全 P 测定采用钼锑抗比色法,全 K 测定采用火焰光度法。土壤及改良剂的全 Cd、Pb、Zn、Cu 采用 $\text{HCl} - \text{HNO}_3 - \text{HF} - \text{HClO}_4$ 消煮,原子吸收分光光度法测定。数理统计在 SAS 软件上进行。

2 结果与分析

2.1 改良剂对小白菜生长的影响

从表 2—4 看,任何水平石灰、石灰加低量泥炭、石灰加高量泥炭都显著提高小白菜的株高、叶鲜重、根鲜重。其中叶鲜重的提高作用尤为显著,生物量较对照提高 2—5 倍。对照处理的小白菜在整个生长过程中表现为株高极其矮小,生长中后期叶缘枯黄,而 L、 LP_1 、 LP_2 处理的小白菜生长状况都很好,没有发现任何黄化现象。这一现象表明 L、 LP_1 、 LP_2 处理消除了重金属的毒害症状。

L、 LP_1 、 LP_2 处理之间的株高、根鲜重虽有变化,但基本上未达到显著水平。 L_1 — L_3 处理小白菜的株高、茎叶及根鲜重随石灰用量的提高而提高,到 L_3 水平

表 2 石灰对小白菜生长和营养元素吸收的影响 ¹⁾										
Table 2 Effect of liming on the growth and nutrient elements uptake of pakchoi										
处理	株高 $/\text{cm}$	茎叶鲜重 $/\text{g}$	根长 $/\text{cm}$	根鲜重 $/\text{g}$	N 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	P 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	K 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	N 吸收量 $/\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$	P 吸收量 $/\text{mg} \cdot \text{盆}^{-1}$	K 吸收量 $/\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$
CK	10.9c	18.79c	4.4a	0.79b	3.53a	0.37a	3.17a	0.07	6.95	0.06
L_1	15.9b	56.44b	4.7a	1.50a	2.95b	0.29a	2.31ab	0.17	16.37	0.13
L_2	16.7ab	66.01b	5.0a	1.70a	2.73bc	0.29a	2.10b	0.18	19.14	0.14
L_3	18.3a	96.90a	4.6a	2.45a	2.38c	0.28a	1.56b	0.23	27.13	0.15
L_4	16.1b	69.77b	4.9a	1.89a	2.61bc	0.28a	1.77b	0.18	19.54	0.12
L_5	17.9ab	83.79a	5.4a	2.31a	2.62bc	0.37a	1.84b	0.22	31.00	0.15

1)表中数据采用 Duncan 法进行统计,同一列中有相同字母者,在 5% 水平上差异不显著(下同)。

表 3 石灰加低量泥炭对小白菜生长和营养元素吸收的影响										
Table 3 Effect of liming and low level peat addition on the growth and nutrient elements uptake of pakchoi										
处理	株高 $/\text{cm}$	茎叶鲜重 $/\text{g}$	根长 $/\text{cm}$	根鲜重 $/\text{g}$	N 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	P 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	K 含量 $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	N 吸收量 $/\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$	P 吸收量 $/\text{mg} \cdot \text{盆}^{-1}$	K 吸收量 $/\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$
CK	10.9b	18.79d	4.4a	0.79b	3.53a	0.37a	3.17a	0.07	6.95	0.06
L_1P_1	16.1a	76.88c	4.8a	2.63a	2.67b	0.26a	2.08b	0.20	19.99	0.16
L_2P_1	18.1a	96.41a	5.1a	2.66a	2.34b	0.25a	1.64b	0.22	24.10	0.16
L_3P_1	17.5a	83.01b	4.6a	2.03a	2.37b	0.29a	1.44b	0.20	24.07	0.12
L_4P_1	18.1a	99.05a	4.7a	2.37a	2.24b	0.28a	1.53b	0.22	27.73	0.15
L_5P_1	16.9a	95.53a	4.6a	1.86a	2.33b	0.25a	1.67b	0.22	23.88	0.16

表 4 石灰加高量泥炭对小白菜生长和营养元素吸收的影响

Table 4 Effect of liming and high level peat addition on the growth and nutrient elements uptake of pakchoi

处理	株高 /cm	茎叶鲜 重/g	根长 /cm	根鲜重 /g	N 含量 /g · kg ⁻¹	P 含量 /g · kg ⁻¹	K 含量 /g · kg ⁻¹	N 吸收量 /g · 盆 ⁻¹	P 吸收量 /mg · 盆 ⁻¹	K 吸收量 /g · 盆 ⁻¹
CK	10. 9b	18. 79d	4. 4a	0. 79c	3. 53a	0. 37a	3. 17a	0. 07	6. 95	0. 06
L ₁ P ₂	16. 6a	61. 23c	4. 5a	1. 97ab	2. 82b	0. 26bc	2. 33b	0. 17	15. 92	0. 14
L ₂ P ₂	17. 4a	89. 54a	5. 4a	2. 38ab	2. 25c	0. 30ab	2. 00bc	0. 20	26. 86	0. 18
L ₃ P ₂	17. 8a	113. 9a	4. 8a	2. 68a	2. 54bc	0. 27bc	1. 56cd	0. 29	30. 75	0. 18
L ₄ P ₂	18. 3a	94. 67ab	4. 6a	2. 26ab	2. 33bc	0. 21c	1. 43d	0. 22	19. 88	0. 14
L ₅ P ₂	17. 2a	71. 50bc	4. 9a	1. 67b	2. 24c	0. 29ab	1. 63d	0. 16	20. 74	0. 12

达到最大值,随后 L₄、L₅ 处理的株高、茎叶及根鲜重则有所下降。说明在酸性土壤上,使用石灰会显著促进小白菜的生长,但石灰用量并不是越多越好,有最适用量问题。

L、LP₁、LP₂ 处理都增加小白菜的根长,但未达显著水平。对照处理小白菜侧根稀少,而 L、LP₁、LP₂ 处理除增加根长外,还显著促进其侧根的生长和根系发育,从而有利于小白菜对养分的吸收和生长。

茎叶鲜重总体上看 LP₁> LP₂> L。表明泥炭的添加有利于小白菜的生长。但是泥炭的使用也有一个适宜用量的问题,不是越多越好。泥炭的这种促进作用缘于其有增加土壤有机质含量、改良土壤理化性状、促进作物根系伸展的作用^[4]。

总的来说,L、LP₁、LP₂ 处理都显著促进小白菜的生长,这种增产幅度较以往的报道^[1-2] 更显著(其增产小于 20%)。这与供试土壤关系密切,他们采用的供试土壤镉污染程度较轻,而本实验采用镉铅锌严重污染的土壤,在这样一种复合污染的土壤上种植对重金属抗性弱的叶菜,其生长状况必然很差,而改良剂的使用极大的缓解了污染引起的症状,显著提高土壤 pH 值,降低土壤有效态重金属的含量,显著降低小白菜对 Zn、Cd、Pb 的吸收^①,从而极其显著地促进了小白菜的生长。

2.2 改良剂对小白菜营养元素吸收的影响

从表 2 看,任何水平的 L 处理都显著降低小白菜的含 N 量,而小白菜的含 K 量从 L₂ 处理开始才显著降低。L₁—L₃ 处理,小白菜的 N、K 含量随石灰用量的提高而下降,随后的处理则略有上升,但是各石灰处理的小白菜的 N、K 含量的差异并不显著。石灰处理都没有显著降低小白菜的含 P 量,但是 L₁—L₄ 处理小白菜的含 P 量的降低还是明显的,降幅达 21. 6%—24. 3%。

各水平的 LP₁ 处理都显著降低小白菜的 N、K 含

量。N 含量的降幅达 24. 4%—36. 5%,K 含量的降幅达 34. 4%—54. 6%。LP₁ 处理没有显著降低小白菜的 P 含量(表 3)。

各水平的 LP₂ 处理也显著降低小白菜 N、K 含量。N 含量的降幅达 20. 1%—36. 5%,K 含量的降幅达 26. 5%—54. 9%。而 P 含量只有几个处理显著降低(表 4)。

总体上看,泥炭的施用降低了小白菜 N、P、K 的含量,降低幅度依各处理而有所不同,而且高量泥炭的效果并不比低量泥炭强。

虽然 L、LP₁、LP₂ 处理每盆的 N、P、K 的吸收量都显著增加(表 2—4),但是 L、LP₁、LP₂ 处理小白菜 N、P、K 含量并没有象原先所期望的那样增加,这种降低作用可能是生长稀释效应引起的。因为 L、LP₁、LP₂ 处理生物量显著增加,反映在植株的 N、P、K 含量上则下降。

3 结论

在 Cd、Pb、Zn 污染的土壤上,石灰(L)、石灰加低量泥炭(LP₁)、石灰加高量泥炭(LP₂) 处理都消除了重金属的毒害症状,显著促进小白菜的生长,生物量较对照提高 2—5 倍。茎叶鲜重总体上看 LP₁> LP₂> L。L、LP₁、LP₂ 处理显著降低小白菜中 N、K 的含量,而 P 的含量则没有显著降低。小白菜 N、P、K 含量的降低主要是生长稀释效应引起的。

参考文献:

[1] 曹仁林,霍文瑞,何宗兰,等. 不同改良剂抑制水稻吸收镉的研究——在酸性土壤上[J]. 农业环境保护, 1992, 11(5): 195—198.
[2] 邓波儿,刘同仇. 不同改良剂降低稻米镉含量的效果[J]. 华中农业大学学报, 1993, 12(2): 117—121.
[3] Albasel N, Cottenie A. Heavy metals uptake from contaminated soils as affected by peat, lime, and chelates [J]. Soil Sci Soc Am J, 1985, 49: 386—390.
[4] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料资源[M]. 北京:中国农业出版社, 1996.

①陈晓婷,王 果,梁林洲,等. 石灰与泥炭配施抑制小白菜重金属吸收的研究(待发表)[J]. 福建农业大学学报.