

陈云峰,丁鲁平,舒湘林,等.西班牙河碳酸盐岩对蔬菜生长、产量及土壤酸性的影响[J].湖北农业科学,2019,58(4):25-27,31.

## 西班牙河碳酸盐岩对蔬菜生长、产量 及土壤酸性的影响

陈云峰<sup>1,2</sup>,丁鲁平<sup>3</sup>,舒湘林<sup>4</sup>,丁立成<sup>4</sup>,刘东海<sup>1,2</sup>,胡 诚<sup>1,2</sup>,乔 艳<sup>1,2</sup>,李双来<sup>1,2</sup>  
(1.农业农村部废弃物肥料化利用重点实验室,武汉 430064;2.湖北省农业科学院植保土肥研究所,武汉 430064;  
3.博莱生态农业科技有限公司,北京 100082;4.湖北省赤壁市农业局,湖北 赤壁 437300)

**摘要:**为推进农用矿物西班牙河碳酸盐岩在中国的应用,采用大田试验和盆栽试验,检验其对蔬菜生长、产量及土壤酸性的影响。大田试验分成两个区组,第一区组比较不施化肥(-NPK)条件下,施用碳酸盐岩 1 800 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC1 800)对辣椒的影响;第二区组比较施用化肥(+NPK)条件下,施用碳酸盐岩 900 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC900)、1 800 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC1 800)对辣椒的影响。结果表明,在-NPK 和+NPK 条件下,与不施碳酸盐岩(-SRC)相比,+SRC1 800 均较好的提高了辣椒株高、茎粗、产量及 pH。+NPK 条件下,+SRC900 处理增产效果不如+SRC1 800 处理,但提升 pH 效果强于+SRC1800 处理。盆栽试验验证不同碳酸盐岩施用比例(V/V)(1:5、1:10、1:20、1:40)对小白菜产量和土壤 pH 的影响。结果表明,随着碳酸盐岩比例提高,增产效果增加,最高增产 39.9%,但对土壤 pH 提高效果不与施用量呈正比。大田试验和盆栽试验共同表明,碳酸盐岩对土壤 pH 的提升效果在作物生长前期较好。总之,施用碳酸盐岩可以促进蔬菜的生长,提高蔬菜产量,降低土壤酸性。

**关键词:**西班牙河碳酸盐岩;土壤酸性;土壤调理剂;蔬菜

中图分类号:S154.1

文献标识码:A

文章编号:0439-8114(2019)04-0025-03

DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2019.04.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Spanish River Carbonatite on Vegetable Growth, Yield and Soil Acidification

CHEN Yun-feng<sup>1,2</sup>, DING Lu-ping<sup>3</sup>, SHU Xiang-lin<sup>4</sup>, DING Li-cheng<sup>4</sup>, LIU Dong-hai<sup>1,2</sup>,  
HU Cheng<sup>1,2</sup>, QIAO Yan<sup>1,2</sup>, LI Shuang-lai<sup>1,2</sup>

(1.Key Laboratory of Fertilization from Agricultural Wastes, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan 430064, China; 2. Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China; 3. Boreal Eco-Agriculture Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100082, China; 4. Agriculture Bureau of Chibi, Chibi 437300, Hubei, China)

**Abstracts:** To extend the application of Spanish river carbonatite (SRC), an agromineral fertilizer, in China, a field and a pot experiment were conducted to verify the effects of SRC on the vegetable growth, yield and soil acidification. The filed experiment was divided into two blocks based on the application of chemical fertilizer (+NPK) or not (-NPK). Under the condition of -NPK and +NPK, SRC with 1 800 kg/hm<sup>2</sup> (+SRC1 800) could improve the pepper height and stem diameter, yield and soil pH compared to that of without SRC (-SRC). Under the condition of +NPK, SRC with 900 kg/hm<sup>2</sup> (+SRC900) could increase yield and pH, but the improvement of yield was lower than that of +SRC1 800, and the improvement of pH was higher than that of +SRC1 800. The pot experiment tested the effects of different SRC:soil (V/V) mixtures (1:5, 1:10, 1:20 and 1:40) on cabbage yield and soil pH. As the amount of SRC in the soil was increased, the yield increased compared to that of without SRC as well, and reached 39.9% in the 1:5 ration. However, although the pH in the SRC soil were increased, the improvements were not positively related to the increase of the SRC amount in soil. In addition, both the filed and pot experiments showed that the improvement of SRC on soil pH was greater in the early stage than in the late stage of vegetable growth. In conclusion, SRC could improve the vegetable growth and yield, and reduce soil acidification.

**Key words:** Spanish river carbonatite; soil acidification; soil conditioner; vegetable

收稿日期:2018-10-30

基金项目:企业横向项目;农业农村部废弃物肥料化重点实验室开放基金项目(KLFAW201705)

作者简介:陈云峰(1979-),男,湖北蕲春人,副研究员,博士,主要从事土壤肥料和土壤生态学研究,(电话)027-88430575(电子信箱) chen971314@163.com。

西班牙河碳酸盐岩(Spanish river carbonatite, SRC)是一种火成岩,产自加拿大安大略省,碱性较强,磷、硅、钙、钾及微量元素较高,有害元素较低,主要成分为磷灰石、方解石和黑云母<sup>[1]</sup>。在农业应用中,碳酸盐岩主要用作酸性土壤调理剂、草碳堆肥及矿物肥料,已在加拿大、俄罗斯、尼泊尔等国<sup>[2]</sup>应用。为了推进碳酸盐岩在中国的应用,本研究采用大田试验和盆栽试验分别验证碳酸盐岩对果菜类和叶菜类蔬菜生长、产量及土壤酸性的影响,为碳酸盐岩的推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 大田试验

1.1.1 试验地点 田间试验位于赤壁市蔬菜基地赵李桥镇柳林村(E113°42'23.74", N29°31'55.54"),供试土壤 pH 4.84,有机质 27.0 g/kg,碱解氮 127.2 mg/kg,有效磷 46.3 mg/kg,速效钾 81.0 mg/kg。供试碳酸盐岩由武汉博莱生态农业科技有限公司提供,主要成分 SiO<sub>2</sub> 24.6%、CaO 28.3%、N 0.30%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.13%、K<sub>2</sub>O 1.07%、pH 8.92,容重 1.52 g/cm<sup>3</sup>。

1.1.2 试验设计 试验分两个区组,共 5 个处理。第一区组主要研究不施化肥(-NPK)条件下,施用碳酸盐岩对辣椒的影响,设 2 个处理,分别为无碳酸盐(-SRC)、施用碳酸盐岩 1 800 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC1 800)。第二区组研究施用化肥(+NPK)条件下,施用碳酸盐岩对辣椒的影响,设 3 个处理,分别为不施碳酸盐岩(-SRC)、施用碳酸盐岩 900 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC900)、施用碳酸盐岩 1 800 kg/hm<sup>2</sup>(+SRC1 800)。所用化肥为硫酸钾复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15),基施 750 kg/hm<sup>2</sup>,辣椒收获后每采摘 2 次,追肥 1 次,追肥量为 300 kg/hm<sup>2</sup>。

试验小区长 12.5 m,宽 0.9 m,面积 11.25 m<sup>2</sup>,每个小区 3 次重复。2018 年 2 月 28 日施用碳酸盐岩和基肥。碳酸盐岩、石灰采用条块沟状施入,深约 10 cm,然后覆土约 5 cm 厚。10 d 后,移栽辣椒,供试辣椒品种为津研旱辣王。

1.1.3 数据收集 ①SPAD。在辣椒生长期(4月9日)和收获期(7月31日)测定。每个小区随机挑取 10~15 株辣椒,测定最大叶片 SPAD。②株高和茎粗。在收获期(5月19日、6月5日)测定,每个小区随机挑选 5 株,测定株高和茎粗(直径)。③产量。在 5 月 19 日、6 月 5 日、6 月 14 日、6 月 29 日、7 月 10 日、7 月 20 日、7 月 30 日、8 月 12 日、8 月 27 日测定辣椒商品产量。④土壤性质。在辣椒生长期(4月9日)和收获期(7月31日)取样,按梅花型取样,每个小区取 5 点,采样深度 20 cm。测定土壤 pH 及交换性酸

总量。其中,土壤 pH 采样 1:2.5 水浸提,pH 计法测定;交换性酸总量采用 1 mol/L KCL 交换-中和滴定法测定<sup>[3]</sup>。

### 1.2 盆栽试验

1.2.1 供试材料 试验安排在湖北省农业科学院盆栽场。供试土壤来自于赤壁市赵李桥镇柳林村温室土壤,新鲜土壤粉碎后,挑出枯枝落叶等,测定含水量,过 2 cm 筛子备用。土壤 pH 6.11,有机质 34.7 g/kg,碱解氮 358.1 mg/kg,速效磷 53.2 mg/kg,有效钾 197.6 mg/kg,土壤容重 0.91 g/cm<sup>3</sup>。供试碳酸盐岩与大田试验相同。

1.2.2 试验设计 试验共设 5 个处理,①CK,无改良剂;②1:5,碳酸盐岩:土壤=1:5(V/V);③1:10,碳酸盐岩:土壤=1:10(V/V);④1:20,碳酸盐岩:土壤=1:20(V/V);⑤1:40,碳酸盐岩:土壤=1:40(V/V)。每个处理栽种 6 盆,作为 6 次重复。花盆口径 20 cm,底径 12 cm,深度 13 cm。供试作物为黄秧小白菜,每盆保留 4 棵苗。种植前施用少量化肥,每盆土施用尿素(含 N 46.7%)0.31 g、普钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)0.22 g、氯化钾(含 K<sub>2</sub>O 60%)0.18 g<sup>[4]</sup>。2018 年 7 月 15 日施肥,7 月 17 日播种,8 月 26 日收获。

1.2.3 数据收集 ①产量。8 月 26 日,测定每盆小白菜地上部鲜重。

②土壤性质。在土壤与调理剂混合初期及收获期,在每盆土中取土 100 g 左右,风干后测定土壤 pH,测定方法与大田试验相同。

### 1.3 统计分析

采用 *t* 检验分析不施化肥条件下,碳酸盐岩对辣椒生长、产量及土壤性质的影响;采样单因素方差分析比较施用化肥条件下,碳酸盐岩对辣椒生长、产量、土壤性质的影响以及盆栽试验中添加不同比例碳酸盐岩对小白菜产量及土壤性质的影响,多重比较采用最小显著差数法(Least significant difference, LSD)。不满足齐次性统计假设的数据在分析之前采用平方根、倒数、lg(*x*+1)等方式进行转换,如若转换后仍不满足齐次性要求,采用 Mann-Whitney 非参数检验。所有分析采用 SPSS 11.5 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 大田试验验证碳酸盐岩对辣椒生长、产量及土壤酸性的影响

2.1.1 碳酸盐岩对辣椒生长的影响 从表 1 可以看出,不施化肥条件下,施用碳酸盐岩显著促进了辣椒生长。施用化肥条件下,生长期株高和茎粗表现为 +SRC1 800>+SRC900>-SRC,但 SPAD 没有明显差异;在收获期,+SRC1 800 处理 SPAD、株高、茎粗均高

于-SRC 处理, 但+SRC900 与-SRC 之间差异不一致。

表 1 碳酸盐岩对辣椒 SPAD、株高和茎粗的影响

处理	生长期			收获期		
	SPAD	株高/cm	茎粗/cm	SPAD	株高/cm	茎粗/cm
-NPK	-SRC	41.8 a	48.8 b	0.47 b	57.3 b	56.4 b
	+SRC1 800	45.1 a	62.5 a	0.73 a	62.2 a	72.1 a
+NPK	-SRC	49.6 a	63.9 a	0.75 a	63.7 a	60.5 a
	+SRC900	47.3 a	65.4 a	0.84 a	57.7 b	62.1 a
	+SRC1 800	50.7 a	67.6 a	0.91 a	60.9 ab	78.4 a

注: 同列数据后不同小写字母表示施肥或不施肥条件下差异显著 ( $P < 0.10$ )。下同

2.1.2 碳酸盐岩对辣椒产量的影响 从表 2 中可以看出, 不施肥条件下, 施用碳酸盐岩显著增加了辣椒产量。施用化肥条件下, 施用碳酸盐岩增产效果较明显, 且随着施用量的增加产量也随之增加, 其中,

+SRC1 800 处理增产 38.7%。

表 2 碳酸盐岩对辣椒产量的影响

处理	产量/kg/hm <sup>2</sup>	与-SRC 相比增产/%
-NPK	-SRC	18 126 b
	+SRC1 800	38 418 a
+NPK	-SRC	27 243 b
	+SRC900	32 337 ab
	+SRC1 800	37 777 a

2.1.3 碳酸盐岩对辣椒土壤酸性的影响 由表 3 可知, 不施肥条件下, 在生长期, 尽管差异不显著, 但施用碳酸盐岩提高了土壤 pH, 降低了土壤交换性酸总量。但在收获期, 施用碳酸盐岩对 pH 有一定的提高, 但提高了交换性酸总量。这表明在不同的时期, 碳酸盐岩对土壤酸性的影响不同。

施化肥条件下, 在生长期, 施碳酸盐岩提高了土

表 3 碳酸盐岩对辣椒土壤酸性的影响

处理	生长期		收获期		
	pH	交换性酸总量/cmol/kg	pH	交换性酸总量/cmol/kg	
-NPK	-SRC	5.18 a	0.94 a	5.13 a	1.14 a
	+SRC1 800	5.32 a	0.72 a	5.17 a	1.44 a
+NPK	-SRC	4.76 b	1.41 a	4.72 a	1.53 a
	+SRC900	5.14 a	1.22 a	4.82 a	1.66 a
	+SRC1 800	4.89 ab	1.13 a	4.78 a	1.55 a

壤 pH, 尤其是+SRC900 处理, 显著提高了土壤 pH, 降低了交换性酸总量。在收获期, 施碳酸盐岩对土壤 pH 有一定的提升作用, 但也提高了交换性酸总量, 这与不施肥条件下碳酸盐岩对土壤酸性的影响结果类似。

### 2.2 盆栽试验验证碳酸盐岩对小白菜产量及土壤 pH 的影响

由表 4 可知, 各处理间产量差异不显著, 按 1:5 (V/V) 比例配施碳酸盐岩增产效果最好, 其次是 1:10, 随比例的下降, 产量逐渐下降, 接近 CK 处理。无论是初始土壤还是收获后的土壤, 施用碳酸盐岩对土壤 pH 均有一定的提升作用, 但提升效果与施用量

表 4 添加不同比例碳酸盐岩对小白菜产量和 pH 的影响

处理	产量		初始土壤		收获土壤	
	产量/g/钵	比 CK 增产/%	pH	比 CK 增加	pH	比 CK 增加
CK	30.6 a		6.12 d		6.37 c	
1:5	42.8 a	39.9	6.66 bc	0.54	6.79 c	0.42
1:10	34.4 a	12.4	6.97 a	0.85	6.89 b	0.52
1:20	32.1 a	4.9	6.82 ab	0.70	6.99 a	0.62
1:40	29.0 a	-5.2	6.59 c	0.47	7.00 a	0.63

并不存在正相关关系, 综合两次比较, 在 1:20 的情况下, 提升效果最好。随着时间的延长, pH 提升效果有降低的趋势。

### 3 小结与讨论

大田试验和盆栽试验均表明, 施用碳酸盐岩对蔬菜增产效果较明显, 且随着施用量的增加, 增产效果越明显, 这与在其他作物上试验结果类似。在芦笋上, 施用碳酸盐岩 1 458.3 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照 (N 168.3 kg/hm<sup>2</sup>, 磷酸盐 67.3 kg/hm<sup>2</sup>, 钾盐 196.3 kg/hm<sup>2</sup>) 增产 11.3%; 在大麦上施用碳酸盐岩 540 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施碳酸盐岩增产 17.0%。在本试验中, 在不施肥情况下, 增产超过 100%, 较一般化肥增产效果好<sup>[5]</sup>, 这一方面是因为碳酸盐岩施用量较大 (推荐用量 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 左右), 另一方面也因为本底土壤肥力较低 (碱解氮 127.2 mg/kg, 速效钾 81.0 mg/kg, 均处于湖北省园地土壤养分丰缺指标体系中缺乏水平<sup>[6]</sup>)。在施用化肥条件下, 增产效果相对较低, 这表示在肥力较高的基础上, 碳酸盐岩效果略差。此外, 碳酸盐岩

(下转第 31 页)

和分析。

#### 参考文献:

- [1] 金忠泽.“澄迈福橙”优质丰产“标准化”种植技术[J].中国热带农业,2015(6):74-77.
- [2] 郑寿龙.施用有机肥对柑橘产量、品质及养分吸收的影响[J].安徽农学通报,2018,24(12):46-47.
- [3] FLOCH C,CAPOWIEZ Y,CRIQUET S. Enzyme activities in apple orchard agroecosystems;How are they affected by management strategy and soil properties[J].Soil Biology and Biochemistry,2009,41(1):61-68.
- [4] 李锡香.新鲜果蔬的品质及其分析法[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [5] 刘莉君,洪春来,朱凤香,等.有机无机复混肥对柑橘园土壤及柑橘品质的影响[J].浙江农业科学,2017,58(7):1155-1156,1165.
- [6] 许永刚.施肥对苹果园土壤养分及土壤酶活性的影响[J].防护林科技,2016(6):45,63.
- [7] LIS KRZYSCIN A. Effect of nitrogen fertilization on growth and development of *Pelargonium X hortorum*. I. Effect of different N levels[J].Folia Horticulturae,1999,11(1):45-52.
- [8] SHEN H,YAN X L,ZHAO M,et al. Exudation of organic acids in common bean as related to mobilization of aluminum and iron bound phosphates[J].Environmental and Experimental Botany,2002,48(1):1-9.
- [9] 卢梦玲,贵会平,鄢华捷,等.不同基肥处理对柑橘园土壤肥力和柑橘品质的影响[J].湖北农业科学,2016,55(17):4441-4443.
- [10] 顾广军.不同土壤管理制度对苹果园土壤化学性状的影响[J].中国林副特产,2018(1):33-35,38.

- [11] 鲁剑巍,陈 防,王运华,等.氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(4):413-418.
- [12] YANG Z C,ZHAO N,HUANG F,et al. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain[J].Soil and Tillage Research,2015,146:47-52.
- [13] MAILLARD É,ANGERS D A. Animal manure application and soil organic carbon stocks:A meta-analysis[J].Global Change Biology,2014,20(2):666-679.
- [14] SHIN R,BERG R H,SCHA D P. Reactive oxygen species and root hairs in arabidopsis root response to nitrogen,phosphorus and potassium deficiency[J].Plant and Cell Physiology,2005,46(8):1350-1357.
- [15] 吕凤莲,侯苗苗,张弘毅,等.土冬小麦-夏玉米轮作体系有机肥替代化肥比例研究[J].植物营养与肥料学报,2018,24(1):22-32.
- [16] 周鑫斌,温明霞,王秀英,等.三峡重庆库区柑橘园氮素平衡状况研究[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):88-94.
- [17] 罗 燕,樊卫国.不同施磷水平下4种柑橘砧木的根际土壤有机酸、微生物及酶活性[J].中国农业科学,2014,47(5):955-967.
- [18] SUBEHIA S K,SEPEHYA S,RANA S S,et al. Long-term effect of organic and inorganic fertilizers on rice (*Oryza sativa* L.) - wheat (*Triticum aestivum* L.) yield,and chemical properties of an acidic soil in the western Himalayas[J].Experimental Agriculture,2013,49(3):382-394.

(上接第27页)

对作物生长也有一定的促进作用,这与James<sup>[1]</sup>在豌豆上的施用效果类似。

碳酸盐岩为碱性矿物,大田试验和盆栽试验结果均表明碳酸盐岩能提升土壤 pH,但盆栽试验提升 pH 效果较好,大田试验提升效果较差,这可能与施用方式有关。盆栽试验中土壤和碳酸盐岩混合均匀,而大田试验中为条施,深度 10 cm,取样时只有一部分土壤中含有碳酸盐岩。此外,大田试验和盆栽试验结果均表明 pH 的升高不与碳酸盐岩用量呈正比,在碳酸盐岩施用早期,1:10(V/V)条件下 pH 提升效果最好,这与 James<sup>[1]</sup>研究结果一致。值得注意的是,随着施用时间的延长,碳酸盐岩对土壤 pH 提升的效果降低,交换性酸甚至在后期高于-SRC 处理。这可能与两个因素相关:①作物后期生长需要从土壤中吸收盐基阳离子,同时分泌大量质子以达平衡,从而降低了碳酸盐岩效果<sup>[7]</sup>;②施用碳酸盐岩促进了根系生长和微生物群落数量<sup>[1]</sup>,其呼吸作用会

引起硅酸盐的溶解,导致碱性离子的流失,从而降低了碳酸盐岩效果。

综上所述,在蔬菜上施用碳酸盐岩可以促进蔬菜的生长、降低土壤酸性,提高蔬菜产量。

#### 参考文献:

- [1] JAMES J. Spanish river carbonatite:Its benefits and potential use as a soil supplement in agriculture [D].Ontario,Canada: Wifrid Laurier University,2015.
- [2] KECKES K. Spanish river carbonatite export to Nepal[DB/OL].<http://saknepal.org/wp-content/uploads/2016/06/Keckes-Kyra.pdf>.
- [3] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,2005.
- [4] 彭东升,陈碧坚.小白菜测土配方施肥试验和施肥参数确定初探[J].广东农业科学,2013,40(4):50-53.
- [5] 石元亮,王玲莉,刘世彬,等.中国化学肥料发展及其对农业的作用[J].土壤学报,2008,45(5):852-864.
- [6] 农业部农民科技教育培训中心,中央农业广播电视学校组.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [7] 姬 钢,徐明岗,文石林,等.不同植被类型下红壤 pH 和交换性酸的剖面特征[J].应用生态学报,2015,26(9):2639-2645.