

钾细菌对塬土养分活化作用的研究

薛泉宏¹, 沈建伟², 汤莉¹

(1. 西北农林科技大学, 陕西杨陵 712100; 2. 中科院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要: 采用固态及液态培养法研究了 7 株钾细菌在不同条件下对塬土中 6 种元素的活化作用和对 pH 的影响。结果表明: 钾细菌在固态培养条件下对 P、K、Si 元素的活化作用小于液态培养; 在固态培养中, 钾细菌对塬土中 Fe、Mn 元素有活化作用, 但却导致 Zn 元素发生固定; 固态培养中, 钾细菌引起的土壤 pH 下降幅度小于液态培养; 灭菌处理使塬土生物释钾量提高, 但对生物释硅量无明显影响; 钾细菌不同菌株对土壤养分的活化能力差异很大。

关键词: 钾细菌; 钾肥; 生物钾肥; 钾活化

中图分类号: S154.38⁺1, S158.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2000)03-0067-05

Effect of the K Bacteria on Nutrients Activation in Lou Soil

XU E Q uan-hong¹, SHEN J ian-w ei², TANG L i¹

(1. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100;

2 Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining 810001)

Abstract: The effect of the 7 strains of K bacteria on the activation of the 6 elements in Lou soil and pH at different cultural conditions by the liquid and solid culture had been studied. The results indicated that: The activation of the K bacteria on P, K, Si elements is less in solid culture than in liquid culture, the K bacteria has activation on the Fe and Mn in the Lou soil, but this can result in fixation of the Zn in the solid culture. The decrease of soil pH caused by K bacteria in the solid culture is less in liquid culture. The sterilization treatment can increase to release K on the Lou soil while it has not notable effect on releasing Si. The K bacteria at the different strains has great effect on soil nutrients activation.

Key words: Silicate bacteria; K fertilizer; Biological K fertilizer; K activation

在中国北方黄土区土壤钾库中, 全钾含量达 20 g/kg 左右, 但有效钾仅占全钾量的 1% ~ 3%^[1]。随着农作物产量的大幅度提高, 有效钾大量携出, 而目前在粮食作物上钾肥施用很少或不施, 导致农田土壤有效钾亏缺日益严重, “补钾工程”已成为高产平衡施肥的重要内容。我国钾矿资源贫乏, 单靠进口钾肥难以从根本上解决大面积缺钾问题, 寻找新的补钾途径已成为解决土壤缺钾问题的当务之急。接种解钾微生物, 将黄土性土壤中作物根际的无效或缓效钾转化为有效钾已成为人们关注的热点。在液体培养条件下, 钾细菌对黄砂及黄绵土中 K、P、Si、Fe、Mn 元素有明显的活化作用^[2]。但对田间条件下钾细菌的活化作用了解很少。本文采用与田间条件较为接近的固态培养法, 并以液态培养作为参照, 研究了钾细菌对塬土中 6 种养分的活化作用, 其结果拟为钾细菌接种剂的应用效果评价提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料 供试 7 株钾细菌 K₂、K₃、K₄、K₆、K₇、K₈ 及 K₁₀ 均分离自黄土区主要作物根际土壤中, 这些菌

收稿日期: 1999-11-01

作者简介: 薛泉宏(1957—), 男, 陕西白水人, 副教授, 主要从事放线菌资源及微生物肥料等方面的研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

株在筛选试验中表现出较好的养分活化能力。

钾细菌悬液制备 在8个250 ml三角瓶中各加150 ml蒸馏水和适量玻璃珠,120、30 min 湿热灭菌。每瓶接入1管生长量基本相同的钾细菌斜面培养物,充分摇动,使细胞在玻璃珠的磨擦碰撞下分散,即得钾细菌悬液。

供试土壤为瘠土,采自西北农林科技大学农作一站耕层,土粒直径D < 1 mm。

磷钾源 I号:2 000 g 供试土样,1 000 g 磷矿粉; II号:2 000 g 供试土样,2 000 g 磷矿粉。

基础培养液 尿素0.5 g,蔗糖5.0 g 蒸馏水1 000 ml

1.2 方法 固态培养(液 固= 100 :50) 设灭菌与对照(不灭菌)2个处理,称5 000 g 供试土样于培养皿中,干热灭菌(170℃,6 h)或不灭菌,加无菌基础培养液和钾细菌悬液各5 ml,摇匀后于28℃培养,至预定时间用60 ml蒸馏水分次洗入离心管中,离心液加活性炭脱色,过滤得待测液。

液体培养(液 固= 100 :3或4) 称供试土样2 000 g及磷矿粉2 000 g或1 000 g于250 ml三角瓶中,加基础培养液100 ml,120℃灭菌30 min,接入2 ml钾细菌悬液,28℃培养,12 h摇瓶1次,至预定时间转入离心管离心(4 000 r/min),上清液转入大试管(25 cm × 3.0 cm)中测pH;加浓HCl 1 ml,加盖水解(120℃,40 min),水解结束加1 g无磷活性炭摇匀过滤,滤液为待测液。固、液体培养均重复3次。

化学测定 P:钼锑抗比色法^[3]; Si:硅钼黄比色法^[3]; K:火焰光度法^[3]; Fe、Mn、Zn:日立180-80原子吸收分光光度法;pH:贝克曼70型酸度计测定。

生物释钾量 K_b = 总释钾量 K_t (化学溶钾量+ 生物释钾量) - 对照释钾量 K_{CK} (化学溶钾量), 生物释钾增率 ($K_b\%$) = $(K_b/K_{CK}) \times 100\%$, 角注 t, b 及 CK 分别指释钾总量、生物及对照释钾量。其它元素释放量的计算及表示与之相同。

2 结果与分析

2.1 液态培养时的元素活化

2.1.1 磷、钾释放量 从表1看出,液体培养条件下,II号磷钾源为底物时,供试7株钾细菌作用于瘠土及磷矿粉导致的磷释放量为30.8~252.3 mg/kg底物,释磷增率11.8%~96.3%,平均释磷量与释磷增率分别为137.9 mg/kg与52.6%;供试钾细菌释磷量变异系数为58.2%,表明供试钾细菌不同菌株在同一培养条件下的解磷能力有很大差异。如 K_{10} 与 K_4 的释磷量相差约8倍。

表1 液态培养磷钾释放量(II号磷钾源,7d)

菌株号 Strains No.	解磷量 P released			解钾量 K released		
	P_t	P_b	$P_b\%$	K_t	K_b	$K_b\%$
K ₂	381.6	119.5	45.6	264.0	74.0	38.9
K ₃	334.0	71.9	27.4	257.5	67.5	35.5
K ₄	292.9	30.8	11.8	360.7	170.9	89.8
K ₆	463.2	201.1	76.7	365.5	175.5	92.4
K ₇	458.6	196.5	75.0	386.5	196.5	103.4
K ₈	355.6	93.5	35.7	344.5	154.5	81.3
K ₁₀	514.4	252.3	96.3	318.8	128.8	67.8
平均 Mean	400.0	137.9	52.6	328.2	138.2	72.7
C.V (%)		58.2			36.6	
CK	262.1			190.0		

从表1还可看出,细菌在瘠土上的生物释钾量为67.5~196.5 mg/kg,释钾增率为35.5%~103.4%,平均释钾量及钾增率分别为138.2 mg/kg及72.7%;不同菌株生物释钾量变异系数为36.6%; K_7 、 K_6 释钾量较对照分别提高103.4%及92.4%,可作为钾细菌制剂生产用菌种。

2.1.2 硅释放量 在钾细菌作用下,含钾矿物(长石等)晶格结构破坏,K释放的同时伴随Si及其它元



素的活化。从表 2 看出, 在 I 号磷钾源培养 10 d 的处理中, 楼土的生物释 Si 量达 225.0~1067.5 mg/kg, 释 Si 增率 33.3%~158.1%, 平均生物释 Si 量及释 Si 增率分别为 679.3 mg/kg 及 100.6%; 7 株供试菌株生物释 Si 量的变异系数为 38.9%, 表明不同菌株的释 Si 能力明显不同, K₇ 解 Si 能力最强。II 号磷钾源培养中 Si 的释放也具有类似趋势。

表 2 液态培养硅释放量

菌株号 Strains No.	I 号磷钾源(10 d) No. I, P-K element sources(10 days)			II 号磷钾源(7 d) No. II, P-K element sources(7 days)		
	<i>S_{it}</i>	<i>S_{ib}</i>	<i>S_{ib}%</i>	<i>S_{it}</i>	<i>S_{ib}</i>	<i>S_{ib}%</i>
	K ₂	900.0	225.0	33.3	975.0	225.0
K ₃	1287.5	612.5	90.7	925.0	175.0	23.3
K ₄	1375.0	700.0	103.7	1030.0	280.0	37.3
K ₆	1212.0	537.5	79.6	1400.0	650.0	86.7
K ₇	1742.5	1067.5	158.1	1313.3	563.3	75.1
K ₈	1525.0	850.0	125.9	1050.0	300.0	40.1
K ₁₀	1437.5	762.5	113.0	1283.3	533.3	71.1
平均 Mean	1354.3	679.3	100.6	1139.5	389.5	51.9
C.V.(%)		38.9			48.2	
CK	675.0			750.0		

2.2 固态培养时的元素活化

2.2.1 磷钾释放 钾细菌接入土壤后在固态基质上生长, 与实验室液态培养差异很大。钾细菌在液态培养良好生长条件下的养分释放量在实际应用中仅具有一定参考意义。本文设计的固态培养与田间条件较为接近, 可在一定程度上反映钾细菌接入土壤后的养分释放情况。从表 3 看出, 楼土接入钾细菌后的生物释磷量为 4.6~13.7 mg/kg, 释磷增率为 2.9%~8.6%; 平均生物释磷量 9.4 mg/kg, 远低于液态培养平均生物释磷量(137.9 mg/kg 底物, 表 1); 供试菌株具有不同的释磷能力, 生物释磷量变异系数 30.7%, K₁₀ 表现出较强的解磷能力。

表 3 固态培养楼土磷钾释放量

菌株号 Strains No.	磷释放(7 d) P released(7 days)			钾释放(21 d) K released(21 days)					
	灭菌 Sterilization			灭菌 Sterilization			未灭菌 Non-sterilization		
	<i>P_t</i>	<i>P_b</i>	<i>P_b%</i>	<i>K_t</i>	<i>K_b</i>	<i>K_b%</i>	<i>K_t</i>	<i>K_b</i>	<i>K_b%</i>
K ₂	164.5	4.6	2.9	931.4	35.8	4.0	1023.2	11.1	1.1
K ₃	168.7	8.8	5.5	958.3	62.7	7.0	1043.5	31.4	3.1
K ₄	170.9	11.0	6.9	922.5	26.9	3.0	1034.5	22.4	2.2
K ₆	171.0	11.1	6.9	985.2	89.6	10.0	1074.9	62.8	6.2
K ₇	168.5	8.6	5.4	973.2	77.6	8.7	1050.9	38.8	3.8
K ₈	167.9	8.0	5.0	967.3	71.7	8.0	1029.1	17.0	1.7
K ₁₀	173.6	13.7	8.6	934.4	38.8	4.3	1061.4	49.3	4.9
平均 Mean	169.3	9.4	5.9	953.2	57.6	6.4	1045.4	33.2	3.7
C.V.(%)		30.7			41.4			55.4	
CK	159.9			895.6			1012.1		

t 检验(*K_b*) *t* test

$t = 2.980, n_{0.05} = 2.447 (n = 7)$

从表 3 看出, 供试土壤灭菌后接入钾细菌, 经钾细菌单独作用 21 d, 楼土的生物释钾量为 26.9~89.6 mg/kg, 生物释钾增率 3.0%~10.0%; 平均生物释钾量及释钾增率分别为 57.6 mg/kg 及 6.4%, 远低于液培条件下的平均生物释钾量 138.2 mg/kg 及释钾增率 72.7% (表 1)。未灭菌土壤分别接入 5 ml 菌悬液和基础培养液后, 土壤中原有微生物与钾细菌共同作用, 与钾细菌接种于田间土壤的情况类似, 7 株供试菌株的生物释钾量均小于灭菌土壤。灭菌与未灭菌土壤的平均生物释钾量及释钾增率分别

为 57.6 mg/kg 及 6.4% 和 33.2 mg/kg 及 3.7%，二者差异达到显著水平 ($P < 0.05$, 表 3)。其原因可能是由于土壤中的土著微生物在加入基础培养液后快速生长, 进而影响接入钾细菌的生长繁殖及对土壤养分的活化作用, 这一推测尚待进一步研究证实。

2.2.2 硅释放 从表 4 看出, 固态培养条件下, 供试菌株在灭菌土壤上的生物释硅量及释硅增率分别为 0.5~59.0 mg/kg 及 0.2%~25.9%, 平均生物释 Si 量及释 Si 增率分别为 21.1 mg/kg 及 9.3%。灭菌与未灭菌土壤的释 Si 总量平均值及对照释 Si 量分别为 248.9 mg/kg 及 227.8 mg/kg 与 136.4 mg/kg 及 116.5 mg/kg, 差异明显, 但生物释 Si 量无统计意义上的差异 ($P < 0.05$)。灭菌土壤的对照及各供试菌株的释 Si 总量均较高, 表明灭菌土壤的化学溶 Si 量较高。这一现象是否与干热高温灭菌 (170 × 6 h) 有关尚待证实。

表 4 固态培养土壤 Si 释放量

Table 4 Si element released in solid culture **mg/kg**

菌株号 Strains No.	灭菌 Sterilization			未灭菌 Non-sterilization		
	<i>S_{it}</i>	<i>S_{ib}</i>	<i>S_{ib}%</i>	<i>S_{it}</i>	<i>S_{ib}</i>	<i>S_{ib}%</i>
K ₂	228.3	0.5	0.2	117.7	1.2	1.0
K ₃	244.8	17.0	7.4	138.3	21.8	18.7
K ₄	242.0	14.2	6.2	123.5	7.0	6.0
K ₆	238.8	11.0	4.8	131.5	15.0	12.9
K ₇	258.2	30.4	13.3	128.7	12.2	10.4
K ₈	243.3	15.5	6.8	173.3	56.8	48.7
K ₁₀	286.8	59.0	25.9	141.5	25.0	21.5
平均 Mean	248.9	21.1	9.3	136.4	19.9	17.0
C.V (%)		89.7			91.7	
CK	227.8			116.5		
<i>t</i> 检验 (<i>S_{ib}</i>) <i>t</i> test						<i>t</i> = 0.127, <i>t</i> _{0.05} = 2.447 (<i>n</i> = 7)

2.2.3 铁、锰及锌释放 从表 5 看出, 固态培养条件下, 4 株钾细菌作用于土壤后 Fe 和 Mn 的生物释放量及释放增率分别为 1.7~8.6 mg/kg 及 2.7%~21.6% 与 0.5~1.4 mg/kg 及 12.0%~31.6%。Zn 的生物释放量为负值, 表明接入钾细菌导致供试土壤微量元素 Zn 发生固定, 固定量达到对照 Zn 释放量的 15.6%。Zn 的固定可能与钾细菌释放磷形成磷酸锌有关, 也可能存在一定的生物固定作用。

表 5 固态培养土壤 Fe、Mn、Zn 释放量

Table 5 Fe, Mn, Zn elements released in solid culture **mg/kg**

菌株号 Strains No.	Fe			Mn			Zn		
	<i>Fe_t</i>	<i>Fe_b</i>	<i>Fe_b%</i>	<i>Mn_t</i>	<i>Mn_b</i>	<i>Mn_b%</i>	<i>Zn_t</i>	<i>Zn_b</i>	<i>Zn_b%</i>
K ₆	41.2	1.7	2.7	5.0	0.5	12.0	7.5	-1.5	-16.6
K ₇	47.7	7.6	18.9	5.2	0.7	14.7	8.6	-0.4	-4.4
K ₈	48.7	8.6	21.6	5.6	1.1	23.6	6.9	-2.1	-23.3
K ₁₀	41.6	1.5	3.7	5.9	1.4	31.6	7.5	-1.5	-16.6
平均 Mean	44.8	4.7	11.7	5.4	0.9	20.5	7.6	-1.4	-15.6
C.V (%)	8.8	84.1		7.4	43.6			51.6	
CK	40.1			4.5			9.0		

2.3 固、液态培养条件下钾细菌对 pH 的影响

从表 6 看出, 固态培养条件下, 接入供试钾细菌后土壤 pH 变化很小。在灭菌及未灭菌条件下的 pH 降低幅度分别为 0.03pH 及 0.11pH 单位, 较对照分别降低 0.4% 及 1.6%, 二者 pH 的变化无显著差异 ($P < 0.05$)。在液培条件下, 供试菌的平均 pH 降幅为 1.57pH 单位, 较对照 pH 降低 19.1%, 即液培条

件下的 pH 下降率远大于固态培养。液、固态培养时 pH 的变化差异表明, 液培条件下土壤养分活化作用大于固态培养与 pH 下降幅度较大有一定关系。

表 6 不同培养条件下钾细菌对 pH 的影响

Table 6 The effect of silicate bacteria on soil pH under different cultural condition

菌株号 Strains No.	液态培养(液 固= 100 3, 7d) liquid culture (liquid solid = 100 3, 7days)			固态培养(液 固= 100 50, 21d) Solid culture (liquid solid= 100 50, 21d)			未灭菌 Non-sterilization		
	灭菌 Sterilization			灭菌 Sterilization			未灭菌 Non-sterilization		
	pH	Δ pH	Δ pH %	pH	Δ pH	Δ pH %	pH	Δ pH	Δ pH %
K ₂	7.24	- 0.96	- 11.7	6.81	- 0.07	- 1.0	7.05	0.01	0.1
K ₃	7.04	- 1.16	- 14.1	6.86	- 0.02	- 0.3	6.89	- 0.15	- 2.1
K ₄	5.94	- 2.26	- 27.6	6.75	- 0.13	- 1.9	7.00	- 0.04	- 0.6
K ₆	6.46	- 1.74	- 21.2	6.84	- 0.04	- 0.6	6.80	- 0.24	- 3.4
K ₇	6.77	- 1.43	- 17.4	6.98	0.10	14.5	6.90	- 0.14	- 2.0
K ₈	6.89	- 1.31	- 16.0	6.81	- 0.07	- 1.0	6.96	- 0.08	- 1.1
K ₁₀	6.09	- 2.11	- 25.7	6.90	0.02	0.3	6.92	- 0.12	- 1.7
平均 Mean	6.63	- 1.57	- 19.1	6.85	- 0.03	- 0.4	6.93	- 0.11	- 1.6
C.V (%)		31.1			246.1			74.9	
CK	8.20			6.88			7.04		
<i>t</i> 检验(灭菌与未灭菌) <i>t</i> test									<i>t</i> = 1.619, <i>t</i> _{0.05} = 2.447 (<i>n</i> = 7)

注: Δ pH = 接种处理 pH - 对照(CK) pH, Δ pH % = (Δ pH / 对照 pH) \times 100%。Note: Δ pH = silicate bacteria treat pH - check pH. Δ pH (%) = (Δ pH / check pH) \times 100%

3 小结

- 3.1 供试钾细菌在液态及固态培养条件下对壤土中磷、钾及硅元素有一定活化作用, 固态培养条件下的活化作用小于液态培养, 可能与液态培养时 pH 降幅大于固态培养有关。
- 3.2 固态培养条件下钾细菌对壤土中铁、锰元素有活化作用, 锌在接入钾细菌后发生一定程度的固定。
- 3.3 钾细菌不同菌株对土壤养分的活化能力差异很大, 应加强高效养分活化菌株的筛选。
- 3.4 未灭菌壤土生物释钾量显著小于灭菌处理, 灭菌对生物释硅量无明显影响。

参考文献

- [1] 彭克明, 裴保义主编. 农业化学[M]. 北京: 农业出版社, 1980: 142
- [2] 薛泉宏, 李素俭, 张俊宏, 等. 液培条件下钾细菌对土壤养分的活化作用研究[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(2): 33~ 37.
- [3] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1990