

硅酸盐细菌 NBT 菌株解钾效能及 对钾的吸持作用

盛下放, 黄为一, 曹晓英

(南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏南京 210095)

摘要:在摇瓶和土壤耗竭条件下研究了硅酸盐细菌 NBT 菌株的解钾作用以及对作物生长的促进作用。结果表明,在摇瓶条件下,培养 120h,NBT 菌株可以从钾长石中释放 K 159.1 mg/L,比接灭活菌对照(48.8 mg/L)增加 226.02% ;耗竭条件下 NBT 菌株在未灭菌土壤中的解钾作用与在灭菌土壤中的解钾作用相当。在未灭菌土壤中,NBT 菌株释放的矿物钾占植株吸钾量的 14.4%~43.1% ;不接菌或接灭活菌处理土壤中矿物钾的释放量为零或极少。NBT 菌株的解钾效能与土壤中速效性钾及有机质含量密切相关。土柱试验表明,供试土壤接种硅酸盐细菌后的土壤滤液中流失的钾比接种灭活硅酸盐细菌后的土壤滤液中流失钾减少 29.6%~56.5% ;硅酸盐细菌 NBT 菌株荚膜多糖吸附钾的量占加入钾的量的 31.8%~69.4%。NBT 菌株的吸钾作用与 NBT 菌株本身及荚膜多糖的多少密切相关。

关键词:硅酸盐细菌;矿物钾;耗竭;解钾作用;吸钾

中图分类号:S154.39 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-505X(2001)04-0459-08

我国可溶性钾肥资源十分匮乏,然而含钾岩石却十分丰富^[1],研究如何将含钾矿物中的钾释放出来,为作物能吸收利用,具有重要的理论和实际意义^[2]。硅酸盐细菌能分解原始的仅仅由硅酸盐和铝硅酸盐组成的含钾矿物,不仅具有溶磷、解钾等作用,亦有固氮能力^[3-5]。据研究,施入土壤的钾肥其利用率只有 40%~60%^[6]。为提高肥料利用效率,通常采用向肥料中加入一些化学物质或生物制剂,使钾肥长效或增效。但钾肥中加入的化学物质或生物制剂往往无实效,或微生物无法存活,其效果很难评说^[7]。为了减少土壤中钾的流失,发展高效的新型微生物肥料是提高钾肥利用效率的重要措施。1995年,本研究室从南京土壤中分离筛选出一株溶磷、解钾能力较强的硅酸盐细菌(NBT 菌株)^[8],并发现由 NBT 菌株研制成的菌剂对多种农作物具有明显的增产效应^[9]。为了进一步明确 NBT 菌株的解钾效能及其影响因素和硅酸盐细菌对钾的吸持作用,开展了本项研究,以期为硅酸盐细菌的科学应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试菌株为硅酸盐细菌 NBT 菌株,由南京农业大学微生物学系分离筛选;钾长石(含 K₂O 12.06%, Na₂O 0.19%, Al₂O₃ 18.70%, Fe₂O₃ 5.11%, SiO₂ 59.13%),由南京地质矿产研究所提供,经研磨,过 0.15mm 筛,用去离子水洗去水溶性钾,阴干,备用。4 种培养基(g/L),即:缺钾培养基,含蔗糖 10.0、

收稿日期:2000-01-03

作者简介:盛下放(1963—),男,安徽黄山市人,博士,主要从事土壤养分微生物活化研究。

本文承中国科学院南京土壤研究所谢建昌研究员审阅,谨致谢意。

(NH₄)₂SO₄ 1.0、Na₂HPO₄ 2.0、MgSO₄·7H₂O 0.5、NaCl 0.10、酵母膏 0.5、CaCO₃ 0.5、pH 7.4；有氮培养基，含蔗糖 10.0、(NH₄)₂SO₄ 1.0、K₂HPO₄ 2.0、MgSO₄·7H₂O 0.5、NaCl 0.1、酵母膏 0.5、CaCO₃ 1.0、pH 7.4；无氮培养基，含蔗糖 10.0、K₂HPO₄ 0.5、MgSO₄·7H₂O 0.2、NaCl 0.2、CaCO₃ 1.0、pH 7.4；有氮长石培养基，将有氮培养基中的 K₂HPO₄ 改成等量 Na₂HPO₄ 然后加 1% 钾长石粉。

供试土壤为黄棕壤、菜园土，其主要理化性状：有机质分别为 20.18、34.33 g/kg，全 N 1.58、2.05 g/kg，速效 P 11.7、16.5 mg/kg，缓效 K 457.8、588.1 mg/kg，速效 K 97.4、108.7 mg/kg，pH 6.71、7.12。

1.2 试验设计

1.2.1 生物耗竭试验 土壤风干压碎过 0.85mm 筛后混匀装于 34 cm × 24 cm × 10 cm 的塑料箱内。每箱装土 6 kg，施 N 0.15g/kg；P₂O₅ 0.10 g/kg 及适量微量元素，均不施钾肥。种植黑麦草(南农 52-2-22)，连续收割 8 次后(每次收割的黑麦草烘干，测其中的钾含量，同时在土壤中追施同量 N、P)将箱土重新压碎，去除黑麦草根，土壤过筛，备用，耗竭后土壤速效性 K 含量为 22.8 mg/kg，缓效性 K 458.4 mg/kg。

1.2.2 摇瓶试验 在 500 mL 三角瓶中装 100 mL 缺钾培养基，每瓶加钾长石粉 3.0g，在 121℃ 下灭菌 25 min，按 5% 量接种，对照加等量灭活菌液(CK1)和不接菌(CK2)，试验设 3 次重复，30℃ 旋转式摇床(220 rpm)培养。培养时间为 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120 h 后取样分析。

1.2.3 盆栽试验 供试土壤分灭菌(126℃, 2 h)和不灭菌 2 大组。每组设全量钾(钾的用量为 K₂O 0.15 g/kg, N、P 用量同 1.2.1)、1/2 量钾、1/3 量钾和不加钾 4 个小组。除全量钾小组外，其它各小组均设接菌、接灭活菌和不接菌 3 个处理，重复 3 次。试验用塑料钵，每盆装土 800g，钾长石粉 5g(全量钾小组不加钾长石粉)。接菌处理另设加蔗糖和不加蔗糖 2 种方式，蔗糖加量为 8 g/钵，硅酸盐菌剂或灭活硅酸盐菌剂接入量为 5mL/钵(活菌数为 3.46 × 10⁸ 个/mL)。加适量无菌去离子水，混匀装钵，28℃ 培养 5d 后种植辣椒种子(苏椒 5 号，种子事先用 6% H₂O₂ 表面消毒)，每盆定苗 1 株，温室培养，注意补充水分和病虫害防治。培养至 60d 后采样，测定植株中的钾，同时测定土壤速效性钾和缓效性钾。

1.2.4 土柱试验 分别取上述供试土壤各 45kg。设不灭菌土壤和灭菌土壤 2 组(土壤灭菌采用高压蒸汽灭菌，121℃, 2h, 灭菌后用肉汤平板检验无活菌)。每组设接菌，接灭活菌和不接菌 3 个处理。分别在各组土壤中接入硅酸盐细菌培养液(2.49 × 10⁸ 个/mL)或灭活菌及无菌去离子水 20mL，使土壤含细菌 3.68 × 10⁶ 个/g，在无菌条件下菌土混匀装柱(柱高 50cm，内径 5cm)每柱装土 1.5kg。接菌处理的柱子设：不继续培养，在室温下(低于 25℃)培养 7d 和 28℃ 恒温室中培养 7d，然后分别用 200mL 0.1mol/L KCl 溶液滴注于柱上，同时收集滤液，用惠普 3500G 原子吸收分光光度计，测定滤液中的钾，同时取各接菌组土壤用平板系列稀释法测硅酸盐细菌细胞数量。

1.2.5 NBT 菌株荚膜多糖的测定 500mL 三角瓶中分别装有氮培养基、无氮培养基和有氮长石培养基各 100mL，121℃ 20min 高压灭菌，冷却后将硅酸盐细菌菌悬液按 5% 接种量接入三角瓶中，28℃ 振荡(180rpm)培养；培养时间 0, 12, 24, 36, 48, 72, 96h 后待分析。发酵液中荚膜多糖用丙酮法提取、纯化^[10]。即在培养液中加入 1% 苯酚，室温放置 1h 杀菌后离心(7, 700g, 15min)，于上清液中加入 2 倍体积的丙酮，-20℃ 放置过夜，离心后将沉淀悬浮于 pH7.0, 0.3mol/L 乙酸盐缓冲液中，加等体积的 90% 苯酚，冷处搅拌 2h，离心后收集去蛋白的多糖液对 0.1mol/L CaCl₂ 透析 24h，乙醇沉淀多糖，离心后，沉淀物用 95% 乙醇洗 2 次，用冷丙酮洗 1 次，50℃ 干燥得多糖制品。

1.2.6 NBT 菌株荚膜多糖对钾的吸持作用 根据测定的荚膜多糖含量范围(1.25~8.40g/L)，分别配制 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0g/L 的多糖系列溶液各 250mL，分别加入 0.2g 固体 KCl，30℃ 振荡 2h 后测上清液中的钾含量。

1.3 测试方法

取培养一定时间的样品，一部分离心(7700g, 15min)，取上清，用于 NBT 菌株发酵液中硅、铝的测定。发酵液中二氧化硅的测定采用硅钼蓝比色法，三氧化二铝的测定采用铝试剂比色法^[11]。另一部分按文献[2]进行，所得滤液用原子吸收分光光度法测钾。植株钾及土壤速效钾采用 1 mol/L 中性 NH₄OAc 提取；土壤酸溶性钾采用 1 mol/L HNO₃ 煮沸 10min 提取。提取液中的钾均采用原子吸收分光光度法测定。

2 结果与分析

2.1 NBT 菌株对钾长石的分解作用

硅酸盐细菌 NBT 菌株在摇瓶条件下表现出较强的分解钾长石的能力(表 1),且这种分解能力随着时间的延长而增强。在摇瓶条件下,培养时间 120h,NBT 菌株可以从钾长石中释放 K 159.1 mg/L,比接灭活菌对照(48.8 mg/L)增加 226.02% ,差异达极显著水平;NBT 菌株不仅具有解钾作用,而且表现出释放多种元素的能力。以钾长石为底物,接菌处理比接灭活菌对照上清液中的 SiO_2 和 Al_2O_3 含量分别增加 122.4% 和 73.9% ;而接灭活菌对照溶液中 K、 SiO_2 和 Al_2O_3 含量在整个培养期间基本保持不变。

表 1 硅酸盐细菌 NBT 菌株分解钾长石的效果

Table 1 Effect of dissolution of feldspar by strain NBT of silicate bacterium

培养时间 Time (h)	溶液中各种元素含量 Contents of elements in solution (mg/L)						
	K			SiO_2		Al_2O_3	
	对照 CK1	CK2	样品 Sample	对照 CK1	样品 Sample	对照 CK1	样品 Sample
0	36.4	—	36.4	16.5	16.6	8.8	8.7
12	38.8	—	69.4	16.8	18.7	9.0	9.4
24	38.4	—	120.8	17.2	21.5	8.9	10.2
48	41.4	—	161.6	17.4	27.8	9.2	10.7
72	42.8	—	175.4	16.9	32.9	9.5	11.6
96	45.7	—	198.0	17.1	35.5	9.4	15.2
120	48.8	5.7	207.9	17.4	38.7	9.6	16.7

—:未测定 no-determination

2.2 硅酸盐细菌 NBT 菌株对辣椒钾素营养的改善和促进生长作用

表 2 看出,在不灭菌土壤中,接菌处理辣椒株高、干重及植株钾含量均明显高于不接菌和接灭活菌处理;1/3 量钾小组接菌处理的辣椒植株无论在株高、干重和植株钾含量均明显高于全量钾小组处理;而灭活菌处理的辣椒植株在株高、干重及植株钾含量上均明显低于全量钾小组处理。方差分析表明,1/3 量钾小组接菌处理、接灭活菌处理以及全量钾小组处理辣椒植株中钾含量之间存在显著差异。说明硅酸盐细菌 NBT 菌株能够改善植株的钾素营养并促进其生长。但这种作用是硅酸盐细菌产生的生长刺激素刺激作物生长从而改善了植株对土壤钾素的吸收和利用还是硅酸盐细菌通过分解钾长石释放出其中的钾供辣椒植株吸收利用或二者兼而有之需要进一步明确。

2.3 硅酸盐细菌 NBT 菌株对钾长石的分解作用

耗竭后的土壤在种植作物前后速效性钾和缓效性钾的变化以及其与植株吸钾的关系(表 3)看出,无论是灭菌土壤还是未灭菌土壤,接硅酸盐细菌处理种植辣椒后土壤速效性钾增加,缓效性钾降低,而不接菌或接灭活菌处理种植后土壤速效性钾减少;另外,NBT 菌株

表 2 硅酸盐细菌 NBT 菌株对辣椒生长的影响
Table 2 Effect of the strain NBT on the growth of chili

组别 Groups	处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	干重 Dry weight (g/pot)	植株钾 K in plants (mg/pot)
全量钾	不接菌	29.2	3.25	24.4
1/2 量钾	不接菌	26.0	2.95	21.0
	接灭活菌	27.2	3.10	21.8
	接菌 + 蔗糖	29.0	3.27	26.3
	接菌 - 蔗糖	28.8	3.24	24.2
1/3 量钾	不接菌	21.4	2.85	18.1
	接灭活菌	22.8	2.90	19.6
	接菌 + 蔗糖	32.5	3.82	31.8
	接菌 - 蔗糖	31.6	3.68	28.2
不加钾	不接菌	16.5	1.85	6.1
	接灭活菌	17.2	1.87	7.8
	接菌 + 蔗糖	21.8	2.94	16.6
	接菌 - 蔗糖	20.6	2.89	14.4

本试验土壤未灭菌; Non-sterilized soil. $LSD_{0.05} = 3.51$; $LSD_{0.01} = 5.09$

在灭菌土壤和未灭菌土壤中分解钾矿物的能力相当。本试验所用土壤为耗竭性土壤,其速效性钾含量低(K 22.8mg/kg),在不加外源钾的情况下,辣椒植株不能很好生长,即使在加入全量钾的 1/3~1/2 的条件下,辣椒植株也不能很好生长。但在同样条件下,接入硅酸盐细菌,辣椒植株的长势良好甚至超过了全量钾条件下植株的长势。接硅酸盐细菌处理矿物钾释放量占植株吸钾量的 14.4%~43.1% [根据矿物钾释放量 = 生物吸钾量 - (种后速效钾降低量 + 种后缓效钾降低量)公式^[12]计算];而接灭活硅酸盐细菌和不接菌处理中矿物钾的释放量极小或无。另外,土壤中速效钾和有机质含量对硅酸盐细菌 NBT 菌株解钾作用有很大的影响。在有机质丰富(作为硅酸盐细菌的碳源和能源)和土壤速效钾含量在 K 51.4~73.0 mg/kg 条件下有利于硅酸盐细菌的正常生长和解钾功能的充分发挥;而在有机质及土壤速效钾含量低(K < 23.2 mg/kg)的条件下不利于硅酸盐细菌的生长和解钾功能的发挥的。如果将微生物细胞吸钾量考虑进去(在液体培养条件下,NBT 菌株细胞吸收的钾占其解钾量的 86.4%),则 NBT 菌株释放的矿物钾更多。

2.4 NBT 菌株细胞对钾的吸持

表 4 看出,接菌处理的土壤滤液中流失的钾比对照减少 29.6%~56.5%,差异达显著水平;不接菌处理的土壤滤液中所含的钾与接灭活菌的土壤滤液中的钾相近,说明该菌能吸收一部分钾。土壤经灭菌处理,接菌比不接菌土壤滤液中的钾,尤其是在 28℃ 恒温培养 7d 后的土壤滤液中的钾比对照减少 29.6% (黄棕壤)和 56.5% (菜园土);土壤不经灭菌处理,则接菌比不接菌土壤滤液中的钾减少 29.6% (黄棕壤)和 48.1% (菜园土);接菌处理后在 28℃ 下继续培养 7d 的土壤滤液中的钾则大大减少,这是因为在不灭菌土壤中,同时存在一定数量的其他微生物,它们对加入的钾也有一定的吸收作用,使接菌处理与对照的保钾作用不明显;但经培养后,硅酸盐细菌 NBT 菌株细胞数量增加,吸收了更多的钾使滤液中的钾含量减少。另外,在接菌处理的土壤中,由于培养方式不同,土壤中流失的钾就不同,在 28℃

表 3 辣椒植株体内钾素来源(K mg /pot)

Table 3 Source of K in chili plants

处理 Treatment		吸钾量 K uptake		种后速效钾降低量 Decrease of avail. K After planting		种后缓效钾降低量 Decrease of slowly avail. K After planting		矿物钾释放量 Release of mineral K	
		I	II	I	II	I	II	I	II
		1/2 量钾组 ¹⁾	A1	25.4	26.3	-11.8	-13.4	28.4	30.5
	A2	24.1	24.2	-11.0	-13.0	27.7	29.6	7.4	7.6
	B	20.0	21.8	4.4	4.2	14.8	16.5	0.8	1.1
	C	19.5	21.0	3.7	4.4	15.5	16.2	0.3	
1/3 量钾组 ¹⁾	A1	30.2	31.8	-14.5	-16.7	31.4	34.8	13.3	13.7
	A2	28.5	28.2	-12.2	-14.5	29.6	31.8	11.1	10.9
	B	18.8	19.6	3.8	2.1	13.2	15.4	1.8	2.1
	C	20.2	18.1	8.3	2.4	11.3	15.0	0.6	0.7
不加钾组	A1	15.4	16.6	-5.5	-5.6	18.7	19.8	2.2	2.4
	A2	13.9	14.4	-1.0	-3.6	14.9	16.8	1.0	1.2
	B	7.1	7.8	2.0	1.6	5.4	6.1	-0.3	0.1
	C	5.2	6.1	1.9	2.1	4.8	5.2	-1.5	-1.2

注(Note): I :灭菌土 sterilized soil; II :未灭菌土 non-sterilized soil.

A1:接菌+蔗糖 Inoculated with silicate bacterium(supplementing sucrose); A2:接菌 Inoculated with silicate bacterium; B:接灭活菌 Inoculated with sterilized silicate bacterium; C:不接菌 Non-inoculation.

1)钾用量为全量钾组中钾用量的 1/2 或 1/3 K rate was 1/2 or 1/3 of the K complete content.

恒温培养的土壤滤液中的钾比不培养的土壤滤液中的钾明显减少,而室温(低于 25℃)培养的土壤滤液中的钾与不培养土壤滤液中的钾相近,这是因为温度低于 25℃,NBT 菌株细胞不能生长繁殖,与不培养的土壤中的该细菌细胞数量及生长状态相似,无菌土壤只有接入的硅酸盐细菌没有其它微生物干扰,因而接菌处理比对照的保钾作用明显。

2.5 影响 NBT 菌株荚膜多糖产率的因素及对钾的吸持作用

在 NBT 菌株分离、固氮及解钾作用研究中发现,NBT 菌株在有氮培养基、无氮培养基、有氮长石培养基中产生的荚膜多糖含量有所不同。因此选择上述几种培养基,观察 NBT 菌株在上述培养基中产生荚膜多糖的动态变化。由图 1 可以看出,NBT 菌株荚膜多糖的产率与培养基中的成份有关,在碳源一定的条件下,NBT 菌株在有氮长石培养基中荚膜多糖产率最高(干重达 8.40g/L),其次是在无氮培养基中(6.40g/L);在有氮培养基中,NBT 菌株产生的荚膜多糖最少(2.25g/L),仅为有氮长石培养基中荚膜多糖含量的 1/4 左右。另外,荚膜多糖的含量随着培养时间的不同而发生着变化,在上述 3 种培养基中均是在培养 48h 荚膜多糖产率最高,随着时间的延长,培养液中的荚膜多糖部分被菌体细胞利用,多糖含量减少。说明在有大量氮、钾等元素存在下,NBT 菌株形成的荚膜多糖很少,在缺乏营养元素时,尤其是在有效钾缺乏的情况下(这种情况在土壤中普遍存在),NBT 菌株能产生较多的荚膜多糖。在有氮长石培养基中,由于钾长石的存在,使该菌株大量合成荚膜多糖。

表 4 NBT 菌株的保钾作用
Table 4 Potassium uptake by the strain NBT

土壤 Soil	处理 Treatment		滤液中钾 K in fluid (g)	占加入钾量 % of K added	减少率 Decrease (%)	细胞数/mL Cell/mL	F 值	
黄棕壤	不灭菌土 + NBT	a	0.19	24.4	29.6	7.90	6.3*	
		b	0.24	30.7	11.1	3.71		
		c	0.27	34.6	0	3.68		
	不灭菌土 + 灭活 NBT	c	0.27	34.6	—	—		8.6*
		不灭菌土	c	0.31	39.7	—		—
		灭菌土 + NBT	a	0.20	25.6	35.5		6.12
	b	0.26	33.3	16.1	3.68			
	c	0.28	35.9	9.7	3.64			
	灭菌土 + 灭活 NBT	c	0.31	39.7	—	—		21.0*
灭菌土		c	0.33	42.3	—	—		
菜园土		不灭菌土 + NBT	a	0.14	17.9	48.1	8.95	13.0*
	b		0.19	24.4	29.6	3.71		
	c		0.21	26.9	22.2	3.68		
	不灭菌土 + 灭活 NBT	c	0.27	34.6	—	—	183.0*	
		不灭菌土	c	0.28	12.8	—	—	
		灭菌土 + NBT	a	0.10	15.4	56.5	5.44	
	b	0.12	16.7	47.8	3.68			
	c	0.13	29.5	43.5	3.15			
	灭菌土 + 灭活 NBT	c	0.23	29.5	—	—	49.9**	
灭菌土		c	0.24	30.7	—	—		

注: a:28℃ 培养 7 天; b:室温培养 7 天; c:不培养。

Note: a : culture at 28℃ for 7 days; b : culture at room temperature for 7 days; c : no-culture.

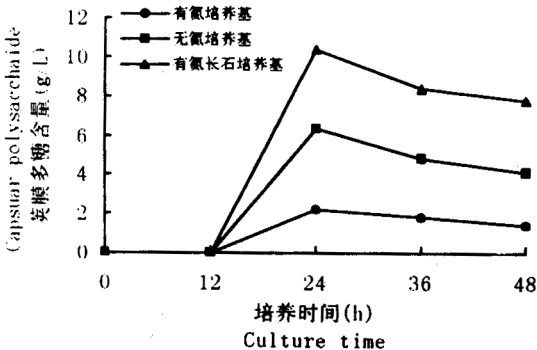


图 1 不同培养基对 NBT 菌株荚膜多糖产率的影响
Fig 1 Effect of different media on yield of capsular polysaccharide of strain NBT

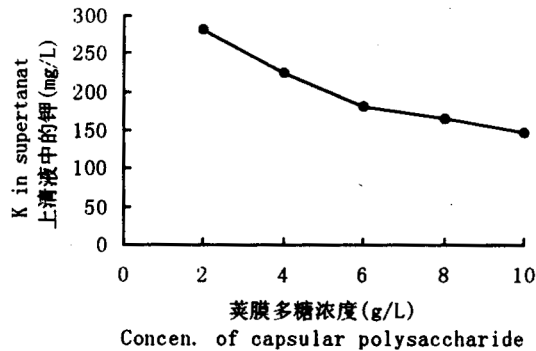


图 2 荚膜多糖对钾离子的吸持
Fig 2 Adsorption of potassium by capsular polysaccharide

图 2 看出,随着荚膜多糖的增多,其吸附钾的量也增加,上清液中的钾则减少,荚膜多糖吸附钾的量占加入钾的量的 31.8%~69.4%。

3 讨论

土壤中的矿物钾占土壤全钾的 90%~98%,这部分钾是植物难以利用的钾^[13]。因此,矿物钾的有效化是解决钾素短缺的重要途径之一。近年来,硅酸盐细菌的解钾作用及其肥效研究趋于活跃,但结果不尽一致。Monib^[4]在补充磨细正长石和云母粉的培养基中接种硅酸盐细菌,结果表明该菌可促进钾离子和硅离子的溶解。李凤汀等^[14]采用不同底物进行解钾效果试验发现,硅酸盐细菌不仅释放出矿物中的磷、钾元素,同时亦能释放出 Fe、Mg、Al、Mo 等元素。池景良等^[15]对 2 株硅酸盐细菌解钾活性进行了研究表明,以钾长石为底物,硅酸盐细菌解钾量可达 39.7%;硅酸盐细菌施入土壤中,在无作物栽培的情况下,在草甸棕壤土中速效钾可提高 110.6%。但同时亦有研究^[16]指出,硅酸盐细菌表现不出明显的解钾效果。本试验用生物耗竭法耗竭供试土壤中的速效钾(耗竭后土壤中速效钾含量为 K 22.8mg/kg 土)然后外加水洗钾长石粉(钾长石粉水溶性钾含量仅为 0.95 mg/kg)来研究硅酸盐细菌 NBT 菌株对钾长石的分解作用及其肥料效应。结果表明,NBT 菌株能通过分解土壤中的矿物钾来改善植株的钾素营养。但必须指出,硅酸盐菌剂作为一种微生物肥料不能完全取代化学钾肥。耗竭土壤盆栽试验结果表明,NBT 菌株通过解钾作用可为作物提供其所需钾素营养量的 1/3~1/2;棉花田间试验结果也表明^[6]化学钾肥与硅酸盐菌剂配合施用,不仅可减少化学钾肥的使用量,降低农本,而且还能改善棉花品质,提高棉花产量。

提高肥料利用率,减轻或免除肥料污染,发展可持续、高效农业是世界共同关心的问题。微生物肥料则为解决上述问题提出了新的思路。微生物肥料中的硅酸盐细菌不仅能将土壤中的无效钾转化成植物可以吸收利用的有效钾,而且可以吸持钾离子,从而减少了钾的流失。本研究所用的硅酸盐细菌 NBT 菌株在土壤有效钾浓度大于 1000 mg/kg 时不仅能存活(细胞数量比初始细胞数量增加 47.8%~143.2%),而且可以吸持钾离子,使滤液中流失的钾减少 29.6%~56.5%;即使将化学钾肥与微生物肥料混用,由于微生物肥料中的细菌芽孢的抗逆性,其中的菌剂活性不受明显影响。硅酸盐菌剂对 K⁺ 离子的吸持与细菌细胞的生物量、生理状态以及荚膜多糖的多少密切相关。因此,硅酸盐细菌在田间环境和不同土壤条件下的存活状况、动态变化及其影响因素等,值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 中国科学院地球化学研究所. 资源环境与可持续发展[M]. 北京:科学出版社,1999,142-143.
- [2] 陈廷伟,陈华癸. 钾细菌的形态生理及其对磷钾矿物的分解能力[J]. 微生物,1960(2):104-112.
- [3] 李元芳. 硅酸盐细菌肥料的特性和作用[J]. 土壤肥料,1994(2):48-49.
- [4] Monib M. Role of silicate bacteria in releasing K and Si from Bibbite and Orthoclase[J]. Soil biology and conservation of the biosphere, 1984,(2):733-743.
- [5] Groudev S N. Use of heterotrophic microorganisms in mineral biotechnology[J]. Acta Biotechnologica, 1987, 7(4):209-306.
- [6] 殷永娟,李冬梅. 一株钾细菌性状与功能的研究[J]. 南京农业大学学报,1995,18(增刊):62-67.
- [7] 何绪生,李素霞,李旭辉,等. 控效肥料的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(2):97-106.
- [8] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(3):193-205
- [9] 盛下放,黄为一,殷永娟. 硅酸盐菌剂(生物钾肥)的应用效果[A]. 全国第三届农化服务暨新型肥料开发应用交流会议论文集[C]. 1998. 176-180.
- [10] 杨钟琪. 国外医学(生物制品分册)[J]. 1982, 5(6):261.

- [11] 王虹. 土壤活性硅、铝的测定与方法改进[J]. 土壤通报, 1986, (3): 135-137.
- [12] 谢建昌, 杜承林. 土壤钾素的有效性及其评定方法的研究[J]. 土壤学报, 1988, 25(3): 269-280.
- [13] 黄绍文, 金继运. 土壤钾形态及其植物有效性研究进展[J]. 土壤肥料, 1995(5): 23-29.
- [14] 李凤汀, 郝正然, 杨则璠, 等. 硅酸盐细菌 HM8841 菌株解钾作用的研究[J]. 微生物学报, 1997(1): 79-81.
- [15] 池景良, 葛英华. 硅酸盐细菌解钾活性的研究[J]. 微生物学杂志, 1999(2): 43-51.
- [16] 陆引罡, 钱晓刚, 龙键. 硅酸盐细菌对含钾矿物的解钾作用[J]. 贵州农业科学, 1999(3): 26-28.

Dissolution of feldspar and potassium uptake by the strain NBT of silicate bacterium

SHENG Xia-fang, HUANG Wei-yi, CAO Xiao-ying

(College of Natural Resou. and Enviro. Sci., Nanjing Agric. Univ. 210095, China)

Abstract: Shaking flask and pot experiment were carried out to study the dissolution of feldspar and growth promoting of the plants by the strain NBT of silicate bacterium. The results showed that in agitated flask, at 28°C for 120 hours, the strain NBT had the ability of releasing 159.1 mg/L of K from feldspar, increased by 226.02% compared with the control treated by sterilized bacterium and the strain NBT could provide the K nutrient for the plants through releasing the K from feldspar under the pot experiment. The effect of K release from feldspar by the strain NBT is similar to both in non-sterilized soil and in sterilized soil. The content of mineral K released by the strain NBT accounted for 14.4% ~ 43.1% of K uptake by the plants. However, the mineral K could not be released in the soils inoculated with sterilized silicate bacterium or without silicate bacterium. The effect of K release from mineral K was greatly related to the contents of available K and organic matter in the soil. The soil column experiment showed that lost K from soil inoculated by the silicate bacterium was decreased by 29.6% ~ 56.5% compared with the soil inoculated by the sterilized silicate bacterium. K adsorbed by the capsular polysaccharide of the strain NBT was 31.8% ~ 69.4% of total K. The K uptake was closely related to the strain NBT and its capsular polysaccharide.

Key words: silicate bacterium; mineral potassium; depletion; potassium release; potassium uptake