

# 南疆连作棉田几种有益细菌的动态变化规律

龚明福 赵夏博 郑贺云 孙红专 贺江舟 张利莉\*

(新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室 塔里木大学生命科学学院 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:** 通过稀释涂布平板法研究农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中好气性自生固氮菌、钾细菌、纤维素分解细菌、无机磷细菌、有机磷细菌等有益土壤细菌的总数分布,以探讨棉花连作对土壤微生物的影响及土壤微生物对棉花生长的影响。结果表明,5种细菌菌数均在花铃期达到最高,苗期最低,受耕作制度影响,播前期菌数较高。5种细菌菌数随棉花连作年限的增加没有表现出有规律的变化,受棉花连作影响较小。好气性自生固氮菌菌数在二团各生育期均比三团高,其他4种细菌在不同生育期变化各不相同。土壤有益细菌与土壤多种离子养分呈负相关,自生固氮菌与土壤全氮呈显著正相关。

**关键词:** 连作棉田, 土壤微生物, 有益细菌, 南疆

## The Dynamic Changes of Soil Beneficial Bacteria in Cotton Continuous Cropping Soil South Xinjiang

GONG Ming-Fu ZHAO Xia-Bo ZHENG He-Yun SUN Hong-Zhuan  
HE Jiang-Zhou ZHANG Li-Li\*

(Key Laboratory of Protection & Utilization of Biological Resources in Tarim Basin of Xinjiang Production & Construction Corps, College of Life Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** To research the effect of continuous cropping on cotton soil microorganisms and soil microorganisms on grow of cotton, we studied the total numbers of aerobic self-nitrogen-fixing bacteria, potassium bacteria, cellulose decomposing bacteria, phosphate solubilizing bacteria, organic-phosphorus-dissolving bacteria distributed in continuous cropping cotton fields of regimental farm 2 and 3 of the first agricultural division through dilution spread plate method. Results showed that the total numbers of five kinds of bacteria was highest in blooming and bolling periods, lowest in seeding periods and higher in before sowing periods. The total numbers of five kinds of bacteria was no notable regular changes with continuous cropping year. The numbers of aerobic self-nitrogen-fixing bacteria at different cotton growth stages in regimental farm 2 was higher than in regimental farm 3 and the numbers change of other bacteria was varied in different cotton growth stages in regimental farm 2 and 3. Soil beneficial bacteria were negatively correlated with a variety of soil nutrient ion and free-living nitrogen fixing bacteria were significantly positive correlated with soil total nitrogen.

基金项目: 国家 973 计划前期研究专项(No. 2007CB116303); 新疆生产建设兵团基础科研项目(No. 2007JC06); 塔里木大学校长基金(No. TDZKZD06001); 新疆生产建设兵团科技攻关计划项目(No. 2006GG26); 教育部重点项目(No. 207139)

\* 通讯作者: Tel: 86-997-4681612; E-mail: zhang63lyly@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-10-20; 接受日期: 2009-12-11

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 <http://journals.im.ac.cn>

**Keywords:** Continuous cropping cotton field, Soil microorganisms, Beneficial bacteria, South Xinjiang

棉花是新疆维吾尔自治区、新疆生产建设兵团(以下简称兵团)的重要经济作物,据统计 2007 年自治区和兵团的棉花总产已超过 250 万吨,占全国棉花总产的 1/3 以上。由于植棉效益的不断看好,新疆棉花种植面积不断扩大,且没有其他作物能够替代,棉花长期连作在新疆是很普遍的现象,有的棉田甚至几十年没有进行过轮作。这一现象虽然已受到一些学者和管理层人士的关注,但由于棉花产业对新疆经济的重要地位和大面积栽培的现实,棉花连作仍然会持续下去。

土壤微生物对棉花生长具有重要作用<sup>[1]</sup>。土传性病原菌能引起棉花病害发生,如棉花枯、黄萎病<sup>[2]</sup>。土壤有益微生物对棉花的生长能起促进作用<sup>[3]</sup>。王春霞<sup>[4]</sup>、袁虹霞<sup>[5]</sup>、张亚平<sup>[6]</sup>、盛下放<sup>[7]</sup>、宋庆平<sup>[8]</sup>、席琳乔<sup>[9]</sup>等先后研究了棉田有益微生物的作用,表明棉田有益微生物对棉花生长的促进作用可以表现在很多方面。

新疆棉花多年连作,棉花病害尤其是棉花枯、黄萎病的发生尽管也十分严重,但并没有像其他省份棉花连作那样形成规律性的连作障碍,棉花枯、黄萎病的发生与棉花连作没有直接的相关性。新疆棉花连作情况下土壤中有害微生物和有益微生物的消长动态规律是怎么样的?我们研究了新疆南疆连作条件下棉花不同生育期棉田几种有益细菌数量的动态变化,探讨棉花连作对土壤有益微生物数量的影响状况,以期揭示棉田土壤微生物对棉花生长的影响规律,为新疆棉花的可持续生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试土壤采自兵团农一师二团和三团,均为沙壤土,相同连作年限条件下二团棉花枯、黄萎病的发病率高于三团。分别在二团和三团设不同连作年限(0 年、2 年、5 年、10 年、15 年、20 年)的棉田,按照棉花的生育期(播前期、苗期、蕾期、花铃期、吐絮期)进行采样。每个采样点采用 5 点取样法,在田间用取样器按对角线取 0 cm~25 cm 耕层土,混合均匀,按四分法取 100 g 土壤样品装入已灭菌的自封袋中,土样带回实验室置于 4℃ 冰箱保存供测定用。

### 1.2 土壤含水率的测定

采用烘干法,取供试土壤 10 g 在 105℃ 烘干 10 h~12 h 至恒重,每个土样重复 3 次。计算公式:水分%=(湿土重-烘干土重)/湿土重×100%;水分系数=1/(1-水分%)。

### 1.3 土壤有益细菌的界定及分离用培养基

我们把在阿须贝无氮培养基上生长的细菌确定为好气性自生固氮菌、在磷酸钙盐培养基上生长并有明显溶磷圈的细菌确定为无机磷细菌、在卵磷脂培养基上生长并有明显解磷圈的细菌确定为有机磷细菌、在硅酸盐细菌培养基上生长并有明显解钾圈的细菌确定为钾细菌、在刚果红纤维素琼脂培养基上生长有纤维素分解圈并菌落呈红色的细菌确定为好气性纤维素分解细菌,各培养基的配方及制作方法参见文献[10]。

### 1.4 土壤有益细菌数量的测定与分析

土壤微生物的计数采用稀释平板涂布法。称取 2 份 10 g 土样,1 份用于测定含水率,方法见 1.2;1 份用于计数。将 10 g 土样置于盛有 90 mL 无菌水的灭菌锥形瓶中,振荡 10 min 制成菌悬液,即为  $10^{-1}$  浓度的土壤溶液,静置 1 min,用 1 mL 移液器吸取  $10^{-1}$  浓度的土壤溶液 1 mL 放入 9 mL 无菌水管中,吹吸 3 次混匀,即得  $10^{-2}$  稀释液,依次稀释至  $10^{-4}$ 。用稀释平板涂布法依次接种各培养基平板,每 1 处理设 3 个重复,每种有益细菌接种均取  $10^{-4}$ ~ $10^{-2}$  3 个浓度。接种后倒置于 28℃ 恒温培养箱内培养 3 d~7 d,进行计数。根据土样含水率计算每克干土中的细菌数量。

菌落数/克干土=计数皿平均菌落数×

计数皿稀释倍数×水分系数

二团和三团各生育期的土样进行菌落计数后,对每克干土所含菌落数取对数值,以连作年限为横坐标,菌落数对数值为纵坐标做图,得到各菌群不同生育期随连作年限变化的曲线图。

### 1.5 土壤养分的测定<sup>[11]</sup>

有机质用重铬酸钾容量法外加加热法;全氮用半微量凯氏法;速效氮用碱解扩散法;速效磷经 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提用钼蓝比色法;钾、钠离子用火焰光度法;速效钾经  $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提后用火焰光度法;有效铁、有效锰、有效铜、有效锌用原子吸收法;土

壤中 8 种离子用滴定法测定。

1.6 土壤有益细菌与土壤养分的相关性分析

将测定得到的各个土壤样品养分数据及对应的 5 种土壤有益细菌菌数对数值输入 DPS 数据表中，用 DPS 数据处理系统(V7.05 版)<sup>[12]</sup>多元相关分析模块进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 好气性自生固氮菌的变化规律

好气性自生固氮菌在农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中随棉花不同生育期变化的规律如

图 1 所示。从棉花生育期来看，好气性自生固氮菌数量在花铃期为最高，在苗期最低。二团花铃期和苗期的菌数在各生育期均高于三团。二团和三团各生育期菌数随连作年限的变化规律性不强。

2.2 钾细菌的变化规律

钾细菌在农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中随棉花不同生育期变化的规律如图 2 所示。从棉花生育期来看，总体上钾细菌数量在花铃期为最高，在苗期最低；二团花铃期和播前期的菌数较为接近，苗期最低；三团花铃期最高，播前期、苗期和蕾期菌数较为接近；二团花铃期和播前期菌数高

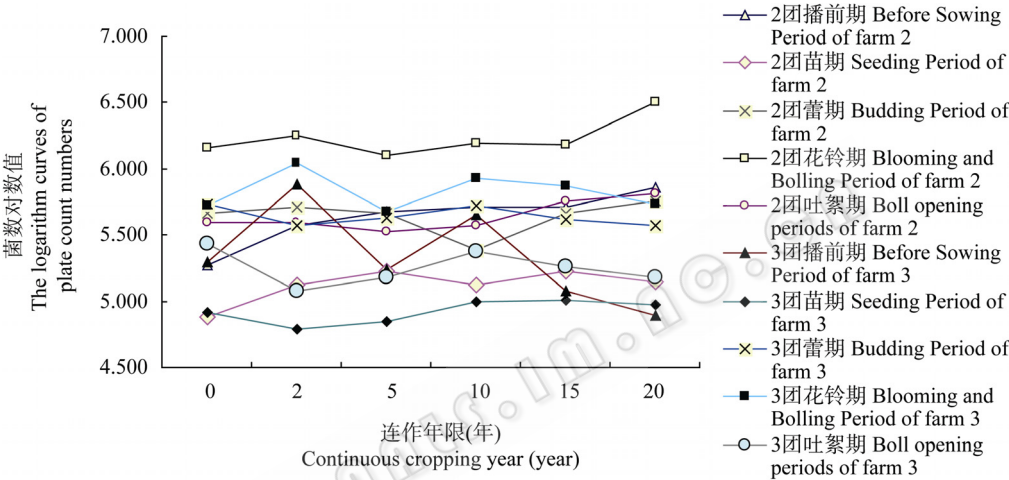


图 1 棉花不同生育期好气性自生固氮菌不同连作年限的变化曲线  
Fig. 1 The logarithm curves of plate count numbers of aerobic nitrogen-fixing bacteria changed with continuous cropping year represented the effect of duration period of cotton

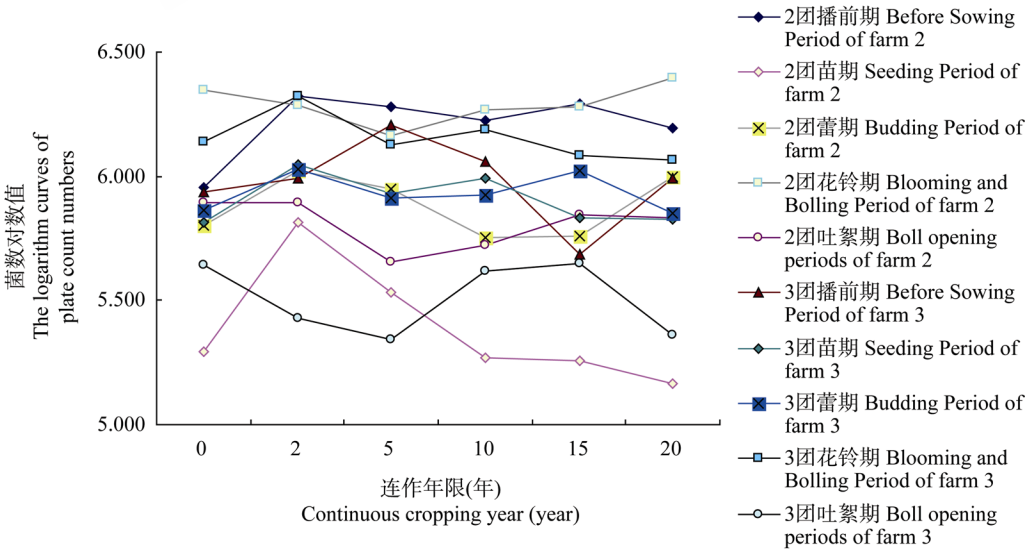


图 2 棉花不同生育期好气性钾细菌不同连作年限的变化曲线  
Fig. 2 The logarithm curves of plate count numbers of potassium bacteria changed with continuous cropping year represented the effect of duration period of cotton

于三团花铃期和播前期菌数,但蕾期和苗期菌数值低于三团。从连作年限来看,各生育期菌数在连作2年的土壤中达到最高,其余连作年限的变化规律性不强。

### 2.3 纤维素分解细菌的变化规律

纤维素分解细菌在农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中随棉花不同生育期变化的规律如图3所示。从棉花生育期来看,二团播前期菌数最高;二团的4个生育期中播前期菌数最高,苗期最低;三团的4个生育期中菌数的高低顺序依次为花铃期>蕾期>苗期>播前期。从连作年限来看,二团和三团各生育期菌数随连作年限变化并没有明显的变化规律。

### 2.4 无机磷细菌的变化规律

无机磷细菌在农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中随棉花不同生育期变化的规律如图4所示。从棉花生育期来看,除三团播前期波动太大外,菌数由高至低的顺序为二团花铃期>二团蕾期>三团蕾期>三团花铃期>二团播前期>三团苗期>二团苗期。从连作年限来看,二团和三团各生育期菌数随连作年限变化的规律性不强。

### 2.5 有机磷细菌的变化规律

有机磷细菌在农一师二团和三团不同连作年限棉田土壤中随棉花不同生育期变化的规律如图5所示。从棉花生育期来看,二团花铃期、二团播前期和三团播前期较为接近,菌数较高;二团蕾期、三团

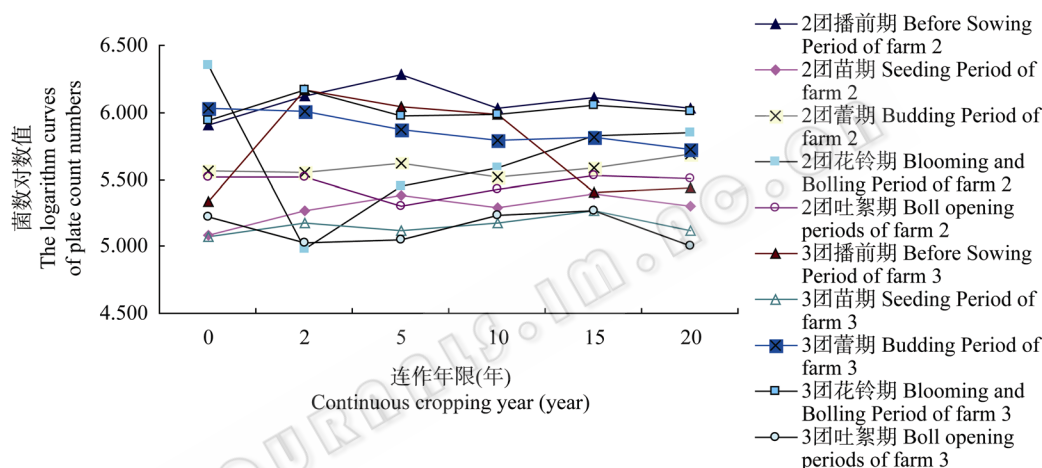


图3 棉花不同生育期好气性纤维素分解细菌不同连作年限的变化曲线

Fig. 3 The logarithm curves of plate count numbers of cellulose decomposing bacteria changed with continuous cropping year represented the effect of duration period of cotton

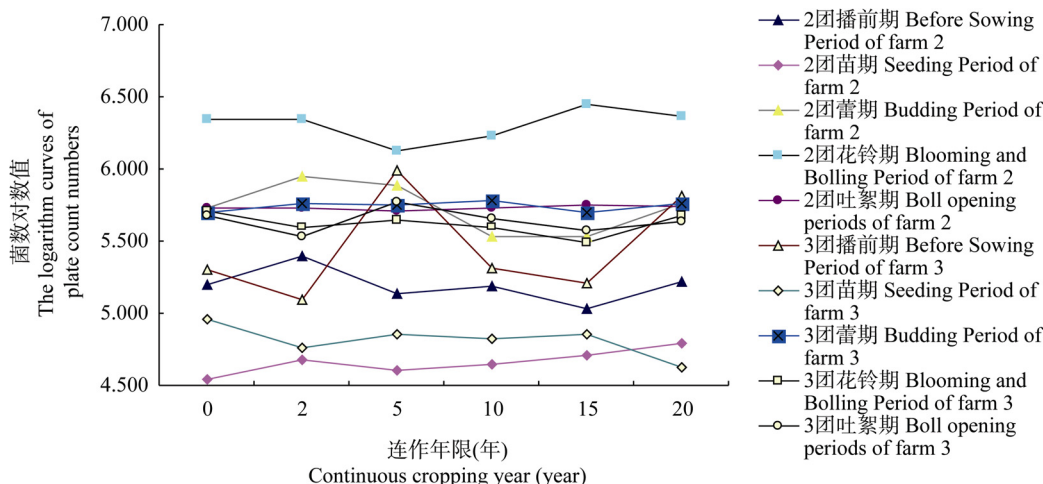


图4 棉花不同生育期无机磷细菌不同连作年限的变化曲线

Fig. 4 The logarithm curves of plate count numbers of phosphate-solubilizing bacteria changed with continuous cropping year represented the effect of duration period of cotton

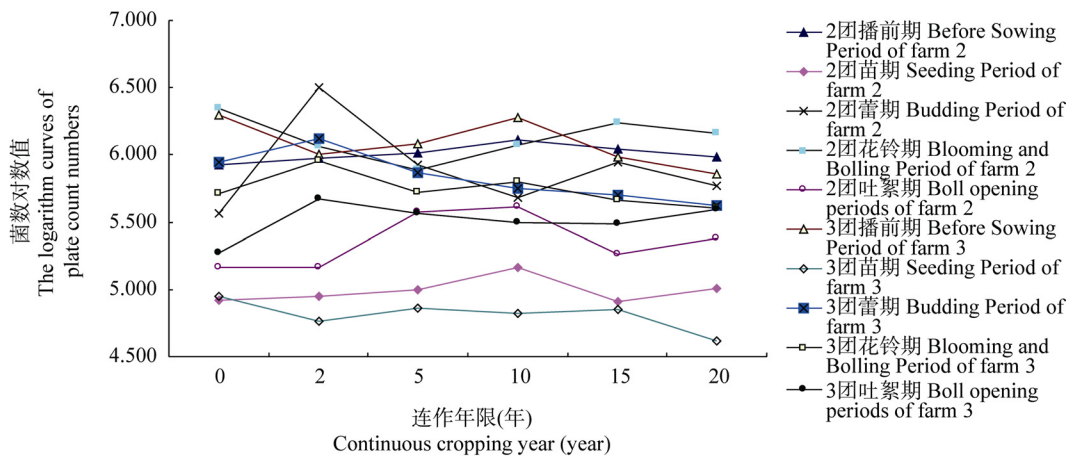


图 5 棉花不同生育期有机磷细菌不同连作年限的变化曲线

Fig. 5 The logarithm curves of plate count numbers of organic-phosphorus-dissolving bacteria changed with continuous cropping year represented the effect of duration period of cotton

蕾期和三团花铃期菌数接近；三团苗期菌数最低。从连作年限来看，二团和三团各生育期菌数随连作年限变化的规律性不强。

### 2.6 土壤有益细菌与土壤养分的相关性分析

用 DPS 数据处理系统(V7.05 版)对测定得到的各个土壤样品养分数据及对应的 5 种土壤有益细菌菌数对数值进行相关分析，得到 5 种土壤有益细菌与土壤各种养分之间的相关性(见表 1)。

从表 1 可以看出，连作棉田土壤中自生固氮菌与土壤全氮、速效钾、有机质呈正相关，与有效磷、氯离子、总盐、钠离子和钾离子呈负相关；钾细菌与土壤中有效铁、有效磷、有效铜、氯离子、镁离子、钠离子和钾离子呈负相关；好气性纤维素分解细菌与速效磷、有效铁、氯离子、镁离子和钠离子呈负相关而与碳酸氢根呈正相关；无机磷细菌与速效磷、有效钙、有效锌、碳酸氢根和钾离子呈负相关而与有效铁呈正相关；有机磷细菌与速效磷、有效铁、有效钙、有效铜、钾离子呈负相关而与碳酸氢根呈正相关。

## 3 讨论与结论

### 3.1 南疆连作棉田棉花花铃期土壤微生物活跃

分析农一师二团和三团几种有益土壤细菌随棉花各生育期的变化规律，可以发现在棉花花铃期菌数均达到高值，其次是播前期，苗期菌数通常为最低。这一结果与新疆棉花的耕作制度有关。新疆棉花拾花结束时土壤已经打霜上冻，很难进行冬翻。

一般在春季棉花播种前进行深耕、施肥，所以苗期土样通常是前一年耕层下的土壤，微生物菌数较少。随着棉花生长和地温的提高，土壤微生物快速生长，花铃期棉花根系生长最旺，土壤微生物受棉花根系的影响，生长的速度也最快，菌数达到最高值。

### 3.2 南疆连作棉田土壤微生物的数量变化受棉花连作的影响较小

分析农一师二团和三团几种有益土壤细菌在棉花各生育期随连作年限的变化规律，可以发现几种细菌随连作年限变化并没有明确的规律，棉花连作对土壤细菌的影响较小。

### 3.3 土壤微生物的数量变化受多种因素影响

农一师二团和三团是相邻的两个团场，土壤类型均为沙壤土，气候条件、棉花栽培管理的措施与技术相近，但在相同连作年限条件下二团棉花枯、黄萎病的发病率高于三团。从二团和三团几种有益土壤细菌菌数变化的分析来看，不同细菌具有不同的规律。好气性自生固氮菌菌数在二团各生育期均比三团高，其他 4 种细菌在不同生育期变化各不相同。

### 3.4 土壤有益细菌对土壤肥力有重要影响

从 5 种土壤有益细菌与土壤各种养分之间的相关性分析可以看出，土壤有益细菌对土壤肥力影响较大。土壤有机质是影响自生固氮菌生长和固氮能力的重要因素，在土壤有机质丰富的情况下，自生固氮菌能高效固氮，从而促使土壤全氮数量的增



表 1 土壤有益细菌与土壤养分的相关性分析  
Table 1 Correlation analysis between soil beneficial bacteria and nutrients in South Xinjiang cotton field

土壤养分 Soil nutrients	土壤有益细菌 Soil beneficial bacterial group				
	自生固氮菌 Free-living Nitrogen fixing bacteria	钾细菌 Potassium solubilizing bacteria	好气性纤维素分解菌 Aerobic cellulose decomposing bacteria	无机磷细菌 Inorganic phosphate solubilizing bacteria	有机磷细菌 Organic phosphate solubilizing bacteria
全氮 Total N	0.23**	-0.02	0.04	-0.02	0
速效磷 Available P	-0.05	-0.07	-0.20**	-0.31**	-0.33**
速效钾 Available K	0.16*	-0.01	0.1	-0.03	0.04
有效铁 Available Fe	-0.01	-0.23**	-0.25**	0.15*	-0.27**
有效锰 Available Mn	-0.21**	-0.16*	-0.04	-0.56**	-0.30**
有效铜 Available Cu	-0.06	-0.22**	-0.09	-0.41**	-0.25**
有效锌 Available Zn	0	-0.12	0.09	-0.18**	-0.05
有机质 Organic matter	0.17*	0.02	0.03	0.02	0.03
碳酸氢根 Bicarbonate	0.06	0.09	0.28**	-0.22**	0.17*
氯离子 Extractable Cl	-0.21**	-0.14*	-0.19**	-0.05	0.08
钙离子 Extractable Ca	-0.12	0.09	0.03	0	0.08
镁离子 Extractable Mg	-0.03	-0.14*	-0.17*	0.09	-0.07
硫酸根 Extractable sulfate	-0.02	0.05	-0.11	0.11	0.05
总盐 Salinity	-0.18**	0	-0.05	-0.02	0.09
钠离子 Extractable Na	-0.20**	-0.17*	-0.19**	0.09	0.06
钾离子 Extractable K	-0.29**	-0.15*	-0.05	-0.37**	-0.16*
Free-living Nitrogen fixing bacteria	1	0.58**	0.43**	0.45**	0.34**
Potassium solubilizing bacteria		1	0.67**	0.32**	0.46**
Aerobic cellulose decomposing bacteria			1	0.09	0.46**
Inorganic phosphate solubilizing bacteria				1	0.32**

注：表中的数据为简单相关系数；\*相关系数 $|r|>r_{0.05}$ ；\*\*相关系数 $|r|>r_{0.01}$ 。

Note: Data in this table represent the Pearson's correlation coefficient, \*:  $|r|>r_{0.05}$ ; \*\*:  $|r|>r_{0.01}$ .

加。5 种有益细菌数量与多种离子呈负相关暗示了它们能够通过不同的机制释放土壤中的多种离子，当土壤中植物需要吸收的相应离子数量较少或不足时，通过细菌数量增加和生命活动快速有效地释放出土壤中相应的离子供植物吸收利用。不同细菌释放离子的机制来还有待深入研究。

## 参 考 文 献

- [1] 吴建峰, 林先贵. 土壤微生物在促进植物生长方面的作用. 土壤, 2003, 5(1): 18-21.
- [2] 吕昭智, 陈 键, 吴智勇, 等. 新疆棉区主要有害生物与可持续发展. 干旱区研究, 1999, 16(3): 28-32.
- [3] 罗文遂, 姚 政. 促进根系健康的土壤微生态研究. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 44-46.
- [4] 王春霞, 王道本, 周 启. 棉花根际促生菌筛选菌株的分类鉴定. 华中农业大学学报, 1997, 16(1): 29-32.
- [5] 袁虹霞, 李洪连, 王振跃, 等. 利用土壤拮抗性微生物防治棉花枯萎病. 中国生物防治, 1998, 14(4): 156-158.
- [6] 张 亚, 李国英. 北疆棉花根际微生物对棉花立枯病拮抗作用的研究. 石河子大学学报(自然科学版), 1998, 2(1): 8-11.
- [7] 盛下放, 黄为一, 殷永娴. 硅酸盐细菌的解钾作用及对棉花的增产效果. 土壤, 2001, 3(3): 163-165.
- [8] 宋庆平, 陈 谦, 陈 红, 等. 新疆棉田病虫害防治策略与技术的展望. 中国棉花, 2002, 29(12): 7-9.
- [9] 席琳乔, 王静芳, 马金萍, 等. 棉花根际解磷菌的解磷能力和分泌有机酸的初步测定. 微生物学杂志, 2007, 27(5): 70-74.
- [10] 李阜棣, 喻子牛, 何绍江. 农业微生物学实验技术, 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [11] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法, 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [12] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统: 实验设计, 统计分析 & 数据挖掘. 北京: 科学出版社, 2007.