

# 干旱半干旱地区砂田交界层土壤微生物区系研究

逢 蕾<sup>1,2</sup>, 肖洪浪<sup>1</sup>, 路建龙<sup>3</sup>, 周茂先<sup>1</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘 要:** 为探讨干旱半干旱地区砂田土壤微生物特征, 对不同砂龄砂田交界层土壤微生物区系及其影响因素进行试验研究。结果表明: 在交界层土壤中的微生物区系以细菌为主, 放线菌次之, 真菌最少; 砂田交界层土壤微生物数量与砂田砂龄有关, 砂龄为 13 a 的土壤细菌数量达最高, 砂龄为 26 a 砂田, 土壤真菌数量达最高, 放线菌的数量和比例都达到最大; 随着砂田的老化程度加深, 细菌数量减少, 真菌和放线菌的数量增加, 土壤微生物数量可以作为监测砂田老化程度的指标之一。碳源是限制微生物生长的主要因素之一; 在较小的 pH 值变动范围内, pH 值对细菌、真菌和放线菌的数量无显著影响, 土壤呼吸强度与细菌数量有关; 土壤水分是限制微生物生长的主要因素。

**关键词:** 砂田; 交界层; 微生物区系; 环境因子; 干旱半干旱地区

**中图分类号:** S154.37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)01-0096-06

土壤微生物是土壤的重要组成部分, 是土壤有机质和土壤养分转化和循环的动力, 通过它们的代谢活动, 转化土壤中各种物质的形态; 它参与土壤中有机质的分解、腐殖质的形成, 对土壤肥力的形成起着积极的作用<sup>[1]</sup>。土壤微生物群体的改变可以作为预示土壤变化的指标<sup>[2-4]</sup>。一方面土壤微生物在土壤中的数量与分布可以反映土壤、植被和气候等因子的综合作用, 与土壤肥力状况、植物营养密切相关, 另一方面, 土壤微生物产生胞外代谢物可以起到胶结作用以稳定团聚体, 促使土表的稳定性增强而避免风蚀和水蚀<sup>[5-8]</sup>, 对恢复生态系统发挥着重要作用<sup>[5]</sup>。

砂田(Gravel and sand mulched field, 简称 GSMF)是地表铺盖了一层厚度 6~15 cm 粗砂砾或卵石夹粗砂的田地, 多见于我国西北干旱、半干旱地区, 已有三百多年的历史<sup>[9]</sup>。近年来, 砂田栽培中普遍采用铺砂与覆膜结合的栽培方式种植作物, 即在砂田中种植作物的条带加覆一层地膜, 以提高土壤水分的利用效率。砂田栽培是一种具有综合效能的旱作覆盖技术, 它恰当地适应了干旱、半干旱地区的气候、地理、土壤等自然条件, 具有明显的改良和调节农田小环境的功效。采用砂田法, 可在年降水量 200~300 mm 的干旱条件下, 夺取粮菜瓜果的高产丰收。铺压砂田, 发展砂田产业, 在干旱地区农业和农村经济的发展中具有极其重要的作用和意义。近

年来, 随气候干旱化趋势加重和水资源短缺的影响, 该项技术受到愈来愈多的重视。

砂田的特殊作用之一是砾石覆盖层切断了土壤毛管, 减少了水分蒸发, 白天砾石层升温快, 使砾石层与土壤层交界处(交界层)的土壤有了特殊的水分与温度环境, 故而交界层的土壤微生物区系必然会受到影响。以往的研究中, 国内外学者以模拟砂田为研究对象, 对砂田的耕作方式<sup>[10]</sup>、增温效应<sup>[11]</sup>、水分入渗与蒸散<sup>[12-14]</sup>、补灌增产效果<sup>[15-17]</sup>等进行了大量研究, 结果表明, 砂田能有效地减少土壤蒸发和径流, 提高土壤水分入渗和土壤温度, 阻止水土流失和次生盐渍化, 增加砂田作物产量和水分生产率。但是关于砂田土壤微生物的研究尚未见报道。本试验以正在被农户使用中不同使用年限(即砂龄)的砂田为研究对象, 对砾石覆盖层与土壤层交界的(即交界层)这一特殊层次的土壤微生物区系进行研究, 旨在探讨砂田交界层土壤微生物区系的特征及其影响因素, 为干旱半干旱地区砂田研究提供数据支撑, 为砂田退化的预测提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验设在甘肃省兰州市皋兰县忠和乡崖川村(36°13'N, 103°50'E)。试验区在地貌上处在黄土高原向内陆剥蚀高原过渡地区, 是水蚀和风蚀的交错

收稿日期: 2010-03-19

基金项目: 国家科技支撑课题(2007BAD88B07-4, 2006BAD26B02); 国家科技重大专项子专题(2008ZX07526-002-05)

作者简介: 逢 蕾(1979—), 女, 山东诸城人, 博士, 主要从事土壤微生物生态方面的研究。E-mail: pangl@st.gsau.edu.cn。

通讯作者: 肖洪浪, 主要研究方向为自然地理学。E-mail: xhl@laz.an.cn。

地带。受蒙古高压和青藏高原热力垂直作用的影响,降水偏少。年平均降水量为 263 mm(皋兰县 30 年平均),最大年降水量 392.4 mm,最小年降水量 154.9 mm。降水的变率很大,70%的降雨分布在 5~9 月,冬季降水变率在 80%~120%之间,春季为 75%~100%,夏季和秋季为 36%~48%。海拔 1 800 m 左右。年平均气温为 7.1℃,月平均最低气温为 -9.1℃(1 月),月平均最高气温为 20.7℃(7 月),≥0℃的年积温 3 324.5℃,≥10℃的年积温 2 798.3℃。年平均日照时数为 2 768.1 h。本区地带性土壤为灰钙土,黄土母质。土壤有机质含量 10~11 g/kg,全氮 0.7~0.9 g/kg,全钾 19.8~21 g/kg,速效磷 7~10 mg/kg,速效钾 120~160 mg/kg。机械组成中粉砂粒占 60%左右,物理性粘粒只占 24%~35%,0~150 cm 土壤容重 1.20 g/cm<sup>3</sup>。

1.2 样品采集

2009 年 5 月,在崖川村随机选取立地因子基本一致的砂田为研究对象。覆盖时间分别为 2007、2002、1996、1989 年和 1983 年,即砂龄分别为 2、7、13、20 a 和 26 a,在每块砂田中没有地膜覆盖的地方随机选取 5 个取样点,用铲子扒开农田表层覆盖的

砂石,扫净土面。取样深度为 0~1 cm,1~2 cm 和 2~4 cm。将 5 个样点采集的土样混匀为一个样品,一部分装入无菌袋中,带回实验室于 4℃下保藏,用于微生物数量测定,另一部分风干保存,用于土壤理化性质测定。

1.3 土壤理化性质测定

按照常规法测定土壤养分、水分和 pH 值<sup>[18]</sup>。全碳用重铬酸钾容量法测定;全 N 用半微量开氏法测定;土壤含水量用烘干法测定;测定 pH 值的水土比为 1:1。重复 3 次。

1.4 土壤呼吸强度的测定

用静态气室法测土壤的呼吸作用<sup>[19]</sup>。重复 3 次。呼吸强度以土壤风干基计算。

1.5 土壤微生物数量的测定

采用稀释平板涂抹培养计数法分析<sup>[19]</sup>。细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌采用改良的高氏一号培养基(每 300 mL 培养基中加 3%重铬酸钾 1 mL),真菌采用 PDA 培养基(每 100 mL 培养基加 1%链霉素溶液 0.3 mL)。微生物数量结果以土壤风干基计算。

表 1 不同砂龄砂田交界层微生物区系构成比较

Table 1 Comparison of the composition of micro flora in boundary soil layer at different age of GSMF

| 覆盖时间<br>(砂龄)<br>Mulched year<br>(GSMF age) | 土层深度<br>Soil profile<br>depth<br>(cm) | 微生物总数<br>Total microbes<br>(×10 <sup>5</sup> ) | 细菌<br>Bacteria        |            | 真菌<br>Fungi           |            | 放线菌<br>Actinomycete   |            |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
|                                            |                                       |                                                | 数量(×10 <sup>5</sup> ) | 百分比(%)     | 数量(×10 <sup>2</sup> ) | 百分比(%)     | 数量(×10 <sup>4</sup> ) | 百分比(%)     |
|                                            |                                       |                                                | Quantity              | Percentage | Quantity              | Percentage | Quantity              | Percentage |
| 2007(2 a)                                  | 0~1                                   | 4.07                                           | 3.88                  | 95.35      | 2.4                   | 0.06       | 1.87                  | 4.59       |
|                                            | 1~2                                   | 6.21                                           | 6.02                  | 96.95      | 2.17                  | 0.03       | 1.87                  | 3.01       |
|                                            | 2~4                                   | 3.68                                           | 3.49                  | 94.79      | 2.53                  | 0.07       | 1.89                  | 5.14       |
|                                            | 平均 Average                            | 4.65                                           | 4.46                  | 95.70      | 2.37                  | 0.05       | 1.88                  | 4.25       |
| 2002(7 a)                                  | 0~1                                   | 8.94                                           | 8.72                  | 97.55      | 1.04                  | 0.01       | 2.18                  | 2.44       |
|                                            | 1~2                                   | 11.57                                          | 9.45                  | 81.64      | 1.07                  | 0.01       | 21.25                 | 18.36      |
|                                            | 2~4                                   | 6.24                                           | 5.74                  | 92.02      | 1.09                  | 0.02       | 4.97                  | 7.96       |
|                                            | 平均 Average                            | 8.92                                           | 7.97                  | 90.40      | 0.72                  | 0.01       | 9.47                  | 9.59       |
| 1996(13 a)                                 | 0~1                                   | 12.69                                          | 12.57                 | 99.03      | 1.32                  | 0.01       | 1.21                  | 0.96       |
|                                            | 1~2                                   | 10.04                                          | 9.92                  | 98.84      | 1.80                  | 0.02       | 1.15                  | 1.14       |
|                                            | 2~4                                   | 8.07                                           | 7.98                  | 98.92      | 1.99                  | 0.02       | 0.85                  | 1.06       |
|                                            | 平均 Average                            | 10.27                                          | 10.16                 | 98.93      | 1.7                   | 0.02       | 1.07                  | 1.05       |
| 1989(20 a)                                 | 0~1                                   | 0.86                                           | 0.70                  | 80.92      | 0.56                  | 0.06       | 1.64                  | 19.02      |
|                                            | 1~2                                   | 0.99                                           | 0.85                  | 85.74      | 0.53                  | 0.05       | 1.41                  | 14.20      |
|                                            | 2~4                                   | 1.36                                           | 1.24                  | 90.64      | 0.46                  | 0.03       | 1.27                  | 9.32       |
|                                            | 平均 Average                            | 1.07                                           | 0.93                  | 85.77      | 0.52                  | 0.05       | 1.44                  | 14.18      |
| 1983(26 a)                                 | 0~1                                   | 2.48                                           | 1.93                  | 77.80      | 5.55                  | 0.22       | 5.45                  | 21.98      |
|                                            | 1~2                                   | 2.01                                           | 1.46                  | 72.97      | 0.99                  | 0.05       | 5.41                  | 26.98      |
|                                            | 2~4                                   | 3.15                                           | 2.41                  | 76.45      | 2.13                  | 0.07       | 7.41                  | 23.49      |
|                                            | 平均 Average                            | 2.55                                           | 1.93                  | 75.74      | 2.89                  | 0.11       | 6.09                  | 24.15      |

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砂龄砂田交界层土壤微生物总数及三大微生物类群的数量变化

土壤是微生物良好的生存环境,它具有微生物生长所必需的营养。在不同砂龄的砂田中,由于覆盖的砾石层老化程度不同,造成土壤温、湿度和土壤养分含量不同,使得土壤微生物各类群数量和分布存在差异。

从表 1 中可知,不同砂龄砂田的交界层土壤中,细菌数量占微生物总数的 70% 以上。细菌数量及其占微生物总数的比例随砂田砂龄的增加先增加后降低,呈抛物线状分布。砂龄为 13 a 的土壤细菌数量达最高,即以 1996 年覆盖的农田细菌数量最多,达  $10.16 \times 10^5$  个/g,分别是砂龄 2 a、7 a、20 a 和 26 a 细菌数量的 2.28 倍、1.27 倍、10.92 倍和 5.26 倍,约占总微生物数量的 99%。土壤中真菌数量所占微生物总数的比例约为 0.01% ~ 0.22%,真菌在砂龄为 7 a 的土壤中所占微生物总数的比例最低,为 0.01%,以后随覆盖时间的增加,真菌占微生物总数的比例逐渐增加,到砂田砂龄为 26 a 时,真菌的数量达到  $2.89 \times 10^2$  个/g,占微生物总数的比例达到 0.11%。放线菌的数量在砂龄为 13 a 的砂田中数量最低,为  $1.07 \times 10^4$  个/g,比例也最低,为 1.05%,此后随砂龄增加,放线菌的数量和比例都增加,到覆盖年限为 26 a 时,放线菌的数量和比例都达到最大,为  $6.09 \times 10^4$  个/g 和 24.15%。

一般而言,随着土层深度的加深,微生物数量也随之减少,引起这种垂直变化的原因是随着土层深度的增加,土壤中的有机质和空气含量也随之减少所致<sup>[20]</sup>。在本研究中未观测到这一现象,究其原因可能是因为被研究的土层土壤深度较浅,影响微生物活动的主要因素如有机质、空气含量、水分等的变化尚未达到能够引起微生物显著变化的程度。在本研究中,土壤微生物总数的排序与土壤细菌的数量随砂龄的变化的排序一致,说明细菌是影响微生物总数的主要因素,在微生物数量中占主导地位。

### 2.2 土壤微生物数量与环境因子的关系

#### 2.2.1 土壤微生物数量与土壤水分的关系

土壤孔隙中的含水能力用水势表示,水势越低孔隙保水的能力越强,水分保持能力又极大影响了孔隙中的氧气条件,进而影响了相关土壤中微生物的活性<sup>[21,22]</sup>。

从图 1 可知,在砾石覆盖层与土壤层紧密结合的一层,即在 0~1 cm 的土层中,土壤含水量未表现

出与砂龄的关系,在 1~2 cm 土层和 2~4 cm 土层中,土壤含水量随覆盖时间的增加而降低。

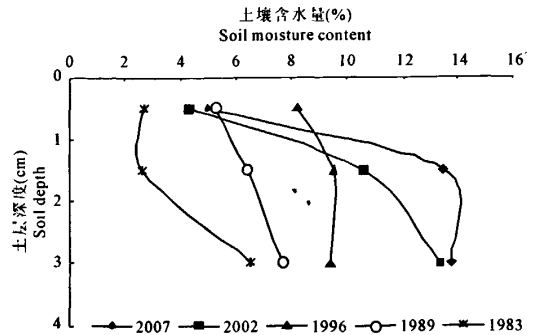


图 1 不同砂龄砂田交界层土壤含水量

Fig.1 Soil moisture content in boundary soil layer in different age of GSMF

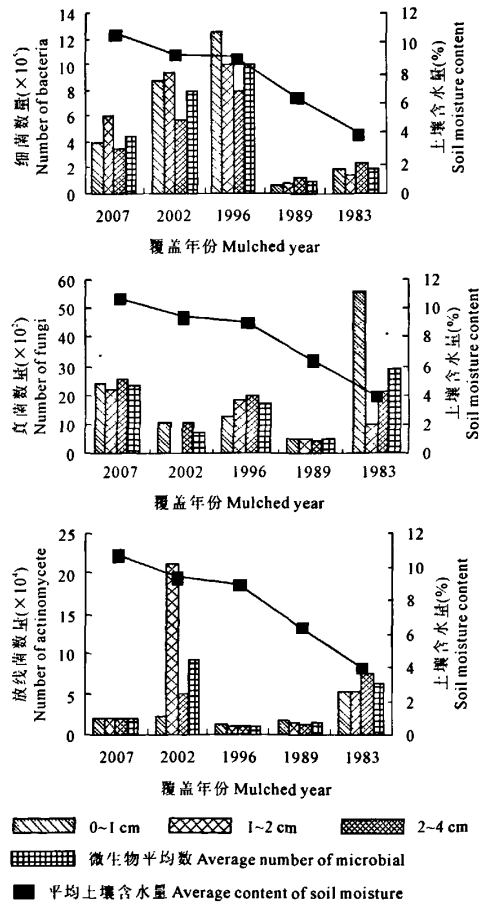


图 2 不同砂龄砂田交界层微生物数量与土壤水分的关系

Fig.2 Relationship between microbial and soil moisture content in boundary soil layer in different age of GSMF

一般而言,土壤微生物的数量与土壤含水量密

切相关<sup>[23]</sup>,但是在砾石覆盖层与土壤交界层这一浅表土壤层内,土壤微生物的数量的变化趋势没有表现与土壤含水量一致的趋势。从图 2 可知,0~4 cm 的平均土壤含水量的变化趋势是随覆盖时间的增加而减少,但是 0~4 cm 的微生物数量没有表现出这一变化趋势。

2.2.2 微生物数量与土壤化学性质的关系 从表 2 可知,土壤 pH 值不利于真菌的生长。pH 的变动范围也非常小,相差 0.52,差异不显著。不同的砂

田砂龄未对交界层土壤 pH 值产生影响,故而对细菌、真菌和放线菌数量不能产生显著的影响。土壤全碳、全氮含量的变化趋势大致相同。土壤全碳、全氮含量以砂龄为 2 a 的砂田最高,这可能与该砂田是新铺就的有关,砂田在铺成的第一年,不种植任何作物,使地力处于恢复期。土壤的 C/N 最低为 12:1,最高为 17:1,都低于 20:1,可知,交界层的微生物生长受土壤全碳的抑制。

表 2 不同砂龄砂田交界层土壤理化性质和呼吸强度的变化

Table 2 The change of soil physical and chemical properties and respiration intensity in boundary soil layer at different age of GSMF

| 覆盖时间<br>(砂龄)<br>Mulched year( GSMF age) | 土层深度<br>Soil profile<br>depth(cm) | 全碳<br>Total C<br>(g/kg) | 全氮<br>Total N<br>(g/kg) | 碳氮比<br>C/N | pH   | 呼吸强度<br>Respiration<br>[mL/(g·d)] |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------|-----------------------------------|
| 2007(2 a)                               | 0~1                               | 8.65                    | 0.54                    | 16:1       | 8.93 | 0.05                              |
|                                         | 1~2                               | 7.99                    | 0.53                    | 16:1       | 8.89 | 0.05                              |
|                                         | 2~4                               | 9.38                    | 0.54                    | 14:1       | 8.98 | 0.08                              |
| 平均 Average                              |                                   | 8.67                    | 0.54                    | 13:1       | 8.93 | 0.06                              |
| 2002(7 a)                               | 0~1                               | 4.93                    | 0.31                    | 14:1       | 9.36 | 0.04                              |
|                                         | 1~2                               | 6.11                    | 0.37                    | 15:1       | 9.01 | 0.04                              |
|                                         | 2~4                               | 5.09                    | 0.38                    | 17:1       | 9.01 | 0.02                              |
| 平均 Average                              |                                   | 5.38                    | 0.35                    | 13:1       | 9.13 | 0.03                              |
| 1996(13 a)                              | 0~1                               | 5.70                    | 0.40                    | 15:1       | 9.32 | 0.13                              |
|                                         | 1~2                               | 5.37                    | 0.42                    | 12:1       | 9.26 | 0.05                              |
|                                         | 2~4                               | 5.39                    | 0.38                    | 17:1       | 9.13 | 0.08                              |
| 平均 Average                              |                                   | 5.49                    | 0.40                    | 13:1       | 9.24 | 0.09                              |
| 1989(20 a)                              | 0~1                               | 6.36                    | 0.49                    | 14:1       | 9.18 | 0.05                              |
|                                         | 1~2                               | 6.98                    | 0.46                    | 12:1       | 9.23 | 0.05                              |
|                                         | 2~4                               | 7.00                    | 0.58                    | 15:1       | 9.15 | 0.05                              |
| 平均 Average                              |                                   | 6.78                    | 0.51                    | 16:1       | 9.19 | 0.05                              |
| 1983(26 a)                              | 0~1                               | 6.74                    | 0.48                    | 16:1       | 9.41 | 0.03                              |
|                                         | 1~2                               | 6.09                    | 0.51                    | 14:1       | 9.32 | 0.04                              |
|                                         | 2~4                               | 6.94                    | 0.46                    | 13:1       | 9.31 | 0.05                              |
| 平均 Average                              |                                   | 6.59                    | 0.48                    | 14:1       | 9.35 | 0.04                              |

2.2.3 微生物数量与土壤呼吸强度的关系 土壤中微生物的活性,可以代表土壤代谢的旺盛度。一般以土壤的呼吸作用来衡量土壤中微生物的总活性。土壤呼吸是土壤中出现生命活动的标志之一<sup>[24]</sup>,是陆地生态系统碳素循环的主要环节,也是大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高的关键。相关分析表明,土壤呼吸与活跃微生物量、呼吸商、脲酶活性、蔗糖酶活性指标之间均呈显著正相关,说明土壤呼吸是衡量土壤微生物特性的一种较好指标<sup>[25]</sup>。从表 2 可知,土壤呼吸的最高值出现在砂龄为 13 a 的砂田中,与细菌数量和微生物总数出现最高值的时间一致,此后,随砂龄的增加,土壤呼吸逐渐减弱。

2.3 微生物数量与环境因子的相关分析

相关分析表明,土壤细菌数量与土壤全氮含量呈极显著正相关,相关系数为 0.677( $P < 0.01$ ),与土壤含水量、pH 值、全碳含量、全氮含量、呼吸强度、砂龄和土壤深度相关性不显著。土壤真菌和放线菌数量与土壤含水量、pH 值、全碳含量、全氮含量、呼吸强度、砂龄和土壤深度相关性不显著。细菌、真菌和放线菌三者之间在数量上没有相关性。

3 讨 论

在自然土壤中生活着大量的微生物群,它们进行着一系列复杂的生物化学反应,对土壤肥力的作

用举足轻重,微生物一方面分解有机物质形成腐殖质并释放养分,另一方面又同化土壤氮素和固定无机营养形成微生物生物量。从土壤微生物组成来看,不同砂龄砂田交界层的土壤中,三大微生物类群的组成仍以细菌为主,放线菌次之,真菌居于第三,可见细菌在土壤微生物组成中占绝对优势。

砂田交界层土壤微生物数量与砂田砂龄有关,砂龄为 13 a 的土壤细菌数量达最高,砂龄为 26 a 砂田,土壤真菌数量达最高,放线菌的数量和比例都达到最大。随着砂田老化程度的加深,细菌数量减少,真菌和放线菌的数量增加。因此,土壤微生物数量可以作为监测砂田老化程度的指标之一。

土壤微生物的数量和活性受诸多因素的影响,本研究中微生物区系与土壤 pH 值的相关性不大,说明尽管酸碱状况能够影响微生物适宜的生活环境,但在一定的 pH 值范围内,pH 值并不一定是微生物活动的决定性因子。土壤中有有机质为微生物生长提供能源物质,C/N 比是判断微生物生长受 C 素影响还是 N 素影响的指标之一。在交界层,土壤养分中的全 C 含量是限制微生物生长的因素之一。土壤含水量是影响土壤微生物区系的主要因素之一,交界层的细菌数量受土壤含水量影响较大,真菌和放线菌数量受该层土壤含水量的影响较小。细菌在土壤呼吸代谢中起主要作用。在本研究中,由于取样深度较浅,以及受耕作措施的影响,微生物的数量与土壤深度无显著相关性。

#### 参 考 文 献:

- [1] 罗虹,刘鹏,李丽仙.铝胁迫对大豆根际土壤微生物区系的影响[J].土壤通报,2005,36(5):735—738.
- [2] 邵玉琴,赵吉,杨劼.恢复草地和退化草地土壤微生物类群数量的分布特征[J].中国沙漠,2004,24(2):223—226.
- [3] 邵玉琴,赵吉,包青海,等.沙坡头固定沙丘结皮层的微生物区系动态[J].中国沙漠,2002,22(3):298—313.
- [4] 陈芝兰,张洛平,蔡晓布,等.秸秆还田对西藏中部退化农田土壤微生物的影响[J].土壤学报,2005,42(4):696—699.
- [5] 许冬梅,王堃.毛乌素沙地南缘生态过渡带土壤微生物特征[J].中国沙漠,2007,27(5):805—808.
- [6] 李新荣,张景光,王新平,等.干旱沙漠区土壤微生物结皮及其对固沙植被影响的研究[J].中国沙漠,1999,19(Sup):165—169.
- [7] 李新荣,贾玉奎,龙利群,等.干旱半干旱地区土壤微生物结皮的生态学意义及若干研究进展[J].中国沙漠,2001,21(1):4—11.
- [8] Van Bruggen A H C, Semenov A M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression[J]. Applied Soil Ecology, 2000,15:13—24.
- [9] 陈年来,刘东顺,王晓巍,等.甘肃砂田的研究与发展[J].中国瓜菜,2008,(2):29—31.
- [10] 胡恒觉.我国砂田免耕法[C]//中国作物学会全国耕作制度研究会筹备会.耕作制度论文集.北京:农业出版社,1981:206—217.
- [11] 贾登云,曾希琳,张永洋,等.籽用西瓜旱砂田覆膜栽培技术试验[J].中国西瓜甜瓜,1998,(1):20—21.
- [12] Nachtergaele J, Poesen J W, Van wesemael B. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland[J]. Soil and Tillage Research, 1998,46:51—59.
- [13] William J G, McColl R W, Xie Fang. Sandy fields traditional farming for water conservation in China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1993,48:474—477.
- [14] Li Xiao-yan, Zhang Rui-ling, Gong Jia-dong, et al. Soil and water accumulation by gravel and sand mulches in Western Loess Plateau of Northwest China[C]//Sha He-wei. 12th ISCO Conference Proceedings. Beijing: Science Press, 2002:192—197.
- [15] Wang Ya-jun, Xie Zhong-kui, Li Feng-min. The effect of supplemental irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus*) production in gravel and sand mulched fields in the Loess Plateau of North west China[J]. Agric Water Manage, 2004,69(1):29—41.
- [16] 田媛,李晓玲,李凤民,等.砂田集雨补灌对西瓜产量和土壤水分的影响[J].中国沙漠,2003,23(4):459—463.
- [17] 王亚军,谢忠奎,张志山,等.甘肃砂田西瓜覆盖补灌效应研究[J].中国沙漠,2003,23(3):300—305.
- [18] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [19] 姚怀应,黄昌勇.土壤微生物生态学及其实验技术[M].北京:科学出版社,2006.
- [20] 何玉梅,张仁陟,蔡立群,等.治力关森林公园不同林型土壤微生物区系的研究[J].甘肃农业大学学报,2007,42(1):63—67.
- [21] Hedges J I, Oades J M. Comparative organic geochemistries of soils and marine sediments[J]. Organic Geochemistry, 1997,27(7—8):319—361.
- [22] Cook R J, Papendick R I. Soil waterpotential as a factor in the ecology of *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis* 'Culvorum'[J]. Plant and Soil, 1970,32:131—145.
- [23] 章家恩,刘文高,胡刚.不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J].土壤与环境,2002,11(2):140—143.
- [24] Fang C, Moncrieff J B, Gholz H, et al. Soil CO<sub>2</sub> efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation[J]. Plant and soil, 1998,20(5):135—146.
- [25] 王芸,韩宾,史忠强,等.保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响[J].水土保持学报,2006,20(4):120—122,142.

## Study on soil micro flora in boundary soil layer of gravel and sand mulched field in arid and semiarid area of China

PANG Lei<sup>1,2</sup>, XIAO Hong-lang<sup>1</sup>, LU Jian-long<sup>3</sup>, ZHOU Mao-xian<sup>1</sup>

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. Agronomy Department, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** To study the soil microbial characters in gravel and sand mulched field (GSMF) in arid and semiarid area, the soil micro flora and the influence factors of GSMF and its boundary layer in different age of GSMF had been studied through experimentation. The results showed that the quantity of micro flora in boundary layer was bacteria > actinomycete > fungi. It is related on soil microbial number and the age of GSMF, that is the number of bacteria reached the highest number when the age of GSMF was 13 a. When the age of GSMF was 26 a, the number of fungi and actinomycete reached the highest number, and the percentage of actinomycete reached the highest rate of total microbial number too. That was with the aging degree adding of the GSMF, the number of bacteria decreased, and the number of fungi and actinomycete increased. So the number of microbial can be the target that forecast the aging degree of the GSMF. C source was one of the main factors that restrict microbial development. It was no significant influence to bacteria, fungi and actinomycete by pH value when it in lesser alteration. The soil respiration intensity was related to bacteria quantity. Soil moisture content is the main factor which restricts bacteria development.

**Keywords:** gravel and sand mulched field; gravel-sand mulched and soil boundary layer; micro flora; environmental factors; arid and semiarid area

(上接第 79 页)

## Study on farmland soil physical status in Guanzhong area of Shaanxi

ZHANG Yu-lin, WANG Yi-quan, HU Hai-yan, SUN Lei, XU Hai

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to reveal the variation tendency of farmland soil quality under the influence of human activity, we investigated the soil bulk density and soil compactness in different districts in Guanzhong area. The results showed that the soil bulk density in deep layers was significantly higher than that in top soils, with an average of  $1.00 \text{ g/cm}^3$ . However, in the 10 ~ 20 cm layer the samples exceeding  $1.30 \text{ g/cm}^3$  accounted for 88% of the overall, with an average of  $1.40 \text{ g/cm}^3$ . In the 20 ~ 30 cm layer the values averaged  $1.61 \text{ g/cm}^3$ , and the samples exceeding  $1.40 \text{ g/cm}^3$  accounted for 96% of the overall. So, this layer was defined to confine plant roots in a large extent. Similarly, the average value of soil bulk density was  $1.60 \text{ g/cm}^3$ , and 44% of the samples were higher than the standard ( $1.60 \text{ g/cm}^3$ ). In the 0 ~ 25 cm layer the soil compactness increased sharply, however it kept at 1 600 kPa under 25cm in the soil, probably having restricted the growth of plants. Through partial correlation analysis, it was clear that soil compactness, significantly, was positively related to soil bulk density, negatively related to soil water content. It indicated the reason why soil compactness increased was due to soil bulk density. In this experiment only the top 10cm - layer soil was fit for planting, and deep layers were universally compacted, which posted a severe problem in root extending. What's more, the problem under deep soil layers was invisible, thus we must pay great attention to it. It seemed that deep plough and scarification were useful methods for improving farmland soil physical status in Guanzhong.

**Keywords:** Guanzhong farmland; soil bulk density; soil compactness; soil physical status