

ISSN 0564-3929

# Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会 主办  
科学出版社 出版

2015

第52卷 第6期

Vol.52 No.6



# 土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 6 期 2015 年 11 月

## 目次

### 综述与评论

- 耕地地力评价指标体系构建中的问题与分析逻辑…………… 赵彦锋 程道全 陈杰等 (1197)
- 蚯蚓对土壤温室气体排放的影响及机制研究进展…………… 卢明珠 吕宪国 管强等 (1209)

### 研究论文

- 高寒山区地形序列土壤有机碳和无机碳垂直分布特征及其影响因素… 杨帆 黄来明 李德成等 (1226)
- 中国中、东部典型县域土壤与地表水体多样性的粒度效应及关联性…………… 任圆圆 张学雷 (1237)
- 渭北台塬区耕地土壤速效养分时空变异特征…………… 于洋 赵业婷 常庆瑞 (1251)
- 黄河三角洲土壤含水量状况的高光谱估测与遥感反演…………… 李萍 赵庚星 高明秀等 (1262)
- 干湿交替对黄土崩解速度的影响…………… 王健 马璠 张鹏辉等 (1273)
- 晋陕蒙接壤区露天矿层状土壤水分入渗特征与模拟…………… 吴奇凡 樊军 杨晓莉等 (1280)
- 旱作褐土中氧化铁的厌氧还原与光合型亚铁氧化特征…………… 孙丽蓉 王旭刚 徐晓峰等 (1291)
- 流动电位法研究高岭石胶体对包铝石英砂zeta电位的影响…………… 李忠意 徐仁扣 (1301)
- 近10年中国大陆主要粮食作物氮肥利用率分析…………… 于飞 施卫明 (1311)
- 太行山山麓平原30年间土壤养分与供肥能力变化…………… 刘建玲 贾可 廖文华等 (1325)
- 亚热带丘陵小流域土壤碳氮磷生态计量特征的空间分异性…………… 杨文 周脚根 王美慧等 (1336)
- 塔里木盆地北缘绿洲土壤化学计量特征…………… 李红林 贡璐 朱美玲等 (1345)
- 东北平原土壤硒分布特征及影响因素…………… 戴慧敏 宫传东 董北等 (1356)
- 浙江南部亚热带森林土壤植硅体碳的研究…………… 林维雷 应雨骐 姜培坤等 (1365)
- 土壤非多次叠加污染对蚯蚓的毒性效应…………… 马静静 钱新春 张伟等 (1374)
- 有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果及防病机理研究…………… 赵丽娅 李文庆 唐龙翔等 (1383)
- 滴灌枸杞对龟裂碱土几种酶活性的改良效应…………… 张体彬 康跃虎 万书勤等 (1392)
- 石羊河流域中下游浅层地温变化及其对气温变化的响应…………… 杨晓玲 丁文魁 马中华等 (1401)
- 高放废物处置库预选场址包气带土壤渗透性研究…………… 李杰彪 苏锐 周志超等 (1412)

### 研究简报

- 基于TM数据的黑土有机质含量空间格局反演研究…………… 宋金红 吴景贵 赵欣宇等 (1422)
- 陕西省玉米土壤肥力与施肥效应评估…………… 单燕 李水利 李茹等 (1430)
- 宇宙射线土壤水分观测方法在黄土高原草地植被的应用…………… 赵纯 袁国富 刘晓等 (1438)

### 信息

- 《土壤学报》入选“2015期刊数字影响力100强”…………… (1437)

封面图片：滴灌枸杞改良龟裂碱土重度盐碱荒地（由张体彬提供）

DOI: 10.11766/trxb201412100636

# 有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果及防病机理研究\*

赵丽娅<sup>1, 2</sup> 李文庆<sup>1, 2†</sup> 唐龙翔<sup>2</sup> 赵文<sup>2</sup>

(1 土壤资源高效利用国家工程实验室, 山东泰安 271018)

(2 山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018)

**摘要** 通过盆栽试验与培养皿培养试验研究了有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果, 并对其防病机理进行了初步探讨。结果表明, 有机肥可有效抑制黄瓜枯萎病的发生, 其防病效果受肥料用量、施肥方式、肥料灭菌状况等因素的综合影响。有机肥用量越大, 防治效果越好, 在出苗 50 d 后, 用量为 5% 的牛粪与生物有机肥处理较用量为 1% 的处理发病率降低约 34.01% ~ 36.80%; 基施较叶面喷施发病率降低 66.82% ~ 78.92%, 基施和喷施较对照发病率分别降低 76.65% ~ 81.17% 和 17.11% ~ 25.43%; 有机肥灭菌后会降低其对黄瓜枯萎病的防治效果, 用量为 1% 和 5% 的灭菌牛粪处理的黄瓜发病率较未灭菌处理升高 18.27% 和 82.82%; 先对土壤进行化学灭菌后再施用有机肥, 黄瓜枯萎病的发病率较土壤未化学灭菌处理的发病率降低 50%。有机肥对黄瓜枯萎病的防治机理主要在于有机肥可以丰富土壤微生物, 并直接抑制黄瓜枯萎病原菌尖孢镰刀菌的生长, 同时有机肥中的微生物及化学物质还能够刺激植物使其增强抗病性。

**关键词** 有机肥; 枯萎病; 防治; 施肥量; 施肥方式

**中图分类号** S141.2 **文献标识码** A

枯萎病是一种由尖孢镰刀菌属侵染引起的可侵染多种植物的土传病害, 是影响许多作物产量的重要病害之一。由于该病害是借土壤传播, 传统的农药防治措施效果不理想, 而大量施用农药还会污染土壤及降低农产品品质, 因此探讨有效的可持续的枯萎病防治措施是广大农业工作者面临的突出问题<sup>[1-4]</sup>。近年来人们尝试施用生物有机肥防治番茄、香蕉、黄瓜等土传病害并获得了较好的效果, 施用有机肥能显著降低其土传病害的发病率<sup>[5-9]</sup>。部分研究说明其所添加的拮抗菌在病原菌的抑制中起到了重要的作用<sup>[5-13]</sup>, 但也有研究表明普通的有机肥施用后也能降低一些作物土传病害的发病率<sup>[2, 14-16]</sup>。那么有机肥的防病机理是什么, 是肥料中的拮抗菌、腐生菌, 还是肥料中的化学物质在起作用, 是对病原菌在起作用还是对作物起作用? 目前文献中对土传病害防治机理存在不同解释, 也

存在相矛盾的地方<sup>[8-9, 17]</sup>。为此本文研究了有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果, 并对其防病机理进行了初步探讨, 以期利用有机肥对土传病害进行防治提供更多的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试土壤为取自山东泰安郊区的普通棕壤, 其中, 有机质含量为 6.37 g kg<sup>-1</sup>, 全氮含量为 0.76 g kg<sup>-1</sup>, 有效磷和速效钾含量分别为 74.55 和 41.86 mg kg<sup>-1</sup>, 细菌、真菌和放线菌含量分别为 3.6 × 10<sup>7</sup> cfu g<sup>-1</sup>、1.0<sup>4</sup> × 10<sup>5</sup> cfu g<sup>-1</sup> 和 9.8 × 10<sup>5</sup> cfu g<sup>-1</sup>。

供试有机肥为鲜牛粪和市售成品生物有机肥, 基本性质如表 1 所示。供试植物为黄瓜, 品种为新泰密刺, 属易感病品种。尖孢镰刀菌菌株由山东农

\* 山东省发展计划项目 (2013GNC11309)、"十二五" 国家科技支撑计划项目 (2011BAD11B01; 2011BAD11B02) 和国家引进国际先进农业科学技术计划 ("948" 计划) 项目 (2011-G30) 资助

† 通讯作者, E-mail: wqli@sdau.edu.cn

作者简介: 赵丽娅 (1989—), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态环境研究。E-mail: yaya891221@163.com

收稿日期: 2014-12-10; 收到修改稿日期: 2015-04-29

表1 供试有机肥料基本性质

Table 1 Properties of tested organic manure						
有机肥 Manure	全氮 Total N (g kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total P (g kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total K (g kg <sup>-1</sup> )	细菌 Bacteria (10 <sup>8</sup> cfu g <sup>-1</sup> )	真菌 Fungi (10 <sup>6</sup> cfu g <sup>-1</sup> )	放线菌 Actinomycete (10 <sup>6</sup> cfu g <sup>-1</sup> )
牛粪 Cow dung	2.4	4.8	7.7	2.60	2.76	6.9
市售生物有机肥 Bio-manure	8.6	13.7	12.4	1.33	1.76	14.7

业大学生命科学学院微生物学实验室提供。二氧化氯由泰安嘉纳环保科技有限公司提供, ClO<sub>2</sub>含量为10%。

### 1.2 盆栽试验

盆栽试验设有机肥种类、施肥量、施肥方式、肥料灭菌状况、土壤灭菌状况5个因素,共14个处理,每个处理重复8次。其中,肥料种类为牛粪和市售生物有机肥,施肥方式分土壤基施和浸提液叶面喷施2种方式,基施用量为土壤质量的0%、1%、3%、5%,叶面喷施用量为肥水比0.5%的浸提液。肥料和土壤灭菌处理分灭菌和不灭菌两种方式。有机肥灭菌采用高压蒸汽灭菌。土壤灭菌采用二氧化氯溶液灭菌,具体方法为称取所需土样,按每100 g土加20 ml 200 mg L<sup>-1</sup>二氧化氯溶液的比例,将溶液加入土中,并将其与土充分混匀,然后堆放培养7 d。

有机肥料浸提液的制备:称取10 g有机肥料装于预先盛有90 ml无菌水的三角瓶中,置于振荡器上250 r min<sup>-1</sup>振荡30 min,取出后过滤配得10%有机肥料浸提液。有机肥料肥水比2%、1%、0.5%、0.33%的浸提液以10倍浸提液为母液,用无菌水稀释制得。

黄瓜枯萎病菌悬液的制备:将黄瓜枯萎病菌原菌接种于PDA培养基上,于25 °C培养箱中恒温培养7 d,然后刮取菌丝于无菌水中振荡均匀,经两层纱布过滤后配成菌悬液。

盆栽时每盆装土3 kg,除了根据试验设计进行相应操作外,每盆还施入尿素0.54 g、磷酸氢二铵0.71 g、氯化钾0.62 g作为基肥,肥料在装盆前加入并将其与土壤充分混匀。然后加入预先制备好的黄瓜枯萎病菌悬液60 ml(约每kg土加20 ml10<sup>7</sup> cfu ml<sup>-1</sup>菌悬液)进行接种。随后每盆播10颗黄瓜种子。播种3 d后开始观察发芽及感病情况。叶面

喷施操作方法为播种后待黄瓜长至二叶一芯时,喷洒有机肥浸提液,每盆20 ml,每4 d喷洒一次,共喷4次,适时调查发病情况,喷洒无菌水作为对照。

所有试验处理均播种后30 d(7月15日)、40 d(7月25日)、50 d(8月4日)的调查发病率。其中:

发病率=(发病株数÷总株数)×100%;发病率降低百分率=(处理A发病率-处理B发病率)÷处理A发病率×100%;发病率升高百分率=(处理A发病率-处理B发病率)÷处理B发病率×100%

### 1.3 室内培养试验

试验设有机肥种类、用量、施用方式、灭菌状况4个因素,共10个处理,每个处理重复8次。其中有机肥种类选取牛粪(以CD表示)和市售生物有机肥(以BM表示)两种,施用方式分固体颗粒和肥料浸提液两种方式。固体颗粒施用量为0.2 g;肥料浸提液选用2%、1%、0.5%、0.33%四个不同浓度浸提液;肥料灭菌状况设灭菌和不灭菌两种。固体颗粒处理以不加肥作对照,浸提液处理以无菌水作对照。

固体颗粒处理具体操作为:先取黄瓜枯萎病菌悬液0.1 ml在PDA培养基上均匀涂布后,再将固体肥料0.2 g放于已涂布的平板中央,以不加肥料为对照。

肥料浸提液处理具体操作为:用已灭菌镊子将直径为1 cm的无菌圆形滤纸片浸入肥料浸提液中,取出后除去多余的液体,放于已涂布病原菌的平板中央,以无菌水作对照。然后将培养皿置于25 °C培养箱中培养20 d,每5 d统计一次肥料颗粒或滤纸片周围菌丝生长状况,若出现抑菌情况则测量抑菌圈直径。

### 1.4 数据分析

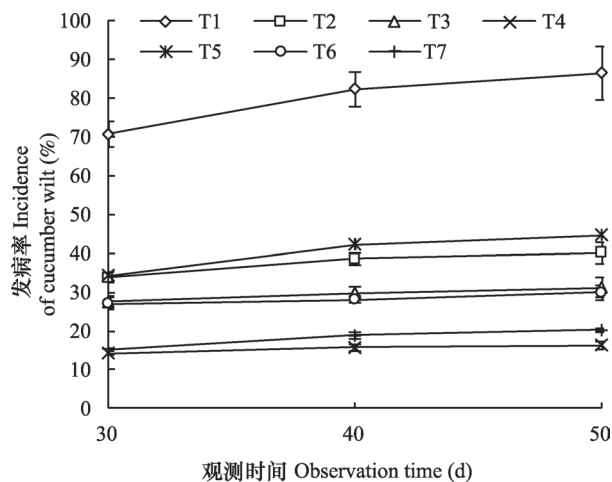
所有数据采用 SPSS 18.0 软件中的 Duncan's

检验法 ( $p < 0.05$ ) 进行方差分析及多重比较, 用 Microsoft Excel 2003 软件作图。

## 2 结果

### 2.1 有机肥不同用量对黄瓜枯萎病的防治效果

施用牛粪和生物有机肥均可抑制黄瓜枯萎病的发生, 降低黄瓜枯萎病的发病率, 且随着有机肥施用量的增加发病率逐渐降低 (图1)。在整个观测期内随着时间的延长发病率略有升高, 以出苗后 50 d 的发病率最高, 其中有机肥施用量为 1% 和 5% 的牛粪处理黄瓜枯萎病发病率较对照分别降低 48.44% 和 76.65%, 有机肥施用量为 1% 和 5% 的生物有机肥处理黄瓜枯萎病发病率分别降低 53.53% 和 81.12%。在整个观测期内同种肥料不同用量间黄瓜枯萎病发病率差异均达显著水平, 而两种肥料处理间的差异不显著。



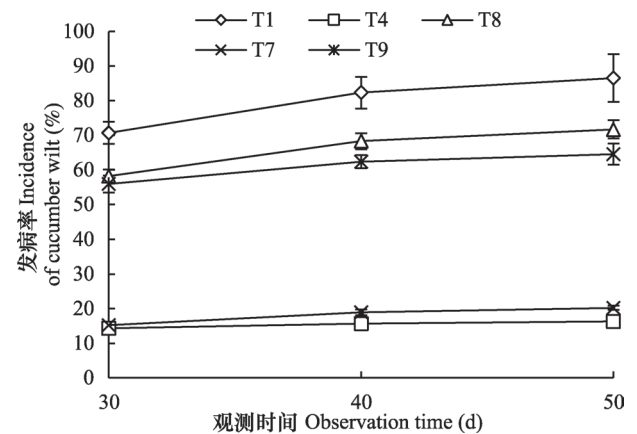
注: T1 为对照, T2 为 1% 牛粪, T3 为 3% 牛粪, T4 为 5% 牛粪, T5 为 1% 生物有机肥, T6 为 3% 生物有机肥, T7 为 5% 生物有机肥。下同 Note: T1, control; T2, 1% cow dung; T3, 3% cow dung; T4, 5% cow dung; T5, 1% bio-manure; T6, 3% bio-manure; T7, 5% bio-manure. The same below

图1 有机肥对黄瓜枯萎病发病率的影响

Fig. 1 Effect of organic manure on the incidence of cucumber wilt

### 2.2 有机肥不同施用方式对黄瓜枯萎病的防治效果

有机肥基施与浸提液叶面喷施对黄瓜枯萎病的防治均有效果, 黄瓜枯萎病发病率较对照均显著降低, 但不同施肥方式防治效果不同 (图2)。在出苗 50 d 后, 牛粪和生物有机肥基施黄瓜枯萎病发病率较对照分别降低 81.16% 和 76.65%, 牛粪和生物有机肥浸提液喷施处理黄瓜枯萎病发病率分别降低



注: T8 为牛粪喷施, T9 为生物有机肥喷施。下同 Note: T8, cow dung extract foliar spraying; T9, bio-manure foliar spraying. The same below

图2 有机肥不同施肥方式对黄瓜枯萎病发病率的影响

Fig. 2 Effect of organic manure on the incidence of cucumber wilt relative to application method

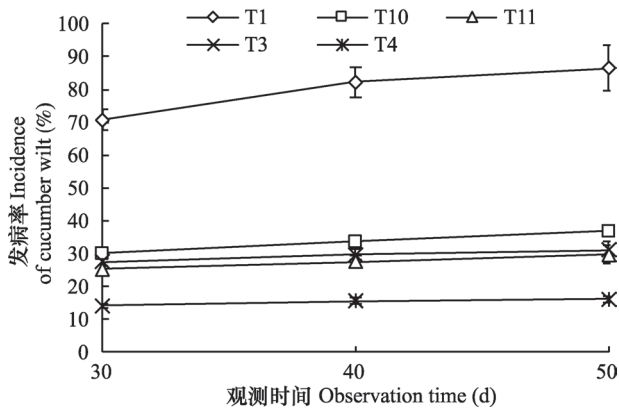
17.11% 和 25.43%。在整个观测期内基施处理黄瓜枯萎病发病率要低于浸提液叶面喷施, 两种方式间的差异达显著水平。叶面喷施虽然未与土壤接触, 但仍能抑制黄瓜枯萎病的发生, 这说明有机肥不仅能对致病生物产生作用, 同时也会对植物本身产生刺激作用增强其抗病性。

### 2.3 有机肥灭菌后对黄瓜枯萎病的防治效果

牛粪灭菌会杀死肥料中的微生物, 灭菌后施用黄瓜枯萎病的发病率较未灭菌处理显著增加, 出苗 50 d 后, 在 3% 和 5% 用量水平下灭菌处理黄瓜枯萎病发病率较不灭菌处理分别升高 18.27% 和 82.82%, 差异均达显著水平, 这说明有机肥中自身携带的微生物是影响其防病效果的重要因素 (图3)。但整个观测期内牛粪灭菌后施用各处理黄瓜枯萎病发病率仍显著低于不施有机肥对照, 各施肥处理间黄瓜枯萎病发病率差异亦达显著水平, 这说明除了牛粪自身携带的微生物外尚有其他因素如有机肥对土壤中微生物的促进以及有机肥中的化学物质在起作用。

### 2.4 有机肥固体颗粒对黄瓜枯萎病病原菌的抑制效果

将有机肥颗粒加入到接种了黄瓜枯萎病病原菌的培养基上, 5 d 后在肥料颗粒周围均有抑菌圈出现, 且随着培养时间的延长抑菌圈直径逐渐扩大, 而对照处理则无抑菌圈出现 (图4)。牛粪与生物有机肥处理前期差异不显著, 第 10 天后差异达显著



注：T10 为3%灭菌牛粪，T11 为5%灭菌牛粪。下同 Note: T10, 3% pasteurized cow dung; T11, 5% pasteurized cow dung.

The same below

图3 有机肥灭菌后对其黄瓜枯萎病的防治效果的影响

Fig. 3 Effect of organic manure on incidence of cucumber wilt as affected by sterilization of the manure

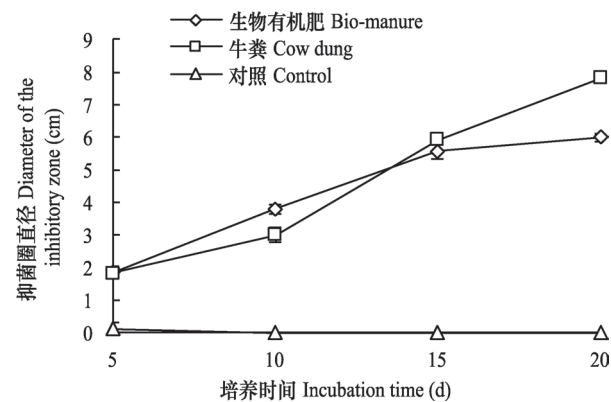


图4 固体有机肥料对病原菌的抑制效果

Fig. 4 Effect of solid organic manure on pathogen of cucumber wilt

水平。这说明有机肥中含有直接抑制黄瓜枯萎病病原菌的因子，从而对黄瓜枯萎病具有防治效果。

2.5 有机肥浸提液对黄瓜枯萎病病原菌的抑制效果

在观察固体颗粒效果的同时，本文还研究了肥料浸提液对黄瓜枯萎病病原菌的影响。结果表明，牛粪浸提液处理对黄瓜枯萎病病原菌同样有抑制效果，在浸有肥料浸提液的滤纸片周围同样会出现抑菌圈，而且随着浸提液浓度增加抑菌圈直径逐步增大（图5），不同浓度处理间抑菌圈直径在各观测时期差异均达显著水平。牛粪浸提液浓度越高，对黄瓜枯萎病病原菌的抑菌效果越好，这显然与高浓度的浸提液中具有更多的病原菌抑制因子有关，这与有机肥基施随用量增加发病率降低的结果也是吻合的。但随着培养时间的延长，各处理抑菌圈直径

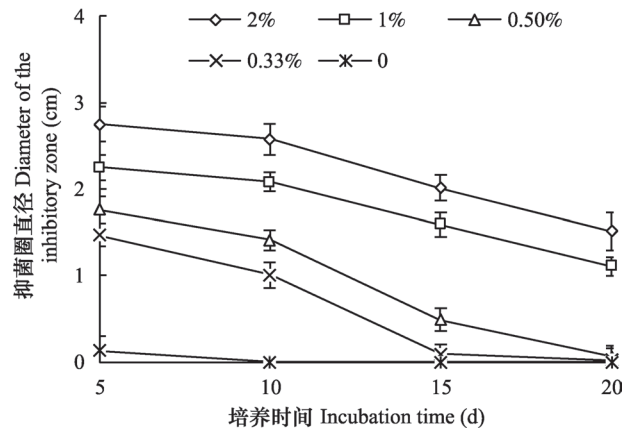


图5 不同浓度牛粪浸提液对病原菌的抑制效果

Fig. 5 Effect of manure extract on pathogen of cucumber wilt relative to concentration

有逐渐减小的趋势。

固体颗粒形态牛粪和牛粪浸提液对黄瓜枯萎病病原菌的抑制效果不同（图6）。随着培养时间的延长固体颗粒形态牛粪处理抑菌圈直径逐渐增大，牛粪浸提液处理抑菌圈直径则逐渐减小。牛粪浸提液处理抑菌圈直径在第5天时大于固体颗粒形态牛粪处理，第10天至20天则小于固体颗粒形态牛粪处理，整个培养期两处理间差异均达显著水平。这说明固体颗粒形态牛粪对黄瓜枯萎病病原菌的抑制效果显著好于牛粪浸提液，且随着培养时间的延长，固体颗粒形态牛粪处理的抑菌效果逐渐增强，而牛粪浸提液处理抑菌效果则逐渐降低。这可能源于固体颗粒较浸提液中含有更多对病原菌产生抑制的因子，随着其逐步释放到培养基上可以不断对病原菌产生抑制，而浸提液处理中浸提液的浓度只会逐步

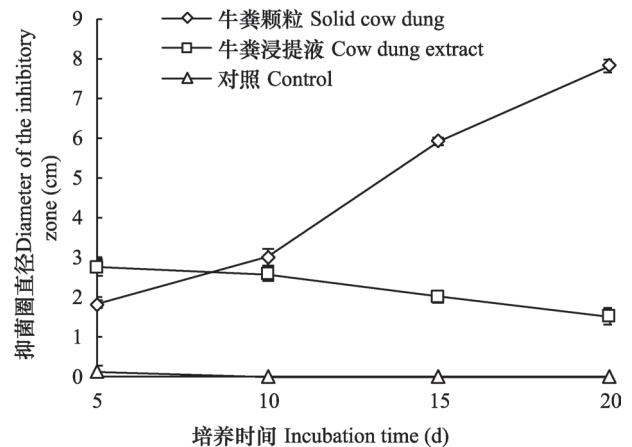


图6 牛粪不同施用方式对病原菌的抑制效果

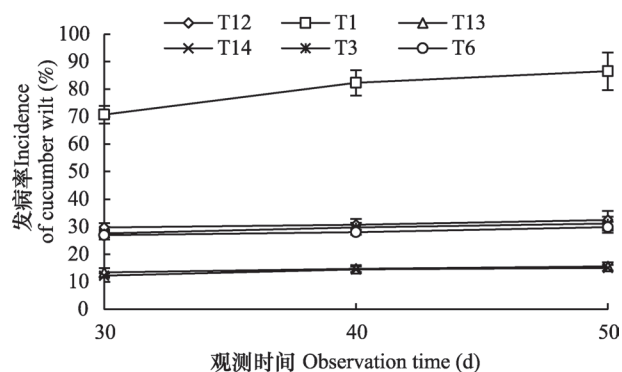
Fig. 6 Effect of cow dung on pathogen of cucumber wilt relative to application method

降低，抑制效果也会变差。

## 2.6 肥料及土壤灭菌状况对黄瓜枯萎病病原菌的抑制及防病效果

将灭菌后的肥料颗粒放入培养基中培养，在观测期内培养基中没有出现抑菌圈，病原菌菌丝长满了整个培养皿。这说明有机肥灭菌后施用对黄瓜枯萎病病原菌起不到抑制作用，也就是说肥料中对病原菌起抑制作用的是其中的微生物成分，而不是其中的化学物质。因为肥料灭菌的目的是对其中的微生物进行灭杀，虽然也会影响腐殖酸等物质的含量，但不会将腐殖酸及矿质养分等化学物质彻底消除<sup>[18-19]</sup>。

用ClO<sub>2</sub>对土壤进行化学灭菌能有效降低黄瓜枯萎病的发病率，黄瓜出苗50 d后发病率较土壤未灭菌对照降低62.43%（图7）。而化学灭菌后再施用有机肥能更有效降低黄瓜枯萎病的发病率，黄瓜出苗50 d后灭菌土壤中牛粪和生物有机肥处理黄瓜枯萎病发病率较不灭菌土壤分别下降50%和49.50%。在整个观测时期，土壤灭菌与土壤不灭菌处理差异均达显著水平，且土壤灭菌后施用有机肥与土壤不灭菌施用有机肥处理差异亦达显著水平。这说明土壤中的病原菌数量是影响黄瓜发病率的重要因素，对土壤进行灭菌以杀死致病生物是防治黄瓜枯萎病的一个有效手段，而在灭菌的基础上再施用有机肥可以更好地防治黄瓜枯萎病，使黄瓜枯萎病的发病率更低。



注：T12 为土壤灭菌对照，T13 为土壤灭菌后施用牛粪，T14 为土壤灭菌后施用生物有机肥。下同 Note: T12, pasteurized soil as control; T13, cow dung applied in pasteurized soil; T14, bio-manure applied in pasteurized soil. The same below

图7 土壤灭菌后施用有机肥黄瓜枯萎病发病率

Fig. 7 Effect of organic manure on incidence of cucumber wilt in sterilized soil

## 3 讨论

施用有机肥后能降低黄瓜枯萎病发病率，说明有机肥对黄瓜枯萎病有一定的防治效果。有机肥灭菌后，防病效果显著下降，但其发病率与对照相比差异仍达到显著水平，这一结果与Scheuerell<sup>[20]</sup>、Nelson<sup>[21]</sup>等的研究结果一致。这说明有机肥中自身携带的微生物是其抑制黄瓜枯萎病发病率的重要因素，但同时其加入土壤后对土壤中微生物多样性的丰富以及肥料中所含的化学物质也可能会抑制病害的发生。那么到底微生物是对病原菌进行直接抑制还是对黄瓜产生作用呢？通过进一步的培养皿培养试验发现有机肥可以有效抑制病原菌生长，且随有机肥用量增加抑菌效果更明显，而灭菌后的有机肥则失去抑菌作用，这说明有机肥自身携带的微生物成分对病害的控制是直接抑制病原菌的生长。同时也说明肥料中的化学物质并不能对病原菌产生直接的抑制作用。林纬<sup>[5]</sup>、袁玉娟<sup>[8]</sup>、马艳<sup>[22]</sup>、朱震<sup>[23]</sup>等也认为有机肥抗病机理与其携带的拮抗菌对致病菌的抑制有关。

将有机肥浸提液用于叶面喷施，虽然与土壤未直接接触，与土壤中的致病微生物也未发生作用，但对病害的控制仍有一定效果，这说明除了对病原菌的控制外，可能肥料中的微生物或化学物质也会直接作用于植物，促进了其对病原菌侵害的抵御能力。朱壮根<sup>[24]</sup>的研究也表明，有机液肥喷施可以提高蔬菜产量和品质，增强植株的抗病能力。本研究有机肥浸提液叶面喷施较固体有机肥土壤基施对黄瓜枯萎病的防治效果差，可能与叶面喷施浓度较基施浓度低有关，同时叶面喷施也失去了对病原菌的直接抑制。但也有研究表明，有机液肥土壤可调节土壤环境并降低土传病害发病率<sup>[25-26]</sup>。因此，有机肥浸提液及其不同施用方式对土传病害的影响效果仍需进一步的研究。

因此，施用有机肥可以有效控制黄瓜枯萎病的发病率，而其对病害的控制可能既来自于对病原菌的直接抑制又来自于对作物的刺激作用。本研究的土壤灭菌试验还表明，在施用有机肥之前先采用环保型灭菌剂进行化学灭菌则防病效果更好，发病率更会大大降低，这在病害严重的地块可能也是一种值得考虑的土壤管理方式。

## 4 结 论

有机肥对黄瓜枯萎病有良好的防治效果, 其防病效果受肥料用量、施肥方式及灭菌状况等因素的综合影响。其中, 施肥量越大, 黄瓜枯萎病发病率越低; 固体肥料基施黄瓜发病率显著低于肥料浸提液叶面喷施; 肥料灭菌后施用仍能显著降低黄瓜枯萎病发病率, 但防治效果显著降低; 先将土壤进行化学灭菌后再施用有机肥能更有效降低黄瓜枯萎病的发病率。固体颗粒肥料和肥料浸提液均可直接抑制黄瓜枯萎病原菌尖孢镰刀菌的生长, 固体有机肥较有机肥浸提液抑制效果好。以浸提液施用, 肥料浸提液浓度越高, 抑菌效果越好, 但有机肥灭菌后对黄瓜枯萎病原菌尖孢镰刀菌失去抑制效果。有机肥对黄瓜枯萎病的防治机理一是其中的微生物成分对致病菌的直接抑制, 二是其中的生物及化学物质刺激植物增强其抗病性。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Bonanomi G, Antignani V, Capodilupo M, et al. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, 42 ( 2 ) : 136—144
- [ 2 ] Noble R, Coventry E. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Science & Technology*, 2005, 15 ( 1 ) : 3—20
- [ 3 ] Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, et al. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 2002, 296 ( 5573 ) : 1694—1697
- [ 4 ] Tu C, Ristaino J B, Hu S. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, 38 ( 2 ) : 247—255
- [ 5 ] 林伟, 黎起秦, 彭好文, 等. 拮抗菌防治西瓜枯萎病的试验. *广西农业生物科学*, 2002, 21 ( 4 ) : 242—244. Lin W, Li Q Q, Peng H W, et al. Test on the control efficacy of antagonistic microorganism on watermelon wilt disease ( In Chinese ). *Journal of Guangxi Agriculture & Biological Science*, 2002, 21 ( 4 ) : 242—244
- [ 6 ] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响. *应用生态学报*, 2003, 14 ( 3 ) : 349—353. Cai Y F, Liao Z W, Zhang J E, et al. Effect of ecological organic fertilizer on tomato bacterial wilt and soil microbial diversities ( In Chinese ). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14 ( 3 ) : 349—353
- [ 7 ] 张志红, 李华兴, 韦翔华, 等. 生物肥料对香蕉枯萎病及土壤微生物的影响. *生态环境*, 2008, 17 ( 6 ) : 2421—2425. Zhang Z H, Li H X, Wei X H, et al. Influence of biological fertilizers on banana wilt disease and microorganisms in soil ( In Chinese ). *Ecology & Environment*, 2008, 17 ( 6 ) : 2421—2425
- [ 8 ] 袁玉娟, 胡江, 凌宁, 等. 施用不同生物有机肥对连作黄瓜枯萎病防治效果及其机理初探. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20 ( 2 ) : 372—379. Yuan Y J, Hu J, Ling N, et al. Effects and mechanisms of application with different bio-organic fertilizers in controlling Fusarium wilt of cucumber ( In Chinese ). *Plant Nutrition & Fertilizer Science*, 2014, 20 ( 2 ) : 372—379
- [ 9 ] 高雪莲, 邓开英, 张鹏, 等. 不同生物有机肥对甜瓜土传枯萎病防治效果及对根际土壤微生物区系的影响. *南京农业大学学报*, 2012, 35 ( 6 ) : 55—60. Gao X L, Deng K Y, Zhang P, et al. Effects of different bio-organic fertilizer on fusarium wilt control and on the rhizosphere microbial community with muskmelon ( In Chinese ). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2012, 35 ( 6 ) : 55—60
- [ 10 ] Wu H S, Yang X M, Fan J Q, et al. Suppression of fusarium wilt of watermelon by a bio-organic fertilizer. *BioControl*, 2009, 54 ( 2 ) : 287—295
- [ 11 ] 李俊华, 蔡和森, 尚杰, 等. 生物有机肥对新疆棉花黄萎病防治的生物效应. *南京农业大学学报*, 2010, 33 ( 6 ) : 50—54. Li J H, Cai H S, Shang J, et al. Effects of controlling to cotton verticillium wilt with bio-organic fertilizer in Xinjiang ( In Chinese ). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2010, 33 ( 6 ) : 50—54
- [ 12 ] 曹丹, 宗良纲, 肖峻, 等. 生物肥对有机黄瓜生长及土壤生物学特性的影响. *应用生态学报*, 2010, 21 ( 10 ) : 2587—2592. Cao D, Zong L G, Xiao J, et al. Effects of bio-fertilizer on organically cultured cucumber growth and soil biological characteristics ( In Chinese ). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21 ( 10 ) : 2587—2592
- [ 13 ] 郎娇娇, 王丽丽, 胡江, 等. 微生物有机肥防治棉花黄萎病机制研究. *土壤学报*, 2011, 48 ( 6 ) : 1298—1305. Lang J J, Wang L L, Hu J, et al. Mechanism of bio-manure controlling cotton verticillium wilt ( In Chinese ). *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48 ( 6 ) : 1298—1305
- [ 14 ] 黄啸. 堆肥对黄瓜枯萎病抑制效果及其机理研究. 杭州: 浙江大学, 2010. Huang X. The study on the suppressive effect of compost against fusarium wilt of cucumber and its mechanism ( In Chinese ).



- Hangzhou: Zhejiang University, 2010
- [ 15 ] 李胜华, 谷丽萍, 刘可星, 等. 有机肥配施对番茄土传病害的防治及土壤微生物多样性的调控. 植物营养与肥料学报, 2009, 15 ( 4 ) : 965—969. Li S H, Gu L P, Liu K X, et al. Effects of combined application of organic fertilizers on the control of soilborne diseases and the regulation of soil microbial diversity ( In Chinese ). Plant Nutrition & Fertilizer Science, 2009, 15 ( 4 ) : 965—969
- [ 16 ] 谢莉. 有机肥对植烟土壤微生物活性及烤烟产量品质的影响. 重庆: 西南大学, 2010. Xie L. Effect of organic manure on activity of soil microorganism, yield and quality of flue-cured tobacco ( In Chinese ). Chongqing: Southwest University, 2010
- [ 17 ] 丁传雨, 乔焕英, 沈其荣, 等. 生物有机肥对茄子青枯病的防治及其机理探讨. 中国农业科学, 2012, 45 ( 2 ) : 239—245. Ding C Y, Qiao H Y, Shen Q R, et al. Control effect and action mechanism research of bio-organic fertilizer on eggplant bacterial wilt ( In Chinese ). Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45 ( 2 ) : 239—245
- [ 18 ] 张大维, 邴国强, 甘振威, 等. 不同灭菌方法对实验动物配合颗粒饲料营养成分的影响. 饲料工业, 2012, 33 ( 2 ) : 40—43. Zhang D W, Bing G Q, Gan Z W, et al. Effects of different sterilization methods on the nutrients of granular experimental animal feedstuff ( In Chinese ). Feed Industry Magazine, 2012, 33 ( 2 ) : 40—43
- [ 19 ] 杨红军, 时建忠, 艾琴, 等. SPF实验动物饲料的灭菌. 饲料工业, 2007, 28 ( 3 ) : 61—64. Yang H J, Shi J Z, Ai Q, et al. The sterilizations of granular experimental animal feedstuff ( In Chinese ). Feed Industry Magazine, 2007, 28 ( 3 ) : 61—64
- [ 20 ] Scheuereil S J, Sullivan D M, Mahaffee W F. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *Pirregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific northwest compost sources. Phytopathology, 2005, 95 ( 3 ) : 306—315
- [ 21 ] Nelson E B, Kuter G A, Hoitink H A J. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia damping-off* in container media amended with composted hardwood bark. Phytopathology, 1983, 73 ( 10 ) : 1457—1462
- [ 22 ] 马艳, 李艳霞, 常志州, 等. 强化拮抗菌有机肥在连作大棚草莓上的应用效果研究. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 ( 6 ) : 1459—1467. Ma Y, Li Y X, Chang Z Z, et al. Effects of organic fertilizer with antagonistic bacteria on strawberry in continuous cropping greenhouse ( In Chinese ). Plant Nutrition & Fertilizer Science, 2011, 17 ( 6 ) : 1459—1467
- [ 23 ] 朱震, 陈芳, 肖同建, 等. 拮抗菌生物有机肥对番茄根结线虫的防治作用. 应用生态学报, 2011, 22 ( 4 ) : 1033—1038. Zhu Z, Chen F, Xiao T J, et al. Controlling effect of antagonist bioorganic fertilizer on tomato root-knot nematode ( In Chinese ). Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22 ( 4 ) : 1033—1038
- [ 24 ] 朱壮根. 生物有机液肥在蔬菜上的应用效果初探. 农业装备技术, 2007, 33 ( 5 ) : 49—50. Zhu Z G. Application effect of organic liquid fertilizer on vegetables ( In Chinese ). Agricultural Equipment & Technology, 2007, 33 ( 5 ) : 49—50
- [ 25 ] 马艳, 李艳霞, 常志州, 等. 有机液肥的生物学特性及对黄瓜和草莓土传病害的防治效果. 中国土壤与肥料, 2010 ( 5 ) : 71—76. Ma Y, Li Y X, Chang Z Z, et al. Biological property and biocontrol effect of organic liquid fertilizer on soil-borne disease of cucumber and strawberry ( In Chinese ). Soil & Fertilizer Sciences in China, 2010 ( 5 ) : 71—76
- [ 26 ] 魏修利, 雷平, 石伟勇. 鱼蛋白有机液肥对小粉土霉活性和微生物生物量碳、氮的影响. 应用生态学报, 2010, 21 ( 8 ) : 2086—2091. Wei X L, Lei P, Shi W Y. Effects of organic fish protein liquid fertilizer on enzyme activities and microbial biomass C and N in a silt soil ( In Chinese ). Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21 ( 8 ) : 2086—2091

## EFFECT OF ORGANIC MANURE ON CUCUMBER FUSARIUM WILT CONTROL AND ITS MECHANISM

Zhao Liya<sup>1, 2</sup> Li Wenqing<sup>1, 2†</sup> Tang Longxiang<sup>2</sup> Zhao Wen<sup>2</sup>

( 1 National Engineering Laboratory Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Taian, Shandong 271018, China )

( 2 College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China )

**Abstract** Fusarium wilt is one of the main soil-borne diseases which are caused by *Fusarium oxysporum* and may infect a variety of crops. Since it spreads through soil, its traditional controlling methods, such as spraying fungicides, is quite limited in effect. In addition, excessive application of fungicide may not only contaminate the soil, but also affect quality of the agricultural produce. So a pot experiment was conducted to explore effect and mechanism of organic manure controlling Fusarium wilt. In the pot experiment, two types of organic manure, cow dung and bio-manure ( bought from market ), were used in the experiment. The manures were applied in two ways, base application as solid in soil and leafy application with liquid manure extract. Two sterilization status, sterilized and unsterilized, were also designed for manure and soil, and two sterilization methods were used, high pressure steaming and application of ClO<sub>2</sub>, a kind of green fungicide, for manure and soil. A petri dish culture experiment was also carried out to study effect of organic manure controlling *Fusarium oxysporum*. Manure was also applied in two ways, solid and liquid manure extract. Solid manure was put in the center of the petri dish on the medium in the form of a granule, 0.2 g in weight. Manure extract, absorbed in a filter paper 2.75 cm in diameter, was also applied in the center of the petri dish on the medium. Four treatments in concentration of manure extract were designed. Two sterilization status, unsterilized and sterilized with high pressure steam, were also designed for solid manure and manure extracts. The treatment with no solid manure applied was set as control for comparison with the treatments applied with solid manure and the treatment applied with sterilized demi-water instead of manure extract was as control, too. Results show that organic manure may inhibit incidence of Fusarium wilt, though the effect is affected by a series of factors, such as type, application rate, application method and sterilization of the organic manure used, in an integrative way. The higher the application rate of organic manure, the higher the controlling effect. Application of cow dung and bio-manure at a rate of 1% and 5%, respectively, decreased the incidence of cucumber Fusarium wilt by 34.01% ~ 36.80%, 50 days after seedling emergence. Base application decreased incidence of the disease by 66.82% ~ 78.92% compared with leaf spray. Soil base application and leaf spray all decreased the incidence by 76.65% ~ 81.17% and 17.11% ~ 25.43% compared with the control. The disease controlling effect of organic manure was reduced by sterilization to such an extent that the incidence of cucumber Fusarium wilt increased by 18.27% and 82.82% over the treatments applied with non-sterilized manure at 1% and 5%, respectively and by 36.90% and 29.80% over control. In treatments with soil sterilized with ClO<sub>2</sub> organic manure reduced the disease incidence by 50%. Solid manure and manure extract could directly inhibit the pathogen of Fusarium wilt. A *Fusarium oxysporum*-free zone appeared like a circle around the manure particle or the filter paper saturated with manure extract. The higher the concentration of the manure extract, the better the controlling effects. The diameter of the pathogen-free zone expanded gradually with the incubation going in the solid manure treatments, but in the manure extract treatments the zone shrank gradually. Having been sterilized, both the solid manure and the manure

extract did not show any inhibitory zone, which means that the manure lost its controlling effect on *Fusarium oxysporum*. The main mechanism of organic manure controlling cucumber Fusarium wilt may be explained as that organic manure enriches micro-organisms in the soil, thus directly inhibiting growth of the pathogen of Fusarium wilt. In addition, the chemicals or micro-organisms in the organic manure may also stimulate plants to improve their disease resistance.

**Key words** Manure; Wilt; Control; Application rate; Application method

(责任编辑：卢 萍)

CONTENTS

**Reviews and Comments**

- Problems and analytical logic in building cultivated land productivity evaluation index system..... Zhao Yanfeng, Cheng Daoquan, Chen Jie, et al. ( 1207 )  
 Advancement in study on effect of earthworm on greenhouse gas emission in soil and its mechanism ..... Lu Mingzhu, Lü Xianguo, Guan Qiang, et al. ( 1224 )

**Research Articles**

- Vertical distributions of soil organic and inorganic carbon and their controls along toposequences in an alpine region ..... Yang Fan, Huang Laiming, Li Decheng, et al. ( 1235 )  
 Effect of grain size on and correlation analysis of pedodiversity and surface water body diversity in counties typical of Central and East China ..... Ren Yuanyuan, Zhang Xuelei ( 1249 )  
 Spatial-temporal variability of soil readily available nutrients in cultivated land of Weibei Tableland Area ..... Yu Yang, Zhao Yeting, Chang Qingrui ( 1260 )  
 Hyperspectral estimation and remote sensing retrieval of soil water regime in the Yellow River Delta ..... Li Ping, Zhao Gengxing, Gao Mingxiu, et al. ( 1271 )  
 Effect of wet-dry alternation on loess disintegration rate ..... Wang Jian, Ma Fan, Zhang Penghui, et al. ( 1278 )  
 Experiment and simulation of infiltration from layered soils in open pit mine in Jin-Shaan-Meng adjacent region ..... Wu Qifan, Fan Jun, Yang Xiaoli, et al. ( 1289 )  
 Anaerobic redox of iron oxides and photosynthetic oxidation of ferrous iron in upland cinnamon soils ..... Sun Lirong, Wang Xugang, Xu Xiaofeng, et al. ( 1299 )  
 Study on effect of kaolinite colloids on zeta potential of Al oxide coated quartz with streaming potential method ..... Li Zhongyi, Xu Renkou ( 1309 )  
 Nitrogen use efficiencies of major grain crops in China in recent 10 years ..... Yu Fei, Shi Weiming ( 1324 )  
 Changes of soil nutrients and supply capacities in the piedmont plain of Taihang Mountain during the period of 1978–2008 ..... Liu Jianling, Jia Ke, Liao Wenhua, et al. ( 1334 )  
 Spatial variation of ecological stoichiometry of soil C, N and P in a small hilly watershed in subtropics of China ..... Yang Wen, Zhou Jiaogen, Wang Meihui, et al. ( 1343 )  
 Stoichiometric characteristics of soil in an oasis on northern edge of Tarim Basin, China ..... Li Honglin, Gong Lu, Zhu Meiling, et al. ( 1354 )  
 Distribution of soil selenium in the Northeast China Plain and its influencing factors ..... Dai Huimin, Gong Chuandong, Dong Bei, et al. ( 1364 )  
 Study on phytolith-occluded organic carbon in soil of subtropical forest of southern Zhejiang ..... Lin Weilei, Ying Yuqi, Jiang Peikun, et al. ( 1372 )  
 Toxic effect of multiple-time overlying pollution of Phe in soil on *Eisenia fetida* ..... Ma Jingjing, Qian Xinchun, Zhang Wei, et al. ( 1381 )  
 Effect of organic manure on cucumber Fusarium wilt control and its mechanism ..... Zhao Liya, Li Wenqing, Tang Longxiang, et al. ( 1390 )  
 Ameliorative effect of cropping *Lycium barbarum* L. with drip irrigation on soil enzymes activities in takyric solonetz ..... Zhang Tibin, Kang Yaohu, Wan Shuqin, et al. ( 1399 )  
 Change in shallow soil temperature and its response to change in air temperature in middle and lower reaches of Shiyang River Basin ..... Yang Xiaoling, Ding Wenkui, Ma Zhonghua, et al. ( 1410 )  
 Soil permeability of aeration zone in Xinchang-Xiangyangshan - a preselected site for high level radioactive waste disposal ..... Li Jiebiao, Su Rui, Zhou Zhichao, et al. ( 1420 )

**Research Notes**

- Inversion of spatial pattern of organic matter contents in black soil based on TM data ..... Song Jinhong, Wu Jinggui, Zhao Xinyu, et al. ( 1429 )  
 Analysis of soil fertility and fertilizer efficiency of maize field in Shaanxi ..... Shan Yan, Li Shuili, Li Ru, et al. ( 1437 )  
 Application of cosmic-ray method to soil moisture measurement of grassland in the Loess Plateau ..... Zhao Chun, Yuan Guofu, Liu Xiao, et al. ( 1444 )

**Cover Picture:** Reclamation of a highly saline-sodic wasteland of takyric solonetz while cropping *Lycium barbarum* L. with drip irrigation ( by Zhang Tibin )

# 《土壤学报》编辑委员会

主 编：史学正

执行编委：(按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任：陈德明

责任编辑：汪枳生 卢 萍 檀满枝

## 土 壤 学 报

### Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 6 期 2015 年 11 月

## ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 6 Nov., 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会  
地址：南京市北京东路 71 号 邮政编码：210008  
电话：025 - 86881237  
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica  
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China  
Tel: 025 - 86881237  
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正  
主 管 中 国 科 学 院  
主 办 中 国 土 壤 学 会  
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng  
Superintended by Chinese Academy of Sciences  
Sponsored by Soil Science Society of China  
Undertaken by Institute of Soil Science,  
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社  
地址：北京东黄城根北街 16 号 邮政编码：100717

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司  
总发行 科 学 出 版 社  
地址：北京东黄城根北街 16 号 邮政编码：100717  
电话：010 - 64017032  
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company  
Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China  
Tel: 010 - 64017032  
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司  
地址：北京 399 信箱 邮政编码：100044

Foreign China International Book Trading Corporation  
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号：CN 32-1119/P

国内邮发代号：2-560

国外发行代号：BM45

定价：60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929



9 770564 392156

