

张立彭,师桂英,史贵红,等.土壤熏蒸-微生物菌剂联用缓解兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)连作障碍研究[J].中国沙漠,2020,40(5):169-179.

# 土壤熏蒸-微生物菌剂联用缓解兰州百合 (*Lilium davidii* var. *unicolor*)连作障碍研究

张立彭<sup>1</sup>,师桂英<sup>1</sup>,史贵红<sup>1</sup>,于彦琳<sup>1</sup>,李谋强<sup>2</sup>,苏国礼<sup>1</sup>,贾喜霞<sup>1</sup>

(1.甘肃农业大学 园艺学院,甘肃 兰州 730070; 2.临洮县龙门镇农技推广站,甘肃 临洮 730500)

**摘要:**研究了连作栽培条件下,威百亩土壤熏蒸与微生物菌剂联用对兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)生长及土壤生物理化性状的影响。结果表明:与对照相比,威百亩熏蒸处理对百合生长有抑制作用,显著降低了百合产量。微生物菌剂处理对百合生长有促进作用,显著提高了百合产量;部分土壤生物化学指标发生了显著变化,与对照相比,土壤真菌数量下降,细菌数量增加;土壤总孔隙度和绝对含水量增加;土壤碱解氮、速效钾、速效磷等可利用养分含量增加,pH下降。而威百亩熏蒸与微生物菌剂联用处理与对照相比,作用效果不显著,但与单纯熏蒸处理相比,植株生长指标、土壤细菌数量及土壤理化性状指标有一定改善。在西北寒旱生态区山地蔬菜春茬旱作栽培模式下,受低温及土壤含水量不足的影响,威百亩熏蒸容易对百合产生药害;土壤熏蒸和微生物菌剂联用不能缓解兰州百合连作障碍;而单独使用微生物菌剂处理可以缓解连作障碍,并且可以消减威百亩处理所产生的负作用。利用异硫氰酸甲酯及其产生前体棉隆及威百亩进行土壤熏蒸,由于异硫氰酸甲酯有可能降解或挥发不完全,易发生药害,应慎重使用。

**关键词:**连作障碍;威百亩;有益微生物

**文章编号:** 1000-694X(2020)05-169-11

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00069

**中图分类号:** S182

**文献标志码:** A

## 0 引言

高附加值及保护地作物生产过程中存在多年连茬种植的现象,导致土壤病原菌和虫卵的累积,土传病害严重。土传病原菌有着数量大、种类多及存活时间长的特点,土传病害的发生极具隐蔽性,经常会造成作物减产甚至绝收,给种植户造成巨大损失<sup>[1]</sup>。生产上多采用土壤熏蒸消毒的方法防控农作物连作障碍,但其弊端是显著破坏了土壤微生物群落结构及土壤微生物区系。为研究应用高效、低毒、绿色、安全的土壤处理技术,近年来,科学家提出将土壤熏蒸与微生物有机肥结合,以调控土壤微生物区系、诱导形成抑病型土壤来克服土壤连作障碍<sup>[2]</sup>,即对土壤先进行化学消毒,随后施入微生物有机肥,通过外源拮抗微生物的补充来形成抑病型土

壤微生物区系,从而达到提升耕地土壤质量、减少对农用化学品的投入、促进植株健康生长的目的。该方法目前已成功应用于设施连作障碍的治理中<sup>[3-5]</sup>。

山地蔬菜在西北寒旱生态区高原夏菜生产中占有重要地位。该区域夏秋季节气候凉爽,土壤有机质含量丰富,适合栽培多种喜凉性蔬菜。现有几种栽培方式中,露地旱作栽培是最重要的栽培方式之一。4月中下旬播种,7—9月收获,一年一茬。随着山地蔬菜栽培产业的规模化发展,土壤连作现象凸显,连作障碍成为优质高原夏菜安全生产中面临的重要挑战。如前所述,尽管在设施蔬菜连作障碍治理中土壤消毒技术与微生物有机肥联用取得了良好的使用效果,但是在应用该技术治理冷凉地区露地作物连作障碍方面仅有零星报道,如在甘肃陇

收稿日期:2020-03-22; 改回日期:2020-07-13

资助项目:国家自然科学基金项目(31860549);兰州市科技计划项目(2017-4-95)

作者简介:张立彭(1993—),男,甘肃通渭人,硕士研究生,主要从事蔬菜栽培生理及栽培技术研究。E-mail: 1527617372@qq.com

通信作者:师桂英(E-mail: shigy@gsau.edu.cn)

东地区采用土壤消毒与微生物有机肥联用(石灰+碳铵熏蒸与微生物有机肥联用)的方法可降低植株的发病率和病薯率,同时增加马铃薯块茎产量<sup>[6]</sup>。

土壤熏蒸剂是指施用于土壤中,利用挥发时产生的气体毒杀有害生物,在人为的密闭空间中防止土传病、虫、草等危害的一类农药<sup>[1]</sup>。目前,国内已经商品化的土壤熏蒸剂品种有4种,分别为氯化苦、威百亩、棉隆和硫酰氟<sup>[7]</sup>。威百亩化学名称为甲基二硫代氨基甲酸钠,具有低毒、高效、广谱、对环境友好及低成本等优点,广泛应用于农作物的病、虫、草害的治理<sup>[8-9]</sup>。威百亩作为熏蒸剂在中国已经应用多年,通过在潮湿土壤中施用威百亩,将其分解成主要为异硫氰酸甲酯的活性物质而产生熏蒸作用<sup>[10-11]</sup>。现已证实威百亩及其主要分解产物对于线虫、地下害虫、细菌、真菌和杂草<sup>[12-13]</sup>均有很好的防治效果。威百亩土壤熏蒸剂产生熏蒸效果的土壤条件以土壤含水量及温度最重要<sup>[7,14-15]</sup>。但不同研究结果之间也存在较大差异,如Ben-Yephet<sup>[16]</sup>的研究发现在高温条件下威百亩对土壤的熏蒸效果优良,而Vanachter等<sup>[17]</sup>的研究则表明在低温条件下使用威百亩熏蒸的效果好;Ashley等<sup>[18]</sup>发现在7种类型土壤中土壤含水量对威百亩的释放无显著影响,而Ben-Yephet<sup>[19]</sup>、Saeed等<sup>[20]</sup>发现较高土壤含水量与低温结合效果好。不同的试验条件可显著影响熏蒸效果<sup>[14]</sup>,因此,以威百亩为例,开展土壤熏蒸-微生物菌剂联用技术在寒区露地旱作栽培山地蔬菜连作土壤修复的试验研究十分必要。

兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)是中国唯一的甜百合,是极具地方特色的甘肃名优蔬菜,仅适宜甘肃中部兰州周边二阴山区种植<sup>[21]</sup>,狭域分布、无性繁殖,多年生栽培,连作现象普遍,连作障碍发生严重<sup>[22]</sup>。该作物通常采用春季旱作栽培,4月中下旬播种,2~4年后采收,栽培过程中草害十分严重。近年来,本项目组在兰州百合连作障碍机理方面进行了研究,表明自毒作用<sup>[23]</sup>、土壤理化性状及微生物区系失衡<sup>[24]</sup>以及由镰刀菌引起的

枯萎病<sup>[25]</sup>均是引起兰州百合连作障碍的根本原因。本课题组于2017年开展的应用研究表明土壤熏蒸(威百亩,石灰氮)+微生物有机肥联用可使土壤微生态环境得到有效地改善,有效缓解设施茄子连作障碍,提高茄子的产量及品质<sup>[3]</sup>。基于以上研究基础,本研究选用兰州百合作为代表性作物,以威百亩作为土壤熏蒸剂,与微生物菌剂联用,进行连作障碍治理研究,以期包括兰州百合在内的寒旱区山地蔬菜土壤连作障碍治理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区基本情况

试验点选择在兰州、榆中、临洮交界处,七道梁山顶东南部,阿干镇(35°49′11″—35°49′13″N, 103°53′12″—103°53′14″E),该区域是兰州百合适宜种植区。该区域为高山坡地,海拔2 330 m,气候温凉,半湿润,无霜期较短,是典型二阴山区,是兰州百合原产区,食用百合种植历史达140年。试验地位于该区蒋家山村。

### 1.2 供试材料

百合种球:一级商品种球,质量17±2 g,根系健壮、无腐烂、色白、无分头、大小均匀一致。

化学熏蒸剂:42%威百亩水剂(25 kg·桶<sup>-1</sup>,山东钰来化工科技监制出品)。

微生物菌剂:特8™菌剂由青岛远辉生物环保科技有限公司提供(存有22类菌群,总数达15 000 cfu·g<sup>-1</sup>,有机质含量≥70%)。

### 1.3 试验设计及处理方法

2018年3月至2019年10月分别对连续种植百合6年以上的地块进行连续两年试验,第1年记为T6,第2年记为T6';2019年3月至2019年10月,对连续种植百合9年以上的地块进行试验,记为T9。两个样地种植前耕层土壤基本理化性状见表1。

表1 样地种植前耕层土壤基本理化性状

Table 1 Basic physical and chemical properties of cultivated soil before planting

样地名称	容重 (g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度 /%	含水量 /%	碱解氮 (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 (mg·kg <sup>-1</sup> )	pH
连作6年T6	1.00	21.00	15.00	78.44	200.63	44.29	8.00
连作9年T9	0.98	20.47	16.42	32.58	180.98	19.63	7.97

试验采用完全随机区组设计,设计4个处理,分别是:CK,不做任何处理;SFM,威百亩土壤熏蒸;MF,微生物菌剂土壤处理;SFM+MF,威百亩熏蒸+微生物菌剂处理。每个处理设置4次重复,小区面积 $10.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ 。土壤熏蒸具体操作步骤如下:播种前施入基肥(有机肥 $11.25\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ),用旋耕机翻耕混匀后开沟,沟深 $15\sim 20\text{ cm}$ ,沟距 $25\sim 30\text{ cm}$ ,将威百亩用水稀释80倍后均匀洒入沟中,覆土覆膜密闭处理15 d。土壤熏蒸结束后,揭膜晾晒7 d,之后进行微生物菌剂处理。2018年T6处理方法如下:特8™菌剂按 $67.5\text{ L}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的用量,稀释150倍后在播种期、开花期及蒴果膨大期分3次等量施入栽培行中(每次 $1/3$ ),施肥方法为沟施,施肥后覆土;至2019年,T6百合处于第二个生长期,以同样方法分3次等量施入。T9于2019年播种,将 $67.5\text{ L}\cdot\text{hm}^{-2}$ 菌剂播种时作为基肥一次性施入,以简化施肥方法,其余同上。T6、T9分别于2018年4月11日、2019年4月18日播种。均采用 $17\pm 2\text{ g}$ 的二级种球,株行距为 $0.15\text{ m}\times 0.30\text{ m}$ 。其余田间管理措施均由农户按常规方法管理,旱作栽培,无灌溉。

#### 1.4 土样的采集与测定

T6采样时间分别为幼苗期(2018-06-12)、盛花期(2018-07-25)、收获期(2019-10-27);T9采样时间分别为幼苗期(2019-06-12)、盛花期(2019-07-28)、收获期(2019-09-28)。采用五点取样法采集土壤样品。在百合行间距离植株 $10\text{ cm}$ 处、深度为 $0\sim 20\text{ cm}$ 采集土样。

土壤微生物测定指标及方法如下:真菌、细菌的培养分别采用马丁氏培养基、牛肉膏蛋白胨培养基,采用稀释涂布平板法测定真菌和细菌数量。

土壤理化性状仅在盛花期测定。用HANNA HI8314便携式pH仪表按照 $V_{\pm}:V_{\text{水}}=1:5$ 测定土壤pH值;用上海雷磁电导率仪DDS-307A测定电导率EC值;孔隙度测定采用环刀法<sup>[26]</sup>;含水量采用烘干法<sup>[27]</sup>。土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定;土壤速效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾含量采用 $\text{NaNO}_3$ 浸提-四苯硼钠比浊法测定<sup>[28]</sup>;过氧化氢酶活性采用高锰酸钾标定法,脲酶活性采用靛酚蓝比色法,碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法,蔗糖酶活性采用硝基水杨酸(DNS)比色法<sup>[29-30]</sup>。

#### 1.5 植株生长生理指标及产量测定

采集土样时同时测定植株生长及生理指标。用数显电子游标卡尺测定茎粗(植株根颈处的直径),用卷尺测定株高(植株根颈至生长点);将植株从根颈部位切断,用百分之一电子天平分别称量植株地上部、地下部重量,测定鲜重。干重测定时将称完鲜重的植株在 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 $15\text{ min}$ 后,于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,用百分之一电子天平称重。根系活力测定采用TTC法<sup>[31]</sup>。

产量测定分别在2018、2019年进行。2018年10月27日测定T6一年生百合产量,2019年10月8日测定T9一年生百合产量,以及T6'二年生百合产量,每小区随机取20株考种,分析产量构成,按照栽培密度计算总产量。

壮苗指数(干)=(茎粗/株高+地下部分干重/地上部分干重) $\times$ 全株干重

根冠比=地下部分质量/地上部分质量

#### 1.6 数据分析

采用Microsoft Excel 2010软件进行原始数据处理及图表绘制,采用SPSS 22.0统计软件进行方差分析,利用Duncan's多重比较法进行差异显著性检测( $P<0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤熏蒸和微生物菌剂对兰州百合生长发育的影响

#### 2.1.1 植株生长

与单一生长指标相比,由多项素质指标组成的指标体系更能全面、稳定地描述植株的整体素质<sup>[32]</sup>。本研究通过计算百合植株的综合性生长指标来衡量植株生长情况。各处理对兰州百合植株生长的影响见表2。威百亩土壤熏蒸和微生物菌剂处理对百合植株生长作用效果不同。总体来说,SFM对百合植株的生长在一定程度上产生了抑制作用,MF对植株生长具有一定的促进作用。与CK相比,SFM处理中有3个生长指标显著下降,12个生长指标差异不显著,1个生长指标显著增加。其中T6盛花期根冠比(鲜重)降低幅度最大,比CK显著降低了34%;与CK相比,MF处理中有6个生长指标显著增加,其余10个指标差异不显著;其中T6幼苗期壮苗指数增加幅度最大,比CK显著增加了92%。



表2 不同土壤处理对兰州百合植株生长指标的影响

Table 2 Effects of different soil treatments on growth indexes of lily in Lanzhou

样地名称	生长期	处理	茎粗/株高	根冠比(鲜重)	根冠比(干重)	壮苗指数
连作6年T6	幼苗期	对照CK	0.43±0.02 <sup>a</sup>	1.36±0.11 <sup>b</sup>	1.56±0.06 <sup>b</sup>	7.61±0.98 <sup>c</sup>
		熏蒸SFM	0.40±0.03 <sup>a</sup>	2.24±0.12 <sup>a</sup>	1.30±0.27 <sup>b</sup>	9.27±1.57 <sup>bc</sup>
		菌剂MF	0.38±0.03 <sup>a</sup>	2.01±0.36 <sup>a</sup>	2.34±0.14 <sup>a</sup>	14.61±2.02 <sup>ab</sup>
		熏蒸菌剂联用SFM+MF	0.37±0.02 <sup>a</sup>	1.92±0.04 <sup>ab</sup>	2.82±0.28 <sup>a</sup>	18.02±3.33 <sup>a</sup>
	盛花期	对照CK	0.26±0.00 <sup>ab</sup>	2.09±0.14 <sup>a</sup>	1.65±0.20 <sup>a</sup>	12.80±1.24 <sup>b</sup>
		熏蒸SFM	0.28±0.02 <sup>a</sup>	1.37±0.07 <sup>b</sup>	1.11±0.13 <sup>b</sup>	11.92±1.45 <sup>b</sup>
		菌剂MF	0.21±0.02 <sup>b</sup>	2.29±0.10 <sup>a</sup>	1.95±0.11 <sup>a</sup>	23.97±1.02 <sup>a</sup>
		熏蒸菌剂联用SFM+MF	0.21±0.02 <sup>b</sup>	2.12±0.13 <sup>a</sup>	1.05±0.11 <sup>b</sup>	11.94±1.47 <sup>b</sup>
连作9年T9	幼苗期	对照CK	0.42±0.01 <sup>a</sup>	2.82±0.17 <sup>a</sup>	2.85±0.26 <sup>a</sup>	14.94±0.65 <sup>a</sup>
		熏蒸SFM	0.39±0.02 <sup>a</sup>	2.05±0.34 <sup>b</sup>	2.95±0.49 <sup>a</sup>	16.51±3.00 <sup>a</sup>
		菌剂MF	0.42±0.02 <sup>a</sup>	2.77±0.15 <sup>a</sup>	2.04±0.24 <sup>ab</sup>	13.68±0.90 <sup>a</sup>
		熏蒸菌剂联用SFM+MF	0.41±0.01 <sup>a</sup>	1.53±0.05 <sup>b</sup>	1.52±0.09 <sup>b</sup>	12.65±0.60 <sup>a</sup>
	盛花期	对照CK	0.18±0.00 <sup>b</sup>	0.80±0.04 <sup>a</sup>	1.37±0.12 <sup>ab</sup>	16.75±0.98 <sup>b</sup>
		熏蒸SFM	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.75±0.03 <sup>ab</sup>	1.61±0.21 <sup>ab</sup>	18.88±2.19 <sup>b</sup>
		菌剂MF	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.73±0.01 <sup>ab</sup>	1.81±0.07 <sup>a</sup>	27.28±0.62 <sup>a</sup>
		熏蒸菌剂联用SFM+MF	0.19±0.01 <sup>b</sup>	0.69±0.03 <sup>b</sup>	1.23±0.11 <sup>b</sup>	16.15±1.24 <sup>b</sup>

不同字母表示相同样地内不同处理间差异显著,  $P<0.05$ 。

SFM+MF对于生长指标的影响较为复杂。16组观察值中,与CK相比,有2个生长指标显著增加,分别是T6幼苗期的根冠比(干重)与壮苗指数,二者分别比CK显著增加81%、137%;4个生长指标显著下降,分别是T6盛花期根冠比(干重),T9幼苗期根冠比(鲜重)与根冠比(干重),T9盛花期根冠比(鲜重),分别比CK显著降低36%、46%、47%、14%;其余10组观察值差异不显著。与SFM相比,SFM+MF有3个生长指标显著增加,分别是T6幼苗期根冠比(干重)与壮苗指数、T6盛花期根冠比(鲜重),三者分别比SFM显著增加117%、94%、55%;2个生长指标显著下降,分别是T6盛花期茎粗/株高,T9幼苗期根冠比(干重),分别比CK显著降低25%、48%;其余11组观察值差异不显著。

### 2.1.2 根系活力

百合3个生长时期中,以盛花期根系活力最高,收获期根系活力明显下降(图1)。总体来说,与CK相比,SFM一定程度上抑制了植株的根系活力,MF和SFM+MF促进了植株的根系活力。SFM在T6幼苗期和盛花期的根系活力比CK显著降低了45%、25%,MF处理在T6幼苗期、盛花期、收获期和T9幼

苗期根系活力比CK分别显著增加了47%、40%、32%、18%;SFM+MF处理在T6幼苗期和T9幼苗期,根系活力分别比CK显著增加了29%、29%。与SFM处理相比,SFM+MF处理根系活力增加,其中3个时期差异显著,分别是T6苗期和盛花期,T9苗期,三者分别比CK显著增加136%、60%、21%。

### 2.1.3 产量

与CK相比,SFM降低了百合产量,MF提高了兰州百合产量,而SFM+MF处理对于SFM处理所带来的产量降低效应具有一定的消减作用(表3)。比较T6及T9的一年生百合产量发现,MF处理的百合产量比CK分别增加了16%和13%;SFM处理的百合产量比CK分别减少了11%和19%;SFM+MF处理的百合产量比SFM分别增加了6%和14%,与CK没有显著差异。

2019年T6百合进入第二个生长期。产量分析结果表明,MF处理比CK处理增加18%,SFM处理比CK处理减少7%,SFM+MF处理比SFM处理增加16%。由此表明,持续的MF处理可显著提高兰州百合产量;SFM处理对百合生长产生的不良影响是一个长期的负向效应,持续向农药污染田释放微

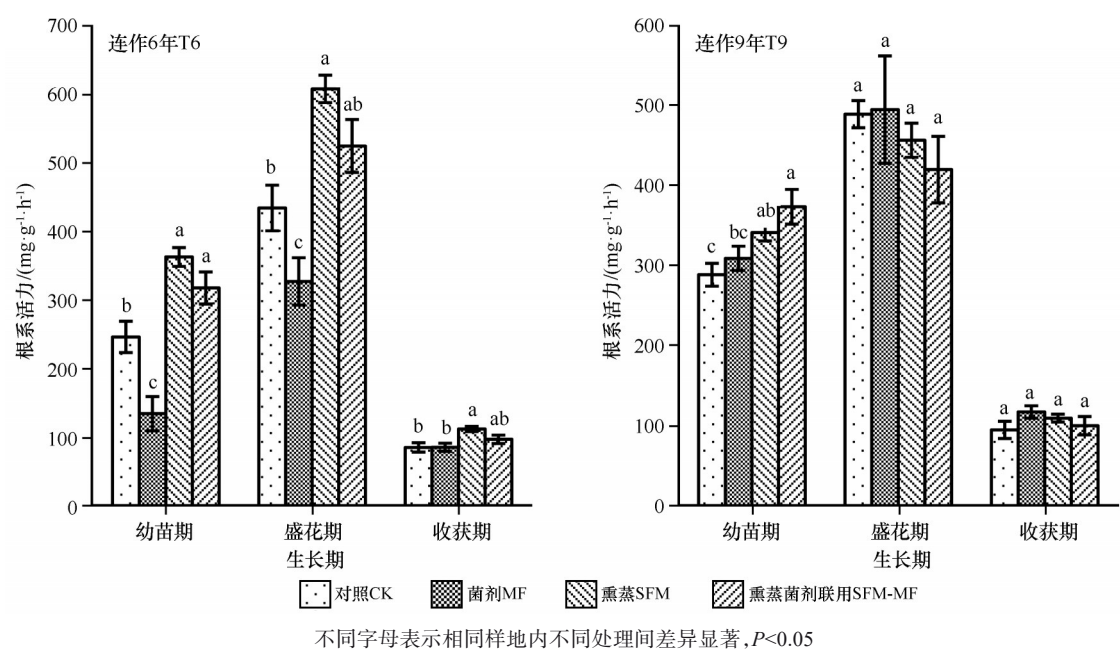


图 1 不同土壤处理对兰州百合根系活力的影响

Fig.1 Effects of different soil treatments on root activity indexes of Lanzhou lily

表 3 不同年份收获期兰州商品百合产量变化  
Table 3 Changes in dry and fresh weight of the underground part of Lanzhou lily at different years of harvest

样地名称	处理	鳞茎单重 /g	产量 /(t·hm <sup>-2</sup> )
连作 6 年 T6	对照 CK	27.54±3.71 <sup>b</sup>	5.48 <sup>b</sup>
	熏蒸 SFM	24.52±1.85 <sup>b</sup>	4.88 <sup>b</sup>
	菌剂 MF	32.08±4.55 <sup>a</sup>	6.38 <sup>a</sup>
	熏蒸菌剂联用 SFM+MF	25.97±2.96 <sup>b</sup>	5.17 <sup>b</sup>
连作 9 年 T9	对照 CK	29.95±1.04 <sup>ab</sup>	5.96 <sup>ab</sup>
	熏蒸 SFM	24.34±0.72 <sup>c</sup>	4.84 <sup>c</sup>
	菌剂 MF	33.91±1.46 <sup>a</sup>	6.75 <sup>a</sup>
	熏蒸菌剂联用 SFM+MF	27.76±0.48 <sup>b</sup>	5.52 <sup>b</sup>
连作 6 年连续 处理 2 年 T6'	对照 CK	34.30±0.55 <sup>b</sup>	6.83 <sup>b</sup>
	熏蒸 SFM	31.91±0.74 <sup>b</sup>	6.35 <sup>b</sup>
	菌剂 MF	40.55±0.96 <sup>a</sup>	8.07 <sup>a</sup>
	熏蒸菌剂联用 SFM+MF	39.79±0.58 <sup>a</sup>	7.92 <sup>a</sup>

不同字母表示同一样地内不同处理间差异显著,  $P < 0.05$ 。

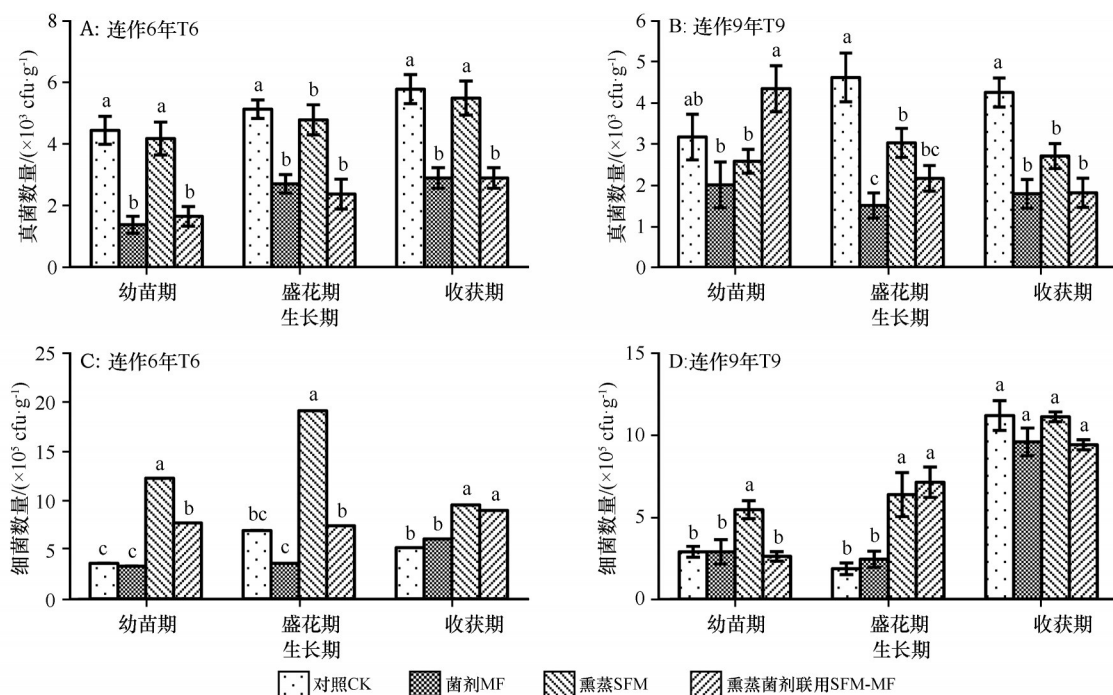
生物菌剂对威百亩使用所带来的负效应具有显著的消减作用。

2.2 土壤熏蒸和微生物菌剂对土壤可培养微生物的影响

SFM大幅度降低了土壤真菌数量(图2),而且作用效应比较持久,但是对细菌数量影响不显著。在6组观测值中,与CK相比,SFM处理的真菌数量均显著下降,其中T9收获期比CK降低了36.14%,降低幅度最大;而SFM处理后的6个细菌观测值与CK相比均无显著差异。

MF一定程度上降低了土壤真菌数量,有效提高了土壤细菌的数量。6个真菌观测值中,与CK相比,3个观测值显著下降,其中T9真菌数量在收获期比CK降低了36.14%,下降幅度最大,另外3个细菌数量观测值与CK差异不显著;6个细菌观测值中,与CK相比,5个观测值显著增加,其中以T6幼苗期细菌数量增加幅度最大,比CK增加了239.38%,仅有1个观测值与CK差异不显著。

与SFM处理相比,SFM+MF处理对真菌数量影响较小,但是有效提高了细菌数量。SFM+MF处理后的6个真菌观测值中,5个观测值与CK无显著差异,T9幼苗期的真菌数量比CK显著增加;6个细菌观测值中,4个观测值比CK显著增加,其中以T6幼苗期细菌数量增加幅度最大,比SFM增加了132.72%;其余2个观测值与CK差异不显著。



不同字母表示相同样地内不同处理间差异显著,  $P < 0.05$

图2 不同土壤处理土壤可培养真菌和细菌数量的变化

Fig.2 Dynamics of soil fungi and bacteria population in different treatments

### 2.3 土壤熏蒸和微生物菌剂对土壤理化性质及土壤酶活性的影响

与CK相比, MF增加土壤总孔隙度, 改善了土壤物理结构, 提高了土壤的持水性, 降低了土壤pH (表4)。其中T6的MF处理总孔隙度和含水量比CK分别显著提高了36%和13%, 土壤pH比CK显著降低; SFM中, 总孔隙度和含水量比CK有所下降, 其中T9总孔隙度显著低于CK20%; 与SFM相比, SFM+MF处理后, 总孔隙度和含水量有所提升, 所有指标达到或超过CK水平。

MF处理显著改善了土壤营养状况。T6碱解氮、速效钾、速效磷含量比CK分别显著提高了155%、16%、293%, T9碱解氮、速效钾、速效磷含量比CK分别显著提高了95%、8%、477%。SFM及SFM+MF处理也在一定程度上改善了土壤营养状况。T6的SFM处理碱解氮含量比CK显著提高52%, T9的SFM处理速效钾含量比CK显著提高8%; T6和T9的SFM+MF处理速效磷含量比CK分别显著提高了145%、196%。进一步比较SFM与SFM+MF处理的养分指标发现, SFM+MF处理后的土壤碱解氮、速效钾及速效磷含量比SFM处理均有显著提高: 在6组观测值中, 有4组SFM+MF处理显著高于对应的SFM处理观测值, 2组观测值差异不

显著。

MF、SFM及SFM+MF处理后的土壤酶活性变化比较复杂, 与CK相比, MF处理的过氧化氢酶与蔗糖酶活性显著提高, 脲酶活性显著降低, 碱性磷酸酶与CK差异不显著; SFM及SFM+MF处理后的土壤酶活性与CK相比, 部分指标显著下降, 部分指标显著增加, 有些指标在两样地中出现了相反的变化趋势, 各指标变化规律性不明显。

### 3 讨论

威百亩土壤熏蒸和微生物菌剂联用并不能缓解连作障碍, 威百亩处理对百合生长产生了显著的抑制作用, 而微生物菌剂处理显著提高了百合的产量, 缓解了土壤连作障碍, 并且能够有效消减威百亩处理所产生的负作用。通过在百合连作土壤中添加微生物菌剂, 在一定程度上优化了土壤生理生态及生物学条件, 提高了连作土壤的健康性, 促进百合植株的根系生长, 提高植株同化产物积累。该效应最终表现为植株根冠比及壮苗指数增加, 产量品质得到提升。

威百亩处理对百合生长产生了药害, 原因可能与早春低温干旱的施药环境有关。威百亩药液进入土壤后会迅速与水反应生成异硫氰酸甲酯



表 4 不同土壤处理对土壤理化性状土壤酶活性的影响  
Table 4 Effects of different soil treatments on soil enzyme activities and soil physical and chemical properties

样地名称	处理	pH	总孔隙度 /%	含水量 /%	碱解氮 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	过氧化氢 /(ml·g <sup>-1</sup> )	脲酶 /(mg·g <sup>-1</sup> )	蔗糖酶 /(mg·g <sup>-1</sup> )	碱性磷酸酶 /(mg·g <sup>-1</sup> )
连作 6 年 T6	对照 CK	8.16±0.01 <sup>a</sup>	20.68±1.04 <sup>c</sup>	13.64±0.21 <sup>b</sup>	51.08±2.03 <sup>c</sup>	238.74±3.69 <sup>b</sup>	22.04±2.17 <sup>c</sup>	1.39±0.02 <sup>c</sup>	8.55±0.05 <sup>a</sup>	4.67±0.10 <sup>c</sup>	1.11±0.04 <sup>ab</sup>
	熏蒸 SFM	8.04±0.02 <sup>b</sup>	23.68±1.99 <sup>bc</sup>	13.91±0.06 <sup>b</sup>	77.85±7.2 <sup>b</sup>	227.73±3.39 <sup>b</sup>	14.52±3.36 <sup>c</sup>	1.45±0.01 <sup>b</sup>	8.14±0.09 <sup>b</sup>	4.71±0.05 <sup>c</sup>	1.00±0.04 <sup>b</sup>
	菌剂 MF	7.94±0.04 <sup>c</sup>	28.04±0.65 <sup>a</sup>	15.38±0.31 <sup>a</sup>	130.23±1.58 <sup>a</sup>	276.57±7.74 <sup>a</sup>	86.56±9.13 <sup>a</sup>	1.58±0.03 <sup>a</sup>	7.92±0.07 <sup>c</sup>	6.31±0.09 <sup>a</sup>	1.13±0.03 <sup>a</sup>
	熏蒸菌剂联用 SFM+MF	7.99±0.02 <sup>bc</sup>	24.89±0.35 <sup>ab</sup>	13.93±0.10 <sup>b</sup>	54.6±2.4 <sup>c</sup>	226.19±1.42 <sup>b</sup>	54.03±4.22 <sup>b</sup>	1.48±0.01 <sup>b</sup>	8.24±0.03 <sup>b</sup>	5.24±0.03 <sup>b</sup>	1.11±0.03 <sup>ab</sup>
连作 9 年 T9	对照 CK	8.13±0.03 <sup>a</sup>	20.06±0.67 <sup>a</sup>	17.10±0.24 <sup>b</sup>	27.44±9.67 <sup>b</sup>	196.18±3.15 <sup>b</sup>	12.63±1.06 <sup>c</sup>	1.14±0.03 <sup>b</sup>	7.97±0.08 <sup>a</sup>	7.88±0.02 <sup>bc</sup>	1.72±0.07 <sup>a</sup>
	熏蒸 SFM	8.05±0.02 <sup>ab</sup>	16.05±1.10 <sup>b</sup>	16.82±0.19 <sup>c</sup>	31.74±2.22 <sup>b</sup>	181.15±2.83 <sup>c</sup>	10.48±0.87 <sup>c</sup>	1.21±0.04 <sup>b</sup>	7.40±0.16 <sup>ab</sup>	7.78±0.06 <sup>c</sup>	1.35±0.03 <sup>b</sup>
	菌剂 MF	7.98±0.04 <sup>b</sup>	22.43±1.28 <sup>a</sup>	17.65±0.22 <sup>ab</sup>	53.62±7.51 <sup>a</sup>	211.38±5.55 <sup>a</sup>	72.85±0.8 <sup>a</sup>	1.46±0.05 <sup>a</sup>	7.02±0.10 <sup>b</sup>	8.21±0.01 <sup>a</sup>	1.63±0.01 <sup>a</sup>
	熏蒸菌剂联用 SFM+MF	8.00±0.02 <sup>b</sup>	21.90±1.65 <sup>a</sup>	17.92±0.20 <sup>a</sup>	20.21±5.5 <sup>b</sup>	194.68±1.73 <sup>b</sup>	37.37±1.76 <sup>b</sup>	1.22±0.08 <sup>b</sup>	7.35±0.5 <sup>ab</sup>	8.00±0.06 <sup>b</sup>	1.27±0.03 <sup>b</sup>

盛花期测定,不同字母表示相同样地内不同处理间差异显著,*P*<0.05。

(MITC)和硫化氢气体,产生熏蒸作用。为保证作用效果,施药后要立即覆盖聚乙烯地膜以阻止气体泄漏。由于异硫氰酸甲酯本身兼具除草特性,多种农作物均对其敏感,因此,为避免其对后茬作物产生药害,在使用后要确保异硫氰酸甲酯完全降解、挥发后才能进行播种。国内外诸多研究表明,对土壤熏蒸剂产生熏蒸时的土壤条件研究以土壤温度和含水量两个方面最为重要,不同的试验条件对熏蒸效果影响很大<sup>[7,14-15]</sup>。赵文等<sup>[15]</sup>在实验室条件下研究了威百亩及异硫氰酸甲酯在土壤中的降解特性,结果表明,威百亩在土壤中的降解与土壤绝对含水量、环境温度和土壤有机质含量均密切相关,25℃下,绝对含水量约为20%的土壤最有利于其降解。威百亩的降解速率还随温度的升高和土壤有机质含量的增加而加快。异硫氰酸甲酯的降解趋势与威百亩基本相同。王惟萍等<sup>[14]</sup>研究了土壤水分及温度对威百亩熏蒸防治黄瓜枯萎病的影响,结果表明,威百亩的熏蒸效果随着土壤温度的升高而增强。威百亩结合日光消毒温度大于25℃、土壤相对含水量为30%或50%、熏蒸10~15 d可有效控制土壤中尖孢镰刀菌引起的黄瓜枯萎病。但是,威百亩在土壤温度20℃熏蒸时,黄瓜植株产生了轻度药害反应。根据百合春季播种期,其土壤处理的时间一般应在3月下旬至4月上旬进行(本试验威百亩土壤熏蒸处理在3月下旬进行),其时温度较低,试验区2018年3月下旬至4月上旬平均气温8.3℃,日最高气温平均值17.6℃,2019年同期平均气温7.7℃,日最高气温平均值15.6℃;土壤含水量也低于适宜威百亩分解的20%以上的土壤湿度(两块试验地土壤绝对含水量分别为13%、15%),由此造成威百亩及其降解产物异硫氰酸甲酯在播种前并没有完成降解和挥发,对后续种植的百合产生了药害。此外,另一重要的土壤熏蒸剂棉隆,其前体物质也为异硫氰酸甲酯,本课题组在2018年与威百亩同时进行了该农药对兰州百合的土壤熏蒸试验,在田间观察到了更严重的药害,百合种球仅零星发芽,由此提示,异硫氰酸甲酯及其产生前体棉隆及威百亩进行土壤熏蒸,易发生药害,应慎重使用。另外,除草剂对单子叶植物及双子叶植物的选择性是其安全性界定的重要指标。茄果类、瓜类蔬菜是日光温室反季节生产的大宗蔬菜作物,该类蔬菜皆为双子叶植物。威百亩成功应用于日光温室茄果类、瓜类蔬菜定植前的土壤消毒。由此提示:

威百亩在兰州百合上产生严重的药害可能与其属于单子叶植物的特点有关。该猜测尚需进行深入探讨。

本研究结果还表明,以假单孢杆菌(*Pseudomonas* sp.)及节杆菌(*Arthrobacter* sp.)为主的有益微生物种群对威百亩及其降解产物异硫氰酸甲酯所产生的生物降解作用,是本研究中微生物菌剂消减威百亩药害的重要机理之一。生物降解<sup>[33-35]</sup>通常是指一种酶促反应,微生物利用自身不同的代谢途径,在温和条件下可以破坏许多长期存在的有毒化合物组分,使目标物的中间产物结构发生一定程度的变化,特定化学组分降解为其它产物(初级生物降解物)或者完全降解氧化为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O(终级生物降解物)。生物降解技术在农药污染土壤的修复工作中展示了重要作用<sup>[36]</sup>。科学家已经从诸多细菌类群中分离出特殊的株系应用于土壤农药污染修复,如假单孢杆菌及节杆菌<sup>[37]</sup>、植物乳杆菌(*Lactobacillus* sp.)、链球菌(*Streptococcus* sp.)<sup>[38]</sup>。本研究选用的特8™微生物菌剂以假单孢杆菌(*Pseudomonas* sp.)、节杆菌(*Arthrobacter*)、植物乳杆菌(*Lactobacillus*)作为主要成分,包含22类菌群,有益微生物总数达15 000 cfu·g<sup>-1</sup>。以上分析解释了特8™微生物菌剂对威百亩药害的主要消减作用机制。此外,假单孢杆菌及节杆菌等微生物菌可以抑制植物土传病害的发生<sup>[15]</sup>,促进连作栽培中抑菌性土壤的形成<sup>[39]</sup>,以及作为重要的解钾菌<sup>[40]</sup>及解磷菌<sup>[41]</sup>成员提高土壤的养分利用率,是其作为有益微生物菌的基本功能。由此解释了微生物菌剂通过防治土传病害,提高土壤养分利用率,促进百合生长,缓解连作障碍的作用机制。进一步推论,微生物菌剂通过促进植物生势提升,提高植株抗病性及抗药性,可能是特8™微生物菌剂消减威百亩药害的另一作用机制。

大量研究表明,在长期连作过程中,土壤细菌数量减少,真菌数量增加,土壤微生物区系由细菌型向真菌型过渡是连作障碍发生的重要原因<sup>[25,32-33]</sup>。本课题组前期关于兰州百合连作障碍机理的研究中也得到了类似结论<sup>[24]</sup>。应用微生物菌剂处理,可一定程度上降低土壤真菌数量,有效提高土壤细菌的数量,由此减缓连作土壤微生物区系由细菌型土壤向真菌型土壤的转变进度,提高土壤的健康性。另外,与单独的土壤熏蒸处理比较,土壤熏蒸处理与微生物菌剂联用,对真菌数量影响较

小,但是有效提高了细菌数量。由此表明,尽管微生物菌剂中存在拮抗微生物降低有害真菌作用的主要机制,但是,本研究中微生物菌剂对于土壤可培养真菌数量的抑制作用十分有限,其拮抗作用可能是针对一些特定的靶向病原微生物种类,而不是大范围的可培养真菌起作用。提高土壤可培养细菌数量是其消减SFM处理药害的重要机理。与对照相比,土壤熏蒸后百合整个生长期,土壤可培养真菌数量长期维持在较低的水平,但是细菌与CK差别不大。因此,尽管SFM处理可以有效杀灭播种前土壤中的细菌、真菌等微生物,但是,在威百亩散尽后在含有极少微生物的洁净土壤中,细菌群落的自体生长恢复能力远优于真菌群落的自体生长恢复能力。

土壤理化性状劣化是兰州百合连作障碍产生的另一重要原因<sup>[24]</sup>。在0~9年兰州百合连作田土壤中,随着连作年限增加,土壤pH值增加,有盐碱化趋势,含水量下降;土壤养分失衡,有机质、碱解氮、有效磷增加,而速效钾含量减少;过氧化氢酶和蔗糖酶活性降低,碱性磷酸酶及脲酶活性增加。本研究结果表明,微生物菌剂处理改善了土壤物理结构,增加了土壤孔隙度以及增强了土壤持水能力;土壤pH下降,盐碱化趋势得到缓解;同时土壤营养状况得到改善,碱解氮、速效钾、速效磷等可利用养分含量显著提高。土壤熏蒸处理与微生物菌剂联用处理消减了单独的土壤熏蒸处理对土壤物理结构的不利影响,且其养分状况也有一定程度的改善。土壤酶在催化土壤生化反应的同时也直接参与土壤有机质的降解与合成,其活性高低从侧面反映出土壤中物质的转化情况、土壤中生化反应激烈程度、物质能量的交换速度、土壤环境的健康指数以及土壤质量等<sup>[42]</sup>。但是,本研究结果表明,利用土壤酶活性变化来解释土壤养分效应变化存在一定的局限性:各处理土壤酶活性变化较为复杂,有些处理的酶活性指标的变化规律性不明显。出现这种现象的原因可能是:与其他土壤理化性状指标相比,土壤酶活性对环境变化更为敏感,除了受试验因素本身的影响之外,还容易受到气候条件,土壤生物或栽培年限等各种复杂因素的扰动。

随着连作年限的增加,兰州百合连作障碍加重。连作6年、9年的百合田,继续种植百合,一年生百合产量比CK分别降低15.51%,18.02%<sup>[24]</sup>。本研



究结果表明,在山地旱作栽培条件下,将微生物菌剂一次性施入土壤,是一种简便经济的施肥方法。但是,由于作物产量除了受土壤状况影响,气候条件也是重要的影响因素。本试验中两个样地种植年份不同,气候条件不同,因此,对于两种施肥方法的施肥效果及其对不同年限样地的影响,还需进行深入比较研究。

## 4 结论

兰州百合春季播种前,由于低温及土壤含水量不足,威百亩及其降解产物异硫氰酸甲酯在播种前并没有完成降解和挥发,对后续种植的百合产生了药害。威百亩土壤熏蒸和微生物菌剂联用并不能缓解连作障碍,该技术不适合应用于该作物春季播前土壤处理。而单独使用微生物菌剂可以促进百合生长,缓解连作障碍,并在一定程度上能够有效消减威百亩产生的药害作用。微生物菌剂应用于连作栽培田,可以减缓连作土壤微生物区系由细菌型土壤向真菌型土壤的转变进度,提高土壤的健康性,进而改善土壤理化性状,提高土壤养分可利用水平,促进植株生长,缓解连作障碍。提高土壤可培养细菌数量,改善土壤物理结构和土壤养分水平,是土壤熏蒸和微生物菌剂联用消减威百亩药害的土壤生物化学机理所在;另外,微生物菌剂处理提高植物生长势,提高植株抗病性及抗药性,可能也是其消减威百亩药害的另一作用机制。

西北寒旱生态区山地高原夏菜生产对于土壤连作障碍治理技术的需求迫切,在该生态区域普遍应用的春茬旱作露地栽培模式下,受低温及土壤含水量低的影响,利用异硫氰酸甲酯(methyl isothiocyanate, MITC)及其产生前体棉隆及威百亩进行土壤熏蒸,易发生药害,应十分慎重使用。

## 参考文献:

- [1] 毛连纲,颜冬冬,吴篆芳,等.土壤化学熏蒸效果的影响因素述评[J].农药,2013(8):4-8.
- [2] 张瑞福,沈其荣.抑病型土壤的微生物区系特征及调控[J].南京农业大学学报,2012(5):129-136.
- [3] 贾喜霞,师桂英,吕海龙,等.土壤熏蒸-微生物有机肥联用缓解设施茄子连作障碍的土壤生物化学效应研究[J].甘肃农业大学学报,2019,54(3):84-92.
- [4] 张屹,肖姬玲,向吉方.不同熏蒸处理与生物有机肥联用对西瓜枯萎病的防控效果[J].湖南农业科学,2017(8):53-56.
- [5] 孙莉.土壤熏蒸联合生物有机肥防控西瓜和黄瓜枯萎病研究[D].南京:南京农业大学,2015.
- [6] 刘星,张书乐,刘国锋,等.土壤熏蒸-微生物有机肥联用对连作马铃薯生长和土壤生化性质的影响[J].草业学报,2015(3):122-133.
- [7] 王秋霞,颜冬冬,王献礼,等.土壤熏蒸剂研究进展[J].植物保护学报,2017(4):3-17.
- [8] Gerstl Z, Mingelgrin U, Yaron B. Behavior of Vapam and Methylisothiocyanate in soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1977, 41(3): 545-548.
- [9] Fritsch H J, Huber R. Basamid granular: a halogen-free soil disinfectant[J]. Acta Horticulturae, 1995, 382: 76-85.
- [10] Saeed I A M, Rouse D I, Harkin J M, et al. Methyl isothiocyanate volatilization from fields treated with metam-sodium[J]. Pest Management Science, 2000, 56(9): 813-817.
- [11] Noguer T, Balasoiu A M, Avramescu A, et al. Development of a disposable biosensor for the detection of metam-sodium and its metabolite mitc[J]. Analytical Letters, 2001, 34(4): 513-528.
- [12] Fu C H, Hu B Y, Chang T T, et al. Evaluation of dazomet as fumigant for the control of brown root rot disease[J]. Pest Management Science, 2012, 68(7): 959-962.
- [13] Prider J, Williams A. Using dazomet to reduce broomrape seed banks in soils with low moisture content[J]. Crop Protection, 2014, 59: 43-50.
- [14] 王惟萍,石延霞,赵一杰,等.土壤环境条件对威百亩熏蒸防治黄瓜枯萎病的影响[J].植物保护学报,2017(1):159-167.
- [15] 赵文,赵一杰,王惟萍,等.实验室条件下威百亩及异硫氰酸甲酯在土壤中的降解特性[J].农药学报,2013(5):567-573.
- [16] Ben-Yephet Y. Effect of Soil structure on penetration by metham sodium and of temperature on concentrations required to kill soilborne pathogens[J]. Phytopathology, 1985, 75(4): 403-406.
- [17] Vanachter A C, Van Assche. The influence of soil temperature and moisture content on the effect of soil fumigants[J]. European Journal of Plant Pathology, 1970, 76(4): 240-248.
- [18] Ashley M G, Leigh B L, Lloyd L S. The action of metham sodium in soil. II. factors affecting the removal of methyl isothiocyanate residues[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1963, 14(3): 153-161.
- [19] Ben-Yephet Y. Penetration of metham and mylone into soil columns as measured by their effect on viability of microsclerotia of *Verticillium dahliae*[J]. Plant & Soil, 1979, 53(3): 341-349.
- [20] Saeed I A M, Rouse D I, Harkin J M, et al. Effects of soil water content and soil temperature on efficacy of metham-sodium against *Verticillium dahliae* [J]. Journal of Phytopathology, 1997, 81(7): 773-776.
- [21] 陈艳华,史宝秀,谢玲,等.甘肃中部百合气候适应性及适生种植区划[J].中国农业气象,2003(3):53-55.
- [22] Wu Z J, Xie Z K, Yang L, et al. Identification of autotoxins from root exudates of Lanzhou lily (*Lilium davidii* var. *unicolor*) [J]. Allelopathy Journal, 2015, 35(1): 35-48.

- [23] 陈君良. 兰州百合根系分泌物自毒作用的研究及化感物质的 GC-MS 分析[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [24] 孙鸿强. 连作对兰州百合生理特性及土壤环境效应的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [25] 边小荣, 师桂英, 梁巧兰, 等. 兰州百合枯萎病原菌的分离鉴定与致病性测定[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(4): 58-64.
- [26] 张丽琼. 长期轮作与施肥对土壤肥力的影响及其综合评价[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [27] 赵宇飞, 王长沙. 常用土壤含水量测定方法的原理及比较[J]. 园艺与种苗, 2017(10): 70-73.
- [28] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [29] 李振高, 骆永明, 滕应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [30] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 112-113.
- [31] 耿士均. 专用微生物肥克服土壤连作障碍及机理的研究[D]. 江苏苏州: 苏州大学, 2012.
- [32] 白岩, 史万华, 邢小军, 等. 烟草壮苗指数模型研究[J]. 中国农业科学, 2014(6): 1086-1098.
- [33] 徐军祥, 杨翔华, 姚秀清, 等. 生物强化技术处理难降解有机污染物的研究进展[J]. 化工环保, 27(2): 129-134.
- [34] Tuomela M, Vikman M, Hatakka A, et al. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review[J]. Bioresource Technology, 2000, 72(2): 169-183.
- [35] Singer A C, Gast C J V D, Thompson I P. Perspectives and vision for strain selection in bioaugmentation[J]. Trends in Biotechnology, 2005, 23(2): 74-77.
- [36] 高寒, 陈娟, 王沛芳, 等. 农药污染土壤的生物强化修复技术研究进展[J]. 土壤, 2019(3): 425-433.
- [37] 董蕾, 张明. 土壤中邻苯二甲酸二丁酯研究进展[J]. 安徽农学通报, 2017(3): 122-123.
- [38] 陈芳芳, 庞佳楠, 马春敏, 等. 乳酸菌对氨基甲酸酯农药的降解作用[J]. 中国食品学报, 2018(10): 102-108.
- [39] Mazzola M. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soil-borne diseases[J]. Antonie Van Leeuwenhoek, 2002, 81(1): 557-564.
- [40] Richardson A E, José-Miguel Barea, McNeill A M, et al. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms[J]. Plant and Soil, 2009, 321(1): 305-339.
- [41] Bagyalakshmi B. Influence of potassium solubilizing Bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*) [J]. African Journal of Agricultural Research, 2012, 7(30): 1308-1311.
- [42] 陈文新, 胡正嘉. 土壤和环境微生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990.

## Alleviating obstacles of continuous cropping in Lanzhou lily by soil fumigation combined with microbial fertilizer

Zhang Lipeng<sup>1</sup>, Shi Guiying<sup>1</sup>, Shi Guihong<sup>1</sup>, Yu Yanlin<sup>1</sup>, Li Mouqiang<sup>2</sup>, Su Guoli<sup>1</sup>, Jia Xixia<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Agricultural Technology Extension Station of Longmen Town, Lintao County, Lintao 730500, Gansu, China)

**Abstract:** This experiment studied the effect of metham sodium soil fumigation combined with microbial fertilizer on plant growth status of lanzhou lily (*Lilium davidii* var. *unicolor*) and soil bacterial and physic-chemical characters under the long term replanting in cold and arid climatic mountain areas in northwest China. The results showed that compared with CK, soil fumigation using metham sodium (SFM) significantly inhibited the lily growth and reduced the yield, while microorganism fertilizer (MF) treatment significantly promoted the lily growth and increased the yield. In MF treatment, compared with CK, some biochemical indicators significantly changed: soil fungal number decreased, while bacteria numbers, total soil porosity, water content, alkaline nitrogen, available potassium and available phosphorus increased, and soil pH decreased. Moreover, compared with CK, a combination of soil fumigation using metham sodium SFM and microorganism fertilizer (SFM+MF) treatment did not significantly affect the lily, but compared with SFM, plant growth indicators, soil bacterial and physic-chemical characters indicators improved. Thus, we concluded that in the vegetables cropping model where the vegetables are sowed in spring without irrigation in the this climatic areas, due to lower temperature and lower soil water content, metham sodium fumigation is likely to cause chemical damage to crops. Therefore, the combination soil fumigation using metham sodium and microorganism fertilizer could not alleviate the obstacles of vegetable continuous cropping. However, microbial fertilizer can effectively enhance the plant growth and alleviates the obstacles of continuous cropping, moreover, it can effectively reduce the negative effects of metham sodium fumigation; Meanwhile, Methyl isothiocyanate (MITC) and its precursors metham sodium and cotton vinegar, which might not decompose and volatile completely and be prone to make some chemical damage the crops, should be cautious in the usage of soil fumigation in this kind of vegetable cropping model in this climatic areas.

**Key words:** continuous cropping obstacles; metham sodium; beneficial microorganisms