

土壤环境因素对致病性尖孢镰刀菌生长的影响^①

彭 双^{1,2,3}, 王—明^{1,2}, 叶旭红^{1,2}, 林先贵^{1,2*}, 戴 勋⁴, 王军伟⁴, 谢新乔⁴

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院南京土壤研究所—香港浸会大学土壤与环境联合开放实验室, 南京 210008; 3 中国科学院大学, 北京 100049; 4 红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100)

摘 要: 为了探索土壤环境因素对致病性尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)存活和生长繁殖的影响, 通过设定环境温度、土壤含水量和土壤 pH 等, 研究了这些因素对尖孢镰刀菌西瓜专化型(FON)和黄瓜专化型(FOC)生长繁殖的影响。结果发现, 致病性尖孢镰刀菌在 21℃ ~ 30℃ 范围内能快速繁殖, 而在 45℃ 条件下则无法生长; 土壤含水量为 20% 时该菌繁殖速度最快, 而含水量为 5% 时则受到明显抑制; pH 4 ~ 5.5 的偏酸性土壤适宜尖孢镰刀菌繁殖, 而 pH 为中性或以上土壤均不利于该菌生长。结果表明, 高温、干旱和碱性是减轻土壤中致病性尖孢镰刀菌繁殖的有利环境因素, 通过创造相应环境条件, 可以控制枯萎病的发生或蔓延。

关键词: 枯萎病; 连作障碍; 致病性尖孢镰刀菌

中图分类号: Q939.95

致病性的尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)是一类既可侵染植物又可在土壤内生存的兼性寄生真菌, 由致病性尖孢镰刀菌侵染引起的植物枯萎病是一种世界性分布的土传真菌病害, 病害从根部危害植物, 引起维管束萎蔫, 造成植株枯死^[1]。致病性尖孢镰刀菌寄主范围广泛, 可引起瓜类、茄科、香蕉、棉花、豆科及花卉等 100 多种植物枯萎病的发生, 而且在植物的全育期均可发生, 对温室和田间农业生产造成了巨大的经济损失^[2]。致病性的尖孢镰刀菌对不同作物种类及同一作物的不同品种表现出致病性差异, 具有高度的寄主专化性, 形成不同的寄主专化型, 如尖孢镰刀菌西瓜专化型(*F.oxysporum* f. sp. *niveum*, FON)不会侵染黄瓜^[3-4]。由尖孢镰刀菌西瓜专化型和黄瓜专化型(*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, FOC)侵染所致的西瓜枯萎病和黄瓜枯萎病, 是西瓜和黄瓜生产中的重要病害^[3]。

植物病害的流行是植物、病原菌和环境因素相互作用的结果, 很多研究显示枯萎病的发生和土壤中病原菌的浓度以及生长速度有显著的相关性^[5]。Navas-Cortés 等^[6]研究表明 *F.oxysporum* f. sp. *ciceris* 侵染鹰嘴豆的最适温度是 22℃ ~ 26℃, 而当温度降低到 10℃ 的时候无病害发生。Bhatti 等^[7]研究显示随着土壤水

势(matric potential)从 -20 kPa 降低到 -1 060 kPa, 土壤中尖孢镰刀菌的数量和鹰嘴豆枯萎病的发病率均增加。此外, Haynes 等^[8]的研究发现, 向土壤中添加石灰可以提高土壤 pH 并降低枯萎病的发病率。

由于尖孢镰刀菌在连作土壤中所适宜的环境可能与常规土壤不同, 而且目前对致病性尖孢镰刀菌在连作土壤中的存活时间以及土壤环境因素对其存活的影响, 尚缺乏系统研究。鉴于此, 本试验以灭菌连作土壤作为供试土壤, 通过设定环境温度以及土壤含水量和 pH 等因素, 探讨这些因素对尖孢镰刀菌西瓜专化型和黄瓜专化型菌株在连作土壤中存活的影响, 比较致病性尖孢镰刀菌不同专化型在连作土壤中对环境因素的响应特征, 并找出存在的共同特点, 从而加深对致病性尖孢镰刀菌所适应环境条件的了解, 进一步掌握致病尖孢镰刀菌土壤存活和繁殖的不利环境因素, 从而为制定该病害综合防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验土壤的准备

供试西瓜连作土采自南京市江宁区横溪镇西瓜田间, 黄瓜连作土采自宜兴市蔬菜大棚, 土壤的基本化学性质见表 1。

基金项目: 中科院重点部署项目(CXJQ120111)、国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD05B04)、云南中烟工业公司科技项目(2011YL 01)、国家自然科学基金青年科学基金项目(41301255)和江苏省自然科学基金青年基金项目(SBK201340491)资助。

* 通讯作者(xglin@issas.ac.cn)

作者简介: 彭双(1986—), 女, 河南信阳人, 博士研究生, 主要从事环境微生物研究。E-mail: speng@issas.ac.cn

表 1 供试连作土壤及其基本化学性质
Table 1 Soil properties after continuous cropping with cucumber or watermelon

供试土壤	采样地点	pH	电导率 (ms/cm)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)
西瓜连作土	南京	6.16	1.41	16.1	1.68	4.26	26.3	234	175
黄瓜连作土	宜兴	5.57	3.33	11.2	1.30	3.07	23.5	185	113

土壤灭菌:将上述连作土用布袋分装,每袋 2 kg,放入高压灭菌锅 121℃ 灭菌 1 h,室温下放置 48 h,按前述方法灭菌一次,于 50℃ 烘干至恒重用。

1.2 菌株来源和孢子接种

尖孢镰刀菌西瓜专化型 ACCC 30024(FON)和黄瓜专化型 ACCC 30220(FOC)菌株保存于 PDA 斜面。在 PDA 平板上接种 FON 和 FOC,25℃ 培养 5 天,10 ml 无菌水将孢子洗下接种到 300 ml PDB 中,25℃、180 r/min 培养 3 天,2 层灭菌滤纸抽滤,无菌水冲洗 3 次后,300 ml 无菌水悬浮备用。

接种上述菌悬液到 5.7 kg 与菌种专化型相对应的连作土土壤中(即 FON 接种至西瓜连作土,FOC 接种至黄瓜连作土),混匀,测定含水量,称取 5 g 土样 3 份,稀释平板法在尖孢镰刀菌选择性培养基^[9]上测定接种土病原基数(colony formation unit,CFU/g,以干土重计)。

1.3 土壤环境因素的模拟

1.3.1 温度 用装有灭菌蒸馏水的洁净喷雾器对 1.2 中的接种土进行喷雾,调节土壤含水量到 15%(喷水量的体积根据原土样测得的含水量和试验用土的多少计算确定),称取 120 g 土样于无菌塑料瓶中,保鲜膜封口,分别于 15℃、25℃、35℃、45℃ 条件下培养。

1.3.2 土壤 pH 取 1.1 中无菌连作土 12 份,用灭菌 H₂SO₄ 溶液(0.2 mol/L)和 NaOH 溶液(1 mol/L)调节获得系列 pH:4.0、5.5、7.0、8.5,称取 1.2 中制备

好的接种土 12 份分别与之混匀,用预先调节好的溶液(该溶液与土壤混合后正好是目标 pH)把土壤含水量分别调节到 15%,每个 pH 梯度 3 个重复,充分混匀后取 120 g 装到无菌塑料瓶中用保鲜膜封口,室温(日间平均温度为 28℃±2℃,夜间平均温度为 24℃±3℃)条件下培养。

1.3.3 含水量 称取 1.2 中制备好的接种土 120 g 土样 12 份,用无菌水喷雾调节获得系列含水量:5%、10%、15%、20%。每个处理 3 个重复,充分混匀后分装到无菌塑料瓶中,用保鲜膜封口,于室温下培养。

1.4 尖孢镰刀菌的测定时间

每天上午分别打开各处理塑料瓶上的保鲜膜换气 1 min,试验过程中不额外补加水分,在培养的第 10、20、30、40 天进行尖孢镰刀菌的计数。

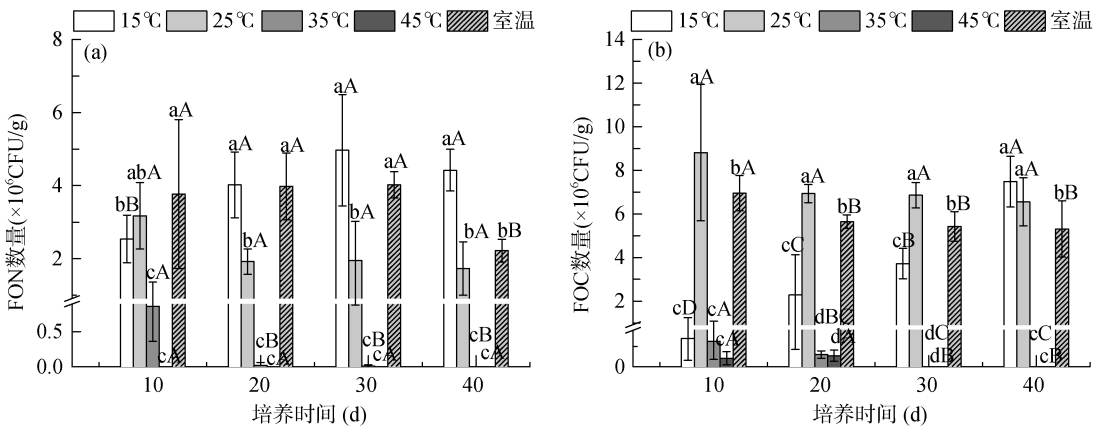
1.5 试验数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 13.0 软件进行统计分析,并使用 Duncan 多重极差检验法进行显著性分析($P<0.05$),图由软件 Origin 8.6 绘制。

2 结果与分析

2.1 温度对尖孢镰刀菌数量的影响

随着培养时间的延长,在室温条件下或 25℃ 恒温培养条件下 FON 和 FOC 均呈现先增加后降低的趋势(图 1),在 15℃ 条件下 FON 和 FOC 生长繁殖速度较慢,而高温不利于 FON 和 FOC 的生长,培养期间均呈下降趋势。



(纵坐标分段处表示培养开始前,土壤中的菌落数量。图中小写字母不同表示同一时间、不同处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,大写字母不同表示同一处理、不同培养时间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,下同)

图 1 温度对 FON 和 FOC 在土壤中生长的影响

Fig. 1 Effects of environmental temperature on FON and FOC growths

在 15℃、25℃ 和室温条件下, FON 和 FOC 均能在土壤中繁殖, FON 在室温条件下繁殖最快, 而 FOC 在 25℃ 条件下繁殖最快。在 35℃ 和 45℃ 处理条件下, 土壤中的 FON 和 FOC 数量不断下降, 温度越高下降越快, 45℃ 处理条件下在培养的第 10 天, FON 和 FOC 的数量就已经下降至 10^5 以下, 35℃ 条件下在 20 天时下降到该水平。该结果表明, 在合适的温度下尖孢镰刀菌可以在土壤中快速繁殖, 但是其在土壤中的生长繁殖温度最高不超过 35℃。

2.2 pH 对尖孢镰刀菌数量的影响

随着培养时间的延长, 4 个处理土壤中的 FON 数量均呈现出先增加后降低的趋势(图 2a), pH 4.0、pH 5.5 和 pH 7.0 处理土壤中 FON 的数量均在培养的第 30 天最多, 此后下降; 但是 pH 5.5 处理土壤中 10~30 天数量无显著差异, pH 8.5 土壤中 FON 的数量在第 10 天达到最大, 之后显著下降并低于初始数量。FOC 的表现与 FON 存在明显差异, pH 4.0 和 pH 5.5 处理土壤中 FOC 的数量从培养开始逐渐增加, 之后一直维持稳定(图 2b), 而 pH 7.0 处理的土壤中 FOC 的数量在整个培养期间无显著变化, 只有 pH 8.5 处

理土壤中的 FOC 数量呈先增加后降低的趋势, 该处理土壤中 FOC 的数量也是在第 10 天达到最高, 之后显著下降。与 FON 不同, 整个培养期间 FOC 数量均维持在初始数量之上, 表明 FOC 比 FON 耐碱能力强, 虽然 FON 和 FOC 都能够在碱性土壤中存活(至少 pH 为 8.5 的偏碱性土壤可以), 但是碱性土壤均不利于两者在土壤中繁殖。因此, 在生产实践中可以通过施用石灰或碱渣等碱性物质调节土壤 pH, 进而达到控制病菌繁殖的目的。

2.3 土壤含水量对尖孢镰刀菌数量的影响

在培养前期(0~20 天), FON 和 FOC 的数量变化趋势相似, 在 0~10 天, FON 和 FOC 的数量均随着土壤含水量的增加而增加(图 3), 第 10~20 天, 土壤中的 FON 和 FOC 数量无显著变化。

在培养后期(20~40 天), FON 和 FOC 数量变化趋势不同, 第 20~30 天, 5% 和 10% 含水量处理土壤中的 FON 数量显著增加, 与 20% 含水量处理土壤中 FON 的数量相比无显著差异; 第 30~40 天, 15% 和 20% 含水量处理土壤中 FON 的数量显著下降(图 3a), 土壤初始含水量越高, FON 数量下降越快, 而

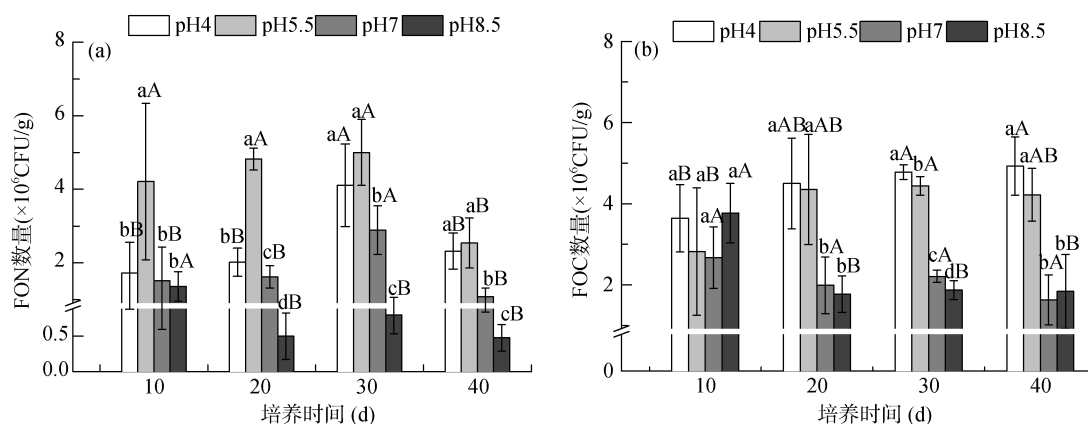


图 2 土壤 pH 对 FON 和 FOC 在土壤中生长的影响

Fig. 2 Effects of soil pH on FON and FOC growths

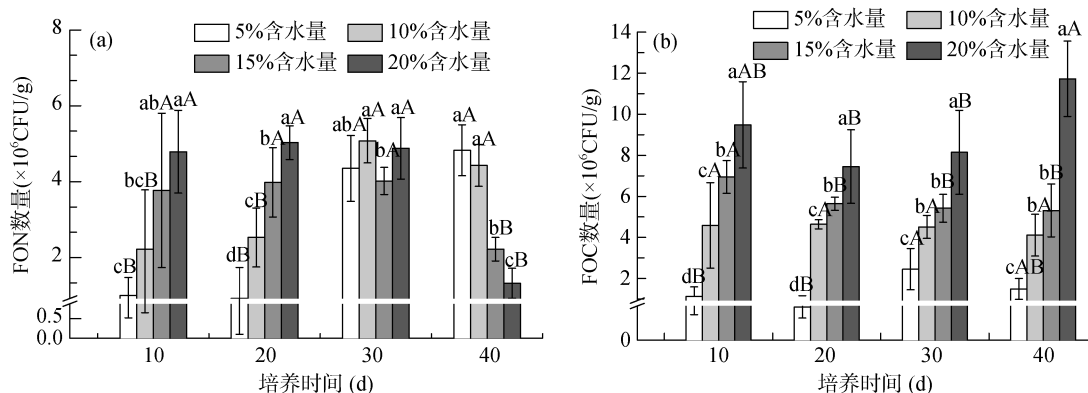


图 3 土壤含水量对 FON 和 FOC 生长的影响

Fig. 3 Effects of soil moisture content on FON and FOC growths

5% 和 10% 含水量处理土壤中 FON 的数量无显著变化。在整个培养期内,含水量为 20% 的土壤中 FOC 的数量始终高于其他处理(图 3b),并在培养第 10 天菌落数量就增加了 10.4 倍,在 10~30 天时土壤中 FOC 数量有所波动,40 天达到峰值(11.73×10^6 CFU/g)。而在含水量为 5% 的土壤中,FOC 能够存活,但是繁殖能力较弱。

3 讨论与结论

关于尖孢镰刀菌的最适生长温度,目前多数研究结果来自于室内合成培养基培养试验,如蓝江林等^[10]和肖荣凤等^[11]研究表明:在 15℃ ~ 25℃ 范围内,枯萎病原菌菌株在 PDA 平板上的生长速度随温度的升高而增大,生长适宜温度为 20℃ ~ 30℃,其中 25℃ 左右生长最快。张彩玲等^[12]研究表明尖孢镰刀菌分生孢子在水中的最适萌发温度为 25℃。本研究表明,尖孢镰刀菌在室温或 15℃ ~ 25℃ 条件下均能够在土壤中生长繁殖。Suárez-Estrella 等^[13]研究表明,45℃ ~ 65℃ 处理均能使蔬菜残留物堆肥中的病原尖孢镰刀菌 *F. oxysporum* f. sp. *melonis* 消失。贺春萍等^[14]研究表明西瓜枯萎病原菌分生孢子萌发的致死温度为 60℃,菌丝生长的致死温度为 80℃。说明高温是控制尖孢镰刀菌致病菌生长的一种有效的因素,但是在实际的生产实践中难以在田间或温室中使土壤温度达到 60℃ 或 80℃ 的高温,本研究表明在较高的环境温度下,尖孢镰刀菌在土壤中的生长繁殖能力衰退,在温度高于 35℃ 时已基本不能在土壤中繁殖,因此可以应用土壤日光辐射技术(soil solarization),高温闷棚、高温烤田等措施,提高土壤温度防治枯萎病。

此外,土壤含水量也能显著影响尖孢镰刀菌的生长和繁殖。在本试验范围内,初始含水量越高则越利于镰刀菌在土壤中繁殖,在含水量为 20% 的土壤中尖孢镰刀菌繁殖最快。但是,并非土壤含水量越高越利于尖孢镰刀菌的繁殖,Stover^[15]研究表明在没有宿主植物存在的情况下将土壤含水量调节到饱和状态时,*Fusarium* 的数量大幅减少。Oritsejafor^[16]研究表明随着土壤湿度的增加,*F. oxysporum* f. sp. *elaedis* 的存活率降低,含水量为 15% 的土壤中该病原真菌存活率最高,而在淹水 12 周的土壤中不能分离到该病原菌。表明 *Fusarium* spp. 是严格好氧的真菌,不具有耐涝性,土壤含水量一旦超过了尖孢镰刀菌的承受范围,那么土壤含水量的继续增加就会抑制其生长和繁殖。本研究表明干旱条件同样不利于尖孢镰刀菌

黄瓜专化型的繁殖,但是尖孢镰刀菌具有耐旱性,在含水量为 5% 的土壤中,尖孢镰刀菌能够存活 40 天以上。因此,有必要找出尖孢镰刀菌所能承受的土壤含水量阈值,并参考该阈值增加土壤含水量使病菌缺氧,或者降低土壤含水量使病菌缺水,以达到控制植物病害发展的目的,如淹水处理和水旱轮作等生态防病方法的应用。

尖孢镰刀菌在 pH 5.5 或 pH 4 的土壤中繁殖速度较快,碱性土壤(pH 8.5)不利于尖孢镰刀菌的生长。张彩玲等^[12]研究表明,弱酸条件促进尖孢镰刀菌分生孢子在水中萌发,其最适宜 pH 为 5.0。Oritsejafor^[16]研究表明土壤 pH 在 5~7 之间最有利于真菌 *F. oxysporum* f. sp. *elaedis* 的生长和存活。本研究结果也证明致病性尖孢镰刀菌在中性或中性偏酸性土壤中存活率较高,过酸过碱均不利于病原尖孢镰刀菌在土壤中的生长。因此,可以在不影响作物生长的前提下,调整土壤 pH 至碱性或许能够在一定范围内控制枯萎病的发生或蔓延。

尖孢镰刀菌因其是否具有致病性可分为致病菌和非致病菌两种,为了排除连作土中非致病性尖孢镰刀菌的影响,本试验采用无菌连作土作为供试土壤,但是同时也排除了土壤微生物种群对尖孢镰刀菌生长繁殖的影响。实际上,很多学者从施用生物有机肥的角度,通过调节土壤微生态结构及微生物区系来研究连作障碍的产生机理及克服方法^[17-18]。如曹云^[19]向有机肥中添加对致病性尖孢镰刀菌生长有抑制作用的枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) SQR9 和 *Trichoderma harzianum* SQRT-037 使黄瓜枯萎病的发病率降低了 58%。张树生等^[20]研究表明施用氨基酸肥料(AAF)可以增加土壤微生物多样性,使土壤中尖孢镰刀菌的百分含量显著下降,缓解黄瓜连作障碍。此外,申卫收等^[21]研究表明基质槽培土壤中的尖孢镰刀菌数量小于有土栽培土壤,基质微生物作为构成基质肥力的重要因素,通过微生物的代谢活动,可以改良基质的理化性质,不会造成酸化及土传病害等问题。关于土壤微生物对尖孢镰刀菌的存活影响还有待于进一步的研究。

综上所述,环境温度、土壤 pH 和土壤含水量对土壤中致病性尖孢镰刀菌的生长繁殖均有明显影响,致病性尖孢镰刀菌西瓜专化型和黄瓜专化型对不同的温度、土壤 pH 和土壤含水量的响应存在差异,但是 35℃ ~ 45℃ 高温以及 pH 8.5 的偏碱性土壤均能显著抑制土壤中这两种病原尖孢镰刀菌的繁殖。因此,在防治枯萎病时要考虑环境条件及土壤 pH,选

择合适的治理时间,同时结合高温闷棚、高温烤田、水旱轮作等其他措施,才能更好地防治土传枯萎病病害,减少经济损失。

参考文献:

- [1] 刘新月,李凡,陈海如,郭俊,张萍. 致病性尖孢镰刀菌生物防治研究进展[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S1): 89-93
- [2] López-Berges MS, Capilla J, Turrà D, Schaffner L, Matthijs S, Jöchl C, Cornelis P, Guarro J, Haas H, Pietro AD. HapX-mediated iron homeostasis is essential for rhizosphere competence and virulence of the soilborne pathogen *Fusarium oxysporum*[J]. Plant Cell, 2012, 24: 3 805-3 822
- [3] 肖荣凤. 瓜类尖孢镰刀菌生理分化特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2007
- [4] 刘波, 胡桂萍, 肖荣凤. 尖孢镰刀菌寄主专化型脂肪酸生物标记鉴别特性[J]. 中国农业科学, 2012, 45(24): 4 998-5 012
- [5] Boughalleb N, Mahjoub ME. *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* and *F. oxysporum* f. sp. *niveum* inoculum densities in tunisian soils and their effect on watermelon seedlings[J]. Phytoparasitica, 2006, 34: 149-158
- [6] Navas-Cortés JA, Landa BB, Méndez-Rodríguez MA, Jiménez-Díaz RM. Quantitative modeling of the effects of temperature and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* races 0 and 5 on development of Fusarium Wilt in chickpea cultivars[J]. Phytopathology, 2007, 97: 564-573
- [7] Bhatti MA, Kraft JM. Influence of soil moisture on root rot and wilt of chickpea[J]. Plant Disease, 1992, 76: 1 259-1 262
- [8] Haynes RJ, Naidu R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A review[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, 51: 123-137
- [9] Komada H. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil[J]. Review of Plant Protection, 1975, 8: 114-125
- [10] 蓝江林, 刘波, 肖荣凤, 朱育菁, 车建美. 温度对几种作物尖孢镰刀菌菌株生长的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43: 67-70
- [11] 肖荣凤, 刘波, 朱育菁, 张绍升, 林抗美. 西瓜枯萎病原菌鉴定及其生物学特性的研究[J]. 武夷科学, 2004, 20: 70-73
- [12] 张彩玲, 陆宗芳, 王永全. 环境因素对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的影响[J]. 甘肃农业科技, 2008(2): 5-8
- [13] Suárez-Estrella F, Vargas-García MC, Elorrieta MA, López MJ, Moreno J. Temperature effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* survival during horticultural waste composting[J]. Journal of Applied Microbiology, 2003, 94: 475-482
- [14] 贺春萍, 黄志强, 吴伟怀, 郑肖兰, 郑服丛. 一株西瓜尖孢镰刀菌的致死温度和最适碳氮营养源[J]. 热带作物学报, 2008, 29(5): 648-652
- [15] Stover RH. The effect of soil moisture on *Fusarium* species[J]. Canadian Journal of Botany, 1953, 31(5): 693-697
- [16] Oritsejafor JJ. Influence of moisture and pH on growth and survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaedis* in soil[J]. Transactions of the British Mycological Society, 1986, 87(4): 511-517
- [17] 何欣, 郝文雅, 杨兴明, 沈其荣, 黄启为. 生物有机肥对香蕉植株生长和香蕉枯萎病防治的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 978-985
- [18] 凌宁, 王秋君, 杨兴明, 徐阳春, 黄启为, 沈其荣. 根际施用微生物有机肥防治连作西瓜枯萎病研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1 136-1 141
- [19] 曹云. SQR9 微生物有机肥防治黄瓜土传枯萎病的效应与机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011
- [20] 张树生, 杨兴明, 茆泽圣, 黄启为, 徐阳春, 沈其荣. 连作土灭菌对黄瓜(*Cucumis sativus*)生长和土壤微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1 809-1 817
- [21] 申卫收, 林先贵, 张华勇, 尹睿, 段增强, 施卫明. 不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤尖孢镰刀菌数量的变化[J]. 土壤学报, 2008, 45(1): 137-142

Effects of Soil Habitat Factors on Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

PENG Shuang^{1,2,3}, WANG Yi-ming^{1,2}, YE Xu-hong^{1,2}, LIN Xian-gui^{1,2*},
DAI Xun⁴, WANG Jun-wei⁴, XIE Xin-qiao⁴

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China; 2 Joint Open Laboratory of Soil and the Environment, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences and Hong Kong Baptist University, Nanjing 210008, China; 3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4 Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: Fusarium wilt of melon caused by *Fusarium oxysporum* (FO) is considered a critical problem in most melon crop zones because it can cause serious economic losses. Thus, it is necessary to gain data on FO persistence from soils under different environment conditions. The objective of this study was to identify the optimum soil habitat for pathogenic *F.oxysporum* f. sp. *niveum* (FON) and *F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (FOC). After FON and FOC were added to sterilized soil, we monitored the microcosms at different time points over a 40-d period, during which all cultivation-dependent analyses were performed. The survival of FON and FOC strain, expressed as the number of CFU/g soil, was then determined by dilution plating onto selective medium agar. The optimal temperature for FO was 21 – 30°C, and high temperature like 45°C could suppress the growth of FO. The optimal soil moisture was 20%; at this condition FO breeding rapidly, while the growth of FO was clearly suppressed at 5% soil moisture. The eligible pH for FO growth was acid environment at the range of 4 – 5.5, the growth of FO was suppressed when the soil pH exceeded 7.0. The population of *F.oxysporum* could be reduced by high temperature, water shortage and alkaline soil. By creating the corresponding environmental conditions; we may control the happening and development of the plant disease caused by *F.oxysporum* in some degree.

Key words: Fusarium wilt, Continuous cropping obstacle, Pathogenic *Fusarium oxysporum*