

漆艳香,张欣,彭军,等.不同抗、感枯萎病香蕉种质根际土壤的微生物数量[J].江苏农业科学,2019,47(13):110-114.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.027

不同抗、感枯萎病香蕉种质根际土壤的微生物数量

漆艳香,张欣,彭军,丁兆建,曾凡云,谢艺贤

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所,海南海口 571101)

摘要:采用平板稀释计数法,对 22 份抗、感枯萎病香蕉种质抽蕾期根际微生物数量进行测定,以探讨根际微生物与香蕉种质抗性的相关性。结果表明,在相同外界环境条件下,抗性不同的香蕉种质抽蕾期的根际细菌、放线菌、真菌、尖孢镰刀菌古巴专化型(Foc)数量有一定差异,抗病种质根际细菌、放线菌数量明显高于感病种质,而根际真菌、Foc 数量明显低于感病种质;根际可培养细菌、放线菌数量及微生物总量与香蕉种质抗性呈极显著正相关($P < 0.01$),而真菌、Foc 数量与香蕉种质抗性呈极显著负相关($P < 0.01$)。

关键词:香蕉;枯萎病;抗性;土壤;微生物数量;真菌;细菌;放线菌

中图分类号: S436.68⁺1;S154.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)13-0110-04

由尖孢镰刀菌古巴专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*,简称 Foc)引起的香蕉枯萎病是香蕉生产上一种毁灭性土传病害,给香蕉产业造成了巨大的经济损失,严重威胁香蕉产业的可持续发展^[1]。香蕉枯萎病是根部系统侵染病害,根际微生物的活动必然会干扰病原菌的侵染,因此,研究香蕉不同抗性种质根际土壤微生物数量,对阐明香蕉抗枯萎病机制及其综合防治具有重要的意义。对棉花、黄瓜、大豆、番茄、西瓜、烟草、香蕉等作物根际微生物与病害的发生关系研究表明,不同植物种类的根际微生物群落存在差异,且与品种抗性有一定相关性^[2-10]。香蕉抽蕾期是营养、生殖生长并存的时期,同时也是香蕉枯萎病的高发期。本研究通过比较抽蕾期不同抗、感枯萎病香蕉种质根际微生物的数量差异,分析不同抗性香蕉种质与根际微生物之间的关系,以期香蕉抗枯萎病的抗性机制研究及其防治措施的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试种质

供试 22 份香蕉种质组培苗(表 1),由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所(CATAS-EPPI)提供。

1.2 试验地概况

试验于 2016 年 9 月至 2017 年 8 月在海南省澄迈县福山镇香蕉试验基地进行,前茬作物为巴西蕉,香蕉枯萎病发病率高达 64%。供试地块土壤为壤土,0~40 cm 土层的基本理化性状:pH 值为 5.3,有机质含量为 29.36 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 55.77、43.29、326.96 mg/kg,细菌、放

线菌、真菌、香蕉枯萎病病菌(Foc)数量分别为(3.01 ± 0.35) $\times 10^6$ 、(4.22 ± 0.27) $\times 10^5$ 、(7.53 ± 0.24) $\times 10^4$ 、(3.4 ± 0.12) $\times 10^3$ CFU/g(以干土计)。

1.3 试验设计

每个试验小区面积为 160 m²,香蕉定植株行距为 2 m \times 2 m,重复 3 次,随机排列,2016 年 9 月 30 日定植移栽,正常肥水管理。

1.4 根际可培养微生物数量的测定

1.4.1 取样 采用“S”形采样法对每小区随机采取 5 点土样。香蕉移栽前,用取土钻钻取试验地 0~40 cm 土壤,剔除石砾、植物残根等杂物,混合均匀,依四分法保留 1 kg 土样置于 0~4℃冷藏。抽蕾期采用抖动法采集供试香蕉种质根际土壤,用铁锹将其根系挖出,抖落大土块,收集附着在根系上的土壤作为根际土壤,并将相同种质的小区土样混合均匀,依四分法保留 1 kg 土样置于 0~4℃冷藏。

1.4.2 根际微生物分离与计数 采用稀释涂布平板法测定根际土壤中可培养真菌、细菌、放线菌、Foc 数量。细菌、放线菌、真菌分别采用牛肉膏蛋白胨培养基、高氏 1 号培养基、马丁-孟加拉红链霉素琼脂培养基培养,Foc 采用韩宝坤等提出的培养基和方法^[11]培养。称取 10 g 土样,加入已盛有 90 mL 无菌水的三角瓶中,摇床 180 r/min 振荡 30 min;吸取 1 mL 浓度为 10⁻¹的土壤悬浮液,加入盛有 9 mL 无菌水的试管中,摇匀,即为 10⁻²土壤悬浮液;同理,依次稀释至所需浓度,一般真菌用 10⁻²、10⁻³土壤悬浮液,放线菌用 10⁻³、10⁻⁴土壤悬浮液,细菌用 10⁻⁴、10⁻⁵土壤悬浮液,Foc 用 10⁻¹、10⁻²土壤悬浮液;摇匀,用微量移液器分别吸取土壤悬浮液 0.1 mL,加入含有相应培养基的培养皿中,用玻璃棒涂布均匀,每个处理重复 3 次;真菌、Foc 培养平板置于 28℃温度下培养 3~5 d,细菌培养平板置于 37℃温度下培养 2~3 d,放线菌培养平板置于 28℃温度下培养 5~7 d;观察记录每皿真菌、细菌、放线菌、Foc 的总菌落数。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007、SPSS 10.0 软件对数据进行统计分析。

收稿日期:2018-03-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:31471738);海南耕地改良关键技术研究与示范专项(编号:HNCDpz201501);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-31-07)。

作者简介:漆艳香(1975—),女,湖南城步人,博士,副研究员,从事热带果树病害病原学研究。E-mail:qianxiang@126.com。

通信作者:谢艺贤,研究员,从事热带作物病害防控研究。E-mail:yixian81@126.com。

2 结果与分析

2.1 抗病性调查

由表 1、图 1 可见,在抽蕾期,巴西蕉枯萎病发病率为

76.32%,发病率显著高于其他 21 份种质($P<0.05$);发病率为 0~35% 的抗枯萎病种质生长较为良好,其中,种质 FZ、DJ、R3、38 这 4 个株系的发病率低于抗病对照香蕉品种宝岛蕉。

表 1 供试香蕉种质抽蕾期枯萎病发病率及其根际土壤微生物数量

编号	种质	基因型	枯萎病抗性	枯萎病发病率 (%)	微生物数量(CFU/g)				
					细菌(×10 ⁶)	放线菌(×10 ⁵)	真菌(×10 ⁴)	Foc(×10 ³)	总量(×10 ⁶)
1	宝岛蕉	AA	抗	3.18h	4.57±0.28d	7.63±0.65c	5.85±0.17c	3.38±0.18c	5.39±0.16d
2	农科 1 号	AAA	抗	11.58fg	4.51±0.18d	6.86±0.57d	5.96±0.21c	3.37±0.05c	5.26±0.43de
3	FZ	ABB	抗	0.00i	6.89±0.17b	9.08±0.49ab	5.92±0.22c	3.14±0.11e	7.86±0.35bc
4	DJ	ABB	抗	0.00i	11.10±0.25a	8.73±0.56b	5.50±0.18c	3.23±0.13e	12.03±0.48a
5	R1	AAA	抗	8.33g	3.87±0.19e	6.79±0.48d	6.33±0.19bc	3.36±0.08c	4.61±0.15ef
6	R2	AAA	抗	12.56fg	3.83±0.24e	5.67±0.18e	6.37±0.26bc	3.35±0.12c	4.46±0.12ef
7	R3	AAA	抗	0.00i	5.79±0.41c	7.86±0.32c	5.64±0.25c	3.24±0.23e	6.63±0.23c
8	R4	AAA	抗	11.36fg	3.53±0.14e	6.75±0.31d	6.24±0.27bc	3.34±0.16c	4.27±0.10ef
9	38	AAA	抗	2.50hi	5.56±0.53cd	6.87±0.57d	5.78±0.18c	3.31±0.14c	6.30±0.22cd
10	39	AAA	抗	7.50g	3.79±0.27e	7.52±0.52cd	6.13±0.21bc	3.29±0.15d	4.60±0.34ef
11	rose	AA	抗	7.14g	3.76±0.15e	4.87±0.58f	5.91±0.28c	3.41±0.18b	4.30±0.25ef
12	T2S	AAA	抗	16.67f	3.57±0.21e	5.64±0.46ef	6.49±0.14b	3.39±0.11c	4.19±0.06ef
13	DG	AAA	抗	20.00ef	4.32±0.25d	4.04±0.38fg	6.81±0.23b	3.45±0.07b	4.79±0.14e
14	K2-67	AAA	抗	25.00e	2.79±0.17f	4.68±0.35f	6.29±0.26bc	3.46±0.13ab	3.32±0.23fg
15	L1M1-2	AAA	抗	27.27e	3.52±0.23e	3.24±0.34g	6.68±0.18b	3.48±0.24ab	3.91±0.15f
16	XW-2	AAA	抗	28.57e	2.41±0.24fg	4.39±0.49f	6.63±0.29b	3.47±0.22ab	2.92±0.17g
17	DGN1	AAA	抗	33.33de	3.42±0.31ef	3.01±0.27gh	6.87±0.21b	3.49±0.25ab	3.79±0.13fg
18	119	AAA	抗	35.00d	2.65±0.17f	3.26±0.17g	6.02±0.29bc	3.52±0.19a	3.04±0.35fg
19	T2L	AAA	感	42.11c	1.79±0.26g	2.11±0.31h	7.04±0.31ab	3.58±0.06a	2.07±0.27gh
20	BXM5-1	AAA	感	50.00b	1.66±0.13g	2.23±0.25h	7.24±0.33ab	3.59±0.17a	1.96±0.08h
21	XW1	AAA	感	53.85b	1.49±0.15g	1.73±0.18i	7.37±0.19ab	3.64±0.13a	1.74±0.24h
22	巴西蕉	AAA	感	76.32a	1.19±0.11g	1.08±0.09i	7.69±0.32a	3.87±0.11a	1.37±0.07h

注:同列数据后不同小写字母表示不同种质间差异显著($P<0.05$)。

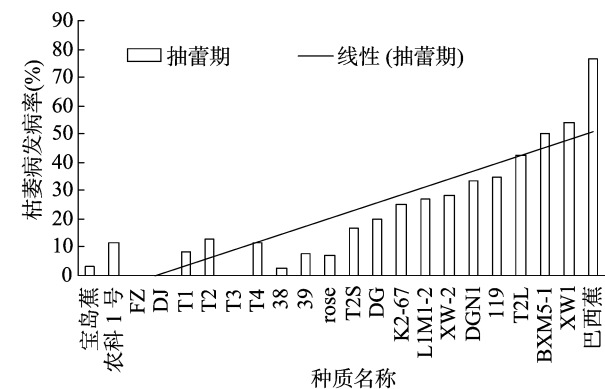


图1 不同香蕉种质枯萎病发病率情况

2.2 不同抗、感香蕉枯萎病种质根际土壤微生物测定

由表 1 可见,不同抗、感枯萎病香蕉种质根际微生物数量存在明显的差异,其数量表现为细菌>放线菌>真菌>Foc;抗病种质根际细菌、放线菌数量明显高于感病种质,而真菌、Foc 数量则相反。

2.2.1 根际细菌数量 由表 1、图 2 可见,与定植前相比,T2L 等 4 份感枯萎病香蕉种质根际细菌数量均有所下降,下降幅度为 40.53%~60.47%;K2-67、XW-2、119 这 3 份抗病种质根际细菌数量也略有下降,下降幅度为 7.31%~19.93%,但比下降幅度最低的感病种质 T2L 还低 20.6~33.22 百分点,而其他 15 份抗病种质根际细菌数量均有所增

加,增加幅度为 13.62%~268.77%;抗病种质中,除 XW-2 外,其他 17 份抗病种质根际细菌数量显著高于 4 份感病种质($P<0.05$)。

2.2.2 根际放线菌数量 由表 1、图 3 可见,与定植前相比,4 份感病种质根际放线菌数量有所下降,下降幅度为 47.16%~74.41%;DG、L1M1-2、DGN1、119 这 4 份抗病种质根际放线菌数量也略有下降,下降幅度为 4.27%~28.67%,但比下降幅度最低的感病种质 BXM5-1 低 18.49~42.89 百分点,而其他 14 份抗病种质根际放线菌数量均有所增加,增加幅度为 24.65%~115.17%;抗病种质中,除 DGN1 外,其他 17 份抗病种质根际放线菌数量显著高于 4 份感病种质($P<0.05$)。

2.2.3 根际真菌数量 由表 1、图 4 可见,与定植前相比,除巴西蕉外,其他 21 份香蕉种质根际真菌数量均有所下降,其中,18 份抗病种质根际真菌数量下降幅度为 8.76%~26.96%,而 3 份感病种质根际真菌数量下降幅度为 2.14%~6.51%,比下降幅度最低的抗病种质 DGN1 还低 2.25~6.12 百分点;18 份抗病香蕉种质根际真菌数量显著低于巴西蕉($P<0.05$);除宝岛蕉、农科 1 号、FZ、DJ、R3、38、rose 这 7 份种质外,其他 11 份抗病香蕉种质根际真菌数量与 T2L、BXM5-1、XW1 这 3 份感病种质间差异不显著。

2.2.4 根际 Foc 数量 由表 1、图 5 可见,与定植前相比,4 个感病种质根际 Foc 数量均有所增加,增加幅度为 5.29%~

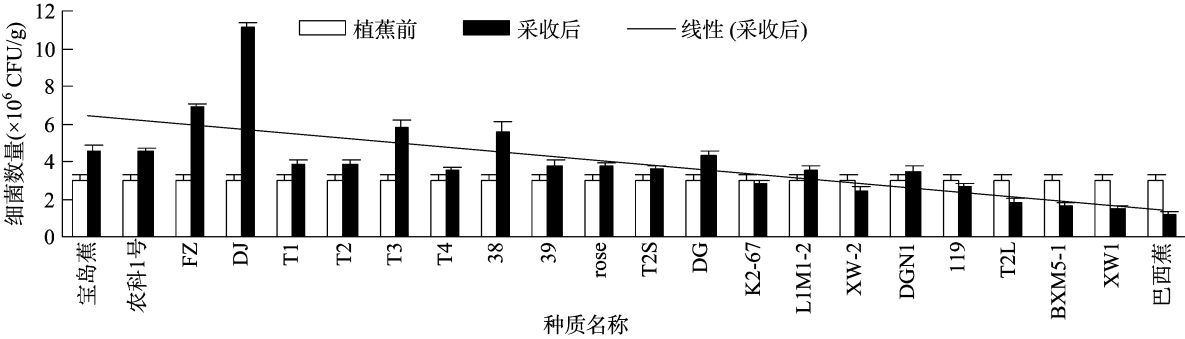


图2 不同抗、感枯萎病香蕉种质根际细菌数量差异

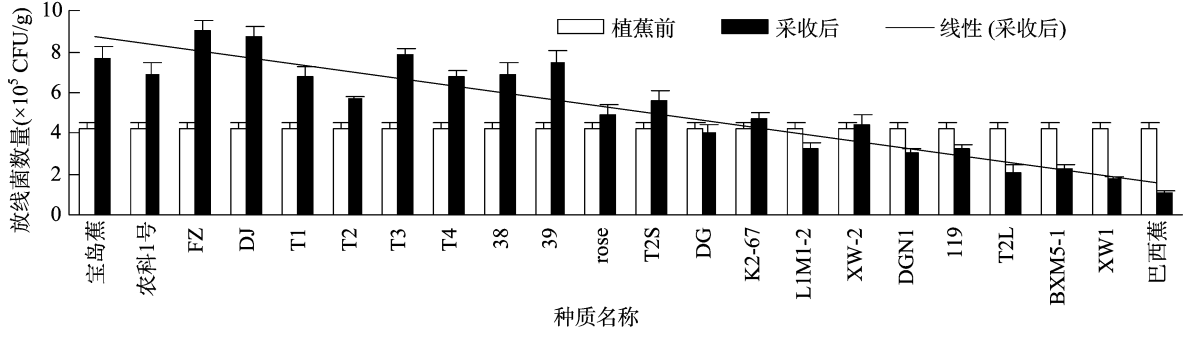


图3 不同抗、感枯萎病香蕉种质根际放线菌数量差异

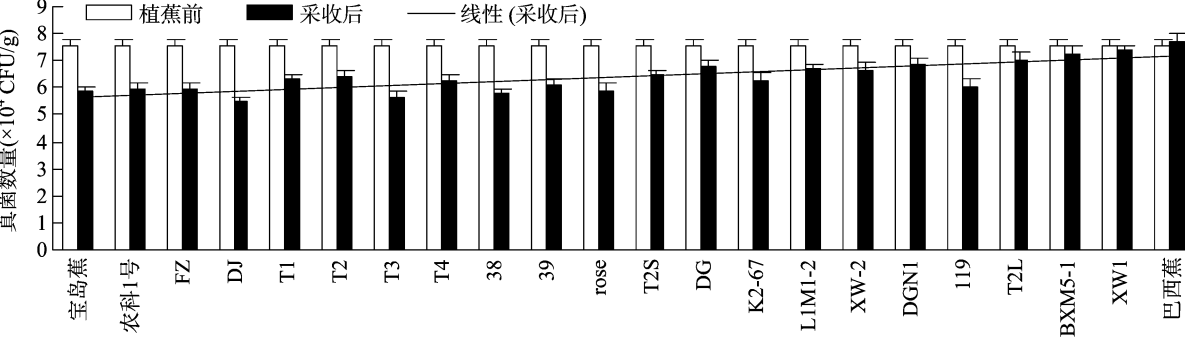


图4 不同抗、感枯萎病香蕉种质根际真菌数量差异

13.82% ;rose、DG、K2-67、L1M1-2、XW-2、DGN1 这 6 份抗病种质根际 Foc 数量也略有增加,其中 DGN1 根际 Foc 数量增加得相对最多,增加幅度为 2.65%,但比增加幅度最低的感病种质 T2L 还低 2.64 百分点,而其他 12 份抗病种质根际 Foc 数量均有所下降,其中 FZ 根际 Foc 数量下降得较多,降

低幅度为 7.65%;除 K2-67、L1M1-2、XW-2、DGN1、119 外,其他 13 份抗病种质根际 Foc 数量显著低于 4 份感病种质 ($P<0.05$)。

2.2.5 根际微生物总量 由表 1、图 6 可见,与定植前相比,4 份感病种质根际微生物总量均有所下降,下降幅度为

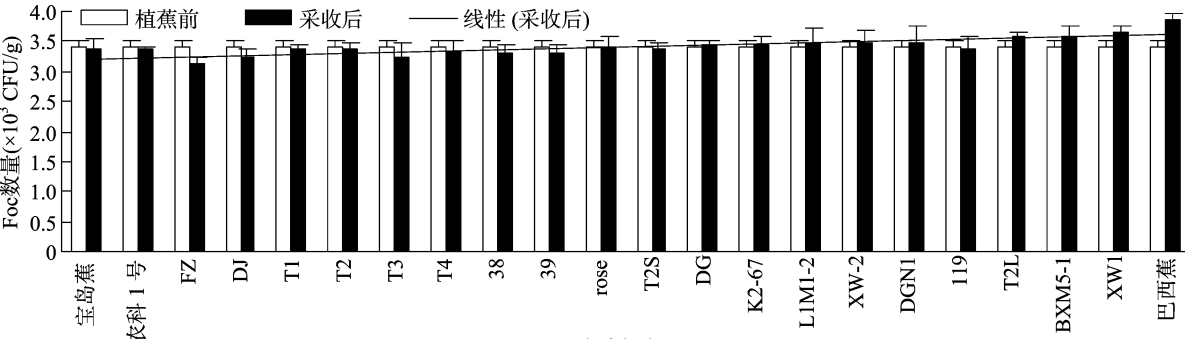


图5 不同抗、感枯萎病香蕉种质根际 Foc 数量差异

41.03% ~ 60.97%; 抗病种质 K2-67、XW-2、119 根际微生物总量也略有下降,下降幅度为 5.41% ~ 16.81%,下降幅度远低于感病种质,而其他 15 份抗病种质根际微生物总量均有所增加,增加幅度为 7.98% ~ 242.74%; 18 份供试抗病种质与

BXM5-1、XW1、巴西蕉等 3 份感病种质根际微生物总量间差异显著($P < 0.05$),除 DGN1、K2-67、119、XW-2 外,其余 14 份抗病种质与感病种质 T2L 的根际微生物总量差异显著。

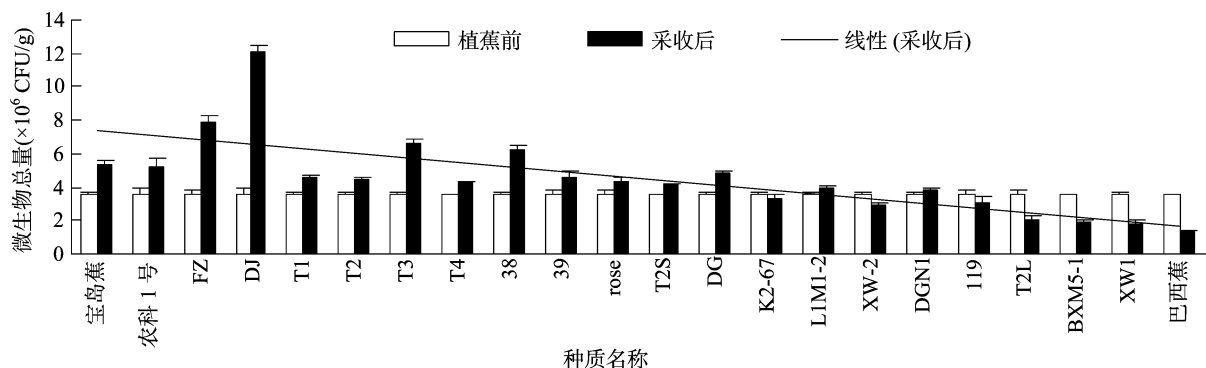


图6 不同抗、感枯萎病香蕉种质根际土壤微生物总量差异

2.3 香蕉种质抗病性与根际土壤微生物特征的相关性分析

由表 2 可见,不同抗、感枯萎病香蕉种质发病率与真菌数量、Foc 数量呈极显著正相关($P < 0.01$),与可培养细菌数量、

放线菌数量、微生物总量成极显著负相关,这说明香蕉根际细菌数量、放线菌数量、微生物总量与种质抗性呈极显著正相关,而真菌、Foc 数量则与种质抗性呈极显著负相关。

表 2 不同香蕉种质枯萎病抗性与土壤微生物特征的相关关系

项目	相关系数					
	枯萎病发病率	Foc 数量	真菌数量	细菌数量	放线菌数量	微生物总量
枯萎病发病率	1.000					
Foc 数量	0.764 **	1.000				
真菌数量	0.907 **	0.728 **	1.000			
细菌数量	-0.736 **	-0.891 **	-0.751 **	1.000		
放线菌数量	-0.921 **	-0.840 **	-0.871 **	0.791 **	1.000	
微生物总量	-0.769 **	-0.902 **	-0.777 **	0.998 **	0.827	1.000

注: ** 表示相关性达极显著水平($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

植物根际土壤中存在大量微生物,这些微生物群落结构的改变与土壤类型、根际养分时效性、植物种类及其生长发育时期等密切相关^[7,12-13],而农业生产中土传病害的发生与作物根际微生物的数量和群落结构变化关系密切,同时在一定程度上也是作物根际土壤微生物群体互作的结果^[9,14-15]。本试验结果表明,不同香蕉种质抽蕾期根际微生物数量存在明显差异,且这种差异与种质的抗枯萎病性密切相关,抗病香蕉种质根际细菌、放线菌数量明显高于感病种质,而根际真菌和 Foc 数量明显低于感病种质;在相同外界环境条件下,根际可培养细菌、放线菌数量和微生物总量与香蕉种质抗性呈极显著正相关($P < 0.01$),而真菌、Foc 数量与香蕉种质抗性呈极显著负相关,这可能是抽蕾期抗病香蕉种质根际环境对细菌、放线菌有一定的聚集作用,而对真菌有一定的排斥作用,感病种质则相反,这与吴凤芝等的研究结论^[7-10,16-17]相似,但与李洪连等的研究结果^[18]略有不同,这可能与研究的作物和病害不同有关。

有研究发现,品种抗性差异还可以通过根系分泌物对病原菌的化感作用差异来体现^[19],不同抗性品种根系分泌物存在一定差异,抗病品种根系分泌物能不同程度地抑制病原菌菌丝生长和孢子萌发,而感病品种根系分泌物则对其有刺激作用^[20-24]。为弄清抗、感病香蕉种质根际微生物差异的机制

及原因,有必要对抗、感枯萎病香蕉种质根系分泌物组分、含量差异及其对土壤微生物的影响作进一步测定分析。

参考文献:

[1] 林时迟,张绍升,周乐峰,等. 福建省香蕉枯萎病鉴定[J]. 福建农业大学学报,2000,29(4):465-469.
[2] 李洪连,袁红霞,王 烨,等. 根际微生物多样性与棉花品种对黄萎病抗性关系研究 I. 根际微生物数量与棉花品种对黄萎病抗性的关系[J]. 植物病理学报,1998,28(4):341-345.
[3] 李洪连,袁红霞,王 烨,等. 根际微生物多样性与棉花品种对黄萎病抗性的关系研究 II. 不同抗性品种根际真菌区系分析及其对棉花黄萎病菌的抑制作用[J]. 植物病理学报,1999,29(3):242-246.
[4] 苗则彦,赵奎华,刘长远,等. 不同抗、感枯萎病黄瓜品种不同生育时期根际微生物数量消长动态分析[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(1):13-15.
[5] 陈宏宇,李晓鸣,王敬国. 抗病性不同大豆品种根面及根际微生物区系的变化 I. 非连作大豆(正茬)根面及根际微生物区系的变化[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(6):98-103,109.
[6] 刘琼光,杨 艳. 番茄品种抗性与青枯菌和土壤微生物的关系[J]. 仲恺农业技术学院学报,2006,19(3):31-34.
[7] 吴凤芝,安美君. 西瓜枯萎病抗性及其嫁接对根际土壤微生物数量及群落结构的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(22):4636-4644.

刘南南,王桂清. 新型植物源农药细辛精油乳油的研制[J]. 江苏农业科学,2019,47(13):114-118.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.028

新型植物源农药细辛精油乳油的研制

刘南南,王桂清

(聊城大学农学院,山东聊城 252059)

摘要:为明确细辛精油乳油制剂中有机溶剂、乳化剂的理想种类和乳油的最佳配方及配制技术,以细辛精油为原料,通过溶解度试验、亲水亲油值(HLB)测定、稳定性试验和生物活性测定法,证明 *N*-甲基吡咯烷酮和植物油乳化剂是细辛精油的理想有机溶剂和乳化剂,细辛精油乳油的配方为以 1 000 mL 计,其中,细辛精油 250 mL,*N*-甲基吡咯烷酮 675 mL,植物油乳化剂 75 mL,制备特征是先将植物油乳化剂与 *N*-甲基吡咯烷酮按比例混合均匀,再加入细辛精油。该细辛精油乳油的研制成功,填补了国内尚无植物精油乳油制剂的空白,将满足人们对绿色蔬菜和有机蔬菜的需求。

关键词:细辛精油;*N*-甲基吡咯烷酮;植物油乳化剂;乳油;植物源农药

中图分类号:S482.3⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)13-0114-05

生物防治技术与产品已成为全球新型产业之一,具有广阔前景。截至 2016 年底,我国生物农药有效成分登记超过 90 种,登记产品约 3 000 个,生物防治技术及产品在农业有害生物防控中份额已超过 15%。辽细辛[北细辛, *Asarum heterotropoides* F. Schmidt var. *mandshuricum* (Maxim) Kitag.] 为马兜铃科(Aristolochiaceae)细辛属(*Asarum* Linn.)植物,是

我国重要的中草药,精油是其主要的活性成分。细辛精油具有很高的生物活性,杀虫抑菌谱广泛,作用方式多样,靶标位点丰富,具备研制开发成新型植物源农药的潜质^[1-9]。本研究以细辛精油为材料,探讨其乳油制剂的配制方法,优化其配方,为将其推广应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 菌种与试剂

1.1.1 菌种与培养 黄瓜灰霉病菌(*Botrytis cinerea*)由聊城大学农学院植物病理实验室提供,该真菌经马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)平板培养基、(25±1)℃恒温培养箱中培养 5 d,备用。

1.1.2 试剂及配制 原药:辽细辛精油,超临界 CO₂ 法提取。

收稿日期:2018-03-20

基金项目:山东省自然科学基金(编号:Y2008D57、ZR2012CL17);聊城大学重点建设项目(编号:13KZ0801)。

作者简介:刘南南(1991—),女,山东聊城人,硕士研究生,研究方向为园林植物栽培与保护。E-mail:1150122446@qq.com。

通信作者:王桂清,博士,教授,主要从事植物保护的教学与科研工作。E-mail:wangguiqing@lcu.edu.cn。

[8]王戈,杨焕文,赵正雄,等. 不同抗性烤烟品种根际微生物数量及多样性差异研究[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(2):451-458.

[9]蔡秋华,左进香,李忠环,等. 抗性烤烟品种根际微生物数量及功能多样性差异[J]. 应用生态学报,2015,26(12):3766-3772.

[10]张曼. 抗香蕉枯萎病品种的抗性机理及对土壤微生物群落的影响[D]. 海口:海南大学,2016:41.

[11]韩宝坤,杜艳华. 非无菌操作下分离尖孢镰刀菌的培养基[J]. 植物病理学报,2001,31(4):373.

[12]Garbeva P, van Veen J A, van Elsas J D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness[J]. Annual Review of Phytopathology, 2004, 42: 243-270.

[13]刘俊杰,王光华,金剑,等. 磷浓度处理对大豆根际土壤微生物群落结构的影响[J]. 大豆科学,2008,27(5):801-805.

[14]Perez C A, Dill-Macky R, Kinkel L. Management of soil microbial communities to enhance populations of *Fusarium graminearum* - antagonism in soil[J]. Plant and Soil, 2008, 302(1/2): 53-69.

[15]Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, et al. Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators? [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(1): 1-

23.

[16]董道峰,王秀徽,曹志平. 番茄抗性砧木的运用对土壤微生物群落的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3):1121-1125.

[17]Harper J L. Studies in the resistance of certain varieties of banana to Panama disease[J]. Plant and Soil, 1950, 2(4): 383-394.

[18]李洪连,王守正,张明智. 棉花抗、感枯萎病品种根际微生物数量研究[J]. 河南农业大学学报,1990,24(1):49-56.

[19]周宝利,陈志霞,杜亮,等. 不同抗病性茄子根系分泌物对黄萎菌的化感作用[J]. 生态学报,2011,31(14):3964-3972.

[20]冯洁,陈其焱,石磊岩. 棉花幼苗根系分泌物与枯萎病关系的研究[J]. 棉花学报,1991,3(1):89-96.

[21]董艳,董坤,郑毅,等. 不同抗性蚕豆品种根系分泌物对枯萎病菌的化感作用及根系分泌物组分分析[J]. 中国生态农业学报,2014,22(3):292-299.

[22]邱文龙. 不同品种烟草根系分泌物的组分分析与抗黑胫病的关系[D]. 泰安:山东农业大学,2014:48.

[23]任志刚,盖琼辉. 抗感棉花品种根系分泌物及其对枯萎菌的影响[J]. 西北农业学报,2016,25(5):702-706.

[24]田丹丹,周维,黄素梅,等. 不同香蕉品种根系分泌物对香蕉枯萎病致病菌的影响及组成分析[J]. 热带作物学报,2017,38(5):910-914.