

中国不同地区水稻干尖线虫种群的繁殖特性研究

裴艳艳¹, 骆爱丽¹, 谢 辉¹, 杨再福², 程 曦¹, 徐春玲¹

(1 华南农业大学 资源环境学院 植物线虫研究室, 植物检疫线虫检测与防疫研究中心, 广东 广州 510642;

2 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘 要】 【目的】明确来自中国不同地区的水稻干尖线虫种群的繁殖特性。【方法】通过室内组织培养的方法, 研究来自中国 8 个省 15 个种群的水稻干尖线虫, 在灰葡萄孢菌上的繁殖力及其繁殖适温。【结果】在灰葡萄孢菌上, 供试的 15 个水稻干尖线虫种群在 20 ℃不能很好繁殖, 其中有 9 个种群的繁殖适温是 25 ℃, 6 个种群的繁殖适温是 30 ℃; 20 ℃时, 繁殖量最大种群的繁殖率是 22.2, 繁殖量最小种群的繁殖率仅有 0.9, 有 3 个种群无雄虫存在; 25 ℃时, 繁殖量最大种群的繁殖率是 3 523.8, 繁殖量最小种群的繁殖率是 207.2, 只有 1 个种群无雄虫存在; 30 ℃时, 繁殖量最大种群的繁殖率是 1 525.0, 繁殖量最小种群的繁殖率是 6.9, 所有种群均有雄虫存在。【结论】来自中国不同地区的水稻干尖线虫种群均能在灰葡萄孢菌上繁殖, 种群之间的繁殖力和繁殖适温均存在差异, 地理来源较远的种群之间差异较大; 在适温条件下, 华南地区多数种群的繁殖力大于其他地区, 种群繁殖特性与地理来源有一定关系; 所有种群均能孤雌生殖, 后代均以雌虫为主, 但不同种群的雌雄比有较大差异。

【关键词】 水稻干尖线虫; 繁殖力; 灰葡萄孢菌; 温度

【中图分类号】 S435.111.4⁺8

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)06-0165-06

Reproductive fitness of 15 *Aphelenchoides besseyi* populations from China

PEI Yan-yan¹, LUO Ai-li¹, XIE Hui¹, YANG Zai-fu², CHENG Xi¹, XU Chun-ling¹

(1 Lab of Plant Nematology/Research Center of Nematodes of Plant Quarantine, College of Natural Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2 Institute of Agriculture,

Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: 【Objective】 The reproduction of 15 *Aphelenchoides besseyi* populations from 8 provinces of China was tested in this study. 【Method】 The culture of *A. besseyi* was on *Botrytis cinerea* Pers 35 days after inoculation with 20 females at 20, 25 and 30 ℃ in dark. 【Result】 The temperature 20 ℃ was unfavorable for the reproduction of the 15 populations, 25 ℃ was the optimum temperature for the reproduction of 9 populations, and 30 ℃ for the reproduction of the other 6 populations. At 20 ℃, the highest reproductive rate was 22.2, the lowest 0.9, and 3 populations had no males. At 25 ℃, the highest reproductive rate was 3 523.8, the lowest 207.2, and only 1 population had no males. At 30 ℃, the highest reproductive rate was 1 525.0, the lowest 6.9, and all populations had males. 【Conclusion】 The results demonstrated that 15 *A. besseyi* populations can reproduce on *B. cinerea* Pers, there were significant differences on reproduction and optimum temperature of *A. besseyi* populations. At optimum temperature, the reproduction of *A. besseyi* populations from South China was higher than that of others. It indicated that there were some relativities between the reproduction of *A. besseyi* and their geographical origins. All tested populations can reproduce

* [收稿日期] 2009-12-18

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30871629)

[作者简介] 裴艳艳(1985—), 女, 河南新密人, 硕士, 主要从事植物线虫学研究。E-mail: peiyanyan1208@163.com

[通信作者] 谢 辉(1963—), 男, 安徽淮南人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物线虫学研究。E-mail: xiehui@scau.edu.cn

by parthenogenesis,there were more females in their offspring and the sex ratio was significantly different between populations.

Key words:*Aphelenchoides besseyi*; reproduction;*Botrytis cinerea*; temperature

水稻干尖线虫(*Aphelenchoides besseyi* Christie)又称贝西滑刃线虫,最初由 Christie 在草莓(*Fragaria ananasa*)上发现^[1]。该线虫的寄主范围和地理分布十分广泛,可以寄生 35 属 200 多种植物,水稻(*Oryza sativa*)和草莓是水稻干尖线虫的最重要寄主,几乎世界范围所有的水稻产区都有该线虫发生^[2-3]。水稻干尖线虫病最早于 1915 年在日本九州发现,于 20 世纪 40 年代由日本传入中国,曾被列为中国对内检疫对象^[4],后因采取严格检疫和种子处理措施,该病害在 20 世纪 80 年代基本得到控制。但是近 10 多年来,该病害的发生范围和危害程度又开始加大,目前我国广东、广西、湖南、湖北、浙江、江苏、安徽、山东、河北、上海、辽宁、陕西、贵州、四川、云南、台湾等省(自治区)的主要稻区均有分布^[5],局部地区发生和危害严重^[6-10]。因此,研究中国不同地区水稻干尖线虫生物学特性的差异,对控制其扩散危害具有重要意义。水稻干尖线虫生长和繁殖的适宜温度在 20~30 ℃^[2-3,11-13]。林奕耀等^[12]报道,来自台湾秋石斛(*Dendrobium hybrida*)叶上的水稻干尖线虫种群,在 16 ℃的生活史是 19 d,20 ℃是 11 d,24 ℃是 8 d,28 ℃是 9 d。也有文献^[3]报道,水稻干尖线虫在 30 ℃的生活史是 8~12

d,低于 13 ℃则无法发育;在风干的种子中可以存活 8 个月到 3 年,在土壤中存活时间则较短;其可以在收获后的稻秆中靠取食弯孢霉菌(*Curvularia*)和镰刀菌(*Fusarium*)进行生存和繁殖。但是,目前对水稻干尖线虫不同地理和寄主种群生物学特性的差异研究报道较少。为此,本研究采用灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea* Pers)培养的方法,对来自中国 8 个省 2 种不同寄主植物上的 15 个水稻干尖线虫种群的繁殖力及其与温度的关系进行了测定和比较,旨在明确中国不同地区水稻干尖线虫种群的繁殖特性及其差异,以期为进一步揭示中国水稻干尖线虫种群的生物多样性以及是否存在致病性分化提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试水稻干尖线虫种群由华南农业大学植物线虫研究室采集、分离、鉴定和培养保存。种群及其寄主和地理来源见表 1。供试培养基为 PDA(马铃薯葡萄糖琼脂)^[14],供试菌种为华南农业大学植物线虫研究室保存的灰葡萄孢菌(*B. cinerea* Pers)。

表 1 供试的水稻干尖线虫种群及其来源
Table 1 Origin of 15 populations of *A. besseyi* used in this study

序号 Number	种群编号 Population	来源地 Origin	寄主 Host
1	HN-2	河南罗山 Luoshan, He'nan	水稻 <i>O. sativa</i>
2	N80	江苏淮安 Huaian, Jiangsu	水稻 <i>O. sativa</i>
3	N10	江苏南京 Nanjing, Jiangsu	水稻 <i>O. sativa</i>
4	A-1	安徽淮南 Huainan, Anhui	水稻 <i>O. sativa</i>
5	JZ	湖北荆州 Jingzhou, Hubei	水稻 <i>O. sativa</i>
6	Hq2	贵州贵阳 Guiyang, Guizhou	水稻 <i>O. sativa</i>
7	YQ3	贵州余庆 Yuqing, Guizhou	水稻 <i>O. sativa</i>
8	Xi	福建厦门 Xiamen, Fujian	水稻 <i>O. sativa</i>
9	X5	福建厦门 Xiamen, Fujian	水稻 <i>O. sativa</i>
10	Hb	海南海口 Haikou, Hainan	水稻 <i>O. sativa</i>
11	HC6	广东惠州 Huizhou, Guangdong	水稻 <i>O. sativa</i>
12	G27	广东茂名 Maoming, Guangdong	水稻 <i>O. sativa</i>
13	J12	广东江门 Jiangmen, Guangdong	水稻 <i>O. sativa</i>
14	Gb	广东广州 Guangzhou, Guangdong	水稻 <i>O. sativa</i>
15	S24	广东深圳 Shenzhen, Guangdong	草莓 <i>F. ananasa</i>

1.2 方 法

1.2.1 真菌的培养 将 PDA 培养基分装在经灭菌的培养皿(直径 6 cm)中,在超净工作台上,用挑针

挑取灰葡萄孢菌,接种于 PDA 培养基,用保鲜膜封好,放入 25 ℃培养箱中黑暗培养 5 d,待真菌长满培养基时即可使用。

1.2.2 线虫的接种 从每个供试水稻干尖线虫种群中分别挑取 20 条雌虫,放入装有 0.2%硫酸链霉素的 1.5 mL 离心管中,放置 3~12 h,5 000 r/min 离心 2 min,去除上清,用无菌水清洗 2 次,在超净工作台上去除上清液,吸取离心管中的线虫悬浮液,接种于长满灰葡萄孢菌的培养基上,用保鲜膜封好,分别放入 20、25 和 30 ℃ 的培养箱中黑暗培养 35 d,每个种群在 1 种温度条件下培养为 1 个处理,每个处理设 5 次重复。试验于 2009-02-11—06-21 在华南农业大学植物线虫研究室进行。

1.2.3 线虫的分离计数 采用过筛法收集培养的线虫。先将培养皿盖子和真菌表面的线虫用清水冲洗到烧杯中,然后用玻片将培养线虫的真菌培养基捣碎,过孔径为 150 和 26 μm 的组合筛,用自来水反复冲洗后,用洗瓶冲洗收集孔径 26 μm 筛上的线虫至烧杯中,并定容至 50 mL,充分摇匀。取 1 mL 悬浮液于计数皿中,在解剖镜下分别统计卵、幼虫、雌虫和雄虫的数量,重复 3 次,取平均值;然后根据定

容的体积计算各种群每个接种重复的总虫量和繁殖率(Rf)。 Rf =分离所得总线虫量/接种线虫量。

1.2.4 数据分析 试验数据用 SAS(V8.0)软件处理,进行方差分析,并用 DMRT 法在 $P=0.05$ 显著水平上进行多重比较,计算标准误(S.E)。

2 结果与分析

由表 2 可以看出,供试水稻干尖线虫在 20 ℃ 培养 35 d 后,不同种群之间的繁殖力存在差异,平均繁殖量最大的是 YQ3 种群,为 444 条,最小的是 A-1 种群,为 17.2 条。所有种群的繁殖率均小于 25,繁殖量最小的 A-1 种群的繁殖率小于 1,说明 A-1 在 20 ℃ 不能完成生活史和正常繁殖。在后代的虫态中,卵占的比例最小,只有 YQ3、Hq2、Xi 和 Gb 种群有极少量的卵存在;占总虫量比例最大的是雌虫,其次是幼虫和雄虫,G27 和 A-1 种群没有幼虫存在,N80、Hq2 和 X5 没有雄虫存在。

表 2 水稻干尖线虫 15 个种群在灰葡萄孢菌上 20 ℃ 培养 35 d 的虫量

Table 2 Reproduction of 15 <i>A. besseyi</i> populations on <i>B. cinerea</i> 35 days after inoculation with 20 females at 20 ℃						
种群 Population	卵 Egg	幼虫 Juvenile	雌虫 Female	雄虫 Male	总虫量 Total number	繁殖率 Reproductive rate
HN-2	0.0±0.0 b	90.0±35.5 b	72.0±20.4 cd	6.0±6.0 b	168.0±52.5 bcdef	8.4±2.6 bcdef
N80	0.0±0.0 b	6.0±4.0 b	16.0±6.8 d	0.0±0.0 b	22.0±4.9 ef	1.1±0.2 ef
N10	0.0±0.0 b	36.0±17.5 b	54.0±17.5 cd	6.0±6.0 b	96.0±34.7 def	4.8±1.7 def
A-1	0.0±0.0 b	0.0±0.0 b	11.6±4.8 d	5.6±3.0 b	17.2±5.2 f	0.9±0.3 f
JZ	0.0±0.0 b	4.0±2.5 b	32.0±13.9 d	6.0±4.0 b	42.0±18.8 ef	2.1±0.9 ef
YQ3	6.0±6.0 ab	192.0±50.7 a	216.0±61.8 ab	30.0±16.4 a	444.0±108.8 a	22.2±5.4 a
Hq2	6.0±6.0 ab	186.0±82.4 a	78.0±27.8 cd	0.0±0.0 b	270.0±108.6 abcd	13.5±5.4 abcd
Xi	0.8±0.8 b	0.8±0.8 b	69.6±7.4 cd	12.0±4.2 ab	83.2±10.8 def	4.2±0.5 def
X5	0.0±0.0 b	8.0±3.7 b	14.0±5.1 d	0.0±0.0 b	22.0±7.4 ef	1.1±0.4 ef
Hb	0.0±0.0 b	58.0±6.6 b	140.0±7.1 bcd	18.0±8.0 ab	216.0±14.4 bcde	10.8±0.7 bcde
HC6	0.0±0.0 b	70.0±4.5 b	60.0±7.8 cd	6.0±4.0 b	136.0±8.7 cdef	6.8±0.4 cdef
G27	0.0±0.0 b	0.0±0.0 b	89.6±30.5 cd	0.8±0.8 b	90.4±30.1 def	4.5±1.5 def
J12	0.0±0.0 b	36.0±17.5 b	60.0±25.1 cd	6.0±6.0 b	102.0±30.9 def	5.1±1.5 def
Gb	12.0±7.4 a	78.0±20.4 b	168.0±61.9 bc	30.0±13.4 a	288.0±79.2 abc	14.4±4.0 abc
S24	0.0±0.0 b	22.0±10.2 b	300.0±106.6 a	16.0±5.1 ab	338.0±119.8 ab	16.9±6.0 ab

注:数据为 5 次重复的平均值;同列数据后标相同字母者表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著(DMRT 法),标不同字母者则表示差异显著。下表同。

Note:Data in the table are average of five replicates;Data followed by the same letters in columns mean the differences are not significant ($P=0.05$,DMRT),date followed by the different letters in columns mean the differences are significant. The same as below.

由表 3 可以看出,供试水稻干尖线虫在 25 ℃ 培养 35 d 后,所有种群在灰葡萄孢菌上均能完成生活史并进行繁殖,但不同种群之间的繁殖力存在差异。平均繁殖量最大的是 Hb 种群,为 70 475 条,最小的是 YQ3 种群,为 4 144 条;各种群的繁殖率均大于 200,其中有 5 个种群的繁殖率大于 1 000,分别是 N80、Hb、HC6、J12 和 S24。在后代的虫态中,卵

占总虫量的比例最小,只有 HN-2、HC6、J12 和 S24 有少量卵存在;占总虫量比例最大的是雌虫,其次是幼虫和雄虫,Hq2 没有雄虫存在。

由表 4 可以看出,供试水稻干尖线虫在 30 ℃ 培养 35 d 后,所有种群在灰葡萄孢菌上均能完成生活史并进行繁殖,不同种群之间的繁殖力存在差异。平均繁殖量最大的是 Hb 种群,为 30 500 条,最小

的是 Gb 种群,为 138 条;除 HN-2、N10、X5、J12 和 Gb 种群外,其他各种群的繁殖率均大于 400。在后代的虫态中,所有种群均没有卵的存在,占总虫量比

例最大的是雌虫,其次是幼虫和雄虫,N10、JZ、Hq2、Gb 和 S24 种群没有幼虫存在。

表 3 水稻干尖线虫 15 个种群在灰葡萄孢菌上 25 ℃培养 35 d 的虫量

Table 3 Reproduction of 15 *A. besseyi* populations on *B. cinerea* 35 days after inoculation with 20 females at 25 ℃

种 群 Population	卵 Egg	幼虫 Juvenile	雌虫 Female	雄虫 Male	总虫量 Total number	繁殖率 Reproductive rate
HN-2	90.0±90.0 ab	1 188.0±266.1 b	3 156.0±1 412.0 c	666.0±220.3 bcd	5 100.0±1 705.8 d	255.0±85.3 d
N80	0.0±0.0 b	736.0±273.8 b	19 128.0±6 458.5 b	304.0±122.4 d	20 168.0±6 773.8 cd	1 008.4±338.7 cd
N10	0.0±0.0 b	3 544.0±1 068.1 b	8 856.0±5 903.4 bc	456.0±357.2 cd	12 856.0±6 324.1 d	642.8±316.2 d
A-1	0.0±0.0 b	816.0±112.1 b	4 432.0±369.7 c	1 648.0±286.1 a	6 896.0±646.8 d	344.8±32.3 d
JZ	0.0±0.0 b	1 344.0±395.5 b	5 344.0±1 271.9 c	100.0±67.5 d	6 788.0±1 683.2 d	339.4±84.2 d
YQ3	0.0±0.0 b	560.0±153.9 b	3 432.0±145.6 c	152.0±74.2 d	4 144.0±243.5 d	207.2±12.2 d
Hq2	0.0±0.0 b	576.0±85.4 b	4 160.0±1 286.5 c	0.0±0.0 b	4 736.0±1 220.5 d	236.8±61.0 d
Xi	0.0±0.0 b	1 904.0±510.6 b	7 648.0±1 166.7 c	144.0±89.1 d	9 696.0±1 649.1 d	484.8±82.5 d
X5	0.0±0.0 b	1 608.0±572.2 b	13 584.0±2 624.9 bc	1 444.0±812.6 ab	16 636.0±3 138.3 d	831.8±156.9 d
Hb	0.0±0.0 b	36 525.0±4 230.9 a	32 700.0±3 608.5 a	1 250.0±250.0 abc	70 475.0±6 287.2 a	3 523.6±314.4 a
HC6	120.0±20.0 a	28 040.0±9 804.0 a	8 860.0±2 806.8 bc	370.0±154.6 d	37 390.0±12 313.7 bc	1 869.5±615.7 bc
G27	0.0±0.0 b	3 712.0±1 322.9 b	7 648.0±2 857.7 c	176.0±73.3 d	11 536.0±4 076.3 d	576.8±340.0 d
J12	32.0±19.6 bc	832.0±168.9 b	19 744.0±3 772.1 b	128.0±19.6 d	20 736.0±3 909.5 cd	1 036.8±195.5 cd
Gb	0.0±0.0 b	924.0±556.6 b	10 032.0±5 944.6 bc	220.0±97.0 d	11 176.0±6 584.5 d	558.8±329.2 d
S24	60.0±18.7 abc	33 910.0±8 906.8 a	11 000.0±3 450.7 bc	630.0±241.1 bcd	45 600.0±12 166.9 b	2 280.0±608.3 b

表 4 水稻干尖线虫 15 个种群在灰葡萄孢菌上 30 ℃培养 35 d 的虫量

Table 4 Reproduction of 15 *A. besseyi* populations on *B. cinerea* 35 days after inoculation with 20 females at 30 ℃

种 群 Population	卵 Egg	幼虫 Juvenile	雌虫 Female	雄虫 Male	总虫量 Total number	繁殖率 Reproductive rate
HN-2	0.0±0.0 a	30.0±20.0 e	1 140.0±90.0 g	100.0±35.4 c	1 270.0±68.2 fg	63.5±3.4 fg
N80	0.0±0.0 a	900.0±187.1 cd	13 900.0±1 029.6 e	1 400.0±367.4 a	16 200.0±734.9 c	810.0±36.7 c
N10	0.0±0.0 a	0.0±0.0 e	1 210.0±74.8 g	30.0±12.3 c	1 240.0±73.1 fg	62.0±3.7 fg
A-1	0.0±0.0 a	1 200.0±255.0 bc	15 000.0±758.3 e	600.0±100.0 bc	16 800.0±916.5 c	840.0±45.8 c
JZ	0.0±0.0 a	0.0±0.0 e	17 400.0±1 155.4 cd	300.0±122.5 bc	17 700.0±1 044.0 c	885.0±52.2 c
YQ3	0.0±0.0 a	1 600.0±291.6 b	10 600.0±714.1 f	700.0±374.2 bc	12 900.0±430.1 d	645.0±21.5 d
Hq2	0.0±0.0 a	0.0±0.0 e	19 200.0±1 044.0 bc	500.0±223.6 bc	19 700.0±845.6 b	985.0±42.3 b
Xi	0.0±0.0 a	400.0±187.1 de	15 900.0±1 005.0 de	400.0±400.0 bc	16 700.0±644.2 c	835.0±32.2 c
X5	0.0±0.0 a	50.0±38.7 e	1 070.0±133.8 g	60.0±36.7 c	1 180.0±160.2 fg	59.0±8.0 fg
Hb	0.0±0.0 a	2 200.0±406.2 a	27 900.0±1 111.3 a	400.0±291.6 bc	30 500.0±547.7 a	1 525.0±27.4 a
HC6	0.0±0.0 a	400.0±187.1 de	9 000.0±758.3 f	100.0±100.0 c	9 500.0±547.7 e	475.0±27.4 e
G27	0.0±0.0 a	140.0±24.5 e	19 920.0±1 331.7 b	920.0±149.7 ab	20 980.0±1 333.9 b	1 049.0±66.7 b
J12	0.0±0.0 a	120.0±37.4 e	2 380.0±182.8 g	20.0±12.3 c	2 520.0±153.8 f	126.0±7.7 f
Gb	0.0±0.0 a	0.0±0.0 e	134.0±15.0 g	4.0±4.0 c	138.0±12.4 g	6.9±0.6 g
S24	0.0±0.0 a	0.0±0.0 e	13 600.0±640.3 e	100.0±100.0 c	13 700.0±561.3 d	685.0±28.1 d

上述结果表明,所有供试水稻干尖线虫种群,在 20 ℃均不能很好繁殖,其中有 9 个种群在 25 ℃的繁殖量高于 30 ℃,即这 9 个种群的繁殖适温为 25 ℃;6 个种群在 30 ℃的繁殖量高于 25 ℃,即这 6 个种群的繁殖适温为 30 ℃;另外,具有相同繁殖适温的各种群在适温下的繁殖力也都存在差异。

从上述结果还可以看出,在供试的水稻干尖线虫各种群之间,来自同一地区的种群,繁殖适温大多数一致,只有厦门的 2 个种群之间及广东茂名的种群与广东其他种群之间,在繁殖适温上存在差异。

来自河南、江苏和华南地区的种群,繁殖适温多数都为 25 ℃,只有广东茂名(G27)和厦门同安区(Xi)的种群是 30 ℃,而来自安徽(A-1)、湖北(JZ)和贵州(Hq2,YQ3)的种群繁殖适温均为 30 ℃。海南海口的 Hb 种群与河南罗山的 HN-2 种群,以及广东茂名的 G27 种群与贵州余庆的 YQ3 种群,地理来源相距均很远,在繁殖适温下,Hb 与 HN-2 以及 G27 与 YQ3 种群的繁殖力差异也很大。并且华南地区多数种群的繁殖力大于其他地区。这表明水稻干尖线虫种群的繁殖力和繁殖适温与地理来源有一定关

系。来自草莓上的 S24 种群在 3 个培养温度下的繁殖力相对都很强,20 ℃ 的繁殖力仅次于 YQ3 种群,25 ℃ 的繁殖力仅次于 Hb 种群,30 ℃ 的繁殖力虽然弱于其中 7 个种群,但平均繁殖量也在 10 000 条以上。这说明来自草莓上的水稻干尖线虫种群,能够适应的温度范围较广。各种群繁殖后代的不同虫态中,卵占的比例最小甚至没有卵的存在,这可能是因为水稻干尖线虫生活史较短,从卵到幼虫的时间更短,所以不易观察到卵的存在。本试验接种的全部为雌虫,而且繁殖后代中雌虫所占比例远大于其他虫态,说明供试的所有种群均可以孤雌生殖。

3 讨 论

Franklin 等^[2]报道,来自美国北卡罗来纳州威拉德草莓上的水稻干尖线虫种群,生长繁殖的最适温度是 21~25 ℃;王胜君等^[11]报道,培养水稻干尖线虫的最适条件为 25 ℃、20 d;林奕耀等^[12]报道,来自台湾秋石斛上的水稻干尖线虫种群生长的最适温度是 20~28 ℃;谢春芹等^[13]报道,来自江苏水稻种子中的水稻干尖线虫种群繁殖的最佳温度为 25~30 ℃。本研究供试的 15 个水稻干尖线虫种群,在 20 ℃ 均不能很好繁殖,其中有 9 个种群繁殖适温是 25 ℃,6 个种群的繁殖适温是 30 ℃,在繁殖适温条件下,各种群的繁殖力也都存在差异。本研究结果和文献报道均表明,水稻干尖线虫繁殖适温和繁殖力在种群间存在明显差异。

曾巧燕等^[15]报道,不同来源的 4 个水稻干尖线虫种群中,只有 1 个种群有雄虫存在,24 ℃ 时雄虫量减少。本研究供试的 15 个水稻干尖线虫种群,在 20 ℃ 和 25 ℃ 时,分别有 12 个种群和 14 个种群有雄虫存在,30 ℃ 时均有雄虫存在。Jamali 等^[16]报道,不同培养基上培养的真菌对水稻干尖线虫的雌雄比例有很大影响,在 OMA 培养基上的雌雄比例最大,PDA 培养基上的雌雄比例最小。本研究所用培养基均为 PDA,各种群之间的雌雄比例也存在较大差异。可见,水稻干尖线虫的培养条件和种群内在的生物学特性差异,均是影响其雌雄比的因素。

Hooper 等^[17]研究认为,灰葡萄孢菌不适宜培养繁殖滑刃属线虫(*Aphelenchoides* Fischer)。本研究中供试的 15 个水稻干尖线虫种群,在合适的温度条件下均能在灰葡萄孢菌上大量繁殖,而且最大繁殖率达 3 523.8,表明灰葡萄孢菌是培养水稻干尖线虫的很好材料。

4 结 论

本研究证明,来自中国不同地区的 15 个水稻干尖线虫种群,均能在灰葡萄孢菌上繁殖,繁殖适温分别是 25 和 30 ℃;相同温度下不同种群之间的繁殖力存在很大差异,在适温条件下,华南地区多数种群的繁殖力大于其他地区,种群的繁殖力和繁殖适温与地理来源有一定关系;所有种群均能孤雌生殖,后代均以雌虫为主,但不同种群的雌雄比有较大差异,这种差异与培养条件和种群内在的生物学特性有关。

[参考文献]

- [1] Fortuner R,Orton Williams K J. Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing "white tip" disease in rice [J]. Helminthological Abstracts Series B, Plant Nematology, 1975, 44(1): 1-40.
- [2] Franklin M T, Siddiqi M R. *Aphelenchoides besseyi*. C. I. H. Descriptions of plant-parasitic Nematodes [M]. Set 1, No. 4. UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 1972.
- [3] Bridge J, Luc M, Plowright R A. Nematode parasites of rice [M]// Luc M, Sikora R A, Bridge J. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford: CAB International Institute of Parasitology, 1990: 69-76.
- [4] 段旭光,段玉玺,王胜君,等. 辽宁省水稻品种种子携带干尖线虫的调查 [J]. 植物保护, 2008, 34(3): 95-99.
Duan X G, Duan Y X, Wang S J, et al. Investigation of *Aphelenchoides besseyi* carried by the rice seed from Liaoning [J]. Plant Protection, 2008, 34(3): 95-99. (in Chinese)
- [5] EPPO. Distribution maps of quarantine pests for Europe: *Aphelenchoides besseyi* [EB/OL]. (2006-04-11). <http://www.epo.org>.
- [6] 刘 丹,冯齐山,冯景科. 水稻干尖线虫发生危害及防治技术 [J]. 垦殖与稻作, 2006(增刊): 50.
Liu D, Feng Q S, Feng J K. Occurrence and controlling of *Aphelenchoides besseyi* [J]. Reclaiming and Rice Cultivation, 2006 (Suppl.): 50. (in Chinese)
- [7] 王子明,周风明,吕玉亮,等. 江苏省水稻“小穗头”现象发生原因与防治对策研究 [J]. 江苏农业科学, 2003(5): 1-6.
Wang Z M, Zhou F M, Lü Y L, et al. The occurrence reason and control measures of small panicle for Jiangsu rice [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2003(5): 1-6. (in Chinese)
- [8] 王子明,周风明,吕宏飞,等. 江苏省水稻小穗头现象的发生与防治措施研究 [J]. 江苏农业科学, 2004(3): 34-38.
Wang Z M, Zhou F M, Lü H F, et al. Occurrence and control measures of small panicle for Jiangsu rice [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2004(3): 34-38. (in Chinese)
- [9] 裴童兴,严明富. 水稻干尖线虫病发生规律及防治初探 [J]. 浙江农业科学, 1991(6): 290-292.

Qiu T X,Yan M F.Primary investigation of regularity of out-break and control of *Aphelenchoides besseyi* [J]. Zhejiang Agricultural Sciences,1991(6):290-292. (in Chinese)

[10] 林茂松,丁晓帆,王子明,等. 水稻小穗头上的线虫形态特征鉴定 [J]. 中国水稻科学,2005,19(4):361-365.
Lin M S,Ding X F,Wang Z M,et al. Description of *Aphelenchoides besseyi* from abnormal rice with small grains and erect panicles in China [J]. Chinese Journal of Rice Science,2005,19(4):361-365. (in Chinese)

[11] 王胜君,段玉玺,靳莹莹,等. 水稻干尖线虫 (*Aphelenchoides besseyi*) 人工培养条件研究 [J]. 植物保护,2008,34(3):46-48.
Wang S J,Duan Y X,Jin Y Y,et al. Studies on artificial culture conditions of *Aphelenchoides besseyi* [J]. Plant Protection,2008,34(3):46-48. (in Chinese)

[12] 林奕耀,王贵美,蔡东纂. 秋石斛叶芽线虫病之发生 [J]. 植物保护学会会刊,1992,34(3):202-215.
Lin Y Y,Wang G M,Cai D Z. The occurrence of *Aphelenchoides besseyi* on *Dendrobium hybrida* [J]. Eppo Catalogue,1992,34(3):202-215. (in Chinese)

[13] 谢春芹,陈啸寅,潘以楼,等. 水稻干尖线虫室内人工培养条件研究 [J]. 植物保护,2008,34(5):140-142.
Xie C Q,Chen X Y,Pan Y L,et al. Studies on culture conditions of *Aphelenchoides besseyi* [J]. Plant Protection,2008,34(5):140-142. (in Chinese)

[14] 方中达. 植病研究方法 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,1998:46-47.
Fang Z D. Methods for research on plant pathology [M]. 3rd ed. Beijing:China Agriculture Press,1998:46-47. (in Chinese)

[15] 曾巧燕,林奕耀. 台湾地区叶芽线虫 (*Aphelenchoides besseyi*) 族群之种内变异 [J]. 植病会刊,2005,14(1):67-75.
Zeng Q Y,Lin Y Y. The intraspecific variation of *Aphelenchoides besseyi* populations in Taiwan [J]. Plant Pathology Bulletin,2005,14(1):67-75. (in Chinese)

[16] Jamali S,Pourjam E,Alizadeh A,et al. Reproduction of the white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie,1942) in different monoxenic cultures [J]. J Agric Sci Technol,2008,10:165-171.

[17] Hooper D J,Janet A C. Fungal hosts for the chrysanthemum nematode,*Aphelenchoides ritzemabosi* [J]. Plant Pathology,1986,35:128-129.

(上接第 164 页)

[8] 张翠翠,李利红. 杏树叶片叶绿素含量和比叶重变化的研究 [J]. 安徽农业科学,2007,35(16):4762-4763.
Zhang C C,Li L H. Studies on chlorophyll contents and SLW change of apricot leaves [J]. Journal of Anhui Agri Sci,2007,35(16):4762-4763. (in Chinese)

[9] 魏钦平,王丽琴,杨德勋,等. 相对光照强度对富士苹果品质的影响 [J]. 中国农业气象,1997,18(5):12-14.
Wei Q P,Wang L Q,Yang D X,et al. Effect of relative light intensity on fruit quality of “Fuji” apple [J]. Chinese Journal of Agrometeorology,1997,18(5):12-14. (in Chinese)

[10] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* [J]. Plant Physiology,1949,24(1):1-15.

[11] 邹琦. 植物生理生化实验指导 [M]. 北京:中国农业出版社,1995:66-69.
Zou Q. Plants physiology and biochemical experimental direction [M]. Beijing:Beijing Agriculture Press,1995:66-69. (in Chinese)

[12] 高俊凤,孙群,梁宗锁,等. 植物生理实验技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2001.
Gao J F,Sun Q,Liang Z S,et al. Plants physiology experimental technique [M]. Beijing:Higher Education Press,2001. (in Chinese)

[13] 高俊凤. 植物生理实验技术 [M]. 北京:世界图书出版公司,2000.
Gao J F. Plants physiology experimental technique [M]. Beijing:World Publishing Corporation,2000. (in Chinese)

[14] 王秋晓,韩明玉,赵彩平,等. 桃不同树形光合特性的研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(4):145-150.
Wang Q X,Han M Y,Zhao C P,et al. Photosynthetic characteristics of different peach tree shapes [J]. Journal of Northwest A&F University:Nat Sci Ed,2009,37(4):145-150. (in Chinese)

[15] Buler Z,Mika A,Treder W,et al. Influence of new training systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield,its quality and canopy illumination [J]. Acta Horticulture,2001,557:253-259.

[16] Widmer A,Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of ‘Golden delicious’ and ‘Royal Gala’ apples [J]. Acta Horticulture,2001,557:235-241.

[17] 苏渤海,范崇辉,李国栋,等. 红富士苹果改形过程中不同树形光照分布及其对产量品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(1):158-162.
Su B H,Fan C H,Li G D,et al. Effects of modifying between light distribution,yield and quality of different shapes on “Red Fuji” apple [J]. Journal of Northwest A&F University:Nat Sci Ed,2008,36(1):158-162. (in Chinese)