

# 湖南水稻主推品种对旱稻孢囊线虫的抗性评价方法

袁涛<sup>1</sup> 叶姍<sup>1</sup> 周建宇<sup>1</sup> 彭德良<sup>2</sup> 黄文坤<sup>2</sup> 丁中<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>湖南农业大学 植物保护学院/南方粮油作物协同创新中心, 长沙 410128; <sup>2</sup>中国农业科学院 植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; \*通讯联系人, E-mail: dingzh@hunau.net)

## Resistance to *Heterodera elachista* and Evaluation Methods of Major Rice Varieties from Hunan Province, China

YUAN Tao<sup>1</sup>, YE Shan<sup>1</sup>, ZHOU Jianyu<sup>1</sup>, PENG Deliang<sup>2</sup>, HUANG Wenkun<sup>2</sup>, DING Zhong<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>Southern Regional Collaborative Innovation Center for Grain and Oil Crops in China, College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; \*Corresponding author, E-mail: dingzh@hunau.net)

**Abstract:** 【Objective】*Heterodera elachista* is a new pathogenic nematode of rice. In order to screen the resistant rice cultivars to *H. elachista*, 【Method】51 rice varieties from Hunan Province were evaluated by the second-stage juvenile inoculation test in greenhouse and field with average number of cysts per plant, relative resistance index (RRI) and *Pf/Pi* ratio as indicators. 【Result】No rice cultivar was immune or highly resistant to *H. elachista*. Among the 24 middle-season rice cultivars, only Guangliangyou 2010 showed resistance to *H. elachista* based on average number of cysts per plant, and Guangliangyou 2010, Zhunliangyou 527 and Guangliangyou 1128 showed resistance to *H. elachista* based on RRI evaluation in greenhouse. Among the 27 late rice varieties, Shengtaiyou 9712, Zhunliangyou 608, Nongxiangyou 204, Yueyou 9264, Yueyou 3700, Zhongzheyu 1, Yueyou 27, Xiangwannuo 1, Heyou 50 and Y Liangyou 9918, were resistant to *H. elachista* based on average number of cyst per plant. However, Xiangwannuo 1, Heyou 50 and Y liangyou 9918 were moderately susceptible based on RRI evaluation. Using *Pf/Pi* ratio as the evaluation index, nine late resistant varieties screened from greenhouse based on RRI evaluation were basically consistent with field resistance. 【Conclusion】RRI is an efficient index for evaluating the resistance of rice cultivars to rice cyst nematode.

**Key words:** *Heterodera elachista*; relative resistance index; *Pf/Pi*; resistance evaluation

**摘要:**【目的】旱稻孢囊线虫是一种水稻上重要的病原线虫。筛选抗虫种质资源对抗病品种的选育至关重要。【方法】通过室内二龄幼虫接种和田间自然病圃鉴定,以单株平均孢囊数、相对抗病指数和繁殖系数法评价了湖南省51个主推的水稻品种对旱稻孢囊线虫的抗性。【结果】在供试水稻品种中未发现免疫和高抗品种。室内接种条件下,在24个中稻品种中,依据单株平均孢囊数评价,仅广两优2010表现为抗;依据相对抗病指数评价,广两优2010、准两优527、广两优1128 3个品种为抗;在27个晚稻品种中,依据单株平均孢囊数评价,盛泰优9712、准两优608、农香优204、岳优9264、岳优3700、中浙优1号、岳优27、湘晚糯1号、贺优50、Y两优9918共10个品种为抗;而依据相对抗病指数评价,湘晚糯1号、贺优50、Y两优9918表现为中感。在田间自然病圃条件下,依据繁殖系数 *Pf/Pi* 评价,筛选出9个晚稻抗性品种,鉴定结果与室内接种相对抗病指数法基本一致。【结论】室内接种相对抗病指数法可以作为评价水稻品种对旱稻孢囊线虫抗性的有效方法。

**关键词:** 旱稻孢囊线虫; 相对抗病指数; 繁殖系数; 抗性鉴定

中图分类号: S435.112; S511.034

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2019)01-0085-05

旱稻孢囊线虫又名日本孢囊线虫(*Heterodera elachista*),是最早于1974年在日本丘陵地区旱稻田中发现的一种危害水稻的重要线虫<sup>[1]</sup>。该线虫可影响水稻长势和产量潜能,造成水稻7%~19%的产量损失<sup>[2]</sup>。我国于2011年在湖南省长沙、平江、衡东、邵阳和湘乡等5个县市发现该线虫<sup>[3]</sup>,目前在湖南省周边广西、广东、江西等省份的丘陵地区均有分

布,是一种对我国南方丘陵地区水稻生产具有潜在威胁的重要土传病原线虫。该线虫在伊朗、意大利等国家也有零星发现<sup>[4]</sup>。

孢囊线虫病可以通过非寄主轮作、施用化学杀线剂和种植抗病品种等不同方法进行防治,其中筛选和推广抗病品种是最经济、安全、有效的途径。抗病种质资源的筛选对抗病品种的选育和利用至

收稿日期: 2018-04-24; 修改稿收到日期: 2018-07-12。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903040, 201503114)。

关重要。本研究旨在明确湖南主推水稻品种对旱稻孢囊线虫的抗性,同时为选育和推广抗病品种提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 水稻品种和线虫群体

实验所用的 51 个水稻品种分别来自湖南省杂交水稻研究中心、湖南省水稻研究所、隆平种业等单位。

供试旱稻孢囊线虫群体采自湖南省长沙县干杉镇当季水稻收获后的田间病土,用漂浮过筛法分离土壤样品中的孢囊,经形态学和分子生物学鉴定明确了供试群体为旱稻孢囊线虫<sup>[5]</sup>。

### 1.2 抗性鉴定方法

#### 1.2.1 室内二龄幼虫接种法

水稻种子催芽露白后种植于 PVC 管(内径 3 cm,长度 20 cm),PVC 管底采用 60 目尼龙网封闭,将 PVC 管悬吊于塑料箱盖上。PVC 管内填充约 170 mL 高温消毒的沙土(细河沙和壤土以 1:1 比例混合)。每个培养管内种植一株水稻苗。采用水稻根际土壤浸液孵化 2 龄幼虫<sup>[6]</sup>。水稻播种后 1 个月,在水稻根茎附近接入 2 龄幼虫,隔一周后再接种 1 次,共接种 3 次,总计接种 2 龄幼虫 1000 条<sup>[7]</sup>。每个品种 7 次重复。在日光大棚中培养,定期浇水,且每周浇 1 次霍格兰营养液(20 mL)<sup>[8]</sup>。最后一次接种后 8 周取出 PVC 管中病土和植株,采用蔗糖漂浮离心法<sup>[9]</sup>分离 PVC 管病土并镜检水稻根系,挑出全部旱稻孢囊并统计每管孢囊数。实验数据采用单因素新复极差法进行统计分析<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.2 田间自然病圃鉴定法

试验田位于长沙县干杉镇长安村,土壤肥力中等,多年种植水稻,旱稻孢囊线虫历年发生较严重。按随机区组设计,每个品种小区面积为 15 m<sup>2</sup>,3 次重复。播种日期为 2017 年 6 月 17 日。在播种前,田间采用随机 5 点取样法,调查田间初始孢囊数。

2017 年 11 月初,所有水稻品种全部成熟时调查其根系土壤中孢囊的数量。每个小区以 5 点法随机取样,每点取两株水稻根系土壤,取样深度 10 cm,混合均匀后,取 1 L 土分离孢囊,在体视显微镜下计数。用新复极差法进行统计分析。

### 1.3 抗性评价方法

#### 1.3.1 依据单株孢囊数评价

免疫(I)、高抗(HR)、抗(R)、中感(MS)、感病(S)、高感(HS)的评价标准分别为 0、0.1~10、10.1~100、

100.1~200、200.1~300 和大于 300 个孢囊/株。

#### 1.3.2 依据相对抗病指数评价

以当次试验发病最严重的品种为感病对照,计算各品种的相对抗病指数(RRI=1-所测品种平均单株有效孢囊数/发病最严重品种平均单株有效孢囊数)。免疫(I)为 RRI=1,高抗(HR)为  $0.90 \leq RRI < 1$ ,抗病(R)为  $0.70 \leq RRI < 0.90$ ,中感(MS)为  $0.50 \leq RRI < 0.70$ ,感病(S)为  $0.30 \leq RRI < 0.50$ ,高感(HS)为  $RRI < 0.30$ <sup>[11]</sup>。

#### 1.3.3 依据繁殖系数(Pf/Pi)评价

参照 Soriano 等<sup>[12]</sup>的方法,田间初始孢囊量为 Pi,收获后土壤平均孢囊量为 Pf。当  $Pf/Pi \leq 1$  时为抗病反应(R), $Pf/Pi > 1$  时为感病反应(S)。

## 2 结果与分析

### 2.1 室内二龄幼虫接种法测定结果

中稻品种对旱稻孢囊线虫的抗性,不同评价方法对 24 个中稻品种的评价结果差异较小(表 1)。按单株孢囊数统计,在供试的 24 个中稻品种中,未发现免疫和高抗品种,广两优 2010 表现为抗病;准两优 527 等 9 个品种的单株孢囊量为 100~200,表现为中感;深两优 1 号等 10 个品种的单株孢囊量为 200~300 间,表现为感病;C 两优 4418 等 4 个品种的单株孢囊量在大于 300,表现为高感。依据 RRI 评价,供试中稻品种中广两优 2010、准两优 527、广两优 1128 等 3 个品种的  $RRI \geq 0.70$ ,表现为抗;Y 两优 900 等 7 个品种的 RRI 为 0.52~0.65,表现为中感;深两优 1 号等 8 个品种的 RRI 为 0.31~0.43,表现为感病;II 优 416 等 6 个品种的  $RRI < 0.3$ ,为高感。

两种评价方法对 27 个晚稻品种的评价结果差异较大(表 2),采用平均单株孢囊数评价,所有 27 个品种未有免疫、高抗品种,盛泰优 9712 等 12 个品种为抗;T 优 272 等 12 个品种为中感;华香优 69 等 3 个品种为感。RRI 评价结果表明,盛泰优 9712、准两优 608、岳优 2155、农香优 204、H 优 518、岳优 9264、岳优 3700、中浙优 1 号、岳优 27 等 9 个品种的 RRI 为 0.76~0.85,为抗;湘晚糯 1 号等 5 个品种的 RRI 为 0.50~0.63,为中感;华两优 1548 等 7 个品种 RRI 为 0.37~0.49,为感;粤王丝苗、黄华占、丰源优 2297 等 7 个品种的  $RRI < 0.3$ ,表现为高感。

### 2.2 田间自然病圃鉴定法

以室内二龄幼虫接种结合平均单株孢囊数评

表 1 24 个中稻品种对旱稻孢囊线虫的室内抗性鉴定结果

Table 1. Resistance of 24 middle-season rice varieties to *H. elachista* in greenhouse.

品种 Variety	平均单株孢囊数 Mean of cyst per plant	抗性 Resistance	相对抗病指数(RRI) Relative resistance index	抗性 Resistance
广两优 2010 Guangliangyou 2010	96.7±1.3	R	0.73	R
淮两优 527 Zhunliangyou 527	103.9±1.1	MS	0.71	R
广两优 1128 Guangliangyou 1128	108.9±7.8	MS	0.70	R
Y 两优 900 Y liangyou 900	125.9±6.9	MS	0.65	MS
Y 两优 1998 Y liangyou 1998	141.1±23.9	MS	0.61	MS
Y 两优 199 Y liangyou 199	149.0±0.9	MS	0.59	MS
隆两优 534 Longliangyou 534	151.8±9.8	MS	0.59	MS
和两优 1 号 Heliangyou 1	155.6±0.5	MS	0.57	MS
C 两优 386 C liangyou 386	159.0±5.1	MS	0.53	MS
Y 两优 2 号 Y liangyou 2	170.8±8.6	MS	0.52	MS
深两优 1 号 Shenliangyou 1	204.4±17.4	S	0.43	S
湘两优 396 Xiangliangyou 396	211.8±9.1	S	0.41	S
深两优 5814 Shenliangyou 5814	215.6±9.9	S	0.40	S
Y 两优 837 Y liangyou 837	226.1±21.6	S	0.37	S
T 优 300 T you 300	239.0±20.2	S	0.34	S
深优 9595 Shenyong 9595	239.1±8.2	S	0.34	S
奥两优 76 Aoliangyou 76	247.4±10.1	S	0.31	S
炳优 98 Bingyou 98	249.3±4.1	S	0.31	S
II 优 416 II you 416	283.3±6.7	S	0.21	HS
荣优 390 Rongyou 390	292.6±4.1	S	0.20	HS
C 两优 4418 C liangyou 4418	308.4±7.4	HS	0.14	HS
新两优 6 号 Xinliangyou 6	323.3±12.1	HS	0.10	HS
两优 3905 Liangyou 3905	337.6±23.7	HS	0.06	HS
隆两优华占 Longliangyouhuazhan	359.9±9.7	HS	0.00	HS

R—抗病；MS—中感；S—感病；HS—高感。  
R, Resistant; MS, Moderately susceptible; S, Susceptible; HS, Highly susceptible.

表 2 27 个晚稻品种对旱稻孢囊线虫的室内抗性鉴定结果

Table 2. Resistance of 27 late rice varieties to *H. elachista* in greenhouse.

品种 Variety	平均单株孢囊数 Mean of cyst per plant	抗性 Resistance	相对抗病指数(RRI) Relative resistance index	抗性 Resistance
盛泰优 9712 Shengtaiyou 9712	36.3±4.4	R	0.85	R
农香优 204 Nongxiangyou 204	36.4±6.9	R	0.85	R
岳优 2155 Yueyou 2155	43.6±5.4	R	0.82	R
淮两优 608 Zhunliangyou 608	47.1±5.4	R	0.81	R
岳优 9264 Yueyou 9264	56.1±9.8	R	0.77	R
岳优 3700 Yueyou 3700	56.4±10.4	R	0.77	R
中浙优 1 号 Zhongzheyong 1	58.9±6.3	R	0.76	R
岳优 27 Yueyou 27	58.9±9.3	R	0.76	R
H 优 518 H you 518	71.0±8.7	R	0.71	R
湘晚糯 1 号 Xiangwannuo 1	88.7±9.3	R	0.63	MS
贺优 50 Heyou 50	94.4±17.5	R	0.61	MS
Y 两优 9918 Y liangyou 9918	99.7±10.5	R	0.59	MS
T 优 272 T you 272	115.4±14.6	MS	0.52	MS
丰源优 299 Fengyuanyong 299	121.6±7.5	MS	0.50	MS
华两优 1548 Hualiangyou 1548	123.9±6.6	MS	0.49	S
C 两优 608 C liangyou 608	124.6±33.6	MS	0.48	S
Y 两优 19 Y liangyou 19	143.7±19.5	MS	0.41	S
晶两优华占 Jingliangyouhuazhan	145.1±8.8	MS	0.40	S
深优 9586 Shenyong 9586	149.0±19.5	MS	0.38	S
T 优 109 T you 109	153.1±14.5	MS	0.37	S
粤王丝苗 Yuwangsimiao	175.9±10.7	MS	0.27	HS
黄华占 Huanghuazhan	178.0±9.4	MS	0.27	HS
丰源优 2297 Fengyuanyong 2297	178.0±17.7	MS	0.26	HS
深两优 870 Shenliangyou 870	189.6±40.6	MS	0.22	HS
华香优 69 Huaxiangyou 69	203.9±27.3	S	0.16	HS
Y 两优 1 号 Y liangyou 1	232.7±33.7	S	0.04	HS
丰源优 263 Fengyuanyong 263	241.6±29.9	S	0.00	HS

R—抗病；MS—中感；S—感病；HS—高感。  
R, Resistant; MS, Moderately susceptible; S, Susceptible; HS, Highly susceptible.

表 3 不同水稻品种对旱稻孢囊线虫的田间抗性鉴定结果  
Table 3. Resistance of different rice varieties to *H. elachista* in field.

品种 Cultivar	土中孢囊数 Number of cysts per litre soil			抗性 Resistance
	Pi	Pf	Pf/Pi	
岳优 3700 Yueyou 3700	72.2±6.8	70.2±9.7	0.97	R
岳优 2115 Yueyou 2115	65.4±8.9	43.4±11.2	0.67	R
岳优 9264 Yueyou 9264	72.0±10.8	66.6±5.6	0.92	R
盛泰优 9712 Shengtaiyou 9712	68.2±7.8	43.0±6.9	0.63	R
丰源优 2297 Fengyuanyou 2297	67.4±3.6	162.6±4.8	2.43	S
H 优 518 H you 518	70.6±6.7	58.0±7.3	0.83	R
贺优 50 Heyou 50	65.2±9.5	38.0±10.9	0.58	R
中浙优 1 号 Zhongzheyou 1	68.0±11.9	38.4±8.9	0.57	R
Y 两优 1 号 Y liangyou 1	67.0±3.6	35.0±6.9	0.52	R
准两优 608 Zhunliangyou 608	68.2±5.9	18.6±10.6	0.27	R
Y 两优 9918 Y liangyou 9918	69.4±7.8	38.6±9.6	0.56	R

R—抗病; S—感病。  
R, Resistant; S, Susceptible.

价法和 RRI 评价法,将筛选出的岳优 3700、岳优 2115、岳优 9264、盛泰优 9712、H 优 518、贺优 50、中浙优 1 号、准两优 608、Y 两优 9918 9 个抗性品种及 Y 两优 1 号、丰源优 2297 2 个感病品种在田间自然病圃中进一步进行验证,以收获后根围土壤孢囊密度与种植前土壤孢囊密度的  $Pf/Pi$  值小于 1.0 为抗性鉴定标准,结果表明,室内二龄幼虫接种法筛选的抗性品种在田间自然病圃均表现为抗虫,丰源优 2297 表现为感虫,Y 两优 1 号则表现为抗虫(表 3)。

3 结论

本研究通过室内二龄幼虫接种和田间自然病圃鉴定,以单株平均孢囊数,并参照小麦孢囊线虫抗性鉴定所应用的相对抗病指数和繁殖系数法<sup>[7]</sup>评价了湖南省 51 个主推的中、晚水稻品种对旱稻孢囊线虫的抗性。结果显示,通过室内二龄幼虫接种和田间自然病圃鉴定以不同评价法对 51 个水稻品种的抗性评价发现,相对抗病指数评价法与单株平均孢囊数结果相差较大。室内人工接种 2 龄幼虫,可以控制 2 龄幼虫接种数量,温度、水分等利于 2 龄幼虫侵染的环境条件,所以室内 2 龄幼虫接种较好地反映出不同水稻品种的抗性水平。相对于小麦孢囊线虫的单株平均白雌虫数的划分标准,由于平均完成一个生活周期的时间不同,旱稻孢囊线虫完成一个生活周期最短仅需要 22 d<sup>[13]</sup>,而小麦孢囊线虫完成一个生活周期需要将近一年<sup>[14]</sup>,所以划分标准也不同。但以单株平均孢囊数的划分具有一定的主观性,单株平均孢囊数评价方法往往不能很客观

反映出品种抗性水平;繁殖系数是以田间孢囊密度起始密度作为参照标准,受当年气候、雨水,土肥,田间孢囊密度分布不均匀等影响,繁殖系数法有时会有偏差:相对抗病指数评价法以当次实验中发病最重的品种为感病对照品种,计算相对抗病指数,这样就可以有效避免由于不同实验条件而造成的评价结果的差异,是相对来说最能有效反映出品种抗性水平的方法<sup>[15]</sup>。结合三种评价方法,岳优 3700、岳优 2155、岳优 9264、盛泰优 9712、H 优 518、贺优 50、中浙优 1 号、准两优 608、Y 两优 9918 等 9 个水稻品种在室内二龄幼虫接种法和田间自然病圃法中均表现为抗性,抗性水平较稳定,可用于今后在旱稻孢囊线虫重灾区推广使用作为抗性资源。

抗性鉴定中还发现,室内二龄幼虫接种法中表现为高感的 Y 两优 1 号在田间自然病圃测试表现为抗性。究其原因,可能在室内由于容器的限制,水稻根系的生长受到限制,而在田间自然病圃鉴定中,水稻植株完全生长在自然环境中,根系得以更加好的发育,特别是高产杂交水稻的土壤深层根系比例大。由于旱稻孢囊线虫 2 龄幼虫主要分布在 0~10 厘米土壤耕作层<sup>[16]</sup>,并从水稻根的伸长区侵染<sup>[13]</sup>,线虫田间自然情况下不易侵染土壤深层根系,从而导致鉴定结果出现差异。

参考文献:

[1] Ohshima Y. *Heterodera elachista* n.sp. an upland rice cyst nematode from Japan. *Nematol Res*, 1974, 4: 51-56.  
[2] Shimizu K. Influence of the upland rice cyst nematode,

- Heterodera elachista* on the yield of the upland-cultured paddy rice. *Jpn J Nematol*, 1976, 6: 1-6.
- [3] Ding Z, Namphueng J, He X F, Peng D L, Huang W K. First report of the cyst nematode (*Heterodera elachista*) on rice in Hunan Province, China. *Plant Dis*, 2011, 96(1): 151.
- [4] Luca F D, Vovlas N, Lucarelli G, et al. *Heterodera elachista* the Japanese cyst nematode parasitizing corn in Northern Italy: Integrative diagnosis and bionomics. *Eur J Plant Pathol*, 2013, 136(4): 857-872.
- [5] 王水南, 彭德良, 黄文坤, 丁中. 旱稻孢囊线虫的快速分子检测. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2014, 40(2): 178-182.  
Wang S N, Peng D L, Huang W K, Ding Z. Rapid molecular diagnosis of rice cyst nematode(*Heterodera elachista*). *J Hunan Agric Univ: Nat Sci*, 2014, 40(2): 178-182. (in Chinese with English abstract)
- [6] 贺沛成, 洪宏, 伍敏敏, 丁中. 旱稻孢囊线虫(*Heterodera elachista*)孵化特性研究. 植物保护, 2012, 38(1): 101-103.  
Hong P C, Hong H, Wu M M, Ding Z. Study on the hatching characteristics of *Heterodera elachista*. *Plant Prot*, 2012, 38(1): 101-103. (in Chinese with English abstract)
- [7] 刘炳良, 孙成刚, 王暄, 向桂林, 宋志强, 高菲菲, 李红梅. 小麦品种对禾谷孢囊线虫(*Heterodera avenae*)江苏沛县群体的抗性鉴定. 麦类作物学报, 2012, 32(3): 563-568.  
Liu B L, Sun C G, Wang X, Xiang G L, Song Z Q, Gao F F, Li H M. Evaluation of the resistance of wheat cultivars to Peixian population of *Heterodera avenae* from Jiangsu Province, China. *J Trit Crops*, 2012, 32(3): 563-568. (in Chinese with English abstract)
- [8] Reversat G, Destombes D. Screening for resistance to *Heterodera sacchari* in the two cultivated rice species, *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. *Fund & Appl Nematol*, 1998, 21(4): 307-317.
- [9] 郑经武, 程瑚瑞, 方中达. 土壤中线虫孢囊的三种分离方法及综合评价. 植物保护, 1995(1): 50-51.  
Zheng J W, Cheng H R, Fang Z D. Three methods of isolation and comprehensive evaluation of nematode cyst in soil. *Plant Prot*, 1995(1): 50-51. Chinese with English abstract)
- [10] 李永宏, 黄清臻. 新复极差法在生物统计中的应用. 医学动物防制, 2002(5): 270-272.  
Li Y H, Huang Q Z. Application of SSR on the statistics of biology. *J Med Pest Control*, 2002(5): 270-272. (in Chinese with English abstract)
- [11] Stirling G, Nicol J. Advisory Services for Nematode Pests. Nematologists.org.au, 1999.
- [12] Soriano I R, Schmit V, Brar D S, Prot J C, Reversat G. Resistance to rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* identified in *Oryza longistaminata* and *O. glaberrima*. *Nematology*, 1999, 1(4): 395-398.
- [13] 丁中, Namphueng J, 何旭峰, 伍敏敏, 洪宏. 旱稻孢囊线虫生活史及侵染特性. 中国水稻科学, 2012, 26(6): 746-750.  
Ding Z, Namphueng J, He X F, Wu M M, Hong H. Life Cycle and infection characteristics of Rice Cyst Nematode, *Heterodera elachista* Ohshima in rice. *Chin J Rice Sci*, 2012, 26(6): 746-750. (in Chinese with English abstract)
- [14] 苏致衡, 黄文坤, 郑国栋, 张宏嘉, 刘淑艳, 彭德良. 北京地区小麦禾谷孢囊线虫病发生动态调查. 植物保护, 2013, 39(1): 116-120.  
Su Z H, Huang W K, Zheng G D, Zhang H J, Liu S Y, Peng D L. Investigation on the occurrence of *Heterodera avenae* in Beijing. *Plant Prot*, 2013, 39(1): 116-120. (in Chinese with English abstract)
- [15] 邢小萍, 袁虹霞, 孙君伟, 张洁, 孙炳剑, 李洪连. 河南省小麦主推品种对 2 种禾谷孢囊线虫的抗性及其评价方法. 作物学报, 2014, 40(5): 805-815.  
Xing X P, Yuan H X, Sun J W, Zhang J, Sun B L, Li H J. Resistance to two species of cereal cyst nematode and evaluation methods in major wheat cultivars from Henan Province, China. *Acta Agron Sin*, 2014, 40(5): 805-815. (in Chinese with English abstract)
- [16] Seasonal fluctuation and rhizospherical distribution of population of the upland rice cyst nematode, *Heterodera elachista*. *Jpn J Nematol*, 1977, 7: 49-57.