

# 温度对南方根结线虫存活的影响

王延红<sup>1,2,3</sup>, 钱秀娟<sup>1,2,3</sup>, 葛俊杰<sup>1,2,3</sup>, 刘长仲<sup>1,2,3</sup>

(1. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省草业工程实验室, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 通过室内和田间试验相结合的方法, 研究了温度对南方根结线虫存活的影响。结果表明, 28℃是南方根结线虫卵囊孵化的最佳温度, 13℃下不适宜卵囊孵化, 但有少量卵囊可孵化出二龄幼虫(J2), 2℃下卵囊不能孵化。J2在13℃下存活时间最长, 可存活30d; 13℃以上和以下J2存活时间都缩短, -12℃以下不能存活。田间调查发现, 温度对南方根结线虫的存活有显著的影响, 土壤线虫数随大气温度的降低数量减少。11月中旬0~5cm土层线虫数最多, 12月5~10cm土层线虫数最多; 12月以后土壤线虫总数减少, 10~15cm土层线虫数最多; 翌年2月中旬线虫数量接近0。

**关键词:** 南方根结线虫; 温度; 卵囊; 二龄幼虫

**中图分类号:** S433

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1463(2016)07-0043-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2016.07.014

## Effects of Temperature on the Survival of *Meloidogyne incognita*

WANG Yanhong<sup>1,2,3</sup>, QIAN Xiujuan<sup>1,2,3</sup>, GE Junjie<sup>1,2,3</sup>, LIU Changzhong<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of Grassland Ecosystem of Education Ministry, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Grassland Engineering Laboratory of Gansu, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The effect of temperature on the survival of *Meloidogyne incognita* is studied with the method of laboratory and field experiments. The result shows that the optimum temperature of the *Meloidogyne incognita* egg hatching is 28 degrees, and 13℃ is not suitable for hatching oocysts, but there is a small amount of oocysts hatched J2 (second stage of juveniles), 2℃ oocysts couldn't hatch. The longest time for J2 survival is 30 days, which can survive at 13℃; the J2 survival time is shortened at 13℃ above and below, -12℃ below of the low temperature can not survive. The field survey found that the temperature had a significant effect on the survival of the *Meloidogyne incognita*. The number of soil *Meloidogyne incognita* decreased with the decrease of atmospheric temperature. In addition, the large number of *Meloidogyne incognita* is occurred in soil 0~5 cm of late December, and 5~10 cm of mid-November, and 10~15 cm After 12 months. The number of soil *Meloidogyne incognita* is decreased; the number of *Meloidogyne incognita* close to 0 in mid February next year.

**Key words:** *Meloidogyne incognita*; Temperature; Egg-mass; Second stage of juveniles

根结线虫(Root-knot Nematode)是植物病原线虫中种类最多、分布最广和危害最严重的一类寄

收稿日期: 2015-06-29; 修订时间: 2016-05-06

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201103018); 国家自然科学基金(30960082); 甘肃省农业厅科技攻关项目

作者简介: 王延红(1987—), 男, 甘肃武威人, 在读硕士, 主要从事根结线虫防治研究。联系电话: (0)18394038524。

通信作者: 刘长仲(1962—), 男, 重庆市人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态环境研究。E-mail: liuchzh@gsau.edu.cn。

于提高龙科 1109 的产量。

### 参考文献:

- [1] 田文中, 温红霞, 高海涛, 等. 不同播期、播种密度及其互作对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 45-49.
- [2] 李爱国, 宋晓霞, 吴春西. 播期播量对国审小麦新品种深麦 9 号产量的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(6): 635-638.
- [3] 胡延积. 小麦生态与生产技术[M]. 郑州: 河南科技出版社, 1986: 150-164.

- [4] 杨春玲, 李晓亮, 冯小涛, 等. 不同类型小麦品种播期及播量对叶龄及产量构成因素的影响[J]. 山东农业科学, 2009(6): 32-34.
- [5] 何盛莲, 吴政卿, 雷振生, 等. 播期、播量对小麦新品种郑麦 9926 产量及构成因素的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(9): 22-24.
- [6] 姜丽娜, 赵艳岭, 邵云, 等. 播期播量对豫中小麦生长发育及产量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(5): 42-46.

(本文责编: 张杨林)

生性线虫<sup>[1]</sup>。目前世界上已发现的根结线虫至少有 97 种<sup>[2]</sup>，造成危害的主要有南方根结线虫 (*Meloidogyne incognita*)、爪哇根结线虫 (*M. javanica*)、花生根结线虫 (*M. arenaria*) 和北方根结线虫 (*M. hapla*) 等，以南方根结线虫 (*M. incognita*) 危害最为严重。已有文献研究能表明，南方根结线虫属植物根系定居型内寄生物，是为害多种农作物和蔬菜的重要病原线虫之一，且为害后可使农作物的根部形成串珠瘤状根结，严重破坏根系组织的分化和生理活性，进而抑制植株地上部正常生长，以及严重影响作物的产量和品质<sup>[3-5]</sup>。在保护地中，南方根结线虫可连年繁殖，一般可使农作物减产 10% ~ 20%，严重时高达 75% 以上<sup>[6]</sup>。目前根结线虫已遍及全国各地，其中在北京、南京、天津、山东、安徽、海南、云南、贵州、陕西、河北和四川等地发生比较严重<sup>[7-8]</sup>。2009 年甘肃省首次对黄瓜根结线虫进行分离和鉴定，确定在甘肃省为害的主要是南方根结线虫<sup>[9]</sup>。根结线虫的发生与为害存在多方面的原因，松本满夫等<sup>[10]</sup>研究表明，土壤连作障碍是造成根结线虫发生的直接原因；Barker 等<sup>[11]</sup>研究发现温度对根结线虫的生长发育有一定影响。同时，也有文献表明，甘肃保护地蔬菜作物一年四季种植，适宜南方根结线虫的生长发育<sup>[12]</sup>。北方冬季气温随着近年的气候变化有一定的上升，但南方根结线虫在北方露地能否越冬尚缺乏相关资料。为此，我们通过室内实验和田间越冬调查相结合的方法，研究了温度对南方根结线虫的影响，以期明确南方根结线虫在甘肃兰州市冬季田间土壤中的动态规律，为提出综合防治措施提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

指示番茄品种为红霸天，由甘肃省农业科学院绿星农业科技有限责任公司提供。供试南方根结线虫采自兰州市和平镇黄瓜温室大棚，并在实验室番茄上扩繁备用。

### 1.2 试验方法

1.2.1 温度对卵囊孵化的影响 在 -20、-12、2、8、13、18、23、25、28、33、38、43 °C 的培养箱中分别放置 3 个浅盘孵化培养皿(在直径 15 cm 培养皿中放置一块铁丝网，在铁丝网上放一块纱布，其上铺一层纸巾，将卵囊放在纸巾上并加水漫过卵囊)，每个培养皿中放置 100 个新鲜且大小一致

的黄褐色卵囊，每隔 1 d 将不同温度下孵化的 J2 (二龄幼虫) 收集于 25 mL 的容量瓶中定容，摇匀容量瓶中的溶液，用 100  $\mu$ L 的移液枪吸取液体，再将液体均匀的滴入线虫计数板上<sup>[13-14]</sup>，在 4 倍显微镜下统计 J2 数量，重复 10 次，至观察不到 J2 为止。

1.2.2 温度对二龄幼虫存活率的影响 挑取大小一致的新鲜黄褐色卵囊，小心放入浅盘孵化培养皿中，加入自来水漫过卵囊，然后放入 28 °C 培养箱内孵化。将初孵化的 J2 在 25 mL 容量瓶中定容，放入 -20、-12、2、13、25 °C 的培养箱，每个培养箱中放 3 组。每隔 1 d 用 100  $\mu$ L 移液枪将装有 J2 的液体吸出，均匀的滴入线虫计数板上，在 4 倍显微镜下统计 J2 存活和死亡数量，重复 10 次，计算平均线虫数，至观察不到 J2 为止。

1.2.3 冬季露地根结线虫的种群动态 观察地点在甘肃农业大学试验田，前茬作物为番茄，根结线虫发生严重。番茄拉秧后，采用 5 点取样法，用取土器收集 0 ~ 5、5 ~ 10、10 ~ 15、15 ~ 20、20 ~ 25、25 ~ 30 cm 各土层的土壤。把同一土层的土壤混合均匀，随机称取 100 g，重复 5 次。然后将称取的各土层每 100 g 土壤分别放入 28 °C 培养箱用浅盘分离法进行分离。1 d 后收集含有线虫的分离液，在 25 mL 容量瓶定容摇匀，用 100  $\mu$ L 移液枪吸取摇匀后的分离液，在线虫计数板上计数，重复 15 次。自 2012 年 11 月 13 日至 2013 年 3 月 13 日，每隔 20 d 取土调查 1 次，共调查 6 次，同时记录调查期的大气温度。

### 1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析，差异显著性测验采用 LSD 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度对卵囊孵化的影响

从表 1 可以看出，随着温度降低，单个卵囊孵化线虫数量呈减少趋势。在 32 d 试验期内，-20、-12、2 °C 条件下卵囊孵量为 0；8 °C 条件下卵囊平均孵化数约为 31.7 条，第 18 d 后不再孵化。在 13 °C 下卵囊平均孵化数为 150.3 条，孵化高峰为第 8 d，第 30 d 后不再有新幼虫出现。18 °C 下，卵囊孵化数为 640.2 条，孵化高峰期为第 1 d。23、25 °C 下，卵囊孵化数分别为 656.4、696.4 条，孵化高峰期均为第 4 d。28、33、38、43 °C 下，每个卵囊孵化数分别为 746.6、638.1、614.7、

表 1 不同温度对南方根结线虫单卵囊孵化的影响

时间/d	-20 °C	-12 °C	2 °C	8 °C	13 °C	18 °C	23 °C
1	0	0	0	6.4±0.04 a	2.6±0.23 ef	93.2±5.98 a	61.2±4.99 c
2	0	0	0	4.8±0.68 a	4.1±0.25 de	81.0±5.90 b	77.0±7.73 b
3	0	0	0	2.4±0.18 b	4.7±0.15 d	73.1±3.16 c	115.6±13.21 a
4	0	0	0	2.2±0.26 b	5.3±1.12 d	72.4±4.39 c	121.0±14.56 a
5	0	0	0	2.0±0.11 c	6.4±2.03 cd	84.7±4.54 b	68.4±18.52 bc
6	0	0	0	1.9±0.42 c	9.8±1.80 a	61.1±3.67 d	63.3±5.22 c
7	0	0	0	2.0±0.04 c	9.4±2.10 a	43.2±2.50 e	38.7±2.33 d
8	0	0	0	2.0±0.27 c	9.4±1.31 a	35.1±3.00 f	21.2±1.41 e
9	0	0	0	1.7±0.04 d	9.0±0.82 a	29.0±2.67 g	20.6±2.00 ef
10	0	0	0	1.0±0.77 e	8.5±0.45 ab	18.4±5.00 h	15.5±3.12 feg
11	0	0	0	1.1±0.02 e	8.5±1.24 ab	18.3±4.13 h	15.0±0.62 efg
12	0	0	0	1.0±0.35 e	7.4±2.31 c	10.0±2.11 i	16.4±2.51 efg
13	0	0	0	0.9±0.01 e	7.8±2.65 c	8.7±2.25 ij	9.8±1.44 fgh
14	0	0	0	0.7±0.26 f	6.3±1.87 cd	5.5±1.34 ijk	6.4±0.66 gh
15	0	0	0	0.8±0.01 f	5.8±2.68 d	4.0±0.83 jk	3.5±2.20 h
16	0	0	0	0.8±0.39 f	6.6±1.52 cd	1.5±0.89 k	1.6±0.96 h
17	0	0	0	0.3±0.01 g	5.2±2.11 d	0.8±0.40 k	0.9±0.20 h
18	0	0	0	0.3±0.25 g	4.6±0.95 d	0.3±0.23 k	0.3±0.26 h
19	0	0	0	0.0±0.00 g	4.0±0.81 de	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
20	0	0	0	0.0±0.00 g	4.3±0.75 de	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
21	0	0	0	0.0±0.00 g	3.6±1.03 e	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
22	0	0	0	0.0±0.00 g	3.2±1.25 e	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
23	0	0	0	0.0±0.00 g	2.9±0.62 e	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
24	0	0	0	0.0±0.00 g	2.5±0.57 ef	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
25	0	0	0	0.0±0.00 g	2.3±1.41 ef	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
26	0	0	0	0.0±0.00 g	1.7±0.83 efg	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
27	0	0	0	0.0±0.00 g	1.3±0.28 fg	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
28	0	0	0	0.0±0.00 g	1.3±0.54 fg	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
29	0	0	0	0.0±0.00 g	1.6±0.22 fg	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
30	0	0	0	0.0±0.00 g	0.2±0.01 h	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
31	0	0	0	0.0±0.00 g	0.3±0.01 h	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
32	0	0	0	0.0±0.00 g	0.0±0.00 h	0.0±0.00 k	0.0±0.00 h
总计	0	0	0	31.7	150.3	640.2	656.4

续表 1

时间/d	25 °C	28 °C	33 °C	38 °C	43 °C
1	63.4±4.33 de	203.5±8.87 a	101.9±5.12 a	94.5±4.51 a	48.0±4.15 a
2	81.5±7.72 c	97.9±6.11 b	80.8±3.74 b	69.8±4.20 b	21.6±5.37 b
3	126.3±9.63 b	87.3±4.84 c	50.8±5.02 e	52.1±1.12 d	12.9±2.69 c
4	143.6±12.40 a	74.4±5.84 d	44.5±4.24 f	42.7±2.12 e	3.5±1.23 d
5	76.4±5.84 d	57.4±5.77 e	37.4±4.33 g	34.5±1.72 f	0.9±0.17 d
6	55.3±4.50 e	90.4±4.37 c	31.3±2.45 hi	29.3±1.35 g	0.3±0.23 d
7	36.9±4.76 f	32.9±3.22 f	35.4±3.17 gh	34.4±0.56 f	0.3±0.23 d
8	23.0±2.23 fg	26.7±3.16 fg	36.9±1.12 g	40.0±2.63 e	0.0±0.00 d
9	18.7±2.12 g	21.8±2.62 gh	62.2±2.27 d	63.8±1.73 c	0.0±0.00 d
10	17.4±4.41 g	15.4±2.35 hi	73.6±2.29 c	72.8±2.97 b	0.0±0.00 d
11	16.8±3.67 g	12.5±3.11 ij	32.2±2.17 h	32.8±3.46 f	0.0±0.00 d
12	14.6±2.99 gh	10.1±2.62 ijk	27.3±2.27 i	26.8±1.51 g	0.0±0.00 d
13	8.8±1.33 h	8.2±2.05 jkl	11.0±3.46 j	8.3±0.75 h	0.0±0.00 d
14	7.4±2.00 h	4.3±0.58 klm	6.8±1.39 jk	5.6±1.00 hi	0.0±0.00 d
15	3.2±2.13 hi	1.9±0.82 lm	3.8±1.00 kl	3.1±0.23 ij	0.0±0.00 d
16	1.9±3.12 i	1.0±0.00 m	1.1±0.35 l	1.8±0.23 j	0.0±0.00 d
17	1.0±0.10 i	0.5±0.50 m	0.5±0.46 l	1.1±0.35 j	0.0±0.00 d
18	0.3±0.10 i	0.2±0.17 m	0.5±0.23 l	0.8±0.35 j	0.0±0.00 d
19	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.3±0.23 l	0.4±0.00 j	0.0±0.00 d
20	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.3±0.23 j	0.0±0.00 d
21	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
22	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
23	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
24	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
25	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
26	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
27	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
28	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
29	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
30	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
31	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
32	0.0±0.00 i	0.0±0.00 m	0.0±0.00 l	0.0±0.00 j	0.0±0.00 d
总计	696.4	746.6	638.1	614.7	87.5

87.5条, 孵化高峰期均为第1天。在-20、-12℃下放置1h, 即使恢复至25℃时, 卵囊再无幼虫孵化。

## 2.2 温度对南方根结线虫 J2 存活率的影响

由表2可知, -20、-12℃下南方根结线虫 J2 不能存活。2℃和13℃时均在第4天出现死亡, 25℃时在第6天出现死亡。在2℃下, 第6天存活率为93.7%, 显著高于之后各时间段存活率( $P < 0.05$ ); 第6天以后存活率显著下降, 至第18天存活率已低于50%, 第22天以后已全部死亡。在13℃下, 第12天存活率为94.5%, 显著高于之后其他时间段的存活率( $P < 0.05$ ), 第12天以后存活率显著下降, 到第24天存活率降至47.5%, 第30天以后全部死亡。在25℃下, 第8天存活率为96.4%, 显著高于之后各时间段存活率( $P < 0.05$ ), 第6天后存活率显著下降, 第20天存活率降至42.1%, 第28天以后存活率为0。以上结果表明, 在供试温度条件下, 13℃存活时间最长, 其次为25℃, 2℃下存活时间较短。

表2 不同温度下南方根结线虫 J2 的存活率

时间 /d	存活率/%				
	-20℃	-12℃	2℃	13℃	25℃
2	0.0	0.0	100.0±0.00 a	100.0±0.00 a	100.0±0.00 a
4	0.0	0.0	98.3±0.05 a	99.2±0.03 ab	100.0±0.00 a
6	0.0	0.0	93.7±0.06 ab	98.5±0.03 ab	99.0±0.02 a
8	0.0	0.0	85.9±0.8 b	98.9±0.02 ab	96.4±0.03 a
10	0.0	0.0	69.6±0.15 c	99.4±0.02 ab	81.5±0.05 b
12	0.0	0.0	70.4±0.18 c	94.5±0.05 b	81.3±0.10 b
14	0.0	0.0	56.7±0.11 d	83.9±0.09 c	74.9±0.07 c
16	0.0	0.0	56.9±0.09 d	78.5±0.05 d	48.6±0.08 e
18	0.0	0.0	45.8±0.20 e	69.1±0.07 e	61.7±0.06 d
20	0.0	0.0	10.6±0.07 f	56.2±0.06 f	42.1±0.10 f
22	0.0	0.0	2.8±0.05 f	58.4±0.07 f	35.0±0.09 g
24	0.0	0.0	0.0±0.00 g	47.5±0.05 g	25.8±0.07 h
26	0.0	0.0	0.0±0.00 g	40.7±0.11 h	12.1±0.07 g
28	0.0	0.0	0.0±0.00 g	23.0±0.05 i	4.2±0.06 j
30	0.0	0.0	0.0±0.00 g	16.1±0.08 j	0.0±0.00 k
33	0.0	0.0	0.0±0.00 g	0.0±0.00 k	0.0±0.00 k

## 2.3 冬季露地根结线虫的种群动态

从调查期各土层线虫数量和气温变化(图1)可以看出, 大气温度呈先下降后上升的趋势, 而土层中线虫数量随着气温的下降逐渐减少, 且线虫逐渐向土壤相对深处移动, 但移动距离不明显。11月中旬0~5cm土层线虫数最多, 12月下旬5~10cm土层线虫数最多, 12月以后土壤线虫总数减少, 10~15cm土层线虫数最多; 翌年2月中旬线虫数量接近0。2012年10月23日至11月13日平均温度为6.8℃, 11月13日土壤线虫总数为

437.6条/100g, 0~5cm土层线虫最多, 为132.9条/100g; 25~30cm土层线虫最少, 为30.9条/100g。12月3日至12月23日平均温度为-1.5℃, 12月23日土壤线虫总数量为427.6条/100g, 其中25~30cm土层线虫数最少, 为38.1条/100g。2012年12月23日至2013年1月12日平均温度为-6.03℃, 1月13日土壤线虫决数为216.2条/100g, 10~15cm土层线虫最多, 为45.7条/100g, 25~30cm土层线虫最少, 为18.6条/100g。2013年1月12日至2月1日温差变化较大且气温有所回升, 平均温度为-0.55℃, 2月1日土壤线虫总数为80.5条/100g, 10~15cm土层线虫最多, 为22.4条/100g, 25~30cm土层线虫最少, 为10.0条/100g。2月1日至2月21日温度先高后低, 平均温度为1.7℃, 其中2月21日土壤中线虫总数为8.1条/100g。2月21日至3月13日温度不断回升, 平均温度为11.63℃, 3月13日土壤线虫数为0。

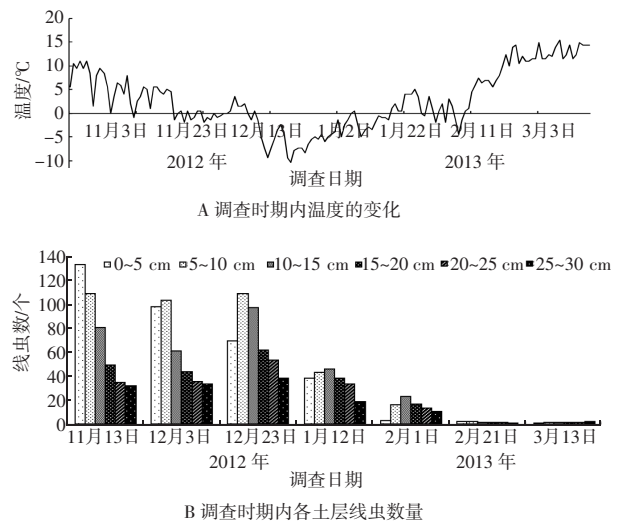


图1 不同调查时期内温度的变化和各土层线虫数量

## 3 小结与讨论

试验结果表明, 在室内温度为-20℃和2℃下, 南方根结线虫单个卵囊孵化的二龄幼虫(J2)数为0; 温度为8~43℃时均能够孵化, 其中在28℃下最适宜卵囊孵化, 孵化的J2总数为746.6条。室内温度为-20~25℃下对南方根结线虫J2的存活具有一定的影响, J2在13℃下存活时间最长, 可存活30d; 13℃以上和以下J2存活时间都缩短, -12℃以下低温下不能存活。田间调查表明, 冬季土壤线虫数与大气温度有相关性, 随大气温度的降低, 线虫数量减少。11月中旬0~5

cm 土层线虫数最多; 12月5~10 cm 土层线虫数最多; 12月以后土壤线虫总数减少, 10~15 cm 土层线虫数最多; 翌年2月中旬线虫数量接近0。在低温天气条件下卵囊不再孵化, 线虫没有侵染能力。随着温度的进一步降低, J2的活力不断下降, 大部分死亡, 即使有少数存活也不具有侵染能力。4月份在田间种植番茄, 7、8月份检查未发现任何根结, 说明南方根结线虫不能在兰州越冬。

南方根结线虫安全越冬的基础是卵囊和J2对低温的忍耐限度。国外利用温度防治线虫取得了一些进展。Taylor等<sup>[15]</sup>研究表明, 南方根结线虫分布北界分别为1月-1.1℃等温线和7.2℃等温线, 印度学者曾研究了温度变化对根结线虫的影响<sup>[16]</sup>, 但未对根结线虫在低温下的活动情况进行研究。Zasada和Oka<sup>[17-18]</sup>报道了温湿度对根结线虫生物学特性的影响, 以及温湿度和生防因子协同作用对根结线虫的防治效果。国内有关报道表明, 南方根结线虫卵孵化的适宜温度是15~30℃, 其J2正常存活的温度是15~20℃<sup>[19-21]</sup>。张峰等<sup>[22]</sup>研究表明, 在温室盆栽条件下, 5—9月期间南方根结线虫适宜发病的田间气温为22.17~27.61℃, 在同年1—4月和10—12月, 气温为15.38~18.67℃南方根结线虫活动能力减弱。曹素芳等研究表明<sup>[23]</sup>, 气温为25~30℃是土壤根结线虫的适宜温度。陈立杰等<sup>[20]</sup>研究认为番茄上南方根结线虫卵孵化的适宜温度是15~30℃, 其J2可正常存活的温度是15~20℃。

#### 参考文献:

- [1] 漆永红, 吕和平, 杜 蕙, 等. 武威市黄瓜根结线虫病病原鉴定[J]. 甘肃农业科技, 2009(9): 9-11.
- [2] MAI W F. Plant parasite nematode: their threat to agriculture, in advanced treatise on *Meloidogyne* [M]. NC: North Carolina State University Graphics Raleigh, 1985: 112-117.
- [3] 段玉玺, 白春明, 陈立杰, 等. 无机化合物对南方根结线虫行为的影响[J]. 植物保护学报, 2009, 36(6): 537-544.
- [4] 杜 蕙, 陈 明, 吕和平. 甘肃省蔬菜根结线虫发生种类与分布[J]. 北方园艺, 2012(20): 127-130.
- [5] 吴永汉, 王 诚, 陈积厂, 等. 几种杀线虫剂防治黄瓜根结线虫病试验[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(9): 8-9.
- [6] SASSER J N. The international *Meloidogyne* project—its goal and accomplishments[J]. Annual Review Phytopathology, 1983(21): 271-288.
- [7] 喻盛甫, 杨宝君, 王秋丽. 云南植物根结线虫种类调查与鉴定[J]. 云南农业大学学报, 1990, 5(4): 212-217.
- [8] 李红梅, 徐建华, 沈培根, 等. 无花果主要寄生虫在江苏主产区的分布与季节性消长动态[J]. 南京农业大学学报, 1999, 22(1): 38-41.
- [9] 漆永红, 吕和平, 杜 蕙, 等. 武威市黄瓜根结线虫病病原鉴定[J]. 甘肃农业科技, 2009(9): 09-11.
- [10] JANOUDI A K, WIDDERS I E, FLORE J A. Water deficits and environmental facts affect photosynthesis in leaves of cucumber[J]. Journal of American Society Horticulture Science, 1993, 118(3): 366-270.
- [11] BARKER K R, CARTER C C, SASSER J N. Methodology[M]. Raleigh: North Carolina State University, 1985.
- [12] 何 元, 潘沧桑. 南方根结线虫和爪哇根结线虫的发育[J]. 厦门大学学报, 2000, 39(4): 537-543.
- [13] 刘长仲, 王延红, 钱秀娟, 等. 线虫计数板: 中国, 2012207382925[P]. 2013-07-17.
- [14] 刘长仲, 王延红, 钱秀娟, 等. 植物线虫单卵囊孵化装置: 中国, 2012207383434[P]. 2013-06-12.
- [15] TAYLOR A L, 杨宝君, 曾大鹏. 植物根结线虫(生物学、鉴定和防治)[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [16] GAUR H S, SRJGAL M. Effect of rate of drying of soil on the survival infectivity and development of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* [J]. Indian Journal of Nematology, 1990, 20(1): 84-90.
- [17] ZASADA I A, TENUTA M. Alteration of the soil environment to maximize *Meloidogyne incognita* suppression by an alkaline stabilized biosolid amendment[J]. Applied Soil Ecology, 2008, 40(2): 309-317.
- [18] OKA Y, SHAPIRA N, Fine P. Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization[J]. Crop Protection, 2007, 26(10): 1556-1565.
- [19] 郑长英, 曹志平, 孙立宁. 环境条件对番茄根结线虫病的影响[J]. 莱阳农学院学报, 2004, 21(3): 231-233.
- [20] 陈立杰, 魏 峰, 段玉玺, 等. 温湿度对南方根结线虫卵孵化和二龄幼虫的影响[J]. 植物保护, 2009, 35(2): 48-52.
- [21] 伏召辉, 杜 超, 仵均祥. 温湿度及酸碱度对南方根结线虫生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2012(6): 137-140.
- [22] 张 峰, 李英梅, 洪 波, 等. 温度和初始接种量对南方根结线虫侵染力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012(12): 1631-1635.
- [23] 曹素芳, 杜 蕙, 漆永红, 等. 温度和湿度对南方根结线虫存活的影响[J]. 植物保护, 2012, 38(6): 108-111.

(本文责编: 陈 伟)