

斯氏线虫对亚洲玉米螟种群的控制作用

胡学难, 梁广文, 曾 玲

(华南农业大学 昆虫生态研究室, 广东 广州 510642)

摘要:采用均匀设计和自然种群生命表方法,研究了斯氏线虫 *Steinernema feltiae* 对亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 的控制作用. 通过试验得出了应用斯氏线虫在甜玉米地控制亚洲玉米螟的最佳施用剂量和施用次数组合,即施用剂量为 1.0 万条/株,施用次数为 2 次(心叶中期喷第 1 次,5 d 后喷第 2 次).

关键词:斯氏线虫; 亚洲玉米螟; 甜玉米; 控制

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2004)02-0052-04

Studies on control of *Steinernema feltiae* to *Ostrinia furnacalis*

HU Xue-nan, LIANG Guang-wen, ZENG Ling

(Lab of Insect Ecology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: According to the study on the natural population life table of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*, after spraying *Steinernema feltiae* in the sweet corn field, the suitable combination of spraying density and application time was measured by the uniform design. The results from the experiment were showed that the suitable density of nematodes per corn plant was 10 000 individuals, and two suitable application times were at the mid-stage of corn seedling and then the 5 days later.

Key words: *Steinernema feltiae*; *Ostrinia furnacalis*; sweet corn; control

甜玉米 *Zea mays* L. 属于甜质型菜果用玉米, 因其乳熟期的籽粒味甜质软而成为一个独立的经济类型. 由于甜玉米富含糖分(含糖量比普通玉米高 10% 以上), 因此在其生长发育期间更易受亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 的为害, 从而影响甜玉米的产量和品质. 据深圳调查^[1], 甜玉米被害株率达 27.8% ~ 85.9%, 为害损失达 29% ~ 74%. 随着甜玉米栽培面积的不断扩大, 亚洲玉米螟的为害日趋严重, 已成为阻碍甜玉米生产的主要障碍; 又因为甜玉米生育期短, 鲜穗当天上市, 若采用化学农药防治亚洲玉米螟, 极易产生农药中毒事件, 致使消费者不敢放心购买, 影响其市场销售. 为了解决甜玉米产区日趋严重的农药污染问题, 为甜玉米的无公害化生产提供科学依据, 有必要寻求一套行之有效的亚洲玉米螟生态控制措施.

斯氏线虫能侵染多种害虫, 黑暗、潮湿的环境有

利于其活动与存活, 因此适合于防治钻蛀性和土栖性害虫. 亚洲玉米螟属于钻蛀性害虫, 并且玉米心叶所形成的喇叭口形成了隐蔽和保湿的环境, 这些都有利于应用斯氏线虫对亚洲玉米螟进行生态控制. 本文在室内生物测定的基础上, 在深圳龙岗生态示范农场甜玉米地应用斯氏线虫对亚洲玉米螟进行了田间控制试验.

1 材料与方法

1.1 材料

亚洲玉米螟均采自龙岗生态示范农场甜玉米地, 斯氏线虫 *Steinernema feltiae* A₂₄ 品系二龄感染期幼虫, 由广东省昆虫研究所提供.

1.2 试验设计

1.2.1 斯氏线虫在玉米心叶中的存活时间 选择处于心叶中期未被亚洲玉米螟侵染的玉米共 20 株, 每

株接线虫悬浮液 2 mL,浓度为 500 条/mL,每隔 2 d 取 3 株玉米进行剖查,剖查后充分用水冲洗玉米植株(特别是心叶)以收集线虫,记载线虫数直到查不到线虫为止。

1.2.2 玉米心叶中不同存留时间的斯氏线虫对亚洲玉米螟侵染力的影响 选择没有感染亚洲玉米螟的处于心叶中期的玉米 40 株,每株接线虫悬浮液 5 mL,浓度为 1 000 条/mL,对照喷清水,置于养虫笼内观察。每隔 2 d 选择上述处理的 5 株玉米,每株接 3 龄亚洲玉米螟幼虫 5 头,9 d 后剖秆检查死亡率和虫孔数。

1.2.3 斯氏线虫控制亚洲玉米螟的剂量和次数组合

选择线虫剂量(A)和喷施次数(B)作为参试因子,从方开泰和王元^[2]的均匀设计表中选取 $U_6(6^4)$ 表,依均匀设计表的使用表选择第 1、3 列共 6 个处理(表 1),分别于 1998 年 5 月 24 日、5 月 29 日、6 月 2 日进行线虫喷施,对照喷清水,每个处理设 3 个重复,每个重复面积为 170 m²。

表 1 线虫剂量与喷施次数的试验设计

Tab. 1 The experimental design of nematode dosage and spraying times

试验号数 test no.	A[线虫剂量 nematode density/(万条·株 ⁻¹)]	B(喷施次数 spraying times)
1	A ₁ (0.05)	B ₃ (2)
2	A ₂ (0.10)	B ₆ (3)
3	A ₃ (0.15)	B ₂ (1)
4	A ₄ (0.20)	B ₅ (3)
5	A ₅ (0.50)	B ₁ (1)
6	A ₆ (1.00)	B ₄ (2)

在每个重复中选取 5 株玉米进行剖查,于 5 月 23 日起每隔 4 d 调查 1 次,按照庞雄飞等^[3-4]提出的作用因子生命表方法建立亚洲玉米螟自然种群生命表。并通过试验数据计算出各处理区亚洲玉米螟的种群趋势指数与干扰作用控制指数,用来评价各处理对亚洲玉米螟的控制效果。

2 结果与分析

2.1 斯氏线虫在玉米心叶中的存活时间

接入玉米心叶的线虫数量随着时间的延长而逐渐减少。接线虫 2、4、6、8、10 d 后,在玉米心叶内回收的线虫数分别为:788.7、412.3、380.4、287.0、24.1 条/株,16 d 后检查,玉米心叶内仍能回收到线虫。从这一试验结果可以得出:在应用斯氏线虫对亚洲玉米螟进行生态控制时,所施用的线虫对田间陆续迟发生的亚洲玉米螟幼虫仍有感染的可能,这就为建

立亚洲玉米螟生态控制系统提供了一定的依据。

2.2 玉米心叶中不同存留时间的斯氏线虫对亚洲玉米螟侵染力的影响

试验结果见图 1,从图 1 可以看出:在玉米心叶中施用斯氏线虫 4~10 d 后再分别接入亚洲玉米螟,线虫对亚洲玉米螟仍具有侵染力。在线虫施用剂量为 1 000 条/mL 时,10 d 后进入心叶中的亚洲玉米螟幼虫,其虫口减退率仍达 41.9%。虽然虫口减退率随施线虫后时间的延长而下降,但是线虫在 4~10 d 之内仍未丧失它的侵染力。供试玉米上虫孔减退率也说明了同样的结果。

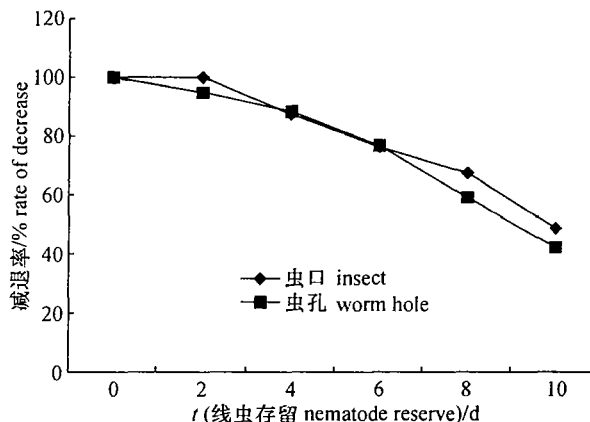


图 1 不同存留时间的斯氏线虫对亚洲玉米螟幼虫的侵染力
Fig. 1 The infection of *Steinernema feltiae* to the Asian corn borer in the different reserve time

2.3 田间应用斯氏线虫的剂量和喷施次数

2.3.1 不同组合处理的亚洲玉米螟自然种群生命表

首先根据系统调查数据整理出对照和各个处理的亚洲玉米螟自然种群动态系统调查数据表,然后根据该动态数据表与室内试验所测定的参数列出对照和各处理的自然种群生命表(表 2)。

2.3.2 斯氏线虫控制亚洲玉米螟的最适施用剂量与次数组合

均匀设计试验中,当仅考虑到因子的主效应时,其回归模型为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_S X_S, \quad (1)$$

其中 S 为因子数, $\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_S$ 能够估计出。

若考虑参试因子的二阶主效应和交互效应,本试验中二次逐步回归模型的表达式为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 A^2 + \beta_3 B + \beta_4 B^2 + \beta_5 AB \quad (2)$$

其中 $\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_5$ 为待估参数, β_0 为常数项。

在试验设计中,假设线虫剂量和施用次数两因子是相互独立的,没有考虑到因子间的相互作用,但在分析试验结果时,其间的交互作用是存在的,所以在进行二次逐步回归分析时应将一级交互作用考虑在内。

表2 斯氏线虫使用剂量与次数不同组合处理的亚洲玉米螟自然种群生命表

Tab. 2 Natural population life table of *Ostrina furnacalis* in the different connections of nematode dosage and time

虫期 stage	作用因子 factor	存活率 survival ratio						
		对照 control	A ₅ B ₄	A ₄ B ₅	A ₅ B ₁	A ₂ B ₆	A ₃ B ₂	A ₁ B ₃
卵 egg	捕食及其他 predator and others	0.725 7	0.599 9	0.538 6	0.600 2	0.619 8	0.610 4	0.700 0
	寄生 parasite	0.862 3	0.862 3	0.862 3	0.862 3	0.862 3	0.862 3	0.862 3
	不孵 nonhatch	0.984 5	0.984 5	0.984 5	0.984 5	0.984 5	0.984 5	0.984 5
蛀前幼虫(1~3龄) larva before boring (1~3 instar)	捕食及其他 predator and others	0.823 7	0.597 9	0.494 7	0.539 6	0.538 5	0.513 2	0.956 0
	初孵幼虫转移 larva transfer	0.702 1	0.702 1	0.702 1	0.702 1	0.702 1	0.702 1	0.702 1
	玉米抗生性 corn resistance	0.722 2	0.722 2	0.722 2	0.722 2	0.722 2	0.722 2	0.722 2
	线虫寄生 <i>Steinernema feltiae</i>	1.000 0	0.368 4	0.475 6	0.523 7	0.748 9	0.805 4	0.893 7
蛀后幼虫(4~5龄) larva after boring (4~5 instar)	捕食及其他 predator and others	0.869 1	0.985 1	0.989 4	0.959 2	0.900 7	0.849 6	0.528 3
	玉米抗生性 corn resistance	0.601 7	0.601 7	0.601 7	0.601 7	0.601 7	0.601 7	0.601 7
	白僵菌寄生 <i>Beauveria bassiniana</i>	0.834 9	0.934 9	0.983 2	0.983 2	0.983 2	0.983 2	0.983 2
	线虫寄生 <i>Steinernema feltiae</i>	1.000 0	0.293 7	0.585 5	0.537 3	0.652 7	0.714 7	0.856 4
蛹 pupa	白僵菌寄生 <i>Beauveria bassiniana</i>	0.985 5	0.851 5	0.568 6	0.615 1	0.468 2	0.587 9	0.394 2
	姬蜂寄生 ichneumon	0.953 6	0.953 6	0.953 6	0.953 6	0.953 6	0.953 6	0.953 6
	线虫寄生 <i>Steinernema feltiae</i>	1.000 0	0.352 9	0.412 8	0.527 4	0.742 8	0.852 3	0.972 5
	羽化不正常 noneclasion	0.864 1	0.864 1	0.864 1	0.864 1	0.864 1	0.864 1	0.864 1
成虫 adult	雌性概率 ratio of female	0.482 5	0.482 5	0.482 5	0.482 5	0.482 5	0.482 5	0.482 5
	达标卵量概率 probability of standard egg ¹⁾	0.689 1	0.689 1	0.689 1	0.689 1	0.689 1	0.689 1	0.689 1
种群趋势指数 index of population trend		27.38	0.689 1	1.173 3	1.782 7	3.331 8	4.819 6	7.101 6
干扰作用控制指数 interference index of population control			0.025 1	0.042 8	0.065 1	0.121 7	0.176 0	0.259 5

1)标准卵量定为900粒/雌

通过 DPS^[5]软件对表2中的干扰作用控制指数(IIPC)与线虫剂量A、施用次数B进行二次逐步回归分析后,得出二次逐步模型为:

$$Y_{IIPC} = 0.320\ 4 - 0.748\ 8A + 0.831\ 8A^2 - 0.007\ 2B^2 - 0.174\ 2AB$$

从二次逐步回归的一些基本参数可以得出:A、A²、AB与Y_{IIPC}均呈显著水平,而B²与Y_{IIPC}不呈显著

相关,但A、B的组合与Y_{IIPC}关系较为密切,因此仍保留B²项。回归方程的相关系数R=0.986 8, F=9.301 4。

利用上述二次逐步回归模型可模拟出线虫不同剂量与不同喷施次数的各个组合对亚洲玉米螟的干扰作用控制指数(表3)。

表3 不同剂量与不同喷施次数的各个组合对亚洲玉米螟的干扰作用控制指数

Tab. 3 IIPC of *Steinernema feltiae* in the different dosage and degree

喷施次数 spraying times(B)	线虫剂量 nematode density (A)/(万条·株 ⁻¹)					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.50	1.00
1	0.269 1	0.229 4	0.193 5	0.161 9	0.059 7	
2	0.238 9	0.190 3	0.145 8	0.105 5		0.026 3
3	0.194 2	0.136 9	0.083 76	0.034 74		

表3的结果表明了不同线虫剂量和施用次数组合对亚洲玉米螟种群干扰作用控制指数的模拟情况。从模拟结果可以看出:干扰作用控制指数随线虫剂量的增加而降低。在害虫种群系统中,如果某种措施的干扰作用控制指数降低到0.025以上,说明即使下代害虫种群趋势增长指数为40倍,通过这个措施的干扰作用,也能将害虫种群数量维持在1以下,不

会造成下代种群的增长,但在自然条件下,由于天敌等环境因子的作用,害虫种群繁殖一代增长40倍的可能性极小,亚洲玉米螟种群也不例外,因此本文把干扰作用控制指数达到0.025左右作为选择线虫剂量和次数组合的标准^[6]。表3中能使干扰作用控制指数降低到0.025左右的线虫剂量和喷施次数组合有:1.00(万条/株)×2次、1.00(万条/株)×3次。考

虑防治成本,应选 $1.00(\text{万条/株}) \times 2$ 次。因此,通过自然种群生命表和二次逐步回归模型分析,得出了应用斯氏线虫在甜玉米地控制亚洲玉米螟的最佳施用剂量和施用次数组合为:施用剂量为 1.0 万条/株,施用次数为 2 次(心叶中期喷第 1 次, 5 d 后喷第 2 次)。

3 讨论

国内外应用斯氏线虫防治亚洲玉米螟的研究有零星报道^[7-9]。这些研究主要报道了斯氏线虫对亚洲玉米螟的防治效果,而这些防治效果都是用校正死亡率或类似的指标来评价。校正死亡率指标只能评价采取措施后调查时的亚洲玉米螟死亡情况,对速效型的化学杀虫剂往往显示良好效果,但对缓效型的防治措施(如许多生态控制措施)则难以全面评价。在评价某项措施的生态控制作用时,古老的生命表方法却可以发挥其深刻揭示害虫种群动态过程(状态)和环境因子对害虫种群作用的大小的优越性。庞雄飞^[3]等提出的种群趋势指数的指标表示了作用因子对种群增长趋势作用的综合效果,能反映缓效型的作用因子对害虫种群数量发展趋势的影响。但在应用昆虫病原线虫防治害虫的研究中,还未曾有利用自然种群生命表来评价防治效果的。本文即是在上述生态控制思想指导下,首次将自然种群生命表方法应用于斯氏线虫防治亚洲玉米螟的效果评价。以深圳龙岗生态示范农场甜玉米地为研究基

地,从亚洲玉米螟自然种群生命表着手,开展了斯氏线虫对亚洲玉米螟控制作用的研究,取得了较好的效果。今后应进一步开展在不同卵密度下的甜玉米地的斯氏线虫施用剂量和喷施次数的最优组合研究。

参考文献:

- [1] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 利用生命表技术评价甜玉米品种对亚洲玉米螟的抗性[J]. 中国农业科学, 2001, 34(5): 502-505.
- [2] 方开泰,王元. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京:科学出版社, 1994. 12-15.
- [3] 庞雄飞,梁广文. 害虫种群系统的控制[M]. 广州:广东科技出版社, 1995. 1-212.
- [4] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 亚洲玉米螟自然种群连续世代生命表的研究[J]. 生态学报, 2001, 20: 107-109.
- [5] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社, 2002. 311-313.
- [6] 吕利华,庞雄飞. 小菜蛾颗粒体病毒在小菜蛾生态控制中的作用[D]. 广州:华南农业大学. 1998. 27-28.
- [7] 何康来,周大荣,杨怀文. 应用茕菁夜蛾线虫防治亚洲玉米螟的研究[J]. 生物防治通报, 1991, 7(1): 1-6.
- [8] 杨怀文,张刚应,张善稿. 茕菁夜蛾线虫与玉米螟接触时间对寄主死亡率及死亡速度的关系[J]. 生物防治通报, 1991, 7(4): 154-156.
- [9] 廖学东,邵广凤,刘佑. 昆虫病原线虫对亚洲玉米螟防治的研究[J]. 天津农林科技, 1992, 122(4): 35-36.

【责任编辑 周志红】