

冷藏温度、基质和时间对智利小植 绥螨存活和生殖的影响

刘佰明¹, 张君明², 郭晓军², 张帆^{2*}

(1. 天津市植物保护研究所, 天津 300112; 2. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要 智利小植绥螨是叶螨属害螨的一种重要捕食性天敌,为发挥其控害效能,本研究在4℃和8℃两个温度下测试了叶片+叶螨、蛭石+叶螨和蛭石3种冷藏基质以及不同冷藏时间对智利小植绥螨存活和生殖的影响。结果表明:冷藏温度、基质和时间均对智利小植绥螨冷藏存活率有显著影响。冷藏5~15 d时,在8℃下每种基质中的存活率均大于或等于4℃下的存活率,而冷藏20~40 d时相反。用蛭石基质及蛭石+叶螨基质在4℃条件下冷藏35~40 d和在8℃条件下冷藏25~40 d的存活率均较叶片+叶螨基质有显著优势。在每个温度及每种基质内,智利小植绥螨冷藏存活率均随冷藏时间的延长而呈下降趋势。冷藏温度和冷藏时间对冷藏后智利小植绥螨一周内产卵量有显著影响。除了10 d和15 d处理,在4℃条件下智利小植绥螨冷藏后1周产卵量要高于8℃,特别是在冷藏20 d后。在4℃条件下,冷藏5 d和10 d后的智利小植绥螨1周产卵量高于冷藏15 d后产卵量;而在8℃条件下,冷藏10 d和15 d后智利小植绥螨1周产卵量高于其他冷藏时段产卵量。总之,用蛭石作基质冷藏智利小植绥螨不但效果较好,而且较为经济适用,适宜在4℃条件下进行长期冷藏,有利于延长货架期。

关键词 智利小植绥螨; 冷藏; 蛭石; 存活率; 产卵量

中图分类号: S 476 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2012.06.012

Effects of storage temperature, matrix and duration on survival and fecundity of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*

Liu Baiming¹, Zhang Junming², Guo Xiaojun², Zhang Fan²

(1. Tianjin Institute of Plant Protection, Tianjin 300112, China; 2. Institute of Plant and Environmental Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract In order to exploit the biological control potential of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*, the effects of low storage temperature, storage matrix and storage duration on survival and fecundity of *P. persimilis* were evaluated. The results showed that the three cold storage factors above all had significant effects on the survival rate of *P. persimilis*. In the same storage matrix and duration, survival of *P. persimilis* at 8℃ was higher than or equal to that at 4℃ when stored for 5–15 d, and they were the reverse when for 20–40 d. The survival rate of *P. persimilis* showed no difference in vermiculite + spider mite and vermiculite. However, they were both better than those in leaf + spider mite when stored at 4℃ for 35–40 d and at 8℃ for 25–40 d. At each temperature and in each matrix, the survival rates were all reduced with storage duration. Furthermore, the storage temperature and the duration had significant effects on the fecundity of *P. persimilis* after cold storage. In general, the fecundity of the predatory mite at 4℃ was higher than that at 8℃, especially the predatory mite stored above 20 d. At 4℃, the fecundity of the predatory mite was gradually reduced with storage duration. Conversely, the fecundity of the predatory mite initially increased and peaked at the storage duration of 10 and 15 d, and thereafter decreased gradually at 8℃. Therefore, it is suitable to store the predatory mite at 4℃ in vermiculite, which can help extend the shelf life.

收稿日期: 2012-02-14 修订日期: 2012-05-24

基金项目: 天津市自然科学基金(09JCYBJC14600);中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KSCX2-EW-B-02);国家桃产业技术体系(nycyt-x-31-02)

* 通信作者 E-mail: zhangfan31@sohu.com

Key words *Phytoseiulus persimilis*; cold storage; vermiculite; survival; fecundity

智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)(Acari: Phytoseidae)是专食性捕食螨^[1],对叶螨属害螨具有很好的控制效果。目前,智利小植绥螨大量繁殖与释放技术已经取得了很大进展^[5-8],其被广泛用于设施蔬菜、园艺观赏植物上的叶螨防治,取得了很好的效果^[2-4]。随着无公害设施农业的发展,智利小植绥螨的商业化需求越来越大。但商品化捕食螨在被应用前,要经历长短不一的货架期,并且在储运过程中会遭受变温、移动等对捕食螨存活和繁殖不利的外界因素。所以捕食螨产品的冷藏技术,往往是制约智利小植绥螨商业化的一个重要环节。冷藏基质、冷藏时间和冷藏温度等是影响冷藏效果的重要因子,特别是对冷藏基质提出很高的要求,不仅要具有保湿、隔离作用,还需避免对捕食螨造成机械伤害。冷藏基质同时作为商品捕食螨的应用载体,应考虑到价廉、便于获得并利于在田间施用。较常规简易的做法是将带有捕食螨及叶螨的新鲜叶片直接冷藏,叶片作为冷藏载体可满足捕食螨对水分的需求^[10],但是叶片容易腐烂,不宜长期储运。麦麸具有良好的保湿性,一些商业生产的捕食螨用之作为储运载体,但是麦麸在国际间的运输有时会受到限制^[11]。因此急需选择一种较为合适的冷藏智利小植绥螨的基质。

蛭石是一种水合页硅酸盐颗粒状矿物质,具有较好的保湿性和轻质性^[12],价廉易得,目前已广泛用作天敌昆虫大量繁殖、田间释放的载体^[13-15]。Shih^[16]在自动化大量繁殖温氏钝绥螨(*Amblyseius womersleyi*)的工艺中,将采收到的捕食螨中加入蛭石等贮存待用,但没有详细报道其冷藏方法及效果。Morewood^[11]曾经尝试利用蛭石作为智利小植绥螨的冷藏载体,但是在其冷藏条件下有霉菌生长,结果不甚理想。因此有必要在此基础上进一步研究应用蛭石作为智利小植绥螨冷藏填充基质的可行性。

本研究以蛭石作为冷藏基质,评价其不同的使用方式、冷藏温度和冷藏时间对智利小植绥螨存活和生殖的影响,为开发理想的商用智利小植绥螨冷藏技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设备

智利小植绥螨和朱砂叶螨[*Tetranychus cinnam-*

barinus(Boisduval)]:自北京市农林科学院天敌昆虫实验室,以菜豆(*Phaseolus vulgaris* Linn.)苗一朱砂叶螨繁殖体系常年饲养种群,发育至成螨供试。

其他材料与设备:蛭石(市售,规格为1~3 mm)、5 mL离心管、海尔冷藏箱、RXZ-3000智能人工气候箱、尼康SMZ1500型实体显微镜等。

1.2 试验设计与冷藏方法

冷藏基质:设3个处理:(1)叶片+叶螨:带有朱砂叶螨的菜豆叶片,剪成1 cm×3 cm条状;(2)蛭石+叶螨:灭菌蛭石+蒸馏水+朱砂叶螨;(3)蛭石:灭菌蛭石+蒸馏水。以上处理灭菌蛭石与蒸馏水按体积比2:1比例混合。

本试验在(8±1)℃和(4±1)℃两个冷藏温度下,用叶片+叶螨、蛭石+叶螨、蛭石3种冷藏基质冷藏智利小植绥螨,每温度每基质分别冷藏5、10、15、20、25、30、35、40 d。本试验计48个处理,每处理5次重复,每重复用1个装有约2 mL冷藏基质的5 mL塑料离心管,装入10头由同期卵发育来的智利小植绥螨4日龄雌成螨。

1.3 冷藏后的总效果检查

将离心管中的捕食螨连同冷藏基质倒在白纸上,用0号毛笔轻柔地从基质中挑出捕食螨,轻轻触碰,在10 min内不活动的捕食螨视为死亡,记录捕食螨存活数量。将冷藏后存活的智利小植绥螨怀卵雌成螨单头置于盛有1 cm×3 cm带有朱砂叶螨叶条的离心管中,置于温度26℃,相对湿度80%,光照L//D=16 h//8 h条件的人工气候箱中培养。每隔24 h检查智利小植绥螨产卵数量,在显微镜下用肉眼较易区分两种螨类的卵:智利小植绥螨的卵椭圆形、长约0.3 mm,初产时呈半透明略带橙色,随着发育进程橙色加深;朱砂叶螨的卵为正圆形,直径约0.13 mm,初产乳白色,后期呈乳黄色。每次检查后更换叶条,连续记录一周。

1.4 数据统计方法

温度、基质和冷藏时间对智利小植绥螨存活率和产卵量的影响采用多因素方差分析(ANOVA)。数据在分析前进行方差齐性和正态性检验,存活率数据在分析前采用平方根反正弦变换。当主效应影响显著时,采用Tukey测验进行差异显著性分析。

以上数据均采用 SPSS11.5 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 温度、基质和冷藏时间对智利小植绥螨存活率的影响

温度 ($F_{1,192} = 6.357, p = 0.013$)、基质 ($F_{2,192} = 40.760, p < 0.001$) 和冷藏时间 ($F_{7,192} = 74.590, p < 0.001$) 对智利小植绥螨存活率均有显著影响 (表 1)。同时, 温度和冷藏时间 ($F_{7,192} = 5.949, p < 0.001$) 及基质和冷藏时间 ($F_{14,192} = 3.116, p < 0.001$) 交互都达到显著差异 (表 1)。

表 1 温度、基质和冷藏时间对智利小植绥螨存活率影响的差异显著性比较

冷藏条件	df	F	p
温度	1	6.357	0.013
基质	2	40.760	<0.001
冷藏时间	7	74.590	<0.001
温度 * 基质	2	0.046	0.955
温度 * 冷藏时间	7	5.949	<0.001
基质 * 冷藏时间	14	3.116	<0.001
温度 * 基质 * 冷藏时间	14	1.454	0.132
误差	192		

由表 2 可见, 在 4 °C 条件下冷藏 35~40 d 和在 8 °C 条件下冷藏 25~40 d 时, 智利小植绥螨在“叶片+叶螨”基质中的存活率均显著低于“蛭石+叶螨”和“蛭石”两种基质, 而后两种基质间无显著差异。在 4 °C 和 8 °C 条件下的其他冷藏时间段内, 智利小植绥螨存活率在 3 种基质间均无显著差异。在每个温度及每种基质内, 智利小植绥螨冷藏存活率均随冷藏时间的延长呈下降趋势。冷藏 5~15 d 时, 在 8 °C 条件下每种基质中智利小植绥螨的存活率均大于或等于 4 °C, 而冷藏 20~40 d 时相反。

2.2 温度、基质和冷藏时间对智利小植绥螨产卵量的影响

由表 3 可见, 温度 ($F_{1,183} = 4.320, p = 0.039$) 和冷藏时间 ($F_{5,183} = 2.406, p = 0.038$) 对智利小植绥螨 1 周产卵量均有显著影响, 但基质 ($F_{2,183} = 0.753, p = 0.473$) 对智利小植绥螨 1 周产卵量没有显著影响。同时, 温度和冷藏时间 ($F_{5,183} = 9.331, p < 0.001$) 及温度、基质和冷藏时间 ($F_{10,183} = 2.08, p = 0.028$) 交互均达显著差异。

表 4 结果表明, 在 4 °C 条件下, 智利小植绥螨冷藏后 1 周产卵量随冷藏时间的延长而下降。冷藏

5 d 和 10 d 后的智利小植绥螨 1 周产卵量高于冷藏 15 d 及以后的产卵量。而其他冷藏时间段内的智利小植绥螨 1 周产卵量之间没有差异。在 8 °C 条件下, 智利小植绥螨 1 周产卵量先随冷藏时间延长而上升, 冷藏 20 d 后智利小植绥螨 1 周产卵量又随冷藏时间延长而下降。冷藏 10 d 和 15 d 后智利小植绥螨 1 周产卵量高于其他冷藏时间段产卵量。另外, 除了 10 d 和 15 d 处理, 在 4 °C 条件下智利小植绥螨冷藏后 1 周产卵量要高于 8 °C, 特别是在冷藏 20 d 后。

表 2 温度、基质和冷藏时间对智利小植绥螨存活率影响¹⁾

冷藏时间/d	冷藏基质	存活率/%	
		4 °C	8 °C
5	叶片+叶螨	(72.00±5.83)a	(90.00±3.16)a
	蛭石+叶螨	(86.00±4.00)a	(86.00±5.10)a
	蛭石	(80.00±4.47)a	(88.00±4.90)a
10	叶片+叶螨	(68.00±3.74)a	(84.00±5.10)a
	蛭石+叶螨	(76.00±6.78)a	(84.00±4.00)a
	蛭石	(78.00±3.74)a	(80.00±4.47)a
15	叶片+叶螨	(66.00±5.10)a	(80.00±3.16)a
	蛭石+叶螨	(72.00±5.83)a	(78.00±2.00)a
	蛭石	(76.00±5.10)a	(76.00±4.00)a
20	叶片+叶螨	(62.00±13.57)a	(62.00±9.70)a
	蛭石+叶螨	(72.00±5.83)a	(70.00±5.48)a
	蛭石	(74.00±4.00)a	(64.00±5.10)a
25	叶片+叶螨	(54.00±10.30)a	(34.00±4.00)a
	蛭石+叶螨	(70.00±4.47)a	(62.00±3.74)b
	蛭石	(70.00±7.07)a	(64.00±3.75)b
30	叶片+叶螨	(48.00±8.60)a	(22.00±7.35)a
	蛭石+叶螨	(58.00±3.74)a	(58.00±3.74)b
	蛭石	(60.00±7.07)a	(54.00±4.00)b
35	叶片+叶螨	(30.00±7.07)a	(12.00±3.74)a
	蛭石+叶螨	(56.00±5.10)b	(50.00±3.16)b
	蛭石	(54.00±2.45)b	(48.00±2.00)b
40	叶片+叶螨	(18.00±3.74)a	(8.00±3.74)a
	蛭石+叶螨	(52.00±3.74)b	(22.00±3.74)b
	蛭石	(48.00±2.00)b	(30.00±4.47)b

1) 表中数据为平均值±标准误。表中不同小写字母, 表示在同一温度同一冷藏时间下各基质之间差异显著 (Tukey test, $p < 0.05$)。

表 3 不同处理对智利小植绥螨产卵量影响的差异显著性

冷藏条件	df	F	p
温度	1	4.320	0.039
基质	2	0.753	0.473
时间	5	2.406	0.038
温度 * 基质	2	1.956	0.144
温度 * 时间	5	9.331	<0.001
基质 * 时间	10	0.440	0.925
温度 * 基质 * 时间	10	2.080	0.028
误差	183		

表 4 不同处理对智利小植绥螨单雌一周产卵量影响¹⁾

冷藏时间/d	产卵量/粒	
	4 °C	8 °C
5	(22.1±0.8)a	(15.8±1.1)bc
10	(20.2±1.2)a	(21.2±0.6)a
15	(17.0±1.5)b	(19.5±0.9)a
20	(16.8±1.5)b	(16.0±1.5)bc
25	(17.1±0.8)b	(13.7±2.5)c
30	(17.1±0.8)b	(13.1±1.2)c

1) 表中数据为平均值±标准误。表中不同小写字母,表示在同一温度下不同冷藏时间之间差异显著(Tukey test, $p < 0.05$)。

3 讨论

Morewood^[11]认为冷藏期间供给猎物(食物)能进一步提高捕食螨的存活率。本研究在蛭石中添加猎物(朱砂叶螨)作为冷藏基质,较之单纯的蛭石基质智利小植绥螨存活率和产卵量都没有显著提高。因此,本着操作简单、经济适用的角度,单纯的蛭石可以作为良好的冷藏智利小植绥螨的基质。本研究表明,用带有叶螨的叶片冷藏智利小植绥螨时,随冷藏时间延长,智利小植绥螨存活率逐渐下降,可能因为新鲜植物叶片短期容易腐烂,不宜长期冷藏。而用蛭石和蛭石叶螨基质长期冷藏智利小植绥螨时,雌成螨的存活率都较高,同时对冷藏后雌螨产卵量均无显著影响。这可能与蛭石具有良好的保湿以及轻质的矿物质特性有关。

冷藏温度和时间对智利小植绥螨冷藏后的存活率有显著影响。如果需要长期冷藏(超过 30 d),宜用 4 °C 冷藏,较低的温度可能更有利于延缓代谢。本试验在 4 °C 下用蛭石冷藏智利小植绥螨 10 d 的存活率(78%)与 Morewood^[11]用蛭石在 6 °C 下冷藏 10 d 后的存活率(75%~85%)相当。在 4 °C 和 8 °C 下冷藏 30 d 的存活率分别为 60%和 54%,较 Morewood 在 5 °C 或 8 °C 下存放 4 周后的存活率(0~19%)显著提高。可能与 Morewood 的冷藏媒介中产生了霉菌^[11]有关,因此冷藏前对基质进行灭菌至关重要。

冷藏温度和时间对智利小植绥螨冷藏后 1 周产卵量均有显著影响。除冷藏 10 d 和 15 d 处理,在 4 °C 条件下智利小植绥螨冷藏后 1 周产卵量要高于 8 °C,特别是在冷藏 20 d 后,这可能与较低的温度更有利于智利小植绥螨延缓代谢有关。在 4 °C 条件下,智利小植绥螨 1 周产卵量随冷藏时间的延长而下降,可能与低温胁迫有关,低温胁迫时间越长,智利小植绥螨产

卵量越低。但在 8 °C 条件下,智利小植绥螨 1 周产卵量先随冷藏时间延长而上升,冷藏 20 d 后智利小植绥螨 1 周产卵量又随冷藏时间延长而下降。在 8 °C 条件下,智利小植绥螨在开始面对低温时,先有一个适应期,导致低温冷藏 5 d 产卵量不高。当智利小植绥螨适应性增强后,其产卵量又有所增高。因此,从产卵量角度考虑,当需要短期和长期冷藏智利小植绥螨时,建议在 4 °C 条件下冷藏为好。

综上所述,蛭石可以作为一种较为理想的智利小植绥螨冷藏基质,但是要注意冷藏前基质灭菌和控湿等相关配套措施的应用。值得注意的是,湿度对于智利小植绥螨的冷藏也是一个至关重要的因子^[17],还需进一步研究。探讨捕食螨冷藏前预处理技术和以蛭石为基础的复合填充基质等,以提高冷藏后智利小植绥螨的存活、生殖和捕食等指标,也是非常有意义的工作。

参考文献

- [1] McMurtry J A, Croft B A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control[J]. Annual Review of Entomology, 1997,42:291-321.
- [2] Park J J, Park H, Kim Y H, et al. Application of sequential classification of prey/predator ratio test to *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* system in greenhouse roses[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2000,3(2):121-126.
- [3] Nicetic O, Watson D M, Beattie G A C, et al. Integrated pest management of two-spotted mite *Tetranychus urticae* on greenhouse roses using petroleum spray oil and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*[J]. Experimental and Applied Acarology, 2001,25:37-53.
- [4] Kondo A. Colonizing characteristics of two phytoseiid mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Acari:Phytoseiidae) on greenhouse grapevine and effects of their release on the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari:Tetranychidae)[J]. Applied Entomology and Zoology, 2004,39(4):643-649.
- [5] Fournier D, Millot P, Pralavorio M. Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1985,38:97-100.
- [6] Casey C A, Parrella M P. Evaluation of a mechanical dispenser and interplant bridges on the dispersal and efficacy of the predator, *Phytoseiulus persimilis* (Acari:Phytoseiidae) in greenhouse cut roses[J]. Biological Control, 2005,32(1):130-136.
- [7] Kim Y H, Park S G. Optimum release times for biological control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch

(Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on the strawberry in greenhouses [J]. Entomological Research, 2006, 36(4): 238-244.

[8] Stavrinides M C. The effects of timing and rate of release on population growth of *Phytoseiulus persimilis* reared on *Tetranychus urticae* [J]. Phytoparasitica, 2010, 38: 349-354.

[9] Lee R E. Principals of insect low temperature tolerance [M] // Lee R E, Denlinger D L, eds. Insects at Low Temperature, Chapman and Hall, New York, 1991: 17-46.

[10] Gaede K. On the water balance of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. and its ecological significance [J]. Experimental and Applied Acarology, 1992, 15(3): 181-198.

[11] Morewood W D. Cold storage of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 1992, 13: 231-236.

[12] Malla P B. Vermiculite [M] // Hutchinson D, Ross I, eds. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Sedimentology. Springer Berlin Heidelberg, 1978: 1265-1269.

[13] Lesna I, Conijn C G M, Sabelis M W, et al. Biological control of the bulb mite, *Rhizoglyphus robini*, by the predatory mite, *Hypoaspis aculeifer*, on lilies: predator-prey dynamics in the soil under greenhouse and field conditions [J]. Biocontrol Science and Technology, 2000, 10: 179-193.

[14] Grundy P R, Maelzer D A. Factors affecting the establishment and dispersal of nymphs of *Pristhesancus plagipennis* Walker (Hemiptera: Reduviidae) when released onto soybean, cotton and sunflower crops [J]. Australian Journal of Entomology, 2002, 4: 272-278.

[15] Lockett C J, Palmer W A. Rearing and release of *Homichloda barkeri* (Jacoby) (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) for the biological control of prickly acacia, *Acacia nilotica* ssp. *indica* (Mimosaceae) in Australia [J]. Journal of Entomology, 2003, 42: 287-293.

[16] Shih C I T. Automatic mass-rearing of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2001, 25: 425-440.

[17] Perring T M, Lackey L J. Temperature and humidity effects on mortality and pre-adult development of two *Phytoseiulus persimilis* strains (Acari: Phytoseiidae) [J]. International Journal of Acarology, 1989, 15: 47-52.

(上接 53 页)

[3] Magg T, Bohn M, Klein D, et al. Concentration of moniliformin produced by *Fusarium* species in grains of transgenic Bt maize hybrids compared to their isogenic counterparts and commercial varieties under European corn borer pressure [J]. Plant Breeding, 2003, 122: 322-327.

[4] Christensen J J, Schneider C L. European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.) in relation to shank, stalk and ear rot of corn [J]. Phytopathology, 1950, 40: 284-291.

[5] Farra J J, Davis R M. Relationship among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn [J]. Phytopathology, 1991, 81: 661-666.

[6] Clements M J, Campbell K W, Maragos C M, et al. Influence of Cry1Ab protein and hybrid genotype on Fumonisin contamination and *Fusarium* ear rot of corn [J]. Crop Science, 2003, 43: 1283-1293.

[7] Flett B C, Van Rensburg J B J. Effect of *Busseola fusca* on the incidence of maize ear rot caused by *Fusarium moniliforme* and *Stenocarpella maydis* [J]. South African Journal of Plant and Soil, 1992, 9: 171-179.

[8] 陈捷. 我国玉米穗、茎腐病病害研究现状与展望 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(5): 393-401.

[9] 宋彦英, 周大荣, 何康来. 亚洲玉米螟无琼脂半人工饲料的研究与应用 [J]. 植物保护学报, 1999, 26(4): 324-328.

[10] Windham G L, Williams W P, Davis F M. Effects of the Southwestern corn borer on *Aspergillus flavus* kernel infection and aflatoxin accumulation in maize hybrids [J]. Plant Disease, 1999, 83(6): 535-540.

[11] 转基因玉米环境安全检测技术规范. 中华人民共和国农业行业标准. NY/T720.1~720.3-2003[S/EB].

[12] Munkvold G P, Hellmich R L, Showers W B. Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance [J]. Phytopathology, 1997, 87: 1071-1077.

[13] 李小平, 宁肃, 韩洪涛. 玉米穗部害虫—玉米螟和棉铃虫的生物学特性及防治 [J]. 杂粮作物, 2001, 21(2): 31.

[14] 任金平, 吴新兰, 孙秀华. 吉林省玉米镰刀菌穗腐病和茎腐病病原菌传染循环研究 [J]. 玉米科学, 1995(S1): 25-28.

[15] 周大荣, 何康来. 玉米螟综合防治技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 1995.

[16] 任金平. 玉米穗腐病研究进展 [J]. 吉林农业科学, 1993(3): 39-43.

[17] 邹庆道, 许远, 王立. 玉米镰刀菌穗腐病和茎腐病感染规律相互关系的研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(5): 487-489.

[18] 董广同, 苏晨光, 周巧云, 等. 玉米穗腐病的发生与防治 [J]. 河南农业科学, 1999(7): 37.

[19] 潘慧康. 玉米对穗粒腐病的抗病性 [J]. 华北农学报, 1987, 2(3): 86-89.