

大螟越冬特性的初步研究*

顾海南

(南京农学院植保系)

摘 要

田间实际调查和试验结果表明,大螟在江苏苏南地区仅以幼虫态越冬,在不同水稻茬口中各龄幼虫的比例不同;越冬幼虫具有滞育特性,短光照对其有诱导效应。越冬幼虫的耐寒性随虫龄变大而提高,随冬季环境温度下降而增强,并能经受较长时间的过冷却,但不能忍受短暂的体液结冰。

关于大螟 (*Sesamia inferens*) 对水稻的危害及其生物学习性的观察早有报道(陈家祥等, 1935), 但因为过去它只是水稻上的一种次要害虫, 尚未得到深入的研究。近年来, 随着稻区栽培制度的变更和杂交水稻的种植, 大螟在水稻上的种群数量上升, 为害逐年加重, 已成为我国许多稻区的重要害虫(江苏农科院, 1978; 陆自强, 1979)。因此, 有关地区和单位对其生物学和生态学特性作了不少研究(刘祥伦等, 1980; 黄福生等, 1980; 吕章喜等, 1981; 李兴谦等, 1982)。但大螟在我国的越冬特性尚未明确, 也未见有专门报道。为了明确这一问题, 1980和1981年冬季对江苏苏南地区大螟的越冬特性进行了初步研究, 以期能为测报和防治提供参考。

一、材料和方法

1. 材料

1980年单季杂交稻、单季晚粳稻和双季后作稻茬及1981年单季晚粳稻茬的越冬幼虫采自江苏省昆山、武进二县。1981年单季杂交稻茬的越冬幼虫采自南京市郊。

2. 方法

在入冬前和冬季分别调查各水稻类型田中的越冬虫态, 统计不同水稻茬各龄幼虫的比例, 并模拟自然光照和温度条件, 对幼虫进行滞育诱导试验。以水稻茎秆作幼虫食料, 在试管中单头编号饲养, 每天观察, 隔天更换食料。

在整个越冬期间, 用温差热电偶装置定期测定越冬幼虫的过冷却点和冰点温度, 并把一定数量不同龄期的幼虫装入指形管, 置于冰箱内进行恒低温处理, 观察其在不同低温下一定时间后的存活情况, 从温度和时间两个因素来考证其耐寒性。同时, 运用常规方法测定不同越冬时期幼虫的呼吸强度(华氏呼吸仪法)、脂肪含量(索氏提取法)和含水量等生理指标。

* 本文系研究生毕业论文的一部分, 在邹钟琳教授和张孝葵副教授的指导下完成。

二、结果分析

1. 越冬虫态和越冬虫龄分布

1981年9月18日在南京市郊即将收割的单季早稻田采得不同龄期的幼虫和蛹, 观察其在自然环境下的发育情况表明: 入冬前各龄幼虫都未化蛹, 均以幼虫态进入越冬, 而蛹在冬前均羽化。1980和1981两年越冬期间进行的田间实际调查和采集结果(表1)也证实, 冬季田

表1 不同水稻茬口中大螟越冬幼虫的龄期分布(南京)

水 稻 茬 口	总虫数 (头)	2 龄		3 龄		4 龄		5 龄		6 龄	
		虫 数	比例(%)	虫 数	比例(%)	虫 数	比例(%)	虫 数	比例(%)	虫 数	比例(%)
单季杂交稻	664	0	0	15	2.3	87	13.1	209	31.5	353	53.1
单季晚粳稻	450	0	0	44	9.8	121	26.9	203	45.1	82	18.2
双季后作稻	320	10	3.1	55	17.2	124	38.8	85	26.6	46	14.4

间除了幼虫外, 查不到其它任何虫态, 但越冬幼虫的龄期大小不一, 而且在不同水稻茬口中的龄期分布差别很大。后季稻以3、4和5龄占多数, 有少量2龄幼虫(3.1%); 单季晚粳稻以4、5龄幼虫占多数; 单季杂交稻以5、6龄为主。

2. 光周期对幼虫发育的影响

大螟幼虫在几种光周期下的发育情况如表2所示。

表2 光周期对大螟幼虫发育的影响

光 周 期 (L:D)	温 度 (°C)					
	20			23		
	处 理 虫 数	处 理 天 数	化 蛹 率 (%)	处 理 虫 数	处 理 天 数	化 蛹 率 (%)
10:14	52	61	0	93	65	0
12:12	59	61	0	90	65	0
16:8	100	41*	100	100	35*	100

*自孵化至化蛹的平均天数

在L10:D14、L12:D12和20°C两种光周期-温度组合下, 幼虫孵化后发育到61天均未化蛹; 在L10:D14、L12:D12和23°C两种光周期-温度组合下发育到65天无一头化蛹。但在光周期为L16:D8、温度为20°C的条件下, 自孵化起平均经过41天, 幼虫化蛹率达100%; 在同样光周期23°C温度下平均经过35天化蛹率也达100%。各处理下, 5龄前各个龄期的发育正常, 5、6龄的历期显著延长, 少数可达7龄。

由此说明, 光周期对大螟幼虫的发育有明显的效应, 短光照能抑制化蛹, 诱导末龄幼虫滞育。

3. 越冬期间幼虫含水量、含脂率和呼吸强度的变化

测定结果表明, 在单季杂交稻和单季晚粳稻越冬的大螟幼虫的含水量、含脂率和耗氧量均无显著差异($p>0.05$), 下述结果为其平均值(图1、2、3)。

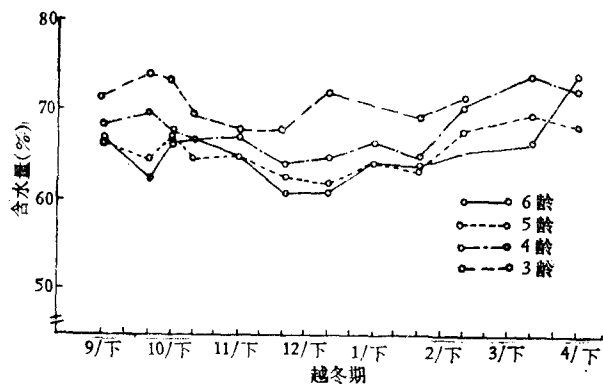


图1 1981年大螟越冬幼虫的含水量变化

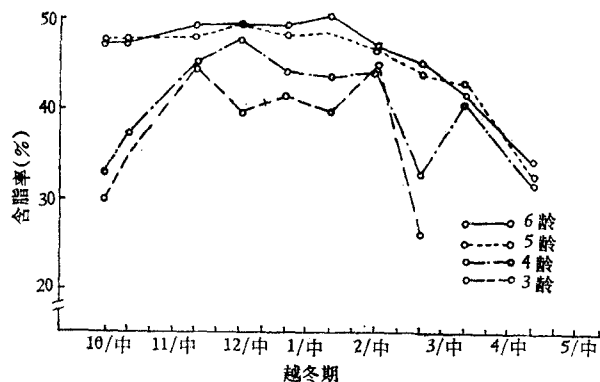


图2 1981年大螟越冬幼虫的含脂率变化

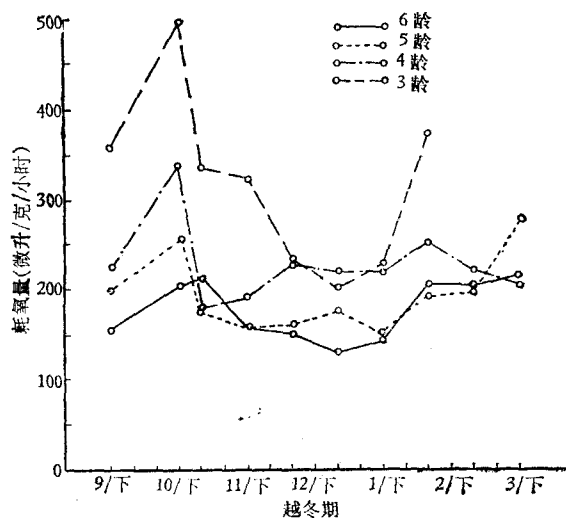


图3 1981年大螟越冬幼虫的呼吸强度变化

由1图可见,大螟幼虫在越冬期间体内含水量的变化幅度并不大,最高和最低含水量之差约为7%,但在12月至翌年1月含水量最低(3龄例外)。另外,不同龄期间的差异较明显,大体上随虫龄增大,含水量减少。

图2表明,不同龄期幼虫的含脂率差异较大,虫龄越大含脂率越高。5、6龄幼虫的含脂率从10月中旬至翌年1月下旬略有增加,1月下旬以后明显地逐渐下降。但3、4龄幼虫的含脂率从秋季到入冬明显增加,入冬后呈波动式下降。

图3显示,大螟越冬幼虫的呼吸强度随越冬阶段而异,耗氧量在入冬时较大,随着季节的进展逐渐减小,1月中下旬减至最小,以后又急剧增大,恢复到秋季的水平。此外,呼吸强度随虫龄变大而减弱,但5、6龄幼虫表现出很有规律的升降、3、4龄幼虫有不规则的波动。这从生理代谢上反映了大螟末龄幼虫在自然条件下进入滞育到结束滞育的变化过程。

4. 越冬幼虫的耐寒力测定

定期测定越冬幼虫的过冷却点和结冰点温度列于表3和表4。

表4所示结果的方差分析表明:单季杂交稻和单季晚粳稻中越冬幼虫的过冷却点温度无显著差异, ($F=1.69, p>0.05$),但从表3可见,双季后作稻中越冬幼虫的过冷却点明显较上述两种水稻茬中的高;不同越冬时期幼虫的过冷却点温度有极显著的差异 ($F=8.56, p<0.01$),以1月份为最低,平均为 $-3\sim-4^{\circ}\text{C}$,个别末龄幼虫可低至 -9.25°C ;不同龄期幼虫的过冷却点也极不相同 ($F=32.25, p<0.01$),总的趋势是随虫龄增大,过冷却点温度降低。

低温处理越冬幼虫的结果(表5)表明,低温对不同龄期幼虫的存活率有明显不同的影响。这与过冷却点的测定结果一致。

表 3 1980年大螟越冬幼虫的过冷却点和结冰点温度(℃)

测定日期 (月/日)	测定项目	单季杂交稻		单季晚粳稻		双季后作稻	
		6 龄	5 龄	6 龄	5 龄	6 龄	5 龄
1/2	过冷却点	-5.05	-2.55	-3.39	-2.14	-1.93	-1.70
	结冰点	-4.40	-2.22	-2.68	-1.70	-1.70	-1.55
1/23	过冷却点	-2.61	-1.91	-3.03	-2.21	-2.46	-2.33
	结冰点	-1.82	-1.42	-2.27	-2.02	-1.82	-1.65
3/20	过冷却点	-1.28	-1.28	-1.70	-1.81	-0.87	-1.08
	结冰点	-0.61	-1.04	-1.26	-1.46	-0.54	-0.66

注: 表中均为10头幼虫的平均值

表 4 1981年大螟越冬幼虫的过冷却点和结冰点温度(℃)

测定日期 (月/旬)	测定项目	单季杂交稻				单季晚粳稻			
		6 龄	5 龄	4 龄	3 龄	6 龄	5 龄	4 龄	3 龄
10/中	过冷却点	-0.75	-0.59	-0.44	-0.28	-0.95	-0.66	-0.64	-0.41
	结冰点	-0.41	-0.40	-0.27	-0.22	-0.54	-0.44	-0.30	-0.34
11/上	过冷却点	-0.90	-0.42	-0.71	-0.46	-1.15	-0.90	-0.68	-0.75
	结冰点	-0.37	-0.33	-0.23	-0.21	-0.75	-0.76	-0.52	-0.68
11/下	过冷却点	-1.09	-0.99	-0.54	-0.48	-1.22	-0.98	-0.95	-0.67
	结冰点	-0.24	-0.60	-0.26	-0.42	-0.59	-0.54	-0.66	-0.66
12/中	过冷却点	-1.84	-1.12	-0.90	-0.73	-1.60	-1.19	-1.05	-0.99
	结冰点	-1.81	-0.55	-0.49	-0.63	-0.95	-0.91	-0.86	-0.77
1/上	过冷却点	-1.89	-1.44	-1.45		-2.03	-1.43	-1.59	-0.61
	结冰点	-0.48	-0.57	-0.54		-0.53	-0.73	-0.68	-0.52
1/下	过冷却点	-2.92	-1.96	-1.92	-0.80	-3.88	-3.42	-2.68	-2.50
	结冰点	-0.38	-0.49	-0.39	-0.42	-0.56	-0.51	-0.54	-0.80
2/中	过冷却点	-2.48	-2.02	-1.40		-2.14	-1.54	-1.43	-1.87
	结冰点	-0.84	-0.87	-0.79		-0.92	-1.01	-0.98	-1.06
3/上	过冷却点	-0.94	-1.01	-0.78		-0.48	-0.86	-1.19	-1.15
	结冰点	-0.15	-0.14	-0.22		-0.13	-0.10	-0.20	-0.16

从表 5 可知, 大螟幼虫在 -10°C 温度下经过 24 小时, 不论老龄或幼龄幼虫均结冰, 处理过程中发现, 一旦体液结冰, 就不能复活。不同低温下处理结果表现一致趋势, 即虫龄大, 抗低温能力强; 虫龄小, 抗低温能力弱。大螟越冬幼虫在 $0-5^{\circ}\text{C}$ 温度范围内存活情况最好。测定 10°C 处理下死亡虫体的含水量为 43.9%, 而正常越冬幼虫的含水量一般在 60% 以上。由此可以推测 10°C 温度下死亡率反而较 0°C 和 5°C 两种温度下高的主要原因, 可能是失水过多。从 10°C 温度下不同龄期的存活率来看, 虫龄越小, 越易失水, 死亡率就越高。这也

表 5 低温对大螟越冬幼虫存活的影响(1981)

温 度 (℃)	- 10		- 5		0		5		10	
	处理虫数	存活率(%)	处理虫数	存活率(%)	处理虫数	存活率(%)	处理虫数	存活率(%)	处理虫数	存活率(%)
6 龄	30	0	30	43.3	30	93.3	30	93.3	30	83.3
5 龄	30	0	30	34.6	30	88.5	30	92.3	30	64.0
4 龄	30	0	30	25.0	30	85.0	30	85.0	30	15.0

注：处理期间隔天检查，存活率系处理60天累积值；-10℃下的存活率为处理24小时后的结果。

是上述推测的佐证，亦为自然情况下低龄幼虫死亡率较大的内在原因之一。

三、讨论和问题

1. 大螟的滞育

章士美(1973)指出，大螟在江西南昌有个别蛹也能越冬，并认为大螟幼虫无滞育现象。黄福生等(1980)也报道，在广西天等县大螟越冬虫态中以幼虫为主，有少量蛹。两年的田间实际调查证实大螟在江苏苏南地区仅以幼虫态越冬。这可能是不同地区由于气候等条件不同以及大螟长期对这些条件的适应而形成了不同的地理种群所致，这一问题尚待研究。

Qureshi等(1975)报道，16小时以下的短光照能诱导大螟幼虫滞育。我们的试验结果也表明，短光照对大螟末龄幼虫的滞育有显著的诱导效应。江苏苏南地区9月中下旬的自然日光照时间已短于12小时30分，平均温度约20℃，这与上述诱导试验条件相似。由此可见，该地区的光照时间和温度条件均能满足大螟幼虫滞育的要求。

滞育期间呼吸代谢微弱是滞育昆虫显著的生理特征之一(Beck, 1960; Harvey, 1962; Villacorta *et al.*, 1972; Wigglesworth, 1972)。越冬期间不同龄期幼虫的呼吸强度的变化情况说明，在自然条件下大螟以末龄幼虫滞育越冬，低龄幼虫可能是由于环境条件不能满足其正常发育而休眠越冬；并且可以初步认为，大螟末龄幼虫至1月下旬结束滞育。试验结果揭示，只要给予16小时长光照，则不论什么世代都可回避滞育。因此，大螟的滞育可以认为是兼性的，其诱发或回避将为环境条件所控制。但本试验未明确诱导滞育的临界光周期和虫龄，阐明这个问题在理论和实践上都具有一定意义，有待作进一步的研究。

2. 大螟的耐寒性及其越冬北界

在寒冷地区昆虫能否成功地越冬，主要依靠过冷却到相当程度以避免在低温下体液结冰或忍受体内真正的结冰。能忍受体内结冰的种在它的细胞间液结冰的情况下仍能生存；相反，对结冰敏感的种来说，体内一旦结冰就会死亡，因此必须降低它的体液的过冷却点，阻止结冰(乌莎廷斯卡娅, 1957; Salt, 1961)。大螟任何龄期的幼虫体内一旦结冰就不能复活。显然，根据上述观点，大螟幼虫成功越冬的策略是降低体液的过冷却点，避免体液结冰。

对于那些不能忍受体内结冰的昆虫来说，在标准的环境条件下，测定过冷却点可以获得关于它们的耐寒性的尺码概念(乌莎廷斯卡娅, 1957)。大螟越冬幼虫的最低平均过冷却点温度为-3—-4℃，少数老龄幼虫可低至-9.25℃，总的说来，它们的抗寒能力并不强。

章士美(1965)曾指出,大螟的越冬北界达长江以北,但基本不过淮河;最北采自陕西周至、河南信阳、安徽合肥、江苏淮阴。根据此报道和大螟越冬幼虫的最低过冷却点以及 100% 致死低温时限为 -10°C 、24 小时,大致推测它在我国的主要发生区限于年日最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的日数等于 1 天的等温线以南地区(图 4)。在此线以北大部分地区冬季不能存活,少部分

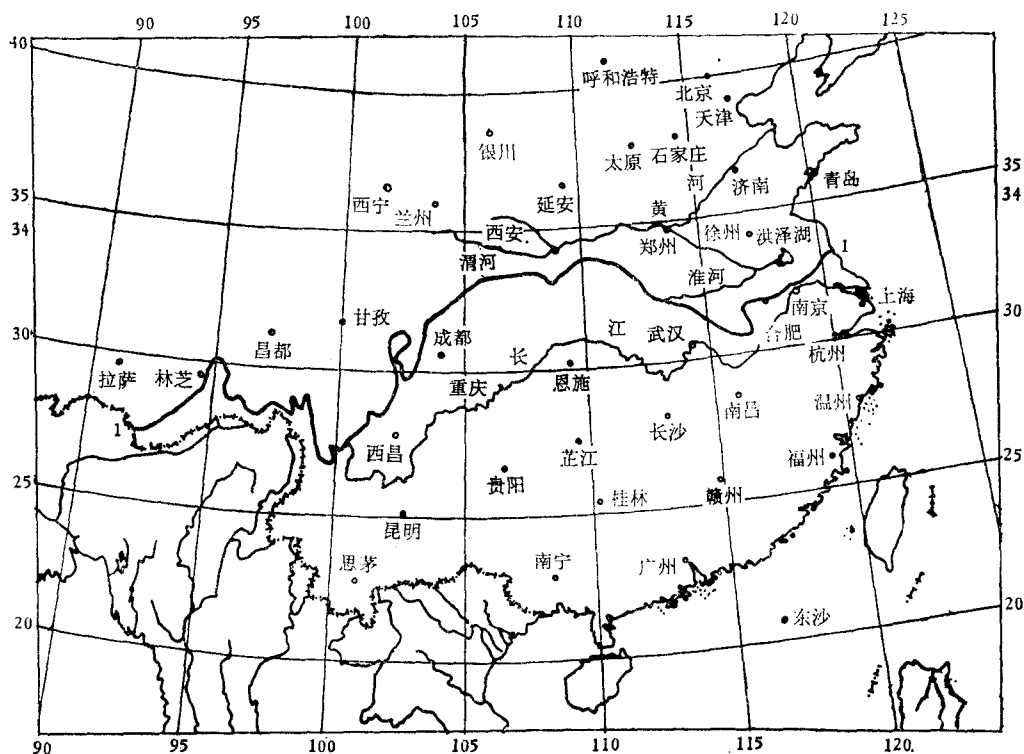


图 4 大螟在我国的分布发生区限及越冬北界

地区(局部小生境)常年虽也有少量发生,但不造成严重危害。可以推断大螟的越冬大致以北纬 34° 为北界。从大螟本身的食性和北纬 34° 以北大部分地区的年总积温来分析,限制大螟分布的主要外界因素是冬季低温,内因则是本身的耐寒能力。

大螟越冬幼虫的龄期大小不一,在不同水稻茬口中龄期分布及不同龄期幼虫的耐寒能力差异很大。但不论龄期大小,都一致显示大螟幼虫的过冷却点温度的变化与冬季环境温度的变化同步,即环境温度越低,过冷却点温度也越低。整个越冬期内,幼虫体内的脂肪含量、含水量和呼吸代谢的变化趋势与其过冷却能力的变化是相当吻合的。由此说明,大螟越冬幼虫在生理代谢上对环境温度变化有较好的适应性,并暗示其御寒生理机制随着环境温度上升而逐步解除。综上所述,大螟在其分布区域内,越冬休止期间的存活率并非仅决定于冬季的最低温度及其持续时间,对其存活率影响最大的因素可能是早春的环境条件,尤其是温度。所以,在调查估计越冬幼虫死亡率时应区别水稻类型;调查大螟有效越冬基数的工作宜在入春后进行。

参 考 文 献

- 中央气象局 1978 中华人民共和国气候图集。地图出版社。
- 乌莎斯卡娅 P. C. 1957 昆虫耐寒性原理。科学出版社。
- 江苏农科院 1978 大螟发生为害情况的初步研究。江苏农业科技 (1): 41—49。
- 刘祥伦等 1980 大螟在厦门的发生特点和测报技术。福建农业科技 (3): 6—7。
- 吕章喜、谭丽珊 1981 大螟生物学的初步观察。昆虫知识 18(4): 151—154。
- 李兴谦、敬甫松 1982 大螟卵、幼虫、蛹和成虫若干生物学习性的观察。四川省绵阳地区农科所《农业科技简报》(1): 2—12。
- 李兴谦、敬甫松 1982 大螟生活史, 卵、幼虫和蛹与温度关系。四川省绵阳地区农科所《农业科技简报》(1): 12—20。
- 李兴谦、敬甫松、冉享铭 1982 大螟发生危害规律及其在水稻螟害中的地位。四川省绵阳地区农科所《农业科技简报》(1): 21—31。
- 陈家祥、杨鸿儒 1935 大螟卵之室内考察。昆虫与植病 3(6): 106—107。
- 陆自强 1979 杂交稻与螟害。昆虫知识 16(5): 204—207。
- 章士美 1965 从某些农业昆虫的分布来讨论古北、东洋两地区在我国秦岭以东的分界线问题。昆虫学报 14(4): 411—419。
- 章士美 1973 农林主要害虫的生物学及地理分布。江西人民出版社。
- 黄福生等 1980 大螟发生规律及其防治研究总结。广西农业科技 2: 28—31。
- Beck, S.D. and W.Hanee 1960 Diapause in the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hübner). *J. Insect Physiol.* 4: 304—318.
- Harvey, W.R. 1962 Metabolic aspects of insect diapause. *Ann. Rev. Entomol.* 7: 57—80.
- Qureshi, Z.A. et al. 1975 Rearing, biology and sterilization of the pink rice borer, *Sesamia inferens* WLK. Symposium on rice insects. PP. 75—79.
- Salt, R.W. 1961 Principles of insect cold-hardiness. *Ann. Rev. Entomol.* 6: 55—74.
- Villacorta, A.R. et al. 1972 Respiratory activity during development and diapause of *Cephus cinctus* (Hymenoptera, Cephidae), with emphasis on effect of temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 65: 419—422.
- Wigglesworth, V.B. 1972 The principles of insect physiology. London.

PRELIMINARY STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF HIBERNATION OF PINK RICE BORER, *SESA- MIA INFERENS* WALKER

Gu Hainan

(Nanjing Agricultural college)

This paper presents the characteristics of hibernation of pink rice borer. Results from the laboratory and field experiments carried out in 1980 to 1981 showed that in the south of Jiangsu province pink rice borer could overwinter only at the larval stage from the second instar to the sixth instar. The resistance of larvae to the cold conditions increased as they grew into the older and depended upon an decrease in the environmental temperature. The larvae could survive the supercooling temperature for a relatively long period, but could not survive even a very short period of their body fluid freezing. The paper also deals with the overwintering diapause of pink rice borer.