

二化螟滞育生物学特性的研究进展

肖海军, 何海敏, 薛芳森*

(江西农业大学 昆虫研究所, 江西 南昌 330045)

摘要: 二化螟是我国水稻上一种重要的钻蛀性害虫, 以幼虫滞育越冬。本文总结了二化螟滞育生物学特性的总体研究进展, 包括滞育诱导、滞育的维持和解除、滞育后的发育、越冬滞育幼虫的年龄组成、越冬滞育幼虫抗寒性与越冬存活等方面。

关键词: 二化螟; 滞育生物学; 研究进展

中图分类号: S435.112 文献标志码: A 文章编号: 2095-3704 (2012) 01-0001-06

Research Progress in Characteristics of Diapause Biology in *Chilo suppressalis*

XIAO Hai-jun, HE Hai-min, XUE Fang-sen*

(Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The rice stem borer, *Chilo suppressalis*, overwintering as larva, is one of the serious rice pests in China. The paper gave an overview on characteristics of diapause biology in *C. suppressalis*, including the diapause induction, diapause maintenance and termination, post-diapause development, population structure of the overwintering diapause larvae, as well as the cold hardness and survival of the overwintering diapause larvae.

Key words: *Chilo suppressalis*; diapause biology; research progress

二化螟 *Chilo suppressalis* 俗称钻心虫, 属鳞翅目 (Lepidoptera)、螟蛾科 (Pyralidae)、禾草螟属 (*Chilo Zinchin*), 是我国水稻生产中一种重要的钻蛀性害虫。二化螟在水稻苗期为害可造成枯鞘、枯心, 孕穗期和穗期为害造成枯孕穗、白穗和虫伤株等症, 严重影响水稻的产量和质量。据估计, 我国稻螟危害面积年平均约在 1 500 万 hm^2 以上, 造成总经济损失约 115 亿元, 其中二化螟约占 $2/3$ ^[1]。一直以来, 有关水稻二化螟研究的文献很多, 防治手段多种多样, 有效地降低了二化螟为害造成的损失, 促进了水稻生产。二化螟在东亚、南亚和欧洲等地均有发生, 世界范围内对二化螟的研究都十分活跃。在生物学特性、发生规律和防治技术等研究方面, 国内外均有研究。国内章士美和陈东 (1991)、程家安 (1996)、刘光杰和秦厚国 (1997a,b)、辛文和张志涛 (2001)、盛承发等 (2002, 2003)、张孝羲 (2004),

林克剑等 (2008) 等学者先后综述了二化螟的研究进展^[1-8]。主要内容包括: (1) 二化螟种群消长规律和影响因子的研究, 特别是耕作栽培制度的变更、品种的更替和肥料的施用对二化螟种群变动态的影响, 二化螟的测报技术也各到了很大的发展; (2) 二化螟性信息素的化学组份分析和在预测预报与大面积迷向法防治中的应用; (3) 二化螟抗药性监测、机理和抗性遗传研究; (4) 水稻对二化螟抗虫性和及其机理的研究; (5) 在科学用药、保护和利用天敌, 以及综合治理技术方面也开展了大量的研究。

对于二化螟越冬滞育的生物学特性, 国内外主要围绕光、温等环境条件在滞育诱导、维持、解除和滞育后发育中的作用, 越冬幼虫年龄、抗寒性等方面的内容进行了相关的研究。本文针对二化螟滞育的研究进展进行系统概括, 旨在更好地为二化螟的综合防治提供参考。

收稿日期: 2012-03-05

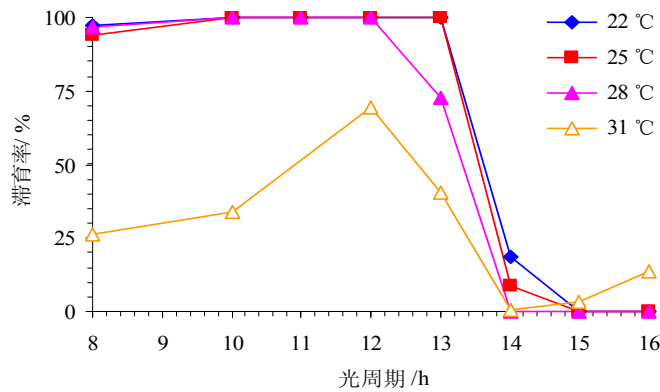
基金项目: 江西省自然科学基金项目(2010GZN0034)

作者简介: 肖海军, 副教授, 博士, 主要从事昆虫滞育和迁飞生物学研究, E-mail: hjxiao@yahoo.com.cn; * 通信作者: 薛芳森, 教授, E-mail: xue_fangsen@hotmail.com。

1 滞育诱导的光周期反应

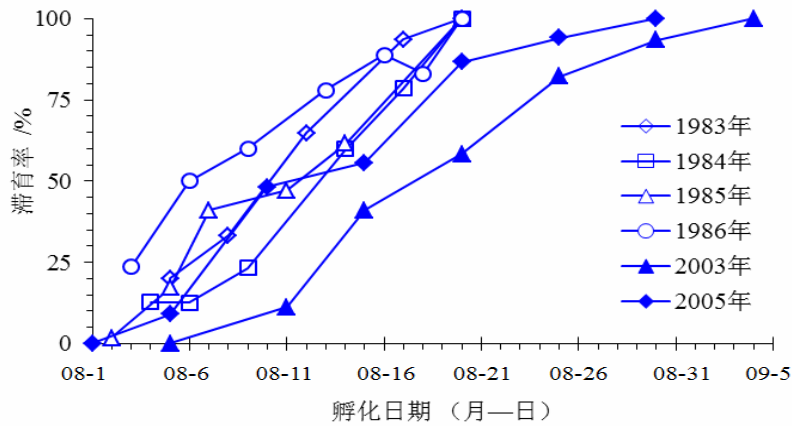
国外主要是日本，国内则有江西和浙江开展了二化螟滞育诱导特性的研究。研究表明光周期是二化螟滞育诱导的主导因子，短日照能诱导二化螟幼虫进入滞育，滞育诱导对光周期的敏感虫龄主要是3龄。不同地理种群和海拔高度种群之间滞育诱导的临界光周期存在差异，滞育诱导的临界光周期随纬度和海拔的升高延长。但同一地点相当稳定，年

度间的温度差异不致于引起临界光周期的变动^[9-13]。二化螟在22℃、25℃、28℃和31℃条件下的光周期反应表明，短光照条件诱导大量个体进入滞育越冬，其光周期反应属于长日照反应型。在22℃、25℃和28℃下，临界暗长介于10h 22min至10h 45min之间，31℃下临界暗长介于11h 18min。在28℃的高温条件下，13h的短日照诱导了72.5%个体进入滞育，10~12h的短日照导致了100%的滞育（图1）。



(各点的样本数为 34~174)

图1 二化螟在恒温 22℃, 25℃, 28℃和 31℃下滞育诱导的光周期反应曲线



(各点的样本数量为 15~134)。(1983-1986 年数据源自沈荣武和薛芳森, 1988; 2003 年的数据源自 Xiao et al., 2010)

图2 二化螟在大田不同日期孵化的幼虫的滞育率

图2显示了不同年份间二化螟大田不同日期孵化幼虫的滞育发生情况。1983—1986年连续4年的田间分期接虫试验表明：8月2日前孵化的幼虫没有滞育个体出现；8月20日以后孵化的幼虫则全部进入滞育。在高温超历史记录记录的2003年8月（日平均温度接近30℃），8月5日孵化的幼虫全部化蛹，没有滞育出现；8月中旬孵化的幼虫就有部分个体

进入滞育。8月20日孵化的幼虫亦有58.24%的个体被短日照诱导进入滞育，8月30日孵化的幼虫有93.93%进入滞育越冬。诱导田间种群的50%个体发育到3龄进入滞育的时间为8月18日，根据天文年鉴，南昌地区（28°46'N）8月18日的日长为13h 54min，也就是说，诱导南昌地区田间二化螟滞育的临界光周期（诱导田间种群的50%个体进入滞育

的日长) 介于 13~14 h 之间^[13]。
室内和田间滞育诱导的实验表明了二化螟越冬滞育是在秋季高温的短日照条件下形成的。这种光温调节机制确保了二化螟在秋季高温且水稻仍然十分丰

盛条件下适时进入滞育, 避免了下一代的发生, 也确保了二化螟每年都能以较大的种群数量越冬。这就是为什么导致了 F_1 代二化螟每年都能在早稻分蘖期造成严重为害的重要原因之一。

表 1 二化螟田间越冬滞育幼虫在不同时期转入室内恒温条件 (30 °C 或 25 °C), 不同光照 (短光照 LD10 : 14 或长光照 LD16 : 8) 下的滞育发育平均历期 ($\bar{x} \pm SE$)

样本日期	LD10 : 14	LD16 : 8	df	f	P	
	$\bar{x} \pm SE$ (n)	$\bar{x} \pm SE$ (n)				
30 °C	12-01	45.50±14.49 a (38)	42.20±10.57 a (35)	71	3.141	0.080 6
	12-21	32.44±6.60 b (52)	30.55±5.47 b (38)	88	2.075	0.153 2
	01-12	25.68±6.01 c (41)	25.43±6.42 c (60)	99	0.038	0.844 4
	01-31	24.70±7.23 c (30)	21.81±5.47 d (31)	59	3.116	0.082 7
	02-21	21.44±6.34 d (59)	19.11±6.15 de (53)	110	3.867	0.051 8
	03-17	17.38±4.57 e (68)	16.85±4.60 e (68)	134	0.453	0.502 1
	DF	282	279			
	F	77.209	75.848			
P	<0.000 1	<0.000 1				
25 °C	12-01	53.07±10.58 a (30)	40.83±10.36 a (36)	64	22.393	<0.000 1
	12-21	42.10±10.65 b (67)	36.45±5.49 b (89)	154	18.557	<0.000 1
	01-12	36.74±9.31 c (43)	28.67 ±6.60c (60)	101	26.371	<0.000 1
	01-31	33.00± 10.20 d (55)	26.21 ±6.16d (68)	121	20.789	<0.000 1
	02-21	26.47± 6.26 e (66)	24.66 ±5.30de (65)	129	3.177	0.077 0
	03-17	24.35± 6.23 e (55)	22.82 ±6.45e (53)	106	3.631	0.089 4
	DF	310	365			
	F	61.489	66.820			
P	<0.000 1	<0.000 1				

2 越冬幼虫滞育的维持和解除

笔者将二化螟滞育幼虫分期分批转入室内不同光温条件下解除滞育的结果表明: 不同时期采集的幼虫置于恒温 25 °C 和 30 °C, 长光照 (LD 16 : 8) 和 (LD 10 : 14) 的条件下解除滞育时, 随着采集日期的推迟, 二化螟在 30 °C 和 25 °C 下的滞育持续期逐渐缩短^[13]。在同一日期转入 30 °C 的处理中, 二化螟的滞育解除在长日照 (LD 16 : 8) 下比在短光照 (LD 10 : 14) 稍快, 但二者之间差异不显著 ($P>0.05$)。而在 25 °C 条件下, 除了 2 月 21 日和 3 月 17 日转入恒温箱中的处理外, 越冬幼虫在长光照下解除的速率均明显快于短日照下的解除速率 ($P<0.05$)^[13]。

研究还表明, 不同龄期的幼虫滞育解除的速率与虫龄成负相关, 从水稻田中采集的二化螟滞育幼虫, 小个体越冬幼虫的化蛹进度相对快于大个体幼虫^[14-15]。但自茭白田采集的越冬幼虫滞育解除显示相反趋势, 高龄幼虫的化蛹进度较快^[14, 16]。

二化螟幼虫越冬种群的化蛹进度与环境温度和

越冬虫龄结构也有一定关系, 并受到种群中取食个体比例的影响^[14, 16]。食料和水分对二化螟幼虫的滞育解除有促进作用, 主要表现在滞育幼虫群体化蛹期的缩短, 水分可促进化蛹率的提高^[17]。在日本, 北方的二化螟 *Shonai* 种群经历较为短暂的滞育, 于 9 月初进入滞育, 10 月底滞育就被解除; 而其南方 *Saigoku* 种群则经历更长的滞育, 幼虫直到第二年的 2 月滞育才被解除^[18]。在伊朗, 二化螟越冬幼虫在 10-11 月进入滞育, 次年 3 月解除滞育^[19]。

在 15 °C、20 °C、25 °C 和 30 °C, 自然光照的条件下, 不同温度影响到二化螟滞育解除。结果表明: 各处理在转到不同恒温条件下后, 滞育的解除随着温度的升高而加快; 在自然条件下经历的时间愈长, 转入不同温度后的发育历期愈短 (图 3)^[13]。

实验结果揭示了秋季和冬初的短光周期在二化螟越冬幼虫滞育维持中发挥了重要作用, 但随着滞育的进程光周期的作用逐渐消失。滞育不需要冬季低温的刺激在高温下也能解除, 且随着温度的升高滞育的解除加快。然而, 在高温下解除滞育, 滞育幼虫的死亡率明显高。

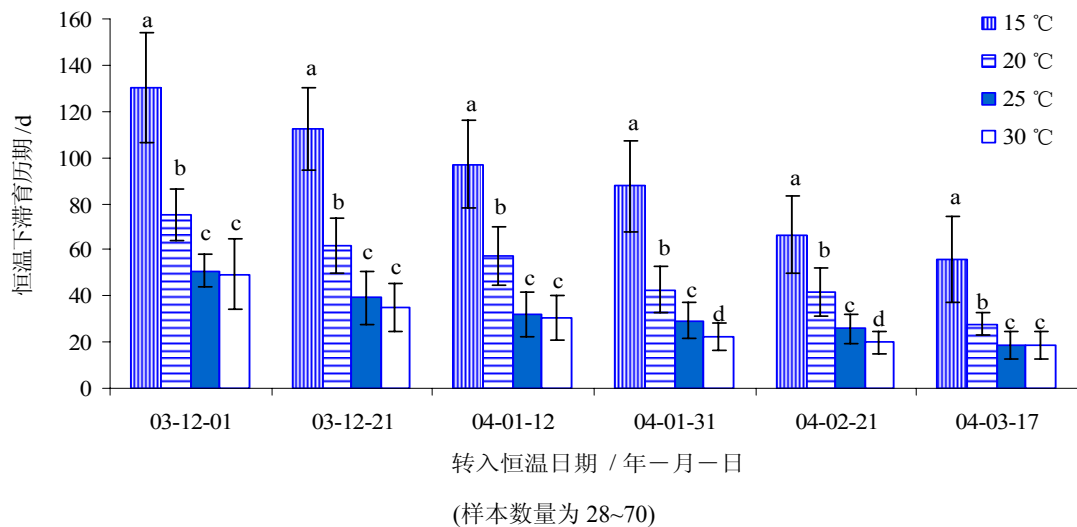


图3 温度对不同时期转入不同恒温的田间二化螟越冬滞育幼虫滞育历期影响 (数据源自 Xiao et al, 2010)

3 滞育后的发育

在室内15 °C、20 °C、25 °C和30 °C的恒温下，笔者对南昌二化螟田间越冬幼虫滞育后发育起点温度和有效积温进行了研究。采用直线回归方程估算出二化螟越冬幼虫滞育后发育起点温度和有效积温分别为(9.3±1.1) °C和(411.0±14.2) 日·度。江西南昌田间自然条件下调查显示，越冬幼虫在4月初始蛹，5月下旬终蛹，1998年、2004年和2005年田间累积50%越冬幼虫化蛹时的有效积温分别为377.8、417.5和375.4日·度，3年平均为390.2日·度。利用该理论有效积温，参照当年2—4月的平均气温，可有效预测田间越冬幼虫50%个体化蛹的时间^[20]。

泰和县2004—2008年田间越冬代发育进度调查证实了2—4月气温与越冬代盛蛾期密切相关。2007年

2—4月份的月平均气温达到16.9 °C (特别是2—3月的月平均气温高达16.4 °C，比常年高出4~6 °C)，此年3月27日田间见蛾，4月12日为越冬代盛蛾高峰期(50%个体羽化)，而此地常年在4月15日后才开始栽插早稻，致使越冬代大部分羽化出来的成虫因水稻尚未栽插而成为当年的无效虫源，明显减轻了当年二化螟对水稻的危害。2004年和2006年2—4月份的月平均气温分别为15.1 °C和14.2 °C，其羽化高峰分别出现在4月17日和4月18日，大部分羽化出来的成虫能构成早稻为害的虫源。2005年和2008年2—4月份的月平均气温分别为13.2 °C和13.9 °C，其羽化高峰分别出现在4月24日和4月22日，绝大部分羽化出来的成虫能构成早稻为害的虫源。本结果揭示了极端的春暖年份(如2007年)可导致越冬代盛蛾期与早稻栽插期不相吻合，从而减轻了二化螟的危害(表2)。

表2 江西省泰和县2004—2008年2—4月份气温与越冬代成虫发生期的关系

年份	始见日期 / 月-日	高峰期 (50%)	盛末期 (80%)	平均气温/°C			
				2月	3月	4月	2—4月
2004	04-09	04-16-18	04-25	11.5	12.8	21.0	15.1
2005	04-16	04-23-25	04-28	6.4	12.0	21.1	13.2
2006	04-06	04-16-18	04-20	8.7	13.3	20.6	14.2
2007	03-27	04-11-13	04-16	18	14.8	18.0	16.9
2008	04-08	04-21-23	04-30	6.2	15.7	19.8	13.9

4 越冬滞育幼虫的年龄组成

自然条件下，二化螟以未龄幼虫滞育越冬，其越冬龄次与幼虫进入滞育的迟早有关，早、中批进入滞育的龄次至少为6龄，主要是7龄，少数为8龄，

晚批进入滞育的幼虫至少在4龄以上^[21]。总体研究表明，二化螟越冬幼虫基本为4至7龄为主^[14, 21-23]。不同作物田块(水稻与茭白)、水稻的栽培制度(中稻、一季晚稻和双季晚稻)以及不同地区之间，二化螟越冬幼虫的年龄结构有显著差异。如蒋明星等

(2000)对浙江安吉、嘉兴和兰溪地区二化螟越冬幼虫调查显示,双季晚稻田块中的虫龄最低,其次是一季晚稻田,一季中稻田和茭白田内越冬幼虫虫龄最高。嘉兴和安吉双季晚稻越冬虫龄以5龄为主,5龄幼虫分别占越冬幼虫的66.4%和57.7%,6龄比例两地均低于35%;一季晚稻田5龄幼虫分别占47.9%和51.6%,6龄幼虫比例高于45%;而兰溪与安吉茭白田以5、6龄幼虫为主,中稻田越冬种群中6龄的比例高于其他两类稻田^[14]。我国北方稻区中,稻田二化螟4、5龄幼虫比例高于茭白田,6龄幼虫的比例则明显低于茭白田^[23]。全国范围内,不同地区二化螟越冬幼虫的虫龄结构也存在较大差异。湖北地区茭白田,二化螟越冬幼虫也以6龄占绝对优势,比例为66.36%^[16]。双季晚稻二化螟以4至7龄幼虫越冬,其中以5、6龄幼虫为主,分别占40.4%和40.0%,7龄极少^[15]。东北稻区越冬二化螟6龄幼虫比例高达70%左右^[24]。由于越冬期间二化螟幼虫可以继续取食和蜕皮;加上越冬期间低龄幼虫因营养物质储备不充分导致抗寒、耐旱力较弱而死亡,因此经历越冬后二化螟高龄幼虫的比例通常高于越冬前^[14]。

5 越冬滞育幼虫抗寒性与越冬存活

二化螟以滞育幼虫越冬,抗寒性能力的强弱关系到昆虫能否安全越冬^[25]。日本北方Shonai种群抗寒性在滞育阶段较弱,在滞育后发育阶段则很强;相反,南方Saigoku种群的抗寒性在滞育阶段很强,而在滞育后发育阶段则很弱。滞育诱导和维持中保幼激素含量的变化引起了抗寒性的变动,甘油、海藻糖等是滞育二化螟幼虫中的主要抗寒性物质,而抗寒性物质的合成会消耗糖原^[18, 26-28]。在辽宁,二化螟幼虫越冬进程的不同时期,滞育幼虫的耐寒性有很大差异,其过冷却点在3月中旬以前呈上升趋势,然后逐渐下降;二化螟幼虫越冬初、中、后期低温引起的田间幼虫死亡率分别为0、4.85%和9.96%^[29]。也有研究人员认为,二化螟幼虫越冬死亡率与12月份平均气温和日照总时数(间接影响二化螟栖息场所内的温度)显著相关,暖冬(冬季4个月)有利于越冬幼虫存活^[30-32];此外,二化螟越冬死亡率还与4月份雨量显著相关^[30]。张珺等(2005)对二化螟温带地区(福州)种群和寒带地区(北京)种群越冬幼虫的过冷却点SCP和在低温条件下的存活率进行了比较研究,表明自然环境的

调节与诱导作用和滞育幼虫的抗寒性高度相关^[33]。不同地理种群二化螟滞育幼虫体内,抗逆性酶的活性没有显著差异;解除滞育幼虫体内的抗逆性酶活力随着纬度的降低而上升^[34]。同时,滞育期间一些与抗寒性相关的生理生化指标测试亦表明与抗寒性高度相关^[18, 27, 28, 33, 35]。晚稻田二化螟越冬幼虫的过冷却点与幼虫体重呈显著的正相关,随体重增加过冷却点也呈一定的上升趋势^[15]。

6 小结

二化螟以幼虫滞育越冬,在江西省第一代幼虫在早稻分蘖期常年均能造成严重的危害,已经成为江西早稻分蘖期的头号害虫。滞育越冬是二化螟生活史中的一个重要环节。二化螟滞育诱导的光温反应特性,即温度补偿型光周期反应决定了该虫每年均能以巨大的种群数量越冬,越冬基数和越冬存活率决定了次年的发生程度。因此,二化螟越冬滞育生物学特性决定其发生与危害特征。本文总结了国内外对二化螟滞育生物学特性的总体研究进展,以为二化螟越冬代及第一代发生期的预测预报提供的理论参考,进而提高二化螟综合防治效率。

参考文献:

- [1] 盛承发,王红托,盛世余,等.我国稻螟灾害的现状 & 损失估计[J].昆虫知识,2003,40(4):289-294.
- [2] 章士美,陈东.江西二化螟的研究专辑[J].江西农业大学学报,1991:1-94.
- [3] 程家安.水稻害虫[M].北京:中国农业出版社.1996.
- [4] 刘光杰,秦厚国.我国稻螟研究新进展(一)[J].昆虫知识,1997,34(2):171-174.
- [5] 刘光杰,秦厚国.我国稻螟研究新进展(二)[J].昆虫知识,1997,34(4):239-242.
- [6] 辛文,张志涛.二化螟种群动态及管理研究进展[J].昆虫知识,2001,38(4):241-246.
- [7] 盛承发,宣维健,焦晓国,等.我国稻螟暴发成灾的原因、趋势及对策[J].自然灾害学报,2002,11(3):103-108.
- [8] 林克剑,侯茂林,韩兰芝,等.二化螟寄主选择行为和种群消长机制的研究进展[J].植物保护,2008,34(1):22-28.
- [9] Inoue T, Kamano S. The effect of photoperiod and temperature on the induction of diapause in the rice stem

- borer, *Chilo suppressalis* Walker[J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1957, 1: 100-105.
- [10] Kishino K. Ecological studies on the local characteristics of the seasonal development in the rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker[J]. Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences Series C (Plant Pathology and Entomology), 1974, 5: 67-80.
- [11] 沈荣武, 薛芳森. 二化螟滞育的研究[J]. 江西农业大学学报, 1988, 10(2): 25-31.
- [12] 汪信庚, 程家安, 何俊华. 二化螟滞育的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(2): 170-174.
- [13] Xiao H J, Mo F C, Zhu X F, et al. Diapause induction, maintenance and termination in the rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker[J]. Journal of Insect Physiology, 2010, 56(11): 1558-1564.
- [14] 蒋明星, 祝增荣, 程家安. 二化螟越冬种群: 年龄结构对其冬后取食和化蛹动态的影响[J]. 华东昆虫学报, 2000, 9(2): 72-76.
- [15] Xu S, Wang M L, Ding N, et al. Relationships between body weight of overwintering larvae and supercooling capacity, diapause intensity and post-diapause reproductive potential in *Chilo suppressalis* Walker[J]. Journal of Insect Physiology, 2011, 57: 653-659.
- [16] 阮雪莲, 胡南, 黄云, 等. 茭白田二化螟越冬代幼虫生物学特性的观察[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(1): 37-39.
- [17] 王小奇, 李朝飞, 刘大军, 等. 水稻二化螟滞育解除的初步研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30 (3): 298-302.
- [18] Goto M, Li Y P, Honma T. Changes of diapause and cold hardiness in the Shonai ecotype larvae of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) during overwintering[J]. Applied Entomology and Zoology, 2001, 36(3): 323-328.
- [19] Atapour M, Moharrampour S, Barzegar M. Seasonal changes of fatty acid compositions in overwintering larvae of rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2007, 10(1): 33-38.
- [20] 肖海军, 朱杏芬, 薛芳森. 二化螟越冬幼虫滞育后发育的起点温度与有效积温[J]. 植物保护, 2008, 34(4): 78-81.
- [21] 薛芳森. 二化螟越冬幼虫龄次及滞育解除的观察[J]. 江西植保, 1987, 4: 13-15.
- [22] 周树基. 越冬代二化螟的生物学特性观察[J]. 湖南农学院学报, 1989, 15(3): 121-122.
- [23] 韩永强, 郝丽霞, 侯茂林. 北方稻田和茭白田二化螟越冬幼虫生物学特性的比较[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(3): 541-544.
- [24] 苏建伟, 宣维健, 盛承发, 等. 东北稻区二化螟越冬幼虫的生物学研究[J]. 昆虫知识, 2003, 40(4): 323-325.
- [25] 强承魁, 杜予州, 于雅玲, 等. 水稻二化螟耐寒性耐寒性研究进展[J]. 植物保护, 2008, 34(2): 6-10.
- [26] Tsumuki H, Kanehisa K. Effect of low temperature on glycerol and trehalose concentration in haemolymph of the rice stem borer larva, *Chilo suppressalis* Walker: effects of ligation and cold tolerance[J]. Applied Entomology and Zoology, 1979, 14: 497-499.
- [27] Li Y P, Ding L, Goto M. Seasonal changes in glycerol content and enzyme activities in overwintering larvae of the Shonai ecotype of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2002, 50: 53-61.
- [28] Li Y P, Goto M, Ding L, et al. Diapause development and acclimation regulating enzymes associated with glycerol synthesis in the Shonai ecotype of the rice stem borer larva, *Chilo suppressalis* Walker[J]. Journal of Insect Physiology, 2002, 48: 303-310.
- [29] 王小奇, 李朝飞, 封洪强, 等. 水稻二化螟耐寒性研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30 (3): 277-280
- [30] 郑宏海, 黄裕火, 包启彪, 等. 一代二化螟发生量预测方法的改进[J]. 植物保护, 1995, 21(5): 20-21.
- [31] 李仲悝, 葛慧蓉. 温度变化与螟虫发生的关系[J]. 浙江气象科技, 2000, 21(3): 20-21.
- [32] 张孝羲. 水稻螟虫灾变规律及治理对策研讨会论文集[C]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [33] 张珺, 吴孔明, 林克剑, 等. 二化螟温带和亚热带地理种群的滞育特征与抗寒性差异[J]. 中国农业科学, 2005, 38(12): 2451-245.
- [34] 林炜, 林玉娣, 侯茂林, 等. 不同地理群二化螟滞育和滞育解除幼虫的抗逆性酶活性的比较[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 84-87.
- [35] 强承魁, 杜予州, 于雅玲, 等. 水稻二化螟越冬幼虫耐寒性物质的动态变化[J]. 应用生态学报, 2008, 19(3): 599-605.