

亚洲玉米螟滞育诱导外源性因子研究

戴志一, 秦启联, 杨益众, 黄东林

(扬州大学农学院植保系, 扬州 225009)

摘要 研究了食料、温度、光周期等外源性因子对亚洲玉米螟滞育的影响。试验证明, 食料性质对其滞育诱导影响显著。取食玉米雌穗的幼虫对滞育诱导光周反应的敏感性强于取食棉铃的幼虫。在一定范围内, 食料中可溶性糖含量增加可促进幼虫的滞育诱导, 而粗蛋白含量的增加则具有抑制滞育诱导的作用; 两者的互作效应不显著。高温抑制滞育诱导, 低温促进滞育诱导。短光周对幼虫的滞育诱导无特定的敏感龄期, 但以 3 龄与 2 龄对短光周刺激敏感性较强, 短光周的诱导强度具积累效应。

关键词 亚洲玉米螟, 食物, 温度, 光周期, 滞育

The effects of some factors on the diapause induction of Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*)

DAI Zhi-Yi, QIN Qi-Lian, YANG Yi-Zhong, HUANG Dong-Lin (Department of Plant Protection, Agriculture College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract This paper deals with the effects of food, temperature and photoperiod on the diapause of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Güene'e). The results showed that the effects of different food on the diapause induction of Asian corn borer were significantly different. The sensitivity of diapause induction by photoperiod of the larvae fed by corn ear was stronger than that of the larvae fed by cotton boll. To some extent, higher concentration of soluble sugar in the food promoted the induction of larval diapause, while higher concentration of protein suppressed it. Higher temperature was favorable to suppress the induction of larval diapause, while lower temperature was favorable to the induction of diapause. There were not determined sensitive stages of larval diapause induction by short photoperiod, but the population was more sensitive in 2 and 3 instars. The induction effects by short photoperiod were additive.

Key words : *Ostrinia furnacalis*, Food, temperature, photoperiod, diapause

文章编号: 1000-093X(2000)04-0177-07 中图分类号: Q968.1 S435.62

文献标识码: A

亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Güene'e) 是我国粮食作物和棉花的重要害虫。在江苏棉区, 其 2 代种群的滞育比率, 直接影响到 3 代的发生基数和危害程度, 是影响田间种群动态的关键因子之一。关于滞育诱导的外源性因子, 一般认为主要是环境中的光周期与温度^[1, 2], 对此, 国外在欧洲玉米螟方面曾做了大量的工作^[3, 4]。国内对亚洲玉米螟滞育诱导的研究相对较少。弓惠芬、曹雁平研究了温度和光周期对亚洲玉米螟滞育的影响^[5, 6]。但有关食料与营养对亚洲玉米螟滞育的影响国内尚未见报道。而亚洲玉米螟是一种多食性害虫, 研究食料对其滞育诱导的影响, 对深入了解该虫的滞育诱导规律具有重要的理论和实践意义。为此, 作者于 1992~1995 年, 结合光周期与温度, 着重研究了食料和营养成分对亚洲玉米螟(以下简称玉米螟)滞育诱导的影响。

1 材料与方法

1.1 虫源 6 月初或 7 月中旬采自江苏省姜堰市(东经 119.5 度, 北纬 31.5 度)玉米田中的蛹, 在养虫室内羽化后繁殖供试。

1.2 幼虫饲养与滞育判别 将初孵幼虫接入罐头瓶中, 瓶口覆细铜纱。天然食料处理每瓶饲养幼虫 10 头

基金项目: 江苏省“八五”重大攻关资助项目(G9100-05)

收稿日期: 1998-09-24; 修订日期: 1999-06-20

作者简介: 戴志一(1936~), 男, 江苏省江阴市人, 教授。主要从事农业昆虫种群生态学的研究。

左右,隔日更换新鲜饲料。半人工饲料处理,每瓶加入相当于 60~70g 干重的饲料,饲养幼虫 30 头左右,中间不更换饲料,直至化蛹或判定滞育止。

滞育判定参照 Mutchomor 等^[7]在欧洲玉米螟滞育试验中采用的标准,并适当延长时间,即同一瓶中首见成虫后第 5 天检查,未化蛹的幼虫即定为滞育幼虫。

1.3 食料 设玉米雌穗、嫩棉铃和半人工饲料 3 种处理。每处理幼虫 35~40 头,重复 3 次。玉米雌穗处理用灌浆期的嫩玉米雌穗,切成 5mm 厚的薄片,每次每瓶投放 5~6 片。棉铃处理用 20 日龄左右的青铃(中间切开),每次每瓶投放 3~4 枚。

半人工饲料参考周大荣等^[3]报道的“新 7 号配方”略予改进。其配方为:玉米粉 450g,啤酒酵母粉(上海光明啤酒厂产)250g,蔗糖 120g,干木屑 200g,山梨酸 6g,维生素 C8g,甲醛 3.0g,红霉素 25 万单位。

食料中的粗蛋白含量在 VS-KTP 型凯氏定氮仪上分析测定。可溶性糖含量用蒽酮比色法,在 CL-720 型自动分析仪上测定。

1.4 不同的蛋白质与可溶性糖含量的饲料试验

在上述半人工饲料基础上,通过啤酒酵母粉和蔗糖调节饲料中粗蛋白和可溶性糖含量的比例。试验采用二次通用旋转组合设计,因子水平及编码见表 1。

表 1 饲料中不同营养因素的因子水平及编码

Table 1 Factor levels and codes of two kinds of nutritious composition in food

因子 Factors	编码 Code					变化间距 Interval (Δ)
	1.414	1	0	-1	-1.414	
粗蛋白(%) ^①	15.02	14.51	13.28	12.05	11.54	1.23
可溶性糖(%) ^②	23.89	22.91	20.56	18.21	17.24	2.35

①Protein ②Soluble sugar

1.5 光照与温度 试验设光暗比(L/D) 6/18、10/14、11/13、12/12、13.5/10.5、14/10、14.5/9.5、15.5/8.5 等光周期处理。

养虫室用 2 只 200 瓦白炽灯作光源。光照控制用特制的两层黑布夹一层红布做成的布袋,将饲养瓶置于袋内,需黑暗时,拉起布袋,扎紧袋口,再外罩牛皮纸袋。需光照时则打开袋口,把饲养瓶全部暴露袋外。

根据江苏省主要棉区盐城市的气象资料,于 1990~1994 年玉米螟 2 代幼虫期的日平均气温有 3a 为 27.21℃,2a 为 28.75℃,故温度设 27±0.5℃和 29±0.5℃两个处理

2 结果与分析

2.1 不同食料对幼虫滞育诱导光周期反应的影响 在 29±0.5℃下,分别用玉米雌穗、嫩棉铃和半人工饲料饲养幼虫,不同食料对幼虫滞育诱导光周期反应的影响见表 2。在同一温度与光周期条件下,取食不同食料的幼虫滞育率不同。不同食料对幼虫滞育诱导光周反应的敏感性表现为:半人工饲料>玉米雌穗>嫩棉铃。为了探索不同食料对幼虫滞育的影响与其营养成分的关系,进一步测定了嫩棉铃、玉米雌穗、及半人工饲料的粗蛋白与可溶性糖含量,发现三者之间存在明显的差异(表 3)。

表 2 不同食料与光周期下玉米螟幼虫的平均滞育率(%,Yangzhou,1994)

Table 2 Average diapause rate of Asian corn borer under different kinds of foods and photoperiods

光周期 Photoperiod (L/D)	6/18	12/12	13.5/10.5	14/10	14.5/9.5	15.5/8.5
嫩棉铃 Cotton boll	0	34.5±6.5	35.9±7.3	2.4±1.2	0	0
玉米雌穗 Corn ear	1.6±0.7	39.2±8.2	64.2±8.7	18.7±3.0	0	0
半人工饲料 Semi-artificial diet	5.6±1.6	61.3±6.1	74.3±6.9	45.1±3.5	0	4.2±1.7

对照表 2 与表 3,可见随着食料中可溶性糖与粗蛋白的含量两者比值的提高,幼虫滞育光周反应的敏感性有增强的趋势。

2.2 不同营养成分对幼虫滞育诱导的影响 为了进一步探索食料中不同营养成分对幼虫滞育诱导的作用,在 29℃、光周期 14L:10D 条件下,采用二次通用旋转组合设计,观察含不同配比粗蛋白(X₁)和可溶性糖(X₂)的半人工饲料处理的幼虫滞育率(Y)。每处理幼虫 90 头,重复 3 次。设计因子水平见表 1,试验结果见表 4。

由试验结果可组建以下反映幼虫滞育率(Y)与食料中粗蛋白(X₁)和可溶性糖(X₂)含量关系的二次回归方程式:

$$Y = 42.58 - 11.4X_1 + 6.45X_2 + 0.85X_1X_2 + 0.91X_1^2 + 2.51X_2^2$$

万方数据

回归方程的显著性检验 : $F = 11.84 > F_{0.01} = 6.63$ 。回归方程的回归关系极显著。

表 3 不同食料中粗蛋白与可溶性糖含量
Table 3 Protein and soluble sugar content in different kinds of foods

成分 Content	可溶性糖 Soluble sugar (ss %)	粗蛋白 Protein (p %)	可溶性糖 /粗蛋白 (ss/p)
嫩棉铃 ^①	9.23	14.2	0.65
玉米雌穗 ^②	14.32	11.9	1.20
半人工饲料 ^③	32.89	18.1	1.82

①Cotton boll ②Corn ear ③Semi-artificial diet

回归系数的显著性检验 : $t_0 = 43.62^{**}$; $t_1 = 13.89^{**}$; $t_2 = 7.86^{**}$; $t_{12} = 0.73$; $t_{11} = 1.03$; $t_{22} = 2.85^{**}$ 。

试验结果显示 ,在一定范围内 ,食料中可溶性糖含量增加有利于促进幼虫的滞育诱导 ,而粗蛋白含量的提高则具有抑制幼虫滞育诱导的作用 ,两者的交互效应不显著。光周期对幼虫滞育诱导的综合作用在 $27 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 $29 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 下 ,用半人工饲料、棉铃、玉米雌穗等 3 种食料 ,设 L/D (h/d) 为 18、10/14、11/13、12/12、13.5/10.5、14.5/9.5 及 15.5/8.5 等光周处理 ,每处理幼虫 35~40 头 ,重复 3 次 ,于幼虫完成发育后检查各处理组的滞育幼虫数和化蛹数 ,计算平均滞育率。试验结果见图 1 与图 2。

表 4 试验结构矩阵及试验结果

Table 4 Construction matrix and results of this experiment

试验号 Code	X_0	X_1	X_2	X_{12}	X_1^2	X_2^2	$Y(\%)$
1	1	-1	-1	1	1	1	53.50±6.1
2	1	-1	1	-1	1	1	63.40±5.4
3	1	1	-1	-1	1	1	36.40±4.6
4	1	1	1	1	1	1	49.71±3.6
5	1	-1.414	0	0	2	0	66.40±10.2
6	1	1.414	0	0	2	0	23.70±5.1
7	1	0	-1.414	0	0	2	38.20±3.7
8	1	0	1.414	0	0	2	58.30±6.4
9	1	0	0	0	0	0	45.10±5.4
10	1	0	0	0	0	0	43.60±2.8
11	1	0	0	0	0	0	42.80±8.3
12	1	0	0	0	0	0	46.20±5.6
13	1	0	0	0	0	0	48.70±4.5
A	616.00	-91.18	51.62	3.4083	296.00	616.00	

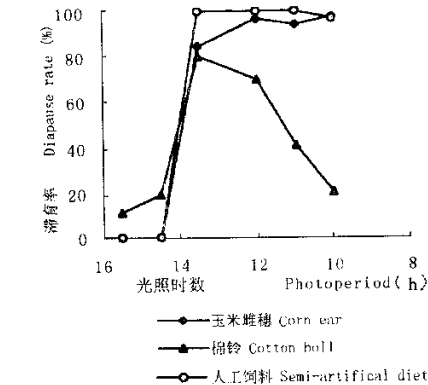


图 1 27℃时 ,不同食料与光周期下幼虫的滞育率(%)

Fig.1 The diapause rate of larval under different foods and photoperiods under 27℃

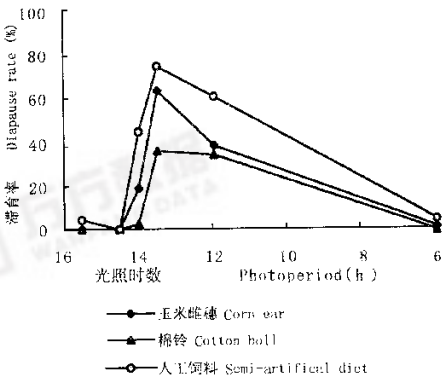


图 2 29℃时 ,不同食料与光周期下幼虫的滞育率(%)

Fig.2 The diapause rate of larval under different foods and photoperiods under 29℃

上图显示 ,亚洲玉米螟属典型的短日照滞育型昆虫 ,它具有一个相对稳定的滞育诱导光周区 ,其区限大致为 6~16L h/d。在该区范围内 ,首先在 15.5L h/d 附近种群内少数个体产生滞育现象 ,然后 ,随着光照时数的缩短 ,滞育率猛增 ,最后随光照时数的进一步缩短 ,滞育率反而不断下降。而温度和食料性质可显著影响其滞育诱导强度。低温促进滞育 ,高温则具有抑制滞育的倾向。

不同温度、食料条件下幼虫滞育的临界光周期见表 5。

曹雁萍等^[6](1993)曾报道江苏大丰、东台(33.5°N)种群在 25℃下的临界光周期为 14.03h ,比上表中 27℃、半人工饲料条件下的临界光周期略长 ,这可能是本试验的虫源地纬度(31.5°N)稍低和处理温度略高的缘故。

2.4 幼虫滞育诱导的光敏感龄期 在 $29 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 下 ,以嫩棉铃及半人工饲料为食料 ,将处理龄期或处理龄期组的幼虫置于 13.5L :10.5D 的短光周(接近临界光周期)条件下 ,非处理龄期移置于 14.5L :9.5D 的长光周条件下 ,观察幼虫滞育诱导中不同龄期对短光周反应的敏感性。共设 1~5 龄、2~5 龄、3~5 龄、4~5 龄和 5 龄等 5 个处理龄期组。每处理 30 头 ,重复 3 次。不同处理组的幼虫平均滞育率见表 6。

表 6 中半人工饲料处理的试验结果表明,亚洲玉米螟幼虫的滞育诱导对短光周并无特定的敏感龄期,各龄幼虫在一定短光周下均可产生诱导作用。其诱导强度具有累积效应,幼虫滞育率基本随着处于短光周条件下龄期数的增加而提高。但各龄幼虫对短光周的敏感性不同,3~5 龄期处理组幼虫的滞育率显著高于 4~5 龄期处理组,说明 3 龄幼虫对短光周的敏感性较强。嫩棉铃处理与半人工饲料处理的试验结果相似,但 2~5 龄处理组比 3~5 龄处理组的幼虫滞育率大幅度增加,说明在该处理条件下 2 龄幼虫对短光周也具有较强的敏感性。

弓惠芬等认为亚洲玉米螟各个独立龄期对光周期不表 5 不同温度、食料条件下亚洲玉米螟的临界光周期(h) 现敏感性,滞育的形成需光周期刺激的累积作用^[5]。后一结论与本文结果基本一致。但上述试验表明至少幼虫的 5 龄独立龄期仍具一定敏感性,其差异可能是食料及试验条件不同所致。

3 讨论

3.1 关于临界光周期的局限性和临界光周前期的概念 临界光周期是统计学中一个中位数,是指在滞育诱导中能引起种群 50% 的个体进入滞育状态时的光周时数。在实际应用中,如滞育率低于 50%,则该指标就难以使用。如表 5,29℃ 时取食棉铃的幼虫,在不同光周下的滞育率均低于 50%,这就给比较和描述其光周反应带来困难。为此,笔者建议将种群 15% 的个体进入滞育时的光周期界限称为“临界光周前期”。一方面,它可作为描述低滞育率光周反应的补充性指标;另一方面,临界光周前期与临界光周期之间的距离,有助于分析种群内个体在滞育诱导反应中的变异性。

3.2 关于滞育对棉田玉米螟种群动态的影响 以江苏沿江、沿海棉区为例,棉田玉米螟常年发生 3 代,2 代因滞育而引起世代分化,直接影响 3 代的田间种群数量。对同一地区而言,年度间同期的光周期变化甚微,温度和食料是影响 2 代玉米螟滞育率高低的主要因子。高温一方面抑制滞育,缩短幼虫的临界光周期,另一方面又通过提高幼虫发育速率,减少幼虫期与特定短光周接触的时间,而进一步使种群滞育率下降。低温则相反可提高种群的滞育率。食料对幼虫滞育的影响比较复杂。如取食玉米雌穗的幼虫滞育率高于取食棉铃的幼虫,但取食玉米雌穗的幼虫发育速率也高于取食棉铃的幼虫^[8]。种群发育进度快,将减少幼虫期与短光周接触的时间,而降低短光周刺激的累积效应。故在实际工作中,食料对玉米螟滞育诱导的影响要考虑其直接作用与间接作用可能存在的 inconsistency 而进行综合分析。

参考文献

[1] 李超,等.光周期和温度的联合作用对棉铃虫种群滞育的影响.昆虫知识,1981,18(2):58~61.

[2] Beck S D. Dual system theory of the biological clock: effects of photoperiod, temperature, and thermoperiod on the determination of diapause. *J. Insect physiol.* 1977, 23: 1263 ~ 1272.

[3] Goettel M S. *et al* Further studies on the biology of the banded woolly bear, *Pyrrharctica isabella* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Arctiidae). IV Diapause development as influenced by temperature. *Can. J. Zool.* 1980, 58: 317 ~ 320.

[4] Beck S D. Effects of temperature on thermoperiodic determination of diapause. *J. Insect Physiol.* 1984, 30: 383 ~ 386.

[5] 弓惠芬,等.光周期和温度对亚洲玉米螟滞育形成的影响.昆虫学报,1984,27(3):280~285.

[6] 曹雁萍,等.江苏省沿海棉区玉米螟世代分化研究初报.江苏农业学报,1993,9(4):31~35.

[7] Mutchmor J A, *et al*. Some factors affecting diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn). *Canadian J. zool.* 1959, 37: 161 ~ 168.

[8] 杨益众,等.不同食料对亚洲玉米螟种群增长的影响.华东昆虫学报,1998,7(1):76~80.