寄主植物对亚洲玉米螟生长发育及雄蛾保护酶活性的影响*

魏 鑫** 陈日曌***

（吉林农业大学农学院，长春 130118）

摘 要 **【目的】** 为了明确不同寄主植物对亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)生长发育、繁殖及雄蛾保护酶活性的影响。**【方法】** 在温度为（25±5）℃、湿度为 75%±5%、光照周期为 L∶D=16∶8 的恒定条件下，研究了 7 科 12 种寄主植物对亚洲玉米螟发育历期、蛹期、成虫期、羽化率、雌蛾繁殖力及雄蛾体内超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化物酶（POD）、过氧化氢酶（CAT）活力的影响。**【结果】** 亚洲玉米螟能够在 12 种寄主植物上完成生长发育。取食苍耳的幼虫历期较短（17.4 d），蛹期较短（5.9 d）；成虫寿命较长（9.0 d），蛹重较大（50.7 mg）；取食油菜的幼虫单雌产卵量较大（210 粒/雌），取食油菜和油麦菜的幼虫成活率和蛹羽化率较高，均在 80.0%以上。幼虫取食不同植物后，雄蛾体内保护酶的活性差异显著，幼虫取食酸模叶蓼后，雄蛾体内 SOD 活性较高，幼虫取食苍耳后，雄蛾体内 POD 和 CAT 活性较高。**【结论】** 不同寄主植物对亚洲玉米螟生长发育、繁殖及雄蛾保护酶活性均有显著影响。取食苍耳和酸模叶蓼有利于亚洲玉米螟的生长发育。玉米螟在不同寄主植物上的生长发育和繁殖与保护酶活性呈现正相关性。亚洲玉米螟在取食不同寄主植物时，能调节自身保护酶的活性，来适应寄主，满足生长发育的需要。

关键词 亚洲玉米螟；寄主植物；生长发育；保护酶活性

Effects of host plants on the development and protective enzyme activity of *Ostrinia furnacalis*

WEI Xin** CHEN Ri-Zhao***

(College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract **[Objectives]** To understand the effects of different host plants on the growth, development, fecundity and protective enzyme activity, of *Ostrinia furnacalis*. **[Methods]** We studied the development, pupal stage, adult stage, eclosion rate, female fecundity and superoxide (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT) activity of male *O. furnacalis* raised on 12 host-plant species from 7 families under laboratory conditions; (25±5) ℃, 75%±5% RH, photoperiod=16 L∶8 D. **[Results]** *O. furnacalis* was able to complete growth and development on all 12 host plants. Larvae raised on *Xanthium sibiricum* had the shortest larval and pupal stages, 17.4 d and 5.9 d, respectively, the longest adult life span (9.0 d), and heaviest pupal weight (50.7 mg). The highest female fecundity, 210.1 eggs/female, was recorded on *Brassica campestris*. Larval survival and pupal eclosion rates on *B. campestris* and *Lactuca sativa* were all over 80.0%. There were significant differences in the protective enzyme activity in males that had been raised on different host-plants. Males raised on *Polygonum capitatum* had the highest SOD, POD and CAT activity. **[Conclusion]** Different host plants had significant effects on the growth, development, female fecundity and male protective enzyme activity, of *O. furnacalis*. Feeding on *Xanthium sibiricum* and *Polygonum lapathifolium* was beneficial to the growth and development of *O. furnacalis*. The growth, development and fecundity of *O. furnacalis* on different host plants was positively correlated with protective enzyme activity. *O. furnacalis* can meet its growth and development needs by adjusting its protective enzyme activity to specific host-plants.

Key words *Ostrinia furnacalis*; host plants; development; protective enzyme activity

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划资助项目（2017YFD0201804-5）

**第一作者 First author，E-mail：1368213501@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：rizhaochen@jlau.edu.cn

收稿日期 Received：2019-04-28；接受日期 Accepted：2019-08-02

亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)（以下简称玉米螟），属于鳞翅目 Lepidoptera，螟蛾科 Crambidae，秆野螟属 *Ostrinia*，是玉米害虫之一（周大荣，1996）。玉米螟幼虫为趋触性害虫，表现为低龄幼虫“潜藏”危害，高龄幼虫“钻驻”危害的特点，其发生面积和危害损失程度居玉米病虫害之首（王伟业，2010）。玉米螟寄主种类繁多，达 200 余种，可为害玉米、高粱、谷子、水稻等重要粮食作物、棉、麻等经济作物和多种菊科类杂草（袁志华等，2015）。

寄主植物作为植食性昆虫的食物来源，其营养成分的变化必然会对昆虫生理生化、繁殖发育等方面产生影响，研究不同植物营养成分差异与害虫种群动态的关系，有助于了解寄主植物对害虫种群消长变化的内在原因（李子玲等，2005）。玉米螟的幼虫期是其个体发育过程中唯一的取食期，幼虫期食物质量是影响其个体生长发育及种群动态的主要因素（钦俊德，1985）。任素丽等（2018）研究表明，柑橘木虱在柚、酸橘、黄皮、九里香、砂糖橘 5 种植物上发育历期、幼虫成活率、成虫寿命、雌雄性比等均有显著差异；苏超等（2015）研究表明，天仙果、拐枣等 5 种寄主植物对乌桕黄毒蛾的取食量、幼虫历期、存活率、繁殖力均有影响。

昆虫体内的保护酶系统与昆虫的抗逆性和耐药性有密切关系（李周直等，1994；陈尚文，2001；王满和李周直，2002）。超氧化物歧化酶（Superoxide dismutase，SOD）、过氧化物酶（Peroxidase，POD）和过氧化氢酶（Hydrogen Peroxidase，CAT）是 3 种防御氧化损伤的保护酶，广泛存在于昆虫体内（王峰，2001）。超氧化物歧化酶（SOD）能够清除部分自由基形成 H_2O_2，过氧化物酶（POD）和过氧化氢酶（CAT）能够分解 H_2O_2，生成 H_2O 和 O_2，在这 3 种酶的共同作用下，生物体内的自由基维持在一个较低水平，使昆虫免受伤害（吴青军等，2011）。

本研究选取吉林地区常见的玉米、苍耳、酸模叶蓼、白菜等 7 科 12 种玉米螟寄主植物，通过在室内系统饲养，研究了幼虫取食不同寄主植物对其生长发育和繁殖的影响，测定了取食不同寄主植物后对雄蛾保护酶活力的影响，明确了不同寄主植物对玉米螟生长发育、繁殖及 3 种保护酶活性的影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试虫源 实验室内利用半人工饲料（乔利，2008），连续饲养 5 代以上，取初孵幼虫，备用。

1.1.2 供试植物 禾本科的玉米 *Zea mays*、水稻 *Oryza sativa*、高粱 *Sorghum bicolor*、豆科的大豆 *Glycine max*、茄科的龙葵 *Solanum nigrum*、锦葵科的苘麻 *Abutilon theophrasti*、十字花科的油菜 *Brassica campestris*、白菜 *Brassica pekinensis*、蓼科的酸模叶蓼 *Polygonum lapathifolium*、菊科的油麦菜 *Lactuca sativa*、生菜 *Spinacia oleracea*、苍耳 *Xanthium sibiricum* 均采自于吉林农业大学试验田及周边未经农药处理的杂草地。

1.1.3 供试仪器 RQH-250 型程控人工气候箱（上海精宏设备有限公司）；BDW-86V50 型 - 80 ℃超低温冰箱（济南来宝医疗器械有限公司）；GA110 型万分之一电子分析天平（Sigma 公司）；6-16KS 高速冷冻离心机（Sigma 公司）；POLARstar Omega 多功能酶标仪（香港伯齐科技有限公司）；DK-8D 恒温水浴锅（上海精宏设备有限公司）；81-2 型磁力恒温搅拌器（上海县曹行无线电元件厂）；玻璃匀浆器、荧光灯（反应处照度为 4 000 lx）、试管或离心管数支、酶标板等。

1.2 饲养方法

从田间采集不同寄主植物的嫩叶，洗净消毒（75%酒精）并晾干。将叶片卷起后剪成 1 cm 左右的小段，放入直径约为 2 cm 的培养皿中（1 段/皿），同时接入玉米螟初孵幼虫。将培养皿放置在光照培养箱中，设置条件为温度：（25±5）℃，湿度为 75%±5%，光照周期为 L：D=16：8。实验重复 4 次，每个重复 30 头幼虫。根据幼虫取食情况及叶片新鲜程度及时更换叶片，以保持充足的营养供给。记录幼虫的存活数、幼虫发育龄期、化蛹和羽化情况等。

待蛹羽化以后，把配对的雌雄蛾置于无色无味的食品级透明塑料碗中，碗内放置蘸有清水的棉球以保持湿度并提供螟蛾水源。记录雌蛾产卵的卵块数、产卵量和成虫寿命。

1.3　保护酶活性测定

采用李周直等（1994）的方法并略有改进。

1.3.1　粗酶液的制备　将取食不同寄主植物后当天羽化的雄蛾，每处理 5 头，置于 - 80 ℃冰箱中迅速冷冻 10 s，快速取出称重。将亚洲玉米螟鳞翅剪下后，将虫体置于预冷的玻璃匀浆器中。加入 0.5 mL、0.1 mol·L^{-1} 磷酸缓冲液（pH7.0），冰浴中迅速匀浆。再加 0.5 mL、0.1 mol·L^{-1} 磷酸缓冲液（pH7.0）冲洗一次，转入预冷的 1.5 mL 离心管中，在 12 000 r/min、4 ℃下离心 10 min，倾出上清液至另一干净预冷的 1.5 mL 离心管中，为待测粗酶液，并保存在 - 20 ℃冰箱内备用，用作 SOD、POD、CAT 活性测定（根据试验需要可将上清液再次离心，避免由鳞毛带来的试验误差）。

1.3.2　SOD 活性测定　利用 NBT 光化还原法测定 SOD 活性。酶活性大小以 U/mg 表示。反应体系为 300 μL 反应混合液（内含 pH 7.0 浓度为 0.05 mol·L^{-1} 磷酸缓冲液 100 μL，13 mmol·L^{-1} 蛋氨酸 Met 30 μL，75 μmol·L^{-1} 淡蓝四唑 NBT 30 μL，0.1 mmol·L^{-1} 乙二胺四乙酸钠盐 EDTA 30 μL，酶液 60 μL，蒸馏水 20 μL，最后加入核黄素 30 μL），光下反应 10 min（光强设为 4 000 lx），立即放入黑暗环境 30 s，然后在 560 nm 下比色。其中一个酶活力单位相当反应混合液于 300 μL 到达 50%抑制所需要的酶量。

1.3.3　POD 活性测定　以愈创木酚为底物测定 POD 活性。酶活性大小以 U/mg 表示。反应体系为 300 μL，其中反应混合液 150 μL（含有 pH 6.0 浓度为 0.1 mol·L^{-1} 磷酸缓冲液 0.5 mL，30% H_2O_2 28 μL，愈创木酚 19 μL），加入 150 μL 酶液，空白对照中加入 0.1 mol·L^{-1} pH6.0 磷酸缓冲液 150 μL，在 470 nm 处反应 1 min 测定 OD 值。

1.3.4　CAT 活性测定　采用紫外吸收法测定 CAT 活性。酶活性大小以 U/mg 表示。反应体系 300 μL（包含酶液 70 μL，pH7.8 浓度为 0.2 mol·L^{-1} 磷酸缓冲液 100 μL），蒸馏水 100 μL，25 ℃预热后，加入 0.1 mol·L^{-1} 过氧化氢 30 μL，迅速在 240 nm 处反应 1 min 测定 OD 值。对照管中加入加热灭活的酶液。

每个处理重复测 5 次，取平均值。

1.4　数据分析

用 DPS7.05 和 Excel 2007 软件进行统计分析，并采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　不同寄主植物对亚洲玉米螟各虫态历期的影响

用不同寄主植物饲喂亚洲玉米螟，结果表明不同寄主植物显著影响玉米螟幼虫期、蛹期和成虫期的发育历期（表 1）。取食苍耳的全幼虫历期仅为 17.4 d，取食的龙葵全幼虫期需要 25.4 d，二者差异显著（$F_{11,\ 507}$=16.271，P < 0.05）。取食不同植物后幼虫历期的长短顺序依次为：苍耳（17.4 d）<酸模叶蓼（17.8 d）<油菜（18.8 d）<玉米（19.2 d）<生菜（19.6 d）<油麦菜（20.6 d）<白菜（21.8 d）、大豆（21.8 d）<高粱（22.6 d）<水稻（23.2 d）<苘麻（24.6 d）<龙葵（25.4 d），各处理之间幼虫历期差异显著（$F_{11,\ 507}$=16.271，P < 0.05）。同一龄期的幼虫历期也有显著差异，5 龄幼虫发育历期差异最为显著。不同寄主植物对亚洲玉米螟蛹的历期存在显著影响（$F_{11,\ 507}$=16.45，P < 0.05），其中取食苍耳、油麦菜和酸模叶蓼后蛹的发育历期分别为 5.9、6.4 和 6.8 d，显著短于其他寄主植物；取食高粱后蛹历期最长，为 10.3 d，显著长于其他寄主植物。取食不同寄主植物成虫历期差异显著（$F_{11,\ 507}$=15.029，P < 0.05），取食苍耳（9.0 d）、油菜（8.5 d）、白菜（8.2 d）、生菜（8.2 d）、酸模叶蓼（8.1 d）、玉米（7.9 d）、油麦菜（7.8 d）的成虫寿命较长，取食水稻（7.4 d）、高粱（7.2 d）、大豆（5.8 d）、龙葵（7.3 d）、苘麻（7.0 d）的成虫寿命较短（表 1）。

表 1 取食不同寄主植物亚洲玉米螟各虫态历期（d）

Table 1 Durations of *Ostrinia furnacalis* in various instars fed on different host plants (d)

寄主植物 Host plant	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	全幼虫期 Larval stage	蛹期 Pupa stage	成虫历期 Longeity
玉米 *Zea mays*	3.0±0.3 ab	3.2±0.4 bc	3.8±0.4 b	4.2±0.2 b	5.0±0.7 bcde	19.2±0.2 def	8.0±0.4 d	7.9±0.2 bcd
水稻 *Oryza sativa*	4.2±0.4 a	4.8±0.4 a	4.4±0.3 ab	4.6±0.5 ab	5.2±0.4 bcd	23.2±0.2 abc	9.3±0.3 bc	7.4±0.2 def
高粱 *Sorghum bicolor*	3.4±0.2 ab	3.8±0.4 abc	4.2±0.4 ab	4.8±0.6 ab	6.4±0.7 ab	22.6±0.3 abcd	10.3±0.5 a	7.2±0.2 ef
大豆 *Glycine max*	3.2±0.4 ab	4.2±0.4 abc	4.8±0.4 a	4.6±0.5 ab	5.0±0.5 bcde	21.8±0.2 bcde	9.3±0.3 bc	5.8±0.2 g
油菜 *Brassica campestris*	3.4±0.5 ab	3.6±0.5 abc	4.0±0.3 ab	3.8±0.6 b	4.0±0.3 de	18.8±0.2 ef	8.1±0.3 d	8.5±0.2 ab
白菜 *Brassica pekinensis*	3.6±0.5 ab	4.0±0.4 abc	4.4±0.3 ab	5.2±0.7 ab	4.6±0.5 cde	21.8±0.2 bcde	8.4±0.2 cd	8.2±0.2 bc
油麦菜 *Lactuca sativa*	3.4±0.4 ab	4.2±0.4 abc	4.4±0.4 ab	4.2±0.4 b	4.4±0.4 de	20.6±0.2 cdef	6.4±0.2 e	7.8±0.3 cde
生菜 *Spinacia oleracea*	3.6±0.2 ab	3.8±0.6 abc	4.0±0.5 ab	4.2±0.4 b	4.0±0.3 de	19.6±0.2 def	8.6±0.3 cd	8.2±0.2 bc
苍耳 *Xanthium sibiricum*	2.8±0.4 b	2.8±0.4 c	3.8±0.4 b	4.2±0.4 b	3.8±0.4 de	17.4±0.2 f	5.9±0.2 e	9.0±0.2 a
苘麻 *Abutilon theophrasti*	3.8±0.4 ab	4.0±0.3 abc	5.0±0.3 a	5.0±0.5 ab	6.8±0.4 a	24.6±0.3 ab	8.3±0.3 cd	7.0±0.2 f
酸膜叶蓼 *Polygonum lapathifolium*	3.0±0.3 ab	3.2±0.4 bc	4.0±0.4 ab	4.2±0.4 b	3.4±0.4 e	17.8±0.2 f	6.8±0.3 e	8.1±0.2 bc
龙葵 *Solanum nigrum*	4.4±0.4 a	4.6±0.5 ab	4.8±0.5 a	5.8±0.4 a	6.0±0.7 abc	25.4±0.3 a	9.6±0.3 ab	7.3±0.2 ef

数据为平均数 ± 标准误，同列数据后标有不同字母表示差异显著（$P < 0.05$）。下表同。

Date are mean ± SE. Data followed by the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). The same below.

2.2 不同寄主植物对亚洲玉米螟生长发育情况的影响

取食不同寄主植物对玉米螟幼虫成活率、蛹羽化率、蛹重及雌蛾繁殖力均有显著影响(表 2)。取食油菜（81.0%）、油麦菜（80.6%）、生菜（80.4%）的幼虫成活率较高，均在 80%以上，苍耳（74.2%）次之，取食苘麻（33.0%）和龙葵（29.8%）的幼虫成活率较低，均在 30%以下（$F_{11,51}$=76.972，P<0.05）(表 2)。幼虫取食油麦菜后蛹羽化率较高，为 80.4%，显著高于其他处理，幼虫取食高粱后蛹羽化率最低，为 59.4%，取食油麦菜后蛹羽化率是高粱的 1.35 倍，二者差异显著（$F_{11,51}$=13.752，P<0.05）。幼虫取食苍耳后蛹重较大，为 50.7 mg，取食玉米（50.3 mg）、油菜（49.3 mg）次之，取食大豆和水稻的蛹重较小，均为 40.6 mg，各处理间差异显著（$F_{15,506}$=4.648，P<0.05）。幼虫取食不同寄主植物对雌蛾的繁殖力有显著影响。取食油菜的幼虫单雌产卵量最高，为 210.1 粒/雌，显著高于其他处理，取食高粱的幼虫单雌产卵量最低，为 149.5 粒/雌，取食油菜的单雌产卵量是高粱的 1.41 倍，二者差异显著（$F_{11,181}$=4.061，P<0.05）。

2.3 不同寄主植物对玉米螟保护酶活性的影响

幼虫取食不同寄主植物后，对雄蛾体内 3 种保护酶活性均有一定的影响。幼虫取食苍耳和酸

表 2　取食不同寄主植物的亚洲玉米螟的生长发育情况（d）

Table 2　Development states of *Ostrinia furnacalis* fed on different host plants (d)

寄主植物 Host plant	幼虫成活率（%） Survival rate of larva (%)	羽化率（%） Eclosion rate (%)	蛹重（mg） Pupa weight	单雌产卵量（粒） Total eggs per female (grain)
玉米 *Zea mays*	52.2±4.4 d	68.0±3.1 def	50.3±0.002 a	182.2±6.0 b
水稻 *Oryza sativa*	61.4±2.2 c	71.8±2.3 cde	40.6±0.001 c	160.3±8.2 bcd
高粱 *Sorghum bicolor*	67.2±2.2 c	59.4±2.0 g	47.9±0.002 ab	149.5±10.8 d
大豆 *Glycine max*	63.8±1.3 c	63.4±2.8 fg	40.6±0.002 c	155.1±7.9 cd
油菜 *Brassica campestris*	81.0±1.7 a	77.6±1.6 ab	49.3±0.002 a	210.1±6.0 a
白菜 *Brassica pekinensis*	78.8±1.2 ab	75.4±1.7 abc	46.7±0.002 ab	166.3±7.5 bcd
油麦菜 *Lactuca sativa*	80.6±0.6 a	80.4±1.7 a	50.1±0.002 a	166.5±8.2 bcd
生菜 *Spinacia oleracea*	80.4±0.9 a	80.0±1.7 a	46.7±0.001 ab	176.8±9.4 bc
苍耳 *Xanthium sibiricum*	74.2±1.3 b	79.6±1.6 a	50.7±0.002 a	174.8±6.2 bcd
苘麻 *Abutilon theophrasti*	33.0±1.9 e	66.4±1.5 ef	44.1±0.002 bc	154.4±9.6 cd
酸膜叶蓼 *Polygonum lapathifolium*	53.0±2.2 d	75.6±1.7 abc	48.2±0.002 ab	171.6±8.1 bcd
龙葵 *Solanum nigrum*	29.8±1.8 e	70.2±1.8 cde	43.8±0.001 bc	163.9±5.3 bcd

模叶蓼后，雄蛾 3 种保护酶的活性均高于取食其他寄主后雄蛾的酶活性。幼虫取食酸模叶蓼后雄蛾 SOD 活性最高（474.5 U/mg），取食龙葵后，雄蛾 SOD 的活性最低（311.1 U/mg），取食酸模叶蓼后雄蛾 SOD 活性是取食龙葵的 1.52 倍（图 1），差异显著（$F_{11,48}$=1.04，P<0.05）；幼虫取食苍耳后雄蛾 POD 活性最高（250.3 U/mg），取食大豆后雄蛾的 POD 活性最低（147.4 U/mg），取食苍耳后雄蛾 POD 活性是取食大豆的 1.70 倍（图 2），差异显著（$F_{11,48}$=1.88，P<0.05）；幼虫取食苍耳后雄蛾 CAT 活性最高（2 196.5 U/mg），取食大豆后雄蛾 CAT 活性最低（1 505.3 U/mg），取食苍耳后雄蛾 CAT 活性是取食大豆的 1.46 倍（图 3），差异显著（$F_{11,48}$=1.83，P<0.05）。

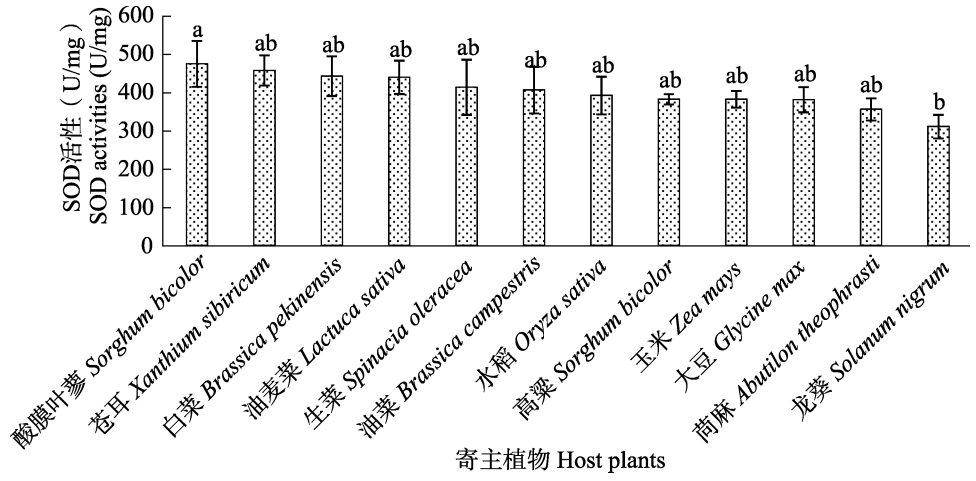

图 1　不同寄主植物对亚洲玉米螟雄蛾 SOD 活性的影响

Fig. 1　Effect of different host plants on SOD activity of *Ostrinia furnacalis*

数据为平均数 ± 标准误，柱上标有不同字母表示差异显著（P < 0.05）。下图同。

Date are mean ± SE. Histograms with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (P < 0.05). The same below.

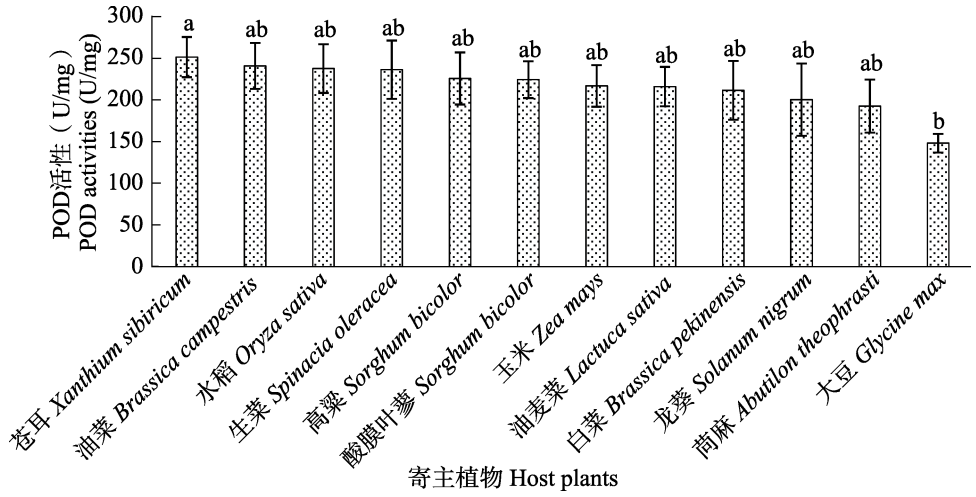

图 2　不同寄主植物对亚洲玉米螟雄蛾 POD 活性的影响

Fig. 2　Effect of different host plants on POD activity of *Ostrinia furnacalis*

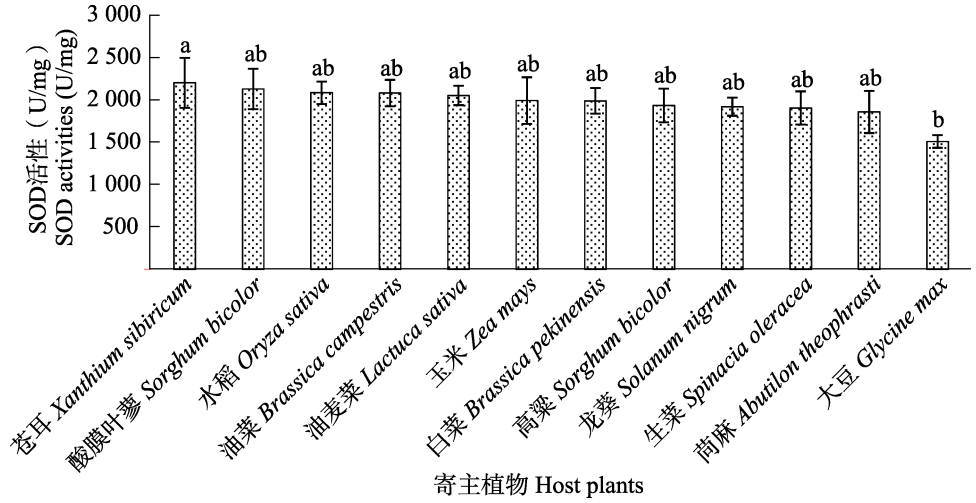

图 3　不同寄主植物对亚洲玉米螟雄蛾 CAT 活性的影响

Fig. 3　Effect of different host plants on CAT activity of *Ostrinia furnacalis*

3　讨论

植物与昆虫在进化过程中都形成了各自的防御机制，植物为避免昆虫的大量取食会表现出抗虫性，钦俊德（1985）指出植物通常以变动着的次生代谢物质或营养成分影响昆虫行为、生长发育、繁殖。苏国连等（2016）利用玉米、甘蔗 、四季豆、茼蒿饲喂亚洲玉米螟幼虫，发现饲喂茼蒿的种群可达 6 龄，单雌产卵量最高。Busching 和 Turpin（1976）等利用玉米、甘蓝和小麦饲喂小地老虎发现其发育历期、死亡率、蛹重和化蛹率明显不同。本试验选用 7 科 12 种寄主植物的叶片饲养玉米螟幼虫，结果表明玉米螟能够在 12 种植物上完成生活史，但取食不同植物叶片的幼虫在发育历期、成活率、羽化率、雌蛾繁殖力等方面差异显著。取食苍耳和酸模叶蓼的幼虫发育历期和蛹期最短，成虫寿命较长，幼虫成活率和蛹羽化率较高，是玉米螟室内饲养最适宜的寄主，这与袁志华（2013）研究结果基本一致。苍耳和酸模叶蓼对玉米螟幼虫期、蛹期及成虫寿命和雌蛾产卵量均具有有利影响。幼虫取食油菜后，雌蛾的产卵量最高（210.1 粒/雌），取食高粱产卵量最低（149.5 粒/雌），差异显著。玉米螟幼虫期取食油菜能够促进雌蛾的产卵，研究表明产卵量之间的差异可能与饲养寄主植物的嫩

稍营养水平（Vendramim and Guzzo，2012）、可产卵的嫩稍数量以及供试玉米螟的种群差异有关（De León *et al.*，2011）。本研究发现，取食大豆的玉米螟幼虫虽然能完成正常的生长发育，但相较于其他寄主植物较慢，这可能是由于豆科植物叶片上的毛状体结构能影响低龄幼虫取食，从而抑制幼虫的生长（Kennedy，2003）。

昆虫将寄主植物体内的营养物质转化为自身所需要的营养物质的同时，也会食入植物产生的有毒物质，这时，保护酶系统便起着重要的作用。周奋启等（2011）研究表明 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* 取食不同寄主植物体内保护酶活性有显著差异。李娟（2007）研究表明不同植物对云斑天牛 *Batoceara horsfieldi* 保护酶的影响，发现取食杨树、柳树等植物后 SOD 的活力呈现先上升后下降然后再上升的趋势，CAT 活力呈现先升后降的趋势。目前，有关昆虫取食不同寄主植物对幼虫保护酶活性影响的报道较常见，但幼虫取食不同寄主植物后对雄蛾保护酶活性的报道相对较少。本研究结果表明，不同寄主植物对玉米螟雄蛾的保护酶活性有显著影响，幼虫取食酸模叶蓼雄蛾 SOD 活性相对较高，幼虫取食苍耳雄蛾 POD 和 CAT 活性相对较高，玉米螟生长发育及各虫态历期也以苍耳和酸模叶蓼较优。由此可见，玉米螟在不同寄主植物上的生长发育和繁殖与保护酶活性呈现正相关性。

营养成分在昆虫体内通过代谢进行转化，植物所含的营养成分及含量的不同（如游离氨基酸、可溶性糖等），对昆虫的生长发育、繁殖及保护酶活性的影响也存在一定的差异（FIinch and Collier，2000；Hódar *et al.*，2006；潘锦勇和王兴琴，2009）。张林林等（2013）研究表明，大豆的可溶性蛋白最高，取食大豆的小地老虎 *Agrotis ypsilon* 幼虫保护酶活力均高于取食白菜和玉米的小地老虎幼虫。本研究仅测定了亚洲玉米螟取食不同寄主植物后的生长发育特征及对保护酶的影响，对于供试植物体内营养物质存在差异及其差异是否就是引起其原因，还值得进一步探讨。

不同寄主植物对玉米螟生长发育、繁殖和雄蛾的保护酶活性均有显著影响。对玉米螟生长发育、繁殖有利的寄主植物对雄蛾保护酶的活性也有促进作用。玉米螟取食不同营养和成分的寄主植物时，能最大限度地利用植物，增加与寄主植物的适应性。对于不适宜的寄主植物可以通过调节这种适应机制来增加适应性。这可能是玉米螟种群数量不断增大、取食寄主范围不断扩大、危害不断加重的主要原因。

幼虫取食苍耳、酸模叶蓼等植物后生长发育状况良好，同时成虫保护酶活性相对较高，是亚洲玉米螟较适宜的寄主。因此，在今后的防治上可以侧重于杂草的防治，在农作物种植区栽种苍耳等寄主植物作为诱集带，规避农作物减产风险的同时，也可为亚洲玉米螟的预测预报和综合防治提供有力依据。

参考文献 (References)

Busching MK, Turpin FT, 1976. Survival and development of black cutworm (*Agrotis ypsilon*) larvae on various species of crop plants and weeds. *Environ. Entomol.*, 6(1): 63– 65.

Chen SW, 2001. Correlation of catalase and peroxidase with pesticidetolerance in *Massonpine caterpillar*. *Journal of Insects*, 44(1): 9–14. [陈尚文, 2001. 马尾松毛虫过氧化氢酶及过氧化物酶与耐药性的关系. 昆虫学报, 44(1): 9–14.]

De León JH, Sétamou M, Gastaminza GA, Buenahora J, Ceceres S, Yamamoto PT, Bouvet JP, Logarzo GA, 2011. Two separate introductions of asian citrus psyllid populations found in the American continents. *Annals of the Entomological Society of America*, 104(6): 1392–1398.

Finch S, Collier RH, 2000. Host-plant selection by insects-A theory based on 'appropriate/in appropriat landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalist et Applicata*, 96(2): 91.

Hódar JA, Regino A, Jorge C, 2006. Host utilization by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecol. Entomol.*, 27(3): 292–301.

Kennedy GG, 2003. Tomato, pests, parasitoids, and predators: Tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology*, 48: 51–72.

Li J, 2007. The effect of different plants on the behavior, the enzymes activity and reproduction of *Batoceara horsfield*i (Hope). Master dissertation. Wuhan: Central China Agricultural

University. [李娟, 2007. 不同植物对云斑天牛行为、酶活力及生殖影响. 武汉: 华中农业大学.]

Li ZL, Wei SK, Wei B, Liang ZY, Yang HJ, Wang SH, 2005. Effects of five host plants on development, reproduction and activities of esterases of the beet armyworm (*Spodoptera Exigua*). *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(3): 284–289. [李子玲, 韦绥概 韦飚, 梁忠毅, 杨海菊, 王仕红, 2005. 寄主植物对甜菜夜蛾的发育和繁殖及体内酯酶活性的影响. 昆虫知识, 42(3): 284–289.]

Li ZZ, Shen HJ, Jing QG, Ji BZ, 1994. A study on the activities of endogenous enzymes of protectives system in some insects. *Acta Entomologica Sinica*, 37(4): 399–403. [李周直, 沈慧娟, 蒋巧根, 嵇保中, 1994. 几种昆虫体内保护酶系统活力的研究. 昆虫学报, 37(4): 399–403.]

Pan JY, Wang XQ, 2009. Studies on the biological and nutritional effects of various host leaves on the *Bollworm*. *Plant Protection*, 35(3): 74–76. [潘锦勇, 王兴琴, 2009. 不同寄主植物叶片对棉铃虫的生物学和营养效应比较. 植物保护, 35(3): 74–76.]

Qin JD, 1985. The relationship between insects and plants. *Biological Bulletin*, 20(10): 16–18. [钦俊德, 1985. 昆虫与植物的关系. 生物学通报, 20(10): 16–18.]

Qiao L, 2008. The studys on the biology and rearing of *Ostrinia furnacalis* (Guenée). Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [乔利, 2008. 亚洲玉米螟生物学特性及饲养技术研究. 杨凌: 西北农林科技大学.]

Ren SL, Ou D, Zhang LH, Sang W, Ji QH, Qiu BL, 2018. Effects of different host plants on the development and reproduction of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(4): 602–607. [任素丽, 欧达, 张利荷, 桑文, 吉前华, 邱宝利, 2018. 不同寄主植物对柑橘木虱发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 55(4): 602–607.]

Su C, Jing J, Wang MM, Fang Y, Li K, 2015. Effects of host plants on food consumption and development of *Euproctis bipunctapex* (Hampson) (Lepidoptera, Lymantriidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 686–693. [苏超, 景军, 王猛猛, 方燕, 李恺, 2015. 寄主植物对乌桕黄毒蛾取食量及生长发育的影响. 应用昆虫学报, 52(3): 686–693.]

Su GL, Chen B, Li ZY, Gui FR, He SQ, 2016. Effects on growth and development of *Ostrinia furnacalis* by feeding with different host plants. *Journal of Yunnan Agricultural University* (*Natural Science*), 30(2): 210–217. [苏国连, 陈斌, 李正跃, 桂富荣, 和淑琪, 2016. 4 种寄主植物对亚洲玉米螟生长发育的影响. 云南农业大学学报(自然科学), 30(2): 210–217.]

Vendramim JD, Guzzo EC, 2012. Plant resistance and insect bioecology and nutrition//Panizzi AR, Parra JRP (eds.). Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management. Boca Raton: CRC Press. 657–685.

Wang F, 2001. Studies on the activitise of edogenous enzymes of protective systems in *Mythmina separata* Walke (Lepdiopterao: noctudiae). Master dissertation. Xian: Shanxi Normal University. [王峰, 2001. 粘虫体内保护酶系统活力的研究(鳞翅目夜蛾科). 西安: 陕西师范大学.]

Wang M, Li ZZ, 2002. Studys on the activities of enzymes of protective system during diapause of sawfiy *Chinolyda flagellicornis*. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(4): 100–104. [王满, 李周直, 2002. 滞育期间鞭角华扁叶蜂保护酶系统活力. 林业科学, 38(4): 100–104.]

Wang WY, 2010. Study on occurrence regularity and control techniques of Asian corn borer. Master dissertation. Harbin: Hei Long Jiang University. [王伟业, 2010. 亚洲玉米螟发生规律及防治技术研究. 哈尔滨: 黑龙江大学.]

Wu QJ, Zhang YJ, Xu BY, Zhang WJ, 2011. The defending enzymes in abamectin resistant *Plutella xylostella*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 291–295. [吴青君, 张友军, 徐宝云, 张文吉, 2011. 保护酶系在小菜蛾对阿维菌素抗性中的作用. 应用昆虫学报, 48(2): 291–295.]

Yuan ZH, Guo JF, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2013. Feeding preference of the Asia corn borer larvae for different host plants. *Journal of Plant Protection*, 40 (3): 205–210. [袁志华, 郭井菲, 王振营, 何康来, 白树雄, 2013. 亚洲玉米螟幼虫对不同寄主植物的取食选择性. 植物保护学报, 40(3): 205–210.]

Yuan ZH, Wang WQ, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2015. Host plants of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Plant Protection*, 42(6): 957–964. [袁志华, 王文强, 王振营, 何康来, 白树雄, 2015. 亚洲玉米螟的寄主植物种类. 植物保护学报, 42(6): 957–964.]

Zhou DR, 1996. The occurrence, control and research progress of corn borer in China. *Plant Portection Technology and Extension*, 16(2): 38–40. [周大荣, 1996. 我国玉米螟的发生、防治与研究进展. 植保技术与推广, 16 (2): 38–40.]

Zhou FQ, Lu YY, Yao Y, Zhang YX, Zhu SD, 2011. Effect of host plants on protective enzymes and detoxification enzymes of *Bemisia tabaci* populations. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 27(1): 57–61. [周奋启, 陆艳艳, 姚远, 张云霞, 祝树德, 2011. 不同寄主植物对B型烟粉虱种群保护酶和解毒酶的影响. 江苏农业科技, 27(1): 57–61.]

Zhang LL, Li YH, Wu JY, 2013. Effects of various host plants on the development and protective enzyme activity of the black cutworm, *Agrotis ypsilon*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 1049–1054. [张林林, 李艳红, 仵均祥, 2013. 不同寄主植物对小地老虎生长发育和保护酶活性的影响. 应用昆虫学报, 50(4): 1049–1054.]