

不同种类食用菌对黑粪蚊生长发育、繁殖及酯酶活性的影响

杜娟, 孙涛, 仵均祥

(西北农林科技大学 植物保护学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究黑粪蚊(*Scatopse* sp.)取食不同食用菌后的生长发育、存活情况及体内磷酸酯酶和乙酰胆碱酯酶活力,为生产上利用不同种类食用菌的合理布局防止和减轻黑粪蚊危害提供科学依据。**【方法】**在人工控制温度(25 ± 0.5)℃、黑暗、相对湿度(80 ± 10)%条件下,人工接虫,系统饲养观察平菇、木耳、银耳 3 种食用菌对黑粪蚊生长发育、繁殖和磷酸酯酶、乙酰胆碱酯酶活力的影响。**【结果】**取食平菇的黑粪蚊全幼虫期的发育历期为 10.4 d,显著短于取食木耳(14.8 d)和银耳(18.9 d)的幼虫;黑粪蚊取食平菇时,幼虫存活率、蛹质量和雌虫产卵量均最大,分别为 61.15%,0.74 mg 和 145.15 粒,其次为取食木耳,取食银耳的最低,分别为 50.79%,0.48 mg 和 85.79 粒。取食平菇的黑粪蚊成虫寿命(3.0 d)显著长于取食木耳(2.4 d),取食银耳的成虫寿命居中。取食不同种类食用菌,对黑粪蚊蛹发育历期、羽化率和雌性比率影响不显著。取食平菇的黑粪蚊种群趋势指数达 31.37,明显高于取食木耳(16.62)和银耳(13.49)。幼虫取食不同种类食用菌,其酸性磷酸酯酶和碱性磷酸酯酶的活力由高到低依次均为银耳>木耳>平菇,乙酰胆碱酯酶的活力由高到低依次为平菇>木耳>银耳。**【结论】**不同种类食用菌对黑粪蚊的生长发育、存活繁殖、磷酸酯酶和乙酰胆碱酯酶活力均有显著影响,其中平菇对黑粪蚊生长发育和繁殖最有利。

[关键词] 黑粪蚊;食用菌;种群趋势指数;磷酸酯酶;乙酰胆碱酯酶

[中图分类号] Q968;S436.46

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)04-0105-06

Effect of different edible fungi on the growth development, reproduction and activity of three enzymes in *Scatopse* sp.

DU Juan, SUN Tao, WU Jun-xiang

(College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The growth development, reproduction and activity of acid phospholipase, alkaline phospholipase and acetylcho linesterase in *Scatopse* sp. on *Pleurotus ostreatus*, *Auricularia auricula* and *Tremella fuciformis* during larval stage were investigated to provide scientific basis for optimum layout of different fungi in improving the forecasting technique of population dynamics of *Scatopse* sp.. **【Method】** Investigation on effects of three different edible fungi, *P. ostreatus*, *A. auricula* and *T. fuciformis*, on the growth development, survival, reproduction, acid phospholipase, alkaline phospholipase and acetylcho linesterase of *Scatopse* sp. was performed under the controlled condition of $T = (25 \pm 0.5)$ ℃, $RH = (80 \pm 10)$ % and full darkness. **【Result】** Developmental periods of the whole larva stage of *Scatopse* sp. fed on *P. ostreatus* was 10.4 d, significantly shorter than those on *A. auricula* and *T. fuciformis*. Larva survival rate, weight per pupa, number of eggs took the highest values for *Scatopse* sp. fed on *P. ostreatus*, which were 61.15%, 0.74 mg and 145.15, respectively, the following on *A. auricula*, and the lowest on *T. fuci-*

* [收稿日期] 2010-09-03

[基金项目] 陕西省农业厅农业财政专项

[作者简介] 杜娟(1985—),女,山西临猗人,在读博士,主要从事害虫综合治理研究。E-mail:dujuan0427@163.com

[通信作者] 仵均祥(1961—),男,陕西凤翔人,教授,博士生导师,主要从事农业昆虫研究。E-mail:junxw@nwsuaf.edu.cn

formis with 50.79%, 0.48 mg and 85.79, respectively. Adult longevity of *Scatopse* sp. fed on *P. ostreatus* was 3.0 d, greatly longer than those on *A. auricula*, and those fed on *T. fuciiformis* took the middle place. The effect of edible fungi on pupal development periods, emergence rate and percentage female of *Scatopse* sp. was not so obvious. Population trend index of *Scatopse* sp. fed on *P. ostreatus* was 31.37, much higher than that on *A. auricula* and *T. fuciiformis*. The activity of ACP, ALP, and AchE inside *Scatopse* sp. was greatly affected by different kinds of edible fungi. And the activity of ACP and ALP was the highest for *Scatopse* sp. fed on *T. fuciiformis* during larvae, then on *A. auricula* and the lowest on *P. ostreatus*. The activity of AchE was the highest for *Scatopse* sp. fed on *P. ostreatus* during larvae, then on *A. auricula*, the lowest on *T. fuciiformis*. 【Conclusion】 Developmental periods of larvae, reproduction ability of adults, and activity of enzymes inside *Scatopse* sp. were significantly affected by different kinds of edible fungi fed on by *Scatopse* sp. during larvae. And it could be seen that *P. ostreatus* is more favorable for *Scatopse* sp. than *A. auricula* and *T. fuciiformis*.

Key words: *Scatopse* sp.; edible fungi; population trend index; phospholipase; acetylcholinesterase

食用菌害虫作为食用菌栽培中常发灾害性的重要因子之一,由于受食用菌栽培规模小,分散经营等的限制,国内外有关其生物学、生态学等方面的研究资料甚少。近年来,随着食用菌栽培规模的不断扩大,食用菌害虫的研究才受到了日益重视。据资料报道,在韩国部分地区尖眼蕈蚊科、瘿蚊科、粪蚊科昆虫已成为危害食用菌产业发展的重要因子之一^[1];墓地果蝇(*Drosophila funebris*)、韭菜尖眼蕈蚊(*Bradysia paupera*)和 *Cyllodes bifacies* 3 种害虫在斯里兰卡引起食用菌的严重减产^[2]。

黑粪蚊(*Scatopse* sp.)是我国食用菌生产中的重要害虫之一,严重危害平菇、香菇、金针菇、黑木耳和银耳等多种食用菌,轻者导致减产,重者甚至造成绝收^[3-5]。随着食用菌产业的迅速发展,黑粪蚊的发生危害也越来越严重,已成为许多地区制约食用菌产业发展的重要因素之一^[3]。由于黑粪蚊目前仅知分布于中国和韩国,所以国内外有关黑粪蚊生物学、生态学的研究资料甚少,特别是黑粪蚊种群数量消长与食用菌种类之间关系的研究尚未见报道。

不同寄主对昆虫的生理生化、行为表现、繁殖发育等都会产生不同的影响。一般而言,昆虫取食适宜自身生长发育的寄主种类后,幼虫存活率高、发育速度快、繁殖力强,反之则存活率低、发育慢、繁殖力差^[6],这是造成田间世代重叠的一个重要因素,也影响着下一代种群的增长趋势。

酶是生物机体中的天然标记,可反映机体内的各种变化,因此,它可以作为一种工具来研究和探讨害虫的适应性机制。黑粪蚊是一种多食性害虫,研究不同种类食用菌对黑粪蚊酶活力的影响,有助于明确黑粪蚊发生与食用菌种类之间的关系,对探索、

制定合理的种植计划、提高预测预报的准确性具有重要的理论和实践意义。同时,由不同寄主诱导的黑粪蚊体内各种解毒酶和杀虫剂靶标酶活力的变化,与农药的科学使用有直接关系。但迄今为止,这方面的研究尚属空白。鉴于此,本研究选择陕西关中地区种植规模较大的平菇、木耳和银耳 3 种食用菌,在室内人工饲养条件下,观察不同食用菌种类对黑粪蚊生长发育和生殖的影响,研究了黑粪蚊取食不同食用菌的种群趋势指数,以及不同食用菌对黑粪蚊体内酸性磷酸酯酶(ACP)、碱性磷酸酯酶(ALP)和乙酰胆碱酯酶(AchE)活力的影响,旨在通过合理的菌种布局和种植计划等生态调控措施,降低黑粪蚊的种群数量,减少农药使用,以及提高黑粪蚊预测预报和综合治理水平,为实现食用菌害虫的可持续治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2008-04 于杨凌鑫瑞源食用菌技术推广中心菇房采集黑粪蚊成虫,室内采用琼脂保湿法^[7],在温度(25 ± 0.5)℃、黑暗和相对湿度(80 ± 10)%条件下,利用 20%琼脂作为饲料在人工气候箱 ZPQ-280 内连续饲养 3 代,选取 12 h 内孵化的幼虫作为供试虫源。

1.2 供试寄主

供试食用菌种类为平菇(*Pleurotus ostreatus*)、木耳(*Auricularia auricula*)和银耳(*Tremella fuciiformis*),均采用购自市场的鲜菇。

1.3 试虫饲养

1.3.1 不同种类食用菌对黑粪蚊生长发育和繁殖

的影响 取室内饲养、同一时间(12 h 内)孵化的黑粪蚊初孵幼虫,放入直径 6 cm 培养皿中单头饲养,每处理 20 头,重复 3 次。分别饲喂平菇、木耳和银耳的新鲜菌盖,于室内人工气候箱中饲养,系统观察幼虫生长发育及存活情况。每日定时添加新鲜饲料并清理虫粪。幼虫化蛹后第 2 天用镊子挑出,清洗干净,吸干水分后称质量。记录蛹质量后放回原培养皿继续饲养观察,直至成虫羽化,记载羽化率、雌性比率、成虫寿命和雌虫产卵量。

1.3.2 不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫酯酶活力的影响 取室内饲养、同一时间(12 h 内)孵化的黑粪蚊初孵幼虫,放入直径 6 cm 培养皿中群体饲养,每个培养皿中 20~30 头,每种食用菌饲养 10 皿,待幼虫发育至 4 龄时备用。

1.4 酶活力的测定

1.4.1 酸性磷酸酯酶活力的测定 1)酶液提取。

表 1 酸性磷酸酯酶活力测定反应系统

Table 1 Reaction system evaluating activity of ACP						mL
成分 Component	0	1	2	3	4	5
0.2 mol/L 醋酸缓冲液 Acetate beffer solution	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
酶液 Enzyme liquied	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
7.5 mmol/L 4-硝基苯基磷酸二钠 4-nitrophenyl phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

1.4.2 碱性磷酸酯酶活力的测定 除用 0.04 mol/L pH 9.6 的 Tris-HCl 缓冲液代替 0.2 mol/L pH 4.6 的醋酸缓冲液外,其余同 1.4.1。

1.4.3 乙酰胆碱酯酶活力的测定 1)酶液提取。取大小一致的黑粪蚊 4 龄幼虫 50 头于预冷的 1.5 mL EP 管中,加入 0.1 mol/L pH 7.2 磷酸缓冲液 1 mL,冰浴中用研磨棒充分匀浆,匀浆液于 4 ℃、12 000 r/min 离心 20 min,取上清液于 4 ℃保存,备用。重复 3 次。

2)标准曲线绘制。取溴化乙酰胆碱标准液 0, 0.2,0.4,0.6,0.8 和 1.0 mL,分别加入 10 mL 试管中,用 0.1 mol/L pH 7.2 磷酸缓冲液补足至 2 mL,然后向各管中依次加入碱性羟胺溶液 4 mL,24%的盐酸溶液 2 mL 和三氯化铁溶液 2 mL,混匀,放置 10 min 后,在 540 nm 波长下比色测定各管吸光度。重复 3 次。以溴化乙酰胆碱含量为横坐标,吸光值为纵坐标绘制标准曲线。

3)酶活力的测定。参照钱芸等^[9]的方法,吸取 0.5 mL 标准液于 10 mL 试管中,加入酶液 0.25 mL,37 ℃恒温水浴 40 min,取出立即加入碱性羟胺溶液 2 mL,24%盐酸溶液 0.5 mL,三氯化铁溶液

取大小一致的黑粪蚊 4 龄幼虫 50 头于预冷的 1.5 mL EP 管中,加入 0.2 mol/L pH 4.6 醋酸缓冲液 1 mL,冰浴中用研磨棒充分匀浆,匀浆液于 4 ℃、12 000 r/min 下离心 20 min,取上清液于 4 ℃保存,备用。重复 3 次。

2)酶活力的测定。参照 Bessey 等^[8]的方法,用 4-硝基苯基磷酸二钠作为底物,配置 7.5 mmol/L 水溶液。按表 1 配制反应液,37 ℃水浴 30 min,用 2 mL 0.2 mol/L NaOH 终止反应,静置 10 min 后测定吸光值 A₄₀₀,重复 3 次,反应总体积为 5 mL。以不同酶量为横坐标,A₄₀₀ 值为纵坐标,作酶活曲线,得一次方程,令 x=1(酶量为 1 mL)计算 A₄₀₀ 值,通过 A₄₀₀ 值在标准曲线上找出对硝基酚浓度,以每毫升酶液生成的 1 μmol/L 对硝基酚为 1 个活力单位,计算 ACP 活力。

0.5 mL,充分混匀后过滤,除去蛋白质及杂质,在 540 nm 波长下测定其吸光度。查阅标准曲线,计算样本溴化乙酰胆碱含量,以每分钟催化 1 μL 溴化乙酰胆碱为 1 个酶活单位。

1.5 数据分析

试验数据均采用 DPS 进行方差分析,Duncan 新复极差法进行多重比较^[10]。参考庞雄飞等^[11]的方法计算种群趋势指数(I)。

2 结果与分析

2.1 不同种类食用菌对黑粪蚊发育历期的影响

由表 2 可知,取食不同种类食用菌的黑粪蚊幼虫的发育历期差异显著(P<0.05)。其中以取食平菇的黑粪蚊幼虫发育历期最短,全幼虫期仅为 10.4 d;而取食木耳和银耳的幼虫发育历期明显延长,全幼虫期分别为 14.8 和 18.9 d。不同龄期之间比较,取食 3 种食用菌的黑粪蚊各龄幼虫的发育历期均为平菇<木耳<银耳。幼虫期取食不同种类的食用菌对蛹的发育历期影响较小,在(25±0.5) ℃条件下,取食平菇、木耳和银耳的幼虫所化蛹的发育历期分别为 3.9,4.2 和 4.2 d,无显著差异(P>0.05)。

表 2 不同种类食用菌对黑粪蚊发育历期的影响

食用菌种类 Edible fungi	幼虫期 Larval period					蛹期 Pupa
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	全幼虫期	
	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	Larval period	
平菇 <i>P. ostreatus</i>	2.3±0.04 c	1.6±0.12 b	1.3±0.03 b	5.3±0.02 c	10.4±0.10 c	3.9±0.12 a
木耳 <i>A. auricula</i>	2.9±0.12 b	1.9±0.07 a	1.6±0.13 b	8.6±0.29 b	14.8±0.35 b	4.2±0.31 a
银耳 <i>T. fuciiformis</i>	3.7±0.14 a	2.2±0.05 a	2.1±0.15 a	10.8±0.33 a	18.9±0.58 a	4.2±0.26 a

注:表中数据为“平均值±标准误”,同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:The data in the table are “mean±SE” and those followed by the different low-case letters in the same column are significantly different at 5% level. The same is in the following tables.

2.2 不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫存活率、蛹质量和成虫生物学特性的影响

由表 3 可知,黑粪蚊取食不同种类食用菌,其幼虫存活率、蛹质量、成虫寿命和雌虫产卵量差异显著($P<0.05$)。其中取食平菇时,幼虫存活率、蛹质量和雌虫产卵量均最大,分别为 61.15%,0.74 mg 和

145.15 粒,其次为取食木耳,取食银耳时均最低,分别为 50.79%,0.48 mg 和 85.79 粒。取食平菇的黑粪蚊成虫寿命(3.0 d)显著长于取食木耳(2.4 d),取食银耳的黑粪蚊成虫寿命居中。取食不同种类食用菌,对黑粪蚊蛹羽化率和雌性比率影响不显著($P>0.05$)。

表 3 不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫存活率、蛹质量和成虫生物学特性的影响

食用菌种类 Edible fungi	feeding on different kinds of edible fungi					
	幼虫存活率/% Larva survival rate	蛹质量/mg Weight per pupa	羽化率/% Emergence rate	成虫寿命/d Adult longevity	雌虫产卵量 No. of eggs laid	雌性比率/% Percentage female
平菇 <i>P. ostreatus</i>	61.15±1.145 a	0.74±0.01 a	75.20±0.162 a	3.0 0.06 a	145.15±5.15 a	47.00±6.25 a
木耳 <i>A. auricula</i>	52.74±0.987 b	0.54±0.01 b	71.34±2.226 a	2.4 0.04 b	103.02±3.90 b	43.99±5.38 a
银耳 <i>T. fuciiformis</i>	50.79±1.691 b	0.48±0.02 c	68.78±4.411 a	2.7 0.14 ab	85.79±3.18 c	45.00±6.14 a

2.3 不同种类食用菌对黑粪蚊种群参数的影响

根据试验观察结果,组建了(25±0.5)℃恒温条件下黑粪蚊实验种群在不同种类食用菌上的特定年龄生命表,结果见表 4。从表 4 可以看出,黑粪蚊

幼虫期取食不同种类的食用菌,其种群发展趋势明显不同。在本试验设置条件下,取食平菇的黑粪蚊种群趋势指数达 31.37,明显高于取食木耳(16.62)和银耳(13.49)。

表 4 取食不同种类食用菌的黑粪蚊实验种群生命表

发育阶段 Developmental stage	进入各发育期的数量 No. of individuals at the beginning of different stages		
	平菇 <i>P. ostreatus</i>	木耳 <i>A. auricula</i>	银耳 <i>T. fuciiformis</i>
卵 Egg	100	100	100
1 龄幼虫 1st instar larva	100	100	100
2 龄幼虫 2nd instar larva	90.33	82.50	84.60
3 龄幼虫 3rd instar larva	81.60	72.68	72.93
4 龄幼虫 4th instar larva	71.07	62.66	61.82
蛹 Pupa	61.15	52.74	50.79
成虫 No. of adult emerged	45.98	37.62	34.93
雌虫数量 No. of female	21.61	16.55	15.72
雌虫产卵量 No. of egg laid	145.15	100.45	85.79
预计下代产卵量 Total eggs of next generation expected	3 136.69	1 662.45	1 348.62
种群趋势指数 Population trend index	31.37	16.62	13.49

2.4 不同种类食用菌对黑粪蚊存活曲线的影响

由图 1 可以看出,取食不同种类食用菌后黑粪蚊的存活曲线不同。取食平菇的黑粪蚊各阶段的存活率均较高,取食木耳的存活率除 2 龄和 3 龄低于

银耳外,其余阶段均高于银耳。取食平菇的黑粪蚊存活曲线下降的最慢,木耳次之,银耳最快。

2.5 不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫酯酶活力的影响

由图 2 可知,黑粪蚊幼虫取食不同种类的食用

菌,其酸性磷酸酯酶、碱性磷酸酯酶和乙酰胆碱酯酶的活力显著不同($P<0.05$)。其中取食银耳的幼虫,其酸性磷酸酯酶和碱性磷酸酯酶活力均最高,其

次为取食木耳的幼虫,取食平菇的幼虫均最低。乙酰胆碱酯酶活力,以取食平菇的幼虫最高,取食木耳的幼虫次之,取食银耳的幼虫最低。

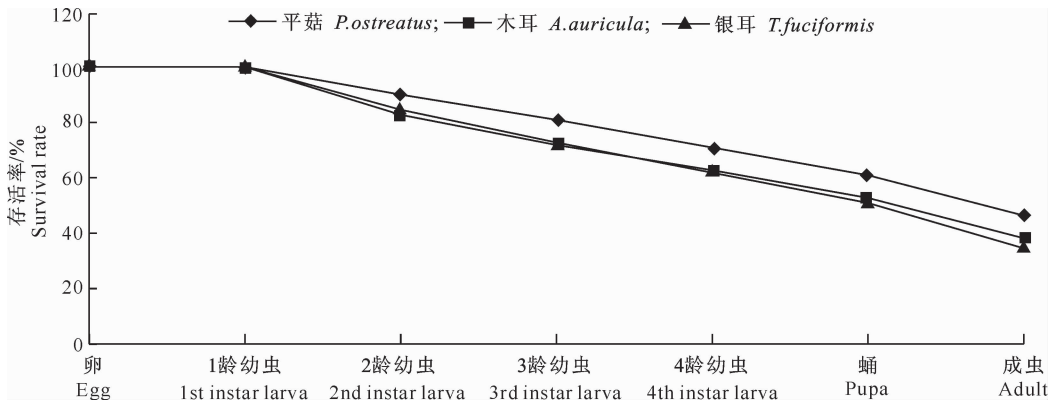


图 1 不同种类食用菌上黑粪蚊的存活曲线

Fig. 1 Survival curves of *Scatopse* sp. feeding on different kinds of edible fungi

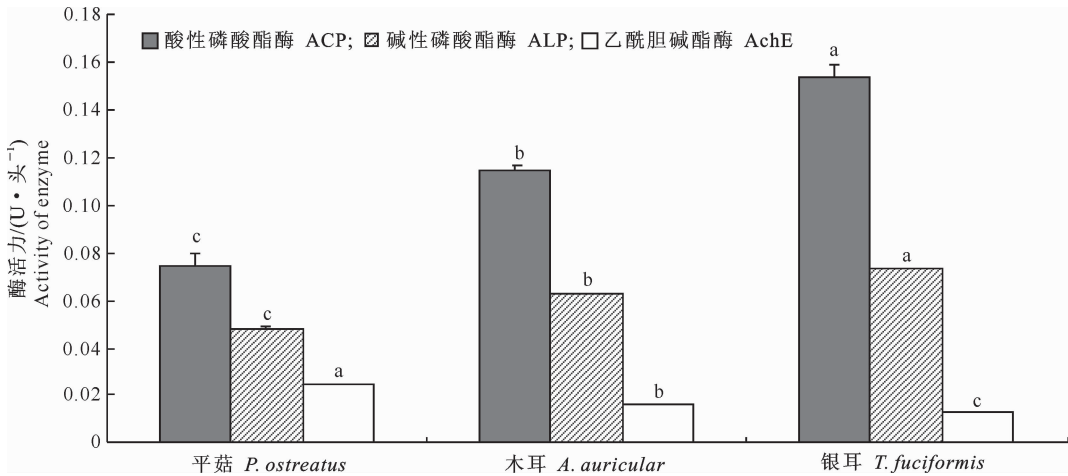


图 2 不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫酸性磷酸酯酶、碱性磷酸酯酶和乙酰胆碱酯酶活力的影响

图中相同柱子上不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Fig. 2 Activity of ACP, ALP and AchE in *Scatopse* sp. larvae feeding on different kinds of edible fungi

Different lower-case letters above on bars with same design stands for significant difference at $P<0.05$

3 结论与讨论

本研究通过室内饲养,系统观察了黑粪蚊幼虫期取食不同种类食用菌对其主要生命参数的影响,在此基础上组建了黑粪蚊幼虫期取食不同种类食用菌的实验种群生命表,结果表明,黑粪蚊幼虫期取食不同种类的食用菌,其幼虫发育历期、幼虫存活率、雌虫产卵量等均有显著差异;取食平菇的黑粪蚊种群趋势指数为 31.37,高于取食木耳(16.62)和银耳(13.49)的黑粪蚊。这一研究结果与黑粪蚊在菇房的实际发生情况完全一致,这从理论上解释了在食用菌栽培中,黑粪蚊在平菇上往往更易于暴发成灾的原因。

黑粪蚊作为我国食用菌栽培中的重要害虫,仅李茹等^[4]曾对黑粪蚊的生物学特性进行了初步观察,报道了 23~26℃条件下,黑粪蚊幼虫以毛木耳为食时各龄幼虫及蛹的发育历期。本研究结果表明,黑粪蚊幼虫期取食不同种类食用菌对其生长发育和生殖具有明显不同的影响。据此在生产实践中,可以通过不同食用菌种类的合理布局,避免或延缓黑粪蚊的暴发成灾,对指导生产具有重要的实践意义。当然,本试验是在实验室条件下完成的,与实际生产条件有一定差距,如何科学地将这一研究结果应用到生产实践中,还有待进一步深入研究。

本研究结果表明,不同种类食用菌对黑粪蚊幼虫磷酸酯酶、乙酰胆碱酯酶等解毒酶的活力影响显

著。不同食用菌组织所含的化学物质在质和量上的差异,会激活或抑制昆虫体内代谢酶的活力^[12],昆虫为了适应对这些寄主的取食,会迅速调节体内的代谢机制,从而引起体内酶系统的变化,导致酶活力的增强或降低。乙酰胆碱酯酶是昆虫体内有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂的靶标酶^[13-14]。本试验结果表明,寄主对黑粪蚊幼虫体内酸性磷酸酯酶、碱性磷酸酯酶、乙酰胆碱酯酶活力的影响较大,这可能是因为不同寄主所含的次生物质种类和数量不同,因而对酶的诱导能力也不同,这一结论可以指导黑粪蚊的防治,为科学合理用药提供理论依据。有关这方面的具体对应关系尚有待进一步深入分析。

[参考文献]

[1] Kim S R,Choi K H,Cho E S,et al. An investigation of the major dipteran pests on the oyster mushroom(*Pleurotus ostreatus*) in Korea [J]. Korean Journal of Applied Entomology, 1999,38(1):41-46.

[2] Gnaneswaran R,Wijayagunasekara H N P. Survey and identification of insect pests of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultures in central province of Sri Lanka [J]. Tropical Agricultural Research and Extension, 1999,2(1):21-25.

[3] 孙立娟,李怡萍,胡煜,等. 杨凌及其周边地区食用菌害虫初步调查研究 [J]. 西北农业学报,2008,17(1):110-112.

Sun L J,Li Y P,Hu Y,et al. Preliminary investigation on edible fungi pests in Yangling and its near areas of Shaanxi [J]. Acta Agricultrae Boreali-Occidentalis Sinica, 2008, 17(1): 110-112. (in Chinese)

[4] 李茹,陶佳喜,王宝林,等. 食用菌害虫黑粪蚊的生物学特性与防治 [J]. 湖北农业科学,2004(2):61-62.

Li R,Tao J X,Wang B L,et al. Studies on the habits and control of pests of edible fungi-*Scatopse* sp. [J]. Hubei Agricultural Sciences,2004(2):61-62. (in Chinese)

[5] 李勇. 黑粪蚊发生危害与防治 [J]. 中国食用菌,1997,16(4):20-21.

Li Y. The damage and control of *Scatopse* sp. [J]. Edible Fungi of China,1997,16(4):20-21. (in Chinese)

[6] 姜卫华,陆志强,马式廉,等. 寄主植物对甜菜夜蛾酯酶活力及杀虫剂敏感性的影响 [J]. 植物保护,2001,27(5):13-14.

Jiang W H,Lu Z Q,Ma S L,et al. Effects of host plants on the

esterase activity of beet armyworm and its sensitivity to insecticides [J]. Plant Protection,2001,27(5):13-14. (in Chinese)

[7] 梅增霞,吴青君,张友军,等. 韭菜迟眼蕈蚊在不同温度下的实验种群生命表 [J]. 昆虫学报,2004,47(2):219-222.

Mei Z X,Wu Q J,Zhang Y J,et al. Life tables of the laboratory population of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Mycetophilidae) at different temperatures [J]. Acta Entomologica Sinica,2004,47(2):219-222. (in Chinese)

[8] Bessey O A,Lowry O H,Brock M J. A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum [J]. Biol Chem,1946,164:321-328.

[9] 钱芸,朱琳,刘广梁. 几种农药对鲤鱼脑 AchE 的联合毒性效应 [J]. 环境污染治理技术与设备,2000,1(4):27-32.

Qian Y,Zhu L,Liu G L. The joint toxic effect of pesticide mixtures on acetylcholines terase [J]. Technigues and Equipment for Enviro Poll Cont,2000,1(4):27-32. (in Chinese)

[10] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京:科学出版社,2002.

Tang Q Y,Feng M G. Practical statistical analysis and data processing system [M]. Beijing:Sinence Press,2002. (in Chinese)

[11] 庞雄飞,梁广文. 害虫种群系统的控制 [M]. 广州:广东科技出版社,1995.

Pang X F,Liang G W. Control of pest insect population system [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press,1995. (in Chinese)

[12] Terriere L C. Induction of detoxication enzymes in insects [J]. Ann Rev Entomol,1984,29:71-88.

[13] 李腾武,宗静,高希武,等. 寄主植物对桃蚜羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶的诱导作用 [J]. 植物保护,1997,23(2):14-16.

Li T W,Zong J,Gao X W,et al. Induction of host plants on carboxylesterase and acetylcholinesterase activity in green peach aphid [J]. Plant Protection,1997,23(2):14-16. (in Chinese)

[14] 宋春满,高家合,邓建华,等. 寄主植物对云南烟蚜解毒酶和靶标酶活力的影响 [J]. 西南农业大学学报,2002,24(3):241-243.

Song C M,Gao J H,Deng J H,et al. Effects of host plants on the activity of detoxicating enzymes and the target enzyme in *Myzus persicae* [J]. Journal of Southwest Agricultural University,2002,24(3):241-243. (in Chinese)