

“储粮害虫防治研究”专题文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.009

赤拟谷盗和玉米象的相互关系研究

吕建华, 古成才, 郭亚飞

(河南工业大学 粮油食品学院粮食储藏与安全教育部工程研究中心, 河南 郑州 450001)

摘要: 在 75%RH、30 °C 条件下通过相互选择性实验、单独饲养和混合饲养实验研究赤拟谷盗和玉米象在小麦中的相互关系。研究表明: 在相同生态环境中, 赤拟谷盗和玉米象间的相互选择行为不明显。在小麦中单独饲养情况下, 赤拟谷盗种群中成虫数量随处理时间延长先减少后增加, 且增长缓慢, 在处理 56 d 后最大成虫数量增加为起始虫数的 11.5 倍; 而玉米象种群中成虫数量随处理时间延长而显著增加, 在处理 56 d 后最大种群中成虫数量增加为起始虫量的 53.9 倍。与单独饲养相比, 在小麦中混合饲养时, 赤拟谷盗和玉米象的繁殖速率和种群中成虫数量都显著增加, 在处理 56 d 后最大种群中成虫数量分别增加为起始虫量的 20.3 倍和 93.4 倍。因此, 赤拟谷盗和玉米象均为小麦储藏过程中重要害虫, 玉米象的危害对赤拟谷盗种群增长有促进作用。

关键词: 玉米象; 赤拟谷盗; 小麦; 种群动态; 相互关系

中图分类号: TS210.2; S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)05-0069-05

网络首发时间: 2020-08-20 14:56:41

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20200820.1009.005.html>

A Study on the Relationship Between *Sitophilus Zeamais* and *Tribolium Castaneum*

LV Jian-hua, GU Cheng-cai, GUO Ya-fei

(School of Food Science and Technology, Engineering Research Center of Grain Storage and Security of Ministry of Education, Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China)

Abstract: The relationship between *T. castaneum* and *S. zeamais* was studied through reciprocal selectivity experiment, single rearing and mixture rearing at 30 °C, 75% RH. The results showed that the mutual selection behavior between the two species was not obvious in the same ecological environment. The number of *T. castaneum* adults in the population decreased first, then increased slowly with increasing treatment time, the maximum number of adults in the population reaching 11.5 times of the initial number after 56 d rearing alone in wheat. while the number of *S. zeamais* adults in the population increased obviously with increasing treatment time, and reaching 53.9 times of the initial number after 56 d rearing alone in wheat. Compared with rearing alone, the number of adults in the population of both *T. castaneum* and *S. zeamais* significantly increased under mixture rearing in wheat, the maximum adults in the population reaching 20.3 and 93.4 times of the initial number respectively after 56 d. Therefore, both *T. castaneum* and *S. zeamais* are important pest insects during wheat storage, and the *S. zeamais* infestation can promote the growth of *T. castaneum* population.

Key words: *Sitophilus zeamais*; *Tribolium castaneum*; heat; population dynamics; relationship

收稿日期: 2020-03-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31870395)

作者简介: 吕建华, 男, 1971 年出生, 博士, 教授, 研究方向为储粮害虫综合治理及储粮品质控制。

储藏物害虫种类多,危害较广,与人们生活密切相关^[1]。世界每年由储粮害虫造成的储粮损耗占总产量大约 10%,有些国家甚至达到 30%^[2]。据相关部门调查,储藏物害虫的危害是引起我国储粮损失的主要因素^[3]。

玉米象 *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) 属鞘翅目象甲科,是一种危害较大的世界性储藏物害虫。国内外已经对玉米象的生态特征、生物学习性和防治等方面进行了大量研究^[4-5]。据报道,在 6 个月的储藏期间内,玉米象蛀食粮食造成的损失可以高达 35%~40%^[6-8]。小麦和玉米经过 13 个月的储藏期,虫蛀率分别达到 45.6% 和 70%,重量损失率可达到 16.5% 和 18.5%^[9-10]。赤拟谷盗 *Tribolium castanum* (Herbst) 属鞘翅目拟步甲科,分布于世界热带与较温暖地区,也是一种重要的世界性储藏物害虫。赤拟谷盗分布广泛,尤其在粮食储藏及加工场所附近经常大量发生,造成严重的经济损失^[11]。赤拟谷盗成虫体表上的臭腺还能分泌含有致癌物质苯醒的臭液,使被害物发生腥霉臭气,面粉结块,导致变色发臭不能食用^[12-14]。玉米象和赤拟谷盗均为小麦、玉米等多种谷物储藏期间的重要害虫,两者常常共同存在,造成严重损失^[15-16]。

研究在相同生活环境中不同储藏物害虫之间的相互关系有助于科学高效实施害虫综合防治。目前国内外对储藏物害虫的种间竞争关系已有少量研究。崔晋波等参照 Giga 的方法在 28 °C 和 33 °C 下研究了玉米象与谷蠹的种内和种间竞争^[17];邓永学等在 30 °C、75% RH 条件下研究了赤拟谷盗与锈赤扁谷盗的种间竞争,并采用 Votka-Volterra 种间竞争模型进行拟合^[18];吕建华等研究了储藏物害虫玉米象和锯谷盗在小麦粉中单独饲养和混合饲养情况下的生长发育状况^[19];Giga 等研究了大谷蠹和玉米象的种内和种间竞争,采用替代方法定性预测了大谷蠹和玉米象在 25 °C 和 30 °C 下相互竞争的作用结果^[20]。目前尚未见关于赤拟谷盗和玉米象在储藏小麦中的相互关系研究报道。本文以玉米象和赤拟谷盗为研究对象,探讨赤拟谷盗和玉米象相互间的行为选择性及其种群数量动态变化,以期为储粮害虫种群动态的预测预报及科学实施储粮害虫综合治理提供参

依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

实验所用赤拟谷盗和玉米象从郑州附近粮库采集,已在河南工业大学养虫室人工培养繁殖多代。用全麦粉与酵母按 9:1 (重量比) 混合作为培养赤拟谷盗饲料,用 12%~13% 水分小麦作为培养玉米象饲料,赤拟谷盗和玉米象培养环境温度为 (28±2) °C、相对湿度为 75%±5%。

1.2 实验仪器与材料

生化培养箱,型号为 250B:金坛市华峰仪器有限公司;电热鼓风干燥箱,型号为 101B:北京市永光明医疗仪器;电子天平,型号为 AUY120:深圳市科恒仪器电子有限公司;聚四氟乙烯:上海三爱富新材料股份有限公司生产;食盐:河南省盐业总公司出品;滤纸、培养皿等。

1.3 实验方法

1.3.1 赤拟谷盗成虫与玉米象成虫的行为选择实验

取洗净烘干的培养皿,在培养皿的两侧各放入一支离心管 (2.0 mL, 含 0.70 g 小麦), 其中一侧离心管中分别含有 0、30、50 头赤拟谷盗成虫 (或玉米象成虫), 另一侧离心管不含任何试虫, 然后在培养皿中心放入 20 头与离心管中试虫不同 (或相同) 种的成虫, 分别于 0.25、0.5、1、2、4、24 h 后观察记录其在培养皿内部两侧的分布情况。重复 4 次。

1.3.2 昆虫种群数量变化关系实验

实验设置两种处理。处理 1 为单独饲养:在养虫瓶 (500 mL 玻璃瓶) 内放入 100 g 小麦, 然后将随机挑选的 8、16、24、32 头玉米象成虫 (或赤拟谷盗成虫) 分别放入养虫瓶内, 用粗白布封口, 置于培养箱内饲养。处理 2 为混合饲养:将 32 头玉米象和赤拟谷盗成虫按表 1 中的比例分别放入养虫瓶 (500 mL 玻璃瓶, 含有 100 g 小麦) 中, 用粗白布封口, 置于培养箱内饲养。两种处理的培养箱内环境温度为 (28±2) °C、相对湿度为 75%±5%。每种处理设置 4 个重复, 28 d 后每隔 7 d 统计 1 次各养虫瓶内的成虫种群数量, 记录成虫的活虫数和死虫数, 然后除去死虫, 并将

活虫放回原来的养虫瓶中继续培养。各种群数量的统计均以成虫为依据, 观察至 60 d 左右。

表 1 赤拟谷盗和玉米象混合饲养起始虫数

昆虫种类	起始虫数/头		
玉米象	8	16	24
赤拟谷盗	24	16	8

1.4 数据处理

对赤拟谷盗成虫与玉米象成虫的行为选择实验结果, 计算试虫的选择系数。

$$\text{选择系数}(\%) = (A - B) / (A + B) \times 100\%$$

A: 含虫离心管一侧的试虫数; B: 不含虫离心管一侧的试虫数。选择系数大于 0, 表示含虫离心管对试虫有引诱性, 数值越大, 表示引诱性越强; 选择系数若小于 0, 则表示含虫离心管对试虫有驱避性, 其绝对值越大, 表示驱避性越强。

$$\text{种群增长倍数} = C / D$$

C: 实验观察时的种群数量; D: 初始种群数量。

先用 Microsoft Excel 对不同处理的实验数据求平均值与标准差, 然后用 SPSS 软件对实验数据进行方差分析, 采用 Duncan 法检验各处理间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 赤拟谷盗和玉米象间的相互选择行为

从表 2 和表 3 可知, 从整体上看, 在培养皿中心释放赤拟谷盗成虫起始阶段, 赤拟谷盗成虫对培养皿两侧的选择行为没有差异; 仅在处理时间延长到 2 h 和 24 h 时, 其分别对含有 50 头和 30 头玉米象成虫离心管一侧选择偏好性显著提高。

表 2 赤拟谷盗成虫在玉米象成虫存在时的选择系数 %

观察时间/h	赤拟谷盗的选择系数		
	玉米象 (0 头)	玉米象 (30 头)	玉米象 (50 头)
0.25	0.18±0.96Aa	-0.14±0.13Bb	-0.05±0.24ABb
0.5	-0.15±0.56Ab	-0.23±0.13Ab	-0.08±0.29Ab
1	-0.28±0.19Ab	-0.25±0.31Ab	-0.03±0.32Ab
2	-0.33±0.28Bb	-0.25±0.22Bb	0.53±0.17Aa
24	-0.08±0.21Bab	0.25±0.13Aa	0.30±0.82Aab

注: 表中数据为平均值±标准差, 表中的大写字母为同一行实验数据的差异显著性, 小写字母为同一列实验数据的差异显著性, 差异显著水平 $P < 0.05$, 表 3~8 同。

表 3 赤拟谷盗成虫在同种害虫存在时的选择系数 %

观察时间/h	赤拟谷盗的选择系数		
	赤拟谷盗 (0 头)	赤拟谷盗 (30 头)	赤拟谷盗 (50 头)
0.25	-0.05±0.34Aa	0.18±0.26Aa	0.15±0.26Aa
0.5	-0.08±0.21Aa	0.10±0.29Aa	0.33±0.43Aa
1	-0.05±0.24Aa	0.18±0.34Aa	0.18±0.22Aa
2	-0.05±0.40Aa	0.20±0.22Aa	0.18±0.25Aa
24	-0.03±0.26Ba	0.25±0.24ABa	0.35±0.13Aa

从表 4 和表 5 可知, 从整体上看, 当在培养皿中心释放玉米象成虫时, 其对培养皿两侧的选择行为一直没有显著差异。

表 4 玉米象成虫在赤拟谷盗成虫存在时的选择系数 %

观察时间/h	玉米象的选择系数		
	赤拟谷盗 (0 头)	赤拟谷盗 (30 头)	赤拟谷盗 (50 头)
0.25	-0.18±0.17Aa	-0.13±0.33Aa	-0.05±0.24Aa
0.5	0±0.56Aa	-0.10±0.29Aa	-0.08±0.29Aa
1	-0.18±0.29Aa	-0.18±0.30Aa	-0.03±0.32Aa
2	-0.05±0.24Aa	-0.05±0.48Aa	0.53±0.17Aa
24	-0.13±0.10Aa	-0.05±0.17Aa	0.30±0.82Aa

表 5 玉米象成虫在同种害虫存在时的选择系数 %

观察时间/h	玉米象的选择系数		
	玉米象 (0 头)	玉米象 (30 头)	玉米象 (50 头)
0.25	0.05±0.31Aa	0.03±0.17Aa	0.18±0.34Aa
0.5	0.03±0.22Aa	0.15±0.24Aa	0.03±0.30Aa
1	0±0.22Aa	0.23±0.36Aa	0±0.42Aa
2	-0.05±0.31Aa	0.15±0.44Aa	0.1±0.41Aa
24	-0.03±0.24Ba	0.45±0.13Aa	0.18±0.26ABa

2.2 赤拟谷盗和玉米象在小麦中单独饲养的数量变化

从表 6~10 可知, 在小麦中单独饲养赤拟谷盗和玉米象时, 随着处理时间的增加, 赤拟谷盗成虫种群数量先减少后增加, 处理 28 d 后种群数量总体一直呈增长趋势; 而玉米象种群数量则一直呈明显上升趋势, 初始虫量为 8、16、24 和 32 头的处理在第 56 d 时种群数量分别达到了 431、596、1 005 和 1 283 头, 分别增长为起始成虫数量的 53.9、37.2、41.9 和 40.1 倍。

2.3 赤拟谷盗和玉米象在小麦中混合饲养的数量变化

从表 8 可知, 当赤拟谷盗和玉米象混合饲养

表 6 在小麦中单独饲养下玉米象数量变化

头

时间/d	玉米象起始数量			
	8	16	24	32
28	44.2±16.2Bd	69.5±24.2Bc	104.5±14.9ABe	150.0±86.5Ac
35	95.0±25.3Bd	168.5±88.8ABc	254.5±35.2Ad	314.7±156.5Ac
42	192.2±40.5Cc	282.0±154.6BCbc	456.7±49.5ABc	515.5±190.0Abc
49	299.5±67.8Cb	434.2±192.5BCab	722.5±68.6ABb	796.0±349.2Ab
56	431.2±52.9Ca	595.75±213.2BCa	1 005.0±116.9ABa	1 282.5±475.7Aa

表 7 在小麦中单独饲养下赤拟谷盗数量变化

头

时间/d	赤拟谷盗起始数量			
	8	16	24	32
28	7.0±0.8Dc	14.5±1.3Cc	21.5±1.3Bc	26.5±1.3Ac
35	15.7±8.6Cbc	17.7±2.0Cc	26.5±4.2Bbc	35.2±4.6Ac
42	30.0±17.0Bbc	24.2±4.9Bc	31.7±8.6Bbc	50.7±11.8Abc
49	58.2±37.4Aab	43.7±14.1Ab	46.2±17.1Aab	74.2±23.9Ab
56	92.2±55.2Aa	70.0±23.2Aa	68.5±26.6Aa	116.5±31.9Aa

表 8 在小麦中混合饲养下赤拟谷盗和玉米象数量变化

头

观察时间/d	起始总头数 32 头 赤拟谷盗：玉米象		
	24：8	16：16	8：24
28	20.5：54c	14.25：99c	6.25：188.5d
35	44.75：126.75bc	43：434.25b	43.75：466.25cd
42	70：243b	69.5：715.5b	80.5：794c
49	94.25：425ab	100.5：1 091.5a	121：1 109b
56	123.75：612.5a	163.5：1 495a	162.25：1 515.75a

表 9 赤拟谷盗和玉米象在单独饲养 56 d 后种群增长倍数

起始试虫/头	增长倍数	
	赤拟谷盗	玉米象
8	11.5	53.9
16	4.4	37.2
24	2.9	41.9
32	3.6	40.1

表 10 赤拟谷盗和玉米象在混合饲养 56 d 后种群增长倍数

起始总头数 32 头 赤拟谷盗/头： 玉米象/头	增长倍数	
	赤拟谷盗	玉米象
24：8	5.2	76.6
16：16	10.2	93.4
8：24	20.3	63.2

时，28 d 后赤拟谷盗的成虫数量都有所下降，但到 35 d 后，赤拟谷盗成虫数量都有所增加。从整体上看，赤拟谷盗成虫种群数量亦随着处理时间的延长先减少后增加，处理 28 d 后种群成虫数量总体一直呈增长趋势；而玉米象种群成虫数量则一直呈明显上升趋势。与二者单独饲养相比，二

者的种群数量均增加更快。当赤拟谷盗：玉米象为 1：1 混合饲养 56 d 后，赤拟谷盗和玉米象成虫种群数量分别为起始虫量的 10.2 和 93.4 倍。

3 结论

在实际生产当中，时常有多种害虫出现在同一储粮环境中。研究两种储粮害虫在相同生态环境中的相互关系对于安全储粮具有重要意义^[21]。本文研究结果表明：赤拟谷盗和玉米象之间没有明显的相互选择偏好性，两者对同种害虫选择性也无明显偏好性。在小麦中单独饲养时，赤拟谷盗可以生存，种群总数量随处理时间延长先减少后增加，且增长缓慢；而玉米象总体数量随处理时间显著增加。与单独饲养相比，在小麦中混合饲养时，玉米象对小麦的危害促进了赤拟谷盗种群增长。赤拟谷盗种群增长会通过呼吸代谢增加共同生存小环境的温度和湿度，进而促进玉米象种群增长。因此，玉米象在小麦中繁殖较快，是小麦储藏中应重点防治的对象；赤拟谷盗为后期性害虫，但仍然可以危害小麦，在小麦储藏过程

中仍需要加强防治。与崔晋波等的实验结果有所不同, 他们所用试虫为玉米象和谷蠹, 实验结论为混合饲养的增长速度没有单独饲养时增长速度快^[17]。可能因为他们研究所用的两种试虫都是蛀食性害虫, 他们之间存在竞争关系, 而玉米象与赤拟谷盗则分别为蛀食性害虫和粉食性害虫, 他们之间不存在竞争关系。吕建华等研究了储藏物害虫玉米象和锯谷盗在小麦粉中单独饲养和混合饲养情况下的生长发育状况。单独饲养时玉米象的总数量在不断减少, 锯谷盗的总数量显著增加, 可能因为玉米象是蛀食性害虫, 而锯谷盗属于粉食性害虫^[19]。与本实验有所不同的是他们实验材料为小麦粉, 而本实验为小麦。因此, 结合本研究结果可知, 一般情况下, 当蛀食性害虫和粉食性害虫同时发生在原粮小麦中发生时, 二者均可生存, 且蛀食性害虫的危害对粉食性害虫种群增长有明显的促进作用; 而当蛀食性害虫和粉食性害虫同时发生在成品粮小麦粉中发生时, 蛀食性害虫不宜生存。

参考文献:

- [1] 吕建华, 张来林. 中国储粮害虫防治存在的主要问题及对策[J]. 粮食科技与经济, 2010, 35(1): 35-37.
- [2] 吕建华, 古成才, 史雅, 等. 不同温度条件下赤拟谷盗试验种群生命表研究[J]. 河南工业大学学报, 2019, 40(6): 75-79.
- [3] 史雅, 吕建华, 白旭光. 温度对赤拟谷盗耐饥性影响研究[J]. 河南工业大学学报, 2013, 34(6): 39-45.
- [4] 郑旭, 范锦胜, 张李香. 玉米象生物生态学及防治技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(4): 221-225.
- [5] 高远. 玉米象(*Sitophilus zeamais* Motschulsky)试验种群生物学特性及生态学特征的研究[D]. 云南农业大学, 2014.
- [6] 吴德明. 玉米象生物学特性与防治方法综述[J]. 四川粮油科技, 1997(2): 34-40.
- [7] 程伟霞, 丁伟, 赵志模. 气调(CA)对储藏物害虫的作用机制[J]. 昆虫知识, 2001, 38(5): 330-332.
- [8] 崔晋波, 邓永学, 王进军, 等. 种间竞争对四种储藏物害虫种群动态的影响[J]. 动物学研究, 2006, 27(3): 275-280.
- [9] 张清纯, 李隆术, 朱文炳. 玉米象生物学及生态学特性研究[J]. 粮食储藏, 1989, 2(5): 1-6.
- [10] 程兰萍, 王殿轩, 仲维平, 等. 入仓期玉米象感染不同时期小麦重量损失的研究[J]. 粮油食品科技, 2008, 16(6): 21-23.
- [11] MAHROOF R, SUBRAMANYAM B, FLINN P. Reproductive performance of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to the minimum heat treatment temperature as pupae and adults[J]. Journal of Economic Entomology, 2005, 98(2): 626-633.
- [12] ENGLEHART M, RAPOPORT H, SOKOLOFF A. Odorous secretion of normal and mutant *Tribolium confusum* [J]. Science, 1965, 150: 632-633.
- [13] VILLAVERDE M L, JUAREZ M P, MIJAILORSKY S. Detection of *Tribolium castaneum* (Herbst) volatile defensive secretions by solid phase microextraction-capillary gas chromatography (SPME-CGC)[J]. Journal of Stored Products Research, 2007, 43: 540-545.
- [14] HODGES R J, ROBINSON R, HALL D R. Quinone contamination of dehusked rice by *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)[J]. Journal of Stored Products Research, 1996, 32(1): 31-37.
- [15] HUANG Y, LAM S L, HO S H. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst)[J]. Journal of Stored Products Research, 2000, 36(2): 107-117.
- [16] WANG J L, LI Y, LEI C L. Evaluation of monoterpenes for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky[J]. Natural Product Research, 2009, 23(12): 1080-1088.
- [17] 崔晋波, 邓永学, 王进军, 等. 玉米象与谷蠹种间竞争的研究[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(6): 864-867.
- [18] 周蕊, 邓永学, 王进军, 等. 赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 与锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus* 种间竞争的研究[J]. 西南农业大学学报, 2012, 25(2): 498-501.
- [19] 吕建华, 史雅, 钟建军, 等. 玉米象和锯谷盗在小麦粉中的种群动态研究[J]. 粮食科技与经济, 2012, 37(1): 16-17.
- [20] GIGA D P, CANHAO S J. Competition between *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus zeamais* (Motsch.) in maize at two temperatures[J]. Journal of Stored Products Research, 1993, 29(1): 63-70.
- [21] 成新跃, 徐汝梅. 昆虫种间表观竞争研究进展[J]. 昆虫学报, 2003, 2: 108-114. 