

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.03.3

冷藏对米蛾卵液中游离氨基酸变化的影响

黄燕嫦^{1*}, 宋子伟^{2*}, 李敦松^{2**}, 张古忍^{1**}

(1. 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510275;

2. 广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 赤眼蜂的工厂化繁育常使用米蛾卵作为中间寄主卵, 为了满足赤眼蜂生产的需要, 需对米蛾卵进行冷藏, 但冷藏米蛾卵影响赤眼蜂的生长发育。利用核磁共振技术 (NMR) 测定了新鲜米蛾卵 (U)、新鲜杀胚米蛾卵 (CK)、杀胚米蛾卵在 4℃ 条件下冷藏 15 d (N15)、30 d (N30)、45 d (N45) 和 60 d (N60) 后, 米蛾卵卵液游离氨基酸种类和含量的变化。结果共鉴定到 24 种游离氨基酸及其衍生物, 包括昆虫发育必需的 10 种氨基酸。U 和 CK 之间的游离氨基酸组分没有显著差异, N15、N30 和 N45 游离氨基酸总量随冷藏时间的延长而显著升高, N60 中的氨基酸总量与 N45 比较没有显著增加。对 24 种游离氨基酸及其衍生物的含量进行主成分分析, 结果表明丙氨酸、谷氨酰胺、鸟氨酸、天冬氨酸、组氨酸、赖氨酸、丝氨酸、焦谷氨酸等 8 种氨基酸的含量随冷藏时间的增加而有着显著的变化, 其中, 丙氨酸变化幅度最为明显, 随着冷藏时间的增加, 含量从 0.1624 mmol/L 增加到 8.6192 mmol/L; 组氨酸在 N30、N45 和 N60 处理之间显著下降, 从 0.7553 mmol/L 降低到 0.2495 mmol/L。因此, 冷藏会导致米蛾卵内游离氨基酸含量发生一定变化, 这可能是冷藏米蛾卵影响赤眼蜂生长发育的重要原因之一。

关键词: 米蛾卵; 冷藏; 游离氨基酸; 赤眼蜂

中图分类号: Q965.9; S433

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0468-08

Effects of cold storage on the free amino acids in *Corcyra cephalonica* eggs

HUANG Yan-Chang^{1*}, SONG Zi-Wei^{2*}, LI Dun-Song^{2**}, ZHANG Gu-Ren^{1**} (1. State Key Laboratory for Biocontrol & Institute of Entomology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection/Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, 510640, China)

Abstract: *Corcyra cephalonica* eggs are commonly used as intermediate hosts in *Trichogramma* mass rearing. Cold storage of *C. cephalonica* eggs was important to *Trichogramma* mass rearing, but the growth and development of *Trichogramma* would be affected by the refrigerated eggs. Free amino acids in the contents of *C. cephalonica* eggs which was stored at 4℃ for 15 (N15), 30 (N30), 45 (N45), and 60 (N60) days, respectively, were detected by Nuclear Magnetic Resonance (NMR) technology, the fresh eggs without (U) and with (CK) UV treated were as comparison. The results showed that there were 24 free amino acids and derivatives identified, including 10 essential amino acids for insect development. There was no significant difference in the concentration of total free amino acids between U and CK, there was a significant increase of total amino acids followed by increase of days of cold storage in N15, N30 and N45. However, there was no significant increase in N60 compared with N45. The results of Principal Component Analysis (PCA) of 24 amino acids and derivatives showed that 8 amino acids such as Alanine,

基金项目: 国家重点基础发展计划 (973) 项目 (2013CB127602); 广东省农业科学院院长基金项目 (201405)

* 共同第一作者简介: 黄燕嫦, 女, 1990 年生, 硕士研究生, 主要从事害虫生物防治研究, E-mail: pp68986@163.com; 宋子伟, 男, 1982 年生, 博士, 助理研究员, 主要从事害虫生物防治研究, E-mail: ziweisong@139.com

** 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: dsli@gdppri.cn; zhanggr@mail.sysu.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-01-18; 接收日期 Accepted: 2016-03-19

Glutamine, Ornithine, Asparagine, Histidine, Lysine, Serine, and Pyroglutamate were significantly changed with the increase of cold storage days, in which Alanine was significantly increased from 0.1624 mmol/L to 8.6192 mmol/L. Histidine was significantly declined from 0.7553 mmol/L to 0.2495 mmol/L. It could be concluded that the cold storage resulted in the change of free amino acids in *C. cephalonica* eggs, which might be one of the reasons influencing the growth and development of *Trichogramma*.

Key words: *Corcyra cephalonica* eggs; cold storage; free amino acid; *Trichogramma*

赤眼蜂属卵寄生蜂, 分布广, 资源丰富, 是全球害虫生物防治中研究最多、应用最广泛的一种卵寄生性天敌。利用中间寄主进行赤眼蜂工厂化繁育生产, 是赤眼蜂能进行大面积推广应用的重要原因 (Wang *et al.*, 2014; 易帝玮等, 2014)。用于大规模繁殖赤眼蜂的中间寄主卵有米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵、麦蛾 *Sitotroga cerealella* 卵和柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵等。与其它寄主卵相比, 米蛾可以用麦麸或米糠周年繁殖饲养, 而且米蛾卵是繁殖赤眼蜂的优良寄主, 因此在赤眼蜂的工厂化生产中, 国内一般使用米蛾卵作为中间寄主 (朱涤芳等, 1983; Gou, 1986)。

为了满足赤眼蜂生产的需要, 常用冷藏的方法保存米蛾卵。但赤眼蜂对冷藏米蛾卵的寄生率显著下降 (张国红等, 2008; 潘雪红等, 2011)。赤眼蜂利用寄主卵内含物作为营养物质, 因此内含物质量的好坏影响赤眼蜂的生长发育以及子代蜂的质量。氨基酸作为寄主卵内含物的主要营养物质, 对赤眼蜂的产卵、发育、化蛹和羽化有着十分重要的影响 (湖北省赤眼蜂人工模拟寄主卵研究协作组, 1979; 巫之馨等, 1982; 曹爱华等, 1988; 李元喜等, 2008)。为进一步明确低温冷藏对米蛾卵卵液氨基酸变化的影响, 本文采用核磁共振技术分析了冷藏对米蛾卵卵液中的游离氨基酸组成及其含量变化的影响, 将有助于明确冷藏米蛾卵影响赤眼蜂生长发育的机制。

1 材料与方法

1.1 供试材料

米蛾为广东省农业科学研究院植物保护研究所生物防治研究室长期饲养的种群。

新鲜米蛾卵: 用麦麸饲料饲养米蛾, 待成虫交配产卵后收集米蛾卵, 除去杂物后用 40 目筛子过筛, 获得清洁、正常的米蛾卵 (袁曦等, 2013)。

杀胚米蛾卵: 将新鲜米蛾卵均匀铺在托盘上,

在单管 40 W 紫外灯下垂直 20 cm 处, 照射 20 min, 杀死卵内米蛾胚胎 (易帝玮等, 2014)。

1.2 米蛾卵冷藏处理

共设 6 个处理, 分别为未经杀胚的新鲜米蛾卵 (U)、杀胚米蛾卵 (CK)、分别冷藏 15、30、45、60 d 的米蛾卵 (N15、N30、N45、N60)。经过杀胚的米蛾卵, 按每份 1 g 米蛾卵, 用纸包好, 放入 4℃ 冰箱, 每隔 15 d 取出 1 份, 用于米蛾卵卵液游离氨基酸成分鉴定和分析。每个处理重复 6 次。

1.3 米蛾卵液游离氨基酸成分鉴定分析

1.3.1 米蛾卵卵液的收集

将上述米蛾卵在液氮条件下研磨成粉, 然后在冷冻真空干燥剂中放置 48 h, 抽空水分, 制成冻干粉并进行编号, 贮存于 -80℃ 冰箱。待 6 个处理全部收集齐全, 利用核磁共振技术进行游离氨基酸成分鉴定分析。

1.3.2 米蛾卵卵液的分析

称取米蛾卵冻干粉 0.05 g, 加入 1000 μ L 超纯水, 在微型漩涡混合仪 (上海泸西分析仪器厂, XW-80A) 涡旋 1 min; 将混合液置于超声波破碎仪 (Sonics VCX130, USA) 中冰水浴, 4 s 超声, 3 s 间歇, 循环 4 次, 45% 振幅, 破碎后静置 10 min, 在 4℃ 下以 13000 r/min 离心 15 min, 取上层清液于预洗好的超滤膜 (Millipore Amicon ULTRA 3KDa) 中离心 30 min, 取 450 μ L 滤液于新离心管中并编号。取 50 μ L ACDSS 试剂于上述离心管中, 涡旋 10 s, 离心 2 min。取 480 μ L 上清液于核磁管中并编号。其中 ACDSS 试剂为 DSS 的重水溶液。在 298K 条件下, 于 Bruker AV III 600 MHz 核磁共振仪上进行测试。其中核磁共振的测试条件为: 共振频率为 600.13 MHz, 测定温度 (T) 控制在 298.0 ± 0.1 K, 采样次数 (Transients/Scans) = 64 次, 采样延迟时间 (Recycle Delay) = 1 s, 采样点数 (Frequency Domain Size) = 65536 个, 谱宽 (Spectral Width) = 8000.00 Hz,

傅里叶变换填充点数 (Time Domain Size) = 3276 个, 脉冲序列 (Pulse Sequence) 为 noesygppr1d.comp, 每个样品检测时间为 15 min。

1.3.3 数据分析

将¹H NMR 自由感应衰减 (free induction decay, FID) 信号导入到 Chenomx NMR suit (version 8.0, Chenomx, Edmonton, Canada) 软件中, 自动进行傅立叶转换, 调整相位, 校正基线。以 DSS - d₆ 峰 (0.0 ppm) 作为全部谱图化学位移的标准, 并对其进行反转卷积操作, 调整谱图峰形 (CSI)。根据¹H NMR 谱图中信号的相关信息 (如化学位移、峰形、半峰宽、耦合裂分等), 以 DSS - d₆ 的浓度和谱峰面积为标准, 结合 Chenomx 自带数据库对 36 张样本谱图的信号逐一比对分析, 共获得 56 种代谢物和其绝对浓度值。然后把

代谢物和对应的绝对值浓度导出到 EXCEL 表格中, 得到变量矩阵。

通过 Matlab 完成 PCA 数据分析, 通过 Origin 进行可视化作图。各处理总氨基酸浓度 (图 1) 和 24 种氨基酸及其衍生物的浓度 (表 1) 进行单因素方差分析 (ANOVA) (IBM SPSS Statistics, 2010)。

2 结果与分析

2.1 米蛾卵卵液氨基酸组成成分分析

从米蛾卵卵液中共鉴定到 24 种游离氨基酸及其衍生物 (表 1)。不同冷藏处理米蛾卵卵液氨基酸种类组成没有发生变化, 但 24 种氨基酸及其衍生物含量则随着冷藏时间的延长而有所变化。

表 1 不同冷藏时间米蛾卵卵液氨基酸含量

Table 1 The content of amino acids of *Corcyra cephalonica* eggs in different treatments

氨基酸组分 Amino acids	U mmol/L	CK mmol/L	N15 mmol/L	N30 mmol/L	N45 mmol/L	N60 mmol/L
3-羟基 3-Hydroxykynurenine	0.0035 ± 0.00 b	0.0056 ± 0.00 b	0.2148 ± 0.00 a	0.0228 ± 0.00 a	0.0187 ± 0.00 a	0.0030 ± 0.00 b
丙氨酸 Alanine	0.1594 ± 0.00 e	0.1624 ± 0.01 e	1.4519 ± 0.07 d	3.6423 ± 0.38 c	7.3694 ± 0.18 b	8.6192 ± 0.18 a
精氨酸 Arginine	0.2406 ± 0.05 d	0.3083 ± 0.02 d	0.5372 ± 0.07 c	1.0341 ± 0.07 a	0.7882 ± 0.09 b	0.3227 ± 0.05 d
天冬酰胺 Asparagine	0.3310 ± 0.01 a	0.3782 ± 0.01 a	0.5571 ± 0.01 ab	0.5909 ± 0.03 c	0.5199 ± 0.01 bc	0.5044 ± 0.01 ab
谷氨酸 Glutamate	0.5005 ± 0.04 c	0.6051 ± 0.05 bc	0.7766 ± 0.09 a	0.6284 ± 0.05 abc	0.6144 ± 0.04 abc	0.7722 ± 0.04 ab
谷氨酰胺 Glutamine	1.5872 ± 0.09 b	1.7151 ± 0.09 b	2.1835 ± 0.08 a	1.8544 ± 0.18 b	1.6495 ± 0.07 b	1.1478 ± 0.04 c
甘氨酸 Glycine	0.4044 ± 0.01 e	0.4721 ± 0.00 d	0.7616 ± 0.02 c	0.8968 ± 0.03 ab	0.8517 ± 0.01 b	0.9058 ± 0.01 a
组氨酸 Histidine	0.6874 ± 0.02 b	0.7572 ± 0.03 ab	0.8295 ± 0.04 a	0.7553 ± 0.07 ab	0.3905 ± 0.03 c	0.2495 ± 0.02 d
异亮氨酸 Isoleucine	0.1074 ± 0.00 e	0.1853 ± 0.01 d	0.3767 ± 0.01 c	0.4363 ± 0.03 ab	0.4687 ± 0.01 a	0.4203 ± 0.01 bc
亮氨酸 Leucine	0.0665 ± 0.00 e	0.1387 ± 0.01 d	0.1959 ± 0.01 c	0.2636 ± 0.03 b	0.2567 ± 0.01 b	0.4006 ± 0.01 a

(续上表)

氨基酸组分 Amino acids	U mmol/L	CK mmol/L	N15 mmol/L	N30 mmol/L	N45 mmol/L	N60 mmol/L
赖氨酸 Lysine	0.6096 ± 0.04 c	0.6765 ± 0.06 c	0.9260 ± 0.04 b	1.2070 ± 0.08 a	1.2546 ± 0.03 a	1.2225 ± 0.03 a
甲硫氨酸 Methionine	0.0948 ± 0.00 d	0.1052 ± 0.01 d	0.1651 ± 0.01 c	0.2022 ± 0.01 ab	0.2133 ± 0.01 a	0.1953 ± 0.00 b
O-乙酰基肉碱 O-Acetylcarnitine	0.0018 ± 0.00 d	0.0058 ± 0.00 cd	0.0133 ± 0.00 c	0.0411 ± 0.01 a	0.0347 ± 0.00 a	0.0253 ± 0.00 b
鸟氨酸 Ornithine	1.2156 ± 0.05 a	1.2471 ± 0.08 a	1.1355 ± 0.15 ab	0.7395 ± 0.12 c	0.8673 ± 0.05 bc	1.1312 ± 0.09 ab
苯丙氨酸 Phenylalanine	0.0861 ± 0.00 e	0.1234 ± 0.00 d	0.2265 ± 0.00 c	0.2716 ± 0.01 b	0.3058 ± 0.01 a	0.2815 ± 0.00 b
焦谷氨酸 Pyroglutamate	0.0705 ± 0.01 d	0.0748 ± 0.01 d	0.4238 ± 0.05 c	0.7164 ± 0.05 b	0.8806 ± 0.05 a	0.9304 ± 0.04 a
脯氨酸 Proline	0.3088 ± 0.00 c	0.3672 ± 0.00 b	0.4895 ± 0.01 a	0.4681 ± 0.01 a	0.4872 ± 0.01 a	0.2578 ± 0.02 d
丝氨酸 Serine	0.3011 ± 0.02 c	0.2787 ± 0.02 c	0.8642 ± 0.08 b	1.2412 ± 0.10 a	1.1841 ± 0.03 a	0.9720 ± 0.03 b
牛磺酸 Taurine	0.2369 ± 0.01 b	0.3114 ± 0.01 a	0.2949 ± 0.02 a	0.3267 ± 0.03 a	0.3216 ± 0.01 a	0.2768 ± 0.01 ab
苏氨酸 Threonine	0.1663 ± 0.01 d	0.2449 ± 0.01 d	0.4498 ± 0.01 c	0.5199 ± 0.01 b	0.5694 ± 0.01 a	0.5184 ± 0.01 b
色氨酸 Tryptophan	0.0144 ± 0.00 e	0.0225 ± 0.00 d	0.0338 ± 0.00 c	0.0385 ± 0.00 b	0.0489 ± 0.00 a	0.0457 ± 0.00 a
酪氨酸 Tyrosine	0.3159 ± 0.01 e	0.3423 ± 0.00 e	0.4815 ± 0.01 d	0.5261 ± 0.01 c	0.6357 ± 0.01 b	0.7161 ± 0.02 e
缬氨酸 Valine	0.1623 ± 0.00 e	0.2829 ± 0.00 d	0.5255 ± 0.01 c	0.6313 ± 0.02 b	0.6548 ± 0.01 a	0.5677 ± 0.01 a
β 丙氨酸 Beta-Alanine	0.0092 ± 0.00 c	0.0095 ± 0.00 c	0.0221 ± 0.00 a	0.0209 ± 0.00 a	0.0162 ± 0.00 b	0.0115 ± 0.00 c

注: 表中数据为 6 次重复平均值 ± 标准误, 同列数据不同大小字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。Note: The data in the table are mean ± SE. Data in the same line with different capital or small letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between the varieties.

2.2 米蛾卵液中游离氨基酸总量的变化

紫外线杀胚处理对卵液游离氨基酸总量的影响较小, 冷藏处理会对氨基酸的总量产生较大的影响, 其中, U 组和 CK 组氨基酸总量差异不显著, 冷藏处理的米蛾卵卵液游离氨基酸总量显著

高于 U 组和 CK 组, 但 N45 组和 N60 组之间无显著差异 (图 1)。总体来说, 游离氨基酸总量随冷藏时间的增加而增加, 但超过 45 d 后的增加量不显著。

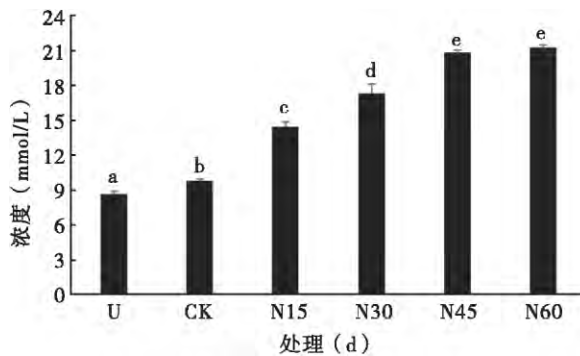


图1 不同冷藏时间米蛾卵卵内游离氨基酸总量

Fig. 1 The total content of amino acids of *Corcyra cephalonica* eggs in different treatments.

2.3 冷藏对米蛾卵卵液中氨基酸组成的影响

通过 PCA 分析, 不同处理方式的米蛾卵的数据点明显分成 6 个区域, 显示出了较佳的区分效果。其中, CK 处理和 U 处理的数据点之间的距离最近, 组分及浓度相似, 说明紫外线杀胚对米蛾卵卵液中的氨基酸影响较小。冷藏处理组与未冷藏处理组之间明显分成两类, 表明冷藏会显著的影响米蛾卵卵液中氨基酸组分和浓度。冷藏 60 d 的 N60 处理, 与其它冷藏处理之间有明显的离散, 表明冷藏 60 d 后的米蛾卵卵液中氨基酸组分及含量较冷藏时间短的发生了显著化 (图 2)。

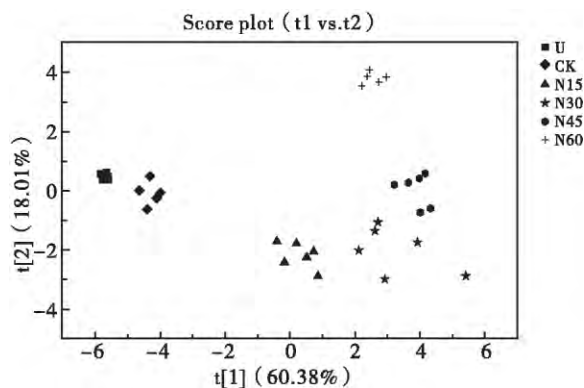


图2 不同冷藏时间米蛾卵样品游离氨基酸 PCA 得分图

Fig. 2 PCA score plot diagram of dissociative amino acids of *Corcyra cephalonica* eggs in different treatments

通过对米蛾卵卵液中氨基酸成分进行 PCA 荷载分析, 丙氨酸 (Alanine)、谷氨酰胺 (Glutamine)、鸟氨酸 (Ornithine)、天冬氨酸 (Asparagine)、组氨酸 (Histidine)、赖氨酸 (Lysine)、丝氨酸 (Serine)、焦谷氨酸 (Pyroglutamate) 等 8 种氨基酸及代谢物对样本间的区分做出了重要贡献 (图 3)。

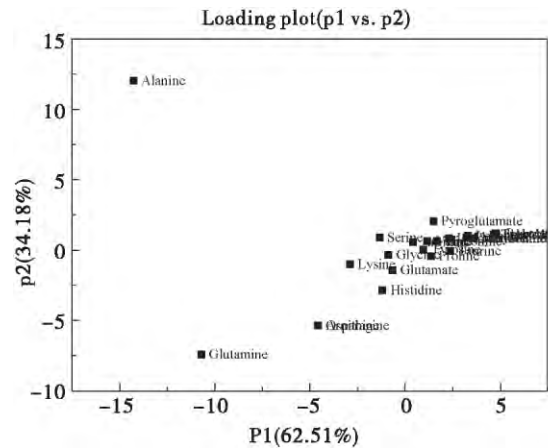


图3 不同冷藏时间米蛾卵样品游离氨基酸 PCA 载荷图

Fig. 3 PCA loading diagram of dissociative amino acid of *Corcyra cephalonica* eggs in different treatments

2.4 冷藏对米蛾卵卵液中 8 种重要游离氨基酸含量变化的影响

随着冷藏时间的延长, 8 种游离氨基酸含量的变化可以分成以下 3 种情况。第一种情况, 随着冷藏时间的延长氨基酸含量呈下降趋势。在冷藏 30 d 之后, 组氨酸含量从 0.7553 mmol/L 显著下降到 0.2495 mmol/L (表 1, 图 4A); 第二种情况, 氨基酸含量随着冷藏时间的延长呈上升趋势, 其中赖氨酸、丙氨酸和焦谷氨酸均属于这种情况 (图 4B、4C、4D)。其中, 丙氨酸是变化幅度最大的氨基酸, 随着冷藏时间的增加而显著上升, 从 0.1624 mmol/L 增加到 8.6192 mmol/L (表 1, 图 4C); 第三种情况, 氨基酸含量随着冷藏时间的延长呈现波动趋势。如谷氨酰胺含量则呈现出先增加后降低的倒“U”型曲线, 谷氨酰胺含量在 U 组、CK 组、N30 组和 N45 组之间差异不显著, 但显著低于 N15 组, 高于 N60 组 (表 1, 图 4F); 鸟氨酸含量则为“U”型曲线, 其含量在 U 组、CK 组、N15 组和 N60 组之间差异不显著, 但显著高于 N30 组和 N45 组 (表 1, 图 4G)。

3 结论与讨论

在赤眼蜂大量繁殖中, 米蛾卵的冷藏时间在一定程度上会直接影响赤眼蜂羽化率, 从而间接影响田间害虫防治。杀胚米蛾卵在 4℃ 条件下低温贮存不同天数后, 在氨基酸的种类上, 每个处理均有 24 种氨基酸及其衍生物; 在氨基酸的含量上,

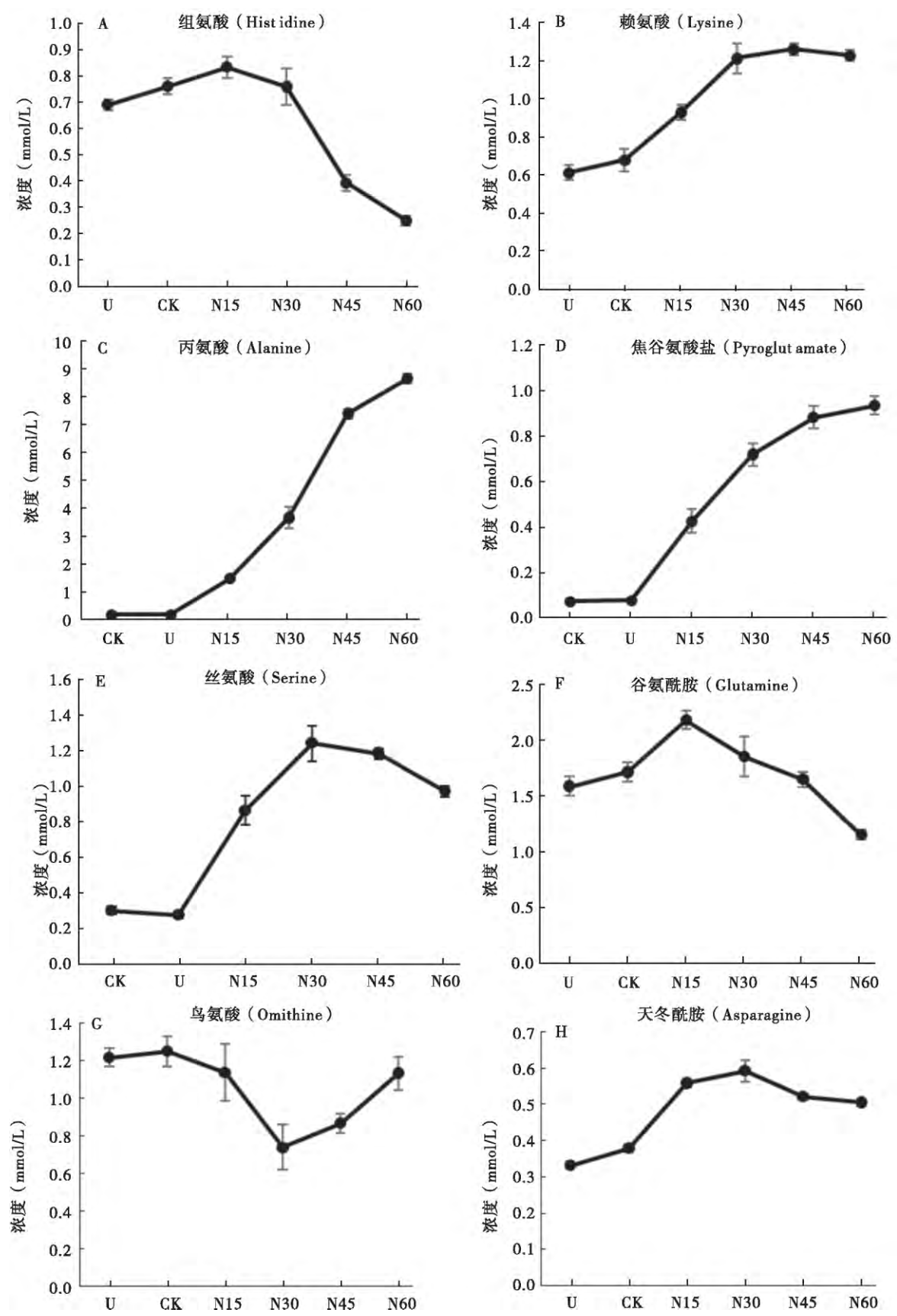


图4 不同冷藏时间米蛾卵液中8种重要游离氨基酸含量

Fig.4 Eight dissociated amino acids of *Corcyra cephalonica* eggs with different cold storage time

不同处理卵内除组氨酸、谷氨酰胺和脯氨酸外,各氨基酸含量随时间的变化均总体呈现上升趋势,这与谢中能等(1982)和李元喜等(2008)报道的结果有所差异。谢中能等(1982)发现谷氨酸、门冬氨酸、赖氨酸以及亮氨酸的含量最高,蛋氨酸和胱氨酸的含量最少;而李元喜等(2008)的研究则显示新鲜米蛾卵中游离氨基酸以苏氨酸、谷氨酸、鸟氨酸和脯氨酸的含量较高,蛋氨酸和胱氨酸含量较低。本试验结果表明,谷氨酰胺、鸟氨酸、组氨酸和赖氨酸在新鲜处理和未杀胚处理的含量最高,色氨酸和亮氨酸最低。这可能是由于检测方法以及 NMR 技术对氨基酸及其衍生物的灵敏度不同所导致的。

有报道表明寄主卵中的游离氨基酸对赤眼蜂整个发育过程有着重要的影响(湖北省赤眼蜂人工模拟寄主卵研究协作组,1980)。卢爱平和陈润田(1985)报导了寄生蜂随着寄主卵的胚胎发育而寄生率下降,因此推断寄生蜂主要是利用寄主卵中的卵黄蛋白而不能很好地利用寄主卵内的游离氨基酸。本试验对冷藏米蛾卵的检测结果也表明随着冷藏时间增加,卵内游离氨基酸总量和大多数氨基酸的含量增加,只有少数如组氨酸等含量下降,这与黄寿山等(1995)的研究结果接近。因此,推断卵内蛋白随着冷藏时间的延长而降解成游离氨基酸,寄主卵内各种游离氨基酸含量随着冷藏时间的增加而增加的情况会改变寄主卵内的生理生化状态,寄主卵营养质量下降,间接影响赤眼蜂胚胎的生长发育,而这些都是需要做进一步的研究来确认。

米蛾卵卵液游离氨基酸含量和种类的变化会影响寄生蜂是否产卵。巫之馨等(1982)利用假卵测试了不同内含物对松毛虫赤眼蜂产卵的影响,20 种 L 型氨基酸中,亮氨酸、苯丙氨酸和异亮氨酸有促使产卵的效果,同种氨基酸对不同种赤眼蜂的促产卵效果不同。练永国等(2009)推测赤眼蜂可以产卵器上的感受器来判断卵液的某一成分来决定产卵量。本文发现能对松毛虫赤眼蜂起促产卵作用的 3 种氨基酸含量在冷藏至 30 d 内均随着冷藏时间的增加而显著增加,在冷藏至 45 d 到 60 d 却显著下降。有关研究(袁曦等,2013; Spínola-Filho *et al.*, 2014)表明寄生率随着冷藏时间的延长而下降,因此推测这 3 种氨基酸可能对螟黄赤眼蜂不一定具有促产卵效果,而在检测结果中,组氨酸在冷藏 15 d 和 CK 处理的含量差

异不显著,并随着冷藏时间的增加而减少,组氨酸可能在对螟黄赤眼蜂具有促产卵作用,并有利于螟黄赤眼蜂胚胎发育。此外,在前期研究中发现,螟黄赤眼蜂对冷藏 30 d 后的米蛾卵的寄生率高于对照(易帝玮等,2014),结合本研究中冷藏 30 d 后的氨基酸组分和含量的变化情况,大多数氨基酸的含量都在上升,只有组氨酸、谷氨酰胺、谷氨酸含量下降,这 3 种氨基酸可能对螟黄赤眼蜂的产卵具有促进作用。同时,不同种类赤眼蜂在利用米蛾卵内营养物质的能力不同会导致米蛾卵对蜂表现出适合性的不同(李元喜等,2008)。与螟黄赤眼蜂相比较,松毛虫赤眼蜂对相同冷贮存时间米蛾卵的寄生率要高(张国红等,2008)。以冷藏 15 d 为例,米蛾卵内游离氨基酸种类与 CK 处理一致,但各种氨基酸含量却已经发生改变,从另一方证明了氨基酸在赤眼蜂产卵中的可能作用。关于冷藏后氨基酸对于赤眼蜂发育的影响,有待进一步研究。

参考文献 (References)

- Artificial Host Eggs of Trichogramma Collaborative Study Group of Hubei Province. Study on artificial host eggs of *Trichogramma* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1979, 22 (3): 301–309. [湖北省赤眼蜂人工模拟寄主卵研究协作组. 赤眼蜂人工模拟寄主卵的研究 [J]. 昆虫学报, 1979, 22 (3): 301–309]
- Artificial Host eggs of *Trichogramma* collaborative study group of Hubei Province. Study on artificial host eggs of *Trichogramma* (3) — Improvement of artificial diet [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 1980, 2: 127–132, 163. [湖北省赤眼蜂人工模拟寄主卵研究协作组. 赤眼蜂人工模拟寄主卵的研究 (三) — 人工饲料的改进 [J]. 林业科学, 1980, 2: 127–132, 163]
- Cao AH, Li SW, Dai KJ, *et al.* Study on artificial host eggs of natural enemy insects *Telenomus dendrolimi* Chu (I). Biochemical analysis of the contents of the eggs of *Dendrolimus punctatus* [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1988, 10 (3): 125–128. [曹爱华, 李胜文, 戴开甲, 等. 天敌昆虫黑卵蜂人工寄主卵研究 (I). 松毛虫卵内含物的生化分析 [J]. 昆虫天敌, 1988, 10 (3): 125–128]
- Gou X. Research and application of *Trichogramma* in China [J]. *Natural Enemies of Insects*. 1986, 8 (2): 113–120. [苟雪琪. 中国赤眼蜂的研究与应用 [J]. 昆虫天敌, 1986, 8 (2): 113–120]
- Huang SS, Xie QB, Dai ZY. Study on *Trichogramma* host selection and its mechanism (III). Analysis of physiological and biochemical mechanism [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1995, 17 (3): 106–108. [黄寿山, 解庆镛, 戴志一. 赤眼蜂寄主选择性及其机理研究—(III). 生理生化机制分析 [J]. 昆虫天敌, 1995, 17 (3): 106–108]

- Lian YG, Wang SQ, Bai SH, *et al.* The effect of artificial host egg contents and attractants on egg surface on rearing of *Trichogramma ostrinae* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46 (4): 551–556. [练永国, 王素琴, 白树雄, 等. 卵液成分改变及卵表涂施引诱剂对玉米螟赤眼蜂产卵发育的影响 [J]. 昆虫知识, 2009, 46 (4): 551–556]
- Li YX, Dai HG, Fu WJ. Suitability of *Corcyra cephalonica* to three trichogramma species and change of the content of free amino acids in its eggs parasitized [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (6): 628–634. [李元喜, 戴华国, 符文俊. 米蛾对三种赤眼蜂的适合性及被寄生后卵内游离氨基酸含量的变化 [J]. 昆虫学报, 2008, 51 (6): 628–634]
- Lu AP, Chen RT. Nutrition and sexual differentiation of parasitic Hymenoptera 2. Preliminary analysis of host eggs of *Anastatus* sp. composition [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1985, 7 (2): 104–109. [卢爱平, 陈润田. 营养和寄生性膜翅目的性分化 2. 平腹小蜂寄生卵成分初步分析 [J]. 昆虫天敌, 1985, 7 (2): 104–109]
- Pan XH, Huang CH, Wei JL, *et al.* Effects of low temperature storage time of *Trichogramma* sp. and its host – eggs on reproduction of *Trichogramma* sp. [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50 (20): 4194–4196. [潘雪红, 黄诚华, 魏吉利, 等. 赤眼蜂及其寄主卵低温贮存时间对赤眼蜂繁殖的影响 [J]. 湖北农业科学, 2011, 50 (20): 4194–4196]
- Spínola – Filho PRC, Leite GLD, Soares MA, *et al.* Effects of duration of cold storage of host eggs on percent parasitism and adult emergence of each of ten Trichogrammatidae (Hymenoptera) species [J]. *Florida Entomologist*, 2014, 97 (1): 14–21.
- Wang Z, He K, Zhang F, *et al.* Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China [J]. *Biological Control*, 2014, 68: 136–144.
- Wu ZX, Qin JD. Oviposition performance of *Trichogramma dendrolimi* toward different component of artificial eggs [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1982, 25 (4): 363–372. [巫之馨, 钦俊德. 松毛虫赤眼蜂对假卵不同内含物的产卵反应 [J]. 昆虫学报, 1982, 25 (4): 363–372]
- Xie ZN, Wu PY, Deng XL. Analysis of amino acid of *Trichogramma* host egg [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1982, 4 (2): 22–25. [谢中能, 吴屏英, 邓秀莲. 赤眼蜂寄主卵的氨基酸含量分析 [J]. 昆虫天敌, 1982, 4 (2): 22–25]
- Yi DW, Xiao Y, Zhao YL, *et al.* Cold storage of *Corcyra cephalonica* eggs affects the quality of *Trichogramma chilonis* offspring [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (4): 565–571. [易帝玮, 肖榕, 赵云龙, 等. 冷藏米蛾卵对子代螟黄赤眼蜂质量的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (4): 565–571]
- Yuan X, Wang ZY, Feng XX, *et al.* Evaluation on the effect of low – temperature refrigeration of *Corcyra cephalonica* eggs on *Trichogramma* fecundity and parasite efficiency of *Ostrinia furnacalis* via life table [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 792–798. [袁曦, 王振营, 冯新霞, 等. 利用生命表评价低温冷藏米蛾卵对繁育螟黄赤眼蜂及寄生亚洲玉米螟效果的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 792–798]
- Zhang GW, Lu X, Li LJ, *et al.* Influence of *Corcyra cephalonica* eggs storage on *Trichogramma* fecundity [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2008, 33 (5): 42–43, 52. [张国红, 鲁新, 李丽娟, 等. 贮存后的米蛾卵对赤眼蜂繁殖的影响 [J]. 吉林农业科学, 2008, 33 (5): 42–43, 52]
- Zhu DF, Xie YQ. Improvement on artificial diet of *Corcyra cephalonica* [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1983, 5 (2): 66–67. [朱涤芳, 谢以权. 米蛾饲料的改进 [J]. 昆虫天敌, 1983, 5 (2): 66–67]