应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(5): 1280−1288. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2014.152

意大利蝗 *Calliptamus italicus* (L.) 卵巢发育的研究*

任金龙 赵 莉** 葛 婧

（新疆农业大学农学院，新疆农林有害生物监测与安全防控自治区重点实验室，乌鲁木齐 830052）

摘 要 **【目的】** 首次研究意大利蝗卵巢发育级别及变化，探讨卵巢发育与温度的关系。**【方法】** 利用室外罩养、室内恒温饲养。**【结果】** 意大利蝗卵巢发育分为 5 个主级（Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅵ级、Ⅴ级），其中Ⅱ级细分为初期、末期 2 个亚级，Ⅲ级细分为初期、中期、后期、末期 4 个亚级。卵巢发育过程显示：卵巢长度前期增长平缓，中后期增长迅速，而卵巢宽度增长较为缓慢，卵巢面积呈幂指数增长。交尾行为集中在Ⅲ级末期（70%）、Ⅳ级（30%）。在设置的 26、29、32、35℃恒温条件下，卵巢发育可循环 1～2 次；卵巢第 1 次、第 2 次发育历期均呈极显著的负线性关系（P<0.01）；同一温度条件下，卵巢的第一次发育历期均长于第 2 次发育历期，第 1 次产卵量均高于第 2 次产卵量。在室外自然条件下，卵巢发育可循环 1～5 次，其产卵量均高于所设置的恒温条件下的产卵量。**【结论】** 意大利蝗卵巢发育主要集中于中后期；恒温 23℃不适宜卵巢发育，26～35℃是卵巢发育的适宜温度，其中以 32℃为最适发育温度。

关键词 意大利蝗，卵巢发育级别，卵巢发育变化，交尾作用，产卵量

Ovarian development in *Calliptamus italicus* (L.) (Orthoptera: Catantopidae)

REN Jin-Long ZHAO Li** GE Jing

(College of Agronomy, Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control on the Crop and Forest at Universities of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract **[Objectives]** Ovarian development in *Calliptamus italicus* (L.) was studied and the relationship between ovarian development and temperature explored. **[Methods]** Ovarian development was observed both in animals kept outdoors and in those kept at constant temperature indoors. **[Results]** Results show that *C. italicus* ovarian development can be divided into five main stages (Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅵ, Ⅴ), that stage Ⅱ can be subdivided into an early and end stage and stage Ⅲ into an early, middle, late and end stage. The length of ovaries grew steadily in the early and rapidly in middle and late stages, but ovarian width grew slowly during the whole process. Mating behavior occurred at the end of stage Ⅲ (70%) and stage Ⅳ (30%). Ovarian development was completed once, or twice, under constant temperatures of 26, 29, 32 and 35℃. There was a significant, negative, linear relationship between the first ovarian development duration and the second (P<0.01). Under the same temperature, the duration of early ovarian development was longer than that of later development, and the fecundity of early developed ovaries was higher than that of those that developed later. In outdoor natural conditions, ovarian development was completed 1-5 times, and fecundity was higher than that observed under constant temperature indoors. **[Conclusion]** *C. italicus* ovarian development was completed in the middle and late stages. 23℃ was unsuitable for *C. italicus* ovarian development, a range of temperature of 26-35℃ was suitable, of which the most appropriate was 32℃.

Key words *Calliptamus italicus*, ovarian development stages, ovarian development changes, mating behavior, fecundity

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201003079）

**通讯作者，E-mail: zlym 57@ sohu. com

收稿日期：2014-01-14，接受日期：2014-04-21

意大利蝗 *Calliptamus italicus*（L.）属直翅目 Orthoptera，蝗总科 Acridoidea，斑腿蝗科 Catanpidae，星翅蝗属 *Calliptamus* Serville。意大利蝗可取食 17 科 45 属植物（黄春梅，1995），广泛分布于沿地中海的北部和东部边缘、中欧、北非、中亚、西伯利亚平原西部、蒙古西北部、中国（新疆、内蒙古、青海、甘肃）（陈永林和刘举鹏，1979；FAO Locust Watch Release，2011）。意大利蝗具有迁徙、短距离聚集扩散习性，若虫期聚集于高山、荒漠、半荒漠草地，常为害毗邻草场的农田禾本科、豆科、菊科、藜科等作物，发育至成虫期回迁至永久栖息地（哈萨克斯坦和塔吉克斯坦南部、乌兹别克斯坦大部分地域、土库曼斯坦沿河谷和绿洲地带）大量繁殖（Lachininskii *et al.*，2002）。近年意大利蝗频繁越境为害我国新疆毗邻哈萨克斯坦的阿勒泰、塔城、伊犁等边境地区，草场为害面积达 249 万 hm^2。目前，意大利蝗的研究主要集中在生物学、毒理学、遗传学、生态学、生物防治学、生理生化及分子生物学等方面（Chetuirkina，1935，1936；Evlakhova，1954；Stolyarov *et al*，2000；Klass *et al.*，2007；Polovinkoa *et al.*，2010；Song，2011；Zhao *et al.*，2011；Darvishzadeh and Bandani，2012；Polovinkoa，2013；Qin *et al.*，2013），而生殖生物学研究仅见卵巢受精囊的贮精量及交尾作用（Reinhardt and Jentzsch，1999）。研究学者已对绿牧草蝗 *Omocestua viridulus*（L.）、黄胫小车蝗 *Oedaleus infernalis* Sauss、素色异爪蝗 *Euchorthippus unicolor*（Ikonn.）、条纹异爪蝗 *Euchorthippus vittatus* Zheng、异翅负蝗 *Atractomorpha heteroptera* B.-Bienko 和长翅素木蝗 *Shirakacris shirakii*（I.Bol.）、越北腹露蝗 *Fruhstorferiola tonkinensis* Will、中华稻蝗 *Oxya chinensi*（Thunberg）、日本稻蝗 *Oxya japonica*（Thunberg）进行过研究，并均将卵巢发育分为 5 级（Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅵ级、Ⅴ级）（吴明庆和张建平，1997；陈伟等，2005；赵卓和奚耕思，2005），但未见各级间的过渡和临界状态。本文于 2013 年在新疆维吾尔自治区昌吉州玛纳斯县南山，通过室外罩养、室内恒温饲养，首次研究意大利蝗卵巢发育级别及变化，探讨温度对卵巢发育的影响，以期为研究意大利蝗生殖生物学提供理论基础，同时，为意大利蝗预测预报提供实验资料。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

意大利蝗蝗蝻于 2013 年 6—7 月间采集于新疆维吾尔自治区玛纳斯县大阳山（43°92′85.10″N，86°15′52.13″E，高 1 292 m）。

1.2　实验方法

1.2.1　意大利蝗卵巢发育　将田间采集的末龄蝗蝻置于室外 2.5 m×2.5 m×1.8 m 网室内饲养，待成虫羽化，取同天羽化的成虫，置于 1 m×1 m×1 m 网室饲养，保持密度 10 头/m^3，♀∶♂=1∶1，总样本量 250 头。食料为牛蒡（*Arctium lappa* L.）、冷蒿（*Artemisia frigida* Willd.）、紫花苜蓿【*Medicago sativa*（L.）】及麸皮。每隔 2 d 取 5 头雌成虫解剖，直至成虫完全死亡，共持续 36 d。每次调查记录卵巢发育状况及卵巢长（附腺前端到中输卵管末端的长度）、宽（卵巢最大宽度）并用 SONY(DSC-T500)拍照。

1.2.2　意大利蝗卵巢发育与温度关系　将田间采集的末龄蝗蝻置于室外 2.5 m×2.5 m×1.8 m 网室内饲养，待成虫羽化，取同天羽化的成虫，置于室外饲养笼（高 50 cm，长 20 cm），2 头/笼，♀∶♂=1∶1，重复 20 次。雌成虫总样本量 20 头。每日调查成虫产卵及存活状况。

将田间采集的 1 龄蝗蝻分别置于设置 23、26、29、32、35℃人工气候箱（PQX-2808-22H 宁波莱福科技有效公司）中饲养（RH40%、14∶10=L∶D、光照约为 40 000 lx），待成虫羽化后置于饲养笼（高 32 cm， 长 9 cm）饲养，2 头/笼，♀∶♂=1∶1，每种处理重复 40 次（32℃和 35℃各重复 55 次）。雌成虫总样本量分别为 40 头（32℃和 35℃均为 55 头）。食料为牛蒡、冷蒿、紫花苜蓿及麸皮。每日调查成虫产卵及存活

状况。

1.3 数据分析

文中数据均使用统计软件 SPSS Statistics 19.0 进行均值 One-way ANOVA 方差分析。

2 结果与分析

2.1 意大利蝗卵巢形态

意大利蝗卵巢由中输卵管（Median oviduct，odc）、1 对侧输卵管（Lateral oviduct，odl）、多条卵巢小管（Ovarioles，ovl）、受精囊（Spermatheca，sp）和中悬带（Suspensory ligament，lg）等构成，其中侧输卵管的前端与卵巢管连接处膨大成囊状的卵巢萼（Calyx，cal），卵巢顶端，侧输卵管前端形成两个内部起纵褶附腺（Accessory gland，ag）（图 1）。

2.2 意大利蝗卵巢发育级别

根据卵巢小管、侧输卵管、中输卵管、脂肪体形态和颜色变化，卵粒的有无、排列方式、色泽及腹部外部形态，将意大利蝗卵巢发育分为 5 个主级（Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅵ级、Ⅴ级），又将Ⅱ级细分为初期、末期 2 个亚级，将Ⅲ级细分为初期、中期、后期、末期 4 个亚级，而意大利蝗第 2 次卵巢发育的起点为Ⅱ级初期。

Ⅰ级：透明期，羽化后（4.33±1.33）d；腹部软、短小；卵巢小管纤细透明；侧输卵管略微膨大，有皱褶；中输卵管透明略带黄色未膨大；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观少量黄色脂肪，腹腔内少量黄色脂肪体（图 2：Ⅰ，Ⅰ-）。

Ⅱ级初期，卵黄沉积期初期，一次发育羽化后（10.50±1.22）d，2 次发育羽化后（23.17±1.58）d：腹部软、短小；卵巢小管基部膨大、纤细透明、略带黄色；侧输卵管和附腺开始膨大且皱褶明显；中输卵管拉长、杏黄色；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观中量黄色脂肪（2 次发育橘黄色脂肪），腹腔内中量黄色脂肪体（图 2：ⅡA，Ⅱa）。

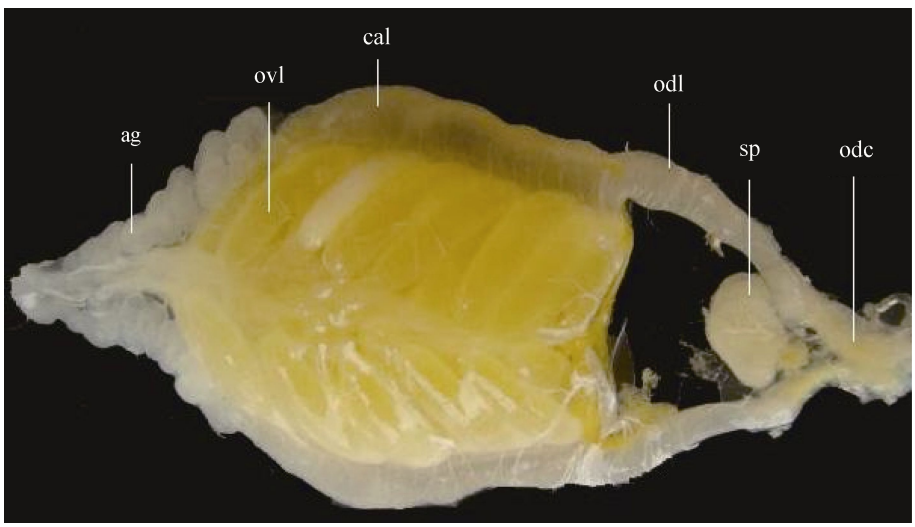

图 1 意大利蝗卵巢形态

Fig. 1 The morphology of *Calliptamus italicus* ovarian

ag：附腺；ovl：卵巢小管；cal：卵巢萼；odl：侧输卵管；sp：受精囊；odc：中输卵管。

ag: Accessory gland; ovl: Ovarioles; cal: Calyx; odl: Lateral oviduct; sp: Spermatheca; odc: Median oviduct.

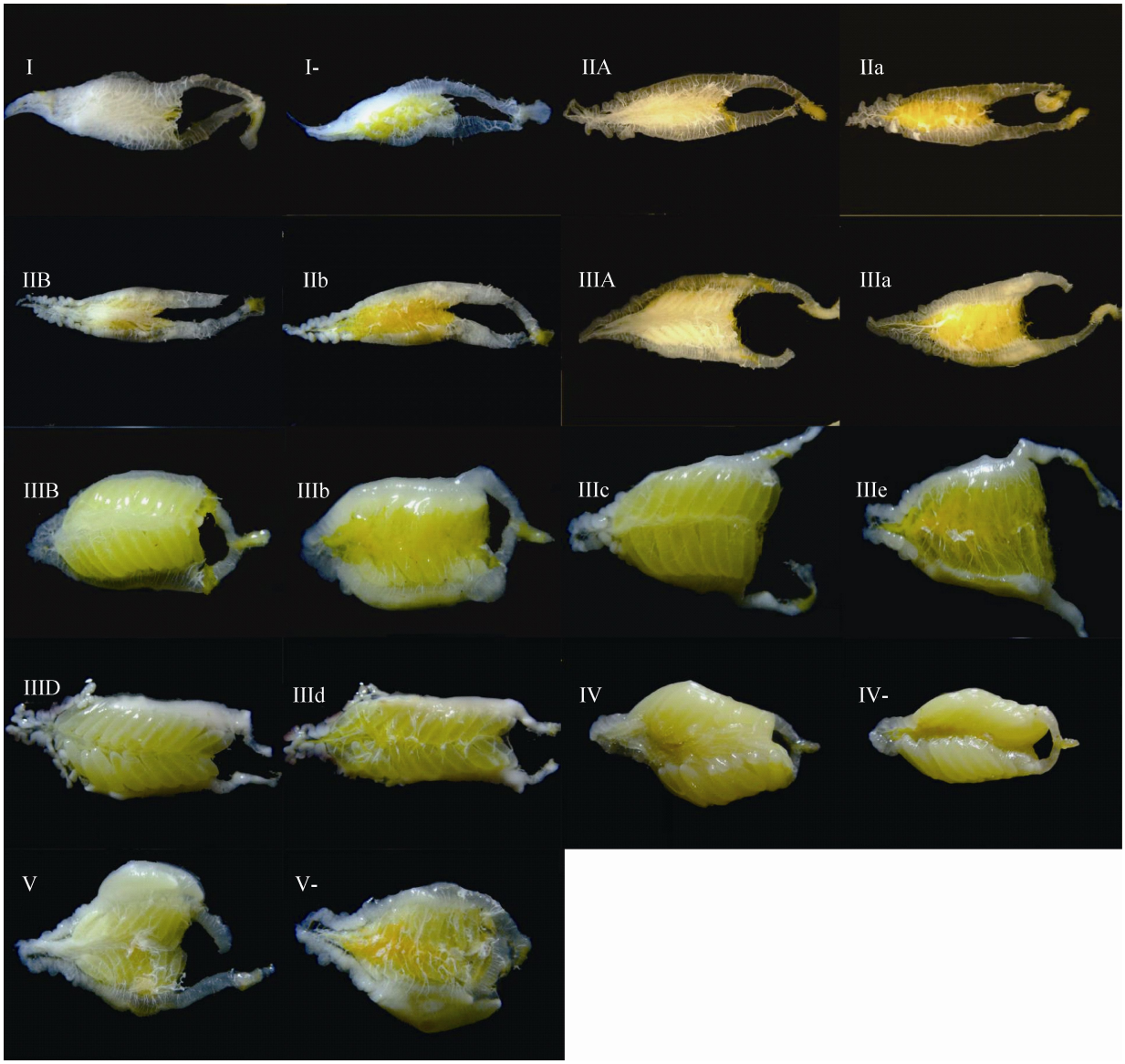

图 2　意大利蝗卵巢发育过程形态的变化

Fig. 2　Morphological changes of *Calliptamus italicus* ovarian during the development process

Ⅰ，Ⅰ-. Ⅰ级；ⅡA ，Ⅱa. Ⅱ级初期；ⅡB， Ⅱb. Ⅱ级末期；ⅢA，ⅢIa. Ⅲ级初期；ⅢB，ⅢIb. Ⅲ级中期；ⅢC，ⅢIc. Ⅲ级后期；ⅢD，ⅢId. Ⅲ级末期；Ⅳ，Ⅳ-. Ⅳ级；Ⅴ，Ⅴ-. Ⅴ级。Ⅰ，ⅡA，ⅡB，ⅢA，ⅢB，ⅢC，ⅢD 为背面观，Ⅰ-，Ⅱa，Ⅱb，ⅢIa，ⅢIb，ⅢIc，ⅢId，Ⅳ-，Ⅴ-为腹面观，下图同。

Ⅰ, Ⅰ- . Stage Ⅰ; ⅡA, Ⅱa . Early-stage Ⅱ; ⅡB, Ⅱb . End-stage Ⅱ; ⅢA, ⅢIa. Early-stage Ⅲ; ⅢB, ⅢIb . Mid-stage Ⅲ; ⅢC, ⅢIc. Late-stage Ⅲ; ⅢD, ⅢId. End-stage Ⅲ; Ⅳ, Ⅳ-. Stage Ⅳ; Ⅴ, Ⅴ-. Stage Ⅴ. Ⅰ, ⅡA, ⅡB, Ⅲ A, Ⅲ B, Ⅲ C, Ⅲ D are the dorsal view; Ⅰ-, Ⅱa, Ⅱb, Ⅲ a, Ⅲ b, ⅢIc, ⅢId, Ⅳ-, Ⅴ- are the ventral view. The same below.

Ⅱ级末期：卵黄沉积期末期，1 次发育羽化后 (10.00±2.25) d，2 次发育羽化后 (24.45±0.75) d；腹部软、短小；卵巢小管基部连接侧输卵管处充满黄色卵黄；侧输卵管和附腺膨大且皱褶明显；中输卵管黄色短粗；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观中量黄色脂肪，腹腔内中量黄色脂肪体（图 2：ⅡB，Ⅱb)。

Ⅲ级初期：卵粒形成期初期，1 次发育羽化

后（10.67±1.86）d，2 次发育羽化后（25.00±1.87）d；腹部较膨胀；卵巢小管内部卵黄形成淡黄色未成熟的卵粒并整齐排列于卵巢两侧；侧输卵管和附腺膨大且皱褶明显；中输卵管短粗、黄色；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观中量黄色脂肪，腹腔内大量黄色脂肪体（图 2： ⅢA，Ⅲa）。

Ⅲ级中期：卵粒形成期中期，1 次发育羽化后（13.13±1.25）d，2 次发育羽化后（26.63±1.49）d；腹部膨胀并拉长；卵巢小管内鲜黄色卵粒清晰可见，整齐排列于卵巢两侧，卵粒单列 8 粒卵（卵巢 2 次发育单列 4~7 粒卵）、一层两列、3 层且卵巢中间明显隆起；侧输卵管膨大且皱褶明显；附腺膨大且皱褶密集；中输卵管黄色膨大；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观少量量黄色脂肪，腹腔内大量充满饱满的黄色脂肪体（图 2：ⅢB，Ⅲb）。

Ⅲ级后期：卵粒形成期后期，1 次发育羽化后（13.73±0.84）d，2 次发育羽化后（29.00±0.58）d；腹部膨胀拉长；卵巢小管内淡黄色卵粒，整齐排列于卵巢两侧呈一层两列、卵巢一次发育单列 8 粒卵（卵巢 2 次发育单列 3~7 粒卵）、3 层整齐排列为一平面；侧输卵管膨大且皱褶明显；附腺膨大且皱褶密集；中输卵管橘黄色；卵巢正面观无或少量脂肪，卵巢背面观少量黄色脂肪，腹腔内充满大量饱满的黄色脂肪体（图 2：ⅢC，Ⅲc）。

Ⅲ级末期：卵粒形成期末期，1 次发育羽化后（16.00±2.00）d，2 次发育羽化后（30.00±0.58）d；腹部膨胀拉长；卵巢小管内淡黄色卵粒已成熟呈一层两列、卵巢一次发育单列 12 粒卵（2 次发育单列卵 4~10 粒）、两层整齐排列于卵巢两侧；侧输卵管膨大形成卵巢萼且皱褶明显；附腺膨大、皱褶密集且边缘有少许红色；中输卵管橘黄色；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观少量量黄色脂肪，腹腔内有少量黄色脂肪体（图 2：ⅢD，Ⅲd）。

Ⅳ级：成熟待产期，1 次发育羽化后（16.83±1.08）d，2 次发育羽化后（29.36±2.03）d；腹部膨胀拉长且产卵瓣张合；成熟淡黄色卵粒充满卵巢萼（卵巢 2 次发育单 16~38 粒卵）；腹腔内散布干瘪丝状橘黄色脂肪体或少量黄色脂肪（图 2：Ⅳ，Ⅳ-）。

Ⅴ级：产卵期，1 次发育羽化后（18.00±1.15）d，2 次发育羽化后（34.50±0.50）d；腹部未拉长或拉长；卵粒成熟不一致，卵巢小管内发育至Ⅱ级或Ⅲ级；卵巢萼充满成熟卵粒或少量卵粒；卵巢正面观无脂肪，卵巢背面观少量黄色脂肪，腹腔内散布干瘪丝状橘黄色脂肪体或少量黄色脂肪体（图 2：Ⅳ，Ⅳ-）。

2.3 意大利蝗交尾期与卵巢发育等级

田间捕捉交尾雌成虫，调查卵巢发育等级（n=20），结果表明：交尾行为集中在卵巢Ⅲ级末期（70%）、Ⅳ级阶段（30%）。

2.4 温度对意大利蝗卵巢发育的影响

卵巢循环发育次数为产卵次数，产卵量则为影响卵巢发育的指标。第 1 次产卵历期为第 1 次卵巢发育历期，第 2 次产卵历期为第 2 次卵巢发育历期。在 26、29、32、35℃恒温条件下，意大利蝗卵巢循环发育 1～2 次，在室外自然条件下，卵巢循环发育 1～5 次（表 2）。

如表 1 所示，在恒温 23℃意大利蝗不能完成卵巢发育，在 26、29、32、35℃恒温条件下，卵巢第 1 次、第 2 次发育历期随着温度的升高逐渐缩短，呈极显著的负线性关系（P<0.01）。同一温度其卵巢第 1 次发育历期均长于第 2 次发育历期。不同温度其产卵量变化介于 21 粒~27 粒之间，第 1 次的产卵量略高于第 2 次的产卵量，其中以 32℃平均产卵量最高（27 粒/次）。

在室外自然条件下，卵巢第 1 次发育历期（最高温 41.0℃；最低温 6.67℃；平均温度 21.73℃）为 21.26 d，显著长于在 29、32 和 35℃恒温条件下的发育历期，与 26℃处于同一水平；卵巢第 2 次发育历期（最高温 38.0℃；最低温 6.67℃；平均温度 18.58℃）为 7.87 d，与 29℃、32℃恒温条件下的发育历期处于同一水平，短于 26℃、长于 35℃条件下卵巢第 2 次发育历期。

两次的产卵量（41 粒、39 粒）均高于恒温条件　　下的产卵量。

表 1　不同温度下意大利蝗卵巢发育历期及产卵量

Table 1　Ovarian development duration and fecundity under different temperature in *Calliptamus italicus*

温度 Temperature (℃)	第 1 次卵巢发育 The first ovarian development			第 2 次卵巢发育 The second ovarian development		
	样本量 Samples	历期 Duration (d)	卵量（粒） Fecundity (grains)	样本量 Samples	历期 Duration (d)	卵量（粒） Fecundity (grains)
23	—	—	—	—	—	—
26	22	20.95±0.70 A	23.95±0.83 B	17	12.18±0.85 A	21.06±0.90 C
29	25	18.00±0.52 B	23.96±1.83 B	22	7.41±0.63 BC	22.73±0.94 C
32	47	13.74±0.58 C	27.40±0.84 B	46	6.37±0.39 BC	27.06±0.93 B
35	36	11.28±0.32 D	23.25±0.88 B	35	5.31±0.37 C	23.58±0.77 BC
变温 Variable temperature 1st 21.73℃，2nd 18.58℃	17	21.26±1.01 A	41.06±1.34 A	15	7.87±0.52 B	39.06±1.44 A

表中数据为平均值±标准误，数据后标有不同字母表示差异显著（P<0.01），下表同。

The data in the table are mean±SE, and followed by different letters indicate significantly different at 0.01 level. The same below.

表 2　不同温度下意大利蝗卵巢循环发育次数百分比（%）

Table 2　The percentage of ovarian cycle growth times under different temperature in *Calliptamus italicus* (%)

温度 Temperature (℃)	1 次 One time	2 次 Two times	3 次 Three times	4 次 Four times	5 次 Five times
23	—	—	—	—	—
26	52.50	40.00	—	—	—
29	65.00	57.50	—	—	—
32	88.68	88.68	—	—	—
35	81.82	72.73	—	—	—
变温 Variable temperature	77.27	68.18	31.82	27.27	9.09

2.5　意大利蝗卵巢长、卵巢宽及面积的卵巢发育级别变化

卵巢面积按椭圆面积公式计算 $S=\pi ab/4$（a 为长轴，b 为短轴），长轴、短轴分别为卵巢长和卵巢宽。

意大利蝗卵巢第 1 次发育长、宽、面积级别变化见图 3，卵巢长度前期增长较为平缓，中后期较为迅速。前期由Ⅰ级 13 mm 显著性增长为Ⅱ末期（15.13±1.44）mm。后期发育至Ⅲ末期开始显著性增加为（28.33±0.33）mm。卵巢宽发育始终较为缓慢，由初期（3.33±0.33）mm 显著性的增加为Ⅲ初期（8.50±0.85）mm。再发育至Ⅲ级后期达到最大值（11.33±0.33）mm（图 3，表 3）。卵巢面积呈幂指数型增长（$y=32.283e^{0.2556x}$，$R^2=0.9556$）。

意大利蝗卵巢第 2 次发育长、宽、面积阶段变化见图 4，卵巢长度前期增长较为缓慢，后期较为迅速，由Ⅱ级初期（15.17±1.11）mm 显著性增加为Ⅳ级（17.00±1.15）mm。卵巢宽度发育

始终较为平缓。由Ⅱ级初期显著增加为Ⅲ级末期（8.33±0.33）mm。卵巢面积呈幂指数型增长（y=42.207e$^{0.1871x}$，R^2=0.9059）。

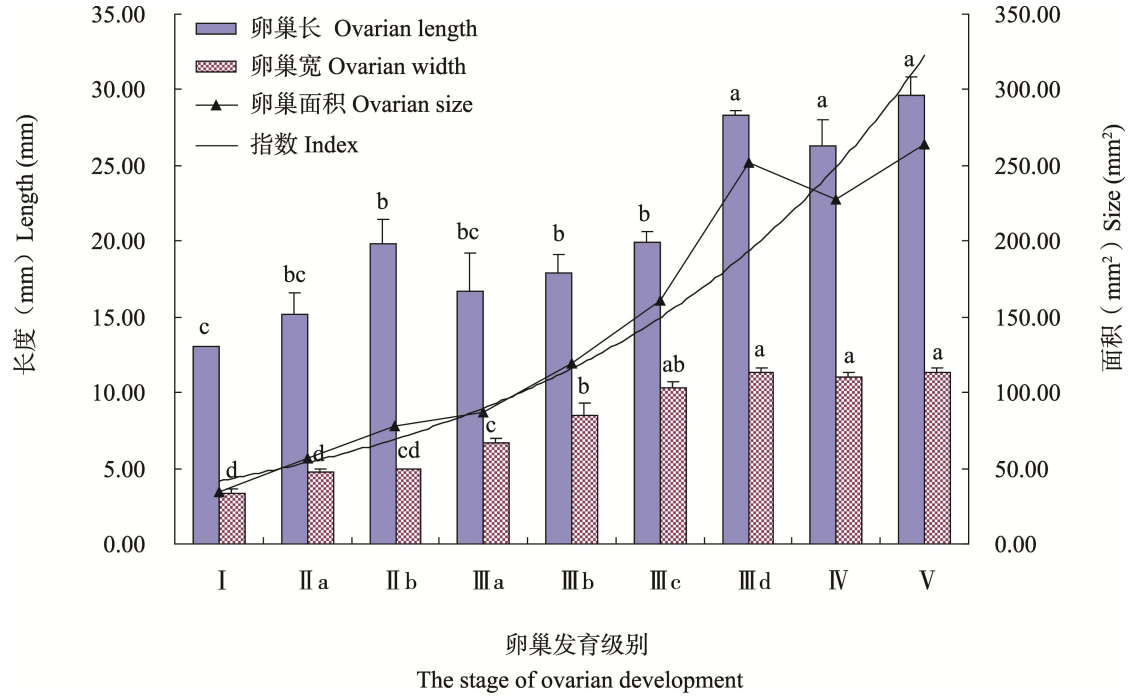

图 3 卵巢第 1 次发育长、宽及面积级别变化

Fig. 3 Grade changes of the length,width and size of ovary during the first development period

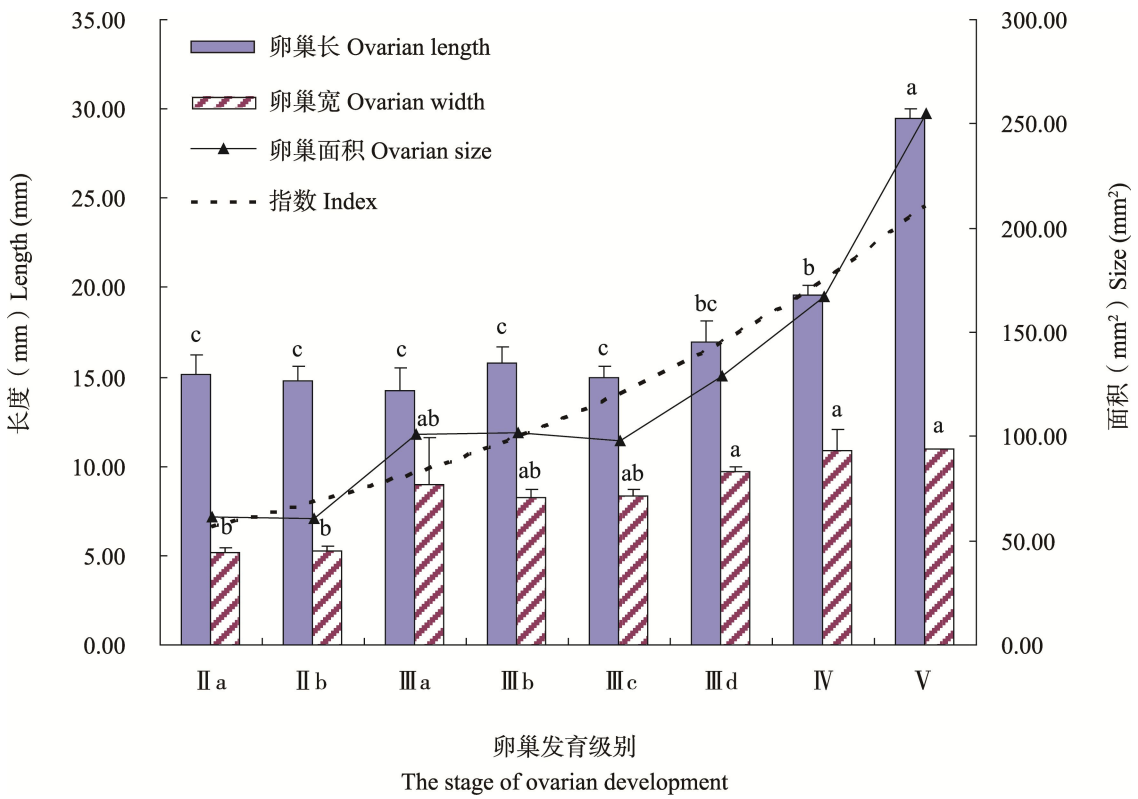

图 4　卵巢第 2 次发育长、宽及面积的级别变化

Fig. 4　Grade changes of the length, width and size of ovary during the second development period

卵巢第 1 次发育和第 2 次发育的卵巢长和卵巢宽出现级别差异。由于随着卵巢循环发育次数的增加，产卵量逐渐减少，卵巢第 1 次发育的产卵量为（41.06±1.34）粒，卵巢第 2 次发育的产卵量为（37.87±2.47）粒。

3　讨论

3.1　意大利蝗卵巢发育等级

根据系统调查将意大利蝗卵巢发育分为 5 个主级（Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅵ级、Ⅴ级），又将Ⅱ级细分为初期、末期 2 个亚级，将Ⅲ级细分为初期、中期、后期、末期 4 个亚级，而卵巢第 2 次发育的起点为Ⅱ级初期。采用细化意大利蝗卵巢发育级别，更易于识别各级别间的过渡和临界状态，进而提高意大利蝗预测测报的准确性。

据观察，意大利蝗卵巢级别形态差异主要集中在卵粒的排列方式及卵巢背面观脂肪的多寡、颜色的变化，卵巢的第 1 次和第 2 次发育的区别主要集中在卵粒数量的差异，中输卵管在卵巢发育过程中始终未出现皱褶，此特征与网翅蝗科（绿牧草蝗、素色异爪蝗、条纹异爪蝗），锥头蝗科（异翅负蝗），斑翅蝗科（黄胫小车蝗），斑腿蝗科（中华稻蝗、日本稻蝗、越北腹露蝗、长翅素木蝗）中输卵管出现皱褶有所不同（吴明庆和张建平，1997；陈伟等，2005；赵卓和奚耕思，2005）。意大利蝗卵巢发育至Ⅲ级末附腺有明显的红色边缘，此特征与东亚飞蝗的相同（郭郛等，1993）。有关蝗虫卵巢形态与分类阶元的关系有待于进一步研究。

3.2　温度对意大利蝗卵巢发育的影响

意大利蝗在变温条件下，1 次、2 次产卵量均显著高于设置的恒温条件，卵巢循环发育 1～5 次。在恒温（26、29、32、35℃）条件下卵巢循环发育 1～2 次。表明变温环境较恒温环境（26、29、32、35℃）会增加单次产卵量，进而增加总产卵量，即恒温会降低意大利蝗生殖力，这可能由于昆虫为变温动物，长期进化适应于变温环境，而对恒温环境则表现出不适（王智翔和陈永林，1989）。意大利蝗在 23℃条件下不能完成卵巢发育，在 32℃条件下第 1 次、第 2 次产卵量均高于在 26、32、35℃条件下的产卵量，表明 26～35℃是卵巢发育的适宜温度，其中以 32℃为最适发育温度。

据观察，意大利蝗随着产卵次数的增加，产卵量逐渐较少，腹腔内鲜黄色脂肪多，则可再次发育，若只有少量丝状干瘪的橘黄色脂肪则不能发育，其卵巢的发育次数与腹腔脂肪含量的相关性有待进一步研究。

3.3　意大利蝗卵巢发育卵巢长、卵巢宽及面积的等级变化

意大利蝗卵巢发育变化规律：卵巢长度前期发育平缓，中后期发育迅速；而卵巢宽变化始终较为缓慢。卵巢第 1 次发育、第 2 次发育卵巢面积均呈幂指数增长。表明意大利蝗卵巢发育主要集中于中后期。蝗虫个体卵巢发育的中后期，由于虫体腹壁的限制，卵巢面积显著增长主要为卵巢长度增长所致（赵卓和奚耕思，2005）。第 1 次卵巢发育历期显著长于第 2 次发育历期。意大利蝗交尾集中在卵巢Ⅲ末期、Ⅳ级发育阶段。意大利蝗交尾后雌成虫受精囊可储存 1 000～2 000 精子（Reinhardt and Jentzsch，1999），而意大利蝗一生产卵量 40~200 粒，雌成虫在一次交尾后的储精量可能会满足卵粒受精，表明交尾可能会促进意大利蝗雌成虫卵巢发育，缩短卵巢发育历期，此结论与赵卓和奚耕思（2005）研究结论一致。而意大利蝗交尾次数、精子与卵子成功受精比、交尾具体作用有待进一步研究。

参考文献 (References)

Chetuirkina I, 1935, 1936. The geographical distribution and zones of economic importance of the Italian locust (*Calliptamus italicus* L.) in Kazakhstan. Summary of the Scientific Research Work of the Institute of Plant Protection: 20–22.

Darvishzadeh A, Bandani AR, 2012. Identification and

characterization of α-amylase in the Italian locust, *Calliptamus italicus* (L., 1758) (Orthoptera: Acrididare). *Munis Entomology and Zoology*, 7(2): 1028–1034.

Evlakhova AA,1954. Development of fungus *Empusa grylii* (Fres.) Nowak in the body of Italian locust. *Mikrobiologiia*, 23(2): 185–189.

FAO Locust Watch Release, 2011. http://www.fao.org/ag/locusts-CCA/en/1010/1018/1075/.

Klass JI, Blanford S, Thomas MB, 2007. Development of a model for evaluating the effects of environmental temperature and thermal behaviour on biological control of locusts and grasshoppers using pathogens. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(3): 189–199.

Lachininskii AV, Sergeev MG, Childebaev MK, Chernyakhovsky ME, Lockwood JA, Kambulin VE, Gapparov FA, 2002. Locusts of Kazakhstan, Central Asia and adjacent territories. Larami: Association for Applied Akridology International, University of Wyoming. 387.

Polovinkoa GP, Yaroslavtsevaa ON, Teshebaeva ZA, Kryukov VYu, 2010. Dominating species of entomophilous ascomycetes anamorphs in West Siberia, Primorsky Krai, and Kyrgyzstan. *Problems of Ecology*, 3(5): 515–521.

Polovinko GP, 2013. Dependence of the viability and virulence of siberian isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals-Griv.) Vuill. on the period of their storage at positive temperatures. *Contemporary Problems of Ecology*, 6 (3): 247–251.

Qin YJ, Li ZH, Zhao L, Fowler G, Fang Y, 2013. The current and future potential geographical distribution of the Italian locust, *Calliptamus italicus* (Linnaeus) (Orthoptera: Acrididae) in China. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 393(2): 290–298.

Song HJ, 2011. Density-Dependent Phase Polyphenism in Nonmodel Locusts: AMinireview. Psyche. 16.

Reinhardt K, Jentzsch A,1999. Lebensdauer, eizahl und dauer der speicherung lebensfähiger spermienbei Weibchen der ltalienischen Schönschrecke, *Calliptamus italicus* (L.). *Articulata*, 14(2): 199–204.

Stolyarov MV, 2000. Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of C*alliptamus italicus* L. in Southern Russia. *Russian Journal of Ecology*, 31(1): 43–48.

Zhao L, Zheng ZM, Huang Y, Zhou ZJ, Wang L, 2011.Comparative analysis of the mitochondrial control region in Orthoptera. *Zoological Studies*, 50(3): 385–393.

陈伟, 陈伟洲, 吴伟坚, 2005. 越北腹露蝗卵巢发育程度的分级研究. 中国植保导刊, (5): 5–6. [Chen W, Chen WZ, Wu WJ, 2005. Grading ovarian developments of fruhstorferiola tonkinensis. *China Plant Protection*, (5): 5-6.]

陈永林, 刘举鹏, 1979. 新疆蝗虫及其防治. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社. 9 – 10. [Chen YL, Liu JP, 1979. Grasshopper and management in Xinjiang. Wulumuqi: Xinjiang Renmin Press. 9-10]

黄春梅, 1995. 新疆巴里坤草原优势种蝗虫食性与蝗科中亚科分类系统关系的研究. 昆虫分类学报, S1: 128–134. [Huang CM, 1995. Feeding habits and subfamily systematics of Acrididae in barkol grassland of Xinjiang. Entomological Taxonomy, S1: 128-134]

郭郛, 陈永林, 卢宝廉, 1993. 中国飞蝗生物学. 济南: 山东科学技术出版社. 178–179. [Guo L, Chen YL, Lu ML, 1993. Biology of locust in China. Jinan: Shandong Science and Technology Press. 178-179]

吴明庆, 张建平, 1997. 稻蝗卵巢发育级别和体重关系及其应用的研究. 昆虫知识, 34(5): 257–258. [Wu MQ, Zhang JP, 1997. The relationship between development stage of locust oarium and body weight and practice. Insect Knowledge, 34(5): 257-258]

王智翔, 陈永林, 1989. 变温促进昆虫发育的酶学解释. 生态学报, 9(2): 106–113. [Wang ZX, Chen YL, 1989. Enzymological explanation for alternating temperature accelerating the development rate of insect. Acta Ecologica Sinica, 9(2): 106-113]

赵卓, 奚耕思, 2005. 吉林四平地区六个蝗虫优势种卵巢发育的季节动态. 昆虫知识, 42(5): 524–527. [Zhao Z, Xi GS, 2005. The seasonal dynamics of ovarian development of six dominant species of locusts in Siping area of Jilin. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(5): 524-527.]