

黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化行为观察*

徐 鹏** 陈尚海 曾小虎

(成都市白蚁防治研究所, 成都 610016)

摘 要 【目的】了解黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder 末龄若虫的蜕皮羽化行为。【方法】室内恒温 (26 ± 0.5) 恒湿 ($75\% \pm 5\%$) 饲养黑胸散白蚁末龄若虫, 间隔一定时间进行观察记录。【结果】黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化时间持续 2~8 h。蜕皮一般从末龄若虫胸腹部交界处背部开始破裂, 从腹末、翅末、足端、口器末端或触角端脱落, 50% 以上的正常羽化蜕皮是从腹末端脱落。初始羽化成虫为白色, 随后身体和翅的颜色逐渐加深和变黑, 羽化 8~12 h 后, 虫体整体颜色变为黑色。室内观察结果还表明, 34.7% 的末龄若虫无法正常羽化。【结论】黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化持续时间较短, 蜕皮一般是从胸腹部交界处背部开始破裂, 但可从不同部位脱落, 且蜕皮羽化行为容易受到外界环境的影响。

关键词 黑胸散白蚁, 蜕皮, 羽化, 末龄若虫

Molting and emergence behavior of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis* Snyder

XU Peng** CHEN Shang-Hai ZENG Xiao-Hu

(Chengdu Institute of Termites Control, Chengdu 610016, China)

Abstract 【Objectives】To study the molting and emergence behavior of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis* Snyder. 【Methods】Last instar nymphs were maintained in a laboratory at (26 ± 0.5) and $75\% \pm 5\%$ RH, and their development observed and recorded at regular time intervals. 【Results】Molting required 2–8 h to complete. The ecdysis generally began to crack from the dorsal junction of the thorax and abdomen, then became detached from the ends of abdomen, wing, leg, mouthparts or antenna. More than 50% of normal ecdysis was from the end of abdomen. The color of newly emerged adults was white, but the body and wings gradually became black 8–12 h after emergence. In addition, 34.7% of the last instar nymphs did not emerge successfully under laboratory conditions. 【Conclusion】The molting process of the last instar nymph was relatively short and ecdysis generally began from the dorsal junction of the thorax and abdomen. Molting and emergence behavior were easily affected by the external environment.

Key words *Reticulitermes chinensis*, molting, emergence, last instar nymph

黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder 在我国分布广泛, 是危害房屋建筑的重要白蚁种类 (林树青等, 2004), 因其具有群体数量较小、危害分散和补充繁殖能力强的特点, 治理难度也较大 (李桂祥, 2002)。我国学者对黑胸散白蚁生物学开展了较多的研究报道, 有学者还对黑胸

散白蚁进行了研究综述 (刘源智, 2003; 尉吉乾等, 2010)。这些研究报道涉及黑胸散白蚁生物学的各个方面, 包括补充型生殖蚁的产生及发育的观察 (唐国清和刘源智, 1990)、新群体的建立和发展及与环境的关系 (刘源智等, 1996)、补充生殖蚁群体的发展与发育规律 (刘源智和唐

* 资助项目 Supported projects: 成都市城乡房产管理局自主研究课题项目 (CDSFGJ20100301)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: xu_peng_1891@126.com

收稿日期 Received: 2014-01-14, 接受日期 Accepted: 2014-01-21

太英, 1994) 农村环境条件下的黑胸散白蚁生物生态学研究(张树棠等, 1996) 幼期不同品级的发育和分化(刘源智等, 2002a) 分飞成熟年龄及生殖蚁对子代个体分化的抑制作用(刘源智等, 2002b) 多对脱翅成虫群养的产卵及孵化行为(彭晓涛等, 2009) 分离饲养补充型生殖蚁的产生及羽化分飞行为(严少辉等, 2012) 等,但是未见有黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化行为的相关报道,本研究即是在实验室条件下观察黑胸散白蚁末龄若虫的蜕皮羽化行为,进一步探索黑胸散白蚁的生物学特性,以便为相关研究和危害治理提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试白蚁

2013 年 3 月 15 日,我们将在室内饲养的一成熟黑胸散白蚁(定名为成都市白蚁防治研究所徐鹏博士)群体的部分末龄若虫移入直径为 90 mm 的培养皿内加盖饲养,培养皿底部预先放入两层经纯净水浸湿的直径约 90 mm 的滤纸。将培养皿放入无光照条件下的人工气候箱内,气候箱温度设置为 26℃,相对湿度设置为 75%,该气候箱温度变幅范围为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,湿度变幅范围为 $\pm 5\%$ 。对原群体室内自然温度条件下饲养观察。

1.2 观察方法

对气候箱内饲养的供试白蚁,前期每 24 h 观察记录,待发现有末龄若虫开始蜕皮羽化后,即每 2 h 观察记录。对室内饲养的原群体,则每 24 h 观察记录。

2 结果与分析

2.1 黑胸散白蚁正常羽化

2.1.1 蜕皮羽化前 气候箱恒温恒湿内饲养 2 d 后,即 3 月 17 日上午 11:00 左右,即观察到有 7 只末龄若虫活动性出现明显减弱的现象,末龄幼虫进入蜕皮准备状态,黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮前的形态见图 1。图 1(A)为带翅芽的低龄若虫,该发育阶段的若虫仅具有微短翅芽,且复眼颜色

较浅,随着不断发育蜕皮,若虫翅芽逐渐长长,复眼颜色加深变黑(图 1: B 红色箭头标注的位置)。当若虫前后翅覆盖面积超过若虫胸腹部整体长度的一半时,若虫即进入末龄若虫期,末龄若虫经最后一次蜕皮即羽化为成虫,黑胸散白蚁的末龄若虫见图 1(C)。当外界环境条件适宜时,末龄若虫的活动性明显减弱,室内观察到的 7 只活动性明显减弱且不再爬动的末龄若虫,其中 2 只平卧,足均未完全伸展(图 1: D),5 只虫体侧躺(图 1: E),7 只若虫均仅触角和头部在轻微晃动。2 h 后,侧躺若虫身体向内即腹部方向弯曲呈一定弧度,两只原平卧的若虫变成侧躺姿势,蜕皮开始产生(图 1: F)。末龄幼虫从活动性明显减弱至蜕皮开始产生需 2~4 h ($n=12$)。观察到的末龄若虫蜕皮羽化前身体保持侧躺且向内弯曲的姿势,很有可能是为了便于蜕皮的破裂和脱落。

2.1.2 蜕皮羽化中 蜕皮通常是从胸腹交界处的背部开始破裂,然后逐渐向胸部及腹部背板方向破裂。蜕皮破裂产生后,虫体腹部、胸部和头部以“拱”的形式逐渐从蜕皮裂口处钻出。虫体从蜕皮钻出的过程中,足往往采用蹬、踩、刮的形式帮助躯体从蜕皮中钻出,有时蜕皮未完全脱离身体时,虫体还可通过爬行使虫体或蜕皮与外界环境摩擦致使蜕皮完全脱落。蜕皮从开始破裂至完全脱离身体的时间为 2~8 h ($n=18$)。黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮脱落部位见图 2。其中图 2(A)表示从蜕皮从腹末端脱落;图 2(B)表示从翅末端脱落;图 2(C)表示从触角末端脱落;图 2(D)表示从翅末端或腹末端脱落;图 2(E)表示从口器末端脱落;图 2(F)表示从触角或足末端脱落;图 2(G)表示末龄幼虫的蜕皮,蜕皮很容易脱水而皱缩干瘪。在室内未观察到羽化出的有翅成虫有吃掉其蜕皮的现象。图 2 表明末龄幼虫的蜕皮可从虫体各个部位脱落,室内观察统计发现 48 只成功羽化的末龄若虫的蜕皮至少有 24 只是从腹末端脱落,即蜕皮从腹末端脱落的占 50%以上,由于蜕皮脱落的时间很短且为了尽量减少人为影响,因此尚未能观察统计出蜕皮从其他位置脱落所占的比例。蜕皮脱落位置不同,蜕皮从虫体完全脱落的难易程度就有可能不

同,有时可能还会直接决定是否能否正常羽化。蜕皮从腹末端脱落时,对虫体影响较小,也较容易脱落,从翅末端或触角端部脱落时,既不容易脱落,蜕皮过程中还很可能对柔软脆弱的翅或触角带来一定程度的损坏。

2.1.3 蜕皮脱落后 末龄若虫翅一旦从蜕皮中钻出以后,原先折叠平放于胸腹部背面的双翅即

逐渐向后伸展,前后翅在 4 h 内 ($n=12$) 即可完全伸展。成功羽化后的有翅成虫在 12 h 内 ($n=24$), 身体颜色由白色变为黑色。黑胸散白蚁末龄若虫成功羽化后的形态变化见图 3。图 3(A) 表示白色刚蜕皮羽化的有翅成虫,其蜕皮是从腹末端脱落;图 3(B)表示羽化 2 h 后的有翅成虫,其两对翅仍未完全延展,体色未明显改变;图 3(C)表示

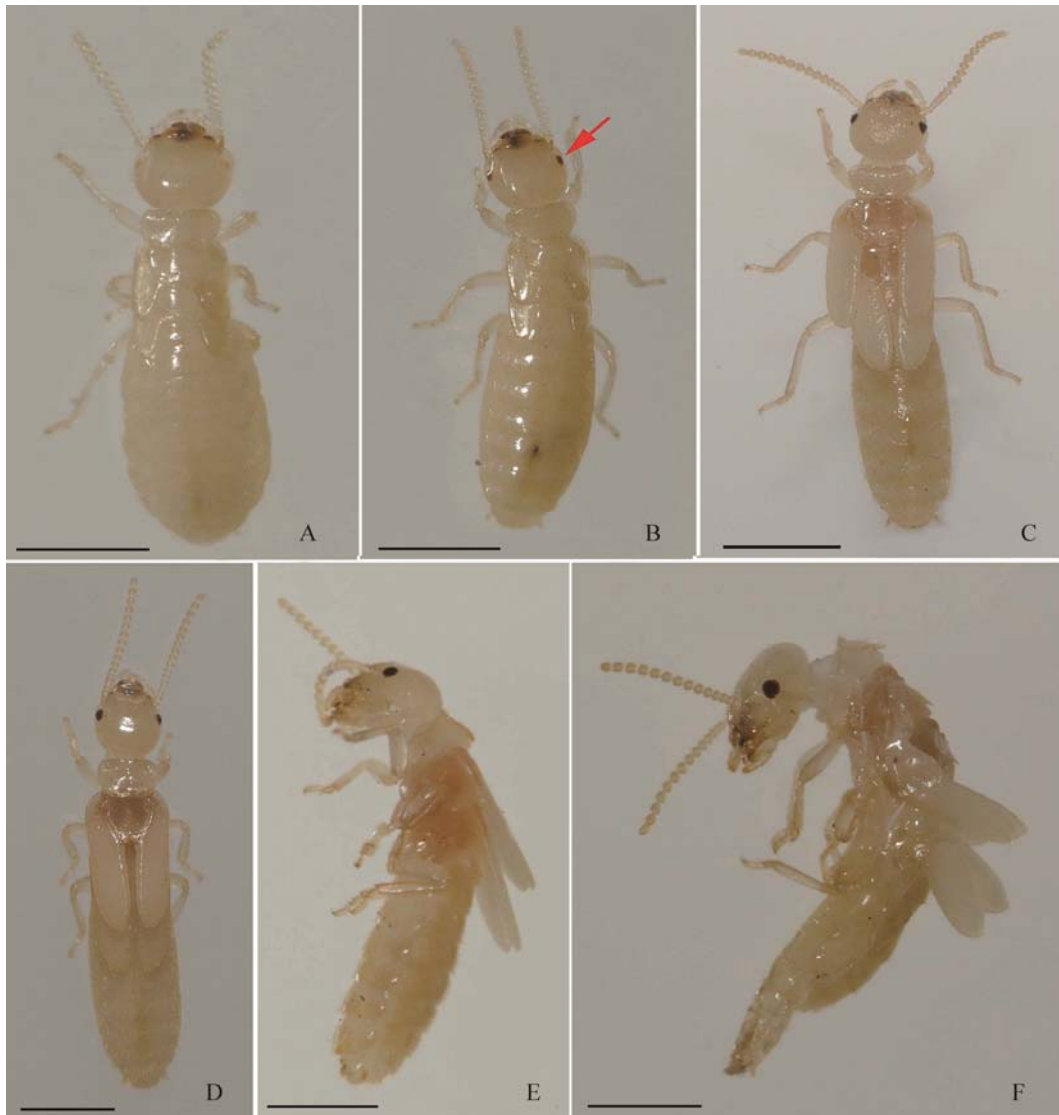


图 1 黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化前的形态

Fig. 1 Morphology of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis* before emergence

A. 低龄若虫; B. 复眼颜色加深变黑的低龄若虫(红色箭头表示加深变黑的复眼); C. 末龄若虫; D. 活动性减弱的末龄若虫; E. 侧躺的末龄若虫; F. 侧躺的正在蜕皮的末龄若虫。比例尺=1 mm。

A. Low instar nymph; B. Low instar nymph with darkened compound eyes (arrow: darkened compound eyes); C. Last instar nymph; D. Last instar nymph with low activity; E. Last instar nymph lying on the side; F. Molting last instar nymph lying on the side. Scale bars= 1 mm.



图 2 黑胸散白蚁末龄若虫正常羽化蜕皮脱落部位

Fig. 2 Position of ecdysis falling off from the normally molting last instar nymph of *Reticulitermes chinensis*

A: 蜕皮从腹末端脱落; B: 蜕皮从翅末端脱落; C: 蜕皮从触角末端脱落; D: 蜕皮从翅或腹末端脱落; E: 蜕皮从口器末端脱落; F: 蜕皮从触角或足末端脱落; G: 蜕皮。比例尺= 1 mm。

A: Ecdysis dropping from the end of abdomen; B: Ecdysis dropping from the end of wings; C: Ecdysis dropping from the end of antennae; D: Ecdysis dropping from the end of wings or abdomen; E: Ecdysis dropping from end of the mouthparts; F: Ecdysis dropping from the end of antennae or legs; G: Ecdyses. Scale bars= 1 mm.

羽化 6 h 后的有翅成虫, 其翅已完全延展, 体色加深; 图 3(D~F) 表示羽化 10 h 后的有翅成虫, 从虫体的背面、腹面和侧面可以看出, 此时的有翅成虫体色已加深至黑褐色, 两对翅的颜色由原来的白色透明变成黑褐色半透明; 图 3(G~I) 表示羽化 12 h 后的有翅成虫, 从虫体的背面、腹面和侧面可以看出, 此时的有翅成虫除足胫节、跗节及腹部侧面局部仍为黄色或白色外, 整个虫体已呈明显的黑色。由图 3 可以看出, 黑胸散白蚁末龄若虫经历最后一次蜕皮羽化后, 有翅成虫翅的延伸及颜色和身体的颜色是一个渐变过程。成功羽化并不意味着马上就会产生分飞, 只有当翅

充分延伸变黑及身体完全加深变黑, 且待外界条件适宜时, 有翅成虫才会产生分飞脱离原来群体。室内分离的若虫在群体气候箱饲养 4 d 后, 即于 3 月 19 日开始出现有翅成虫, 而对室内自然温度条件下饲养的原群体的观察发现, 该群体于 3 月 24 日上午出现第一次分飞, 由此推测黑胸散白蚁为当年羽化当年分飞。

2.2 黑胸散白蚁的非正常羽化

实验室观察统计发现 75 只末龄若虫有 26 只未正常羽化, 即 34.7% 的末龄若虫未正常羽化, 黑胸散白蚁末龄若虫的不正常羽化见图 4。

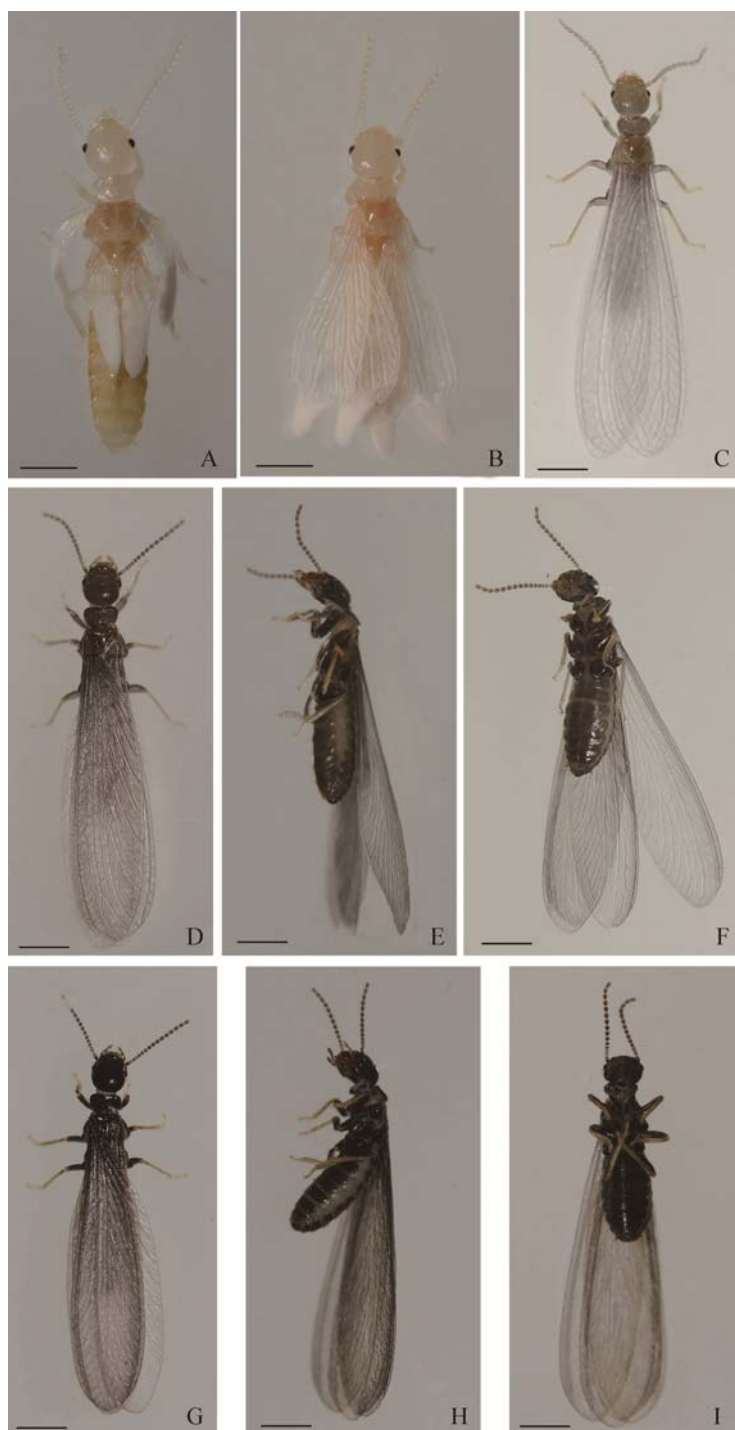


图 3 黑胸散白蚁末龄若虫成功羽化后的形态变化

Fig. 3 Morphological changes of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis* after successful emergence

A: 刚蜕皮羽化后的有翅成虫; B: 羽化 2 h 后的有翅成虫; C: 羽化 6 h 后的有翅成虫; D: 羽化 8 h 后的有翅成虫背面; E: 羽化 8 h 后的有翅成虫侧面; F: 羽化 8 h 后的有翅成虫腹面; G: 羽化 12 h 后的有翅成虫背面; H: 羽化 12 h 后的有翅成虫侧面; I: 羽化 12 h 后的有翅成虫腹面。比例尺=1 mm。

A: Winged adult with new emergence; B: Winged adult after 2 h of emergence; C: Winged adult after 6 h of emergence; D: Dorsal view of winged adult after 8 h of emergence; E: Lateral view of winged adult after 8 h of emergence; F: Ventral view of winged adult after 8 h of emergence; G: Dorsal view of winged adult after 12 h of emergence; H: Lateral view of winged adult after 12 h of emergence; I: Ventral view of winged adult after 12 h of emergence. Scale bars=1 mm.



图 4 黑胸散白蚁末龄若虫的非正常羽化

Fig. 4 Abnormal emergence of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis*

A: 未发生蜕皮的白色末龄若虫; B: 未发生蜕皮的身体部分为黑色的末龄若虫; C: 未成功蜕皮的身体部分为黑色的末龄若虫; D: 未成功蜕皮的身体全部为黑色的末龄若虫; E: 被蜕皮包裹的黑色末龄若虫; F: 蜕皮未从翅末端脱落的黑色有翅成虫; G: 部分翅未正常延伸的黑色有翅成虫; H: 所有翅均未正常延伸的黑色有翅成虫。比例尺=1 mm。

A: White last instar nymph without molting; B: Last instar nymph with dark body part without molting; C: Last instar nymph with dark body part without successful molting; D: Last instar nymph with all dark body without successful molting; E: Dark last instar nymph wrapped in ecdysis; F: Dark winged adult with ecdysis which didn't drop from the end of wings; G: Dark winged adult with no fully extended partial wings; H: Dark winged adult with no fully extended all wings. Scale bars = 1 mm.

图 4(A)表示未发生蜕皮羽化的末龄若虫,因其未发生蜕皮,两对翅因蜕皮包裹而皱缩变形无法正常延展;图 4(B)表示末龄若虫未发生蜕皮,虫体颜色即加深变黑;图 4(C)表示末龄若虫虽发生过蜕皮,但蜕皮没有从虫体破裂脱落,翅仍保持原来的折叠状态,虫体除足胫节及跗节和腹部颜色未变黑加深外,其他部分的颜色均加深变黑;图 4(D)表示末龄若虫虽发生过蜕皮,但蜕皮同样没有从虫体破裂脱落,翅仍保持原来的折叠状态,虫体除足胫节和跗节未加深变黑外,虫体其余部

分均已明显加深变黑;图 4(E)表示末龄若虫虽发生过蜕皮且蜕皮已产生破裂,头及胸部已从破裂的蜕皮中钻出,虫体虽整体颜色加深变黑,但是整个虫体仍然由于蜕皮不完全包裹和束缚而无法正常羽化;图 4(F)表示末龄若虫蜕皮羽化后,有翅成虫右侧前后翅已延伸变黑,整个虫体颜色已加深变黑,但是蜕皮未能从左侧翅末端脱落;图 4(G)表示虽然末龄若虫的蜕皮成功从虫体脱落,虫体整体颜色加深变黑,但有翅成虫左侧两翅未充分延展,仍保持皱缩状态;图 4(H)表示末

龄若虫的最后一次蜕皮虽成功从虫体脱落,但两对翅未充分延展,仍保持皱缩状态。图 4 表明了黑胸散白蚁末龄若虫无法正常羽化的各种情况,无法正常羽化的末龄若虫容易在短时间内死亡,非正常蜕皮羽化产生的有翅成虫,也因蜕皮未完成或未正常脱落、翅未充分延伸变黑等原因,导致最终无法产生正常飞行能力,这些有翅成虫或在短时间内即死亡,或即使能存活较长时间但无法通过分飞脱离原来群体。

3 讨论

白蚁属畏光隐蔽危害的等翅目社会性昆虫,其行为更容易受到周围环境的影响。我们在实验室观察和记录黑胸散白蚁末龄若虫的蜕皮羽化行为是将环境温度设置为 26℃,环境湿度设为 75%,这样的环境条件是否适宜于黑胸散白蚁末龄若虫的蜕皮羽化有待进一步研究证实。另外,实验室观察发现约三分之一的末龄若虫无法正常羽化,实验观察过程中,需要经常移动供试白蚁,而白蚁又畏光,移动和观察过程中难免会对黑胸散白蚁末龄若虫的羽化带来影响,这一问题有待进一步解决。

根据翅芽长度,黑胸散白蚁若虫期可分为 4 个龄期(刘源智等,2002a)。李桂祥(2002)认为黑胸散白蚁群体内的若虫是先后陆续产生。他认为低龄有翅若虫发育为末龄有翅若虫经历的时间与低龄若虫何时产生有关。如在初夏产生,以后可继续发育相当长一段时间,到入冬时,则可发育成末龄若虫;如在秋末产生,个体发育会因温度的降低而停滞,只有在翌年春末夏初才又获得继续发育的机会,到第三个年头的春末才有可能发育蜕皮至有翅成虫。由此可见,我们在实验室观察的末龄若虫,其若虫期至少已经历半年以上。末龄幼虫经历最后一次蜕皮后,并非都向长翅有翅方向发展,部分末龄幼虫经历最后一次蜕皮还可发展为翅鳞型或长翅芽型补充生殖蚁(刘源智等,1998)。

潘演征等(1990)和刘源智等(2002b)研究认为黑胸散白蚁从原始配对到群体成熟产生

有翅成虫羽化分飞要 7~10 年的时间。严少辉等(2012)3 月份分离饲养含翅芽的若蚁群体 25 d 后,即羽化长出有翅成虫,4 月份之后分离的多品级群体,分离后 2 年即可产生羽化分飞。3 月下旬,正值成都地区黑胸散白蚁分飞期,室内 26℃恒温饲养黑胸散白蚁的末龄有翅成虫群体,饲养 4 d 后,群体即出现有翅成虫,由上可见只要群体具有一定数量的有翅若虫,尤其是当群体具有末龄若虫且在外界条件适宜时,群体很容易在较短的时间内产生有翅成虫和分飞。补充繁殖能力强,在短时间内小群体黑胸散白蚁容易产生有翅成虫分飞蔓延,这也是在实际防治工作中,黑胸散白蚁很难根治的重要原因(李桂祥,2002;严少辉等,2012)。

黑胸散白蚁是当年羽化,当年分飞,分飞时间一般是在每年的 3—6 月,但不同地区的黑胸散白蚁羽化分飞发育存在一定差异(李桂祥,2002)。四川成渝地区黑胸散白蚁一般是每年 3—5 月中旬晴天上午 11:00—下午 4:00 集中分飞(李桂祥,2002)。受气温转暖早迟及栖居小环境的影响,即使在同个地区黑胸散白蚁的羽化发育分飞历期有可能很长(潘演征等,1983)。河南地区黑胸散白蚁羽化期前后可达 60 d 之久(王治国和李东升,1982)。黑胸散白蚁群体每年可产生 126~8 137 头的有翅成虫(潘演征等,1985)。末龄若虫成功羽化为有翅成虫后,待条件适宜时,才会分飞脱离原群体,每个群体当年产生的有翅成虫一般是分 1 次或 2 次飞离群体,分 3 次以上飞离群体的较少(刘源智等,1998)。严少辉等(2012)在 10 月份室内饲养单品级翅芽若蚁群体时,11 月份还观察到黑胸散白蚁的反季节羽化现象。白蚁科的一种象白蚁 *Nasutitermes princeps* 有翅成虫还可不经历分飞直接在原群体内形成补充型繁殖蚁(Roisin and Pasteels, 1986),圆唇散白蚁 *Reticulitermes labralis* 末龄若虫经蜕皮后还可发育成未成熟的长翅有翅成虫,这种有翅成虫体色并未变黑,可在巢内脱翅形成补充型繁殖蚁(Xing et al., 2014)。黑胸散白蚁有翅成虫是否具有这种未成熟的有翅成虫,其是否也可不经过分飞直接在原

群体内形成补充型繁殖蚁有待进一步观察研究。

本研究主要观察了黑胸散白蚁末龄若虫的蜕皮羽化行为,至于各龄若虫的发育历期、末龄幼虫的蜕皮羽化机制及如何干扰末龄若虫正常的蜕皮羽化都有待于进一步的研究。

参考文献 (References)

- Roisin Y, Pasteels JM, 1986. Replacement of reproductives in *Nasutitermes princeps* (Desneux) (Isoptera: Termitidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 18(6): 437–442.
- Xing LX, Wu J, Su XH, Kong XH, Liu MH, Wang K, 2014. The ‘floppy-wing’ morph of the subterranean termite *Reticulitermes labralis* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect. Soc.*, accepted.
- Li GX, 2002. Termites and Their Control in China. Beijing: Science Press. 165–166. [李桂祥, 2002. 中国白蚁及其防治. 北京: 科学出版社. 165–166.]
- Lin SQ, Song XG, Gao DR, Yuan RL, Li XY, Xiao WL, Yao LQ, 2004. Training Textbook for Termite Control in China. Beijing: Chinese Price Press. 300–301. [林树青, 宋晓钢, 高道蓉, 袁荣兰, 李小鹰, 肖维良, 姚力群, 2004. 中国白蚁防治专业培训教程. 北京: 中国物价出版社. 300–301.]
- Liu YZ, 2003. Studies on *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Chin. J. Hygi. Insecti. & Equip.*, 9(4): 8–12. [刘源智, 2003. 黑胸散白蚁的研究. 中华卫生杀虫药械, 9(4): 8–12.]
- Liu YZ, Jiang Y, Su XY, Peng XF, Wei HJ, Shi WP, Tang GQ, 1998. Biology and Control of Termites in China. Chengdu: Publishing House of Chengdu Science and Technology University. 54–71. [刘源智, 江涌, 苏祥云, 彭心赋, 魏翰均, 史文鹏, 唐国清, 1998. 中国白蚁生物学及防治. 成都: 成都科技大学出版社. 54–71.]
- Liu YZ, Pan YZ, Tang GQ, Tang TY, 1996. Influence of environmental factors on the colonization of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomol. Sin.*, 39(4): 375–381. [刘源智, 潘演征, 唐国清, 唐太英, 1996. 黑胸散白蚁新群体的建立和发展与环境条件的关系. 昆虫学报, 39(4): 375–381.]
- Liu YZ, Peng XF, Tang GQ, Peng XT, 2002a. Development and differentiation of various castes in the immature stage of *Reticulitermes chinensis*. *Acta Entomol. Sin.*, 45(4): 487–493. [刘源智, 彭心赋, 唐国清, 彭小涛, 2002a. 黑胸散白蚁幼期不同品级的发育和分化. 昆虫学报, 45(4): 487–493.]
- Liu YZ, Tan SJ, Wei HJ, Sun JN, Tang GQ, Chen S, 2002b. The developmental length for flight and inhibition from reproductives on individual differentiation of colony of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomol. Sin.*, 45(3): 346–351. [刘源智, 谭速进, 魏翰均, 孙剑宁, 唐国清, 陈诗, 2002b. 黑胸散白蚁的分飞成熟年龄及生殖蚁对子代个体分化的抑制作用. 昆虫学报, 45(3): 346–351.]
- Liu YZ, Tang TY, 1994. The colony development and growth by substitute reproductives of *Reticulitermes chinensis*. *Acta Entomol. Sin.*, 37(1): 38–42. [刘源智, 唐太英, 1994. 黑胸散白蚁补充生殖蚁群体的发展与发育规律. 昆虫学报, 37(1): 38–42.]
- Pan YZ, Liu YZ, Tang GQ, 1990. The establishment and development of colonies in *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomol. Sin.*, 33(2): 200–206. [潘演征, 刘源智, 唐国清, 1990. 黑胸散白蚁新群体的建立及发展规律. 昆虫学报, 33(2): 200–206.]
- Pan YZ, Liu YZ, Tang GQ, Lu JL, Dai XL, Yu JH, Chen YM, Peng XF, Chai WL, 1983. Observation and predication of nuptial flight stage of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *J. Sichuan For. & Technol.*, 4(2): 49–53. [潘演征, 刘源智, 唐国清, 鲁九林, 戴小林, 余建华, 陈玉明, 彭心赋, 柴文莉, 1983. 黑胸散白蚁分飞期的观察及预测. 四川林业科技, 4(2): 49–53.]
- Pan YZ, Peng XF, Lu JL, Chai WL, 1985. Division and predication of nuptial flight stage of *Reticulitermes chinensis* Snyder in Sichuan basin. *J. Nanjing Inst. For.*, 9(4): 144–151. [潘演征, 彭心赋, 鲁九林, 1985. 黑胸网蜚在四川盆地的分飞期的划分与预测. 南京林学院学报, 9(4): 144–151.]
- Peng XT, Yan SH, Zhang YQ, Sun X, 2009. Oviposition and hatching behavior of *Reticulitermes chinensis* under group rearing condition with several couples of dealate adults. *Chin. Bull. Entomol.*, 46(3): 469–471. [彭晓涛, 严少辉, 张永强, 孙叙, 2009. 黑胸散白蚁多对脱翅成虫群养的产卵及孵化行为. 昆虫知识, 46(3): 469–471.]
- Tang GQ, Liu YZ, 1990. Observations on the production and development of replacement reproductives of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomol. Sin.*, 33(1): 43–48. [唐国清, 刘源智, 1990. 黑胸散白蚁补充型生殖蚁的产生及发育的观察. 昆虫学报, 33(1): 43–48.]
- Wang ZG, Li DS, 1982. Studies on the swarming rule of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *J. Henan Acad. Sci.*, 1(1): 92–97. [王治国, 李东升, 1982. 黑胸散白蚁 (*Reticulitermes chinensis* Snyder) 分飞规律的研究. 河南省科学院学报, 1(1): 92–97.]
- Wei JQ, Mo JC, Xu W, Xie GX, 2010. Advances in research on *Reticulitermes chinensis* (Isoptera: Rhinotermitidae) in China. *Chin. J. Vector Biol. & Control*, 21(6): 635–637. [尉吉乾, 莫

- 建初, 徐文, 谢国雄, 2010. 黑胸散白蚁的研究进展. 中国媒介生物学及控制杂志, 21(6): 635–637.]
- Yan SH, Peng XT, Sun X, 2012. The production of substitute reproductives and eclosion–swarming behavior in segregated, captive colonies of *Reticulitermes chinensis*. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 49(6): 1559–1564. [严少辉, 彭晓涛, 孙叙, 2012. 黑胸散白蚁分离饲养补充型生殖蚁的产生及羽化分飞行为. 应用昆虫学报, 49(6): 1559–1564.]
- Zhang ST, Lin XE, Liang Z, 1995. A primary studies on the biological and ecological speciality of the termites. *J. Shanxi Agric. Sci.*, 23(1): 44–48. [张树棠, 林信恩, 梁智, 1995. 黑胸散白蚁生物生态学特性研究. 山西农业科学, 23(1): 44–48.]