

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.06.007

相对湿度对红彩瑞猎蝽生长发育和捕食斜纹夜蛾的影响

孙郑¹, 游梓翊¹, 陈德鑫²,
林一凡³, 胡燕³, 邓海滨¹

- 广东省烟草科学研究所, 广东 韶关 512029;
- 中国烟草总公司 海南省公司 海口雪茄研究所, 海口 571100;
- 广东烟草韶关市有限公司, 广东 韶关 512029

摘要: 红彩瑞猎蝽是烟田斜纹夜蛾的重要捕食性天敌昆虫, 为探究不同湿度对红彩瑞猎蝽生长发育及捕食能力的影响, 室内测定了温度为 28 °C、相对湿度条件分别为 15%, 35%, 55%, 75% 和 95% 时, 红彩瑞猎蝽卵发育历期、孵化率、各龄若虫发育历期、体质量及存活率、成虫寿命、对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的日均捕食量等指标。结果表明: 55%~75% 是红彩瑞猎蝽生长发育的最适湿度, 在此条件下, 红彩瑞猎蝽卵发育历期最短、孵化率最高、若虫生长发育历期最短、若虫和成虫的存活率最高。在 15% 和 95% 相对湿度的条件下, 红彩瑞猎蝽的卵孵化率下降显著, 若虫发育历期显著延长, 若虫体质量降低, 若虫存活率下降, 成虫寿命缩短。不同湿度下红彩瑞猎蝽若虫及成虫对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的捕食量无明显差异。研究结果表明, 相对湿度条件为 55%~75% 是红彩瑞猎蝽生长发育的最适湿度, 能够提高天敌繁育质量, 为今后进一步明确扩繁该天敌昆虫的最适环境条件和实践应用奠定了良好的理论基础。

关键词: 红彩瑞猎蝽; 相对湿度; 生长发育,
斜纹夜蛾; 捕食量

中图分类号: S433.3

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)06-0064-11

The Effect of Relative Humidity on the Development of *Rhynocoris fuscipes* and the Predation on *Spodoptera litura*

SUN Zheng¹, YOU Ziyi¹, CHEN Dexin²,

收稿日期: 2024-01-16

基金项目: 中国烟草总公司科技重大专项项目[110202101028(LS-03), 110202101046(LS-06)]; 中国烟草总公司广东省公司科技项目(201944000020031); 海南省重点研发计划项目(ZDYF2021XDNY141)。

作者简介: 孙郑, 博士, 农艺师, 主要从事烟草栽培和病虫害防治。

通信作者: 邓海滨, 博士, 高级农艺师。

LIN Yifan³, HU Yan³, DENG Haibin¹

1. Tobacco Research Institute of Guangdong Province, Shaoguan Guangdong 512029, China;

2. Haikou Cigar Research Institute, Hainan Provincial Branch of CNTC, Haikou 571100, China;

3. Tobacco Company of Shaoguan City in Guangdong Province, Shaoguan Guangdong 512029, China

Abstract: The predatory insect *Rhynocoris fuscipes* plays a crucial role in controlling *Spodoptera litura* populations in tobacco fields. To investigate the impact of different humidity levels on the growth, development, and predation ability of *R. fuscipes*, indoor experiments were conducted at a temperature of 28 °C with relative humidity of 15%, 35%, 55%, 75%, and 95%, respectively. Various parameters including egg development period, hatching rate, nymph development period, body weight, survival rate of *R. fuscipes* individuals (both nymphs and adults), adult lifespan duration were measured alongside with daily average predation rates on third instar *S. litura* larvae. The findings suggest that an optimal humidity range between 55% to 75% is most effective to promote the growth and development of *R. fuscipes*, in which condition, egg hatching rates reached the highest level, ensuring high survival rates for both nymphs and adults. However, exposure to 15% and 95% relative humidity led to significant reduction of hatching rate of *R. fuscipes*, prolonged nymph development periods, decreased nymph body weight and survival rates, as well as shortened adult lifespans. There was no notable difference in the predation capacity of *R. fuscipes* nymphs and adults on third instar *S. litura* larvae under varying humidity levels. The results demonstrated that the optimal humidity range for the growth and development of *R. fuscipes* lies between 55% and 75% relative humidity. This range can enhance the breeding quality of natural enemies, providing a solid theoretical foundation for further determining the optimal environmental conditions and practical applications for the propagation of this beneficial insect.

Key words: *Rhynocoris fuscipes*; relative humidity; development; *Spodoptera litura*; predation

温度、湿度和光照等气候因素与昆虫的个体发育和种群发生数量密切相关。其中,外界湿度会对昆虫体内和体表的水分产生影响,体内的水平衡被破坏,进而影响其个体生长发育及种群动态^[1]。不同昆虫在不同发育虫态受相对湿度的影响程度也不相同,通常情况下,极端的干旱和高湿条件不利于昆虫生长发育,例如,在相对湿度 10% 下益蝽(*Picromerus lewisi*)若虫存活率显著降低、发育历期和卵发育时间显著延长、孵化率显著降低^[2];南方圆头犀金龟(*Cyclocephala borealis*)的卵孵化率随着湿度降低而显著降低^[3]。环境湿度越大,荔枝蒂蛀虫(*Conopomorpha sinensis*)虫蛹的羽化率就越低^[4];在降雨导致的高湿环境下,棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)蛹和成虫的死亡率明显升高^[5];在一定温度范围内,番茄刺皮瘿螨(*Acullops lycopersici*)的发育随着湿度升高而延缓^[6]。高湿和低湿条件对一些昆虫的发育反而是有利的,松墨天牛(*Monochamus alternatus*)在高湿环境下的越冬存活率显著提高^[7], Sánchez-Ramos 等^[8]对粉螨(*Acarus farris*)、瓜食酪螨(*Tyrophagus neiswanderi*)和腐食酪螨(*Tyrophagus putrescentiae*)的研究结果显示,这 3 种螨虫在高湿的环境下生长发育质量更高,而最适合剑毛帕厉螨(*Stratiolaelaps scimitus*)生长发育的相对湿度为 100%^[9]。在高温和 80.00%~94.14% 高湿条件下,斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)生长发育历期和成虫寿命缩短,各虫态存活率明显提高^[10]。而温度 26~30 °C、相对湿度达到 80% 以上的条件,更适合甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)的生长发育与繁殖^[11]。10% 湿度提高了铜绿丽金龟(*Anomala corpulenta*)的卵孵化率,卵孵化历期明显缩短^[12],这些研究说明不同昆虫在生长发育过程中对湿度的要求截然不同。

红彩瑞猎蝽(*Rhynocoris fuscipes*)是半翅目(Hemiptera)猎蝽科(Reduviidae)^[13]天敌昆虫。该天敌在全世界分布范围较广^[14],能捕食棉铃虫、烟蚜(*Myzus persicae*)、斜纹夜蛾、小地老虎(*Agrotis ipsilon*)和褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)等多种农田害虫^[15-19]。在我国南方烟区,红彩瑞猎蝽被广泛用于防控斜纹夜蛾,曾涛等^[20]报道了该天敌不同虫态在不同温度条件下对斜纹夜蛾3龄幼虫都有较强的捕食作用,其捕食功能反应类型均属于Holling II型,其中雌成虫对斜纹夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量可达15.5头以上,在斜纹夜蛾生物防治中具有很好的应用潜力,但不同湿度条件对红彩瑞猎蝽的生长发育及对捕食量的影响还尚不明确。为了进一步合理利用红彩瑞猎蝽,需要对该虫的繁育条件进行深入探索,本研究探讨了不同湿度条件对红彩瑞猎蝽生长发育和捕食斜纹夜蛾的影响,以便进一步明确扩繁该天敌昆虫的最适环境要求,提高天敌繁育质量,为下一步更好发挥红彩瑞猎蝽的生防作用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试红彩瑞猎蝽于2021年采自广东省韶关市南雄市古市镇溪口村,用人工饲料室内饲养多代,斜纹夜蛾幼虫购自河南省济源白云实业有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 不同湿度对红彩瑞猎蝽生长发育的影响

将红彩瑞猎蝽产出时间为24 h以内的卵和初孵24 h以内的1龄若虫分别置于温度28℃,湿度为15%,35%,55%,75%,95%的5个恒温恒湿培养箱内,每个湿度处理取150粒卵,每15粒卵分装于一个直径为8 cm,高为6 cm的饲养盒中,直至卵全部孵化;设置4个重复处理,每个处理取红彩瑞猎蝽的1龄若虫15头,分别单头饲养在28 mL的养虫杯中,饲喂低龄米蛾幼虫直至红彩瑞猎蝽发育为成虫。分别记录红彩瑞猎蝽的卵孵化率、卵与各龄若虫发育历期以及存活率、成虫获得率和雌雄性成虫寿命。从3龄开始,将蜕皮24 h以内的各龄期若虫以及成虫分别称重,记录其体质量。

1.2.2 不同湿度条件下红彩瑞猎蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食量

在不同湿度条件下的红彩瑞猎蝽禁食24 h后,取单头红彩瑞猎蝽4龄若虫和雌雄成虫测试对斜纹夜蛾3龄幼虫的捕食量,每处理重复6次,24 h后统计被捕食的斜纹夜蛾数量。

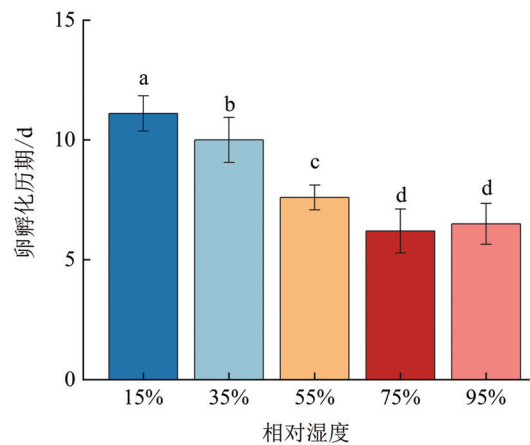
1.3 数据处理与统计学分析

使用IBM SPSS Statistics 25.0软件进行数据的统计分析,并用OriginPro 2019软件绘制图表。采用单因素方差分析(One-way ANOVA)(Tukey法)进行多重比较,分析不同湿度水平对各指标的影响。

2 结果与分析

2.1 不同湿度对红彩瑞猎蝽卵孵化历期的影响

不同湿度水平对红彩瑞猎蝽的卵孵化历期具有显著影响。由图1可知,相对湿度15%处理的红彩瑞猎蝽卵孵化历期最长,为11.1 d,明显高于其他湿度处理,而相对湿度75%和95%条件下的卵孵化历期分别为6.2 d与6.5 d,明显低于其他湿度处理,差异均具有统计学意义。

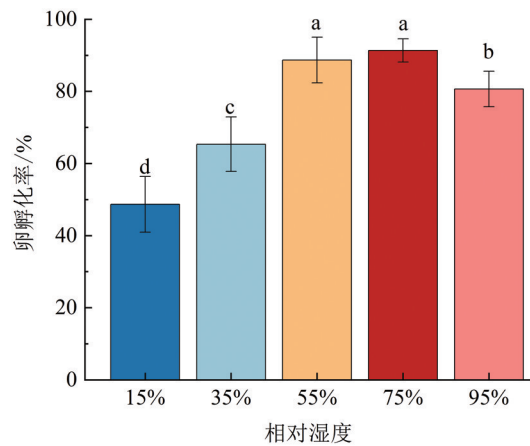


小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

图 1 不同相对湿度水平下红彩瑞猎蝽的卵孵化历期

2.2 不同湿度对红彩瑞猎蝽卵孵化率的影响

不同湿度水平对红彩瑞猎蝽的卵孵化率有显著影响. 由图 2 可知, 相对湿度为 75% 的孵化率最高, 为 91.33%, 但与相对湿度为 55% 的处理比较, 差异无统计学意义; 相对湿度为 75%, 55% 的孵化率均明显高于其他湿度处理下的孵化率, 差异具有统计学意义; 在各处理中, 相对湿度为 15% 的孵化率最低, 为 48.67%, 明显低于其他湿度处理, 差异具有统计学意义.



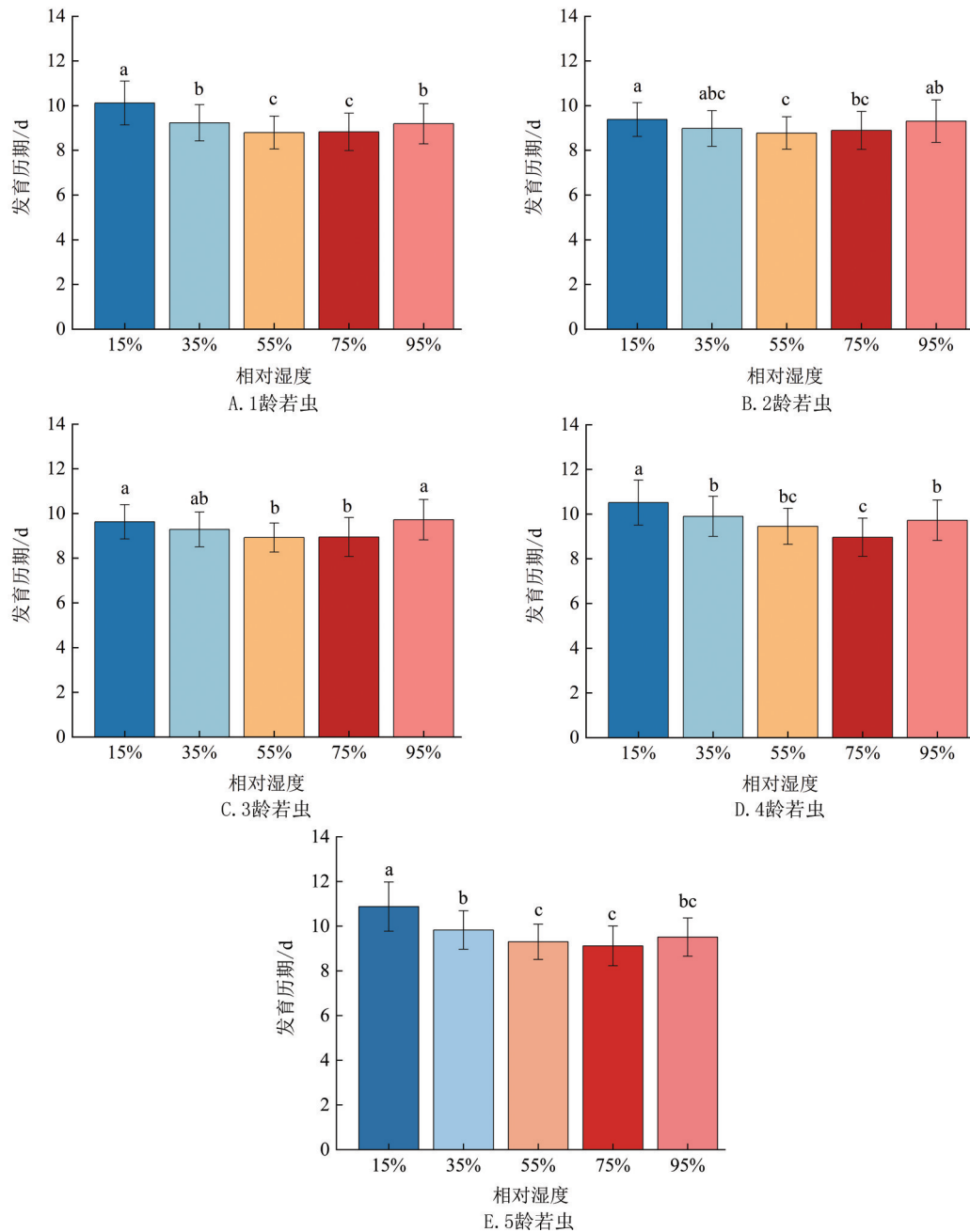
小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

图 2 不同相对湿度水平下红彩瑞猎蝽的卵孵化率

2.3 不同湿度对红彩瑞猎蝽若虫发育历期的影响

不同湿度对红彩瑞猎蝽若虫发育历期有显著影响, 由图 3 可知, 不同湿度处理的 1 龄若虫、2 龄若虫、3 龄若虫、4 龄若虫和 5 龄若虫发育历期比较, 差异均具有统计学意义. 1 龄若虫和 2 龄若虫在相对湿度 55% 条件下发育历期最短, 分别为 8.80 d 和 8.77 d, 在 15% 的相对湿度条件下发育历期最长, 分别为 10.12 d 和 9.37 d. 1 龄若虫 15% 相对湿度条件下发育历期明显长于其他相对湿度处理. 2 龄若虫在 15% 的相对湿度条件下发育历期最长, 明显长于 55% 和 75% 湿度处理, 差异均具有统计学意义. 3 龄若虫在相对湿度 95% 下发育历期最长, 为 9.72 d, 在相对湿度 55% 下发育历期最短, 为 8.92 d. 4 龄若虫在相对湿度 15% 下的发育历期明显长于其他

湿度处理, 为 10.52 d; 在相对湿度 75% 处理下发育历期最短, 为 8.96 d。5 龄若虫在相对湿度 75% 下发育历期最短, 为 9.1 d; 而在相对湿度 15% 下发育历期最长, 为 10.85 d, 且明显长于其他湿度处理, 差异具有统计学意义。总体上看, 在相对湿度为 55% 与 75% 时, 红彩瑞猎蝽的各龄期发育历期相比于其他相对湿度条件处理更短, 相对湿度为 15% 时各龄期发育历期最长, 相对湿度为 95% 其次。



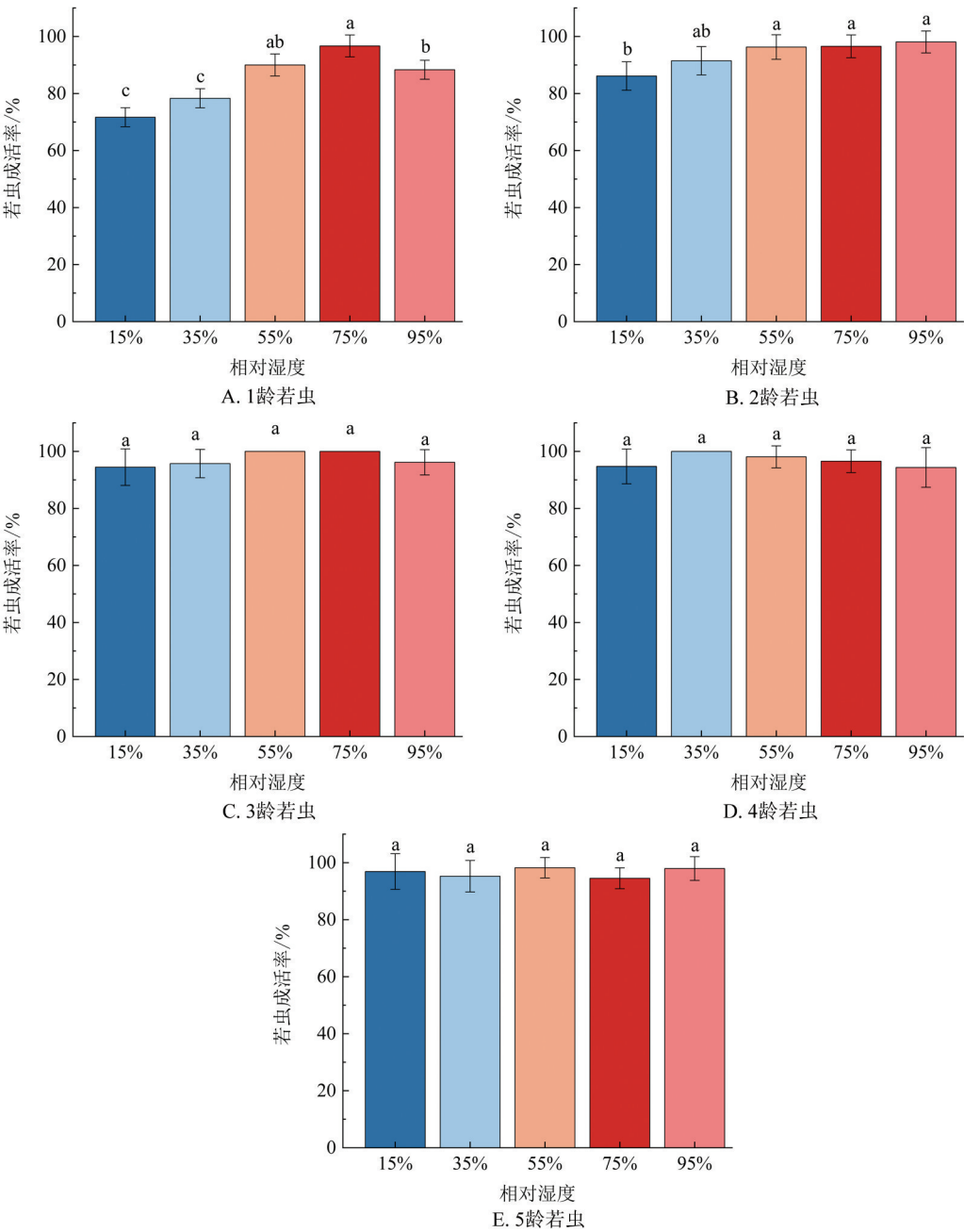
小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图3 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽若虫的发育历期

2.4 不同湿度对红彩瑞猎蝽若虫存活率的影响

不同湿度水平下红彩瑞猎蝽若虫的存活率由图4所示, 湿度对1龄与2龄若虫的存活率有

显著影响,但对 3 龄后若虫并没有显著性影响. 在相对湿度 15%的条件下,1,2 龄若虫的存活率分别为 78.33%与 86.14%,明显低于相对湿度为 55%,75%,95%时的存活率,差异均具有统计学意义;但在红彩瑞猎蝽发育至 3 龄后,不同湿度对红彩瑞猎蝽的发育没有显著影响.



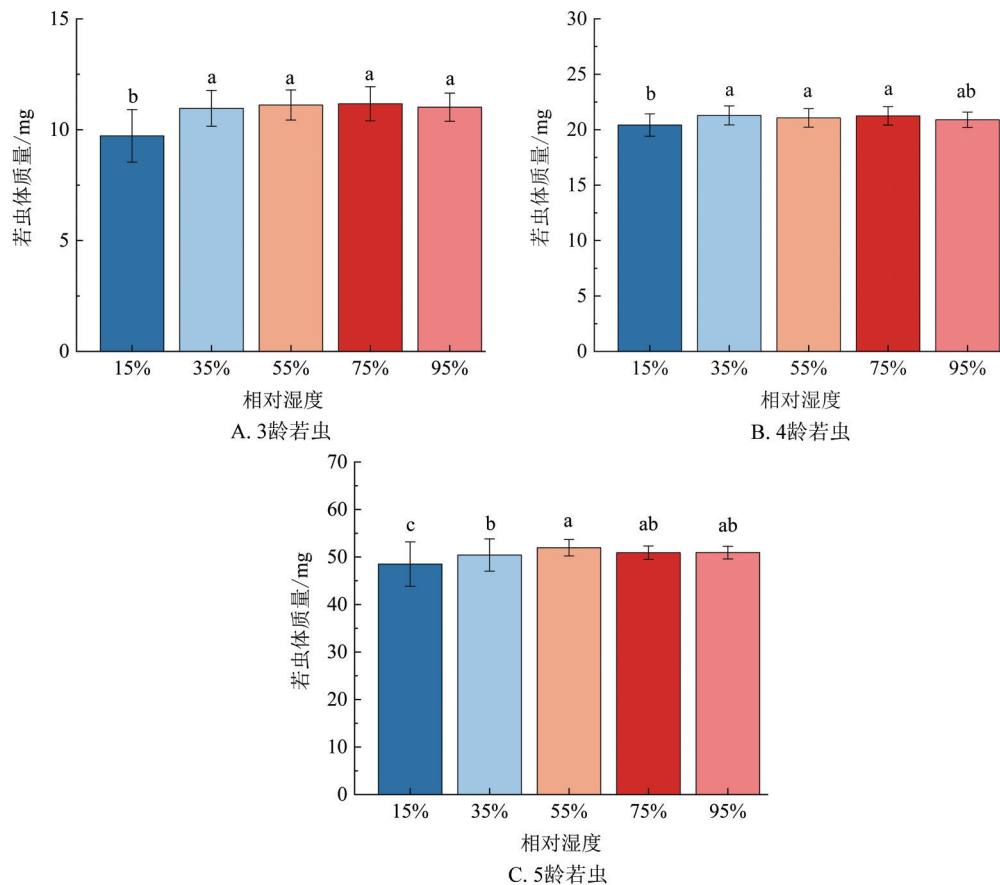
小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

图 4 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽若虫存活率

2.5 不同湿度对红彩瑞猎蝽若虫体质量的影响

不同湿度处理对红彩瑞猎蝽若虫的体质量有显著影响. 由图 5 可知,在相对湿度 15%处理下,3 龄若虫、4 龄若虫、5 龄若虫的体质量最小,分别为 9.72 mg,20.42 mg 和 48.50 mg,明显低于其他湿度处理时的体质量,差异均具有统计学意义. 而 3 龄、4 龄、5 龄若虫在相对湿度为

55%, 75%, 95%时的体质量比较, 差异无统计学意义. 说明在相对湿度过低时, 3龄、4龄、5龄红彩瑞猎蝽若虫的发育会受到显著影响, 而较高的相对湿度则没有明显影响.

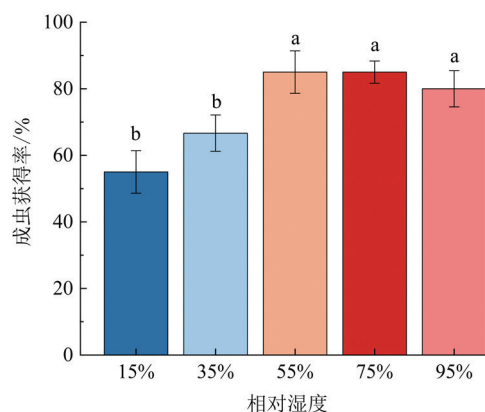


小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图5 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽若虫体质量

2.6 不同湿度对红彩瑞猎蝽成虫获得率的影响

不同湿度条件下红彩瑞猎蝽的成虫获得率具有显著差异. 由图6可知, 当相对湿度为55%, 75%, 95%时, 3组的成虫获得率均明显高于相对湿度15%和35%湿度处理, 差异均具有统计学意义. 在相对湿度为55%与75%时, 成虫获得率最高, 分别为85.00%和85.00%; 相对湿度为15%时, 红彩瑞猎蝽成虫获得率最低, 为55.00%, 说明较低的相对湿度会明显降低成虫获得率.



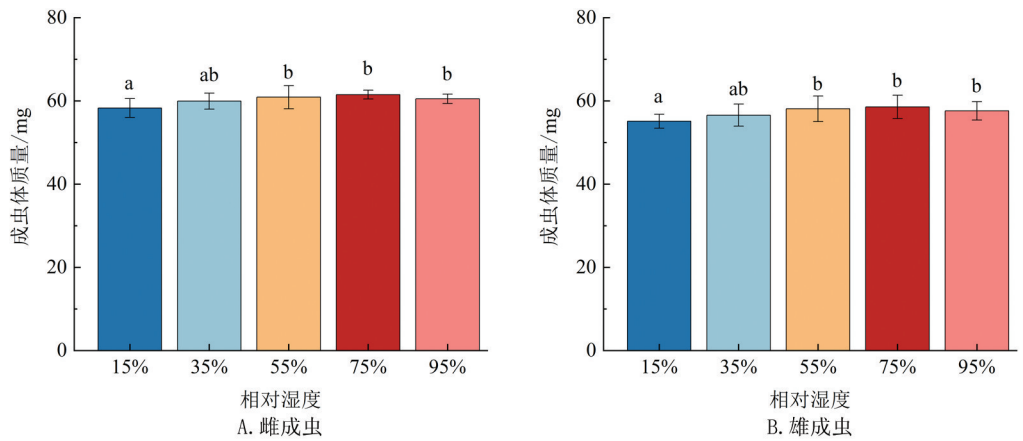
小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图6 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽的成虫获得率

2.7 不同湿度对红彩瑞猎蝽成虫体质量和寿命的影响

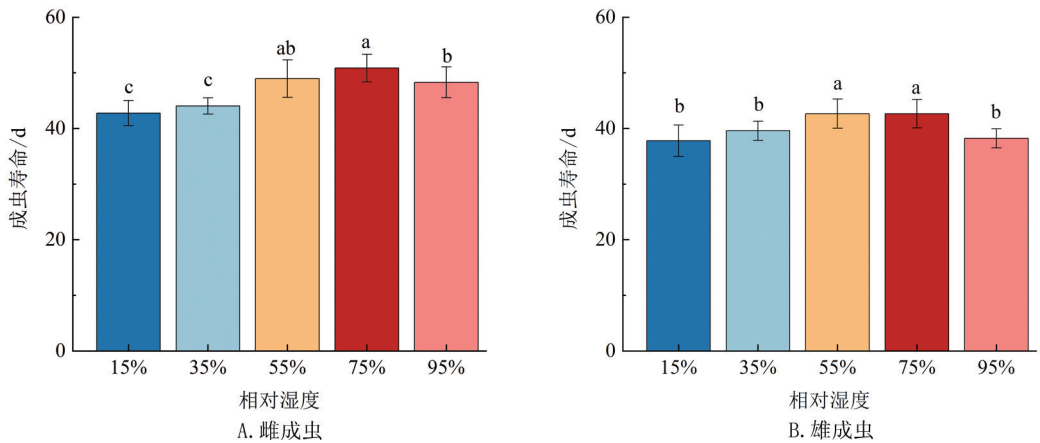
不同湿度处理对红彩瑞猎蝽的成虫体质量具有显著影响. 由图 7 可知, 在相对湿度为 75% 时, 雌性成虫和雄性成虫的体质量最大, 分别为 60.87 mg, 58.54 mg; 在相对湿度 15% 处理下, 雌、雄成虫的体质量最小, 分别为 58.29 mg, 55.11 mg, 且明显低于 55%, 75%, 95% 湿度处理, 差异均具有统计学意义.

不同湿度处理对红彩瑞猎蝽的雌、雄成虫寿命也具有显著影响. 由图 8 可知, 雌成虫在相对湿度为 75% 处理时寿命最长, 为 50.85 d, 雄成虫在相对湿度为 55% 时寿命最长, 为 42.67 d, 雄成虫在相对湿度为 55% 与 75% 处理下寿命明显长于其他湿度处理, 差异具有统计学意义. 在相对湿度 15% 处理下, 雌、雄成虫的寿命均最短, 分别为 42.76 d 和 37.80 d. 在相对湿度低于 35% 和相对湿度为 95% 时, 雌雄成虫的寿命均降低.



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图 7 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽成虫体质量

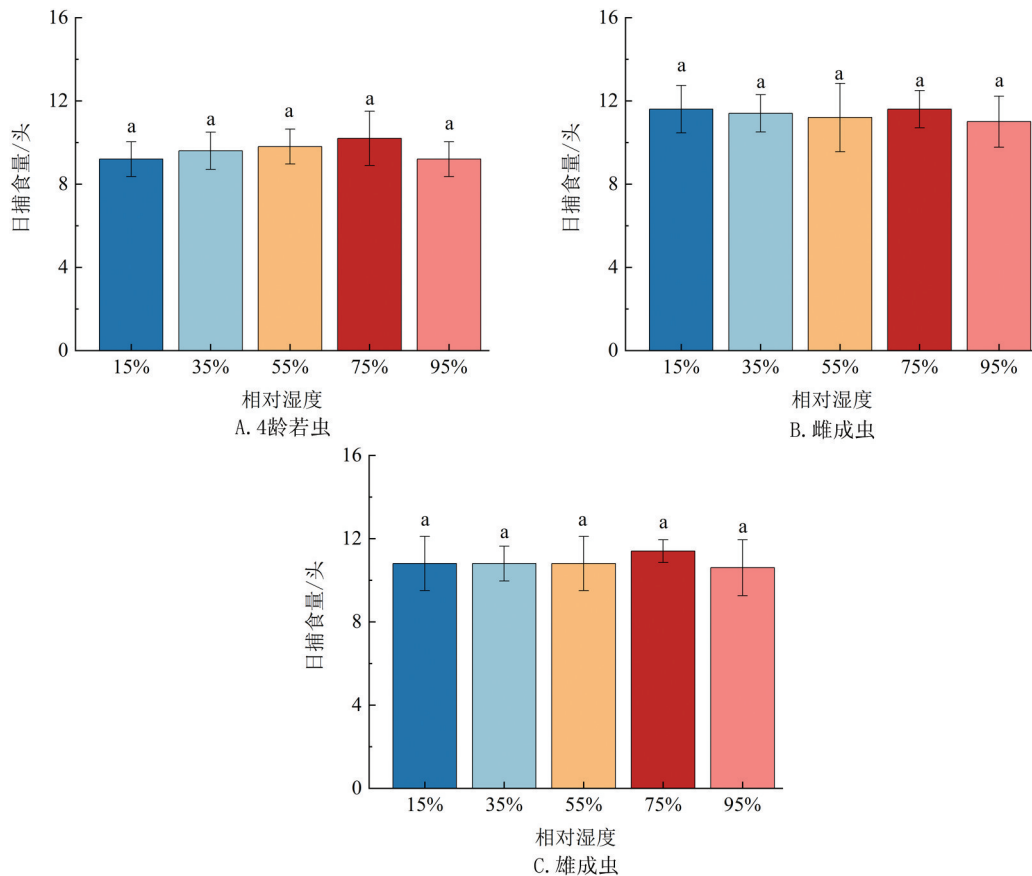


小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图 8 不同湿度水平下红彩瑞猎蝽成虫寿命

2.8 不同湿度对红彩瑞猎蝽捕食量的影响

由图 9 可知, 相对湿度对红彩瑞猎蝽 4 龄若虫及雌、雄成虫的捕食量均无显著影响, 红彩瑞猎蝽 4 龄若虫和雌、雄成虫均在相对湿度为 95% 时对斜纹夜蛾 3 龄幼虫捕食量最低, 分别为 9.21 头、11.62 头和 10.85 头; 在相对湿度 75% 时对斜纹夜蛾 3 龄幼虫捕食量均最高, 分别为 10.23 头、11.86 头和 11.41 头.



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

图9 不同湿度水平下红彩瑞猎蜻对斜纹夜蛾3龄幼虫的日平均捕食量

3 结论与讨论

对大部分昆虫来说,极端低湿和高湿条件均不利于昆虫生长发育和存活^[21].本试验结果表明,在一定温度条件下,相对湿度对红彩瑞猎蜻各虫态的生长发育和存活率有显著影响.红彩瑞猎蜻生长发育最适相对湿度在55%~75%,此湿度范围有利于红彩瑞猎蜻卵发育和孵化、可缩短若虫生长发育历期、提高若虫和成虫的存活率.姚明勇^[22]的研究表明,相对湿度70%条件下叉角厉蜻(*Eocanthecona furcellata*)的雌、雄成虫寿命最长,产卵前期最短,雌成虫产卵次数最多.相对湿度为60%~80%时,草地螟(*Loxostege sticticalis*)存活率最高,生殖能力最强^[23],拟澳洲赤眼蜂(*Trichogramma confusum*)在相对湿度为62%条件下,羽化出蜂率最高,单蜂产卵量最高^[24],这表明红彩瑞猎蜻生长发育的最适湿度范围与大部分昆虫相似.在相对湿度为15%和95%条件下,红彩瑞猎蜻的卵孵化率显著降低,且发育历期显著延长,这可能是由于极端低湿环境下,卵发育所需要的水分不足,导致部分卵不能完成发育,极端高湿条件可能会引起卵粒感染细菌而发霉,造成胚胎死亡,最后导致卵孵化率偏低.这个结果与相对湿度为10%的低湿和90%的高湿环境不利于益蜻卵发育和孵化^[2]的结论相似,也与橄榄果实蝇(*Bactrocera oleae*)在相对湿度为12%条件下产卵量和卵孵化率偏低^[25]的结论相似.

在低湿环境条件下,红彩瑞猎蜻的若虫存活率降低、发育历期延长、成虫获得率较低,雌、雄成虫的质量和寿命都低于其他处理,这可能是由于在过低湿度环境下,干燥胁迫会导致昆虫体表水分蒸发更为强烈,虫体内不能形成足够的液压,猎蜻低龄若虫本身储备的营养水分无法

保证其正常的生长代谢,若虫蜕皮难度增加,进一步导致了其代谢受到影响,甚至有个体会因为脱水变干而死亡.这与二点委夜蛾(*Athetis lepigone*)1龄幼虫在相对湿度为10%的低湿环境下适应性最差,成虫不能完成交配和产卵^[26],草地螟在温度30℃和湿度20%条件下幼虫和成虫存活率最低的研究结论相似^[23].虽然低湿环境不利于大多数昆虫的生长发育和繁殖,但也有研究表明低湿利于刺吸式口器的蚜虫螨类的繁殖^[27-28].而红彩瑞猎蝽在95%高湿环境下发育历期较长,存活率较低的原因可能是由于过高的湿度环境会引起滋生多种昆虫病原物例如病毒和微孢子虫等,减缓昆虫的身体活动,最终可能导致昆虫虫体化水,这与叉角厉蝽在90%的高湿度下,若虫发育历期最短的研究结论有所不同^[22],说明不同昆虫在不同发育阶段对湿度的要求是不同的.

温度对天敌昆虫捕食作用的影响较大^[29],而不同湿度对天敌的捕食或寄生影响研究较少.陈乾锦等^[30]的研究表明,在一定的湿度范围内,湿度与侧沟茧蜂(*Microplitis prodeniae*)对斜纹夜蛾幼虫的寄生率、存活率、羽化率和成蜂寿命呈正相关.本研究结果表明,随着相对湿度的升高,红彩瑞猎蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食量呈先增加后降低的趋势,但不同湿度处理间无显著差异,这说明影响红彩瑞猎蝽捕食行为的主要环境因素可能是温度,湿度对其行动力及感官的影响并不显著,不同温度和湿度组合对红彩瑞猎蝽捕食行为的影响,未来还需要进一步研究,以明确影响红彩瑞猎蝽捕食斜纹夜蛾的关键环境影响因子.

参考文献:

- [1] 常晓娜,高慧璟,陈法军,等.环境湿度和降雨对昆虫的影响[J].生态学杂志,2008,27(4):619-625.
- [2] 纪宇桐,薛传振,王孟卿,等.湿度对益蝽生长发育的影响[J].中国生物防治学报,2022,38(4):975-981.
- [3] POTTER D A. Effect of Soil Moisture on Oviposition, Water Absorption, and Survival of Southern Masked Chafer (Coleoptera: Scarabaeidae) Eggs[J]. Environmental Entomology, 1983, 12(4): 1223-1227.
- [4] 李志强,邱燕萍,向旭,等.湿度对荔枝蒂蛀虫生长发育的影响初探[J].广东农业科学,2009,36(1):63-64.
- [5] 陈法军,翟保平,张孝羲.棉铃虫蛹期土壤水分对其种群发生的影响[J].生态学报,2003,23(1):112-121.
- [6] 许翔,李琳一,王冬生,等.温湿度对番茄刺皮瘿螨实验种群的影响[J].昆虫学报,2006,49(5):816-821.
- [7] 孔维娜,王慧,李捷,等.温湿度对松墨天牛越冬幼虫寿命的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2006,26(3):294-295.
- [8] SÁNCHEZ-RAMOSI, ALVAREZ-ALFAGEME, CASTAÑERAP. Effects of Relative Humidity on Development, Fecundity and Survival of Three Storage Mites[J]. Experimental & Applied Acarology, 2007, 41(1-2): 87-100.
- [9] 王梓清,王伯明,胡小叶,等.温湿度对剑毛帕厉螨生长发育的影响[J].江西农业大学学报,2009,31(6):1039-1043.
- [10] 徐金汉,关雄,黄志鹏,等.不同温湿度组合对甜菜夜蛾生长发育及繁殖力的影响[J].应用生态学报,1999,10(3):335-337.
- [11] 钟国洪,梁广文,莫蒙异,等.温湿度对斜纹夜蛾实验种群的影响[J].华南农业大学学报,2001,22(3):29-32.
- [12] 段爱菊,王淑枝,王利霞,等.温湿度对铜绿丽金龟卵生长发育的影响[J].陕西农业科学,2019,65(10):71-74.
- [13] 黄霞.广西猎蝽科昆虫分类研究[D].桂林:广西师范大学,2007.
- [14] 赵萍,袁继林.贵州真猎蝽亚科昆虫名录及区系分析[J].贵州农业科学,2011,39(7):99-102.
- [15] AMBROSE D P, LIVINGSTONE D. Bioecology of *Rhinocoris fuscipes* Fabr. (Reduviidae) a Potential Predator on Insect Pests[J]. Uttar Pradesh Journal of Zoology, 1986, 6(1): 36-39.
- [16] AMBROSE D P, CLAVERM A. Functional and Numerical Responses of the Reduviid Predator, *Rhinocoris fuscipes* F. (Het. Reduviidae) to Cotton Leafworm *Spodoptera litura* F. (Lep. Noctuidae)[J]. Journal of Applied Entomology, 1997, 121(1-5): 331-336.
- [17] SUNIL V, SAMPATHKUMAR M, LYDIA C, et al. Biology, Predatory Potential and Functional Response of

- Rhynocoris fuscipes* (Fabricius) (Hemiptera: Reduviidae) on Rice Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) (Homoptera: Delphacidae)[J]. Journal of Experimental Zoology India, 2018, 21(1): 259-263.
- [18] 邓海滨, 吕永华, 田明义, 等. 红彩真猎蝽对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(5): 74-78.
- [19] 游梓翊, 刘平平, 蒲小明, 等. 红彩真猎蝽对小地老虎捕食功能反应研究[J]. 天津农业科学, 2023, 29(8): 49-55.
- [20] 曾涛, 游梓翊, 夏长剑, 等. 高温胁迫对红彩真猎蝽存活率及捕食作用的影响[J]. 中国烟草科学, 2023, 44(3): 53-61.
- [21] 荆英, 黄建, 黄蓬英. 湿度对小黑瓢虫生长发育及存活的影响[J]. 华东昆虫学报, 2002, 11(2): 88-91.
- [22] 姚明勇. 叉角厉蝽生物学及捕食作用研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- [23] 唐继洪. 草地螟对温湿度变异的适应与反应[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [24] 顾俊荣, 杨代凤, 邓金花, 等. 温湿度对拟澳洲赤眼蜂生长发育与生殖力的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 129-130.
- [25] BROUFASG D, PAPPASM L, KOVEOSD S. Effect of Relative Humidity on Longevity, Ovarian Maturation, and Egg Production in the Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2009, 102(1): 70-75.
- [26] 马继芳, 李立涛, 甘耀进, 等. 湿度对二点委夜蛾生长发育及繁殖的影响[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(7): 46-50.
- [27] 李小卫, 杨增军, 杨建利. 气象条件对花椒蚜虫发生的影响分析[J]. 现代农业科技, 2019(21): 137-138.
- [28] 邱军, 傅荣恕. 土壤温湿度对甲螨和跳虫数量的影响[J]. 山东师大学报(自然科学版), 2004, 19(4): 72-74.
- [29] 张晓滢, 彭之琦, 陆永跃, 等. 不同温度条件下叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食作用[J]. 环境昆虫学报, 2022, 44(2): 273-280.
- [30] 陈乾锦, 曾强, 张玉珍, 等. 温湿度对斜纹夜蛾侧沟茧蜂的影响[J]. 烟草科技, 2004, 37(10): 40-41, 44.

责任编辑 苏荣艳