



周晓静, 黄未末, 李超, 刘娟, 廖江花. 两种野生寄主对马铃薯甲虫繁殖策略及后代生长发育的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 114–121.

两种野生寄主对马铃薯甲虫繁殖策略及后代生长发育的影响

周晓静, 黄未末, 李超*, 刘娟, 廖江花

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

摘要: 为明确野生寄主植物对马铃薯甲虫种群繁殖及生长发育方面的影响, 本研究比较了天仙子、刺萼龙葵 2 种野生寄主对马铃薯甲虫产卵量、孵化率、发育历期以及种群生命参数的影响。结果表明: 取食不同寄主植物的马铃薯甲虫产卵量和孵化率均有显著差异 ($P < 0.05$), 卵期无显著差异 ($P > 0.05$), 取食天仙子的雌虫产卵量显著低于取食马铃薯和刺萼龙葵雌虫产卵量; 1 龄幼虫的存活率有显著性差异 ($P < 0.05$), 取食天仙子的雌虫的下一代 1 龄幼虫存活率显著低于其他寄主植物 1 龄幼虫; 取食不同寄主植物的下一代马铃薯甲虫种群净增值率 (R_0)、内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ) 都有显著差异 ($P < 0.05$), 世代平均周期 (T) 无显著性差异 ($P > 0.05$); 取食天仙子的马铃薯甲虫下一代种群净增值率 (R_0)、内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ) 显著小于取食马铃薯、刺萼龙葵的下一代种群。由此可知, 天仙子作为马铃薯甲虫野生过渡寄主植物, 对马铃薯甲虫种群繁殖策略的作用弱于马铃薯和刺萼龙葵。在马铃薯甲虫前沿分布区, 应进一步加强对刺萼龙葵野生寄主的铲除, 防止马铃薯甲虫种群进一步扩散, 保障马铃薯产业健康发展和粮食安全。

关键词: 马铃薯甲虫; 刺萼龙葵; 天仙子; 种群生命参数

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0114-08

Effects of two wild hosts on the reproductive strategies and population development of Colorado potato beetles

ZHOU Xiao-Jing, HUANG Wei-Mo, LI Chao*, LIU Juan, LIAO Jiang-Hua (Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control of Crops and Forests of the Universities of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to find out the effect of wild host plants on the population reproduction and growth of Colorado potato beetle, a cultivation host of *Solanum tuberosum* Linn, *Hyoscyamus niger* Linn and *Solanum rostratum* Dunal were determined by the test with two kinds of wild hosts, which affect the fecundity, hatching rate, survival rate, reproduction and life table parameters of Colorado potato beetle population. The results showed that: There were significant differences on the fecundity and hatching rate among different host plants feeding of the previous generation Colorado potato beetles. The spawning rate of females feeding on *H. niger* was significantly lower than that of females feeding on *S. tuberosum* and *S. rostratum*; there was a significant difference in the survival rate of 1st instar larvae ($P < 0.05$). The

基金项目: 国家自然科学基金 (31660545); 农业农村部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室开放基金 (KFJJ201905); 新疆维吾尔自治区 2016 年高层次人才引进工程项目; 新疆农业大学博士后流动站资助项目; 新疆维吾尔自治区天山英才计划第三期

作者简介: 周晓静, 女, 1996 年生, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向昆虫生态与害虫综合治理, E-mail: zxjingdaxingzhi@163.com

* **通讯作者** Author for correspondence: 李超, 男, 博士, 副教授, 研究方向为昆虫生态与害虫综合治理, E-mail: lichaoym@163.com

收稿日期 Received: 2019-12-30; **接受日期** Accepted: 2020-04-10

survival rate of the next-generation 1st instar larvae of worms was significantly lower than that of other host plants. The next-generation Colorado potato beetles feeding on different host plants had significant differences ($P < 0.05$) in Net reproductive rate (R_0), Innate capacity of increase (r_m), and Finite rate of increase (λ), and there was no significant difference in the Mean generation time (T) of generations ($P > 0.05$). The Finite rate of increase (λ) was significantly smaller than that of the next generation of *S. tuberosum* and *S. rostratum*. It could be seen from this that *H. niger*, as a wild transitional host plant of Colorado potato beetles, had a weaker effect on the breeding strategy of Colorado potato beetles than *S. tuberosum* and *S. rostratum*. In the frontal distribution area of Colorado potato beetles, the eradication of wild hosts of *S. rostratum* should be further strengthened to prevent further spread of Colorado potato beetle populations and to ensure the healthy development of the *S. tuberosum* industry and food security.

Key words: Colorado potato beetle; *Solanum rostratum* Dunal; *Hyoscyamus niger* Linn; population life parameter

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 隶属鞘翅目 Coleoptera 叶甲科 Chrysomelidae, 是世界重要的检疫害虫 (郭文超等, 2010)。马铃薯甲虫起源于北美洲的墨西哥北部落基山东麓 (Alyokhin *et al.*, 2007), 随后逐步扩散至欧洲、非洲、亚洲等地区 (Alyokhin *et al.*, 2008; Boiteau *et al.*, 2008)。1993 年该虫在我国新疆伊犁地区霍城县首次发现, 持续自西向东传播扩散, 2003 年到达新疆分布区最前沿——昌吉州木垒县大石头乡以西的马铃薯种植区。当前, 马铃薯甲虫主要分布在我国新疆北部的大部分地区和东北黑龙江、吉林等地 (张润志等, 2010; 张正坤等, 2012; 郭文超等, 2013; Zhang *et al.*, 2013)。马铃薯甲虫单头雌虫通常可产卵 400 ~ 600 粒, 有记录的最高产卵量高达 4 000 余粒 (Bolter *et al.*, 1995)。马铃薯甲虫主要危害马铃薯 *Solanum tuberosum* Linn、茄子 *Solanum melongena* Linn 等茄科作物, 成虫和幼虫均可取食叶片和块茎, 造成减产 (郭文超, 2011)。一般可造成马铃薯减产 30% ~ 50%, 严重时减产 90% (王俊等, 2008)。据不完全统计, 全世界每年因马铃薯甲虫危害造成的经济损失达数十亿美元 (郭文超, 2011)。

在我国新疆地区, 马铃薯甲虫不仅为害马铃薯, 还为害其近缘亲属作物茄子、番茄 *Lycopersicon esculentum* Miller、天仙子 *Hyoscyamus niger* Linn、刺萼龙葵 *Solanum rostratum* Dunal 等多种野生杂草。已有研究表明不同寄主植物对马铃薯甲虫在趋食性 (李超等, 2013)、生长发育 (罗

进仓等, 2012)、飞行能力 (郭利娜等, 2011)、对光周期的适应性 (邓小霞等, 2012)、繁殖能力 (李超等, 2010) 等不同方面的影响, 结果表明马铃薯为马铃薯甲虫的最适寄主植物 (Weber, 2003), 在马铃薯匮乏的情况下, 天仙子可维持其马铃薯甲虫的交配行为、世代更替和分布扩散 (Casagrande, 2014)。马铃薯甲虫的原始寄主植物是刺萼龙葵 (Alyokhin *et al.*, 2007)。

年龄-龄期两性生命表是将生命表视为种群的大数据, 在分析数据时不仅仅单独分析发育期或繁殖率, 还包括每头昆虫的所有数据 (齐心等, 2019)。两性生命表在昆虫研究领域得到了广泛的应用, 并以其简洁和精确等优点确保了数据图像的准确度 (齐心等, 2019)。已有学者利用年龄-阶段两性生命表对橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel (Chang *et al.*, 2016)、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius (郝强等, 2016)、烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius (郑晓敏等, 2016) 等昆虫的阶段存活率、发育历期、繁殖力等进行研究。为了进一步明确取食不同寄主植物 (野生和栽培) 对马铃薯甲虫繁殖策略的影响, 本研究比较了来源于马铃薯、天仙子和刺萼龙葵 3 种寄主植物田块的马铃薯甲虫在产卵量、孵化率、发育历期以及特定时间生命表参数的差异, 明确了两种野生寄主植物对马铃薯甲虫繁殖策略的影响, 为进一步明确马铃薯甲虫入侵传播机制和马铃薯甲虫生态调控提供理论依据, 以保障马铃薯产业健康发展和粮食安全。

1 材料与方法

1.1 材料

2019 年 5 月, 在新疆农业大学三坪农场实习基地 (43°57'N, 87°28'E) 马铃薯田采集马铃薯甲虫越冬代成虫, 作为马铃薯寄主种群虫源, 该田块已连续种植马铃薯 2 年; 在新疆第十二师西山农场三连荒地 (43°50'N, 87°39'E) 的天仙子植株上中采集马铃薯甲虫越冬代成虫作为天仙子寄主种群虫源, 该采样点周边 500 m 范围内无马铃薯甲虫其他寄主植物生长; 在昌吉市硫磺沟镇荒漠区 (43°74'N, 87°23'E) 的刺萼龙葵植株上采集马铃薯甲虫越冬代成虫作为刺萼龙葵寄主种群虫源, 该取样点周边无其他马铃薯甲虫寄主植物。

1.2 研究方法

将在不同地区采集的越冬代成虫分别放入不同的养虫盒 ($\Phi = 10\text{ cm}$, $h = 6\text{ cm}$) 中, 以对应寄主植物进行饲养 1 代后供试验所用。试验均在 RXZ 型智能人工气候箱 (宁波江南仪器厂) 进行, 温度为 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 光周期 16:8 (L:D), RH 70%。本试验设置 4 个处理, 分别是单独取食天仙子和刺萼龙葵完成整个生活史的雌虫 (或雄虫) 与单独取食马铃薯完成整个生活史的雄虫 (或雌虫) 交配, 以单独取食马铃薯、天仙子、刺萼龙葵的雌虫和雄虫相互交配为 3 个对照处理, 每个处理设置 10 组重复, 每组重复分别有 1 头雌虫和 1 头雄虫。单独取食马铃薯完成整个世代的雌虫和雄虫分别标记为马♀、马♂; 单独取食天仙子完成整个世代的雌虫和雄虫分别标记为天♀、天♂; 单独取食刺萼龙葵完成整个世代的雌虫和雄虫分别标记为刺♀、刺♂。相互交配使用“×”标记。

将不同寄主饲养的成虫产的卵置于培养皿 ($\Phi = 9\text{ cm}$), 每 24 h 观察并记录各种虫态的发育、存活情况, 直至成虫全部死亡。清理培养皿时, 先用毛笔或者镊子转移幼虫至干净培养皿中, 添加新鲜植物叶片继续饲养。更换寄主叶片时应使用蘸水的脱脂棉球包裹叶柄进行保湿处理。

1.3 数据统计

种群净增值率 (R_0)、世代平均周期 (T)、内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ) 分别根据公式 (张孝羲, 2002)。

$$R_0 = \sum l_x m_x \quad (1)$$

$$T = \frac{\sum l_x m_x x}{R_0} \quad (2)$$

$$r_m = \frac{\ln R_0}{T} \quad (3)$$

$$\lambda = e^{r_m} \quad (4)$$

利用年龄-阶段两性种群生命表软件 TWOSEX 计算得到数据, 试验中所有数据整理在 MS Excel 2010 中进行, 对不同组合下的各虫态发育历期、产卵量、孵化率、生命表参数运用 one-way ANOVA 方法在 SPSS 17.0 软件中进行方差分析, 差异显著水平均为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同处理下马铃薯甲虫产卵量和孵化率

在不同处理下, 马铃薯甲虫产卵量和孵化率均有显著差异 ($P < 0.05$), 但卵期无显著差异 ($P > 0.05$)。马♂×刺♀和马♀×马♂2种处理的产卵量较高为 69.67 ± 5.23 粒和 65.67 ± 11.17 粒 (表1)。天♀×马♂交配后的产卵量最低为 14.33 ± 2.84 粒; 刺♀×刺♂、刺♂×马♀、天♂×马♀3种处理的孵化率较高, 为 $99\% \pm 0.07\%$ 、 $97\% \pm 0.03\%$ 、 $97\% \pm 0.02\%$ 。天♀×马♂的孵化率最低为 $91.67\% \pm 1.67\%$ 。由此可见, 卵的孵化率主要取决于上一代雌虫所食的寄主植物, 而上一代的雄虫取食不同寄主植物对下一代卵的孵化率影响较低。在雄虫取食同一寄主植物的前提下, 取食刺萼龙葵的雌虫的产卵量和孵化率远高于取食天仙子的雌虫, 相比于天仙子, 刺萼龙葵更有助于雌虫的繁殖。

2.2 不同组合对马铃薯甲虫各虫态的存活率影响

不同处理中的马铃薯甲虫 2、3、4 龄幼虫和蛹的存活率无显著性差异 ($P > 0.05$), 1 龄幼虫的存活率有显著性差异 ($P < 0.05$) (表2)。取食刺萼龙葵的雄虫与取食马铃薯的雌虫交配产卵后的 1 龄幼虫存活率最高为 $98.10\% \pm 0.10\%$, 取食马铃薯的雄虫与取食天仙子的雌虫交配产卵后的 1 龄幼虫存活率最低为 $87.05\% \pm 1.89\%$ 。由此可知, 相比天仙子, 取食刺萼龙葵更有利于 1 龄幼虫的存活, 但对 2~4 龄幼虫和蛹的存活率影响差异不明显。不同处理下的各虫态的发育历期无显著性差异 ($P > 0.05$) (表3)。

表 1 利用不同寄主植物饲养的马铃薯甲虫雌虫和雄虫交配后的产卵量、卵期、孵化率

Table 1 Differences of fecundity, egg duration and hatching rate of Colorado potato beetle fed on different host plants

不同性别成虫取食寄主植物 Host plants feeding male and female adults		产卵量(粒) Fecundity	卵期 Egg duration	孵化率(%) Rate of hatching
雄虫 Male	雌虫 Female			
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	天♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	14.33 ± 2.84 c	7.67 ± 0.33 a	91.67 ± 1.67 b
	刺♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	69.67 ± 5.23 a	7.67 ± 0.88 a	96.24 ± 0.68 ab
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	马♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	36.00 ± 7.23 bc	7.67 ± 0.88 a	97.00 ± 1.73 ab
	刺♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	63.67 ± 4.10 ab	7.00 ± 1.00 a	97.33 ± 0.33 ab
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	马♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	65.67 ± 11.17 ab	7.00 ± 0.00 a	96.67 ± 1.86 ab
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	天♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	20.67 ± 5.48 c	9.00 ± 1.15 a	94.67 ± 1.67 ab
刺♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	刺♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	58.33 ± 7.26 ab	7.00 ± 0.58 a	99.33 ± 0.67 a

注: 表中所列的数据为平均值 ± 标准误。同列数据后有不同字母的表示经 Tukey's HSD 多重比较后差异显著 ($P < 0.05$)。下同。Note: Data in the table were mean ± SE. Data followed by different letters in the same column were significantly different by Tukey's HSD multiple range test ($P < 0.05$). The same below.

表 2 不同处理的马铃薯甲虫各虫态的存活率

Table 2 Survival rate of different stages of Colorado potato beetle fed on different host plants

不同性别成虫取食寄主植物 Host plants feeding male and female adults		存活率 (%) Survival rate				
雄虫 Male	雌虫 Female	1 龄幼虫 1 st instar larve	2 龄幼虫 2 nd instar larve	3 龄幼虫 3 rd instar larve	4 龄幼虫 4 th instar larve	蛹 Pupa
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	天♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	87.05 ± 1.89 b	91.56 ± 1.29 a	96.34 ± 2.68 a	96.41 ± 2.47 a	64.21 ± 9.98 a
	刺♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	96.73 ± 0.20 ab	98.07 ± 1.25 a	99.07 ± 0.92 a	100.00 ± 0.00 a	77.62 ± 2.62 a
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	马♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	94.28 ± 2.86 ab	86.68 ± 4.70 a	94.80 ± 0.53 a	96.82 ± 6.22 a	55.25 ± 5.23 a
	刺♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	98.10 ± 0.10 a	98.16 ± 1.17 a	97.44 ± 0.76 a	98.35 ± 0.85 a	71.43 ± 4.14 a
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	马♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	95.86 ± 0.79 ab	93.68 ± 2.01 a	95.69 ± 2.16 a	98.52 ± 1.48 a	77.18 ± 4.35 a
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	天♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	93.21 ± 2.58 ab	93.40 ± 3.92 a	96.84 ± 0.72 a	100.00 ± 0.00 a	59.41 ± 13.15 a
刺♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	刺♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	95.08 ± 0.12 ab	98.37 ± 1.15 a	99.29 ± 0.71 a	96.75 ± 1.04 a	62.76 ± 13.79 a

表3 利用不同寄主植物饲养各虫态的发育历期

Table 3 Developmental duration of Colorado potato beetle feeding on different host plants

不同性别成虫取食寄主植物 Host plants feeding male and female adults		发育历期 (d) Development duration				
雄虫 Male	雌虫 Female	1 龄幼虫 1 st instar larve	2 龄幼虫 2 nd instar larve	3 龄幼虫 3 rd instar larve	4 龄幼虫 4 th instar larve	蛹 Pupa
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	天♀: 天仙子	9.67 ±	9.67 ±	9.00 ±	10.00 ±	9.33 ±
	<i>Hyoscyamus niger</i> Linn	0.88 a	0.88 a	0.00 a	1.15 a	0.67 a
	刺♀: 刺萼龙葵	8.67 ±	9.67 ±	10.00 ±	9.67 ±	10.33 ±
	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	0.33 a	0.88 a	0.00 a	0.88 a	0.88 a
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	马♀: 马铃薯	1.45 a	0.58 a	0.88 a	0.67 a	0.88 a
	<i>Solanum tuberosum</i> Linn					
	刺♂: 刺萼龙葵	9.67 ±	9.67 ±	9.67 ±	10.00 ±	9.00 ±
	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	0.67 a	0.88 a	0.67 a	0.00 a	0.58 a
马♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	马♀: 马铃薯	8.33 ±	9.67 ±	9.33 ±	10.00 ±	11.00 ±
	<i>Solanum tuberosum</i> Linn	0.88 a	0.33 a	0.67 a	0.58 a	1.00 a
天♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	天♀: 天仙子	9.67 ±	9.67 ±	9.67 ±	10.00 ±	9.00 ±
	<i>Hyoscyamus niger</i> Linn	0.67 a	0.88 a	0.67 a	0.00 a	0.58 a
刺♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	刺♀: 刺萼龙葵	9.67 ±	10.67 ±	9.33 ±	10.33 ±	9.33 ±
	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	1.33 a	0.45 a	0.33 a	0.88 a	1.33 a

2.3 不同处理对马铃薯甲虫种群生命表参数的影响

根据不同处理下马铃薯甲虫各阶段的存活率组建了特定年龄生命表, 获得了生命表参数。马铃薯甲虫种群的净增值率 (R_0)、内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ) 都有显著差异 ($P < 0.05$), 世代平均周期 (T) 无显著性差异 ($P > 0.05$) (表4)。马♂×刺♀、刺♂×马♀2种处理后下一代的净增值率较高, 分别为 7.17 ± 0.23 、 6.26 ± 0.60 。天♂×天♀、马♂×天♀这两种处理的下一代净增值率较低, 为 2.00 ± 0.51 、 1.70 ± 0.18 。刺♂×马♀、马♂×刺♀两种处理的下一代的内禀增长率较高, 为 0.050 ± 0.04 、 0.050 ± 0.00 , 马♂×天♀的最低为 0.014 ± 0.003 ; 马♀×刺♂、马♂×刺♀3种处理的下一代周限增长率较高, 为 1.05 ± 0.004 、 1.05 ± 0.00 , 天♀×马♂最低为 1.01 ± 0.003 。由此可见, 取食刺萼龙葵的马铃薯甲虫种群增长速率高于取食天仙子的种群,

相比于天仙子, 刺萼龙葵更有利于马铃薯甲虫的种群增长。

3 结论与讨论

有关野生寄主植物对马铃薯甲虫生长发育影响的研究报道较多。众多学者采用取食单一寄主植物完成整个世代的马铃薯甲虫进行研究。张抒等人曾报道马铃薯甲虫可以通过使用信息素和植物挥发性信号在马铃薯上聚集和繁殖 (张抒等, 2018)。周昭旭等人通过研究马铃薯甲虫对不同寄主植物的不同的趋性和产卵选择性, 明确了该虫对马铃薯趋性及产卵选择性最强, 茄子、天仙子较弱, 番茄的最弱 (周昭旭等, 2011)。阿马努拉·依明尼亚孜的研究结果表明, 相比于马铃薯、番茄、茄子, 取食刺萼龙葵的完成整个世代的雌虫的产卵前期较短、产卵期较长、产卵量较大 (阿马努拉·依明尼亚孜, 2015)。

表 4 取食不同寄主植物的马铃薯甲虫对种群生命参数的影响

Table 4 Effects of different host plants feeding for Colorado potato beetles on population life parameters

不同性别成虫取食寄主植物		净增值率 (R_0)	世代平均	内禀增长率 (r_m)	周限增长率 (λ)
Host plants feeding male and female adults		Net reproductive	周期 (T)	Innate capacity of	Finite rate of
雄虫 Male	雌虫 Female	rate	Mean generation time	increase	increase
马 ♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	天 ♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	1.70 ± 0.18 c	38.67 ± 0.67 a	0.014 ± 0.003 c	1.01 ± 0.003 c
	刺 ♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	7.17 ± 0.23 a	38.67 ± 0.67 a	0.050 ± 0.00 a	1.05 ± 0.00 a
	天 ♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	3.27 ± 0.70 bc	36.67 ± 0.33 a	0.031 ± 0.006 abc	1.03 ± 0.006 abc
刺 ♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	马 ♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	6.26 ± 0.60 a	28.00 ± 1.06 a	0.050 ± 0.004 a	1.05 ± 0.004 a
马 ♂: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	马 ♀: 马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> Linn	7.42 ± 0.76 a	39.67 ± 2.03 a	0.052 ± 0.002 a	1.05 ± 0.002 a
天 ♂: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	天 ♀: 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> Linn	2.00 ± 0.51 c	38.67 ± 1.33 a	0.016 ± 0.008 bc	1.02 ± 0.008 bc
刺 ♂: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	刺 ♀: 刺萼龙葵 <i>Solanum rostratum</i> Dunal	4.90 ± 0.73 ab	41.67 ± 0.33 a	0.038 ± 0.004 ab	1.04 ± 0.004 ab

本研究选用交配之前取食不同寄主植物的雌虫和雄虫进行交配之后的下一代马铃薯甲虫进行试验,结果表明,单独取食马铃薯、天仙子和刺萼龙葵的马铃薯甲虫均能完成整个世代。马铃薯甲虫种群繁殖和生长发育与上一代雌虫取食的寄主植物有关。上一代取食天仙子的雌虫在产卵量、孵化率以及生命表参数等方面均弱于取食马铃薯和刺萼龙葵的雌虫。但取食天仙子的雄虫在与取食马铃薯的雌虫交配后,产卵量、孵化率以及下一代生命参数与其他处理均无显著性差异 ($P>0.05$)。综上可知,在本试验中的马铃薯、天仙子、刺萼龙葵均为马铃薯甲虫的适宜寄主植物,但相比于马铃薯和刺萼龙葵,天仙子在马铃薯甲虫生长发育和繁殖方面的促进作用相对较弱。李超和张润志等人的研究结果表明,天仙子是马铃薯甲虫最嗜野生寄主植物(张润志等,2010;李超等,2013)。本研究结果与此存在一定的差异,但在上世纪的研究报告中显示天仙子只是偶尔被取食(Horton *et al.*, 1988; Hare, 1990)。造成这一差异的原因可能是马铃薯甲虫种群不同或者试验中比

较的野生寄主种类不同,具体原因有待进一步研究。阿马努拉的研究结果表明在荒漠草原和绿洲区刺萼龙葵对马铃薯甲虫的分布、习性、生活史均有促进作用(阿马努拉·依明尼亚孜,2015)。此外天仙子对马铃薯甲虫具有引诱作用(李超等,2013)。马铃薯甲虫成虫具有一定的飞行能力(郭利娜,2011),可能出现当栽培寄主匮乏的情况下,马铃薯甲虫迁移到其他野生寄主植物上继续交配繁殖。因此,仅仅依靠物理防治、化学防治等方法不能保证马铃薯的生产安全,为防止马铃薯甲虫进一步扩散,应在马铃薯甲虫分布的前沿地区,对马铃薯甲虫的野生寄主植物天仙子和刺萼龙葵进行铲除或建立“马铃薯甲虫封锁带”。

致谢: 感谢福建农林大学齐心教授在两性生命表软件使用及数据处理方面提供的无私帮助。新疆农业大学硕士研究生秦昕云和本科实习生窦新玉在马铃薯甲虫虫源采集过程中提供的帮助在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

- Alyokhin A, Baker M, Mota - sanchez D, *et al.* Colorado potato beetle resistance to insecticides [J]. *American Journal of Potato Research*, 2008, 85 (6): 395 - 413.
- Alyokhin A, Dively G, Patterson M, *et al.* Resistance and cross - resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* [J]. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 2007, 63 (2): 32 - 41.
- Amanulla Eminniyaz. Effect of *Solanum rostratum* Invasion on Distribution, Life History and Habits of *Leptinotarsa decemlineata* [J]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015. [阿马努拉·依明尼亚孜. 黄花刺茄入侵对马铃薯甲虫的分布、生活史及习性的影响 [J]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015]
- Boiteau G, Picka J, Watmough J. Potato field colonization by low - density populations of Colorado potato beetle as a function of crop rotation distance [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2008, 101 (5): 1575 - 1583.
- Bolter CJ, Jongsma MA. Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata*) adapt to proteinase inhibitors induced in potato leaves by methyl jasmonate [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1995, 41 (12): 1071 - 1078.
- Casagrande R. The Colorado potato beetle: 125 years of mismanagement [J]. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 2014, 33 (3): 142 - 150.
- Chang C, Huang CY, Dai SM, *et al.* Genetically engineered ricin suppresses *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) based on demographic analysis of group - reared life table [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016, 109 (3): 987 - 992.
- Chi H, Fu JW, You MS. Age - stage, two - sex life table and its application in population ecology and integrated pest management [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2019, 62 (2): 255 - 262. [齐心, 傅建伟, 尤民生. 年龄 - 龄期两性生命表及其在种群生态学与害虫综合治理中的应用 [J]. 昆虫学报, 2019, 62 (2): 255 - 262]
- Deng XX, Wang JG, Jiang HL, *et al.* Study of the adaptability of the potato beetles' natural population to photoperiod [J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 2012, 30 (2): 157 - 161. [邓小霞, 王俊刚, 江海澜, 等. 马铃薯甲虫自然种群对光周期的适应性研究 [J]. 石河子大学学报 (自然科学版), 2012, 30 (2): 157 - 161]
- Guo WC, Tuerxun, Xu JJ, *et al.* Research on the identification of Colorado potato beetle & its distribution dispersal and damage in Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47 (5): 906 - 909. [郭文超, 吐尔逊, 许建军, 等. 马铃薯甲虫识别及其在新疆的分布、传播和危害 [J]. 新疆农业科学, 2010, 47 (5): 906 - 909]
- Guo WC. The Biology, Ecology and Intergrated Control of Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* [M]. Beijing: Science Press, 2013: 2 - 460. [郭文超. 重大外来入侵害虫马铃薯甲虫生物学、生态学与综合防控 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 2 - 460]
- Guo LN, Guo WC, Tuerxun, *et al.* Effects of different hosts on flight capacity of Colorado potato beetles [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (5): 853 - 858. [郭利娜, 郭文超, 吐尔逊, 等. 寄主对马铃薯甲虫飞行能力的影响 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48 (5): 853 - 858]
- Guo WC, Deng CS, Li GQ, *et al.* Progress in biological control techniques of Colorado potato beetle in China [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (12): 2217 - 2222. [郭文超, 邓春生, 李国清, 等. 我国马铃薯甲虫生物防治技术研究进展 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48 (12): 2217 - 2222]
- Hao Q, Huang Q, Liang WB, *et al.* Age-stage two-sex life tables of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2016, 59 (6): 654 - 662. [郝强, 黄倩, 梁炜博, 等. 不同温度下斜纹夜蛾的两性生命表 [J]. 昆虫学报, 2016, 59 (6): 654 - 662]
- Hare JD. Ecology and management of the Colorado potato beetle [J]. *Annual Review of Entomology*, 1990, 35 (1): 81 - 100.
- Horton DR, Capinera JL, Chapman PL. Local differences in host use by two populations of the Colorado potato beetle [J]. *Ecology*, 1988, 69 (3): 823 - 831.
- Hsiao TH. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1978, 24 (3): 437 - 447.
- Li C, Cheng DF, Guo WC, *et al.* Attraction effect of different host - plant to Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33 (8): 2410 - 2415. [李超, 程登发, 郭文超, 等. 不同寄主植物对马铃薯甲虫的引诱作用 [J]. 生态学报, 2013, 33 (8): 2410 - 2415]
- Li C, Cheng DF, Liu H, *et al.* Effects of temperature on the distribution of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) - Effect of high temperature on its emergence in Turpan, Xinjiang [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46 (4): 737 - 744. [李超, 程登发, 刘怀, 等. 温度对马铃薯甲虫分布的影响—以新疆吐鲁番地区夏季高温对其羽化的影响为例 [J]. 中国农业科学, 2013, 46 (4): 737 - 744]
- Luo JC, Liu CZ, Zhou ZX. A comparative study of development and reproduction of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), on different host plants [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (1): 84 - 90. [罗进仓, 刘长仲, 周昭旭. 不同寄主植物上马铃薯甲虫种群生长发育的比较研究 [J]. 昆虫学报, 2012, 55 (1): 84 - 90]
- Wang J, Wang DY, Hou H. The occurrence and control of Colorado potato beetle in Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2008, 3: 60. [王俊, 王登元, 侯洪. 新疆马铃薯甲虫的发生与防治现状 [J]. 新疆农业科技, 2008, 3: 60]
- Weber D. Colorado beetle: Pest on the move [J]. *Pesticide Outlook*, 2004, 14 (6): 256 - 259.
- Xing QX. Study of Insecticidal Activity of Secondary Metabolites from *Solanum rostratum* Dunal [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2012. [邢庆新. 刺萼龙葵次生代谢产物的杀虫活性研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2012]
- Zhang JJ, Yang J, Li YC, Li N, *et al.* Genetic relationships of

- introduced Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*, opulations in Xinjiang [J]. *China Insect Science*, 2013, 20 (5): 643 – 654.
- Zhang RZ, Liu N, Li YC. Colorado potato beetle, an disastrous invasive species in China infesting solanaceae vegetables [J]. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, 2010, 22 (11): 1118 – 1121. 张润志, 刘宁, 李颖超. 危害茄科蔬菜的外来入侵害虫——马铃薯甲虫 [J]. *生命科学*, 2010, 22 (11): 1118 – 1121]
- Zhang S, Fan G, Gao YL, et al. Co – evolution of Colorado potato beetles with host plants and their controls [J]. *Chinese Potato Journal*, 2018, 32 (6): 367 – 373. 张抒, 范国权, 高艳玲, 等. 马铃薯甲虫与寄主植物间的共进化和其防治 [J]. *中国马铃薯*, 2018, 32 (6): 367 – 373]
- Zhang XX. *Insect Ecology and Forecast* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 77 – 220. 张孝羲. *昆虫生态及预测预报* [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 77 – 220]
- Zhang ZK, Lu X, Li JP, et al. Monitoring of *Leptinotarsa decemlineata* in Northeast China and analysis of its invasion risk [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2012, 37 (2): 42 – 44. 张正坤, 鲁新, 李建平, 等. 东北地区马铃薯甲虫监测与入侵风险分析 [J]. *吉林农业科学*, 2012, 37 (2): 42 – 44]
- Zheng XM, Chi H, Chu D. A simplified recording method for insect life table studies: A case study based on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) data [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2016, 59 (6): 663 – 668. 郑晓敏, 齐心, 褚栋. 昆虫种群生命表简化记录方法: 以烟粉虱数据为例 [J]. *昆虫学报*, 2016, 59 (6): 663 – 668]
- Zhou ZX, Luo JC, Wei YH, et al. Study on oviposition selectivity of host of invasive potato beetle. Innovation of Plant Protection Science and Technology and Specialization of Disease and Insect Control [C]. Beijing: Proceedings of 2011 Academic Annual Meeting of China Plant Protection Society, 2011: 44 – 47. 周昭旭, 罗进仓, 魏玉红, 等. 入侵外来生物马铃薯甲虫寄主产卵选择性研究. 植保科技创新与病虫防控专业化 [C]. 北京: 中国植物保护学会 2011 年学术年会论文集, 2011: 44 – 47]