



钟涛, 范唯艳, 许国庆. 沈阳花生田东北大黑鳃金龟周年动态与幼虫取食量研究 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (3): 643–650.

沈阳花生田东北大黑鳃金龟周年动态 与幼虫取食量研究

钟涛¹, 范唯艳², 许国庆^{1*}

(1. 辽宁省农业科学院植物保护研究所, 辽宁省农作物有害生物控制重点实验室, 农业农村部沈阳作物有害生物科学观测实验站, 沈阳 110161;
2. 辽宁省农业科技成果转化服务中心 (辽宁农业博物馆), 沈阳 110161)

摘要: 为摸清沈阳花生田东北大黑鳃金龟 *Holotrichia diomphalia* Bates 的发生数量, 明确幼虫的取食为害水平, 本研究采用诱虫灯对花生田内栖息的东北大黑鳃金龟害虫开展了多年的监测, 并将诱集到的成虫带回室内饲养观察, 研究其卵的发育和幼虫取食量变化。结果表明, 东北大黑鳃金龟每年均有两个上灯活动高峰, 不同年度间金龟的始现期存在差异, 上灯虫量在不同年度间呈多寡交替的特征; 降雨对东北大黑鳃金龟的上灯活动产生较大影响, 雨天金龟基本不上灯。东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫期长达 329.8 ± 1.80 d, 其取食量随取食时间的增加符合正态分布, 食物利用率 (ECI) 达 $1.32\% \pm 0.339\%$, 幼虫 3 龄末期体重达到最大, 但化蛹后随最后一次蜕皮又损失部分体重。东北大黑鳃金龟是沈阳花生田的重要害虫, 以 3 龄幼虫取食幼苗造成的危害损失最大。金龟出土活动与环境温度和降雨发生均有密切关系。利用诱虫灯在 6–7 月集中诱杀金龟, 可有效地减轻下一年蛴螬的危害损失。

关键词: 东北大黑鳃金龟; 诱虫灯; 花生田; 发生动态; 取食量

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2022) 03–0643–08

Annual dynamics and the larval food consumption level of *Holotrichia diomphalia* in peanut field of Shenyang

ZHONG Tao¹, FAN Wei-Yan², XU Guo-Qing^{1*} (1. Liaoning Key Laboratory of Crop Pest Management, Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Agricultural Science Observation and Experiment Station of Crops and Pests of Shenyang, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shenyang 110161, China; 2. Liaoning Agricultural Science and Technological Achievements Transformation Service Center (Liaoning Agricultural Museum), Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to identify the quantity of *Holotrichia diomphalia* in the peanut field of Shenyang and determine the larval food consumption level, we applied a trapping lamp to monitor *H. diomphalia* in a peanut field. The trapped adults of *H. diomphalia* were reared in the laboratory for a life cycle, and the food consumption level of the larvae were investigated. There were two peaks of trapping number of *H. diomphalia* in the dynamic curves each year. Differences were found in the unearthed date among years, and the unearthed number of *H. diomphalia* adults alternated between high and low levels in the adjacent

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201003025); 国家重点研发计划 (2018YFD0201004); 农业基础性长期性科技工作植物保护观测监测任务 (ZX04S060101)

作者简介: 钟涛, 男, 博士, 助理研究员, 研究方向为农田经济作物重要害虫发生规律监测与防控技术, E-mail: zhongtao_069@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 许国庆, 博士, 研究员, 主要研究方向为经济作物害虫绿色防控技术, E-mail: xgq66@126.com

收稿日期 Received: 2021–02–05; 接受日期 Accepted: 2021–08–17

years. Rainfall affected the activity of *H. diomphalia*, which were scarcely trapped under lamp in rainy days. The 3rd instar larval stage of *H. diomphalia* reached 329.8 ± 1.80 d, and the food consumption obeyed the normal distribution with the feeding time. The efficiency of conversion of ingested food into body matter reached $1.32\% \pm 0.339\%$. Body weight of the larva reached maximum at the late 3rd instar stage, and then gradually declined after each ecdysis. Temperature and rainfall were the key factors which play roles on the emergence period and quantity of *H. diomphalia*. In Shenyang, *H. diomphalia* was a major underground pest in the peanut field. The food consumption level of its 3rd instar larval stage was the largest among the different developmental stages, which would cause relatively high yield loss in seedling stage of peanut. *H. diomphalia* can be controlled by light-trapping from June to July, so that the damage and loss of crops in the forthcoming year will be alleviated.

Key words: *Holotrichia diomphalia* Bates; a trapping lamp; peanut field; occurrence dynamics; food consumption level

金龟是蛴螬成虫形态的统称,是我国农田地下害虫中危害最重的一大类群,其种类多、分布广,可为害多种农林经济作物,造成的产量损失触目惊心(商学惠等,1981;中国农业科学院植物保护研究所,2015;曹雅忠和李克斌,2017)。油料作物田以东北大黑鳃金龟的种群栖息密度最高,危害也最重,该种害虫通常2年完成1代,幼虫造成的危害损失在年度间轻重交替,通常奇数年越冬幼虫多;偶数年越冬成虫多(李容宇,1979;郑方强,1997;钟涛等,2020)。

苗期和荚果期蛴螬取食为害对作物产量威胁极大,蛴螬在土壤中隐蔽为害,不易察觉,待田间发现枯苗时,造成的损失已无法挽回,而且对花生的品质也有较大影响(戴四基,2012;钟涛等,2016)。金龟在有机质含量高、土质通透、湿度适宜的农田中往往发生重,其白天蛰伏于土壤中,夜间条件适宜出土取食,降雨后田间有积水,金龟不出土(孟俊杰等,2004;闫乾等,2013)。金龟夜间出土取食后多避入花生和豆田,单株聚集性取食叶片较常见。羽化后即出土的金龟鞘翅柔软呈红褐色,以榆树叶和花生叶为食;补充营养后,鞘翅逐渐转为黑褐色,活动能力增强,可短距离飞行(李容宇,1979)。越冬前蛴螬需要大量摄入糖、蛋白质和脂肪等必需营养物质,用以增强抗寒能力,而花生嫩果营养丰富,蛴螬大量取食有利于其个体发育与蛰伏越冬(孟俊杰等,2004;周洪旭等,2009;王思芳等,2017)。在不考虑食物利用效率前提下,可用取食量来衡量昆虫对营养物质摄入的多少(张东营,2007)。

随着免耕、覆膜、拌种等技术应用,农田害虫种群的发生规律已出现新变化(张美翠等,2014)。因此,迫切需要对金龟害虫的发生动态开展长期监测研究。基于现代灯诱技术,2013–2018 年对沈阳地区花生田金龟进行了长期系统观测。通过对同一块花生田夜间出土活动金龟的监测数据,明确了金龟的始发期、峰期和末期,完善了沈阳地区东北大黑鳃金龟的发生动态规律。由于东北大黑鳃金龟生活史长达2年,其中3龄幼虫期将近1年,观测周期长,所以本研究选择取食危害最严重的3龄后期开展取食量测定是十分必要的。为探究蛴螬在作物生长期内的取食为害水平,通过室内种群饲养,测定了东北大黑鳃金龟3龄幼虫的取食量,为未来蛴螬防控与蛴螬发生测报提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 监测地概况

监测地选择辽宁省沈阳市沈河区辽宁省农业科学院试验基地($123^{\circ}33'2''\text{E}$, $41^{\circ}49'37''\text{N}$),面积约20 ha,栽培有花生和大豆等油料经济作物。每年均固定监测同一块花生田,面积约3.33 ha,品种为白沙1016,每年5月上旬适时播种,9月下旬择期收获。该试验地每年均有不同程度蛴螬为害。

1.2 金龟监测设备

采用双灯型太阳能频振式诱虫灯(光控,由富巍盛科技有限公司生产,型号为FWS-DBL-2)。

以太阳能电池板和铅酸蓄电池方式供电, 电压 12 V, 灯泡 8 W。灯泡波长 410 nm, 波共振频率为 16 000 ~ 20 000 次/min。每只灯泡正下方固定放置一个塑料盆 ($\Phi = 54$ cm, $h = 70$ cm), 东南西北 4 个方位各钻 1 个溢水孔。盆内盛装清水, 水深 15 cm 左右。采用美国 Spectrum WatchDog 1 000 系列小型气象站自动记录田间实时气象资料, 间隔 0.5 h 采集温湿度、降雨等气象数据。

1.3 金龟监测方法

2013–2018 年期间, 每年监测从 4 月 21 日开始, 至 9 月 30 日结束。诱虫灯于每日天黑后自动开启, 至天亮后自动关闭, 诱集时长 10 h。次日将集虫盆中的昆虫捞出, 记录当日金龟种类和数量。将健康活泼的东北大黑鳃金龟带回实验室进行饲喂。夏季向盆中补充清水, 视情况清洁集虫盆, 以保证盆中足够水深。

1.4 金龟成虫和幼虫的饲养

从诱虫灯下捕获的东北大黑鳃金龟中挑选出健康活泼的雌、雄成虫, 在养虫笼中集中饲养。笼底铺设一层 15 cm 厚的田土, 土壤湿度 60% 左右, 投喂新鲜榆树枝 (周洪旭等, 2009), 每 5 d 检查 1 次, 虫体称重, 分析虫体体重的变化情况。雌成虫产卵后, 用药匙挑取卵至盛装湿土的塑料圆盒内。定期检查卵的孵化, 并适时更换新鲜马铃薯 *Solanum tuberosum* L. 块。幼虫进入 2 龄后, 转入牙签盒单头进行饲养 (党志红等, 2009)。盒内约盛 4/5 容积的湿土, 湿度控制在 18% (周洪旭等, 2009), 饲喂新鲜马铃薯块, 薯块重约为 6 g, 体积约为 30 cm³, 没入土壤中。每次检查时, 需要将盒内土壤倒出摊开, 用小喷壶均匀喷雾, 混匀后装回牙签盒, 再放入幼虫, 盒内土壤湿度保持 15% ~ 18%。

1.5 金龟幼虫的取食量测定

采用张东营 (2007) 使用的相对取食量参数对蛴螬的特定龄期的生长发育过程进行分析。采用德国赛多利斯 BSA223S 电子天平每 3 d 对虫体和马铃薯块进行称重, 做好记录。

相对取食量 (RCR) = 取食量 / 平均虫体体重 × 时间

相对生长率 (RGR) = 取食期间虫体体重增加量 / 取食时间 × 平均虫体体重

消化指数 (CI) = 取食量 / 取食时间 / 平均虫体体重

食物利用率 (ECI) = RGR / CI × 100

1.6 统计分析

利用 Office Excel 2007 对诱集虫量随调查时间作图, 总结东北大黑鳃金龟的上灯活动规律。用 IBM SPSS Statistics 24.0 对取食量、发育参数等数据统计分析, 采用 Duncan's 新复极差 (DMRT) 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 东北大黑鳃金龟种群消长动态

东北大黑鳃金龟上灯活动的最早记录是 5 月 9 日。每年灯下虫量动态可见 2 个明显的活动峰。分析各年度观测数据, 第 1 个峰基本一致, 但第 2 个峰略有差异。表现为奇数年金龟大多集中在 6 月下旬至 7 月中旬发生, 偶数年大多集中在 7 月末出现, 即奇数年高峰出现早。金龟上灯活动盛期出现在 5 月 20 日左右, 历年监测到最早上灯的金龟均为雄成虫。6 月中下旬为上一年越冬幼虫化蛹和羽化出的成虫上灯时间, 持续时间约 2 个月。不同年度间金龟上灯活动盛期差异较大, 大致集中在 7 月 22 日至 8 月 2 日之间。陆续羽化的雌成虫出土觅食、交尾或产卵, 终见期在 8 月 23 日 (处暑) 前后 (图 1)。

2.2 田间主要气象因子对东北大黑鳃金龟种群变动影响的相关分析

对 2013–2018 年东北大黑鳃金龟每日上灯虫量与监测地大气温度、大气相对湿度和降雨量数据进行 Pearson 相关系数检验 (表 1), 可以得出东北大黑鳃金龟每日上灯虫量与大气温度存在极显著正相关 ($P = 0.212^{**}$), 每日上灯虫量与大气相对湿度存在显著负相关 ($P = -0.081^{*}$), 但每日上灯虫量与降雨量不存在相关关系, 这表明降雨发生时金龟基本不上灯活动。分析各年度东北大黑鳃金龟的首次上灯时间, 可以得出金龟多集中于 5 月中旬, 分析气象数据后发现东北大黑鳃金龟在小雨规模以上降水发生后第 3 天晴天傍晚、也有少数为连续降雨结束后的次日上灯。东北大黑鳃金龟首次上灯的气象条件需满足日均气温高于 20℃, 大气相对湿度达到 50% ± 10%。

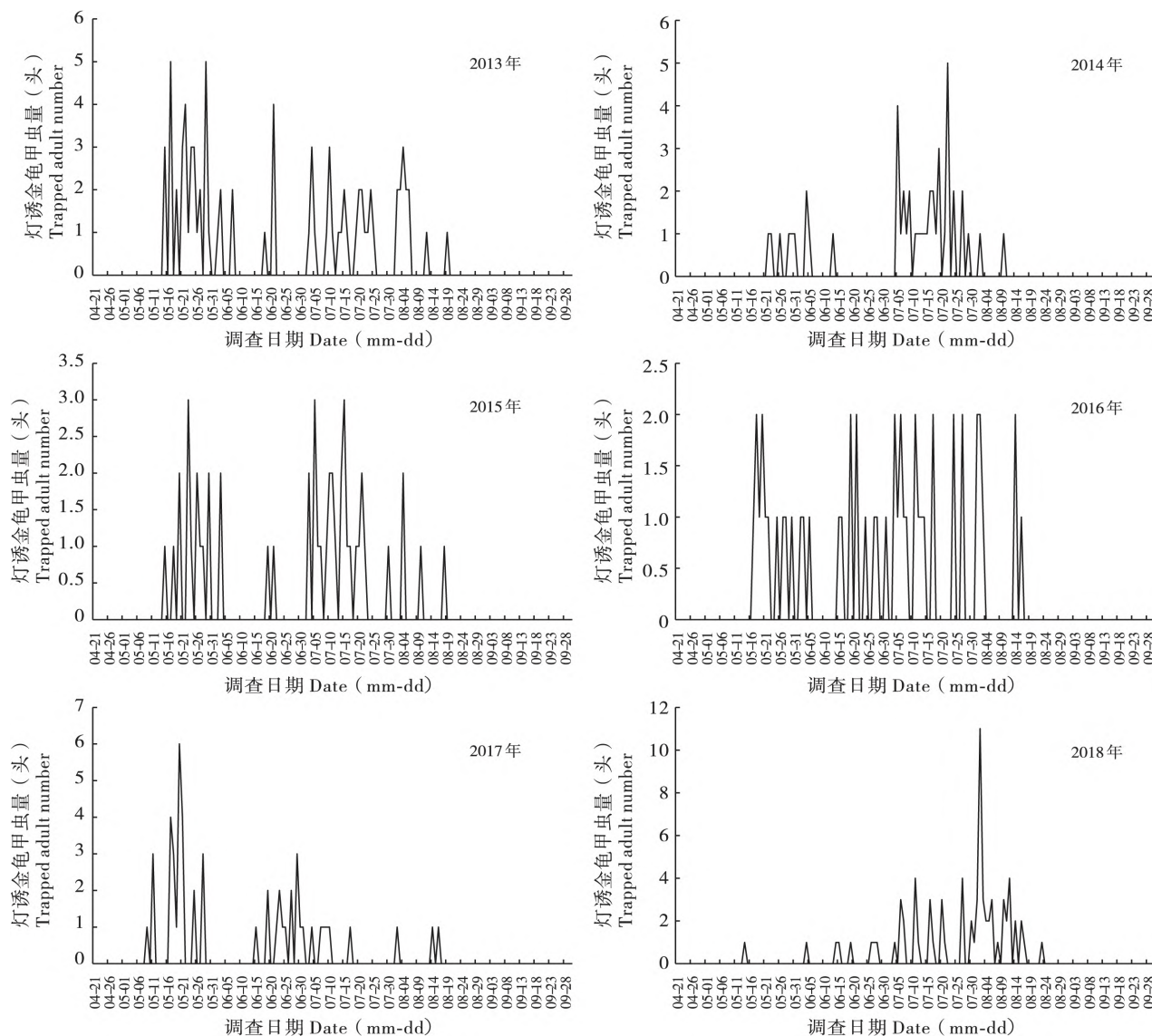


图 1 东北大黑鳃金龟的田间种群消长动态 (2013 ~ 2018 年)

Fig. 1 Occurrence and population dynamics of unearthed *Holotrichia diomphalia*

表 1 气温、大气相对湿度、降水与不同年度东北大黑鳃金龟上灯虫量的 Pearson 相关分析
Table 1 Pearson correlation analysis within the daily air temperature, air relative humidity, rainfall amount and number of lamp-trapped *Holorichia diomphalia* in different years

因子 Factor	上灯虫量 Lamp-trapped number	气温 Air temperature	大气相对湿度 Air relative humidity	降水量 Rainfall amount	年 Year	月 Month	日 Day
上灯虫量 Lamp-trapped number	1	0.212 **	-0.081 *	-0.024	-0.007	0.009	-0.033
气温 Air temperature	0.212 **	1	0.024	-0.087 *	0.090 *	0.574 **	0.072
大气相对湿度 Air relative humidity	-0.081 *	0.024	1	0.369 **	-0.302 **	0.480 **	0.111 **
降雨量 Rainfall amount	-0.024	-0.087 *	0.369 **	1	-0.060	0.073 *	-0.062
年 Year	-0.007	0.090 *	-0.302 **	-0.060	1	0.000	0.000
月 Month	0.009	0.574 **	0.480 **	0.073 *	0.000	1	0.006
日 Day	-0.033	0.072	0.111 **	-0.062	0.000	0.006	1

注: 表中数据标记 ** 为二者在 $P=0.01$ 水平上存在极显著相关性; 表中数据标记 * 为二者在 $P=0.05$ 水平上存在显著相关性。Note: Data followed by ** were extremely significantly positive correlation at 1% level; data followed by * were significantly positive correlation at 5% level.

2.3 东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫取食量测定

在饲养和观察记录期间，东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫的平均体重达到 $0.94 \pm 0.197\text{ g}$ ，平均单头幼虫取食量为 $11.29 \pm 1.820\text{ g}$ 的马铃薯。从计算结果可以看出东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫的相对取食量较大，可取食其体重 12 倍以上的马铃薯，对马铃薯的食物利用率也较高，表明马铃薯是东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫较为适宜的食物来源，可较好地满足东北大黑鳃金龟的生长发育所需营养。东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫取食量随时间增加呈正态分布（图 2），即 N 240 至 N 280 取食量逐渐增加，N 280 至 N 320 取食量逐渐下降。根据材料与方法所列公式，得出东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫的食物利用率（ECI）、相对生长率（RGR）和消化

指数（CI）分别为 $1.32\% \pm 0.339\%$ 、 $0.15\% \pm 0.035\%$ 和 $27.5\% \pm 5.18\%$ 。花生苗期蛱螬的危害水平通过室内喂食模拟测定（见表 2），结果表明东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫的相对取食量与时间存在线性相关，回归方程为 $y = -0.0075x + 0.2735$ （ $r = -0.988$ ）。3 龄幼虫取食量从 N 275 开始（即对应本地花生常规播种后 28 d 左右）逐步达到最大值，而且 3 龄幼虫食物利用率在 N 280（正值花生苗期）接近最大值，此时 3 龄幼虫的相对生长率也最高（见表 2）。东北大黑鳃金龟 3 龄越冬幼虫为害期刚好重叠于大田花生苗期，而对东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫的取食量分析，也证明了苗期花生受害程度最重，因蛱螬取食导致死苗的产量损失也最高。

表 2 东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫体重、取食量和食物利用率测定
Table 2 Body weight, food consumption and food utilization rate of 3rd instar larvae of *Holorichia diomphalia*

饲喂的 3 龄幼虫 (d) Larvae fed on days of the 3 rd instar	体重 (g) Body weight	取食量 (g) Food consumption	食物利用率 (%) Food utilization rate	相对生长率 (g/g/d) Relative growth rate	相对取食率 (g/g/d) Relative food consumption rate
N 275	0.94 ± 0.150 a	0.25 ± 0.014 ab	2.50 ± 1.478 a	0.56 ± 0.223 a	13.29 ± 2.633 a
N 280	0.96 ± 0.150 a	0.29 ± 0.014 a	2.31 ± 0.508 ab	0.59 ± 0.084 a	7.74 ± 0.844 b
N 285	0.97 ± 0.009 a	0.31 ± 0.067 a	1.55 ± 0.134 ab	0.42 ± 0.084 ab	13.81 ± 2.579 a
N 290	0.97 ± 0.073 a	0.23 ± 0.027 ab	1.50 ± 0.763 ab	0.37 ± 0.220 ab	4.91 ± 0.718 bc
N 295	1.04 ± 0.060 a	0.19 ± 0.026 ab	0.74 ± 0.073 ab	0.19 ± 0.050 ab	3.38 ± 0.567 bc
N 300	1.05 ± 0.061 a	0.16 ± 0.008 bc	0.52 ± 0.032 ab	0.09 ± 0.012 b	1.64 ± 0.063 c
N 305	0.98 ± 0.055 a	0.10 ± 0.042 c	0.15 ± 0.148 b	0.01 ± 0.008 b	0.52 ± 0.121 c

注：表中数据为平均值 ± 标准误。Note: Data were represented as mean ± SE.

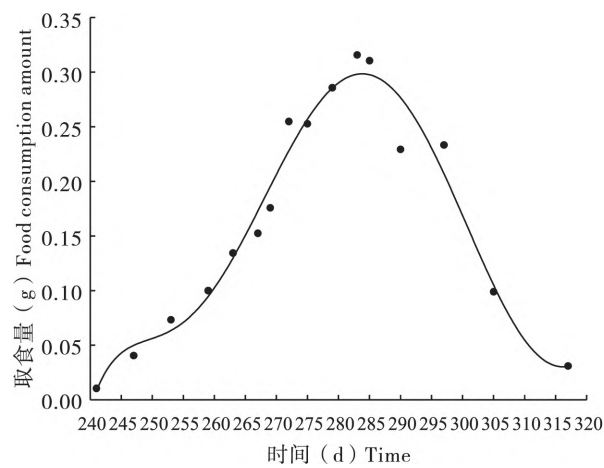


图 2 东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫取食马铃薯块的取食量动态
Fig. 2 Dynamic curve of food consumption amount of 3rd instar larvae of *Holorichia diomphalia* reared on potato fruit

2.4 东北大黑鳃金龟的发育参数观测

东北大黑鳃金龟幼虫期平均为 380.6 d 左右，其中 1 龄幼虫期 $20.6 \pm 1.08\text{ d}$ ，2 龄幼虫期 $30.2 \pm 0.73\text{ d}$ ，3 龄幼虫期 $329.8 \pm 1.80\text{ d}$ ，在 $\alpha = 0.01$ 水平上显著长于低龄幼虫期；蛹期 $19.8 \pm 0.73\text{ d}$ ，越冬成虫平均寿命（含蛰伏期）达 $151.8 \pm 1.39\text{ d}$ 。平均单雌产卵量为 49.4 粒。由于东北大黑鳃金龟卵的观测难度较大，本文未做分析。东北大黑鳃金龟 3 龄幼虫期体重显著高于低龄幼虫，而且取食量也是最高的，因此对花生造成的为害损失也最大（见表 3）。

表 3 东北大黑鳃金龟取食马铃薯块和榆树叶的各发育时期虫体重参数

Table 3 Body weight of *Holotrichia diomphalia* which reared on potato fruit and elm leaf

1 龄幼虫体重 (g) First instar larval weight	2 龄幼虫体重 (g) Second instar larval weight	3 龄幼虫体重 (g) Third instar larval weight	蛹体重 (g) Pupal weight	成虫体重 (g) Adult weight
0.014 ± 0.0017 dD	0.250 ± 0.4242 cC	0.902 ± 0.0276 aA	0.873 ± 0.0801 aAB	0.698 ± 0.0262 bB

注: 表中数据为平均值 ± 标准误。不同大、小写英文字母分别代表 0.01 和 0.05 水平上差异显著。Note: Data were represented by mean ± SE. Data followed by different capital or small letters were significantly different at 1% or 5% levels.

3 结论与讨论

本研究自 2013 年起连续 6 年对沈阳地区花生田东北大黑鳃金龟的种群动态进行了长期系统监测, 归纳出田间种群消长规律。东北大黑鳃金龟在监测各年间的发生趋势十分相近, 呈双峰型, 受降雨发生时期和温湿度的影响明显, 其出土活动多始发于 5 月中旬, 高峰在 5 月下旬和 7 月下旬, 8 月末 (处暑) 以后为终见期, 这与前人的研究结论基本相符 (李容宇, 1979; 商学惠等, 1981)。尽管不同地区发生的金龟种类与高峰时间存在差异, 但是本研究与纬度相近的甘肃地区金龟的发生规律却高度一致 (崔维娜等, 2018)。随着全球气候变暖趋势影响加剧, 东北大黑鳃金龟的发生规律出现了变化, 最明显的特征是始现期有所提前, 这可能是由于设施农业规模扩大, 地下害虫种群自然加代造成的结果 (张友军等, 2013; 钟涛等, 2018)。越冬虫源增多和虫量的积累在一定程度上可弱化东北大黑鳃金龟的发生规律, 因此, 每年蛰蟥的发生和危害损失均较严重。

有学者统计出上灯的雌成虫约占诱虫总量的 1/10 (商学惠等, 1981) 或 1/4 (李容宇, 1979), 而本研究发现上灯的雌成虫约占全年诱虫总量的 4/5, 且当年羽化的成虫约占全年诱虫总量的 2/5, 该结果与前人研究有很大差异, 可能是 30 多年来沈阳地区东北大黑鳃金龟的发生规律出现变化造成的。华北大黑鳃金龟 *Holotrichia oblita* Faldermann (与东北大黑鳃金龟同种但不同地理种群 (刘春琴等, 2013)) 的发生时期受降雨和土壤温湿度等气象条件的影响较大 (梁超等, 2015)。早春降雨量超过 8 mm, 则雨水可润至土壤 15 cm 深的土层 (李志刚, 2007)。有学者提出东北大黑鳃金龟成虫出土条件为 10 cm 地温和气温同时达到 15℃ 以上, 20℃ 时则进入盛期 (商学惠等, 1981)。本研究通过分析发现, 降雨发生不是东北大黑鳃金龟

出土活动的必要条件, 但多数情况下降雨发生后 2 d 或 3 d 内, 且 5 cm 地温需稳定在 18℃ 左右 (日均气温超过 20℃), 土壤湿度低于 10% (大气相对湿度达到 40% ~ 60%), 东北大黑鳃金龟出土活动。本研究得出的结果与梁超等 (2015) 和于永浩等 (2014) 的研究结论一致。通过对不同土壤深度温湿度数据分析发现, 10 cm 和 15 cm 深处温湿度变化趋于一致, 但 5 cm 深处温湿度的变动幅度较大, 主要是地表直接受太阳光照射和降雨的影响较大。温度和雨水向深层传导或渗透, 并能向栖息于土壤中的金龟提供指示信息。蛰蟥随地温升降而上下移动, 春季土壤 10 cm 地温达 10℃ 时, 蛰蟥向上移动, 地温稳定在 20℃ 时, 则集中在土壤深度 5 ~ 10 cm 土层中进行取食活动; 秋季地温降至 10℃ 以下时, 陆续向下转移, 在土壤深度 30 ~ 40 cm 土层中作茧室越冬 (李容宇, 1979)。

大多数害虫的发生时期与寄主作物生育期相互重叠 (罗益镇, 1987)。幼虫通过增加取食来保障营养物质的摄入与利用 (李传明等, 2019)。研究表明东北大黑鳃金龟取食榆树叶的产卵量最高, 幼虫取食马铃薯的存活率和虫体重均有显著增加 (周洪旭等, 2009; 孙瑞红等, 2010)。本研究分别利用新鲜榆树叶和马铃薯饲喂东北大黑鳃金龟成虫和幼虫, 并得出与商学惠等 (1981) 相近的发育参数。大多数害虫取食量的对数值与虫龄增长间存在线性相关 (陈永年和潘桐, 1988)。本研究模拟测定了东北大黑鳃金龟幼虫在田间的取食活动, 发现 3 龄幼虫的相对取食量与为害时间存在线性负相关, 这表明 3 龄幼虫在化蛹前的虫体发育随着取食时间的增加呈现规律性下降, 直至化蛹前完全停止取食。地下害虫研究工作周期长、难度大, 费时费力, 但是考虑其经济上的重要性和危害的严重性, 需要做好长期性基础性监测, 加强应用研究, 为实现“双减”方针下地下害虫的科学防控提供坚实技术支撑。

参考文献 (References)

- Cao YZ, Li KB. An Illustrated Handbook of Common Underground Insect Pests in China [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2017: 30–32. [曹雅忠, 李克斌. 中国常见地下害虫图鉴 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017: 30–32]
- Chen YN, Pan T. Discussion on the head width of larva and the regularity of growth of food consumption [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1988, 4: 235–240. [陈永年, 潘桐. 也谈昆虫幼虫头宽及摄食量的增长规律 [J]. 昆虫知识, 1988, 4: 235–240]
- Cui WN, Sun MH, Kong DS, et al. Scarab species trapped by black light and population dynamics of dominant scarab species in the southwest area of Shandong Province [J]. *China Plant Protection*, 2018, 38 (3): 30–36. [崔维娜, 孙明海, 孔德生, 等. 鲁西南地区黑光灯下金龟甲种类组成及优势种群发生动态 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38 (3): 30–36]
- Dai SJ. The reason and control strategy of grubs under summer soybean field [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2012, 18 (3): 68–68, 58. [戴四基. 夏大豆田蛴螬暴发原因及防治对策 [J]. 安徽农学通报, 2012, 18 (3): 68–68, 58]
- Dang ZH, Li YF, Gao ZL, et al. Influence of soil moisture on growth and development of *Holotrichia oblita* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46 (1): 135–138. [党志红, 李耀发, 高占林, 等. 土壤含水量对华北大黑鳃金龟生长发育的影响 [J]. 昆虫知识, 2009, 46 (1): 135–138]
- Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China Society of Plant Protection. Crop Diseases and Insect Pests in China (Third edition Vol. II) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015: 1494–1495. [中国农业科学院植物保护研究所, 中国植物保护学会. 中国农作物病虫害 (第三版 中册) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 1494–1495]
- Li CM, Qi JH, Han GJ, et al. Effects of different diets on the feeding and digestive enzyme activity of *Cnaphalocrocis medialis* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (1): 114–121. [李传明, 祁建杭, 韩光杰, 等. 不同饲料对稻纵卷叶螟取食代谢及消化酶活性影响 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (1): 114–121]
- Li RY. A study of prediction and forecast and control of *Holotrichia diomphalia* cockchafer [J]. *Plant Protection*, 1979, 5: 17–20. [李容宇. 东北大黑鳃金龟成虫的预测预报与防治研究 [J]. 植物保护, 1979, 5: 17–20]
- Li ZG. The relationship of occurrence and meteorological condition of *Serica orientalis* [J]. *Beijing Agriculture*, 2007, 36: 26–28. [李志刚. 黑绒金龟甲发生与气象条件的关系 [J]. 北京农业, 2007, 36: 26–28]
- Liang C, Guo W, Lu XJ, et al. The annual occurrence dynamics and its influencing factors of *Holotrichia oblita* (Faldernmann) adults [J]. *Plant Protection*, 2015, 41 (3): 169–172. [梁超, 郭巍, 陆秀君, 等. 华北大黑鳃金龟成虫周年发生动态及影响因素分析 [J]. 植物保护, 2015, 41 (3): 169–172]
- Liu CQ, Tian LL, Li KB, et al. Research into the taxonomic status of three kinds of scarabs [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (1): 93–100. [刘春琴, 田雷雷, 李克斌, 等. 基于 COI 基因对三种大黑鳃金龟分类地位的研究 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (1): 93–100]
- Luo YZ. Relationships of soil ecosystem with the population dynamics of field white grub and general tactics for their control [J]. *Journal of Ecology*, 1987, 6 (4): 38–52. [罗益镇. 土壤生态系统与农田蛴螬发生的关系及其综合防治的途径 [J]. 生态学杂志, 1987, 6 (4): 38–52]
- Meng JJ, Wang Y, Li QL, et al. A discussion of the reason why grubs occur in severity in oil crops field and comprehensive control measures. In: Li DM, Wu YJ, Yang GH, et al. eds. The Entomological Society of China. Current Entomological Study—The Selected Works on Academic Discussion and in Memory of 60 Anniversary Meeting about the Foundation of the Entomological Society of China [C]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2004: 483–486. [孟俊杰, 王燕, 李巧玲, 等. 油料作物蛴螬重发原因及综合防治措施探讨. 李典谟, 伍一军, 杨冠煌, 等主编. 当代昆虫学研究——中国昆虫学会成立 60 周年纪念大会暨学术讨论会论文集 [C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 483–486]
- Shang XH, Ma LJ, Zhang SJ. Studies on the bionomies and control of *Holotrichia diomphalia* Bates [J]. *Acta Phytophylacila Sinica*, 1981, 8 (2): 95–100. [商学惠, 马丽君, 张绍军. 东北大黑鳃金龟发生规律和防治研究 [J]. 植物保护学报, 1981, 8 (2): 95–100]
- Sun RH, Li AH, Wang T, et al. Effects of different foods on adult longevity and reproduction of two scarab beetles [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (4): 544–548. [孙瑞红, 李爱华, 王涛, 等. 不同食料对两种金龟甲繁殖力的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (4): 544–548]
- Wang SF, Li JJ, Zheng CY, et al. The effect on the content of energy sources of *Spodoptera exigua* which fed on cabbages under different fertilizer levels [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45 (16): 89–92. [王思芳, 李江杰, 郑长英, 等. 甜菜夜蛾取食不同肥料水平种植白菜对其体内能源物质含量的影响 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45 (16): 89–92]
- Yan Q, Hong NN, Zhao ZH, et al. The characteristics of spatial and temporal occurrence of grubs at Suzhou, Anhui Province [J]. *Plant Protection*, 2013, 39 (4): 134–138. [闫乾, 洪楠楠, 赵中华, 等. 安徽宿州地区蛴螬时空发生特点 [J]. 植物保护, 2013, 39 (4): 134–138]
- Yu YH, Long XZ, Zeng XR, et al. Preliminary investigation of scarabs species on upland crops and the population dynamics in Guangxi [J]. *Plant Protection*, 2014, 40 (6): 150–153. [于永浩, 龙秀珍, 曾宪儒, 等. 广西旱地作物主要金龟子种类及其发生动态初步调查 [J]. 植物保护, 2014, 40 (6): 150–153]
- Zhang DY. Comparative Nutritional Ecology of Exotic *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae) [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University Master Thesis, 2007. [张东营. 外来广聚萤叶甲比较营养生态学研究 [D]. 南京: 南京农业大学硕士论文]

- 文, 2007]
- Zhang MC, Yin J, Li KB, *et al.* Research progress on the occurrences of white grub and its control [J]. *China Plant Protection*, 2014, 34 (10): 20–28. [张美翠, 尹姣, 李克斌, 等. 地下害虫蛴螬的发生与防治研究进展 [J]. 中国植保导刊, 2014, 34 (10): 20–28]
- Zhang YJ, Wu QJ, Wang SL, *et al.* Current status and prospects of the important insect pests on the vegetable crops in China [J]. *Plant Protection*, 2013, 39 (5): 38–45. [张友军, 吴青君, 王少丽, 等. 我国蔬菜重要害虫研究现状与展望 [J]. 植物保护, 2013, 39 (5): 38–45]
- Zheng FQ. Occurrence and control of soil insect pests in Shandong Province [J]. *Pesticides*, 1997, 36 (1): 10–13. [郑方强. 山东省地下害虫发生与防治概况 [J]. 农药, 1997, 36 (1): 10–13]
- Zhong T, Fan WY, Xu GQ, *et al.* The population dynamics of three scarabs trapped by light in Shenyang [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40 (6): 39–42. [钟涛, 范唯艳, 许国庆, 等. 沈阳地区三种金龟灯下种群动态 [J]. 中国植保导刊, 2020, 40 (6): 39–42]
- Zhong T, Xu GQ, Liu PB, *et al.* Regularity of outbreak and infestation features of Chinese leek root maggot in Liaoning [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (4): 144–150. [钟涛, 许国庆, 刘培斌, 等. 辽宁地区韭菜根蛆发生与为害规律 [J]. 植物保护, 2018, 44 (4): 144–150]
- Zhong T, Xu GQ, Xu L, *et al.* Damage and economic threshold of *Holotrichia diomphalia* larvae in seedling stage of peanut field in Shenyang [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2016, 38 (5): 640–643. [钟涛, 许国庆, 徐蕾, 等. 沈阳地区花生田苗期蛴螬危害损失及防治指标 [J]. 中国油料作物学报, 2016, 38 (5): 640–643]
- Zhou HX, Tan XM, Li CY, *et al.* Effect of nourishment and humidity on the development and reproduction of *Holotrichia oblita* [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2009, 24 (4): 201–204. [周洪旭, 谭秀梅, 李长友. 营养和湿度对华北大黑鳃金龟生长发育和生殖的影响 [J]. 华北农学报, 2009, 24 (4): 201–204]