

CO₂浓度升高对萝卜蚜生活史和种群参数的影响

Effects of elevated CO₂ concentration on the life history and population parameters of mustard aphid *Lipaphis erysimi*

李雪梅¹ 黄峰² 尚方格¹ 何帅洁¹ 刘成敏¹ 吴刚^{1*}

(1. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070; 2. 湖北省生态环境科学研究院生态环境工程评估中心, 武汉 430072)

Li Xuemei¹ Huang Feng² Shang Fangge¹ He Shuaijie¹ Liu Chengmin¹ Wu Gang^{1*}

(1. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei Province, China;

2. Eco-Environmental Engineering Evaluation Center, Hubei Provincial Academy of Environmental Sciences, Wuhan 430072, Hubei Province, China)

中国气象局发布的《2019年中国温室气体公报》显示,全球大气中CO₂浓度达410.5 μL/L。植食性昆虫作为地球上庞大的生物群体,大气中CO₂浓度升高会对其生理、行为和适应性等产生深远影响。如Whittaker(2001)发现当CO₂浓度升高时,取食韧皮部汁液的刺吸式口器昆虫种群数量增加;Holopainen(2002)发现刺吸式口器蚜虫种群数量会随着CO₂浓度升高出现增加、减少或不变的不同趋势;原二亮等(2017)研究发现CO₂浓度升高可降低豆科植物对蚜虫的间接防御能力。萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* 属半翅目长管蚜科,可通过刺吸寄主植物的汁液获取营养成分,并可传播病毒,造成寄主植物叶片畸形,降低农作物品质和产量。本研究将探讨高浓度CO₂对萝卜蚜两性生命表参数的影响,以期对未来气候条件下萝卜蚜的发生和防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源和植物:萝卜蚜为华中农业大学昆虫生态实验室长期饲养种群,于温度(27±1)℃、相对湿度(70±5)%、光周期14 L:10 D的CO₂培养箱中以上海青进行饲养,取健康无翅雌成蚜4 h内所产的1龄若蚜供试。寄主油菜品种为上海青,市售,在室温、正常CO₂浓度条件下生长至5~8叶期供试。

仪器:HP400GS-C型CO₂培养箱,武汉瑞华实验仪器厂;Ventostat 8102型CO₂红外检测仪,美国Telaire公司。

1.2 方法

CO₂培养箱设置温度(27±1)℃、相对湿度(70±5)%、光周期14 L:10 D,CO₂浓度分别为400 μL/L(当

前大气中CO₂浓度)、600 μL/L(预计本世纪中期大气中CO₂浓度)和800 μL/L(预计本世纪末大气中CO₂浓度),以CO₂红外检测仪实时监控CO₂浓度,保证浓度恒定。每个CO₂浓度处理萝卜蚜1龄若蚜60头,均单头饲养,每隔12 h观察1次,记录其各龄发育历期、若虫存活数和成虫寿命及产卵量,统计产卵前期(雌虫羽化到产卵的时间)和总产卵前期(从卵到雌虫产卵时间)。观察记录过程中剔除掉蜕皮及新产的若蚜。每天及时更换植物叶片,以保证叶片新鲜。依据两性生命表理论(Chi, 1988),采用两性生命表软件TWOSEX-MSChart计算萝卜蚜个体发育相关的生活史参数,除上述观察指标外,还涉及存活率、繁殖力和特定年龄-龄期生命期望 e_{xy} (个体在年龄 x 龄期 y 的期望存活寿命)。同时模拟萝卜蚜的种群动态变化,计算其种群参数,包括内禀增长率 r (种群的最大瞬时增长率)、周限增长率 λ (种群不受资源限制的情况下,种群内平均每个个体能产生的后代数)、净增殖率 R_0 (指一个个体一生中所产生的总后代数)和平均世代周期 T (一个种群达到稳定增长速率 r 和 λ 时,增加 R_0 所需时间)。

1.3 数据分析

利用TWOSEX-MSChart软件计算生活史参数和种群参数的标准误,bootstrap设为10 000次,运用paired bootstrap test法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 3种CO₂浓度对萝卜蚜生活史参数的影响

萝卜蚜2龄、3龄发育历期和总产卵前期在3种CO₂浓度处理下无显著差异。1龄若蚜发育历期在400 μL/L浓度处理下为1.27 d,显著低于600 μL/L

(1.57 d)和800 $\mu\text{L/L}$ (1.64 d)浓度处理;4龄若蚜发育历期在600 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理下最短,为1.24 d,显著短于其他2个 CO_2 浓度处理。800 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理下,萝卜蚜存活率(0.90)显著低于600 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理(0.98)。随着 CO_2 浓度升高,800 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理下,萝

卜蚜产卵前期(0.07 d)和成虫寿命(14.89 d)均最短,繁殖力(83.24头)最低,显著低于其他2个 CO_2 浓度处理(表1)。萝卜蚜的特定年龄-龄期生命期望值 e_{xy} 表现为400 $\mu\text{L/L}$ >600 $\mu\text{L/L}$ >800 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理,说明随着大气中 CO_2 浓度升高,萝卜蚜寿命有缩短的趋势。

表1 不同 CO_2 浓度处理下萝卜蚜的生活史参数和种群参数

Table 1 Life history and population parameters of *Lipaphis erysimi* in response to different CO_2 concentrations

参数 Parameter	CO_2 浓度 CO_2 concentration		
	400 $\mu\text{L/L}$	600 $\mu\text{L/L}$	800 $\mu\text{L/L}$
生活史参数			
Life history parameter			
1龄发育历期 Duration of 1st instar/d	1.27±0.05 b	1.57±0.06 a	1.64±0.06 a
2龄发育历期 Duration of 2nd instar/d	1.13±0.04 a	1.10±0.04 a	1.14±0.05 a
3龄发育历期 Duration of 3rd instar/d	1.10±0.04 a	1.22±0.05 a	1.13±0.05 a
4龄发育历期 Duration of 4th instar/d	1.70±0.06 a	1.34±0.06 b	1.54±0.07 a
产卵前期 Adult preoviposition period/d	0.20±0.05 a	0.14±0.04 a	0.07±0.03 b
总产卵前期 Total preoviposition period/d	5.38±0.07 a	5.36±0.09 a	5.54±0.09 a
繁殖力 Fecundity	100.56±3.45 a	101.97±2.61 a	83.24±5.49 b
成虫寿命 Adult longevity/d	19.30±0.78 a	17.71±0.69 a	14.89±1.08 b
存活率 Survival rate	0.92±0.03 ab	0.98±0.02 a	0.90±0.04 b
生命期望值 Expectancy of life/d	23.10±0.51 a	22.90±0.54 a	18.80±0.51 b
种群参数			
Population parameter			
内禀增长率 Intrinsic rate of increase/(d^{-1})	0.47±0.01 a	0.48±0.01 a	0.44±0.01 b
周限增长率 Finite rate/(d^{-1})	1.61±0.01 a	1.61±0.01 a	1.55±0.01 b
净增殖率 Net reproductive rate	92.83±4.60 a	100.27±3.07 a	74.93±5.89 b
平均世代周期 Mean generation time/d	9.55±0.11 a	9.67±0.11 a	9.81±0.12 a

表中数据为平均数±标准误。同行不同小写字母表示经paired bootstrap test法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same row indicate significant difference at $P<0.05$ level by paired bootstrap test.

2.2 3种 CO_2 浓度对萝卜蚜种群参数的影响

不同 CO_2 浓度处理下萝卜蚜的大部分种群参数存在显著差异。800 $\mu\text{L/L}$ 浓度处理下,萝卜蚜种群的内禀增长率 r 、周限增长率 λ 和净增殖率 R_0 均显著低于其他2个 CO_2 浓度处理;而3种 CO_2 浓度处理对萝卜蚜种群平均世代周期 T 无显著影响(表1)。

3 讨论

高浓度 CO_2 可直接影响昆虫的生理代谢和行为习性,进而改变其生长发育和繁殖力。Amiri-Jami et al.(2012)研究发现不同 CO_2 浓度对甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* 的生命表参数有显著影响,380 $\mu\text{L/L}$ CO_2 浓度下甘蓝蚜的繁殖前期最长,而在1 050 $\mu\text{L/L}$ CO_2 浓度下其内禀增长率最高。本研究结果表明,高浓度 CO_2 对萝卜蚜若蚜发育历期有影响,800 $\mu\text{L/L}$ CO_2 浓度处理下,萝卜蚜的产卵前期、存活率、成虫寿命和繁殖力均最低。吴刚等(2006)研究发现高浓度 CO_2 处理可导致棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 幼虫发育历期延缓,但对棉铃虫生活史和种群参数影响较小。本研究发现,800 $\mu\text{L/L}$ CO_2 浓度处理下萝卜蚜种群的内禀增长率 r 、周限增长率 λ 和净增殖率 R_0 均显著低于400 $\mu\text{L/L}$ CO_2 浓度处理,且高浓度 CO_2 处理下萝卜蚜的特定年龄-龄期生命期望值显著短于低浓度 CO_2 处理。综上,高浓度800 $\mu\text{L/L}$ CO_2 处理

不利于萝卜蚜的个体生长发育和种群增加。

参考文献 (References)

- Amiri-Jami AR, Sadeghi H, Shoor M. 2012. The performance of *Brevicoryne brassicae* on ornamental cabbages grown in CO_2 -enriched atmospheres. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15(2): 249-253
- Chi H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17(1): 26-34
- Holopainen JK. 2002. Aphid response to elevated ozone and CO_2 . *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104(1): 137-142
- Whittaker JB. 2001. Insects and plants in a changing atmosphere. *Journal of Ecology*, 89(4): 507-518
- Wu G, Chen FJ, Ge F. 2006. Direct effects of elevated CO_2 on growth, development and reproduction of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* Hübner. *Acta Ecologica Sinica*, 26(6): 1732-1738 (in Chinese) [吴刚, 陈法军, 戈峰. 2006. CO_2 浓度升高对棉铃虫生长发育和繁殖的直接影响. *生态学报*, 26(6): 1732-1738]
- Yuan EL, Guo HJ, Li FC, Sun YC. 2017. Elevated atmospheric CO_2 concentration decreases the indirect defense of *Medicago truncatula* against the pea aphid by suppressing volatile release. *Journal of Plant Protection*, 44(2): 290-297 (in Chinese) [原二亮, 郭慧娟, 李凤超, 孙玉诚. 2017. 豌豆蚜为害下 CO_2 浓度升高对两种不同固氮能力蒺藜苜蓿间接防御的影响. *植物保护学报*, 44(2): 290-297]

(责任编辑:李美娟)