

共生菌对麦长管蚜生长发育和繁殖的影响

胡祖庆,赵惠燕,胡想顺,李东鸿

(西北农林科技大学 植保学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] 为了明确共生菌对麦长管蚜生长发育和繁殖的影响,用利福平处理得到脱共生麦长管蚜,在 15, 18, 21, 24 和 27 °C 条件下,对脱共生及共生麦长管蚜的生长发育和繁殖情况进行了观察和统计分析。结果表明,脱共生麦长管蚜质量极显著低于共生麦长管蚜;在不同温度下,共生麦长管蚜与脱共生麦长管蚜都表现为,随温度的升高全若虫期的发育历期缩短,但在同一温度下,脱共生麦长管蚜的发育历期极显著高于共生麦长管蚜;脱共生麦长管蚜全若虫期的有效积温高于共生麦长管蚜,而发育起点温度低于共生麦长管蚜;脱共生麦长管蚜和共生麦长管蚜均在 21 °C 时达到最大生殖力;在同一温度下,脱共生麦长管蚜的平均世代周期均大于共生麦长管蚜,净增值率、内禀增长率均远远低于共生麦长管蚜。据此认为,共生菌对麦长管蚜的生长发育和繁殖均有重要影响。

[关键词] 共生菌;麦长管蚜;发育历期;发育起点温度;有效积温;生殖力

[中图分类号] Q968.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)06-0163-04

Effects of bacterial symbionts on growth, development and fecundity of *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae)

HU Zu-qing, ZHAO Hui-yan, HU Xiang-shun, LI Dong-hong

(College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To explore the effect of bacterial symbionts on the growth, development and fecundity of *Sitobion avenae* (F.). The aphids were treated with the antibiotic and rifampicin to eliminate their intracellular symbiotic bacteria. At five different temperatures of 15, 18, 21, 24, 27 °C, the difference between aposymbiotic and symbiotic *Sitobion avenae* (F.) were studied. The influences of bacterial symbionts on *Sitobion avenae* (F.)'s growth, development and fecundity were also studied. The result showed that bacteria-free aposymbiotic aphids exhibited a reduced adult fresh weight; at different temperatures, bacteria-free aposymbiotic aphids exhibited an increased nymph duration; threshold temperature bacteria-free aposymbiotic aphids was lower than symbiotic aphids, but effectively accumulated temperature (EAT) of aposymbiotic aphids nymph duration was higher than symbiotic aphids; both Bacteria-free aposymbiotic aphids and symbiotic aphids, reached the top of its productivity at 21 °C, but at the same temperature, a generation length of bacteria-free aposymbiotic aphids was longer than symbiotic aphids, and productivity of bacteria-free aposymbiotic aphids was far lower than symbiotic aphids.

Key words: intracellular bacterial symbiont; *Sitobion avenae* (F.); nymph duration; threshold temperature; effective accumulated temperature (EAT); productivity

大多数蚜虫体内含有原生共生细菌——巴克纳氏菌^[1]。这类共生细菌生活在寄主蚜虫血腔内的特

†收稿日期] 2006-04-29

[基金项目] 国家自然科学基金项目(39970112, 30470268); 陕西省重点项目(2001SM01)

[作者简介] 胡祖庆(1979-), 男, 安徽怀宁人, 讲师, 在职硕士, 主要从事昆虫生态学研究。

[通讯作者] 赵惠燕(1956-), 女, 河南西平人, 教授, 博士生导师, 主要从事昆虫生态遗传学研究。

殊细胞——含菌细胞(简称菌胞)(mycetocyte 或 bacteriocyte)中,菌胞多聚集在蚜虫腹部体腔中,呈双叶状结构^[2]。蚜虫与共生菌之间的共生关系是长期协同演化的结果,两者互利共生,蚜虫为共生菌提供生存环境和营养来源,并对共生菌的生长繁殖进行调控;共生菌为蚜虫生长发育提供多种必需的营养物质,在宿主的营养和新陈代谢中发挥着重要作用^[3]。

利用含同位素的营养液饲喂、高温胁迫或抗生素等方法去除蚜虫体内共生菌的大量研究均证明,巴克纳氏菌的主要功能是为宿主蚜虫提供多种必需氨基酸^[4-10]。Prosser 等^[5]研究表明,去除巴克纳氏菌的豌豆蚜虫体内蛋白质含量约减少 20%,非必需氨基酸(自由氨基酸)含量约增加 40%;去除巴克纳氏菌的黑豆蚜 *Aphis fabae* 对色氨酸的同化率仅为 38%,但正常蚜虫对色氨酸的同化率为 98%。巴克纳氏菌还为蚜虫提供脂类和固醇^[4]。Prosser 等^[5]研究表明,桃蚜在不含固醇的人工饲料上可以连续饲养 5 代,若向饲料中加入固醇,可加快若蚜的发育,但对成虫大小和产仔数没有明显影响;在脱共生桃蚜的饲料中添加固醇可以产生可育后代,否则其胚胎发生终止。但有关共生菌对蚜虫生长发育和生殖力整体影响的研究还未见报道。本研究用广谱抗菌素利福平处理得到脱共生麦长管蚜,比较不同温度下脱共生麦长管蚜和共生麦长管蚜的生长发育和繁殖情况,为进一步研究共生菌对麦长管蚜的影响、以及麦长管蚜的综合治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

麦长管蚜采自陕西杨凌田间,在温室内以小麦品种千斤早(购自杨凌种子公司)作为食源,饲养 4~5 代,此时的麦长管蚜为单克隆系。待达到试验要求数量后,取发育较好的单克隆系麦长管蚜成蚜备用。

1.2 试验方法

1.2.1 脱共生麦长管蚜的培养 脱共生麦长管蚜的培养参照 Douglas^[11-13]的方法,并稍作修改。将生长 3 周后的千斤早小麦苗根部冲洗干净后,浸在 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 利福平(上海生工,化学纯)溶液中,24 h 后接麦长管蚜成蚜使之产仔,10 h 后移去成蚜,再过 48 h 后将刚出生的麦长管蚜若蚜移入正常千斤早小麦饲养。即获得脱共生麦长管蚜^[5-6]。未经抗生素处理的为共生麦长管蚜虫。

1.2.2 共生菌对麦长管蚜质量的影响 在麦长管蚜发育为成蚜的当天,取脱共生和共生麦长管蚜各 30 头,用电子天平称群体质量。所用电子天平为德国 Sartorius 公司生产,精密度为 0.01 mg。

1.2.3 共生菌对麦长管蚜生长发育和繁殖的影响

试验在哈尔滨东拓科技开发有限公司生产的人工气候箱中进行,测试温度为 15, 18, 21, 24, 27 $^{\circ}\text{C}$,温度误差为 ± 0.5 $^{\circ}\text{C}$,光周期为 L/D = 14 h/10 h,相对湿度 70%~85%。麦长管蚜所用的培养容器为直径 7 cm 的市售塑料培养皿。以新鲜千斤早小麦叶片为麦长管蚜的食源,每箱放 60 个培养皿,每个培养皿放置 1 头麦长管蚜。每隔 8 h 调查若蚜数量和蜕皮数,直至成蚜。发育到成蚜时,将有翅成蚜挑出,记录无翅成蚜每天所产仔数,统计产仔量。然后计算麦长管蚜的发育起点温度、有效积温、平均世代周期、净增值率和内禀增长率。试验均设 3 个重复。

1.2.4 计算方法 在 5 个恒温测试处理中,共生和脱共生麦长管蚜均可完成生长发育,因此可取各处理的观察值,根据不同温度下的发育历期,利用“最小二乘法”^[14]计算各虫态的发育起点温度(C)和有效积温(K)及其标准差(S_C , S_K)。

共生菌对麦长管蚜繁殖的影响可用以下公式^[15]计算:

$$R_0 = \sum l_x m_x, T = \sum x l_x m_x / R_0, r_m = \ln R_0 / T。$$

式中: R_0 为净增值率, T 为种群平均世代周期, r_m 为内禀增长率, x 为试验时间; l_x 为每天蚜虫的存活百分率, m_x 为特定年龄生殖率,以平均每个雌体的产雌率表示。

1.3 数据处理

所有数据的方差分析和多重比较均采用 DPS 统计分析软件进行。

2 结果与分析

2.1 共生菌对麦长管蚜质量的影响

脱共生麦长管蚜的质量与共生麦长管蚜的质量有极显著差异($P < 0.01$),共生麦长管蚜平均每头质量为 0.814 mg,脱共生麦长管蚜只有 0.261 mg,是共生麦长管蚜的 33%,极显著低于共生麦长管蚜。说明共生菌对麦长管蚜的发育有十分重要的作用,这可能是由于共生菌为麦长管蚜提供了某种必需的营养物质。

2.2 共生菌对不同温度下麦长管蚜发育历期的影响

从表 1 可知,在不同温度下,共生麦长管蚜与脱

共生麦长管蚜都表现为,随温度的升高全若虫期的发育历期缩短;在同一温度下,脱共生麦长管蚜的发育历期极显著高于共生麦长管蚜 ($P < 0.01$)。表明无论是脱共生麦长管蚜还是共生麦长管蚜在温度升高的情况下,个体发育进度均加快;在同一温度下,共生菌加快了麦长管蚜的个体发育进度。

表 1 不同温度下共生和脱共生麦长管蚜全若虫期发育历期

Table 1 Effect of symbionts and aposymbiotic on nymph duration of *Sitobion avenae* at different temperature d

温度/ °C Temperature	发育历期 Nymph duration	
	共生蚜 Symbiotic	脱共生蚜 Aposymbiotic
15	11.90 ±0.24 A	13.85 ±0.05 B
18	8.45 ±0.22 A	10.64 ±0.08 B
21	7.64 ±0.18 A	9.59 ±0.10 B
24	6.54 ±0.31 A	8.85 ±0.06 B
27	5.08 ±0.23 A	7.06 ±0.04 B

注:表中数据为平均值 ±标准误,同行数据后不同字母表示经 Duncan 多重比较后差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: The data in the table are mean ±SD and those in the same column followed by the different letters are significantly different at $P < 0.01$ by Duncan's multiple range test .

表 3 不同温度下共生和脱共生麦长管蚜生殖力的主要种群参数

Table 3 Effect of symbionts and apasymbiotic on population parameter of *Sitobion avenae* at different temperature

温度/ °C Temperature	麦长管蚜类型 Type of <i>Sitobion avenae</i>	平均世代周期 T/d Length of a generation	净增值率 $R_0/\%$ Net reproduction rate	内禀增长率 R_m Intrinsic rate of increase
15	共生 Symbiotic	28.77 B	45.62 B	0.135 0
	脱共生 Aposymbiotic	30.54 A	5.89 F	0.058 1
18	共生 Symbiotic	18.43 D	35.91 C	0.194 3
	脱共生 Aposymbiotic	20.12 C	4.85 FG	0.078 5
21	共生 Symbiotic	18.36 D	50.39 A	0.213 5
	脱共生 Aposymbiotic	20.02 C	6.12 F	0.090 0
24	共生 Symbiotic	14.52 F	20.76 D	0.208 9
	脱共生 Aposymbiotic	16.23 E	3.14 FG	0.070 5
27	共生 Symbiotic	12.67 G	12.80 E	0.201 2
	脱共生 Aposymbiotic	14.58 F	2.08 G	0.050 2

注:表中数据为平均值 ±标准误,同列数据后不同字母表示经 Duncan 多重比较后差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: The data in the table are mean ±SD and those in the same column followed by the different letters are significantly different at $P < 0.01$ by Duncan's multiple range test .

从表 3 可知,随着温度的升高,共生和脱共生麦长管蚜的平均世代周期均显著缩短,净增值率、内禀增长率均在 21 °C 时达到最大;在同一温度下,脱共生麦长管蚜的平均世代周期均较共生麦长管蚜长,净增值率、内禀增长率均远远低于共生麦长管蚜。说明在人工控制条件下,共生麦长管蚜和脱共生麦长管蚜的最适温度均为 21 °C。共生菌的存在对麦长管蚜的平均世代周期起着延长作用,对其繁殖起促进作用。

2.3 共生菌对麦长管蚜发育起点温度和有效积温的影响

根据表 1 数据,计算出共生和脱共生麦长管蚜的发育起点温度和有效积温,以及各自的标准误,结果见表 2。由表 2 可以看出,脱共生麦长管蚜全若虫期的有效积温高于共生麦长管蚜,而发育起点温度低于共生麦长管蚜。说明共生菌的存在使麦长管蚜完成一个若虫期的有效积温减少,而使麦长管蚜的发育起点温度增加。

表 2 共生和脱共生麦长管蚜全若虫期发育起点温度与有效积温

Table 2 Effect of symbionts on threshold temperature and effective accumulated temperature (EAT) of *Sitobion avenae*

麦长管蚜类型 Type of <i>Sitobion avenae</i>	有效积温/ ($d \cdot ^\circ C$) EAT(degree_day)	发育起点温度/ °C Threshold temperature
共生 Symbiotic	111.11 ±12.45	5.82 ±1.76
脱共生 Aposymbiotic	181.89 ±22.18	1.89 ±2.38

2.4 共生菌对不同温度下麦长管蚜生殖力的影响

根据生殖生命表的计算方法,在不同温度下,共生麦长管蚜与脱共生麦长管蚜的平均世代周期、净增值率和内禀增长率见表 3。

3 讨 论

研究表明,通过利福平可以除去蚜虫体内的共生菌^[4-5],与脱共生蚜虫相关的一般不适,特别是其低生长速率和低生育率,不是抗生素对生理的直接影响。但是去除共生菌的次要影响的积累,可能会对利用脱共生蚜虫所做的试验难以解释。因此,Wilkinson 等^[13]建议:(1)进行共生用蚜虫的任何分析中,所用蚜虫的虫龄和抗生素处理时间要严格一致;(2)进行蚜虫脱共生后的研究,如蚜虫的营养生

理学时,要使用刚经抗生素处理的若蚜。

本试验是在人工气候箱中进行的,虽然试验中的温度、相对湿度和光照等因子的设定尽可能接近自然状态,两者的变化方式和幅度并不完全一致,所得出的数据与昆虫自然状况下的实际情况仍会存在一定差异,但试验结果可以为今后进一步研究共生菌对麦长管蚜生长发育和繁殖提供参考。

本研究结果表明,脱共生麦长管蚜表现为质量下降,若虫的发育历期加长,完成全若虫所需要的有效积温加大,发育起点温度下降、平均世代周期加长;在不同温度下共生菌对麦长管蚜的繁殖也有显著影响,脱共生麦长管蚜的净增值率、内禀增长率均有很大程度的下降。这与前人研究的情况基本一致。以上结果表明,共生菌可能为麦长管蚜的生长发育和繁殖提供必需的营养物质,使其更好的生长发育和繁殖,但提供何种营养物质有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] Baumann P, Baumann L, Lai C Y, et al. Genetic, physiology, and evolutionary relationships of the genus *Buchnera*: intracellular symbionts of aphids[J]. *Ann Rev Microbiol*, 1995, 49: 55-94.
- [2] Buchner P. Endosymbiosis of animals with plant microorganisms[J]. New York: John Wiley and Sons, 1965: 297-332.
- [3] Douglas A E. Nutritional interactions in insect-microbial symbioses: aphids and their symbiotic bacteria *Buchnera*[J]. *Ann Rev Entomol*, 1998, 43: 17-37.
- [4] Miao X X, Ding D C. Interaction between aphids and its intracellular bacterial symbionts *Buchnera*[J]. *Entomol Sin*, 2003, 10(3): 167-171.
- [5] Prosser W A, Douglas A E. The aposymbiotic aphid: an analysis of chlortetracycline-treated pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*[J]. *Insect Physiol*, 1991, 37: 713-719.
- [6] 薛宝燕, 程新胜, 陈树仁, 等. 昆虫共生菌研究进展[J]. *中国微生物生态学杂志*, 2004, 16(3): 189-191.
- [7] Baumann L, Thao M L, Hess J M, et al. The genetic properties of the primary endosymbionts of mealybugs differ from those of other endosymbionts of plant sap-sucking insects[J]. *Appl Environ Microbiol*, 2002, 68(7): 198-205.
- [8] Shigenobu S, Watanabe H, Hattori M, et al. Genome sequence of the endocellular bacterial symbiont of aphids *Buchnera* sp. APS[J]. *Nature*, 2000, 407(7): 81-86.
- [9] Febvay G, Liadouze I, Bonnot G. Analysis of energetic amino acid metabolism in *Acyrtosiphon pisum*: a multidimensional approach to amino acid metabolism in aphids[J]. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 1995, 29: 45-69.
- [10] Douglas A E. Sulphate utilization in an aphid symbiosis[J]. *Insect Biochem*, 1988, 18: 599-605.
- [11] Douglas A E. Reproductive failure and the free amino acid pools in pea aphids (*Acyrtosiphon pisum*) lacking symbiotic bacteria[J]. *Journal Insect of Physiology*, 1996, 42: 247-255.
- [12] Douglas A E. Reproductive failure and the free amino acid pools in pea aphids (*Acyrtosiphon pisum*) lacking symbiotic bacteria[J]. *Journal Insect of Physiology*, 1996, 42: 247-255.
- [13] Wilkinson T L, Douglas A E. The impact of aposymbiosis on amino acid metabolism of pea aphid [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1996, 80: 279-282.
- [14] 牟吉元. 昆虫生态与农业害虫预测预报[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.
- [15] 丁岩钦. 昆虫种群生态原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1980.