

进展,1998,25(4):307-310.

[7]吕祁峰,夏家辉. S/MAR 与基因表达[J]. 生命科学研究,2000,4(1):1-6.

[8]刘昕,傅荣昭,李民华,等. SAR 与植物转基因沉默的消除[J]. 生物工程进展,1998,18(4):53-56.

[9]Reiner Strick,Ulrich K Laemmli. SARs are cis DNA elements of chromosome dynamics:synthesis of a SAR repressor protein[J]. Cell,1995,83:1137-1148.

[10]Lee TH, Kim SJ, Han YM, et al. Matrix attachment region sequences enhanced the expression frequency of a whey acidic protein/human lactoferrin fusion gene in the mammary gland of transgenic mice[J]. Mol Cells,1998,8(5):530-536.

[11]Gutierrez-Adan A, Pintado B, et al. Effect of flanking matrix attachment regions on expression of microinjected transgenes during preimplantation development of mouse embryos[J]. Transgenic Res,2000,9(2):81-89.

[12]Loc Phi-Van, Jens P Von Kries, Wolfram Ostertag, et al. The chicken lysozyme 5' Matrix attachment region increases transcription from a heterologous promoter in heterologous cells and dampens position effects on the expression of transfected genes[J]. Molecular and Cellular Biology,1990,10(5):2302-2307.

[13]Zahn-Zabal M, Kober M, Girod PA, et al. Development of stable cell lines for production or regulated expression using matrix attachment regions[J]. J Biotechnol,2001,87(1):29-42.

[14]Dagmar Klehr, Karin Maas and Jurgen Bode. Scaffold-attached regions from the human interferon β domain can be used to enhance the stable expression of genes under the control of various promoters[J]. Biochemistry,1991,30:1264-1270.

[15]戴冰冰,梅文瀚,王家敏,等. 核骨架基质结合区(S/MAR)提高逆转录病毒载体介导 egfp 在 NIH3T3 细胞中的表达[J]. 中国生物化学与分子生物学报,2003,19(1):24-30.

[16]许罕华, LOC Phi-van. 鸡溶菌酶基因 3' 端 MAR 在同源细胞系对基因表达调控的研究[J]. 中国兽医学报,1996,16(3):212-216.

[17]Joe Attal, Marco Cajero-Juarez, Denis Petitclerc, et al. The effect of matrix attached regions (MAR) and specialized chromatin structure (SCS) on the expression of gene constructs in cultured cells and in transgenic mice[J]. Molecular Biology Reports,1996,22:37-46.

[18]Whitelaw CB, Golli S, Accornero P, et al. Matrix attachment region regulates basal beta-lactoglobulin transgene expression[J]. Gene,2000,244(1-2):73-78.

微生物絮凝剂处理废水的研究和发展趋势

董双石,王爱杰,任南琪,马放,由阳

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院,黑龙江,哈尔滨 150090)

摘要:概括了微生物絮凝剂及其产生菌的研究成果,重点阐述了微生物絮凝剂在处理高浓度废水、废水脱色、废水除浊、废水除油、污泥脱水及污泥改性等方面的研究现状,并指出研究中存在的问题。同时,提出微生物絮凝剂在废水处理领域的发展趋势和实现规模化生产的研究重点。

关键词:微生物絮凝剂;废水处理;应用;发展趋势

中图分类号:X703,X172 文献标识码:A 文章编号:1004-311X(2004)01-0072-03

微生物絮凝剂是一类由微生物产生的有絮凝活性的代谢产物,主要有糖蛋白、多糖、蛋白质、纤维素和 DNA 等^[1]。它一般是利用生物技术,通过细菌、真菌等微生物发酵、抽提、精炼而成。与目前普遍采用的天然高分子絮凝剂相比,微生物絮凝剂具有絮凝活性高,能产生絮凝剂的微生物种类多,生长快,易于采取生物工程手段实现产业化等特点,有着良好的发展前景。美国、日本、英国、法国、德国、俄罗斯和我国对微生物絮凝剂进行了大量研究,取得了一些初步的研究成果,为微生物絮凝剂的工业应用打下了良好的基础^[2]。微生物絮凝剂的独特的性质和优点主要有以下几方面^[3]:①无毒无害,安全性高;经小白鼠安全试验证明,微生物絮凝剂完全能用于食品、医药等行业的发酵后处理;②无二次污染;微生物絮凝剂的主要成分是多糖和蛋白质等,具有可生化性,易被微生物降解,不会造成二次污染;③使用范围广;可以广泛地应用于给水、污水处理、食品发酵和生物制药等方面;④具有除浊和脱色性能等;⑤有的生物絮凝剂还具有不受 pH 条件影响,热稳定性强,用量小等特点。

1 微生物絮凝剂及其产生菌的研究现状

1.1 微生物絮凝剂产生菌

至今发现的具有絮凝性的微生物达 32 个种^[2,3],其中细菌 18 种,分别为粪产碱菌属 (*Alcaligenes faecalis*)、协腹产碱杆菌 (*Alcaligenes latus*)、渴望德莱氏菌 (*Alcaligenes cupidus*)、芽孢杆菌属 (*Bacillus* sp.)、棒状杆菌 (*Corynebacterium brevicale*)、暗色孢属 (*Dematiom* sp.)、草分枝杆菌属 (*Mycobacterium phlei*)、红平红球菌 (*Rhodococcus erythropolis*)、铜绿假单胞菌属 (*Pseudomonas aeruginosa*)、荧光假单胞菌属 (*Pseudomonas fluorescens*)、粪便假单胞菌属 (*Pseudomonas faecalis*)、发酵乳杆菌 (*Lactobacillus fermentum*)、嗜虫短杆菌 (*Brevibacterium insectiphilum*)、金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)、土壤杆菌属 (*Agrobacterium* sp.)、环圈项圈蓝细菌 (*Anabaenopsis circularis*)、厄式菌属 (*Oerskwia* sp.) 和不动细菌属 (*Acinetobacter* sp.) ;真菌 9 种,分别为酱油曲霉 (*Aspergillus sojae*)、棕曲霉 (*Aspergillus ochraceus*)、寄生曲霉 (*Aspergillus parasiticus*)、赤红曲霉 (*Monascus anka*)、拟青霉属 (*Paecilomyces* sp.)、棕腐真菌 (*Brown rot fungi*)、白腐真菌 (*White rot fungi*)、白地霉 (*Georrichum candidum*) 和栗酒裂殖酵母 (*Schizosaccharomyces pombe*) ;放线菌 5 种,分别为棒象虫诺卡式菌 (*Nocardia restria*)、红色诺卡式菌 (*Nocardia rhodii*)、石灰壤诺卡式菌 (*Nocardia calcarca*)、灰色链霉菌 (*Streptomyces griseus*) 和酒红链霉菌 (*Streptomyces vinaceus*)。由它们生产的微生物絮凝剂中,最具代表性的为以下三种:1976 年, Nakamura J. 用酱油曲霉 (*Aspergillus sojae*) 生产的絮凝剂 AJ7002;1985 年, H. Takagi 用拟青霉属 (*Paecilomyces* sp. I-1) 生产的絮凝剂 PF101,对啤酒酵母、血细胞、活性污泥、纤维素粉、活性炭、硅藻土和氧化铝等有良好的絮凝效果;1986 年, R. Kurane 等人利用红平红球菌 (*Rhodococcus erythropolis*) 研制成功微生物絮凝剂 NOC-1,对大肠杆菌、酵母、泥浆水、河水、粉煤灰水、活性炭粉末、膨胀污泥和纸浆废水等均有极好的絮凝和脱色效果,是目前发现的絮凝效果最好的微生物絮凝剂。

1.2 微生物絮凝剂的合成及其生物学、化学本质

微生物絮凝剂的合成与絮凝剂产生菌的代谢活性有关^[2]。有的微生物在停止代谢之后,才能释放絮凝剂^[4];有的微生物在培养的初始阶段就产生絮凝活性,之后随时间推移絮凝活性先上升后下降,这可能与降低絮凝活性的酶的存在有关^[5];还有的微生物产生的絮凝活性不断上升,然后保持不变或下降很少^[10]。

影响微生物絮凝剂合成的因素有很多,包括遗传、生理和环境等方面的因素,环境方面因素又包括物理、化学和生物因素。如发酵罐培养基的组成、碳和氮的含量 (C/N 比)、培养基的 pH、温度以及搅拌速度、通气状况等^[3]。

从生物学本质上讲,微生物絮凝剂的合成严格受遗传基因的调控,并且近几年发现絮凝基因^[6]。有研究表明,破坏絮凝剂对微生物增长有一定促进作用,这可能是细胞与营养物质接触面积增加的缘故^[7]。这种现象说明,微生物絮凝剂的形成对于微生物的生命活动并不是必需的,絮凝剂真正的生物学意义在于构成微生物的多糖荚膜,微生物的絮凝性也许只是一种伴生性状^[2]。

从化学本质上讲,微生物絮凝剂主要是微生物细胞分泌到细胞外的代谢产物,包括细菌的荚膜和粘液质,除水分外,其主要成分为多糖及少量的多肽、蛋白质、脂类及其复合物。另外,一些絮凝剂中还含有无机金属离子,如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{2+} 等。

收稿日期:2003-05-20;修回日期:2003-08-11

基金项目:黑龙江省青年科学资助项目 (QC01C04);黑龙江省科技攻关项目 (GB02C02-02)

作者简介:董双石(1980-),男,辽宁人,硕士生,现从事微生物絮凝剂处理废水的机理与应用研究。

1.3 絮凝机理、絮凝能力的影响因素

1.3.1 絮凝机理

相对于已知的胶体体系絮凝机理而言,生物体系的絮凝机理目前还不是非常清楚^[8]。目前絮凝理论主要有:桥联学说、电性中和学说、基团反应学说、Butterfield 粘质假说、Friedman 菌体外纤维素行为学说和病毒假说等。一般认为,生物高分子絮凝剂通过桥联作用和电中和作用使颗粒和细胞聚合。

絮凝的形成是一个复杂过程,任何单一的机理都不能解释所有现象,絮凝剂的广谱活性也证明微生物絮凝机理不是单一的。为了更好地解释机理,需要对特定絮凝剂和胶体颗粒的组成、结构、电荷、构像以及各种反应条件对它们的影响进行更深入的探讨^[9]。

1.3.2 微生物絮凝剂絮凝能力的影响因素

影响微生物絮凝剂絮凝能力的因素有很多,即包括絮凝剂本身的性质,由于外界环境密切相关。一般来说,主要的影响因素有温度、pH 值、微生物絮凝剂浓度、微生物絮凝剂分子量和结构和金属离子投加量等^[2]。

2 微生物絮凝剂处理废水的研究

众所周知,微生物絮凝剂不仅高效、安全、对环境不产生二次污染,而且用量少、适用范围广、作用条件粗放,是传统絮凝剂的良好替代品。从目前国内外对微生物絮凝剂应用范围的研究看,它不仅可以替代传统絮凝剂用于给水处理,或者用于医药、食品加工和发酵等行业的固液分离,而且在高浓度难降解废水的除浊、除重金属、脱色和除油等方面也表现出相当的优势。在上述废水处理中,投加微生物絮凝剂相当于预处理工序,除去废水中相当一部分有机物、浊度、色度和油脂等,减轻后续处理单元的负荷,提高处理效率和能力。另外,在传统的活性污泥工艺系统运行中常常会出现污泥膨胀或污泥活性不高等现象,微生物絮凝剂可以很好地改善活性污泥的性能。

2.1 处理高浓度有机废水

畜产废水是含 COD 较高的难处理有机废水,采用合成有机絮凝剂虽然有较好的效果,但存在二次污染。微生物絮凝剂可以有效的去除畜牧废水中的 TOC 和 TN。R. Kurane 在 80ml 畜牧废水中加入 100ml Ca^{2+} 溶液(1%的浓度)和 5 ml 红平红球菌(*Rhodococcus erythropolis*)培养物,可以使 TOC 从 1420mg/l 下降到 425mg/l,使 TN 从 420mg/l 降为 215mg/l,去除率分别为 70%和 40%。同时废水的 OD_{660} 值从 8.6 降为 0.02,出水基本是无色澄清的^[10]。猪粪尿废水采用 NOC-1 加 Ca^{2+} 处理 10min 后,废水的上清液变成几乎透明的液体,废水中的 TOC 由处理前的 8200mg/l 变为 2980mg/l,去除率达 63.7%, OD_{660} 由处理前的 15.7 变为 0.86,浊度去除达 94.5%^[11]。

2.2 去除废水中的浊度

含有高悬浮物的建筑材料加工废水是较难处理的一类废水,例如陶瓷厂废水,主要包括胚体废水和釉药废水两种,前者主要含有较多的粘土颗粒,后者除含粘土颗粒外,还有相当数量的釉药。当添加 NOC-1 后 5min,胚体废水的 OD_{660} 从原来的 1.4 降低到 0.043;釉药废水的 OD_{660} 从 17.2 下降到 0.35;浊度去除率分别为 96.6%和 97.9%,可得到几乎透明的上清液^[12]。况金蓉^[13]等人利用其开发的絮凝剂 MBF3-3 处理石化废水,静置 30min 后,浊度去除率可达 90.1%,投加量 0.9ml/l,远小于 PAC 溶液的用量(3.5ml/l)。

2.3 在废水脱色中的作用

现今的活性污泥法技术除去废水中的 BOD 并非难事,但对于脱色几乎还没有特效的方法,特别是对于那些可溶性色素很难处理,由于染料分子难以生物降解,而一般的化学絮凝剂处理效果不佳,因而成为工业废水处理中一大难题,而采用微生物絮凝剂处理可达理想目标。例如, R. Kurane 在 80ml 某造纸厂废水中加入 2ml 协腹产碱杆菌(*Alcaligenes latus*)培养物和 1.5ml 的聚氨基葡萄糖后,即可在废水中生成肉眼可见的絮凝,浮于水面,脱色率为 94.6%,下层清水的透光率几乎与自来水相近^[5]。胡筱敏等利用其开发的微生物絮凝剂 MBF A-9 处理硫化燃料废水,投加量为 0.1ml/l,不需投加助凝剂,处理前 OD_{590} 为 1.89,处理后 OD_{590} 为 0.015,脱色率达到 99.

2%^[14]。另外,微生物絮凝剂还用于墨水、糖蜜废水和颜料废水等废水的脱色处理^[11]。

2.4 在废水除油或油水分离中的作用

用协腹产碱杆菌培养物可以很容易地将棕榈酸从其乳化液中分离出来。向 100ml 含的乳化液中加入 10ml 协腹产碱杆菌培养物和 1ml 的聚氨基葡萄糖后,在细小均一的乳化液中即形成明显可见的油滴,这些油滴浮于废水表面,有明显的分层。下层清液的 COD 值从原来的 450 mg/l 降为 235 mg/l,去除率为 48%。无论是无机絮凝剂还是人工合成高分子絮凝剂从未有过这样好的絮凝效果。这种微生物絮凝剂不仅有望用于乳化液的油水分离,也可为海上溢油的控制提供一种安全有效的絮凝剂^[5]。

2.5 在改善污泥膨胀中的作用

污泥膨胀主要是由于丝状菌过量生长,致使沉降性能变差,活性污泥处理系统的效率常因此而降低,微生物絮凝剂能够有效地改善污泥的沉降性能,防止污泥解絮,提高整个处理系统的效率。R. Kurane 将红平红球菌培养物加入已发生污泥膨胀的活性污泥中,可以使污泥的 SVI(污泥体积指数)很快从 290 下降到 50^[10]。有报道^[15]证明,在活性污泥中添加微生物絮凝剂在沉降污泥时,并不会降低有机物的去除率。

2.6 对污泥脱水的作用

对污泥进行脱水能够为后续处理创造有利条件。用红平红球菌培养物 2 ml 和 5ml 浓度为 1%的 Ca^{2+} 溶液,处理 95ml 浓缩后的污泥,可以使污泥体积在 20min 内浓缩为原来的 92%,上清液的 OD_{550} 值小于 0.05^[10]。

3 存在的问题和发展方向

3.1 存在的问题

毋庸置疑,微生物絮凝剂在处理废水方面有着突出的优越性,它的大规模生产和应用将有广阔的市场前景。但是从规模化生产和废水处理角度看,目前国内外的微生物絮凝剂研究还存在着如下问题:(1)研究水平低。大多数学者从自然界筛选高效的絮凝剂产生菌,研究其絮凝性能,而对优良的絮凝剂产生菌诱变育种和基因控制方面缺乏研究,且研究停留在实验室阶段;(2)制备成本高。绝大多数研究按照食品发酵和生物制药的思路制备微生物絮凝剂,即采用单一菌种和价格昂贵培养基,制备偏高;(3)测定絮凝剂活性的指标单一。目前,国内外只用微生物絮凝剂处理高岭土悬浊液的能力来表征其活性,对于性质和种类千差万别的工业废水而言,此指标显然不能全面衡量;(4)絮凝机理尚无明确解释。微生物絮凝剂絮凝机理的研究目前仍没有重大突破,仍只是用经典的胶体体系絮凝机理进行解释,这必然会制约处理能力的提高;(5)针对性不强。在研究微生物絮凝剂处理废水时,尚没有关于絮凝剂种类、成分与处理废水类型对映关系的研究,这将造成微生物絮凝剂在使用过程中的盲目性和缺乏针对性,从而难以提高微生物絮凝剂处理废水的效率。

3.2 微生物絮凝剂处理废水的发展方向

基于上述亟待解决的问题,作者认为,微生物絮凝剂研究和开发的重点应集中在以下几方面:

3.2.1 建立一套快速寻找、筛选高效絮凝剂产生菌的方法系统

目前利用高岭土悬浊液进行初筛和复筛的研究方法,效率很低,而且存在一定的误差。因此有必要找到快速准确地筛选出处理特定废水的絮凝剂产生菌的方法,以提高工作效率。

3.2.2 深入研究微生物絮凝剂的絮凝机理

从物理、化学和生物学等不同角度深入研究微生物絮凝剂的絮凝机理,结合经典的絮凝机理研究微生物絮凝剂的成分对不同水质废水的作用机制,找出其中的规律,根据不同的废水水质开发出具有针对性的高效微生物絮凝剂,这样不仅能从本质上显著提高絮凝效果,还可以大大降低絮凝剂投加量,从而降低处理成本,这是微生物絮凝剂实现广泛的工业应用前必须做的工作。

3.2.3 构建工程菌

仅靠从自然环境中分离筛选絮凝剂产生菌,成本高,难以

实现规模生产和应用。为满足废水处理的要求,利用分子生物学技术获得高效的絮凝基因,通过转基因技术,或者对高效的微生物絮凝剂产生菌诱变育种,构建絮凝作用的工程菌。如红平红球菌是一种既能降解酞酸酯又可以产生絮凝剂的一类微生物,将其遗传因子引入到可以产生絮凝剂的假单胞菌细胞中,就可提高活性污泥分解甲苯的能力,得到既有絮凝性又有降解能力的新菌株^[6]。

3.2.4 优化原料,降低制取微生物絮凝剂成本

目前实验室阶段的研究多采用价格昂贵的培养基,例如在NOC-1的培养基中,作为氮源的酵母膏的价格占NOC-1生产成本的80%。因此必须寻找廉价且易得的物质(如纤维素、秸秆和有机质丰富的污水或废水等)作为微生物絮凝剂产生菌的培养底物,以降低生产成本,促进推动工业化。目前有人利用黄豆汁、水产废水和牛血取代酵母膏,培养基的价格下降为从前的1/3以下^[12];马放等人已证明采用廉价的原料纤维素作为底物进行发酵的产物,也可以絮凝菌的产絮培养基^[16]。

3.2.5 优化生产条件

微生物絮凝剂真正应用到废水处理中,不仅要求它有很好的絮凝效果,而且还要利于大量生产。今后应利用连续的生产方式,缩短生产周期,并考虑到发酵过程中的各种影响因素,调控提高微生物絮凝剂的产率,降低成本,以期工业化的实现。

3.2.6 开发复合型微生物絮凝剂

目前研究重点只放在微生物絮凝剂本身的开发上,并未进行复合型微生物絮凝剂的研究。对于复合型的解释为:其一,所采用的菌种不单一,多株菌共同作用产生絮凝剂,且不全絮凝菌,有用来分解底物的分解菌;其二,底物没有完全分解,在絮凝过程中,也能起到一定的促进作用;其三,在应用过程中与一定量的无机絮凝剂或有机高分子絮凝剂配合使用,达到更好的混凝效果。因此今后重点也应放在开发廉价的复合型微生物絮凝剂^[17]。

参考文献:

[1]王镇,王孔星,谢玉敏.几株絮凝剂产生菌的特性研究[J].微生物学报,

1995,35(2):121-129.

[2]张彤,朱怀兰,林哲.微生物絮凝剂的研究与应用进展[J].应用与环境生物学报,1996,1(2):95-105.

[3]江锋,黄晓武,胡勇有.胞外生物高聚物絮凝剂的研究进展(上)[J].给水排水,2002,28(8):83-89.

[4]Jarkko Hantuta, Dennis H. Bamford. The efficiency of the protein-dependent flocculation of *Flavobacterium* sp. is sensitive to the composition of growth medium [J]. *Appl Microbial Biotechnol*, 1991, 36:100-104.

[5]Ryuichiro Kurane. Microbial flocculation of waste liquids and oil emulsion by a bioflocculant from *Alcaligenes latus* [J]. *Agri Biol Chem*, 1991, 55(4):1127-1129.

[6]江锋,黄晓武,胡勇有.胞外生物高聚物絮凝剂的研究进展(下)[J].给水排水,2002,28(9):88-91.

[7]马放,田村学造,著.郭丽华,任玉龄译.生物技术净化环境[M].北京:化学工业出版社,1990.

[8]Esser K, Kues U. Flocculation and its implication for biotechnology [J]. *Process Biochem*, 1983, 18:21-23.

[9]Nakamura J, Miyashiro S, Hirose Y. Modes of flocculation of yeast cell with flocculant produced by *Aspergillus sojae* AJ-7002 [J]. *Agric Biol Chem*, 1976, 40:1565-71.

[10]R. Kurane, et al. Screening for and characteristics of microbial flocculant [J]. *Agric Biol Chem*, 1986, 50(9):2301-2307.

[11]朱晓江,尹双凤,桑军强.微生物絮凝剂的研究和应用[J].中国给水排水,2001,17(6):19-22.

[12]李兆龙,虞杏英.微生物絮凝剂[J].上海环境科学,1991,10(9):45-46.

[13]况金蓉,龚文琪.微生物絮凝剂在石化废水处理中的应用[J].武汉理工大学学报,2002,24(8):38-40.

[14]胡筱敏,邓述波,牛力东,等.一株芽孢杆菌所产絮凝剂的研究[J].环境科学研究,2001,14(1):36-40.

[15]Norio Shimizu. Floc-forming bacteria isolated from activated sludge in high-BOD loading treatment [J]. *J Ferment Technol*, 1995, 63(1):67-71.

[16]马放,刘俊良,李树更,等.复合型微生物絮凝剂的开发[J].中国给水排水,2003,19(4):1-4.

[17]马放,李淑更,金文标,等.微生物絮凝剂的研究现状及发展趋势[J].工业用水与废水,2002,33(1):7-9.

环境因素对实验室驯化按蚊的影响

曹文波,徐芬,李春亮,王国秀

(华中师范大学生命科学院,湖北武汉430079)

摘要:较系统地阐述了实验室驯化按蚊(*Anopheles*)所需的环境条件,环境因素对驯化的影响和驯化时应注意的问题及本实验室驯化的经验。

关键词:按蚊驯化;温度影响;湿度影响;光照影响

中图分类号:Q965 文献标识码:A 文章编号:1004-311X(2003)01-0074-02

迄1998年,我国按蚊亚科已知种(亚种)达60余种。嗜人按蚊(*Anopheles anthropophagus*)、中华按蚊(*An. sinensis*)、微小按蚊(*An. minimus*)、大劣按蚊(*An. dirus*)等4种是疟疾的主要媒介;嗜人按蚊、中华按蚊也是马来丝虫(*Brugia malayi*)的主要媒介^[1]。建立实验室按蚊自然交配繁殖种群,有利于进行疟疾流行病学、免疫学、抗疟药筛选,也是杀虫剂抗性研究及生物防治等方面的需要。

1 实验室驯化按蚊所需环境条件

与库蚊、伊蚊相比,在实验室驯化按蚊所需环境条件(主要包括温度、湿度、光照等)较苛刻^[2],环境条件的细微变动,将会影响按蚊种群的发展。

曲传智等^[3]驯化中华按蚊时,将温度控制在 $26 \pm 1^\circ\text{C}$,湿度60—80%,光照强度115—166 lx;康杨等^[4]同步驯化嗜人按蚊和中华按蚊,设定为 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (成虫)和 $28 \pm 2^\circ\text{C}$ (幼虫),湿度为80%左右。

由上几种按蚊驯化条件结合Gerberg^[2]驯化35种按蚊所需条件及本实验室实践经验分析:按蚊在实验室驯化所需温度一般可控制在 27°C 左右,湿度定于75%左右,光照时间不少

于12h/d,光照强度于115—166 lx。实验室温度、湿度等环境因素不如自然状况理想,但与按蚊野外生活的生态因子相比^[5,6],和按蚊于6—7月和9月出现活动高峰活动所需环境基本相当。

2 按蚊驯化所需环境因素的生物学分析

2.1 温度影响

温度主要通过影响种群发育速率、寿命、存活率等影响按蚊的生殖力,进而影响种群的发生和发展。

蚊虫完成一个生活史过程,受温度的影响较大,气温偏高或偏低都不利于媒介蚊虫的生长。在一定的温度范围内,温度越高,发育的时间越短,虫体越小。蚊虫个体的大小可对其生理活动产生影响。黄复生等^[7]研究表明:成蚊或蛹的大小等影响产卵力。高温还可影响蚊虫的化蛹及生殖行为。韩万柏等^[8]以大劣按蚊为对象研究表明:在高温条件下($29-34^\circ\text{C}$)成蚊的寿命缩短,饱蚊的产卵量明显减少,化蛹期及其时限延长,在此温度范围内,蚊虫的羽化过程加快,但是,成活率降低。可见高温对驯化的按蚊生长不利。

宋宗臣^[9]对大劣按蚊研究表明:该按蚊在 19°C 以下, 13°C 以上其前期幼虫能缓慢地顺利生长。但是,过低的温度对蚊虫的发育有不良影响。董言德等^[10]以三带喙库蚊(*Culex tritaeniorhynchus* Giles)为研究对象,结果表明:低温引起该蚊虫卵巢滤泡发育受阻;而在一定的高温下,蚊虫生长发育快,但生活力和生殖力显著降低。在实验室,将按蚊幼虫生长最佳温度定为 27°C 左右,可能既利于蚊虫的生长发育,又利于保持

收稿日期:2003-03-24;修回日期:2003-07-30

基金项目:国家自然科学基金(30170129);“十五”国家科技攻关计划(2001BA705B09)资助项目

作者简介:曹文波(1974-),男,硕士研究生,研究方向:昆虫寄生线虫, E-mail: caowenbo@163.com; *通讯联系人:王国秀,女,教授, E-mail: wangguoxiu@yahoo.com.cn.