

ZJ0967 杀虫剂作用下的黄瓜幼苗电信号研究

丁锦丽¹,丁桂英²,李海霞¹,王兰州¹,张维刚¹,楼芳彪³,陈杰³

(1. 中国计量学院 计量技术工程学院,杭州 310018;2. 山东省胶南市农业局,山东 胶南 266400;
3. 浙江省化工科技集团有限公司,杭州 310023)

摘要: 在没有刺激的情况下,黄瓜幼苗植株原始电波信号为一种低频微弱随机电波信号,最大量值约 800 μV 。在苯基甲酸酯类杀虫剂 ZJ0967 的激发下,黄瓜幼苗产生出与动物肌电信号类似的连续电波信号,在质量分数为 200 mg/L 的处理中,最大量值为 2 215 μV ;电波信号峰峰值随杀虫剂质量分数的增加而增大,同时会引起持续一定时间的电波振荡。

关键词: 黄瓜;杀虫剂;电信号

中图分类号: TB99;S42.2;S601

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2006)03-0180-05

Study on Electrical Signals of Seedlings of *Cucumis sativus* L. by a new Insecticide "ZJ0967"

Ding Jin-li¹, Ding Gui-ying², LI Hai-xia¹, WANG Lan-zhou¹, Zhang Wei-gang¹, LOU Fang-biao³, CHEN Jie³

(1. College of Metrological Technology & Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China; 2. The Agricultural Bureau of Jiaonan, Shandong Jiaonan 266400, China; 3. Zhejiang Chem-Tech Group Co., Ltd, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The original electrical signal in the *Cucumis sativus* is a faint low-frequency and random electrical signal. Its maximal peak value is about 800 μV . The continuous electrical signals in *Cucumis sativus* seedlings treated with insecticide ZJ0967 resembled the electromyography signals in animal. The maximal peak value was 2 215 μV at the concentration of 200 mg/L. With the increasing of the concentration of insecticide, the peaking value of the electrical signal increases, and the durative surging of electric wave of period of time is aroused.

Key words: *Cucumis sativus* L.; insecticide; electrical signal

植物生理过程中及体内传递信息主要依靠的生理信号是一种电波信号。一般说来,这种电波信号是植物对环境刺激或环境变化的反应。在没有任何外界刺激干扰的正常植物生理活动中也存在着这种

生理信号^[1-3]。植物电波信号是一种微弱的低频信号,这种低频信号在什么样的情况下能够发生量级变化尚未见系统报道。已报道的植物电波信号都是在刺激条件下产生的 mV 级电波信号^[4-11]。物理因

收稿日期: 2006-05-23

基金项目: 国家科技攻关计划专项课题资助项目(2004BA308A23-11)

作者简介: 丁锦丽(1957—),女,山东日照人,工程师,主要从事植物信号检测研究;通讯作者:王兰州(1952—),男,湖南衡阳人,博士,教授,主要从事植物电信号研究。

素,诸如电磁场、重力场、机械损伤和温度,及化学物质的刺激^[10-13]都可激发植物体内的电波信号变化。本文将在有和无刺激条件下,对黄瓜幼苗原始电波信号的量级进行测试分析,旨在探索出植物原生电波信号及其变化规律,为合成更加安全、实用型的新型农药提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 测试材料与试剂

黄瓜(*Cucumis sativus* L., 属葫芦科植物), 培养 20 d, 生长良好, 2 片真叶, 全株高 8 cm; 试剂: 浙江省化工科技集团有限公司发明的高效杀虫活性化合物 ZJ0967(苯基甲磺酸酯类新型化合物, 4-[4-氯苯基-(2-丁基叉肼基叉甲基)]-苯基甲磺酸酯, 专利号: CN01119493, 剂型及成分待公开)。

1.2 测试仪器

生物机能实验系统(BL-420E+型, 成都泰盟科技); 采用双重屏蔽法, 将电磁场干扰降至最低: 自制铜网屏蔽箱(60 cm×60 cm×60 cm), 自制屏蔽室(1.8 m×1.7 m×1.5 m); 自制铂电极(长 25 mm, $\Phi 0.5$ mm); S-50 型干湿计。

1.3 仪器参数设置及测试装置设计

采用生物机能实验系统, 二通道作为经过药剂处理黄瓜幼苗植株的信号输入通道, 三通道作为未经过药剂处理黄瓜幼苗的信号输入通道; 将盆栽黄瓜幼苗及生物机能实验系统置于自制的铜网屏蔽箱内。屏蔽箱及屏蔽室接地^[1]。

1.4 测试方法与步骤

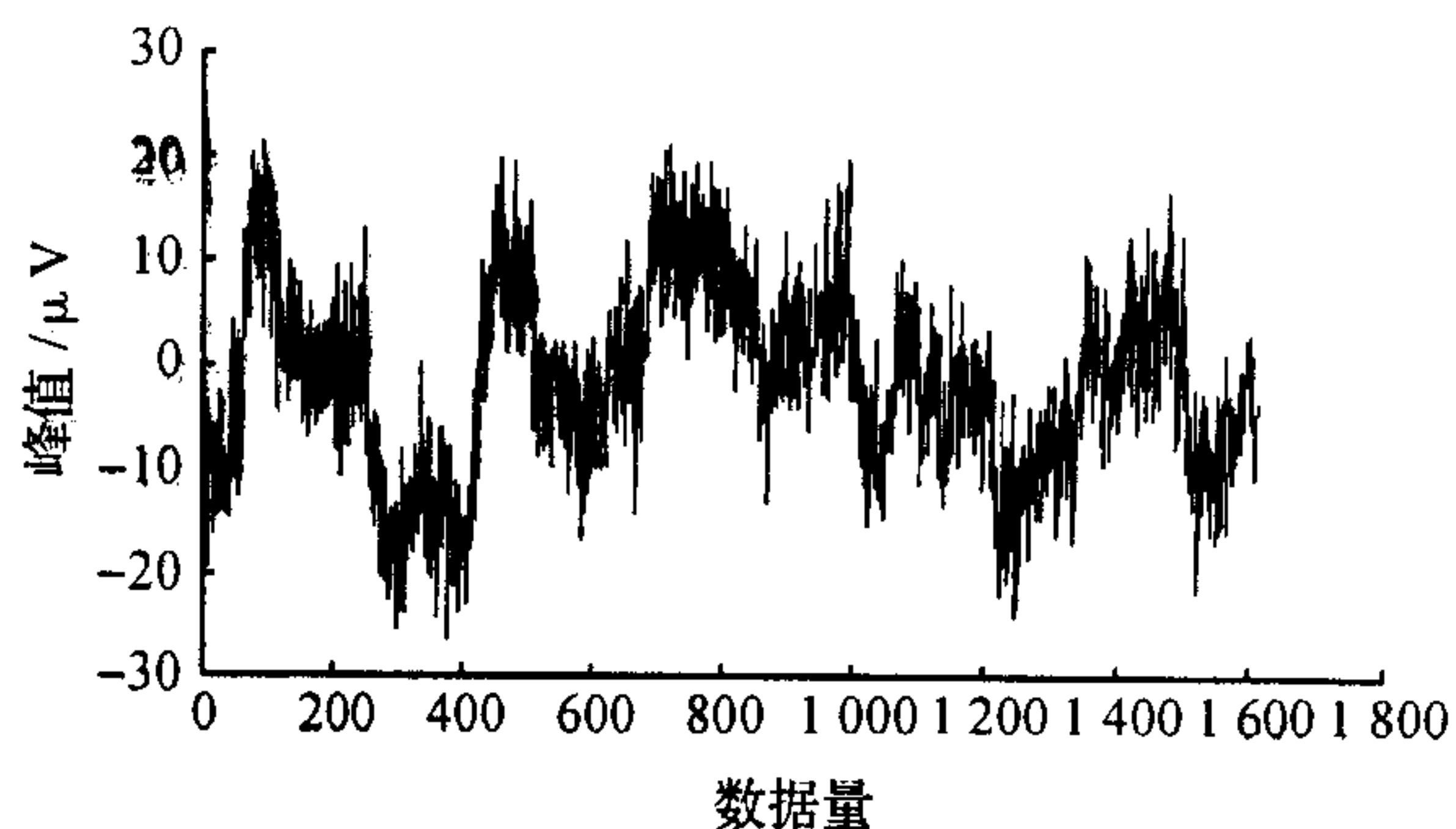
测试前夜将铂电极刺入黄瓜幼苗茎组织以消除电极刺伤对黄瓜幼苗植株电波信号的影响, 由引导电极连入生物机能实验系统^[1], 记录和分析其特征电波。具体操作为: 将参考电极置于盆内土壤, 正、负引导电极置于黄瓜幼苗茎部; 两电极相距 1 cm。

经叶面喷洒预试验后确定高效杀虫活性化合物 ZJ0967 三种处理(质量分数): 200, 400, 500 mg/L。药剂的处理位置为黄瓜幼苗叶片, 处理后立即对黄瓜幼苗电波信号采集和记录。采用 MATLAB 软件进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 黄瓜幼苗植株原始电波信号

图 1 为黄瓜幼苗原始电波信号信息, 初始时将仪器的滤波频率设置为 10 kHz, 以便不失去有用信息。



测试时室温: 18.5 °C; 相对湿度: 54%; 滤波频率: 10 kHz

图1 黄瓜原始电波信号波形

黄瓜幼苗的电波信号集中分布在小于 5 Hz 频段内(图 2a), 图 2b 为 Y 轴取对数后的功率谱密度图。从图中可以看到, 属于低频信号; 大于 5 Hz 频段内为功率谱密度均匀分布的白噪声。为了消除白噪声的影响和有用信息的获得, 将仪器滤波频率设置为 30 Hz。

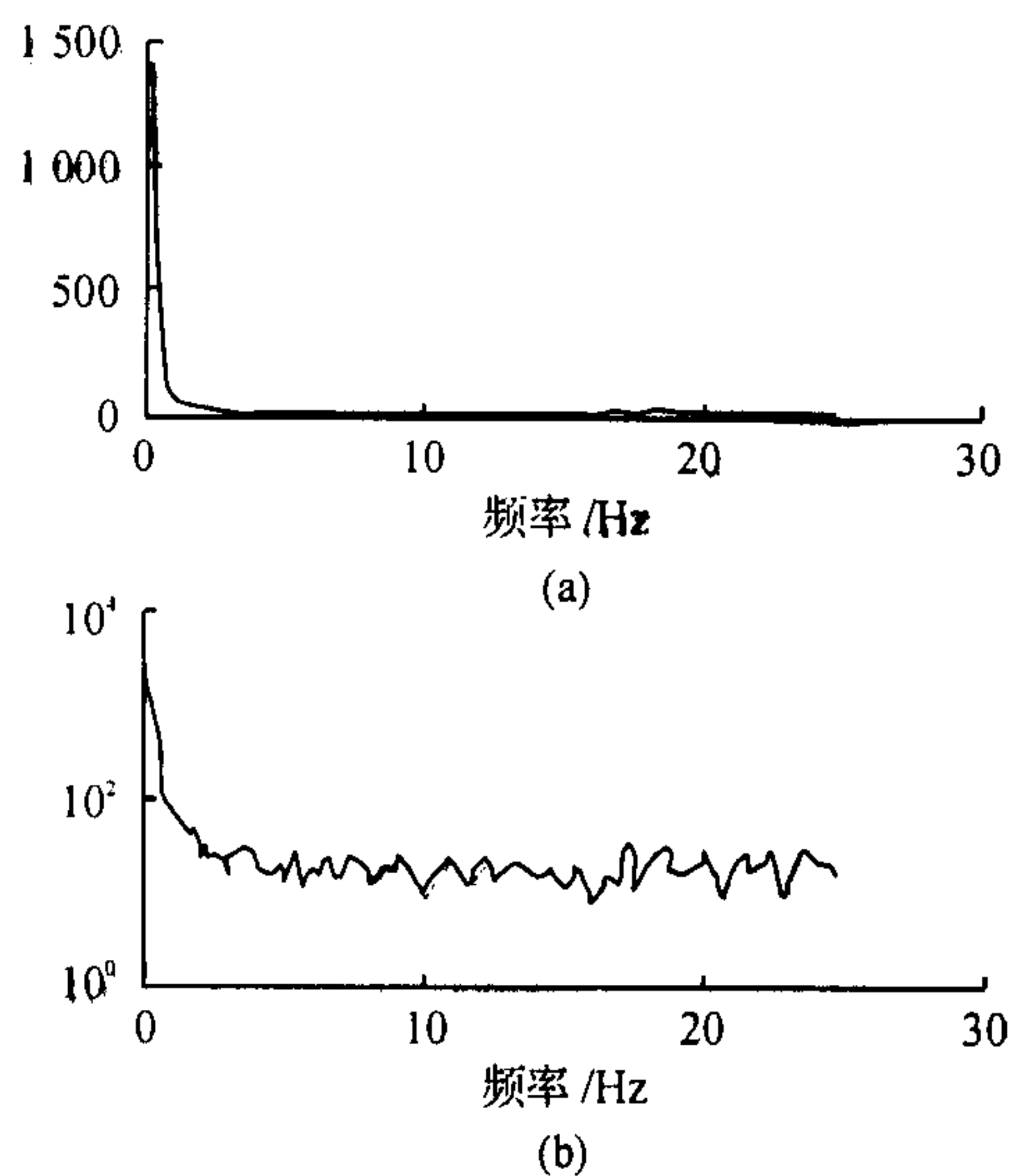
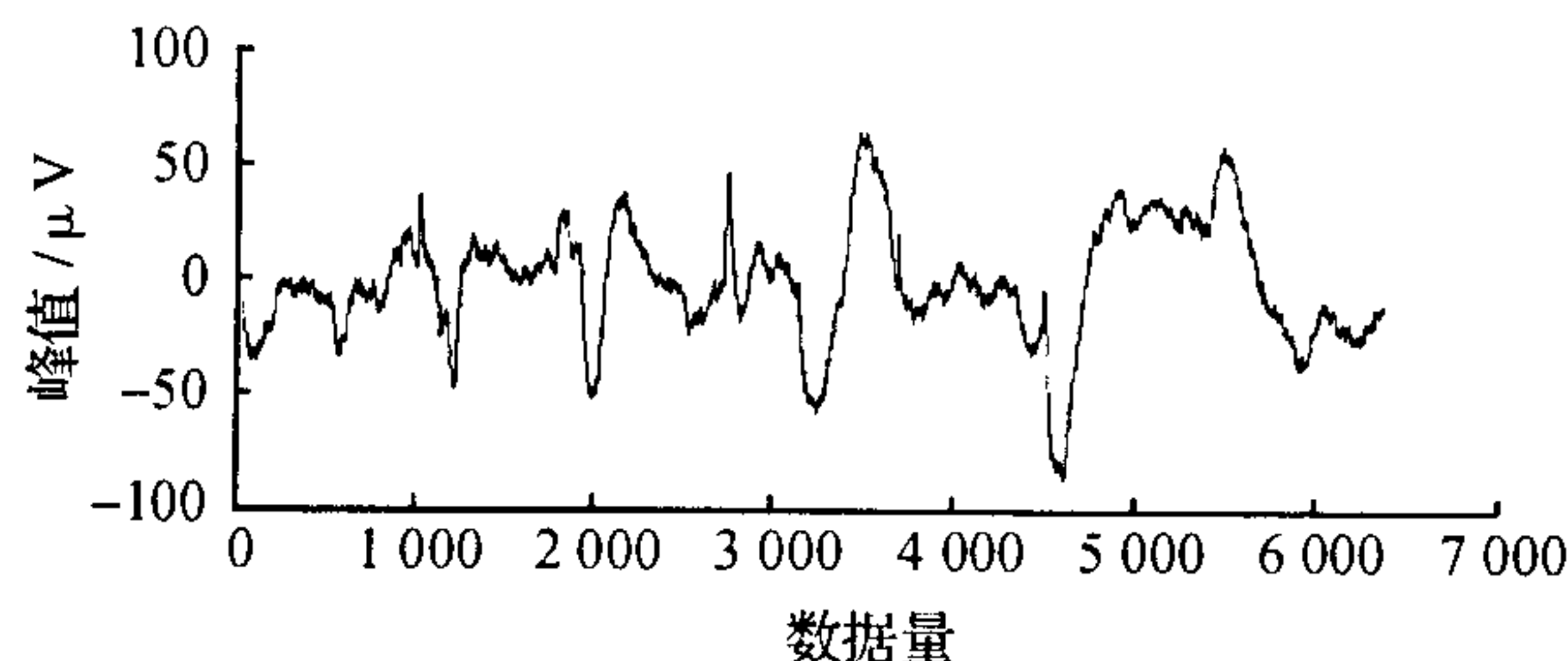


图2 黄瓜原始电波信号的功率谱密度图

黄瓜幼苗原始电波信号是一种随机电波信号(图 3)。表 1 为 2004 年 12 月 8—15 日一周内黄瓜的原始电波信号峰峰值的变化。结果表明, 该周内任何一天中, 无论是在不同的时间还是在不同的温、湿度条件下, 黄瓜幼苗的原始电波信号峰峰值变化均稳定在 800 μ V 以内(表 1)。由此可以得出黄瓜幼苗的原发电波信号是一种微弱的随机电波信号, 其量值为 μ V 级。

2.2 ZJ0967 杀虫剂处理后黄瓜幼苗植株电波信号

2.2.1 黄瓜幼苗电波信号测定结果 图 4 为相同温、湿度预试验后 ZJ0967 杀虫剂在质量分数为 200, 400, 500 mg/L 的条件下所采集到的黄瓜幼苗电波信号波形(测试时室温: 21 °C, 相对湿度: 70 %)。

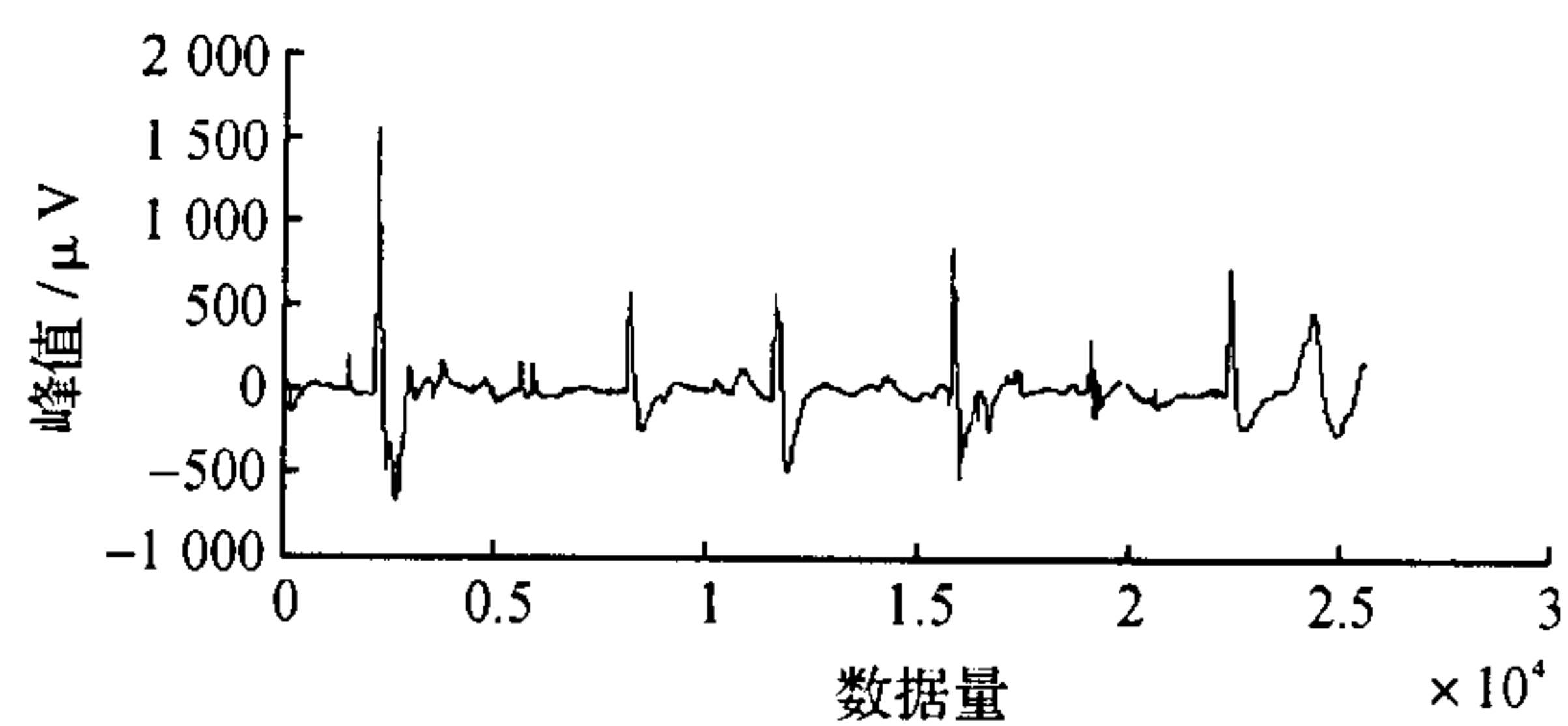


测试时室温:17.5℃;相对湿度:66%

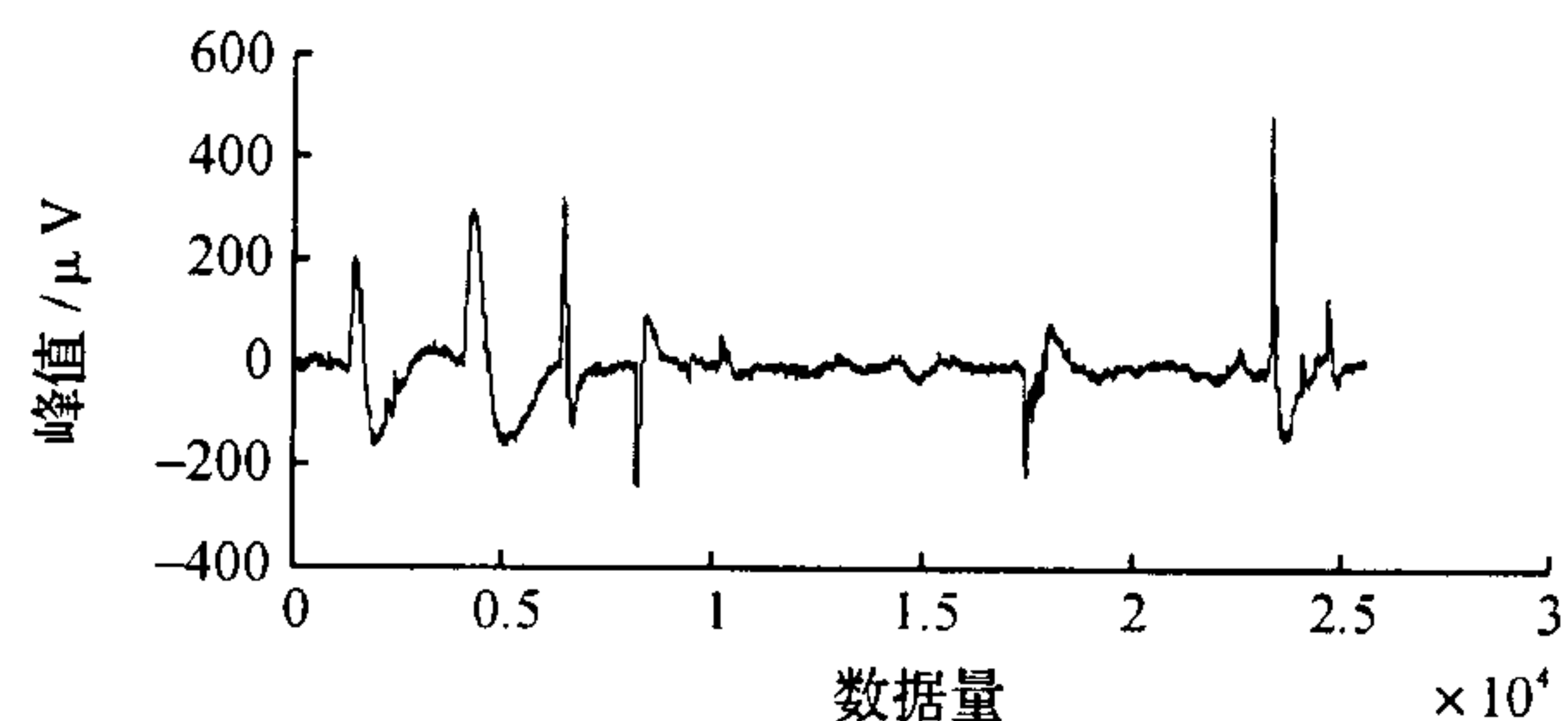
图 3 滤波频率变换后黄瓜原始电波信号波形

表 1 黄瓜原始电波信号峰峰值

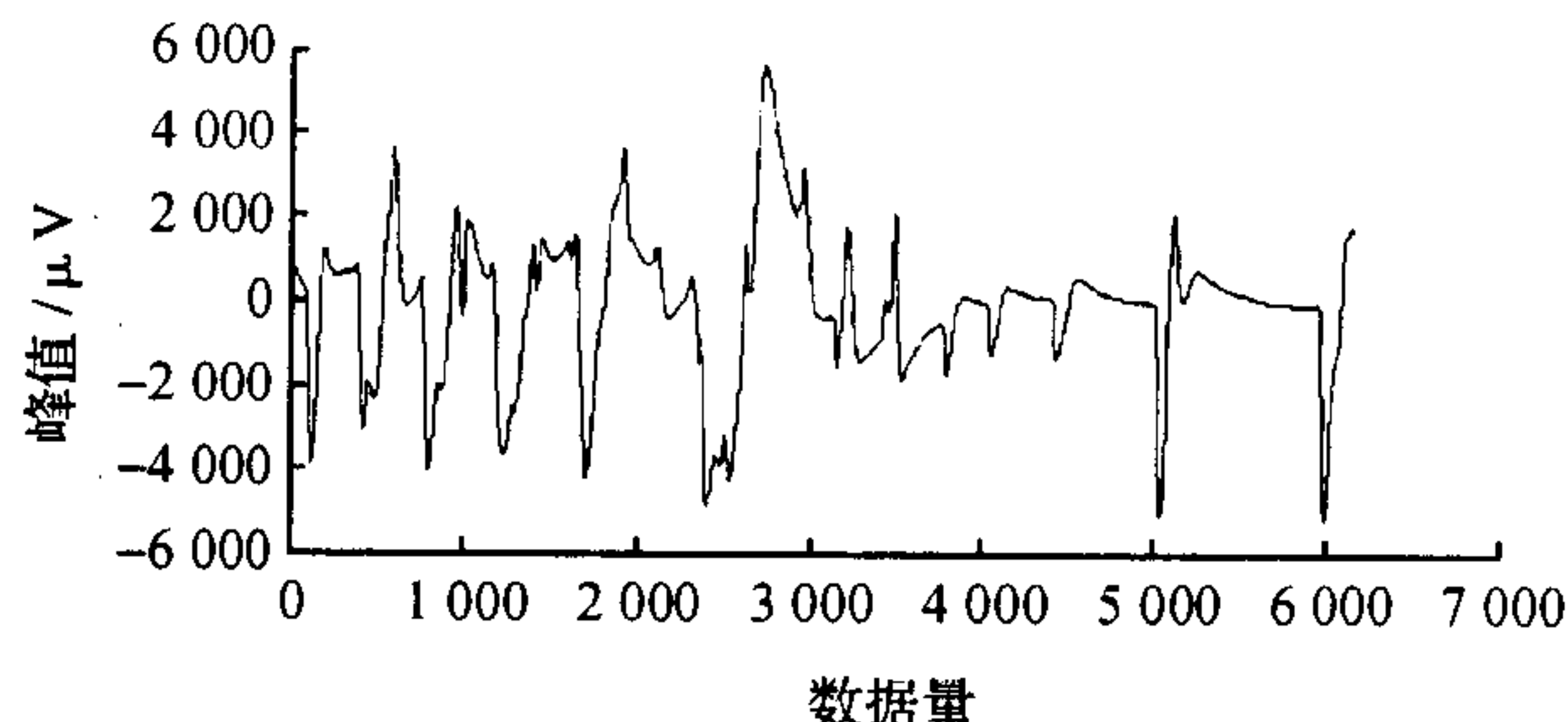
时间	峰峰值/ μV	最大值/ μV	最小值/ μV	温度/ ℃	相对湿 度/%
04-12-08 09:00	372.78	108.58	-196.04	17.0	65
10:00	158.64	93.25	-65.39	18.0	67
11:00	138.07	109.12	-28.95	19.5	64
12:00	139.16	37.64	-101.52	19.5	64
13:00	135.84	56.10	-79.74	20.5	55
14:00	145.61	37.34	-108.27	21.0	51
15:00	138.07	90.54	-47.53	20.0	59
16:00	139.88	94.64	-45.24	19.5	59
17:00	97.72	50.61	-47.11	18.5	62
18:00	161.72	120.34	-41.38	18.5	57
19:00	200.99	79.14	-121.85	18.0	61
04-12-09 09:00	161.96	58.51	-103.45	17.5	66
10:00	109.48	51.39	-58.09	18.5	62
11:00	66.35	29.68	-36.67	20.0	59
12:00	100.67	57.36	-43.31	20.5	60
13:00	100.01	52.24	-47.77	21.0	65
14:00	106.13	50.76	-55.37	21.0	60
15:00	88.31	34.74	-53.56	20.5	64
16:00	82.64	49.46	-33.18	20.0	64
17:00	99.83	56.10	-43.73	19.0	62
18:00	206.17	145.85	-60.32	19.0	62
19:00	103.69	58.45	-45.24	19.0	68
20:00	92.59	66.41	-26.18	18.5	67
21:00	70.94	37.88	-33.06	18.5	67
22:00	77.93	47.41	-30.52	18.5	67
04-12-10 09:00	165.88	3.02	-162.86	17.5	66
10:00	98.56	76.37	-22.20	19.0	62
11:00	66.11	31.76	-34.35	20.0	64
12:00	68.43	41.86	-26.57	20.0	59
13:00	91.96	50.43	-41.53	21.0	56
04-12-13 09:00	176.62	93.25	-83.36	17.0	71
12:00	316.68	97.24	-219.44	19.0	68
04-12-14 09:00	750.98	141.75	-609.23	17.0	76
12:00	688.55	328.74	-359.81	19.5	69
04-12-15 09:00	710.27	501.86	-208.41	18.0	72
12:00	673.77	367.05	-306.73	21.0	65



(a) 200 mg/L



(b) 400 mg/L



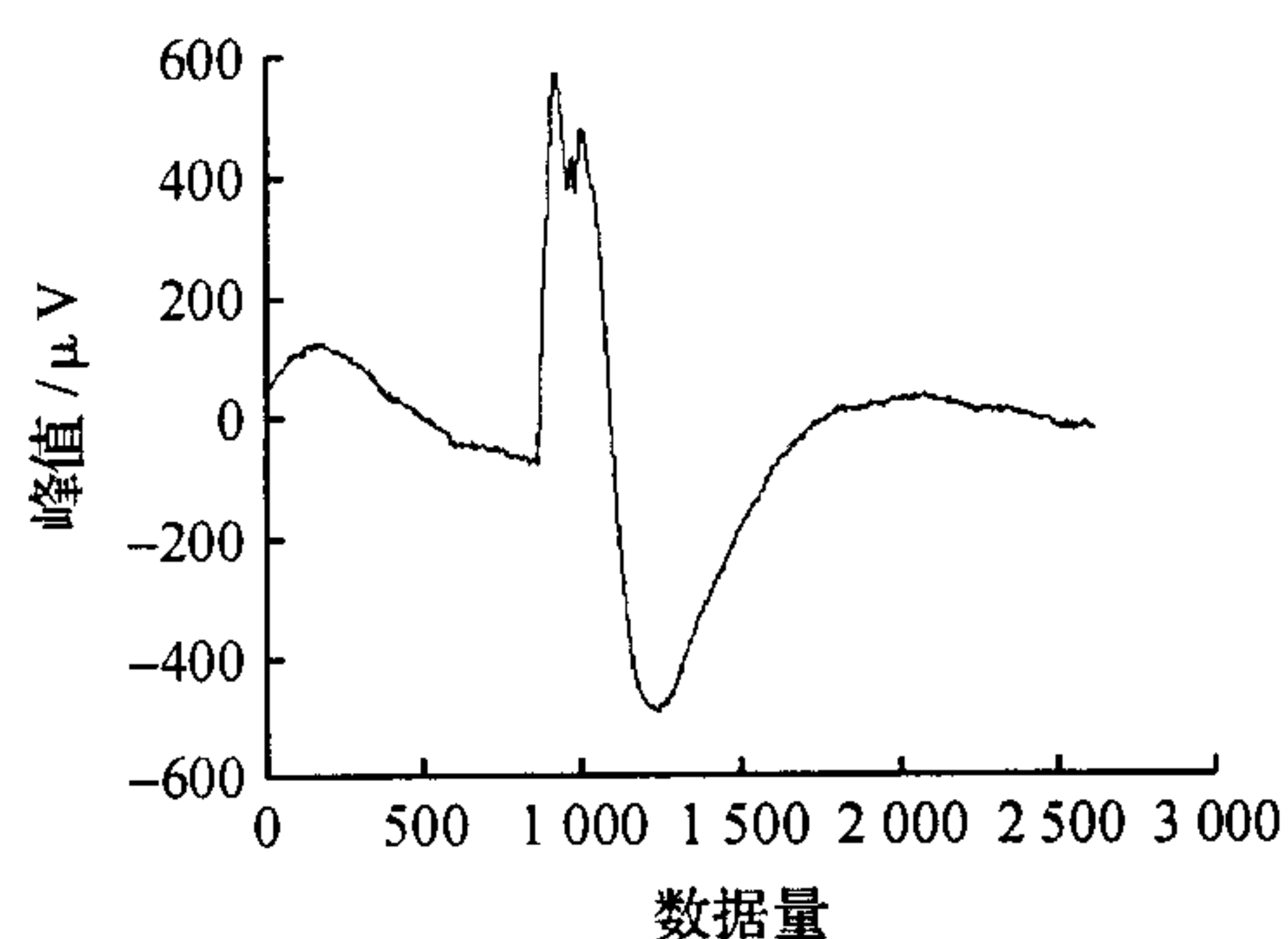
(c) 500 mg/L

图 4 不同质量分数下 ZJ0967 处理黄瓜叶片后, 幼苗上测得的电波信号波形

当 ZJ0967 杀虫剂质量分数为 200 mg/L 时, 黄瓜幼苗产生出与动物的肌电信号类似的连续电波信号; 当 ZJ0967 杀虫剂质量分数为 400 mg/L 时, 黄瓜幼苗上的电波信号为不连续的动作电波, 且动作电波之间间杂有与动作电波反向的电波信号, 被处理黄瓜幼苗叶片轻度萎蔫; 当 ZJ0967 杀虫剂质量分数为 500 mg/L 时, 黄瓜幼苗上出现连续不断的电波振荡, 随着时间的推移, 这种振荡的幅度逐渐减小, 最后趋于静止。此时可看到被处理黄瓜叶片萎蔫死亡, 这是由于 ZJ0967 杀虫剂的质量分数过大, 对黄瓜叶片产生了药害, 这进一步证实了许多学者对于植物通过刺激或逆境处理后会出连续的电波振荡的研究^[2,3]。

2.2.2 200 mg/L 的 ZJ0967 杀虫剂处理的黄瓜电波信号分析 用质量分数为 200 mg/L 的 ZJ0967 杀虫剂处理过黄瓜叶片后, 1~2 min 后即可观察到黄瓜幼苗上动作电波信号的出现(图 5)。黄瓜幼苗受 ZJ0967 杀虫剂刺激产生的电波信号为针锋突起、升降迅速的动作电波(AW)^[14]; 由图 4 可见, 在

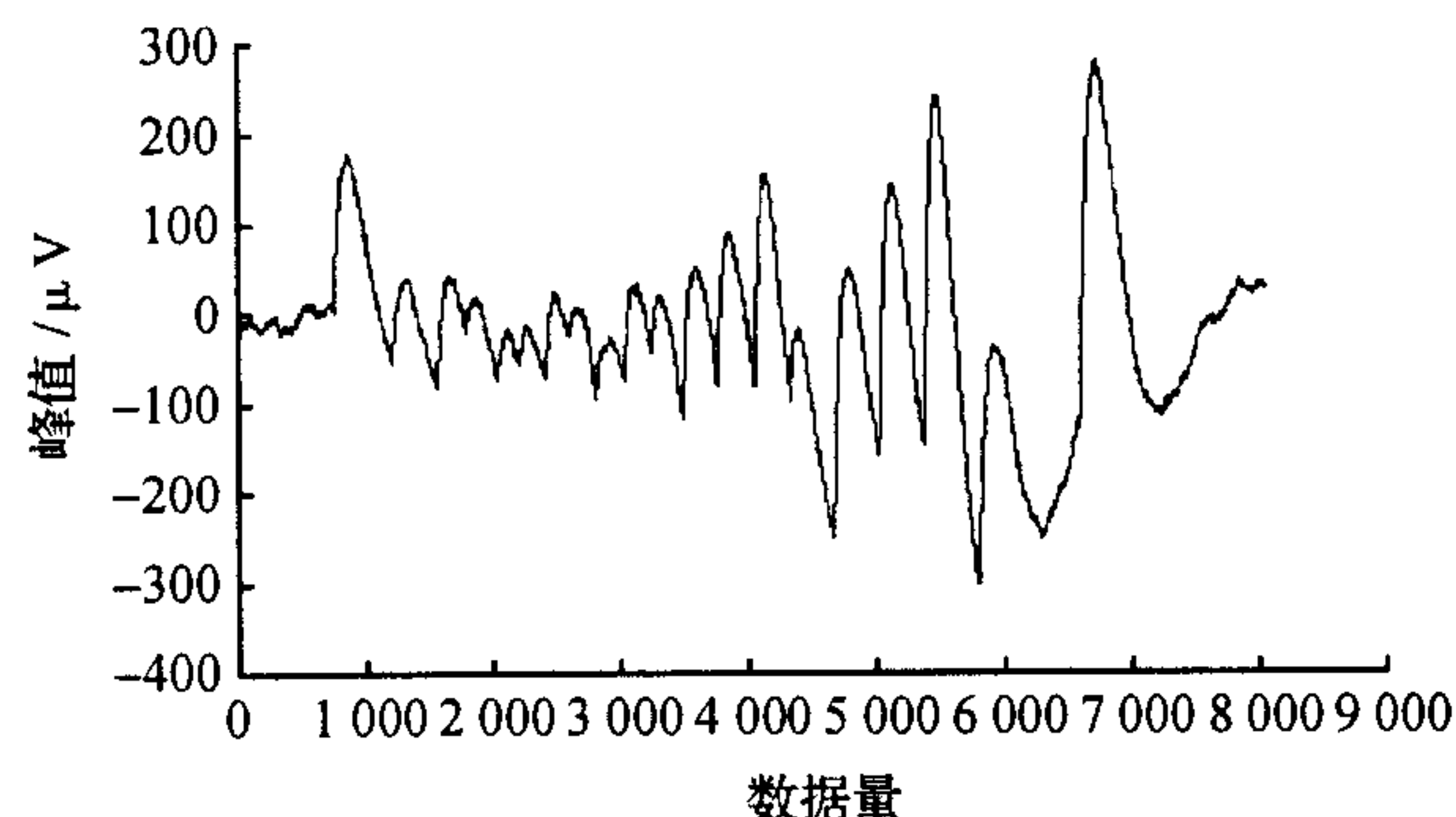
ZJ0967 杀虫剂刺激下,黄瓜幼苗产生出与动物的肌电信号类似的连续电波信号,这一点与印度学者博斯(Bose)^[15]在20世纪20年代初指出的结果是相同的。ZJ0967 杀虫剂的这种非伤害性刺激浓度引起的动作电波持续的时间较短,为20~30 s;最大峰峰值为2 214.95 μV ;动作电波出现的频率为0.07 Hz。



测试时室温:21℃;相对湿度:70%

图5 单个波形

ZJ0967 杀虫剂刺激下产生的类似于动物肌电信号的连续电波信号的持续时间为50~60 min,且随着时间的推移,动作电波峰峰值的强度也在逐渐减弱。之后,每30 min左右就会出现动作电波振荡(图6)。这种动作电波振荡每次持续4~6 min;最大峰峰值为2 059.32 μV ,振荡频率为0.09 Hz。只有当黄瓜幼苗受ZJ0967 杀虫剂刺激后才会产生针锋突起、升降迅速的动作电波。在此之前仅有随机电波信号。当刺激过度则动作电波消失而出现急剧的电波振荡。娄成后^[16]曾经提到,植物受到逆境的胁迫“穷急思变”从一稳态被激发而转到短暂的跃变态,然后进入应付逆境的另一稳态。与此一致的是,本研究中黄瓜幼苗受到ZJ0967 杀虫剂刺激后由稳定的电波信号激发出跃变的动作电波,之后进入另一稳态,即持续的动作电波振荡。



室温:21℃;相对湿度:70%

图6 电波振荡

2.2.3 不同质量分数的ZJ0967 杀虫剂在相同温湿度条件下处理黄瓜叶片后的黄瓜电波信号的比较

在相同的温湿度条件下,不同质量分数的ZJ0967 杀虫剂处理黄瓜幼苗叶片后,黄瓜幼苗的电波信号峰峰值是随着质量分数的增加而增大(表2,图7);200~400 mg/L时,峰峰值增加趋势缓慢,400~500 mg/L时的峰峰值增大趋势比较明显。从黄瓜幼苗生长的反应上来看,200 mg/L时对黄瓜幼苗伤害不大,叶片表面无任何异常现象;400 mg/L时黄瓜幼苗被处理叶片发生轻度萎蔫但可继续存活;500 mg/L时黄瓜幼苗被处理叶片萎蔫,几小时后枯萎死亡,说明ZJ0967 杀虫剂质量分数过大会对黄瓜幼苗产生药害现象。本试验的结果表明,在黄瓜幼苗生长时喷洒高效杀虫活性化合物ZJ0967的最佳质量分数为200~400 mg/L。

表2 不同质量分数的ZJ0967 杀虫剂处理下的电信号峰峰值

c / (mg · L ⁻¹)	峰峰值/ μV	最大值/ μV	最小值/ μV	温度/ ℃	相对 湿度/ %	频率/ Hz
200	2 214.95	1 544.19	-670.76	21.5	70	0.07
400	3 784.48	1 573.15	-2 211.33	21.5	70	0.04
500	10 426.31	5 573.57	-4 852.74	21.5	70	0.16

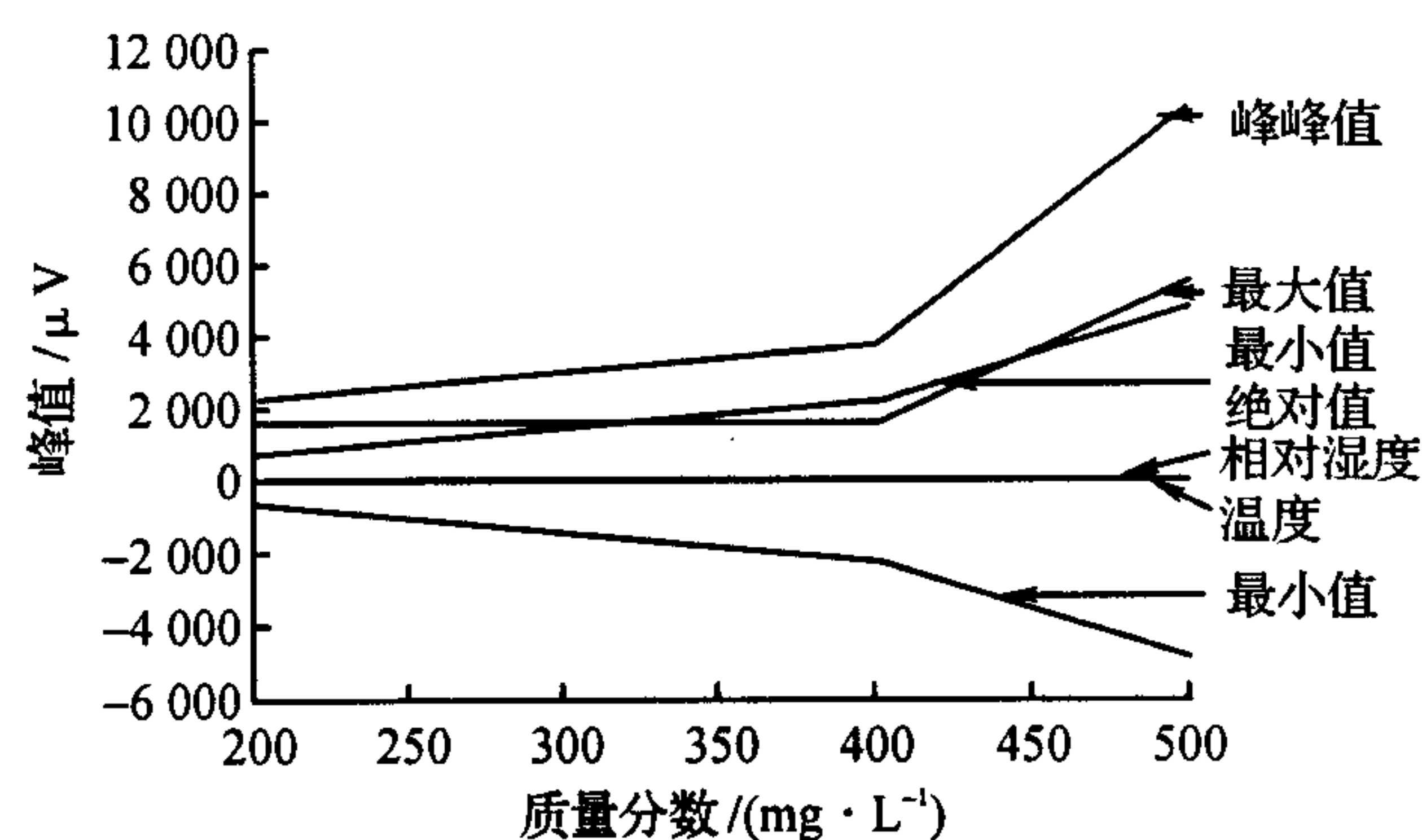


图7 ZJ0967 在不同质量分数下的峰峰值折线图

3 结 语

综上所述,黄瓜幼苗在没有任何刺激下的原始电波信号为一种低频微弱随机电波信号,量值为 μV 级。ZJ0967 杀虫剂对黄瓜幼苗的刺激会产生出与动物的肌电信号类似的连续电波信号;随着ZJ0967 杀虫剂质量分数的增加,电波信号的强度也在增加,表现为峰峰值随着质量分数的增大而增大;电波信号由连续动作电波信号变为幅度较小的电波振荡。

参考文献:

- [1] 李海霞,王兰州,李娟. 君子兰叶片电信号的初步研究[J]. 中国计量学院学报, 2005, 16(1): 62-65.
- [2] 王兰州,曹文侠,令利军,等. 石蒜叶片微弱电波动信号的测定[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 36(2): 62-66.
- [3] 李海山,曹文侠,王兰州,等. 油松与白皮松微弱电波信号振荡的研究[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 36(4): 77-81.
- [4] TATIANA Shvetsova, JOHN Mwesigwa, ALEXANDER G Volkov. Plant electrophysiology: FCCP induces action potentials and excitation waves in soybean [J]. Plant Science, 2001, (161): 901-909.
- [5] 郭建,赵博光,刘云飞,等. 健康黑松幼苗中的电波传递[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(3): 77-80.
- [6] 赵博光,郭建,张沂泉,等. 接种松材线虫后黑松幼苗体内电波传递的变化[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(3): 81-83.
- [7] 郭金耀,吴玉香,杨晓玲. 柳茎木质部中的变异电波传递[J]. 山西农业大学学报, 1996, 16(1): 36-39.
- [8] 郭金耀,杨晓玲,吴玉香. 柳茎韧皮部的变异电波传递[J]. 山西农业大学学报, 1996, 16(3): 269-272.
- [9] MWESIGWA J, COLLINS D J, VOLKOV A G. Electrochemical signaling in green plants: effects of 2,4-dinitrophenol on variation and action potentials in soybean [J]. Bioelectrochemistry, 2000(51): 201-205.
- [10] VOLKOV Alexander G, MWESIGWA John. Electrochemistry of soybean: effects of uncouplers, pollutants, and pesticides [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2001(496): 153-157.
- [11] VOLKOV Alexander G, COLLINS Daniel J, MWESIGWA John. Plant electrophysiology: pentachlorophenol induces fast action potentials in soybean [J]. Plant Science, 2000(153): 185-190.
- [12] VOLKOV Alexander G. Green plants: electrochemical interfaces [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2000 (483): 150-156.
- [13] KISHIMOTO U. Repetitive action potentials in *Nitella internodes* [J]. Plant and Cell Physiol, 1966 (7): 547-558.
- [14] 姜成后,张蜀秋. 植物生长发育中的感应性(一)[J]. 生物学通报, 1997, 32(6): 2-5.
- [15] BOSE J C. Growth and tropic movement of plants [M]. London: Longmans, Green and Co, 1929.
- [16] 姜成后,张蜀秋. 植物生长发育中的感应性(二)[J]. 生物学通报, 1997, 32(7): 2-5.
- [22] BARRIOS-GONZALEZ J, GONZALEZ H, MEJIA A. Effect of particle size, packing density and agitation on penicillin production in solid state fermentation[J]. Biotechnol Adv, 1993, 11 (3): 539-547.
- [23] VENKATESWARLU G, MURALI Krishna P S, ASHOK Pandey, et al. Evaluation of *Amycolatopsis mediterranei* VA18 for production of rifamycin-B[J]. Process Biochem, 2000, 36(4): 305-309.
- [24] ADINARAYANA K, ELLAIAH P, SRINIVASULU B, et al. Response surface methodological approach to optimize the nutritional parameters for neomycin production by *Streptomyces marinensis* under solid-state fermentation [J]. Process Biochem, 2003, 38(11): 1565-1572.
- [25] PEYPOUX F, BONMATIN JM, WALLACH J. Recent trends in the biochemistry of surfactin[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1999, 51(5): 553-563.
- [26] OHNO A, TAKASHI A, SHODA M. Production of a lipopeptide antibiotic surfactin with recombinant *Bacillus subtilis* [J]. Biotechnol Lett, 1992, 14 (12): 1165-1168.
- [27] OHNO A, TAKASHI A, SHODA M. Production of a lipopeptide antibiotic, surfactin, by recombinant *Bacillus subtilis* in solid state fermentation[J]. Biotechnol Bioeng, 1995, 47(2): 209-213.
- [28] LAM K S, MAMBER S W, PACK E J, et al. The effects of space flight on the production of monorden by *Humicola fuscoatra* WC5157 in solid-state fermentation[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1998, 49 (5): 579-583.
- [29] 魏培莲,周立平,岑沛霖. 红曲霉固态发酵产 Lovastatin 的培养条件研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30 (4): 32-35.
- [30] 刘爱英,孙伟,谭艾鹏,等. 不同大米发酵红曲对莫纳可林 K 含量的影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23 (1): 30-32.

(上接第 176 页)