



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109497353 A

(43)申请公布日 2019.03.22

(21)申请号 201811430915.0

A23K 10/18(2016.01)

(22)申请日 2018.11.28

(71)申请人 河北科技师范学院

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段360号

(72)发明人 王秀平 解海翠 李婧实 沈江洁

(74)专利代理机构 北京科家知识产权代理事务所(普通合伙) 11427

代理人 陈娟

(51) Int. Cl.

A23K 50/90(2016.01)

A23K 20/20(2016.01)

A23K 20/163(2016.01)

A23K 20/105(2016.01)

A23K 10/30(2016.01)

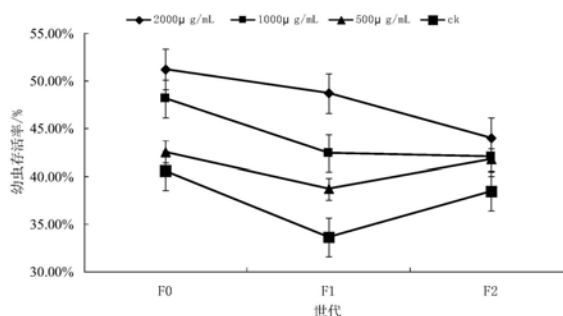
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用

(57)摘要

本发明公开了一种氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。其中,氧化石墨烯与鳞翅目和双翅目昆虫用饲料质量体积比(μg/mL)为500:1-2000:1。该饲料通过以下方法制备得到:制备氧化石墨烯溶液,制备培养基,将培养基溶于氧化石墨烯溶液中,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。本发明的基于氧化石墨烯的鳞翅目和双翅目昆虫用饲料能够缩短昆虫的生长历期、提高幼虫存活率、增加幼虫和蛹重,并且在实际应用过程中大大降低了时间和生产成本。



1. 氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。
2. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,氧化石墨烯与鳞翅目和双翅目昆虫用饲料质量体积比( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )为500:1-2000:1。
3. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,包括以下步骤:  
步骤1、制备氧化石墨烯溶液:将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理;  
步骤2、制备培养基:将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖,搅拌使充分溶解,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌;稍微冷却后加入酵母粉,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基;  
步骤3、制备基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料:将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。
4. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,所述步骤1中的氧化石墨烯与离子水的质量体积比( $\text{mg}/\text{ml}$ )为100:30-400:30。
5. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,玉米粉与水的质量比为10:38。
6. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,琼脂与水的质量比为1:20;白糖与琼脂的质量比为9:1。
7. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,丙酸与玉米粉的体积质量比( $\text{ml}/\text{g}$ )为1:20。
8. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,酵母粉与玉米粉的质量比为7:100。
9. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比( $\text{ml}/\text{g}$ )为17:2。
10. 根据权利要求3所述的应用,其特征在于,步骤3中的培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30。

## 氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于植物保护技术领域,具体地说,涉及一种氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。

### 背景技术

[0002] 随着科技的发展和纳米技术的进步,纳米材料在各个领域呈现了广泛的应用前景。氧化石墨烯是一种新型的二维碳纳米材料,具有较好的电学、力学和光学等优异特性,已在生物医学、传感,环境科学,工程科学等领域展现出广阔的应用前景。近年来,氧化石墨烯在农业领域的应用引起了各界学者的广泛兴趣,如氧化石墨烯可以负载农业化学品达到缓释和靶向的功能,以提高农业化学品的利用率,并降低了对非靶标生物的副作用。然而,将氧化石墨烯添加于昆虫饲料,作为昆虫生长促进剂的应用鲜有报道。

[0003] 昆虫的人工大量繁殖不仅是现代害虫防治研究的重要手段之一,也是天然产物资源获取的重要途径。应用天然饲料饲养供试昆虫,由于受季节性和必须多次更换饲料的限制,很难达到上述大量饲养的目的。半人工饲料具有不受季节限制和不易发霉、变质、变干,及在饲养过程中可以少换或不换饲料等特点,管理十分方便,使大规模工厂化生产成为可能。然而现有的人工饲料存在饲养周期长、昆虫个体存亡率低、个别虫体体质差等问题,对昆虫的规模化饲养造成一定的困扰。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明公开了一种氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。

[0006] 可选地,氧化石墨烯与鳞翅目和双翅目昆虫用饲料质量体积比( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )为500:1-2000:1。

[0007] 可选地,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、制备氧化石墨烯溶液:将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理;

[0009] 步骤2、制备培养基:将玉米粉溶于水,调成糊状待用;将琼脂溶于水,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖,搅拌使充分溶解,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌;稍微冷却后加入酵母粉,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基;

[0010] 步骤3、制备基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料:将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

[0011] 可选地,所述步骤1中的氧化石墨烯与离子水的质量体积比( $\text{mg}/\text{ml}$ )为100:30-400:30。

[0012] 可选地,玉米粉与水的质量比为10:38。

- [0013] 可选地,琼脂与水的质量比为1:20;白糖与琼脂的质量比为9:1。
- [0014] 可选地,丙酸与玉米粉的体积质量比 (ml/g) 为1:20。
- [0015] 可选地,酵母粉与玉米粉的质量比为7:100。
- [0016] 可选地,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比 (ml/g) 为17:2。
- [0017] 可选地,步骤3中的培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30。
- [0018] 与现有技术相比,本发明可以获得包括以下技术效果:
- [0019] 本发明的基于氧化石墨烯的鳞翅目和双翅目昆虫用饲料能够缩短昆虫的幼虫生长历期、提高幼虫存活率、增加幼虫和蛹重,并且在实际应用过程中大大降低了时间和生产成本。
- [0020] 当然,实施本发明的任一产品并不一定需要同时达到以上所述的所有技术效果。

### 附图说明

- [0021] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本发明的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:
- [0022] 图1是本发明不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟幼虫历期影响;
- [0023] 图2是本发明不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟蛹历期影响;
- [0024] 图3是本发明不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟成虫历期影响;
- [0025] 图4是本发明不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟产卵量的影响;
- [0026] 图5是本发明不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟卵的孵化率的影响;
- [0027] 图6是本发明不同GO浓度下亚洲玉米螟的幼虫存活率;
- [0028] 图7是本发明不同GO浓度下亚洲玉米螟的化蛹率;
- [0029] 图8是本发明不同GO浓度下亚洲玉米螟的羽化率;
- [0030] 图9是本发明不同GO浓度下亚洲玉米螟的幼虫体重;
- [0031] 图10是本发明不同GO浓度下亚洲玉米螟的蛹重。

### 具体实施方式

- [0032] 以下将配合实施例来详细说明本发明的实施方式,藉此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题并达成技术功效的实现过程能充分理解并据以实施。
- [0033] 本发明公开了一种氧化石墨烯在制备鳞翅目和双翅目昆虫用饲料中的应用。
- [0034] 氧化石墨烯与鳞翅目和双翅目昆虫用饲料质量体积比 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 为500:1-2000:1。
- [0035] 本发明还公开了一种基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料的制备方法,包括以下步骤:
- [0036] 步骤1、制备氧化石墨烯溶液:将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理,氧化石墨烯与离子水的质量体积比 (mg/ml) 为100:30-400:30;
- [0037] 步骤2、制备培养基:按照质量比为10:38将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;按照质量比为1:20将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖135g,搅拌使充分溶解,其中,白糖与琼脂的质量比为9:1,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌,其中,丙酸与玉米粉的体积质量比 (ml/g) 为1:20;稍微冷却后加入酵母粉,其中酵母粉与玉米粉的质量比为7:100,用玻璃棒搅拌使混匀后再加

入纯净水使定容,制备得到培养基,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比(ml/g)为17:2;  
[0038] 步骤3、制备基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料:将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,其中,培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

#### [0039] 实施例1

[0040] 将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理,氧化石墨烯与离子水的质量体积比(mg/ml)为100:30;按照质量比为10:38将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;按照质量比为1:20将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖135g,搅拌使充分溶解,其中,白糖与琼脂的质量比为9:1,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌,其中,丙酸与玉米粉的体积质量比(ml/g)为1:20;稍微冷却后加入酵母粉,其中酵母粉与玉米粉的质量比为7:100,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比(ml/g)为17:2;将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,其中,培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

#### [0041] 实施例2

[0042] 将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理,氧化石墨烯与离子水的质量体积比(mg/ml)为200:30;按照质量比为10:38将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;按照质量比为1:20将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖135g,搅拌使充分溶解,其中,白糖与琼脂的质量比为9:1,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌,其中,丙酸与玉米粉的体积质量比(ml/g)为1:20;稍微冷却后加入酵母粉,其中酵母粉与玉米粉的质量比为7:100,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比(ml/g)为17:2;将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,其中,培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

#### [0043] 实施例3

[0044] 将氧化石墨烯溶解于离子水中并超声处理,氧化石墨烯与离子水的质量体积比(mg/ml)为400:30;按照质量比为10:38将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;按照质量比为1:20将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖135g,搅拌使充分溶解,其中,白糖与琼脂的质量比为9:1,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌,其中,丙酸与玉米粉的体积质量比(ml/g)为1:20;稍微冷却后加入酵母粉,其中酵母粉与玉米粉的质量比为7:100,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比(ml/g)为17:2;将培养基溶于步骤1制备得到的氧化石墨烯溶液中,其中,培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

#### [0045] 对比例1

[0046] 取1个200ml烧杯加入30ml去离子水;按照质量比为10:38将玉米粉溶于水中,调成糊状待用;按照质量比为1:20将琼脂溶于水中,煮沸搅拌融化;待琼脂充分融化后加入白糖135g,搅拌使充分溶解,其中,白糖与琼脂的质量比为9:1,搅拌使充分溶解;将糊状玉米粉倒入加糖的琼脂水中,搅拌并煮成糊状;加入丙酸搅拌,其中,丙酸与玉米粉的体积质量比

(ml/g) 为1:20;稍微冷却后加入酵母粉,其中酵母粉与玉米粉的质量比为7:100,用玻璃棒搅拌使混匀后再加入纯净水使定容,制备得到培养基,定容后的总体积与玉米粉的体积质量比(ml/g)为17:2;将培养基溶于步骤1离子水中,其中,培养基与步骤1中的离子水的体积比为170:30,制备得到基于氧化石墨烯的双翅目昆虫用饲料。

[0047] 下面结合具体的实验数据来说明本发明的技术效果:

[0048] 一、氧化石墨烯对玉米螟的生育历期及生殖力的影响:

[0049] 一) 实验方法:

[0050] 1、玉米螟生育历期及产卵量与孵化率的测定:

[0051] 将亚洲玉米螟的初孵幼虫分别装于配制好的人工饲料(饲料切成5\*5cm的小块)中,每盒饲料接虫250头,并记录接虫日期。将接虫的饲料放在人工气候箱中培养(温室条件:温度:28℃,相对湿度75%,光周期L:D=12:12),每天观察直到化蛹,记录每只幼虫的化蛹日期(幼虫历期);幼虫化蛹后,每天从饲料中将化的蛹挑出,将其放在15mL的离心管里,在管口放棉球沾水保湿,收集于人工气候箱中,直至羽化为昆虫成虫,记录上每只蛹羽化为昆虫成虫的日期(蛹历期);昆虫成虫羽化后,雌雄配对放在纸杯中进行饲养直至死亡,观察记录每只昆虫成虫的死亡日期(成虫历期);每个处理挑选高峰期的30对昆虫成虫进行产卵测试,三次重复,记录产卵个数及其孵化率(产卵量与孵化率)。

[0052] 2、数据处理分析方法:所有试验测定均为完全随机设计,每个处理三次重复。所有数据为平均值±SE(标准错误)采用DPS软件和Excel表对实验数据进行统计分析,p值<0.05(或<0.01),采用的t检验确定统计学意义。

[0053] 二) 实验结果:

[0054] 1、不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟幼虫历期的影响

[0055] 由图1可以看出,在F0代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟幼虫历期为20天,氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料(实施例1,下同)所饲养玉米螟的幼虫历期为18.33天,1000μg/mL浓度(实施例2,下同)的为17.17天,2000μg/mL(实施例3,下同)的为16.33天;在F1代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟幼虫历期为18.5天,添加氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料所饲养玉米螟的幼虫历期为18.17天,1000μg/mL浓度的为16.17天,浓度为2000μg/mL的为15.17天;在F2代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟幼虫历期为16.67天,添加氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料所饲养玉米螟的幼虫历期为13.67天,1000μg/mL浓度的为13天,浓度为2000μg/mL的为11.83天。从表1中可以看出,与对照的浓度相比,氧化石墨烯浓度分别增加1倍、2倍和4倍下饲养的亚洲玉米螟幼虫历期存在极显著差异(p<0.01)。由以上结果可以看出不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟的幼虫历期具有显著的影响,氧化石墨烯可以缩短幼虫历期,并呈剂量效应。

[0056] 2、不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟蛹历期的影响:

[0057] 由图2可以看出,在F0代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟蛹历期为5.13天,添加氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料所饲养玉米螟的蛹历期为5.50天,1000μg/mL浓度的为5.61天,2000μg/mL的为5.82天,在F1代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟蛹历期为6.51天,添加氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料所饲养玉米螟的蛹历期为6.30天,1000μg/mL浓度的为6.54天,浓度为2000μg/mL的为6.51天;在F2代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟蛹历期为6.27天,添加氧化石墨烯浓度为500μg/mL的饲料所

饲养玉米螟的蛹历期为6.6天,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为6天,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为6.27天。从表1中可以看出,与对照的浓度相比,氧化石墨烯浓度分别增加1倍,2倍和4倍下饲养的亚洲玉米螟蛹历期无显著差异( $p>0.05$ )。由以上结果可以看出,不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟的蛹历期影响不显著。

[0058] 3、不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟成虫历期的影响

[0059] 由图3可以看出,在F0代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟成虫历期为4.11天,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的成虫历期为4.33天,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为4.08天,2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为4.07天;在F1代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟成虫历期为3.75天,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的成虫历期为3.47天,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为3.71天,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为3.90天;在F2代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟成虫历期为3.63天,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的成虫历期为3.9天,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为3.87天,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为3.77天。从表1中可以看出,与对照的浓度相比,氧化石墨烯浓度分别增加1倍,2倍和4倍下饲养的亚洲玉米螟成虫历期无显著差异( $p>0.05$ )。由以上结果可以看出,不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟的成虫历期影响不显著。

[0060] 表1不同浓度的氧化石墨烯对亚洲玉米螟各世代幼虫、蛹和成虫发育期方差分析

[0061]

历期	世代		
	F0	F1	F2
幼虫	df=3	df=3	df=3
	F=60.611	F=15.333	F=67.963
	$P<0.01$	$P<0.01$	$P<0.01$
蛹	df=3	df=3	df=3
	F=1.803	F=0.458	F=3.344
	$P=0.2245$	$P=0.719$	$P=0.0765$
成虫	df=3	df=3	df=3
	F=1.387	F=1.178	F=0.431
	$P=0.3153$	$P=0.3773$	$P<0.01$

[0062] 4、不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟产卵量的影响

[0063] 由图4可以看出,在F0代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟产卵量为134.8个,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的产卵量为166.02个,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为183.31个,2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为158.13个;在F1代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟产卵量为122.33个,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的产卵量为129个,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为134个,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为126.33个;在F2代中,未

添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟产卵量为95.87个,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟的产卵量为97.84个,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为106.43个,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为108.77个。从表2中可以看出,与对照的浓度相比,氧化石墨烯浓度分别增加1倍,2倍和4倍下饲养的亚洲玉米螟产卵量无显著差异 ( $p>0.05$ )。由以上结果可以看出,不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟的产卵量影响不显著。

[0064] 5、不同浓度的氧化石墨烯对玉米螟卵的孵化率的影响

[0065] 由图5可以看出,在F0代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟卵的孵化率为65.33%,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟卵的孵化率为66.48%,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为90.39%,2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为94.15%;在F1代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟卵的孵化率为89.7%,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟卵的孵化率为88.18%,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为91.23%,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为91.4%;在F2代中,未添加氧化石墨烯的饲料所饲养的玉米螟卵的孵化率为92.56%,添加氧化石墨烯浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的饲料所饲养玉米螟卵的孵化率为94.78%,1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度的为97.4%,浓度为2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的为97.87%。从表2中可以看出,与对照的浓度相比,可以增加玉米螟卵的孵化率,但在某些世代差异不显著。

[0066] 表2氧化石墨烯对亚洲玉米螟各世代产卵量和孵化率的方差分析

[0067]

世代				
项目	F0	F1	F2	
	df=3	df=3	df=3	
产卵量	F=3.202	F=0.246	F=2.887	
	P=0.0863	P=0.862	P=0.1024	
	df=3	df=3	df=3	
孵化率	F=1.042	F=0.696	F=12.076	
	P=0.4251	P=0.5799	P<0.01	

[0068] 三) 本发明的研究表明,不同浓度的氧化石墨烯对亚洲玉米螟的幼虫历期有显著的影响。随着氧化石墨烯浓度的升高,亚洲玉米螟F0-F2代幼虫的发育历期显著的缩短。而氧化石墨烯对玉米螟的蛹历期、成虫历期、产卵量和孵化率没有显著的影响。

[0069] 二、氧化石墨烯对亚洲玉米螟的生长发育影响:

[0070] 一) 试验方法:

[0071] 1、试验处理:

[0072] 试验设置3个G0浓度处理,即2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。在配制玉米螟人工饲料过程中添加三个不同浓度的G0,并以不添加G0的正常饲料为对照,每个处理重复三次。亚洲玉米螟幼虫饲养容器为长15cm、宽15cm和高10cm的消毒塑料盒,盒盖上有直径4cm的圆孔,并以70目不锈钢的纱网封闭圆孔,放于人工气候箱中饲养,箱内温度:(28 $\pm$ 1) $^{\circ}\text{C}$ ;



相对湿度(70±10)%;光照周期L:D=12h:12h,(L,6:00—18:00;D,18:00—6:00)。

[0073] 2、亚洲玉米螟生存率的测定:

[0074] 将同一天孵化的亚洲玉米螟的初孵幼虫接入配好的人工饲料中,每盒250头,记录接虫日期,放置于人工气候箱中饲养,每天观察的玉米螟的生长发育状况。幼虫化蛹前至5龄时,将每盒所有的幼虫挑选出放置新配置的饲料中,记录幼虫总数,计算幼虫存亡率(%);待所有幼虫化蛹完后,记录所有蛹数,计算化蛹率(%);分别从每盒所化的蛹中随机挑选5个,观察其羽化的状况,计算羽化率(%)。

[0075] 3、亚洲玉米螟个体体重的测定:

[0076] 分别从每盒挑选大小一致的幼虫(化蛹前5龄时)15头,称取幼虫虫重,记录原始数据;幼虫化蛹后(化蛹后第2天称量蛹重),每盒挑选大小一致的蛹15个称取蛹重,记录原始数据,并将每天将所化的蛹都分别放到15mL的离心管中单头饲养,用记号笔做好标记,并放入棉球蘸水保湿,放入磁盘于人工气候箱中。

[0077] 4、统计分析

[0078] 所有试验测定均为完全随机设计,每个处理三次重复。采用DPS软件和Excel表对实验数据进行统计分析,各处理间差异显著性采用Duncar新复极差法进行方差分析。

[0079] 二、结果与分析:

[0080] 一)不同G0浓度对亚洲玉米螟生存率的影响

[0081] 1、不同G0浓度对亚洲玉米螟幼虫存活率的影响

[0082] 如图6所示,在F0代中,对照组的幼虫存活率为40.53%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,幼虫存活率分别为42.53%、48.13%和51.20%,从表3中可以看出,与对照组浓度相比,随着G0浓度的升高,亚洲玉米螟幼虫存活率的提高存在极显著差异( $p < 0.01$ );在F1代中,对照组的幼虫存活率为33.60%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,幼虫存活率分别为38.67%、42.40%和48.67%,同样从表3可以看出,与对照组浓度相比,随着G0浓度的升高,幼虫存活率显著地提高( $p < 0.01$ );在F2代中,对照组的幼虫存活率为38.40%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,幼虫存活率分别为41.73%、42.00%和44.00%,由表3中可以得出,与对照组浓度相比,G0可以增加玉米螟幼虫的存活率,但是差异不显著( $p > 0.05$ )。

[0083] 2、不同G0浓度对亚洲玉米螟化蛹率的影响

[0084] 如图7所示,在F0代中,对照组的化蛹率为32.80%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,化蛹率分别为40.80%、43.87%和45.87%,从表3中可以看出,与对照组浓度相比,随着G0浓度的升高,亚洲玉米螟化蛹率的提高存在显著差异( $p < 0.05$ );在F1代中,对照组的化蛹率为28.27%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,化蛹率分别为29.07%、33.33%和37.33%,同样从表3中可以看出,与对照组浓度相比,G0浓度的升高对化蛹率的提高没有显著的影响( $p > 0.05$ );在F2代中,对照组的化蛹率为33.60%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,化蛹率分别为37.47%、34.53%和36.53%,由表3中可以得出,与对照组浓度相比,G0对亚洲玉米螟化蛹率无显著影响( $p > 0.05$ )。

[0085] 3、不同G0浓度对亚洲玉米螟羽化率的影响:

[0086] 图8显示,在F0代中,对照组的羽化率为87.91%,G0浓度为500μg/mL、1000μg/mL和2000μg/mL时,羽化率分别为85.54%、81.84%和88.00%,从表3中可以看出,与对照组浓度

相比,G0浓度的升高对亚洲玉米螟羽化率无显著影响 ( $p>0.05$ );在F1代中,对照组的羽化率为93.40%,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,羽化率分别为92.33%、89.19%和88.67%,同样从表3中可以看出,与对照组浓度相比,G0浓度的升高对羽化率的提高有极显著影响 ( $p<0.01$ );在F2代中,对照组的羽化率为91.69%,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,羽化率分别为93.69%、94.11%和96.27%。由表3中可以得出,与对照组浓度相比,G0对羽化率的提高有一定的促进作用 ( $p<0.05$ )。

[0087] 表3不同G0浓度下亚洲玉米螟各世代幼虫存亡率、化蛹率和羽化率方差分析  
[0088]

存活率	世代		
	F0	F1	F2
	df=3	df=3	df=3
幼虫存活率	F=9.017	F=11.633	F=1.079
	p=0.006	p=0.0027	p=0.4112
	df=3	df=3	df=3
化蛹率	F=4.243	F=2.497	F=0.516
	p=0.0453	p=0.1338	p=0.6827
	df=3	df=3	df=3
羽化率	F=0.768	F=12.096	F=4.578
	p=0.5434	p=0.0024	p=0.0379

[0089] 二) 不同G0浓度对亚洲玉米螟个体体重的影响

[0090] 1、不同G0浓度对亚洲玉米螟幼虫体重的影响

[0091] 图9显示在F0代中,对照组的幼虫体重为0.0519g,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,幼虫体重分别为0.0617g、0.0706g和0.0814g;在F1代中,对照组的幼虫体重为0.0550g,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,幼虫体重分别为0.0733g、0.0784g和0.0905g;在F2代中,对照组的幼虫体重为0.0508g,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,幼虫体重分别为0.0557g、0.0618g和0.0674g。从表4中可以看出,与对照组浓度相比,G0浓度分别增加1倍、2倍和4倍下饲养的亚洲玉米螟幼虫体重存在极显著差异 ( $p<0.01$ )。由以上结果可以看出,G0对玉米螟的幼虫体重的增加具有显著的促进作用。

[0092] 2、不同G0浓度对亚洲玉米螟蛹重的影响:

[0093] 由图10中可以知,在F0代中,对照组的蛹重为0.0533g,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,蛹重分别为0.0631g、0.0686g和0.0739g,从表4中可以看出,与对照组浓度相比,随着G0浓度的升高,亚洲玉米螟蛹重的增加存在极显著差异 ( $p<0.01$ );在F1代中,对照组的蛹重为0.0495g,G0浓度为500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,蛹重分别为0.0557g、0.0645g和0.0747g,同样从表4中可以看出,与对照组浓度相比,G0浓度的升高对

蛹重的增加有极显著的影响 ( $p < 0.01$ ) ;在F2代中,对照组的蛹重为0.0631g,G0浓度为500 $\mu$ g/mL、1000 $\mu$ g/mL和2000 $\mu$ g/mL时,蛹重分别为0.0502g、0.0538g和0.0576g,由表4中可以得出,与对照组相比,G0对亚洲玉米螟蛹重无显著影响 ( $p > 0.05$ )。

[0094] 表2不同G0浓度下亚洲玉米螟各世代幼虫、蛹体重方差分析

[0095]

体重	世代		
	F0	F1	F2
	df=3	df=3	df=3
幼虫	F=100.353	F=175.849	F=16.678
	p=0.0001	p=0.0001	p=0.0008
	df=3	df=3	df=3
蛹	F=125.943	F=220.275	F=3.278
	p=0.0001	p=0.0001	p=0.0797

[0096] 综上所述,氧化石墨烯作为影响昆虫生长的一种外界因子,在一定浓度范围内,氧化石墨烯能够促进亚洲玉米螟体重的增加,提高玉米螟的存活率和化蛹率,同时对蛹重和羽化率有影响但影响不显著。

[0097] 上述说明示出并描述了发明的若干优选实施例,但如前所述,应当理解发明并非局限于本文所披露的形式,不应看作是对其他实施例的排除,而可用于各种其他组合、修改和环境,并能够在本文所述发明构想范围内,通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离发明的精神和范围,则都应在发明所附权利要求的保护范围内。

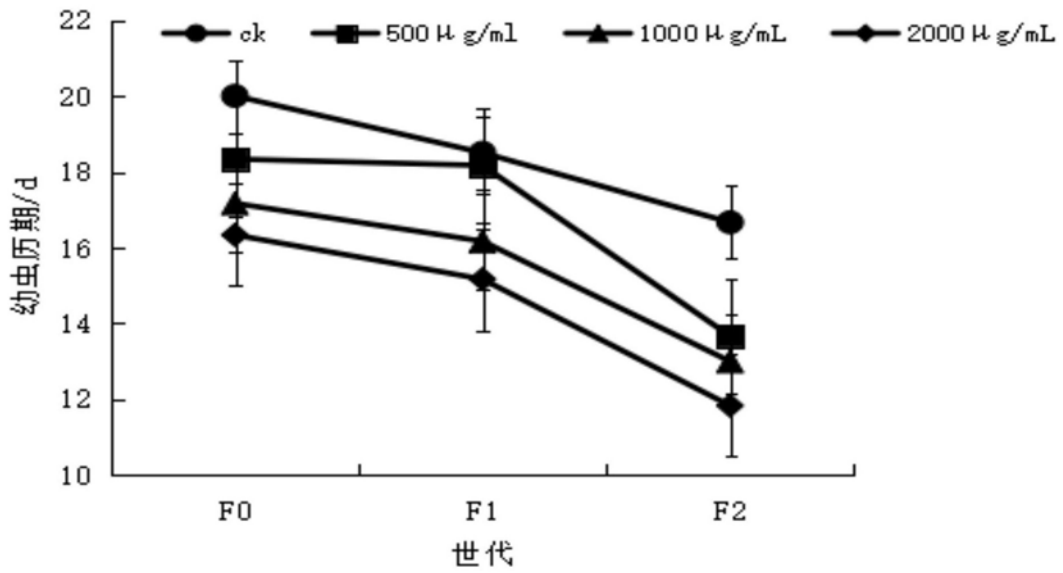


图1

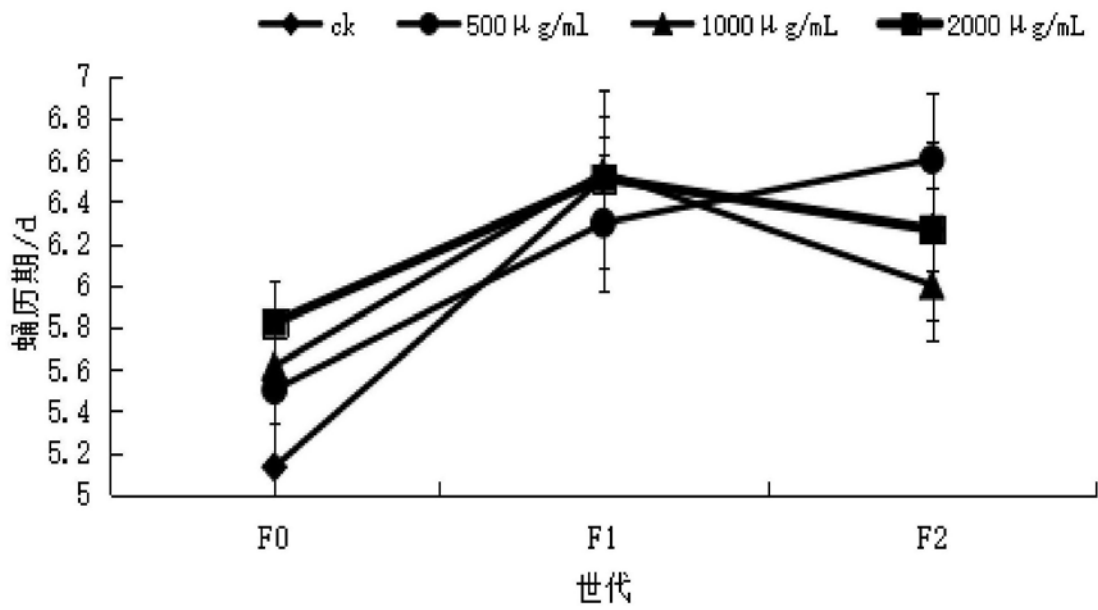


图2

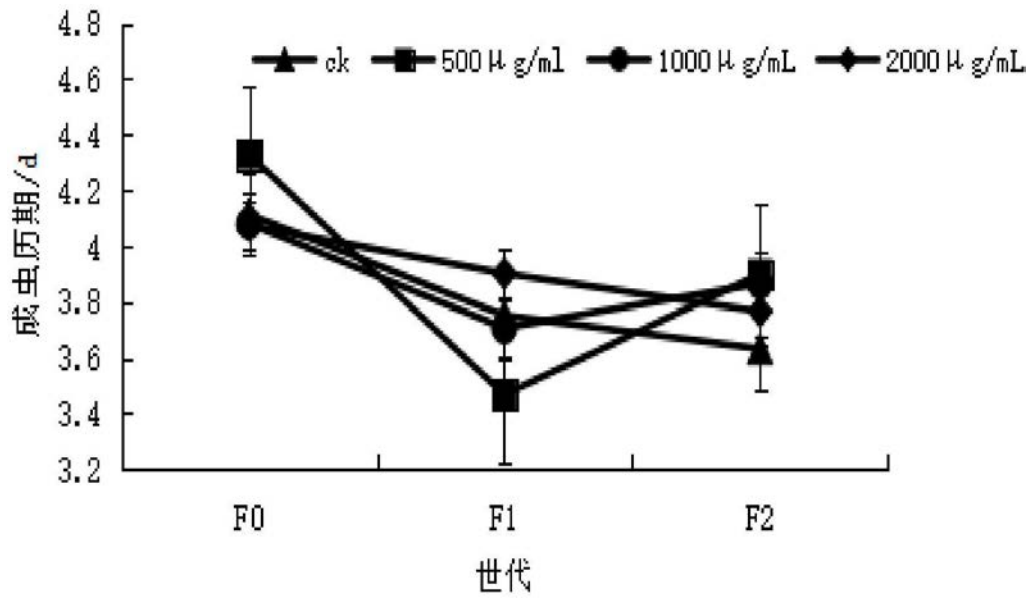


图3

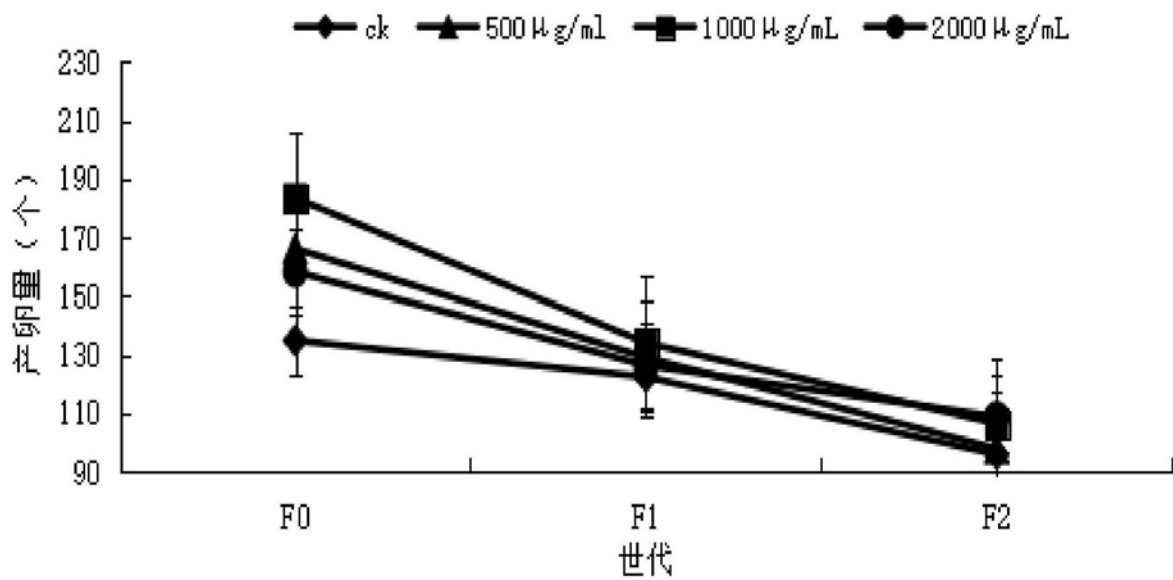


图4

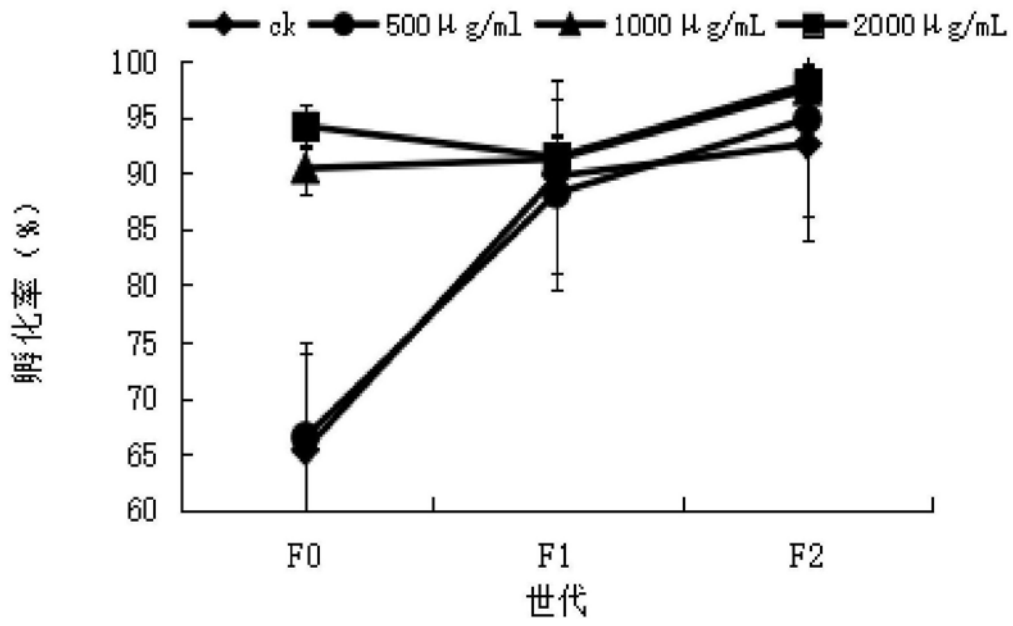


图5

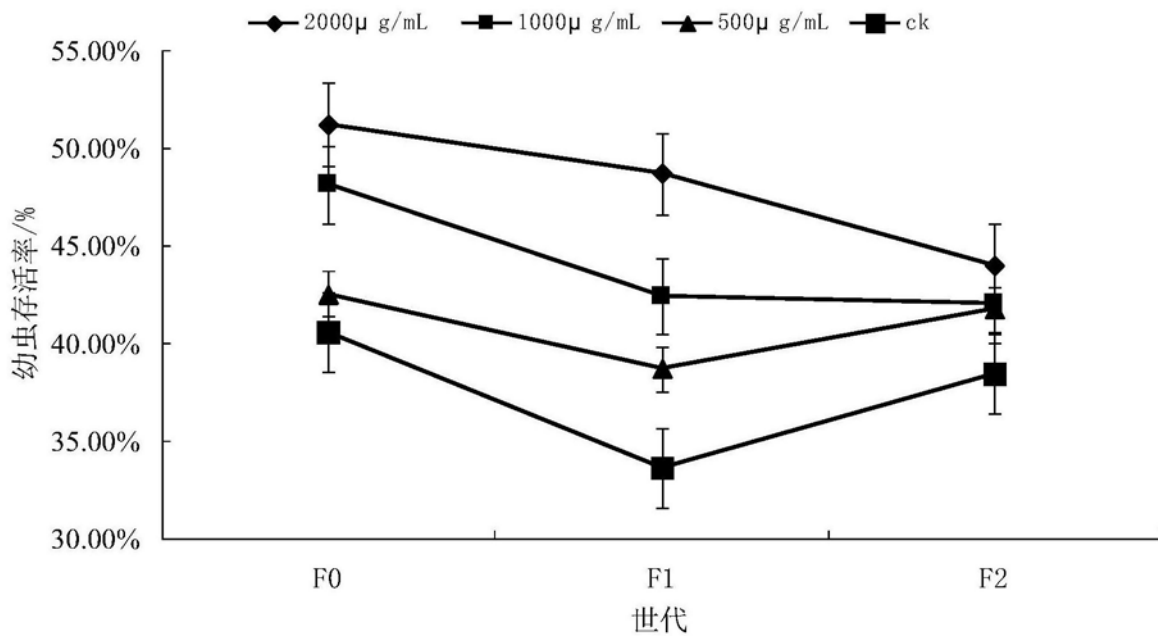


图6

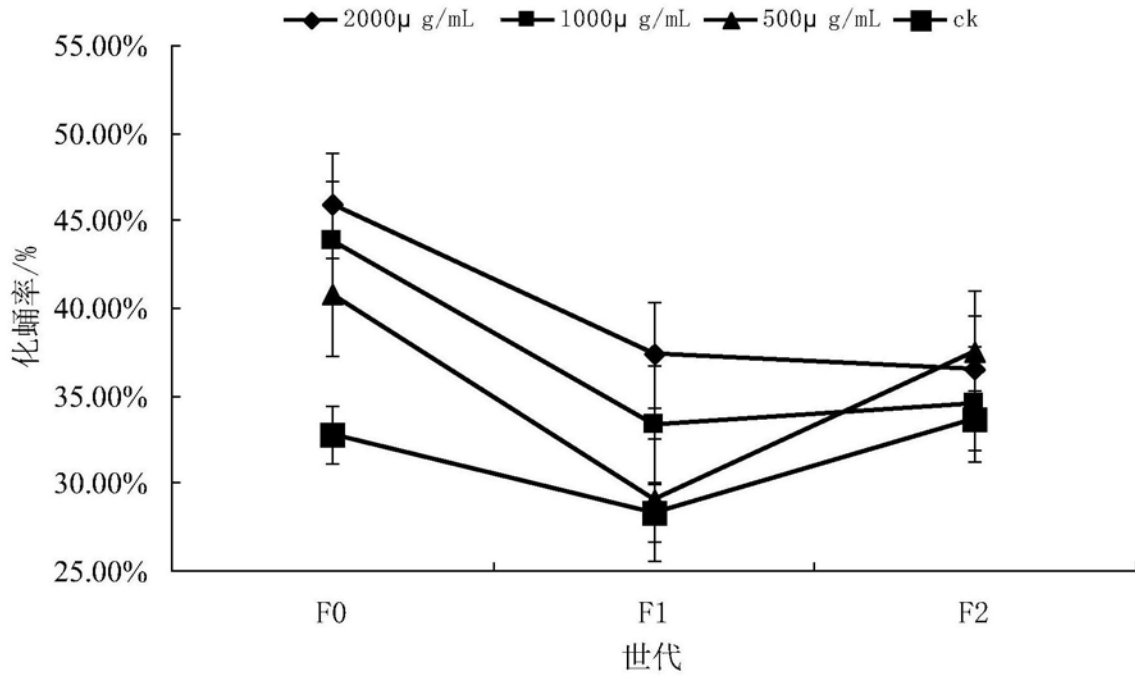


图7

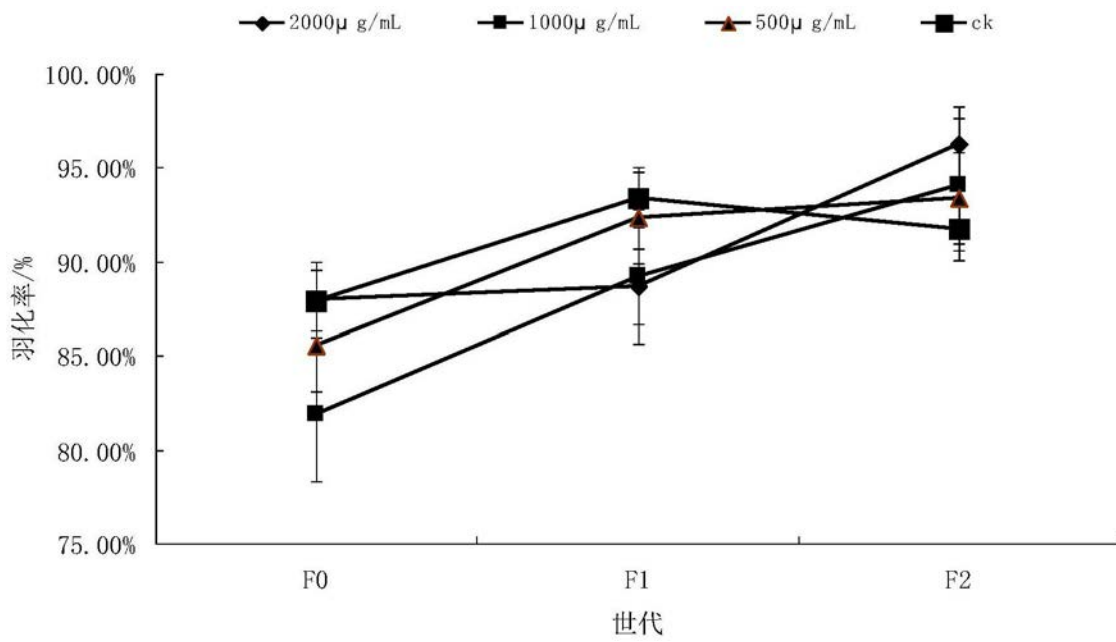


图8

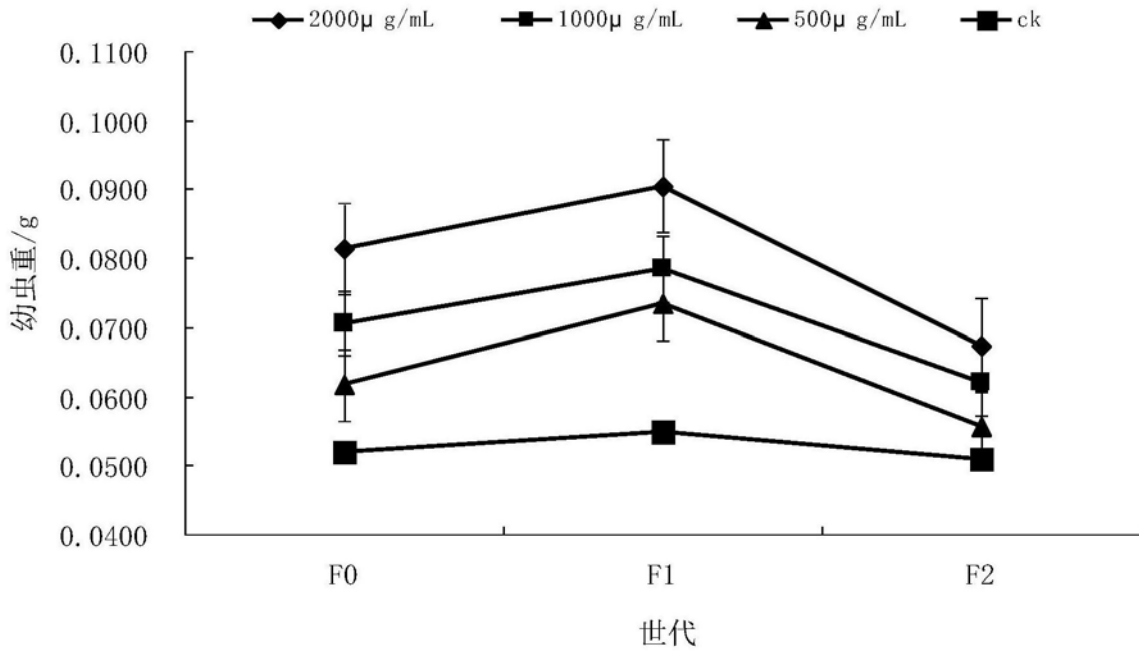


图9

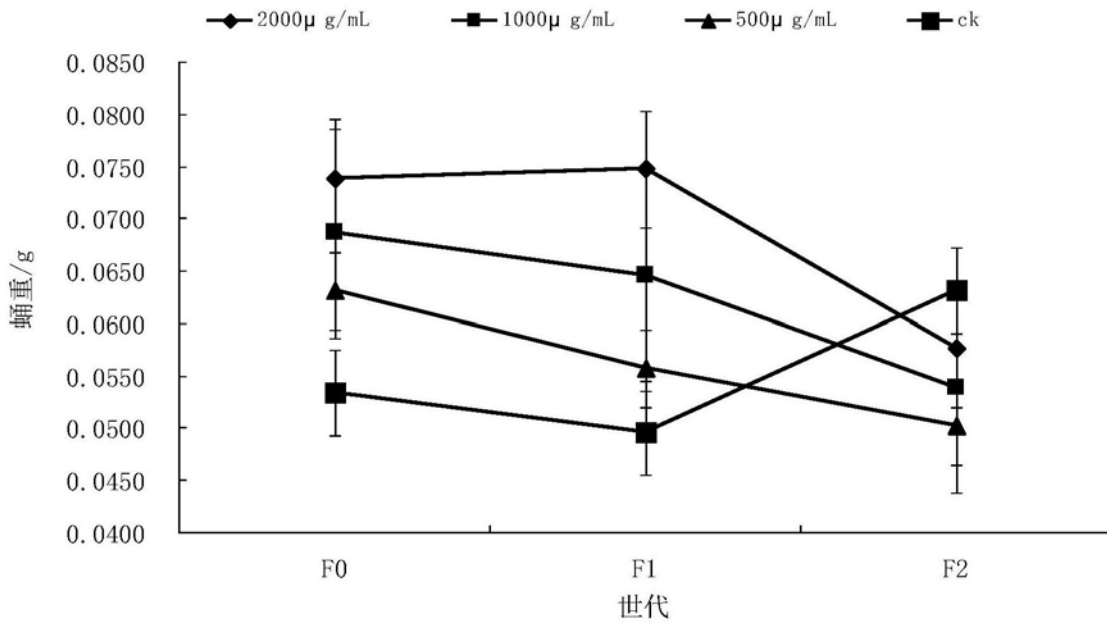


图10