

蔗糖对胭脂虫的助食作用研究

陈海游, 张忠和*

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224)

摘要:利用蔗糖辅助培育胭脂虫,设置10个不同水平蔗糖浓度,每个水平10组重复,研究不同浓度蔗糖对胭脂虫的助食作用。结果表明:蔗糖对胭脂虫有明显助食作用,适当浓度的蔗糖有助于提高胭脂虫的产量。蔗糖浓度 $47.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 至 $475.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 可提高上虫量;在 $285.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度下,胭脂虫的存活率较高,种群数量变动较小; $47.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 至 $380.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 均有利于提高雌成虫数量,并明显提高胭脂虫单片茎片的鲜质量和干质量;不同浓度的蔗糖均可提高胭脂虫雌成虫的体积及怀卵量, $285.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度的蔗糖辅助培育胭脂虫效果最明显。

关键词:胭脂虫;蔗糖;仙人掌;助食作用

中图分类号:S899.3;Q969.36

文献标识码:A

Feeding Effect of Different Sucrose Levels on Cochineal (*Dactylopius coccus*)

CHEN Hai-you, ZHANG Zhong-he

(Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: A study on feeding effect of different sucrose levels on cochineal was carried out. The sucrose was prepared in 10 concentration levels ($0.0, 47.5, 95.0, 190.0, 237.5, 285.0, 380.0, 475.0, 617.5, \text{ and } 712.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) and 10 samples were repeated on each level. The results showed that the feeding effect of sucrose on cochineal insect was very obvious, and the appropriate concentration of sucrose would be helpful to improve cochineal yield. With the concentration ranged from $47.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ to $475.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, the sucrose increased the larva quantity on cacti; with the concentration of $285.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, the survival rate of cochineal was quite high and population was stable; the concentration of $47.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ to $380.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ could increase the number of female adult, the fresh weight and dry weight of cochineal. In addition, all the sucrose concentration levels could improve the amount of eggs and enlarge female adults. It is showed that $285.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ sucrose level is most helpful to feed cochineal.

Key words: cochineal(*Dactylopius coccus*); sucrose; cactus; feeding effect

胭脂虫(*Dactylopius coccus*)是一类寄生于仙人掌上、能生产天然红色素的珍贵资源昆虫,属同翅目(Homoptera),粉蚧总科(Pseudococcoidea),洋红蚧科(Dactylopidae),洋红蚧属(*Dactylopius*)^[1],原产于墨西哥和中美洲。胭脂虫体含胭脂红酸

($\text{C}_{22}\text{H}_{20}\text{O}_{13}$),用其干体加工生产的胭脂红是优质的蒽醌类色素,广泛用于化妆品、食品、药品等多种行业,目前含量为52%的胭脂虫红色素国际市场价已达 $530\text{ }\$ \cdot \text{kg}^{-1}$ 。洋红蚧属共有9个种,国外生产中饲养用以制取胭脂红的主要为*Dactylopius coccus*

收稿日期:2013-03-27

基金项目:林业公益性行业科研专项(201204602);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(RIRICAF201005M);国家林业局星火项目(2005EA169004)

作者简介:陈海游(1989—),男,福建宁德人,硕士研究生,从事资源昆虫学研究。

* 通讯作者。

Costa,其寄主仙人掌为梨果仙人掌(*Opuntia ficus-indica* Mill)^[2-5]。我国无胭脂虫的天然分布,2004年从国外引入,现已在我国云南、贵州、四川、山东、福建等省区多个地方繁殖。

糖类主要供给昆虫生长、发育所需的能量,以及转化成贮存的脂肪,有些糖则为激食剂。蔗糖是植食性昆虫很喜欢的糖类,因为昆虫有极强的蔗糖酶,故在饲养昆虫的时候常使用蔗糖。此外,蔗糖对于昆虫的助食作用与浓度有关^[6-8]。前人在用糖或蔗糖培育昆虫方面做了不少研究:忻介六^[9]对不同昆虫的人工饲料中蔗糖的添加量进行了表述,同时指出,饲喂红棉铃虫(*Heliothis armigera* Hubner)的人工饲料蔗糖含量从4%提高到8%会引起幼虫生长迟缓,蛹变小;王松晓等^[10]用蔗糖、蜂蜜等饲喂斜纹夜蛾(*Prodenia litura* Fabricius)幼虫,糖、蜂蜜等饲料对延长成虫的寿命十分有利,并且增加雌虫产卵量;慕卫等^[11]在苜蓿夜蛾(*Heliothis dipsacea* Linnaeus)人工饲养技术的研究中发现成虫期补充糖分是非常必需的;王安皆等^[12]发现,添加蔗糖和葡萄糖的饲料与没有加糖的饲料对稚蚕(*Antheraea yamamai* Guerin-Meneville)的饲养效果没有大的差异;吕仲贤等^[13]发现,糖类不仅对亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guenee)的取食有助长作用,而且对它们的发育和繁殖也有重要的影响;House^[14]和Chapman^[15]得出多数昆虫都需要糖来最大限度的延长生命;Olson等^[16]通过研究糖对拟寄生胡蜂(*Macrocentrus grandii* Goidanich)的影响,发现雌成虫的产卵量在蔗糖喂食下从无蔗糖喂食下的平均33枚增加到近85枚;Fadamiro等^[17]对寄生蚤蝇(*Pseudacteon tricuspis* Borgmeier)的研究发现,25%的蔗糖对其寿命有延长作用,且25%与50%的蔗糖对其作用相似。

因我国胭脂虫产量不高,提高胭脂虫的产量对胭脂虫产业的发展具有重要意义。本文研究不同浓度蔗糖对胭脂虫产量的影响,是为探索一种胭脂虫培育的新技术,其结果将为生产上胭脂虫的高产培育提供科学的理论依据。

1 研究地自然概况

研究地位于云南省楚雄州禄丰县中国林科院资源昆虫研究所滇中高原试验站内,地理位置为102°11'E,25°52'N,平均海拔1 826 m,年平均气温16.1℃,最热月平均气温28.1℃,最冷月平均气温9.1℃,年降水量800~1 100 mm,年蒸发量1 214 mm,

年均相对湿度69%,雨量分布不均,干湿明显,雨热同季,冬季和春季以及夏季初干旱时间较长,年日照1 982.2 h,昼夜温差大,无霜期276 d,属中亚热带气候类型。

2 材料与方法

2.1 动植物材料

昆虫试验材料为中国林科院资源昆虫研究所2004年从国外引进并在云南进行扩繁的胭脂虫。

寄主植物材料为云南省禄丰县种植的梨果仙人掌。

2.2 试验准备

茎片选择:无病害,长宽约为38 cm×17 cm、厚度约2.0 cm的仙人掌茎片;

大棚搭建:用木桩搭成,面积72 m²,棚顶及四周用塑料薄膜覆盖,薄膜外用遮荫网覆盖;

棚内准备:用20[#]铁丝在木柱上拉成线,然后在铁丝上用胶把钳每5 cm左右扭一个小凹,便于悬挂茎片;

悬挂茎片:用14[#]铁丝作成S型钩勾上仙人掌茎片,再悬挂于20[#]铁丝小凹处;

纸袋接种:将临产雌成虫每头依次装入折成三角形的纸袋内,用图钉将接种袋订在茎片中下部,每片接种2袋,一面各1袋;

95%的白砂糖1 050 g,清水1桶,100 mL的烧杯1只,托盘天平1个。

2.3 试验设计

进行完全随机化设计,蔗糖浓度设置10个水平(表1),每个水平10组重复^[18-24],每个水平喷洒相应浓度蔗糖水于仙人掌茎片两面,喷洒至整片茎片湿透,放虫10头·片⁻¹,纸袋放虫法。

表1 蔗糖浓度梯度设置

| 梯度 | 95%的白砂糖/g | 清水/mL | 质量-体积浓度/(g·L ⁻¹) |
|----|-----------|-------|------------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| 2 | 15 | 300 | 47.5 |
| 3 | 30 | 300 | 95.0 |
| 4 | 60 | 300 | 190.0 |
| 5 | 75 | 300 | 237.5 |
| 6 | 90 | 300 | 285.0 |
| 7 | 120 | 300 | 380.0 |
| 8 | 150 | 300 | 475.0 |
| 9 | 195 | 300 | 617.5 |
| 10 | 300 | 400 | 712.5 |

注:质量-体积浓度=(白砂糖质量×95%)/清水体积

2.4 研究方法

因放虫均为临产的雌成虫,放虫后7~8 d就可以发现大量若虫出现,15 d时已经可以较准确记录1龄若虫量,1个月时进入1龄中后期,1个半月后大多进入2龄期,但仍有部分1龄若虫存在。2个月进入2龄中后期,3个月时都已是成虫期,再过10~15 d雌虫都进入临产状态。

2.4.1 虫口数测定 利用机械计数器和10倍放大镜,每隔15 d观察记录1次每片茎片上的虫口数;因雄虫在出现前蛹或蛹期之前不易辨认,故未到前蛹期的雄虫当雌虫来统计;到成虫期,分别准确记录雌雄成虫数。

2.4.2 上虫量测定 放虫后7~8 d,大量若虫爬到仙人掌茎片上固定,此时对茎片上的若虫数量进行观察记录,隔3 d再进行1次记录,放虫15 d时再记录1次,取各茎片该3次记录的最大值作为各茎片上虫量。茎片平均上虫量为同一蔗糖浓度梯度下各茎片上虫量的平均值。

2.4.3 雌成虫鲜、干质量测定 从每个梯度随机收集15头雌成虫,将收集的雌成虫过筛,筛去蜡粉、杂质等,每头雌成虫依次置于AB204-S电子天平下称鲜质量并记录,然后放入电热恒温鼓风干燥箱(DGG-9246A,上海齐欣科学仪器有限公司)内干燥(60℃,46 h),干燥后用电子天平再次称质量并记录干质量,计算鲜质量和干质量比。

2.4.4 雌成虫体积和怀卵量测定 从每个梯度再取15头雌成虫,也进行过筛,将每头雌成虫依次置于显微镜下,测其长度、宽度、高度,通过公式(1)可以计算出雌成虫个体的体积。将已测过长宽高的雌成虫个体解剖,用计数器和显微镜测怀卵量。

$$\text{体积: } V(A, B, C) = \pi ABC / 6 \quad (1)$$

式(1)中: $V(A, B, C)$ 为胭脂虫雌成虫个体体积; A 为个体长度; B 为个体宽度; C 为个体高度。

公式(1)推导过程:将雌成虫体看作半椭球体,按椭球体 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ 的体积公式: $V(a, b, c) = \frac{4}{3}\pi abc$,换算成半椭球体体积公式,即 $V(A, B, C) = \frac{1}{2}V(a, b, c)$,其中 $A = 2a, B = 2b, C = c$,换算得到公式(1)。

2.4.5 数据处理 采用软件Excel 2003和SPSS 20.0^[25]进行数据统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同蔗糖浓度对茎片上虫量的影响

胭脂虫的茎片上虫情况直接反映该代1龄若虫数,从而对胭脂虫雌成虫的产量造成影响。从不同蔗糖浓度下茎片上虫量(图1)和茎片平均上虫量(图2)可以看出:上虫量是个近似双峰曲线,随着蔗糖浓度的加大,上虫量先增多后减少,在95.0、237.5 g·L⁻¹处都有不同程度的回落,其中,190.0、285.0 g·L⁻¹为2个峰值,即茎片上虫量最多,0.0、712.5 g·L⁻¹茎片上虫量最少。

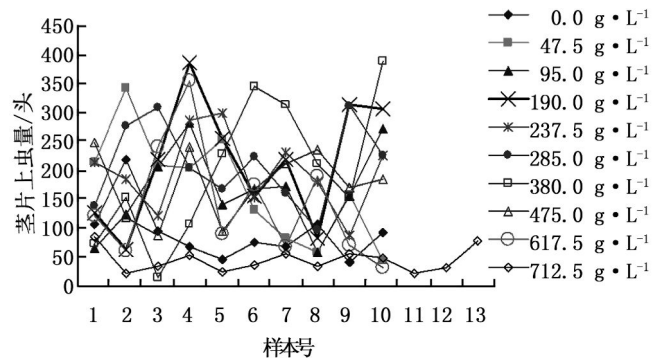


图1 不同蔗糖浓度下茎片上虫量

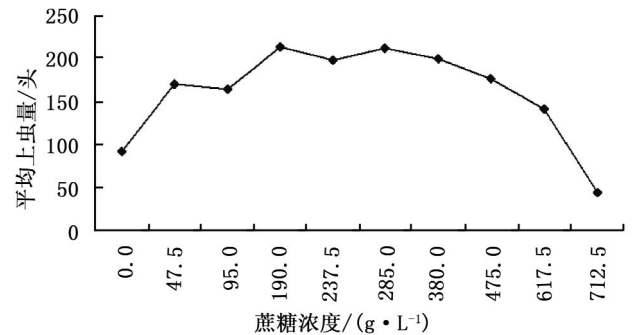


图2 不同蔗糖浓度的茎片平均上虫量

利用SPSS统计软件对不同蔗糖浓度下茎片上虫量进行单因素方差分析(表2)表明:47.5 g·L⁻¹至475.0 g·L⁻¹ 7个浓度下上虫量与对照组的差异均显著,适当浓度适合胭脂虫上虫,并可提高上虫量。617.5、712.5 g·L⁻¹下上虫量与对照组无显著差异,且712.5 g·L⁻¹的上虫量较对照组少,可能因高浓度蔗糖对胭脂虫的上虫有抑制作用。

3.2 不同蔗糖浓度对存活率的影响

3种存活率:2龄雌虫存活率=2龄雌虫量/1龄若虫量;雌成虫存活率=雌成虫量/2龄雌虫量;雌虫

表2 不同蔗糖浓度下茎片上虫量的多重检验 (仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 | (J)蔗糖浓度 /($g \cdot L^{-1}$) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|---------|-------------------------------|------------|--------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -77.400* | 35.856 | 0.033 |
| | 95.0 | -72.200* | 35.856 | 0.047 |
| | 190.0 | -120.500** | 35.856 | 0.001 |
| | 237.5 | -106.300** | 35.856 | 0.004 |
| | 285.0 | -115.400** | 35.856 | 0.002 |
| | 380.0 | -107.100** | 35.856 | 0.004 |
| | 475.0 | -84.100* | 35.856 | 0.021 |
| | 617.5 | -48.300 | 35.856 | 0.181 |
| | 712.5 | 47.123 | 33.724 | 0.166 |

注:“*”表示差异显著($\alpha=0.05$),“**”表示差异极显著($\alpha=0.01$),下同。

世代累积存活率 = 雌成虫/上虫量。从存活率折线图(图3)上观察,2龄雌虫存活率和雌成虫:上虫量2条折线走势十分相近且趋于重合,其中,285.0 $g \cdot L^{-1}$ 浓度下存活率最高,在712.5 $g \cdot L^{-1}$ 浓度下雌成虫存活率最高,其次是47.5、190.0、285.0 $g \cdot L^{-1}$ 且都与之相差不大,可见285.0 $g \cdot L^{-1}$ 浓度下的存活率均处于一个相当高的水平,即该浓度使种群数量变动较小,种群较稳定。

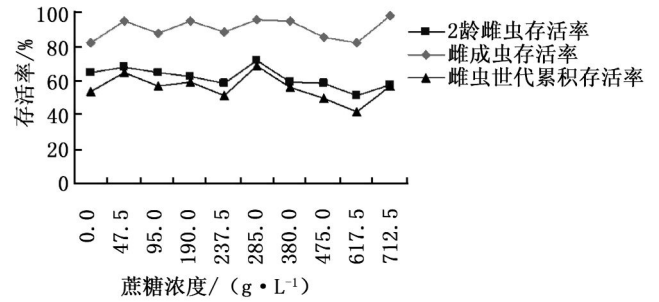
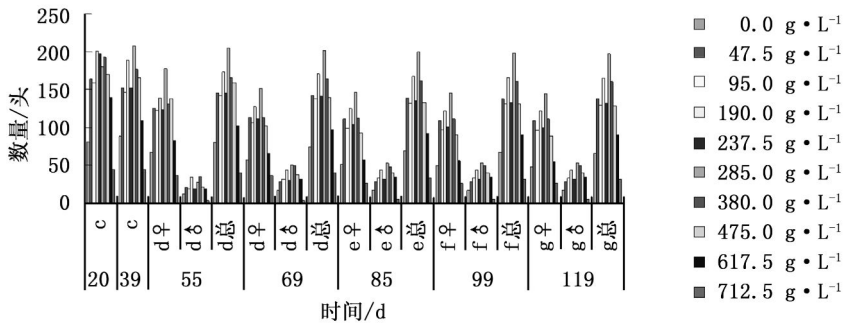


图3 不同蔗糖浓度的雌虫2龄期及成虫期存活率

3.3 蔗糖浓度对种群世代变化和雌雄成虫的影响

蔗糖浓度对胭脂虫1个世代(2012年9月至2013年2月)的虫口数的影响见图4,从图4可以看出:随放虫天数的增加,虫口数先有小幅升高后逐渐递减,虫口数由高到低的蔗糖浓度依次是:285.0 $g \cdot L^{-1} > 190.0 g \cdot L^{-1} > 380.0 g \cdot L^{-1} > 47.5 g \cdot L^{-1} > 237.5 g \cdot L^{-1} > 95.0 g \cdot L^{-1} > 475.0 g \cdot L^{-1} > 617.5 g \cdot L^{-1} > 0.0 g \cdot L^{-1} > 712.5 g \cdot L^{-1}$ 。放虫39d时,285.0 $g \cdot L^{-1}$ 明显凸显出来,其之后的虫口数特别是雌虫数(♀)和总数(总)始终比其他浓度下高出不少,且在各龄期各时段雌虫、雄虫及总数均近似于单峰变化,其峰值在285.0 $g \cdot L^{-1}$ 处。



c:1龄若虫期;d:1龄到2龄期;e:2龄若虫期;f:2到成虫期;g:成虫期;
d♀:1龄到2龄期雌虫;d♂:1龄到2龄期雄虫;d总:1龄到2龄期虫口总数

图4 不同蔗糖浓度下胭脂虫1个世代虫口数的变化

由成虫期雌雄虫数量变化(图5)可知:雌成虫、雄成虫和雌雄虫的总数量均在285.0 $g \cdot L^{-1}$ 时达到最多。利用SPSS统计软件进行单因素方差分析的结果(表3)表明:47.5 $g \cdot L^{-1}$ 至380.0 $g \cdot L^{-1}$ 6个浓度下雌成虫数仅95.0 $g \cdot L^{-1}$ 较对照组显著差异外,其他5个浓度较对照均为差异极显著。可以得出:285.0 $g \cdot L^{-1}$ 浓度较其他浓度虫口数量优势明显,该浓度利于扩大种群数量。

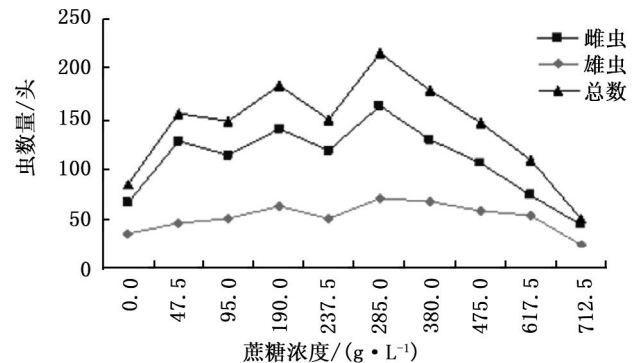


图5 不同蔗糖浓度的茎片成虫期雌雄虫数量的变化

表3 不同蔗糖浓度下雌成虫数的多重检验
(仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | (J)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------|--------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -61.000** | 20.946 | 0.004 |
| | 95.0 | -48.400* | 20.946 | 0.023 |
| | 190.0 | -73.400** | 20.946 | 0.001 |
| | 237.5 | -73.400** | 20.946 | 0.001 |
| | 285.0 | -97.000** | 20.946 | 0.000 |
| | 380.0 | -63.200** | 20.946 | 0.003 |
| | 475.0 | -40.200 | 20.946 | 0.058 |
| | 617.5 | -7.500 | 20.946 | 0.721 |
| | 712.5 | 21.692 | 19.701 | 0.274 |

3.4 不同蔗糖浓度对个体鲜干质量的影响

胭脂虫产量的高低看雌成虫个体的鲜干质量,还看单产即单片茎片雌成虫总鲜干质量。图6~8分别从不同蔗糖浓度的雌成虫个体平均鲜干质量、个体鲜质量干质量比(鲜干比)、单片雌成虫鲜干质量来反映胭脂虫的产量。

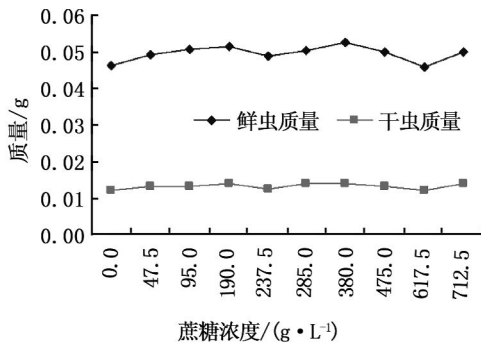


图6 不同蔗糖浓度的成虫个体平均鲜干质量

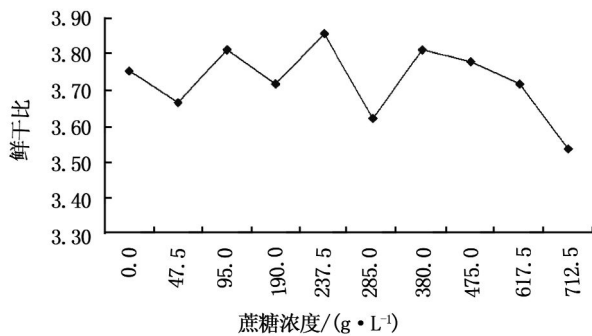


图7 不同蔗糖浓度的成虫个体平均鲜干比

图6~8表明:在单产方面鲜质量和干质量大小顺序一样,曲线变化一致,均以285.0 g·L⁻¹最大,0.0 g·L⁻¹仅比712.5 g·L⁻¹大;个体平均鲜质量以380.0 g·L⁻¹最大,0.0 g·L⁻¹和617.5 g·L⁻¹最小,其他水平间均相差不大;个体平均干质量是712.5 g·L⁻¹最大,但各水平间相差都不大。

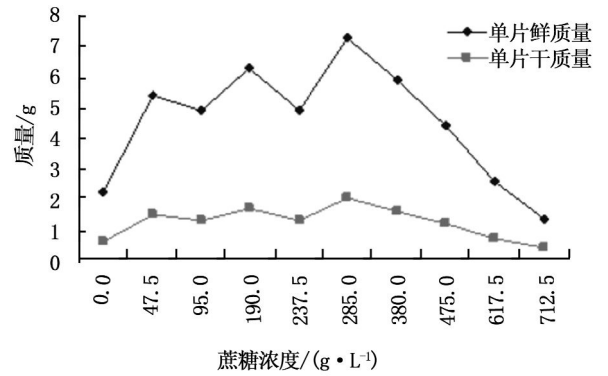


图8 不同蔗糖浓度的平均单片雌成虫鲜干质量

鲜干比越小,鲜质量一定,则干质量越大,说明个体所含除水分以外的物质越高。285.0 g·L⁻¹和712.5 g·L⁻¹鲜干比均较其他水平小,即这两水平的水分以外物质含量最高。

利用SPSS统计软件进行单因素方差分析(表4~5),表明:单片鲜干质量47.5 g·L⁻¹至475.0 g·L⁻¹ 7个蔗糖浓度不仅较对照有极显著差异,而且还远高于对照,其中,285.0 g·L⁻¹的单片鲜干质量最大,说明单片鲜干质量在285.0 g·L⁻¹时都有极大优势。

表4 不同蔗糖浓度下单片雌成虫鲜质量的多重检验
(仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | (J)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -3.162 786 7** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 95.0 | -2.686 261 3** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 190.0 | -4.044 193 3** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 237.5 | -2.678 434 0** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 285.0 | -5.064 933 3** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 380.0 | -3.645 722 7** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 475.0 | -2.195 176 0** | 0.257 333 5 | 0.000 |
| | 617.5 | -0.329 600 0 | 0.257 333 5 | 0.202 |
| | 712.5 | 0.903 813 1** | 0.226 946 8 | 0.000 |

表5 不同蔗糖浓度下单片雌成虫干质量的多重检验
(仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | (J)蔗糖浓度 /(g·L ⁻¹) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -0.873 713 3** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 95.0 | -0.703 306 7** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 190.0 | -1.103 101 3** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 237.5 | -0.677 180 0** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 285.0 | -1.423 520 0** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 380.0 | -0.964 885 3** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 475.0 | -0.572 300 0** | 0.077 909 4 | 0.000 |
| | 617.5 | -0.092 580 0 | 0.077 909 4 | 0.237 |
| | 712.5 | 0.223 226 9** | 0.068 709 6 | 0.001 |

经对个体鲜质量和干质量做方差分析,该2因素下各水平均无显著差异,但鲜干比 285.0 g · L⁻¹和 712.5 g · L⁻¹较其他组有较大不同。

3.5 不同蔗糖浓度对怀卵量的影响

怀卵量是一个重要的指标,它的多少直接影响到下一代的种群基数,从而对种群数量造成影响。从不同蔗糖浓度的胭脂虫怀卵量折线图(图9)中可以看出:190.0 g · L⁻¹和 285.0 g · L⁻¹的怀卵量最多,95.0 g · L⁻¹和 617.5 g · L⁻¹略少于0.0 g · L⁻¹。

利用 SPSS 统计软件进行单因素方差分析,从表6可见:190.0 g · L⁻¹和 285.0 g · L⁻¹均与对照组差异显著,其他组与对照差异不显著。可以说明 190.0 g · L⁻¹和 285.0 g · L⁻¹浓度可以使后代种群基数变大,种群发展更好,该2水平培育的后代适合选作种虫。

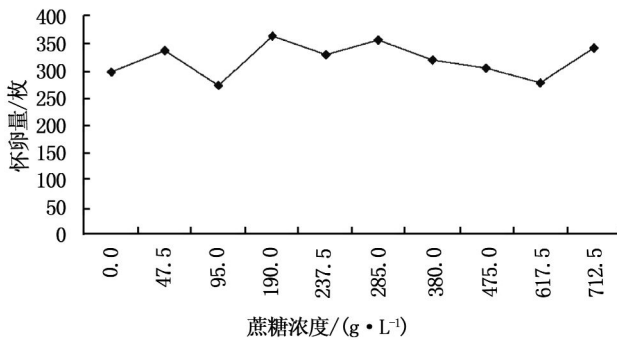


图9 不同蔗糖浓度的雌成虫个体怀卵量

表6 不同蔗糖浓度下雌成虫个体怀卵量的多重检验

(仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 /(g · L ⁻¹) | (J)蔗糖浓度 /(g · L ⁻¹) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|------------------------------------|------------------------------------|----------|--------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -39.000 | 29.545 | 0.189 |
| | 95.0 | 23.200 | 29.545 | 0.434 |
| | 190.0 | -66.600* | 29.545 | 0.026 |
| | 237.5 | -31.800 | 29.545 | 0.283 |
| | 285.0 | -59.533* | 29.545 | 0.046 |
| | 380.0 | -22.467 | 29.545 | 0.448 |
| | 475.0 | -8.400 | 29.545 | 0.777 |
| | 617.5 | 18.800 | 29.545 | 0.526 |
| | 712.5 | -43.859 | 26.056 | 0.094 |

3.6 不同蔗糖浓度对雌成虫体积的影响

个体体积是一个直接反映个体大小的指标。从不同蔗糖浓度下胭脂虫的体积折线图(图10)中可以看出:190.0 g · L⁻¹体积最大,712.5 g · L⁻¹和 380.0 g · L⁻¹次之,475.0 g · L⁻¹第4,285.0 g · L⁻¹第5,仅 617.5 g · L⁻¹略小于 0.0 g · L⁻¹。

利用 SPSS 统计软件进行单因素方差分析,从表7看出:190.0 g · L⁻¹和 712.5 g · L⁻¹与对照有极显著差异,380.0 g · L⁻¹与对照的差异显著,285.0 g · L⁻¹较 0.0 g · L⁻¹个体大了许多。

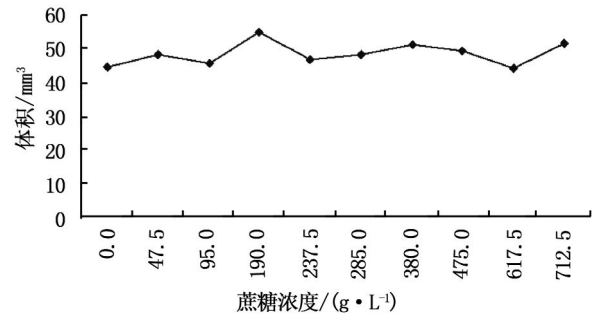


图10 不同蔗糖浓度的雌成虫个体体积

表7 不同蔗糖浓度下雌成虫体积的多重检验

(仅考虑与对照组的比较)

| (I)蔗糖浓度 /(g · L ⁻¹) | (J)蔗糖浓度 /(g · L ⁻¹) | 平均差(I-J) | 标准误 | 显著性水平 |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------|----------|-------|
| 0.0 | 47.5 | -3.418 00 | 2.714 70 | 0.210 |
| | 95.0 | -0.839 33 | 2.714 70 | 0.758 |
| | 190.0 | -10.393 33** | 2.714 70 | 0.000 |
| | 237.5 | -2.219 33 | 2.714 70 | 0.415 |
| | 285.0 | -3.526 67 | 2.714 70 | 0.196 |
| | 380.0 | -6.582 00* | 2.714 70 | 0.016 |
| | 475.0 | -4.798 00 | 2.714 70 | 0.079 |
| | 617.5 | 0.407 33 | 2.714 70 | 0.881 |
| | 712.5 | -7.015 19** | 2.394 14 | 0.004 |

4 结论与讨论

本研究首次对胭脂虫进行蔗糖助食作用的研究,设置的蔗糖10个水平及上虫量、存活率、鲜干质量等6大指标清晰地反映出蔗糖对胭脂虫有助食作用,适当浓度的蔗糖有助于提高胭脂虫的产量。这些也佐证了蔗糖对昆虫具有助食作用,且作用与浓度有关。

在10个水平中,蔗糖浓度 47.5 g · L⁻¹至 475.0 g · L⁻¹内适合胭脂虫上虫,并可提高上虫量,特别是 190.0 g · L⁻¹和 285.0 g · L⁻¹浓度;617.5 g · L⁻¹和 712.5 g · L⁻¹浓度对上虫量无明显作用,且 712.5 g · L⁻¹的上虫量比对照组还少。在单产方面 47.5 g · L⁻¹至 475.0 g · L⁻¹内可以明显提高胭脂虫的鲜质量和干质量,其中最明显的是 285.0 g · L⁻¹;个体平均鲜质量以 380.0 g · L⁻¹最大,个体平均干质量是 712.5 g · L⁻¹最大,但 285.0 g · L⁻¹与它们差异不大;285.0 g · L⁻¹和 712.5 g · L⁻¹的鲜干比最

小,非水分物质在该2水平的虫体中含量最高。蔗糖浓度 $47.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 至 $380.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 是有利于提高雌成虫数,特别是 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 在同一龄期同一时段雌虫数和总数较其他浓度虫口数量优势明显,该浓度利于扩大种群数量,但在 $712.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的雌雄成虫数较对照低。

在 $712.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度的上虫量、单片鲜干质量、雌雄成虫数等指标都较对照低,说明高浓度对胭脂虫有抑制作用,这与程安玮等^[26]发现蔗糖添加量达到一定剂量后对小蚕(*Bombyx mori* Linnaeus)的摄食性和生长发育均有抑制作用,及 Nuorteva^[27]发现的高浓度的蔗糖可作为叶蝉(*Empoasca* spp.)取食的抑制因素都有明显的相似。高浓度蔗糖对胭脂虫的抑制可能是由于蔗糖喷洒在仙人掌茎片表面形成一层糖膜,浓度越高糖膜密度越大,对胭脂虫口针刺入仙人掌取食汁液造成阻碍,也影响胭脂虫在仙人掌上的固定,从而表现为抑制作用。

从获得的雌成虫个体看, $190.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $712.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 个体体积增大最明显, $380.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 与对照差异显著, $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 较 $0.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 个体大了许多,该4水平均可提高胭脂虫雌成虫的体积。 $190.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的怀卵量最多,该2水平可以使后代种群基数变大,种群发展更好,培育的后代适合选作种虫。 $47.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $95.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的胭脂虫体积和怀卵量与对照的差异不显著,说明低浓度蔗糖对胭脂虫影响不大。这与前人研究有一定相似性,王安皆等^[12]发现添加蔗糖和葡萄糖的饲料与没有加糖的饲料对稚蚕的饲养效果没有大的差异,杨雷等^[20]主张在全叶情况下不给家蚕添食蔗糖,且蔗糖对家蚕饲养弊多利少,程安玮等^[26]发现蔗糖对小蚕的摄食性和生长发育无明显的促进作用,但稚蚕、家蚕、小蚕在适当高浓度蔗糖上的反应与胭脂虫的完全相反,蔗糖在适当浓度下对胭脂虫的发育、繁殖是有积极影响,可以使个体增大、怀卵量增多、种群数量增多及单片雌成虫鲜干质量增大。

王松晓等^[10]用蔗糖、蜂蜜等饲喂斜纹夜蛾幼虫,糖、蜂蜜等饲料对延长成虫的寿命十分有利,并且增加雌虫产卵量;Olson等^[16]通过研究糖对拟寄生胡蜂的影响,发现雌成虫的产卵量在蔗糖喂食下从无蔗糖喂食下的平均33枚增加到近85枚。这与本研究胭脂虫在 $190.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的结论一致。在 $190.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的怀卵量最多,后代种群基数变大,种群发展更好,培育的后

代适合选作种虫。

Heimpel等^[28]发现,在寄主上添加糖类食物辅助培育印巴黄金蚜小蜂(*Aphytis melinus* DeBach),不仅可以延长寿命,还使雌成虫体内卵从中受益。这与胭脂虫在蔗糖下存活率提高的结果相似。胭脂虫的存活率在 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度下处于一个相当高的水平,存活到成虫期的相对虫口数较多,该浓度下种群数量变动较小,种群较稳定。

对于蔗糖对胭脂虫的助食作用,10个水平中最佳浓度为 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,但这10个水平之间梯度间隔太大,选出的水平仅能代表该水平区段较其他区段佳,今后需在 $285.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度水平附近进行进一步探讨,确定胭脂虫培育所需最佳蔗糖浓度。

参考文献:

- [1] 郑乐怡, 归 鸿. 昆虫分类[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1999: 433 - 434
- [2] Guerra G P, Michael K. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coecinea) with emphasis on the life cycle of Dactylopius coccus Costa [M]. USA: Virginia Agricultural Experiment Station, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1992: 20 - 25, 28 - 31
- [3] De Lotto. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coecoidea; Dactylopiidae) [J]. Journal of the Entomological Society of Southern Africa, 1974, 37(1): 167 - 193
- [4] MacGregor Loaeza, Sampedro Rosas, MacGregor Loaeza, et al. Catalogue of Mexican scale insects I. Family Dactylopiidae (Homoptera: Coccoidea) [J]. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Zoología, 1983, 54(1): 217 - 223
- [5] Ham M E. Morphology of immature forms and adults of Dactylopius ceylonicus (Homoptera: Dactylopiidae) [J]. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 1996, 55(1 - 4): 179 - 188
- [6] 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001
- [7] 雷美玉, 李辉亮, 彭世清, 等. 糖在植物中的感知与信号传导研究进展[J]. 西北植物学报, 2007, 27(10): 2118 - 2127
- [8] 蔡幼民, 王红林, 何家禄, 等. 家蚕人工饲料的研究: 饲料理化因素对家蚕摄食和生长的影响[J]. 昆虫学报, 1978, 21(4): 369 - 383
- [9] 忻介六. 昆虫的人工饲料[J]. 昆虫知识, 1976, 13(2): 62 - 63
- [10] 王松尧, 柴伟纲, 傅荣幸. 成虫饲料对斜纹夜蛾蛾子健康以及温度对蛹、卵生长发育的影响[J]. 浙江化工, 2002, 33(3): 60 - 61
- [11] 慕 卫, 吴孔明, 梁革梅, 等. 苜蓿夜蛾人工饲养技术[J]. 农药学报, 2002, 4(1): 93 - 96
- [12] 王安皆, 宋洪燕, 张亚平, 等. 稚蚕低成本人工饲料的改进——配方中蔗糖删除的效果试验[J]. 北方蚕业, 2000, 21(2): 13 - 14
- [13] 吕仲贤, 胡 萃, 杨樟法. 饲料中氮和糖含量对亚洲玉米螟幼

- 虫取食的影响[J]. 浙江农业大学学报,1995,21(6):588-592
- [14] House H L. Nutrition. The Physiology of Insecta[M]. New York: Academic Press,1974:1-62
- [15] Chapman R F. The Insects: Structure and Function [D]. Cambridge:Harvard University,1982
- [16] Olson D M, Fadamiro H Y, Lundgren J G. Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp [J]. Physiological Entomology,2000,25(1):17-26
- [17] Fadamiro H Y, Chen L, Onagbola E O. Lifespan and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in the sugar-fed phorid fly, *Pseudacteon tricuspis* [J]. Physiological Entomology,2005,30(3):212-224
- [18] Fadamiro H Y, Heimpel G E. Effects of Partial Sugar Deprivation on Lifespan and Carbohydrate Mobilization in the Parasitoid *Macrocentrus grandii* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America,2001,94(6):909-916
- [19] Siekmann G, Tenhumberg B, and Keller M A. Feeding and survival in parasitic wasps: Sugar concentration and timing matter [J]. Faculty Publications in the Biological Sciences,2001,95(3):425-430
- [20] 杨雷,白红英. 添食蔗糖对家蚕饲料效率的影响研究[J]. 云南农业科技,2008(增刊2):13-14
- [21] 张忠和,石雷,陈晓鸣,等. 胭脂虫与寄主仙人掌的关系[J]. 林业科学研究,2004,17(3):321-326
- [22] 冷锋. 胭脂虫与寄主仙人掌相互作用关系研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2011
- [23] 耿贝贝,郭强,沈文飏,等. 低浓度蔗糖对黄瓜下胚轴不定根发生有诱导作用[J]. 南京农业大学学报,2009,32(30):157-159
- [24] 张仕,钟辉. 利用酒糟高效养殖黄粉虫[J]. 当代畜禽养殖业,2010(11):45
- [25] 罗应婷,杨钰娟. SPSS 统计分析从基础到实践[M]. 北京:电子工业出版社,2007:171-177
- [26] 程安玮,崔为正. 家蚕对颗粒人工饲料的摄食性及若干物质添加效果的研究[J]. 蚕业科学,2002,28(2):134-137
- [27] Nuorteva P. Die Nahrungspflanzenwahl der insekten im Lichte von Untersuchungen an Zikaden [J]. Ann. Acad. Sci. Fenn. A IV, 1952,19:1-90
- [28] Heimpel G E, Rosenheim J A, Kattari D. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,1997,83(3):305-315

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据2011年度中国期刊引证研究报告统计,《植物遗传资源学报》影响因子1.396,在自然科学与工程技术类学科排序第9名。

报道内容为大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,大16开本,196页。定价20元,全年120元。各地邮局发行。

邮发代号:82-643。国内刊号CN11-4996/S,国际统一刊号ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加3元。

地址:北京市中关村南大街12号中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081 电话:010-82105794 010-82105796(兼传真)

网址:www.zwyczy.cn E-mail:zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com